

## **MIGLIORAMENTO DEL CICLO DI GESTIONE DEI RIFIUTI: PROCESSI, INFORMAZIONI E STRUMENTI DI SUPPORTO PER LE AZIENDE DI IGIENE URBANA**

Enrico ROCCHI (\*), Maria IOANNILLI (\*\*), E.Gustavo MIZES (\*\*\*), Roberta FELLI (\*\*\*\*)

Università di Roma Tor Vergata, Dipartimento Ingegneria Civile, Via del Politecnico 1, 0672597296

(\*) enr.rocchi@gmail.com

(\*\*) 0672597086, ioannill@ing.uniroma2.it

(\*\*\*) gmizes@gmail.com

(\*\*\*\*) robfelli@gmail.com

### **Abstract**

Il ciclo di gestione dei rifiuti, in particolare dei rifiuti solidi urbani, presenta aspetti di elevatissima problematicità e può essere affrontato da molteplici punti di vista. Se si prova a limitare il campo di osservazione a quello delle Aziende di Igiene Urbana, ed in particolare delle Aziende operanti in contesti urbani di grandi dimensioni, tali aspetti assumono una specifica connotazione che investe, in termini di capacità reale di intervento, solo alcuni segmenti del processo complessivo. Su alcuni di questi aspetti, ed in particolare su quelli qui ritenuti strategici, verranno svolte alcune considerazioni volte ad evidenziare quali siano le esigenze di supporto informativo ed informatico delle Aziende di Igiene Urbana, e come a tali esigenze possa essere fornito supporto.

### **Abstract**

Many components interact in the waste management process and, with the general objective to increment the recycling and reusing activity, the process itself can be analysed from many points of view. If we focus on Municipal Waste Management Companies, and particularly on Companies operating in the context of great urban areas, we have to recognise that only few of such components can be managed in term of real capacity of intervention. Moving from this assumption, the paper has the aim to outline strategic elements upon which the Companies have to concentrate their attention (to obtain significant results in the field of waste reduction), to highlight the informative and informatics needs to support these elements and, also, to define the suitable technical methods to implement these supports.

### **Introduzione**

Se prendiamo in considerazione il nostro modello di consumo e di trattamento dei rifiuti scopriamo, da un lato, che noi continuiamo a produrre troppi rifiuti e, dall'altro, che i rifiuti prodotti vengo "rielaborati" in percentuali ancora troppo basse e sono quindi destinati al conferimento in discarica. Nonostante l'incremento dei processi di trattamento del rifiuto finalizzati alla riduzione delle quantità inviate in discarica (biostabilizzazione, produzione di CDR, compostaggio, incenerimento etc.), il conferimento in discarica rimane la principale forma di smaltimento del rifiuto urbano prodotto. Il dibattito sui fattori che generano questo stato di cose é amplissimo, ed é del tutto evidente come essi richiedano di essere trattati a diversi livelli nella catena dei soggetti e delle istituzioni attive nel processo complessivo.

Un miglioramento dell'intero ciclo di gestione richiederebbe infatti interventi sul versante della produzione di imballaggi, sulla obbligatorietà di conferimento differenziato di determinate frazioni merceologiche, sull'incremento del conferimento differenziato, sull'incremento dei processi di trattamento e valorizzazione dei rifiuti conferiti.

Alcuni di questi interventi sono di tipo strutturale e la loro implementazione richiede tempi medio - lunghi. Nella strategia delle 3R (riduzione, riciclaggio e recupero) messa a punto dalla Comunità

Europea all'interno del V Programma d'Azione per l'Ambiente, l'incremento della raccolta differenziata gioca un ruolo fondamentale e viene ritenuta lo strumento maggiormente operabile nel breve periodo. Assumere questo imperativo dal punto di vista di una Azienda significa però cercare di intervenire su uno specifico segmento della complessa catena del ciclo di gestione dei rifiuti, e cioè quello del conferimento, peraltro in maniera non cogente. In altre parole una Azienda, che non può intervenire sui processi di produzione a monte dei rifiuti, e che ha forti vincoli sul trattamento in funzione della tipologia di RU raccolto, può solo tentare di attuare una politica di incentivazione volta a modificare i comportamenti dell'utenza nei confronti del conferimento differenziato.

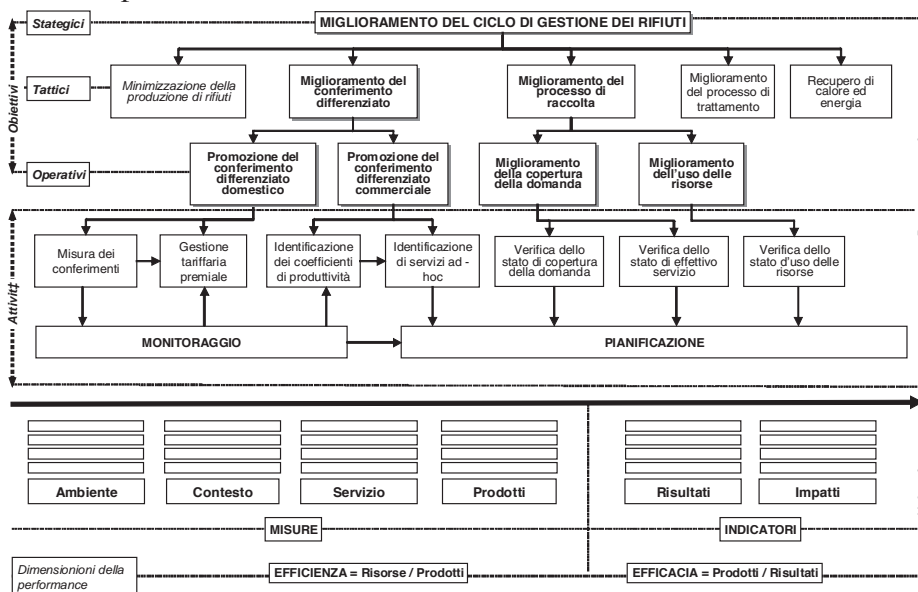


Figura 1 - Il processo operativo di una Azienda di Igiene Urbana nel flusso di miglioramento del ciclo di gestione dei rifiuti

Questa politica deve essere ovviamente composta tanto di interventi sul lato dell'offerta di servizio (miglioramento qualitativo e quantitativo, diversificazione), quanto di interventi premiali rivolti direttamente all'utenza (sconti tariffari, servizi aggiuntivi etc.).

Essa deve inoltre risultare compatibile, in termini di investimenti richiesti (principalmente economici ma anche temporali ed organizzativi), con i quadri economici Aziendali che risultano, in generale, caratterizzati da scarsità di risorse.

Se queste considerazioni sono dotate di fondamento, i due problemi / obiettivi su cui concentrare l'attenzione nel breve periodo sono riassumibili in:

- incremento della efficacia, efficienza ed economicità nella gestione del servizio di raccolta e smaltimento del Rifiuto Solido Urbano, che implica:
  - un miglioramento della organizzazione dell'infrastruttura di servizio (quantità, tipologia e localizzazione delle postazioni di raccolta del RU differenziato ed indifferenziato)
  - un miglioramento della organizzazione del servizio
  - la diversificazione e la specializzazione dell'offerta di servizio
- attivazione di processi di incentivazione alla raccolta differenziata basati su meccanismi premiali rivolti direttamente all'utenza.

### Stato di fatto e vincoli

Nelle grandi aree urbane la maggior parte degli utenti (domestici e non) conferisce il rifiuto solido in maniera collettiva utilizzando le postazioni di raccolta (indifferenziata e differenziata) dislocate sul territorio. Il contesto normativo nazionale e locale non prevede meccanismi di tipo sanzionatorio che obblighino gli utenti a comportamenti virtuosi nel conferimento; essi sono perciò di tipo volontaristico.

Inoltre, le Aziende "qualificano" il profilo dei loro utenti, sulla base delle categorie definite nel decreto Ronchi, per dimensione e potenziale produzione di rifiuto. Tali categorie non sono però state determinate in funzione di comportamenti rilevati, né in termini di quantità conferite né in termini di frazioni merceologiche, ed in generale presentano quindi il limite di:

- non corrispondere ai reali comportamenti dell'utenza
- sono indifferenziate nello spazio e cioè ipotizzano che una stessa categoria di utente abbia lo stesso comportamento nella produzione e conferimento in qualsiasi ambito urbano sia collocato.

Il complesso degli elementi precedenti genera quello che, allo stato attuale, può considerarsi il problema centrale delle Aziende rispetto alla perseguibilità degli obiettivi precedenti: esse, infatti, non dispongono di una conoscenza diretta dei comportamenti dell'utenza per quanto concerne i segmenti di produzione e conferimento del rifiuto solido urbano. In altre parole le Aziende non dispongono di una misura analitica del rapporto domanda - offerta. La mancata chiarificazione dei potenziali comportamenti dell'utenza nei confronti della produzione e conferimento dei rifiuti produce:

- una oggettiva difficoltà nella pianificazione dei servizi di raccolta, che viene in genere effettuata sulla base di una conoscenza empirica del comportamento dell'utenza nelle diverse parti dell'area urbana servita. Ciò induce spesso una sperequazione nella dislocazione dell'offerta generando perdite di efficacia (soddisfacimento della domanda) e di efficienza (diseconomie nella gestione del servizio i cui costi non risultano coperti dalla tariffa applicata)
- una difficoltà nella determinazione di servizi alternativi al conferimento collettivo per determinate frazioni merceologiche (si pensi ad esempio al cartone che nella maggior parte dei casi è conferito all'interno dei contenitori per la raccolta indifferenziata)
- la impossibilità di attivare meccanismi di incentivazione basati sulla premialità dei comportamenti virtuosi nel conferimento differenziato.

Per affrontare il problema precedente, in maniera operabile nel breve periodo, occorre tenere presente i seguenti vincoli:

- non è possibile ipotizzare l'istituzione di processi che analiticamente tendano a rilevare i comportamenti di ogni singolo utente. Date le dimensioni dei contesti urbani serviti ciò implicherebbe l'investimento di un complesso di risorse (umane, economiche e temporali) non attualmente disponibili
- qualsiasi modificazione radicale dei processi di conferimento (ad esempio il conferimento esclusivo con sacchetto prepagato) richiederebbe una completa riorganizzazione dei processi aziendali
- l'uso di modalità alternative di raccolta (porta a porta) non sembra implementabile in maniera estensiva su tutti gli utenti di una grande area urbana.

### **Una ipotesi di lavoro**

Allo stato attuale, l'unico approccio che sembrerebbe operabile nel breve periodo è quello statistico - geografico basato principalmente sulle due seguenti ipotesi tecnico - operative:

- definizione ed implementazione del concetto di utente equivalente
- identificazione dei gruppi di utenti (domanda) associabili a ciascuna postazione (unità di offerta), sinteticamente identificabili come unità di servizio.

Il concetto di utente equivalente si fonda sulla ipotesi di poter determinare, per i diversi utenti (utenti domestici e non) qualificati per dimensione e categoria, un coefficiente di produttività specifica in relazione alle diverse frazioni merceologiche. L'implementazione di tali coefficienti permetterebbe di stimare un valore di domanda complessiva, per frazione merceologica, rispetto alla quale effettuare la pianificazione o la verifica del servizio erogato. La determinazione tali coefficienti si basa sulla possibilità di relazionare gli utenti ai servizi effettivamente erogati e, ovviamente, ai dati relativi alle quantità raccolte analizzate per frazione merceologica. Il concetto di unità di servizio rende invece misurabili i comportamenti di un gruppo di utenti, che conferiscono il

rifiuto in una determinata postazione, confrontando le quantità conferite (note) con quelle attese (derivate dalla applicazione dei coefficienti di produttività specifica). L'applicazione di tale concetto alla raccolta differenziata, in particolare, porterebbe alla identificazione degli utenti "virtuosi" a cui dirigere le politiche premiali. Per la determinazione delle unità di servizio è necessario disporre di un modello di associazione domanda - offerta (chi conferisce dove) statisticamente consistente.

Per valutare la realistica delle ipotesi precedenti, e la loro praticabilità tecnica, si tenga conto che le informazioni di cui le Aziende dispongono in maniera diffusa sono:

- anagrafica degli utenti localizzata nominalmente (indirizzo) e qualificata dal punto di vista dimensionale (utenti domestici e non) e per categoria di attività (utenti non domestici);
- anagrafica delle postazioni di raccolta localizzata nominalmente (indirizzo) qualificate per tipologia, dimensione e numero dei contenitori allocati nella postazione per ciascuna tipologia di rifiuto raccolto (indifferenziato, carta, vetro, multimateriale etc.);
- anagrafiche dei servizi (per diverse tipologie di rifiuto) che associano le postazioni al mezzo ed al personale che ha effettuato il servizio;
- anagrafica delle quantità raccolte per ciascun servizio, che associa i volumi (od i pesi) dei rifiuti raccolti alle diverse postazioni di raccolta;
- più raramente, solo nel caso in cui i mezzi che effettuano la raccolta siano dotati di sistemi di pesatura, l'anagrafica delle quantità raccolte per singolo contenitore (e quindi per singola postazione).

A questi si aggiungono gli archivi geografici utilizzabili per il georiferimento spaziale dei dati: numerazioni civiche derivate dalle cartografie tecniche comunali, grafi stradali codificati, areali statistici di riferimento degli indirizzi comunali. Data questa disponibilità informativa sembrerebbe del tutto ovvio di poter giungere alla valutazione di quel rapporto analitico tra domanda ed offerta di cui in precedenza si lamentava l'indisponibilità; in effetti ciò sembra possibile, a patto di disporre di una funzione che associ i diversi termini del rapporto. Tale funzione è ovviamente la geografia.

Questi concetti sono peraltro stati sperimentati dall'Università di Tor Vergata all'interno di una lunga collaborazione convenzionata con l'Azienda Municipale per l'Ambiente del comune di Roma (AMA); producendo quegli strumenti informativi di supporto alle attività di pianificazione e di incentivazione prima descritte.

### La metodologia di associazione domanda - offerta

Per la costruzione della associativa tra domanda ed offerta di servizio è preliminarmente necessario generare la localizzazione geografica degli indirizzi (toponimo e numero civico) sedi di unità di servizio (postazione di raccolta) o di unità di domanda (utenza domestica e non domestica).

li riferiti alla domanda.

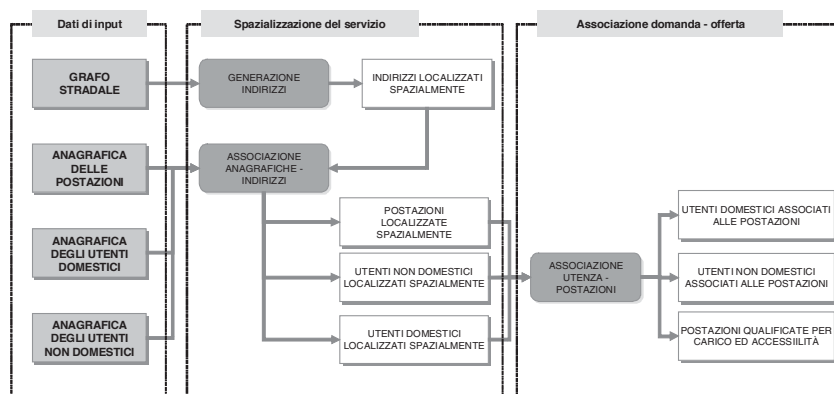


Figura 2 - Flusso di elaborazione per la costruzione dell'associativa domanda - offerta

Nell'applicazione al caso romano, ciò è stato fatto utilizzando come dato di input il grafo stradale Multinet (TeleAtlas) generando, in destra e sinistra degli archi stradali, le corrispondenti posizioni relative agli indirizzi, descritti nella banca dati di input come attributi degli archi stessi. A questo



fine è stata sviluppata una procedura automatica, in ambiente ARCInfo; è stato inoltre sviluppato un applicativo in ARCMAP per la verifica di completezza e per la eventuale integrazione degli indirizzi generati.

Agli indirizzi sono quindi stati associati i dati relativi alle postazioni di servizio e quelli relativi all'utenza.

L'associazione tra domanda ed offerta, in riferimento alle modalità di conferimento a piedi, è effettuato per via geografica:

- simulando possibili spostamenti che l'utenza può compiere per recarsi dalla propria residenza o sede di attività (indirizzo di origine) verso le postazioni più vicine (destinazione – “zona di servizio” per l'utenza). Gli spostamenti su grafo vengono simulati utilizzando regole d'uso preimpostate, relative agli attraversamenti;
- identificando, per ciascun indirizzo di origine, le 5 postazioni più vicine e misurando le distanze percorse su grafo per recarsi ad ogni possibile postazione utile;
- valutando, in funzione del gradiente delle distanze calcolate, la probabilità di conferimento del rifiuto, per ogni indirizzo di origine, in ciascuna postazione potenzialmente utilizzabile da quell'indirizzo,



Figura 3 - Spazializzazione del servizio (in rosso le postazioni di raccolta; in blu la localizzazione dell'utenza)

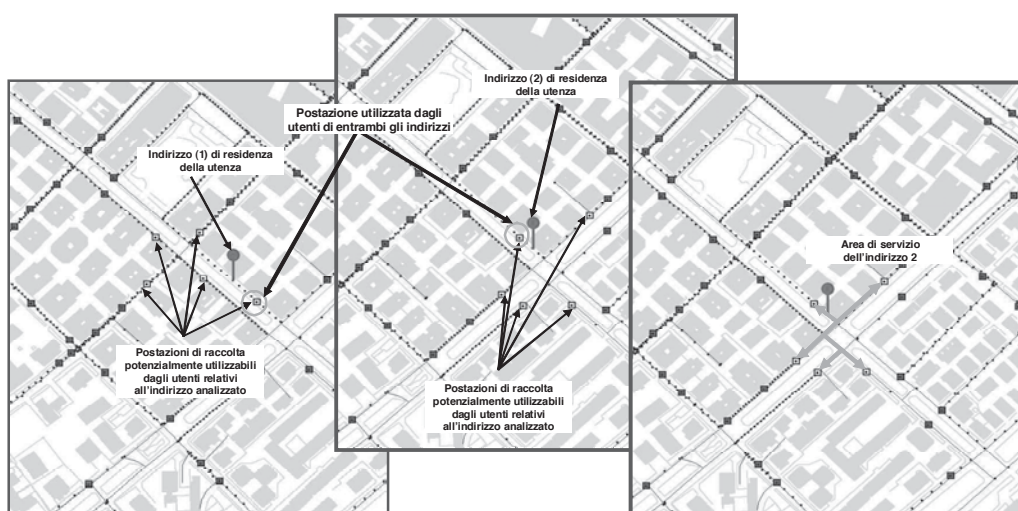


Figura 4 - Associazione domanda-offerta

Ciascun indirizzo del comune risulta quindi associato ad un insieme di postazioni di RD con un valore di probabilità di conferimento decrescente con la distanza.

La metodologia è fondata su un approccio statistico che ipotizza un comportamento medio omogeneo dei gruppi di utenti che si trovano nelle medesime condizioni rispetto all'offerta.

Sono stati spazializzati:

- 168.788 numerazioni civiche
- 48.426 contenitori, organizzati in 25.451 postazioni, di cui 13.627 - Carta; 13.508 - Multimateriale; 45 - Vetro; 21.246 - Indifferenziato
- 1.057.755 utenti domestici per complessivi 2.503.370 individui, associati alle postazioni di raccolta
- 115.301 utenti non domestici, associati alle postazioni di raccolta.

### Applicazioni

Qualificando le postazioni in funzione dei moduli che le servono, è possibile associare ad esse i dati relativi ai servizi effettuati ed in particolare alle quantità raccolte in ogni servizio (ripartite per postazione in funzione del livello di riempimento di ciascun contenitore) ed alle frequenze di raccolta. Utilizzando questa base di dati è stato possibile sviluppare diverse applicazioni che sono state quindi sistematizzate all'interno del Sistema Informativo dell'AMA. Di seguito ne vengono brevemente citate le più rilevanti.

### Costruzione di indicatori di performance del servizio di raccolta differenziata

Con lo scopo di valutare l'efficacia e l'efficienza nella gestione tecnica dell'infrastruttura di raccolta dei rifiuti solidi urbani, è stata sviluppata una prima applicazione mirata a valutare la performance nel segmento di gestione del servizio di raccolta differenziata alla scala urbana. In tale contesto sono definiti e costruiti specifici indicatori di performance attraverso l'effettuazione di un'analisi del rapporto locale tra l'utenza e il servizio di raccolta differenziata di RUofferta.

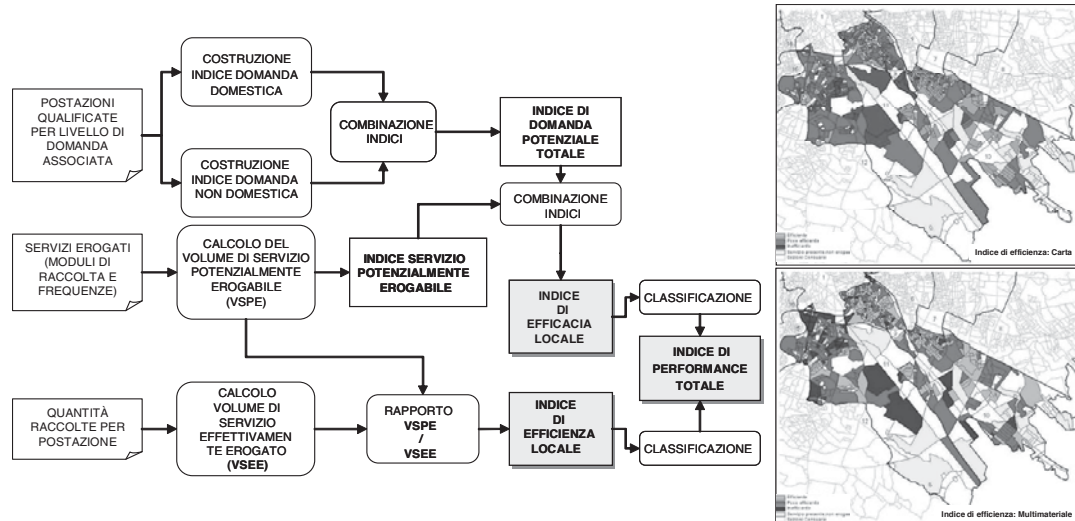


Figura 5 - Indici di performance del servizio di raccolta

L'analisi è finalizzata a verificare a) l'esistenza di una corretta distribuzione delle postazioni di raccolta differenziata in relazione alla distribuzione dell'utenza domestica e commerciale e b) il livello di efficacia ed efficienza del servizio di raccolta differenziata. L'applicazione è stata resa possibile proprio grazie alla disponibilità della banca data geografica delle associative domanda - I risultati ottenuti dall'analisi consistono in indici, restituiti per sezione di censimento, utili ad identificare le zone urbane che necessitano di una verifica della organizzazione del servizio.

Per la costruzione degli indicatori è stato implementato il concetto di utente equivalente per valutare l'utenza normalizzandola rispetto alle sue diversificazioni (dimensione e categoria).

### Incentivazione alla raccolta differenziata

Il Regolamento per l'applicazione sperimentale della tariffa per la gestione dei rifiuti urbani nel Comune di Roma prevede che le utenze domestiche possano godere di agevolazioni per la raccolta differenziata, erogabili attraverso l'abbattimento della parte variabile della tariffa, in base ai risultati, singoli o collettivi, raggiunti dalle utenze stesse.

Sulla base di tale previsione il Comune di Roma ha promosso l'attivazione di un progetto di "Promozione della raccolta differenziata attraverso la sperimentazione di un sistema incentivante" avente lo scopo di riconoscere uno sconto tariffario agli utenti domestici che, nel periodo 15 novembre 2007 - 13 marzo 2008, più avessero contribuito alla raccolta differenziata. L'ammontare complessivo degli sconti da erogare è stato fissato in 900.000,00 €, ripartiti nei 18 Municipi (il primo Municipio è stato escluso in quanto al suo interno opera la raccolta porta a porta) in proporzione al carico domestico presente ed articolato in fasce di sconto da 50, 30 e 15 €.

Per determinare il profilo di conferimento su ciascuna postazione, occorre conoscerne il carico in termini di: utenza domestica, utenza non domestica e dati di raccolta. L'utenza è stata pertanto quantificata con un valore complessivo, trasformando gli utenti non domestici in "utenti equivalenti domestici" attraverso un coefficiente di conversione, che tiene conto del rapporto tra le potenziali capacità produttive delle diverse categorie di utenza. A ciascuna postazione, quindi in funzione delle percentuali di conferimento stimate nella associativa, risulta associato un carico di utenza totale.

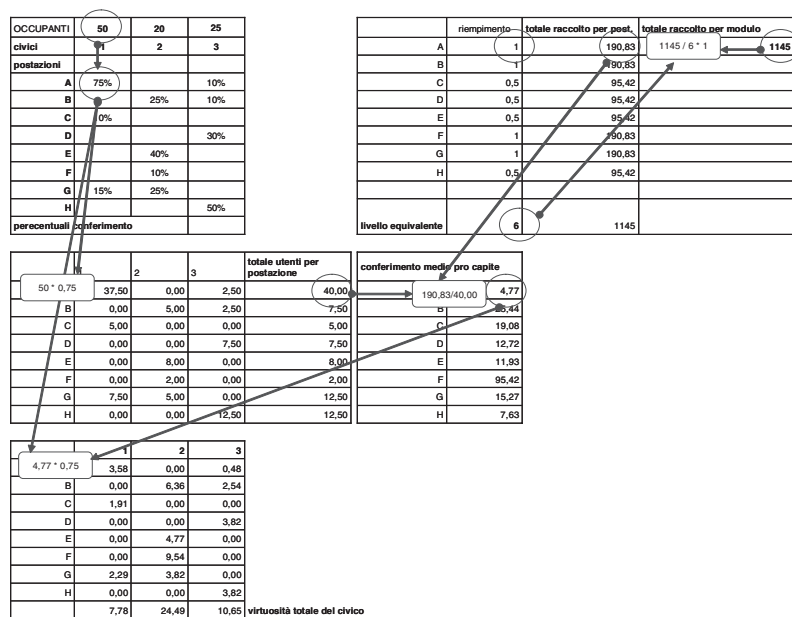


Figura 6 - Flusso di calcolo dell'indice di "virtuosità"

Il carico non domestico viene utilizzato come contributo negativo al conferimento, in quanto lo sconto è rivolto esclusivamente alle utenze domestiche.

Per attribuire i dati di raccolta alle postazioni occorre inoltre analizzare il servizio di raccolta. Sebbene non sia nota la pesatura dei singoli contenitori, esiste una relazione tra postazioni e peso del rifiuto raccolto, definita dallo stato di riempimento dei contenitori. Note le quantità raccolte da ciascun modulo, attraverso lo stato di riempimento è possibile qualificare ogni singolo contenitore in termini di quantità in esso contenute all'atto della effettuazione del servizio.

Per raffrontare i comportamenti delle utenze è stata infine costruita, per singola postazione, una matrice di "virtuosità" basata sulla valutazione della media di conferimento pro-capite.

Proiettando la virtuosità di ciascuna postazione sugli indirizzi ad essa associati, secondo una ripartizione proporzionale alla probabilità di conferimento, si determina la virtuosità di un indirizzo come somma delle virtuosità relative alle postazioni in cui l'indirizzo conferisce.

I risultati relativi agli sconti effettuati sono riportati in tabella.

Pop.	UtENZE	Mun.	Perc.	Budget (€)	Numero di sconti ripartiti per fascia e Municipio			Totale sconti erogati
					50,00% €50,00	30,00% €30,00	20,00% €15,00	
				900000				
115622	55045	1						
123057	56048	2	5,15%	46.383,16	463,83	463,83	618,44	1.546,11
59197	26989	3	2,48%	22.312,78	223,13	223,13	297,50	743,76
199481	84794	4	8,35%	75.189,22	751,89	751,89	1.002,52	2.506,31
173899	70348	5	7,28%	65.546,74	655,47	655,47	873,96	2.184,89
117324	50543	6	4,91%	44.222,25	442,22	442,22	589,63	1.474,08
104577	42351	7	4,38%	39.417,60	394,18	394,18	525,57	1.313,92
175382	64885	8	7,35%	66.105,72	661,06	661,06	881,41	2.203,52
128465	59117	9	5,38%	48.421,57	484,22	484,22	645,62	1.614,05
165032	67794	10	6,91%	62.204,55	622,05	622,05	829,39	2.073,49
125502	55987	11	5,26%	47.304,74	473,05	473,05	630,73	1.576,82
134929	53847	12	5,65%	50.858,01	508,58	508,58	678,11	1.695,27
170250	67449	13	7,13%	64.171,34	641,71	641,71	855,62	2.139,04
128864	54073	15	5,40%	48.571,96	485,72	485,72	647,63	1.619,07
129574	57013	16	5,43%	48.839,58	488,40	488,40	651,19	1.627,99
69057	31986	17	2,89%	26.029,25	260,29	260,29	347,06	867,64
112934	46894	18	4,73%	42.567,56	425,68	425,68	567,57	1.418,92
148134	61569	19	6,20%	55.835,29	558,35	558,35	744,47	1.861,18
122090	51023	20	5,11%	46.018,68	460,19	460,19	613,58	1.533,96
<b>UtENZE valide</b>	<b>2.387.748</b>	<b>1.002.710</b>		<b>900.000,00</b>	<b>9.000,00</b>	<b>9.000,00</b>	<b>12.000,00</b>	<b>30.000,00</b>

UtENZE totali trattate	2.503.370	1.057.755
------------------------	-----------	-----------

## Conclusioni

La disponibilità di una associazione, spazialmente definita, tra domanda ed offerta di servizio consente, come le applicazioni precedenti mostrano, di ottenere significativi risultati in termini tanto di controllo dei comportamenti dell'utenza quanto di ottimizzazione del servizio erogato.

Tali benefici, che in prima istanza possono essere direttamente riferiti ai processi gestionali interni dell'Azienda di Servizio, possono essere però anche valutati in senso più generale se riferiti al contesto urbano complessivo.

A livello urbano, infatti, la possibilità di pianificare in maniera integrata il servizio di raccolta (differenziata ed indifferenziata) consente:

- di minimizzare l'impatto che l'infrastruttura logistica dell'Azienda di servizio produce sull'assetto dello spazio pubblico, riducendo o comunque distribuendo in maniera coerente con la effettiva domanda le postazioni di raccolta;
- di ottenere un risparmio dal punto di vista delle risorse (umane, e di mezzi) erogate per la effettuazione della raccolta, in quanto ad esempio le frequenze di svuotamento possono essere calibrate sull'effettivo andamento dei riempimenti; ciò può produrre inoltre un beneficio in termini di emissioni legate al flusso dei mezzi di raccolta;

La condizione per cui tali benefici si manifestino in forma permanente all'interno del processo di gestione dei rifiuti è che le funzioni di pianificazione, di monitoraggio e di controllo proprie dell'Azienda vengano appoggiate a questa nuova vista integrata del servizio, includendo in ciò anche il mantenimento dinamico delle relazioni istituite tra la componente di domanda e quella di offerta.

A questo fine, all'interno del rapporto convenzionato tra Università di Tor Vergata ed AMA dal 2006, è stato prodotto un Sistema Informativo Integrato che fornisce il supporto operativo a tali funzioni.