

**SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA**

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

TESI DI LAUREA  
in  
RESOURCE AND RECYCLING M

**ANALISI ED OTTIMIZZAZIONE TECNICO-ECONOMICA DEI  
SERVIZI DI RACCOLTA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI:  
CASO APPLICATIVO DEL COMUNE DI MARZABOTTO**

CANDIDATA

Matilde Galantino

Matricola: 0001037681

RELATORE

Prof.ssa Alessandra Bonoli

CORRELATORE

Ing. Chiara Pizzingrilli

APPELLO Luglio 2023  
ANNO ACCADEMICO 2022/2023



# INDICE

<b><u>INTRODUZIONE</u></b>	<b>1</b>
<b><u>1 NORMATIVE PER LA GESTIONE DEI RIFIUTI</u></b>	<b>2</b>
1.1 NORMATIVE NAZIONALI	2
1.1.1 IL DECRETO RONCHI	2
1.1.2 DECRETO LEGISLATIVO 152/2006	2
1.1.3 D.M. 26 MAGGIO 2016 N.146	5
1.2 NORMATIVE REGIONALI DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA	5
<b><u>2 LA SITUAZIONE RIFIUTI IN EMILIA-ROMAGNA</u></b>	<b>7</b>
2.1 ANALISI GENERALE RIFIUTI EMILIA-ROMAGNA	7
2.2 ANALISI DETTAGLIATA RIFIUTI EMILIA-ROMAGNA	8
<b><u>3 ENTI REGIONALI EMILIA-ROMAGNA</u></b>	<b>13</b>
3.1 ATERSIR	13
3.2 ARPAE	13
3.2.1 ORSO	14
<b><u>4 IL GRUPPO HERA</u></b>	<b>15</b>
4.1 L'AZIENDA	15
4.1.1 HERA PER LA PREVENZIONE E LA RIDUZIONE DEI RIFIUTI	17
4.2 DIREZIONE SERVIZI AMBIENTALI E FLOTTE	17
<b><u>5 LA GARA PER LA GESTIONE INTEGRATA DEI RIFIUTI</u></b>	<b>19</b>
5.1 LA GARA	19
5.1.1 IL DISCIPLINARE TECNICO	21
5.1.2 STANDARD MINIMI PRESTAZIONALI	24
<b><u>6 CRITERI DI PROGETTAZIONE</u></b>	<b>26</b>
<b><u>7 AREA DI STUDIO: COMUNE DI MARZABOTTO</u></b>	<b>30</b>
7.1 IL COMUNE DI MARZABOTTO	30
7.2 STANDARD MINIMI PRESTAZIONALI SPECIFICI PER IL COMUNE DI MARZABOTTO	32
<b><u>8 ANALISI TECNICA DELLA PROGETTAZIONE DEL SERVIZIO DI RACCOLTA DEI RIFIUTI</u></b>	<b>35</b>
8.1 SOFTWARE UTILIZZATO PER L'ELABORAZIONE	35
8.1.1 ASSUNZIONI DEL SISTEMA	36
8.2 ELABORAZIONE DEI DATI	36

8.2.1	SCENARIO AS-IS DEL COMUNE DI MARZABOTTO	37
8.2.2	SCENARIO TO-BE DEL COMUNE DI MARZABOTTO	42
8.2.3	RIELABORAZIONE DELLO SCENARIO TO-BE DEL COMUNE DI MARZABOTTO	46
<b>9</b>	<b><u>RISULTATI TECNICI</u></b>	<b><u>49</u></b>
9.1	RAPPORTO UTENZE – CONTENITORE	49
9.2	DISTANZA UTENZE-PdR	53
9.3	CALCOLO E ANALISI DELLE FREQUENZE DI SVUOTAMENTO	58
9.4	ANALISI ECONOMICA	62
9.5	ANALISI DELL’IMPATTO AMBIENTALE DEL SERVIZIO	65
<b>10</b>	<b><u>CONCLUSIONI</u></b>	<b><u>70</u></b>
	<b><u>BIBLIOGRAFIA</u></b>	<b><u>72</u></b>

## **INTRODUZIONE**

L'elaborato è finalizzato ad esaminare il processo di progettazione economico-gestionale del servizio integrato di raccolta dei rifiuti nel territorio emiliano-romagnolo di presidio del Gruppo Hera.

In seguito alle disposizioni europee e nazionali per la riprogettazione del ciclo di vita del prodotto, all'insegna del rispetto dei principi dell'economia circolare, quali il riciclo e il riutilizzo, la Regione Emilia-Romagna si è attivata per attenersi alle direttive. Nel 2020 Atersir (Agenzia di Regolazione dei Servizi Pubblici Locali Ambientali della Regione Emilia-Romagna) ha indetto la gara per il servizio di raccolta dei rifiuti. L'aggiudicatario è risultato essere Hera Spa in RTI con Cooperativa Brodolini e Consorzio ECOBI. Il Bando di Gara richiede una transizione innovativa prevedendo non solo la digitalizzazione del settore, ma anche la sensibilizzazione della società per passare all'utilizzo della materia prima seconda, prediligendo in principio la prevenzione del rifiuto e poi la valorizzazione degli scarti tramite forme di impiego secondarie.

La prima parte dell'elaborato è di natura descrittiva, vengono approfondite le normative nazionali che hanno portato Atersir ad indire la gara in questione. Successivamente, si focalizza l'attenzione sulla situazione rifiuti nel luogo oggetto dell'elaborato, la Regione Emilia-Romagna. Viene poi presentata l'Aggiudicataria del servizio, il Gruppo Hera, e l'importanza che questa azienda ricopre nella società da oltre vent'anni. Infine, per comprendere al meglio le attività di cui si tratta nella seconda parte dell'elaborato, viene descritta nel dettaglio la gara per il servizio di gestione integrata dei rifiuti.

Nella seconda parte dell'elaborato viene analizzato il caso di studio applicato al Comune di Marzabotto. Si tratta della pianificazione tecnico-economica del servizio di raccolta dei rifiuti nel rispetto dei vincoli di gara e con l'obiettivo di raggiungere una convenienza economica ed ambientale. Vengono approfonditi gli strumenti utilizzati per il raggiungimento del risultato finale, le aree di interesse con rispettivi vincoli e necessità di natura geografica e demografica, e infine, il vero e proprio processo di progettazione dell'allocazione dei Punti di Raccolta. Un ultimo aspetto che si è voluto analizzare riguarda l'impatto in termini di emissioni di anidride carbonica dei mezzi impiegati per la raccolta dei rifiuti urbani, questo consentirà al Comune di avere informazioni sull'impatto ambientale del servizio erogato.

# **1 NORMATIVE PER LA GESTIONE DEI RIFIUTI**

Nel primo capitolo vengono presentate le principali normative che interessano la gestione dei rifiuti urbani. In seguito all'esposizione delle direttive rivolte in linea generale a tutte le regioni italiane, viene posto particolare interesse alle riforme approvate dalla Regione Emilia-Romagna, luogo nel quale è collocato il Comune oggetto dell'elaborato.

## **1.1 NORMATIVE NAZIONALI**

### **1.1.1 IL DECRETO RONCHI**

Il Decreto Ronchi (D.Lgs. n.22 del 5 febbraio 1997) è stato uno fra i primi documenti che ha introdotto a livello nazionale importanti aggiornamenti per la gestione dei rifiuti. Viste le direttive CE 91/156, 91/689 e 94/62 sulla disciplina del settore dei rifiuti, le disposizioni di questo Decreto Legislativo si ispirarono ai principi dell'economia circolare: ai fini di una corretta gestione dei rifiuti, il Decreto Ronchi richiede alle autorità competenti di favorire la riduzione dello smaltimento finale dei rifiuti, prediligendo forme di recupero quali il riciclaggio. Tale riforma è stata in seguito abrogata dall'art. 264 del Decreto Legislativo n.152 del 3 aprile 2006, il quale, nella parte quarta disciplina la gestione dei rifiuti e la bonifica dei siti contaminati. Il Decreto Legislativo n.152 è una riforma rivolta a tutte le regioni italiane, ed attribuisce ad esse la competenza esclusiva in materia di rifiuti, richiedendo loro di predisporre e adottare un Piano Regionale di Gestione dei Rifiuti (PRGR): documento nel quale vengono tutt'ora indicati gli obiettivi regionali nell'ambito della gestione dei rifiuti e le tempistiche previste per il loro raggiungimento.

### **1.1.2 DECRETO LEGISLATIVO 152/2006**

Di seguito viene approfondito il Decreto Legislativo appena citato, D.Lsg 152/2006, in quanto è il principale riferimento su cui si basa il Disciplinare Tecnico, documento redatto per l'affidamento del servizio di gestione integrata dei rifiuti del quale si occupa Hera Spa.

Il Decreto Legislativo 152/2006 'Norme in Materia Ambientale' è suddiviso in sei parti:

- I. Parte Prima: disposizioni, norme e principi generali;
- II. Parte Seconda: procedure per la valutazione ambientale strategica (VAS), per la valutazione d'impatto ambientale (VIA) e per l'autorizzazione ambientale integrata (IPPC);

- III. Parte Terza: norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche;
- IV. Parte Quarta: norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinati;
- V. Parte Quinta: norme in materia di tutela dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera;
- VI. Parte Sesta: norme in materia di tutela risarcitoria contro i danni all'ambiente;

Ai fini della migliore comprensione dell'argomento trattato nei capitoli successivi, si approfondisce ora la Parte Quarta.

In attuazione alle direttive comunitarie, in particolare la 2008/98/CE, la parte quarta del Decreto disciplina la gestione dei rifiuti e la bonifica dei siti inquinati, prendendo misure volte a proteggere l'ambiente e la salute umana, tentando di prevenire gli impatti negativi provenienti dalla gestione dei rifiuti. Tale gestione deve avvenire nel rispetto della seguente gerarchia:

1. Prevenzione, attraverso:

- La promozione di strumenti economici, certificazioni ambientali, analisi del ciclo di vita dei prodotti (*LCA, Life Cycle Assessment*) informazione e sensibilizzazione dei consumatori, utilizzo di sistemi di qualità, sviluppo del sistema di marchio ecologico (Ecolabel) ai fini della corretta valutazione dell'impatto di uno specifico prodotto sull'ambiente durante il suo intero ciclo di vita;
- bandi di gara che valorizzino le capacità e le competenze tecniche nella prevenzione della produzione di rifiuti;
- accordi e contratti per la prevenzione e la riduzione di rifiuti pericolosi;

2. Preparazione per il riutilizzo, sfruttando:

- Strumenti economici;
- Costruzione di centri e reti accreditati di riparazione o riutilizzo;
- Misure educative;

3. Riciclaggio, nello specifico:

- Le Regioni devono stabilire i criteri con i quali i Comuni provvedono a realizzare la raccolta differenziata;
- Imporre la raccolta differenziata almeno per la Carta, Metalli, Plastica e Lattine, Vetro e dove possibile Legno;

4. Recupero di altro tipo, come ad esempio il recupero dei rifiuti tramite la produzione di energia;

5. Smaltimento, ovvero la fase residuale della gestione dei rifiuti;

La gerarchia stabilisce, in generale, un ordine di priorità di ciò che costituisce la migliore opzione ambientale. A tale scopo devono essere adottate le misure volte a incoraggiare le opzioni che garantiscono il miglior risultato complessivo, tenendo conto degli impatti sanitari, sociali ed economici, quindi compresa anche la fattibilità tecnica e la praticabilità economica. Per questo motivo, è consentito discostarsi dall'ordine di priorità sopra citato qualora la forma di gestione dei rifiuti prediletta non sia la migliore alternativa per le altre dimensioni socio-economiche da tenere in considerazione.

Nel Decreto in questione viene posta particolare enfasi alla responsabilizzazione delle Regioni italiane nelle principali attività che si effettuano nella gestione dei rifiuti. Nello specifico, nel documento vengono elencati gli ambiti di competenza regionale, ovvero:

- Predisposizione, adozione e aggiornamento dei piani regionali di gestione dei rifiuti;
- Regolamentazione delle attività di gestione dei rifiuti, compresa la raccolta differenziata e quella dei rifiuti pericolosi;
- Elaborazione, approvazione e aggiornamento dei piani per la bonifica di aree inquinate di propria competenza;
- Approvazione dei progetti di nuovi impianti per la gestione dei rifiuti, e l'autorizzazione alle modifiche degli impianti esistenti;
- Promozione della gestione integrata dei rifiuti;
- Incentivazione alla riduzione della produzione dei rifiuti ed al recupero degli stessi;

Infine, la parte quarta del Decreto 'Norme in Materia Ambientale' si conclude con quelle che sono le disposizioni comunitarie per disciplinare l'affidamento dei servizi pubblici locali per la raccolta dei rifiuti. I soggetti che partecipano alla gara per aggiudicarsi la fornitura del servizio devono formulare una apposita relazione tecnico-illustrativa allegata all'offerta, proponendo un miglioramento della gestione e puntando, inoltre, alla riduzione delle quantità di rifiuti da smaltire congiuntamente migliorando i fattori ambientali. Il contratto che regola il rapporto tra l'Autorità d'ambito e il soggetto affidatario deve indicare quanto segue:

- Il regime giuridico per la gestione del servizio;
- La durata dell'affidamento, comunque non inferiore a quindici anni;
- I criteri di definizione del piano economico-finanziario per la gestione integrata del servizio;
- Modalità di controllo dell'erogazione del servizio;
- Obblighi di comunicazione e trasmissione dati, informazioni e documenti del gestore;

- Penali dovute a inadempimenti;
- Livello di efficienza ed affidabilità del servizio da assicurare all'utenza;
- Garanzie assicurative e finanziarie;
- Modalità di applicazione delle tariffe con riferimento alle diverse categorie di utenze;

### **1.1.3 D.M. 26 MAGGIO 2016 N.146**

Data l'importanza conferita al progresso verso l'aumento della raccolta differenziata, viene ora descritto il Decreto approvato il 26 maggio 2016 dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, "Linee Guida sul Calcolo della Percentuale di Raccolta Differenziata dei Rifiuti Urbani e Assimilati", il quale fornisce i criteri per il calcolo della percentuale di raccolta differenziata dei rifiuti urbani raggiunta in ciascun comune. Tale Decreto è stato approvato al fine di uniformare sull'intero territorio nazionale il metodo di calcolo dei rifiuti differenziati, utile per verificare il raggiungimento degli obiettivi prefissati dalle normative nazionali. Seguendo questo approccio è possibile anche rendere confrontabili i risultati regionali, sia a livello temporale che spaziale.

Ai fini del calcolo dell'ammontare di rifiuti raccolti in modo differenziato vengono prese in considerazione le seguenti frazioni: Vetro, Carta, Plastica e Lattine, Legno, Metalli, Organico, RAEE (rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche), rifiuti di origine tessile. Per il vero e proprio computo della percentuale di raccolta si procede facendo il rapporto fra i quantitativi di rifiuti raccolti e i quantitativi totali di rifiuti prodotti, inoltre è specificato che non devono essere applicate correzioni di tipo demografico.

## **1.2 NORMATIVE REGIONALI DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA**

Fra le leggi regionali dell'Emilia-Romagna conformi alle disposizioni legislative sopra citate si ricorda la Legge Regionale n.27 del 2009 "Promozione Organizzazione e Sviluppo delle Attività di Informazione e di Educazione alla Sostenibilità". In questa riforma la Regione si dichiara responsabile per la promozione verso la società alla sostenibilità, incoraggiando a tale scopo l'azione coordinata e sinergica fra enti pubblici e privati del territorio regionale (Consiglio Regionale, 2009).

In aggiunta, per adempire a quanto emanato da D. Lgs 152/2006, il 12 luglio 2022, la Regione Emilia-Romagna ha approvato il Piano Regionale di Gestione dei Rifiuti e per la Bonifica delle Aree Inquinatae 2022-2027 (Assemblea Legislativa , 2021). Il piano unisce le politiche regionali di due settori strategici, quello dei rifiuti e quello delle bonifiche, per lo sviluppo economico-

territoriale in chiave sostenibile. La volontà è quella di valorizzare le proprie filiere produttive, disaccoppiando la crescita economica dall'utilizzo delle risorse fisiche, all'insegna dei principi dell'economia circolare. In coerenza con gli obiettivi dell'Agenda ONU 2030 sui consumi sostenibili e lo spreco alimentare il PRGR è stato redatto ispirandosi ai seguenti principi:

- Prevenzione nella produzione dei rifiuti, sulla base del tema del ciclo di vita dei prodotti prima che questi diventino rifiuti;
- Risparmio di nuove risorse attraverso la reimmissione dei rifiuti nel ciclo produttivo;
- Riduzione del consumo del suolo attraverso la promozione del riuso delle aree da bonificare;
- Sostenibilità nella selezione delle azioni da attuare (misurabilità di queste in termini ambientali economici e sociali);
- Equa distribuzione territoriale dei carichi ambientali;

Il nuovo Piano è diventato dunque strumento per l'analisi delle situazioni critiche e per l'individuazione degli interventi prioritari, simultaneamente funge da regolatore per la gestione dei rifiuti, racchiudendo i principali target da raggiungere riassunti nel seguente elenco:

- Innalzare la raccolta differenziata all'80% entro il 2025, mantenendo questo valore fino al 2027. Date l'eterogeneità dei territori emiliano-romagnoli, è stata attuata una suddivisione per aree omogenee: pianura 84%, capoluoghi e costa 79%, montagna 67%;
- Innalzare il riciclaggio al 70%;
- Prevenire la produzione dei rifiuti, raggiungendo una diminuzione del 5% per unità di PIL;
- Divieto di avvio a smaltimento in discarica dei rifiuti urbani indifferenziati;
- Divieto di autorizzazione di nuove discariche;
- Rifiuto urbano pro-capite non inviato a riciclaggio non superiore a 120 kg/abitante anno;
- Estensione a tutti i Comuni dell'applicazione della tariffazione puntuale;
- Installazione di impianti di pannelli fotovoltaici nella sistemazione finale delle discariche.

## 2 LA SITUAZIONE RIFIUTI IN EMILIA-ROMAGNA

Il Capitolo 2 riassume i dati relativi alla Regione Emilia-Romagna sui rifiuti prodotti dai cittadini. Oltre al quantificare gli scarti generati, vengono riportate informazioni riguardanti le principali modalità di raccolta e i principali trend osservati nel corso degli ultimi anni. I dati riportati sono riferiti al 2021 e occorre precisare che alcuni di essi sono influenzati dalla situazione emergenziale dovuta alla crisi epidemiologica COVID-19 iniziata nel 2020, come ad esempio l'influenza che hanno avuto i dispositivi di protezione individuale sanitari sui rifiuti indifferenziati. Le informazioni riassunte nei seguenti paragrafi sono tratte dal report redatto da Arpa e pubblicato sul sito della Regione Emilia-Romagna (Arpa, Report Gestione Rifiuti, 2022).

### 2.1 ANALISI GENERALE RIFIUTI EMILIA-ROMAGNA

Come viene riassunto in *Figura 1* e *Figura 2*, in Emilia-Romagna si rileva una lieve diminuzione della produzione totale di rifiuti urbani; infatti, nel 2021 sono state prodotte 2.839.452 tonnellate di scarti, con un calo dell'1,1% del pro-capite rispetto al 2020. La raccolta differenziata resta al 72,2%, ampiamente sopra la soglia del 65% prevista come obbligo normativo nazionale. Si tratta di oltre 2 milioni di tonnellate di rifiuti differenziati, pari a 460 kg/abitante: 7 kg in meno a testa rispetto al 2020. In questo frangente si possono osservare le conseguenze dell'emergenza sanitaria, senza la quale si sarebbe potuto raggiungere l'obiettivo del 73% di raccolta differenziata fissato dal Piano Regionale dei Rifiuti (PRGR) per il 2020. Per quanto riguarda i rifiuti indifferenziati, si osserva un calo fino a 88 kg per abitante. Il conferimento in discarica si attesta all'1,3% sul totale dei rifiuti, ampiamente al di sotto della soglia del 10% prevista come obiettivo al 2035 nel nuovo pacchetto europeo sull'economia circolare. Complessivamente l'Emilia-Romagna conferma la sua attenzione ai principi dell'economia circolare, dove gli scarti si fanno materia prima seconda per nuovi cicli di produzione.



Figura 1 - Trend Variazioni Rifiuti Emilia-Romagna



Figura 2 - Dati Rifiuti Emilia-Romagna

## 2.2 ANALISI DETTAGLIATA RIFIUTI EMILIA-ROMAGNA

Vengono ora analizzati nel dettaglio i dati appena presentati, aggiungendo informazioni di natura economico-gestionale che interessano la Regione Emilia-Romagna in materia di rifiuti.

La raccolta differenziata ha raggiunto 2.050.078 tonnellate di rifiuti urbani, pari al 72,2% della produzione totale, in linea con il 2020. I Comuni che nel 2021 hanno superato l'obiettivo del 65% di raccolta differenziata complessiva, definito dalla normativa nazionale, sono stati 202. I valori riferiti a ogni filiera mostrano che a livello regionale si raccolgono soprattutto verde (97 kg/ab), Carta e Cartone (88 kg/ab), Umido (76 kg/ab), Vetro (43 kg/ab), Legno (42 kg/ab) e Plastica (41 kg/ab).

Per i rifiuti indifferenziati, i quali ammontano a 789.374 tonnellate ovvero a 177 kg/ab, i Comuni che nel 2021 hanno avuto una produzione pro capite di indifferenziato inferiore ai 150 kg/ab sono stati 142. Fra i fattori che incidono sui valori di produzione totale e pro-capite hanno rilevanza le presenze turistiche, particolarmente numerose nelle province di Ferrara, Ravenna, Forli-Cesena e Rimini.

Come rappresentato in *Figura 3*, in Emilia-Romagna si registra complessivamente un incremento della percentuale della raccolta differenziata inducendo di conseguenza la diminuzione dei rifiuti indifferenziati.



Figura 3 - Andamento rifiuti differenziati e raccolta differenziata in Emilia-Romagna

Le normative vigenti sanciscono che la raccolta dei rifiuti urbani debba essere effettuata dalle aziende a cui Atersir (Agenzia di Regolazione dei Servizi Pubblici Locali Ambientali della Regione Emilia-Romagna) ha affidato il servizio di gestione dei rifiuti urbani. Le modalità di raccolta con cui tale servizio può essere espletato sono suddivise nelle seguenti categorie:

- Porta a porta (o domiciliare): raccolta effettuata a domicilio con sacchi e bidoncini, seguendo una calendarizzazione prestabilita e coinvolgendo solo utenze domestiche;
- Contenitori stradali: contenitori posti sul suolo pubblico;
- Centro di raccolta: rifiuti urbani conferiti direttamente dagli utenti ai centri di raccolta;
- Ecomobile: centro di raccolta itinerante;
- Su chiamata da parte dell'utente;
- Altro: altri sistemi di raccolta non precedentemente indicati;

Il sistema di raccolta più diffuso in Emilia-Romagna per la raccolta differenziata è quello dei contenitori stradali (32%), mentre con il sistema domiciliare è stato raggiunto il 24% della raccolta differenziata. Un ruolo importante è stato ricoperto dai 368 centri di raccolta, ai quali gli utenti hanno conferito il 26% dei rifiuti differenziati. La collezione dei rifiuti rimanenti è avvenuta per mezzo di altri sistemi di raccolta, quali ad esempio lo spazzamento stradale avviato a recupero.

Il sistema più diffuso per la raccolta dei rifiuti urbani indifferenziati è quello che utilizza contenitori stradali (53%), mentre con il sistema porta a porta è stato raccolto il 33%; gli altri sistemi di collezione hanno riguardato il 14% dei rifiuti urbani indifferenziati. Per il rifiuto indifferenziato è interessante notare anche che 703.752 tonnellate (24,78%) sono state avviate agli impianti di incenerimento, 45.268 tonnellate (1,59%) sono state indirizzate alla biostabilizzazione e 37.139 tonnellate (1,31%) di rifiuti sono andate in discarica.

In *Figura 4* sono riassunte le varie alternative per la gestione dei rifiuti e la relativa percentuale di impiego. Come si può notare, il sistema impiantistico regionale è molto articolato e dimostra essere in grado di soddisfare completamente il fabbisogno di trattamento e smaltimento dei rifiuti indifferenziati. Tale sistema si compone di:

- Autodemolizione
- Compostaggio
- Discarica
- Fanghi in Agricoltura

- Inceneritore
- Recupero di Energia
- Recupero di Materia
- Stoccaggio
- Trattamento Chimico Fisico Biologico
- Trattamento Meccanico Biologico

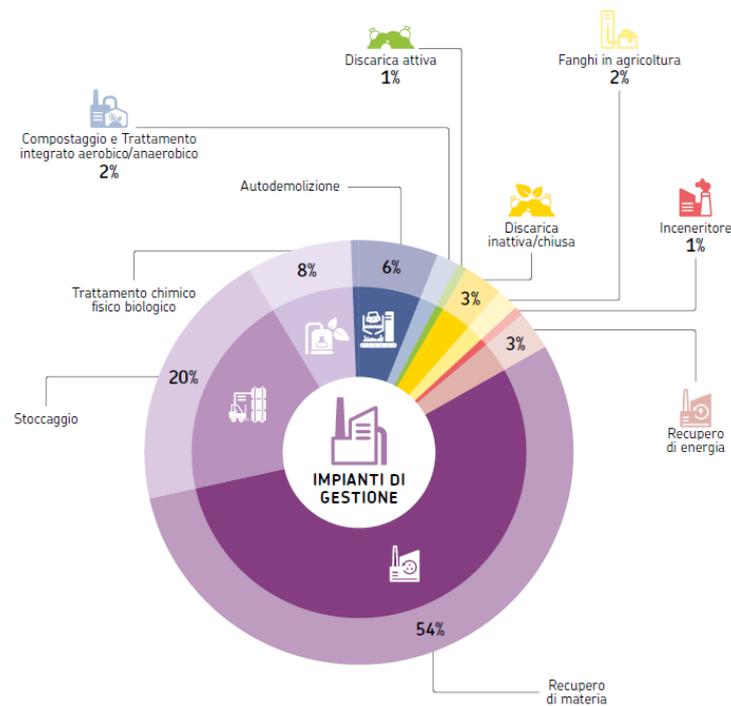


Figura 4 - Alternative per la gestione dei rifiuti

Inoltre, in *Figura 5* viene riassunta la gestione complessiva dei rifiuti nel territorio emiliano-romagnolo.

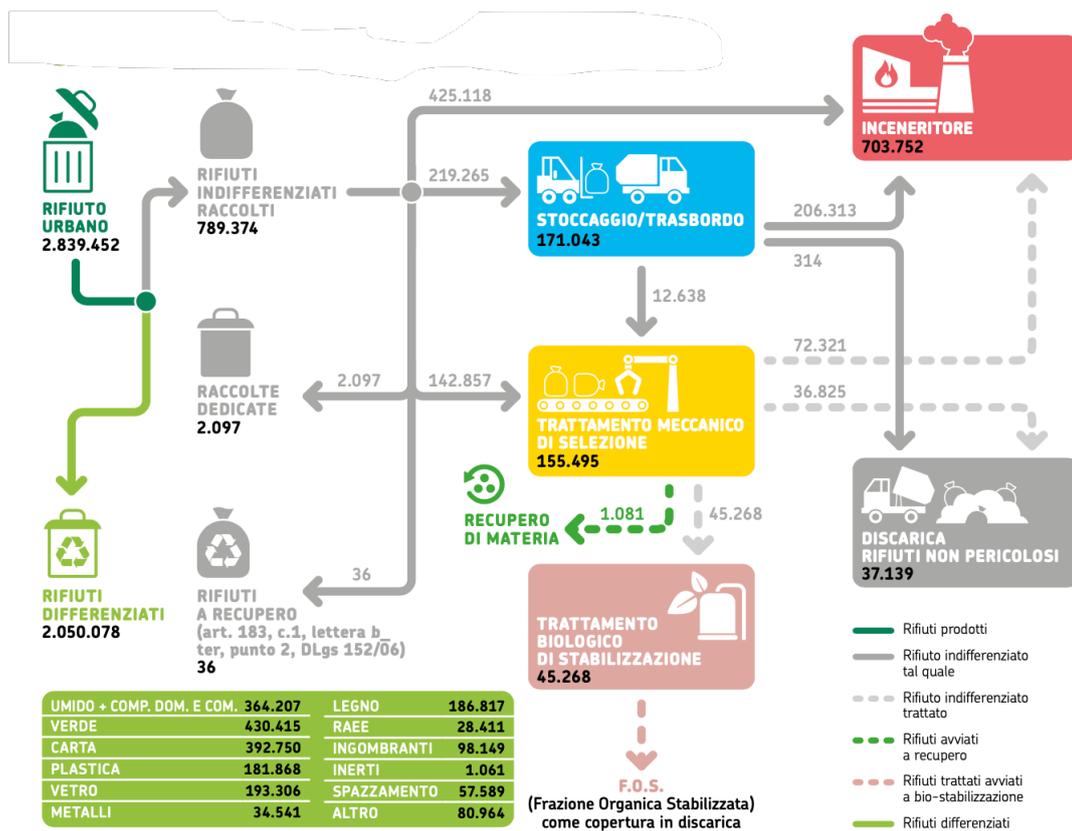


Figura 5 - Gestione Complessiva Rifiuti Emilia-Romagna, anno 2021

Analizzando ora i costi dovuti ai rifiuti generati, come indica la Figura 6 le due voci preponderanti risultano essere:

- il costo di gestione del ciclo dei servizi sui rifiuti urbani indifferenziati (27%).
- i costi di gestione del ciclo della raccolta differenziata (42%)

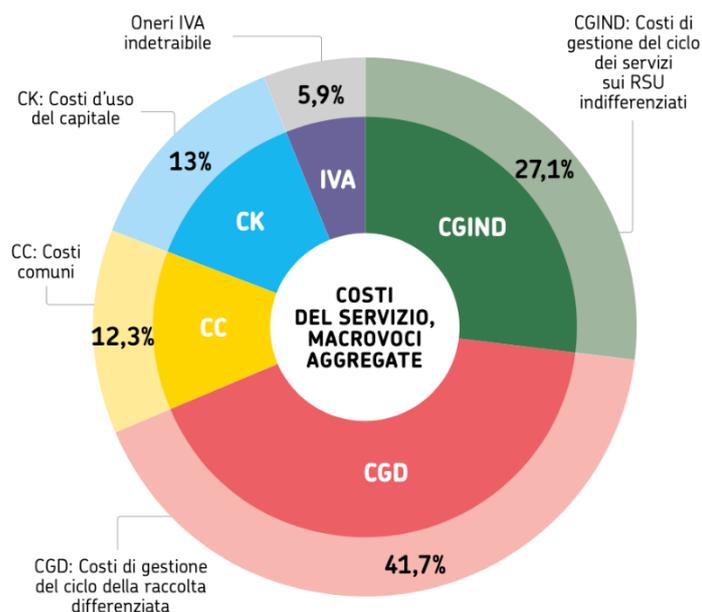


Figura 6 - Articolazione dei Costi di Servizio

Per quanto riguarda i costi di gestione del ciclo dei servizi dell'indifferenziato, la quota maggiore è dovuta ai costi per spazzamento e lavaggio strade, che incidono per il 9,7% sui costi complessivi, mentre le quote per la raccolta, il trasporto dei rifiuti, il trattamento e lo smaltimento incidono rispettivamente per l'9,1% e l'8,1%. Nella quota dei costi afferenti alla gestione dei rifiuti differenziati la maggior parte, il 27,7% del totale, è dovuta ai costi per la loro raccolta e trasporto e il 13,3% al loro trattamento e riciclo.

Un ultimo dato significativo riguarda la misurazione puntuale del rifiuto, la quale è stata implementata da 95 Comuni sui 328 della Regione Emilia-Romagna, cinque in più rispetto al 2020. È dimostrato che i risultati ambientali raggiunti nei luoghi a tributo/tariffa puntuale sono nettamente superiori alla media regionale, sia in termini di percentuale di raccolta differenziata, sia in termini di riduzione della produzione del rifiuto e di indifferenziato pro capite. Alcuni dati a sostegno di quanto detto riguardano la produzione totale pro capite media nei Comuni con misurazione puntuale del rifiuto, 580 kg/abitante anno (di cui 88 kg/abitante sono indifferenziati), contro i 637 kg/abitante anno (di cui 177 kg/abitante sono indifferenziati) dei Comuni in cui questa tariffazione non è presente.

### **3 ENTI REGIONALI EMILIA-ROMAGNA**

In questa sezione sono riportati i principali enti che adoperano in Emilia-Romagna per la gestione dei rifiuti. Nello specifico verranno presentati Atersir, ARPAE e l'applicativo web di quest'ultimo: O.R.So.

#### **3.1 ATERSIR**

Atersir è l'Agenzia di Regolazione dei Servizi Pubblici Locali Ambientali della Regione Emilia-Romagna, si occupa nello specifico del Servizio Idrico Integrato (acquedotti, fognature e depurazione) e del Servizio Gestione Rifiuti Urbani (raccolta, trasporto, recupero e smaltimento dei rifiuti), come previsto dal D. Lgs 152/2006.

Poiché sia il servizio idrico che il servizio di gestione dei rifiuti urbani sono in condizione di monopolio naturale, si ha la necessità di una regolazione del mercato da parte di un ente pubblico e Atersir è l'autorità preposta a tale compito.

I ruoli svolti dall'agenzia si riassumono in:

- affidare la gestione del servizio ad un operatore economico che possenga i requisiti di efficacia ed efficienza;
- predisporre la pianificazione di ambito nel rispetto degli standard quali-quantitativi di erogazione del servizio e la programmazione degli investimenti necessari alle esigenze del territorio e della collettività;
- predisporre il piano economico- tariffario a garanzia del raggiungimento degli standard quali-quantitativi e dell'equilibrio economico-finanziario del gestore;
- effettuare monitoraggio e controllo per tutta la durata dell'affidamento apportando eventuali modifiche alla pianificazione.

#### **3.2 ARPAE**

Arpae (Agenzia Regionale per la Prevenzione, l'Ambiente e l'Energia dell'Emilia-Romagna), istituita in seguito alle disposizioni della legge regionale n.13/2015, integra le funzioni svolte da Arpa con quelle dei Servizi ambiente delle Province.

L'agenzia esercita attività di autorizzazione, concessione e monitoraggio dello stato ambientale, svolgendo vigilanza e controllo delle attività di tutela ambientale. Inoltre, sviluppa modelli di previsione per migliorare il monitoraggio e la conoscenza dei sistemi ambientali e dei fattori che su di essa incidono, controllando quali sono le nuove forme di inquinamento dell'ecosistema.

L'Agenzia favorisce la sostenibilità delle attività umane che influiscono sull'ambiente, sulla salute, sulla sicurezza del territorio, sia attraverso i controlli previsti dalle norme, sia attraverso attività di prevenzione. Infine, Arpae ha un ruolo chiave anche nell'osservazione, previsione, ricerca e sviluppo in campo meteorologico e climatologico, affronta infatti le tematiche di adattamento e mitigazione del cambiamento climatico, così come svolge importanti studi di ricerca nell'ambito dei temi epidemiologici connessi all'ambiente in relazione alla salute.

### **3.2.1 ORSO**

O.R.So (Osservatorio Rifiuti Sovraregionale) è un'applicazione del web che consente la gestione delle informazioni richieste annualmente ai Comuni per la produzione e gestione dei rifiuti urbani e ai soggetti gestori degli impianti per i rifiuti ritirati e trattati. Il servizio offerto da questo applicativo consente un considerevole risparmio di tempo, risorse ed energie per tutti i soggetti coinvolti nell'inserimento e nell'elaborazione dei dati sui rifiuti. In particolare, i vantaggi operativi più significativi sono:

- la dinamicità del dato, cioè il suo inserimento, controllo ed archiviazione in tempo reale;
- la possibilità di consultare dati relativi agli anni precedenti, evitando il caricamento successivo di quelli rimasti invariati;
- l'effettuazione di controlli automatici sulla correttezza dei dati già in fase di digitazione;
- la disponibilità di un assistente/correttore come supporto durante la compilazione e l'inserimento dei dati;
- l'eliminazione di eventuali errori di lettura e trascrizione da parte dell'Osservatorio Provinciale e/o dei Bacini, che può saltare l'oneroso passaggio dell'informatizzazione dei dati e ridurre quello della loro verifica.

Come indicato nella delibera regionale DG R 2147/18, la compilazione del Data Base O.R.So viene effettuata dai Comuni stessi (o per essi, se delegato, dal gestore del servizio di raccolta) entro il 30 aprile di ogni anno. I dati inseriti sono poi sottoposti dall'amministrazione regionale (Arpae CTR rifiuti – Sezione Regionale Catasto Rifiuti) a una procedura di verifica statistica e ad approfondimenti su eventuali anomalie. Al termine della procedura i dati vengono validati e trasmessi entro il 30 giugno alla Regione Emilia-Romagna e a Ispra, ed elaborati per comporre il quadro conoscitivo, a scala regionale, del settore rifiuti urbani.

## 4 IL GRUPPO HERA

Nel quarto capitolo viene presentato il Gruppo Hera e il suo ruolo nella società. In seguito all'esposizione dei principali aspetti caratterizzanti l'azienda, viene posta attenzione ad una delle Direzioni: la Direzione Servizi Ambientali e Flotte, la quale si occupa delle attività oggetto di questo elaborato.

### 4.1 L'AZIENDA

Hera nasce nel 2002 da un'operazione di aggregazione che ha coinvolto oltre 11 aziende ex-municipalizzate emiliano-romagnole, inoltre da gennaio 2013 si è aggiunta AcegasAps e, da luglio 2014, anche Amga. In particolare, come riportato nel rating in *Figura 7*, l'organizzazione è leader nella gestione e trattamento dei rifiuti. Hera, infatti, gestisce il servizio integrato in 6 province dell'Emilia-Romagna e nella provincia di Firenze per un totale di 140 comuni; attraverso Marche Multiservizi, serve 41 Comuni nella provincia di Pesaro e Urbino e altri 6 Comuni nei territori limitrofi delle Marche. In seguito alla fusione con AcegasApsAmga, il territorio servito si è esteso in altri 9 Comuni delle province di Padova, Trieste, Udine e Gorizia. Complessivamente il Gruppo Hera offre servizi di igiene ambientale a una popolazione di 3,3 milioni di abitanti e gestisce il proprio sistema impiantistico di trattamento, mediante operazioni di recupero e smaltimento di rifiuti urbani e speciali, con una dotazione di 81 impianti (Gruppo Hera). L'importante crescita del Gruppo è dovuta non solo alla qualità dei servizi erogati nell'ambito dei mercati regolamentati, ma anche all'operato nel libero mercato, occupandosi infatti del trattamento dei rifiuti speciali e della vendita di gas ed energia elettrica.



Figura 7 - Rating Gruppo Hera

Il sistema integrato fra i servizi e gli impianti consente il massimo recupero di materia ed energia dai rifiuti e, per quelli residuali o pericolosi, il corretto smaltimento con piena garanzia della

tutela ambientale. L'obiettivo ultimo, che ancora oggi si legge nello *statement* della missione aziendale, è quello di migliorare la qualità dei servizi al cittadino grazie a una transizione all'insegna dell'innovazione e della digitalizzazione, nonché la promozione dell'equità sociale.

Il modello di business di Hera la rende un'azienda innovativa e proiettata al progresso. Nello specifico il business model basato sull'economia lineare, che prevede l'utilizzo delle risorse per la produzione di beni o servizi con una vita limitata, è stato ormai abbandonato a favore di un modello ispirato ai principi dell'economia circolare, in cui non è previsto l'utilizzo delle materie prime e le risorse naturali per beni usa e getta, bensì si lavora nell'ottica di riciclare e riutilizzare, o dove necessario riparare, i prodotti per estenderne la vita utile (*Figura 8*). Il Gruppo Hera dimostra così di porre attenzione alla responsabilità sociale, o *Corporate Social Responsibility*: a partire dal 2016, infatti, l'azienda è in grado di generare valore economico e allo stesso tempo avere un impatto positivo sulla società e l'ambiente nel quale esercita il proprio operato, riuscendo in questo modo a rispondere anche agli obiettivi dell'Agenda Globale ONU.



Figura 8 - Flusso Attività Economia Circolare

Un dato significativo a riguardo viene registrato dall'operato di Hera nello sviluppo della raccolta differenziata: la percentuale è salita dal 26,4% del 2002 al 54% del 2013 nelle aree servite dall'azienda. Questa nozione assume ancora più rilevanza considerato che la produzione complessiva dei rifiuti urbani ha mostrato un calo negli ultimi due anni: un virtuoso trend che oltre ad incrementare la quantità di materiale recuperato, ha consentito una decisa riduzione del rifiuto indifferenziato avviato a smaltimento.

#### **4.1.1 HERA PER LA PREVENZIONE E LA RIDUZIONE DEI RIFIUTI**

Come citato nel Paragrafo 2.2.1 Decreto Legislativo 152/2006, una delle disposizioni emanate dalle normative nazionali prevede la sensibilizzazione del cittadino per la prevenzione e la riduzione dei rifiuti. Hera, a tal proposito, ha sviluppato dei processi di miglioramento che sono tutt'ora in evoluzione. Fra questi troviamo:

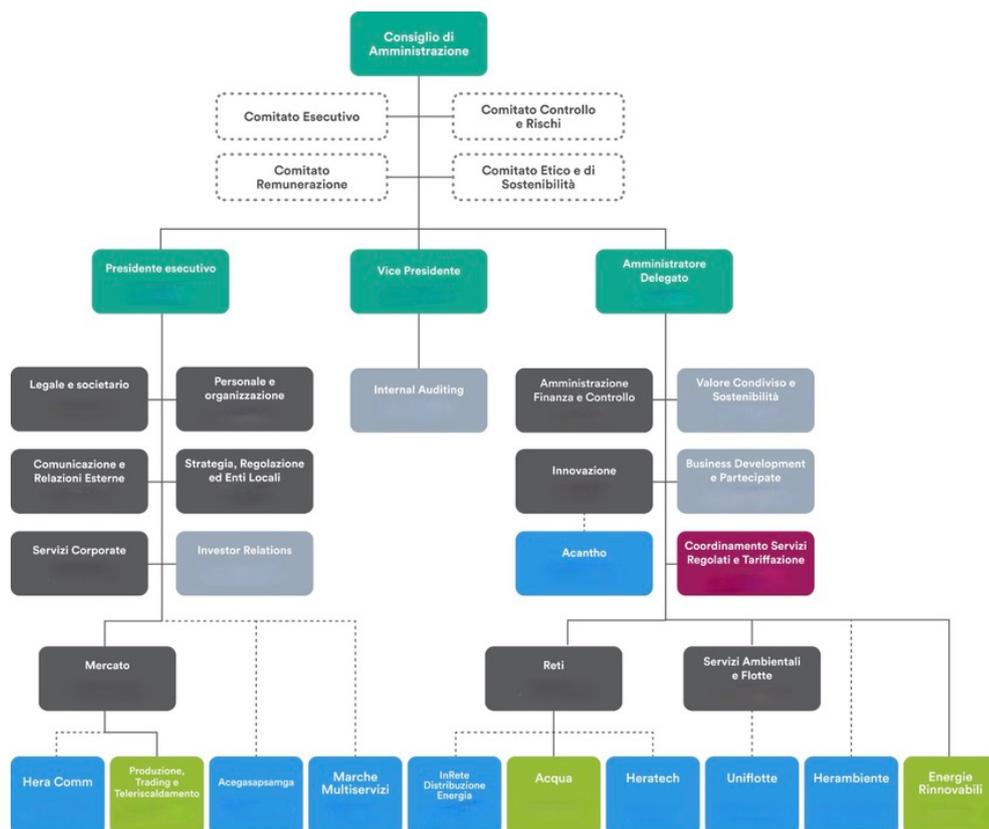
- Progetto *Cibo Amico*: prevede il recupero delle eccedenze alimentari nelle mense aziendali di Hera. Questo progetto, sviluppato in collaborazione con Last Minute Market, prevede che il cibo recuperato vada a favore di quattro enti no profit che ospitano 111 persone. L'intento è quello di coinvolgere sempre più mense nei territori presidiati dal Gruppo, apportando in questo modo benefici ambientali, sociali ed economici.
- Progetto *Farmaco Amico*: prevede il recupero di medicinali non scaduti presso diverse farmacie. I prodotti verranno riutilizzati da enti no profit consentendo di diminuire la produzione di rifiuti ed evitando lo spreco dei farmaci.
- Progetto *Cambia il Finale*: questo progetto nasce con l'obiettivo di recuperare beni ingombranti ancora riutilizzabili in quanto in buono stato.
- Progetto *Regala un Albero*: dal 2012 è attiva la campagna di promozione della bolletta elettronica, che consiste nel sensibilizzare i cittadini al passaggio della bolletta cartacea a quella digitale. L'adesione alla proposta da parte dei cittadini è premiata dal Gruppo Hera con la piantumazione di nuovi alberi
- Progetto *Second Life*: Second Life è il nome della nuova area del riuso avviata nel 2011 in collaborazione con il Comune di Bologna, nelle immediate adiacenze della stazione ecologica di Hera.

#### **4.2 DIREZIONE SERVIZI AMBIENTALI E FLOTTE**

In *Figura 9* è rappresentata graficamente l'articolata struttura organizzativa del Gruppo. Di seguito vengono fornite informazioni riguardanti la Direzione Servizi Ambientali e Flotte, in quanto attore principale per la progettazione tecnico-economica del servizio di raccolta rifiuti.

Questa Direzione Centrale ha il compito di far fronte alla rapida evoluzione dei diversi ambiti del settore ambientale: dalla nuova regolazione tariffaria, ai cambiamenti normativi fino al nuovo assetto post gare per l'affidamento delle Concessioni. I progetti sviluppati in questa sezione sono relativi ai temi di economia circolare, innovazione e nuove tecnologie e al settore di pianificazione, controllo e normativa ambientale. Nello specifico, la parte di Operations dei Servizi Ambientali, si occupa di:

- Garantire il coordinamento complessivo dei servizi di raccolta, spazzamento, trasporto dei rifiuti e la conduzione e manutenzione dei centri di raccolta, presidiandone l'attenzione al budget con particolare riferimento a risultati economici ed efficienza degli investimenti;
- Garantire la progettazione dei servizi ambientali, verificandone gli standard qualitativi e promuovendone l'ottimizzazione, anche attraverso specifiche azioni di miglioramento;
- Garantire il rispetto delle norme relative alla salute e alla sicurezza;
- Assicurare la corretta gestione delle attività amministrative relative alla gestione dei rifiuti;
- Presidiare il contratto di servizio con Uniflotte (società del Gruppo Hera dedicata alla gestione della flotta aziendale e delle attrezzature utilizzate per la raccolta dei rifiuti), collaborando alla descrizione di standard tecnici di mezzi ed attrezzature.



**LEGENDA**

■ Direzione centrale   ■ Direzione   ■ Funzione   ■ Business Unit   ■ Società

Figura 9 - Struttura Organizzativa Gruppo Hera

## **5 LA GARA PER LA GESTIONE INTEGRATA DEI RIFIUTI**

Nel quinto capitolo viene descritta la gara vinta da Hera Spa per l'affidamento della gestione integrata dei rifiuti in quanto evento principale per l'avvio della progettazione economico-logistica esaminata nelle pagine successive. Le informazioni riportate provengono dal documento Bando di Gara pubblicato da Atersir (Atersir, 2020).

### **5.1 LA GARA**

Il 24 Novembre 2021 Atersir, tramite la determina n.246, ha assegnato ad Hera Spa, in RTI con la Cooperativa Brodolini e Consorzio ECOBI, la concessione per lo svolgimento del servizio pubblico di gestione integrata dei rifiuti urbani per il territorio bolognese.

Il Bando di Gara propone una discontinuità tecnologica e digitale, prevedendo l'implementazione di attrezzature informatizzate quali, ad esempio, cassonetti con apertura elettronica piuttosto che meccanica. Questo tipo di cambiamento richiede l'introduzione di nuovi strumenti che dovranno essere utilizzati dal cittadino per avere accesso al cassonetto, come ad esempio la Carta Smeraldo. Per questo motivo, all'aggiudicatario della gara è richiesto di offrire un percorso di transizione attento e guidato, che consenta a tutti i membri della società di avere accesso al servizio di smaltimento dei rifiuti. La Concorrente ha a disposizione un periodo transitorio, ovvero i due anni successivi dal momento dell'affidamento, per implementare gradualmente le attività previste dal periodo di concessione. Nello specifico, l'avvio dei servizi dovrà avvenire entro e non oltre 120 giorni dalla sottoscrizione del contratto, mentre la messa a regime degli stessi dovrà avvenire entro 24 mesi dall'affidamento del servizio secondo le modalità previste dal contratto.

I servizi richiesti nel Bando di Gara possono essere riassunti in:

- 1- Raccolta e trasporto di rifiuti urbani, prodotti da utenze domestiche e non domestiche, suddivisi in: Indifferenziato, Organico, Carta e Cartone, Plastica, Vetro e Metalli, Sfalci Verdi;
- 2- Servizi di igiene urbana e spazzamento delle strade, delle piazze e delle aree pubbliche, nonché pulizia delle rive fluviali e lacuali;
- 3- Servizio di lavaggio dei contenitori stradali;
- 4- Rimozione dei rifiuti urbani abbandonati sulle strade o aree pubbliche;
- 5- Attività di informazione e sensibilizzazione degli utenti anche ai fini della prevenzione dei rifiuti;

- 6- Attivazione e gestione di un sistema di contabilizzazione e misurazione puntuale del conferimento dei rifiuti da parte delle utenze;
- 7- Gestione post operative, inclusa manutenzione ordinaria, della discarica di Gaggio Montano;
- 8- Recupero delle frazioni di rifiuti differenziate;
- 9- Commercializzazione dei rifiuti differenziati;
- 10- Accertamento e contestazione delle violazioni ai divieti in materia di raccolta dei rifiuti.

Ai fini dell'elaborato è di interesse il punto 1 dell'elenco appena riportato. Il servizio di raccolta e trasporto dei rifiuti si compone a sua volta delle attività di:

- Fornitura e collocazione su suolo pubblico delle strutture e dei contenitori per il conferimento delle diverse frazioni di rifiuti;
- Fornitura e distribuzione di contenitori per le raccolte domiciliari;
- Fornitura e distribuzione delle compostiere, complete dell'attrezzatura necessaria per il loro corretto utilizzo;
- Organizzazione ed esecuzione operativa delle attività di raccolta domiciliare e/o stradale;
- Allestimento e gestione dei centri di raccolta per il conferimento da parte delle utenze delle tipologie di rifiuto autorizzate;
- Organizzazione ed esecuzione operativa delle attività di trasporto dei rifiuti verso i siti di stoccaggio, eventuali trattamenti intermedi, recupero o smaltimento definitivo;
- Raccolta dei rifiuti urbani abbandonati e giacenti sulle aree pubbliche;
- Organizzazione ed esecuzione della pulizia e sanificazione dei contenitori per la raccolta stradale;
- Manutenzione ordinaria, straordinaria e il rinnovo delle attrezzature, nonché dei mezzi di trasporto dei rifiuti;
- Adozione delle misure necessarie e l'effettuazione degli investimenti per il potenziamento, la riorganizzazione e l'adeguamento dei servizi e delle attività di raccolta e trasporto;
- Attività inerenti alla rimozione di scarichi abusivi di materiali solidi da aree pubbliche.

Il territorio oggetto del Bando di Gara presenta una distintiva eterogeneità: molti comuni, infatti, sono collocati in un'area montana in cui la viabilità è notevolmente diversa dalle aree urbane del centro di Bologna. Di conseguenza, nel Bando di Gara la zona geografica di interesse è ripartita come segue:

- 25 comuni di montagna, tutti caratterizzati da un'importante distanza dagli impianti di smaltimento, una bassa concentrazione di utenze e la presenza di molte abitazioni utilizzate durante i periodi estivi o invernali come seconde case per la villeggiatura. Da qui ne deriva una importante presenza di utenze non residenziali;
- 24 Comuni di pianura. In questi luoghi l'influenza della stagionalità è inferiore, allo stesso tempo sono presenti numerosi stabilimenti industriali che apportano una variazione a specifiche filiere di rifiuti in base all'attività svolta;
- Il comune di Bologna, che richiede un trattamento unico in quanto il tessuto urbano è più complesso rispetto agli altri territori, si basti pensare alle grandi dimensioni della città. A tal proposito la città viene suddivisa in lotti di attivazione per poter gestire in maniera più efficiente durante la fase transitoria.

### **5.1.1 IL DISCIPLINARE TECNICO**

Il Disciplinare Tecnico del Bando di Gara definisce le attività richieste e le modalità con le quali il servizio deve essere offerto alla società.

Come citato nella parte introduttiva, le attività vengono suddivise in prioritarie, che devono andare a regime entro i 120 giorni dalla sottoscrizione del contratto, e secondarie, che invece devono essere regolarizzate entro i 24 mesi dall'affidamento della concessione. Le priorità da mettere a regime entro i primi quattro mesi sono:

- Centri di raccolta itineranti;
- Raccolta dei rifiuti cimiteriali;
- Igiene urbana (spazzamento manuale, spazzamento meccanizzato e servizi accessori);
- Svuotamento cestini;
- Lavaggio stradale;
- Pulizia e raccolta dei rifiuti provenienti da mercati, manifestazioni, sagre e fiere;
- Raccolta e trasporto dei rifiuti abbandonati;
- Post gestione delle discariche di proprietà pubbliche.

Viene invece rimandata con scadenza a due anni dell'affidamento della concessione, la messa a punto di:

- Raccolta dei rifiuti presso grandi utenze;
- Raccolta e trasporto di indumenti dismessi e oli esausti;
- Raccolta mediante servizi a chiamata;

- Raccolta di pile e farmaci;
- Lavaggio dei contenitori.

In *Figura 10* sono riassunte in sequenza le fasi principali che porteranno il Gestore a offrire il servizio richiesto:



*Figura 10 - Fasi messa a regime servizio raccolta rifiuti*

Nel Disciplinare Tecnico viene richiesto all’Autorità aggiudicataria del servizio di redigere il Piano delle Attività: il documento che viene allegato alla proposta tecnico-economica del Gestore. Le linee guida del Piano delle Attività richiedono che vengano riportati i seguenti contenuti:

- 1- Definizione del territorio con riferimenti ai singoli Comuni afferenti all’Ambito Territoriale:
  - Distinzione fra utenze domestiche e non domestiche e fra utenze residenti e non residenti;
  - Flussi di rifiuti attesi dai diversi servizi distinti per filiera;

- Planimetrie dei territori per tipologia di servizio;
- 2- Piano di lavoro dei servizi oggetto di concessione:
- tipologia di utenze servite e il numero;
  - descrizione territoriale dei percorsi di raccolta;
  - frequenze di servizio;
  - personale e mezzi impiegati;
  - interventi di manutenzione programmati;
  - realizzare un piano di comunicazione e sensibilizzazione della società;
- 3- Informazioni economiche finanziarie, derivanti dal quadro economico del Piano Annuale delle Attività.

Un'ulteriore clausola contrattuale riguarda il controllo del riempimento dei cassonetti. Nell'ambito della programmazione degli svuotamenti dei contenitori stradali l'aggiudicatario realizzerà, nel corso dell'affidamento, la sperimentazione di un sistema che, basandosi sul controllo remoto del livello di riempimento dei contenitori stradali del rifiuto indifferenziato, consentirà l'individuazione di eventuali necessità puntuali di svuotamento e fornirà soluzioni per il *routing* dinamico (ovvero modifiche alla programmazione dei tracciati di raccolta per soddisfare particolari esigenze). La rilevazione dei contenitori coinvolti nella sperimentazione avverrà secondo due modalità:

- Indiretta: sulla base della numerosità dei conferimenti contabilizzati tramite i sistemi di cui sono dotati i cassonetti informatizzati con limitatore volumetrico. Questa rilevazione verrà inizialmente eseguita su un quartiere della città di Bologna;
- Diretta: mediante l'installazione dei sensori capaci di rilevare il livello di riempimento e di trasmettere le relative informazioni al sistema centrale di acquisizione dati dell'aggiudicatario. Questa rilevazione verrà inizialmente eseguita in un'area montana.

I dati raccolti, per entrambe le modalità, verranno acquisiti ed elaborati da un sistema di progettazione dei percorsi. Tale sistema dovrà garantire comunque le frequenze minime di svuotamento imposte per ciascun contenitore ed individuare i contenitori che, sulla base delle percentuali di riempimento rilevate nel dato momento, si riempiranno prima del prossimo svuotamento pianificato. Individuati i contenitori "critici", il sistema formulerà in maniera automatica una proposta di anticipo della programmazione di svuotamento tramite l'indicazione di un possibile itinerario di raccolta in cui aggiungere l'attività garantendo l'integrazione a percorsi già pianificati e di conseguenza l'ottimizzazione della logistica dei mezzi nel territorio di sperimentazione.

Infine, per promuovere la cultura della prevenzione dei rifiuti e favorire il coinvolgimento dei cittadini, delle imprese e degli enti pubblici verso l'adozione di misure, comportamenti e modelli di produzione e consumo che comportino una reale riduzione dei rifiuti prodotti, sarà onere del Gestore implementare il Piano finalizzato alla riduzione, riutilizzo e preparazione per il riutilizzo dei rifiuti.

### **5.1.2 STANDARD MINIMI PRESTAZIONALI**

Gli Standard Minimi Prestazionali (o SMP) sono i requisiti minimi di performance del servizio offerto dall'aggiudicatario della gara e possono essere letti nell'allegato B1 (Arpae, 2020) del Disciplinare Tecnico del Bando di Gara indetto da Atersir. Gli SMP del progetto in questione sono stati definiti considerando i numerosi aspetti della complessità del territorio del bacino di gara: le caratteristiche geografiche, la demografia, la viabilità stradale, la presenza di centri storici che necessitano attenzioni per ridurre l'impatto visivo ed estetico e la presenza di aree industriali sono solo alcuni dei fattori considerati per la definizione degli Standard Minimi Prestazionali.

Il primo requisito da soddisfare nell'erogazione del servizio riguarda la collocazione dei contenitori sul territorio. I cassonetti devono essere disposti in modo tale da garantire, per ogni singola frazione del rifiuto, una distanza massima delle utenze servite dal contenitore più prossimo a:

- All'interno dei centri abitati 200 m per il 98% delle utenze;
- All'esterno dei centri abitati 400 m per il 95% delle utenze.

Inoltre, è necessario soddisfare una capillarità massima per ogni centro di raccolta pari a:

- 1 contenitore ogni 15 utenze per ogni tipologia di rifiuto, eccetto gli scarti verdi;
- 1 contenitore ogni 50 utenze per i contenitori di scarti verdi.

Come accennato, in ogni allestimento deve essere presente un raccoglitore per ogni singola frazione di rifiuto, ovvero per almeno i seguenti materiali:

- Indifferenziato;
- Organico;
- Scarti di verde e sfalci (dove richiesto);
- Carta e cartone;
- Vetro;
- Plastica/lattine.

Nell'allegato B1 vengono indicate anche le modalità di raccolta previste, che di fatto sono tre:

- Sistema domiciliare: sistema di raccolta dei rifiuti urbani che consiste nel prelievo da parte del Gestore dei contenitori esposti dall'utenza davanti al proprio domicilio, secondo uno specifico calendario. Rimane a carico del Gestore la calendarizzazione dei servizi di raccolta e la comunicazione della stessa alle utenze;
- Sistema stradale informatizzato: presenza di cassonetti posizionati su strada o luogo pubblico, consentendo all'utente di conferire rifiuti senza vincoli d'orario. È prevista l'aggiunta di elementi meccanici ed elettronici che consentano di limitare l'utilizzo dei contenitori alle sole utenze autorizzate;
- Centro di raccolta: raccolta dei rifiuti urbani per frazioni omogenee conferiti dai detentori per il trasporto agli impianti di recupero e trattamento. I centri di raccolta sono accessibili ai cittadini secondo un calendario schedato e accolgono frazioni di rifiuto autorizzate.

Infine, ulteriori standard prestazionali riguardano la frequenza minima di svuotamento dei cassonetti e le dotazioni da conferire alle utenze qualora siano servite da un servizio porta a porta, o alternativamente le dimensioni dei cassonetti per le aree servite dalla raccolta stradale.

## 6 CRITERI DI PROGETTAZIONE

L'obiettivo di questo capitolo è quello di informare il lettore sulla metodologia di pianificazione seguita dai progettisti di Hera Spa per l'erogazione del servizio, ottimizzandolo dal punto di vista economico e ambientale nel rispetto degli Standard Minimi Prestazionali delineati nel Disciplinare Tecnico.

Per consentire una progettazione dei servizi stradali di raccolta, inizialmente sono stati presi in esame gli aspetti della complessità del territorio precedentemente citati. Successivamente, sono stati studiati i quantitativi obiettivo di raccolta dei rifiuti, attenendosi alle indicazioni della Gara: per i comuni della montagna, ad esempio, è richiesto il raggiungimento del 65% della raccolta differenziata. Si è partiti quindi dai quantitativi totali dei rifiuti annui di ciascuna filiera di rifiuto prodotti dalle utenze (servendosi anche delle informazioni raccolte dal database O.R.So), procedendo poi alla stima della produzione pro capite di rifiuto.

Il dato è stato calcolato per le utenze domestiche in funzione del tipo di utenza (residenziale o non residenziale) e in funzione della densità abitativa. Per le utenze non domestiche, invece, è stata utilizzata la categoria tariffaria, ovvero sulla base dell'attività svolta dal soggetto in esame è prevista la produzione di un determinato quantitativo di rifiuti per ogni filiera usando pesi specifici definiti dalla letteratura.

Stabilita la quantità dei rifiuti sono stati definiti i volumi in metri cubi da movimentare.

Si è proceduto poi con il calcolo della volumetria statica. Per la raccolta stradale, sulla base dell'esperienza, Hera definisce un'appropriata distribuzione dei contenitori anche considerando il buon bilanciamento dei conferimenti previsti per ciascun contenitore in funzione dei flussi per tipo di utenza; ciò consente di mantenere il grado di riempimento di ciascun contenitore il più possibile omogeneo sul territorio (in relazione alle frequenze di svuotamento pianificate), prevenendo fenomeni di riempimento eccessivo.

Data la volumetria installata e data la volumetria dei flussi da movimentare si sono definite le frequenze di raccolta, determinate dalla formula:

$$\text{Frequenze di Raccolta} = \frac{\text{Volume Rifiuti [m}^3\text{]}}{\text{Volumetria Installata [m}^3\text{]}}$$

Tali frequenze rappresentano le medie dell'anno. Sulla base della stagionalità dei rifiuti si andranno a stabilire le frequenze stagionali, essendo i Comuni di montagna influenzati da questo fattore.

Le fasi preliminari della fase di progettazione vera e propria prevedono che si esegua una raccolta dei dati relativi ai territori da servire, questo richiede anche che venga avviato un canale di comunicazione con l'amministrazione comunale, spesso in possesso di parte dei dati necessari. Successivamente, le informazioni raccolte devono essere elaborate tramite un software GIS, si realizza così uno scenario di base: in questa istanza sono presenti i dati di partenza dello stato as-is.

Nella fase successiva si prosegue con l'analisi dei risultati dello scenario appena realizzato: questi output servono per avere un termine di paragone per i risultati che verranno ottenuti invece nello scenario to-be. Per permettere ai cittadini di poter fare la Raccolta Differenziata tutte le postazioni sono state considerate complete di contenitori per le principali frazioni:

- Secco Residuo;
- Carta;
- Plastica e Lattine;
- Organico;
- Vetro;

Tali contenitori costituiscono l'Isola Ecologica di Base o Punto di Raccolta (anche IEB o PDR). Le volumetrie saranno definite coerentemente con le indicazioni della gara da 360 lt a 3200 lt. In *Figura 11*, *Figura 12* e *Figura 13* vengono riportate rispettivamente le immagini di: cassonetto informatizzato 3200 l, cassonetto informatizzato 1700 l e bidone 360 l.



*Figura 11 - Cassonetto Informatizzato 3200 l*



Figura 12 - Cassonetto Informatizzato 1700 l



Figura 13 - Bidone 360 l

Le modifiche che più comunemente si applicano ad uno scenario as-is sono:

- Attivazione o disattivazione di un punto di raccolta;
- Modifica delle volumetrie dei cassonetti;
- Modifica degli areali;
- Aggiunta o rimozione di un cassonetto di verde/potature su un punto di raccolta, visto che non è previsto in tutti gli allestimenti.

In seguito alle modifiche apportate per passare dal primo scenario al secondo, si analizzano i dati ottenuti con i tecnici delle aree, i quali grazie alla loro esperienza conoscono il territorio assegnatogli, e possono dare suggerimenti di modifica fondati sulla diretta conoscenza relativamente ad un particolare allestimento che nei risultati proposti dal software risulta essere critico.

I dati così modificati vengono elaborati nuovamente dal software, e i nuovi risultati vengono ricondirvisi con i tecnici, avviando un processo ricorsivo che termina nel momento in cui si raggiunge una condizione soddisfacente. È importante che gli output ottenuti soddisfino anche il Comune, il quale può richiedere modifiche quali l'aggiunta dei Punti di Raccolta rispetto a quelli del Disciplinare Tecnico.

Nel lungo termine, una volta che il progetto verrà implementato e messo a regime, il compito dell'Aggiudicatario sarà quello di predisporre *badges* personalizzati per ogni utenza denominati

“Carta Smeraldo”. Tale strumento consentirà l’accesso rapido ai servizi ambientali a tutte le utenze, comprese quelle servite con il sistema domiciliare, di accedere ai contenitori sul proprio territorio comunale. Per questo motivo la progettazione del servizio appena descritta prevede l’installazione di cassonetti informatizzati.

## 7 AREA DI STUDIO: COMUNE DI MARZABOTTO

Nel settimo capitolo viene presentata l'area di studio dell'elaborato e gli SMP da Disciplinare Tecnico specifici del territorio. La zona di interesse è il Comune di Marzabotto.

### 7.1 IL COMUNE DI MARZABOTTO

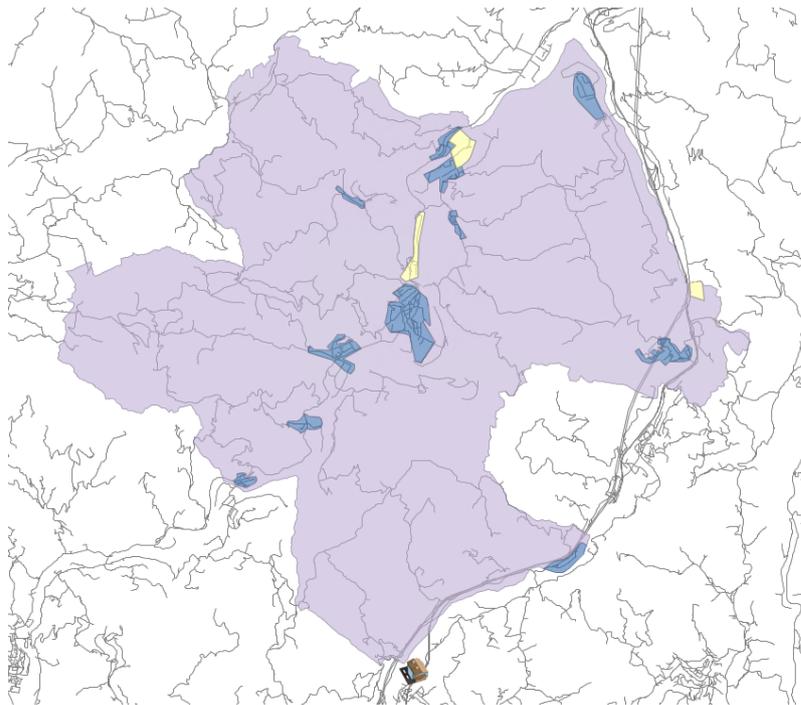


Figura 14 - Area Coperta dal Comune di Marzabotto

Il Comune di Marzabotto è una località dell'appennino bolognese situata a 20 km dal centro di Bologna, si compone di 6801 abitanti e copre una superficie di 74,55 km<sup>2</sup>. È situata nella valle del fiume Reno e presenta un territorio prevalentemente montuoso raggiungendo una altezza minima di 110 m slm e una massima di 760 m slm.

Come si può osservare in *Figura 14*, il territorio di interesse viene ripartito in tre aree:

- In lilla si identifica la zona forese;
- In blu si identifica la zona residenziale;
- In giallo si identifica la Zona Artigianale Industriale;

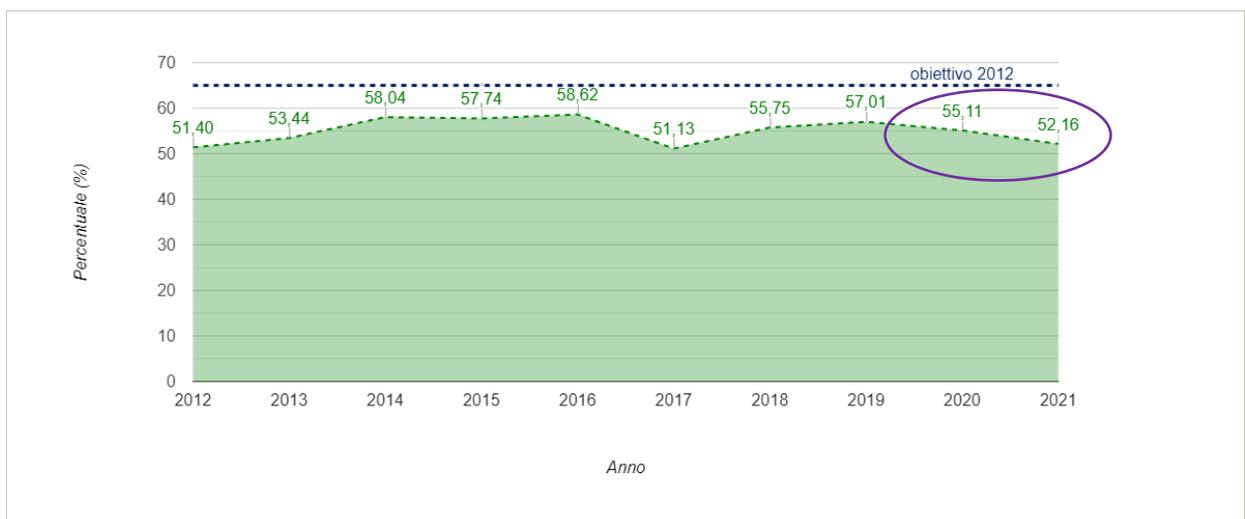
La popolazione si concentra maggiormente nella zona residenziale, mentre le aree extraurbane hanno una densità abitativa notevolmente inferiore. Il Comune è meta turistica prevalentemente nel periodo estivo e invernale; infatti, sono presenti un numero elevato di seconde case. Questo avrà un'influenza significativa sulla variabilità del numero di abitati che popolano il Comune

nell'arco di tutto l'anno e di conseguenza anche la produzione dei rifiuti subirà variazioni in base alle stagioni.

Attualmente il servizio di raccolta dei rifiuti urbani è erogato da Hera Spa. Si rileva una maggiore capillarità dei contenitori per i rifiuti indifferenziati, rispetto a quella dei cassonetti differenziati. Questi ultimi risultano essere in media più distanti dalle utenze, scoraggiando di conseguenza la raccolta differenziata. Si specifica anche che, come viene riportato nelle figure che seguono, i dati relativi alla raccolta differenziata specifici per Marzabotto non sono pessimi rispetto alla media dei Comuni di interesse per la riprogettazione del servizio.

In seguito alla riprogettazione la volontà è quella di diminuire il numero di allestimenti presenti sul territorio, riallocandoli in posizioni strategiche e rispettando i vincoli sanciti dagli standard minimi prestazionali. Congiuntamente in ogni punto di raccolta saranno presenti i raccoglitori per ogni filiera di rifiuto, oltre a quelli dei rifiuti indifferenziati, incoraggiando così la raccolta differenziata da parte delle utenze.

Di seguito vengono riportati due grafici sui dati consuntivi relativi alla produzione dei rifiuti differenziati nel Comune di Marzabotto, queste informazioni sono state ottenute dal sito web dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA, 2023). Nel dettaglio, in *Figura 15* viene mostrato l'andamento della percentuale di raccolta differenziata nel Comune di Marzabotto nel periodo compreso fra il 2012 e il 2021, come si può osservare tale valore rimane in media pari al 50%;



*Figura 15 - Andamento della percentuale di raccolta differenziata nel Comune di Marzabotto*

In *Figura 15* si nota che dall'anno 2020 c'è stata una inflessione della percentuale della raccolta differenziata. Tale risultato è una diretta conseguenza della pandemia da COVID-19, la quale ha comportato l'utilizzo di dispositivi di protezione individuale (quali mascherine o guanti in lattice) smaltiti prevalentemente nella raccolta indifferenziata.

In *Figura 16*, invece, si osserva l'andamento della produzione totale e della raccolta differenziata nel Comune di Marzabotto nel periodo compreso fra il 2012 e il 2021. Questo grafico conferma che in media nell'area di interesse la raccolta differenziata raggiunge il 50% sul totale dei rifiuti prodotti.



*Figura 16 - Andamento della produzione totale e della Raccolta Differenziata nel Comune di Marzabotto*

## 7.2 STANDARD MINIMI PRESTAZIONALI SPECIFICI PER IL COMUNE DI MARZABOTTO

Di seguito vengono riportati gli standard minimi prestazionali relativi al Comune di Marzabotto, i quali possono essere letti nell'allegato B1 del Disciplinare Tecnico del Bando di Gara. Gli SMP elencati in *Tabella 1* sono stati utilizzati come vincoli prestazionali per la fase di progettazione che verrà trattata nel capitolo successivo dell'elaborato.

<i>TIPO RIFIUTO</i>	<i>TIPO UTENZE</i>	<i>MODALITA' SERVIZIO</i>	<i>AREALE DI SERVIZIO</i>	<i>FREQUENZA MINIMA OBBLIGATORIA</i>
Organico	Utenze domestiche e non domestiche	Stradale informatizzato	Intero territorio	1,5 vv/sett (o comunque la frequenza è diversificata a seconda delle esigenze del territorio e della stagionalità e prevede lo svuotamento dei contenitori garantendo un grado di riempimento max del 90%, con una tolleranza del 5%)
Carta/Cartone	Utenze domestiche e non domestiche	Stradale informatizzato	Intero territorio	0,5 vv/sett (o comunque la frequenza è diversificata a seconda delle esigenze del territorio e della stagionalità e prevede lo svuotamento dei contenitori garantendo un grado di riempimento max del 90%, con una tolleranza del 5%)
Plastica e Lattine	Utenze domestiche e non domestiche	Stradale informatizzato	Intero territorio	1 vv/sett (o comunque la frequenza è diversificata a seconda delle esigenze del territorio e della stagionalità e prevede lo svuotamento dei contenitori garantendo un grado di riempimento max del 90%, con una tolleranza del 5%)
Vetro	Utenze domestiche e non domestiche	Stradale informatizzato	Intero territorio	0,5 vv/sett (o comunque la frequenza è diversificata a seconda delle esigenze del territorio e della stagionalità e prevede lo svuotamento dei contenitori garantendo un grado di riempimento max del 90%, con una tolleranza del 5%)
Sfalci Verdi	Utenze domestiche e non domestiche	Stradale informatizzato	Intero territorio	0,5 vv/sett (o comunque la frequenza è diversificata a seconda delle esigenze del territorio e della stagionalità e prevede lo svuotamento dei contenitori garantendo un grado di riempimento max del 90%, con una tolleranza del 5%)

*Tabella 1 - Standard Minimi Prestazionali Marzabotto*

Vengono ora descritte le voci sopra riportate:

- Tipo rifiuto: classifica il segmento di rifiuto raccolto.
- Tipo utenze: come precedentemente accennato, le utenze si suddividono in utenze domestiche, ovvero strutture dedicate alle abitazioni dei cittadini, e utenze non domestiche, le quali fanno riferimento agli spazi dedicati alle attività commerciali.
- Modalità servizio: definisce la metodologia con la quale viene erogato il servizio di raccolta, nel caso specifico per ogni tipologia di rifiuto e per ogni area del Comune si utilizzerà lo stradale informatizzato, quindi la collocazione di cassonetti lungo le strade pubbliche.
- Areale di servizio: la superficie del Comune di riferimento è suddivisa in residenziale e forese. In *Tabella 1* sotto questa voce si trova ‘intero territorio’ a indicare che il servizio

di raccolta verrà erogato con le stesse modalità sia nelle aree residenziali che in quelle foresi.

- Frequenza minima obbligatoria: definisce la frequenza minima di svuotamento dei cassonetti in un arco temporale, basandosi sugli SMP definiti dal Disciplinare Tecnico.

Ulteriori SMP da tenere in considerazione per il Comune di Marzabotto riguardano i cassonetti da predisporre nei Punti di Raccolta: per ognuno è necessario allestire cassonetti per Carta, Plastica e Lattine, l'RSU (ovvero rifiuto solido urbano, comunemente chiamato indifferenziato), Vetro, Organico e, infine, solo in un determinato numero di stazioni sarà necessario predisporre anche contenitori per il raccoglimento degli Sfalci Verdi.

Infine, il Disciplinare Tecnico richiede la collocazione dei cassonetti sul territorio comunale tale che la distanza fra ogni utenza e il punto di raccolta soddisfi determinate condizioni:

- Nelle zone residenziali la distanza tra utenze e contenitori deve essere al massimo di 200 metri, con una tolleranza del 2%;
- Nelle zone foresi la distanza tra utenze e contenitori deve essere al massimo di 400 metri, con una tolleranza del 5%.

## **8 ANALISI TECNICA DELLA PROGETTAZIONE DEL SERVIZIO DI RACCOLTA DEI RIFIUTI**

Nell'ottavo capitolo viene descritta nel dettaglio l'analisi effettuata sul Comune di Marzabotto per il raggiungimento dell'obiettivo prefissato, ovvero la riprogettazione del servizio di raccolta stradale dei rifiuti.

### **8.1 SOFTWARE UTILIZZATO PER L'ELABORAZIONE**

Per l'ottimizzazione del flusso di raccolta dei rifiuti urbani viene utilizzato un software basato su un'interfaccia GIS (*Geographic Information System*). Questo tool informatico consente di eseguire un'elaborazione tecnica della pianificazione della raccolta dei rifiuti, minimizzando il costo del servizio offerto e le tempistiche di progettazione, rispettando allo stesso tempo i vincoli imposti.

Il software si compone di diversi moduli, ognuno dei quali svolge un ruolo specifico durante il processo di pianificazione. Ai fini dell'elaborato è stato sfruttato il modulo Demand che consente di analizzare in prima istanza le utenze del territorio e gli allestimenti presenti. Sulla base delle distanze il software assegnerà poi ogni civico al punto di raccolta più vicino. Il risultato potrà essere analizzato facendo considerazioni sul numero di allestimenti presenti e sul carico di ognuno di essi. Questa fase sarà molto probabilmente un processo ricorsivo nel quale si confronteranno diversi scenari, anche con il consulto dei tecnici esperti del territorio, per determinare il miglior numero di allestimenti e il loro posizionamento ottimale per ogni area di interesse.

Per ottenere i risultati appena descritti per uno scenario si procede come segue:

- Importare lo scenario di riferimento: caricare le aree operative nelle quali si vuole determinare il posizionamento degli allestimenti;
- Importare gli allestimenti: questo passaggio consente di individuare nella carta quale dei Punti di Raccolta risultano attivi e quali disattivi. Per ogni allestimento è possibile definire le tipologie e la numerosità di contenitori. Solo gli allestimenti attivi sono presi in considerazione per all'associazione utenza-punto di raccolta e al calcolo dell'intervallo di svuotamento;
- Importare i civici: questo step consente di individuare visivamente le utenze presenti nel territorio. Solamente i civici attivi sono quelli che contribuiscono al calcolo della produzione di rifiuti e all'assegnazione ai Punti di Raccolta;

- Calcolo e georeferenziazione della produzione dei rifiuti per i civici interessati: sulla base di alcuni parametri, come ad esempio la produzione pro-capite e il mix percentuale di rifiuti per filiera, il software geo-referenzia le utenze sui civici e ne calcola la produzione di rifiuti giornaliera, suddivisa per filiera;
- Associazione dei civici agli allestimenti: in questa fase viene assegnata ogni utenza, con la sua produzione di rifiuti, al punto di raccolta più vicino. L'output ottenuto non è solo l'associazione utenza-punto di raccolta, ma anche il bacino di utenza per ciascun allestimento con il conferimento medio di rifiuti giornaliero.

I risultati ottenuti vengono mostrati sia a livello grafico che tabellare, consentendo di osservare visivamente quali sono i Punti di Raccolta in sofferenza e quali sono poco utilizzati rispetto a degli standard di riferimento. Allo stesso tempo, è possibile individuare i civici isolati, i quali potranno usufruire del primo punto di raccolta collocato a una distanza maggiore rispetto agli standard minimi richiesti.

Il passaggio successivo, non implementato ai fini dell'elaborato, è quello di eseguire *clustering* e *routing* per proporre gli itinerari operativi da seguire per il processo di raccolta dei rifiuti.

### **8.1.1 ASSUNZIONI DEL SISTEMA**

Vengono riportate ora alcune importanti assunzioni del software utilizzato per elaborare i dati. A causa di queste, i risultati potranno discostarsi leggermente dalla realtà.

1. Le elaborazioni fatte non tengono conto della stagionalità, ovvero si presume che le utenze attivate conferiscano la stessa quantità di rifiuti in maniera omogenea tutto l'anno.
2. I database geolocalizzati di civici e del grafo stradale possono non essere aggiornati con la reale viabilità e presenza di utenze a territorio.
3. Le produttività di rifiuto utilizzate per le Utenze Domestiche sono i flussi presentati in Offerta Tecnica e possono discostarsi dalla produttività di rifiuti reale; per le Utenze Non Domestiche sono invece state utilizzate le produttività proposte dal software.

## **8.2 ELABORAZIONE DEI DATI**

In questo paragrafo si procede con la presentazione delle fasi che hanno portato alla riprogettazione del servizio.

## 8.2.1 SCENARIO AS-IS DEL COMUNE DI MARZABOTTO

Inizialmente, si è osservata la situazione attuale degli allestimenti presenti sul territorio di interesse. Questo passaggio risulta utile nella fase successiva in quanto, una volta ottenuti i primi risultati derivanti dalla riprogettazione, tramite un confronto dei due scenari si possono osservare eventuali miglioramenti o peggioramenti derivanti dalle modifiche effettuate. Ad oggi, nel Comune di Marzabotto sono presenti 153 Punti di Raccolta stradali, nella maggior parte dei quali sono presenti esclusivamente raccoglitori RSU.

1. La prima attività ha riguardato la preparazione dei dati di input. Innanzitutto, sono stati calcolati i flussi di rifiuti prodotti dalle utenze servite dalla raccolta stradale del territorio basandosi sui dati ottenuti dal database O.R.So relativi all'anno 2021. In questa fase di analisi dello stato as-is non sono state distinte le due zone, residenziale e forese, in quanto tale livello di dettaglio non sarebbe stato utile ai fini della riprogettazione finale. I dati raccolti sono riassunti in *Tabella 2*.

<i>FRAZIONE DI RIFIUTO</i>	<i>PRODUZIONE [Kg/UTENZA]</i>	<i>PERCENTUALE [%Kg/ UTENZA]</i>
INDIFFERENZIATO	835,14	52%
CARTA	159,92	10%
PLASTICA/LATTINE	105,75	7%
VETRO	137,07	8,5%
ORGANICO	131,99	8,5%
VERDE	215,88	14%

*Tabella 2 - Produzione Rifiuti Scenario AS-IS stradale*

Un ulteriore dato di input da considerare riguarda i Punti di Raccolta. Come anticipato, nel Comune di Marzabotto sono presenti 153 PdR stradali, i quali dovranno essere ridotti a 84 sulla base di quanto dichiarato in Offerta Tecnica. Allo stesso momento, però, il servizio erogato da Hera vuole essere migliorativo, di conseguenza in fase di progettazione si incrementa il numero di allestimenti di un 20%, di conseguenza il numero di Punti di Raccolta che si

prevede di predisporre per le utenze sale a 101, di cui 44 nella zona forese e i restanti 57 nella zona residenziale.

Nell'elaborazione dello scenario as-is si è proceduto considerando i contenitori presenti oggi sul territorio, quindi 153, mentre nella progettazione dello scenario to-be descritta successivamente si considereranno 101 contenitori suddivisi come appena indicato.

Infine, per l'elaborazione dello scenario as-is, è necessario fornire al software anche gli *shapefile* di:

- Database civici: *shapefile* geolocalizzato con i civici del Comune di Marzabotto estratto dal database di Hera e fornito tramite il software Arcgis;
- Database utenze comunali: *shapefile* geolocalizzato con le utenze del Comune di Marzabotto;
- Grafo stradale: *shapefile* geolocalizzato con i civici del Comune di Marzabotto estratto dal database di Hera e fornito tramite il software Arcgis;
- Areali: *shapefile* geolocalizzato con i poligoni che suddividono il perimetro comunale tra residenziale e forese (*Figura 14*);
- Contenitori: tipologie di contenitori presenti negli allestimenti, estratti dai sistemi informatici di Hera e poi elaborati su software per ottenere il *shapefile*.

2. Il passaggio successivo consiste nell'impostare lo scenario as-is sul software, utilizzando i dati appena raccolti.

a. Il primo step consiste con l'importazione degli areali del territorio, in modo da inquadrare la zona di interesse sulla quale si sta lavorando. In seguito a questo passaggio sullo schermo sarà possibile osservare quello che è stato riportato in *Figura 14*.

b. Successivamente si procede con l'importazione degli allestimenti.

Come si può osservare in *Figura 17*, gli allestimenti sono rappresentati dai punti verdi e rossi. Nel primo caso il punto di raccolta è attivo, altrimenti se viene raffigurato tramite un punto rosso, significa che l'allestimento non è attivo. In ogni punto di raccolta vengono anche definite le quantità e le tipologie di contenitori presenti.

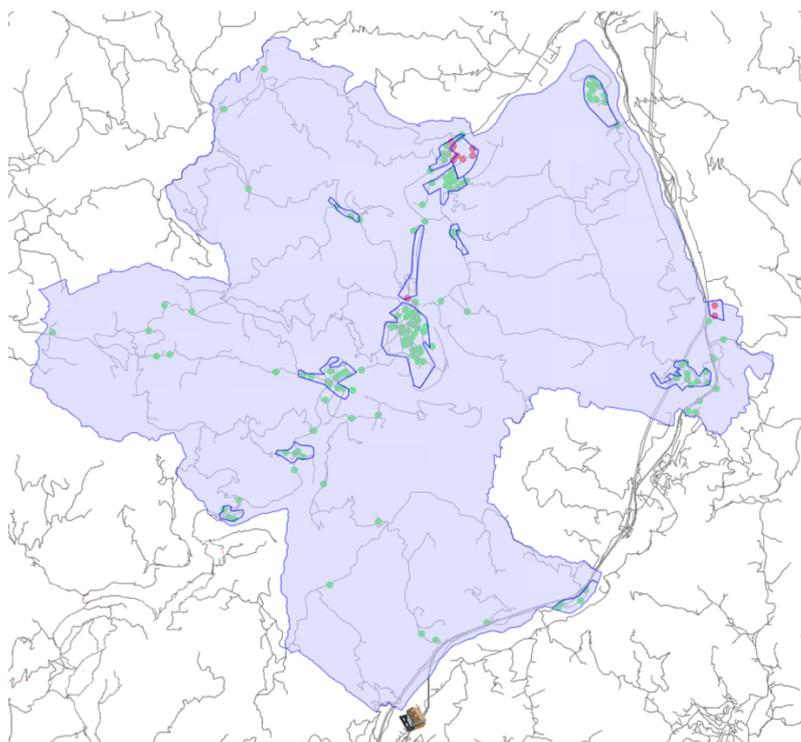


Figura 17 – Allestimenti Scenario AS-IS

- c. Si procede ora con l'importazione dei gruppi civici. Anche in questo caso, come si osserva in *Figura 18*, i civici attivi sono rappresentati da un punto azzurro, quelli disattivi sono in colore grigio.

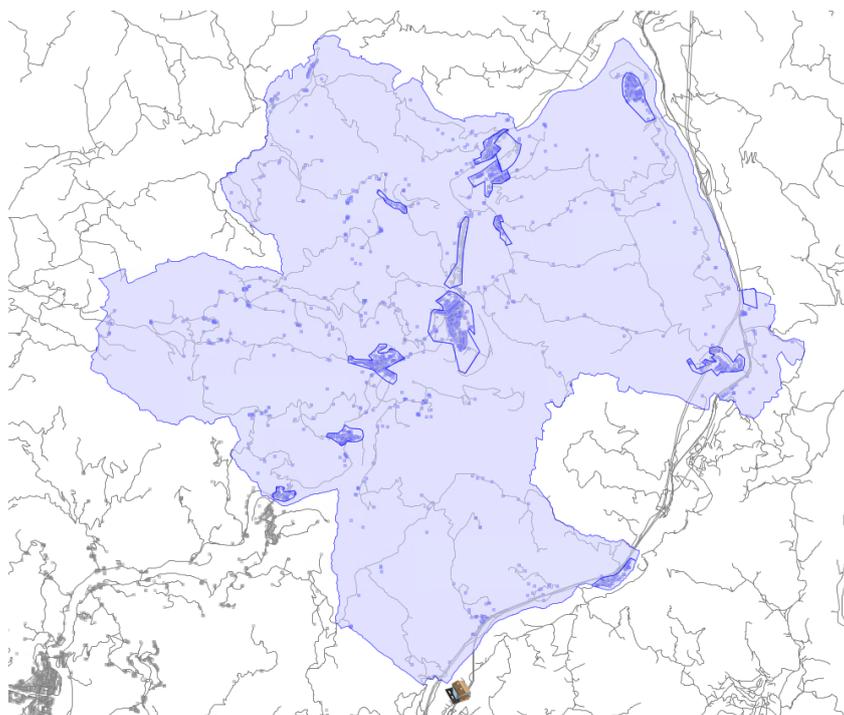


Figura 18 - Civici Scenario AS-IS

d. Vengono infine importate le percentuali di rifiuti prodotti e la quantità totale di rifiuti indicati in *Tabella 2*, ai fini dell'elaborazione dei risultati. L'interfaccia utilizzata è quella rappresentata in *Figura 19*.

In questa circostanza si può apprezzare la distinzione fra utenze domestiche e non domestiche. Nelle due tabelle della parte inferiore della *Figura 19* si ha infatti la distinzione fra 'Mix % Tipi Rifiuto D', nella quale vengono riportati i dati ottenuti al passaggio 1, e 'Mix % Tipi Rifiuto ND', nella quale sono riportati dei coefficienti utilizzati per il calcolo della produzione delle utenze non domestiche, in quanto si considera che gli scarti realizzati varino considerevolmente per ogni tipologia in base all'attività commerciale svolta dalla singola utenza.

**Calcolo Produzione**

Nome:

Utenze:  ... ✓

Descrizione:

Gruppo Civico:

Considera non residenti

---

**Utenze Domestiche**

Kb [abit equiv]:

Livello:

Produzione Pro Capite [kg/(ab\*a)]:

**Utenze Non Domestiche**  Considera kg/(utenza\*a)

Kd [kg/(m2\*a)]:

Livello:

Area:

Comuni:

**Mix % Tipi Rifiuto D**

Tipo Rifiuto	%
CARTA	10
ORGANICO	8,5
PLASTICA/LATTINE	7
RSU	52
VERDE/POTATURE	14
VETRO+LATTINE	8,5

**Mix % Tipi Rifiuto ND**

Id Categoria	Categoria	Tipo Rifiuto	kg/(utenza...)
1	Musei, biblioteche, scuole, associazio...	CARTA	1
1	Musei, biblioteche, scuole, associazio...	CARTA/CARTONE	1
1	Musei, biblioteche, scuole, associazio...	FARMACI	1
1	Musei, biblioteche, scuole, associazio...	LATTINE	1
1	Musei, biblioteche, scuole, associazio...	LEGNO	1
1	Musei, biblioteche, scuole, associazio...	MULTIMATERIALE	1

Assegna:  Tutti

Chiudi Esegui

Figura 19 - Importazione Produzione Rifiuti Scenario AS-IS

e. L'ultimo passaggio consiste nell'associazione della produzione appena calcolata ad ogni PdR e l'esportazione del file ottenuto, ovvero un documento Excel in cui si può identificare:

- CMG [kg/gg]: kg giornalieri di rifiuti prodotti;
- Peso Mass [kg]: la quantità di rifiuto nel contenitore che una volta raggiunta richiede la necessità di svuotamento del cassonetto;

- intSvuMax [gg]: intervallo di svuotamento del cassonetto. Indica in termini di giorni la frequenza con cui il cassonetto deve essere svuotato
- Civici: totale dei numeri civici che sono assegnati ad ogni PdR;
- Utenze\_tot: numero di utenze totali che conferiscono ad uno stesso allestimento. Possono essere suddivise poi in Utenze Domestiche e Utenze Non Domestiche;
- Dist\_Media\_Civ [m]: distanza media fra l'utenza e il PdR al quale questa conferisce.

Tramite questi risultati sarà possibile, in primo luogo, osservare visivamente nel software alcuni output di interesse (come, ad esempio, il numero di utenze che conferiscono allo stesso PdR, oppure la distanza fra ogni utenza e il PdR che si presuppone venga utilizzato dalla stessa). In secondo luogo, in seguito all'esportazione del file, sarà possibile manipolare i dati ottenuti su Excel. Accorpare i risultati sarà possibile attuare considerazioni sulla qualità del servizio *as-is* e sulle potenzialità di miglioramento del servizio offerto.

A titolo esemplificativo vengono riportati i risultati appena citati in *Figura 20* e *Figura 21*. Per favorire una migliore lettura delle immagini si è preferito porre l'attenzione limitatamente a una delle frazioni del territorio di Marzabotto. In *Figura 20* è riportata in corrispondenza di ogni civico la distanza che lo separa dal Punto di Raccolta al quale viene associato dal software. Una rappresentazione di questo tipo può risultare utile per vedere quali o quante utenze non soddisfano il requisito della distanza massima fra civico e PdR. In *Figura 21* è riportato il risultato sugli allestimenti. Il numero sopra ogni punto verde indica il numero di utenze che il software associa al singolo punto di raccolta. Questo tipo di rappresentazione è utile per osservare quali allestimenti sono sovraccaricati e quali, invece, sono poco utilizzati. Di conseguenza si potranno trarre considerazioni su quali PdR attivare e quali disattivare nello scenario *to-be*.

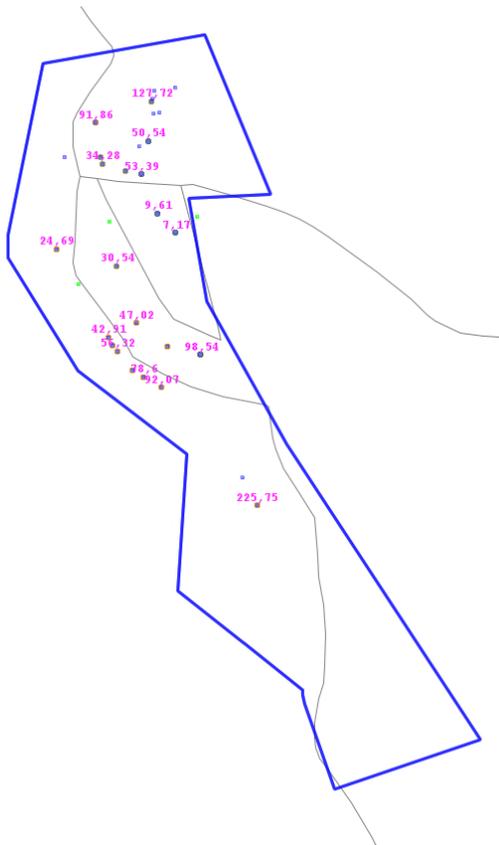


Figura 20 - Esempio Distanze PdR dai Civici

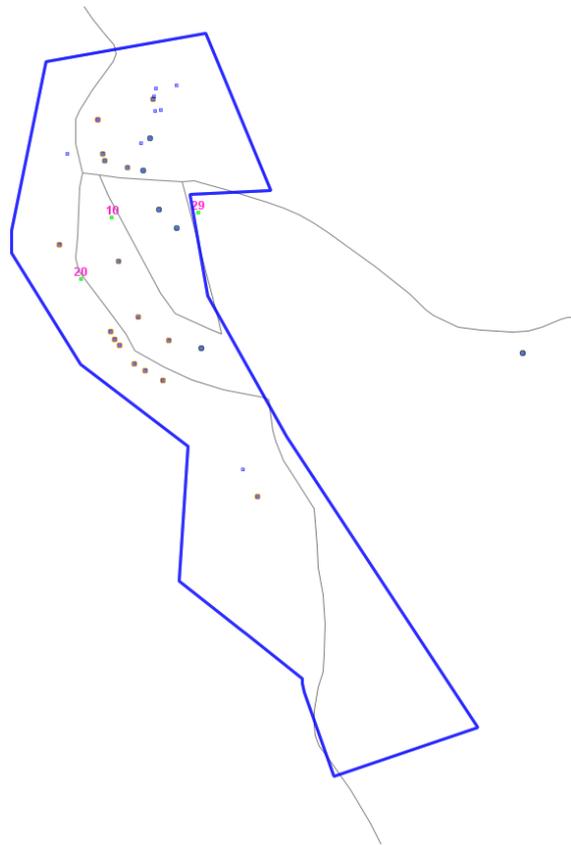


Figura 21 - Associazione Utenze PdR AS-IS

## 8.2.2 SCENARIO TO-BE DEL COMUNE DI MARZABOTTO

La progettazione del nuovo scenario inizia, ugualmente al caso precedente, con la preparazione degli input da inserire nel software.

1. Per il calcolo della produzione dei rifiuti per filiera, sono stati utilizzati i flussi di rifiuti dichiarati nell'Offerta Tecnica, ritirati sulla base di un confronto con i dati consuntivi del database O.R.So. Diversamente dallo scenario as-is, in questa circostanza si è scesi nel dettaglio, distinguendo le quantità di rifiuti prodotte fra residenziale e forese. Nel nuovo scenario è stata effettuata questa distinzione in quanto i risultati verranno elaborati separatamente per la zona residenziale e per la zona forese visto che, come accennato in precedenza, i vincoli imposti dal Disciplinare Tecnico sono differenti per le due aree. Nello specifico, in *Tabella 3* sono stati riportati i dati riferiti al residenziale, mentre in *Tabella 4* quelli del forese. Un ultimo appunto da fare sull'areale considerato riguarda la Zona Artigianale Industriale (o ZAI): i dati relativi all'area industriale sono stati esclusi dalla progettazione in quanto il numero di utenze è minimo rispetto a quelle dell'area residenziale

e forese, inoltre, si prevede di erogare un servizio dedicato nella ZAI per le specifiche attività industriali.

<i>FRAZIONE DI RIFIUTO</i>	<i>PRODUZIONE [Kg/UTENZA]</i>	<i>PERCENTUALE [%Kg/ UTENZA]</i>
INDIFFERENZIATO	186,5	32%
CARTA	75,52	13%
PLASTICA/LATTINE	49,34	9%
VETRO	66,8	12%
ORGANICO	95,89	17%
VERDE	100,44	17%

*Tabella 3 - Produzione Rifiuti Zona Residenziale TO-BE*

<i>FRAZIONE DI RIFIUTO</i>	<i>PRODUZIONE [Kg/UTENZA]</i>	<i>PERCENTUALE [%Kg/ UTENZA]</i>
INDIFFERENZIATO	216,03	32%
CARTA	87,51	13%
PLASTICA/LATTINE	57,3	9%
VETRO	82,73	13%
ORGANICO	116,88	18%
VERDE	100,44	15%

*Tabella 4 - Produzione Rifiuti Zona Forese TO-BE*

2. Si è proseguiti con l'inserimento dei dati nel software. Per distinguere lo scenario forese da quello residenziale sono state create due istanze distinte: una per ogni zona. I dati da importare sono:
  - a. Gli areali, che per il momento rimangono invariati dallo scenario as-is;
  - b. Gli allestimenti. A questo punto è necessario procedere con la riduzione del numero di allestimenti sul territorio. Nel caso specifico dello scenario di Monzuno si è optato

per mantenere attivi tutti gli allestimenti nella zona forese e diminuire, invece, il numero dei Punti di Raccolta nella zona residenziale portandolo a 57. I criteri utilizzati per l'eliminazione delle postazioni sono dettati dall'esperienza sul campo dei tecnici di Hera, e possono essere riassunti in:

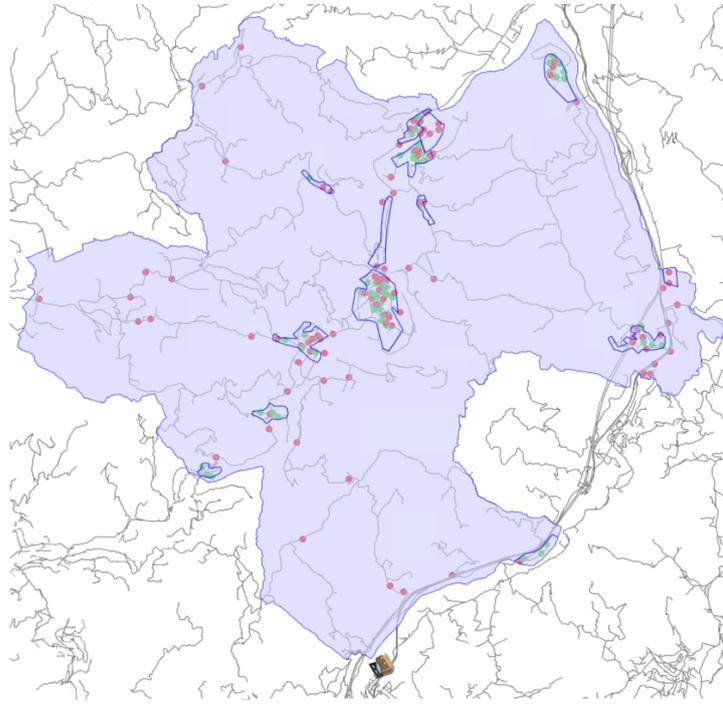
- Sicurezza: un punto di raccolta viene rimosso se si trova in una posizione pericolosa per l'autista che dovrà svuotare i cassonetti, oppure per il cittadino che dovrà utilizzare il contenitore per smaltire i suoi rifiuti;
- Inutilizzo del punto di raccolta: in un primo momento l'inutilizzo di un particolare PdR risulta evidente dai risultati ottenuti dall'elaborazione dello scenario as-is, come ad esempio quelli mostrati in *Figura 17*. Allo stesso tempo, non bisogna dimenticare che i numeri ottenuti sono frutto di una elaborazione del software, il quale lavora in maniera automatica, senza considerare le reali abitudini dei cittadini del luogo. Per questo motivo vengono interpellati i tecnici, i quali sono a conoscenza delle abitudini di conferimento agli allestimenti e della variabilità di alcune condizioni a causa della stagionalità;
- Richieste dell'amministrazione: il Comune in alcune occasioni può richiedere di togliere o aggiungere un punto di raccolta per risolvere una particolare criticità sul territorio.

Come si può osservare in *Figura 22*, se viene confrontata con l'immagine dello scenario as-is in *Figura 17*, alcuni Punti di Raccolta nelle zone residenziali sono ora in rosso, questo significa che in seguito ad alcune considerazioni sono stati disattivati. Inoltre, come precedentemente detto, in *Figura 22* sono stati disattivati anche tutti i PdR relativi alla zona forese in quanto si fa ora riferimento esclusivamente allo scenario residenziale.

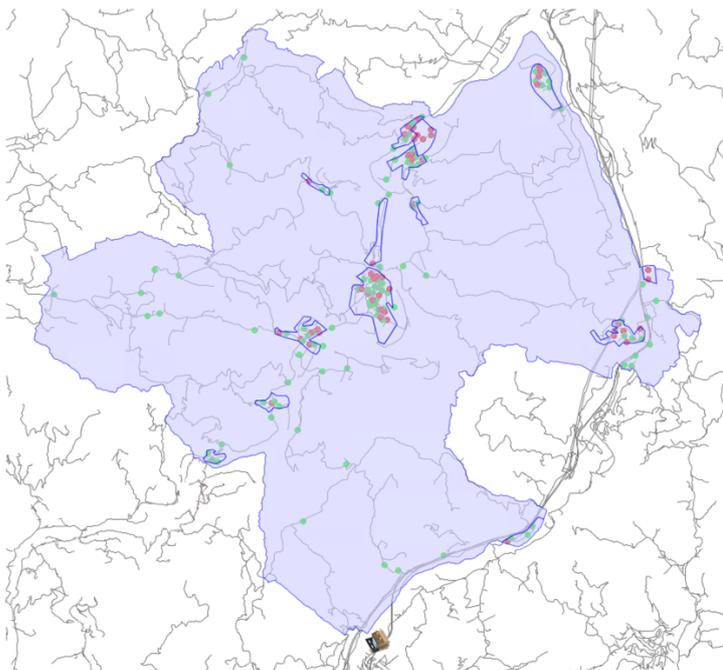
In *Figura 23*, invece, è riportato lo scenario forese utile per introdurre una importante assunzione fatta per l'ottenimento del risultato finale. Come si può vedere, nonostante ci si trovi nell'istanza del Comune di Marzabotto zona forese, gli allestimenti dell'area residenziale risultano attivi. Il ragionamento fatto è stato quello di considerare che i cittadini residenti nella zona forese conferiscano più o meno abitualmente i loro rifiuti nei contenitori delle zone residenziali quando si dirigono presso i centri abitati per svolgere le loro attività.

Un ultimo importante passaggio per completare la configurazione degli allestimenti è stato quello di dotare ognuno di essi con i contenitori di tutte le filiere di rifiuti (Carta, Plastica e

Lattine, RSU, Vetro, Organico e in alcuni casi Verde). Le capienze utilizzate sono state per lo più contenitori da 3200 lt e solo in poche eccezioni sono stati utilizzati cassonetti da 1700 lt.



*Figura 22 - Allestimenti scenario Residenziale TO-BE*



*Figura 23 - Allestimenti scenario Foreste TO-BE*

c. Si procede ora con l'importazione dei gruppi civici. Nei due scenari si avranno distinzioni, ovvero nel forese e nel residenziale saranno attivi solo i civici rispettivamente geolocalizzati nell'area forese e in quella residenziale.

d. Vengono ora importate le percentuali di rifiuti prodotti e la quantità totale di rifiuti indicati in *Tabella 3* e in *Tabella 4*, ai fini dell'elaborazione dei risultati.

e. L'ultimo passaggio consiste nell'associazione della produzione appena calcolata ad ogni PdR e l'esportazione del file ottenuto.

In questo modo si è ottenuto il primo risultato derivante dalla riprogettazione, il quale sarà sottoposto ora al processo di modifiche ricorsive per ottenere delle variazioni nelle zone che ancora mostrano criticità.

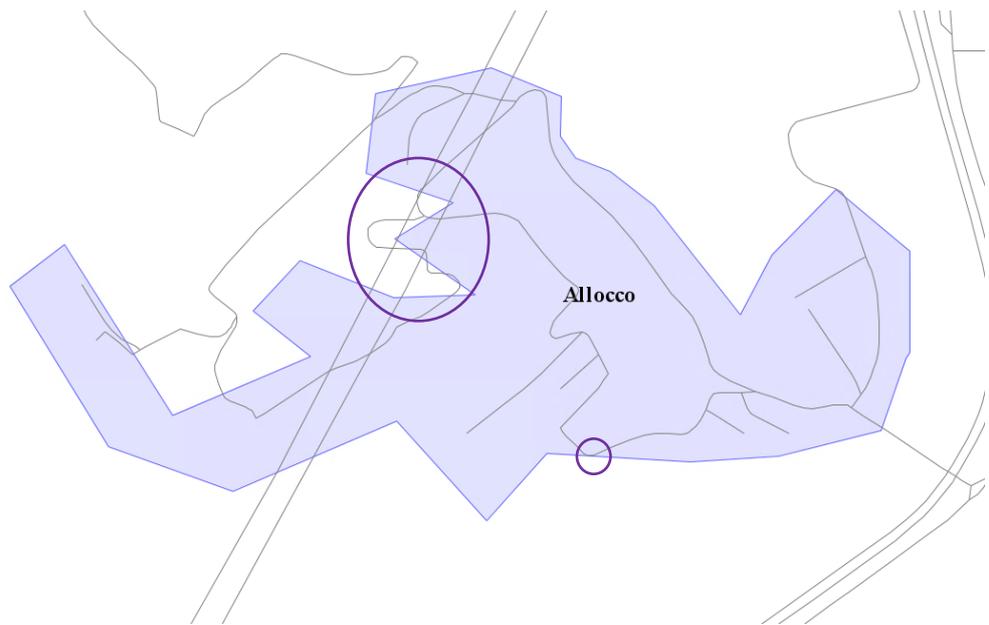
### **8.2.3 RIELABORAZIONE DELLO SCENARIO TO-BE DEL COMUNE DI MARZABOTTO**

Come accennato nel paragrafo precedente, il primo risultato ottenuto viene ora studiato nel dettaglio per apportare modifiche dove necessario. Per il Comune di Marzabotto sono state riportate nello specifico due principali modifiche:

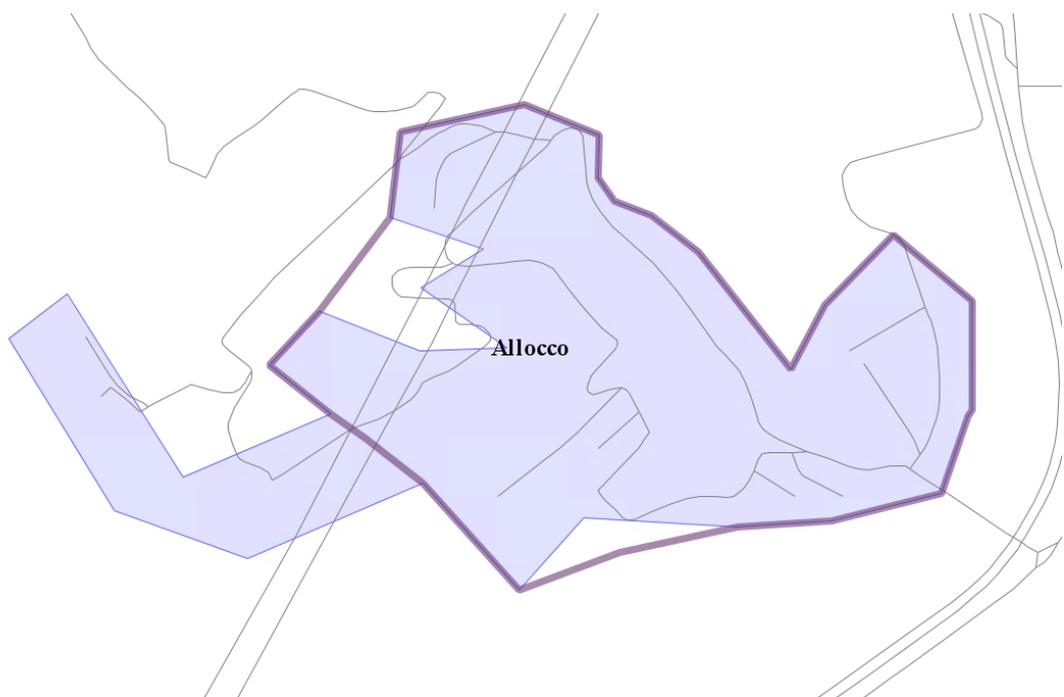
- Ridefinizione dei confini degli areali: questo passaggio è stato eseguito al fine di garantire coerenza in termini di servizio di raccolta per i civici appartenenti alla stessa via. Nel caso del Comune di Marzabotto, il servizio offerto ai cittadini è stradale sia per le zone foresi che quelle residenziali, di conseguenza non si avrebbero particolari conseguenze se due civici appartenenti alla stessa via sono suddivisi nell'area forese e in quella residenziale. Questo non sarebbe vero se ad esempio si optasse per il servizio PAP nel residenziale e servizio stradale nel forese.

Un ulteriore motivo per ridefinire i confini che delimitano la zona residenziale consiste nel rispettare i vincoli imposti dagli SMP. Riassegnare alcune utenze che si trovano al limite della zona residenziale (che molto probabilmente dovranno percorrere una distanza superiore di 200 m per raggiungere il punto di raccolta) consente di soddisfare gli standard minimi prestazionali delle distanze massime, in quanto nel forese sono più permissivi.

A titolo esemplificativo sono stati riportati in *Figura 24* alcuni esempi di confini di una frazione della zona residenziale (Allocco) che possono essere considerati critici per le ragioni appena descritte, mentre in *Figura 25* viene mostrata con la linea spessa il confine ridisegnato.



*Figura 24 - Confini Zona Residenziale Critici*

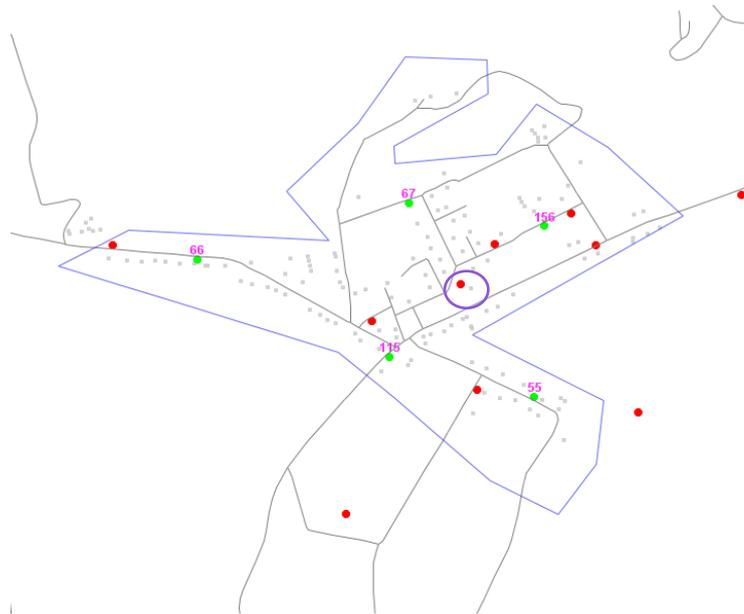


*Figura 25 - Ridefinizione Confini Zona Residenziale*

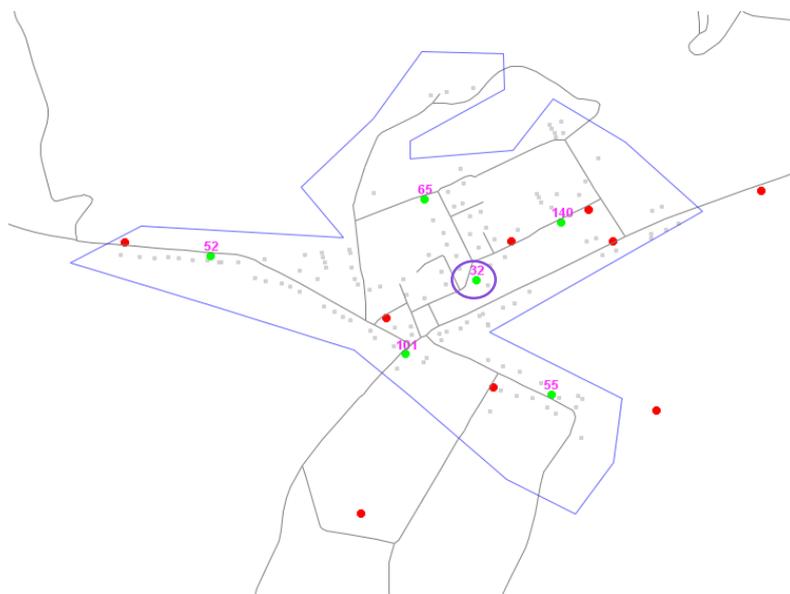
- Accensione o spegnimento dei Punti di Raccolta più critici: nello specifico ci si è focalizzati sui Punti di Raccolta particolarmente scarichi, ovvero quelli dove conferiscono solo una decina di utenze, e quelli particolarmente carichi ai quali sono state assegnate un centinaio di utenze. Si è cercato, quindi, di ribilanciare il conferimento delle utenze ai Punti di Raccolta attivando degli allestimenti in vicinanza dei PdR carichi e spegnendo

gli allestimenti scarichi. Queste variazioni sono state apportate in modo tale che il numero totale di allestimenti rimanesse 101, suddivisi fra forese e residenziale come definito in precedenza.

A titolo esemplificativo in *Figura 26* e in *Figura 27* è stata riportata l'attivazione di un PdR. Nel caso specifico è stato osservato in seguito alla prima rielaborazione che gli allestimenti dell'area erano particolarmente carichi, di conseguenza è stato attivato un punto di raccolta.



*Figura 26 - PdR Disattivo nella Prima Riprogettazione*



*Figura 27 - PdR Attivo nella Seconda Riprogettazione*

## 9 RISULTATI TECNICI

Nel nono capitolo vengono presentati i risultati tecnici ottenuti dalla progettazione del processo di raccolta dei rifiuti. L'obiettivo è di riportare gli output del lavoro svolto nel rispetto dei vincoli di gara, commentando criticamente quanto ottenuto dal punto di vista tecnico, economico ed ambientale.

Prima di procedere con l'analisi dei risultati, occorre specificare che i valori riscontrati sono da considerarsi cautelativi rispetto alla realtà in quanto non tengono conto delle strade private, delle utenze non servite e dei disallineamenti dei dati di input a causa di mancanza del grafo stradale o dei civici. Nello specifico, in *Tabella 5* si riporta in termini percentuali la variazione di utenze domestiche e non domestiche: per le prime, nella progettazione, si è considerato un 6% in meno rispetto ai dati di input, mentre per le utenze non domestiche tale imprecisione sale al 17%.

<i>Utenze Domestiche</i>	<i>Utenze Non Domestiche</i>
6%	17%

*Tabella 5 - Variazione Utenze Progettazione*

### 9.1 RAPPORTO UTENZE – CONTENITORE

Il primo dato ad essere analizzato è quello relativo alla capillarità degli allestimenti, ovvero il numero di utenze che conferiscono a uno stesso contenitore. Come già dichiarato, tutte le aree di raccolta rifiuti devono essere predisposte con tutte le filiere (RSU, Carta, Plastica/lattine, Organico, Vetro). Come si vede in *Tabella 6* viene riportata la capillarità di Verde/Portature in maniera distinta dalle frazioni di rifiuti in quanto non richiesta in ogni punto di raccolta. Nella tabella si può anche notare che la capillarità proposta in Offerta Tecnica non soddisfa gli SMP. Tale scelta è stata indotta dall'analisi economica dell'investimento necessario per soddisfare gli standard minimi prestazionali: predisporre un contenitore ogni 15 utenze comporterebbe un esborso economico non sostenibile. Nonostante la soluzione “peggiorativa” proposta in OT, si può notare che in seguito alla riprogettazione il numero di utenze per ogni contenitore risulta essere un valore intermedio fra quanto richiesto dal disciplinare tecnico e quanto proposto inizialmente da Hera Spa.

<i>TIPO RIFIUTO</i>	<i>SMP</i>	<i>OFFERTA TECNICA</i>	<i>RISULTATO RIELABORAZIONE</i>
CARTA – RSU – ORGANICO – PLASTICA - VETRO	1/15	1/40	1/32
VERDE/POTATURE	1/50	1/60	1/45

*Tabella 6 - Risultati Capillarità Allestimenti*

In termini di numero di Punti di Raccolta, la variazione fra lo scenario attuale, Offerta Tecnica, e il risultato della riprogettazione è riassunto in *Tabella 7*.

	<i>PdR PRE CONCESSIONE</i>	<i>PdR OFFERTA TECNICA</i>	<i>PdR RIPROGETTAZIONE FINALE (+20%)</i>
<i>RESIDENZIALE</i>	109	40	57
<i>FORESE</i>	44	44	44
<i>TOTALE</i>	153	84	101

*Tabella 7 - Numero Allestimenti Scenario AS-IS e TO-BE*

Come si evidenzia in *Tabella 8*, anche le volumetrie dei contenitori della riprogettazione cambiano rispetto all'Offerta Tecnica. Le ragioni di tale modifica possono essere riassunte nella volontà di offrire un servizio migliorativo: avendo contenitori di volume maggiore si ha la possibilità di raccogliere maggiori quantità di rifiuti in uno stesso arco temporale e di conseguenza decrementare il numero di svuotamenti necessari (i quali devono comunque essere pari almeno agli standard minimi richiesti). La riduzione del numero di svuotamenti nel periodo ha dirette conseguenze sui costi del servizio e le emissioni di CO<sub>2</sub> derivanti dai trasporti. Inoltre, la volontà di assecondare le richieste delle amministrazioni locali, congiuntamente alla criticità

del reperimento dei materiali con cui vengono fatti i cassonetti a causa degli ultimi avvenimenti socioeconomici, rende la scelta di utilizzare contenitori più capienti quella ottimale.

	<i>TIPOLOGIA DI RACCOLTA</i>	<i>TIPOLOGIA CONTENITORE</i>	<i>VOLUMETRIE (l)</i>
<i>CARTA</i>	Stradale	Cassonetto Informatizzato	3200 – 1700
<i>INDIFFERENZIATO</i>	Stradale	Cassonetto Informatizzato	3200 – 1700
<i>ORGANICO</i>	Stradale	Cassonetto Informatizzato	360
<i>PLASTICA/LATTINE</i>	Stradale	Cassonetto Informatizzato	3200 – 1700
<i>VERDE</i>	Stradale	Cassonetto Informatizzato	1700
<i>VETRO</i>	Stradale	Cassonetto Informatizzato	3200 - 1700

*Tabella 8 - Volumetrie Riprogettazione*

Infine, in *Tabella 9*, si può osservare la variazione della volumetria statica installata rispetto a quella dichiarata nell'Offerta Tecnica. La volumetria statica viene ottenuta moltiplicando il numero di cassonetti per il relativo volume. In seguito all'utilizzo di contenitori più capienti per le ragioni di difficile reperibilità dei cassonetti con le volumetrie inizialmente previste sopra citate, anche la volumetria statica totale è superiore rispetto a quella prevista.

<i>TIPOLOGIA RIFIUTO</i>	<i>VOLUMETRIA CONTENITORI [l]</i>	<i>NUMERO CONTENITORI RESIDENZIALE</i>	<i>NUMERO CONTENITORI FORESE</i>	<i>VOLUMENTRIA TOTALE STATICA INSTALLATA [l]</i>
CARTA	3200	52	38	288.000
CARTA	1700	5	6	18.700
ORGANICO	360	57	44	36.360
PLASTICA/LATTINE	3200	52	38	288.000
PLASTICA/LATTINE	1700	5	6	18.700
RSU	3200	52	38	288.000

<i>TIPOLOGIA RIFIUTO</i>	<i>VOLUMETRIA CONTENITORI [l]</i>	<i>NUMERO CONTENITORI RESIDENZIALE</i>	<i>NUMERO CONTENITORI FORESE</i>	<i>VOLUMETRIA TOTALE STATICA INSTALLATA [l]</i>
RSU	1700	5	6	18.700
VERDE/POTATURE	1700	43	28	120.700
VETRO	3200	52	38	288.000
VETRO	1700	5	6	18.700
TOTALE		328	248	1.365.160

Tabella 9 - Variazione Volumetria Statica

Al fine di rappresentare visivamente l'aumento della volumetria statica, si riporta l'istogramma in *Figura 28*. Si nota che nello scenario attuale la maggiore capienza di raccolta si ha per l'RSU, mentre nella riprogettazione si prevede di avere la stessa capacità di raccolta per tutte le filiere di rifiuto, ad eccezione dell'Organico e del Verde. Anche da questa figura si evince che il Comune di Marzabotto attualmente non trascuri completamente l'aspetto della raccolta differenziata: confrontandolo con i dati di altri Comuni della montagna, infatti, Marzabotto presenta volumetrie piuttosto elevate per buona parte delle filiere di rifiuti. Un ulteriore dato che si può cogliere è come, in seguito alla riprogettazione, la soluzione sia migliorativa rispetto alla volumetria statica proposta in Offerta Tecnica a causa delle variazioni delle capacità dei contenitori utilizzati.

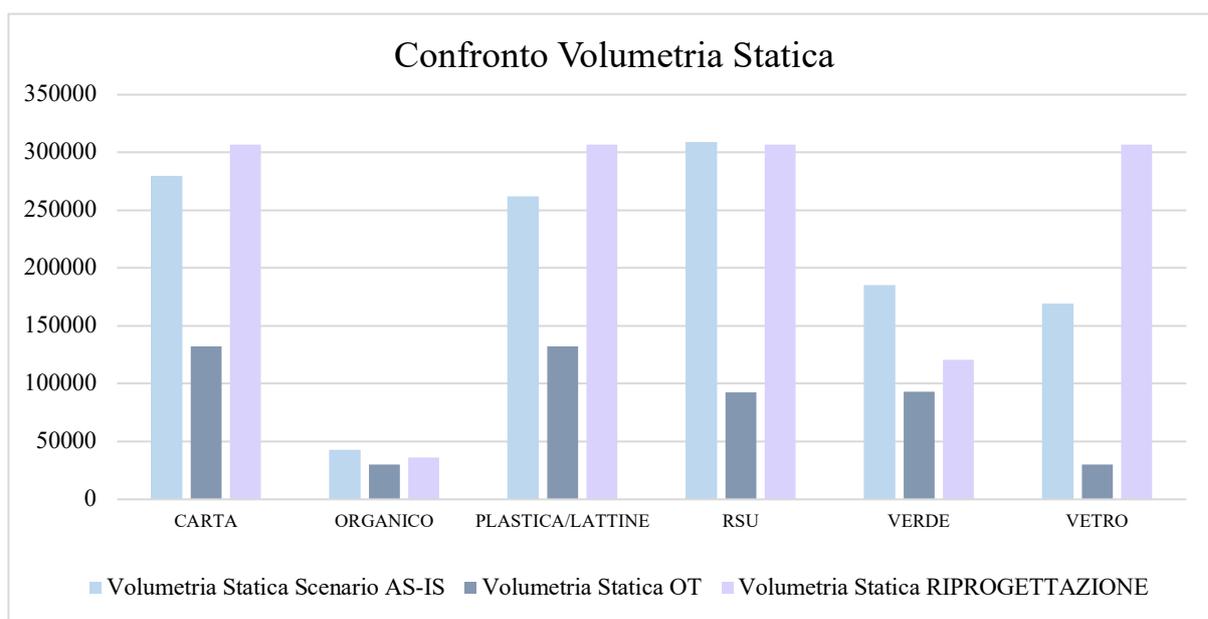
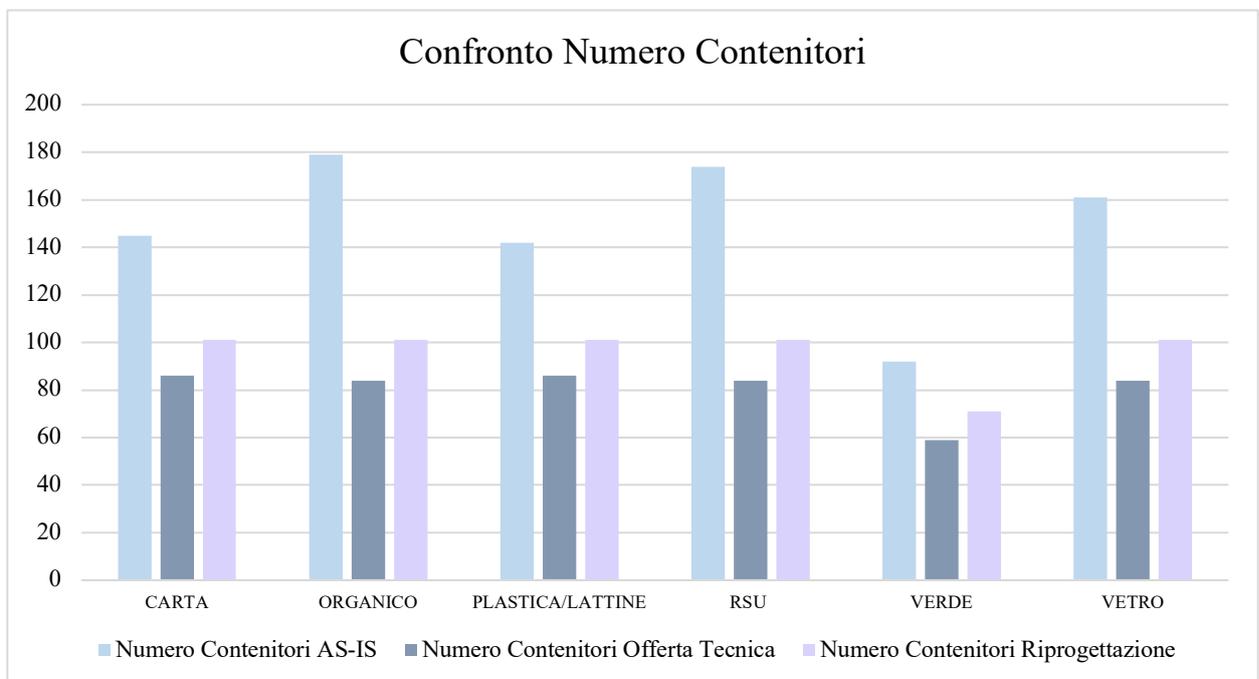


Figura 28 - Confronto Volumetria Statica

In *Figura 29*, invece, si può osservare l'effettivo cambiamento apportato dalla riprogettazione. Nell'istogramma è rappresentata la variazione fra scenario *as-is*, Offerta Tecnica e riprogettazione in termini di numero di contenitori per filiera di rifiuto. Si osserva che il numero di contenitori nello scenario *to-be* sarà minore rispetto alla situazione attuale, e allo stesso tempo sarà una soluzione migliorativa rispetto a quanto dichiarato nell'Offerta Tecnica.

Riassumendo i dati riportati in *Figura 28* e in *Figura 29*, si può concludere che la riprogettazione ha raggiunto quanto prestabilito: si prevede infatti una diminuzione del numero di contenitori collocati nel Comune di interesse, incrementando allo stesso tempo le volumetrie statiche per ogni filiera di rifiuto.



*Figura 29 - Confronto Numero Contenitori*

## 9.2 DISTANZA UTENZE-PdR

Un ulteriore risultato sul quale si è voluto porre attenzione è la distanza che intercorre fra ogni utenza e il PdR al quale questa è stata associata. Si ricorda che da SMP le utenze residenziali devono essere collocate entro i 200 metri di distanza dal PdR (con una tolleranza del 5%), mentre quelle foresi devono essere collocate entro i 400 metri di distanza dal PdR (con una tolleranza del 5%). Questi sono i valori che a breve verranno presi in considerazione per fare le valutazioni degli output ottenuti. Un ultimo aspetto importante da citare riguarda le utenze che si trovano a

una distanza superiore i 500 metri dall’allestimento, queste potranno godere di una riduzione della tassa sui rifiuti. I risultati sono riassunti in *Tabella 10*.

	<i>DISTANZA PdR</i>	<i>NUMERO UTENZE RIPROGETTAZIONE</i>	<i>% UTENZE AS-IS</i>	<i>% UTENZE RIPROGETTAZIONE</i>
<i>RESIDENZIALE</i>	<i>UTENZE ENTRO I 200 m</i>	2228	88%	92,3%
	<i>UTENZE OLTRE I 200 m</i>	186	12%	7,7%

*Tabella 10 - Risultati Distanze Utente-PdR Zona Residenziale*

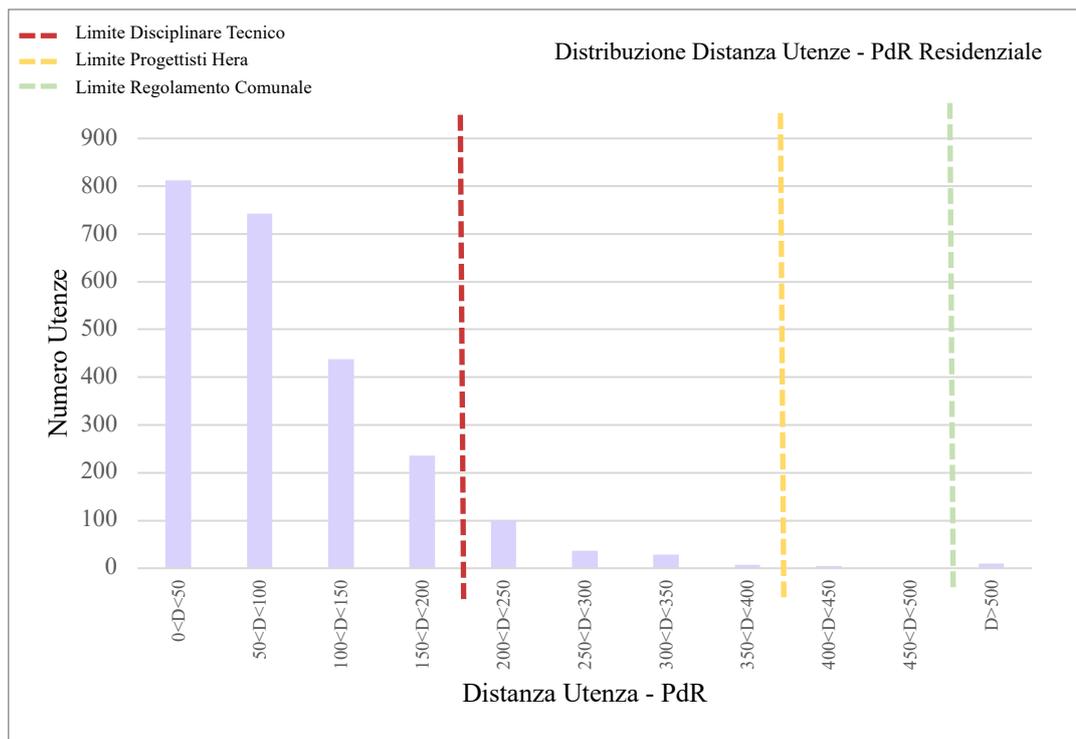
	<i>DISTANZA PdR</i>	<i>NUMERO UTENZE RIPROGETTAZIONE</i>	<i>% UTENZE AS-IS</i>	<i>% UTENZE RIPROGETTAZIONE</i>
<i>FORESE</i>	<i>UTENZE ENTRO I 400 m</i>	385	63%	51,9%
	<i>UTENZE OLTRE I 400 m</i>	375	37%	48,1%

*Tabella 11 - Risultati Distanze Utente-PdR Forese*

Facendo riferimento alla *Tabella 11*, sembrerebbe che la soluzione proposta in seguito alla riprogettazione sia peggiorativa, in quanto la percentuale di utenze situate oltre i 400m dall’allestimento è aumentata rispetto a quella dello scenario as-is. Questo risultato, in realtà, è indice di un importante risvolto positivo della riprogettazione: come già dichiarato, nello scenario attuale la maggior parte degli allestimenti è provvista soltanto del cassonetto per la raccolta indifferenziata, inoltre, i Punti di Raccolta sul territorio sono numerosi e di conseguenza in media più vicini alle utenze. Nella riprogettazione si è preferito diminuire il numero di contenitori, provvedendo però al posizionamento di tutte le filiere di rifiuti. Il risultato che ne consegue è che le utenze posizionate oltre i 400 metri dai cassonetti aumentano, ma ognuna di queste potrà accedere ad un punto di raccolta con tutte le filiere di rifiuto e sarà incentivata ad effettuare la raccolta differenziata.

Si procede con la descrizione degli output dettagliata, distinguendo i risultati relativi all’area residenziale e poi a quella forese.

La *Figura 30* riporta la distribuzione delle utenze nella zona residenziale per intervalli di distanza dal punto di raccolta, come si può notare sono presenti linee di tre colori: la linea tratteggiata rossa indica i limiti di distanza utenze-PdR da disciplinare tecnico, la linea tratteggiata gialla indica una ulteriore soglia determinata dai progettisti di Hera come riferimento intermedio, mentre la linea tratteggiata verde segnala il limite di distanza utenze-PdR da regolamento comunale (superato il quale l'utenza deve godere di una riduzione della tassa sui rifiuti). In seguito alla rielaborazione si osserva che nello scenario residenziale la maggior parte delle utenze soddisfa gli SMP richiesti dal disciplinare tecnico. Osservando, invece, la *Figura 31* si può apprezzare che la percentuale cumulata di utenze che rientrano entro i limiti prestabiliti dal disciplinare tecnico è pari al 92,3%, e il 100% di queste si trova entro i 500 metri di distanza del punto di raccolta.



*Figura 30 - Risultati Distanze Utente - PdR Residenziale*

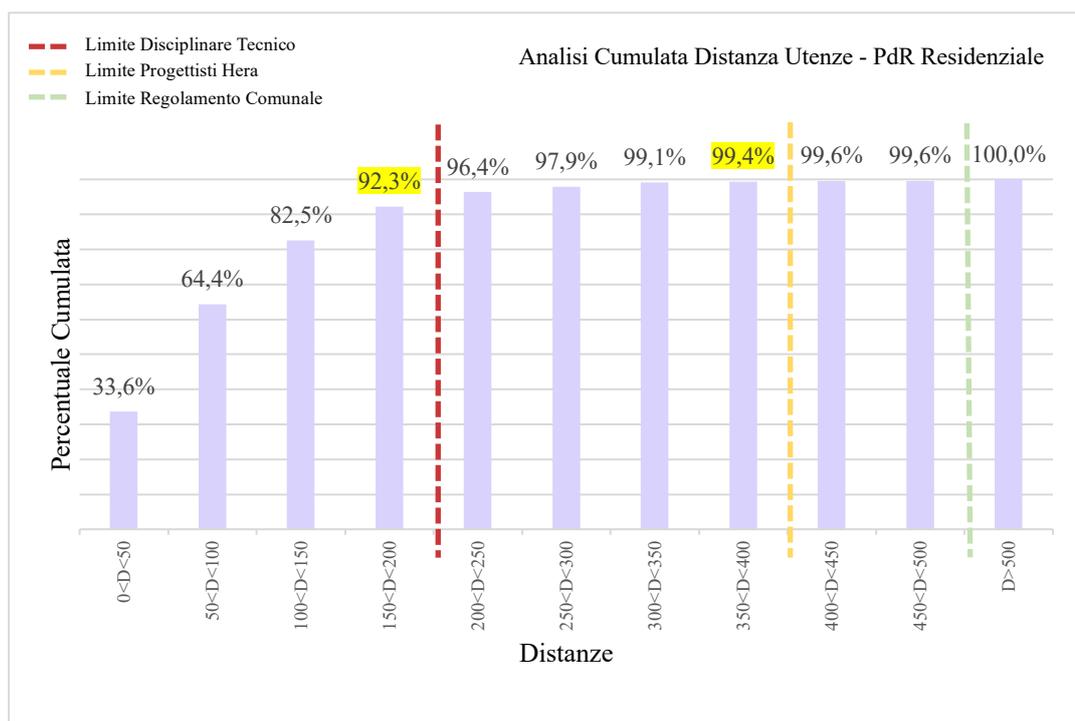


Figura 31 - Analisi cumulata Distanze Utente - PdR Residenziale

Eseguendo una analisi simile per le utenze della zona forese si può concludere che i risultati non sono altrettanto soddisfacenti. Come si osserva dalla *Figura 32* diverse utenze devono percorrere una distanza superiore ai 500 metri per raggiungere il primo Punto di Raccolta. In termini percentuali, come evidenziato in *Figura 33*, solo il 56,5% di queste non godrà della riduzione della tassa sui rifiuti. Tale risultato è dovuto alla particolare situazione geografica del territorio montuoso di Marzabotto, il quale limita gli spazi utili per il posizionamento degli allestimenti che permetta una copertura ottimale del servizio.

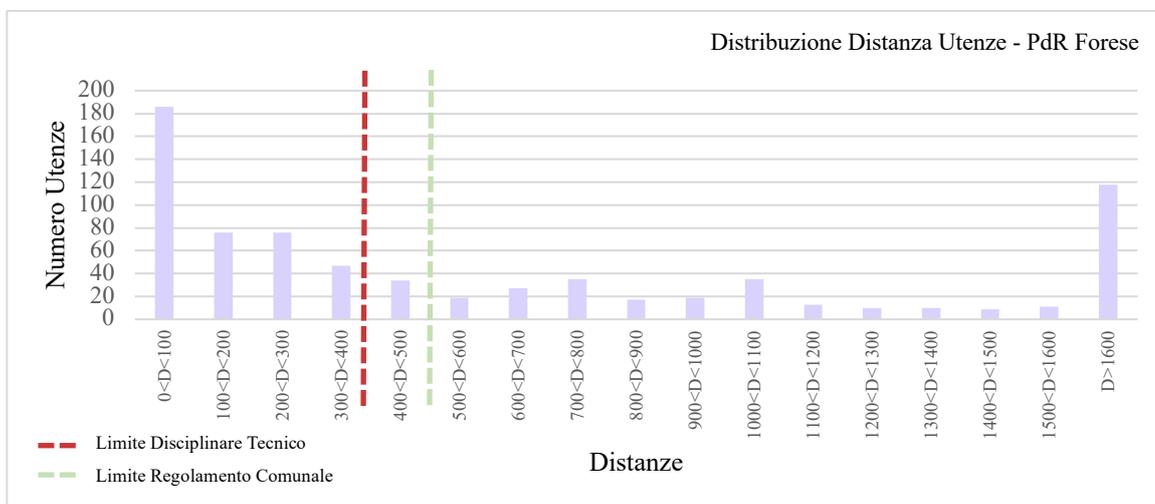


Figura 32 - Risultati Distanze Utente - PdR Forese

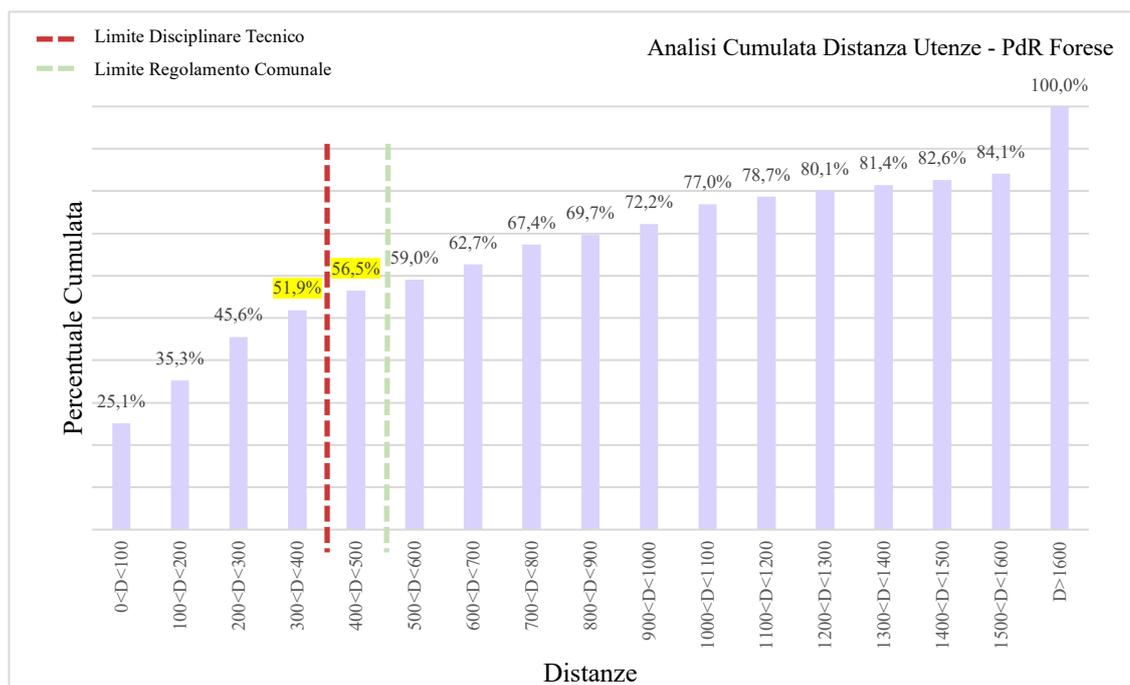


Figura 33 - Analisi cumulata Distanze Utenze - PdR Forese

Infine, il risultato riassunto in *Tabella 12* indica il raggiungimento di uno degli obiettivi della riprogettazione. Confrontando la distanza media fra l'utenza e il contenitore per ogni filiera di rifiuto dello scenario as-is con lo scenario to-be, si evidenzia che ogni utenza avrà raccoglitori ad una distanza inferiore rispetto allo scenario attuale nonostante la significativa riduzione complessiva del numero di allestimenti, incentivando così la raccolta differenziata a discapito dell'utilizzo privilegiato dei cassonetti per la raccolta indifferenziata.

ZONA	TIPO RIFIUTO	DISTANZA MEDIA UTENZA/CONTENITORE AS-IS [m]	DISTANZA MEDIA UTENZA/CONTENITORE RIPROGETTAZIONE [m]
FORESE	CARTA	765	646,5
	ORGANICO	870	646,5
	PLASTICA - LATTINE	366	646,5
	RSU	677	646,5
	VERDE - POTATURE	1903	1143,7
	VETRO	799	646,5
RESIDENZIALE	CARTA	176	92,2
	ORGANICO	206	92,2
	PLASTICA - LATTINE	122	92,2
	RSU	204	92,2
	VERDE - POTATURE	579	173,2
	VETRO	181	92,2

Tabella 12 - Confronto Distanze Medie Utenze-Contenitore

### 9.3 CALCOLO E ANALISI DELLE FREQUENZE DI SVUOTAMENTO

In questo paragrafo vengono analizzati gli svuotamenti ottenuti in seguito alla riprogettazione. Questo parametro risulta particolarmente importante, visto che la frequenza con cui vengono svuotati i contenitori ha dirette conseguenze sul decoro urbano e sul costo operativo del servizio.

Uno dei risultati proposti dal software è *intSvuotMax* che identifica l'intervallo, in termini di giorni, di svuotamento dei cassonetti. Da questo dato è possibile ricavare il numero di svuotamenti annuali con la formula che segue:

$$\text{Numero Svuotamenti} = \frac{365 [gg]}{\text{intSvuotMax} [gg]}$$

Il risultato ottenuto viene maggiorato del 20% per mitigare le assunzioni fatte dal programma e i dati di input che possono leggermente discostarsi da quelli effettivi. Inoltre, dal momento che gli svuotamenti delle filiere di Organico e Vetro risultano molto limitati e non sufficienti per mantenere il decoro urbano, si impostano le frequenze pari ai valori minimi definiti dagli SMP, ovvero 78/364 per l'Organico e 26/365 per il Vetro. Per le altre filiere di rifiuto, se gli svuotamenti

maggiorati del 20% risultano ancora essere compresi fra 0 e 12 (quindi avverrebbe meno di uno svuotamento al mese) si è deciso di forzarli alla media di svuotamenti per quella filiera di rifiuto. In questo modo si arriva allo Scenario di Progetto Software “Realistico” utilizzato successivamente per le analisi economiche.

In *Tabella 13* si trovano i risultati appena menzionati:

- Numero Svuotamenti/Anno Software: vengono indicati gli svuotamenti all’anno per ogni filiera di rifiuto ottenuti dal software utilizzato per la progettazione.
- Numero Svuotamenti/Anno Scenario Realistico: vengono indicati gli svuotamenti all’anno per ogni filiera di rifiuto, calcolati come appena descritto.
- Numero Svuotamenti/Anno Offerta Tecnica: vengono indicati gli svuotamenti all’anno proposti nell’Offerta Tecnica da Hera Spa.
- Volumetria Dinamica Offerta Tecnica: ottenuta moltiplicando il numero di svuotamenti proposti in Offerta Tecnica per il volume dei contenitori.
- Volumetria Dinamica Scenario Realistico: ottenuta moltiplicando il numero di svuotamenti dello scenario realistico per il volume dei contenitori.
- Numero Passaggi/Anno Contenitore Scenario Realistico: indica il numero di svuoti di un contenitore nell’arco di un anno nello scenario realistico. Tale valore viene ottenuto dividendo il numero di svuotamenti/anno dello scenario realistico per il numero di contenitori.
- Numero Passaggi/Anno Contenitore Offerta Tecnica: indica il numero di svuoti di un contenitore nell’arco di un anno nell’Offerta Tecnica. Tale valore viene ottenuto dividendo il numero di svuotamenti/anno dell’Offerta Tecnica per il numero di contenitori.
- Numero Passaggi/Anno Contenitore SMP: indica l’SMP del numero di svuoti di un contenitore nell’arco di un anno.

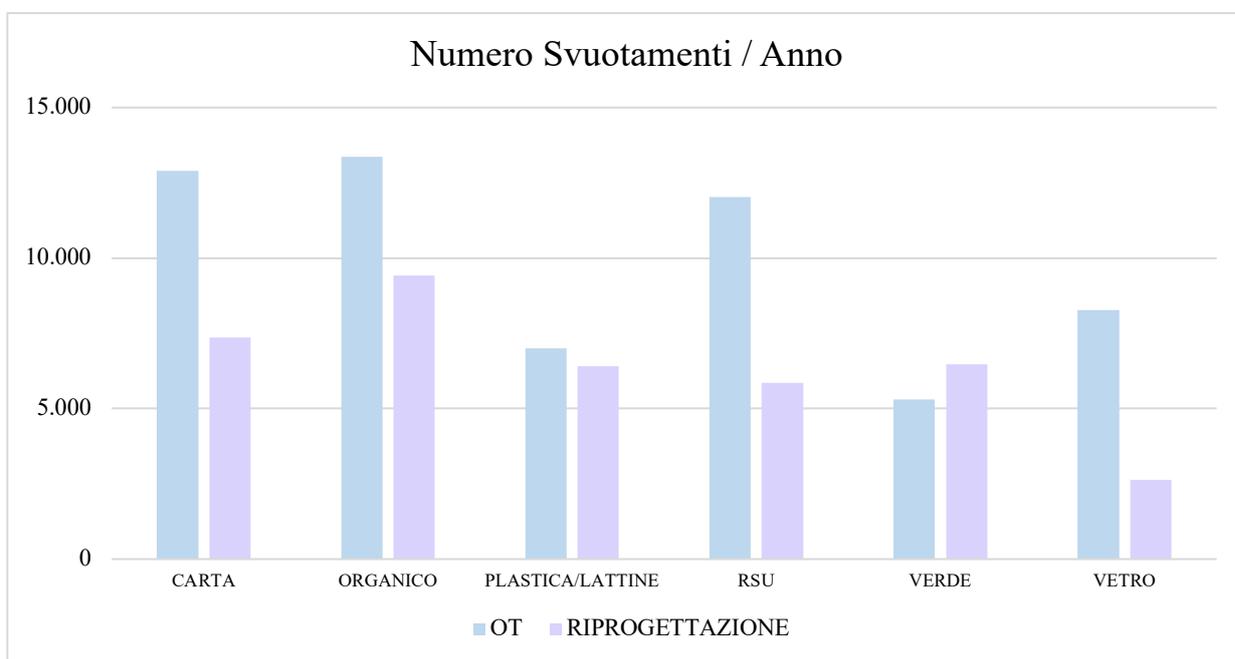
<i>TIPOLOGIA RIFIUTO</i>	<i>NUMERO CONTENITORI</i>	<i>NUMERO SVUOTAMENTI/ ANNO SOFTWARE</i>	<i>NUMERO SVUOTAMENTI/ ANNO SCENARIO REALISTICO</i>	<i>NUMERO SVUOTAMENTI/ANNO OFFERTA TECNICA</i>	<i>VOLUMETRIA DINAMICA SCENARIO RELISTICO [m³/anno]</i>	<i>VOLUMETRIA DINAMICA OFFERTA TECNICA [m³/anno]</i>	<i>NUMERO PASSAGGI/ANNO CONTENITORE SCENARIO REALISTICO</i>	<i>NUMERO PASSAGGI/ANNO CONTENITORE OFFERTA TECNICA</i>	<i>NUMERO PASSAGGI/ANNO CONTENITORE SMP</i>
CARTA	101	5632	7362	11201	22295	20227	73	130	26
ORGANICO	101	6435	9419	8626	3391	5905	93	103	78
PLASTICA/ LATTINE	101	4795	6413	5552	19472	10009	63	65	52
RSU	101	4294	5847	12036	17767	13239	58	143	78
VERDE	71	6473	6473	5515	13362	14492	91	93	26
VETRO	101	492	2626	4167	7974	1500	26	50	26
<i>TOTALE</i>	576	28122	38141	47097	84261	65373			
			-19%		25%				

Tabella 13 - Risultati Frequenza Svuotamenti

Come indicato in *Tabella 13*, la Soluzione Software Realistica ha generato un doppio vantaggio:

- Ha introdotto una riduzione del 19% degli svuotamenti rispetto a quanto proposto in Offerta Tecnica;
- Ha introdotto un aumento del 25% dei volumi dinamici svuotati nell'arco dell'anno.

In *Figura 34* si riporta un istogramma che evidenzia la diminuzione, in seguito alla riprogettazione, del numero di svuotamenti che avvengono in un anno.



*Figura 34 - Variazione Numero Svuotamenti/Anno*

In *Figura 35*, invece, si osserva la variazione della volumetria dinamica movimentata prima e dopo la riprogettazione. In questo caso si evidenzia che la volumetria dinamica per ogni filiera di rifiuto aumenta in seguito all'ottimizzazione del servizio di raccolta dei rifiuti.

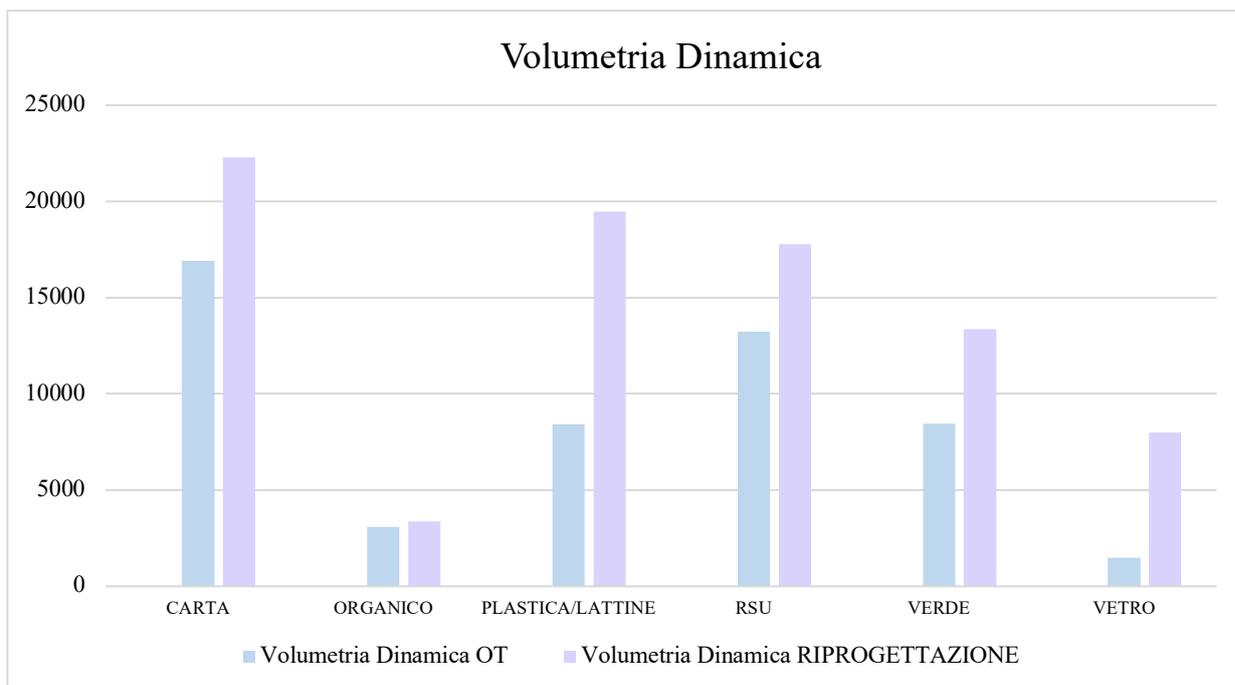


Figura 35 - Variazione Volumetria Dinamica

## 9.4 ANALISI ECONOMICA

In seguito ai risultati ottenuti dalla riprogettazione, è stata eseguita l'analisi economica dello scenario *to-be*. I dati riportati non sono puntuali, si è preferito infatti presentare dei valori approssimati, in quanto si prevede un minimo scostamento nella realtà dai risultati ottenuti dal software, il quale introduce alcune approssimazioni dello scenario reale durante l'elaborazione.

Il costo del progetto è stato ripartito come segue:

- Costi operativi: rappresentano la voce dei costi del servizio di raccolta dei rifiuti. Partendo dal numero di svuotamenti annuali determinati nella fase progettuale, sono poi stati considerati gli €/svuotamento, ottenuti sulla base dei costi degli operatori e dei mezzi impegnati nella raccolta;
- Costi di investimento: rappresentano i costi di gestione, manutenzione e ammortamento dei contenitori.

Si analizzano ora le due voci di costo appena citate.

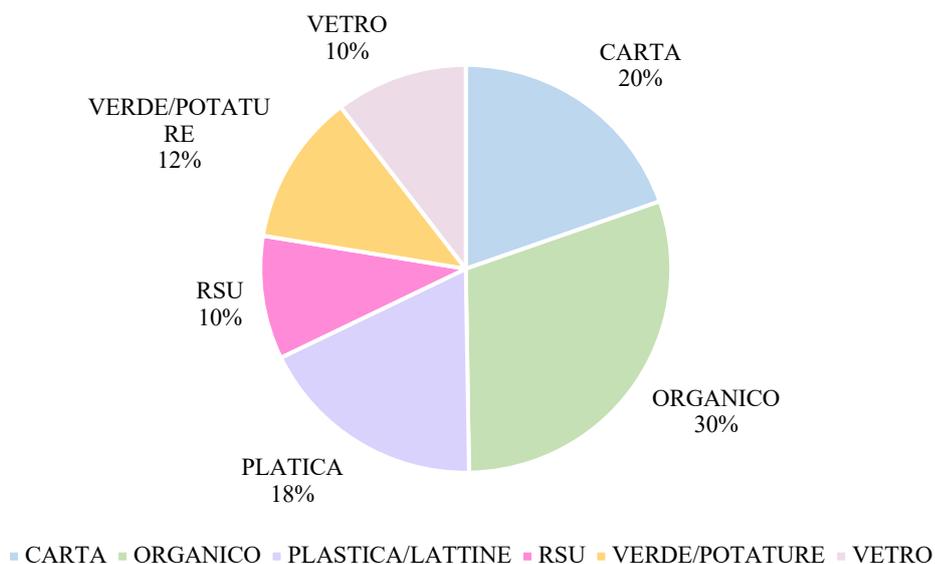
In *Tabella 14* sono riassunti i dati ottenuti sui costi operativi. Il valore finale di questa voce di costo viene calcolato sommando per ogni filiera di rifiuto il costo dovuto all'attività di svuotamento dei cassonetti. Ci si basa, quindi, sul numero di svuotamenti moltiplicato per il costo

di un singolo svuotamento. Quest'ultimo importo varia in base alla volumetria del contenitore e alla filiera di rifiuto.

<i>TIPO RIFIUTO</i>	<i>PERCENTUALE SUL COSTO TOTALE</i>
CARTA	20%
ORGANICO	30%
PLASTICA/LATTINE	18%
RSU	10%
VERDE	12%
VETRO	10%

*Tabella 14 - Costi Operativi Riprogettazione*

Si è voluto, inoltre, rappresentare la ripartizione del costo operativo totale per ogni filiera di rifiuto in termini percentuali. Tale risultato viene riportato nel grafico a torta in *Figura 36*.



*Figura 36 - Ripartizione Del Costo Operativo Totale Per Filiera Di Rifiuto*

La seconda voce di costo, ovvero i costi di investimento, fa riferimento all'esborso dovuto all'acquisto dei contenitori informatizzati e alla manutenzione degli stessi. Considerando che il costo di un cassonetto ammonta in media a 1500€, l'investimento necessario per acquistare 101 contenitori per ogni filiera di rifiuto (e 71 per il Verde) totalizza quasi 800.000€.

In *Tabella 15* sono presentati i dati riassuntivi dell'analisi economica. Si è voluto paragonare il costo operativo risultante dalla riprogettazione con quello dovuto a quanto proposto in gara. In seguito alla riprogettazione si evidenzia un risparmio nell'ordine dei 20.000 € proveniente dalla riduzione del numero di svuotamenti annuali. Allo stesso modo, si riporta anche l'incremento dell'investimento dovuto all'informatizzazione dei cassonetti per ogni filiera di rifiuto, il quale ammonta all'incirca a 200.000 €. Nello specifico in *Tabella 15* viene riportato l'ammortamento annuale, in quanto si prevede una vita utile dei cassonetti di otto anni.

	<i>DELTA ECONOMICO FRA OFFERTA TECNICA E RIPROGETTAZIONE</i>
<i>RISPARMI COSTI OPERATIVI</i>	-20.000 €
<i>COSTO AMMORTAMENTO E REMUNERAZIONE ATTREZZATURE</i>	25.000€

*Tabella 15 - Confronto Costi Offerta Tecnica e Riprogettazione*

Considerando i vantaggi qualitativi e sociali del servizio riprogettato elencati di seguito, si può concludere che lo scenario migliorativo proposto sia in realtà isocosto rispetto a quanto dichiarato in Offerta Tecnica. I risvolti positivi provenienti dalla diminuzione del numero di svuotamenti possono essere riassunti come segue:

- Riduzione delle emissioni di anidride carbonica proveniente dai mezzi che effettuano il servizio;
- Riduzione del traffico stradale. I mezzi impiegati per la raccolta stradale dei rifiuti tendono a congestionare il traffico in quanto lo svuotamento avviene a mezzo fermo e richiede qualche minuto;

- Riduzione dei rischi infortunistici degli operatori a bordo del mezzo, i quali si espongono a eventuali infortuni sul lavoro durante il tiraggio dei raccoglitori;
- Riduzione del rumore e delle vibrazioni inevitabilmente prodotti dai mezzi che effettuano lo svuotamento.

## **9.5 ANALISI DELL'IMPATTO AMBIENTALE DEL SERVIZIO**

In seguito all'aumento della rilevanza del tema sulla sostenibilità ambientale, si è deciso di trattare in questo elaborato l'analisi dell'impatto ambientale del servizio di raccolta dei rifiuti in termini di emissioni di CO<sub>2</sub> dovute al passaggio dei mezzi. Nello specifico, sono state confrontate le emissioni di anidride carbonica nello scenario proposto nell'Offerta Tecnica con quelle dello scenario determinato in seguito alla riprogettazione.

Lo studio dei rifiuti in termini di *Life Cycle Assessment* è ancora in una fase embrionale all'interno della Direzione Servizi Ambientali e Flotte, per questo motivo si è deciso di riportare dei valori approssimati dell'impatto ambientale del servizio di raccolta dei rifiuti, piuttosto che valori puntuali.

Per ottenere quanto desiderato, si è ragionato su due elementi principali che determinano il consumo del combustibile, e quindi l'emissione di anidride carbonica:

- Il numero di ore di lavoro annuali del mezzo;
- Il numero di svuotamenti annuali;

Inizialmente si è proceduto, quindi, a stimare le emissioni di CO<sub>2</sub> sulla base delle ore di lavoro annuali dei mezzi che effettuano la raccolta nello scenario dichiarato nell'Offerta Tecnica e in quello realistico. In un secondo momento, gli stessi dati sono stati ottenuti tramite il numero di svuotamenti annuali nei due scenari. Confrontando i risultati dei calcoli basati sulle ore di lavoro con quelli basati sul numero di svuotamenti è stato stimato il risparmio in termini di emissioni di anidride carbonica dovute alla raccolta dei rifiuti urbani.

In *Tabella 16* e in *Tabella 17* vengono riportati alcuni parametri che sono stati utilizzati per i calcoli presentati di seguito.

I valori in *Tabella 16* provengono dalla scheda tecnica del mezzo utilizzato per la raccolta dei rifiuti urbani nel Comune di Marzabotto, ovvero un monoperatore a carico laterale. Nello specifico, i parametri indicati sono stati ottenuti tramite il software VECTO (*Vehicle Energy*

*Consumption calculation TOol*), uno strumento di simulazione sviluppato dalla Commissione europea per determinare le emissioni di anidride carbonica da parte dei mezzi pesanti.

<i>Kg CO<sub>2</sub> PER km [kgCO<sub>2</sub>/km]</i>	2,48
<i>LITRI DI COMBUSTIBILE OGNI 100 km [l/100km]</i>	95
<i>Kg CO<sub>2</sub> PER LITRO DI COMBUSTIBILE [kgCO<sub>2</sub>/l]</i>	2,61

*Tabella 16 - Dati Scheda Tecnica Monoperatore*

I dati in *Tabella 17*, invece, provengono da uno studio interno al gruppo Hera; essendo valori medi sono stati riadattati al contesto di Marzabotto sulla base dell'esperienza dei tecnici che quotidianamente lavorano in questo territorio.

<i>ORE DI RACCOLTA PER TURNO [h]</i>	6,33
<i>VELOCITA' MEDIA MEZZO [km/h]</i>	15
<i>km PERCORSI PER TURNO [km/turno]</i>	95
<i>SVUOTAMENTI AL km [svuotamenti/km]</i>	0,84
<i>LITRI PER SVUOTAMENTO [l/svuotamento]</i>	1,13

*Tabella 17 - Dati Studio Gruppo Hera Rivalutati*

Si procede ora distintamente con le analisi sopracitate.

Per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> determinate sulla base delle ore di lavoro dei mezzi sono stati seguiti i seguenti passaggi:

- Ore di lavoro del mezzo totali: stimate sulla base del servizio che deve essere offerto;
- km percorsi totali: considerando la velocità media del mezzo indicata in *Tabella 17* e le ore totali lavorate, i km percorsi totali sono stati determinati come segue:

$$km \text{ percorsi totali} = \text{velocità media} \left[ \frac{km}{h} \right] * \text{ore totali} [h]$$

- I totali di combustibile consumati: determinati considerando i litri consumati ogni 100 km indicati in *Tabella 16* e i km percorsi totali, usando la seguente formula:

$$l \text{ totali di combustibile} = \text{litri combustibile ogni 100 km} \left[ \frac{l}{100 km} \right] * km \text{ totali} [km]$$

- kg CO<sub>2</sub> prodotti: ottenuti moltiplicando i kg di anidride carbonica emessi per litro di combustibile (*Tabella 16*) per i litri totali di combustibile consumati:

$$kg \text{ CO}_2 \text{ prodotti} = kg \text{ CO}_2 \text{ per litro di combustibile} \left[ \frac{kg}{l} \right] * l \text{ totali} [l]$$

In *Tabella 18* sono riportate le variazioni fra l'Offerta Tecnica e lo scenario realistico delle quantità appena calcolate:

	<i>km PERCORSI TOTALI [km]</i>	<i>l TOTALI DI COMBUSTIBILE CONSUMATI [l]</i>	<i>kg CO<sub>2</sub> PRODOTTI [kg]</i>
<i>VARIAZIONE FRA OFFERTA TECNICA E SCENARIO REALISTICO</i>	23.300	22.150	57.800

*Tabella 18 - Valutazione Emissioni Anidride Carbonica Sulla Base Delle Ore Lavorate*

Per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> determinate sulla base del numero di svuotamenti si è proceduto come descritto di seguito:

- numero di svuotamenti totali: svuotamenti determinati sulla base di quanto ottenuto in riprogettazione, nel caso dello scenario realistico, oppure sulla base di quanto dichiarato in Offerta Tecnica;
- km percorsi totali: considerando gli svuotamenti al km indicati in *Tabella 17* e il numero totale di svuotamenti, i km percorsi totali sono stati determinati come segue:

$$km \text{ percorsi totali} = \frac{\text{numero totale di svuotamenti}}{\text{svuotamenti al km} \left[ \frac{\text{svuotamenti}}{\text{km}} \right]}$$

- I totali di combustibile consumati: considerando i litri di combustibile consumati ogni 100 km indicati in *Tabella 16* e i km percorsi totali, i litri totali di combustibile consumati sono stati determinati come segue:

$$l \text{ totali di combustibile} = l \text{ ogni } 100 \text{ km} \left[ \frac{l}{100 \text{ km}} \right] * km \text{ percorsi totali} [km]$$

- kg CO<sub>2</sub> prodotti: determinati considerando i litri consumati e i kg di CO<sub>2</sub> per litro di combustibile indicati in *Tabella 16*:

$$kg \text{ CO}_2 \text{ prodotti} = \text{litri totali di combustibile} [l] * kg \text{ CO}_2 \text{ per litro} \left[ \frac{kg \text{ CO}_2}{\text{litro}} \right]$$

In *Tabella 19* sono riportate le variazioni fra l'Offerta Tecnica e lo scenario realistico delle quantità appena calcolate:

	<i>Km PERCORSI TOTALI</i>	<i>l TOTALI DI COMBUSTIBILE CONSUMATI [l]</i>	<i>kg CO<sub>2</sub> PRODOTTI [kg]</i>
<i>VARIAZIONE FRA OFFERTA TECNICA E SCENARIO REALISTICO</i>	10.600	10.100	26.300

*Tabella 19 - Valutazione Emissioni Anidride Carbonica Sulla Base Del Numero di Svuotamenti*

Come si può osservare, i risultati ottenuti tramite le ore di lavoro dei mezzi si discostano leggermente da quelli ottenuti partendo dal numero di svuotamenti. Questo è dovuto ad un sovradimensionamento in Offerta Tecnica delle ore richieste per offrire il servizio. Considerando, infatti, le ore necessarie per effettuare gli svuotamenti indicati, sulla base del numero medio di svuotamenti che realmente vengono effettuati dagli operatori in un turno di lavoro, è stato evinto che basterebbe un 20% di tempo in meno.

In seguito a questo ragionamento, quindi, si è deciso di considerare i dati ottenuti partendo dal numero di svuotamenti come i più affidabili, in quanto la frequenza di raccolta deve essere rispettata, mentre il tempo necessario per la raccolta è soggetto quotidianamente a una leggera variazione. Rapportando, dunque, le emissioni di anidride carbonica dello scenario riprogettato con le emissioni di anidride carbonica nello scenario proposto in Offerta Tecnica si è stimata una riduzione del 20% di CO<sub>2</sub> prodotta in seguito al servizio di raccolta erogato.

A questo punto, si è deciso di analizzare un interessante paragone fra la riduzione annuale di emissioni di anidride carbonica dovuta alla riprogettazione con la quantità di CO<sub>2</sub> sequestrata da un latifoglie nella Regione Emilia-Romagna. Considerando che ogni ettaro di latifoglie assorbe 13.6 tonnellate di CO<sub>2</sub> all'anno (Magnani & Raddi, 2021), il risparmio di anidride carbonica proveniente dalla riprogettazione, ovvero circa 57.800 kg, sarebbe equivalente al contributo apportato da 4,5 ettari di latifoglie ogni anno. Questo dato risulta utile per cogliere in altri termini il contributo della riprogettazione del servizio di raccolta dei rifiuti per l'ambiente.

## 10 CONCLUSIONI

Nel 2020, il Gruppo Hera è risultato essere l'aggiudicatario dell'affidamento in concessione del servizio di gestione integrata dei rifiuti nel territorio di Bologna. Questo evento, che è una diretta conseguenza dell'emanazione di normative nazionali e internazionali che interessano il nostro territorio, ha comportato un cambio di paradigma: la volontà è infatti quella, nel lungo termine, di incoraggiare i cittadini a valorizzare i loro rifiuti, proponendo soluzioni in linea con i principi dell'economia circolare quali il riutilizzo e il riciclaggio degli scarti, quindi la valorizzazione della materia prima seconda. Inoltre, la volontà è anche quella di digitalizzare il settore di interesse, collocando nel territorio dei contenitori informatizzati.

Per raggiungere questi ambiziosi obiettivi Hera si impegna in termini pratici riprogettando il servizio di raccolta dei rifiuti offerto: analizzando la situazione attuale dei Comuni di presidio dell'azienda, si è notato che ad oggi sono presenti molti Punti di Raccolta collocati nel territorio, la maggior parte dei quali però è dotata esclusivamente dei contenitori per la frazione indifferenziata di rifiuti. Hera, dunque, propone la diminuzione del numero di allestimenti ognuno dei quali, però, presenta un contenitore per ogni frazione di rifiuto: Carta, Plastica, RSU, Vetro e Lattine, Organico e Sfalci Verdi dove richiesto.

Come spiegato nei capitoli precedenti, la progettazione del servizio di raccolta dei rifiuti deve tenere conto di più fattori vincolanti quali: gli obiettivi di percentuale di raccolta differenziata, i vincoli tecnici definiti nel Disciplinare Tecnico e, inoltre, i vincoli imposti dalla natura del territorio esaminato o dalle amministrazioni locali.

Nell'elaborato è stato analizzato uno solo dei Comuni di presidio di Hera, il quale seppure non così critico in termini di performance relative alla raccolta differenziata rispetto alla media, è in grado di catturare tutte le fasi necessarie per la riprogettazione ed evidenziare sia le criticità del processo che i risvolti positivi provenienti da questo. Necessari ai fini del progetto sono le competenze dei progettisti in Hera, dei tecnici esperti del territorio e delle strutture informatiche a supporto delle conoscenze delle risorse umane. L'unione del capitale umano e quello informatico consentono di rispettare tutti i vincoli di natura tecnica e non, caratterizzanti i Comuni.

Come descritto nell'elaborato il software è stato il primo strumento utilizzato per ottenere un dato di partenza per la riprogettazione. La qualità del progetto è poi stata migliorata apportando modifiche specifiche alle situazioni ritenute non soddisfacenti, ovvero i Punti di Raccolta ai quali conferiscono troppe o troppe poche utenze. Grazie alle migliorie apportate il 92,3% delle utenze

collocate nella zona residenziale conferisce a un punto di raccolta posizionato a una distanza inferiore ai 200 metri, e il 100% di queste conferisce i propri rifiuti percorrendo una distanza inferiore ai 500 metri. Rapportando i risultati ottenuti con i regolamenti comunali, secondo cui la distanza utenza-PdR deve essere inferiore ai 500 metri, si ha una copertura totale delle utenze. La zona forese non ha prodotto risultati altrettanto soddisfacenti, se confrontati con i vincoli imposti dal Disciplinare Tecnico, a causa delle caratteristiche geografiche che caratterizzano il Comune di montagna in questione e della densità abitativa molto bassa al di fuori della zona residenziale. Nello specifico il 51,9% delle utenze collocate nella zona forese conferisce i propri rifiuti in un Punto di Raccolta a una distanza inferiore ai 400 metri, mentre il 41% di queste dovrà conferire i propri rifiuti a una distanza superiore ai 500 metri.

Comparando, invece, l'obiettivo preposto con il risultato finale, si può evincere che quanto desiderato è stato ottenuto: nonostante la diminuzione del numero totale di postazioni (pari a 101), si è ottenuto complessivamente l'aumento delle volumetrie delle raccolte differenziate. Questo ha comportato anche un avvicinamento medio delle distanze dei raccoglitori di ogni filiera di rifiuto alle utenze collocate nel residenziale e nel forese, a discapito di un distanziamento della raccolta indifferenziata.

Passando ora ai risultati economici, in seguito all'analisi dei costi operativi e gli investimenti differenziali, si è concluso che lo scenario riprogettato è isocosto a quanto proposto in Offerta Tecnica. Il contributo socioeconomico apportato dalla diminuzione del numero di svuotamenti rende la riprogettazione assolutamente conveniente, poiché si avrebbero dirette conseguenze sul traffico urbano, la sicurezza dei lavoratori e l'impatto ambientale del servizio offerto. Come riportato nell'ultimo paragrafo, infatti, la riprogettazione della raccolta dei rifiuti urbani apporterebbe un notevole abbattimento di emissioni di anidride carbonica, pari al contributo di 4,5 ettari di latifoglie in termini di sequestro di CO<sub>2</sub>.

Lo studio effettuato sul Comune di Marzabotto porta, quindi, alla conclusione che l'investimento per attuare la riprogettazione è conveniente sotto diversi punti di vista quali: il decoro urbano, la sostenibilità ambientale e la sicurezza dei lavoratori, nonché l'incentivo per i cittadini ad optare per la raccolta differenziata.

## BIBLIOGRAFIA

- Arpae. (2020). *Allegato B.1 Standard Minimi Prestazionali del servizio a regime*. Tratto da [https://www.atersir.it/sites/atersir/files/All\\_B\\_1\\_1.pdf](https://www.atersir.it/sites/atersir/files/All_B_1_1.pdf)
- Arpae. (2022). *Report Gestione Rifiuti*.
- Assemblea Legislativa . (2021, maggio). *Piano Regionale di gestione Rifiuti e Bonifica delle aree inquinate*. Tratto da <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/rifiuti/temi/rifiuti/piano-rifiuti/nuovo-piano-rifiuti-2022-2027>
- Atersir. (2020). *Gara per l'Affidamento in Concessione del Servizio di Gestione dei Rifiuti nel Bacino Territoriale di Bologna*. Tratto da <https://www.atersir.it/amministrazione-trasparente/gara-laffidamento-concessione-del-servizio-di-gestione-dei-rifiuti-nel-bacino-territoriale-di>
- Consiglio Regionale. (2009, Dicembre). *Promozione, Organizzazione e Sviluppo delle Attività di Informazione e di Educazione alla Sostenibilità*. Tratto da <https://demetra.regione.emilia-romagna.it/al/articolo?urn=er:assemblealegislativa:legge:2009;27>
- Gruppo Hera. (s.d.). *Il Gruppo Hera sul Territorio*. Tratto da <https://www.gruppohera.it/gruppo/chi-siamo/presenza-sul-territorio>
- ISPRA. (2023, giugno). *Produzione del Comune di Marzabotto*. Tratto da <https://www.catastorifiuti.isprambiente.it/index.php?pg=detComune&aa=2019&regidb=08&nomereg=Emilia-Romagna&providb=037&nomeprov=Bologna&regid=08037036&nomecom=Marzabotto&cerca=cerca&&p=1>
- Magnani, F., & Raddi, S. (2021, Luglio). *Afforestation and CO2 fixation: a few reference figures from scientific research*. Tratto da <https://foresta.sisef.org/contents/?id=efor3928-018&lang=en>