

Capitolo 9

STIMA DEI COSTI

La valutazione dei costi di impianto e di esercizio assume un ruolo di primaria importanza per le scelte impiantistiche per la realizzazione o eventualmente una modifica o un up-grading di un impianto depurazione.

Per costi d'impianto si intendono quelli relativi alla realizzazione delle singole unità di trattamento (costruzione delle singole unità, macchinari e apparecchiature necessarie, montaggio e/o installazione), mentre i costi di esercizio si riferiscono all'energia, al personale, ai mezzi e prodotti utilizzati per il funzionamento e la manutenzione dell'impianto.

La definizione di un quadro di riferimento di costi medi di realizzazione, di esercizio e di gestione è piuttosto complicata seppur con riferimento ai dati a consuntivo relativi alla messa in opera dei sistemi depurativi esistenti sul territorio nazionale.

A tal proposito sono stati presi in considerazione i risultati di alcuni studi su costi di costruzione, relativi allo sviluppo di piani regionali di risanamento, oltre a studi specifici sull'argomento e ai dati di riferimento della proposta normativa promossa da Proaqua sul "Metodo normalizzato per la determinazione della tariffa di riferimento".

9.1 COSTI DI IMPIANTO (o costruzione)

Si è considerato come riferimento base l'indagine condotta per il Piano Regionale di Risanamento delle Acque della Regione Lombardia (1985), condotta su 1162 impianti di depurazione di acque reflue urbane per una potenzialità complessiva di 23.4 milioni di abitanti equivalenti (AE).

Tutti gli elementi economici sono da intendersi riferiti a standards qualitativi medio-alti, in allineamento con le tendenze delle progettazioni più recenti.

Per la valutazione dei *costi di costruzione* si è considerata come configurazione di riferimento quella di un impianto comprendente processi a fanghi attivi, con successiva disidratazione meccanica (salvo che per gli impianti più piccoli) prevedendo due possibilità per il trattamento finale dei fanghi:

- *digestione AEROBICA*: consigliabile per impianti di potenzialità minori (da 500 fino a 50000 AE) ed ottenuta mediante aerazione prolungata nello stesso reattore di ossidazione e senza sedimentazione primaria.

Per piccolo impianti i costi sono valutati come:

$$\text{Cpiccoli impianti } [\text{€}/1000\text{AE}] = \frac{6118.6 \cdot \text{AE}^{-0.3235}}{1936.27}$$

- *digestione ANAEROBICA*: adatta per impianti di potenzialità superiore ai 30000 AE e dotati di sedimentazione primaria, per i quali i costi (valutati per potenzialità superiori ai 50000 AE) valgono:

$$\text{Cimpianti completi } [\text{€}/1000\text{AE}] = \frac{1136,1 \cdot \text{AE}^{-0,1462}}{1936.27}$$

Per valori di popolazione equivalente inferiori a 1000 AE o superiori a 200.000 AE si procede mantenendo costante: - il costo di circa 310 €/AE per potenzialità inferiori a 1.000 AE; - il costo di circa 98 €/AE per potenzialità superiori a 200.000 AE.

Nel caso di impianti di potenzialità inferiore ai 50000 AE e superiore ai 1000 AE, il programma stima i costi di costruzione facendo la media tra il costo di impianti completi e il costo di impianti piccoli, al fine di tener conto dell'estrema variabilità dei costi di costruzione dei piccoli impianti, che possono essere superiori a quelli forniti dalla relativa formula, in dipendenza



delle effettive soluzioni impiantistiche (ad es. la digestione anaerobica può essere applicata anche per potenzialità minori).

I costi di costruzione, riportati nelle precedenti formule e nel grafico di Fig. 6.1, comprendono le somme a disposizione dell'Amministrazione Appaltante (IVA, spese tecniche, acquisto area, servitù, allacciamenti, etc.), in assenza di fasi di terzo stadio, di sistemi di recupero energetico (salvo il riscaldamento dei digestori), di trattamenti termici dei fanghi e di salvaguardie ambientali particolarmente spinte.

Tali eventuali integrazioni vengono definite a parte e sono descritte in seguito, in modo da non introdurre elementi di eccessiva variabilità nei costi.

È da precisare che questi studi si riferiscono all'anno 1997, quindi i costi in ordinata sono riportati in Lire piuttosto che in Euro.

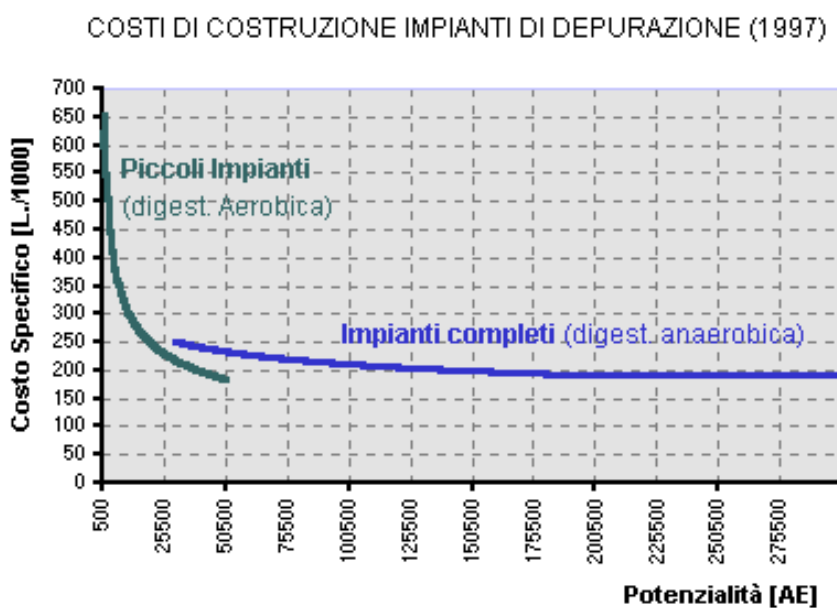


Fig.7.1 - Costi di Costruzione in funzione della potenzialità dell'impianto

9.2 COSTI DI ESERCIZIO

Al fine di individuare i “costi medi” della depurazione acque si fa riferimento ad una vasta indagine condotta dalla Proaqua presso le strutture di servizio, pubbliche e private, che alla fine degli anni ‘90 esercitavano tali attività, ad esclusione dei casi di gestione diretta da parte dei comuni, non interessanti dal punto di vista delle valutazioni economiche.

Gli abitanti equivalenti totali erano circa 15 milioni, gli impianti di depurazione 224.

In base all’analisi statistica dei campioni, svolta secondo opportune procedure di significatività e confronto, sono state ricavate delle correlazioni tra i costi ed un certo numero di variabili, fino a ricavare un modello sensibile ai soli parametri significativi.

La procedura è stata realizzata secondo i seguenti punti (Proaqua “Metodo Normalizzato per la Determinazione della Tariffa di Riferimento” - Proposta Normativa – Roma, 1997):

- 1) *Formulazione del modello generale prendendo in considerazione quei parametri che “ingegneristicamente” possono concorrere alla determinazione del costo operativo.*
- 2) *Semplificazione di questo modello, per mezzo di test statistici, fino ad una formula con numero di variabili minimo e che sia comunque coerente con i dati iniziali, studiando anche l’azione nel costo operativo di alcune combinazioni particolari delle variabili stesse.*
- 3) *Verifica delle formulazioni sulla base di appositi test e dell’analisi di scarti, allo scopo di individuare i punti deboli della proposta.*

Le leggi individuate sono state sottoposte ad un controllo dei gestori per validare i modelli, tenendo conto della significatività dei dati di base.

I **risultati** di quest’indagine ereditati da Swater sono:

- Il modello per il calcolo delle spese funzionali per il collettamento fognario COFO:

$$COFO = (0,15 (Lf)^{0,4} \cdot (Ab)^{0,6} + EE) \cdot (1936,27)^{-1}$$

COFO = [milioni lire/anno] → [Euro/anno]

Lf = Lunghezza rete fognaria (Km)

Ab = Abitanti serviti

- Il modello per il calcolo del costo operativo per i trattamenti (come nel caso precedente andrebbe moltiplicato per l'inverso del valore in lire dell'euro):

$$COTR = \left(\sum_1^n \alpha \cdot (Ct)^\beta \cdot A \cdot F \right) \cdot n^{-0.05}$$

dove:

COTR = Costo operativo per i trattamenti (milioni di lire/anno)

Ct = Carico inquinante trattato [kg/giorno di COD]

n = Numero Impianti

α = Coefficiente funzione della classe di impianto - (tab. 6.1)

β = Esponente funzione della classe di impianto - (tab. 6.1)

A = Coefficiente per la difficoltà dei trattamenti - Linea Acque (tab. 6.2)

F = Coefficiente per la difficoltà dei trattamenti - Linea Fanghi (tab. 6.3)

Classi di Impianto	α	β
Grandi impianti: oltre 2000 Kg/giorno di COD	0,45	0,90
Medi impianti: fino a 2000 Kg/giorno di COD \cong 15.000 a.e.	0,40	0,95
Piccoli impianti: fino a 300 Kg/giorno di COD \cong 2500 a.e	0,35	1,00

Tab. 7.1 - Coefficienti α e β per classi di impianto - Calcolo dei costi di esercizio COTR

LINEA ACQUE: Tipologia di trattamento	A
Solo sedimentazione primaria	0,42
Secondario massa sospesa	1
Secondario massa adesa	0,57

Tab. 7.2 - Coefficiente A per tipologia di trattamento linea acque - Calcolo dei costi di esercizio COTR. In presenza di trattamento terziario il coefficiente A va moltiplicato per 1.4

LINEA FANGHI : Tipologia di trattamento	F
Ispessimento, digestione aerobica, essiccazione in letto	1
Digestione anaerobica	1,35
Disidratazione senza digestione anaerobica	1,35
Digestione anaerobica con disidratazione	1,70
Digestione anaerobica, disidratazione, essiccamento	2,0
Disidratazione, essiccamento	1,75
Digestione anaerobica, disidratazione, incenerimento	2,1
Disidratazione, incenerimento	1,8

Tab. 7.3 - Coefficiente F per tipologia di trattamento linea fanghi - Calcolo dei costi di esercizio COTR

Nell'indagine condotta per il Piano Regionale di Risanamento delle Acque della Regione Lombardia (1985), condotta su 1162 impianti di depurazione di acque reflue urbane, la stima dei costi di esercizio degli impianti di depurazione sono stati valutati i costi di esercizio tenendo conto delle spese sostenute per:

- *personale*
- *energia elettrica*
- *manutenzione e migliorie impianti*
- *reattivi chimici e lubrificanti*
- *smaltimento fanghi, sabbie e sgrigliati*
- *servizi generali*
- *prestazioni di terzi*

Di queste alcune sono costi fissi (personale, servizi generali e in parte la manutenzione), altre sono influenzate dalla quantità di liquame da trattare (o dalla potenzialità raggiunta dall'impianto) e dal grado di depurazione dell'effluente finale che si vuole ottenere.

$$\text{Cesercizio impianti [L./1000AE]} = 276141 \times P^{-0.1722}$$

Volendo confrontare la formula del COTR con la precedente, consideriamo che:

$$\text{COD}_{\text{infl.}} \approx 2 \text{ BOD}_{5\text{infl.}}$$

$$\text{BOD}_5/\text{AE} = 60 \text{ g/AE} \cdot \text{d}$$

Allora:

$$\text{AE} \approx \text{COD}/(2 \cdot 0.065) = \text{COD}/0.13$$

$$\text{COTR} = 106 \cdot \alpha \cdot 0.13\beta \cdot P\beta^{-1} \cdot F$$

Considerando inoltre, valori appropriati (piccoli-medi-grandi impianti) dei parametri: A , F , α , β , per $n=1$ si ha il seguente andamento dei costi di esercizio (in lire).

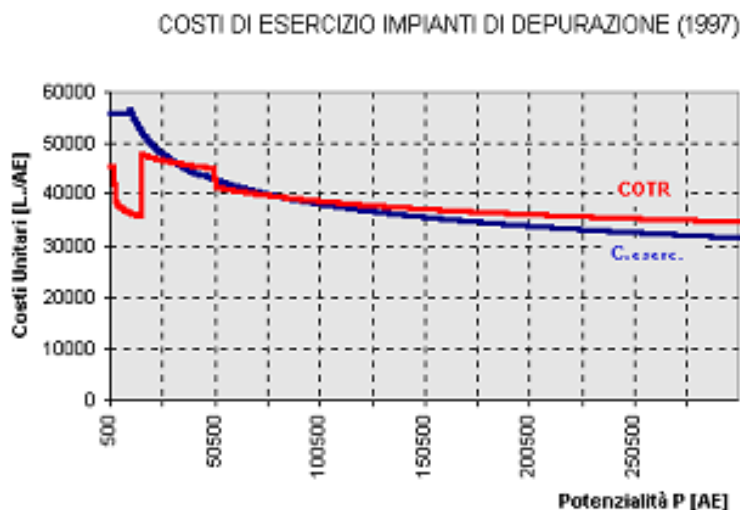


Fig. 7.2 - Costi di esercizio valutati con la formula COTR e con altri dati di riferimento

Come è possibile rilevare dalla Fig. 7.2, il campo di impianti da 500 a 15.000 AE (piccoli impianti di depurazione), presenta costi di esercizio differenti perché più vasta è la casistica di scelte impiantistiche e gestionali che si ritrovano in Italia. Abbastanza coerenti si presentano invece, le valutazioni di costo di esercizio sulle potenzialità medio-grandi degli impianti di depurazione.