

Università degli Studi di Padova
Dipartimento di Scienze Statistiche
Corso di Laurea Triennale in

STATISTICA E GESTIONE DELLE IMPRESE



RELAZIONE FINALE

Padova e la raccolta differenziata: la convenienza del servizio “porta a porta”.

Relatore Prof. Mariangela Guidolin
Dipartimento di Scienze Statistiche

Laureando: Chiara Pinton
Matricola N 1053074

Anno Accademico 2015/2016

INDICE

| | |
|---|-----------|
| INTRODUZIONE..... | 4 |
| I RIFIUTI..... | 6 |
| LA GESTIONE INTEGRATA DEI RIFIUTI..... | 12 |
| PADOVA E I RIFIUTI..... | 16 |
| LA PRODUZIONE DI RIFIUTI..... | 18 |
| DESCRIZIONE DEL SERVIZIO DI RACCOLTA DIFFERENZIATA..... | 24 |
| L'ANALISI DEI DATI | 32 |
| I DATI | 34 |
| L'ELABORAZIONE DEI DATI..... | 41 |
| CONCLUSIONI | 50 |
| APPENDICE: CENNI DI STATISTICA | 54 |
| BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA..... | 60 |
| RINGRAZIAMENTI | 62 |

INTRODUZIONE

I RIFIUTI

I rifiuti sono materiali di scarto o di avanzo di attività umane.

L'Unione Europea, attraverso la Normativa comunitaria sulla gestione dei rifiuti (Direttiva 2008/98/CE del 19 novembre 2008) definisce il rifiuto come *“qualsiasi sostanza od oggetto di cui il detentore si disfi o abbia l'intenzione o l'obbligo di disfarsi”*.

In Italia viene ripresa la definizione della Direttiva europea nell'art. 183 del D.lgs. n.152/06.

Il termine “disfarsi” è la condizione necessaria e sufficiente che permette di avviare un oggetto, una sostanza o un materiale alle operazioni di smaltimento o recupero, dopo averlo codificato sulla base del vigente elenco europeo dei rifiuti (CER).

Il CER (Catalogo Europeo dei Rifiuti) permette di classificare in modo univoco i rifiuti, secondo la Direttiva 75/442/CEE. I codici CER sono sequenze numeriche composte da sei cifre di cui:

- la prima coppia di cifre (codice a due cifre o classe): identifica la fonte che ha generato il rifiuto, ossia il settore produttivo di provenienza del rifiuto;
- la seconda coppia di cifre (codice a quattro cifre o sottoclasse): identifica il processo e/o la lavorazione che ha originato il rifiuto all'interno del settore produttivo di provenienza;
- la terza coppia di cifre: individua la singola tipologia di rifiuto.

Il CER è strutturato in 20 classi, 111 sottoclassi e 842 rifiuti.

In maniera più ampia i rifiuti possono essere classificati in base all'origine (rifiuti urbani e rifiuti speciali), alle caratteristiche di pericolosità (rifiuti non

pericolosi e rifiuti pericolosi) o al loro stato fisico (solido pulverulento, solido non pulverulento, fangoso palabile, liquido).

Ai sensi dell'art. 184 del D.lgs. 152/2006 sono rifiuti urbani:

- a) i rifiuti domestici, anche ingombranti, provenienti da locali e luoghi adibiti ad uso di civile abitazione;
- b) i rifiuti non pericolosi provenienti da locali e luoghi adibiti ad usi diversi da quelli di cui alla lettera a), assimilati ai rifiuti urbani per qualità e quantità, ai sensi dell'articolo 198, comma 2, lettera g);
- c) i rifiuti provenienti dallo spazzamento delle strade;
- d) i rifiuti di qualunque natura o provenienza, giacenti sulle strade ed aree pubbliche o sulle strade o aree private comunque soggette ad uso pubblico o sulle spiagge marittime e lacuali e sulle rive di corsi d'acqua;
- e) i rifiuti vegetali provenienti da aree verdi, quali giardini, parchi e aree cimiteriali;
- f) i rifiuti provenienti da esumazioni ed estumulazioni, nonché gli altri rifiuti provenienti da attività cimiteriale diversi da quelli di cui alle lettere b), c) ed e).

Sono rifiuti speciali:

- a) i rifiuti di attività agricole e agro-industriali;
- b) i rifiuti derivanti dalle attività di demolizione, costruzione, nonché i rifiuti pericolosi che derivano dalle attività di scavo, fermo restando quanto disposto dall'articolo 186;
- c) i rifiuti da lavorazioni industriali, fatto salvo quanto previsto dall'articolo 185, comma 1, lettera i);
- d) i rifiuti da lavorazioni artigianali;

- e) i rifiuti da attività commerciali;
- f) i rifiuti da attività di servizio;
- g) i rifiuti derivanti dalla attività di recupero e smaltimento di rifiuti, i fanghi prodotti dalla potabilizzazione e da altri trattamenti delle acque e dalla depurazione delle acque reflue e da abbattimento di fiumi;
- h) i rifiuti derivanti da attività sanitarie;
- i) i macchinari e le apparecchiature deteriorati ed obsoleti;
- j) i veicoli a motore, rimorchi e simili fuori uso e loro parti;
- k) il combustibile derivato da rifiuti;
- l) i rifiuti derivati dalle attività di selezione meccanica dei rifiuti solidi urbani.

Sono pericolosi i rifiuti non domestici indicati espressamente come tali, con apposito asterisco, e che presentano una o più delle seguenti caratteristiche di pericolosità:

- H1 “Esplosivo”: sostanze e preparati che possono esplodere per effetto della fiamma o che sono sensibili agli urti e agli attriti più del dinitrobenzene;
- H2 “Comburente”: sostanze e preparati che, a contatto, con altre sostanze, soprattutto se infiammabili, presentano una forte reazione esotermica (trasformazione che comporta un trasferimento di calore dal sistema all’ambiente);
- H3-A “Facilmente infiammabile”: sostanze e preparati: liquidi il cui punto di infiammabilità è inferiore a 21°C (compresi i liquidi estremamente infiammabili), o che a contatto con l’aria, a temperatura ambiente e senza apporto di energia, possono riscaldarsi e infiammarsi, o solidi che possono facilmente infiammarsi per la rapida azione di una sorgente di

accensione e che continuano a bruciare o a consumarsi anche dopo l'allontanamento della sorgente di accensione, o gassosi che si infiammano a contatto con l'aria a pressione normale, o che a contatto con l'acqua o l'aria umida, sprigionano gas facilmente infiammabili in quantità pericolose;

- H4 "Irritante": sostanze e preparati non corrosivi il cui contatto immediato, prolungato ripetuto con la pelle o le mucose può provocare una reazione infiammatoria;
- H5 "Nocivo": sostanze e preparati che, per inalazione, ingestione o penetrazione cutanea, possono comportare rischi per la salute di gravità limitata;
- H6 "Tossico": sostanze e preparati (comprese le sostanze tossiche e i preparati molto tossici) che, per inalazione, ingestione o penetrazione cutanea, possono comportare rischi per la salute gravi, acuti o cronici e anche la morte;
- H7 "Cancerogeno": sostanze e preparati che, per inalazione, ingestione o penetrazione cutanea, possono produrre il cancro o aumentarne la frequenza;
- H8 "Corrosivo": sostanze e preparati che, a contatto con tessuti vivi, possono esercitare su di essi un'azione distruttiva;
- H9 "Infettivo": sostanze contenenti microrganismi vitali o loro tossine, conosciute o ritenute per buoni motivi come cause di malattie nell'uomo o in altri organismi viventi;
- H10 "Tossico per la riproduzione": sostanze e preparati che, per inalazione, ingestione o penetrazione cutanea, possono produrre malformazioni congenite non ereditarie o aumentarne la frequenza;

- H11 “Mutageno”: sostanze e preparati che per inalazione, ingestione o penetrazione cutanea, possono produrre difetti genetici ereditari o aumentarne la frequenza;
- H12 Rifiuti che, a contatto con l’acqua, l’aria o un acido, sprigionano un gas tossico o molto tossico;
- H13 “Sensibilizzanti”: sostanze e preparati che per inalazione, ingestione o penetrazione cutanea, possono dar luogo a una reazione di ipersensibilizzazione per cui una successiva esposizione alla sostanza o al preparato produce effetti nefasti caratteristici;
- H14 “Ecotossico”: sostanze e preparati che presentano o possono presentare rischi immediati o differiti per uno o più comparti ambientali;
- H15 Rifiuti suscettibili, dopo eliminazione, di dare origine in qualche modo ad un’altra sostanza, ad esempio ad un prodotto di lisciviazione avente una delle caratteristiche sopra elencate.

Quando alcune tipologie di materiali non vengono definite come rifiuti o cessano di essere tali, vengono definiti “non rifiuti” e sono suddivisi in “prodotti di recupero” e “sottoprodotti”.

Il “prodotto di recupero” è un rifiuto che *“è stato sottoposto ad un’operazione di recupero, incluso il riciclaggio e la preparazione per il riutilizzo”* e si presenta quindi la *“cessazione della qualifica di rifiuto”* (“End of Waste”). Le condizioni necessarie, ai sensi dell’art. 184-ter del D.lgs. 152/2006, perché sia così definito sono:

- l’utilizzo della sostanza o dell’oggetto per scopi specifici;
- l’esistenza di un mercato o di una domanda per tale sostanza od oggetto;

- la soddisfazione dei requisiti tecnici per gli scopi specifici e rispetto della normativa e degli standard esistenti applicabili ai prodotti;
- l'utilizzo della sostanza o dell'oggetto che non porti a impatti complessivi negativi sull'ambiente o sulla salute.

Ai sensi dell'art. 183 del D.lgs. 152/06, comma 1, lettera a), è un "sottoprodotto" e non un rifiuto la sostanza o l'oggetto che soddisfa tutte le seguenti condizioni:

- è originato da un processo di produzione, di cui costituisce parte integrante, e il cui scopo primario non è la produzione di tale sostanza od oggetto;
- è certo che sarà utilizzato, nel corso dello stesso o di un successivo processo di produzione o di utilizzazione, da parte del produttore o di terzi;
- può essere utilizzato direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;
- l'ulteriore utilizzo è legale, ossia la sostanza o l'oggetto soddisfa, per l'utilizzo specifico, tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente e non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o sulla salute umana.

LA GESTIONE INTEGRATA DEI RIFIUTI

La gestione integrata dei rifiuti è una metodologia che permette di rispondere in maniera efficiente al problema dei rifiuti.

Questo tipo di approccio consiste nella successione di azioni che possono essere effettuate per prevenire o riutilizzare un rifiuto prima che questo venga smaltito in discarica.

Il primo obiettivo della gestione integrata dei rifiuti è la prevenzione dei rifiuti stessi. La prevenzione permette di ridurre:

- la quantità dei rifiuti attraverso il riutilizzo dei prodotti o estensione del ciclo di vita;
- gli impatti negativi dei rifiuti prodotti sull'ambiente e la salute umana;
- il contenuto di sostanze pericolose in materiali e prodotti.

La prevenzione della produzione dei rifiuti e la riduzione della loro pericolosità inizia dai processi produttivi che devono garantire lo sviluppo di tecnologie pulite. La fase di prevenzione parte dal comportamento dei soggetti che sono a stretto contatto con la produzione di beni di consumo e con l'intero ciclo di vita dei prodotti. La prevenzione dei rifiuti mira al raggiungimento di tre obiettivi:

- riduzione della produzione di rifiuti totali e, in particolare, di determinate categorie di rifiuti (PCB, veicoli a fine vita, fanghi, rifiuti da costruzione e demolizione, rifiuti elettrici ed elettronici, oli, ecc.);
- riduzione della quantità di rifiuti pericolosi prodotti nella misura del 20% nel 2010 e del 50% nel 2020 rispetto al 2000;
- perseguire una crescita economica che non comporti un aumento dei rifiuti prodotti.

Le azioni che permettono di prevenire la produzione di rifiuti, già attive nel territorio, sono:

- l'utilizzo di detersivi e bevande somministrati attraverso distributori che permettono il riutilizzo dei contenitori;
- il reso dei contenitori vuoti, principalmente quelli ricavati presso le utenze commerciali (bar, ristoranti);
- la promozione del compostaggio domestico (in alcuni casi permette una riduzione dell'importo della bolletta);
- l'introduzione della Tariffa di Igiene Ambientale (TIA), che permette di calcolare il tributo in proporzione alla quantità di rifiuti prodotti;
- la raccolta di alimenti non più commerciabili, ma edibili, attraverso le Onlus che ne garantiscono la distribuzione ai soggetti bisognosi;
- la riduzione del volume degli imballaggi;
- la riduzione dei rifiuti aziendali attraverso il riutilizzo;
- la riduzione dell'uso di stoviglie monouso.

Le azioni di prevenzione dei rifiuti passano, come visto, anche attraverso il riutilizzo.

Nel caso in cui un oggetto non possa essere riusato è possibile riciclarlo, recuperando quindi la materia di cui è fatto. Infatti il riciclaggio è *“qualsiasi operazione di recupero attraverso cui i materiali di rifiuto sono ritrattati per ottenere prodotti, materiali o sostanze da utilizzare per la loro funzione originaria”* (Dir. 2008/98/CE). Per questo motivo è importante effettuare la raccolta differenziata in modo corretto, suddividendo i vari rifiuti per frazione merceologica.

Se un rifiuto non può essere riciclato, può essere portato presso un inceneritore in modo da recuperarne energia. In particolare, il recupero energetico può attuarsi attraverso l'utilizzazione del rifiuto come combustibile

o come altro mezzo per produrre energia oppure l'incenerimento a terra (recupero di energia termica ed elettrica).

I rifiuti che non possono essere recuperati attraverso una delle metodologie precedenti, vengono smaltiti presso le discariche. La discarica è *“un'area adibita a smaltimento dei rifiuti mediante operazioni di deposito sul suolo o nel suolo, compresa la zona interna al luogo di produzione dei medesimi da parte del produttore degli stessi, nonché qualsiasi area ove i rifiuti sono sottoposti a deposito temporaneo, per più di un anno”* (D.lgs. 13 gennaio 2003, n. 36).

PADOVA E I RIFIUTI

LA PRODUZIONE DI RIFIUTI

Nel 2014 il Comune di Padova aveva una popolazione di 211.210 abitanti.

La quantità di Rifiuti Urbani prodotti era di 128.577,224 tonnellate, delle quali 61.562,766 destinate alla Raccolta Differenziata, pari al 47,88%. Ogni abitante, quindi, ha prodotto 608,76 kg di Rifiuti Urbani, dei quali 291,48 kg avviati al riciclaggio tramite la raccolta differenziata.

Nel corso degli anni, la quantità di Rifiuti Urbani si è progressivamente ridotta, mentre la percentuale di Raccolta Differenziata è aumentata (*Tabella 1.1*).

Confrontando i valori del Comune di Padova con quelli della Regione Veneto, si osserva che la quantità di Rifiuti Urbani prodotti pro capite è superiore alla media regionale che si attesta a 454,7 kg, mentre la quantità differenziata è minore rispetto alla media del Veneto, pari a 307,4 kg. Di conseguenza anche la percentuale di Raccolta Differenziata è inferiore, poiché quella della Regione supera il 67%. I trend della produzione di rifiuti e della differenziazione seguono lo stesso andamento. Anche confrontando i dati con quelli complessivi della Provincia di Padova, si notano delle differenze. In riferimento alla quantità pro capite di Rifiuti Urbani prodotti, è evidente che la media della Provincia, pari a 462,5 kg, è inferiore a quella del Comune, mentre la quantità pro capite di rifiuti differenziati si attesta sullo stesso livello, con 294,6 kg. Nonostante questo, la percentuale di Raccolta Differenziata della Provincia di Padova è comunque superiore a quella del Comune di Padova (63,7%).

Osservando le quantità di rifiuti differenziati per ogni frazione merceologica si notano andamenti diversi (*Tabella 1.2*). Tutte le frazioni merceologiche subiscono variazioni che non si limitano ad un progressivo aumento o calo della

quantità di rifiuto prodotto, ma vengono rilevate delle oscillazioni che non caratterizzano una crescita o un calo costanti.

In riferimento ai Comuni con oltre 200.000 residenti, la quantità di Rifiuti Urbani pro capite prodotti dal Comune di Padova si attesta tra le più alte d'Italia, preceduta solo da Catania, Firenze e Venezia e seguita da Roma, Trieste, Messina, Torino e Milano. Il valore di questo dato è però diminuito nel corso degli anni: nel 2010, la produzione pro capite di Rifiuti Urbani era pari a 691 kg, pari a 147.904 kg complessivi (*Tabella 1.3*).

La percentuale di Raccolta Differenziata complessiva del Comune si attesta al quarto posto, preceduta da Venezia, Verona e Milano, ma comunque superiore alla media (*Tabella 1.4*). In merito alla Raccolta Differenziata pro capite il Comune di Padova è preceduto solo da Venezia.

Il Comune di Padova è il secondo, dopo Venezia, nella produzione di rifiuti organici pro capite (122,73 kg). Tale dato rappresenta circa il doppio della produzione media di rifiuti organici, che si attesta intorno ai 59 kg pro capite (*Tabella 1.5*). Osservando le produzioni pro capite delle altre frazioni merceologiche, è possibile notare che quasi tutte superano la media dei Comuni con più di 200.000 abitanti. La carta e il cartone prodotti nel Comune sono pari a 77,77 kg per abitante, contro i 63,14 kg della media. La produzione dei rifiuti in vetro (50,93 kg) è circa il doppio della media dei Comuni (25,95 kg), così come il legno (14,23 kg del Comune contro i 7,26 kg medi) e il metallo (sono 6,77 kg pro capite prodotti dai Padovani, mentre in media se ne producono solo 2,59 kg). Anche i rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE) e i rifiuti tessili superano la media. Solo i rifiuti in plastica prodotti pro capite sono inferiori alla quantità media, anche se di poco (11,64 kg contro i 12,95 kg medi).

Tabella 1.1. Produzione di Rifiuti Urbani totali e pro capite con dati specifici sulla Raccolta Differenziata.

| Anno | Popolazione | Raccolta Differenziata (t) | Rifiuti Urbani (t) | RD Percentuale | RD Pro capite (kg/ab. anno) | RU Pro capite (kg/ab. anno) |
|------|-------------|----------------------------|--------------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 2010 | 214.198 | 59.994,337 | 147.904,361 | 40,56% | 290,09 | 690,50 |
| 2011 | 206.192 | 60.299,589 | 141.056,190 | 42,75% | 292,44 | 684,10 |
| 2012 | 205.631 | 58.265,444 | 136.236,212 | 42,77% | 283,35 | 662,53 |
| 2013 | 209.678 | 59.340,155 | 129.260,540 | 45,91% | 283,01 | 616,47 |
| 2014 | 211.210 | 61.562,766 | 128.577,224 | 47,88% | 291,48 | 608,76 |

Tabella 1.2. Raccolta Differenziata per frazione merceologica (tonnellate).

| Anno | Altri RD | Ingombranti Misti | Carta e Cartone | Frazione Organica | Legno | Metallo | Plastica | RAEE | Selettiva | Tessili | Vetro |
|------|----------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|------------|
| 2010 | - | 1.566,440 | 15.967,895 | 21.679,742 | 3.732,060 | 1.937,195 | 1.949,643 | 1.030,662 | 141,167 | 448,340 | 11.541,192 |
| 2011 | - | 1.752,260 | 15.453,284 | 23.010,855 | 2.765,100 | 2.728,358 | 7.023,198 | 1.041,044 | 159,458 | 420,370 | 5.945,663 |
| 2012 | 22,010 | - | 15.570,383 | 24.000,038 | 2.859,373 | 2.174,426 | 7.219,557 | 722,948 | 154,432 | 400,473 | 5.091,805 |
| 2013 | 41,130 | - | 15.010,990 | 23.956,434 | 2.821,860 | 1.657,136 | 2.937,800 | 688,764 | 124,094 | 365,480 | 11.736,467 |
| 2014 | 41,190 | - | 16.425,955 | 25.922,610 | 3.005,760 | 3.005,760 | 2.457,672 | 794,429 | 189,621 | 538,361 | 10.757,961 |

Tabella 1.3. Produzione Rifiuti Urbani (complessivi e pro capite) nei Comuni con oltre 200.000 abitanti.

| Comune | Popolazione 2014 | 2010 | | 2011 | | 2012 | | 2013 | | 2014 | |
|---------------------|-------------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|
| | | t | kg/ab. | t | kg/ab. | t | kg/ab. | t | kg/ab. | t | kg/ab. |
| Torino | 896.773 | 496.653 | 554 | 480.625 | 536 | 448.864 | 501 | 449.699 | 501 | 440.670 | 491 |
| Milano | 1.337.155 | 711.873 | 532 | 692.600 | 518 | 666.766 | 499 | 650.670 | 487 | 666.471 | 498 |
| Verona | 260.125 | 140.152 | 539 | 135.415 | 521 | 131.097 | 504 | 130.680 | 502 | 134.619 | 518 |
| Venezia | 264.579 | 192.164 | 726 | 180.045 | 680 | 165.035 | 624 | 162.448 | 614 | 161.669 | 611 |
| Padova | 211.210 | 147.904 | 700 | 141.056 | 668 | 136.236 | 645 | 129.261 | 612 | 128.577 | 609 |
| Trieste | 205.413 | 101.860 | 496 | 96.300 | 469 | 92.614 | 451 | 90.307 | 440 | 89.707 | 437 |
| Genova | 592.507 | 330.725 | 558 | 329.361 | 556 | 316.844 | 535 | 305.864 | 516 | 305.501 | 516 |
| Bologna | 386.181 | 209.416 | 542 | 200.932 | 520 | 195.414 | 506 | 199.877 | 518 | 211.820 | 548 |
| Firenze | 381.037 | 255.439 | 670 | 246.312 | 646 | 234.589 | 616 | 232.730 | 611 | 239.043 | 627 |
| Roma | 2.872.021 | 1.826.039 | 636 | 1.785.653 | 622 | 1.739.407 | 606 | 1.754.823 | 611 | 1.719.848 | 599 |
| Napoli | 978.399 | 547.638 | 560 | 516.673 | 528 | 505.362 | 517 | 496.555 | 508 | 500.086 | 511 |
| Bari | 327.361 | 196.024 | 599 | 188.034 | 574 | 184.226 | 563 | 186.687 | 570 | 184.896 | 565 |
| Taranto | 202.016 | 119.648 | 592 | 113.532 | 562 | 104.221 | 516 | 106.917 | 529 | 108.658 | 538 |
| Palermo | 678.492 | 387.732 | 571 | 371.580 | 548 | 346.960 | 511 | 339.608 | 501 | 345.468 | 509 |
| Messina | 240.414 | 124.039 | 516 | 121.607 | 506 | 116.607 | 485 | 114.528 | 476 | 111.278 | 463 |
| Catania | 315.601 | 219.093 | 694 | 224.239 | 711 | 207.562 | 658 | 204.713 | 649 | 205.791 | 652 |
| Totale/Media | 10.149.284 | 6.006.399 | 592 | 5.823.964 | 574 | 5.591.804 | 551 | 5.555.367 | 547 | 5.554.102 | 547 |

Tabella 1.4. Percentuali di Raccolta Differenziata nei comuni con oltre 200.000 abitanti.

| Comune | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | % | | |
| Torino | 42,6 | 43,1 | 42,1 | 43,8 | 41,6 |
| Milano | 33,8 | 34,7 | 36,8 | 42,5 | 49,9 |
| Verona | 47,6 | 51,2 | 51,1 | 46,2 | 50,6 |
| Venezia | 32,6 | 33,5 | 36,0 | 41,4 | 52,2 |
| Padova | 40,6 | 42,7 | 42,8 | 45,9 | 47,9 |
| Trieste | 18,1 | 20,7 | 24,8 | 26,4 | 29,8 |
| Genova | 26,2 | 29,2 | 31,4 | 31,5 | 31,6 |
| Bologna | 34,2 | 32,3 | 31,9 | 35,7 | 38,3 |
| Firenze | 37,7 | 39,2 | 38,7 | 41,8 | 44,2 |
| Roma | 21,1 | 24,2 | 24,6 | 29,7 | 35,2 |
| Napoli | 17,5 | 17,9 | 20,6 | 20,3 | 22,0 |
| Bari | 18,6 | 17,7 | 20,2 | 21,4 | 27,0 |
| Taranto | 8,1 | 8,5 | 7,9 | 10,2 | 11,2 |
| Palermo | 7,4 | 10,1 | 10,3 | 10,1 | 8,3 |
| Messina | 3,8 | 6,4 | 6,4 | 6,3 | 7,6 |
| Catania | 5,6 | 7,3 | 11,5 | 10,1 | 9,3 |
| Media | 24,8 | 26,5 | 27,5 | 30,3 | 33,7 |

Tabella 1.5. Raccolta Differenziata pro capite delle principali frazioni merceologiche nei Comuni con oltre 200.000 residenti (kg/abitante per anno).

| Comune | Frazione organica | Carta e cartone | Vetro | Plastica | Legno | Metallo | RAEE | Tessili | Ingomb. misti | Selettiva | Altro | Totale RD |
|---------------|-------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|---------------|
| Torino | 59,11 | 72,69 | 24,33 | 15,26 | 21,65 | 2,29 | 2,90 | 1,76 | 3,84 | 0,25 | 0,14 | 204,22 |
| Milano | 88,97 | 62,15 | 47,24 | 31,10 | 4,52 | 1,37 | 2,41 | 2,63 | 7,78 | 0,63 | 0,02 | 248,82 |
| Verona | 90,33 | 67,70 | 36,04 | 20,23 | 10,77 | 6,16 | 1,92 | 2,63 | 25,47 | 0,45 | 0,33 | 262,03 |
| Venezia | 124,65 | 80,47 | 53,91 | 15,30 | 11,63 | 7,52 | 4,52 | 3,04 | 16,55 | 1,13 | 0,13 | 318,85 |
| Padova | 122,73 | 77,77 | 50,93 | 11,64 | 14,23 | 6,77 | 3,76 | 2,55 | | 0,90 | 0,20 | 291,48 |
| Trieste | 13,09 | 43,93 | 24,58 | 13,09 | 12,19 | 2,92 | 7,33 | 2,03 | 10,17 | 0,53 | 0,24 | 130,10 |
| Genova | 20,08 | 73,22 | 24,24 | 5,46 | 20,26 | 3,04 | 5,75 | 1,92 | 7,29 | 0,62 | 0,99 | 162,87 |
| Bologna | 52,62 | 80,06 | 35,30 | 21,58 | 9,20 | 1,76 | 2,95 | 2,53 | 1,00 | 0,54 | 2,49 | 210,03 |
| Firenze | 106,67 | 95,11 | 23,87 | 22,68 | 1,75 | 3,98 | 3,19 | 2,33 | 16,98 | 0,57 | 0,29 | 277,42 |
| Roma | 70,38 | 82,90 | 26,75 | 9,13 | 4,77 | 3,81 | 4,16 | 3,75 | 4,57 | 0,29 | 0,18 | 210,69 |
| Napoli | 36,29 | 33,74 | 13,81 | 6,57 | 0,13 | 1,32 | 1,24 | 1,81 | 17,21 | 0,19 | 0,22 | 112,53 |
| Bari | 30,75 | 71,65 | 15,21 | 13,82 | 8,34 | 0,49 | 1,23 | 1,23 | 9,62 | 0,26 | 0,00 | 152,60 |
| Taranto | 28,54 | 20,15 | 5,12 | 4,65 | | 0,27 | 0,31 | 0,37 | | 0,09 | 0,92 | 60,42 |
| Palermo | 19,79 | 10,05 | 4,34 | 3,54 | 1,87 | 0,22 | 0,47 | | 1,81 | 0,06 | 0,06 | 42,21 |
| Messina | 3,30 | 13,90 | 3,02 | 1,62 | 5,04 | 0,57 | 1,41 | | 6,21 | 0,06 | | 35,13 |
| Catania | 14,50 | 28,13 | 5,74 | 1,99 | 5,07 | 0,13 | 0,74 | | 2,12 | 0,09 | 2,06 | 60,57 |
| Media | 59,33 | 63,14 | 25,95 | 12,95 | 7,26 | 2,59 | 2,97 | 2,32 | 7,35 | 0,37 | 0,36 | 184,59 |

DESCRIZIONE DEL SERVIZIO DI RACCOLTA DIFFERENZIATA

Il Comune di Padova è suddiviso in zone. I residenti e i commercianti di ogni zona devono seguire delle regole riguardo alle modalità del servizio di raccolta differenziata dei rifiuti.

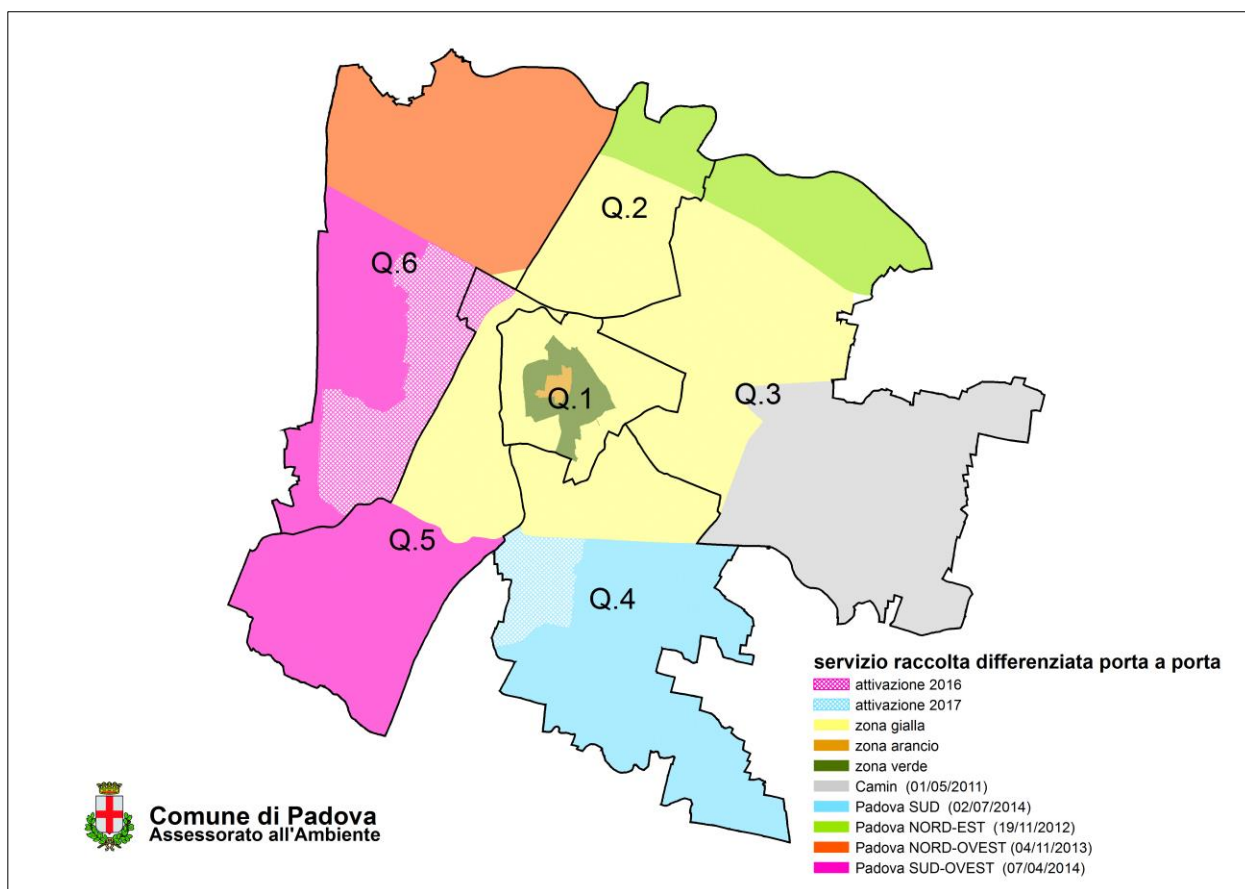


Figura 1.1. Suddivisione del Comune di Padova in base alla modalità di raccolta differenziata.

Il Comune di Padova adotta principalmente due metodi di raccolta dei rifiuti:

- la raccolta differenziata attraverso isole ecologiche, composte da cassonetti di varie misure e diversificati per frazione merceologica, in cui i cittadini possono conferire i rifiuti;

- il servizio “porta a porta”, in cui ogni utenza viene fornita da un bidone per ogni tipologia di rifiuto, da esporre fuori dalla propria abitazione o attività commerciale in base ad un calendario dettagliato.

Inoltre, le tipologie di soggetti che usufruiscono del servizio di Raccolta Differenziata sono le Utenze Domestiche, costituite dalle persone fisiche (famiglie), e le Utenze Non Domestiche, cioè le persone giuridiche (attività commerciali quali negozi, uffici, bar e ristoranti).

In particolare, nel Centro Storico, denominato Zona Arancio, la raccolta viene effettuata con il metodo “porta a porta”. Le utenze, sia domestiche che non domestiche, vengono rifornite di sacchetti di colori diversi, in base alla tipologia di rifiuto da smaltire. Dall’11 gennaio 2016 la raccolta ha subito delle variazioni riguardanti il colore dei sacchetti e i giorni di esposizione dei rifiuti.

Per l’umido organico viene utilizzato un sacchetto semi-trasparente per le utenze domestiche, i negozi e gli uffici e un bidone grigio con coperchio marrone per i bar e i ristoranti; per gli imballaggi di plastica, metalli e lattine il sacchetto è di colore giallo; le utenze domestiche, i negozi e gli uffici sono tenuti a smaltire il vetro attraverso il conferimento nei contenitori verdi nella Zona Verde oppure presso l’isola ecologica interrata di Piazza delle Erbe, mentre i bar e i ristoranti, oltre alle modalità appena descritte possono, su richiesta, essere forniti di bidoni grigi con coperchio verde; la carta deve essere conferita attraverso un sacchetto di carta azzurro, mentre i cartoni possono essere esposti, in seguito alla riduzione del loro volume, nelle aree SRC; infine, i rifiuti secchi non differenziabili devono essere conferiti in un sacchetto grigio. La fornitura di sacchetti e bidoni viene effettuata da parte del Comune.

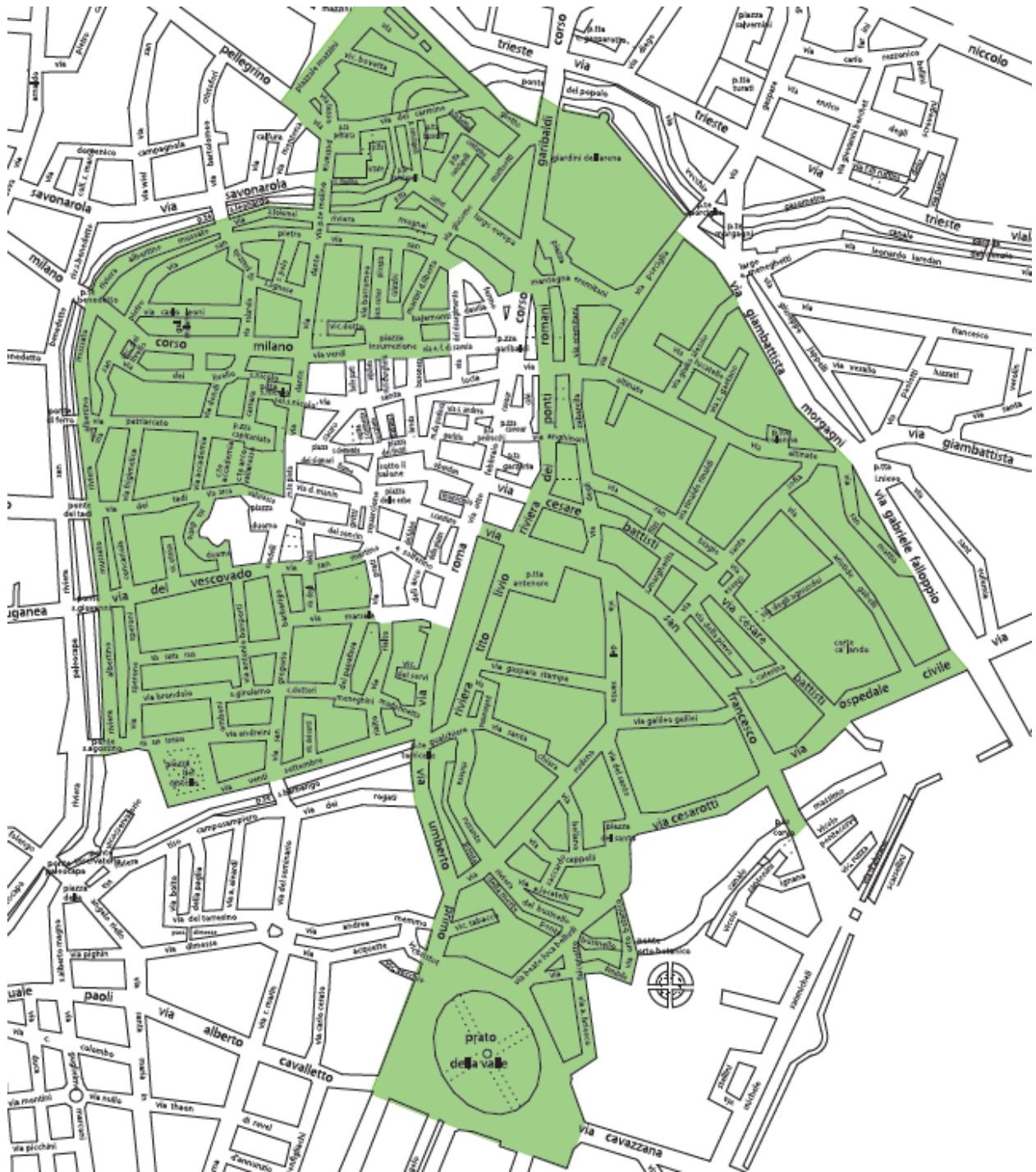


Figura 1.3. Zona Verde.

L'area che circonda la Zona Verde è la Zona Gialla. I quartieri che ne fanno parte sono Arcella, S. Bellino, S. Carlo, Mortise, Fiera, San Lazzaro, Stanga, Forcellini, S. Osvaldo, Madonna Pellegrina, Guizza Nord, Città Giardino, Sacra Famiglia, S. Giuseppe, la zona Est di Brusegana e di Chiesanuova, S. Ignazio e Savonarola. Come nella Zona Verde, la raccolta differenziata è effettuata

attraverso bidoni e cassonetti di diverso colore raggruppati in “isole ecologiche”.

Il rifiuto umido viene conferito nei bidoni marroni, la plastica, il vetro e i metalli sono destinati alla campana blu, la carta dev’essere conferita nei cassonetti con il coperchio giallo o nelle campane gialle e il rifiuto secco non riciclabile nei cassonetti grigi.

Nei quartieri della periferia la raccolta viene effettuata attraverso il “porta a porta”, ma il conferimento viene effettuato esponendo dei bidoni di colore diverso, forniti alle utenze dall’azienda incaricata della raccolta. L’introduzione di questo metodo di raccolta è stato effettuato in maniera graduale.

I primi quartieri dove è stata attivata sono stati Camin, Granze e San Gregorio (Quartiere 2), il primo maggio 2011; il 19 novembre 2012 è stata introdotta a Pontevigodarzere, Isola di Torre, Ponte di Brenta e Torre (Quartiere 2 e 3); Altichiero, Sacro Cuore e Ponterotto (Quartiere 6) hanno cominciato il “porta a porta” il 4 novembre 2013; nel 2014 il servizio è stato attivato a Montà, Chiesanuova Ovest, Brusegana Ovest e Mandria (Quartiere 5 e 6) il 7 aprile e a Voltabarozzo, Crocefisso, Salboro e Guizza (Quartiere 4) il 2 luglio. Il primo giugno 2016 è prevista l’introduzione del servizio “porta a porta” anche a Brusegana Est, Chiesanuova Est e S. Ignazio.

L’umido organico dev’essere conferito esponendo il contenitore marrone e viene prelevato due volte alla settimana nel periodo invernale, cioè nei mesi da ottobre a maggio, e tre volte alla settimana nel periodo estivo (da giugno a settembre); la plastica e i metalli devono essere esposti all’interno del contenitore con coperchio giallo e la carta in quello con coperchio blu ogni quindici giorni; il vetro viene raccolto una volta al mese e conferito nel bidone

con coperchio verde; il rifiuto secco non riciclabile viene raccolto nel bidone grigio con frequenza settimanale.

In tutto il Comune di Padova l'esposizione dei cartoni nelle aree dedicate può essere effettuato dalle ore 19.30 alle 20.00. In Centro Storico la raccolta viene effettuata tutti i giorni dal Lunedì al Sabato, mentre nei quartieri viene garantita per tre giorni alla settimana.

Gli scarti dei giardini vengono raccolti in appositi bidoni forniti dall'azienda a chi ne fa richiesta, una volta a settimana e per un massimo di dieci colli; gli indumenti, i tessuti e i pellami possono essere conferiti nei contenitori della Caritas, posizionati nei pressi delle parrocchie; i rifiuti ingombranti possono essere ritirati a domicilio, dopo aver contattato il Call Center, per un massimo di tre pezzi a settimana; i farmaci scaduti possono essere gettati negli appositi contenitori presso le farmacie; le batterie devono essere conferite nei contenitori autorizzati presso i negozi. Tutte queste tipologie di rifiuti, compresi quelli pericolosi e quelli che non rientrano nella raccolta differenziata, possono essere portati in uno dei centri di raccolta.

I centri di raccolta permettono il recupero di materiali di scarto o di rifiuti riutilizzabili in un nuovo ciclo produttivo; sono attrezzati per ricevere, selezionare e valorizzare i materiali e avviarli al riuso o allo smaltimento. Possono usufruire del servizio le persone fisiche (utenze domestiche) residenti o domiciliate nel Comune di Padova che pagano il tributo comunale sui rifiuti e dalle persone giuridiche (utenze non domestiche) che hanno sede nel Comune di Padova e pagano il tributo comunale sui rifiuti, limitatamente ai rifiuti urbani assimilati prodotti nei locali sottoposti a tributo. L'accesso ai centri di raccolta è

permesso in seguito all'esibizione del codice fiscale, per le utenze domestiche, e dell'ultima bolletta sui rifiuti, per le utenze non domestiche.

Attualmente i centri di raccolta sono quattro: ZIP, Stanga, Guizza e Euganea (Montà), ma nel 2016 è prevista l'apertura di un nuovo centro di raccolta nella zona di Padova Nord.

Ogni anno il Comune di Padova redige un Piano Economico Finanziario (PEF) di previsione. Il PEF è composto da cinque Elaborati, che nel complesso descrivono il servizio di raccolta dei rifiuti. Il primo Elaborato mette in evidenza le strutture, i servizi e gli impianti disponibili, esponendo con accuratezza le caratteristiche dei contenitori, dei mezzi e i luoghi designati per smaltimento dei rifiuti; l'Elaborato 2 tratta l'utilizzo di beni, strutture e servizi di terzi ponendo quindi l'attenzione sulla attività che vengono affidate ad aziende esterne; nel terzo Elaborato vengono specificati gli interventi, gli investimenti e le risorse necessarie; nel penultimo Elaborato, oltre alla specificazione del modello gestionale organizzativo, vengono descritti con cura, nei tempi e nei modi, tutti i servizi svolti nel Comune. Infine, nell'Elaborato 5, vengono registrate, ciascuna in una scheda diversa, tutte le attività che compongono il servizio di raccolta di rifiuti, specificando i costi per il personale, i mezzi, i cassonetti e gli eventuali attrezzi e accessori (scope, palette, sacchetti), oltre al costo totale.

| 1 RACCOLTA PORTA A PORTA - CENTRO STORICO ZONA ARANCIO - FRAZIONE SECCA NON RICICLABILE | | | | | | | | | |
|--|----------|-------|----------|-------------|---------|--------|--------------------|--------|--------|
| descrizione: raccolta a sacchi per le utenze domestiche | | | | | | | | | |
| scarico: nel compattatore scarrabile collocato in piazza delle erbe | | | | | | | | | |
| area intervento: 1 sezioni | | | | | | | | | |
| frequenza: 2 giorni/settimana in orario serale | | | | | | | | | |
| durata intervento per ogni sezione 9 h | | | | | | | | | |
| totale ore/anno totali | | | | | | | | | |
| mezzi per sezione: 1 autocarro leggero con vasca da 7 mc | | | | | | | | | |
| personale per sezione: 1 operaio 3° liv | | | | | | | | | |
| utenze totali previste per prelievo: 300 | | | | | | | | | |
| turni per sezione 104 turni/anno/sezione | | | | | | | | | |
| pari a ore per sezione 936 ore/anno/sezione | | | | | | | | | |
| pari a ore totali 936 ore/anno | | | | | | | | | |
| straordinari per termine servizio 45 ore/anno | | | | | | | | | |
| descrizione: raccolta sacchi/contenitori per le utenze non domestiche (ristoranti, bar, negozi) | | | | | | | | | |
| scarico: nel compattatore scarrabile collocato in piazza delle erbe | | | | | | | | | |
| area intervento: 1 sezioni | | | | | | | | | |
| frequenza: 2 giorni/settimana in orario serale | | | | | | | | | |
| durata intervento per ogni sezione 9 h | | | | | | | | | |
| totale ore/anno totali | | | | | | | | | |
| mezzi per sezione: 1 autocarro leggero con vasca da 7 mc | | | | | | | | | |
| personale per sezione: 1 operaio 3° liv | | | | | | | | | |
| utenze totali previste per prelievo: 200 | | | | | | | | | |
| turni per sezione 104 turni/anno/sezione | | | | | | | | | |
| pari a ore per sezione 936 ore/anno/sezione | | | | | | | | | |
| pari a ore totali 936 ore/anno | | | | | | | | | |
| | E/anno | E/h | E/tumo6h | addetti/sez | sezioni | totali | h/anno | E/anno | |
| autisti 4° liv | 51.253 | 34,05 | 204,30 | | | | | | - |
| autisti 4° liv | 51.253 | 34,05 | 204,30 | | | | | | - |
| autisti mezzi speciali 4° liv | 52.500 | 34,88 | 209,28 | | | | | | - |
| autisti 4° liv serv.notturno | 60.275 | 40,05 | 240,30 | | | | | | - |
| operai 3° liv | 47.514 | 30,69 | 184,14 | | | | | | - |
| operai 3° liv pat. C | 48.029 | 31,03 | 186,18 | | | | 1.554 | 48.213 | |
| operai 3° liv pat. C straordinari | 54.830 | 35,42 | 212,52 | | | | 45 | 1.594 | |
| operai 3° liv pat. C notturno | 56.657 | 36,60 | 219,60 | | | | 318 | 11.648 | |
| | | | | | | | | | 61.455 |
| MEZZI: | E/anno | E/h | E/tumo6h | mezzi/sez | sezioni | totali | h/anno | E/anno | |
| compattatore grande | 57.393 | 28,40 | 170,39 | | | | | | - |
| compattatore grande | 57.393 | 28,40 | 170,39 | | | | | | - |
| compattatore medio | 42.377 | 24,93 | 149,57 | | | | | | - |
| compattatore piccolo | 45.318 | 21,26 | 127,54 | | | | | | - |
| compattatore volta bidoni | 78.813 | 31,53 | 189,15 | | | | | | - |
| mono operatore raccolta cassonetti | 65.936 | 32,21 | 193,26 | | | | | | - |
| autocarro con gru campane | - | - | - | | | | | | - |
| autocarro con bracci per cassoni 6 mc | 26.886 | 26,89 | 161,31 | | | | | | - |
| autocarro con lift per cassoni | 41.237 | 36,99 | 221,92 | | | | | | - |
| autocarro leggero con vasca da 5 mc | 15.378 | 7,32 | 43,95 | | | | | | - |
| autocarro con vasca da 7 mc | 21.141 | 10,07 | 60,41 | | | | 1.917 | 19.303 | |
| autocarro leggero centinato | 10.008 | 6,90 | 41,41 | | | | | | - |
| autocarro lavacassonetti | 29.471 | 35,64 | 213,82 | | | | | | - |
| mono-operatore lavacassonetti | 35.793 | 55,75 | 334,51 | | | | | | - |
| motocarro | 5.146 | 3,31 | 19,87 | | | | | | - |
| autovettura pick up | - | - | - | | | | | | - |
| autovettura | 6.853 | 9,79 | 58,74 | | | | | | - |
| | | | | | | | | | 19.303 |
| CONTENITORI: | E/anno | | | | | | numero contenitori | E/anno | |
| cassonetto in polietilene da 1,1 mc con ruote | 58,95 | | | | | | | | - |
| cassonetto da 1,3 mc con ruote | 167,73 | | | | | | | | - |
| cassonetto da 1,7 mc con ruote | 159,38 | | | | | | | | - |
| cassonetto da 1,7 mc | 126,58 | | | | | | | | - |
| cassonetto da 2,4 mc | 154,95 | | | | | | | | - |
| campana gialla carta | - | | | | | | | | - |
| campana blu multimateriale | 115,32 | | | | | | | | - |
| contenitore raccolta CARITAS | - | | | | | | | | - |
| bidone 120 litri | 5,21 | | | | | | | | - |
| bidone 240 litri | 7,52 | | | | | | | | - |
| cassone multibenna da 6 mc | - | | | | | | | | - |
| cassone da 20 mc | 735,10 | | | | | | | | - |
| press container da 20 mc | 3.721,26 | | | | | | 1 | 3.721 | |
| | | | | | | | | | 3.721 |
| SACCHI | E/cad | | | | | | numero sacchi | E/anno | |
| colore secondo norma UNI | | | | | | | | | 4.191 |
| | | | | | | | | | - |
| | | | | | | | | | 4.191 |
| TOTALE | | | | | | | | | 88.670 |

Figura 1.4. Esempio di scheda del Piano Economico Finanziario (PEF).

L'ANALISI DEI DATI

I DATI

La metodologia di raccolta dei rifiuti tramite il servizio “porta a porta” permette agli operatori addetti di verificare che gli utenti conferiscano in maniera corretta i rifiuti e, in caso contrario, di non ritirare tali rifiuti. I cittadini sono quindi obbligati a differenziare con maggiore attenzione gli scarti, facendo così aumentare la percentuale di raccolta differenziata in queste aree. La raccolta effettuata tramite questa tipologia di servizio richiede un primo investimento in termini di contenitori e/o sacchetti per differenziare la raccolta, ma è necessario tenere presente che i costi di riciclaggio o smaltimento sono diversi per ogni frazione merceologica (*Figura 2.1*). Si può quindi notare che lo smaltimento di una tonnellata di rifiuto secco è più onerosa del compostaggio di una tonnellata di rifiuto umido o del riciclo del legno. L’obiettivo dell’elaborato è quello di valutare, in base ai dati a disposizione, se nel lungo termine il servizio di raccolta “porta a porta” permette, oltre ad un aumento della percentuale della raccolta differenziata, una diminuzione dei costi totali del servizio di raccolta dei rifiuti.

I dati necessari allo studio del caso sono stati forniti sotto forma di tabella.

Le intestazioni delle righe riportano le zone in cui è suddiviso il Comune di Padova: Area Arancio, Area Verde, Attivazione 2016, Attivazione 2017, Camin, Padova NORD-EST, Padova NORD-OVEST, Padova SUD, Padova SUD-OVEST e Zona Gialla. Le intestazioni delle colonne permettono di individuare i dati per le diverse zone: numero di UtENZE Non Domestiche e Domestiche, superficie totale delle UtENZE Non Domestiche e Domestiche e numero di occupanti delle UtENZE Domestiche (*Tabella 2.1*).

Al fine di una migliore interpretazione dei dati, vengono aggiunte, nella *Tabella 2.2*, la superficie media delle Utenze Non Domestiche (*Formula 2.1*) e di quelle Domestiche (*Formula 2.2*) e il numero medio di occupanti di ogni Utenza Domestica (*Formula 2.3*).

Formula 2.1.

$$\text{Superficie media Utenze Non Domestiche} = \frac{\text{Superficie totale Utenze Non Domestiche}}{\text{Numero Utenze Non Domestiche}}$$

Formula 2.2.

$$\text{Superficie media Utenze Domestiche} = \frac{\text{Superficie totale Utenze Domestiche}}{\text{Numero Utenze Domestiche}}$$

Formula 2.3.

$$\text{Numero medio occupanti Utenze Domestiche} = \frac{\text{Numero occupanti Utenze Domestiche}}{\text{Numero Utenze Domestiche}}$$

Per ogni zona viene calcolata la spesa complessiva prevista limitata ai servizi legati alla raccolta di ogni frazione merceologica, quindi rifiuto umido, secco, plastica/metalli/lattine, vetro e carta/cartone. Poiché le spese della Zona Attivazione 2017 rientrano nelle schede dei costi della Zona Gialla, i dati sulle numerosità delle utenze e degli occupanti e sulle superfici vengono sommati; inoltre, i costi della raccolta di ogni frazione merceologica nei quartieri periferici del Comune di Padova (Camin, Padova NORD-EST, Padova NORD-OVEST, Padova SUD, Padova SUD-OVEST) sono raggruppati in un'unica scheda. Osservando i valori medi si osserva che quelli riguardanti gli occupanti e le superfici delle Utenze Domestiche sono abbastanza simili per ogni zona del Comune di Padova. I valori medi delle superfici delle Utenze Non Domestiche, invece, sono molto differenti tra loro; ad esempio nella zona di Camin, nota per essere in parte un'area industriale, la superficie media delle Utenze Non Domestiche è pari a circa 770 m², mentre per altre zone la superficie media non supera i 200 m². In base a queste informazioni, la spesa totale della raccolta nei

quartieri della periferia viene suddivisa per ogni zona tramite delle proporzioni (*Formula 2.4*).

Formula 2.4.

$$\text{SommaSupTotQuartieri} : \text{SpesaRaccoltaTotQuartieri} = \text{SupTotQuartiereN} : X$$

$$\text{con } X = \text{SpesaRaccoltaQuartiereN} = \frac{\text{SpesaRaccoltaTotQuartieri} * \text{SupTotQuartiereN}}{\text{SommaSupTotQuartieri}}$$

Come ultimo passo si inserisce una variabile dicotomica che assume valore 0 se nella zona non è presente il servizio “porta a porta” oppure valore 1 se tale servizio è attivo nella zona di interesse. Poiché nella Zona Attivazione 2016 il servizio di raccolta “porta a porta” è attivo solo dall’1 giugno 2016, impostiamo la variabile dicotomica pari a 0 (*Tabella 2.3*).

L - COMPUTO ECONOMICO COSTI SMALTIMENTO E RECUPERI E CONTRIBUTI CONAI

| | tipologia rifiuto urbano | trattamento eseguito: trasporto + fasi sottoindicate | codici CER | quantità v. tab. H ton | prezzi E/ton | costo E/anno |
|-----|--|---|-------------------|------------------------------|-----------------|-------------------|
| 1 | smaltimento rifiuti urbani e assimilati | incenerimento e trav/trasp/discarica | 20.03.01 | 55.000 | 125,07 | 6.878.850 |
| 2 | residui della pulizia delle strade meccanizzata | incenerimento | 20.03.03 | - | 125,07 | - |
| 2b | residui della pulizia delle strade meccanizzata | travaso ed avvio a recupero | 20.03.03 | 1.047 | 108,71 | 113.815 |
| 3 | frazione umida mercati ortofruttili | selezione e compostaggio | 20.03.02 | 2.022 | 70,70 | 142.955 |
| 4 | frazione umida da raccolta differenziata rifiuti urbani | travaso, selezione e compostaggio | 20.01.08 | 17.581 | 99,62 | 1.751.324 |
| 4a | sovralli da selezione frazione umida rifiuti urbani | incenerimento | 19.12.12 | - | - | - |
| 5 | scarti verdi e ramaglie Sesa | compostaggio | 20.02.01 | 3.150 | 46,46 | 146.349 |
| 5a | scarti verdi e ramaglie Amit | compostaggio | 20.02.01 | 3.150 | 56,99 | 179.532 |
| 6 | toner esaurito per stampe | selezione e riciclo | 16.02.16 | 33 | - | - |
| 7 | imballaggi misti | selezione e riciclo | 15.01.06 | 2.999 | 84,84 | 254.461 |
| 8 | rifiuti cimiteriali a termodistruzione | incenerimento | 20.02.03 | 39 | 125,07 | 4.815 |
| 9 | inerti da demolizione (provenienti anche da cimiteri) | selezione e riciclo | 17.09.04 | 795 | 18,00 | 14.810 |
| 10 | materiale ferroso | selezione e riciclo | 20.01.40 | 410 | - | - |
| 11 | legno (beni durevoli, mobili) presso centri raccolta | selezione e riciclo | 20.01.38 | - | - | - |
| 11a | legno (beni durevoli, mobili) presso trasferenza | selezione e riciclo | 20.01.38 | 2.852 | 32,96 | 93.991 |
| 12 | imballaggi in legno presso centri di raccolta | selezione e riciclo | 15.01.03 | - | - | - |
| 12a | imballaggi in legno presso trasferenza | selezione e riciclo | 15.01.03 | - | - | - |
| 13 | vestiti, scarpe, ecc (contenitori Caritas) | selezione e riciclo | 20.01.10 | 507 | - | - |
| 14 | fanghi da pulizia caditoie stradali | compostaggio | 20.03.03 | - | - | - |
| 15 | frigoriferi | selezione, smaltimento, riciclo | 20.01.23 | - | - | - |
| 15a | frigoriferi Ecoentro | selezione, smaltimento, riciclo | 20.01.23 | 120 | - | - |
| 16 | televisioni, computer, apparecchiature elettriche Ecoentro | selezione, smaltimento, riciclo | 20.01.35-20.01.36 | 605 | - | - |
| 16a | televisioni, computer, apparecchiature elettriche | selezione, smaltimento, riciclo | 20.01.35-20.01.36 | - | - | - |
| 17 | neon Ecoentro | stoccaggio e smaltimento | 20.01.21 | 2 | - | - |
| 17a | neon | stoccaggio e smaltimento | 20.01.21 | - | - | - |
| 18 | batterie al piombo e a secco | selezione, smaltimento, riciclo | 20.01.33 | 41 | - | - |
| 19 | farmaci | stoccaggio, verifica, incenerimento | 20.01.32 | 22 | 525,20 | 11.554 |
| 20 | pile | stoccaggio, smaltimento | 20.01.33 | - | - | - |
| 21 | T e/o F (rifiuti domestici tossici e/o infiammabili) | stoccaggio, selezione, incenerimento | 15.01.10 | 68 | 851,41 | 57.470 |
| 22 | multimateriale vpl | selezione multimateriale | 19.12.12 | 7.200 | 3,50 | 25.200 |
| 23 | - quantità multimateriale da Q2-Q3-Q4-Q6 plastica lattine | selezione multimateriale | 15.01.06 | 2.450 | 100,00 | 245.000 |
| 24 | multimateriale: fraz. vetro (da selezione multimateriale vl) | selezione multimateriale | 15.01.07 | 834 | 12,76 | 10.636 |
| 25 | multimateriale: fraz. plastica (da selezione multimateriale vl) | selezione multimateriale | 15.01.02 | - | 12,76 | - |
| 26 | multimateriale: fraz. Alluminio lattine (da selezione multimateriale vl) | selezione multimateriale | 15.01.04 | 12,54 | 12,76 | 160 |
| 27 | multimateriale: ferro lattine (da selezione multimateriale vl) | selezione multimateriale | 15.01.04 | 61,3 | 12,76 | 782 |
| 28 | multimateriale: fraz. scarti (da selezione multimateriale vl) | selezione multimateriale e smalt. | 19.12.12 | 486,6 | 12,76 | 6.207 |
| 29 | carta mista** | selezione e riciclo | 20.01.01 | 10.735 | - | - |
| 30 | carta mista con frazioni estranee da cassonetti zona verde* | selezione e riciclo | 20.01.01 | - | - | - |
| 31 | carta/cartone raccolta selettiva*** | selezione e riciclo | 15.01.01 | 4.531 | - | - |
| 32 | ingombranti misti da riciclerie | selezione e riciclo | 20.03.07 | 2.420 | 153,99 | 372.647 |
| 33 | olio lubrificante esausto da utenze domestiche | selezione e riciclo | 13.02.05-20.01.28 | 8 | - | - |
| 34 | olio alimentare esausto da utenze domestiche | selezione e riciclo | 20.01.25 | 61 | - | - |
| 35 | pneumatici | trasporto+smaltimento | 16.01.03 | 25 | 166,65 | 4.200 |
| 36 | cemento amianto (Eterit) da bonifiche | stoccaggio+trasporto+smaltimento | 17.06.05 | 82 | 357,00 | 29.236 |
| 37 | Gestione post-operativa Vasco de Gama | | | | - | 386.559 |
| | | | | | | 10.730.556 |

Figura 2.1. Costi di smaltimento e recupero.

Tabella 2.1. Prima versione dei dati.

| Zone | UtenzeND | SupTotUtenzeND | UtenzeD | SupTotUtenzeD | OccupantiUtenzeD |
|-------------------|----------|----------------|---------|---------------|------------------|
| Area Arancio | 1.001 | 168.765 | 1.161 | 123.841 | 2.227 |
| Area Verde | 2.643 | 517.114 | 6.334 | 808.535 | 12.474 |
| Attivazione 2016 | 517 | 99.733 | 5.253 | 585.906 | 11.508 |
| Attivazione 2017 | 391 | 57.934 | 5.063 | 578.122 | 11.057 |
| Camin | 1.865 | 1.435.831 | 2.638 | 339.896 | 6.519 |
| Padova NORD-EST | 555 | 92.880 | 5.494 | 666.774 | 12.754 |
| Padova NORD-OVEST | 362 | 156.582 | 4.583 | 580.971 | 10.879 |
| Padova SUD | 477 | 68.982 | 6.122 | 773.610 | 14.220 |
| Padova SUD-OVEST | 662 | 157.034 | 7.986 | 1.028.183 | 18.780 |
| Zona Gialla | 9.224 | 3.013.280 | 54.660 | 6.355.917 | 114.536 |
| Totale | 17.697 | 5.768.135 | 99.294 | 11.841.755 | 214.954 |

Tabella 2.2. Seconda versione dei dati.

| Zone | Utenze ND | SupTot UtenzeND | SupMedia UtenzeND | Utenze D | SupTot UtenzeD | SupMedia UtenzeD | Occupanti UtenzeD | OccMedi UtenzeD |
|-----------------------|--------------|--------------------|----------------------|-------------|-------------------|---------------------|----------------------|--------------------|
| Area Arancio | 1.001 | 168.765 | 168,60 | 1.161 | 123.841 | 106,67 | 2.227 | 1,92 |
| Area Verde | 2.643 | 517.114 | 195,65 | 6.334 | 808.535 | 127,65 | 12.474 | 1,97 |
| Attivazione 2016 | 517 | 99.733 | 192,91 | 5.253 | 585.906 | 111,54 | 11.508 | 2,19 |
| Attivazione 2017 | 391 | 57.934 | 148,17 | 5.063 | 578.122 | 114,19 | 11.057 | 2,18 |
| Camin | 1.865 | 1.435.831 | 769,88 | 2.638 | 339.896 | 128,85 | 6.519 | 2,47 |
| Padova NORD- EST | 555 | 92.880 | 167,35 | 5.494 | 666.774 | 121,36 | 12.754 | 2,32 |
| Padova NORD- OVEST | 362 | 156.582 | 432,55 | 4.583 | 580.971 | 126,77 | 10.879 | 2,37 |
| Padova SUD | 477 | 68.982 | 144,62 | 6.122 | 773.610 | 126,37 | 14.220 | 2,32 |
| Padova SUD- OVEST | 662 | 157.034 | 237,21 | 7.986 | 1.028.183 | 128,75 | 18.780 | 2,35 |
| Zona Gialla | 9.224 | 3.013.280 | 326,68 | 54.660 | 6.355.917 | 116,28 | 114.536 | 2,10 |
| Totale/Media | 17.697 | 5.768.135 | 325,94 | 99.294 | 11.841.755 | 119,26 | 214.954 | 2,16 |

Tabella 2.3. Terza versione dei dati.

| Zone | Utenze ND | SupTot UtenzeND | SupMedia UtenzeND | Utenze D | SupTot UtenzeD | Occupanti UtenzeD | Spesa Raccolta | PortaPorta |
|---------------------------------|--------------|--------------------|----------------------|-------------|-------------------|----------------------|-------------------|------------|
| Area Arancio | 1.001 | 168.765 | 168,60 | 1.161 | 123.841 | 2.227 | 177.491 | 1 |
| Area Verde | 2.643 | 517.114 | 195,65 | 6.334 | 808.535 | 12.474 | 1.303.449 | 0 |
| Attivazione 2016 | 517 | 99.733 | 192,91 | 5.253 | 585.906 | 11.508 | 503.795 | 0 |
| Camin | 1.865 | 1.435.831 | 769,88 | 2.638 | 339.896 | 6.519 | 1.931.013 | 1 |
| Padova NORD-EST | 555 | 92.880 | 167,35 | 5.494 | 666.774 | 12.754 | 124.930 | 1 |
| Padova NORD-OVEST | 362 | 156.582 | 432,55 | 4.583 | 580.971 | 10.879 | 210.530 | 1 |
| Padova SUD | 477 | 68.982 | 144,62 | 6.122 | 773.610 | 14.220 | 92.798 | 1 |
| Padova SUD-OVEST | 662 | 157.034 | 237,21 | 7.986 | 1.028.183 | 18.780 | 211.301 | 1 |
| Zona Gialla+Attivazione 2017 | 9.615 | 3.071.214 | 319,42 | 59.723 | 6.934.039 | 125.593 | 4.780.178 | 0 |

L'ELABORAZIONE DEI DATI

Il primo passo per una corretta valutazione dei dati è stato quello di calcolare le matrici di covarianza e di correlazione della *Tabella 3.1*.

Tabella 3.1. Dati per il calcolo delle matrici di covarianza e di correlazione.

| Zone | Utenze ND | SupTot UtenzeND | Utenze D | SupTot UtenzeD | Occupanti UtenzeD | Spesa Raccolta |
|------------------------------|-----------|-----------------|----------|----------------|-------------------|----------------|
| Area Arancio | 1.001 | 168.765 | 1.161 | 123.841 | 2.227 | 177.491 |
| Area Verde | 2.643 | 517.114 | 6.334 | 808.535 | 12.474 | 1.303.449 |
| Attivazione 2016 | 517 | 99.733 | 5.253 | 585.906 | 11.508 | 503.795 |
| Camin | 1.865 | 1.435.831 | 2.638 | 339.896 | 6.519 | 1.931.013 |
| Padova NORD-EST | 555 | 92.880 | 5.494 | 666.774 | 12.754 | 124.930 |
| Padova NORD-OVEST | 362 | 156.582 | 4.583 | 580.971 | 10.879 | 210.530 |
| Padova SUD | 477 | 68.982 | 6.122 | 773.610 | 14.220 | 92.798 |
| Padova SUD-OVEST | 662 | 157.034 | 7.986 | 1.028.183 | 18.780 | 211.301 |
| Zona Gialla +Attivazione2017 | 9.615 | 3.071.214 | 59.723 | 6.934.039 | 125.593 | 4.780.178 |

Il risultato della matrice di covarianza è stato il seguente:

Matrice 3.1 . Matrice di covarianza.

| | | | | | |
|---------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|
| 7.831.981 | 2.521.976.815 | 46.382.809 | 5.357.081.098 | 96.493.670 | 3.935.435.056 |
| 2.521.976.815 | 907.282.659.704 | 14.496.826.467 | 1.673.298.602.010 | 30.234.491.597 | 1.367.643.533.666 |
| 46.382.809 | 14.496.826.467 | 299.980.296 | 34.665.320.200 | 627.275.586 | 22.511.180.057 |
| 5.357.081.098 | 1.673.298.602.010 | 34.665.320.200 | 4.007.303.254.242 | 72.499.465.891 | 2.598.312.607.688 |
| 96.493.670 | 30.234.491.597 | 627.275.586 | 72.499.465.891 | 1.312.343.741 | 46.844.691.298 |
| 3.935.056 | 1.367.643.533.666 | 22.511.180.057 | 2.598.312.607.688 | 46.844.691.298 | 2.110.324.340.181 |

La matrice di covarianza è solo il passaggio che precede il calcolo della matrice di correlazione (*Matrice 3.2*), che permetterà di capire quanto sono legati tra

loro i numeri di Utenze (Domestiche e Non Domestiche), con le relative Superfici Totali e il numero di Occupanti. Da questa matrice parte il vero lavoro di interpretazione e valutazione delle relazioni che intercorrono tra i dati.

Matrice 3.2. Matrice di correlazione.

| | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 0,9461 | 0,9569 | 0,9562 | 0,9518 | 0,9680 |
| 0,9461 | 1 | 0,8787 | 0,8776 | 0,8762 | 0,9884 |
| 0,9569 | 0,8787 | 1 | 0,9998 | 0,9997 | 0,8947 |
| 0,9562 | 0,8776 | 0,9998 | 1 | 0,9997 | 0,8935 |
| 0,9518 | 0,8762 | 0,9997 | 0,9997 | 1 | 0,8901 |
| 0,9680 | 0,9884 | 0,8947 | 0,8935 | 0,8901 | 1 |

Prima di tutto è possibile osservare che tutti i valori della matrice sono positivi, indice dell'esistenza di una relazione lineare positiva tra ogni coppia variabili, cioè al crescere di una variabile cresce anche l'altra.

Osservando quindi i grafici delle correlazioni (*Figura 3.1*), è possibile notare che, per ogni coppia di variabili, i dati si distribuiscono attorno alla bisettrice del primo quadrante del grafico, cioè la retta con coefficiente angolare pari a 1, ad eccezione di qualche valore anomalo che si allontana da tale retta. Le correlazioni più alte si notano tra i valori del Numero di Utenze Domestiche, la loro Superficie Totale e il Numero di Occupanti.

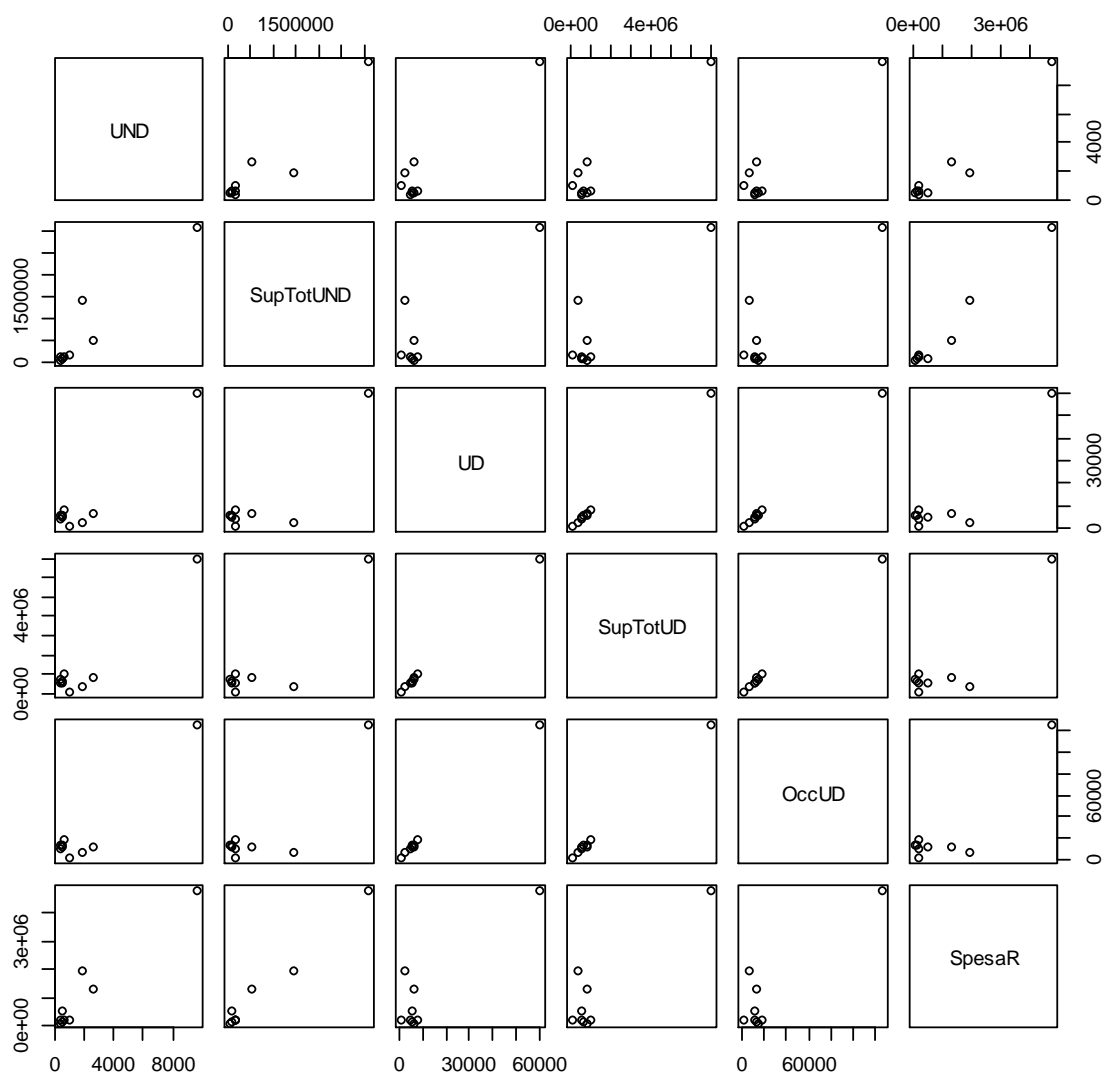


Figura 3.1. Grafici di dispersione (correlazioni).

La seconda parte dell'analisi dei dati è stata effettuata attraverso il software Statgraphics, analizzando i dati della *Tabella 2.3* attraverso l'utilizzo di modelli di regressione lineare multipla.

Il primo passaggio, dopo aver caricato i dati nel software, è stato effettuare l'analisi delle variabili per mostrare le statistiche di sintesi per ciascuna variabile (*Tabella 3.2*).

Tabella 3.2. Statistiche descrittive.

| | Utenze ND | SupTotUtND | UtenzeD | SupTotUtD | OccUD | SpesaRaccolta |
|---------------------|-----------|------------|---------|-----------|---------|---------------|
| Conteggio | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| Media | 1966,33 | 640904 | 11032,7 | 1,32E+06 | 23883,8 | 1,04E+06 |
| Deviazione standard | 2968,33 | 1,01E+06 | 18370,6 | 2,12E+06 | 38423,8 | 1,54E+06 |
| Minimo | 362 | 68982 | 1161 | 123841 | 2227 | 92798 |
| Massimo | 9615 | 3,07E+06 | 59723 | 6,93E+06 | 125593 | 4,78E+06 |

Oltre alla media, che era stata già precedentemente calcolata, viene fornito il numero di dati per ogni colonna, la deviazione standard e i valori massimi e minimi rilevati per ogni variabile.

Il secondo passo per l'analisi dei dati è l'applicazione di alcuni modelli di regressione multipla, poiché si vuole prevedere una variabile avendo noti i valori delle altre variabili. I modelli di regressione multipla vengono costruiti per prevedere i valori della Spesa per la Raccolta, inserendola quindi come variabile dipendente.

Nel primo modello di regressione multipla le variabili indipendenti usate sono il Numero e la Superficie Totale delle Utenze Non Domestiche e il Numero, la Superficie Totale e il Numero di Occupanti delle Utenze Domestiche (*Figura 3.2*).

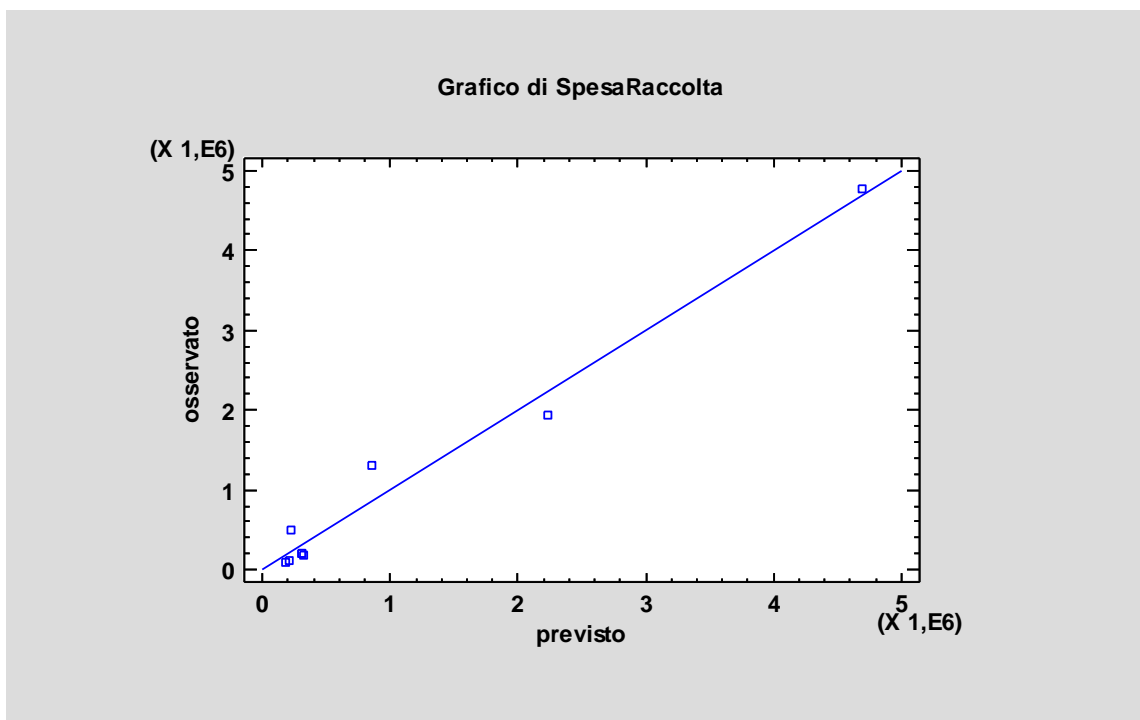


Figura 3.2. Grafico Modello 1.

Il modello ottenuto comprende la Costante e la variabile Superficie Totale delle Utenze Non Domestiche:

Modello 1.

$$SpesaRaccolta = 71.173,6 + 1,50741 * SupToTUtND$$

Il *Modello 1* spiega oltre il 97% della variabilità dei dati e indica che, per ogni m^2 aggiuntivo di Superficie occupato da un Utente Non Domestica, la Spesa per la Raccolta di ogni zona aumenta di 1,50741 (*Tabella 3.3*).

Tabella 3.3. Regressione multipla Modello 1.

| Parametro | Stima | Errore standard | Statistica T | P-value |
|------------|---------|-----------------|--------------|---------|
| COSTANTE | 71173,6 | 100564 | 0,707745 | 0,502 |
| SupTotUtND | 1,50741 | 0,087595 | 17,2089 | 0 |

Il secondo modello di regressione multipla applicato prevede sempre la Spesa per la Raccolta come variabile dipendente; anche le variabili indipendenti rimangono inalterate, eccetto il Numero di Occupanti delle Utenze Domestiche che viene sostituito dalla variabile che indica la presenza o meno del servizio “porta a porta” (Figura 3.3).

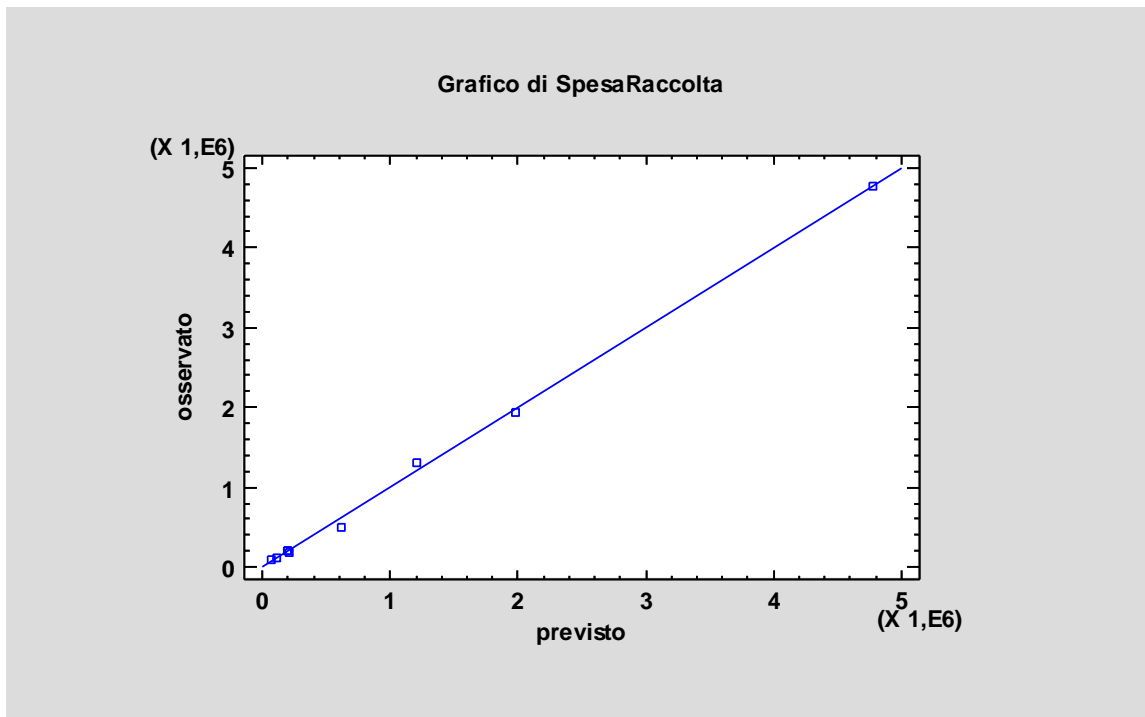


Figura 3.3. Grafico Modello 2.

Il risultato che si ottiene mostra come la Spesa per la Raccolta dipenda dalla Superficie Totale delle Utenze Non Domestiche e dalla variabile dicotomica che è stata inserita per specificare la presenza del “porta a porta”.

Modello 2.

$$SpesaRaccolta = 476.436 + 1,3986 * SupTotUtND - 503.290 * Porta_porta$$

Il Modello 2 spiega oltre il 99% della variabilità, ma si deve tenere presente che ci sono poche osservazioni. In particolare tale modello suggerisce che per ogni

m² di Superficie occupata dalle Utenze Non Domestiche la Spesa aumenta di 1,3986 e che nelle zone in cui è presente il servizio di raccolta “porta a porta” la spesa diminuisce di 503.290 (*Tabella 3.4*).

Tabella 3.4. Regressione multipla Modello 2.

| Parametro | Stima | Errore standard | Statistica T | P-value |
|-------------|---------|-----------------|--------------|---------|
| COSTANTE | 476436 | 51798,9 | 9,19781 | 0,0001 |
| SupTotUtND | 1,3986 | 0,026879 | 52,0329 | 0 |
| Porta_porta | -503290 | 54311,5 | -9,26673 | 0,0001 |

Sono presenti due residui, corrispondenti alla Zona Verde e alla zona Attivazione 2016, che assumono un valore superiore a 2 (*Tabella 3.5*); in particolare, il residuo riguardante la zona Attivazione 2016 ha un valore superiore a 3 ed è quindi necessario verificare se tale dato sia anomalo e quindi eliminarlo dal modello. Applicando il modello al nuovo dataset (senza le osservazioni della zona Attivazione 2016), si ottiene un valore più alto dell'R² e del test F, nonostante i dati si discostino dalla normalità; nonostante ciò risultano maggiori di 2 i residui studentizzati di altre zone, perciò, avendo già un esiguo numero di osservazioni, si mantengono anche quelli della zona Attivazione 2016.

Tabella 3.5. Residui anomali.

| Riga | Y | Previsto Y | Residuo | Residuo studentizzato |
|------------------|----------|------------|---------|-----------------------|
| Zona Verde | 1,30E+06 | 1,20E+06 | 103778 | 2,96 |
| Attivazione 2016 | 503795 | 615923 | -112128 | -7,97 |

A completamento di questi risultati si è ritenuto utile effettuare un'analisi dei gruppi, allo scopo di raggruppare le zone più omogenee tra loro.

La zona Gialla (9), che è la zona più grande e non è servita dal “porta a porta”, forma un gruppo a sé, in quanto molto dissimile dalla tipologia delle altre zone. Presentano grande affinità le zone Attivazione 2016 (3), Padova NORD-EST (5), Padova NORD-OVEST (6), Padova SUD (7) e Padova SUD-OVEST (8); sono infatti tutte zone residenziali con la presenza del medesimo servizio di raccolta, eccetto la prima, in cui verrà attivato nel corso dell'anno. Si aggiunge a questo gruppo, anche se con un po' di distacco, la zona Arancio (1). Da notare che la zona Verde (2) e Camin (4) formano un gruppo a sé stante, verosimilmente perché in entrambe c'è una forte presenza di utenze non domestiche.

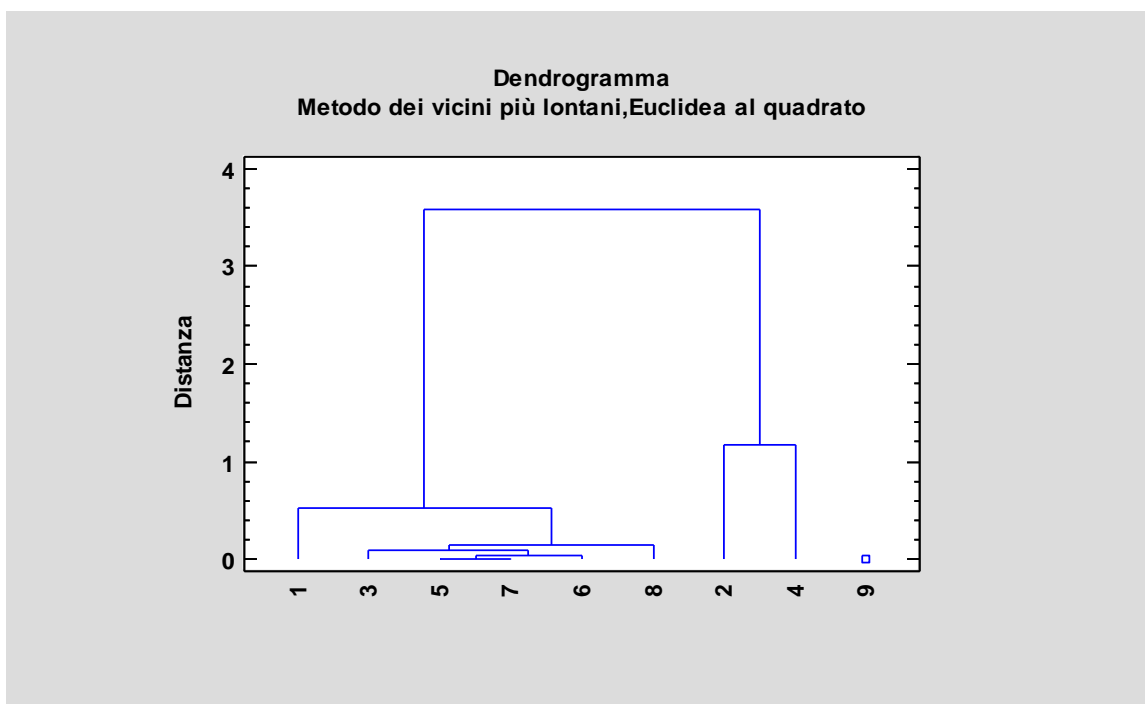


Figura 3.4. Dendrogramma.

Si può affermare quindi che la presenza del servizio di raccolta “porta a porta” permette un risparmio di denaro, dovuto probabilmente alla migliore gestione della raccolta dei rifiuti. Inoltre si osserva che la città è suddivisa

principalmente in 3 gruppi (uno dei quali formato da un solo componente), che risultano affini soprattutto sotto il punto di vista del valore della spesa per la raccolta.

CONCLUSIONI

L'attività di stage presso il Settore Ambiente del Comune di Padova ha permesso di valutare, attraverso i dati forniti, se nelle zone in cui è presente la raccolta differenziata tramite la metodologia "porta a porta" il servizio risulta essere più conveniente rispetto alle zone in cui la raccolta differenziata viene effettuata tramite conferimento in cassonetti raggruppati in un'isola ecologica.

Inizialmente, il lavoro si è concentrato sulla selezione e sull'aggregazione dei dati, in modo che la loro successiva analisi potesse far emergere dei risultati significativi.

Lo studio dei dati ha fatto emergere la presenza di una correlazione positiva tra le variabili prese in considerazione.

La successiva applicazione dei modelli di regressione multipla ha indicato che il valore della Spesa per la Raccolta di ogni zona dipende della Superficie Totale delle Utenze Non Domestiche e dalla presenza o meno del servizio "porta a porta"; in particolare, laddove è presente tale servizio si ottiene un risparmio nella spesa.

Attraverso un'analisi dei gruppi è risultato che la Zona Gialla avesse caratteristiche completamente differenti dalle altre zone, tanto da creare un gruppo a sé. Un interessante studio potrebbe basarsi sulla suddivisione della Zona Gialla in piccole aree (che poi sarebbero inserite gradualmente nel progetto di raccolta differenziata "porta a porta") e valutare se le loro caratteristiche possono essere ricondotte a quelle delle aree che sono state oggetto di analisi.

I risultati ottenuti potrebbero spingere il Settore Ambiente del Comune di Padova a velocizzare l'inserimento delle zone con raccolta presso i cassonetti

nel progetto del “porta a porta”, in modo da aumentare la percentuale della raccolta differenziata e, allo stesso tempo, risparmiare sul servizio di raccolta e sul conferimento delle frazioni merceologiche.

APPENDICE:
CENNI DI STATISTICA

Al fine di semplificare la comprensione dell'elaborato anche a coloro che non studiano la statistica, si vogliono introdurre alcuni concetti di base che verranno poi citati nella valutazione e nell'elaborazione dei dati.

- Media aritmetica.

Data una distribuzione disaggregata, x_1, x_2, \dots, x_N , la media aritmetica, indicata con il simbolo μ , è espressa dalla formula

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

- Scostamento quadratico medio o deviazione standard.

Data la distribuzione disaggregata, x_1, x_2, \dots, x_N , si chiama scostamento quadratico medio o deviazione standard la media quadratica degli scarti $|x_1 - \mu|, |x_2 - \mu|, \dots, |x_N - \mu|$:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}$$

- Varianza.

Il quadrato della deviazione standard è conosciuto come varianza

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2$$

- Covarianza.

Data una distribuzione doppia di probabilità descritta dalla funzione di probabilità congiunta $f(x, y)$, si chiama covarianza la quantità

$$\sigma_{XY} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu_X)(y_i - \mu_Y)$$

- Coefficiente di correlazione di Bravais.

In una distribuzione doppia disaggregata, il coefficiente di correlazione è dato da

$$\rho = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma_X} \frac{y_i - \bar{y}}{\sigma_Y}$$

Le proprietà del coefficiente di Bravais sono le seguenti.

- *Varia nell'intervallo [-1, 1]; i valori estremi -1 e 1 vengono raggiunti se e solo se tra le variabili X e Y c'è perfetta relazione lineare; in particolare, è pari a 1 quando tutti i punti (x_i, y_i) si trovano su una retta con coefficiente angolare positivo, mentre è uguale a -1 quando tali punti si trovano su una retta con coefficiente angolare negativo.*
- *È positivo quando la retta di regressione di Y su X ha coefficiente angolare positivo; è negativo nel caso opposto.*
- *Non cambia se le modalità della singola variabile vengono moltiplicate per una costante o aumentate (diminuite) di una costante positiva.*

- Modello di Regressione Lineare.

Metodo utile per studiare la relazione tra X e Y, ipotizzando che queste due variabili possano essere correlate.

La Regressione Lineare può essere:

- *Lineare: $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$
con X_i variabile indipendente, Y_i variabile dipendente, ε_i errore statistico.*

Inoltre, β₀ è l'intercetta della retta di regressione, cioè il valore teorico della retta in corrispondenza di un valore nullo della variabile esplicativa, e β₁ è il coefficiente angolare della retta di regressione,

cioè l'entità della variazione teorica della variabile dipendente in corrispondenza di un incremento unitario della variabile esplicativa.

Il valore dei due parametri del modello si calcolano nel seguente modo:

- $\beta_0 = \bar{Y} - \beta_1 \bar{X}$

- $\beta_1 = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X^2}$

- *Multipla:* $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i$

da utilizzare nel caso in cui più variabili contribuiscono a spiegare la variabile dipendente Y.

- Coefficiente di determinazione R^2 .

Misura della bontà dell'adattamento della retta ai punti osservati.

$$R^2 = \frac{SSR}{SST}$$

con

- *SSR: somma dei quadrati residui, cioè la discrepanza tra i dati e il modello scelto;*

- *SST: somma dei quadrati totale, cioè la somma degli scarti quadratici di ogni osservazione dalla media (devianza).*

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- ISPRA, Rapporto Rifiuti Urbani 2015,
[http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/rapporti/rifiuti-urbani-2015/RapportoRifiutiUrbani Ed.2015n.230 Vers.Integrale_agg22_12_2015.pdf](http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/rapporti/rifiuti-urbani-2015/RapportoRifiutiUrbani_Ed.2015n.230_Vers.Integrale_agg22_12_2015.pdf)
- ISPRA, Il Quadro Regionale – Veneto 2014,
http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/rapporti/rifiuti-urbani-2015/Appendice_QuadroRegionale_5_Veneto.pdf
- ISPRA, Catasto Rifiuti, <http://www.catasto-rifiuti.isprambiente.it/index.php?pg=findComune>
- ARPAV, Temi Ambientali, Rifiuti, <http://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/rifiuti>
- Giuseppe Cicchitelli, Statistica Principi e metodi, Pearson Education
- Comune di Padova, <http://www.padovanet.it/>
- AcegasApsAmga, <http://www.acegasapsamga.it/>
- ARPAV, <http://www.arpa.veneto.it/>
- Normativa comunitaria sulla gestione dei rifiuti, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=URISERV%3Aev0010>

RINGRAZIAMENTI

Alla Professoressa Guidolin,
per la sua disponibilità e la sua gentilezza.

Alla mia famiglia e ai miei amici che hanno sempre creduto in me,
più di quanto potessi fare io stessa.

A me,
che non ho mai mollato e ce l'ho fatta.

Chiara