



*Autorità per la vigilanza sui lavori pubblici*  
*Osservatorio dei lavori pubblici*

La determinazione dei Costi Standardizzati  
per la categoria di opere strade e autostrade  
Metodo, strumenti e sperimentazione su casi di studio

*Prof. P.L. Maffei*

*R. Boccaccini*

*Settore Analisi e Metodologie*

## Introduzione

---

La definizione e la determinazione dei costi standardizzati degli interventi pubblici si è presentata agli inizi delle attività del Gruppo di Lavoro dell'Autorità per la Vigilanza sui Lavori Pubblici assai complessa stanti la scarsità di informazioni fino allora raccolte sistematicamente in materia e l'importanza che il legislatore aveva inteso conferire al recepimento e alla resa pubblica di questi dati.

In tal senso le attività del Gruppo di Lavoro sono state volte a definire l'aspetto metodologico e gli strumenti utilizzabili per l'elaborazione dei dati, per la determinazione e aggiornamento dei costi standardizzati nel tempo, ma non hanno potuto prescindere da una revisione della terminologia, delle classificazioni e degli standard ad oggi utilizzati, considerando al contempo la gestione dei flussi informativi.

Il contributo iniziale da noi offerto a questo proposito ha riguardato in particolare la messa a punto di un metodo basato sull'Analisi del Valore (UNI EN 1325-1: 1997).

L'Analisi del Valore è un metodo, ed al contempo una tecnica operativa, che ha trovato applicazioni in Italia nel settore industriale già dalla metà degli anni '60. Considerata inizialmente uno strumento per la riduzione dei costi a parità di prestazioni, AV è stata sviluppata negli anni '80 e '90 nel settore delle costruzioni civili e portata sul piano dell'analisi delle funzioni, per un miglioramento delle stesse, e dell'abbattimento dei costi, in rapporto alla qualità delle funzioni e alla disponibilità delle risorse economiche per produrre l'opera presa in considerazione e per gestirla nel ciclo di vita per essa ipotizzato. Si raggiungono così facendo gli obiettivi della qualità intesa come soddisfacimento delle esigenze espresse ed implicite del committente e dell'utilizzatore dell'opera. Nel settore dei lavori pubblici AV è suggerita dal nuovo ordinamento (DPR 554/99 art.15 comma 11) nella progettazione di interventi complessi nonché nella valutazione delle varianti migliorative dell'opera di cui al Capitolato Generale dei LL.PP.

L'Analisi del Valore ha suggerito un approccio essenziale e per funzioni per la risoluzione di un problema assai complesso: quello di dare uniformità di impostazione e di prassi operativa nella definizione di tutte le opere e nella determinazione dei relativi costi standardizzati tramite il rapporto tra la soddisfazione delle esigenze e le risorse necessarie per raggiungere tale scopo. Ad ogni categoria di opera infatti corrispondono caratteristiche che la configurano e che la rendono adeguata o meno a rendere un servizio uniforme in ogni ambito territoriale del Paese. Si è proceduto pertanto assunto gli standard di legge nel caso in cui vi siano norme cogenti, peraltro da sottoporre a verifica rispetto alle nuove situazioni e ai differenti contesti, e ricorrendo per i casi non normati ad elementi derivanti da un sufficientemente significativo numero di casi da analizzare.

Dagli standard dimensionali derivanti dalla risposta funzionale si può quindi giungere alla determinazione dei costi standardizzati di riferimento, valori medi statistici compresi entro intervalli sempre più ristretti al crescere del campione analizzato.

Nello studio effettuato si è ipotizzato che la verifica di congruità economica di un intervento debba riguardare dunque anche gli aspetti funzionali per evidenziare se sono state date risposte congrue in termini di funzioni primarie principali (eventualmente anche in termini di funzioni primarie complementari, purché corrispondenti ad una corretta valutazione economica, tale da motivare le quantità fisiche maggiori rispetto a standard di legge o a standard di riferimento, per il raggiungimento dell'obiettivo prefissato), con possibilità di entrare nel merito della corrispondenza tra fabbisogno rilevato e intervento programmato, ai fini di assicurare

un servizio uniforme su tutto il territorio nazionale, pur nelle diversità derivanti dalle specifiche aree territoriali.

Questo approccio consente anche di rendere aggiornabili i modelli funzionali ipotizzati per le opere pubbliche e di non vincolare a priori la risposta funzionale e qualitativa che gli enti, nella loro autonomia e libertà di programmazione, potranno fornire alla collettività, purché ne sia data una adeguata motivazione. I costi standardizzati saranno quindi, seguendo questo approccio, un riferimento dal quale potersi discostare per avere, per esempio, ritorni gestionali, contenimento di costi energetici, occasioni di project financing, ecc., ovvero un favorevole rapporto tra utilità delle funzioni previste e costi globali.

## 1. Il caso di studio: strade e autostrade

L'applicazione del metodo proposto per la determinazione dei costi standardizzati è stata positivamente verificata nell'affrontare le problematiche inerenti alla categoria di opere "strade e autostrade".

In primo luogo occorre sottolineare che questa categoria di opere è sottoposta a normative tecniche che definiscono precisi standard di riferimento per le caratteristiche geometriche e funzionali dell'opera, in funzione del livello di servizio che essa è chiamata a soddisfare. Conformemente al piano di lavoro predisposto dal Gruppo di Lavoro (in seguito per brevità GdL) una prima attività ha dunque riguardato l'analisi degli aspetti normativi e dei criteri assunti in fase di programmazione da alcuni operatori significativi sul territorio nazionale. Ne è emerso un quadro di conoscenza che caratterizza l'opera "strada" sia a riguardo delle caratteristiche fisiche che delle funzioni assicurate.

Affinché il servizio reso dall'opera "strada" risulti adeguato alle attuali esigenze occorre passare dal semplice soddisfacimento di una sufficiente capacità veicolare alla soddisfazione complessiva dei bisogni di tre componenti:

- il proprietario/gestore, in quanto responsabile del servizio;
- l'utilizzatore, in termini di comfort, sicurezza, servizi complementari resi e tempi di percorrenza;
- la collettività in generale quando si pensi alla sostenibilità dello sviluppo e alle esigenze di coloro che gravitano sulla struttura, definiti "rivieraschi", per gli aspetti legati alla qualità ambientale e in particolare alla protezione dall'inquinamento acustico.

Adottando quindi il linguaggio dell'analisi funzionale e dell'analisi del valore, la moderna progettazione di opere stradali deve basarsi, oltre che sulla funzione primaria: *percorre la strada in sicurezza*, su funzioni primarie complementari quali: *fornire agli utenti servizi di ristoro, di rifornimento carburanti, di segnalazione di emergenza ecc.*, e su quelle connesse alla classe di esigenze del *benessere ambientale*.

Definite dunque le funzioni che l'opera stradale "standard" può presentare è evidente che la soddisfazione di livelli di servizio più o meno elevati rimane una discrezionalità dell'ente preposto alla programmazione, nell'ottica di un adeguato rispetto delle autonomie locali. A tal fine nello sviluppo del modello di costo standardizzato sono stati quindi inseriti elementi atti a verificare la relazione tra le soluzioni progettuali proposte e i motivati bisogni da soddisfare emersi in fase di programmazione.

E' stato inoltre necessario definire una scomposizione in *ambiti funzionali omogenei* (AMIF) della strada, ambiti caratterizzati da elementi spaziali e da costi molto diversi tra loro: "trincea o rilevato", "galleria" e "ponte o viadotto". Inoltre si è tenuto conto degli interventi sull'area esterna alla sovrastruttura stradale, compresa la fascia di rispetto, dove si concentrano le opere di mitigazione ambientale e di stabilizzazione dei terreni. Questo ambito funzionale è stato denominato, per omogeneità con le altre categorie d'opera, "extrasistema".

Considerate le caratteristiche comuni per i vari tratti, consistenti in particolare negli elementi geometrici direttamente connessi alla capacità di traffico della strada, e le caratteristiche che diversificano i tipi di tratti connesse alle zone attraversate e quindi alle caratteristiche dei rilevati, dei ponti, delle gallerie, ecc., si può giungere alla determinazione del costo standardizzato di una strada nella sua interezza, tenendo conto delle diversità tipologiche dei tratti, oltre che delle specifiche aree territoriali.

Applicando l'approccio di calcolo descritto nella relazione generale, una volta evidenziati gli ambiti funzionali omogenei relativi ai vari tratti di strada, si è pervenuti allo schema di cui alla fig.1.

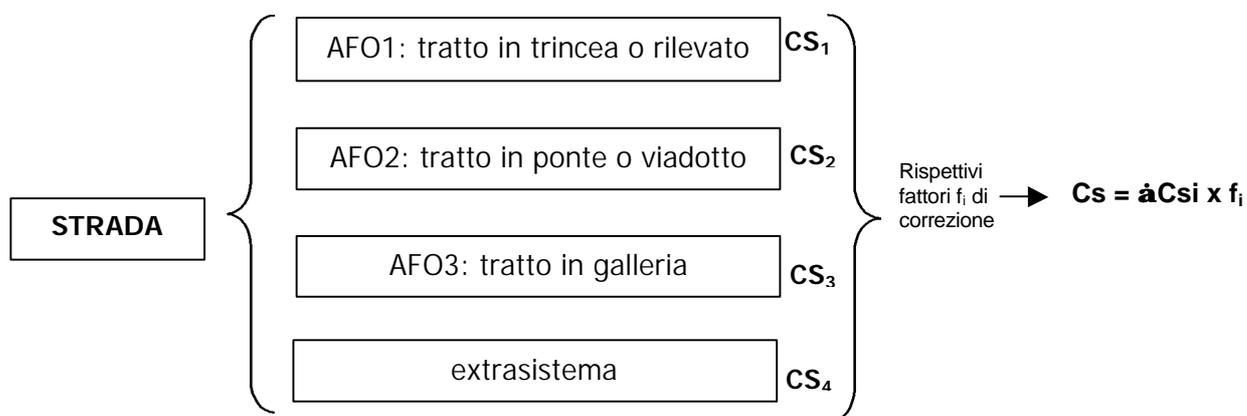


Fig.1. Schema di analisi dell'opera stradale in fase di programmazione

Per quanto attiene al caso specifico delle strade e autostrade sono state assunte come quantità caratteristiche rispettivamente di "fruizione" i "transiti indifferenziati" (n°veicoli/giorno) e "fisico-dimensionale" la lunghezza di strada (metri) e, per tutti i casi che non rientrano nelle soluzioni standard proposte dall'attuale normativa, la superficie della piattaforma stradale (metri quadri).

E' opportuno ricordare come la sperimentazione sul caso di studio "strade e autostrade" ha confortato il Gdl sull'approccio metodologico ipotizzato, ovvero sulla determinazione del costo standardizzato per mezzo dell'esame di un campione significativo di interventi sottoposti a regressioni econometriche. Mentre è infatti possibile costruire un modello di costo teorico della strada "standard" intesa come piattaforma stradale, ricorrendo alla normativa di riferimento che fissa le dimensioni della piattaforma e la stratigrafia della pavimentazione, questa determinazione non è possibile per gallerie e viadotti, elementi di peso spesso maggioritario sul costo dell'opera e soggetti a variazioni di costo significative in funzione delle caratteristiche del sito e delle tecnologie adottate. Inoltre in molti casi si è verificato come l'opera non risponda completamente agli standard dimensionali di riferimento introdotti dalla

normativa vigente e l'incidenza di svincoli ed intersezioni possa essere molto significativa su tratti di modeste dimensioni.

Una ricognizione delle esperienze condotte su questo tema in ambito internazionale ha peraltro supportato le decisioni prese: la determinazione dei costi di realizzazione partendo dalla lettura dei progetti di interventi reali è infatti un metodo già sperimentato che consente di tenere conto delle notevoli differenze indotte dal contesto territoriale sull'opera e che rende possibile un auto-aggiornamento del sistema senza fissare a priori standard dimensionali e tecnologici.

Il Gruppo "strade" ha pertanto proceduto a mettere a punto una scheda di rilevazione dati utile per definire una banca dati per l'analisi dei progetti dai quali produrre, tramite regressioni econometriche i dati concorrenti alla determinazione del costo standardizzato.

Sulla base del modello proposto si è proceduto ad effettuare una prima stima del costo di realizzazione di un'opera stradale, facendo riferimento al costo standardizzato unitario medio elaborato sulla base di prime letture di opere prese a campione.

Disponendo di questo dato è possibile operare fornendo stime del costo di costruzione da adottare in fase di programmazione di interventi (Studi di fattibilità e Documenti preliminari all'avvio della progettazione), sulla base di un tracciato di massima della strada e delle seguenti quantità:

- *quantità caratteristica di fruizione*: transiti indifferenziati previsti sul tratto stradale e/o
- *quantità caratteristica fisico-dimensionale*: lunghezza totale del tronco stradale in metri
- *ambiti funzionali omogenei presenti*: rilevazione del numero di tratti omogenei in trincea o rilevato (AFO1), in viadotto (AFO2) e in galleria (AFO3) e loro relativa lunghezza

Questa prima proiezione dei Cs (vedi fig. 2) è soggetta ad un ampio intervallo di variabilità in funzione delle caratteristiche della specifica area territoriale.

Una maggiore definizione, utilizzabile per supportare le amministrazioni nella fase di stima preventiva allegata al progetto preliminare può essere ottenuta applicando il metodo proposto attraverso l'analisi di un campione significativo rilevato ad hoc per ciascun specifico caso di studio, ottenibile in tempi ragionevolmente ristretti con il supporto del GdL.

Infine, a seguito dell'acquisizione di dati sufficienti a rendere significativo il campione, sarà possibile procedere ad attività di vigilanza verificando se la stima preventiva o il costo a consuntivo dell'opera rientrano o meno nell'intervallo di variabilità statistica giudicato ammissibile.

Le prime analisi svolte su un campione di tratti autostradali oggetto di nuova costruzione e ristrutturazione, nonché le analisi su tratti stradali secondari extraurbani, hanno mostrato come i dati richiesti per l'elaborazione dei Cs siano disponibili sugli elaborati del progetto esecutivo e sulle relazioni tecnico-economiche allegate. Inoltre è stata verificata la possibilità di svolgere l'acquisizione dei dati mediante successivi livelli di approfondimento.

Nonostante la categoria di opere "strade" non consenta dunque di dedurre in modo deterministico dati di costo, il metodo proposto consente di definire le *funzioni standard* che l'opera dovrà fornire, creando un sistema aperto alle evoluzioni nel tempo dei livelli qualitativi offerti dagli interventi per rispondere alla evoluzione delle esigenze degli utilizzatori. Al contempo l'analisi statistica dei dati su opere realizzate, depurate degli

elementi non significativi, potrà fornire indicazioni agli enti in fase di programmazione a livello di studi di fattibilità e di progetto preliminare.

Una volta che il sistema sia messo a regime sarà inoltre possibile la sua traduzione in un software che supporti le fasi della programmazione e che si integri con gli altri strumenti ad oggi già prodotti dall'Autorità.

L'acquisizione dei dati assunti a campione da progetti esecutivi deve garantire due obiettivi principali: il raggiungimento di un campione omogeneo significativo da sottoporre ad analisi e il mantenimento di un flusso di dati tale da rendere aggiornabile tale analisi.

Per questo motivo è stata prodotta una scheda di raccolta dati da utilizzarsi per l'alimentazione del campione e a tal fine già implementata in un modello informatico.

## 2. Definizioni e Simboli

**Autorità per la Vigilanza sui Lavori Pubblici**  
**Osservatorio**  
attività nell'ambito del gruppo di lavoro per il Cs

**prof. Pier Luigi Maffei**  
plmaffei@ing.unipi.it

### Elementi di base per il calcolo e l'uso dei costi standardizzati

**Ambiti funzionali omogenei - AFO:** gli elementi funzionali dell'opera per tratti omogenei ;

AFO1 – strada in trincea o rilevato 

AFO2 – strada in galleria 

AFO3 – strada in ponte o viadotto 

**Quantità caratteristiche:** le dimensioni che caratterizzano l'intervento: per le strade esse sono di **fruizione:** i transiti indifferenziati giornalieri

**fisico – dimensionali:** la lunghezza del tronco stradale in metri

**Fattori correttivi:** consentono di correggere i costi standardizzati in funzione delle caratteristiche della specifica area territoriale e delle caratteristiche specifiche dell'intervento. Per le strade essi sono relativi a:

- f1: la localizzazione
- f2: le caratteristiche del sito
- f3: le caratteristiche tipologiche, tecnologiche e funzionali dell'opera
- f4: le economie di scala

Fig. 3: Elementi di base per il calcolo dei costi standardizzati

Ai fini di una completa comprensione dello studio ad oggi effettuato, si richiamano di seguito definizioni, simboli e formule adottate nella determinazione dei costi standardizzati.

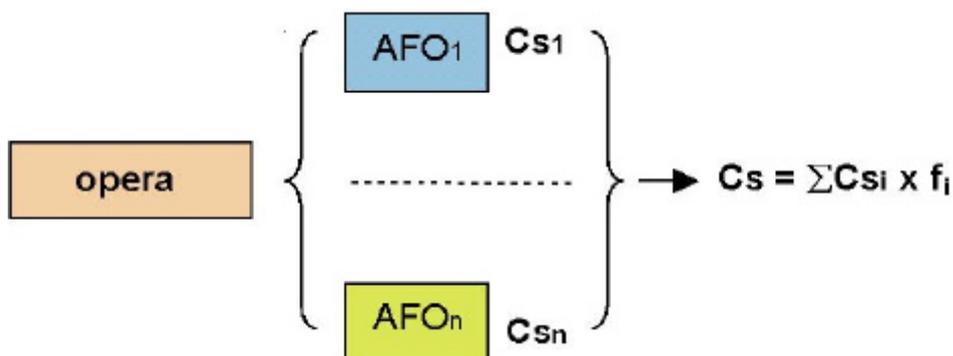


Fig. 4: metodo generale dell'analisi e della determinazione dei Cs di un'opera pubblica

**Categoria di opera:** opera con la sua destinazione d'uso: museo, diga, scuola, strada, ecc. (art.2, comma 1, lettera c del Regolamento generale)

**Tipo di lavoro:** attività prevista per la realizzazione dell'opera programmata: nuova costruzione, demolizione, recupero, ristrutturazione, restauro, manutenzione, completamento, ampliamento, altro

**Tipo di intervento:** prodotto di un tipo di lavoro relativo ad una categoria di opera

**Cs** Il costo standardizzato di un'opera pubblica o di un intervento pubblico può essere definito come il costo che si realizza in condizioni di ordinarietà in determinate situazioni di tempo, di luogo, di caratteristiche e circostanze per dare una risposta esigenziale uniforme sul territorio nazionale. In tal senso può essere assunto come costo di riferimento per l'attività di vigilanza, ma, in fase di programmazione, anche come costo preventivato a monte del progetto, in rapporto ai servizi che l'opera o l'intervento è chiamato a rendere in una determinata realtà ad un determinato numero di individui, fino a diventare il tetto economico da dare come input ai progettisti nel Documento preliminare all'avvio della progettazione (Dpp).

**Cs<sub>i</sub>** costo standardizzato della singola AFO<sub>i</sub> (vedi ultra)

**C<sub>i</sub>** costo riscontrato a consuntivo (prezzo)

**f<sub>(1-4)i</sub>** fattore di correzione relativo all'AFO *i*-esimo

**f<sub>1i</sub>** *fattore di localizzazione:* dipende dalle caratteristiche della localizzazione dell'intervento. Viene elaborato a partire dalla localizzazione amministrativa sulla base di dati relativi al costo della manodopera, di materiali e noli sulla base delle elaborazioni degli istituti a ciò preposti.

**f<sub>2i</sub>** *fattore relativo alle caratteristiche del sito.* Sulla base della natura del terreno e dell'accessibilità del cantiere l'opera presenta specifiche caratteristiche (tipicamente fondazioni e accorgimenti antisismici, nonché casi particolari di difficoltà di allestimento del cantiere) che ne condizionano il costo di realizzazione. Il fattore è calcolato mediante una funzione che normalizza l'incidenza di costo prodotta da tali caratteristiche su un campione omogeneo di interventi e li trasforma in coefficienti correttivi.

$f_{3i}$  *fattore relativo alle caratteristiche tipologiche, tecnologiche e funzionali* dell'intervento. Ciascun intervento viene analizzato per tipologia, caratteristiche tecnologiche e composizione in AFO. Ciascuno di questi aspetti viene periodicamente analizzato statisticamente sul campione rilevato e vengono determinati tre sotto-fattori normalizzati che vengono poi combinati mediante una funzione aritmetica che pondera l'influenza di ciascuno di essi in ragione della specificità del singolo intervento  $i$ -esimo

$f_{4i}$  *fattore che tiene conto delle economie di scala*. Le dimensioni dell'intervento dal punto di vista fisico (quantità caratteristica dimensionale) ed economico-finanziario (importo dei lavori) condizionano il costo di realizzazione dell'intervento. Il fattore viene inizialmente calcolato sulla base di analisi svolte dai soggetti istituzionalmente preposti e successivamente in modo periodico sul campione statistico rilevato

$AFO_i$  *ambito funzionale omogeneo  $i$ -esimo*: è il sottoinsieme dell'opera omogeneo per funzioni rese e che caratterizza il modo con cui l'opera risponde ai bisogni della collettività

$U_s$  *unità spaziale*: è il sottoinsieme fisico omogeneo nel quale si svolgono le funzioni principali e complementari assicurate dall'opera (carreggiata stradale, area di degenza ospedaliera, ecc.)

$Q_f$  *quantità caratteristica di fruizione*. E' la dimensione dell'intervento in termini di quantità funzionale (n° utenti, transiti veicolari, ecc.)

$Q_d$  *quantità caratteristica dimensionale*. E' la dimensione dell'intervento in termini di quantità fisica (mq di superficie utile, m di tronco stradale, ecc.)

### **3. Definizione dell'opera standard e determinazione del costo standardizzato**

Dal punto di vista operativo, una volta scomposta l'opera presa in considerazione in  $n$  (1..i) ambiti funzionali omogenei -  $AFO_i$  - si attribuisce ad ognuno di essi  $AFO_i$  un costo standardizzato unitario in rapporto ad una delle quantità caratteristiche prese a riferimento per la singola  $AFO$  (superficie, mezzi di trasporto, litri di fluido, ecc.).

Ne risulta che  $C_{si}$  è ottenibile dal prodotto di due fattori:

$$C_{si} = \begin{array}{l} \text{misura standard della quantità} \\ \text{fisica di riferimento dell}'AFO_i \text{ per} \\ \text{unità elementare di riferimento} \end{array} * \begin{array}{l} \text{costo di produzione (o globale)} \\ \text{dell}' AFO_i \text{ per unità fisica di} \\ \text{riferimento} \end{array}$$

Ogni  $c_{si}$  viene poi moltiplicato per i fattori di correzione derivanti dall'analisi di parametri esogeni ed endogeni che tengono conto delle specificità strettamente attinenti all' $AFO_i$  e di quelle complessive dell'opera.

Con queste premesse il calcolo del costo standardizzato avviene sulla base della seguente formula in notazione semplificata:

$$C_s = \sum C_{si} \times f_i$$

Le motivazioni a sostegno di tale orientamento sono molteplici e sono state discusse nel seminario dello scorso 2001. In quella circostanza veniva sottolineato che:

- la determinazione dei costi standardizzati dovrebbe implicare – per quanto si è detto – lo sviluppo di un metodo di acquisizione ed elaborazione dati il più possibile priva di rischi di insuccesso;
- i “costi standardizzati”, anche se determinati in maniera scientifica, vanno sempre e comunque confrontati con i valori di mercato, peraltro attentamente valutati (che potranno indurre a revisioni critiche delle analisi svolte);
- dai dati trasmessi all'Osservatorio relativamente ai prezzi a base d'asta, ai prezzi a consuntivo e a quant'altro attendibilmente acquisibile, è possibile estrapolare gli indicatori che confluiranno nella struttura e nell'articolazione dei costi standardizzati.

## 5. Costi di costruzione medi ipotizzati per ciascuna AFO e per categoria di strada

A seguito delle elaborazioni svolte nella prima fase della ricerca è stato possibile dedurre, a titolo indicativo, alcuni valori di costo di costruzione per la categoria di opere “strade” per le condizioni ordinarie dei fattori correttivi endogeni ed esogeni. Tali valori possono assumere rilevanza scientifica solo a seguito dell'analisi statistica di un campione significativo di opere omogenee, ovvero a seguito dell'entrata a regime del sistema di rilevazione dei dati proposto.

**Sub A.** strada tipo: strada di sezione tipo A con due corsie per carreggiata con corsia di emergenza per carreggiata, larghezza m 47.70, in condizioni endogene ed esogene ordinarie (tutti i fattori di correzione  $f_i = 1$ )

### Costo di costruzione per metro lineare di carreggiata

AFO1 trincea/rilevato	£ 6016060	€ 3107,04
AFO2 galleria	£ 166950000/m	€ 86222,48
AFO3 viadotto	£ 71550000/m	€ 36952,50
<b>extrasistema</b>	£ 1000000/m	€ 516,46

Per questa categoria di strade, in caso di diversa larghezza della piattaforma, si ha dunque che il costo al mq di prima ipotesi è:

### Costo di costruzione per metro quadro di carreggiata

AFO1 trincea/rilevato	£ 126122	€ 65
AFO2 galleria	£ 3500000	€ 1808
AFO3 viadotto	£ 1500000	€ 775
<b>extrasistema</b>	£ 20964	€ 11

**Sub B.** strada tipo: strada di sezione tipo C1 con due corsie ed una carreggiata, larghezza m 10,5 di carreggiata + banchina, in condizioni endogene ed esogene ordinarie (tutti i fattori di correzione  $f_i = 1$ )

**Costo di costruzione per metro lineare di carreggiata**

AFO1 trincea/rilevato	£ 1494550	euro 771,87
AFO2 galleria	£ 36750000	euro 18979,79
AFO3 viadotto	£ 15750000	euro 8134,20
<b>extrasistema</b>	£ 400000	euro 206,58

**Costo di costruzione per metro quadro di carreggiata**

AFO1 trincea/rilevato	£ 142338	€ 152,02
AFO2 galleria	£ 3500000	€ 25684,30
AFO3 viadotto	£ 1500000	€ 775
<b>extrasistema</b>	£ 38095	€ 19,67

**Sub C.** strada tipo: strada di sezione tipo F1 con due corsie ed una carreggiata, larghezza m 9 in condizioni endogene ed esogene ordinarie (tutti i fattori di correzione  $f_i = 1$ )

**Costo di costruzione per metro lineare di carreggiata**

AFO1 trincea/rilevato	£ 420380	€ 217,11
AFO2 galleria	Non previste per strade urbane di quartiere	
AFO3 viadotto		
<b>extrasistema</b>	£ 100000	€ 51,65

**Costo di costruzione per metro quadro di carreggiata**

AFO1 trincea/rilevato	£ 46709	€ 24,12
AFO2 galleria	Non previste per strade urbane di quartiere	
AFO3 viadotto		
<b>extrasistema</b>	£ 11111	€ 5,74