

Pianificazione e gestione dei rifiuti da C&D nella Provincia di Torino

Analisi dei flussi e applicazione della metodologia LCA

□ Elena Garbarino°, Gian Andrea Blengini°, Anna Piacenza°°

Le azioni di riciclaggio dei rifiuti da C&D devono essere valutate in un contesto generale di pianificazione territoriale e non come settore di produzione isolato. Il vantaggio più evidente consiste nel non conferimento in discarica di tali rifiuti, evitando di sottrarre volumetrie disponibili ad altre tipologie di rifiuti, per i quali non vi è altra destinazione che la discarica. In Italia si hanno ancora percentuali troppo elevate di smaltimento di questo tipo di materiali in discarica, superiori in media all'80%, ed è ancora molto diffuso il fenomeno degli smaltimenti illegali, data la natura sostanzialmente inerte delle macerie. Si ricorda che la Nuova Direttiva Europea sui rifiuti del 19/11/2008 ha fissato, per i Paesi Membri, l'obiettivo assai ambizioso di raggiungere percentuali minime per il riciclaggio dei rifiuti da C&D pari al 70% entro il 2020.

I rifiuti da C&D possono essere trasformati, tramite opportuni processi di valorizzazione, in materie prime secondarie, nello specifico in aggregati riciclati (AR) di qualità, con caratteristiche prestazionali confrontabili con quelle degli aggregati naturali (AN), così come previsto dalla normativa tecnica europea sui prodotti da costruzione (marcatura CE).

Nel presente articolo si riportano i risultati di un progetto inerente la "pianificazione e gestione dei rifiuti da C&D nella Provincia di Torino", realizzato dall'Area Sviluppo Sostenibile e Pianificazione Ambientale, Servizio Valutazione Impatto Ambientale e Servizio Gestione Rifiuti e Bonifiche, della Provincia di Torino in collaborazione con il Politecnico di Torino, Dipartimento di Ingegneria per il Territorio, Ambiente e Geotecnologie (DITAG) ed il Dipartimento di Sistemi di Produzione ed Economia dell'Azienda (DISPEA) ed il CSI Piemonte. Gli obiettivi di tale studio sono stati l'analisi dei flussi dei materiali, l'ottimizzazione del sistema provinciale di raccolta e trattamento degli inerti e l'applicazione della metodologia LCA (Life Cycle Assessment).

In primo luogo, stimolare le azioni di riciclaggio dei rifiuti da C&D risulta ancora più rilevante se si considera l'ingente quantitativo di macerie che viene prodotto annualmente sul nostro territorio. In particolare, come si evince in Tabella 1, secondo le stime ufficiali la produzione annua pro-capite è pari a 0.80 t (ANPAR, 2007). Da tali dati è possibile osservare una crescita costante della produzione di rifiuti da C&D, di anno in anno, che non corrisponde ad

una reale ed effettiva crescita, ma solo una più corretta ed affidabile misurazione dei flussi di materiale di scarto. La stima di 46 Mt annue di rifiuti da C&D appare, a giudizio degli esperti del settore, una cifra attendibile ed allineata con le stime europee.

Occorre considerare che il fabbisogno annuo pro-capite di aggregati pro capite per l'industria delle costruzioni è stimato tra 6 t ed 11 t (qualora si considerino anche le grandi opere) (Badino et al., 2006). Si deve considerare che la produzione di AR, anche ipotizzando una percentuale teorica di riciclaggio del 100%, potrebbe coprire al massimo il 10% del fabbisogno totale di aggregati per l'industria delle costruzioni. Gli studi statistici su fabbisogni, produ-

Tabella 1

ANNO	RIFIUTI DA C&D	RIFIUTI DA C&D PRO CAPITE
	(Mt)	(t/a)
1998	21.3	0.38
1999	23.9	0.43
2000	27.3	0.49
2001	31.0	0.55
2002	37.3	0.62
2003	42.5	0.74
2004	46.0	0.80

zione ed impieghi confermano che il mercato degli AR non può considerarsi sostitutivo di quello degli AN. Le due tipologie non possono essere considerate concorrenti, mentre è certamente strategico il loro utilizzo congiunto.

In Figura 1 è riportata la composizione media dei rifiuti da C&D in Italia (in base ai dati ufficiali ANPAR 2007), mentre in Figura 2 è indicata quella della Provincia di Torino. Tali distribuzioni appaiono molto simili, soprattutto per quanto riguarda i rifiuti misti da C&D (CER 170904), che nella media nazionale rappresentano il 41% del totale delle macerie, mentre in Provincia di Torino il 47%. Tali rifiuti derivano da un tipo di

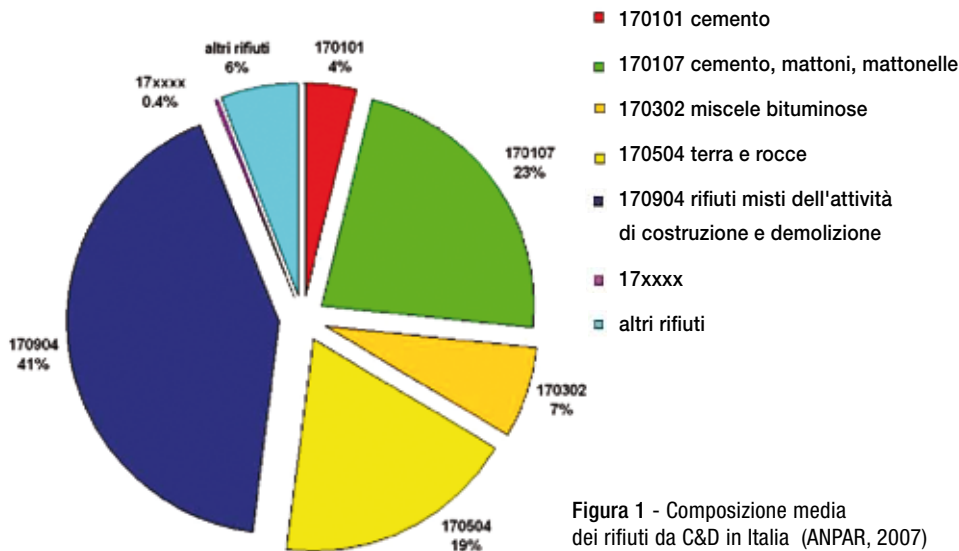


Figura 1 - Composizione media dei rifiuti da C&D in Italia (ANPAR, 2007)

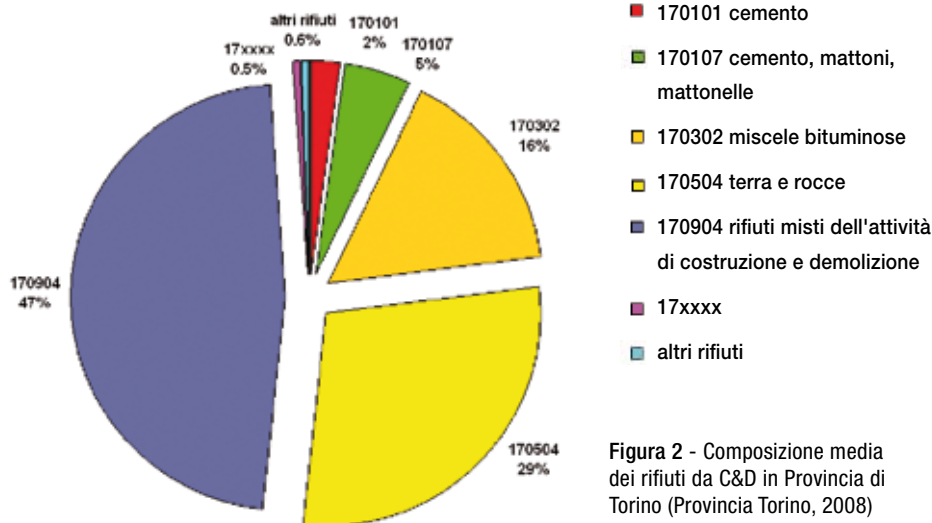


Figura 2 - Composizione media dei rifiuti da C&D in Provincia di Torino (Provincia Torino, 2008)

demolizione tradizionale, meccanica o con esplosivo, senza l'ausilio di tecniche di demolizione selettiva, fondamentali al fine di separare le differenti tipologie di materiali da costruzione, in particolar modo in presenza di sostanze nocive, come l'amianto, o di materiali che possono far diminuire le caratteristiche prestazionali degli AR, come ad esempio i materiali a base di gesso, i materiali organici leggeri, il vetro.

Analisi dei flussi

Al fine di analizzare in modo esaustivo la filiera dei rifiuti da C&D nella Provincia di Torino sono state raccolte informazioni in merito alle tipologie

di impianti di trattamento autorizzati, alla loro collocazione sul territorio, ai quantitativi di rifiuti autorizzati ed ai quantitativi realmente prodotti (tramite l'analisi abbastanza complessa dei MUD, riferiti all'anno 2005), alle tipologie di AR prodotti, ai sistemi di trasporto ed alla loro destinazione finale.

Il punto di partenza era costituito da una conoscenza alquanto disomogenea e frammentaria dei differenti impianti di trattamento e dei quantitativi trattati. Si è, quindi, cercato di raccogliere il maggior numero di informazioni sugli impianti presenti sul territorio, per poter fornire una base di conoscenze, il più completa e attendibile possibile,

su cui fondare future analisi e azioni di pianificazione ambientale.

In primo luogo, per poter avere un quadro completo degli impianti di trattamento, sono stati presi in considerazione sia gli impianti di trattamento di rifiuti da C&D sia i siti di cava e dotati di impianti di frantumazione, in cui viene svolta in modo promiscuo sia l'attività di produzione di aggregati naturali AN (ghiaie e sabbie estratte) che l'attività di trattamento dei rifiuti da C&D e delle terre e rocce da scavo (aggregati riciclati AR).

In secondo luogo, si è considerato che le attività estrattive esaurite vengono spesso riconvertite in siti di trattamento di AR; i cavaatori possiedono, infatti, esperienze, tecnologie e conoscenze tali da essere facilmente applicate al settore del riciclaggio dei materiali inerti.

In tale ottica, sono state analizzate le autorizzazioni delle attività estrattive presenti sul territorio provinciale, al fine di individuare i siti dotati di impianto di trattamento degli AN e le autorizzazioni fornite dal Servizio Gestione Rifiuti e Bonifiche in merito agli impianti di trattamento degli AR (ex art. 208 o 216 del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.). Gli impianti promiscui di cava, che producono sia AN che AR, sono dotati di entrambe le autorizzazioni.

Le tipologie di impianti analizzati sono stati impianti fissi, mobili, semi-mobili (ossia impianti mobili costituiti da un'unità di alimentazione, prevagliatu-

ra, frantumazione e deferrizzazione e da una o più unità di vagliatura in serie, che rimangono sempre collocate all'interno del centro di riciclaggio).

Occorre sottolineare che la finalità dei processi di riciclaggio dei rifiuti da C&D è l'ottenimento di AR dalle elevate caratteristiche prestazionali, che possano trovare impiego in utilizzi elevati come le costruzioni stradali o, addirittura, il confezionamento di calcestruzzo, così come avviene in molti Stati Europei. Essendo le costruzioni stradali il campo di maggiore e più razionale impiego per questa tipologia di materia prima secondaria, la Provincia di Torino sta svolgendo, parallelamente al progetto in esame, un lavoro di aggiornamento dei capitolati e delle gare di appalto, al fine di stimolare il riutilizzo degli AR in tale campo.

Non vi è alcuna preclusione sul tipo di impianto di trattamento, l'importante è il rispetto delle caratteristiche prestazionali richieste dalla normativa vigente sulla marcatura CE. Gli impianti fissi di trattamento sono dotati di tecnologia più complessa rispetto agli impianti mobili e di operazioni di separazione pneumatiche che permettono la separazione dai rifiuti misti delle frazioni organiche leggere (carta, legno, plastica), la cui presenza incide negativamente sulle caratteristiche fisico-meccaniche degli AR prodotti.

Se invece del trattamento di rifiuti misti da C&D, derivanti da demolizione tradizionale, fossero trattate macerie selezionate, composte da solo calcestruzzo armato o da soli laterizi, basterebbe l'impiego di un impianto mobile per produrre AR di elevata omogeneità composizionale e buone caratteristiche fisico-meccaniche. Quest'ultima condizione di trattamento non è così diffusa, in quanto solitamente vengono trattate macerie miste e, pertanto, risulta necessaria un'ideale tecnologia per ottenere elevati livelli qualitativi dei prodotti. Infatti, il trattamento di rifiuti misti da C&D, con elevate percentuali di frazioni organiche (si ricordano i limiti imposti dalla circolare n.5205/2005 e dalla UNI EN 8520:2005), con impianti mobili, non dotati di apparecchiature di separazione a secco, permette l'ottenimento di AR di

scadente livello qualitativo, utilizzabili per riempimenti e recuperi ambientali.

Occorre, comunque, precisare che si osserva un'evoluzione tecnologica anche negli impianti mobili e semi-mobili; in primo luogo gli impianti semi-mobili si sono dotati di differenti unità di trattamento al fine di ottenere differenti classi granulometriche e sono in corso alcuni studi sperimentali circa l'inserimento di macchine di separazione, a secco o ad umido, in impianti mobili compatti (progetto di ricerca del Politecnico di Torino in collaborazione con la Ditta OM).

Per quanto riguarda l'analisi dei flussi dei rifiuti da C&D, sono stati individuati i quantitativi autorizzati per ciascun impianto di trattamento ed i quantitativi realmente trattati, dall'analisi dei MUD. Questi ultimi dati, seppur non completi ed esaustivi, hanno permesso di fare alcune considerazioni preliminari sul sistema provinciale di smaltimento, raccolta e riciclaggio.

In primo luogo, in base alle stime di produzione pro capite pari a 0.80 t/anno, ed essendo la popolazione in Provincia di Torino pari a 2.250.000 abitanti, è stata stimata una produzione annua di rifiuti da C&D di 1.8 Mt.

In Tabella 2 sono riportati i flussi analizzati, suddivisi in base ai differenti codici CER. In particolare, sono stati determinati i quantitativi totali trattati prendendo in considerazione e, suc-

cessivamente, escludendo i quantitativi smaltiti presso la discarica municipale AMIAT della città di Torino. In tale discarica è presente un impianto fisso di trattamento, a servizio esclusivo della discarica stessa, per la produzione di materiali da ingegneria per uso interno e per la copertura del rifiuto giornaliero. Poiché tale impianto raccoglie un grosso bacino di smaltimento delle macerie e poiché scadenza dell'autorizzazione della discarica è prevista per fine dicembre 2009, appare interessante e strategico valutare gli ipotetici sviluppi futuri per questo impianto.

Considerando il contributo dell'impianto AMIAT, sono stati intercettati il 42.2% della produzione stimata di rifiuti da C&D (1.8 Mt), escludendo tale contributo, il 27.4%. I restanti quantitativi di rifiuti da C&D sono utilizzati come materiali di ingegneria nelle altre discariche del territorio provinciale (non contemplate nella presente analisi) e, almeno in parte, vengono purtroppo smaltiti secondo pratiche non autorizzate.

Il modello ibrido GIS-LCA

Al fine di ottimizzare il sistema provinciale di raccolta e trattamento degli inerti e valutarne gli impatti ambientali è stato ideato ed implementato un modello ibrido GIS-LCA. Tutti i dati relativi alla

Tabella 2

CER	Tipologia	Totale trattato	Percentuale	Totale trattato senza discarica AMIAT	Percentuale
		(t)	(%)	(t)	(%)
170101	cemento	17086	2.3	17086	3.5
170107	cemento, mattoni, mattonelle	38685	5.1	14035	2.8
170302	miscele bituminose	118910	15.7	101693	20.6
170504	terra e rocce	216927	28.6	34448	7.0
170904	rifiuti misti da C&D	359237	47.3	322854	65.3
17xxxx	altri rifiuti codice 17	3984	0.5	3984	0.8
altri rifiuti	altri rifiuti inerti	4272	0.6	0	0.0
Totale		759099	100.0	494099	100.0
			(%) su stima produzione		(%) su stima produzione
	Stima produzione (t)	1800000	42.2		27.4

Tipologia impianti AR

- fisso
- ▲ mobile
- semi-mobile
- non specificato

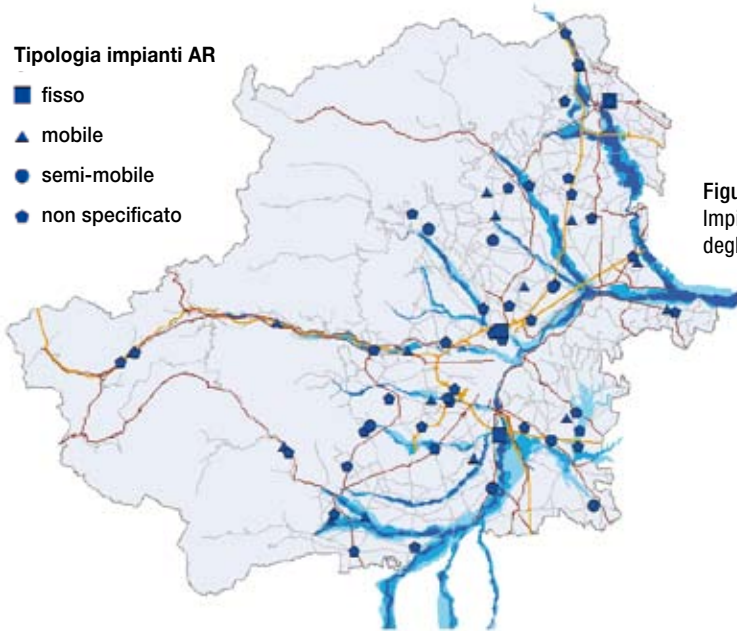


Figura 3
Impianti di trattamento degli AR

collocazione geografica degli impianti, alle loro caratteristiche tecniche e di produttività sono stati gestiti tramite un sistema informativo territoriale GIS. Nell'ambito dello studio sono state fatte alcune ipotesi sui trasporti dei rifiuti da C&D relativi alla fase di raccolta e sui trasporti degli AR relativi alla fase di commercializzazione dei prodotti. Tali ipotesi sono state considerate nell'analisi LCA, che ha permesso di valutare differenti scenari relativi al sistema di trattamento a supporto di una corretta pianificazione territoriale ed ambientale.

In particolare, il modello realizzato nel progetto di ricerca ha permesso di:

- localizzazione gli impianti di trattamento su cartografia tematica;
- inserire nell'analisi cartografica i temi di base maggiormente influenti, in particolare la viabilità (autostrade – statali – provinciali), i principali corsi d'acqua e le fasce fluviali del Piano Stralcio Fasce Fluviali. In particolare, si osserva che le attività di trattamento si concentrano lungo le principali vie di comunicazione (tangenziale di Torino, autostrade – A6 (Torino-Savona), A21 (Torino-Piacenza), A5 (Torino-Aosta) e A32 (Torino-Bardonecchia) – e strade statali);
- gestire le svariate informazioni sui differenti impianti;
- valutare la logistica del sistema e gli

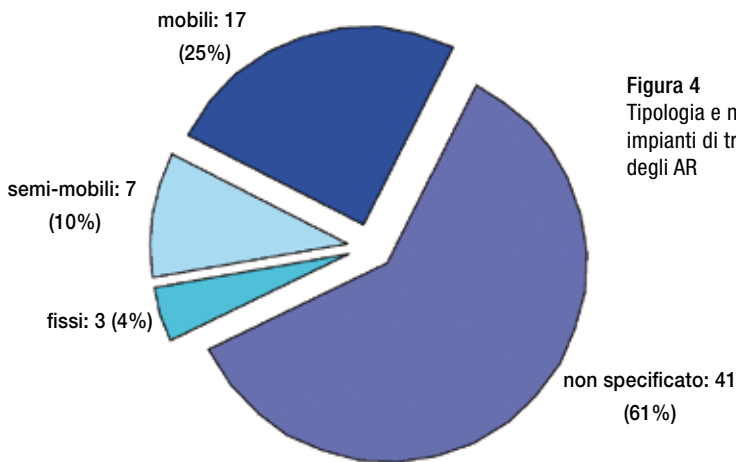


Figura 4
Tipologia e numero di impianti di trattamento degli AR

Tipologia impianti AN

- fisso
- ▲ mobile
- semi-mobile
- non specificato

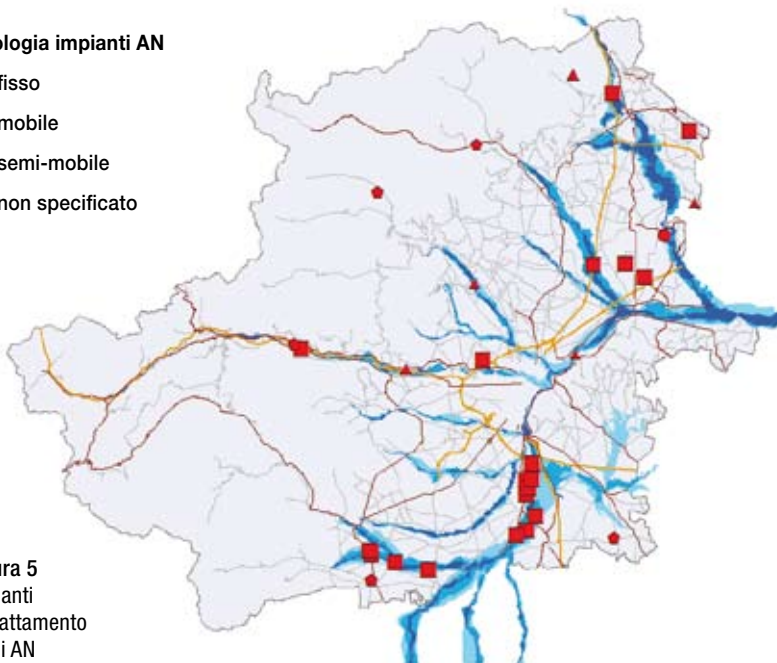


Figura 5
Impianti di trattamento degli AN

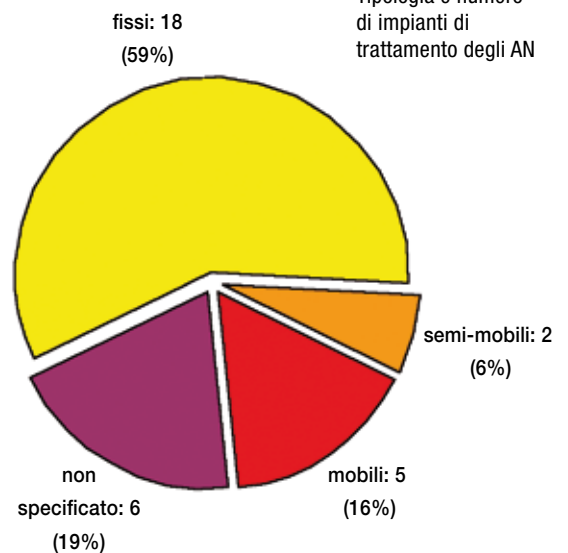


Figura 6
Tipologia e numero di impianti di trattamento degli AN

impatti ambientali legati ai trasporti dei rifiuti e delle materie prime secondarie;

- analizzare la copertura territorio.

In Figura 3 sono collocati gli impianti di trattamento di AR sul territorio provinciale ed in Figura 4 è mostrato un diagramma che ne rappresenta numeri e tipologie. Nello specifico, sono stati identificati 68 impianti autorizzati, di cui 3 fissi, 7 semi-mobili, 17 mobili e 41 non specificati nei progetti di autorizzazione, ma che vengono assimilati agli impianti mobili in quanto con piccole quantità trattate. Per quanto riguarda queste ultime due tipologie di impianti autorizzati (17+41), non saranno sempre tutte presenti nei siti autorizzati, in quanto spesso vengono affittati per lavorare a campagne di durata temporale limitata. Comunque in questi siti saranno sempre presenti cumuli di deposito di rifiuti da C&D, con i conseguenti impatti ambientali. In Figura 5 sono indicati gli impianti di trattamento di AN sul territorio provinciale ed in Figura 6 è mostrato un diagramma che ne rappresenta numeri e tipologie. Si possono evidenziare le cave della fascia del Po a Sud di Torino, le cave in prossimità dei Torrenti Pellice e Chisone, a Sud Ovest, quelle della Valle di Susa, le cave in prossimità del torrente Orco e della Dora Baltea a Nord. Sono stati identificati 31 impianti autorizzati, di cui 18 fissi, 2 semi-mobili, 5 mobili e 6 non specificati. L'identificazione di questo tipo di impianti e la pianificazione congiunta con gli impianti che trattano materiali riciclati è utile per una corretta gestione delle materie prime vergini e per la riduzione degli impatti ambientali legati alle attività minerarie.

Oltre agli impianti di cava, in cui si producono esclusivamente AN, sono stati identificati gli impianti promiscui di trattamento di AR e di AN (Figura 7). In Figura 8 è mostrato un diagramma che ne rappresenta numeri e tipologie. Sono stati identificati 21 impianti autorizzati, di cui 5 fissi, 5 semi-mobili, 8 mobili e 3 non specificati.

In Figura 9 è presentata una carta di insieme degli impianti di trattamento di AR e AN e degli impianti promiscui; è osservabile una maggiore concentrazione di tali impianti nell'area metropolitana e nelle zone di pianura, soprattutto lungo le più importanti arterie stradali.

Al fine di valutare l'effettiva capacità di trattamento degli impianti, sono state prese in considerazione le classi di produzione assegnate in base ai quantitativi autorizzati di rifiuti da C&D, finalizzate al pagamento delle polizze fidejussorie, per gli impianti di trattamento degli AR (Figura 10.a) e per gli impianti promiscui (Figura 10.b).

In quest'ultimo caso le produzioni si riferiscono sempre alla quota di AR e non agli AN.

È possibile osservare come solo l'impianto fisso a servizio della discarica AMIAT sia in classe 1, ossia superi la produzione di 200.000 t/a e come tre impianti (fissi o semi-mobili) abbiano produzioni comprese tra 60.000 e 200.000 t/a. La maggioranza degli impianti di trattamento ha produzioni molto basse ed occorre, pertanto, valutare la convenienza economica ed ambientale di una distribuzione così capillare di siti sul territorio, che induce impatti ambientali legati ai trasporti ed alla movimentazione di rifiuti da un

Tipologia impianti AR + AN

- fisso
- ▲ mobile
- semi-mobile
- ◆ non specificato

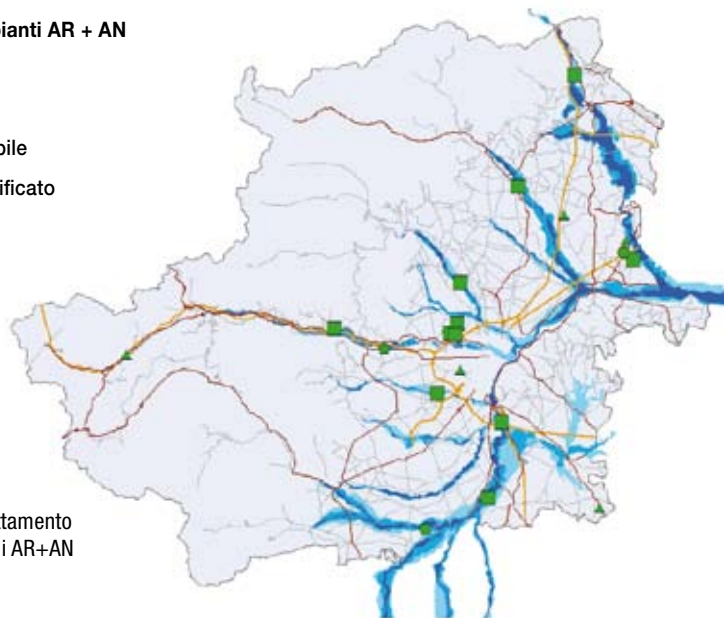


Figura 7
Impianti di trattamento promiscui degli AR+AN

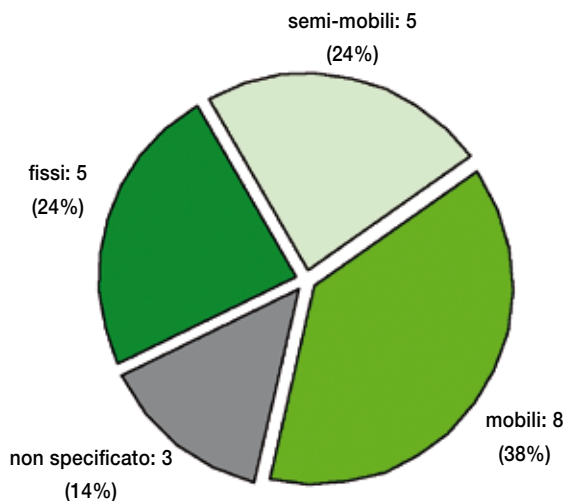


Figura 8
Tipologia e numero di impianti di trattamento degli AR+AN

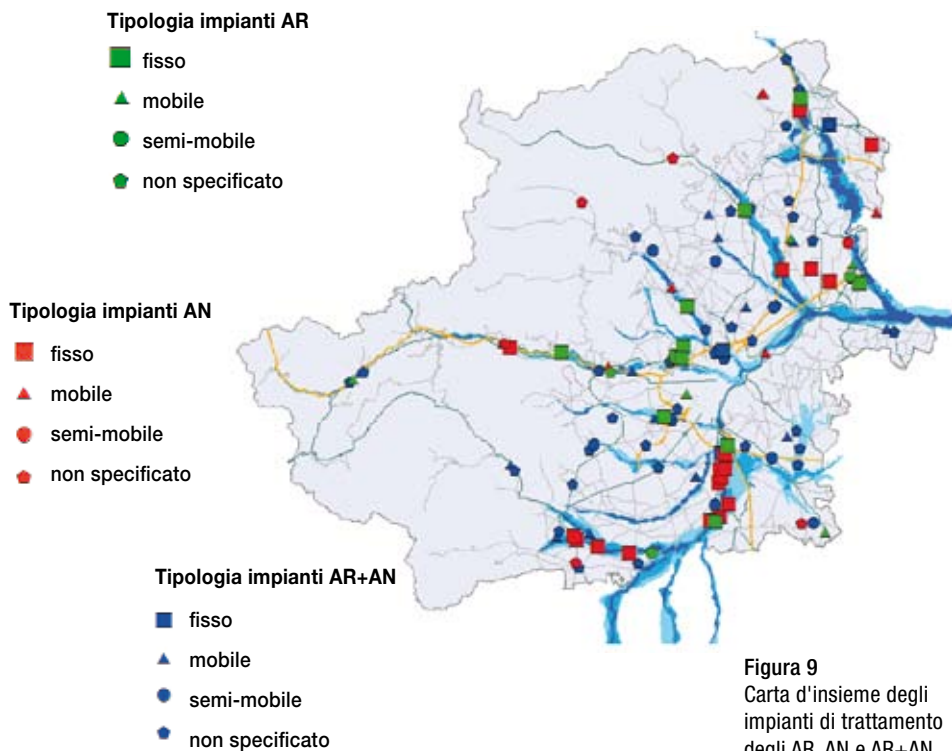


Figura 9
Carta d'insieme degli impianti di trattamento degli AR, AN e AR+AN

sito all'altro.

Inoltre, occorre interrogarsi circa la sostenibilità ambientale di un numero così elevato di impianti di trattamento di AR (68+21), di cui la maggior parte è dotata di tecnologia non molto avanzata e capace di produrre AR di livello qualitativo basso, utilizzabili essen-

zialmente per riempimenti e recuperi ambientali, e con produzioni molto basse, inferiori in ogni caso a 60.000 t/a, ma in molti casi minori di 6000 t/a. Per ciascun impianto di trattamento di AR e ciascun impianto promiscuo sono state individuate le principali tipologie di rifiuti da C&D trattati (7.01 macerie,

mattoni, mattonelle; 7.06 fresato stradale) e le principali operazioni svolte (R5 trattamento; R13 deposito; R10 recupero ambientale), definite dal DM 05/02/1998 così come modificato dal DM 186/2005 e s.m.i.. In Figura 11 è riportato l'esempio per gli impianti di trattamento di AR.

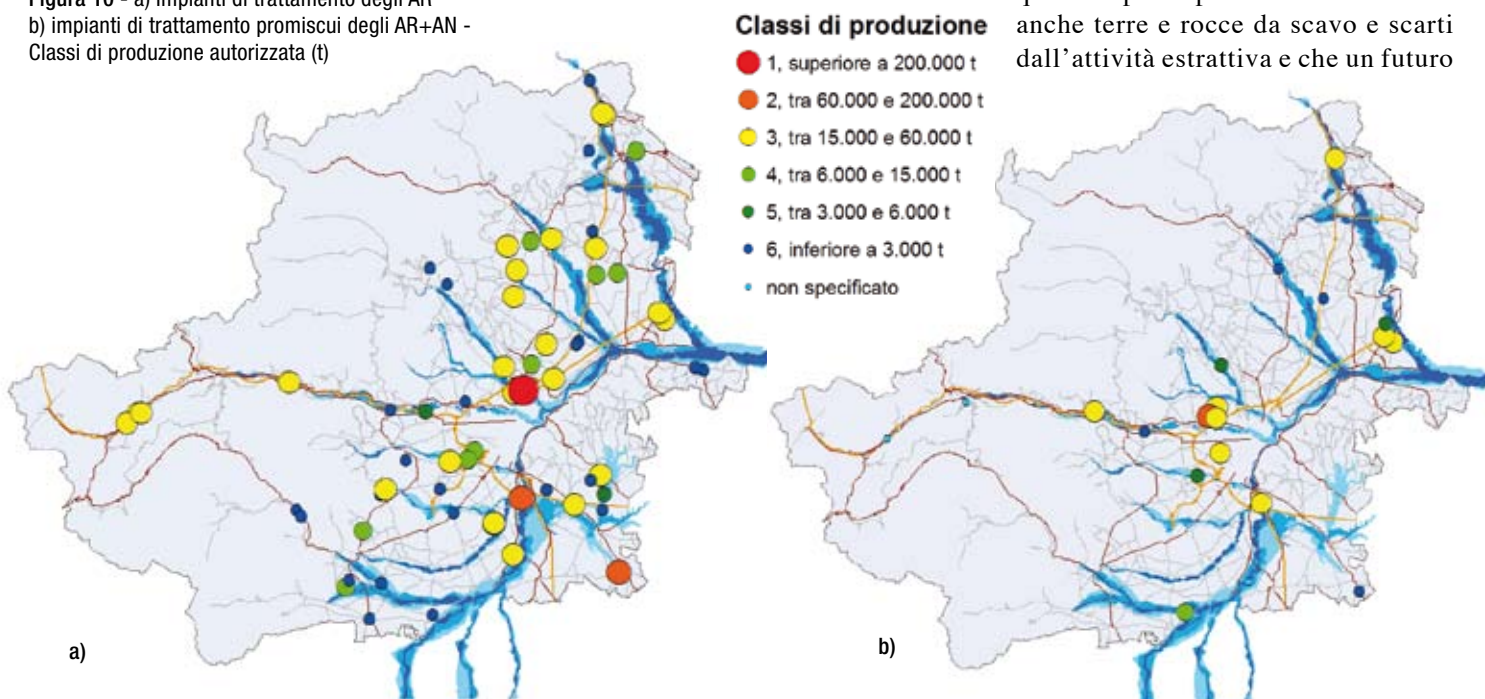
Tali informazioni permettono, caso per caso, di valutare in modo particolareggiato la tipologia di trattamento eseguita in ogni impianto.

Logistica del sistema

In Tabella 3 sono riportate le principali caratteristiche del sistema degli impianti di trattamento di AN e AR e degli impianti promiscui nella Provincia di Torino.

Ovviamente è stato possibile identificare solo i quantitativi relativi agli AR in quanto per gli AN questo dato non è facilmente identificabile, poiché sono noti soltanto i quantitativi di materiale estratto dalla cava, mentre è più difficile individuare i flussi degli altri materiali che possono essere comunque trattati in questi impianti ed i cui quantitativi vanno a sommarsi al totale del materiale prodotto. Occorre considerare che in questi impianti possono essere trattati anche terre e rocce da scavo e scarti dall'attività estrattiva e che un futuro

Figura 10 - a) Impianti di trattamento degli AR
b) impianti di trattamento promiscui degli AR+AN -
Classi di produzione autorizzata (t)



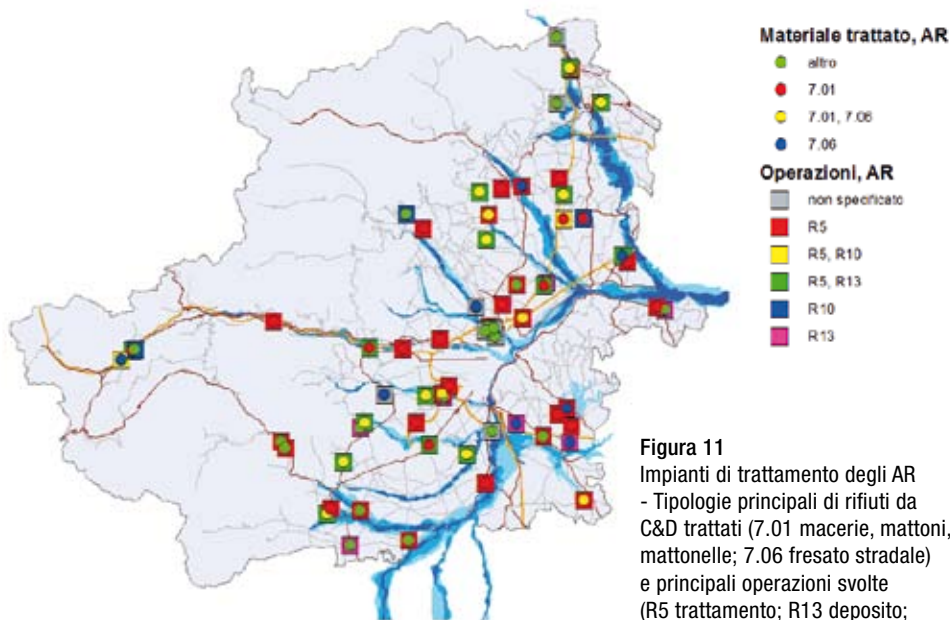


Figura 11
Impianti di trattamento degli AR
- Tipologie principali di rifiuti da C&D trattati (7.01 macerie, mattoni, mattonelle; 7.06 fresato stradale) e principali operazioni svolte (R5 trattamento; R13 deposito; R10 recupero ambientale)

monitoraggio dei flussi dei materiali inerti dovrà considerare anche queste tipologie di materiali di scarto, ai fini di una corretta analisi della filiera e di una stima attendibile dei materiali da costruzione, naturali o riciclati, per il soddisfacimento dei fabbisogni.

I quantitativi autorizzati raggiungono un totale di 1.84 Mt, che risulta pari alla stima della produzione annua attesa (1.8 Mt). In definitiva si hanno 89 impianti di trattamento degli AR, semplici o promiscui, di cui il 9% risultano fissi ma trattano il 26% del quantitativo totale autorizzato, il 13% sono semi-mobili, ma trattano il 17% del quantitativo totale autorizzato, ed il 78% (28-50%) sono mobili e trattano il 57% (31+26%) del quantitativo totale autorizzato (Figura 12). Secondo le valutazioni fatte, più del 50% degli AR prodotti ha un

livello qualitativo basso e può essere impiegato solo per riempimenti.

Inoltre, è stata fatta una valutazione sulla tipologia di prodotti che è possibile ottenere dai differenti tipi di impianti, considerando che solitamente vengono trattate macerie miste da demolizione

tradizionale, e non da demolizione selettiva.

In particolare sono stati riconosciuti tre livelli qualitativi per gli AR prodotti:

- livello A: per calcestruzzi, strutturali e non, e per la realizzazione di strade ad alto livello prestazionale, in particolare per fondazioni stradali;

- livello B : per opere stradali, portuali e aeroportuali;

- livello C: per recuperi ambientali e riempimenti.

È stato stabilito che:

- gli impianti fissi sono in grado di produrre AR di livello qualitativo A, B e C

- gli impianti semi-mobili sono in grado di produrre AR di livello qualitativo B e C

- gli impianti mobili sono in grado di produrre AR di livello qualitativo C

Per quanto riguarda la logistica, sono state ipotizzate le seguenti tipologie di raccolta (Tabella 4):

- raccolta indiretta, per le micro-demo-

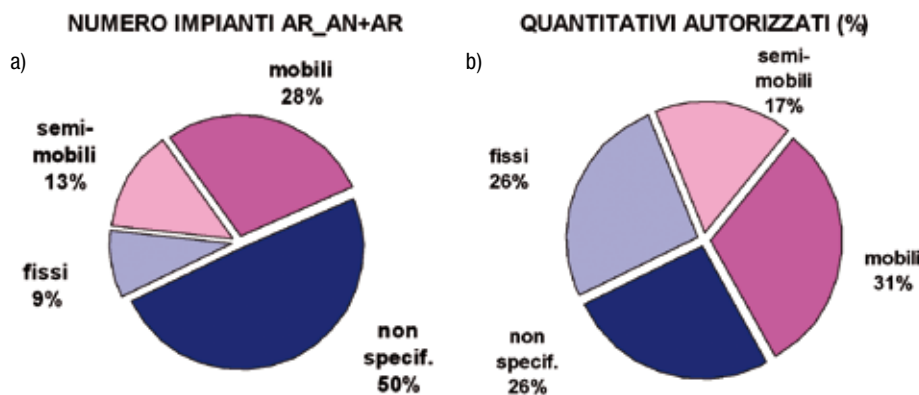


Figura 12 - a) tipologie di impianto di trattamento degli AR e promiscui degli AR+AN; b) quantitativi autorizzati

Tabella 3 - Impianti di trattamento degli AR, AN e promiscui AR+AN. Tipologie e quantitativi

Impianti trattamento	Imp. AN	Imp. AR	Imp. AN+AR	Imp. AR_ AN+AR	Imp. AR_ AN+AR	Quantitativi autorizzati impianti AR	Quantitativi autorizzati impianti AR+AN	Quantitativi autorizzati impianti AR_ AR+AN	Quantitativi autorizzati impianti AR_ AR+AN
	n.	n.	n.	n.	(%)	(t)	(t)	(t)	(%)
fissi	18	3	5	8	9.0	407141	73900	481041	26.1
semi-mobili	2	7	5	12	13.5	190197	122000	312197	17.0
mobili	5	17	8	25	28.1	360303	213800	574103	31.2
non specificato	6	41	3	44	49.4	465446	8850	474296	25.8
Totale	31	68	21	89	100.0	1.423.087	418.550	1.841.637	100.0

lizzazioni, nell'ambito della quale le macerie vengono conferite dai produttori dal cantiere ai centri di raccolta, presenti nell'area, e da lì vengono trasportate agli impianti di trattamento;

- raccolta diretta, nell'ambito della quale le macerie vengono trasportate direttamente dal

cantiere di produzione all'impianto di trattamento;

- trattamento direttamente in sito, per grandi quantitativi, nell'ambito del quale l'impianto mobile è collocato direttamente in cantiere dove avviene il trattamento delle macerie. Non sono quindi previsti trasporti intermedi.

Inoltre, nel modello dei trasporti ipotizzato nell'ambito dell'analisi LCA, per il calcolo delle distanze percorse è stato sempre considerato il ritorno scarico del mezzo.

Al fine di razionalizzare la logistica del sistema, sono stati valutati i raggi di commercializzazione degli AR, a seconda del loro livello qualitativo:

- livello A: raggi di commercializzazione pari a 15-25-50 km;
- livello B: raggi di commercializzazione pari a 15-25 km;

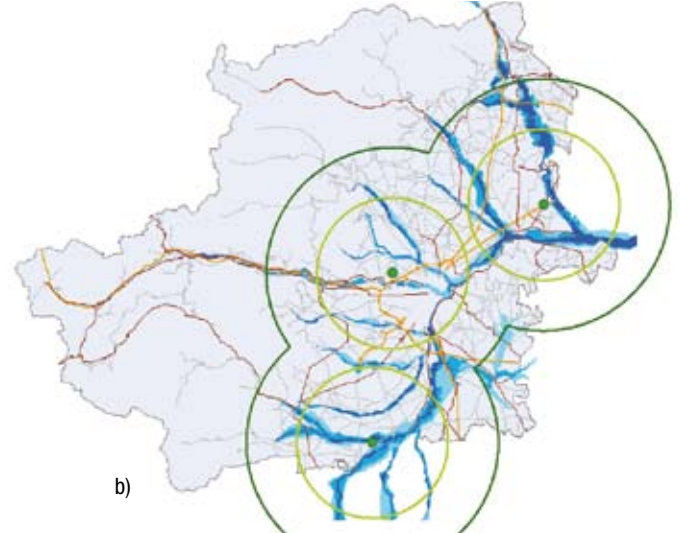
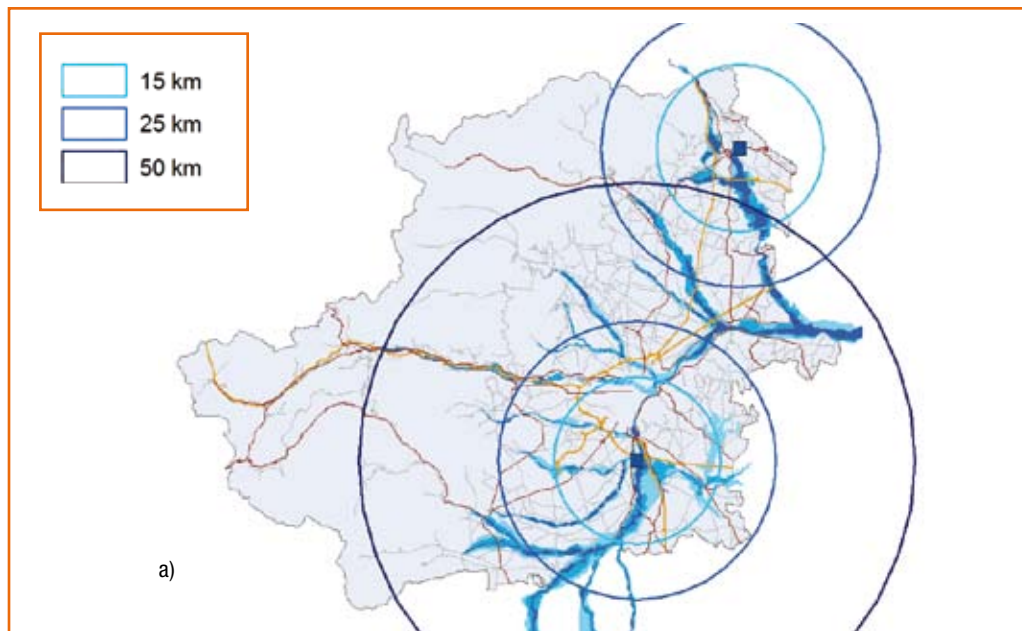
RACCOLTA	AUTOMEZZI	DISTANZE PERCORSE (RITORNO SCARICO *0.7)
DIRETTA cantiere impianto di trattamento	Furgoni medi Autocarri a 2 assi	10-15 km
INDIRETTA produzione ÷ centri di raccolta ÷ impianti di trattamento	Camion di grandi dimensioni	fino al centro di raccolta < 15 km dal centro di raccolta all'impianto max 20 km
TRATTAMENTO IN SITO trasporto su gomma dell'impianto	Trasporti eccezionali > 40 t	max 100 km

Tabella 4

- livello C: raggi di commercializzazione pari a 15 km.

Analisi della copertura del territorio

L'analisi dei bacini di commercializzazione è stata affrontata prescindendo dalla valutazione sull'impatto ambientale che un numero così elevato di impianti con basse produzioni comporta, ma considerando solo le aree individuate geometricamente dai raggi di influenza, così come definiti nel Paragrafo precedente. Tali raggi permettono ad ogni impianto di trattamento di disporre di un adeguato bacino di commercializzazione, in modo da assicurare statisticamente una distribuzione continua tale da permettere di abbattere i



costi di trasporto, che incidono in modo rilevante in questa attività.

In Figura 13 sono riportati di bacini di commercializzazione degli AR ed in Figura 14 quelli degli impianti promiscui. Per completezza sono stati valutati anche i bacini di commercializzazione degli AN. Alcuni studi dimostrano, inoltre, come la convenienza nell'utilizzo degli AR sia strettamente correlata alla distanza tra impianto di produzione e sito di utilizzo; in particolare superate tali distanze, i costi di trasporto risultano troppo elevati in relazioni al costo e alle caratteristiche del materiale riciclato, al posto del quale è più conveniente usare materie prime vergini.

In quest'ottica, oltre alla stima dei quantitativi di AR prodotti e utilizzati nel territorio provinciale, potrebbe risultare interessante uno studio sulla collocazione ottimale degli impianti dove c'è una maggior richiesta di aggregati, e un'analisi approfondita sui bacini di commercializzazione, visti non solamente in funzione delle distanze ma anche dei quantitativi prodotti all'interno di tali aree, e su come ottenere la produzione di AR di elevato livello qualitativo.

A tale proposito in Figura 15.a sono riportati i bacini di commercializzazione degli AR prodotti da impianti semplici (solo AR) o promiscui, ottenuti ipotizzando raggi di 15 e 25 km

per ciascun impianto, mentre in Figura 15.b è riportata la situazione con i raggi di 15 e 25 km "pesati" in base alle classi di produzione autorizzate per i differenti impianti.

Con un discorso meramente geometrico (Figura 15.a), è osservabile una sostanziale copertura di tutto il territorio provinciale. In particolare, l'area metropolitana appare servita da più impianti mentre le zone vallive solamente da alcuni impianti, disposti lungo le principali vie di comunicazioni (autostrade e strade statali).

Pesando i raggi di influenza in base alla reale produzione (Figura 15.b), è possibile osservare come rimangano scoperte

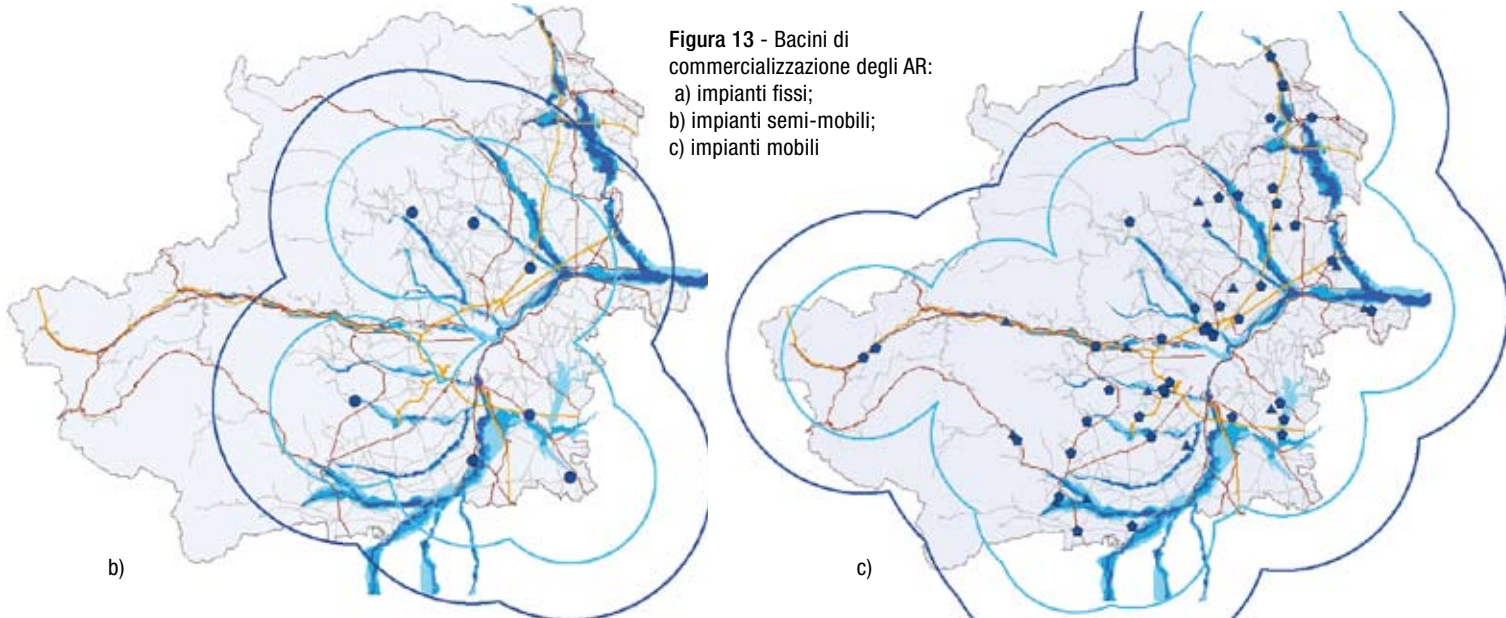


Figura 13 - Bacini di commercializzazione degli AR:
a) impianti fissi;
b) impianti semi-mobili;
c) impianti mobili

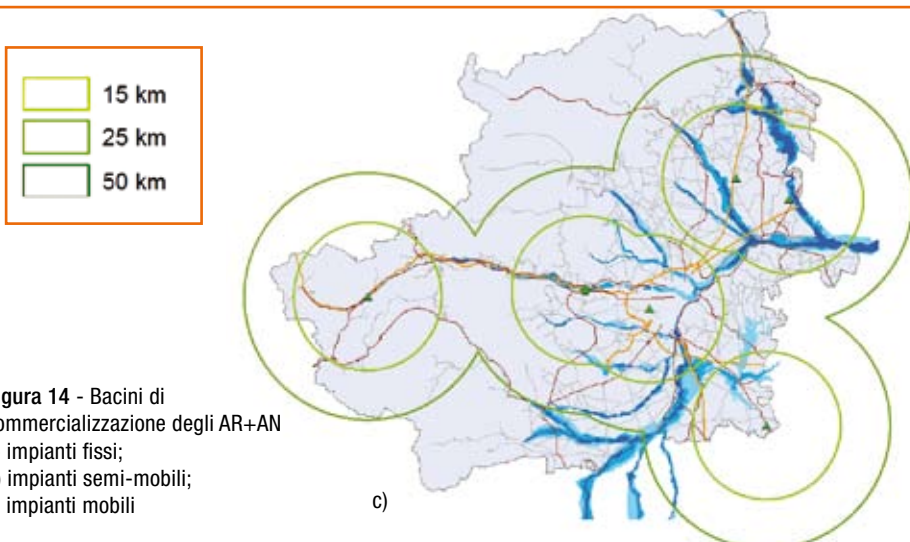


Figura 14 - Bacini di commercializzazione degli AR+AN
a) impianti fissi;
b) impianti semi-mobili;
c) impianti mobili

alcune zone montane, specialmente nel Canavese e nelle Valli di Lanzo, in modo minore nel Pinerolese.

Risulta, quindi, indispensabile una corretta pianificazione ambientale degli impianti di trattamento, che tenga conto anche della produttività e della qualità dei prodotti.

Il modello LCA

Ecoprofilo di aggregati naturali e riciclati

La valutazione qualitativa e quantitativa del contributo che gli AR possono apportare al soddisfacimento dei fab-

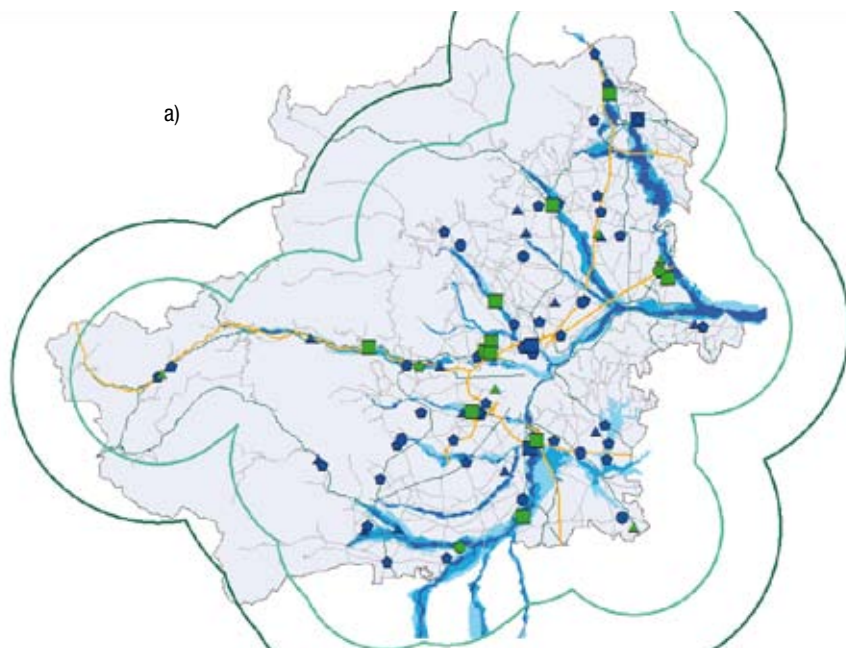
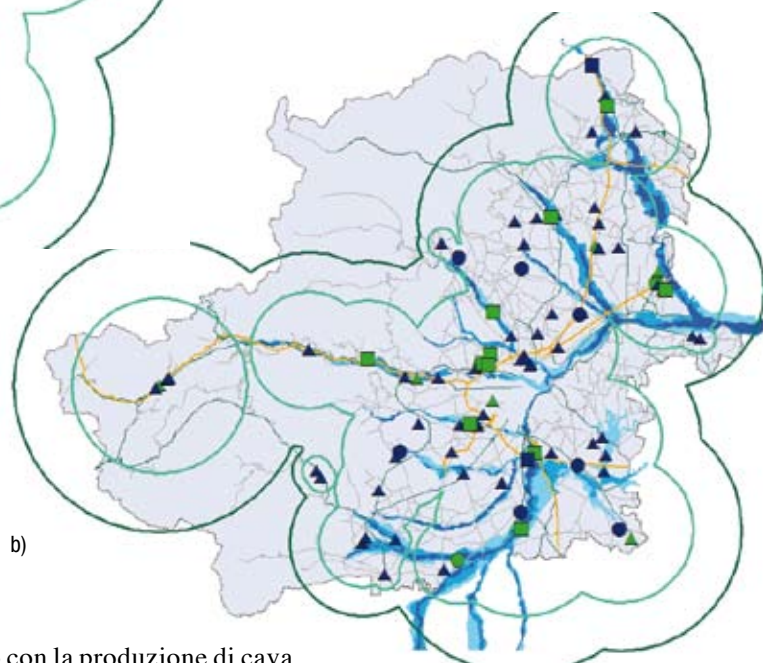


Figura 15 - Bacini di commercializzazione degli aggregati prodotti dagli impianti trattamento degli AR e impianti promiscui degli AR+AN: a) raggio geometrico; b) raggio "pesato" in base alle classi di produzione autorizzata



bisogni nel settore delle costruzioni sta divenendo sempre più attuale ed importante.

L'estrazione degli AN comporta oggettivi problemi ambientali ed interferenze con l'uso alternativo delle altre risorse del territorio. Per tale ragione si conferma il ruolo insostituibile della Pubblica Amministrazione al fine di conciliare le esigenze socio-economiche della produzione con quelle ambientali concernenti l'uso razionale della risorsa mineraria, attraverso una corretta programmazione dell'attività estrattiva. In questo contesto, una stima attendibile dei fabbisogni di aggregati diventa strumento indispensabile per la pianificazione della relativa attività estrattiva, per programmare i quantitativi che si dovranno estrarre con attività di cava tradizionali, tenendo conto delle altre possibili fonti di approvvigionamento. In particolare, negli ultimi anni, è divenuta sempre più attuale e stringente la questione della valutazione qualitativa e quantitativa del contributo che gli aggregati secondari, ottenuti dal trattamento di valorizzazione dei rifiuti da C&D, possono apportare al soddisfacimento del fabbisogno dell'industria delle costruzioni. Per questo motivo occorre valutare, dal punto di vista economico e ambientale, il processo industriale necessario per ottenere le materie prime secondarie disponibili per l'impiego e

confrontarlo con la produzione di cava di aggregati naturali.

Di seguito si riportano i risultati di alcuni recenti studi svolti presso il Politecnico di Torino (Dipartimenti DITAG e DISPEA) in cui, nell'ambito dell'analisi sul ciclo di vita dei materiali da costruzione, sono stati valutati i principali aspetti energetico-ambientali che caratterizzano il processo produttivo degli aggregati da costruzione, sia naturali che riciclati, ponendo attenzione agli "ecoprofilo", strumenti di gestione ambientale particolarmente efficaci per confrontare il processo industriale di riciclaggio dei rifiuti da C&D e la produzione di cava di aggregati naturali mediante l'analisi LCA (UNI EN ISO 14040). Infatti, se si vuole effettuare un confronto fra le due tipologie di aggregati, è sufficiente limitare l'analisi alla parte iniziale della filiera, ossia la fase della loro produzione, operando cioè con criterio "from cradle to gate", dalla

culla all'uscita dall'impianto, momento a partire dal quale gli aggregati seguiranno le stesse vicende nella rimanente parte del ciclo di vita.

Nel contesto dell'analisi LCA dei processi di riciclaggio, dal sistema che genera i rifiuti da avviare al riciclaggio vengono scalati gli impatti relativi allo smaltimento dei materiali indesiderati. Contemporaneamente, dal sistema che riceve i rifiuti sono scalati i carichi energetico-ambientali corrispondenti agli ecoprofilo dei prodotti vergini risparmiati, al netto degli impatti generati durante le operazioni di riciclaggio. In altri termini, con riferimento alla Tabella 5, l'ecoprofilo degli AR dice quali sono i carichi energetico-ambientali associati alle operazioni di trasporto, trattamento e valorizzazione delle macerie, mentre l'ecoprofilo degli

AN ci dice quali sono i benefici lordi che possono essere ottenuti riciclando i rifiuti da C&D. La differenza tra i valori degli indicatori relativi agli aggregati vergini e riciclati, al netto delle perdite di processo, rappresenta il beneficio netto ottenibile, al quale va poi aggiunto il beneficio derivato dall'evitato conferimento in discarica dei rifiuti da C&D.

Gli ecoprofilo degli AR presentati in Tabella 5 sono stati ottenuti dall'analisi LCA di un impianto di trattamento mobile di frantumazione e deferrizzazione (Badino et al. 2005) e dall'analisi LCA di un impianto fisso per il trattamento a secco delle macerie (Badino et al., 2007).

Dalla Tabella 5 si evince che il processo di riciclaggio con impianto mobile comportano minori impatti ambientali rispetto a quelli della produzione di sabbie e ghiaie vergini. Tuttavia il materiale ottenuto è utilizzabile solo per riempimenti, fermo restando il vantaggio dovuto all'evitato smaltimento a discarica.

Diverso invece è il confronto tra AN ed AR nell'impianto fisso esaminato. In questo caso gli impatti ambientali correlabili agli AR sono superiori, anche se non di molto, a quelli relativi agli AN. Diventa strategico, in questo caso, il ruolo dei trasporti, 15 km in entrambi i casi, che contribuiscono in misura del 50% circa agli impatti finali (Badino et al., 2006a). Se il raggio medio di trasporto degli aggregati riciclati fosse inferiore a quello dei naturali, ipotesi certamente possibile, anche se da verificare caso per caso, l'ago della bilancia tornerebbe a favore degli aggregati riciclati. In ogni caso, quel che è certo è che il processo di trattamento delle macerie non comporta significativi aumenti di consumi di energia e di impatti ambientali a media e larga scala, garantendo sicuramente i benefici dell'evitato conferimento a discarica. Va inoltre ricordato che gli AR prodotti nell'impianto fisso analizzato in questo lavoro hanno caratteristiche prestazionali superiori a quelle degli aggregati prodotti nell'impianto mobi-

Tabella 5 - Principali indicatori ambientali relativi agli ecoprofilo di AN e AR

Impatti ambientali potenziali (dati per 1 tonnellata)	Unità	AN (cava sottofalda)	AR (impianto mobile)	AR (impianto fisso)
Consumo di energia primaria (GER)	MJ	67.7	40.8	76.3
Global warming (CO ₂ eq.)	kg	4.6	2.8	5.5
Acidificazione (moli H ⁺ eq.)	moli	1.7	1.1	2.34
Eutrofizzazione (O ₂ eq.)	kg	0.32	0.23	0.49
Smog fotochimico (C ₂ H ₄ eq.)	g	0.06	0.04	0.08
Produzione di rifiuti	kg	0.03	-	-

le, potendo i primi essere impiegati per il confezionamento di calcestruzzo non strutturale. I risultati ottenuti suggeriscono quindi l'ulteriore utilizzo della LCA per valutare l'opportunità di aumentare ulteriormente le caratteristiche prestazionali degli AR.

Applicazione della metodologia LCA

La Life Cycle Assessment (LCA) che si configura come un procedimento di quantificazione oggettiva dei consumi energetici, dei materiali usati e dei rilasci nell'ambiente ed un procedimento di valutazione degli impatti sull'ecosistema, imputabili al consumo di risorse ed alle emissioni inquinanti.

L'obiettivo dello studio LCA è la valutazione dei consumi energetici e di materiali derivanti dal sistema di gestione dei rifiuti da C&D nella Provincia di Torino.

Nello studio è stata analizzata con particolare attenzione la fase di trattamento dei rifiuti da C&D che può avvenire in tre tipologie di impianti (mobile, semi-mobile o fisso), al fine di effettuare un paragone tra le loro prestazioni ambientali. È stato, inoltre, considerato che la produzione totale di macerie nella Provincia non è ripartita in modo paritario tra i diversi impianti; quindi il confronto non è effettuato in termini assoluti ma è strettamente legato alle percentuali trattate da ogni tipologia.

Sono state fatte le seguenti assunzioni: unità funzionale: 1 t di rifiuti da C&D; confini del sistema: sono state indagate le fasi di raccolta del materiale e di trattamento in impianto per la produzione di AR (Figura 16);

limiti geografici: i limiti spaziali dello studio sono evidenziabili nei confini del territorio della Provincia di Torino; limiti temporali: i dati raccolti durante la fase di inventario si riferiscono agli impianti presenti sul territorio autorizzati prima del gennaio 2008;

Assunzioni e limitazioni: gli AR sono stati considerati sostitutivi degli AN prodotti in cava; la produzione dei riciclati permette quindi un "risparmio" di risorsa naturale. Per questa ragione, nel modello, per ogni 1 t di AR prodotto, si considera l'evitata produzione di 1 t di AN con le stesse caratteristiche.

Analisi di inventario

Lo scopo della fase di inventario di uno studio LCA è la raccolta di tutti i dati quantitativi relativi al processo considerato. In quest'ottica il sistema è stato suddiviso nelle fasi fondamentali, a loro volta scomposte nelle unità di processo che concorrono al funzionamento del sistema. In Figura 17 sono rappresentate le fasi principali del sistema di gestione dei rifiuti da C&D; tale schema semplificato è stato utilizzato per la realizzazione del modello LCA, le percentuali assegnate a ciascun

Figura 16 - Le fasi del sistema di gestione dei rifiuti da C&D nel modello analizzato



tipo di raccolta derivano da alcune considerazioni preliminari e dovranno essere migliorate in fase di affinamento dell'analisi di ciclo di vita.

Analisi e valutazione degli impatti

Nel presente lavoro sono state utilizzate due metodi per il calcolo degli impatti: l'Eco-Indicator 99-He CML 1992 v2.1. L'analisi dell'intero sistema di raccolta e trattamento dei rifiuti da C&D è stata effettuata utilizzando il metodo CML 1992, per quanto riguarda la caratterizzazione degli impatti, e l'Eco-indicator 99(H) per la pesatura.

Oltre all'impatto totale provocato, sono stati considerati i contributi della fase di raccolta, dei consumi degli impianti di trattamento e dei prodotti evitati.

È stato, inoltre, inserito il concetto di "Beneficio netto" derivante dal trattamento delle macerie; tale valore è definito come l'impatto totale provocato dal trattamento e dal trasporto dei prodotti finiti sommato all'impatto provocato dall'evitata produzione di aggregati naturali, con i rispettivi segni algebrici. L'evitata produzione di AN

permette un risparmio di risorse, ed è, pertanto, indicato nel modello come un impatto di segno negativo. Essendo il valore del consumo degli impianti sommato al trasporto inferiore al risparmio derivante dall'evitata produzione, il beneficio netto del sistema avrà sempre segno negativo.

In Figura 18 si nota che l'impatto più elevato è quello provocato dalla fase di raccolta in cui è stato considerato solamente il trasporto delle macerie; l'evitata produzione di aggregati naturali invece, come detto in precedenza, permette sempre di ridurre il valore dell'impatto totale.

Analisi di scenario

Dal paragrafo precedente è emerso chiaramente che i maggiori impatti del sistema analizzato sono provocati dalla raccolta delle macerie. È risultato quindi interessante valutare come variano gli impatti in relazione alle distanze di trasporto. Per questo motivo sono stati considerati due sistemi, analoghi per caratteristiche della fase di trattamento a quello attuale, in cui è stata fatta

variare la fase di raccolta. In Figura 23 sono riportati gli impatti provocati da 1 t di macerie sull'effetto serra raddoppiando e dimezzando i km ipotizzati ed assegnati alla fase di raccolta.

Il beneficio netto, definito in Figura 19, risulta uguale in tutti i casi in quanto, nella modellizzazione, non sono state apportate modifiche alla fase di trattamento; per contro, nella fase di raccolta, si evidenziano delle differenze significative dovute alla variazione delle distanze di trasporto (che risultano doppie in un caso e dimezzate nel secondo).

L'intero sistema di raccolta e trattamento è stato infine confrontato con un sistema ipotetico, in cui non sia previsto il trattamento delle macerie ma l'intero quantitativo di rifiuti prodotti nel territorio sia conferito a discarica. Per l'analisi è stato utilizzato il metodo CML 1992. Per i due sistemi sono stati considerati, oltre agli impatti totali provocati, anche i contributi relativi della fase di raccolta e di trattamento o conferimento a discarica.

La fase di raccolta è stata considerata uguale in entrambi i casi.

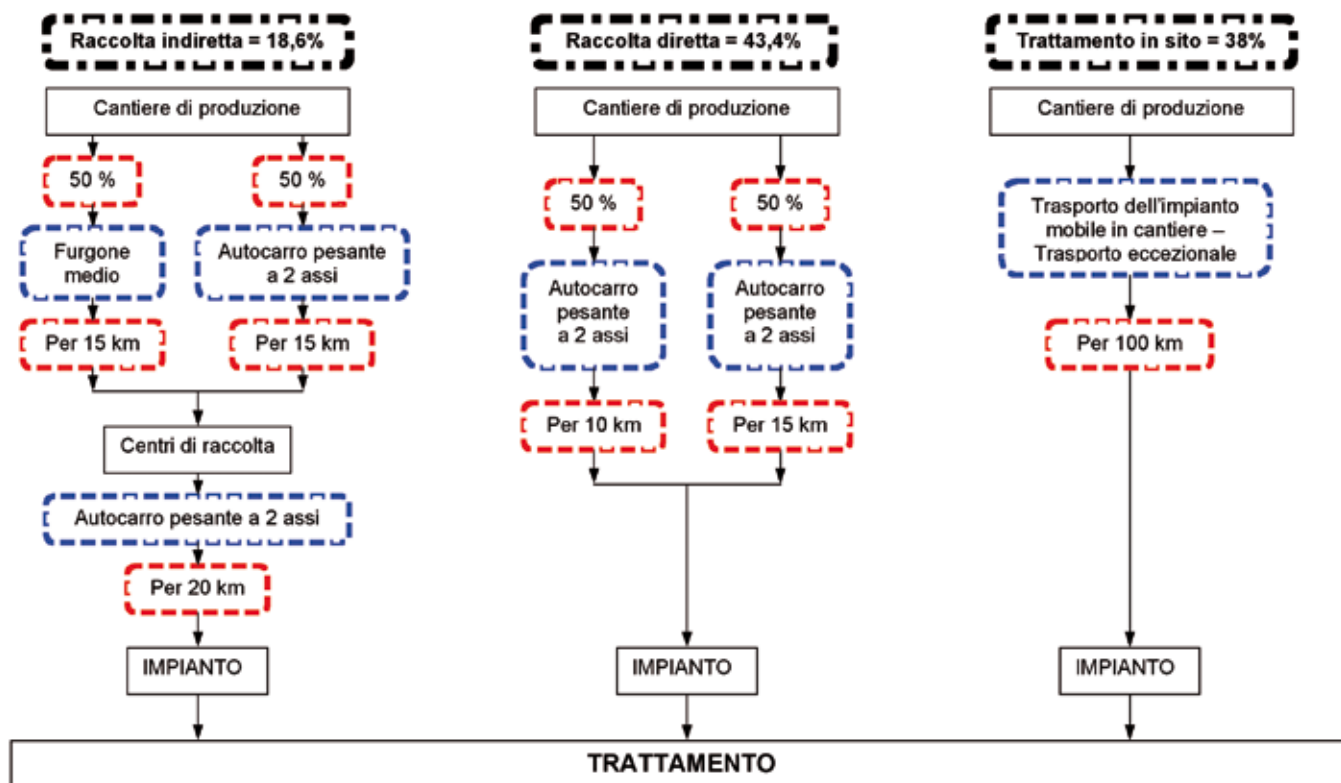


Figura 17 - Schema del sistema di raccolta dei rifiuti da C&D

Gli impatti totali provocati dall'attuale sistema di gestione dei rifiuti da C&D sono inferiori rispetto agli impatti totali di un sistema ipotetico privo della fase di trattamento. Il trattamento delle macerie, nonostante gli impatti provocati dal funzionamento degli impianti stessi, risulta quindi la scelta più sostenibile per la gestione dei rifiuti da C&D, con un risparmio del 60% (Figura 20).

Conclusioni

Il modello ibrido GIS – LCA ha permesso di elaborare i dati e di quantificare oggettivamente i consumi e gli impatti ambientali dell'intero sistema di trattamento dei rifiuti da C&D della Provincia di Torino.

In primo luogo è stato osservato come il trattamento dei rifiuti da C&D comporti comunque benefici energetico-ambientali, derivanti anche dall'evitata produzione di risorse naturali vergini. L'influenza dei trasporti sulle prestazioni ambientali del sistema analizzato ha assunto un ruolo estremamente rilevante, soprattutto nella fase di raccolta che deve essere ottimizzata.

Deve essere, inoltre, approfondita l'analisi sulla sostenibilità ambientale di un sistema costituito da un numero elevato di impianti di trattamento, di cui circa la metà produce AR di livello qualitativo non molto elevato ed ha produttività annue molto basse. La collocazione ottimale degli impianti dovrebbe essere valutata non solo in funzione delle distanze, ma anche dei quantitativi di AR prodotti e del loro livello qualitativo.

Nel proseguimento del progetto verranno analizzati nuovi indicatori come il risparmio di territorio ed il livello qualitativo degli AR, al fine di approfondire il livello di conoscenze ottenibile mediante l'analisi LCA.

° Provincia di Torino - Area Sviluppo Sostenibile e Pianificazione Ambientale – Servizio Valutazione Impatto Ambientale

°° Politecnico di Torino – DISPEA, Dipartimento di Sistemi di Produzione ed Economia dell'Azienda

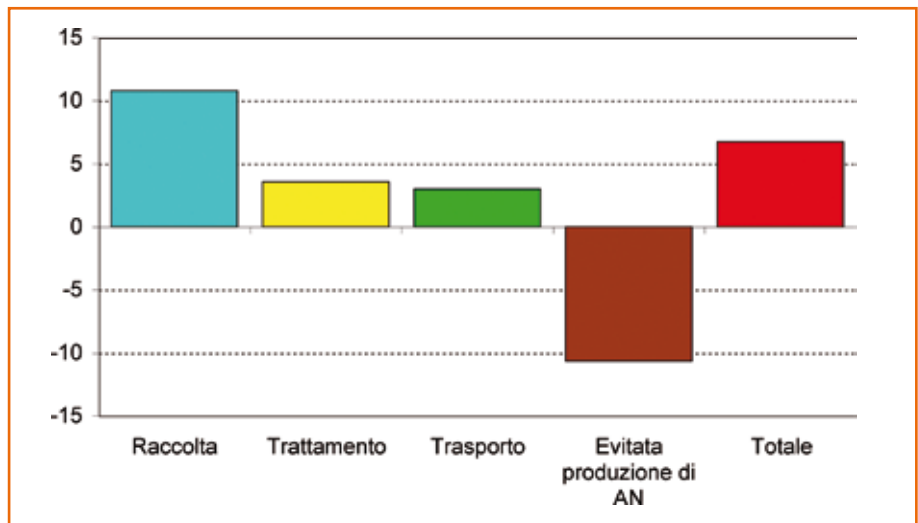


Figura 18 - Impatto provocato da 1 t di macerie sull'Effetto Serra (kg GWP).
Beneficio netto = (consumo impianti + trasporto) + evitata produzione

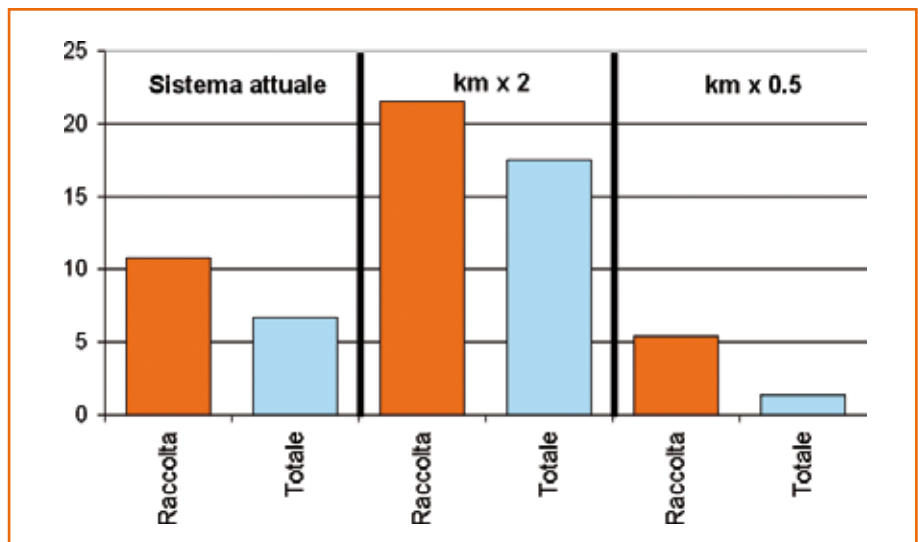


Figura 19 - Impatti provocati al variare delle distanze della fase di raccolta da 1 t di macerie sull'Effetto Serra (kg GWP)

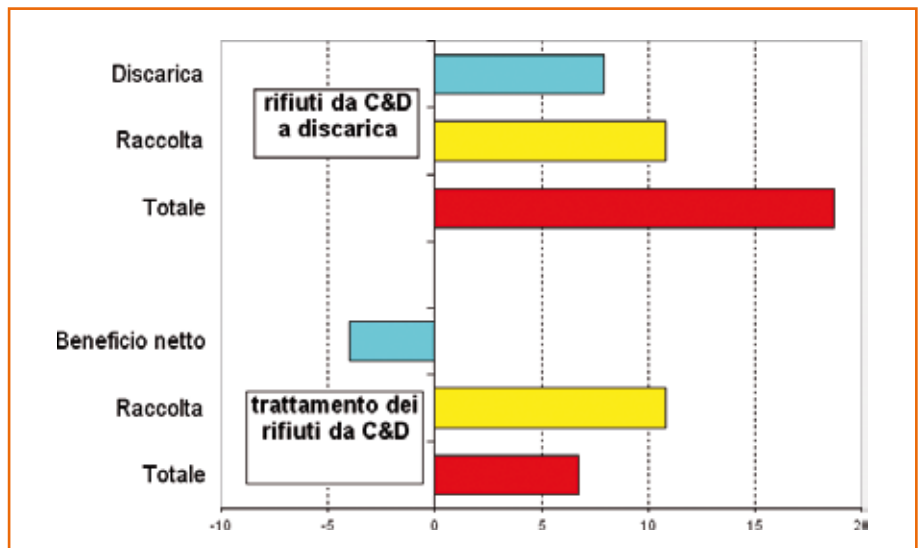


Figura 20 - Impatti ambientali provocati dallo smaltimento in discarica o dal trattamento di 1 t di macerie sull'Effetto Serra (kg GWP)

Bibliografia

- ANPAR, 2007, La produzione di aggregati riciclati in Italia nel 2006, www.anpar.org
- APAT, 2005, I rifiuti da C&D, <http://apat.it>.
- Badino V., Blengini G.A. and Zavaglia K. 2005, Demolition and rubble recycling as a new source of building materials, Proc. Conf. XIV International Symposium on Mining Planning and Equipment Selection (MPES 2005., Banff, Canada, pp. 64-82. ISSN1712-3208.
- Badino V., Blengini G.A. and Zavaglia K. 2006a, Analisi tecnico-economico-ambientale degli aggregati per l'industria delle costruzioni in Italia. Parte 1a – I prodotti e l'offerta di mercato, Geam, Anno XLIII, n. 117, pp. 5-14.
- Badino V., Blengini G.A. and Zavaglia K. 2006b, Analisi tecnico-economico-ambientale degli aggregati per l'industria delle costruzioni in Italia. Parte 2a – La stima dei fabbisogni, Geam, Anno XLIII, n. 118, pp. 5-16.
- Badino V., Blengini G.A. and Garbarino E. 2006c, Analisi tecnico-economico-ambientale degli aggregati per l'industria delle costruzioni in Italia. Parte 3a – Valutazione del contributo degli aggregati riciclati, Geam, vol. 119, anno XLIII, n°4, pp. 13-22.
- Badino V., Blengini G.A., Garbarino E., Zavaglia K. 2007, Economic and environmental constraints relevant to building aggregates beneficiation plants", Proc. Conf. 20th International Mining Congress of Turkey (IMCET 2007), Ankara, Turkey, June 6-8, 2007, 197-208. ISBN 978-9944-89-288-9.
- Blengini G.A. and Garbarino E. 2007, Il ciclo di vita dei materiali da costruzione, Recycling, Recycling, anno 11, n. 5, settembre 2007, pagg. 33-39. ISSN 1593-2419
- Blengini G.A. & Garbarino E., 2006, Sustainable constructions: eco-profiles of primary and recycled building materials, Proc. XV International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection (MPEWS 2006), Torino, Italy, pp 765-770, ISBN 88-901342-4-0
- Boustead I., Yaros B. R. & Papasavva S., 2000, Eco.labels and Eco-indices. Do they make sense?, Paper Number: 00TLCC-49. Society of Automotive Engineers Inc., <http://www.boustead-consulting.co.uk>.
- Buntenbach S., Petit E. and Hoberg H., 1997, Wet processing of demolition rubble, Aufbereitungs Technik, vol.38, n°3, pp. 130-138
- Cardu M. e Garbarino E., 2007, Tecnologie di demolizione: dalla progettazione allo smaltimento, atti INERTECH 2007, pubblicati su Recycling. ISSN 1593-2419
- Garbarino E. e Cardu M., 2007, Tecnologie di riciclaggio: impianti di trattamento ed applicazioni sperimentali di impiego, atti INERTECH 2007, pubblicati su Recycling. ISSN 1593-2419
- Garbarino E., Cardu M. and Mancini R., 2007, New developments of the separation equipments for aggregate beneficiation, IMCET 2007, XX International Mining Congress and Exhibition of Turkey, June 06-08, 2007, Ankara (Turkey)
- Garbarino E. & Mancini R., 2006, Unconventional feed source and products for a quarrying and processing plant system, Proc. XV International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection (MPEWS 2006). Torino, Italy.
- Garbarino E., 2005, Stato dell'arte e risultati di una ricerca sperimentale inerente la valorizzazione e l'impiego nella produzione di calcestruzzo di aggregati riciclati derivanti da rifiuti da costruzione e demolizione". PhD thesis. Politecnico di Torino.
- Molina P. e Garbarino E., 2007, Il riciclaggio dei rifiuti da C&D e scarti lapidei nella Provincia di Torino, atti INERTECH 2007, Recycling, anno 12, n. 2, marzo 2008, pagg. 111-116. ISSN 1593-2419
- Prüwasser J., 2001, New processing plant sets new standards, Aufbereitungs Technik, vol.42, n°12, pp. 580-584
- Symonds, Argus, Cowi & Prc Bouncentrum, 1999, Construction and demolition waste management practices and their economic impacts, Brussels: Report DGXI European Commission "C&DW", http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/cdw/cdw_report.h