

APPENDICE C – Analisi di robustezza

La Tabella C.1 mostra il confronto tra i coefficienti stimati con il modello panel lineare a due stadi e utilizzati per il calcolo del costo standard, riportati nella colonna (1), e i coefficienti ottenuti con una serie di modelli alternativi. La finalità è valutare la robustezza delle stime a parità di dimensione del campione di regressione e tipologia di variabili utilizzate (nei modelli alternativi non sono state considerate le variabili di contesto in quanto il loro effetto è stato considerato inglobato nell'eterogeneità comunale non osservata). In particolare:

- nella colonna (2) si considerano le stime OLS che si otterrebbero con un modello *pooled* dove, di fatto, non si controlla per l'eterogeneità comunale non osservata che rimane inglobata all'interno della componente di errore;
- nelle colonne da (3) a (6) si considerano le stime OLS che si otterrebbero con dei modelli cross-section relativi alle singole annualità;
- la colonna (7) mostra le stime F-GLS che si otterrebbero considerando un modello panel lineare ad effetti random in cui si assume assenza di correlazione tra l'eterogeneità non osservata e i regressori, assunzione che di fatto è rigettata dal test di Hausman mettendo così in dubbio la correttezza delle stime ottenute con questo stimatore. Il vantaggio di questo modello, rispetto al modello a due stadi, è quello di stimare i coefficienti δ_2 relativi al gruppo di variabili Z_i all'interno dello stesso modello;
- la colonna (8) mostra le stime F-GLS che si otterrebbero considerando un modello panel lineare ad effetti random con correzione Mundlak (1978). La correzione consiste nell'inserire all'interno del modello le medie comunali $\bar{X}_i$ delle variabili X_{it} , in modo da restituire per questo gruppo di variabili delle stime puntuali identiche a quelle del modello base riportate in colonna (1), eliminando così l'eventuale distorsione presente nelle stime riportate in colonna (7). In più con questo modello si ottengono anche le stime dei coefficienti δ_2 relativi al gruppo di variabili Z_i con un modello a un unico stadio.

Dal confronto delle stime puntuali ottenute con i vari modelli emerge una notevole robustezza delle stime in quanto, anche se a fronte di una magnitudine e significatività a volte differenti, tutti i coefficienti mantengono sempre lo stesso segno ad eccezione delle seguenti determinanti del costo standard:

- *Percentuale di rifiuti trattati negli impianti di compostaggio, di digestione anaerobica e di trattamento integrato* che, in tutti i modelli in cui non si controlla per la correlazione esistente tra eterogeneità non osservata e i regressori, assume segno negativo;



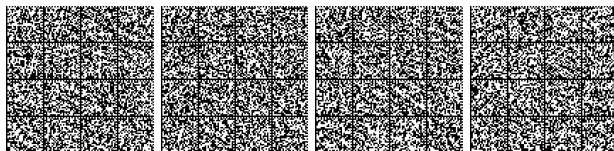
- *Numero di impianti regionali di incenerimento e coincenerimento e Numero di discariche regionali* che vedono cambiare il segno nelle stime OLS del 2016;
- *Percentuale di tonnellate smaltite in impianti regionali di incenerimento e coincenerimento e Percentuale di tonnellate smaltite in discariche regionali* il cui impatto diventa positivo nelle stime OLS del 2010.



Tabella C.1 – Stime puntuali delle componenti del costo standard, analisi di robustezza con modelli panel e cross-section, variabile dipendente spesa per tonnellata (annualità del panel 2010, 2013, 2015, 2016)

Tipologia variabili	Variabili	(1) Modello base (panel a due stadi)	(2) Panel (OLS pooled)	(3) OLS 2010	(4) OLS 2013	(5) OLS 2015	(6) OLS 2016	(7) Panel (Random effect)	(8) Panel (Random effect Mundlak)
Costo standard base nazionale	Intercetta - euro per tonnellata (solo componente panel primo stadio)	232,768770*** (0,000000)	317,772903*** (0,000000)	112,998820*** (0,000000)	341,996856*** (0,000000)	369,769803*** (0,000000)	448,537682*** (0,000000)	311,990500*** (0,000000)	299,841701*** (0,000000)
	Raccolta differenziata - euro per tonnellata per variazione percentuale rispetto all'anno precedente	0,077846 (0,217665)	0,230972*** (0,000128)	0,267878*** (0,007616)	0,301303** (0,022684)	0,142862 (0,316035)	0,426555** (0,015251)	0,149264*** (0,009537)	0,077846 (0,217917)
	Raccolta differenziata - euro per tonnellata per incrementi percentuali sino al 40	1,620453*** (0,000000)	1,375141*** (0,000000)	1,526998*** (0,000000)	1,633268*** (0,000000)	0,927005*** (0,000197)	0,722734*** (0,007677)	1,397164*** (0,000000)	1,620453*** (0,000000)
Raccolta differenziata	Raccolta differenziata - euro per tonnellata per incrementi percentuali dal 40 al 65	0,650229*** (0,000473)	0,607522*** (0,000040)	1,258267*** (0,000009)	0,525644 (0,122976)	-0,004466 (0,986629)	0,314265 (0,289091)	0,584659*** (0,000181)	0,650229*** (0,000474)
	Raccolta differenziata - euro per tonnellata per incrementi percentuali dal 65 al 100	-0,743051*** (0,001989)	-0,188923 (0,299728)	-0,878727 (0,163282)	1,454164*** (0,003281)	-0,586100 (0,159246)	-0,647495*** (0,008671)	-0,275367 (0,165167)	-0,743051*** (0,001994)
	Raccolta differenziata - euro per tonnellata se percentuale dal 40 al 65	68,629221*** (0,000000)	53,011070*** (0,000000)	55,598133*** (0,000000)	58,413168*** (0,000000)	41,993574*** (0,000000)	31,853686*** (0,000442)	57,569642*** (0,000000)	68,629221*** (0,000000)
	Raccolta differenziata - euro per tonnellata se percentuale dal 65 al 100	85,494627*** (0,000000)	63,003369*** (0,000000)	86,114750*** (0,000000)	56,359483*** (0,000000)	40,652118*** (0,000002)	38,228307*** (0,000015)	69,879828*** (0,000000)	85,494626*** (0,000000)

continua ...



Tipologia variabili	Variabili	(1) Modello base (panel a due stadi)	(2) Panel (OLS pooled)	(3) OLS 2010	(4) OLS 2013	(5) OLS 2015	(6) OLS 2016	(7) Panel (Random effect)	(8) Panel (Random effect Mundlak)
Dotazione impiantistica distanza e modalità di gestione	Distanza in Km tra il comune e gli impianti - euro per tonnellata al km	0,176365*** (0,000037)	0,466096*** (0,000000)	0,447520*** (0,000000)	0,350714*** (0,000003)	0,522994*** (0,000000)	0,464724*** (0,000000)	0,306048*** (0,000000)	0,176365*** (0,000037)
	Prezzo medio comunale per Benzina - euro per tonnellata per scostamento percentuale dalla media nazionale	-0,064734 (0,779880)	0,006098 (0,968488)	1,012402*** (0,000252)	-0,073827 (0,820309)	0,115739 (0,689208)	0,307472 (0,348074)	-0,024071 (0,892886)	-0,064734 (0,780010)
	Numero di impianti regionali di compostaggio, digestione anaerobica e trattamento integrato - euro per tonnellata per impianto	-0,079573 (0,687438)	-0,533791*** (0,000000)	-0,677779*** (0,000000)	-0,819329** (0,037987)	0,083541 (0,773061)	-0,697023** (0,014007)	-0,571561*** (0,000000)	-0,079573 (0,687615)
	Numero di impianti regionali di trattamento meccanico biologico - euro per tonnellata per impianto	4,169175*** (0,000009)	4,421277*** (0,000000)	12,416445*** (0,000000)	2,289618** (0,028712)	4,857896*** (0,000023)	-0,503989 (0,558328)	4,011063*** (0,000000)	4,169175*** (0,000009)
	Numero di impianti regionali di incenerimento e coincenerimento - euro per tonnellata per impianto	-1,881131*** (0,000017)	-2,638756*** (0,000000)	-4,413318*** (0,000007)	-4,305501** (0,018895)	-4,820601*** (0,000001)	1,803449* (0,079560)	-2,058603*** (0,000000)	-1,881131*** (0,000017)
	Numero di discariche regionali - euro per tonnellata per impianto	-2,531007*** (0,000019)	-4,293521*** (0,000000)	-10,380447*** (0,000000)	-0,385659 (0,672458)	-5,771370*** (0,000000)	1,517753* (0,050108)	-4,230479*** (0,000000)	-2,531007*** (0,000019)
	Percentuale di tonnellate smaltite in impianti regionali di compostaggio, digestione anaerobica e trattamento integrato - euro per tonnellata per incremento percentuale	1,037938** (0,021334)	-1,860933*** (0,000000)	1,018073*** (0,003250)	-2,753025*** (0,000000)	-1,805189*** (0,000000)	-3,122636*** (0,000000)	-1,726712*** (0,000000)	1,037938** (0,021387)
	Percentuale di tonnellate smaltite in impianti regionali di incenerimento e coincenerimento - euro per tonnellata per incremento percentuale	-0,130194 (0,600835)	-0,684688*** (0,000000)	0,979452*** (0,001302)	0,078788 (0,834173)	-0,734517*** (0,003471)	-2,973901*** (0,000000)	-0,720602*** (0,000000)	-0,130194 (0,601052)
	Percentuale di tonnellate smaltite in discariche regionali - euro per tonnellata per incremento percentuale	-0,216409* (0,079338)	-0,643015*** (0,000000)	2,409504*** (0,000000)	-1,297353*** (0,000000)	-1,048043*** (0,000065)	-3,228908*** (0,000000)	-0,416206*** (0,000094)	-0,216410* (0,079485)
	Comune che svolge il servizio in forma associata - euro per tonnellata	5,823748*** (0,006472)	4,256276** (0,013571)	14,479691*** (0,003472)	-0,027832 (0,993834)	3,442788 (0,302158)	4,176980 (0,172125)	5,092335*** (0,004689)	5,823748*** (0,006489)
Diseconomie di scala	Inverso delle tonnellate di rifiuti (costo fisso) - euro	1,318,122302*** (0,000572)	3,123,888971*** (0,000000)	3,917,875668*** (0,000000)	2,372,830265*** (0,000023)	2,764,998683*** (0,000002)	2,906,878302*** (0,000000)	3,224,031277*** (0,000000)	2,947,275184*** (0,000000)

continua ...

Tipologia variabili	Variabili	(1) Modello base (panel a due stadi)	(2) Panel (OLS pooled)	(3) OLS 2010	(4) OLS 2013	(5) OLS 2015	(6) OLS 2016	(7) Panel (Random effect)	(8) Panel (Random effect Mundlak)
Modalità di raccolta	Presenza della raccolta domiciliare - euro per tonnellata	14,709711*** (0,000003)	15,188486*** (0,000000)	10,570662*** (0,004662)	15,833479*** (0,000724)	20,760540*** (0,000001)	18,066044*** (0,000005)	15,271142*** (0,000000)	14,809052*** (0,000001)
	Presenza dei centri di raccolta - euro per tonnellata	-31,947432*** (0,000000)	-16,391708*** (0,000000)	-17,418749*** (0,000001)	-11,824270*** (0,003918)	-16,933804*** (0,000006)	-14,699143*** (0,000034)	-18,042073*** (0,000000)	-14,452710*** (0,000000)
	Presenza della raccolta su chiamata - euro per tonnellata	10,494439*** (0,000012)	6,407035*** (0,000029)	3,253251 (0,260854)	6,153509* (0,075752)	5,609981* (0,057280)	8,162481*** (0,003638)	6,507653*** (0,002847)	6,229180*** (0,003794)
Gruppi omogenei	Cluster 1 – POLI URBANI (*) (187)	38,492394*** (0,000009)	41,865990*** (0,000000)	28,075334*** (0,000064)	39,460164*** (0,000000)	48,156849*** (0,000000)	53,437265*** (0,000000)	43,454163*** (0,000000)	40,561644*** (0,000000)
	Cluster 2 – Comuni con bassa numerosità e densità abitativa, elevato numero di famiglie, età media avanzata, localizzati in aree vaste di carattere interno montano (890)	47,275927*** (0,000000)	47,552170*** (0,000000)	36,720158*** (0,000000)	55,866511*** (0,000000)	50,417754*** (0,000000)	42,827756*** (0,000000)	52,166839*** (0,000000)	41,657096*** (0,000000)
	Cluster 3 – Comuni con basso livello di benessere con localizzazione in zone pianeggianti lungo tutto il territorio nazionale (1.556)	22,603088*** (0,000000)	12,392396*** (0,000000)	9,204607** (0,000000)	12,812914*** (0,000000)	12,633502*** (0,000000)	10,744499*** (0,000000)	14,470446*** (0,000000)	8,865157*** (0,000000)
	Cluster 5 – Comuni a forte vocazione turistica con alto livello di benessere, bassa densità abitativa e con localizzazione prevalente in zone montane o litoranee (248)	78,941241*** (0,000000)	75,752344*** (0,000000)	70,336439*** (0,016191)	72,663953*** (0,003723)	76,086732*** (0,000682)	74,381993*** (0,001293)	82,767314*** (0,000000)	68,882418*** (0,001507)
	Cluster 6 – Comuni montani localizzati lungo l'arco alpino e nelle zone dell'appennino centro-nord (455)	16,036060*** (0,000069)	6,745866*** (0,005437)	7,305312 (0,141611)	13,917849** (0,019407)	1,908737 (0,662420)	0,706918 (0,858716)	8,222411** (0,018676)	3,214604 (0,376295)
	Cluster 7 – Comuni con elevato grado di attrazione economica e localizzazione nell'hinterland delle grandi città (407)	31,441797*** (0,000000)	7,092810** (0,010444)	1,404216 (0,793071)	11,039341* (0,084244)	8,046535 (0,127486)	7,237619 (0,138457)	9,779600** (0,016248)	3,668922 (0,368360)
	Cluster 8 – Comuni montani localizzati prevalentemente lungo l'arco appenninico del centro-sud (1.097)	57,787652*** (0,000000)	36,809128*** (0,000000)	44,89026*** (0,000000)	36,129609*** (0,000000)	27,221035*** (0,000000)	38,320769*** (0,000000)	42,236303*** (0,000000)	30,659392*** (0,000000)
	Cluster 9 – Comuni con elevata densità abitativa, bassa età media e localizzazione prevalente nel centro-sud (493)	45,224616*** (0,000000)	14,618869*** (0,000000)	6,910304 (0,170206)	12,230760** (0,038136)	15,294999*** (0,001445)	11,296730*** (0,008013)	17,074647*** (0,000005)	10,453911*** (0,005497)
	Cluster 10 – Comuni in zone litoranee con basso livello di benessere (311)	62							

Tipologia variabili	Variabili	(1) Modello base (panel a due stadi)	(2) Panel (OLS pooled)	(3) OLS 2010	(4) OLS 2013	(5) OLS 2015	(6) OLS 2016	(7) Panel (Random effect)	(8) Panel (Random effect Mundlak)
Annualità	Anno 2010 - euro per tonnellata	5,506996 (0,400255)	-5,884740* (0,081012)					-8,279139** (0,024990)	5,506998 (0,400528)
	Anno 2013 - euro per tonnellata	19,765511*** (0,000202)	10,554248*** (0,001249)					9,996509*** (0,004000)	19,765511*** (0,000202)
	Anno 2015 - euro per tonnellata	23,756583*** (0,000000)	21,881144*** (0,000000)					21,327327*** (0,000000)	23,756583*** (0,000000)
	Campione di regressione (n. di osservazioni)	24,882	24,882	6,429	6,223	6,179	6,051	24,882	24,882
	R2	0,4209	0,2826	0,2477	0,2084	0,3410	0,3755	0,2808	0,2924
	Number of code	6,603	6,603	nd	nd	nd	nd	6,603	6,603

P-value calcolati su standard error robusti in parentesi (clusterizzati a livello di comune nel modello panel), *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1.

