



**UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE**

**FACOLTÀ DI INGEGNERIA**

Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Gestionale

***“Gassificazione e studio della composizione dei materiali ai fini  
del recupero energetico”***

***“Gasification and study of the composition of materials for  
the purpose of energy recovery”***

*Relatore: Chiar.<sup>mo</sup>*

**Prof. Francesco Corvaro**

*Tesi di Laurea di:*

**Giuseppe Antonio Falcone**

*Anno Accademico 2021/ 2022*

# Indice

Introduzione .....	4
<b>CAPITOLO 1. La gassificazione .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Definizione.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2 Processo .....</b>	<b>6</b>
<b>CAPITOLO 2. I rifiuti urbani .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1. Cenni generali.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2. Rifiuti differenziati.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.1 RD anno 2017 .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.2 RD anno 2018 .....</b>	<b>9</b>
<b>2.2.3 RD anno 2019 .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2.4. RD anno 2020 .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.5. RD anno 2021 .....</b>	<b>15</b>
<b>2.3 Rifiuti indifferenziati.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3.1 RND anno 2017 .....</b>	<b>17</b>
<b>2.3.2 RND anno 2018 .....</b>	<b>18</b>
<b>2.3.3 RND anno 2019 .....</b>	<b>18</b>
<b>2.3.4 RND anno 2020 .....</b>	<b>19</b>
<b>2.3.5 RND anno 2021 .....</b>	<b>19</b>
<b>2.3.6 Andamento RND periodo 2017 - 2021.....</b>	<b>20</b>
<b>2.4 Sovvallo .....</b>	<b>20</b>
<b>2.5 Rifiuto scartato (RS).....</b>	<b>20</b>
<b>2.5.1 Sovvallo x RUR anno 2017 .....</b>	<b>21</b>
<b>2.5.2 Sovvallo x RUR anno 2018 .....</b>	<b>22</b>
<b>2.5.3 Sovvallo x RUR anno 2019 .....</b>	<b>23</b>
<b>2.5.4 Sovvallo x RUR anno 2020 .....</b>	<b>24</b>
<b>2.5.5 Sovvallo x RUR anno 2021 .....</b>	<b>25</b>
<b>CAPITOLO 3. Analisi della composizione dei rifiuti .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1. Plastica per imballaggio.....</b>	<b>26</b>
<b>3.1.1. Polietilene tereftalato (PETE o PET) .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1.2. Polietilene ad alta densità (HDPE) .....</b>	<b>27</b>
<b>3.1.3. Cloruro di polivinile (PVC) .....</b>	<b>28</b>
<b>3.1.4. Polietilene a bassa densità (LDPE) .....</b>	<b>28</b>

3.1.5. <i>Polipropilene (PP)</i> .....	29
3.1.6. <i>Polistirene o polistirolo (PS)</i> .....	29
3.1.7 <i>Somma plastiche</i> .....	30
3.2 <i>Carta e cartone</i> .....	31
3.3 <i>Tessile</i> .....	31
3.4 <i>Ash dei materiali</i> .....	32
3.4.1 <i>Ash plastiche</i> .....	32
3.4.2 <i>Ash carta</i> .....	32
3.4.3 <i>Ash Tessile</i> .....	33
3.5 <i>Composizione dry</i> .....	33
<b>CAPITOLO 4. Considerazioni conclusive</b> .....	33
<b>Bibliografia</b> .....	34

## Introduzione

Il problema dei rifiuti, dovuto all'aumento esponenziale della popolazione mondiale (3,032 miliardi nel 1960 vs 7,753 miliardi nel 2020) ed all'uso massivo dei combustibili fossili per la produzione ed uso delle plastiche, richiede -unitamente al correlato problema dei cambiamenti climatici in genere- un ripensamento che vada nella direzione della *sostenibilità* sia dei modelli di produzione e dei relativi stili di vita che dei modelli di riciclo che, in questa fase storica, risultano per lo più una soluzione tampone alla produzione enorme dei rifiuti stessi; a mo' d'esempio e per rimanere solo in Italia, basti pensare alla "terra dei fuochi" in Campania nel recente passato e attualmente al dibattito politico che accompagna la proposta dell'inceneritore a Roma.

In altre parole, il problema della gestione/smaltimento dei rifiuti è uno dei problemi con i quali la nostra società è chiamata a fare i conti sempre più ed in funzione della variabile indipendente "crescita demografica" nella cornice dei processi di urbanesimo (spostamento di popolazione verso le città) e di conseguente urbanizzazione (espansione delle città) da cui derivano quelli che possiamo definire in termini generici problemi di convivenza e tra cui trova posto a pieno titolo -per via delle ricadute anche sulla salute pubblica oltre che sulla vivibilità e qualità della vita dei contesti- quello dei rifiuti.

Il D. Lgs 152/2006 suddivide i rifiuti in (a) *rifiuti urbani* che sono quelli provenienti da civili abitazioni, da spazzamento delle strade o pulizia di aree verdi e (b) *rifiuti speciali* che sono, invece, quelli provenienti da attività industriali, agricole, artigianali, commerciali e di servizi al fine di distinguerne sia la natura che il tipo di trattamento possibile.

Per quanto riguarda la componente di rifiuti urbani derivanti dalle plastiche essi sono composti principalmente da: polietilene (PE), polipropilene (PP), polistirene (PS) e cloruro di polivinile (PVC); [si rimanda al capitolo sul riciclo delle stesse]

Attualmente, il metodo più diffuso per gestire questi rifiuti è incenerirli avendo come prodotto energia di recupero o "mandarli" in discarica, generando in entrambi i casi problemi di inquinamento secondario. Per questi motivi, nuove tecnologie di smaltimento sono molto richieste sia dall'industria che dalle autorità di regolamentazione tanto da diventare una sfida tecnologica che ha attirato l'attenzione del mondo accademico al fine di trovare soluzioni adeguate in termini di costi/benefici, ossia per fornire soluzioni più efficienti dal punto di vista energetico, rispettose dell'ambiente ed economiche. Due soluzioni alternative ai metodi attualmente usati per il trattamento dei rifiuti solidi (discarica e incenerimento) sono la pirolisi e la gassificazione;

tratteremo per motivi di spazio solo quest'ultima riservandoci di accennare alla pirolisi per definirne le differenze tra le due.

## **CAPITOLO 1. La gassificazione**

### **1.1. Definizione**

La gassificazione è un processo termochimico che consente di convertire la biomassa direttamente in gas combustibile; è una forma di combustione incompleta in cui un combustibile viene bruciato in un'atmosfera carente di ossigeno, si forma un gas ricco di energia, costituito principalmente da metano, CO e idrogeno, ma il rilascio di calore è ridotto al minimo; così un combustibile ricco di energia (biomassa) viene convertito in un gas ricco di energia.

Esistono due tipi di gassificazione: la gassificazione comune della biomassa che è un processo di ossidazione parziale da parte dell'aria o dell'ossigeno puro e l'HTG che è l'altro tipo di gassificazione che avviene in un ambiente acquoso supercritico.

La maggior parte dei rifiuti solidi combustibili può essere utilizzata come materia prima per il processo di gassificazione e il gas prodotto può essere utilizzato in vari sistemi convenzionali di produzione energetica, come l'energia elettrica, sistemi di generazione, poligenerazione e produzione di combustibili sintetici. Tuttavia, rispetto alla combustione, le tecnologie di gassificazione hanno una bassa affidabilità a lungo termine e alcuni ostacoli alla commercializzazione, compreso il basso valore calorico di gas prodotto rispetto alla produzione di energia e sfide operative come catrame e impurità di polvere nel gas prodotto. [2]

La gassificazione è un processo tecnologico in grado di convertire qualsiasi materia prima a base di carbonio in gas combustibile, noto anche come gas di sintesi (syngas). La stessa avviene in un gassificatore, recipiente ad alta temperatura/pressione in cui ossigeno (o aria) e vapore vengono direttamente a contatto con il carbone o con un altro materiale di alimentazione provocando una serie di reazioni chimiche che convertono l'alimentazione in syngas e cenere/scoria (residui minerali). Il syngas è composto principalmente da gas incolori, inodori e altamente infiammabili: monossido di carbonio (CO) e idrogeno (H<sub>2</sub>). L'anidride carbonica può essere catturata in modo efficiente dal syngas prevenendo l'emissione di gas serra nell'atmosfera e consentendone l'utilizzo come per il recupero avanzato del petrolio o lo stoccaggio sicuro.

## 1.2 Processo

I gassificatori sono impianti che generano energia ed acqua calda grazie all'attività di incenerimento dei rifiuti provenienti dalla raccolta indifferenziata, dotati di un alto potere calorifico, destinata agli impianti TMB (Trattamento Meccanico Biologico) o STIR (Stabilimento di Tritovagliatura ed Imballaggio Rifiuti).

Tali impianti attuano il riscaldamento in condizioni quasi anaerobiche sfruttando la dissociazione molecolare/pirolisi per trasformare il Combustibile Solido Secondario (CSS) in gas: le lunghe catene carboniose vengono scisse in molecole come il monossido di carbonio, l'idrogeno e il metano, che andranno a generare un gas di sintesi chiamato syngas.

Attraverso le centrali di gassificazione è possibile produrre ogni giorno migliaia di metri cubi di gas di sintesi (syngas) grazie al Combustibile Solido Secondario (CSS).

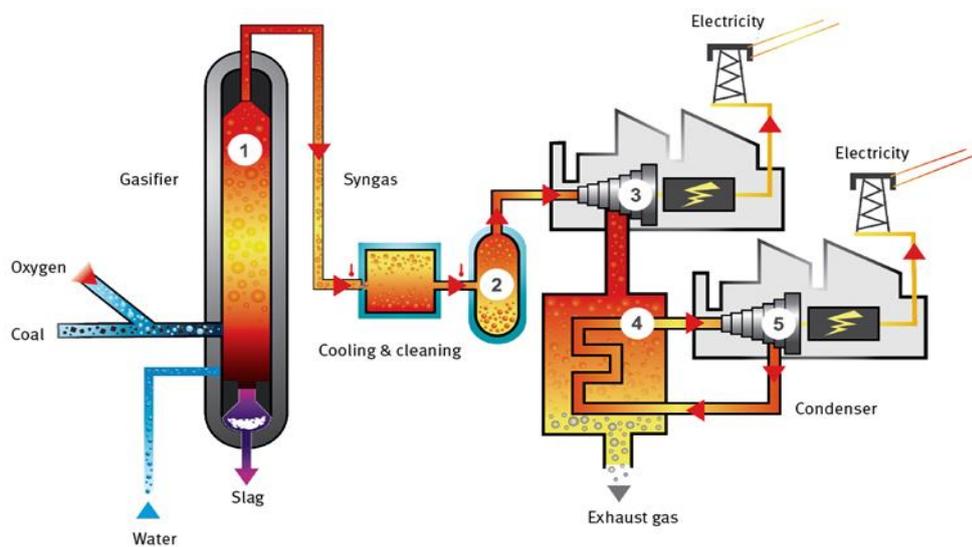


Figura 1: Gasification System with Oxygen Feed (General Schematic of IGCC) [3]

## CAPITOLO 2. I rifiuti urbani

### 2.1. Cenni generali

In Italia ogni persona produce in un anno in media 497 chilogrammi di rifiuti urbani all'anno, il cui 51% viene sottoposto a riciclaggio e compostaggio, i rifiuti urbani indifferenziati rappresentano la parte residuale di un rifiuto che non viene raccolto in maniera differenziata

Con il termine "rifiuto" si fa generale riferimento ai cosiddetti "rifiuti solidi", che provengono da abitazioni o giacenti sulle strade ed aree pubbliche o sulle strade ed aree private, sulle spiagge marittime e lacuali, sulle rive dei corsi d'acqua, o comunque su aree soggette ad uso pubblico; i rifiuti vegetali provenienti da aree verdi, quali giardini, parchi e aree cimiteriali; i rifiuti provenienti da esumazioni ed e tumulazioni, nonché gli altri rifiuti provenienti da attività cimiteriale.

Nei paragrafi seguenti ci sarà uno studio della composizione dei rifiuti urbani negli ultimi cinque anni (2017-2021) della regione Umbria secondo

### 2.2. Rifiuti differenziati

La raccolta differenziata è un processo che costituisce il primo passo del riciclo delle materie prime. Con la raccolta differenziata lo smaltimento dei rifiuti avviene in modo specifico al fine di ridurre le emissioni di gas serra, gli sprechi ed ha come ricambio lo sfruttamento delle materie prime diventando, dunque, risorsa. [4] I rifiuti vengono distinti tra loro in base alla tipologia e alla composizione, semplificando così il processo di riciclo.

Di seguito, l'andamento e analisi della raccolta differenziata nella Regione Umbria nel quinquennio 2017-2021.

#### 2.2.1 RD anno 2017

	Tot RD	Tot RD non P	Tot RD P	DETTAGLIO FRAZIONI CHE ENTRANO NELL'INDICE DI RICICLO						DETTAGLIO FRAZIONI RD P		
				Organica (t)	Carta e Cartone (t)	Vetro (t)	Plastica (t)	Metallo (t)	Legno (t)	RAEE P (t)	Inerti P (t)	Raccolte selettive P (t)
SubAmb 1	37.153	36.711	442	16.923	6.379	4.167	3.782	783	1.407	399	1,3	42
SubAmb 2	126.101	124.919	1.181	54.151	25.182	12.658	9.236	2.943	5.540	1.027	7,8	146
SubAmb 3	43.411	42.909	502	18.198	10.660	4.429	3.410	667	2.399	449	0,2	53
SubAmb 4	72.874	72.039	836	29.244	15.098	7.550	9.439	2.185	3.005	764	-	72
<b>Regione</b>	<b>279.540</b>	<b>276.579</b>	<b>2.961</b>	<b>118.516</b>	<b>57.319</b>	<b>28.805</b>	<b>25.867</b>	<b>6.578</b>	<b>12.351</b>	<b>2.638</b>	<b>9,4</b>	<b>313</b>

Tabella 1: rifiuti urbani Regione Umbria 2017[4]

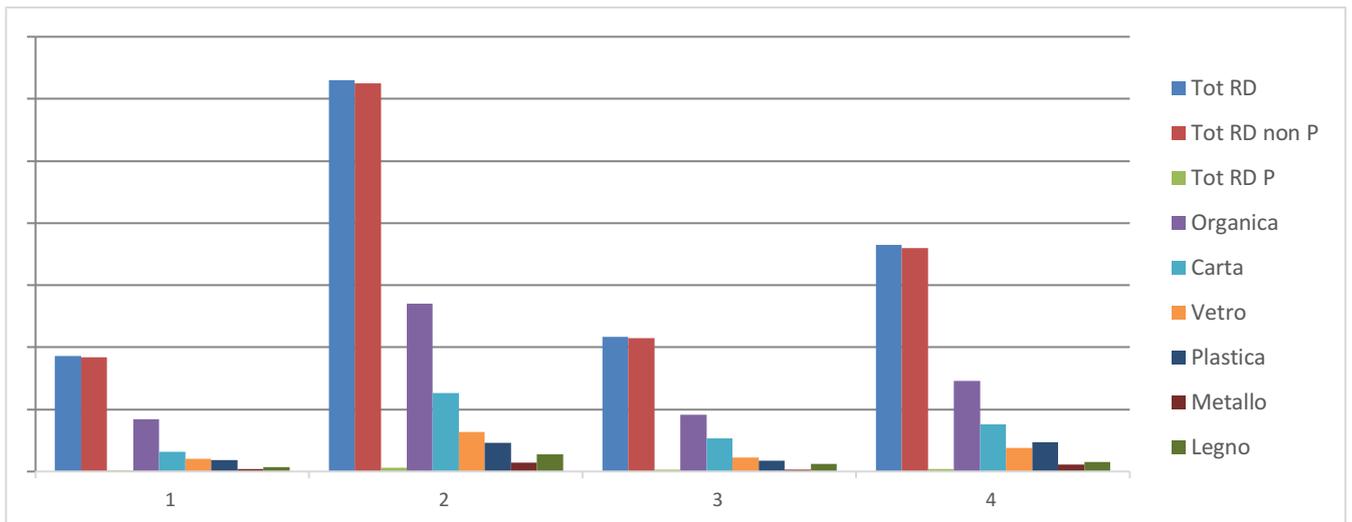


Grafico 1: frazioni rientranti nell'indice di riciclo anno 2017 [4]

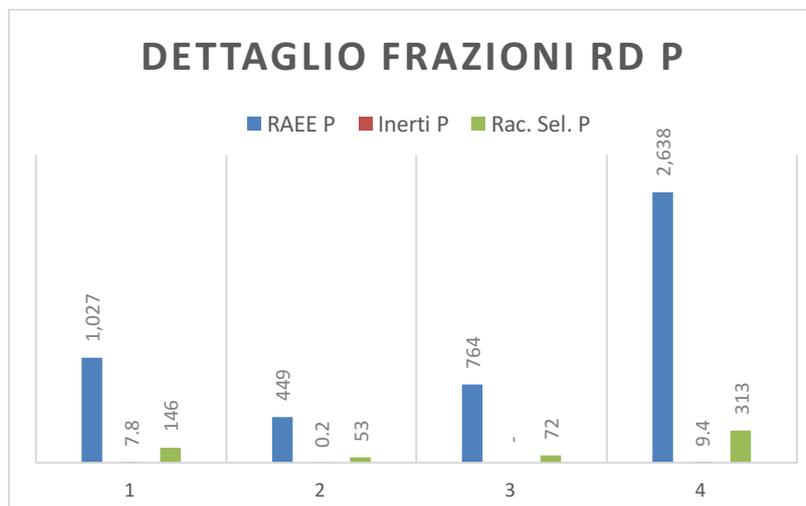


Grafico 2: frazioni rifiuti differenziati pericolosi anno 2017 [4]

La raccolta differenziata nel 2017 è costituita da circa 279,5 mila tonnellate di rifiuti con la seguente composizione merceologica:

- il **42%** (quasi 119 mila t) è costituito dalle **frazioni umide** (frazione organica), con una oscillazione tra l'area del sub-ambito 1 in cui raggiunge il 46% e quella del sub-ambito 4 in cui scende al 40%; - - il **46%** è costituito dalle principali **frazioni secche** che vengono considerate nel calcolo dell'indice di riciclo:

- (a) frazione cellulosa (più di 57 mila t), il 21% della raccolta differenziata totale, percentuale che sale nell'area del sub-ambito 3 al 25% e scende nell'area del sub-ambito 1 al 17%;
- (b) vetro (quasi 29 mila t), il 10% della raccolta differenziata totale;
- (c) plastica (quasi 26 mila t), il 9% della raccolta differenziata totale, percentuale che arriva al 13% nell'area del sub-ambito 4;

(d) legno (più di 12 mila t), il 4% della raccolta differenziata totale, percentuale che sale a 6% nell'area del sub-ambito 3;

(e) metallo (più di 6 mila t), il 2% della raccolta differenziata totale.

- il **7%** (più di 20 mila t) è costituito da **inerti**, la percentuale sale al 10% nell'area del sub-ambito 2.

- il **2%** (4,5 mila t) è costituito da **RAEE**, di questi il 58% (2,6 mila t) è costituito da rifiuti pericolosi.

- meno dell'**1%** è costituito da **rifiuti tessili**.

- trascurabile in peso le raccolte selettive di **rifiuti pericolosi e non pericolosi**, raccolte importanti sotto il profilo ambientale.

- nella RD 2017, infine, sono comprese anche poco più di 2 mila tonnellate di **fanghi** derivanti dalle operazioni di selezione dello spazzamento stradale

## 2.2.2 RD anno 2018

	Tot RD (t)	Tot RD non P (t)	Tot RD P (t)	DETTAGLIO FRAZIONI CHE ENTRANO NELL'INDICE DI RICICLO						Altro RD non P (t)	DETTAGLIO FRAZIONI RD P	
				Organica (t)	Carta e Cartone (t)	Vetro (t)	Plastica (t)	Metallo (t)	Legno (t)		RAEE P (t)	Raccolte selettive P (t)
Regione	291.997	289.214	2.782	124.032	58.921	30.518	27.212	7.196	13.453	27.882	2.465	317
Sub-ambito 1	39.006	38.593	413	17.808	6.582	4.474	3.842	809	1.559	3.519	369	44
Sub-ambito 2	131.592	130.521	1.071	56.259	26.266	13.565	9.922	3.344	5.713	15.453	944	127
Sub-ambito 3	45.789	45.288	501	18.773	11.430	4.668	3.716	679	2.848	3.173	447	54
Sub-ambito 4	75.610	74.812	798	31.193	14.643	7.812	9.732	2.363	3.332	5.737	705	92

Tabella 2: rifiuti urbani Regione Umbria 2018 [4]

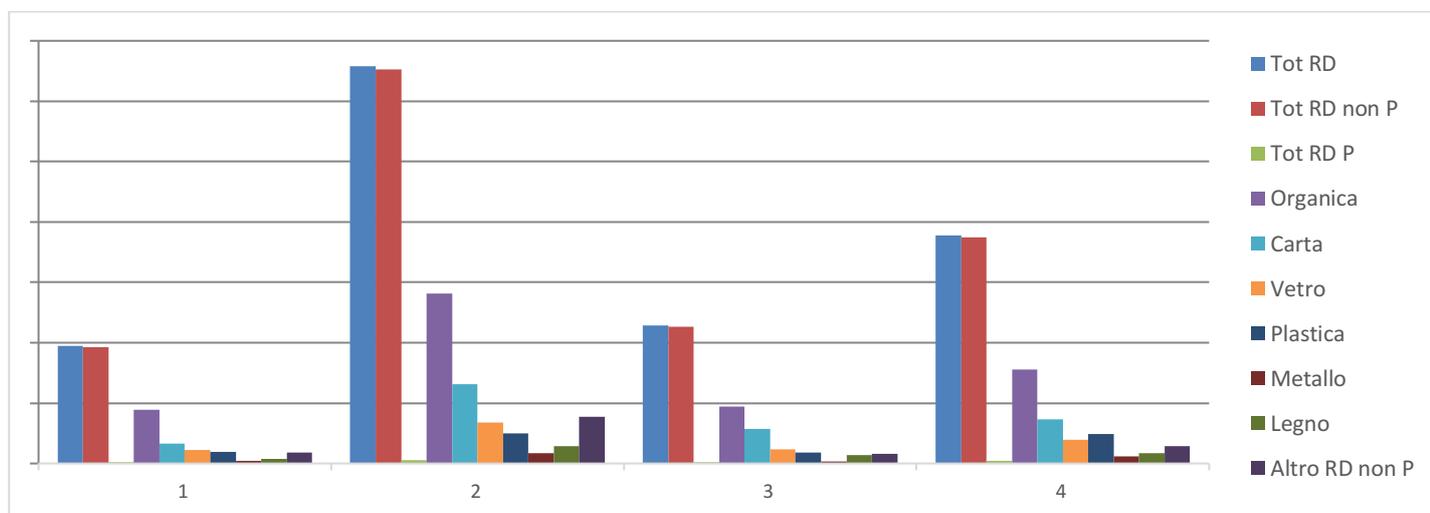


Grafico 3: frazioni rientranti nell'indice di riciclo anno 2018 [4]

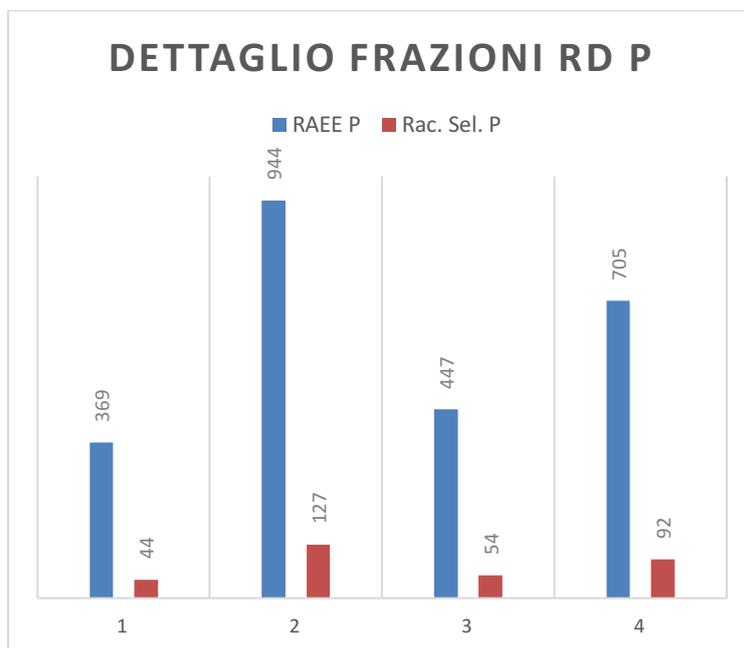


Grafico 4: frazioni rifiuti differenziati pericolosi anno 2018 [4]

Per quanto riguarda il 2018, la raccolta differenziata presenta la seguente composizione merceologica:

- il **42%** (circa 124 mila t) è costituito dalle **frazioni umide** (frazione organica), la percentuale sale a 46% nell'area del sub-ambito 1;
- il **47%** è costituito dalle principali **frazioni secche** che vengono considerate nel calcolo dell'indice di riciclo:
  - (a) frazione cellulosa (quasi 59 mila t), il 20% della raccolta differenziata totale, percentuale che sale nell'area del sub-ambito 3 a 25% e scende nell'area del sub-ambito 1 a 17%;
  - (b) vetro (quasi 31 mila t), l'11% della raccolta differenziata totale;
  - (c) plastica (più di 27 mila t), il 9% della raccolta differenziata totale, con il 13% nell'area del sub-ambito 4;
  - (d) legno (più di 13 mila t), il 5% della raccolta differenziata totale, percentuale che sale a 6% nell'area del sub-ambito 3;
  - (e) metallo (più di 7 mila t), il 2% della raccolta differenziata totale.
- l'**8%** (quasi 22 mila t) è costituito da **inerti**, sale al 10% nell'area del sub-ambito 2.
- il **2%** (4,5 mila t) è costituito da **RAEE**, di questi il 55% (2,5 mila t) è costituito da rifiuti pericolosi.
- meno dell'**1%** (quasi 3 mila t) è costituita da **rifiuti tessili**.

- **trascurabile** in peso le raccolte selettive di **rifiuti pericolosi e non pericolosi**, raccolte importanti sotto il profilo ambientale.

### 2.2.3 RD anno 2019

Regione - Sub-ambiti	Raccolta Differenziata a 2019 (t)	Organica (t)	Carta (t)	Vetro (t)	Plastica (t)	Metallo (t)	Legno (t)	Tessili (t)	RAEE non P (t)	Inerti (t)	Raccolte selettive non P (t)	Fanghi da spazza. stradale (t)	Tot RD non P (t)	RAEE P (t)	Raccolte selettive P (t)	Tot RD P (t)
Regione	300.331	127194	59085,86	32479,79	30009,96	6845,31	13359,20	3479,25	2413,67	19224,62	415,61	2104,73	296612,31	3377,42	341,57	3718,99
Sub-ambito 1	42.426	19440,6	6755,64	5127,81	4348,78	829,00	1638,83	695,59	263,36	2396,87	102,22	258,75	41857,45	524,35	44,16	568,51
Sub-ambito 2	137.234	58641,3	26711,08	14228,16	12025,75	3061,90	5547,56	1666,20	1102,37	11145,28	189,20	1072,80	135391,63	1695,03	147,80	1842,83
Sub-ambito 3	48.335	19496,4	12128,15	5060,89	4127,91	727,27	2955,14	372,20	422,85	2241,34	34,07	210,11	47776,28	494,00	64,69	558,69
Sub-ambito 4	72.336	29616	13490,99	8062,93	9507,53	2227,15	3217,68	745,26	625,09	3441,13	90,12	563,08	71586,95	664,05	84,92	748,96

Tabella 3: rifiuti urbani Regione Umbria 2019 [4]

Nell'anno 2019, la raccolta differenziata presenta la seguente composizione merceologica:

- il **42,88%** (circa 127 mila t) è costituito dalle **frazioni umide** (frazione organica), la percentuale sale a 46% nell'area del sub-ambito 1;

- il **47%** è costituito dalle principali **frazioni secche** che vengono considerate nel calcolo dell'indice di riciclo:

(a) frazione cellulosa (quasi 59 mila t), il 20% della raccolta differenziata totale, percentuale che sale nell'area del sub-ambito 3 a 25% e scende nell'area del sub-ambito 1 a 16%;

(b) vetro (quasi 33 mila t), l'10,5% della raccolta differenziata totale;

(c) plastica (più di 30 mila t), il 10% della raccolta differenziata totale, con il 13% nell'area del sub-ambito 4;

(d) metallo (circa 7 mila t), il 2,3% della raccolta differenziata totale;

(e) legno (più di 13 mila t), il 5% della raccolta differenziata totale, percentuale che sale a 6% nell'area del sub-ambito 3.

(f) l'**8%** (quasi 22 mila t) è costituito da inerti, sale al 10% nell'area del sub-ambito 2;

(g) tessili (circa 3,5 mila t) corrispondente all'1,2%;

(h) lo 0,81% (2,5 mila t) è costituito da **RAEE**;

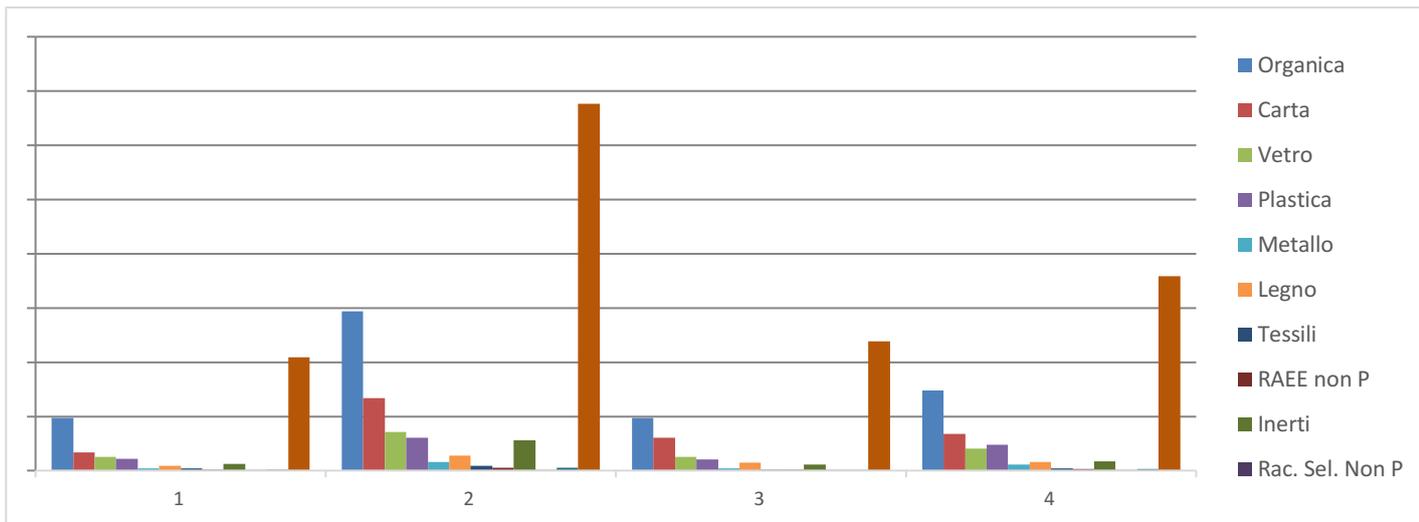


Grafico 5: frazioni rientranti nell'indice di riciclo anno 2019 [4]

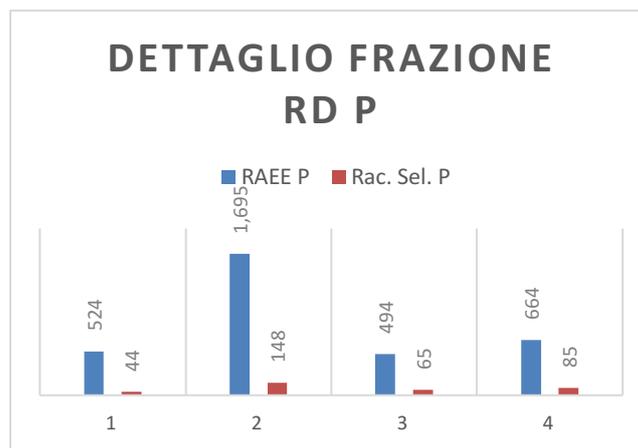


Grafico 6: frazioni rifiuti differenziati pericolosi anno 2019 [4]

Nel grafico viene mostrata la composizione media a scala regionale stimata sui dati anno 2019 a confronto con quella stimata per l'anno precedente sulla base delle 84 analisi merceologiche effettuate nel 2018. Il confronto non evidenzia significative differenze: più del 50% del RUR è costituito da rifiuti organici (31%), plastica e carta, significativa è l'incidenza dei tessili e dei tessili sanitari (pannolini).

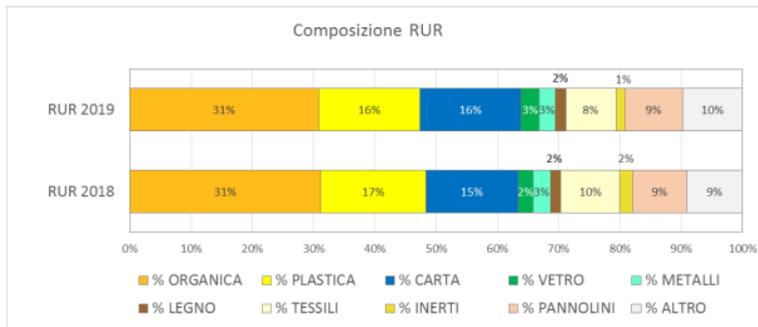


Gráfico 7: composizione media stimata anno 2019 [4]

### 2.2.4. RD anno 2020

Regione - Sub-ambiti	Raccolta Differenziata 2020 (t)	Organica (t)	Carta (t)	Vetro (t)	Plastica (t)	Metallo (t)	Legno (t)	Tessili (t)	RAEE non P (t)	Inerti (t)	Raccolte selettive non P (t)	Fanghi da spazza. stradale (t)	Tot RD non P (t)	RAEE P (t)	Raccolte selettive P (t)	Tot RD P (t)
Regione	290835,6	124.399	56.740	31.383	31.114	6.948	12.042	3.186	2.458	16.650	428	2.749	288.096	2.387	353	2.740
Sub-ambito 1	42593,65	19.726	6.797	5.060	4.633	869	1.629	734	309	2.016	111	254	42.139	399	56	455
Sub-ambito 2	130177,6	55.597	25.471	13.190	12.606	3.139	4.929	1.565	1.087	9.469	188	1.843	129.086	941	151	1.092
Sub-ambito 3	48676,92	20.080	11.713	5.244	4.428	694	2.846	316	476	2.119	41	177	48.133	474	71	544
Sub-ambito 4	69387,41	28.996	12.760	7.889	9.447	2.246	2.639	571	585	3.046	87	474	68.739	573	76	649

Tabella 4: rifiuti urbani Regione Umbria 2020 [4]

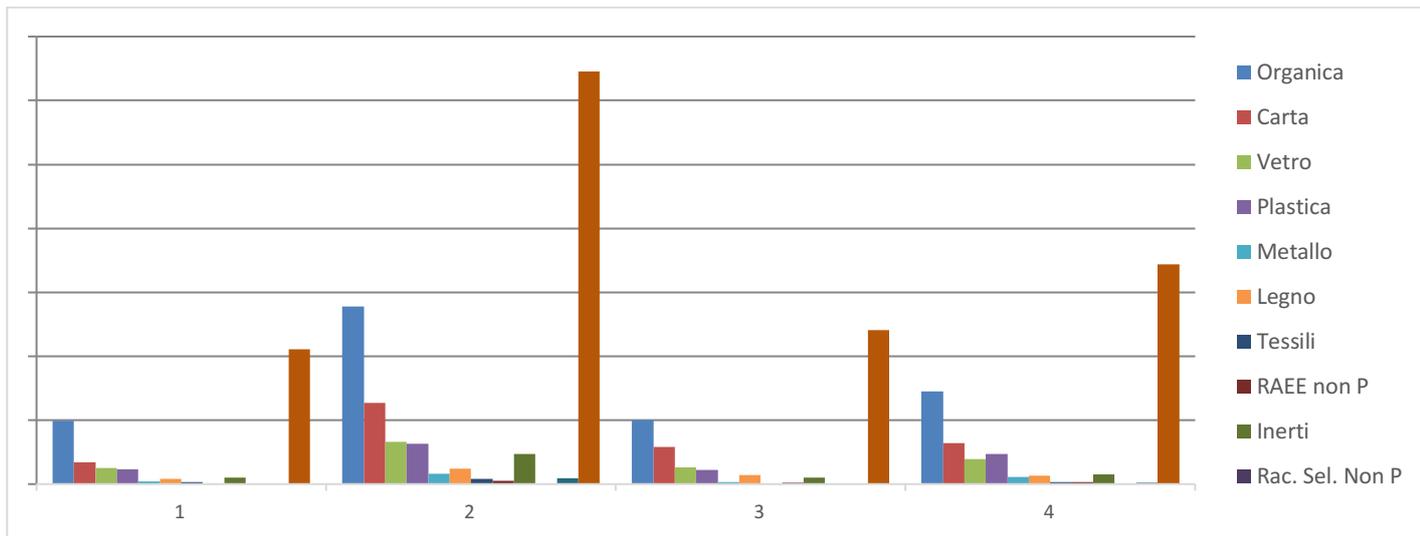


Gráfico 8: frazioni rientranti nell'indice di riciclo anno 2020

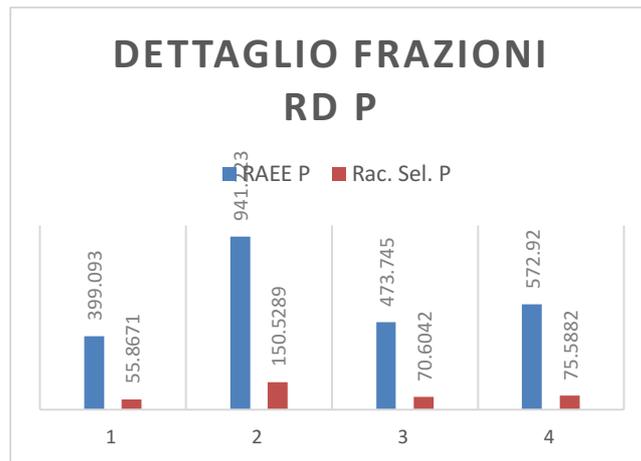


Grafico 9: frazioni rifiuti differenziati pericolosi anno 2020 [4]

La composizione merceologica della raccolta differenziata per il 2020 è la seguente:

- il **43,18%** (circa 124 mila t) è costituito dalle **frazioni umide** (frazione organica), la percentuale sale a 46% nell'area del sub-ambito 1;
- il **47%** è costituito dalle principali **frazioni secche** che vengono considerate nel calcolo dell'indice di riciclo:
  - (a) frazione cellulosa (quasi 57 mila t), il 20% circa della raccolta differenziata totale, percentuale che sale nell'area del sub-ambito 3 a 24% e scende nell'area del sub-ambito 1 a 16%;
  - (b) vetro (quasi 31 mila t), l'10,9% della raccolta differenziata totale;
  - (c) plastica (più di 31 mila t), il 10,5% della raccolta differenziata totale, con il 14% circa nell'area del sub-ambito 4;
  - (d) metallo (circa 7 mila t), il 2,4% della raccolta differenziata totale;
  - (e) legno (più di 12 mila t), il 4,2% della raccolta differenziata totale, percentuale che sale a 6% nell'area del sub-ambito 3.
  - (f) il 6% (quasi 17 mila t) è costituito da inerti, sale al 7% nell'area del sub-ambito 2;
  - (g) tessili (circa 3,2 mila t) corrispondente all'1,1%;
  - (h) lo 0,81% (2,5 mila t) è costituito da **RAEE**;

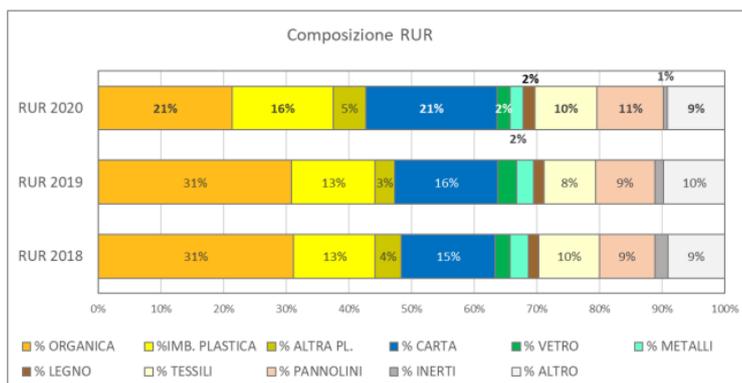


Grafico 10: composizione media stimata anno 2020 [4]

Il RUR nel 2020 è costituito per il 63% da frazione organica (21%) comprensivo di un modesto quantitativo di compostabili, carta (21%) e plastiche distinte tra imballaggi in plastica (16%) e “altra plastica” (5%). Significativa è l’incidenza dei tessili e dei tessili sanitari (pannolini).

### 2.2.5. RD anno 2021

Regione - Sub-ambiti	Raccolta Differenziata 2021 (t)	Organica (t)	Carta (t)	Vetro (t)	Plastica (t)	Metallo (t)	Legno (t)	Tessili (t)	RAEE non P (t)	Inerti (t)	Raccolte selettive non P (t)	Fanghi da spazzastradale (t)	Tot RD non P (t)	RAEEP (t)	Raccolte selettive P (t)	Tot RD P (t)
Regione	298112,998	123511,373	58119,8999	32225,846	33302,9129	6269,5153	13735,93	3498,68	2343,97	17849,022	487,1787	3740,8181	295085,1	2641,818	386,034	3027,85
Sub-ambito 1	43594,8997	19343,8737	6965,89466	5572,1787	4800,84399	819,83962	1954,8904	735,93	297,335	2175,6502	119,6035	325,64724	43111,69	420,653	62,5598	483,213
Sub-ambito 2	133296,972	54934,309	26079,404	13207,668	13993,4715	2660,714	5319,7795	1669,24	941,13	10454,167	224,8765	2601,2073	132086	1032,606	178,4	1211,01
Sub-ambito 3	48876,8363	19359,8007	12122,4412	5494,09	4529,12912	730,66051	3356,3762	265,95	480,36	1784,1606	43,1007	132,51072	48298,58	522,23	56,0266	578,257
Sub-ambito 4	72344,2893	29873,39	12952,16	7951,91	9979,46828	2058,3012	3104,8837	827,56	625,145	3435,0446	99,598	681,45277	71588,91	666,329	89,0467	755,376

Tabella 5: rifiuti urbani Regione Umbria 2021 [4]

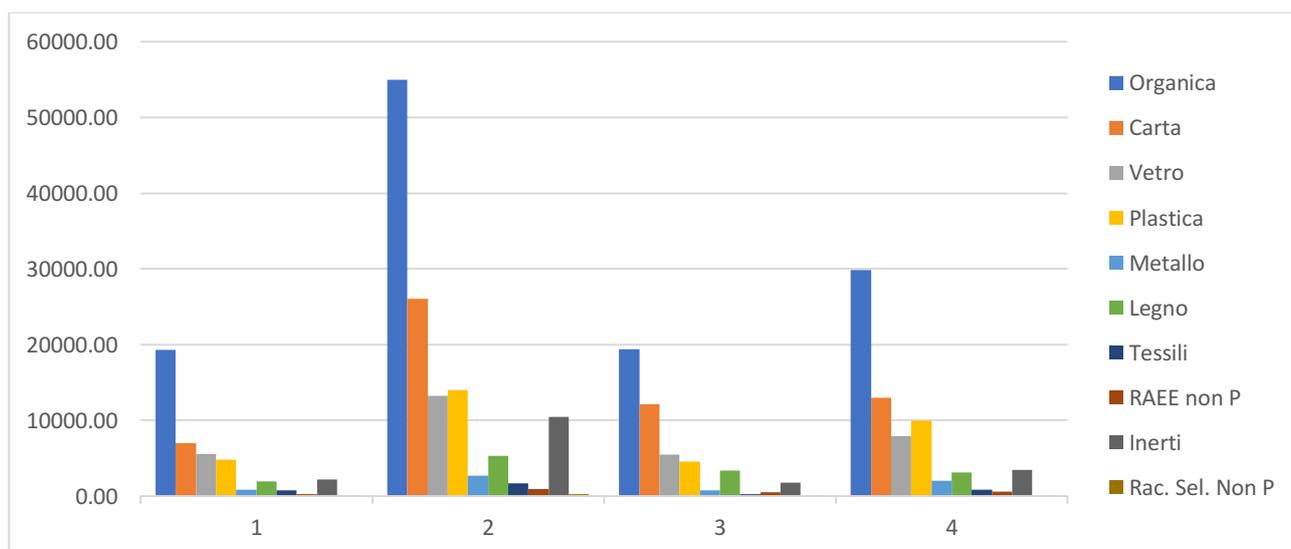


Grafico 11: frazioni rientranti nell’indice di riciclo anno 2021 [4]

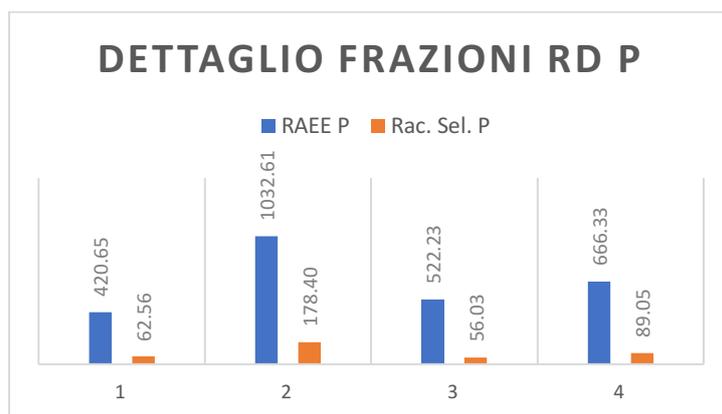


Grafico 12: frazioni rifiuti differenziati pericolosi anno 2021 [4]

Il RUR nel 2021 è costituito per il 68% dalla somma di frazione organica (24%), carta (25%) e plastiche distinte tra imballaggi in plastica (16%) e “altra plastica” (3%). Significativa è l’incidenza dei tessili e dei prodotti assorbenti per la persona (PAP).

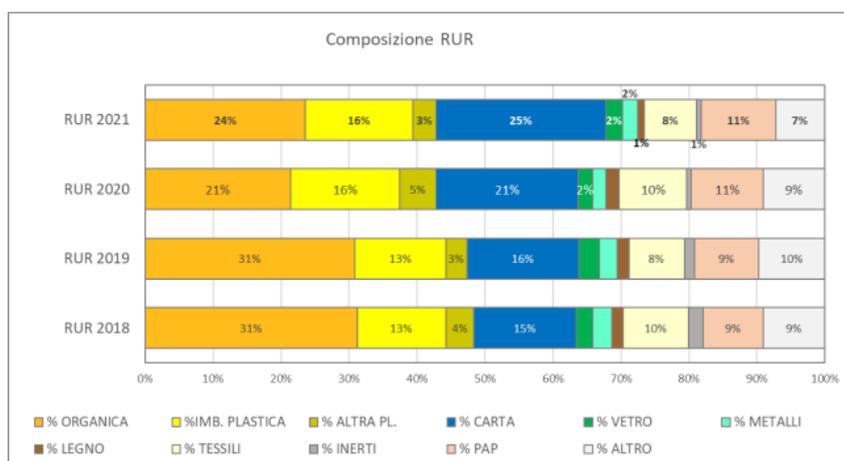


Grafico 13: composizione media stimata anno 2021 [4]

Nell’anno 2021, la raccolta differenziata presenta la seguente composizione merceologica:

- il **41,86%** (circa 123 mila t) è costituito dalle **frazioni umide** (frazione organica), la percentuale sale a 45% nell’area del sub-ambito 1;

- il **48% circa** è costituito dalle principali **frazioni secche** che vengono considerate nel calcolo dell’indice di riciclo:

- (a) frazione cellulosica (quasi 58 mila t), il 20% circa della raccolta differenziata totale, percentuale che sale nell’area del sub-ambito 3 a 25% e scende nell’area del sub-ambito 1 a 16%;

- (b) vetro (quasi 32 mila t), l’10,9% della raccolta differenziata totale;

- (c) plastica (più di 33 mila t), il 12% circa della raccolta differenziata totale;

- (d) metallo (circa 6,2 mila t), il 2,1% della raccolta differenziata totale;

(e) legno (più di 14 mila t circa), il 4,6% della raccolta differenziata totale, percentuale che sale a 7% nell'area del sub-ambito 3.

(f) il 6% (quasi 17 mila t) è costituito da inerti, sale al 8% nell'area del sub-ambito 2;

(g) tessili (circa 3,5 mila t) corrispondente all'1,2% del totale con lo 0,5 nella sub-area 3;

(h) lo 0,79% (2,4 mila t) è costituito da **RAEE**;

## 2.3 Rifiuti indifferenziati

Sono considerati indifferenziati i rifiuti aventi le seguenti caratteristiche:

- a) non possono essere inclusi in una categoria di differenziazione,
- b) non possono essere riciclati e, quindi,
- c) risulta molto più difficile smaltirli.

Di seguito l'analisi dell'andamento dei rifiuti indifferenziati nella regione Umbria nel quinquennio 2017-2021.

### 2.3.1 RND anno 2017

	Totale RND (t)	DETTAGLIO RND		
		Rifiuto indifferenziato (t)	Ingombranti a smaltimento (t)	Rifiuti cimiteriali (t)
SubAmb 1	27.410	26.659	750	1,7
SubAmb 2	73.983	69.732	4.244	6,8
SubAmb 3	41.922	41.520	403	-
SubAmb 4	29.391	28.448	942	0,5
<b>Regione</b>	172.706	166.358	6.339	8,9

Tabella 6: rifiuti non differenziati anno 2017 [4]

Nell'anno in questione (2017) in Umbria sono state raccolte circa 172,7 mila tonnellate di rifiuti non differenziati così classificati (vedi tabella 6):

- **Rifiuto Urbano Residuo (RUR)** pari al 96% del totale (circa 166,4 mila t);
- **Rifiuti ingombranti** avviati a **smaltimento** e scarti delle operazioni di selezione-cernita degli ingombranti avviati a recupero, per un quantitativo totale pari al 4%.

- **Rifiuti cimiteriali** per un quantitativo non significativo stiticamente non significativo.

### 2.3.2 RND anno 2018

	Totale RND (t)	DETTAGLIO RND		
		Rifiuto indifferenziato (t)	Ingombranti a smaltimento (t)	Rifiuti cimiteriali (t)
<b>Regione</b>	168.526	162.350	6.163	13,3
Sub-ambito 1	27.199	26.414	781	3,8
Sub-ambito 2	71.185	67.321	3.856	8,6
Sub-ambito 3	41.570	41.004	566	-
Sub-ambito 4	28.572	27.610	961	0,9

Tabella 7: rifiuti non differenziati anno 2018 [4]

La quantità di rifiuti non differenziati raccolti nel 2018 in Umbria sono state 168,5 mila tonnellate circa così costituiti:

- **Rifiuto Urbano Residuo (RUR)** per un quantitativo totale pari al 96%.
- **Rifiuti ingombranti avviati a smaltimento** e scarti delle operazioni di selezione-cernita degli ingombranti avviati a recupero, per un quantitativo totale pari al 4%;
- **Rifiuti cimiteriali** per un quantitativo statisticamente non significativo.

### 2.3.3 RND anno 2019

Regione - Sub-ambiti	Popolazione residente 2019	Raccolta Non Differenziata 2019 (t)	Raccolta Non Differenziata pro capite 2019 (kg/ab res)	RUR (t)	Ingombranti a smaltimento (t)	Rifiuti cimiteriali (t)
Regione	884.066	154.148	174	147.929	6.205	14
Sub-ambito 1	130.117	25.280	194	24.511	766	3,2
Sub-ambito 2	371.374	62.425	168	58.608	3.809	8,3
Sub-ambito 3	157.913	38.893	246	38.234	659	-
Sub-ambito 4	224.662	27.550	123	26.576	971	2,4

Tabella 8: rifiuti non differenziati anno 2019 [4]

Per quanto riguarda l'anno 2019, in Umbria sono state raccolte 154,1 mila tonnellate di rifiuti non differenziati (di seguito RND) così costituiti:

- **Rifiuto Urbano Residuo (RUR)** per un quantitativo totale pari al 96% (148 mila tonnellate);
- **Rifiuti ingombranti avviati a smaltimento** e scarti delle operazioni di selezione-cernita degli ingombranti avviati a recupero, per un quantitativo totale pari al 4%;

– **Rifiuti cimiteriali** per un quantitativo non significativo;

### 2.3.4 RND anno 2020

Regione - Sub-ambiti	Popolazione residente 2020	Raccolta Non Differenziata 2020 (t)	Raccolta Non Differenziata pro capite 2020 (kg/ab res)	RUR (t)	Ingombranti a smaltimento (t)	Rifiuti cimiteriali (t)
Regione	870.165	148.214	170	141.547	6.656	11
Sub-ambito 1	128.380	23.049	180	22.219	827	2,5
Sub-ambito 2	365.892	58.637	160	55.126	3.505	5,9
Sub-ambito 3	154.640	38.919	252	37.856	1.062	1,4
Sub-ambito 4	221.253	27.609	125	26.346	1.262	1,3

Tabella 9: rifiuti non differenziati anno 2020 [4]

Nel 2020 la raccolta corrispondente ai rifiuti non differenziati è stata di 148,2 mila tonnellate di cui:

- **Rifiuto Urbano Residuo (RUR)** per un quantitativo totale pari al 96%, 141,5 mila tonnellate di cui 501 t raccolte presso le utenze Covid-19;
- **Rifiuti ingombranti avviati a smaltimento** e scarti delle operazioni di selezione-cernita degli ingombranti avviati a recupero, per un quantitativo totale pari al 4% corrispondenti a (6,7 mila tonnellate);
- **Rifiuti cimiteriali** per un quantitativo non significativo (11 t).

### 2.3.5 RND anno 2021

Regione - Sub-ambiti	Popolazione residente 2021	Raccolta Non Differenziata 2021 (t)	Raccolta Non Differenziata pro capite 2021 (kg/ab res)	RUR (t)	Ingombranti a smaltimento (t)	Rifiuti cimiteriali (t)
Regione	865.452	147.224,4	170,1	139.752,6	7.422,7	49,2
Sub-ambito 1	127.460	22.349,7	175,3	21.415,1	931,7	3,0
Sub-ambito 2	366.500	59.054,4	161,1	55.084,9	3.962,9	6,7
Sub-ambito 3	153.703	39.489,7	256,9	38.316,5	1.173,3	-
Sub-ambito 4	217.789	26.330,5	120,9	24.936,2	1.354,8	39,6

Tabella 10: rifiuti non differenziati anno 2021 [4]

Le tonnellate raccolte nel 2021 in Umbria sono state 147.224 e così distribuite:

- **Rifiuto Urbano Residuo (RUR)**, 139.753 t corrispondenti al 95% del totale, di cui 719,6 t raccolte presso le utenze Covid-19;

- **Scarti delle operazioni di cernita/selezione degli ingombranti** avviati a recupero, per 7.423 t corrispondenti al 5%;

- **Rifiuti cimiteriali** per un quantitativo non significativo (49,2 t);

### 2.3.6 Andamento RND periodo 2017 - 2021

2017	2018	2019	2020	2021
166358,1	162349,574	147.929	141547,186	139752,586

Tabella 11: rifiuti non differenziati (t) periodo 2017-2021 [4]

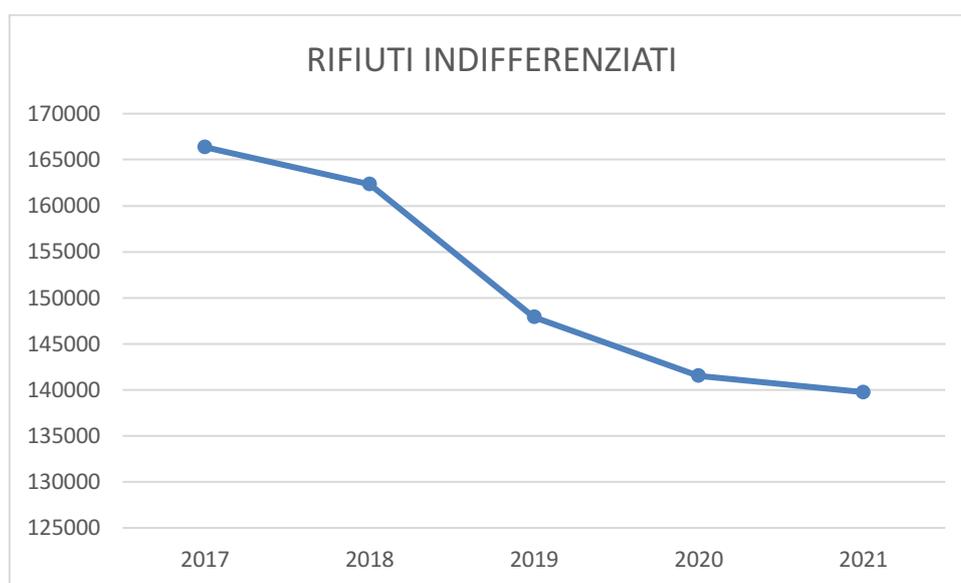


Grafico 14: curva rifiuti non differenziati periodo 2017-2021 [4]

L'andamento della RND (vedi anche 4. CONCLUSIONI) relativa al periodo 2017-2021 è caratterizzata da un trend verso il basso che vede la stessa passare dalle 170.000 t del 2017 alle 140.000 del 2021.

## 2.4 Sovvallo

È definito sovrvallo il materiale di scarto originato dal trattamento dei rifiuti che, a seconda dei casi, può essere soggetto a una fase di ulteriore raffinazione oppure indirizzato ai processi di smaltimento in discarica. Dopo lo scarico, in un'area possono essere presenti contemporaneamente più scarichi derivanti da più produttori. I sovralli sono il risultato della cernita di rifiuti misti che poi saranno stoccati in apposite aree a seconda della collocazione che si intenderà dargli (discarica o recupero).

## 2.5 Rifiuto scartato (RS)

La quantità di rifiuto scartato senza essere riciclato è data dalla moltiplicazione tra sovrvallo e RUR.

Nei paragrafi successivi proponiamo un'analisi delle quantità di materiale scartato negli ultimi cinque anni sulla base dei dati sui rifiuti indifferenziati sopra citati.

### 2.5.1 Sovvallo x RUR anno 2017

	2017	
166358,1		
organico	0,00%	0
plastiche imballaggio	42,36%	70473,5
plastica giocattoli e altro	2,89%	4804,86
verde	0,00%	0
vetro	2,61%	4348,57
alluminio	1,08%	1797,95
ferro	0,07%	111,95
legno	0,12%	194,172
carta e cartone	26,63%	44304,1
raee (apparecchi elettronici)	0,00%	0
cuoio e gomma	4,35%	7243,54
stracci	12,72%	21167,2
pannolini	5,07%	8436,15
tetrapack	0,52%	864,48
cialde	0,01%	24,6456
pericolosi	0,03%	55,9751
inerti	0,00%	0
sottovaglio 20mm	0,38%	628,464
ingombranti	0,00%	0
plastica biodegradabile	0,78%	1299,96
altro	0,24%	406,653

Tabella 12: sovrvallo x RUR anno 2017 [4]

Dalla tabella 12 risulta un totale di 166,4 mila tonnellate di rifiuti indifferenziati le cui tre componenti prevalentemente presenti sono:

- 70,5 mila tonnellate di plastiche da imballaggio,
- 44,3 mila tonnellate di carta e cartone;
- 21,2 mila tonnellate di stracci.

## 2.5.2 Sovvallo x RUR anno 2018

	2018	
<b>162349,574</b>		
organico	0,00%	0
plastiche imballaggio	42,36%	68775,4
plastica giocattoli e altro	2,89%	4689,09
verde	0,00%	0
vetro	2,61%	4243,79
alluminio	1,08%	1754,63
ferro	0,07%	109,253
legno	0,12%	189,493
carta e cartone	26,63%	43236,6
raee (apparecchi elettronici)	0,00%	0
cuoio e gomma	4,35%	7069
stracci	12,72%	20657,2
pannolini	5,07%	8232,87
tetrapack	0,52%	843,65
cialde	0,01%	24,0518
pericolosi	0,03%	54,6264
inerti	0,00%	0
sottovaglio 20mm	0,38%	613,321
ingombranti	0,00%	0
plastica biodegradabile	0,78%	1268,63
altro	0,24%	396,855

Tabella 13: sovrvallo x RUR anno 2018 [4]

Per quanto riguarda il 2018 possiamo notare che i rifiuti di cui sopra sono presenti nelle seguenti quantità:

- 68,8 mila tonnellate di plastiche da imballaggio;
- 43,2 mila tonnellate di carta e cartone e
- 20,7 mila tonnellate di stracci.

Da evidenziare il fatto che vi sia stato un leggero calo rispetto all'anno precedente in un quadro di una lieve e generale diminuzione.

### 2.5.3 Sovvallo x RUR anno 2019

	2019	
147928,597		
organico	0,00%	0
plastiche imballaggio	42,36%	62666,3
plastica giocattoli e altro	2,89%	4272,57
verde	0,00%	0
vetro	2,61%	3866,83
alluminio	1,08%	1598,77
ferro	0,07%	99,5482
legno	0,12%	172,661
carta e cartone	26,63%	39396
raee (apparecchi elettronici)	0,00%	0
cuoio e gomma	4,35%	6441,08
stracci	12,72%	18822,3
pannolini	5,07%	7501,57
tetrapack	0,52%	768,711
cialde	0,01%	21,9153
pericolosi	0,03%	49,7741
inerti	0,00%	0
sottovaglio 20mm	0,38%	558,841
ingombranti	0,00%	0
plastica biodegradabile	0,78%	1155,95
altro	0,24%	361,603

Tabella 14: sovrvallo x RUR anno 2019 [4]

Per quest'anno, il totale è di 147,9 mila tonnellate di rifiuti indifferenziati che hanno la seguente distribuzione:

- 62,7 mila tonnellate di plastiche da imballaggio;
- 39,4 mila tonnellate di carta e cartone e
- 18,8 mila tonnellate di stracci.

Nel quadro di una conferma del trend discendente è presente una ulteriore diminuzione.

## 2.5.4 Sovvallo x RUR anno 2020

	2020	
<b>141547,186</b>		
organico	0,00%	0
plastiche imballaggio	42,36%	59962,9
plastica giocattoli e altro	2,89%	4088,26
verde	0,00%	0
vetro	2,61%	3700,02
alluminio	1,08%	1529,8
ferro	0,07%	95,2538
legno	0,12%	165,212
carta e cartone	26,63%	37696,5
raee (apparecchi elettronici)	0,00%	0
cuoio e gomma	4,35%	6163,23
stracci	12,72%	18010,3
pannolini	5,07%	7177,97
tetrapack	0,52%	735,55
cialde	0,01%	20,97
pericolosi	0,03%	47,6269
inerti	0,00%	0
sottovaglio 20mm	0,38%	534,734
ingombranti	0,00%	0
plastica biodegradabile	0,78%	1106,08
altro	0,00244	

Tabella 15: sovrvallo x RUR anno 2020 [4]

Dalla tabella del 2020 possiamo rilevare un totale di 141,5 mila tonnellate di rifiuti indifferenziati che evidenziano che i rifiuti maggiormente presenti sono:

- 59,9 mila tonnellate di plastiche da imballaggio,
- 37,7 mila tonnellate di carta e cartone e
- 18 mila tonnellate di stracci.

Da notare la persistenza del trend di cui sopra, sebbene detta diminuzione sia inferiore rispetto al 2019.

### 2.5.5 Sovvallo x RUR anno 2021

	2021	
<b>139752,586</b>		
organico	0,00%	0
plastiche imballaggio	42,36%	59202,7
plastica giocattoli e altro	2,89%	4036,43
verde	0,00%	0
vetro	2,61%	3653,11
alluminio	1,08%	1510,41
ferro	0,07%	94,0462
legno	0,12%	163,118
carta e cartone	26,63%	37218,6
raee (apparecchi elettronici)	0,00%	0
cuoio e gomma	4,35%	6085,09
stracci	12,72%	17782
pannolini	5,07%	7086,96
tetrapack	0,52%	726,224
cialde	0,01%	20,7041
pericolosi	0,03%	47,0231
inerti	0,00%	0
sottovaglio 20mm	0,38%	527,954
ingombranti	0,00%	0
plastica biodegradabile	0,78%	1092,06
altro	0,24%	341,617

Tabella 16: sovravallo x RUR anno 2021 [4]

I rifiuti indifferenziati prodotti nel 2021 sono stati 139,8 mila tonnellate così distribuiti per le componenti principali già evidenziate:

- 59,2 mila tonnellate di plastiche da imballaggio,
- 37,2 mila tonnellate di carta e cartone e
- 17,7 mila tonnellate di stracci.

Da considerare un calo in linea con l'anno precedente

## **CAPITOLO 3. Analisi della composizione dei rifiuti**

Nei paragrafi seguenti verranno analizzate le composizioni dei tre rifiuti prevalenti nell'indifferenziata, ovvero: (a) plastica per imballaggio, (b) carta e cartone e (c) stracci. La plastica per imballaggi è quella presente in maggiore quantità in tutti e cinque gli anni seguito da carta e cartone ed infine gli stracci.

### **3.1. Plastica per imballaggio**

Plastica è il termine comunemente usato per descrivere un vasto assortimento di materiali sintetici o semi-sintetici che vengono utilizzati in un'ampia e crescente gamma di applicazioni, come ad esempio nel settore degli imballaggi.

*Nota: il valore relativo alle plastiche è la media dei valori riportati nelle tabelle seguenti.*

#### **3.1.1. Polietilene tereftalato (PETE o PET)**

Il polietilene tereftalato o polietilentereftalato fa parte della famiglia dei poliesteri. È una resina termoplastica che appartiene alla famiglia dei poliesteri e, per le sue caratteristiche di trasparenza, resistenza e barriera ai gas, è particolarmente adatta alla produzione di bottiglie per bevande gasate e vaschette.

**Tra le principali applicazioni:**

- bottiglie;
- film;
- tubi;
- vaschette e blister;
- contenitori ed imballaggi;
- etichette.

<b>Proximate analysis (wt%) dry</b>	
Volatile content	87.96
Ash content	0.04
Fixed carbon	12
<b>Ultimate analysis</b>	
C	62.8
H	4.3
N	0.07
S	0.04
O	32.79
HHV (in MJ/kg)	22.77

Tabella 17: Composizione PETE o PET

### 3.1.2. Polietilene ad alta densità (HDPE)

Il polietilene (PE) è il più semplice tra i polimeri sintetici ed è la più comune fra le materie plastiche.

Si tratta di una resina termoplastica, ottenuta dalla polimerizzazione dell'etilene. Si distingue in polietilene ad alta densità (PE-HD) ed a bassa densità (PE-LD), al quale è stato assegnato il codice riciclo 4. Il polietilene ad alta densità è formato da catene lineari, che conferiscono una maggiore resistenza e rigidità, rendendolo quindi particolarmente adatto alla produzione di barattoli e contenitori rigidi.

Le applicazioni più comuni sono:

- flaconi per il contenimento di detersivi o alimenti;
- giocattoli;
- tappi in plastica;
- tubi per il trasporto di acqua e gas naturale.

<b>Proximate analysis (wt%)</b>	
Moisture (as received)	0.00-0.39
Volatile matter (dry basis)	97.41-100
Fixed carbon (dry basis)	0.00-0.48
Ash (dry basis)	0.30-2.60
<b>Ultimate analysis</b>	
C	84.96-86.66
H	11.20-14.61
O	0.00-2.44
N	0.00-0.70
S	0.00-0.30
Cl	0.00
LHV [kcal/kg] (as received)	8,538-11.301

Tabella 18: Composizione HDPE

### 3.1.3. Cloruro di polivinile (PVC)

Il cloruro di polivinile (o polivinilcloruro) è il polimero ottenuto dalla polimerizzazione del cloruro di vinile ed è una termoplastica.

Le applicazioni più rilevanti sono:

- tubi per edilizia (ad esempio grondaie e tubi per acqua potabile);
- serramenti;
- pavimenti vinilici;
- pellicola rigida e plastificata per imballi;
- dischi fonografici.

Proximate analysis (wt%)	
Moisture	0.1(+/-)0.07
Volatile matter	66.6(+/-)0.06
Fixed carbon	29.0(+/-)0.72
Ash	4.3(+/-)0.47
Ultimate analysis	
Carbon	50.1(+/-)0.17
Hydrogen	6.2(+/-)0.01
Oxygen	22.3(+/-)0.11
Chlorine	21.4(+/-)0.00
LHV (Mj/kg)	20.5

Tabella 19: Composizione PVC

### 3.1.4. Polietilene a bassa densità (LDPE)

Il polietilene a bassa densità (anch'esso una termoplastica) appartiene alla famiglia dei polietilene, cioè dei polimeri ricavati dalla polimerizzazione dell'etilene; si distingue perché le catene di polimeri non sono lineari come nel polietilene ad alta densità (PE-HD, codice riciclo 2), ma presentano ramificazioni, che lo rendono un materiale più leggero, duttile e flessibile.

Trova applicazione soprattutto nella produzione di manufatti flessibili come film e pellicole (da cui derivano anche sacchetti e buste), utilizzati sia per l'imballaggio che, ad esempio, in agricoltura.

<b>Proximate analysis (wt%)</b>	
Moisture	0.1(+/-)0.01
Volatile matter	99.9(+/-)0.01
Fixed carbon	0
Ash	0
<b>Ultimate analysis</b>	
Carbon	92.3(+/-)0.18
Hydrogen	7.4(+/-)0.00
Oxygen	0.2(+/-)0.10
Chlorine	0
LHV (Mj/kg)	40.3

Tabella 20: Composizione LDPE

### 3.1.5. Polipropilene (PP)

Il polipropilene è una materia termoplastica che ha trovato le sue più vaste applicazioni nella forma isotattica.

Sono di polipropilene moltissimi oggetti di uso comune in plastica, a cominciare dagli articoli casalinghi e dai giocattoli, ma anche molti imballaggi sia rigidi (barattoli, flaconi) che flessibili (film per imballaggio automatico).

<b>Proximate analysis (wt%)</b>	
Moisture	0.1(+/-)0.01
Volatile matter	96.7(+/-)0.02
Fixed carbon	3.2(+/-)0.02
Ash	0.03(+/-)0.01
<b>Ultimate analysis</b>	
Carbon	84.3(+/-)0.38
Hydrogen	13.8(+/-)0.14
Oxygen	1.7(+/-)0.02
Chlorine	0.06(+/-)0.00
LHV (Mj/kg)	45.1

Tabella 21: Composizione PP

### 3.1.6. Polistirene o polistirolo (PS)

Il polistirene, o polistirolo, è il polimero (termoplastico) dello stirene. Il polistirolo espanso (EPS) si ottiene immergendo il granulo di polistirolo in acqua e aggiungendo pentano.

Col polistirene viene realizzato un gran numero di manufatti: dalle stoviglie monouso agli imballaggi.

La versione espansa è presente nella realizzazione di imballaggi e di manufatti alleggerenti, isolanti, fonoassorbenti per l'edilizia.

<b>Proximate analysis (wt%)</b>	
Moisture (as received)	0.0.6-0.45
Volatile matter (dry basis)	99.39-99.57
Fixed carbon (dry basis)	0.00-0.60
Ash (dry basis)	0.01-0.51
<b>Ultimate analysis</b>	
C	87.10-92.14
H	7.68-10.02
O	0.00-5.30
N	0.00-0.20
S	0.00-0.37
Cl	0.00
LHV [kcal/kg] (as received)	9,304

Tabella 22: Composizione PS

### 3.1.7 Somma plastiche

Le componenti principali costituenti le plastiche per imballaggi sono sei. Non avendo dati comparabili a disposizione si è proceduto a considerare per convenzione il Kg di plastica come equicomposto dai sei tipi di costituenti di base.

<b>Ultimate analysis</b>		
C	0,776467	0,777847
H	0,083091	0,083239
O	0,101636	0,101817
N	0,000868	0,00087
S	0,000376	0,000376
Cl	0,035788	0,035852

Tabella 23: Composizione plastiche

Come si può vedere dalla tabella, gli elementi principali di cui sono composte le plastiche ad uso industriale sono: il Carbonio e l'Ossigeno nelle proporzioni sopra riportate.

### 3.2 Carta e cartone

<b>Proximate analysis (wt%)</b>	
Moisture	4,5
Volatile matter	71,9
Fixed carbon	10,8
Ash	12,8
<b>Ultimate analysis</b>	
C	34,56
H	4,3
N	N.D.
S	0,09
O	48,25
Heating value (Mj kg <sup>-1</sup> )	13,6
TOC (mg l <sup>-1</sup> )	0
Water content (%)	0

Tabella 24: % Composizione carta e cartone

Carta e cartone sono composti prevalentemente da Ossigeno (48,25), Carbonio (34,56%) e Idrogeno (4,3%).

### 3.3 Tessile

<b>Proximate analysis (wt%)</b>	
Moisture	6,85
Volatile matter	82,37
Fixed carbon	10,61
Ash	0,17
<b>Ultimate analysis</b>	
C	41,19
H	6,97
N	0,01
S	0,84
O	50,99

Tabella 25: Composizione Tessile

I prodotti tessili risultano composti in percentuale da Ossigeno (50,99%), Carbonio (41,19%) e Idrogeno (6,97%).

### 3.4 Ash dei materiali

Di seguito l'analisi delle ceneri dei materiali di riciclo che unitamente ai materiali "puri" di cui sopra vanno a comporre i materiali di riciclo, appunto.

#### 3.4.1 Ash plastiche

	Q	ASH	%
PET	0,167067	6,68267E-05	0,0004
PE	0,169457	0,002457128	0,0145
PVC	0,174504	0,007503657	0,043
LDPE	0,167	0	0
PP	0,16705	5,0115E-05	0,0003
PS	0,167435	0,000435332	0,0026

Tabella 26: ash plastiche

Il valore più significativo di ceneri delle plastiche si riferisce al PVC (0,043%) ed al PE (0,0145%); trascurabili i valori di ash degli altri materiali plastici.

#### 3.4.2 Ash carta

ASH CARTA	0,128
Q_tot=	1
Q_solo_ash	0,128
% ash carta	0,13%
	99,99872

Tabella 27: ash carta

La carta presenta un valore di ash pari a 0,13%.

### 3.4.3 Ash Tessile

ASH TESSILE	1,001703
Q_tot=	1
Q_solo_ash	0,001703
% ash tessile	0,17%
	99,83%

Tabella 28:ash tessile

Il valore di ash del materiale tessile corrisponde allo 0,17%.

### 3.5 Composizione dry

	%
plastiche e imballaggio	42,36
carta e cartone	26,63
stracci	12,72
cenere	18,28

Tabella 29: composizione dry

Nella composizione dry si nota che il materiale maggiormente presente è la plastica (42,36%) seguito da carta (26,63%), cenere (18,28%) ed infine tessile (12,72%)

## CAPITOLO 4. Considerazioni conclusive

Sulla base dei dati esaminati e relativi alla raccolta differenziata della Regione Umbria nel periodo 2017-2021 notiamo che (vedi grafico 14) negli ultimi cinque anni c'è stato un calo significativo dei rifiuti indifferenziati con un trend costante verso il basso; precisamente, si è passati dalle quasi 170.000 tonnellate del 2017 alle 140.000 tonnellate del 2021, realizzando in ciò una diminuzione netta di circa 30.000 tonnellate.

Possiamo notare inoltre che nella componente dei RS (rifiuti scartati)

- la quantità di plastiche da imballaggi è diminuita nel corso dei cinque anni;

- la carta e cartone, dopo un iniziale diminuzione avvenuta tra il 2017 e 2019, si è assestata attorno al valore di 37000 t
- la quantità di stracci diminuisce in maniera costante di circa 10000 t ogni anno.

Pensiamo al conseguimento di tale risultato abbia senz'altro concorso un aumentato livello di collaborazione da parte dei cittadini nei confronti della raccolta differenziata in ciò evidenziando un buon livello di senso civico, sebbene non abbiamo elementi per dire se ciò sia dovuto ad un'efficace comunicazione e promozione istituzionale, ad un atteggiamento normativo/repressivo o a entrambe le cose. Infine, possiamo rimarcare la ricaduta in termini di costi sociali -di cui sarebbe interessante effettuare una quantificazione- della diminuzione della quota indifferenziata.

## Bibliografia

*Ansah, E., Wang, L., & Shahbazi, A. (2016). Thermogravimetric and calorimetric characteristics during co-pyrolysis of municipal solid waste components. Waste Management, 56, 196–206. journal homepage: [https://www.researchgate.net/figure/Proximate-and-ultimate-analysis-of-raw-MSW-samples\\_tbl1\\_304249553](https://www.researchgate.net/figure/Proximate-and-ultimate-analysis-of-raw-MSW-samples_tbl1_304249553) [9]*

*Burra, K. G., & Gupta, A. K. (2018). Synergistic effects in steam gasification of combined biomass and plastic waste mixtures. Applied Energy, 211, 230–236. journal homepage: [www.elsevier.com/locate/apenergy](http://www.elsevier.com/locate/apenergy) [5]*

*Cho, M.-H., Choi, Y.-K., & Kim, J.-S. (2015). Air Gasification of PVC (polyvinyl chloride)-containing plastic waste in a two-stage gasifier using CA-based additives and ni-loaded activated carbon for the production of clean and hydrogen-rich producer gas. Energy, 87, 586–593. journal homepage: [www.elsevier.com/locate/energy](http://www.elsevier.com/locate/energy) [7]*

*Han, S. W., Tokmurzin, D., Lee, J. J., Park, S. J., Ra, H. W., Yoon, S. J., Mun, T.-Y., Yoon, S. M., Moon, J. H., Lee, J. G., Kim, Y.-M., Rhee, Y. W., & Seo, M. W. (2022). Gasification characteristics of waste plastics (SRF) in a bubbling fluidized bed: Use of activated carbon and olivine for tar removal and the effect of steam/carbon ratio. Fuel, 314, 123102. journal homepage: [www.elsevier.com/locate/fuel](http://www.elsevier.com/locate/fuel) [6]*

Kim, J.-W., Mun, T.-Y., Kim, J.-O., & Kim, J.-S. (2011, March 2). Air gasification of mixed plastic wastes using a two-stage gasifier for the production of producer gas with low tar and a high caloric value. *Fuel*. Retrieved October 5, 2022, from journal homepage: [www.elsevier.com/locate/fuel](http://www.elsevier.com/locate/fuel) [1]

Lee, J. W., Yu, T. U., Lee, J. W., Moon, J. H., Jeong, H. J., Park, S. S., Yang, W., & Lee, U. D. (2013). Gasification of mixed plastic wastes in a moving-grate gasifier and application of the producer gas to a power generation engine. *Energy & Fuels*, 27(4), 2092–2098. <https://doi.org/10.1021/ef301758z> [pubs.acs.org/EF](https://pubs.acs.org/EF) [2]

Zhang, Z., Macquarrie, D. J., De bruyn, M., Budarin, V. L., Hunt, A. J., Gronnow, M. J., Fan, J., Shuttleworth, P. S., Clark, J. H., & Matharu, A. S. (2015). Low-temperature microwave-assisted pyrolysis of Waste Office paper and the application of bio-oil as an AL adhesive. *Green Chemistry*, 17(1), 260–270. from journal homepage: [https://www.researchgate.net/figure/Proximate-and-ultimate-analysis-of-milled-waste-office-paper-and-its-low-temperature\\_tbl1\\_264810809](https://www.researchgate.net/figure/Proximate-and-ultimate-analysis-of-milled-waste-office-paper-and-its-low-temperature_tbl1_264810809) [8]

Fonti dati e immagini:

<https://www.arpa.umbria.it> [4]

<https://www.gasworld.com/gasification/2019183.article> [3]

## Ringraziamenti

*Prima di concludere vorrei ringraziare a chi ha reso tutto ciò possibile.*

*Un ringraziamento al Professor Francesco Corvaro, per la sua disponibilità e la sua professionalità.*

*Grazie anche al tutor Giovanni Biancini che mi ha seguito in questo percorso, seguendomi sia nel tirocinio sia nella stesura della tesi di laurea.*

*Grazie ai miei genitori, Matteo e Pina, senza il loro aiuto tutto questo non sarebbe stato possibile, credendo in me sin dal primo giorno ed anche nei momenti più bui, dandomi ogni volta la forza per rialzarmi.*

*Grazie ai miei amici di una vita che mi hanno sempre sostenuto ed aiutato in ogni mia scelta, anche se ultimamente ci siamo persi un po' di vista vi sarò sempre grato per quello che abbiamo trascorso insieme, avrete sempre un posto nel mio cuore.*

*Grazie ai miei nuovi amici che mi avete accolto benissimo sin dal primo giorno e con la quale ho passato una fantastica estate, mi ha fatto veramente piacere conoscervi meglio.*

*Grazie agli amici di Fermo con la quale ho passato tre anni fantastici, grazie alla vostra amicizia siete riusciti a non farmi sentire mai nostalgia di casa.*

*Grazie alla famiglia dello Strabone, persone che sin dal primo giorno mi hanno fatto sentire dentro questa grande famiglia, grazie anche alle loro parole non mi sono mai arreso, trovando sempre parole di conforto che, non potete immaginare quanto, mi siano state d'aiuto.*

*Grazie anche ai miei amici conosciuti in Erasmus (italiani e non), mi avete fatto passare i quattro mesi più belli della mia vita, vi devo tanto.*

*E per ultimo, ma non per importanza, un ringraziamento a me stesso che nonostante alcune difficoltà, sono riuscito a raggiungere questo traguardo.*