Dipartimento di Ingegneria Gestionale e della Produzione

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

A.a. 2025/2026

Sessione di laurea Settembre 2026

L'IMPATTO DELLA TARIFFAZIONE PUNTUALE SULLA GESTIONE DEI RIFIUTI E I REATI AMBIENTALI

Relatore:

Prof. Lorien Sabatino

Candidato:

Mara Cassandra Di Russo

Indice

Elenco delle tabelle VI

Elenco delle figure VII

1 Introduzione e contesto 1

1.1 Introduzione 1

1.2 Il quadro regolatorio europeo sulla gestione dei rifiuti 2

1.2.1 La gerarchia dei rifiuti e la Direttiva 2008/98/CE 2

1.2.2 Il principio "chi inquina paga" e le implicazioni per la tariffazione 3

1.2.3 Gli obiettivi di riciclaggio al 2025–2035 e le successive revisioni 4

1.3 Il modello PAYT: origine, diffusione ed evidenza empirica 5

1.3.1 Fondamenti teorici: tasse Pigouviane e incentivi alla riduzione . 6

1.3.2 Le prime esperienze negli Stati Uniti e in Nord Europa 7

1.3.3 Effetti sulla produzione di rifiuti e sulla raccolta differenziata . . 8

1.3.4 Effetti indesiderati: illegal dumping e comportamenti opportunistici 9

1.3.5 Equità distributiva e costi di implementazione 10

1.4 La gestione dei rifiuti urbani in Italia 11

1.4.1 L'evoluzione della raccolta differenziata 11

1.4.2 Governance multilivello: UE, Stato, Regioni, EGA e Comuni . 12

1.4.3 Il ruolo di ARERA 13

1.5 La TARIP 14

1.5.1 TARI vs TARIP: natura giuridica e differenze strutturali 14

1.5.2 Il funzionamento della TARIP 15

1.5.3 Le tecnologie abilitanti 16

1.5.4 La diffusione della TARIP in Italia 17

1.5.5 Il contesto applicativo nelle regioni di riferimento 17
1.6 Reati ambientali e tariffazione puntuale 20
1.6.1 I reati sui rifiuti in Italia: natura, classificazione e fonti di rilevazione 21
1.6.2 L'ipotesi di ricerca: la TARIP come possibile incentivo a comportamenti illeciti 22
1.6.3 Gap nella letteratura e contributo atteso dello studio 22

2 Dati e costruzione del dataset 23
2.1 Il dataset IFEL sulla TARIP 24
2.1.1 Descrizione del database originario e copertura temporale . . . 24
2.1.2 Il problema della data di adozione per i comuni già in TARIP nel 2019 26
2.1.3 Trattamento dei casi non risolvibili 28
2.1.4 Affidabilità e limiti della fonte 29
2.2 Il dataset ISPRA 30
2.2.1 La fonte: il Catasto Nazionale dei Rifiuti 30
2.2.2 Le variabili disponibili 31
2.2.3 La copertura della fonte 35
2.2.4 La rendicontazione a livello di gestione associata 35
2.2.5 Affidabilità e limiti della fonte 37
2.3 Il dataset Legambiente 38
2.3.1 Descrizione della fonte e delle informazioni raccolte 39
2.3.2 Copertura territoriale e temporale 39
2.3.3 Lo scraper Python: logica di funzionamento 39
2.3.4 Affidabilità e limiti della fonte 40
2.4 L'unione dei dataset 41
2.4.1 L'armonizzazione delle fonti 42
2.4.2 Le chiavi di unione e la riconciliazione dei livelli di aggregazione 42
2.4.3 Il trattamento dei dati 43
2.4.4 Costruzione della variabile binaria TARIP 44
2.4.5 La struttura finale del panel 44
2.5 Analisi descrittiva 46
2.5.1 Statistiche di sintesi del campione 46

2.5.2 Diffusione della TARIP (2010–2024) 47
2.5.3 Raccolta differenziata e TARIP 49
2.5.4 Reati nel ciclo dei rifiuti e TARIP 50
2.5.5 Il quadro di insieme 52
2.5.6 Le dinamiche attorno all'adozione 54

3 Metodologia 57
3.1 Il disegno di identificazione 57
3.1.1 Treatment timing e strategia difference-in-differences 58
3.1.2 L'ipotesi di parallel trends 59
3.1.3 La selezione nell'adozione 59
3.1.4 Il disegno per l'analisi sui reati 60
3.2 Il modello stimato 61
3.2.1 Specificazione a effetti fissi a due vie 61
3.2.2 Errori standard e aspetti implementativi 63
3.3 Il campione di stima 63
3.3.1 La restrizione temporale 64
3.4 I controlli 65
3.4.1 Caratteristiche predeterminate interagite con il tempo 65
3.4.2 Effetti fissi regione-anno 65
3.5 L'adozione scaglionata 66
3.5.1 La verifica dinamica dell'effetto 66
3.5.2 Lo stimatore Callaway-Sant'Anna 67
3.6 L'inferenza nell'analisi provinciale 67
3.6.1 Il numero contenuto di unità 68
3.6.2 Le verifiche finali 68

4 Risultati 69
4.1 L'effetto della tariffazione puntuale sui rifiuti 69
4.1.1 La rilevanza della selezione nell'adozione 69
4.1.2 Confronto dei campioni di stima 71
4.1.3 La stabilità delle stime 72
4.2 Il profilo temporale dell'effetto 74

4.2.1 La verifica dinamica 74
4.2.2 Le stime corrette per l'adozione scaglionata 76
4.3 L'eterogeneità dell'effetto 78
4.3.1 La dimensione demografica 78
4.3.2 La collocazione geografica 79
4.4 La TARIP e i reati connessi al ciclo dei rifiuti 81
4.4.1 Le specificazioni principali e la dinamica 81
4.4.2 I quantitativi di rifiuti come determinanti dei reati 83
4.4.3 I canali di trasmissione 84
4.4.4 Outcome alternativi 86
4.5 Discussione complessiva dei risultati 87

5 Conclusioni 89
5.1 Risposte alle domande di ricerca 89
5.2 Limiti e sviluppi futuri 91
5.2.1 Le conseguenze economiche per le utenze 91
5.2.2 La quantificazione del beneficio ambientale 91
5.2.3 Il livello di rilevazione dei reati 92

Bibliografia 93

Sitografia 96

Elenco delle tabelle

2.1 Variabili del dataset IFEL sulla TARIP 25
2.2 Esito della ricostruzione dell'anno di adozione per i comuni con codice "1" 27
2.3 Variabili del dataset ISPRA sui rifiuti urbani 32
2.4 Variabili ISPRA sui rifiuti urbani: frazioni merceologiche 32
2.5 Variabili ISPRA sui rifiuti urbani: aggregati sintetici 33
2.6 Livello territoriale del dato negli archivi ISPRA (campione 2010–2024) 36
2.7 Distribuzione delle osservazioni rendicontate a livello sovracomunale, per regione 36
2.8 Criteri di risoluzione delle casistiche non omogenee. 44
2.9 Legenda delle variabili del dataset integrato. 45
2.10 Percentuale di raccolta differenziata 46
2.11 Indifferenziato e totale rifiuti urbani (kg per abitante) 47

4.1 Effetto della TARIP secondo la struttura degli effetti fissi 70
4.2 Effetto della TARIP sulle performance di raccolta: confronto tra campioni 71
4.3 Stabilità della stima ai controlli e agli effetti fissi regione-anno 73
4.4 Eterogeneità dell'effetto per dimensione demografica 79
4.5 Eterogeneità dell'effetto per collocazione geografica 80
4.6 Effetto della diffusione della TARIP sui reati ambientali 82
4.7 Effetto dei quantitativi di rifiuti sui reati ambientali 84
4.8 Canali di trasmissione: riduzione dei conferimenti ed eterogeneità di regime 85
4.9 Outcome alternativi, modelli di conteggio e potenza statistica 86

Elenco delle figure

1.1 Andamento della percentuale di raccolta differenziata e della percentuale di riciclaggio (nuova metodologia UE) in Italia, anni 2010–2023, a confronto con l'obiettivo UE 2025 (55%). Fonte: dati ISPRA, elaborazione Utilitatis, Green Book 2025. 5
1.2 Schematizzazione della governance multilivello del servizio di gestione dei rifiuti urbani in Italia. Elaborazione propria su D.Lgs. 152/2006 e L. 205/2017, art. 1, comma 527. 13
1.3 Percentuale di comuni che adottano la TARIP per provincia nelle regioni Friuli-Venezia Giulia, Piemonte, Veneto, Lombardia ed Emilia-Romagna (2023). Elaborazione dei dati provenienti dal dataset IFEL. 19
1.4 Percentuale di comuni che adottano la TARIP per provincia nelle regioni Friuli-Venezia Giulia, Piemonte, Veneto, Lombardia ed Emilia-Romagna (2017). Elaborazione dei dati provenienti dal dataset IFEL. 20

2.1 Diffusione della TARIP nel campione per regione, 2010–2024 48
2.2 Raccolta differenziata e diffusione della TARIP 49
2.3 Reati nel ciclo dei rifiuti e diffusione della TARIP 50
2.4 Reati nel ciclo dei rifiuti per grado di diffusione della TARIP nella provincia 52
2.5 Raccolta differenziata, diffusione della TARIP e reati nel ciclo dei rifiuti 53
2.6 Dinamiche delle principali variabili attorno all'adozione della TARIP . 54

4.1 Profilo temporale dell'effetto della TARIP: frazione indifferenziata, raccolta differenziata e rifiuti urbani complessivi. 75
4.2 Profilo temporale dell'effetto stimato mediante lo stimatore Callaway-Sant'Anna: frazione indifferenziata e raccolta differenziata pro capite. . 77

Capitolo 1

Introduzione e contesto

1.1 Introduzione

L'obiettivo della presente tesi è analizzare se la progressiva diffusione della tariffazione puntuale dei rifiuti urbani, nella sua declinazione italiana della TARIP, sia associata a variazioni nell'incidenza dei reati ambientali connessi alla gestione illecita dei rifiuti a livello provinciale. L'ipotesi di ricerca si fonda su un dibattito ampiamente documentato nella letteratura internazionale sul modello Pay As You Throw (PAYT). Sebbene l'introduzione di un costo marginale positivo per il conferimento del rifiuto indifferenziato incentivi comportamenti virtuosi, quali la riduzione della produzione di rifiuti e l'incremento della raccolta differenziata, essa può anche favorire l'emergere di comportamenti opportunistici, tra cui l'abbandono illecito di rifiuti su suolo pubblico o privato.

L'analisi adotta una struttura panel su dati provinciali relativi a cinque regioni del Nord Italia: Piemonte, Veneto, Emilia-Romagna, Lombardia e Friuli-Venezia Giulia. La selezione di tali regioni è motivata dalla loro diffusione relativamente avanzata della tariffazione puntuale nel contesto nazionale. In questi territori, infatti, il numero di Comuni che hanno adottato la Tariffa Puntuale sui Rifiuti (TARIP) è sufficientemente elevato da consentire l'osservazione della sua progressiva espansione nel periodo considerato. La combinazione tra questa dinamica e la disponibilità di dati provinciali sui reati ambientali permette di verificare se la crescente diffusione della tariffazione puntuale sia associata a variazioni nell'incidenza dei comportamenti illeciti connessi alla gestione dei rifiuti.

Le cinque regioni selezionate presentano profili di adozione della TARIP diversi, il che arricchisce l'analisi comparativa. Il Veneto detiene il primato nazionale, con circa il 44% dei propri Comuni già in tariffazione puntuale, configurandosi come il contesto di più lunga tradizione nel modello. L'Emilia-Romagna e la Lombardia presentano una diffusione consolidata ma territorialmente eterogenea. Il Piemonte e il Friuli-Venezia Giulia mostrano invece livelli di adozione più contenuti ma in crescita, offrendo un termine di confronto utile per osservare le fasi iniziali di transizione al sistema puntuale. Questa eterogeneità nei livelli e nei tempi di adozione consente di analizzare il fenomeno in contesti istituzionalmente omogenei ma con gradi diversi di maturità del sistema, ampliando la robustezza delle osservazioni.

1.2 Il quadro regolatorio europeo sulla gestione dei rifiuti

La gestione dei rifiuti urbani in Europa è disciplinata da un quadro normativo che, nel corso degli ultimi tre decenni, si è progressivamente sviluppato attorno a due obiettivi fondamentali: la prevenzione della produzione dei rifiuti e la promozione del riciclaggio. Comprendere tale quadro è essenziale per contestualizzare le scelte di policy adottate a livello nazionale e locale, tra cui l'introduzione di sistemi di tariffazione puntuale come la TARIP. Le direttive europee, infatti, non si limitano a fissare obiettivi quantitativi, ma definiscono anche i principi giuridici ed economici entro i quali gli Stati membri sono chiamati a operare, influenzando in modo significativo l'impostazione dei sistemi tariffari adottati a livello locale.

1.2.1 La gerarchia dei rifiuti e la Direttiva 2008/98/CE

Il principale riferimento normativo europeo in materia di gestione dei rifiuti è la Direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, adottata il 19 novembre 2008 e recepita negli ordinamenti nazionali entro il 12 dicembre 2010. La direttiva stabilisce un quadro giuridico volto a proteggere l'ambiente e la salute umana, sottolineando l'importanza di adeguate tecniche di gestione, riutilizzo e riciclaggio dei rifiuti, al fine di ridurre le pressioni sulle risorse e migliorarne l'uso.

Il cardine concettuale della direttiva è la gerarchia dei rifiuti, disciplinata nell'articolo 4, che si articola in cinque livelli ordinati per priorità: prevenzione per evitare che il

rifiuto venga prodotto, riutilizzo, riciclaggio per trasformare i rifiuti in nuovi materiali o prodotti, recupero di altro tipo incluso il recupero energetico e, come opzione di ultima istanza, lo smaltimento che consiste nel conferire i rifiuti in discarica o incenerirli senza recupero di energia. La gestione dei rifiuti deve quindi seguire una logica di economia circolare, privilegiando le soluzioni che conservano il valore dei materiali e riducono il consumo di nuove risorse. La gerarchia introdotta dalla Direttiva 2008/98/CE costituisce un criterio giuridico vincolante che orienta le politiche nazionali e locali di gestione dei rifiuti, imponendo di privilegiare, nelle scelte normative, le opzioni caratterizzate da un minore impatto ambientale. Per favorire l'applicazione della gerarchia dei rifiuti, essa prevede inoltre il ricorso a strumenti economici quali gli oneri per il conferimento in discarica e l'incenerimento, i sistemi di tariffazione puntuale e gli strumenti di Green Public Procurement.

1.2.2 Il principio "chi inquina paga" e le implicazioni per la tariffazione

Ai sensi dell'articolo 14 della Direttiva 2008/98/CE, i costi della raccolta, del trasporto, del recupero e dello smaltimento dei rifiuti devono essere sostenuti dal produttore originario dei rifiuti o dai detentori attuali o precedenti confermando il principio "chi inquina paga" e introducendo il principio della responsabilità estesa del produttore, che attribuisce ai produttori la responsabilità finanziaria e, in alcuni casi, organizzativa della gestione dei prodotti anche nella fase successiva al loro utilizzo.

Nel suo complesso, la direttiva persegue un duplice obiettivo. Da un lato, mira a garantire che i costi della gestione dei rifiuti e degli impatti ambientali connessi siano sostenuti dai soggetti che li generano, anziché dalla collettività. Dall'altro, attraverso strumenti quali la responsabilità estesa del produttore e gli incentivi economici previsti dalla normativa, intende promuovere la prevenzione della produzione dei rifiuti e favorire comportamenti orientati a un uso più efficiente delle risorse.

L'applicazione di questo principio ha importanti conseguenze sul modo in cui vengono progettati i sistemi di tariffazione del servizio di gestione dei rifiuti urbani. Se il costo del servizio fosse ripartito esclusivamente sulla base di criteri presuntivi, come la superficie dell'immobile o il numero degli occupanti, verrebbe meno il collegamento tra il comportamento del singolo utente e il costo effettivamente sostenuto per la gestione dei

rifiuti prodotti. Al contrario, il principio "chi inquina paga" richiede che la tariffazione sia il più possibile correlata alla quantità di rifiuti effettivamente conferiti e ai costi generati dal singolo utente, introducendo un criterio di maggiore responsabilizzazione e di equità.

Da questa impostazione derivano i sistemi di tariffazione puntuale, ispirati al modello PAYT, nei quali una parte della tariffa è commisurata alla quantità di rifiuto urbano residuo prodotto. In tali sistemi, gli utenti che riducono la produzione di rifiuti indifferenziati e praticano correttamente la raccolta differenziata sostenendo costi inferiori rispetto a coloro che producono maggiori quantità di rifiuti. Nel contesto italiano, tale impostazione trova applicazione nella TARIP, che rappresenta una modalità di attuazione del modello PAYT.

1.2.3 Gli obiettivi di riciclaggio al 2025–2035 e le successive revisioni

La Direttiva 2008/98/CE ha definito il quadro europeo in materia di gestione dei rifiuti, fissando tra gli obiettivi principali il raggiungimento di almeno il 50% di riciclaggio dei rifiuti domestici e assimilabili entro il 2020. La revisione introdotta dalla Direttiva (UE) 2018/851 ha aggiornato e rafforzato il quadro precedente, definendo obiettivi più ambiziosi e vincolanti per il riciclaggio dei rifiuti urbani e degli imballaggi, oltre a misure specifiche per la riduzione del conferimento in discarica e per il contenimento dei rifiuti alimentari e marini.

In questo contesto, l'Italia ha recepito le disposizioni della Direttiva 2008/98/CE avviando un percorso di progressivo consolidamento del sistema di gestione dei rifiuti. Come evidenziato dalla 1.1, la percentuale di raccolta differenziata ha registrato una crescita costante, passando dal 35% del 2010 al 67% del 2023. L'andamento del tasso di riciclaggio, calcolato secondo la nuova metodologia introdotta dalla Direttiva (UE) 2018/851, mostra tuttavia una dinamica più contenuta: nel 2023 esso si attesta al 51%, un valore ancora inferiore all'obiettivo vincolante del 55% fissato per il 2025, cui seguiranno le soglie del 60% entro il 2030 e del 65% entro il 2035.

Questi target, giuridicamente vincolanti per tutti gli Stati membri, hanno impresso un'accelerazione significativa alle politiche nazionali di raccolta differenziata, rendendo la questione tariffaria non più una scelta discrezionale ma una necessità strutturale per i sistemi di gestione dei rifiuti.

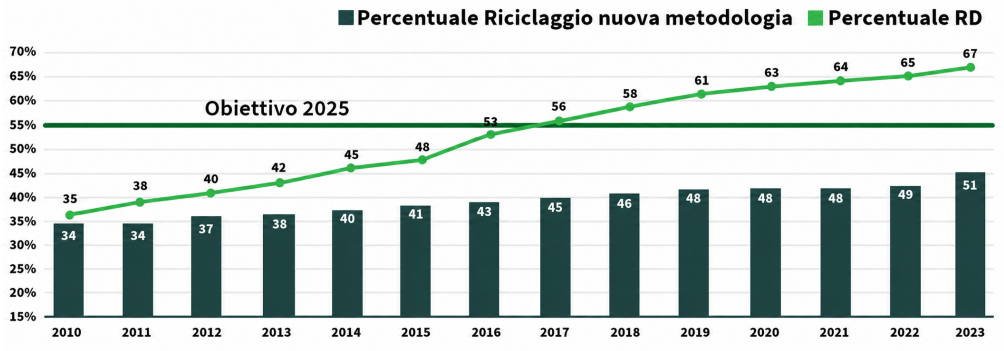


Figura 1.1: Andamento della percentuale di raccolta differenziata e della percentuale di riciclaggio (nuova metodologia UE) in Italia, anni 2010–2023, a confronto con l'obiettivo UE 2025 (55%). Fonte: dati ISPRA, elaborazione Utilitatis, Green Book 2025.

Inoltre, nella sua formulazione originaria, non prevedeva in modo espresso l'adozione di sistemi TARIP, limitandosi a sancire il principio generale del "chi inquina paga" e lasciando agli Stati membri un margine di discrezionalità nella scelta degli strumenti economici per la sua attuazione. Con la successiva modifica introdotta dalla Direttiva (UE) 2018/851, invece, il quadro cambia in modo significativo: pur non introducendo un obbligo giuridico di adottare sistemi PAYT, il legislatore europeo individua espressamente gli strumenti economici, tra cui la tariffazione puntuale, come misure da promuovere per dare concreta attuazione al principio "chi inquina paga" e alla gerarchia dei rifiuti.

Inoltre, il quadro normativo ha conosciuto un ulteriore aggiornamento con la Direttiva (UE) 2025/1892, che introduce nuovi obiettivi vincolanti in materia di riduzione dei rifiuti alimentari e tessili entro il 2030, confermando la tendenza europea verso una regolazione sempre più stringente e settoriale della gestione dei rifiuti.

1.3 Il modello PAYT: origine, diffusione ed evidenza empirica

Il modello PAYT si è progressivamente affermato come uno strumento di policy volto a incentivare comportamenti più sostenibili nella gestione dei rifiuti, collegando il costo del servizio alla quantità di rifiuto effettivamente conferita. L'utente paga in proporzione alla quantità di rifiuto indifferenziato che produce, trasformando un servizio tradizionalmente finanziato attraverso tariffe fisse e indipendenti dai comportamenti

individuali in un meccanismo tariffario a consumo, analogo a quello applicato per elettricità e acqua. Le sezioni che seguono ripercorrono i fondamenti teorici del modello, le prime esperienze applicative, l'evidenza empirica sui suoi effetti e le criticità che la letteratura ha progressivamente messo in luce.

1.3.1 Fondamenti teorici: tasse Pigouviane e incentivi alla riduzione

La teoria delle esternalità negative elaborata da Arthur Cecil Pigou in The Economics of Welfare (1920) fornisce il quadro concettuale entro cui si inserisce la logica del PAYT [1]. Pigou osserva che in presenza di esternalità negative, ovvero costi generati da un'attività economica che ricadono su soggetti terzi senza che il responsabile ne sopporti l'onere, il mercato tende a produrre una quantità inefficiente del bene o dell'attività in questione, superiore a quella socialmente ottimale. La soluzione proposta è l'introduzione di un'imposta pari al costo marginale esterno generato dall'attività, così da internalizzare, nel soggetto che genera esternalità negativa, i costi che altrimenti graverebbero sulla collettività: questa imposta correttiva prende il nome di tassa Pigouviana.

Applicata al settore dei rifiuti, la logica Pigouviana implica che lo smaltimento di rifiuti indifferenziati generi esternalità negative, costi ambientali, di gestione e di smaltimento che, in assenza di una tariffazione individuale non vengono percepiti dall'utente come costi propri. Tra i primi contributi a formalizzare l'applicazione della teoria della tassazione Pigouviana alla gestione dei rifiuti vi è quello di Fullerton e Kinnaman (2000) [2] gli autori osservano che il servizio di gestione dei rifiuti non costituisce un bene pubblico puro, poiché ogni unità aggiuntiva di rifiuto conferita comporta un costo marginale direttamente imputabile alla singola utenza. A differenza di altri ambiti della politica ambientale, è inoltre possibile identificare il soggetto che produce il rifiuto e commisurare il corrispettivo alla quantità effettivamente conferita. Ciò consente di tradurre in pratica il principio della tassazione Pigouviana, internalizzando i costi ambientali attraverso un sistema tariffario proporzionale ai rifiuti prodotti.

La letteratura economica ha tuttavia evidenziato che un'imposta sul rifiuto non si traduce automaticamente in una riduzione della produzione complessiva, infatti, l'utente può reagire riducendo il conferimento ufficiale senza necessariamente ridurre la produzione di rifiuti, orientandosi verso canali alternativi di smaltimento. Il lavoro di Fullerton e Kinnaman (2000) analizza gli effetti delle politiche locali di tariffazione

dei rifiuti sul comportamento delle famiglie, evidenziando come l'introduzione di una tariffa commisurata al conferimento possa ridurre in modo significativo la quantità di rifiuti smaltiti legalmente. Tuttavia, gli autori evidenziano anche che la riduzione dei rifiuti non si traduce automaticamente in un aumento proporzionale del riciclo, poiché una parte dei rifiuti può essere semplicemente deviata verso forme di smaltimento non corrette, come l'abbandono illecito [2]. Questo risultato mette in luce come gli strumenti di tipo Pigouviano possano generare effetti collaterali se non accompagnati da adeguati controlli e infrastrutture di gestione, sottolineando la complessità nell'implementazione di politiche ambientali efficaci.

1.3.2 Le prime esperienze negli Stati Uniti e in Nord Europa

La ricerca empirica sul modello PAYT ha avuto origine negli Stati Uniti. Tra i primi contributi si colloca lo studio di Wertz (1976) [3], che confrontò il caso di San Francisco, dove era stato introdotto un sistema PAYT basato sul volume, con quello di altre aree urbane. In questa tipologia di tariffazione, il corrispettivo dovuto dall'utenza è commisurato alla capacità del contenitore o al livello di servizio prescelto, piuttosto che al volume effettivamente conferito in occasione di ciascun svuotamento. Attraverso tale confronto, l'autore stimò un'elasticità negativa al prezzo pari a -0,15 nella quantità di rifiuti domestici prodotti, fornendo una delle prime evidenze empiriche dell'efficacia degli incentivi economici nel modificare le scelte di conferimento delle utenze e mostrando come una tariffa correlata alla quantità potenziale di rifiuti prodotta possa contribuire a ridurre i conferimenti. Secondo Skumatz (2008) [4], il PAYT si era esteso a oltre 7.100 comunità negli Stati Uniti, coprendo circa un quarto della popolazione nazionale, ed era attivo nel 30% delle 100 città più grandi del Paese.

In ambito europeo, la transizione verso i sistemi PAYT è stata progressivamente incoraggiata dalla normativa europea sui rifiuti; un rapporto della Commissione Europea del 2012 indicava che 17 Stati membri avevano adottato forme di tariffazione puntuale [5]. Reichenbach 2008 [6] evidenzia come l'adozione del PAYT non sia omogenea sul territorio europeo, ma presenti livelli differenziati di implementazione riconducibili alle specificità istituzionali, infrastrutturali e amministrative dei singoli contesti nazionali e locali. In particolare, esperienze consolidate e ampiamente studiate si riscontrano in paesi quali Germania, Belgio e Paesi Bassi, nei quali l'introduzione del sistema risale

già agli anni Novanta e si è progressivamente tradotta in modelli operativi maturi e strutturati. In tali contesti, la tariffazione commisurata alla quantità effettiva di rifiuti conferiti ha dimostrato di costituire un significativo incentivo economico al cambiamento dei comportamenti individuali.

1.3.3 Effetti sulla produzione di rifiuti e sulla raccolta differenziata

L'evidenza empirica sugli effetti del PAYT è ampia ma non univoca, con risultati che variano in funzione del contesto istituzionale, del tipo di sistema adottato e della metodologia di analisi utilizzata.

Sul versante della riduzione dei rifiuti, Fullerton e Kinnaman (1996) [7] mostrano che le utenze riducevano il numero di sacchetti conferiti, sebbene il peso complessivo dei rifiuti domestici non diminuisse necessariamente. I tassi di riciclaggio aumentarono del 16%, ma l'abbandono illecito compensò parte della riduzione effettiva, stimata attorno al 10%. Evidenze ancora più favorevoli emergono da studi condotti in contesti europei. In particolare, un'analisi riferita all'Emilia-Romagna, basata su un modello difference-in-differences, mostra che l'introduzione del sistema PAYT ha determinato un incremento di circa 10 punti percentuali della raccolta differenziata. Tale risultato è riconducibile quasi esclusivamente alla riduzione della quantità pro capite di rifiuto indifferenziato, confermando l'efficacia della tariffazione puntuale nel promuovere comportamenti coerenti con gli obiettivi di prevenzione e di corretta gestione dei rifiuti perseguiti dalla normativa europea [8].

La letteratura concorda nel ritenere che il sistema PAYT favorisca la riduzione della produzione di rifiuti solidi urbani e incrementi i tassi di raccolta differenziata [4]. Tali effetti, tuttavia, descrivono aspetti differenti del comportamento delle utenze. Il primo riguarda la diminuzione della quantità complessiva di rifiuti prodotti, mentre il secondo consiste in una maggiore separazione dei materiali riciclabili, con il conseguente trasferimento di una quota di rifiuti dalla frazione indifferenziata a quella differenziata. Sebbene strettamente correlati, i due effetti non coincidono e richiedono pertanto di essere analizzati separatamente per comprendere in che misura la tariffazione puntuale contribuisca alla riduzione dei rifiuti prodotti e in che misura favorisca, invece, una gestione più efficiente dei conferimenti [6].

1.3.4 Effetti indesiderati: illegal dumping e comportamenti opportunistici

La letteratura evidenzia come i sistemi di tariffazione dei rifiuti e, più in generale, le politiche che introducono costi marginali sul conferimento possano essere associati a possibili comportamenti opportunistici da parte degli utenti, tra cui forme di elusione del sistema e, in alcuni contesti, fenomeni di smaltimento non autorizzato. L'illegal dumping è infatti ampiamente analizzato nella letteratura sulla gestione dei rifiuti come una delle possibili risposte ai vincoli economici e regolatori [9].

L'articolo di Kim (2008) [10] analizza l'esperienza della Corea del Sud nell'introduzione di un sistema di tariffazione dei rifiuti urbani basato sul principio del unit pricing. Lo studio utilizza un modello panel a effetti fissi su dati relativi a 16 province coreane nel periodo 2001–2003 per stimare l'impatto del prezzo dei sacchi per rifiuti indifferenziati. I risultati empirici mostrano che un aumento dell'1% nel prezzo unitario del sacchetto è associato a un incremento di circa il 3% nei casi di illegal dumping osservati, evidenziando così un possibile effetto collaterale del sistema, consistente nello spostamento dei rifiuti verso modalità di smaltimento non autorizzate in risposta all'aumento del costo dello smaltimento legale. Analogamente, Fullerton e Kinnaman (1996) [7] stimano che, per il sistema PAYT introdotto a Charlottesville (Virginia), l'abbandono illecito spieghi il 28% della riduzione totale del rifiuto raccolto.

Il dibattito su questo punto non è tuttavia chiuso. Analisi condotte su larga scala negli Stati Uniti suggeriscono che l'illegal dumping sia più una preoccupazione percepita che un fenomeno sistematicamente osservato. Infatti, Skumatz (2008) [4], in una rassegna basata su survey condotti su oltre 1.000 comunità americane con e senza PAYT, rileva che l'abbandono illecito costituisce un problema in circa il 20% delle comunità e un problema significativo solo nel 3%, con una durata media inferiore ai tre mesi dall'introduzione del programma. Inoltre, il fenomeno dipende fortemente dal contesto istituzionale e dall'efficacia dei controlli esercitati a livello locale. Le misure di contrasto più efficaci includono un'applicazione precoce e visibile delle ordinanze sull'abbandono illecito [4]. La variabilità dei risultati tra contesti diversi indica che il legame tra tariffazione puntuale e comportamenti illeciti è mediato da fattori contestuali che la letteratura non ha ancora pienamente modellato nel contesto europeo.

1.3.5 Equità distributiva e costi di implementazione

Oltre al rischio di abbandono illecito, la letteratura ha identificato due ulteriori criticità strutturali del PAYT: la potenziale regressività del sistema e i costi amministrativi di implementazione.

Fullerton e Kinnaman (1996) [7] analizzano gli effetti delle politiche di tariffazione dei rifiuti nei sistemi PAYT, evidenziando che la quantità di rifiuti conferiti risponde agli incentivi di prezzo, sebbene tale risposta sia generalmente caratterizzata da una bassa elasticità. Ciò significa che un aumento della tariffa determina una riduzione dei rifiuti conferiti, ma di entità relativamente contenuta. La letteratura successiva che sintetizza questi risultati, evidenzia che l'elasticità della produzione di rifiuti rispetto al reddito è generalmente compresa tra valori prossimi a zero e circa 0,6, indicando che la produzione di rifiuti aumenta meno che proporzionalmente rispetto al reddito [11]. Questo risultato è stato interpretato come un possibile segnale di effetti regressivi della tariffazione puntuale perché le famiglie a basso reddito producono in media meno rifiuti in termini assoluti, ma il costo del servizio può rappresentare una quota relativamente più elevata del loro reddito. L'entità di tali effetti dipende tuttavia dal disegno della tariffa e dal contesto istituzionale in cui essa viene applicata [11].

Sul piano dei costi di implementazione, i sistemi PAYT richiedono investimenti iniziali significativi in infrastrutture tecnologiche: sistemi di identificazione dei contenitori, software di gestione dei dati, adeguamento dei mezzi di raccolta e formazione del personale. Fullerton e Kinnaman (1996) [7] evidenziano, nel caso di Charlottesville, che i costi amministrativi e operativi legati all'introduzione del PAYT, stimati in 0,19 dollari per sacchetto, risultano superiori ai benefici sociali generati dalla riduzione del rifiuto indifferenziato, mettendo in discussione la convenienza netta del sistema.

Tuttavia, la letteratura più recente suggerisce che il progresso tecnologico abbia progressivamente ridotto questa barriera. Bilitewski (2008) [12] discute il ruolo delle tecnologie di identificazione, come Radio-Frequency Identification (RFID) e sistemi di pesatura e tracciamento nei sistemi di tariffazione puntuale, evidenziando che tali tecnologie rappresentano un elemento abilitante per l'implementazione operativa del PAYT, in quanto consentono l'identificazione dei conferimenti e una corretta attribuzione dei costi agli utenti. Lo studio sottolinea inoltre che la diffusione e l'efficienza economica di questi sistemi dipendono dall'evoluzione tecnologica e dalla riduzione dei costi delle

soluzioni di tracciamento, che possono facilitare l'adozione della tariffazione puntuale in diversi contesti locali.

1.4 La gestione dei rifiuti urbani in Italia

La gestione dei rifiuti urbani in Italia si configura come un sistema complesso e multilivello, caratterizzato da una marcata disomogeneità territoriale. Tale sistema è regolato da un quadro normativo che integra disposizioni europee, nazionali e regionali, e che disciplina la ripartizione delle competenze tra i diversi livelli istituzionali.

1.4.1 L'evoluzione della raccolta differenziata

Il sistema italiano di raccolta differenziata ha mostrato negli ultimi anni un miglioramento progressivo e consolidato, confermato anche dagli ultimi dati dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale conosciuto come ISPRA (Rapporto Rifiuti Urbani 2025, dati 2024) [13]. Nel 2024, la percentuale nazionale di raccolta differenziata ha raggiunto il 67,7%, con un aumento di circa 1,1 punti percentuali rispetto al 2023. Il dato conferma un trend di crescita costante nel medio periodo: rispetto al 2019, l'incremento complessivo è di circa 6 punti percentuali, segnalando un rafforzamento strutturale del sistema di gestione dei rifiuti urbani in Italia. La produzione pro capite resta stabile su valori medi di circa 500 kg per abitante, mentre si conferma la progressiva riduzione del ricorso allo smaltimento in discarica, a favore di sistemi di trattamento e recupero sempre più diffusi.

Il quadro territoriale rimane tuttavia fortemente disomogeneo. Il Nord si attesta su valori medi intorno al 74%, il Centro raggiunge circa il 63% e il Sud, pur registrando un progressivo miglioramento, si colloca intorno al 60% (ISPRA, Rapporto Rifiuti Urbani 2025, dati 2024) [13]. Tale divario riflette differenze strutturali nei modelli organizzativi, nella dotazione infrastrutturale e nei livelli di investimento nel servizio, e costituisce uno degli elementi di contesto rilevanti per l'analisi empirica proposta in questa tesi, che si concentra su regioni del Nord Italia: Piemonte, Veneto, Emilia-Romagna, Lombardia e Friuli-Venezia Giulia dove i tassi di raccolta differenziata risultano stabilmente tra i più elevati del Paese.

1.4.2 Governance multilivello: UE, Stato, Regioni, EGA e Comuni

Il riferimento normativo fondamentale in materia di rifiuti è il D.Lgs. 152/2006 (Codice dell'Ambiente), che ha incorporato e superato il precedente D.Lgs. 22/1997 (cosiddetto Decreto Ronchi), primo atto normativo organico in materia di rifiuti nell'ordinamento italiano. Il Decreto Ronchi aveva introdotto la distinzione tra rifiuti urbani e speciali, la gerarchia delle opzioni di gestione e i primi obiettivi quantitativi di raccolta differenziata, fissando la soglia del 35% entro il 2003.

Il Codice dell'Ambiente disciplina la ripartizione delle funzioni amministrative in materia di gestione dei rifiuti urbani tra i diversi livelli di governo, attribuendo specifiche competenze a ciascun ente al fine di perseguire gli obiettivi di efficienza, efficacia ed economicità del servizio.

A livello nazionale lo Stato definisce le cornici normative e regolatorie, recependo le direttive europee e fissando gli obiettivi di sistema. Per superare le gestioni frammentate tipicamente comunali, il Codice dell'Ambiente attribuisce alle Regioni la competenza di individuare gli Ambiti Territoriali Ottimali (ATO), costituiti da bacini sovracomunali entro i quali organizzare unitariamente il servizio di gestione dei rifiuti urbani.

Per ciascun ATO opera un Ente di Governo dell'Ambito (EGA), individuato dalla normativa regionale, responsabile dell'organizzazione del servizio, della scelta della forma di gestione, dell'affidamento al gestore e dell'esercizio delle funzioni attribuite dalla normativa vigente. I Comuni partecipano obbligatoriamente all'EGA competente secondo quanto previsto dalla legislazione regionale e definiscono i regolamenti locali. Infine, il gestore che può essere pubblico o privato, eroga il servizio nel territorio di competenza. La Figura 1.2 schematizza questa articolazione multilivello, evidenziando il flusso di competenze che dallo Stato, attraverso le Regioni e gli EGA, giunge fino ai Comuni e ai gestori del servizio.

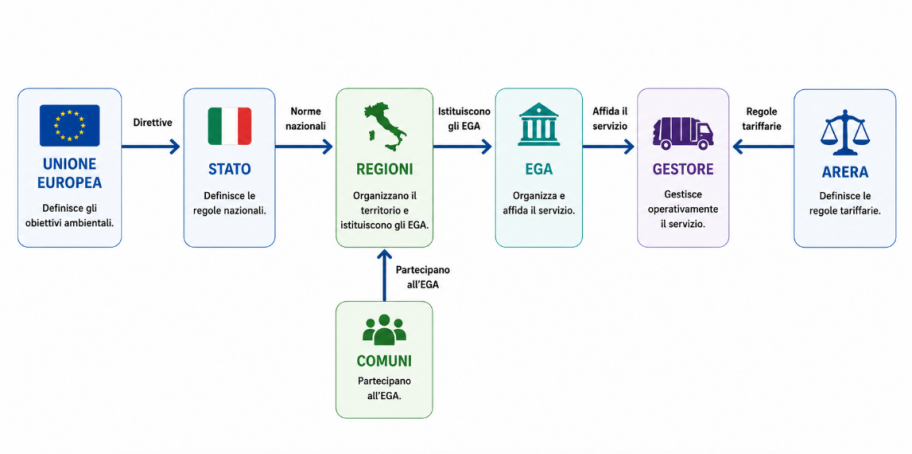


Figura 1.2: Schematizzazione della governance multilivello del servizio di gestione dei rifiuti urbani in Italia. Elaborazione propria su D.Lgs. 152/2006 e L. 205/2017, art. 1, comma 527.

In anni più recenti, il D.Lgs. 116/2020 ha modificato la definizione di rifiuto urbano, uniformandola a quella prevista dalla normativa europea. Sono infatti considerati urbani non solo i rifiuti domestici indifferenziati e quelli provenienti dalla raccolta differenziata, ma anche i rifiuti prodotti dalle utenze non domestiche che risultano simili per natura e composizione ai rifiuti domestici. Tale modifica ha avuto implicazioni dirette sull'organizzazione del servizio pubblico e sul sistema tariffario, riconoscendo alle utenze non domestiche la facoltà di conferire i propri rifiuti urbani al di fuori del servizio pubblico, a condizione che ne dimostrino l'avvio al recupero.

1.4.3 Il ruolo di ARERA

La regolazione del servizio di gestione dei rifiuti urbani è stata attribuita all'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA) dalla Legge di Bilancio 2018 (L. 205/2017, art. 1, comma 527). Tra le funzioni attribuite ad ARERA rientrano la definizione e l'aggiornamento del metodo tariffario per la determinazione dei corrispettivi del servizio integrato dei rifiuti, a copertura dei costi efficienti di esercizio e di investimento, secondo il principio del "chi inquina paga".

Con la Delibera 363/2021/R/rif, ARERA ha adottato il Metodo Tariffario Rifiuti per il secondo periodo regolatorio 2022–2025 (MTR-2) [14]. Il Metodo Tariffario Rifiuti costituisce il quadro regolatorio che definisce i criteri per la determinazione dei costi

efficienti del servizio di gestione dei rifiuti e per la loro copertura tramite le tariffe applicate agli utenti. In altri termini, esso stabilisce le regole con cui vengono individuati i costi riconoscibili in tariffa e le modalità attraverso cui tali costi vengono ripartiti tra le diverse categorie di utenza.

Rispetto al periodo precedente, l'MTR-2 introduce alcuni aggiornamenti volti ad adeguare il sistema alle modifiche normative intervenute con il D.Lgs. 116/2020, in particolare in materia di classificazione dei rifiuti prodotti dalle utenze non domestiche. Il metodo disciplina inoltre la predisposizione del Piano Economico Finanziario (PEF), che rappresenta lo strumento attraverso cui vengono programmati e validati i costi del servizio, e stabilisce vincoli alla crescita annuale delle entrate tariffarie, con l'obiettivo di garantire un equilibrio tra sostenibilità economica per gli utenti ed esigenze di investimento per il miglioramento della qualità del servizio, inclusa l'eventuale introduzione di sistemi di tariffazione puntuale. È in questo quadro regolatorio che si inserisce la diffusione della TARIP, che deve essere pianificata e finanziata entro i limiti del PEF.

1.5 La TARIP

La TARIP rappresenta la declinazione italiana del modello PAYT descritto nelle sezioni precedenti. La sua introduzione segna un passaggio concettuale significativo nel sistema di prelievo sui rifiuti urbani che si trasforma da un tributo fondato su parametri presuntivi a una tariffa corrispettiva commisurata all'effettivo comportamento dell'utenza.

1.5.1 TARI vs TARIP: natura giuridica e differenze strutturali

Il sistema di finanziamento della gestione dei rifiuti urbani in Italia si basa principalmente su due strumenti: la Tassa Rifiuti (TARI) e la TARIP. La TARI, introdotta nel 2014 con la Legge 147/2013 nell'ambito dell'Imposta Unica Comunale, ha sostituito i precedenti sistemi di tassazione (TARSU, TIA1 e TIA2). Questo tributo viene calcolato principalmente in base alla superficie dell'immobile e al numero di occupanti, senza considerare direttamente la quantità effettiva di rifiuti prodotti da ciascun utente.

La TARIP si distingue dalla TARI sotto due profili fondamentali: quello del metodo di calcolo e quello della natura giuridica. Sul piano del calcolo, mentre la TARI calcola l'importo sulla base di parametri presuntivi di produzione dei rifiuti, la TARIP introduce

una quota variabile commisurata alla quantità di rifiuto indifferenziato effettivamente conferito da ciascuna utenza, sulla base di misurazioni dirette o indirette. Sul piano giuridico, la TARIP non è un tributo ma un corrispettivo per il servizio ricevuto. La facoltà di adottare la TARIP è prevista dall'art. 1, comma 668, della Legge 147/2013, ed è subordinata alla condizione che il Comune abbia realizzato un sistema di misurazione puntuale della quantità di rifiuti conferiti al servizio pubblico.

1.5.2 Il funzionamento della TARIP

La regolazione ARERA sul settore rifiuti (MTR-2, Delibera 363/2021/R/rif) [14] definisce la struttura della tariffa distinguendo tra quota fissa e quota variabile. La quota fissa è destinata alla copertura dei costi del servizio indipendenti dalla quantità di rifiuti conferiti, mentre la quota variabile è correlata ai costi associati alla gestione dei rifiuti prodotti dalle utenze. Nei sistemi TARIP, tale struttura viene ulteriormente declinata a livello applicativo attraverso meccanismi che prevedono una componente base della tariffa e una componente variabile legata ai conferimenti effettivi, spesso con l'introduzione di soglie minime e di eventuali maggiorazioni per gli svuotamenti eccedenti.

La componente variabile della tariffa è generalmente determinata sulla base della quantità di Rifiuto Urbano Residuo (RUR) prodotta da ciascuna utenza. Il RUR è definito dal D.M. 20 aprile 2017 come «il rifiuto residuale dalla raccolta differenziata dei rifiuti urbani e assimilati (Codice europeo dei rifiuti 20 03 01)», ossia la frazione di rifiuti che rimane dopo la separazione delle raccolte differenziate e che viene comunemente identificata come rifiuto indifferenziato. Lo stesso decreto stabilisce che la misurazione puntuale della quantità di rifiuti conferiti si ottiene, come requisito minimo, attraverso la determinazione del peso o del volume del RUR conferito da ciascuna utenza, mentre la misurazione delle altre frazioni raccolte in modo differenziato (ad esempio organico, carta, plastica e vetro) è facoltativa [15]. La misurazione avviene attraverso tecnologie di identificazione univoca dei contenitori: nei sistemi porta a porta tramite chip RFID applicati ai bidoncini, nei sistemi a raccolta stradale tramite tessere o chiavette elettroniche associate ai cassonetti. Ogni svuotamento viene registrato e trasmesso a un software centralizzato, che elabora i dati ai fini della fatturazione.

1.5.3 Le tecnologie abilitanti

L'adozione della TARIP presuppone la disponibilità di un sistema di misurazione puntuale in grado di identificare univocamente ciascuna utenza e di registrare i conferimenti individuali di RUR. A tal fine, il D.M. 20 aprile 2017 stabilisce che l'identificazione delle utenze deve avvenire mediante l'assegnazione di un codice personale e univoco e che le infrastrutture informatiche devono garantire la rilevazione, l'elaborazione, la gestione e la conservazione dei dati relativi ai conferimenti. In assenza di tale infrastruttura tecnologica e organizzativa, la tariffazione puntuale non può essere applicata secondo i criteri stabiliti dalla normativa nazionale, motivo per cui la sua diffusione dipende anche dal livello di maturità dei sistemi di raccolta adottati dai singoli Comuni.

Tra le tecnologie utilizzate nei sistemi TARIP rientra l'RFID, una tecnologia di identificazione automatica basata su un tag elettronico composto da microchip e antenna, nel quale è memorizzato un codice identificativo univoco. Nei sistemi di raccolta porta a porta, ciascun contenitore è associato a tale codice e i mezzi di raccolta sono dotati di lettori RFID che rilevano automaticamente il tag durante le operazioni di svuotamento e ne trasmettono il segnale al sistema informativo del gestore, consentendo la registrazione e la tracciabilità dei conferimenti [16].

Nei sistemi a raccolta stradale, l'identificazione avviene tramite tessere o chiavette elettroniche associate all'utente: ogni apertura del cassonetto viene contabilizzata come un conferimento e attribuita all'utenza corrispondente. Il D.M. 20 aprile 2017 prevede che la misurazione puntuale possa essere effettuata sia mediante pesatura diretta sia mediante rilevazione indiretta del volume dei rifiuti conferiti; quest'ultima modalità è comunemente realizzata contabilizzando gli svuotamenti dei contenitori, il volume dei sacchi conferiti o il volume accessibile nei contenitori con limitatore volumetrico.

I dati raccolti svolgono una duplice funzione. Sul piano tariffario, alimentano il calcolo della quota variabile e delle eventuali eccedenze rispetto alla soglia minima di svuotamenti inclusa nella tariffa base. Sul piano gestionale, consentono il monitoraggio in tempo reale del servizio, permettendo di individuare anomalie operative, malfunzionamenti delle antenne o manomissioni dei contenitori.

1.5.4 La diffusione della TARIP in Italia

La diffusione della TARIP in Italia è avvenuta in modo progressivo, ma con una forte concentrazione territoriale. Secondo i dati dell'Istituto per la Finanza e l'Economia Locale (IFEL), nel 2023 i Comuni che adottavano sistemi di tariffazione puntuale erano 1.196, pari al 15,1% del totale nazionale, con una popolazione complessiva interessata di circa 9 milioni di abitanti. Il 2023 ha rappresentato l'anno di maggiore crescita nel periodo 2019–2023, con un incremento di 81 Comuni e un aumento di 880.598 abitanti rispetto all'anno precedente [17].

Un elemento strutturalmente rilevante è la forte concentrazione geografica del fenomeno. La diffusione della TARIP rimane prevalentemente settentrionale, con una concentrazione significativa in Lombardia, Veneto ed Emilia-Romagna. Il Sud e le Isole registrano invece presenze sporadiche: alla fine del periodo osservato, la Sicilia contava appena tre Comuni in tariffazione puntuale, la Puglia due e la Sardegna uno [17]. Questa disomogeneità riflette differenze strutturali nella dotazione infrastrutturale, nella capacità organizzativa dei gestori e nel livello di maturità dei sistemi di raccolta differenziata, che costituisce una precondizione tecnica per l'attivazione della misurazione puntuale.

È importante sottolineare che la tariffazione puntuale non si presenta come un modello uniforme, ma assume configurazioni operative differenti a livello locale. Le principali differenze riguardano il grado di misurazione della produzione dei rifiuti, le modalità di tariffazione adottate (basate su volume, peso o sistemi misti) e il rapporto tra componente fissa e variabile della tariffa. In alcune esperienze più avanzate, la tariffa risulta maggiormente correlata alla reale produzione di rifiuti, mentre in altri casi il sistema mantiene caratteristiche più vicine alla tariffazione tradizionale [17].

1.5.5 Il contesto applicativo nelle regioni di riferimento

Le cinque regioni oggetto dell'analisi empirica, Veneto, Emilia-Romagna, Friuli-Venezia Giulia, Lombardia e Piemonte, si collocano nel quadrante settentrionale del Paese, area in cui la diffusione della TARIP risulta più avanzata rispetto al resto del territorio nazionale.

In particolare, il Veneto rappresenta la regione con il più elevato livello di adozione del modello, con circa il 44% dei Comuni già in regime di tariffazione puntuale [17]. Tale primato affonda le proprie radici in un percorso storico che colloca le prime esperienze italiane di tariffazione commisurata alla produzione dei rifiuti proprio nel Nord-Est: tra

i casi pionieristici si segnala il Comune di Sommacampagna (Verona), che avviò già nel 1998 una sperimentazione basata sulla misurazione dei conferimenti e sulla raccolta domiciliare, in un contesto ancora privo di una cornice normativa compiuta, antecedente al DPR 158/1999 [23]. La diffusione del modello si è poi consolidata grazie alla presenza di sistemi di gestione integrata dei rifiuti e alla strutturazione di enti di bacino e gestori territoriali, elementi che hanno favorito l'affermarsi di esperienze evolute di tariffazione puntuale moderna, tra cui i Comuni gestiti da Contarina S.p.A., l'azienda pubblica che gestisce i servizi relativi ai rifiuti nei territori un tempo amministrati dai consorzi comunali Priula e Treviso Tre (TvTre), oggi confluiti nel Consiglio di Bacino Priula, considerati tra le migliori realtà europee in termini di prevenzione e riciclo dei rifiuti [18].

Il Friuli-Venezia Giulia mostra una discreta diffusione, con Udine e Trieste che si attestano su livelli più contenuti rispetto a Pordenone e Gorizia (Figura 1.3). Questa configurazione territoriale evidenzia una diffusione frammentata, spesso legata a iniziative locali e alla prossimità.

L'Emilia-Romagna presenta invece un quadro eterogeneo (Figura 1.3). Le province con i tassi di adozione più elevati sono Ferrara, Parma, Reggio Emilia e Modena. Mentre province come Ravenna o Piacenza, registrano invece una diffusione pressoché nulla, a testimonianza di una frammentazione territoriale del modello che rende la regione, nel suo complesso, meno matura rispetto al Veneto pur presentando poli di adozione avanzata [17].

La Lombardia presenta un profilo di adozione della TARIP particolarmente eterogeneo. Accanto a province caratterizzate da un'elevata diffusione del sistema, come Mantova, che si colloca al quarto posto tra tutte le province analizzate per livello di adozione della TARIP, si riscontrano realtà come la provincia di Lodi, nella quale nessun comune ha ancora adottato tale modalità tariffaria.

Il Piemonte, infine, presenta il grado di adozione più contenuto tra le cinque regioni, con il modello che tende a concentrarsi in specifici bacini gestionali come la provincia di Alessandria (Figura 1.3) e ampie porzioni del territorio ancora prive di tariffazione puntuale come Verbano-Cusio-Ossola e Vercelli.

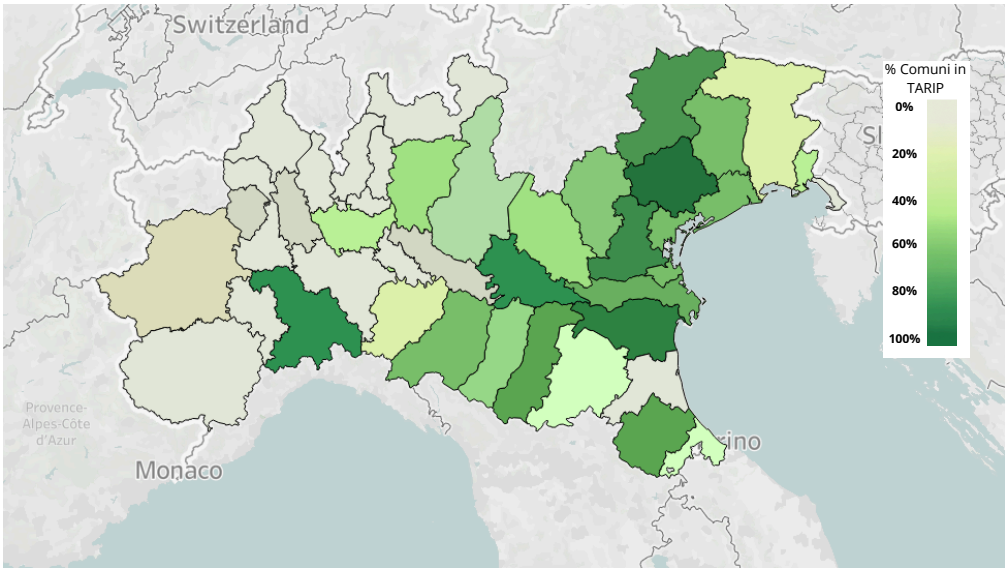


Figura 1.3: Percentuale di comuni che adottano la TARIP per provincia nelle regioni Friuli-Venezia Giulia, Piemonte, Veneto, Lombardia ed Emilia-Romagna (2023). Elaborazione dei dati provenienti dal dataset IFEL.

È interessante osservare in Figura 1.4 come nel 2017 la situazione fosse sostanzialmente diversa rispetto al quadro del 2023. La diffusione della TARIP appariva fortemente polarizzata, concentrata in pochi poli isolati a fronte di un territorio settentrionale ancora largamente privo di TARIP. Treviso si collocava già come provincia trainante, con quasi l'80% dei comuni in regime, ma livelli di adozione altrettanto avanzati si registravano anche a Ferrara (~65%) ed a Mantova (~53%). La quasi totalità delle restanti province, al contrario, presentava tassi di adozione inferiori al 10%, o del tutto nulli, come nel caso di numerose province piemontesi e lombarde. Questo confronto suggerisce che l'attuale eterogeneità regionale osservata nel 2023 (Figura 1.3) sia l'esito di un processo di progressiva diffusione a partire da nuclei pionieristici isolati, piuttosto che di uno sviluppo omogeneo e simultaneo su tutto il territorio.

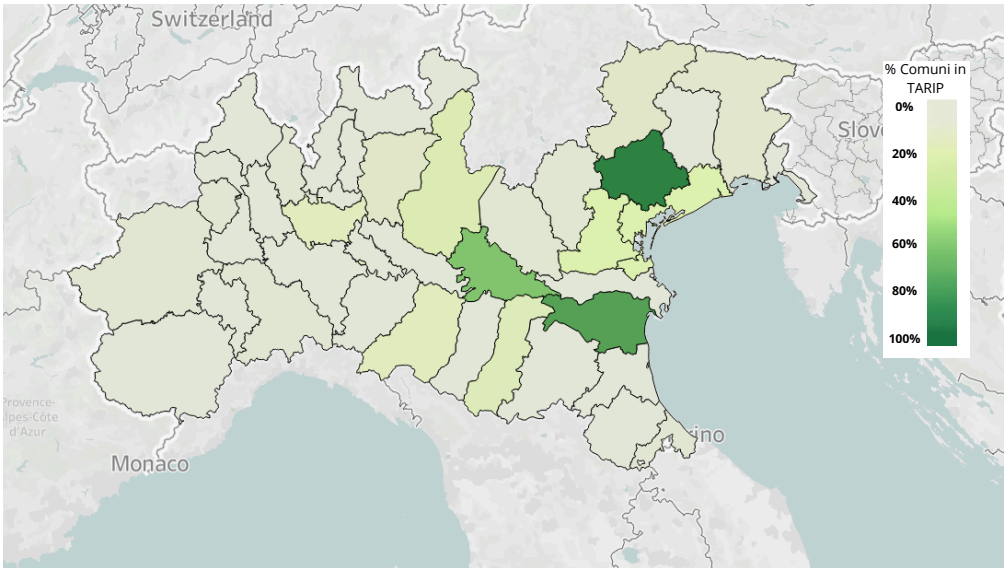


Figura 1.4: Percentuale di comuni che adottano la TARIP per provincia nelle regioni Friuli-Venezia Giulia, Piemonte, Veneto, Lombardia ed Emilia-Romagna (2017). Elaborazione dei dati provenienti dal dataset IFEL.

Queste cinque regioni offrono un contesto analitico particolarmente adatto per lo studio proposto in questa tesi: la presenza di Comuni in TARIP e Comuni ancora in TARI all'interno dello stesso territorio regionale consente di costruire un disegno sperimentale in cui i Comuni trattati e di controllo condividono caratteristiche istituzionali, climatiche e socioeconomiche di base.

Le informazioni sui reati ambientali, disponibili a livello provinciale, permettono di analizzare se la progressiva diffusione della TARIP nelle province di queste regioni si sia accompagnata a variazioni nei comportamenti illeciti legati alla gestione dei rifiuti.

1.6 Reati ambientali e tariffazione puntuale

Le sezioni precedenti hanno delineato il quadro normativo europeo, gli effetti documentati del PAYT a livello internazionale e il contesto istituzionale italiano in cui la TARIP si inserisce. Un aspetto rimasto finora in secondo piano nella letteratura è il possibile legame tra la diffusione della tariffazione puntuale e l'andamento dei reati ambientali connessi alla gestione dei rifiuti.

1.6.1 I reati sui rifiuti in Italia: natura, classificazione e fonti di rilevazione

Il sistema normativo italiano in materia di reati ambientali si articola su due livelli distinti. Il primo è il Codice dell'Ambiente, che disciplina una serie di illeciti di natura prevalentemente contravvenzionale legati alla gestione dei rifiuti, tra cui l'abbandono e il deposito incontrollato di rifiuti (art. 255), l'attività di gestione di rifiuti non autorizzata (art. 256), il traffico illecito di rifiuti (art. 259) e la violazione degli obblighi di comunicazione e tenuta dei registri (art. 258). Il secondo livello è quello introdotto dalla Legge 68/2015, che ha riformato profondamente la materia inserendo nel codice penale il nuovo Titolo VI-bis "Dei delitti contro l'ambiente", prevedendo nuove fattispecie di delitto per le violazioni più gravi: inquinamento ambientale, disastro ambientale, traffico e abbandono di materiali ad alta radioattività e introducendo al contempo un meccanismo di estinzione per i reati contravvenzionali di minore gravità [19].

Per gli scopi di questa tesi, le fattispecie più rilevanti sono quelle che riguardano comportamenti individuali o organizzati di smaltimento illecito di rifiuti urbani come l'abbandono su suolo pubblico o privato, conferimento in discariche abusive o la combustione illecita. Si tratta di comportamenti che, nella letteratura internazionale sul PAYT, vengono ricondotti alla categoria dell'illegal dumping discusso nelle sezioni precedenti.

Le principali fonti di rilevazione statistica dei reati ambientali in Italia sono il Rapporto Ecomafia di Legambiente, pubblicato annualmente sulla base dei dati forniti da forze dell'ordine e Capitanerie di porto e le statistiche dell'Arma dei Carabinieri per la Tutela dell'Ambiente. Entrambe le fonti forniscono dati articolati per regione e per provincia, il che le rende particolarmente adatte all'analisi empirica proposta in questa tesi. Secondo il Rapporto Ecomafia 2025, nel 2024 in Italia sono stati accertati 40.590 reati ambientali, con un incremento del 14,4% rispetto al 2023, pari a una media di 111 illeciti al giorno. I reati nel ciclo dei rifiuti sono stati 11.166, in crescita del 19,9% rispetto all'anno precedente, confermandosi tra le filiere illecite più rilevanti [19] .

1.6.2 L'ipotesi di ricerca: la TARIP come possibile incentivo a comportamenti illeciti

L'ipotesi centrale della presente tesi è che la diffusione della TARIP possa essere associata a un aumento dei reati ambientali legati alla gestione dei rifiuti a livello provinciale. Il meccanismo causale ipotizzato è quello già descritto nella sezione 1.3.4: l'introduzione di un costo marginale positivo sul conferimento del rifiuto indifferenziato genera un incentivo economico a evitare tale costo attraverso canali alternativi di smaltimento, tra cui l'abbandono illecito su suolo pubblico o privato. L'obiettivo di questa tesi non è valutare la convenienza complessiva della TARIP, ma indagare empiricamente se uno degli effetti collaterali teoricamente attesi dalla letteratura internazionale sia osservabile anche nel contesto italiano.

1.6.3 Gap nella letteratura e contributo atteso dello studio

La letteratura internazionale sul PAYT ha documentato in modo ricorrente il rischio di illegal dumping come effetto collaterale della tariffazione puntuale, come illustrato nella sezione 1.3.4. Tuttavia, questa letteratura presenta due limiti rilevanti rispetto agli obiettivi di questa tesi.

Il primo è geografico: gli studi empirici disponibili si concentrano prevalentemente su contesti anglosassoni (Stati Uniti, Regno Unito) Corea del Sud, Svizzera con scarsa attenzione al contesto italiano. Il secondo è metodologico: la maggior parte degli studi misura l'illegal dumping attraverso indagini campionarie o dati aggregati a livello comunale, raramente sfruttando dati amministrativi ufficiali sui reati a livello provinciale in un disegno panel.

Questa tesi si propone di colmare entrambi i gap: analizza un contesto nazionale finora trascurato, l'Italia settentrionale e utilizza dati ufficiali sui reati ambientali a livello provinciale in un framework di analisi panel. Il contributo atteso è duplice: sul piano empirico, fornisce evidenza quantitativa sul legame tra diffusione della TARIP e reati ambientali in Italia; sul piano di policy, offre informazioni rilevanti per i decisori locali che stanno valutando l'adozione della tariffazione puntuale, segnalando la necessità di accompagnare la transizione tariffaria con adeguate misure di controllo e enforcement.

Capitolo 2

Dati e costruzione del dataset

Il presente capitolo descrive i dati impiegati nell'analisi empirica e il processo di costruzione del dataset panel utilizzato per le stime econometriche presentate nel capitolo successivo.

Come illustrato nel capitolo precedente, l'analisi riguarda cinque regioni del Nord Italia: Piemonte, Lombardia, Veneto, Friuli-Venezia Giulia ed Emilia-Romagna, nelle quali la coesistenza di comuni che applicano la TARIP e di comuni ancora soggetti al regime TARI consente di osservare la progressiva diffusione del nuovo sistema tariffario all'interno di contesti istituzionali omogenei. La verifica empirica dell'ipotesi di ricerca richiede la disponibilità, per ciascun comune e per ciascun anno, di informazioni relative a tre dimensioni: il regime tariffario adottato, le quantità di rifiuti prodotti e raccolti e l'incidenza dei reati connessi al ciclo dei rifiuti.

Poiché nessuna fonte informativa raccoglie congiuntamente tali informazioni, è stato necessario integrare dati provenienti da archivi differenti, ciascuno riferito a una specifica dimensione del fenomeno analizzato. La prima fonte è costituita dalla banca dati IFEL, che documenta l'adozione della TARIP a livello comunale. La seconda è rappresentata dai dati dell'ISPRA sulla produzione e sulla raccolta dei rifiuti urbani, disponibili con continuità temporale per i singoli comuni. La terza comprende i dati sui reati ambientali connessi al ciclo dei rifiuti, raccolti da Legambiente nell'ambito del Rapporto Ecomafia e resi disponibili a livello provinciale.

Le tre fonti differiscono per copertura temporale, unità territoriale di riferimento, formato e modalità di raccolta. Prima della loro integrazione è stato quindi necessario

svolgere un processo di selezione, verifica e armonizzazione dei dati. Alcune criticità non riguardano esclusivamente aspetti tecnici, ma interessano direttamente l'unità di osservazione dell'analisi. In particolare, una parte dei dati relativi ai rifiuti è rendicontata a livello di gestione associata, rendendo disponibili informazioni riferite a bacini sovracomunali anziché ai singoli comuni; analogamente, i dati sui reati ambientali sono disponibili esclusivamente alla scala provinciale. Le soluzioni metodologiche adottate per affrontare tali problematiche sono illustrate nei paragrafi a seguire.

2.1 Il dataset IFEL sulla TARIP

Il presente paragrafo illustra la prima delle tre fonti impiegate nella costruzione del dataset panel, dedicata all'adozione della TARIP a livello comunale. Tale fonte è fondamentale ai fini dell'analisi, poiché costituisce l'unica base informativa che consente di identificare la variabile di interesse principale: il regime tariffario adottato da ciascun comune e il relativo anno di introduzione.

2.1.1 Descrizione del database originario e copertura temporale

La prima fonte utilizzata per la costruzione del dataset panel è un database in formato Excel che raccoglie l'elenco dei comuni italiani nei quali è stato adottato il sistema TARIP. Il database è stato fornito da IFEL, ente che fornisce attività di supporto tecnico, consulenza e formazione agli enti locali.

La banca dati ha copertura nazionale e include esclusivamente i comuni che, alla data di riferimento, applicavano la TARIP. Non si tratta quindi di un censimento dell'intero universo dei comuni italiani, ma di un registro dei soli enti aderenti al sistema: l'assenza di un comune dall'elenco è pertanto interpretata come mancata adozione della tariffazione puntuale. Il database è composto da sette variabili, riportate nella Tabella 2.1.

Tabella 2.1: Variabili del dataset IFEL sulla TARIP

Variabile	Descrizione	Modalità / Unità
Codice ISTAT	Codice identificativo univoco del comune	–
Regione	Regione di appartenenza	–
Provincia	Provincia di appartenenza	–
Comune	Denominazione del comune	–
Abitanti	Popolazione residente	Numero di abitanti (2024)
Regime tariffario	Configurazione della TARIP applicata	TARI tributo puntuale / tariffa corrispettiva (2023)
Anno di introduzione	Momento di adozione della TARIP	Codice numerico da "1" a "5"

Le prime quattro variabili svolgono una funzione identificativa e territoriale. In particolare, il codice ISTAT rappresenta la chiave di collegamento utilizzata per integrare questa fonte con le altre banche dati, secondo la procedura descritta nel paragrafo 2.4.2.

La variabile relativa al regime tariffario distingue le due modalità di applicazione della TARIP: il tributo puntuale, che conserva la natura giuridica di tributo introducendo una componente commisurata ai conferimenti, e la tariffa corrispettiva, che configura il prelievo come corrispettivo del servizio erogato. Come illustrato nel capitolo precedente, tale distinzione assume rilevanza sotto il profilo giuridico e organizzativo, ma non modifica il meccanismo incentivante oggetto dell'analisi, poiché in entrambi i casi una quota del prelievo è commisurata alla quantità di rifiuto indifferenziato conferita. Poiché, secondo il criterio adottato per le frazioni, l'assenza del dato è interpretata come conferimento nullo, il livello degli ingombranti risulta sottostimato in misura diversa nei due gruppi e nelle diverse annualità: il confronto sui livelli tra comuni con e senza TARIP non è pertanto interpretabile. Per questo motivo, la variabile viene utilizzata esclusivamente a fini descrittivi e non contribuisce alla definizione dell'indicatore di trattamento. Occorre inoltre precisare che l'informazione è disponibile solo per il 2023 e non come serie storica.

L'anno di introduzione della TARIP non è riportato direttamente, ma è codificato attraverso un indicatore numerico. Il codice "1" identifica i comuni che avevano adottato il sistema entro il 2019, mentre i codici successivi corrispondono rispettivamente alle adozioni avvenute nel 2020 ("2"), nel 2021 ("3"), nel 2022 ("4") e nel 2023 ("5").

La codifica adottata consente di identificare con precisione soltanto i comuni che hanno introdotto la TARIP a partire dal 2020. Per tutti quelli che avevano già adottato il sistema entro il 2019, il database riporta infatti il solo codice "1", senza indicare l'effettivo anno di introduzione. È stato quindi necessario ricostruire tale informazione ricorrendo a fonti aggiuntive, così da definire con maggiore accuratezza la cronologia delle adozioni.

2.1.2 Il problema della data di adozione per i comuni già in TARIP nel 2019

Il database originario presentava una limitazione rilevante con riferimento ai comuni classificati come già in TARIP nel 2019. Come descritto in precedenza, tali comuni erano identificati esclusivamente mediante il codice "1", che indicava la presenza del sistema di tariffazione puntuale già nel primo anno coperto dal database, senza tuttavia specificare l'effettivo anno di introduzione della TARIP. Di conseguenza, non era possibile distinguere i comuni che avevano adottato il nuovo sistema nel corso del 2019 da quelli che lo avevano introdotto in anni precedenti. Questa informazione risulta fondamentale ai fini dell'analisi empirica sviluppata nel presente lavoro. La costruzione del dataset panel richiede infatti di conoscere con precisione l'anno di introduzione della TARIP per ciascun comune, così da identificare correttamente le osservazioni appartenenti al periodo precedente da quelle successive all'adozione della TARIP.

La rilevanza del problema è significativa. Nell'ambito del campione analizzato, 619 dei 859 comuni che adottano la TARIP, circa il 72%, sono classificati con il codice "1". Per oltre due terzi dei comuni trattati, la fonte originaria non consente quindi di individuare l'effettivo anno di adozione. Per colmare tale lacuna è stata condotta un'attività di raccolta dati integrativa, finalizzata alla ricostruzione della cronologia di introduzione della TARIP.

Per i comuni di Piemonte, Veneto, Emilia-Romagna e Friuli-Venezia Giulia, l'integrazione delle informazioni è stata realizzata attraverso un'attività di ricerca documentale sistematica, condotta a livello del singolo ente. L'individuazione dell'anno di introduzione

della TARIP ha richiesto la consultazione di fonti eterogenee, comprendenti gli atti amministrativi pubblicati dalle amministrazioni comunali, quali delibere di consiglio, delibere di giunta e regolamenti, dai quali è stato spesso possibile risalire agli estremi del provvedimento istitutivo. L'analisi è stata estesa anche alla documentazione resa disponibile dai consorzi di bacino, dagli enti competenti per l'organizzazione del servizio e dai gestori, i cui siti istituzionali riportano frequentemente la data di attivazione della TARIP.

A tali evidenze sono state affiancate notizie tratte dalla stampa locale e nazionale riguardanti l'introduzione del nuovo sistema tariffario, particolarmente utili nei contesti di minori dimensioni, dove la documentazione amministrativa non sempre risulta accessibile online. Nei casi in cui le pagine istituzionali non fossero più disponibili, la ricerca è stata completata mediante la consultazione delle relative versioni archiviate.

L'incrocio delle informazioni raccolte ha permesso di ricostruire l'anno di introduzione della TARIP per 319 dei 467 enti interessati, corrispondenti a circa il 68% dei casi, registrando per ciascuna attribuzione la relativa fonte documentale. L'efficacia dell'attività di ricostruzione presenta tuttavia differenze significative tra i territori considerati, come illustrato nella Tabella 2.2.

Tabella 2.2: Esito della ricostruzione dell'anno di adozione per i comuni con codice "1"

Regione	Da ricostruire	Ricostruiti	Non ricostruiti	% ricostruiti
Emilia-Romagna	83	83	0	100,0
Piemonte	80	58	22	72,5
Veneto	269	163	106	60,6
Friuli-Venezia Giulia	35	15	20	42,9
Totale	467	319	148	68,3

L'eterogeneità dei risultati riflette principalmente la diversa disponibilità di documentazione accessibile nei vari territori e presso i differenti gestori. Le modalità di trattamento dei 148 comuni per i quali non è stato possibile individuare l'anno di introduzione sono illustrate nel paragrafo successivo.

Le evidenze raccolte presentano inoltre un grado di dettaglio non uniforme. In alcuni casi è stato possibile identificare con precisione l'anno di adozione; in altri casi, le fonti disponibili riportano informazioni incomplete o non sufficientemente dettagliate,

rendendo necessario ricondurre l'introduzione della TARIP a intervalli temporali (ad esempio "2009-2015"), soglie di anteriorità o posteriorità (quali "≤ 2018", "≤ 2013" o "> 2017") oppure annotazioni che descrivono modalità di introduzione graduali. In un caso, infine, la documentazione segnala un primo sistema risalente nel tempo, in seguito sostituito da un modello basato sull'identificazione elettronica degli utenti. I criteri adottati per ricondurre tali casistiche a un unico anno di riferimento sono illustrati nel paragrafo 2.4.4.

Per i comuni della Lombardia, l'individuazione dell'anno di adozione non si basa sulla ricerca documentale appena descritta, ma su una ricostruzione predisposta nell'ambito del presente lavoro, organizzata come panel comunale e riferita al periodo 2017-2024. Il dataset contiene per ciascun comune e per ciascun anno del periodo considerato, le informazioni sulla presenza della TARIP. Gli anni precedenti al 2017 non sono invece osservabili.

2.1.3 Trattamento dei casi non risolvibili

Per i 148 comuni per i quali la ricerca documentale descritta nel paragrafo precedente non ha consentito di determinare con certezza l'anno di introduzione della TARIP, in assenza di documentazione ufficiale e considerato che le fonti disponibili facevano riferimento, nella maggior parte dei casi, a delibere o atti posteriori al 2019, si è ritenuto plausibile collocare convenzionalmente l'anno di adozione nel 2019 stesso. Questa scelta, pur non eliminando l'incertezza di fondo, consente di non escludere i comuni interessati dall'analisi e di mantenere la coerenza del dataset. La loro esclusione avrebbe infatti comportato la perdita di circa un sesto dei comuni trattati, con il rischio di introdurre una distorsione da selezione. La mancata disponibilità della documentazione, infatti, non appare distribuita casualmente, ma tende a concentrarsi nei comuni di minore dimensione e nei territori caratterizzati da una minore accessibilità delle informazioni amministrative.

Tale criterio costituisce tuttavia un'approssimazione metodologica, poiché il 2019 rappresenta esclusivamente il primo anno individuabile sulla base della codifica disponibile nella banca dati IFEL e non coincide necessariamente con l'effettivo momento di introduzione della TARIP. È pertanto possibile che una parte dei comuni classificati convenzionalmente come adottanti dal 2019 avesse già introdotto il sistema tariffario negli anni precedenti.

L'utilizzo di tale criterio introduce quindi una potenziale fonte di errore di misurazione nella variabile di trattamento. Per i comuni che avevano effettivamente adottato la TARIP prima del 2019, l'assegnazione convenzionale di tale anno determina una sottostima della durata dell'esposizione al trattamento, poiché alcuni anni successivi all'effettiva introduzione vengono erroneamente classificati come periodo pre-trattamento. Ne consegue che parte dell'effetto associato alla TARIP potrebbe essere attribuita alla fase precedente all'intervento anziché al periodo successivo all'adozione, con il possibile risultato di attenuare la stima dell'impatto del trattamento nelle analisi econometriche.

Un'analoga criticità, sebbene derivante da un differente limite informativo, riguarda i comuni della Lombardia. Per i 107 enti per i quali la TARIP risulta già attiva nel 2017, primo anno disponibile nella fonte regionale descritta nel paragrafo precedente, tale anno è stato assunto come riferimento per l'introduzione del sistema. Anche in questo caso l'informazione non riflette necessariamente l'effettivo momento di adozione, ma deriva dal limite temporale della base dati disponibile. L'attribuzione comporta pertanto una possibile sottostima della durata dell'esposizione al trattamento, con implicazioni analoghe a quelle descritte per gli altri comuni.

2.1.4 Affidabilità e limiti della fonte

L'utilizzo della banca dati IFEL richiede di evidenziare alcuni limiti metodologici che possono influenzare l'interpretazione della variabile di trattamento.

Il primo riguarda la codifica dell'anno di introduzione della TARIP, già discussa nei paragrafi precedenti. La classificazione adottata dalla banca dati riunisce infatti in un'unica categoria tutti i comuni che avevano introdotto il sistema prima del 2020, rendendo necessaria un'attività di ricostruzione basata su fonti informative aggiuntive. L'affidabilità di tale ricostruzione dipende dalla disponibilità, dalla completezza e dal livello di dettaglio della documentazione reperita, elementi che presentano una significativa eterogeneità tra territori. Nei casi in cui non è stato possibile individuare l'effettivo anno di adozione, si è fatto ricorso all'approssimazione convenzionale descritta nel paragrafo precedente.

Un secondo limite deriva dalla natura stessa della banca dati, che rappresenta una rilevazione riferita al 2023. Di conseguenza, le eventuali adozioni successive a tale data non risultano registrate: coerentemente con tale caratteristica, il dataset panel non evidenzia nuovi comuni adottanti nel 2024, ultimo anno incluso nella finestra di

osservazione. La diffusione della TARIP nell'ultimo anno del periodo analizzato risulta quindi sottostimata per effetto del limite informativo della fonte, e la stabilità osservata nella quota di comuni trattati tra il 2023 e il 2024 non deve essere interpretata come un rallentamento effettivo del processo di diffusione. Inoltre, la banca dati non consente di rilevare eventuali revoche o abbandoni del sistema tariffario successivi all'introduzione. La costruzione della variabile di trattamento assume pertanto che l'adozione della TARIP sia permanente e che il regime introdotto continui a essere applicato negli anni successivi.

Un'ulteriore limitazione riguarda l'informazione relativa alla tipologia di regime tariffario adottato, disponibile esclusivamente come rilevazione riferita al 2023 e non come serie storica. La variabile consente di distinguere tra tributo puntuale e tariffa corrispettiva, ma non permette di ricostruire eventuali transizioni tra le due configurazioni nel corso del periodo considerato.

2.2 Il dataset ISPRA

La seconda fonte informativa impiegata nel lavoro è rappresentata dai dati sulla produzione e sulla raccolta dei rifiuti urbani a livello comunale, messi a disposizione da ISPRA attraverso il Catasto Nazionale dei Rifiuti. La banca dati fornisce un archivio distinto per ciascun anno di rilevazione, dal 2010 al 2024, e costituisce la base informativa da cui derivano le variabili dipendenti dell'analisi: le quantità di rifiuti prodotte e raccolte da ciascun comune e la loro composizione merceologica.

2.2.1 La fonte: il Catasto Nazionale dei Rifiuti

Il Catasto Nazionale dei Rifiuti costituisce lo strumento attraverso cui è assicurato un quadro conoscitivo completo e costantemente aggiornato sulla gestione dei rifiuti in Italia. Istituito dall'articolo 3 del D.L. 9 settembre 1988, n. 397, convertito con modificazioni dalla Legge 9 novembre 1988, n. 475, esso trova oggi articolazione e funzioni nell'articolo 189 del D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152. Il Catasto è organizzato su base sia nazionale sia regionale: la Sezione nazionale ha sede presso ISPRA, mentre le Sezioni regionali e delle province autonome operano presso le rispettive agenzie per la protezione dell'ambiente (ARPA e APPA). Ai sensi del comma 6 del medesimo articolo, ISPRA elabora e pubblica

annualmente i dati raccolti, che costituiscono il riferimento ufficiale a livello nazionale per il monitoraggio della gestione dei rifiuti urbani.

L'acquisizione dei dati relativi ai rifiuti urbani avviene attraverso una procedura standardizzata. ISPRA trasmette annualmente questionari alle agenzie regionali e provinciali per la protezione dell'ambiente, alle Regioni, alle Province e agli Osservatori regionali e provinciali sui rifiuti, ossia ai soggetti pubblici detentori dell'informazione a livello territoriale. Qualora tali soggetti non forniscano riscontro, oppure trasmettano informazioni parziali o incongruenti, ISPRA procede a integrare il quadro informativo mediante l'elaborazione delle banche dati del Modello Unico di Dichiarazione ambientale (MUD), attraverso cui i soggetti obbligati dichiarano annualmente i quantitativi di rifiuti gestiti.

I dati sono raccolti ed elaborati con riferimento al singolo comune, fatta eccezione per i casi in cui le informazioni risultano disponibili esclusivamente in forma aggregata per Ambito Territoriale Ottimale, Comunità montana, Consorzio o Unione di Comuni [24].

Un ulteriore elemento metodologico rilevante riguarda il trattamento dei comuni per i quali il dato non risulta disponibile né dai questionari né dalle dichiarazioni MUD. In tali casi ISPRA procede a una stima della produzione di rifiuti urbani: i comuni di ciascuna provincia sono ripartiti in fasce di popolazione, per ciascuna delle quali viene calcolata la produzione pro capite media dei comuni con dato disponibile; tale valore è quindi moltiplicato per la popolazione residente dei comuni privi di informazione. La quantità di rifiuto indifferenziato è successivamente ottenuta per differenza tra il totale dei rifiuti urbani e la somma della raccolta differenziata e degli ingombranti avviati a smaltimento. Laddove manchino informazioni sulla raccolta differenziata — parametro che, a differenza della produzione totale, non può essere oggetto di stima — vengono utilizzati i dati relativi all'annualità precedente del medesimo comune [24].

2.2.2 Le variabili disponibili

Ciascun archivio annuale riporta, per ogni comune italiano, un insieme di variabili riconducibili a tre blocchi logici: le variabili identificative e di contesto, le frazioni merceologiche della raccolta differenziata e gli aggregati sintetici. I tre blocchi sono descritti separatamente nel seguito.

Tabella 2.3: Variabili del dataset ISPRA sui rifiuti urbani

Variabile	Descrizione	Modalità / Unità
Anno	Anno a cui è riferito l'archivio	–
Codice ISTAT	Codice identificativo univoco del comune	–
Regione	Regione di appartenenza	–
Provincia	Provincia di appartenenza	–
Comune	Denominazione del comune	–
Popolazione	Popolazione residente	Numero di abitanti
Dato riferito a	Livello territoriale a cui sono riferiti i dati di rifiuto riportati	Comune / Vedi aggregazione: [bacino] / Aggregazione: [bacino]

Le variabili del primo blocco presenti in Tabella 2.3 svolgono una funzione identificativa e territoriale, analoga a quella delle variabili anagrafiche della banca dati IFEL. Il codice ISTAT rappresenta, anche in questo caso, la chiave di collegamento impiegata per l'integrazione con le altre fonti, secondo la procedura descritta nel paragrafo 2.4. Tra le variabili di questo blocco merita una menzione a parte "Dato riferito a", che indica il livello territoriale a cui sono effettivamente riferiti i dati di rifiuto riportati in ciascuna riga: il singolo comune, oppure, nei casi in cui il servizio è gestito in forma associata, il bacino o consorzio di appartenenza. Come si vedrà nel paragrafo 2.2.4, questa circostanza non costituisce una semplice annotazione descrittiva, ma pone un problema sostanziale ai fini della costruzione di un panel a livello comunale.

Tabella 2.4: Variabili ISPRA sui rifiuti urbani: frazioni merceologiche

Variabile	Descrizione
Frazioni merceologiche della raccolta differenziata	
Frazione umida	Frazione organica raccolta in modo differenziato
Verde	Sfalci e potature raccolti in modo differenziato
Carta e cartone	Carta e cartone raccolti in modo differenziato
Vetro	Vetro raccolto in modo differenziato
Legno	Legno raccolto in modo differenziato
Metallo	Metallo raccolto in modo differenziato
Plastica	Plastica raccolta in modo differenziato
RAEE	Rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche
Tessili	Tessili raccolti in modo differenziato
Selettiva	Raccolta selettiva di rifiuti pericolosi
Rifiuti da C e D	Rifiuti da costruzione e demolizione
Pulizia stradale a recupero	Rifiuti da spazzamento stradale avviati a recupero di materia
Ingombranti misti a recupero	Rifiuti ingombranti avviati a recupero di materia
Altro	Voce residuale di raccolta differenziata

Le frazioni riportate nella Tabella 2.4 sono tutte espresse in tonnellate e costituiscono, nel loro insieme, le componenti del totale della raccolta differenziata. Due di esse richiedono un'avvertenza. La voce relativa alla pulizia stradale avviata a recupero non è disponibile per l'intero periodo, in conseguenza di una modifica della metodologia di calcolo intervenuta nel 2016. I rifiuti ingombranti compaiono invece in due voci distinte a seconda della destinazione: quelli avviati a recupero rientrano tra le frazioni differenziate, mentre quelli avviati a smaltimento sono riportati tra gli aggregati sintetici; la quantità complessiva di ingombranti prodotta da un comune si ottiene pertanto sommando le due voci.

Tabella 2.5: Variabili ISPRA sui rifiuti urbani: aggregati sintetici

Variabile	Descrizione	Modalità / Unità
Aggregati sintetici		
Totale RD	somma delle frazioni merceologiche differenziate	Tonnellate
Ingombranti a smaltimento	Rifiuti ingombranti avviati a smaltimento	Tonnellate
Indifferenziato	Rifiuto urbano residuo indifferenziato	Tonnellate
Totale RU	Somma di Totale RD, Indifferenziato e Ingombranti a smaltimento	Tonnellate
% RD	Percentuale di raccolta differenziata, come Totale RD su Totale RU	Percentuale

Gli aggregati riportati nella Tabella 2.5 sono legati da due identità contabili, verificate su tutte le osservazioni del campione. Il totale della raccolta differenziata (RD) corrisponde alla somma delle frazioni merceologiche elencate nella Tabella 2.4. Il totale dei rifiuti urbani (RU) prodotti è pari alla somma della RD, del rifiuto indifferenziato e degli ingombranti avviati a smaltimento. La percentuale di raccolta differenziata (%RD) è infine calcolata come rapporto tra Totale RD e Totale RU.

Alla luce della domanda di ricerca, le variabili descritte non assumono tutte il medesimo rilievo. Tre di esse misurano, con gradi diversi di prossimità, la dimensione dei flussi di rifiuto attorno a cui si articola l'analisi descrittiva del paragrafo 2.5.

La %RD costituisce l'indicatore sintetico attraverso cui la performance del servizio è comunemente letta ed è la grandezza rispetto alla quale la TARIP viene ordinariamente valutata: per questa ragione rappresenta il punto di partenza dell'analisi descrittiva. Occorre tuttavia precisare che, essendo un rapporto, essa può aumentare tanto per una crescita della differenziata quanto per un calo dell'indifferenziato, e non è quindi di per sé

informativa circa l'eventuale presenza di abbandoni: documenta l'esistenza di un divario tra comuni con e senza TARIP, non la sua origine.

Le due componenti di quel rapporto vanno pertanto osservate separatamente. Il rifiuto indifferenziato pro capite è la grandezza su cui la TARIP agisce in via diretta, secondo il meccanismo di incentivo descritto nel capitolo precedente: è attraverso di essa che si verifica se all'introduzione della tariffa corrisponda una modifica dei comportamenti di conferimento. Il totale RU pro capite consente invece di intercettare in via indiretta l'illegal dumping. Qualora, a seguito dell'introduzione della TARIP, il totale dei rifiuti intercettati dal circuito ufficiale si riducesse in misura superiore a quanto plausibilmente attribuibile a una effettiva riduzione della produzione, una parte dei rifiuti potrebbe essere fuoriuscita dal sistema di raccolta attraverso abbandoni o conferimenti impropri. Occorre tuttavia osservare che la definizione normativa di rifiuto urbano ricomprende anche i rifiuti di qualunque natura o provenienza giacenti sulle strade e sulle aree pubbliche: i rifiuti abbandonati che vengono successivamente raccolti dal servizio pubblico rientrano pertanto nelle statistiche ufficiali e non determinano una riduzione del totale rilevato. La variabile intercetta quindi il solo abbandono che sottrae stabilmente i rifiuti al circuito di raccolta, e ne costituisce per questa ragione una misura conservativa.

Nessuna di queste grandezze, tuttavia, è in grado da sola di distinguere una minore produzione da una fuoriuscita dal circuito ufficiale. È per questa ragione che ai dati sui flussi viene affiancata, nel paragrafo 2.3, una misura diretta dell'illegalità accertata: la terza dimensione dell'analisi.

Assume infine rilievo la voce relativa ai rifiuti ingombranti, che costituisce la proxy più plausibile dei fenomeni di abbandono disponibile nel dataset, trattandosi di una delle componenti più frequentemente coinvolte nelle pratiche di illegal dumping. Un'avvertenza è invece necessaria a proposito della pulizia stradale avviata a recupero, voce che potrebbe apparire informativa rispetto ai rifiuti presenti sul suolo pubblico ma che non è idonea allo scopo: essa misura la sola quota di rifiuti da spazzamento destinata al recupero di materia, mentre quella avviata a smaltimento è ricompresa nell'indifferenziato e non risulta distinguibile.

2.2.3 La copertura della fonte

Gli archivi del Catasto hanno copertura nazionale e cadenza annuale e riportano il dato con riferimento al singolo comune. Il dettaglio comunale è tuttavia disponibile soltanto a partire dal 2010: per le annualità precedenti il Catasto pubblica i dati sui rifiuti urbani con il solo dettaglio provinciale. L'estremo inferiore della finestra temporale dell'analisi è pertanto determinato dalla disponibilità della fonte e non da una scelta discrezionale, mentre l'estremo superiore corrisponde all'ultima annualità pubblicata al momento della costruzione del dataset. Poiché ISPRA costituisce la componente più granulare e definisce l'universo delle osservazioni del panel, è questa fonte a fissare l'arco temporale entro cui le altre due sono state ricondotte.

La finestra che ne risulta copre quindici anni, dal 2010 al 2024, e presenta due vantaggi ai fini dell'analisi. In primo luogo, essa consente di osservare per ciascun comune un periodo sufficientemente lungo sia prima sia dopo l'eventuale introduzione della TARIP, requisito essenziale per lo studio della relazione tra TARIP e dinamiche dei rifiuti. In secondo luogo, la lunghezza del panel consente di distinguere gli effetti associati all'introduzione della tariffa dai trend di lungo periodo che hanno interessato la gestione dei rifiuti urbani nel periodo considerato, quali la crescita generalizzata della raccolta differenziata e la progressiva riduzione della produzione pro capite.

2.2.4 La rendicontazione a livello di gestione associata

Come anticipato, ISPRA raccoglie ed elabora i dati con riferimento al singolo comune, fatta eccezione per i casi in cui le informazioni risultano disponibili esclusivamente in forma aggregata per ATO, Comunità montana, Consorzio o Unione di Comuni. Tale circostanza, che riflette l'assetto organizzativo del servizio di gestione dei rifiuti descritto nel capitolo precedente, è documentata dalla fonte stessa attraverso il campo "Dato riferito a" che segnala, per ciascuna osservazione, il livello territoriale a cui il dato è effettivamente riferito.

Tale campo assume tre modalità, riportate nella Tabella 2.6. La prima identifica le osservazioni riferite al singolo comune. La seconda identifica le osservazioni in cui il dato riportato non è quello del comune bensì quello dell'intero ente sovracomunale di appartenenza, appoggiato convenzionalmente alla riga di uno dei comuni membri. La

terza identifica i comuni i cui quantitativi sono ricompresi in tale dato aggregato e la cui riga risulta pertanto priva di valori.

Tabella 2.6: Livello territoriale del dato negli archivi ISPRA (campione 2010–2024)

Livello a cui il dato è riferito	Osservazioni	Quantitativi
Comune	55.480	Sempre valorizzati
Ente sovracomunale (riga portante il dato aggregato)	160	Valorizzati, riferiti all'intero ente
Comune ricompreso in un dato aggregato	1.982	Non valorizzati

La rilevanza di questa articolazione emerge con chiarezza esaminando la distribuzione dei valori mancanti: la totalità delle osservazioni prive di quantitativi appartiene alla terza modalità, mentre salvo due casi isolati nessuna osservazione riferita al singolo comune presenta valori mancanti sugli aggregati.

Il dato non risulta perduto, bensì registrato a un diverso livello territoriale. Rapportando i quantitativi riportati nelle righe aggregate alla popolazione complessiva dei comuni afferenti a ciascun ente si ottengono infatti valori pro capite coerenti con quelli osservati nel resto del campione, a conferma che l'informazione è disponibile per l'ente sovracomunale ma non attribuibile ai singoli comuni che lo compongono.

La distribuzione territoriale del fenomeno è fortemente disomogenea, come riportato nella Tabella 2.7, e assume caratteristiche differenti nelle regioni interessate.

Tabella 2.7: Distribuzione delle osservazioni rendicontate a livello sovracomunale, per regione

Regione	Righe portanti il dato aggregato	Comuni ricompresi	Natura del fenomeno
Lombardia	121	163	Permanente, in tutte le annualità
Piemonte	38	1.817	Concentrato nel biennio 2012–2013
Veneto	1	2	Isolato (2016)
Emilia-Romagna	0	0	Assente
Friuli-Venezia Giulia	0	0	Assente

In Lombardia la rendicontazione in forma associata costituisce un fenomeno continuativo, presente in ciascuno dei quindici anni considerati, seppure di dimensioni contenute.

In Piemonte essa assume invece carattere episodico ma di rilevante ampiezza: nel biennio 2012-2013 la quasi totalità dei comuni della regione risulta rendicontata attraverso i consorzi di bacino, mentre negli altri tredici anni il dato è disponibile a livello comunale. In Veneto il fenomeno interessa un unico caso, relativo a un'unione montana nel 2016, mentre in Emilia-Romagna e in Friuli-Venezia Giulia non si registra alcuna osservazione rendicontata a livello sovracomunale.

La conseguenza più rilevante ai fini dell'analisi riguarda il Piemonte nel biennio 2012-2013, per il quale la copertura comunale si riduce al 27,7% dei comuni nel 2012 e al 19,4% nel 2013.

2.2.5 Affidabilità e limiti della fonte

L'utilizzo dei dati ISPRA richiede di esplicitare alcuni limiti che condizionano l'interpretazione delle analisi successive.

Il primo riguarda il diverso grado di completezza tra aggregati sintetici e singole frazioni. Gli aggregati impiegati nell'analisi, totale RU, rifiuto indifferenziato, totale RD e relativa percentuale presentano una quota di valori mancanti contenuta e riconducibile alla rendicontazione sovracomunale discussa nel paragrafo precedente, pari a circa il 3,4% delle osservazioni. Le singole frazioni merceologiche mostrano invece livelli di incompletezza sensibilmente più elevati e fortemente eterogenei, che vanno dal 3,7% della carta e cartone fino a superare il 65% della pulizia stradale avviata a recupero. Occorre tuttavia sottolineare che, per le singole frazioni, l'assenza del dato non equivale a una perdita di informazione: nella maggior parte dei casi essa segnala che il comune non effettua o non registra separatamente la raccolta di quella specifica frazione, configurandosi quindi come un valore prossimo allo zero più che come un dato mancante in senso stretto. Tale distinzione non si applica invece agli aggregati, per i quali l'assenza del dato riflette esclusivamente il livello territoriale della rendicontazione.

Un limite specifico riguarda i rifiuti ingombranti, individuati nel paragrafo 2.2.2 come la proxy più plausibile dei fenomeni di abbandono disponibile nel dataset. La variabile considerata corrisponde alla somma delle due voci con cui la fonte distingue i rifiuti destinati al recupero e allo smaltimento. Tuttavia, la seconda voce è valorizzata soltanto nel 35,9% delle osservazioni comunali e la sua disponibilità non è indipendente dal regime tariffario. Nel 2010 essa è compilata dal 61,5% dei comuni che non adottano la TARIP,

a fronte del solo 10,7% di quelli che la applicano. Questo divario rimane pressoché invariato fino al 2015, per poi ridursi progressivamente, annullarsi e infine invertirsi negli ultimi anni del periodo di osservazione. Per questo motivo, la variabile viene utilizzata esclusivamente nell'analisi per anni dall'adozione, presentata nel paragrafo 2.5.6, in cui il confronto è effettuato all'interno dello stesso comune e non tra comuni diversi.

Un secondo limite riguarda la variabile relativa alla pulizia stradale avviata a recupero, che non risulta valorizzata per alcun comune nel periodo 2010-2015. Tale circostanza non riflette una lacuna della rilevazione, bensì una modifica dei criteri di calcolo: a partire dai dati 2016 ISPRA applica la metodologia definita dal D.M. 26 maggio 2016, che include nel computo della raccolta differenziata i rifiuti derivanti dallo spazzamento stradale qualora destinati a effettivo recupero, mentre fino ai dati 2015 tali rifiuti erano contabilizzati integralmente tra gli indifferenziati. Anche a partire dal 2016 la variabile risulta valorizzata soltanto per il 57% delle osservazioni, e la classificazione dipende dalla qualità dell'informazione dichiarata: in assenza di indicazioni precise sulla destinazione dei rifiuti da spazzamento, o qualora sia rilevata la sola operazione di messa in riserva, tali quantitativi continuano a essere contabilizzati tra gli indifferenziati.

Il limite più rilevante ai fini dell'analisi riguarda i comuni il cui dato non risulta disponibile né dai questionari né dalle dichiarazioni MUD, ISPRA stima la produzione di rifiuti urbani applicando la produzione pro capite media della corrispondente fascia di popolazione provinciale, mentre in assenza di informazioni sulla raccolta differenziata utilizza i dati dell'annualità precedente del medesimo comune. Una parte delle osservazioni del panel non è pertanto misurata, bensì imputata. La circostanza assume particolare rilievo per l'analisi condotta. La fonte non consente di distinguere le osservazioni rilevate da quelle stimate.

2.3 Il dataset Legambiente

La terza fonte informativa utilizzata riguarda i reati ambientali connessi al ciclo dei rifiuti ed è stata costruita a partire dai dati pubblicati da Legambiente. Mentre il dataset ISPRA descritto nel paragrafo precedente consente di osservare l'illegal dumping solo in via indiretta, attraverso le dinamiche dei flussi di rifiuti intercettati dal circuito ufficiale, i dati Legambiente offrono una misura diretta dell'illegalità nel ciclo dei rifiuti.

2.3.1 Descrizione della fonte e delle informazioni raccolte

Legambiente pubblica annualmente, nel Rapporto Ecomafia, un quadro dei reati ambientali accertati in Italia, elaborato a partire dai dati forniti dalle forze dell'ordine e dalle Capitanerie di porto. Una parte di queste informazioni è resa disponibile online attraverso il portale "noecomafia.legambiente.it", che per ciascun anno riporta, in apposite pagine tematiche, i dati relativi alle diverse filiere dell'illegalità ambientale. Ai fini di questo lavoro è stata considerata esclusivamente la sezione dedicata al ciclo dei rifiuti, che raccoglie gli illeciti connessi a gestione, traffico, smaltimento e abbandono illegale di rifiuti.

Per ciascuna provincia e per ciascun anno sono state estratte dal portale quattro variabili di interesse: i reati, le persone denunciate, gli arresti e i sequestri. Il numero di reati costituisce la misura più ampia dell'attività illecita accertata, mentre denunce, arresti e sequestri riflettono in misura crescente la gravità degli episodi e l'intensità dell'azione repressiva. Ai fini dell'analisi la variabile impiegata è il numero di reati.

2.3.2 Copertura territoriale e temporale

A differenza dei dati ISPRA e IFEL, disponibili a livello comunale, i dati Legambiente sui reati ambientali sono pubblicati esclusivamente a livello provinciale. Ne deriva che le variabili sui reati non presentano variabilità tra comuni della stessa provincia nello stesso anno.

La copertura temporale è stata fissata al periodo 2010-2024, in coerenza con l'arco di osservazione consentito dai dati ISPRA a livello comunale: la fonte consente in linea di principio di risalire ad annualità precedenti, ma tale estensione non risulterebbe utilizzabile in assenza del corrispondente dato comunale sui rifiuti. Entro tale finestra la copertura è completa: per tutte e quaranta le province delle regioni considerate le quattro variabili risultano valorizzate in ciascuna delle quindici annualità, per un totale di 600 osservazioni provincia-anno prive di valori mancanti.

2.3.3 Lo scraper Python: logica di funzionamento

I dati sui reati nel ciclo dei rifiuti non sono resi disponibili da Legambiente in un formato direttamente scaricabile: le informazioni sono pubblicate come tabelle all'interno delle

pagine del portale, una per ciascun anno di rilevazione, e i dettagli provinciali sono visualizzabili solo consultando manualmente le singole sezioni. Raccogliere manualmente i valori di quattro variabili, per tutte le province di interesse e per quindici annualità, sarebbe stato un lavoro lungo e soggetto a errori di trascrizione. Per questa ragione la raccolta è stata automatizzata mediante uno script sviluppato in linguaggio Python.

In termini generali, lo script svolge in modo automatico le stesse operazioni che un utente compirebbe manualmente: visita la pagina del portale dedicata al ciclo dei rifiuti per ciascun anno dal 2010 al 2024, apre le sezioni di dettaglio che contengono i dati provinciali, ne legge le tabelle ed estrae, per ogni provincia, il numero di reati, di persone denunciate, di arresti e di sequestri. A ogni osservazione vengono associati l'anno di riferimento e la regione di appartenenza della provincia. I dati così raccolti per le singole annualità vengono poi riuniti in un'unica base dati con struttura provincia × anno.

L'automazione della procedura presenta due vantaggi rispetto alla raccolta manuale: garantisce che tutte le osservazioni siano estratte con lo stesso criterio, eliminando gli errori di trascrizione, e rende il processo interamente replicabile, poiché chiunque disponga del codice può riprodurre l'estrazione e verificarne la correttezza.

2.3.4 Affidabilità e limiti della fonte

L'impiego dei dati Legambiente comporta alcuni limiti che condizionano l'interpretazione dell'analisi. Il primo, e il più rilevante, è comune a tutte le statistiche sulla criminalità accertata: i valori osservati non misurano i reati commessi, bensì i reati accertati, e dipendono pertanto tanto dalla diffusione effettiva dei comportamenti illeciti quanto dall'intensità e dall'efficacia dei controlli esercitati sul territorio. Un incremento del numero di reati accertati è compatibile con due letture opposte: un'effettiva crescita dell'illegalità oppure un rafforzamento dell'attività di vigilanza a parità di illeciti commessi.

A tale limite si aggiunge una discontinuità di natura normativa. L'introduzione dei delitti contro l'ambiente nel codice penale, operata dalla Legge 68/2015 e descritta nel capitolo precedente, ha modificato sia le fattispecie perseguibili sia gli strumenti a disposizione degli organi di controllo. Le variazioni osservate a cavallo di tale intervento devono pertanto essere interpretate con cautela.

Un terzo limite discende dal livello territoriale della rilevazione. Poiché il dato è disponibile per provincia, mentre l'unità di analisi del panel e la variabile di trattamento sono definite a livello comunale, l'associazione tra adozione della TARIP e reati accertati può essere osservata soltanto in forma aggregata: all'interno di una stessa provincia convivono comuni con e senza TARIP, e un'eventuale variazione dei reati non è attribuibile agli uni piuttosto che agli altri.

Occorre infine osservare che le quattro variabili disponibili non presentano la medesima utilizzabilità. Mentre reati, persone denunciate e sequestri risultano valorizzati con continuità, gli arresti costituiscono un evento raro: soltanto 51 delle 600 osservazioni provincia-anno ne registrano almeno uno. Si segnalano inoltre quattro osservazioni con un numero di reati pari a zero: in tre casi il valore appare compatibile con l'andamento delle rispettive province, caratterizzate da livelli molto contenuti, mentre nel caso della provincia di Monza e della Brianza esso interessa le prime due annualità della serie e potrebbe riflettere una mancata rilevazione anziché un'effettiva assenza di illeciti.

2.4 L'unione dei dataset

Le informazioni IFEL sull'adozione della TARIP, i dati ISPRA sulla produzione e raccolta dei rifiuti a livello comunale e i dati Legambiente sui reati nel ciclo dei rifiuti a livello provinciale presentano strutture, formati e livelli di aggregazione differenti. Per poterle utilizzare congiuntamente nell'analisi empirica è stato necessario integrarle in un'unica base dati. L'integrazione è stata realizzata mediante uno script Python. Il presente paragrafo ne descrive la logica e le scelte metodologiche sottostanti, dando conto della struttura del dataset finale.

L'unità di osservazione del dataset è la coppia comune-anno, identificata dal codice ISTAT del comune e dall'anno di riferimento. Il perimetro territoriale comprende i comuni di Piemonte, Lombardia, Veneto, Friuli-Venezia Giulia ed Emilia-Romagna. Poiché tutte e tre le fonti hanno copertura nazionale per IFEL e ISPRA, nazionale su base provinciale per Legambiente, ciascuna di esse è stata ricondotta a tale perimetro: per IFEL e ISPRA mediante selezione dei comuni appartenenti alle cinque regioni, per Legambiente conservando le sole province delle medesime regioni. La finestra temporale, come discusso nel paragrafo 2.2.3, è fissata dal 2010 al 2024.

2.4.1 L'armonizzazione delle fonti

Prima di poter unire le tre fonti è stato necessario renderle omogenee, poiché ciascuna riporta le informazioni con formati e convenzioni propri.

Un primo intervento ha riguardato la lettura dei file di origine. I dataset ISPRA delle diverse annualità sono distribuiti in formati non uniformi, fogli Excel o file CSV, con intestazioni, struttura delle colonne e codifiche dei caratteri variabili da un anno all'altro; la procedura riconosce automaticamente il formato di ciascun file adattandone la lettura, così da garantire che le variabili estratte siano le stesse per tutte le annualità.

Un secondo intervento ha riguardato i valori numerici. I file annuali ISPRA utilizzano la notazione italiana, con il punto come separatore delle migliaia e la virgola come separatore decimale, e contengono simboli non numerici in luogo dei dati non disponibili. Tutti i valori sono stati convertiti in un formato numerico uniforme, ricodificando come dato mancante le celle prive di contenuto informativo.

Un terzo intervento ha riguardato le denominazioni territoriali e i codici identificativi, che le fonti non riportano in modo identico. I nomi delle province presentano varianti di grafia che avrebbero impedito l'abbinamento automatico, ad esempio "Forlì-Cesena" compare anche come "Forlì Cesena" o "Forlì", e "Reggio nell'Emilia" come "Reggio Emilia" e sono stati normalizzati uniformando maiuscole, spaziature e caratteri accentati, riconducendo le varianti note a una dizione standard mediante una tabella di corrispondenza. I codici ISTAT comunali, riportati dalle fonti con lunghezze e formati differenti, sono stati analogamente ricondotti al formato standard a sei cifre: l'intervento ha riguardato sia gli archivi ISPRA sia la banca dati IFEL, così da rendere il codice utilizzabile come chiave di unione secondo quanto descritto nel paragrafo successivo.

2.4.2 Le chiavi di unione e la riconciliazione dei livelli di aggregazione

Una volta armonizzate, le fonti sono state unite utilizzando chiavi univoche. Il dataset ISPRA costituisce la base dell'unione: è la fonte più granulare e definisce l'universo delle osservazioni del panel. Alle osservazioni ISPRA vengono agganciate, in due passaggi successivi, le informazioni delle altre due fonti.

Nel primo passaggio, a ciascun comune vengono associate le informazioni sulla TARIP tratte dalla banca dati IFEL, anch'essa a livello comunale. La chiave di unione è il codice ISTAT del comune, codISTAT: il ricorso al codice numerico, anziché alla

denominazione, evita gli errori di abbinamento che deriverebbero da differenze di grafia, omonimie o variazioni di denominazione nel tempo.

Il secondo passaggio richiede invece di riconciliare due livelli di aggregazione diversi, poiché i dati Legambiente sono disponibili solo su base provinciale mentre il panel è comunale. La riconciliazione avviene utilizzando come chiave la coppia (Anno, Provincia): ogni comune eredita i valori di reati, persone denunciate, arresti e sequestri registrati nella propria provincia in quell'anno.

Entrambe le unioni sono state effettuate in modalità conservativa: tutte le osservazioni comunali ISPRA vengono mantenute nel panel anche quando non trovano corrispondenza nelle altre fonti. La costruzione è stata effettuata separatamente per ciascuna annualità, generando quindici basi dati annuali omogenee nella struttura, successivamente impilate a formare il panel completo 2010-2024. Ciascun file annuale è accompagnato da un prospetto di sintesi che riporta i principali indicatori di copertura, utilizzato come strumento di controllo della qualità dell'integrazione.

2.4.3 Il trattamento dei dati

All'integrazione delle fonti si è affiancata un'attività di verifica e trattamento dei dati, resa necessaria dalle criticità descritte nei paragrafi precedenti.

Le celle prive di contenuto informativo, rappresentate in modo non uniforme tra le annualità, sono state ricondotte a un'unica codifica di valore mancante. Nessun'altra trasformazione è stata applicata ai valori numerici.

Per le singole frazioni merceologiche l'assenza del dato è stata interpretata come indicazione di raccolta non attivata o non registrata separatamente. Gli aggregati sintetici impiegati nell'analisi sono stati invece mantenuti come mancanti ove non disponibili, senza ricorrere ad alcuna procedura di imputazione.

Le righe che riportano il dato di un ente sovracomunale sono state escluse dal panel, in quanto non costituiscono osservazioni comunali: i quantitativi in esse riportati si riferiscono all'intero ente, mentre la popolazione è quella del singolo comune cui la riga è appoggiata. Le righe dei comuni ricompresi in un dato aggregato sono state invece mantenute nel panel come osservazioni prive di valori, senza procedere ad alcuna redistribuzione del dato consortile ai singoli enti. Tale scelta risponde a una ragione sostanziale: all'interno di uno stesso consorzio convivono comuni con e senza TARIP, e

l'attribuzione a ciascuno di essi del valore medio dell'ente introdurrebbe una variabilità inesistente, con un effetto di attenuazione sulle stime.

2.4.4 Costruzione della variabile binaria TARIP

La variabile esplicativa centrale dell'analisi è un indicatore binario, denominato TP attiva, che per ciascuna osservazione comune × anno assume valore 1 se in quell'anno il comune applicava la TARIP e valore 0 in caso contrario. La variabile è stata costruita a partire dall'anno di introduzione della TARIP riportato nella banca dati IFEL, confrontandolo con l'anno di riferimento di ciascuna osservazione: l'indicatore vale 1 per tutti gli anni dall'introduzione in poi e 0 per gli anni precedenti. Ripetendo il confronto per ogni annualità dal 2010 al 2024, si ottiene per ciascun comune l'intera traiettoria temporale del regime tariffario, che consente di distinguere il periodo pre-adozione dal periodo post-adozione.

Poiché l'informazione di partenza non è sempre disponibile in forma omogenea, la procedura applica criteri prudenziali e uniformi per ricondurre le diverse casistiche a un unico anno di riferimento, riportati nella Tabella 2.8.

Tabella 2.8: Criteri di risoluzione delle casistiche non omogenee.

Casistica	**Esempio**	**Criterio adottato**
Anno puntuale	2014	Anno di adozione
Intervallo temporale	2009–2015	Primo anno indicato
Soglia di anteriorità	≤2018, –2013	Anno indicato
Soglia di posteriorità	>2016	Anno immediatamente successivo alla soglia (2017)
Anno con annotazione	2013 sperimentazione	Anno indicato
Informazione non disponibile	–	Comune non adottante

2.4.5 La struttura finale del panel

Il risultato dell'integrazione è un dataset panel in cui l'unità di osservazione è la coppia comune-anno. La Tabella 2.9 riporta l'elenco delle variabili contenute nel dataset finale,

con la relativa descrizione, unità di misura, fonte e livello territoriale di riferimento.

Tabella 2.9: Legenda delle variabili del dataset integrato.

Variabile	**Descrizione**	**Unità**	**Fonte**	**Livello**
Anno	Anno di riferimento	–	–	–
Codice ISTAT	Identificativo del comune	–	ISTAT	Comune
Comune	Denominazione del comune	–	ISPRA	Comune
Regione	Regione di appartenenza	–	ISPRA	Comune
Provincia	Provincia di appartenenza	–	ISPRA	Comune
Popolazione	Popolazione residente	Abitanti	ISPRA	Comune
Dato riferito a	Livello territoriale del dato	–	ISPRA	Comune
Frazioni merceologiche	14 frazioni merceologiche (Tabella 2.4)	Tonnellate	ISPRA	Comune
Totale RD	Totale raccolta differenziata	Tonnellate	ISPRA	Comune
Ingombranti a smaltimento	Ingombranti avviati a smaltimento	Tonnellate	ISPRA	Comune
Indifferenziato	Rifiuto urbano residuo	Tonnellate	ISPRA	Comune
Totale RU	Totale rifiuti urbani prodotti	Tonnellate	ISPRA	Comune
% RD	Percentuale di raccolta differenziata	%	ISPRA	Comune
Regime tariffario	Configurazione della TARIP (rilevazione 2023)	–	IFEL	Comune
TP attiva	Indicatore binario di regime tariffario	0/1	Calcolo proprio	Comune
Reati	Reati accertati nel ciclo dei rifiuti	Numero	Legambiente	Provincia
Persone denunciate	Persone denunciate	Numero	Legambiente	Provincia
Arresti	Arresti	Numero	Legambiente	Provincia
Sequestri	Sequestri	Numero	Legambiente	Provincia

Il panel comprende 57.622 osservazioni, relative a 3.975 comuni delle cinque regioni considerate, osservati nel periodo 2010-2024 dei quali 859 risultano avere adottato la TARIP nel corso del periodo.

La struttura non è bilanciata: il numero di comuni osservati passa da 3.899 nel 2010 a 3.787 nel 2024. Tale variazione riflette l'evoluzione dell'anagrafe comunale:

3.712 comuni, pari al 93,4% del totale, risultano presenti in tutte e quindici le annualità mentre 187 escono definitivamente dal panel e 75 vi entrano nel corso del periodo, in corrispondenza dei processi di fusione che hanno interessato le regioni considerate, particolarmente concentrati tra il 2013 e il 2018.

2.5 Analisi descrittiva

Prima di procedere all'analisi econometrica, il presente paragrafo descrive l'evoluzione delle tre dimensioni al centro della tesi, l'RD, la diffusione della TARIP e i reati nel ciclo dei rifiuti, nel campione delle cinque regioni lungo il periodo 2010-2024. L'obiettivo è mettere in luce le regolarità empiriche che l'analisi dei capitoli successivi è chiamata a spiegare.

Occorre premettere una cautela metodologica che vale per tutti i confronti presentati: i comuni che adottano la TARIP non costituiscono un campione casuale, e le differenze osservate tra comuni con e senza TARIP riflettono sia gli effetti della tariffa sia le caratteristiche preesistenti dei comuni che scelgono di adottarla.

2.5.1 Statistiche di sintesi del campione

Le statistiche di sintesi delle variabili chiave, espresse in valori pro capite, sono presentate confrontando le osservazioni con e senza TARIP attiva. Per facilitarne la lettura, le statistiche sono organizzate in tabelle distinte per variabile, ciascuna seguita dal relativo commento. Le variabili di fonte ISPRA sono osservate a livello comunale su circa 55.500 osservazioni comune × anno (di cui circa 5.900 con TARIP attiva).

Tabella 2.10: Percentuale di raccolta differenziata

% RD	Con TARIP	Senza TARIP
Media	83,4	61,3
Dev. standard	6,7	17,6

Dalla Tabella 2.10 emerge che le osservazioni relative ai comuni con TARIP attiva presentano una percentuale media di raccolta differenziata pari all'83,4%, a fronte del 61,3% registrato nei comuni privi di tariffazione puntuale. Inoltre, la dispersione risulta

sensibilmente inferiore nel primo gruppo, con una deviazione standard pari a 6,7 punti percentuali rispetto ai 17,6 punti osservati nei comuni senza TARIP. Tale evidenza suggerisce che i comuni che adottano la tariffazione puntuale non solo conseguono, in media, livelli più elevati di raccolta differenziata, ma presentano anche performance maggiormente omogenee. Al contrario, tra i comuni privi di TARIP si riscontra una marcata eterogeneità, con la compresenza di amministrazioni caratterizzate da risultati particolarmente elevati e altre che registrano livelli di raccolta differenziata significativamente inferiori.

Tabella 2.11: Indifferenziato e totale rifiuti urbani (kg per abitante)

kg/ab.	Con TARIP	Senza TARIP
Media Indifferenziato	72,5	188,2
Media Totale RU	451,7	493,0

Il confronto tra le due variabili riportate nella Tabella 2.11 risulta particolarmente rilevante ai fini dell'analisi. In particolare, i comuni che adottano la TARIP registrano una produzione pro capite di rifiuto urbano indifferenziato pari a circa un terzo di quella osservata nei comuni privi di tariffazione puntuale. Al contrario, le differenze nella produzione complessiva di rifiuti urbani pro capite risultano decisamente più contenute. Nel complesso, tali evidenze suggeriscono che l'adozione della TARIP sia associata principalmente a una diversa composizione dei flussi di rifiuti, con uno spostamento dall'indifferenziato verso la raccolta differenziata, piuttosto che a una sostanziale riduzione della quantità complessiva di rifiuti prodotti.

2.5.2 Diffusione della TARIP (2010–2024)

La Figura 2.1 illustra l'evoluzione della principale variabile di interesse dell'analisi, rappresentata dalla quota di comuni che hanno adottato la TARIP, distinguendo il dato a livello regionale e quello riferito all'intero campione. Nel 2010 la TARIP costituiva un fenomeno ancora residuale, essendo adottata da meno del 2% dei comuni osservati. Nel corso del periodo di analisi la sua diffusione è progressivamente aumentata, raggiungendo nel 2024 il 22,6% del campione, corrispondente a circa 850 comuni. Tale processo non si è tuttavia sviluppato in modo uniforme nel tempo. Dopo una fase iniziale caratterizzata

da una crescita contenuta, l'adozione della TARIP registra una marcata accelerazione tra il 2017 e il 2019, in concomitanza con l'entrata a regime del quadro regolatorio nazionale relativo alla misurazione puntuale dei rifiuti, definito dal D.M. 20 aprile 2017 descritto nel capitolo precedente.

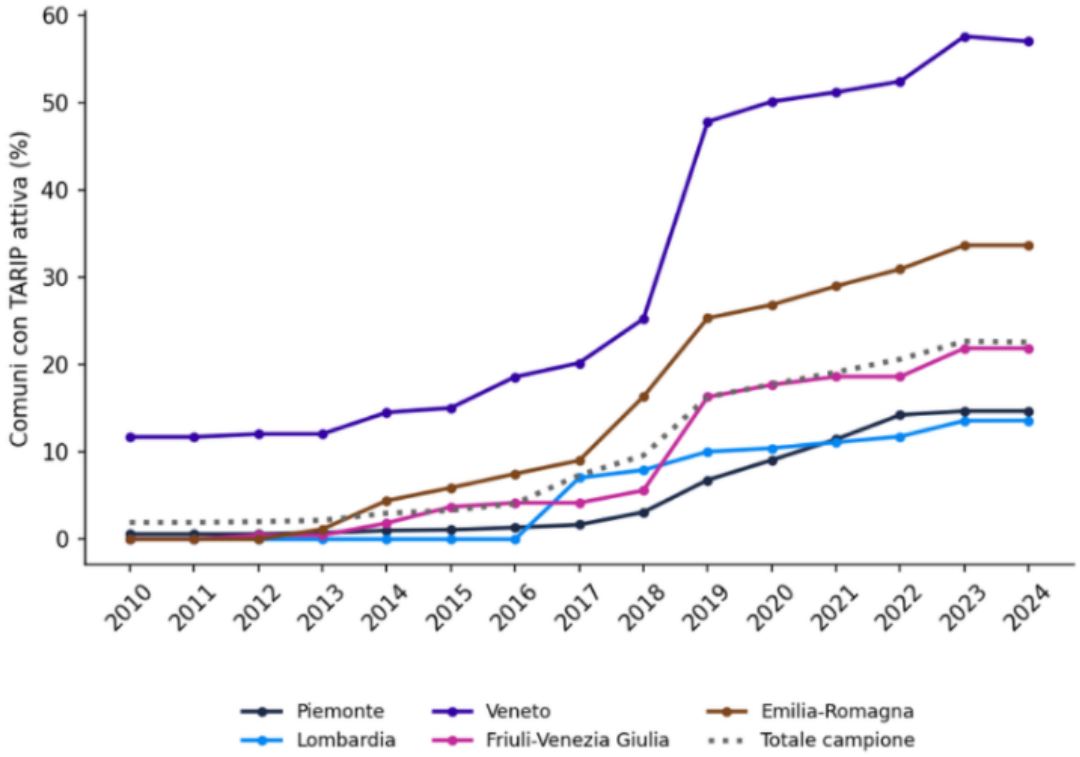


Figura 2.1: Diffusione della TARIP nel campione per regione, 2010–2024

L'analisi evidenzia inoltre una marcata eterogeneità territoriale nella diffusione della TARIP. Il Veneto rappresenta il caso più avanzato: già nel 2010 oltre l'11,7% dei comuni della regione aveva adottato la tariffazione puntuale e, nel 2024, tale quota raggiunge il 57%. Anche l'Emilia-Romagna mostra una dinamica di crescita significativa: partendo da un'assenza pressoché totale di comuni con TARIP nel 2010, la quota supera un terzo del totale nel 2024, un'evoluzione coerente con le politiche regionali di promozione della tariffazione puntuale. Il Friuli-Venezia Giulia presenta livelli di diffusione prossimi alla media del campione, mentre Lombardia e Piemonte evidenziano una penetrazione decisamente più contenuta, inferiore al 15% dei comuni.

2.5.3 Raccolta differenziata e TARIP

La Figura 2.2 illustra congiuntamente l'andamento della percentuale media annua di raccolta differenziata nei comuni con e senza TARIP e l'evoluzione della quota di comuni che adottano la tariffazione puntuale nel periodo di analisi. La rappresentazione consente di confrontare la dinamica della raccolta differenziata nei due gruppi di comuni e di osservarne l'evoluzione in relazione alla progressiva diffusione della TARIP.

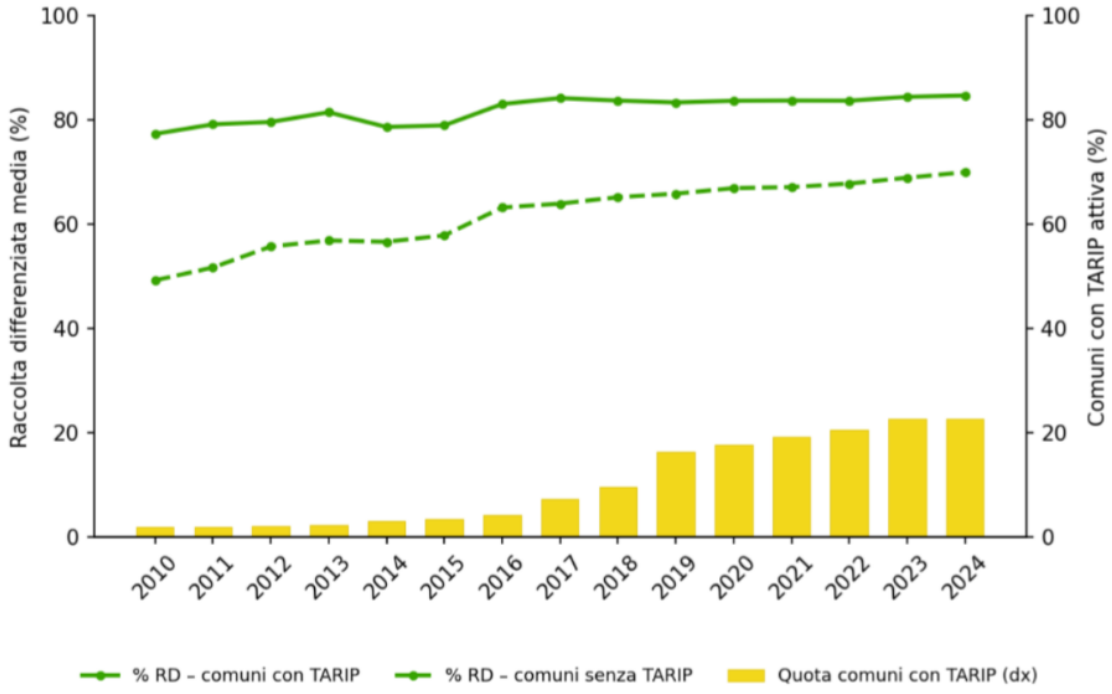


Figura 2.2: Raccolta differenziata e diffusione della TARIP

Dall'osservazione della Figura 2.2 emergono tre aspetti di particolare rilievo. In primo luogo, la percentuale di raccolta differenziata mostra un andamento crescente in entrambi i gruppi di comuni lungo l'intero periodo di analisi, riflettendo un miglioramento generalizzato delle performance che non appare riconducibile esclusivamente all'adozione della TARIP. In secondo luogo, i comuni che applicano la TARIP registrano sistematicamente livelli di raccolta differenziata più elevati rispetto ai comuni privi di TARIP, con un differenziale compreso tra circa 15 e 28 punti percentuali e valori medi superiori all'80% già a partire dal 2013.

L'evidenza più rilevante dal punto di vista metodologico riguarda tuttavia l'ampiezza del divario già all'inizio del periodo di osservazione. Nel 2010, quando la diffusione della TARIP era ancora estremamente limitata, i comuni che avevano già adottato il nuovo sistema tariffario presentavano livelli di raccolta differenziata significativamente superiori alla media. Tale circostanza suggerisce che l'adozione della TARIP non sia avvenuta in modo casuale, ma abbia interessato inizialmente comuni già caratterizzati da migliori performance ambientali. È inoltre interessante osservare come il differenziale tra i due gruppi si riduca progressivamente nel tempo, passando da circa 28 punti percentuali nel 2010 a circa 15 punti nel 2024, un andamento coerente con la progressiva estensione della TARIP a comuni con caratteristiche meno selezionate rispetto ai primi adottanti.

2.5.4 Reati nel ciclo dei rifiuti e TARIP

La Figura 2.3 mette a confronto, per ciascuna regione inclusa nel campione, l'evoluzione dei reati nel ciclo dei rifiuti e la diffusione della TARIP nel periodo di analisi. Poiché i dati relativi ai reati sono disponibili a livello provinciale, questi vengono aggregati a livello regionale e successivamente rapportati alla popolazione residente, esprimendo il fenomeno in termini di reati ogni 100.000 abitanti. Tale normalizzazione consente di confrontare territori caratterizzati da dimensioni demografiche differenti. La popolazione regionale utilizzata nel calcolo è ricostruita come somma della popolazione residente nei comuni inclusi nel panel.

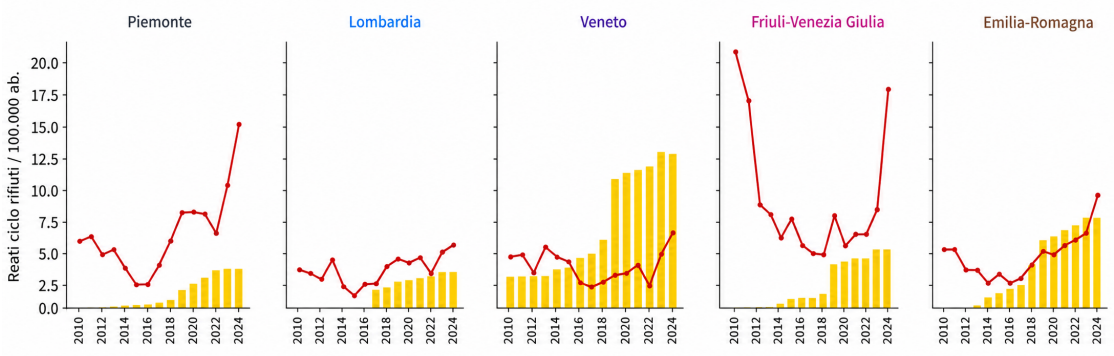


Figura 2.3: Reati nel ciclo dei rifiuti e diffusione della TARIP

Il quadro regionale evidenzia una marcata eterogeneità, sia nei livelli sia nelle traiettorie temporali dei reati accertati. Il Friuli-Venezia Giulia registra il tasso medio

più elevato dell'intero periodo (9,2 reati per 100.000 abitanti, quasi il doppio rispetto alle altre regioni), seguendo un andamento a U particolarmente pronunciato: dopo il picco iniziale di 20,8 nel 2010, il tasso diminuisce progressivamente fino al minimo di 5,0 nel 2017, per poi risalire fino a 17,9 nel 2024. Tale valore va tuttavia interpretato con cautela, poiché la limitata popolazione regionale rende l'indicatore particolarmente sensibile anche a variazioni contenute del numero assoluto di reati.

Il Piemonte rappresenta la seconda regione per intensità media (6,7 reati per 100.000 abitanti) ed è quella che mostra la crescita più marcata nella parte finale del periodo: dal minimo di 2,6 nel 2015 il tasso aumenta fino a raggiungere il massimo di 15,2 nel 2024. Anche l'Emilia-Romagna evidenzia una dinamica analoga, sebbene meno accentuata, passando da 2,7 nel 2014 a 9,6 nel 2024.

Lombardia e Veneto si collocano invece stabilmente sui livelli più contenuti del campione, con tassi medi pari rispettivamente a 3,7 e 4,0 reati per 100.000 abitanti e un'evoluzione temporale più regolare. Il caso del Veneto risulta particolarmente interessante: nonostante sia la regione con la più ampia diffusione della TARIP, non si osserva un corrispondente incremento dei reati accertati.

Pur nella marcata eterogeneità dei profili regionali, emerge una regolarità di fondo. Nella maggior parte delle regioni il tasso di reati accertati raggiunge il valore minimo nel periodo compreso tra il 2014 e il 2017, mentre il massimo, o un livello prossimo ad esso, si osserva nel 2024. Parallelamente, gli anni finali del periodo coincidono con la fase di massima diffusione della TARIP e, nella maggior parte delle regioni considerate, il picco dei reati accertati si registra quando il numero di comuni che hanno adottato la TARIP raggiunge il proprio valore più elevato.

Per ottenere un'evidenza più stringente occorre scendere al livello al quale i reati sono effettivamente rilevati, quello provinciale, e confrontare l'andamento dell'illegalità accertata in territori caratterizzati da un diverso grado di diffusione della tariffa. È quanto propone la Figura 2.4.

Poiché i dati sui reati sono provinciali, per attuare un confronto più diretto con la TARIP si può caratterizzare ciascuna provincia in base alla quota dei propri comuni che applicano la tariffa. Le province sono state pertanto ripartite, in ciascun anno, in tre gruppi: quelle in cui nessun comune applica la TARIP, quelle in cui la applica una minoranza di comuni e quelle in cui la applica la maggioranza. La classificazione è ricalcolata annualmente, così da riflettere la situazione effettiva di ciascun anno anziché

lo stato finale.

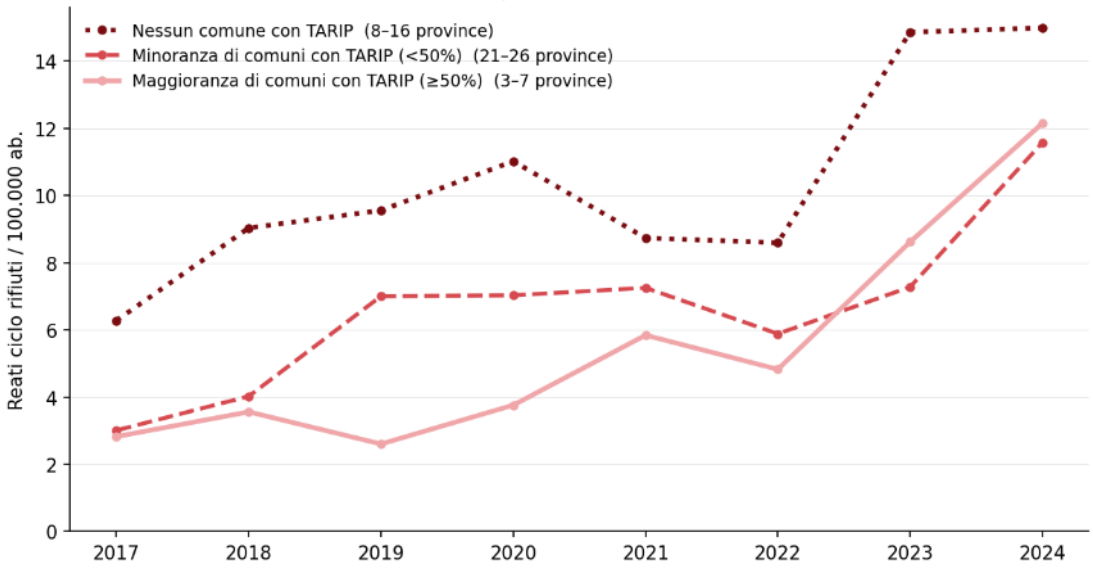


Figura 2.4: Reati nel ciclo dei rifiuti per grado di diffusione della TARIP nella provincia

Il confronto tra i livelli dei tre gruppi suggerirebbe una relazione di segno opposto a quella ipotizzata, con tassi di reati mediamente decrescenti al crescere della diffusione della TARIP. Tale evidenza non è però interpretabile in termini di effetto della tariffa, per due ragioni. In primo luogo, il divario tra i gruppi non è stabile: nel 2024 le province a maggiore diffusione presentano un tasso superiore a quelle in cui la tariffa è applicata da una minoranza di comuni. In secondo luogo, e soprattutto, la composizione dei gruppi non è casuale: le province nelle quali la TARIP si è diffusa maggiormente sono quelle dotate di sistemi di gestione più strutturati, mentre il gruppo privo di tariffa si riduce progressivamente fino a comprendere le sole otto province rimaste estranee al processo, caratterizzate da specificità territoriali proprie.

2.5.5 Il quadro di insieme

La Figura 2.5 sintetizza le tre dimensioni analizzate in un unico grafico riferito all'intero campione: la percentuale media di raccolta differenziata (%RD) e la quota di comuni che adottano la TARIP, entrambe riportate sull'asse sinistro, e il tasso di reati accertati per 100.000 abitanti, rappresentato sull'asse destro.

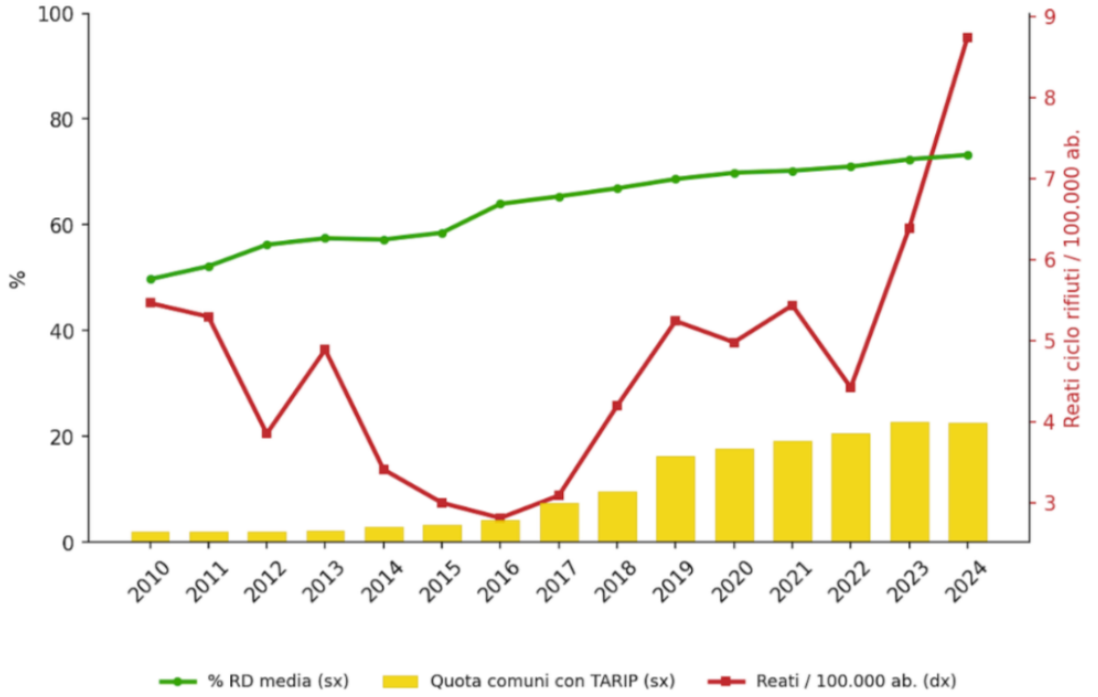


Figura 2.5: Raccolta differenziata, diffusione della TARIP e reati nel ciclo dei rifiuti

La rappresentazione congiunta delle tre variabili consente di cogliere l'evoluzione dell'intero periodo di osservazione. La percentuale media di RD cresce in modo pressoché continuo, passando dal 50% a circa il 73%, mentre la diffusione della TARIP segue il percorso di espansione già descritto. Diversamente, il tasso di reati accertati nel ciclo dei rifiuti presenta un andamento non monotono: dopo una fase di progressiva diminuzione, culminata nel minimo del 2016, si osserva un'inversione di tendenza, con una crescita sempre più marcata fino a raggiungere il valore massimo dell'intero periodo nel biennio finale.

La concomitanza tra la fase di maggiore diffusione della TARIP e l'aumento dei reati accertati costituisce la principale evidenza descrittiva emersa dall'analisi e rappresenta il punto di partenza della presente ricerca. Tale sovrapposizione temporale è tuttavia suscettibile di interpretazioni alternative. Da un lato, potrebbe riflettere un'effettiva relazione tra i due fenomeni, qualora l'incremento del costo marginale di conferimento indotto dalla tariffazione puntuale incentivasse una quota di utenti a ricorrere a forme di smaltimento irregolare. Dall'altro, essa potrebbe essere il risultato dell'azione di fattori concomitanti, quali l'intensificazione delle attività di controllo, le modifiche

del quadro normativo o, più semplicemente, la sovrapposizione di tendenze temporali indipendenti. Distinguere tra queste possibili spiegazioni costituisce l'obiettivo dell'analisi econometrica sviluppata nei capitoli successivi. L'analisi descrittiva, invece, ha il compito di documentare l'esistenza di una regolarità empirica che giustifica l'approfondimento dell'ipotesi di ricerca.

2.5.6 Le dinamiche attorno all'adozione

Le analisi presentate finora mettono a confronto, per ciascun anno di calendario, i comuni che adottano la TARIP con quelli che continuano ad applicare il regime tariffario tradizionale. La Figura 2.6 propone una prospettiva complementare, basata su un approccio di tipo *event study*, che consente di osservare l'evoluzione delle principali variabili in relazione al momento di introduzione della tariffazione puntuale. A tal fine, per gli 859 comuni che adottano la TARIP nel periodo di osservazione, le serie sono riallineate rispetto all'anno di adozione, assunto come periodo di riferimento ($t = 0$), mentre i valori riportati nel grafico rappresentano le medie osservate da cinque anni prima ($t = -5$) a cinque anni dopo ($t = +5$) l'introduzione della tariffa.

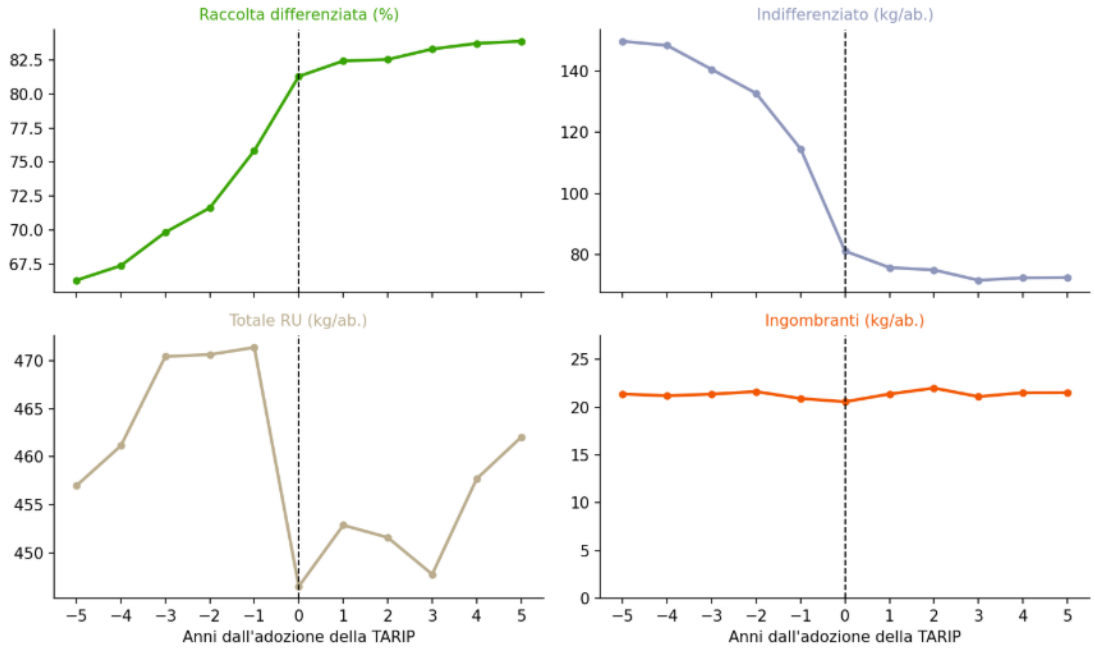


Figura 2.6: Dinamiche delle principali variabili attorno all'adozione della TARIP

Le dinamiche osservate in prossimità dell'introduzione della TARIP risultano particolarmente informative. L'RD evidenzia un netto incremento in corrispondenza dell'anno di adozione ($t = 0$), passando da circa il 76% nell'anno precedente a oltre l'81%, per poi stabilizzarsi su valori superiori all'83% negli anni successivi. In modo speculare, la quantità di rifiuti indifferenziati pro capite registra una marcata riduzione, passando da circa 114 a 81 kg per abitante tra $t = -1$ e $t = 0$ e continuando a diminuire fino a circa 72 kg nei periodi successivi.

È tuttavia opportuno osservare come parte di questa transizione sia già visibile negli anni che precedono l'adozione della TARIP. Tale andamento è coerente con il processo di preparazione che normalmente accompagna l'introduzione della TARIP, comprendente la riorganizzazione del servizio di raccolta, l'estensione del porta a porta e le campagne di informazione rivolte ai cittadini.

Diversamente, il quantitativo complessivo di rifiuti urbani prodotti pro capite mostra una variazione più contenuta: in corrispondenza dell'adozione diminuisce da circa 472 a 447 kg per abitante, per poi recuperare parzialmente negli anni successivi. I rifiuti ingombranti, che costituiscono la proxy più diretta dei fenomeni di abbandono disponibile nel dataset e in corrispondenza dei quali ci si attenderebbe di osservare traccia di eventuali comportamenti opportunistici, non evidenziano invece discontinuità apprezzabili e rimangono sostanzialmente stabili lungo l'intera finestra temporale considerata.

Nell'interpretazione di questi andamenti è necessario considerare un aspetto legato alla natura del campione. Poiché l'introduzione della TARIP avviene in momenti differenti nei diversi comuni, le osservazioni disponibili agli estremi della finestra temporale ($t = -5$ e $t = +5$) non fanno necessariamente riferimento allo stesso insieme di unità osservate negli anni centrali. Di conseguenza, le medie calcolate ai margini della finestra possono riflettere anche variazioni nella composizione del campione oltre che effettivi cambiamenti nelle variabili considerate.

In prossimità dell'adozione della TARIP, la quantità di rifiuto indifferenziato si riduce di circa 33 kg pro capite, mentre il totale dei rifiuti urbani raccolti si riduce in misura più contenuta, di circa 25 kg pro capite. Poiché la riduzione dell'indifferenziato è superiore a quella del totale, una parte di questa riduzione non corrisponde a una minore produzione di rifiuti, ma a uno spostamento verso la raccolta differenziata: circa 8 kg pro capite $(33 - 25)$ risultano infatti riclassificati come differenziata.

Inoltre, la riduzione del totale RU, pari a circa 25 kg pro capite, rappresenta la

quota di rifiuti che esce dal sistema ufficiale di raccolta senza essere riclassificata come differenziata. Questa quota può riflettere una riduzione effettiva nella produzione di rifiuti da parte dei cittadini, oppure una fuoriuscita dei rifiuti dal circuito di raccolta formale, ad esempio attraverso smaltimento irregolare. La riduzione appare peraltro transitoria: il livello recupera nel giro di pochi anni i valori precedenti all'adozione.

La distinzione tra queste due interpretazioni richiede pertanto un'informazione aggiuntiva rispetto ai soli dati sui flussi di raccolta. In questo senso, i dati sui reati ambientali assumono un ruolo complementare, consentendo di verificare se la quota di rifiuti non più intercettata dal sistema ufficiale sia associata, nei contesti caratterizzati da una maggiore diffusione della TARIP, a un aumento dei fenomeni di illegalità accertata. L'analisi di tale relazione costituisce l'obiettivo del capitolo successivo.

Capitolo 3

Metodologia

Il presente capitolo illustra la strategia empirica adottata per stimare l'effetto della TARIP. Poiché i comuni che adottano la tariffazione differiscono da quelli che non la adottano sotto molteplici aspetti, è necessario distinguere gli effetti effettivamente attribuibili alla policy da quelli che, pur essendole associati, non ne sono direttamente determinati.

3.1 Il disegno di identificazione

L'obiettivo dell'analisi è stimare l'effetto causale dell'introduzione della TARIP sugli indicatori di gestione dei rifiuti urbani e verificare se a tale effetto si accompagni una variazione nei reati connessi al ciclo dei rifiuti, secondo l'ipotesi per cui la riduzione dei conferimenti registrati possa in parte riflettere uno spostamento verso forme di smaltimento illecito anziché una diminuzione effettiva della produzione. Le due questioni condividono la medesima variabile di trattamento ma richiedono disegni distinti, poiché differiscono nel livello territoriale a cui gli esiti sono osservati.

La difficoltà centrale, comune a entrambe, è che i comuni non adottano la TARIP in modo casuale. La decisione riflette caratteristiche amministrative, gestionali e territoriali che possono, a loro volta, influenzare gli esiti osservati: la dotazione di sistemi di raccolta domiciliare, la capacità organizzativa dell'ente e l'appartenenza a gestioni associate già orientate alla misurazione dei conferimenti. Un confronto diretto tra comuni sottoposti e non sottoposti a tariffazione rischierebbe pertanto di attribuire alla policy differenze che erano già presenti prima della sua introduzione.

La strategia empirica adottata sfrutta il fatto che la TARIP viene introdotta in anni diversi nei vari comuni, mentre una parte consistente del campione non adotta la misura durante l'intero periodo osservato. Questa configurazione consente di sfruttare sia la variazione temporale, legata al momento di introduzione della policy, sia la variazione tra comuni, determinata dal fatto che alcuni adottano la tariffazione mentre altri non lo fanno. La combinazione di queste due dimensioni della variazione permette di confrontare l'evoluzione degli esiti nei comuni che introducono la TARIP con quella osservata nei comuni che, nello stesso periodo, non adottano la misura.

3.1.1 Treatment timing e strategia difference-in-differences

Come precedentemente accennato, un semplice confronto prima-dopo nei soli comuni trattati non sarebbe sufficiente, poiché nel periodo osservato intervengono numerosi cambiamenti che possono influenzare tutti i comuni, indipendentemente dall'adozione della TARIP. Attribuire alla tariffazione l'intera variazione osservata nei comuni trattati significherebbe, quindi, confondere l'effetto della policy con quello di tali cambiamenti.

Il modello difference-in-differences affronta il problema confrontando la variazione nel tempo dei comuni trattati con quella dei comuni non trattati nello stesso periodo. L'andamento di questi ultimi consente di stimare come sarebbero evoluti i comuni trattati in assenza della policy. La differenza tra le due variazioni permette così di isolare l'effetto della riforma, separandolo dai cambiamenti comuni a entrambi i gruppi. Il gruppo di controllo non deve quindi essere necessariamente composto da comuni identici a quelli trattati, ma deve consentire di individuare l'andamento che si sarebbe osservato in assenza dell'intervento.

Un caso richiede trattamento specifico. Per i comuni già sottoposti a tariffazione puntuale nel primo anno di osservazione l'anno di adozione non è osservabile: essi non possono essere assimilati ai comuni mai trattati, poiché il trattamento è già in corso, né alle coorti osservate, poiché il momento iniziale è ignoto. Tali comuni sono pertanto esclusi dalle stime che richiedono la datazione dell'adozione.

3.1.2 L'ipotesi di parallel trends

L'assunzione alla base dell'interpretazione causale della stima è quella degli andamenti paralleli: in assenza dell'introduzione della TARIP, gli indicatori di gestione dei comuni trattati avrebbero seguito, nel tempo, un andamento analogo a quello osservato nei comuni non trattati. L'assunzione richiede che le due popolazioni si muovano in parallelo, ossia che eventuali fattori non osservati agiscano su entrambi i gruppi nella stessa misura.

L'ipotesi non è direttamente verificabile, non è possibile sapere come si sarebbero comportati i comuni trattati se non avessero adottato la misura. È tuttavia possibile sottoporla a verifica indiretta esaminando il comportamento delle due popolazioni nei periodi antecedenti l'adozione. Se le traiettorie risultano parallele prima del trattamento, l'assunzione che lo sarebbero rimaste anche successivamente acquista credibilità; se al contrario i comuni trattati mostrano di essersi già discostati prima dell'intervento, la stima incorpora una dinamica preesistente e non può essere interpretata come effetto della policy.

L'adozione della TARIP non costituisce un evento isolato, bensì l'esito di un percorso di riorganizzazione del servizio che può includere il passaggio alla raccolta domiciliare e l'installazione dei dispositivi di identificazione e misurazione dei conferimenti. Qualora tali interventi precedano di uno o più anni l'attivazione formale della tariffa, il comportamento delle utenze può modificarsi già prima della data registrata come inizio del trattamento.

3.1.3 La selezione nell'adozione

Per verificare che i comuni adottanti differiscano dai non adottanti si confrontano tre specificazioni progressivamente più esigenti. Nella prima l'effetto della tariffazione è stimato senza alcun controllo: il coefficiente incorpora l'effetto della policy ed ogni differenza strutturale preesistente tra comuni adottanti e non adottanti. Nella seconda l'introduzione degli effetti fissi di anno rimuove gli andamenti comuni all'intero campione, mantenendo tuttavia il confronto tra comuni diversi. Nella terza l'aggiunta degli effetti fissi comunali fa sì che ciascun comune sia confrontato con sé stesso prima e dopo l'adozione, eliminando ogni caratteristica invariante nel tempo.

Va tenuta distinta la portata di questa verifica rispetto a quanto discusso nella sottosezione precedente. La selezione qui considerata riguarda i livelli degli indicatori, ed

è integralmente neutralizzata dagli effetti fissi comunali; l'ipotesi di andamenti paralleli riguarda invece le dinamiche, e non è toccata da tale correzione. Le due questioni sono logicamente indipendenti e richiedono verifiche separate.

3.1.4 Il disegno per l'analisi sui reati

L'analisi dei reati connessi al ciclo dei rifiuti richiede un'impostazione diversa rispetto all'analisi condotta a livello comunale. Il motivo è che il trattamento varia tra comuni, mentre i reati sono osservati esclusivamente a livello provinciale. Per rendere le due informazioni confrontabili, è quindi necessario aggregare la variabile di trattamento a livello provinciale.

La misura principale utilizzata è la quota di comuni della provincia sottoposti a TARIP in ciascun anno. In questo modo si tiene conto della diffusione della tariffazione all'interno della provincia, anziché considerare semplicemente la presenza o l'assenza della TARIP. La scelta è motivata dal fatto che, se la tariffazione produce un effetto a livello del singolo comune, mentre i reati sono osservati come aggregato provinciale, l'effetto complessivo dovrebbe dipendere dalla quota di comuni interessati dalla tariffazione. Il coefficiente stimato può quindi essere interpretato come la variazione attesa nei reati provinciali associata al passaggio da nessun comune sottoposto a TARIP a tutti i comuni sottoposti a TARIP.

Come misura alternativa si considera la quota di popolazione residente nei comuni sottoposti a tariffazione. Rispetto alla quota di comuni, questa misura attribuisce un peso maggiore ai centri più popolosi e consente quindi di verificare se i risultati dipendano, almeno in parte, dalle dimensioni dei comuni coinvolti.

L'aggregazione a livello provinciale comporta inevitabilmente una perdita di informazione. Il numero di osservazioni e di unità indipendenti disponibili per l'analisi è infatti inferiore rispetto a quello che si avrebbe lavorando a livello comunale. I reati potrebbero essere commessi nei comuni limitrofi. L'aggregazione provinciale consente almeno in parte di includere questi spostamenti e rappresenta quindi la scala territoriale più piccola alla quale è possibile osservare il fenomeno con i dati disponibili.

A partire dalla stessa logica viene costruito un secondo indicatore, volto a misurare l'eterogeneità del regime tariffario all'interno della provincia. L'indicatore è dato dal prodotto tra la quota di comuni sottoposti a TARIP e la quota di comuni che non lo sono.

Il suo valore è massimo quando metà dei comuni è sottoposta a tariffazione e l'altra metà non lo è, mentre è pari a zero quando tutti i comuni hanno lo stesso regime. L'indicatore misura quindi il grado di frammentazione della tariffazione all'interno della provincia. Se il meccanismo ipotizzato è effettivamente presente, a parità di diffusione complessiva della TARIP, una maggiore frammentazione dovrebbe essere associata a un numero più elevato di reati, perché aumenta la presenza contemporanea di comuni trattati e non trattati e, di conseguenza, la possibilità di spostamento verso i territori limitrofi.

Un secondo possibile canale viene analizzato considerando la riduzione dei conferimenti registrati rispetto al livello dell'anno base. L'ipotesi è che, se una parte della riduzione dei conferimenti corrisponde a un aumento dello smaltimento illecito, le province in cui la riduzione è maggiore dovrebbero registrare un numero più elevato di reati. Questo effetto dovrebbe essere inoltre più evidente nelle province in cui la TARIP è maggiormente diffusa. Questa variabile presenta però un limite importante: la riduzione dei conferimenti è essa stessa un possibile effetto della riforma e non può quindi essere considerata esogena.

Infine, l'analisi rimane esposta a un problema di endogeneità simile a quello già discusso per l'analisi sui rifiuti, ma potenzialmente più rilevante a causa del numero ridotto di unità osservate. Le province in cui la TARIP si diffonde più rapidamente potrebbero infatti differire sistematicamente dalle altre per caratteristiche quali la capacità amministrativa e l'intensità dei controlli ambientali. Questi fattori possono influenzare direttamente la rilevazione dei reati e rendere difficile distinguere l'effetto della tariffazione da quello delle caratteristiche delle province. La ridotta numerosità delle unità provinciali limita la possibilità di controllare efficacemente questa eterogeneità.

3.2 Il modello stimato

3.2.1 Specificazione a effetti fissi a due vie

La specificazione impiegata nell'analisi comunale assume la forma seguente:

$$y_{c,t} = \beta \, \text{TARIP}_{c,t} + \delta_c + \lambda_t + \varepsilon_{c,t} \tag{3.1}$$

dove:

- $y_{c,t}$ è l'indicatore di gestione osservato nel comune c nell'anno t;
- $\text{TARIP}_{c,t}$ è una variabile indicatrice che assume valore pari a 1 a partire dall'anno di attivazione della tariffazione puntuale nel comune c, e valore 0 negli anni precedenti;
- β è il parametro di interesse, che misura l'effetto medio dell'introduzione della tariffazione puntuale sull'indicatore considerato;
- δ_c è l'effetto fisso comunale, che assorbe ogni caratteristica del comune invariante nel tempo;
- λ_t è l'effetto fisso di anno, che assorbe gli shock comuni a tutti i comuni in un dato anno;
- $\varepsilon_{c,t}$ è il termine di errore idiosincratico.

Gli effetti fissi comunali assorbono la collocazione geografica, la morfologia del territorio, la struttura amministrativa, l'identità del gestore del servizio e ogni altra caratteristica stabile nel tempo, incluse quelle non osservate. Ne consegue che il confronto avviene all'interno di ciascun comune, tra il periodo antecedente e quello successivo all'adozione. Gli effetti fissi di anno assorbono le modifiche del quadro normativo nazionale, l'andamento congiunturale, le variazioni dei costi di trattamento e ogni altro fattore che agisca simultaneamente sull'intero campione.

Una conseguenza rilevante di tale struttura è che nessuna variabile invariante nel tempo può essere inclusa tra i regressori: il suo effetto risulterebbe interamente assorbito e il relativo coefficiente non sarebbe stimabile.

L'analisi considera quattro indicatori di gestione. I quantitativi di raccolta differenziata, di frazione indifferenziata e di rifiuti urbani complessivi sono espressi in chilogrammi per abitante, così da rendere confrontabili comuni di dimensione diversa e da neutralizzare l'effetto meccanico delle variazioni demografiche. Il quarto indicatore è la quota percentuale di raccolta differenziata, già espressa in forma relativa e pertanto impiegata nella sua forma originaria.

La considerazione congiunta dei tre quantitativi consente di distinguere due meccanismi che l'esame di un solo indicatore non permetterebbe di separare. Un incremento della raccolta differenziata accompagnato da una riduzione di pari entità dell'indifferenziato, a

parità di rifiuti complessivi, indicherebbe una mera riclassificazione dei conferimenti tra le frazioni. Una riduzione del quantitativo complessivo segnalerebbe invece un effetto sulla produzione, coerente con l'incentivo alla riduzione a monte che la tariffazione commisurata al conferimento intende generare.

3.2.2 Errori standard e aspetti implementativi

Le osservazioni riferite al medesimo comune in anni successivi non sono tra loro indipendenti: fattori locali persistenti agiscono in modo correlato lungo l'intera serie temporale di ciascun ente. Il calcolo degli errori standard tiene conto di tale correlazione mediante raggruppamento a livello comunale, che costituisce il livello a cui varia il trattamento. Nell'analisi provinciale il medesimo criterio conduce a raggruppare a livello di provincia; il numero contenuto di unità disponibili a tale livello solleva tuttavia un problema di affidabilità dell'inferenza, discusso nella sezione 3.6.

Sul piano dell'implementazione, la numerosità dei comuni osservati rende impraticabile l'inclusione degli effetti fissi comunali sotto forma di variabili indicatrici esplicite, il cui numero eccederebbe i limiti dimensionali del software impiegato. Le stime sono pertanto ottenute mediante procedure di assorbimento, che sfruttano l'equivalenza tra la stima di un modello con variabili indicatrici e quella di un modello sulle variabili trasformate in scarti dalle rispettive medie di gruppo. I coefficienti di interesse coincidono nelle due procedure; gli effetti fissi non vengono invece stimati e non compaiono nell'output.

3.3 Il campione di stima

Il campione impiegato nelle stime coincide con il panel ricostruito nel capitolo precedente, dal quale sono state escluse le osservazioni non attribuibili al singolo comune o caratterizzate da valori pro capite anomali. A questi criteri, relativi alla qualità dei dati, si aggiunge una restrizione di natura specificamente inferenziale, che riguarda l'estensione temporale del campione.

3.3.1 La restrizione temporale

Il panel si estende dal 2010 al 2024. Tale ampiezza, appropriata alla finalità descrittiva, non lo è altrettanto a quella inferenziale. La variabile di trattamento è ricostruita retrospettivamente a partire dal regime tariffario rilevato nell'anno di riferimento della fonte, cosicché l'accuratezza della datazione dell'adozione non è uniforme lungo la serie: gli eventuali errori tendono a concentrarsi negli anni più remoti, per i quali la ricostruzione risulta meno documentata, e ai quali si riferisce anche la copertura meno completa della fonte sui quantitativi di rifiuti. L'analisi econometrica è pertanto condotta su un panel che prende avvio dal 2015.

La restrizione comporta l'esclusione dei comuni che attivano la tariffa prima di tale anno. Poiché essi risultano trattati per l'intera durata del periodo di stima, sono privi della variazione temporale necessaria all'identificazione e non contribuirebbero comunque alla stima del parametro di interesse; il numero di comuni che modificano regime all'interno del periodo considerato è di conseguenza inferiore a quello riferito all'intero panel.

Un errore di misurazione nella variabile esplicativa di un modello di regressione produce attenuazione: alcune osservazioni classificate come trattate non lo sono in realtà, e viceversa, con la conseguenza che la stima risulta sistematicamente spinta verso lo zero. Se la datazione è meno accurata nelle annualità iniziali, l'attenuazione dovrebbe risultare tanto più pronunciata quanto più il campione si estende indietro nel tempo. L'entità del fenomeno è dunque verificabile confrontando le stime ottenute sul panel così definito con quelle ottenute escludendo ulteriormente gli anni iniziali. Qualora i coefficienti si rafforzassero sistematicamente e in misura proporzionale su tutti gli indicatori, la lettura in termini di attenuazione risulterebbe preferibile all'ipotesi alternativa di una selezione favorevole del sottocampione, che agirebbe presumibilmente in modo differenziato.

Una precisazione sulla portata dei risultati discende da quanto precede. L'effetto stimato è riferito alla popolazione dei comuni che hanno effettivamente adottato la TARIP nel periodo considerato, e la sua estensione a comuni con caratteristiche differenti richiede cautela: le eterogeneità documentate nel capitolo successivo suggeriscono infatti che l'efficacia dello strumento vari sensibilmente in funzione delle caratteristiche dell'ente locale.

3.4 I controlli

Gli effetti fissi comunali, assorbendo tutto ciò che in un comune non muta nel tempo, escludono già dalla specificazione un'intera categoria di variabili. Un secondo vincolo, di natura diversa, riguarda invece quelle che nel tempo variano: un controllo influenzato esso stesso dal trattamento assorbe parte dell'effetto che si intende misurare, distorcendo la stima anziché migliorarla. Ricadono in questa categoria gli indicatori di performance della gestione successivi all'adozione e, più in generale, ogni variabile che la tariffazione puntuale possa a sua volta modificare. L'analisi non impiega pertanto controlli contemporanei al trattamento, ricorrendo a caratteristiche misurate nell'anno base e dunque predeterminate rispetto all'adozione per la generalità dei comuni del campione.

3.4.1 Caratteristiche predeterminate interagite con il tempo

Trattandosi di caratteristiche invarianti nel tempo, esse possono entrare nella specificazione unicamente attraverso l'interazione con l'insieme completo delle variabili indicatrici di anno.

La funzione di tale accorgimento è consentire a comuni con caratteristiche iniziali differenti di seguire traiettorie temporali distinte. Se i comuni di maggiore dimensione demografica avessero registrato nel periodo un andamento dei conferimenti sistematicamente diverso da quello dei comuni minori per ragioni indipendenti dalla tariffazione, l'interazione tra la popolazione dell'anno base e le indicatrici di anno consentirebbe di depurare la stima da tale componente.

Le variabili impiegate a questo scopo sono la popolazione dell'anno base e il livello dei conferimenti pro capite nel medesimo anno, quest'ultimo diretto a controllare per eventuali dinamiche di convergenza tra comuni con differenti condizioni di partenza.

3.4.2 Effetti fissi regione-anno

Una specificazione alternativa sostituisce agli effetti fissi di anno gli effetti fissi definiti dall'interazione tra regione e anno. Tale struttura assorbe ogni fattore che agisca su tutti i comuni di una medesima regione in un dato anno: normative e piani regionali, campagne di sensibilizzazione, mutamenti nell'assetto della gestione, shock economici a scala regionale.

Il confronto avviene di conseguenza unicamente tra comuni della medesima regione nel medesimo anno. La specificazione è più esigente, ma comporta una riduzione della variazione utilizzabile per l'identificazione; la stabilità del coefficiente di interesse tra le due strutture costituisce pertanto un elemento di verifica della robustezza dei risultati.

3.5 L'adozione scaglionata

Quando l'adozione è distribuita su più anni, lo stimatore a effetti fissi a due vie costruisce la stima come media ponderata di confronti tra coppie di gruppi. Tra questi rientrano anche i confronti tra comuni trattati in periodi diversi, nei quali un comune già trattato viene utilizzato come termine di paragone per un comune che deve ancora essere trattato. Questo confronto è problematico perché il comune già trattato è stato a sua volta influenzato dalla riforma: non può quindi rappresentare correttamente ciò che sarebbe accaduto al comune non ancora trattato se anch'esso non avesse ricevuto la riforma. Goodman-Bacon (2021) [20] mostra che, quando gli effetti della riforma variano nel tempo, questo problema può fare sì che alcuni effetti di trattamento entrino nella composizione implicita del coefficiente stimato a effetti fissi a due vie con peso negativo. Di conseguenza, il coefficiente stimato può non rappresentare una media degli effetti causali di interesse.

3.5.1 La verifica dinamica dell'effetto

Una prima procedura consiste nel sostituire alla variabile indicatrice di trattamento un insieme di variabili indicatrici riferite alla distanza temporale dall'adozione. La specificazione assume la forma:

$$y_{c,t} = \sum_{k \neq -1} \beta_k \, D^k_{c,t} + \delta_c + \lambda_t + \varepsilon_{c,t} \tag{3.2}$$

Dove $D^k_{c,t}$ assume valore pari a 1 se il comune c si trova, nell'anno t, a k periodi di distanza dall'adozione. Il periodo immediatamente precedente l'adozione ($k = -1$) è omesso e funge da riferimento, cosicché ciascun coefficiente β_k misura la variazione dell'indicatore rispetto a tale momento.

La procedura assolve due funzioni. I coefficienti riferiti ai periodi successivi all'adozione descrivono il profilo temporale dell'effetto, consentendo di verificare se esso sia immediato o graduale, persistente o transitorio. I coefficienti riferiti ai periodi antecedenti costituiscono invece la verifica indiretta dell'ipotesi di andamenti paralleli: sotto tale ipotesi essi dovrebbero risultare statisticamente non distinguibili da zero. La verifica è completata da un test congiunto di nullità dei coefficienti pre-trattamento.

3.5.2 Lo stimatore Callaway-Sant'Anna

La procedura descritta consente di individuare il problema, ma non di correggerlo. A tale scopo si può ricorrere allo stimatore proposto da Callaway e Sant'Anna (2021) [21]. Anziché imporre un unico effetto medio attraverso un modello a effetti fissi a due vie, il metodo stima un effetto di trattamento distinto per ciascuna combinazione di coorte di adozione e periodo. Per ciascun gruppo e periodo, il confronto viene effettuato con comuni mai trattati oppure, in alternativa, con comuni non ancora trattati in quel momento. In questo modo si evita di utilizzare come controllo comuni che hanno già subito la riforma.

Gli effetti così ottenuti sono successivamente ricomposti in medie con pesi non negativi, che possono essere aggregate per ottenere un effetto medio complessivo ovvero riaggregate per distanza dall'adozione, restituendo in tal caso un profilo dinamico senza la distorsione. Dalla stima sono esclusi i comuni già sottoposti a tariffazione nel primo anno del panel, la cui inclusione tra i mai trattati contaminerebbe il gruppo di confronto. Il confronto tra le stime ottenute con i due stimatori consente di valutare la rilevanza effettiva della distorsione nel campione considerato.

3.6 L'inferenza nell'analisi provinciale

Il panel provinciale è ottenuto aggregando le osservazioni comunali per provincia e anno: i quantitativi di rifiuti sono sommati, la variabile di trattamento è ricalcolata come quota di comuni trattati e i reati sono rapportati alla popolazione ed espressi per mille abitanti.

3.6.1 Il numero contenuto di unità

Il numero di province disponibili è sensibilmente inferiore a quello generalmente ritenuto necessario per fare affidamento sull'approssimazione asintotica degli errori standard cluster-robust. In presenza di pochi raggruppamenti, infatti, i test basati sulla distribuzione asintotica possono risultare inaffidabili, con un'eccessiva probabilità di rigettare la vera ipotesi nulla [22].

Si ricorre pertanto alla procedura di wild cluster bootstrap, che consente di migliorare l'inferenza in presenza di un numero limitato di cluster. La procedura impone l'ipotesi nulla oggetto del test e genera numerosi campioni artificiali applicando ai residui di ciascun cluster un peso casuale, mantenuto uguale per tutte le osservazioni appartenenti allo stesso raggruppamento. Il modello viene quindi ristimato su ciascun campione bootstrap e il valore di probabilità è ricavato dalla distribuzione empirica della statistica di test [22].

3.6.2 Le verifiche finali

Le stime provinciali sono sottoposte a tre controlli. Il primo riguarda la forma funzionale: poiché i reati costituiscono una variabile di conteggio, le stime sono replicate mediante regressione di Poisson a effetti fissi con esposizione pari alla popolazione provinciale, i cui coefficienti si interpretano come rapporti di incidenza.

Il secondo verifica se la specificazione isoli variazione esogena, stimando l'effetto della diffusione futura della tariffazione sui reati correnti. Poiché una relazione causale in tale direzione è esclusa per costruzione, un coefficiente significativo indicherebbe che le province destinate ad adottare la misura differiscono già dalle altre nella dinamica dei reati, e che nemmeno la stima contemporanea potrebbe essere interpretata in senso causale.

Il terzo riguarda l'interpretazione di eventuali risultati non significativi, per i quali occorre distinguere due situazioni logicamente differenti: l'assenza di un effetto e l'incapacità di rilevarlo. A tale scopo si calcola l'effetto minimo rilevabile, definito come la magnitudine minima che, dati gli errori standard ottenuti, sarebbe risultata statisticamente significativa con probabilità pari all'ottanta per cento a un livello di significatività del cinque per cento.

Capitolo 4

Risultati

Il capitolo espone le stime ottenute secondo la strategia illustrata in precedenza. La prima parte riguarda l'effetto della tariffazione puntuale sugli indicatori di gestione dei rifiuti: si quantifica anzitutto la selezione nell'adozione e si motiva la scelta del campione, si presentano quindi le stime principali, la loro stabilità e il profilo temporale dell'effetto, per concludere con le eterogeneità. La seconda parte riporta i risultati relativi ai reati connessi al ciclo dei rifiuti, comprensivi delle verifiche sulla validità del disegno provinciale e sulla potenza dell'analisi.

4.1 L'effetto della tariffazione puntuale sui rifiuti

L'introduzione della TARIP dovrebbe modificare tanto la quantità di rifiuti conferiti quanto la loro ripartizione tra le frazioni. Stabilire in che misura lo faccia richiede però di separare l'effetto della riforma dalle caratteristiche dei comuni che la adottano, i quali differiscono sistematicamente dagli altri già prima di introdurla.

4.1.1 La rilevanza della selezione nell'adozione

Il confronto tra le tre specificazioni progressivamente più esigenti, riportato nella Tabella 4.1, quantifica l'entità della selezione nell'adozione.

Tabella 4.1: Effetto della TARIP secondo la struttura degli effetti fissi

	RD (kg/ab.)	Indifferenziato (kg/ab.)	RU totali (kg/ab.)	% RD (punti)
Panel A: nessun effetto fisso				
TARIP attiva	64,341***	−102,166***	−40,120***	18,474***
	(3,400)	(2,223)	(4,079)	(0,330)
Panel B: effetti fissi di anno				
TARIP attiva	49,113***	−98,484***	−50,696***	16,832***
	(3,515)	(2,307)	(4,233)	(0,344)
Panel C: effetti fissi comune + anno				
TARIP attiva	9,747***	−39,734***	−29,021***	5,383***
	(2,346)	(3,377)	(3,107)	(0,546)
Variazione A → C	−85%	−61%	−28%	−71%
Osservazioni	37.779	37.779	37.779	37.779

Le stime si riducono nettamente lungo la progressione. Senza alcun controllo, la raccolta differenziata pro capite risulta superiore di 64,3 chilogrammi nei comuni sottoposti a TARIP e la quota di differenziata di 18,5 punti percentuali. Gli effetti fissi di anno portano le due stime a 49,1 chilogrammi e 16,8 punti. L'aggiunta degli effetti fissi comunali le porta a 9,7 chilogrammi e 5,4 punti: una contrazione dell'85 per cento sul primo indicatore e del 71 per cento sul secondo.

La quasi totalità del divario osservabile tra comuni con e senza TARIP precede dunque la riforma. I comuni che adottano lo strumento dispongono di dotazioni infrastrutturali e organizzative già orientate alla misurazione dei conferimenti, e conseguono per questa via risultati superiori indipendentemente dalla tariffa.

L'entità della contrazione varia tra gli indicatori. Sui rifiuti urbani complessivi essa si ferma al 28 per cento, e la stima con i soli effetti fissi di anno risulta superiore in valore assoluto a quella priva di controlli. La selezione nell'adozione sembra dunque riguardare principalmente la capacità di intercettare e classificare correttamente le frazioni differenziate, incidendo in misura minore sui quantitativi complessivamente prodotti.

4.1.2 Confronto dei campioni di stima

La Tabella 4.2 confronta le stime ottenute sul panel che prende avvio dal 2015 con quelle ottenute escludendo ulteriormente le due annualità iniziali.

Tabella 4.2: Effetto della TARIP sulle performance di raccolta: confronto tra campioni

	RD (kg/ab.)	Indifferenziato (kg/ab.)	RU totali (kg/ab.)	% RD (punti)
Panel A: anni 2015–2024				
TARIP attiva	9,747***	−39,734***	−29,021***	5,383***
	(2,346)	(3,377)	(3,107)	(0,546)
R^2 within	0,002	0,035	0,011	0,027
Osservazioni	37.779	37.779	37.779	37.779
Panel B: anni 2017–2024				
TARIP attiva	14,554***	−48,688***	−33,738***	7,375***
	(2,745)	(3,757)	(3,493)	(0,610)
R^2 within	0,003	0,047	0,013	0,048
Osservazioni	30.116	30.116	30.116	30.116
Costante (Panel B)	338,866	161,475	503,386	68,495
Effetto in % della costante	+4,3%	−30,2%	−6,7%	+7,4 p.p.
Rafforzamento A → B	+49%	+23%	+16%	+37%

Tutti i coefficienti si rafforzano nel passaggio al campione ristretto. La raccolta differenziata pro capite passa da 9,7 a 14,6 chilogrammi, con un incremento del 49 per cento; l'indifferenziato da −39,7 a −48,7 chilogrammi, con un incremento del 23 per cento; i rifiuti complessivi da −29,0 a −33,7, con un incremento del 16 per cento; la quota di raccolta differenziata da 5,4 a 7,4 punti percentuali, con un incremento del 37 per cento.

L'andamento corrisponde a quello atteso in presenza di errore di misurazione nella variabile di trattamento, secondo il meccanismo di attenuazione descritto nel capitolo precedente. Due elementi sostengono questa lettura rispetto all'ipotesi alternativa di una selezione favorevole del sottocampione. Il primo è la proporzionalità del rafforzamento, che interessa tutti gli indicatori nella medesima direzione, laddove una selezione favorevole agirebbe presumibilmente su alcuni soltanto. Il secondo è l'incremento dell'indice di determinazione within in ciascuna colonna: nel campione ristretto la variabile di

trattamento spiega una quota maggiore della variazione residua, come atteso se la sua misurazione è più accurata.

Le stime presentate nel seguito si riferiscono pertanto al campione ristretto, salvo diversa indicazione.

I risultati della specificazione principale, riportati nel Panel B della Tabella 4.2, sono statisticamente significativi al livello dell'uno per cento su tutti e quattro gli indicatori e presentano in ciascun caso il segno atteso.

L'introduzione della TARIP riduce il quantitativo pro capite di frazione indifferenziata di 48,7 chilogrammi, pari al 30,2 per cento del livello medio del campione. Incrementa contestualmente la raccolta differenziata di 14,6 chilogrammi pro capite e la quota di raccolta differenziata di 7,4 punti percentuali.

Il risultato di maggiore rilievo riguarda i rifiuti urbani complessivi, che si riducono di 33,7 chilogrammi pro capite, pari al 6,7 per cento del livello medio. Qualora la tariffa determinasse unicamente una diversa allocazione dei conferimenti tra le frazioni, l'incremento della raccolta differenziata compenserebbe la riduzione dell'indifferenziato e il totale resterebbe invariato. La diminuzione del quantitativo complessivo indica invece un effetto sulla produzione, coerente con i comportamenti di riduzione a monte che la commisurazione del prelievo al conferimento intende incentivare: attenzione all'imballaggio in fase di acquisto, compostaggio domestico, contenimento degli sprechi.

Le stime risultano internamente coerenti. La somma dell'incremento della raccolta differenziata e della riduzione dell'indifferenziato ammonta a $-34{,}1$ chilogrammi, valore prossimo ai $-33{,}7$ stimati direttamente sui rifiuti complessivi; il residuo è attribuibile alle frazioni che concorrono al totale senza rientrare nelle due categorie principali.

4.1.3 La stabilità delle stime

La Tabella 4.3 riporta le stime relative alla frazione indifferenziata ottenute introducendo progressivamente i controlli predeterminati e la struttura di effetti fissi regione-anno.

Tabella 4.3: Stabilità della stima ai controlli e agli effetti fissi regione-anno

	(1)	(2)	(3)	(4)
TARIP attiva	−48,688***	−48,931***	−51,064***	−51,523***
	(3,757)	(3,817)	(3,653)	(3,543)
Effetti fissi comune	Sì	Sì	Sì	Sì
Effetti fissi anno	Sì	Sì	—	—
Effetti fissi regione × anno	—	—	Sì	Sì
Popolazione 2017 × anno	No	Sì	Sì	Sì
Rifiuti pro capite 2017 × anno	No	No	No	Sì
R^2 within	0,047	0,048	0,052	0,081
Osservazioni	30.116	29.862	29.862	29.835

Il coefficiente si mantiene stabile lungo l'intera progressione. Alla specificazione di riferimento, pari a −48,7 chilogrammi, l'interazione tra popolazione dell'anno base e indicatrici di anno porta la stima a −48,9; la sostituzione degli effetti fissi di anno con quelli regione-anno la porta a −51,1; l'ulteriore inclusione del livello iniziale dei conferimenti interagito con il tempo a −51,5. Lo scostamento complessivo è pari al 5,8 per cento, contenuto entro un errore standard.

Due elementi rafforzano il valore di questa verifica. Il coefficiente si rafforza lievemente all'irrigidirsi della specificazione, mentre un'attenuazione sarebbe attesa qualora i controlli assorbissero una componente spuria. L'indice di determinazione within cresce inoltre da 0,047 a 0,081: i controlli spiegano varianza aggiuntiva, cosicché la stabilità del coefficiente di interesse riflette la sua robustezza e non l'irrilevanza dei regressori aggiunti.

La specificazione con effetti fissi regione-anno merita attenzione particolare. Restringendo il confronto ai comuni della medesima regione osservati nel medesimo anno, essa assorbe normative e piani regionali, campagne di comunicazione e mutamenti nell'assetto della gestione. Che il coefficiente risulti in tale specificazione persino superiore in valore assoluto indica come l'effetto stimato sia indipendente da dinamiche regionali concomitanti all'adozione.

4.2 Il profilo temporale dell'effetto

Un effetto medio non dice in quale momento la riforma agisca né quanto a lungo il suo effetto persista. Se la riduzione dei conferimenti si concentra nell'anno di attivazione, essa è verosimilmente imputabile alla tariffa; se al contrario è già in corso negli anni precedenti, una parte del risultato riflette dinamiche antecedenti alla riforma.

4.2.1 La verifica dinamica

Il periodo assunto come riferimento è quello che precede di due anni l'attivazione, anziché l'anno immediatamente antecedente come da prassi consolidata. La scelta risponde a una caratteristica dell'implementazione della TARIP nel contesto italiano: numerosi comuni fanno precedere l'entrata in vigore del nuovo regime da un anno di sperimentazione, durante il quale i conferimenti vengono misurati e attribuiti alle singole utenze senza che a ciò corrisponda ancora un addebito. In tale fase il sistema di identificazione è operativo, le utenze ricevono riscontro dei propri conferimenti e la comunicazione che accompagna la riforma è già avviata: il comportamento si modifica dunque prima che la tariffa produca effetti economici. Assumere l'anno immediatamente precedente come riferimento equivarrebbe a misurare l'effetto rispetto a un momento in cui l'intervento è già in corso, con una sistematica sottostima della sua entità.

La Figura 4.1 riporta i coefficienti della specificazione dinamica, stimata separatamente sui tre quantitativi. Ciascun coefficiente misura la variazione dell'indicatore rispetto al secondo anno precedente l'attivazione.

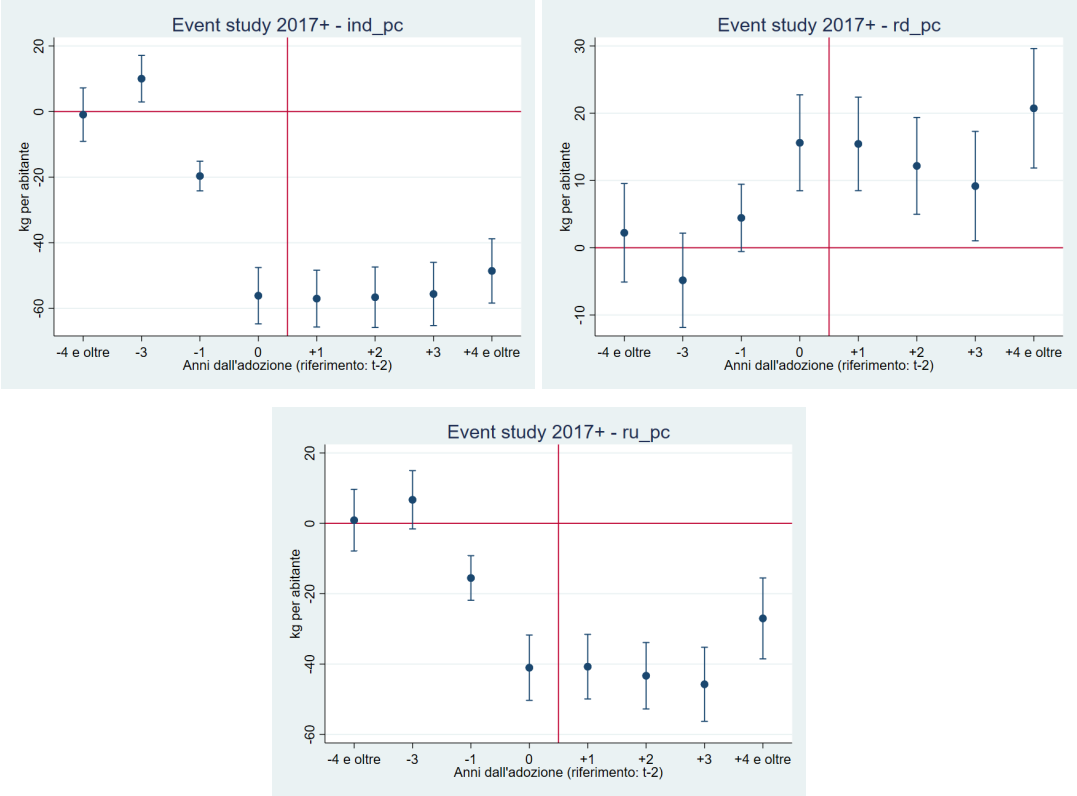


Figura 4.1: Profilo temporale dell'effetto della TARIP: frazione indifferenziata, raccolta differenziata e rifiuti urbani complessivi.

Nei periodi che precedono l'adozione i comuni trattati si comportano come quelli di controllo. A quattro anni di distanza le stime sono prossime allo zero su tutti e tre gli indicatori e nessuna è significativa; a tre anni lo stesso vale per la raccolta differenziata e per i rifiuti complessivi, mentre l'indifferenziato presenta un coefficiente di 10,0 chilogrammi. Non emerge dunque alcuna traiettoria sistematicamente divergente prima della riforma, ed è questa la condizione che rende attribuibile alla tariffa quanto si osserva dopo.

Il cambiamento comincia un anno prima della data registrata come inizio del trattamento. In quel periodo l'indifferenziato è già sceso di 19,6 chilogrammi per abitante e i rifiuti complessivi di 15,5, entrambi significativi all'uno per cento, mentre la raccolta differenziata guadagna 4,4 chilogrammi. Si tratta di circa un terzo di quanto si osserverà l'anno successivo. L'anticipazione è coerente con la prassi, richiamata per cui l'attivazione della tariffa è preceduta dalla predisposizione dei sistemi di misurazione

e da una fase di sperimentazione. I dati impiegati registrano una sola data per comune e non consentono di distinguere le due fasi: quanto della riduzione anticipata dipenda dalla misurazione e quanto dall'applicazione effettiva del corrispettivo resta pertanto una questione aperta, ripresa tra i limiti del lavoro.

Con l'entrata in vigore della tariffa l'effetto raggiunge la sua dimensione piena. L'indifferenziato scende di 56,1 chilogrammi per abitante rispetto a due anni prima, i rifiuti complessivi di 41,0, mentre la raccolta differenziata cresce di 15,6. I tre numeri si tengono: quanto la differenziata guadagna e quanto l'indifferenziato perde sommano a 40,5 chilogrammi, praticamente il calo osservato sul totale.

Negli anni seguenti l'effetto non si consuma. Sull'indifferenziato resta tra 55,6 e 57,0 chilogrammi per quattro anni, per attenuarsi a 48,6 nei periodi più lontani; sui rifiuti complessivi oscilla tra 40,7 e 45,7. È un dato che vale la pena sottolineare, perché una misura fondata su un incentivo economico potrebbe perdere efficacia man mano che le famiglie vi si abituano, e qui non accade. La raccolta differenziata segue invece un andamento più irregolare, con circa 15 chilogrammi nei primi due anni, una flessione a 9,2 al terzo e una risalita a 20,7 in coda; negli ultimi periodi restano però pochi comuni osservati, e gli intervalli di confidenza si allargano di conseguenza.

4.2.2 Le stime corrette per l'adozione scaglionata

La Figura 4.2 riporta i risultati ottenuti mediante lo stimatore Callaway-Sant'Anna. Poiché il metodo costruisce internamente il periodo di riferimento, il medesimo effetto della scelta illustrata nella sottosezione precedente è ottenuto anticipando di un anno la data di trattamento: il periodo indicato come zero corrisponde pertanto all'anno di sperimentazione, e l'attivazione formale della tariffa è collocata nel periodo successivo.

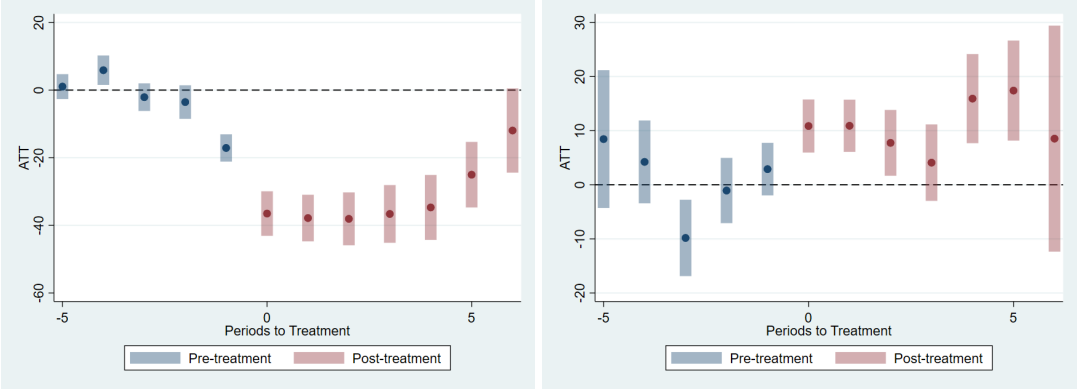


Figura 4.2: Profilo temporale dell'effetto stimato mediante lo stimatore Callaway-Sant'Anna: frazione indifferenziata e raccolta differenziata pro capite.

La media dei coefficienti antecedenti il trattamento fornisce il riscontro più diretto dell'ipotesi di andamenti paralleli: essa è pari a 0,32 chilogrammi sulla frazione indifferenziata e a 0,45 sulla raccolta differenziata, in entrambi i casi statisticamente non distinguibile da zero. Considerati singolarmente, i coefficienti risultano significativi in due soli casi: a tre periodi di distanza sull'indifferenziato e a due sulla raccolta differenziata con segni discordanti e in assenza di un andamento sistematico, configurazione compatibile con la variabilità campionaria attesa in presenza di numerosi coefficienti stimati. L'assunzione su cui poggia la strategia di identificazione risulta dunque sostenuta dai dati.

Il profilo successivo conferma quanto emerso dalla specificazione a effetti fissi. L'anno di sperimentazione produce sull'indifferenziato una riduzione di 17,1 chilogrammi pro capite, significativa al livello dell'uno per cento; l'attivazione della tariffa porta l'effetto a 56,2 chilogrammi, che si mantiene tra 57,4 e 58,6 nei tre anni successivi prima di attenuarsi a 52,4 e 38,6 negli orizzonti terminali. Sulla raccolta differenziata l'anno di sperimentazione non produce effetti distinguibili da zero, mentre l'attivazione determina un incremento di 15,5 chilogrammi, stabile nell'anno seguente e successivamente più irregolare.

Il confronto tra i due stimatori costituisce l'elemento di maggiore rilievo. Le stime a effetti fissi restituivano per l'anno di sperimentazione un effetto di 19,6 chilogrammi sull'indifferenziato e per l'anno di attivazione uno di 56,1; lo stimatore corretto restituisce rispettivamente 17,1 e 56,2. La medesima corrispondenza si osserva sulla raccolta differenziata, con 15,6 chilogrammi contro 15,5 nell'anno di attivazione. Poiché i due metodi impiegano gruppi di confronto differenti, il secondo escludendo per costruzione

i comuni già trattati dal termine di paragone e procedure di aggregazione distinte, la convergenza indica che la distorsione associata all'adozione scaglionata è di entità trascurabile nel campione considerato.

Una precisazione riguarda l'effetto medio complessivo, pari a 48,3 chilogrammi sull'indifferenziato e a 12,0 sulla raccolta differenziata. Tale media include anche l'anno di sperimentazione, nel quale l'effetto è di entità inferiore, e risulta pertanto più contenuta dei valori registrati a partire dall'attivazione della tariffa. Essa misura l'effetto medio dell'intero intervento, dalla predisposizione del sistema di misurazione in avanti, anziché quello del solo regime tariffario.

4.3 L'eterogeneità dell'effetto

La TARIP opera commisurando il prelievo al conferimento della singola utenza, condizione che le architetture di raccolta realizzano in misura diversa a seconda del contesto. È dunque plausibile che l'effetto medio finora stimato sintetizzi esiti sensibilmente differenti tra comuni di dimensione e collocazione diverse.

4.3.1 La dimensione demografica

Per verificare se l'efficacia della tariffazione vari con la dimensione del comune, il campione è suddiviso in tre gruppi di numerosità pari, ordinati secondo la popolazione residente nell'anno base: il terzile inferiore raccoglie il terzo dei comuni meno popolosi, quello intermedio il terzo centrale, quello superiore il terzo più popoloso. La popolazione è misurata nell'anno base e mantenuta fissa, cosicché nessun comune muti classe di appartenenza nel corso del periodo osservato in conseguenza di variazioni demografiche o, potenzialmente, della riforma stessa. La Tabella 4.4 riporta le stime ottenute su ciascun gruppo.

Tabella 4.4: Eterogeneità dell'effetto per dimensione demografica

	(1) Terzile 1	(2) Terzile 2	(3) Terzile 3
TARIP attiva	−110,03***	−33,62***	−29,08***
	(11,04)	(5,30)	(3,89)
Effetti fissi comune e anno	Sì	Sì	Sì
Osservazioni	9.961	9.938	9.963

Nei comuni del terzile inferiore l'introduzione della TARIP riduce la frazione indifferenziata di 110,0 chilogrammi pro capite; nel terzile intermedio la riduzione è pari a 33,6 chilogrammi e in quello superiore a 29,1. L'effetto nei comuni di minore dimensione è dunque quasi quadruplo rispetto a quello registrato nei comuni maggiori, mentre la differenza tra il secondo e il terzo terzile è contenuta.

Il salto è concentrato tra la prima e la seconda classe dimensionale, circostanza che orienta l'interpretazione. Il funzionamento della tariffazione commisurata al conferimento presuppone che il conferimento sia individualmente attribuibile: solo in tal caso il prelievo varia in funzione del comportamento della singola utenza e l'incentivo risulta operante. Nei centri di piccola dimensione la raccolta domiciliare con sacchi o contenitori identificati costituisce la modalità prevalente, e a essa si accompagna un controllo sociale diffuso. Nei centri maggiori prevalgono sistemi di raccolta condominiali o stradali, nei quali il prelievo è commisurato al conferimento di un'utenza collettiva: il singolo residente sostiene una frazione ridotta del costo marginale del proprio conferimento, e l'incentivo si diluisce in proporzione alla numerosità dell'utenza condivisa.

Le stime relative al terzile inferiore presentano un errore standard più che doppio rispetto a quelle degli altri due, riflettendo la maggiore variabilità dei quantitativi pro capite nei comuni con popolazione ridotta, dove il denominatore del rapporto è di entità contenuta.

4.3.2 La collocazione geografica

L'analisi è stata effettuata anche suddividendo il territorio secondo tre criteri distinti. Il primo separa le due macro-aree, con Piemonte e Lombardia da un lato e Veneto, Friuli-Venezia Giulia ed Emilia-Romagna dall'altro. Il secondo distingue le province

di pianura padana dalle rimanenti, il terzo isola quelle a prevalente carattere montano. Le ultime due partizioni sono costruite su base provinciale e costituiscono pertanto un'approssimazione della morfologia effettiva del territorio comunale. La Tabella 4.5 riporta le stime ottenute su ciascun sottocampione.

Tabella 4.5: Eterogeneità dell'effetto per collocazione geografica

	(1) Nord-Ovest	(2) Nord-Est	(3) Pianura	(4) Fuori pianura	(5) Montagna	(6) Non montagna
TARIP attiva	−75,38***	−25,72***	−20,61***	−61,79***	−5,31	−50,30***
	(6,15)	(4,00)	(3,66)	(5,06)	(3,95)	(3,88)
Osservazioni	21.293	8.823	9.071	21.045	1.658	28.458

Il divario tra le due macro-aree è marcato. L'effetto è pari a −75,4 chilogrammi nelle province del Nord-Ovest e a −25,7 in quelle del Nord-Est, con un divario di circa cinquanta chilogrammi. Un pattern analogo emerge dal confronto tra le province di pianura padana, dove l'effetto ammonta a −20,6 chilogrammi, e le rimanenti, dove raggiunge −61,8. Nelle province a prevalente carattere montano l'effetto stimato è pari a −5,3 chilogrammi e non risulta statisticamente distinguibile da zero.

Una prima spiegazione del divario tra macro-aree rimanda al diverso grado di maturità dei sistemi di raccolta all'inizio del periodo osservato. Il Veneto e l'Emilia-Romagna presentano quote di raccolta differenziata già elevate nel 2017 e una diffusione della TARIP antecedente a quella delle regioni occidentali, con il Veneto che raggiunge il primato nazionale. Dove la raccolta domiciliare è già estesa e le performance di partenza sono superiori, il margine di miglioramento conseguibile mediante l'introduzione della tariffa risulta necessariamente più ridotto: l'effetto stimato non misura una minore efficacia dello strumento, bensì un minore spazio disponibile perché esso operi.

Una seconda spiegazione, di natura statistica, chiama in causa la composizione dei sottocampioni. Le partizioni geografiche non sono indipendenti dalla dimensione demografica documentata nella sottosezione precedente: le province di pianura padana e quelle del Nord-Est ospitano una quota superiore di comuni di dimensione elevata, nei quali l'effetto della tariffazione risulta di per sé più contenuto. Una parte del divario geografico potrebbe pertanto riflettere la diversa composizione dimensionale delle aree anziché la collocazione territoriale in quanto tale. Stimando congiuntamente le due

dimensioni, il divario tra macro-aree si riduce a circa trenta chilogrammi: circa il quaranta per cento dello scarto osservato nelle stime su sottocampioni è dunque imputabile alla composizione, mentre la quota residua rimane significativa e riconducibile alle differenze di contesto sopra richiamate.

Il confronto tra pianura e montagna va letto con la medesima cautela, aggravata dal fatto che entrambe le classificazioni sono costruite su base provinciale. Un comune di fondovalle collocato in una provincia montana viene classificato come montano, e viceversa un comune collinare di una provincia di pianura risulta assegnato a quest'ultima. La misura corretta richiederebbe la zona altimetrica comunale rilevata dall'ISTAT, non disponibile nel dataset impiegato; le stime riportate vanno pertanto intese come indicazione della direzione del fenomeno più che come quantificazione della sua entità.

4.4 La TARIP e i reati connessi al ciclo dei rifiuti

La riduzione dei conferimenti documentata nelle sezioni precedenti ammette due letture alternative: una diminuzione effettiva della produzione di rifiuti, oppure uno spostamento verso canali di smaltimento che sfuggono alla rilevazione ufficiale. Distinguere tra le due richiede di osservare se alla diffusione della tariffa si accompagni un incremento dei reati connessi al ciclo dei rifiuti.

4.4.1 Le specificazioni principali e la dinamica

Se la TARIP spingesse una quota di utenze verso lo smaltimento illecito, l'effetto dovrebbe risultare tanto più marcato quanto maggiore è la frazione di comuni della provincia sottoposta al nuovo regime. Le stime impiegano pertanto tale frazione come variabile di interesse, affiancandole due varianti: una misura di diffusione ponderata per la popolazione e una struttura di effetti fissi che assorbe ogni shock regionale annuale. La Tabella 4.6 riporta i risultati, insieme alle specificazioni che ne verificano la dinamica temporale.

Tabella 4.6: Effetto della diffusione della TARIP sui reati ambientali

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Quota comuni in TARIP	−0,0290		−0,0163		
	(0,0340)		(0,0296)		
Quota popolazione in TARIP		−0,0169			
		(0,0272)			
Quota comuni in TARIP ($t-1$)				+0,0039	
				(0,0381)	
Quota comuni in TARIP ($t+1$)					−0,0511**
					(0,0228)
Effetti fissi provincia	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì
Effetti fissi anno	Sì	Sì	—	Sì	Sì
Effetti fissi regione × anno	—	—	Sì	—	—
p-value wild bootstrap	0,424	—	—	0,930	0,048
Osservazioni	320	320	320	280	240

Nella specificazione di riferimento, che impiega la quota di comuni sottoposti a tariffazione con effetti fissi di provincia e di anno, il coefficiente è pari a −0,029, con valore di probabilità bootstrap pari a 0,424. La quota di popolazione residente in comuni trattati restituisce un coefficiente di −0,017; l'adozione di effetti fissi regione-anno lo porta a −0,016. Nessuna delle tre specificazioni produce evidenza di una relazione tra diffusione della tariffazione e reati ambientali.

L'ipotesi di un canale di smaltimento illecito non implica peraltro un effetto contemporaneo: l'adattamento dei comportamenti richiede tempo, e alla commissione di un illecito segue con ritardo variabile la sua rilevazione. Le specificazioni con variabile di trattamento ritardata di uno, due e tre periodi restituiscono coefficienti pari a 0,004, 0,041 e 0,046, nessuno dei quali statisticamente significativo. I coefficienti differiti presentano segno positivo, opposto a quello del coefficiente contemporaneo: l'instabilità del segno tra specificazioni, in assenza di significatività, indica assenza di un segnale sistematico piuttosto che un effetto di magnitudine ridotta.

Le stime finora commentate presuppongono che le province in cui la tariffazione si diffonde non differiscano dalle altre per ragioni indipendenti dalla riforma. La verifica di tale presupposto consiste nello stimare l'effetto della diffusione futura sui reati correnti, relazione che per costruzione non può sussistere: il suo esito è riportato nella colonna (5) della Tabella 4.6.

Il coefficiente relativo alla variabile anticipata di un periodo è pari a $-0{,}051$ e risulta statisticamente significativo al livello del cinque per cento; il valore di probabilità ottenuto mediante wild cluster bootstrap è pari a 0,048, cosicché la significatività resiste alla correzione per il numero contenuto di raggruppamenti. Il coefficiente anticipato di due periodi è pari a $-0{,}039$ e si colloca poco al di sotto della soglia convenzionale.

L'esito è quello che la verifica era destinata a escludere. Poiché la diffusione della tariffazione nell'anno successivo non può influenzare i reati registrati nell'anno corrente, il coefficiente misura una differenza preesistente: le province nelle quali la tariffazione si diffonderà presentano già una dinamica dei reati distinta da quella delle rimanenti. Tale coefficiente è inoltre superiore in valore assoluto e più significativo di quello contemporaneo, circostanza che rende la lettura in termini di selezione preferibile a qualsiasi interpretazione causale.

La conseguenza investe l'intera analisi provinciale: la specificazione non isola variazione esogena, e le stime riportate nel seguito sono da intendersi in termini associativi. La spiegazione più plausibile risiede nell'eterogeneità non osservata tra province. La diffusione della TARIP è verosimilmente più rapida dove l'amministrazione locale dispone di maggiore capacità organizzativa e progettuale; la medesima capacità può riflettersi sull'intensità dell'attività di controllo ambientale e sulla gestione complessiva del ciclo dei rifiuti, incidendo sui reati rilevati per vie indipendenti dalla tariffa.

4.4.2 I quantitativi di rifiuti come determinanti dei reati

L'ipotesi di smaltimento illecito implica una relazione osservabile anche a prescindere dalla tariffa: là dove i quantitativi conferiti si riducono, i rifiuti sottratti al circuito ufficiale dovrebbero emergere sotto forma di illeciti accertati. La Tabella 4.7 verifica tale implicazione impiegando come regressori i quantitativi provinciali di rifiuti in luogo della variabile di trattamento.

Tabella 4.7: Effetto dei quantitativi di rifiuti sui reati ambientali

	(1)	(2)	(3)	(4)
RU totali pro capite	+0,00015			
	(0,00018)			
Indifferenziato pro capite		−0,00001		
		(0,00012)		
RD pro capite			+0,00015	
			(0,00017)	
Quota di raccolta differenziata				+0,00064
				(0,00063)
p-value	0,418	0,948	0,385	0,313
Effetti fissi provincia e anno	Sì	Sì	Sì	Sì
R^2 within	0,0041	0,0000	0,0046	0,0031
Osservazioni	320	320	320	320

Nessuno dei quattro indicatori presenta una relazione statisticamente distinguibile da zero con i reati ambientali. I valori di probabilità sono compresi tra 0,313 e 0,948 e i coefficienti risultano di entità trascurabile: un incremento di dieci chilogrammi pro capite di rifiuti urbani complessivi si associa a una variazione dei reati pari a 0,0015 per mille abitanti, corrispondente all'1,9 per cento del tasso medio provinciale. Il caso della frazione indifferenziata è il più netto, con un coefficiente sostanzialmente nullo e un indice di determinazione within pari a zero.

Qualora la riduzione dei conferimenti documentata nella prima parte del capitolo corrispondesse in misura apprezzabile a uno spostamento verso lo smaltimento illecito, ci si attenderebbe una relazione negativa tra quantitativi registrati e reati rilevati: nelle province e negli anni in cui i rifiuti scompaiono dalle statistiche ufficiali dovrebbero emergere illeciti in misura superiore. Tale relazione non si osserva.

4.4.3 I canali di trasmissione

Le specificazioni precedenti misurano la relazione tra tariffa e reati nel suo complesso, senza indicare attraverso quale meccanismo essa possa realizzarsi. Due canali sono in astratto plausibili: la frammentazione del regime tariffario all'interno della provincia, che rende conveniente il conferimento nei comuni limitrofi, e la riduzione dei conferimenti

registrati, che potrebbe segnalare rifiuti sottratti al circuito ufficiale. La Tabella 4.8 riporta le stime relative a entrambi.

Tabella 4.8: Canali di trasmissione: riduzione dei conferimenti ed eterogeneità di regime

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Kg/ab. diminuiti dal 2017	−0,0001	−0,0001	−0,0007**			
	(0,0002)	(0,0002)	(0,0002)			
Kg diminuiti × quota TARIP			+0,0015***			
			(0,0004)			
Eterogeneità di regime				−0,0663	−0,0521	−0,0750
				(0,0455)	(0,0467)	(0,0484)
Quota comuni in TARIP		−0,0222	+0,0047		−0,0177	+0,0015
		(0,0350)	(0,0287)		(0,0386)	(0,0362)
Effetti fissi provincia	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì
Effetti fissi anno	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	—
Effetti fissi regione × anno	—	—	—	—	—	Sì
Osservazioni	320	320	320	320	320	320

L'indicatore di eterogeneità del regime tariffario presenta un coefficiente pari a −0,066, con valore di probabilità bootstrap pari a 0,243; l'inclusione contestuale della quota di comuni trattati non modifica il risultato. L'ipotesi secondo cui la frammentazione del regime all'interno della provincia generi un incentivo al conferimento nei comuni limitrofi non trova pertanto riscontro.

Il secondo canale produce l'unico risultato robusto dell'analisi provinciale. La riduzione dei conferimenti rispetto al livello dell'anno base presenta un coefficiente non significativo; la sua interazione con la quota di comuni trattati risulta significativa al livello dell'uno per cento, con valore di probabilità bootstrap pari a 0,006. Il coefficiente della componente non interagita diviene contestualmente pari a −0,0007 e significativo.

La lettura congiunta dei due coefficienti indica una relazione condizionale: dove i conferimenti si riducono in assenza di tariffazione i reati diminuiscono, mentre al crescere della diffusione della tariffa la relazione si inverte, divenendo positiva al di sopra di una soglia prossima alla metà dei comuni trattati. Il pattern è coerente con l'ipotesi di smaltimento illecito.

Il risultato non è però attribuibile alla riforma. Scomponendo la variabile nella componente prevedibile dalla diffusione della tariffazione e in quella residua, entrambe le interazioni risultano significative, e la seconda con maggiore intensità: il valore

di probabilità è pari a 0,007 contro 0,033. L'associazione emerge dunque anche dove i conferimenti calano per ragioni estranee alla riforma, e riflette verosimilmente caratteristiche provinciali non osservate comuni a entrambi i fenomeni.

4.4.4 Outcome alternativi

L'assenza di risultati riscontrata finora potrebbe dipendere dalla misura impiegata o dalla forma funzionale adottata, anziché dall'assenza del fenomeno. Si considerano pertanto misure alternative dell'attività di contrasto: persone denunciate, sequestri e arresti e una specificazione adeguata alla natura di conteggio della variabile dipendente; la Tabella 4.9 riporta i risultati.

Tabella 4.9: Outcome alternativi, modelli di conteggio e potenza statistica

	(1) Reati	(2) Denunciati	(3) Sequestri	(4) Arresti
Panel A: effetto contemporaneo				
Quota comuni in TARIP	−0,0290	−0,0556	+0,0099	+0,0024
	(0,0340)	(0,0416)	(0,0067)	(0,0025)
Panel B: effetto ritardato ($t-1$)				
Quota comuni in TARIP	+0,0039	−0,0258	+0,0047	—
	(0,0381)	(0,0397)	(0,0092)	
Panel C: Poisson con esposizione (incidence rate ratio)				
Quota comuni in TARIP	1,1307	—	1,3083	—
	(0,4928)		(0,5217)	
Panel D: potenza statistica				
Media della dipendente	0,0754	—	—	—
Effetto minimo rilevabile	0,1017	—	—	—
MDE in % della media	134,8%	—	—	—

Nessuno degli indicatori produce evidenza, né nella specificazione contemporanea né in quella differita: i coefficienti sono pari a −0,056 per le persone denunciate, 0,010 per i sequestri e 0,002 per gli arresti, tutti statisticamente non distinguibili da zero.

Le stime ottenute mediante regressione di Poisson a effetti fissi confermano il quadro. Il rapporto di incidenza associato alla quota di comuni trattati è pari a 1,13 sui reati

e a 1,31 sui sequestri, con errori standard che in entrambi i casi comprendono sia un dimezzamento sia un raddoppio del tasso. L'assenza di risultati è dunque indipendente dalla scelta della forma funzionale.

Il calcolo dell'effetto minimo rilevabile quantifica infine il limite di fondo dell'analisi. Il tasso medio di reati ambientali nel campione provinciale è pari a 0,0754 per mille abitanti; dato l'errore standard ottenuto nella specificazione di riferimento, la magnitudine minima rilevabile è pari a 0,1017, corrispondente al 134,8 per cento del tasso medio. L'analisi individua dunque unicamente effetti che comportino più che un raddoppio dei reati ambientali, mentre variazioni di magnitudine inferiore si collocano al di sotto della soglia di rilevabilità. Il vincolo deriva dal numero di unità disponibili per l'inferenza e permane anche estendendo la serie temporale, poiché l'inferenza raggruppata dipende dal numero di raggruppamenti indipendenti.

4.5 Discussione complessiva dei risultati

L'ipotesi da cui il lavoro muove è che la diffusione della TARIP possa accompagnarsi a un incremento dei reati connessi al ciclo dei rifiuti, secondo il meccanismo che la letteratura internazionale sul modello PAYT descrive come effetto collaterale dell'introduzione di un costo marginale sul conferimento. Verificarla ha richiesto un passaggio preliminare: stabilire se e in che misura la tariffa riduca i conferimenti registrati, poiché è tale riduzione ad interessare l'analisi sui rifiuti. I risultati rispondono con nettezza alla prima questione, mentre la seconda resta condizionata dai limiti dei dati disponibili.

La TARIP riduce la quantità di rifiuti prodotti e non si limita a spostarli tra diverse categorie. Questo emerge dal confronto tra i dati: mentre l'indifferenziato diminuisce del 30%, i rifiuti complessivi si riducono del 7%. Se ci fosse stato solo uno spostamento tra frazioni, infatti, il totale sarebbe rimasto invariato. La TARIP sembra quindi influenzare il comportamento già nella fase di produzione dei rifiuti, oltre a favorirne una migliore separazione. Il risultato è inoltre coerente con le evidenze disponibili per il contesto italiano, rafforzando la solidità della stima.

L'efficacia della TARIP dipende però dalle condizioni in cui viene applicata. Nei comuni più piccoli l'effetto è quasi quattro volte maggiore rispetto a quelli più grandi, soprattutto perché la raccolta permette di collegare il conferimento alla singola utenza. Nei sistemi condominiali o stradali, invece, il conferimento è condiviso e l'incentivo

individuale si riduce. Anche il fatto che l'indifferenziato diminuisca già di 17 kg pro capite prima dell'attivazione formale mostra l'importanza dei sistemi di misurazione.

Per quanto riguarda l'ipotesi centrale del lavoro, i dati non mostrano un aumento dei reati legati al ciclo dei rifiuti. Anzi, la relazione tra quantità di rifiuti registrate e illeciti accertati va nella direzione opposta rispetto a quella ipotizzata. Il risultato va però interpretato con cautela: l'analisi non permette di escludere variazioni di piccola entità, ma solo aumenti rilevanti degli illeciti. Inoltre, le differenze già presenti tra le province prima dell'introduzione della tariffa limitano la solidità del confronto. Nel complesso, il risultato è comunque coerente con una letteratura non univoca, secondo cui l'abbandono illecito può verificarsi in alcuni casi, ma tende a essere limitato e soprattutto concentrato nel periodo immediatamente successivo all'introduzione della tariffa.

Nel complesso, i risultati sostengono l'estensione della TARIP come strumento per ridurre la produzione di rifiuti, ma con alcune precisazioni. Nei comuni più grandi, la sola introduzione della tariffa potrebbe avere effetti limitati se non accompagnata da un sistema di raccolta che permetta di misurare i conferimenti individuali: in questi casi, la priorità è quindi prima infrastrutturale e poi tariffaria. Allo stesso tempo, l'assenza di evidenze di un aumento degli abbandoni non significa che il fenomeno possa essere trascurato. Il monitoraggio resta importante, soprattutto nei mesi successivi all'introduzione della tariffa, quando un controllo efficace e sanzioni tempestive possono contribuire a limitarlo.

Capitolo 5

Conclusioni

L'analisi ha stimato l'effetto della tariffazione puntuale sui quantitativi di rifiuti conferiti e ne ha verificato il possibile risvolto illecito. Come ogni valutazione condotta su dati osservazionali, essa poggia su un insieme circoscritto di informazioni e su un perimetro definito di domande, e la lettura dei risultati richiede di tenere presenti entrambi. Il capitolo riprende le conclusioni cui il lavoro perviene, e ne espone quindi i limiti, indicando per ciascuno la direzione che la ricerca successiva potrebbe percorrere.

5.1 Risposte alle domande di ricerca

Il lavoro muoveva dall'ipotesi che la diffusione della TARIP potesse accompagnarsi a un incremento dei reati connessi al ciclo dei rifiuti, secondo il meccanismo che la letteratura internazionale descrive come effetto collaterale dell'introduzione di un costo marginale sul conferimento.

La verifica di tale ipotesi ha richiesto anzitutto di stabilire se e in che misura la tariffa riduca i conferimenti registrati. Su questo punto i risultati sono netti: l'introduzione della TARIP riduce la frazione indifferenziata di circa il trenta per cento e i rifiuti urbani complessivi del sette, incrementando la quota di raccolta differenziata di oltre sette punti percentuali. La riduzione del quantitativo complessivo indica che l'effetto raggiunge la produzione e non si esaurisce in una diversa ripartizione tra le frazioni. Le stime si mantengono stabili all'introduzione di controlli predeterminati e di effetti fissi

regione-anno, e la loro convergenza con quelle ottenute mediante lo stimatore corretto per l'adozione scaglionata ne rafforza la credibilità.

Tale efficacia dipende però dalle condizioni in cui lo strumento opera. L'effetto nei comuni di minore dimensione è quasi quadruplo rispetto a quelli maggiori, e una quota consistente della riduzione precede la data di attivazione formale. Le due evidenze convergono nell'indicare che a produrre il risultato è la misurabilità del conferimento individuale, di cui la tariffa costituisce la traduzione economica. Ne discende un'indicazione per il disegno delle politiche: nei centri di maggiore dimensione, dove risiede la quota prevalente della popolazione, l'adozione della sola struttura tariffaria produrrebbe verosimilmente effetti modesti in assenza di un sistema di raccolta che consenta l'attribuzione individuale del conferimento.

Quanto all'ipotesi di partenza, l'analisi non restituisce evidenze di un incremento dei reati associato alla diffusione della tariffa. Il risultato costituisce di per sé un contributo, tanto più che deriva da un insieme ampio di verifiche anziché da una singola specificazione: la relazione è stata esaminata nella forma contemporanea e in quella differita fino a tre anni, impiegando misure alternative della diffusione e dell'attività di contrasto, strutture di effetti fissi progressivamente più esigenti, modelli adeguati alla natura di conteggio della variabile dipendente e sottocampioni definiti dall'intensità dell'adozione. In nessuna di tali specificazioni emerge un incremento degli illeciti, e la relazione tra quantitativi registrati e reati accertati presenta segno opposto a quello che il canale ipotizzato prevederebbe.

La formulazione dell'esito richiede tuttavia precisione. Il test di anticipazione mostra che il disegno provinciale non isola variazione esogena, e il calcolo della potenza colloca al di sotto della soglia di rilevabilità gli effetti di magnitudine più contenuta. Ciò che i dati consentono di affermare è dunque che la diffusione della TARIP nelle regioni considerate non si è accompagnata a un aumento rilevabile della criminalità connessa al ciclo dei rifiuti; variazioni di entità inferiore restano al di fuori di ciò che l'analisi permette di stabilire.

Il contributo del lavoro è duplice. Sul piano empirico, esso fornisce evidenza quantitativa su un contesto finora poco studiato, impiegando dati amministrativi in un disegno panel e adottando le correzioni che la letteratura metodologica recente ha sviluppato per l'adozione scaglionata. Sul piano delle implicazioni, esso mostra che l'efficacia della TARIP dipende dall'architettura del sistema di raccolta entro cui lo

strumento viene introdotto, e che la preoccupazione ricorrente nel dibattito circa il rischio di spostamento verso lo smaltimento irregolare non trova, nelle condizioni osservate, riscontro nei dati.

5.2 Limiti e sviluppi futuri

Il lavoro presenta alcuni limiti, che discendono in parte dalle informazioni disponibili e in parte dal perimetro entro cui l'analisi è stata circoscritta. Le sottosezioni che seguono ne espongono cinque, indicando per ciascuno la direzione che la ricerca successiva potrebbe percorrere.

5.2.1 Le conseguenze economiche per le utenze

L'analisi misura l'effetto della tariffazione puntuale sui quantitativi conferiti, senza considerarne le conseguenze economiche per le utenze. La struttura della tariffa comporta una redistribuzione del prelievo tra le famiglie, che avvantaggia chi riduce i propri conferimenti e penalizza chi li mantiene invariati, e la letteratura richiamata nel primo capitolo segnala il rischio che tale redistribuzione risulti regressiva, poiché la spesa per il servizio rappresenta una quota superiore del reddito per i nuclei meno abbienti. Stabilire se e in quale misura ciò accada nel contesto italiano richiederebbe informazioni sulla distribuzione del prelievo tra categorie di utenza e sui costi complessivi del servizio, assenti dalle fonti impiegate. L'integrazione dei dati economici, ricavabili dai piani economico-finanziari che i gestori predispongono secondo il metodo tariffario definito da ARERA, consentirebbe di affiancare alla valutazione dell'efficacia ambientale quella della sostenibilità economica e dell'equità distributiva.

5.2.2 La quantificazione del beneficio ambientale

La riduzione dei quantitativi conferiti e lo spostamento verso la raccolta differenziata costituiscono obiettivi intermedi: il beneficio finale consiste nelle minori emissioni e nel minore impatto associati al trattamento e allo smaltimento dei rifiuti. La quantificazione di tale beneficio richiederebbe di attribuire a ciascuna frazione i coefficienti di impatto corrispondenti alla filiera di destinazione, informazione che le fonti impiegate non

contengono. Un'analisi condotta su questa base permetterebbe di esprimere l'effetto stimato in termini di emissioni evitate, misura più direttamente confrontabile con gli obiettivi ambientali europei e con i costi di implementazione dello strumento.

5.2.3 Il livello di rilevazione dei reati

Il dato sui reati è disponibile unicamente a livello provinciale, mentre il trattamento varia a livello comunale, e da tale disallineamento discendono le difficoltà documentate nel capitolo precedente: la ridotta precisione delle stime, con un effetto minimo rilevabile pari al centotrentacinque per cento del tasso medio; l'esito negativo del test di anticipazione, che segnala come le province in cui la tariffa si diffonde differiscano dalle altre già prima della sua introduzione; e la diluizione del segnale, poiché all'interno di una medesima provincia convivono comuni sottoposti e non sottoposti a tariffazione. A ciò si aggiunge che la rilevazione comprende l'intero ciclo dei rifiuti, mentre il fenomeno di interesse è l'abbandono di rifiuti urbani da parte delle utenze domestiche, e che il dato riflette tanto l'incidenza degli illeciti quanto l'intensità dell'attività di controllo.

Tre direzioni consentirebbero di superare tali difficoltà. L'estensione del campione a un numero superiore di province ridurrebbe l'effetto minimo rilevabile, che l'inclusione delle rimanenti regioni settentrionali porterebbe in prossimità del centodieci per cento del tasso medio; l'estensione all'intero territorio nazionale lo collocherebbe intorno all'ottanta per cento, al costo però di una minore omogeneità istituzionale tra i territori confrontati e dell'inclusione di regioni in cui la TARIP è pressoché assente. Misure dirette dell'abbandono, quali le segnalazioni ricevute dagli uffici comunali, gli interventi delle polizie locali o i costi sostenuti per la rimozione dei rifiuti su suolo pubblico, offrirebbero un riscontro riferito al livello comunale e specifico ai rifiuti urbani. L'analisi degli effetti di confine, infine, verificherebbe l'ipotesi di spostamento attraverso i quantitativi anziché attraverso i reati: se le utenze conferiscono nei territori limitrofi, i comuni non trattati confinanti con comuni trattati dovrebbero registrare quantitativi superiori.

Bibliografia

[1] Arthur Pigou. *The economics of welfare*. Routledge, 2017 (cit. a p. 6).

[2] Thomas C Kinnaman e Don Fullerton. «Garbage and recycling with endogenous local policy». In: *Journal of Urban Economics* 48.3 (2000), pp. 419–442 (cit. alle pp. 6, 7).

[3] Kenneth L Wertz. «Economic factors influencing households' production of refuse». In: *Journal of Environmental and Economics Management* 2.4 (1976), pp. 263–272 (cit. a p. 7).

[4] Lisa A Skumatz. «Pay as you throw in the US: Implementation, impacts, and experience». In: *Waste management* 28.12 (2008), pp. 2778–2785 (cit. alle pp. 7–9).

[5] European Commission DG Environment. *Use of Economic Instruments and Waste Management Performances*. Final Report. European Commission DG Environment, 2012. URL: https://www.ecologic.eu/sites/default/files/publication/2021/2670-04-Economic-instruments-waste-management-performance-web.pdf (cit. a p. 7).

[6] Jan Reichenbach. «Status and prospects of pay-as-you-throw in Europe–A review of pilot research and implementation studies». In: *Waste Management* 28.12 (2008), pp. 2809–2814 (cit. alle pp. 7, 8).

[7] Don Fullerton e Thomas C. Kinnaman. «Household Responses to Pricing Garbage by the Bag». In: *The American Economic Review* 86.4 (1996), pp. 971–984. ISSN: 00028282. URL: http://www.jstor.org/stable/2118314 (cit. alle pp. 8–10).

[8] Giovanna Messina, Antonella Tomasi, Giorgio Ivaldi e Francesco Vidoli. «'Pay as you own'or 'pay as you throw'? A counterfactual evaluation of alternative financing schemes for waste services». In: *Journal of Cleaner Production* 412 (2023), p. 137363 (cit. a p. 8).

[9] Linwei Du, He Xu e Jian Zuo. «Status quo of illegal dumping research: Way forward». In: *Journal of Environmental Management* 290 (2021), p. 112601 (cit. a p. 9).

[10] Geum-Soo Kim, Young-Jae Chang e David Kelleher. «Unit pricing of municipal solid waste and illegal dumping: An empirical analysis of Korean experience». In: *Environmental Economics and Policy Studies* 9.3 (2008), pp. 167–176 (cit. a p. 9).

[11] Stefano Carattini, Andrea Baranzini e Rafael Lalive. «Is taxing waste a waste of time? Evidence from a supreme court decision». In: *Ecological Economics* 148 (2018), pp. 131–151 (cit. a p. 10).

[12] Bernd Bilitewski. «Pay-as-you-throw-A tool for urban waste management». In: *Waste management* 28.12 (2008), pp. 2759–2759 (cit. a p. 10).

[13] ISPRA. *Rapporto Rifiuti Urbani. Edizione 2025*. Rapporto. Dati aggiornati al 2024. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, 2025. URL: https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/rapporto-rifiuti-urbani-edizione-2025 (cit. a p. 11).

[14] ARERA. *Delibera 363/2021/R/rif: Metodo tariffario rifiuti per il secondo periodo regolatorio 2022–2025*. Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente. 2021. URL: https://www.arera.it/atti-e-provvedimenti/dettaglio/21/363-21 (cit. alle pp. 13, 15).

[15] ARERA. *Orientamenti per la copertura dei costi efficienti di esercizio e di investimento del servizio integrato dei rifiuti, anche differenziati, urbani e assimilati*. Documento per la consultazione 713/2018/R/rif. 2018. URL: https://www.arera.it/fileadmin/allegati/docs/18/713-18.pdf (cit. a p. 15).

[16] R. Weinstein. «RFID: a technical overview and its application to the enterprise». In: *IT Professional* 7.3 (2005), pp. 27–33. DOI: 10.1109/MITP.2005.69 (cit. a p. 16).

[17] Fondazione IFEL. *La tariffazione puntuale in Italia. IV Rapporto IFEL*. Rapporto. Fondazione IFEL, 2025. URL: https://www.fondazioneifel.it/documenti-e-pubblicazioni/item/11987-la-tariffazione-puntuale-in-italia-iv-rapporto-ifel (cit. alle pp. 17, 18).

[18] Zero Waste Europe. *Il caso Contarina: verso rifiuti zero*. Caso studio. Zero Waste Europe, 2019. URL: https://zerowasteeurope.eu/wp-content/uploads/2019/10/zero_waste_europe_cs4_contarina_it.pdf (cit. a p. 18).

[19] Legambiente. *Rapporto Ecomafia 2025*. Legambiente. 2025. URL: https://www.legambiente.it/attivita-scientifiche/rapporto-ecomafia (cit. a p. 21).

[20] Andrew Goodman-Bacon. «Difference-in-differences with variation in treatment timing». In: *Journal of Econometrics* 225.2 (2021), pp. 254–277. DOI: 10.1016/j.jeconom.2021.03.014 (cit. a p. 66).

[21] Brantly Callaway e Pedro H. C. Sant'Anna. «Difference-in-Differences with multiple time periods». In: *Journal of Econometrics* 225.2 (2021), pp. 200–230. DOI: 10.1016/j.jeconom.2020.12.001 (cit. a p. 67).

[22] James G. MacKinnon e Matthew D. Webb. «The Wild Bootstrap for Few (Treated) Clusters». In: *The Econometrics Journal* 21.2 (2018), pp. 114–135. DOI: 10.1111/ectj.12107 (cit. a p. 68).

Sitografia

[23] Labelab. *Da 20 anni facciamo la differenza; i risultati consolidati un modello di gestione comunale di servizio e tariffa di eccellenza partito del 1998*. Labelab. 2026. URL: https://www.labelab.it/blog/rifiutilab/da-20-anni-facciamo-la-differenza/ (cit. a p. 18).

[24] ISPRA. *Catasto Nazionale Rifiuti: metodologia di raccolta ed elaborazione dei dati sui rifiuti urbani*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. URL: https://www.catasto-rifiuti.isprambiente.it/index.php?advice=si&pg=metodoru (cit. a p. 31).