

COMUNE DI BOSISIO PARINI



OTTIMIZZAZIONE SERVIZIO DI DISTRIBUZIONE IDRICA E INTERCONNESSIONE CON LA RETE DI ACQUEDOTTO DEL COMUNE DI CESANA BRIANZA

COMMITTENTE:



Lario Reti Holding S.p.A.
GESTORE SERVIZIO IDRICO INTEGRATO

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

ing. Roberto Serra Gropielli

Tel. + 39 0341 1917431

E-mail: r.serragropielli@larioreti.it

STUDIO DI PROGETTAZIONE:



LARIO RETI HOLDING

DIVISIONE INGEGNERIA - PROGETTAZIONE INVESTIMENTI

Lecco Via Fiandra 13, 23900 (LC)

Tel. + 39 0341 359.111

Pec: ingegneria@larioretepec.it

PROGETTISTA:

ing. Marco Rusconi
DOTT. ING.

RUSCONI MARCO
LAUREA SPECIALISTICA - SEZIONE A
SETTORI: A - B - C

Tel. + 39 0341 359.111

E-mail: m.rusconi@larioreti.it

FASE PROGETTUALE:

PROGETTO DEFINITIVO

ALLEGATO:

NUMERO:

T1

RELAZIONE GENERALE, PRIME INDICAZIONI PER LA STESURA
DEL PIANO DELLA SICUREZZA E QUADRO ECONOMICO

SCALA:

CSP:

COLLABORATORI:

ing. Elisa Varenna

REDATTO	DATA	VERIFICATO	DATA	APPROVATO	DATA
EV	Dicembre 2019	MR	Dicembre 2019	MR	Dicembre 2019
REVISIONE N.	DESCRIZIONE:				DATA

NUMERO INTERVENTO:	PDA 2018-053	CODICE PROGETTO:	AB04	COMMESSA:	50727
--------------------	--------------	------------------	------	-----------	-------

Indice

1	PREMESSE	2
2	STATO DI FATTO.....	3
2.1	INQUADRAMENTO TERRITORIALE ED URBANISTICO	3
2.2	ESAME DEI VINCOLI SUL TERRITORIO	3
2.3	RETE DI ACQUEDOTTO ESISTENTE	4
3	OPERE IN PROGETTO.....	8
3.1	GENERALITÀ.....	8
3.2	RIMOZIONE POMPA ESISTENTE, PULIZIA COLONNA POZZI E PROVA A GRADINI DI PORTATA.....	9
3.3	FORNITURA ED INSTALLAZIONE POMPA E DISTRETTUALIZZAZIONE RETE.....	9
3.4	RIFACIMENTO TRATTI DI RETE	9
3.5	MODALITÀ DI POSA IN OPERA DELLE TUBAZIONI INTERRATE.....	10
3.6	ANALISI DELLE COMPONENTI AMBIENTALI	10
3.7	FATTIBILITÀ DELL'INTERVENTO ED ASPETTI FUNZIONALI	10
3.7.1	Vincoli.....	10
3.7.2	Disponibilità delle aree	10
3.7.3	Interferenze con i sottoservizi.....	10
4	VERIFICHE STATICHE	11
4.1	GENERALITÀ.....	11
4.2	INTERAZIONE TUBO - TERRENO.....	11
4.3	CALCOLO DEI CARICHI GRAVANTI SULLA TUBAZIONE	14
4.4	VERIFICA DEI CARICHI GRAVANTI SULLA TUBAZIONE	16
4.5	VERIFICHE STATICHE TUBAZIONI	17
5	PRIME INDICAZIONI E DISPOSIZIONI PER LA STESURA DEI PIANI DI SICUREZZA.....	20
6	GESTIONE DELLE TERRE DA SCAVO.....	20
7	CRONOPROGRAMMA DELLE FASI ATTUATIVE.....	21
8	QUADRO ECONOMICO	22

1 Premesse

Le opere previste nel presente progetto definitivo di "Ottimizzazione servizio di distribuzione idrica e interconnessione con la rete di acquedotto del comune di Cesana Brianza", in Comune di Bosisio Parini, rientrano tra gli interventi previsti nel Piano d'Ambito dalla Provincia di Lecco.

Tali interventi si sono resi necessari in seguito al verificarsi, durante gli scorsi anni, di alcuni problemi di crisi idrica nelle zone poste in corrispondenza del centro storico di Bosisio Parini, ed all'esigenza di adeguare e potenziare la rete di distribuzione esistente, eliminando il serbatoio pensile Arnaboldi.

Gli interventi sono stati individuati nello "Studio idraulico della rete acquedottistica di Bosisio Parini finalizzato all'ottimizzazione del servizio di distribuzione ed all'interconnessione con le reti limitrofe" redatto dalla "BMB Ingegneria S.r.l." nella persona del Dott. Ing. Sergio Bavagnoli nel luglio 2015.

Le opere previste nel presente progetto consistono sinteticamente in:

- Rimozione della pompa esistente posta all'interno della colonna pozzo S. Gaetano, pulizia della colonna pozzo e dei relativi filtri e definizione della curva a gradini di portata caratteristica del pozzo stesso;
- fornitura ed installazione all'interno della colonna pozzo S. Gaetano di una nuova pompa pozzo e del relativo quadro elettrico;
- rifacimento dei tratti di rete di Via Brianza (tratti in cui negli ultimi anni sono stati registrati un elevato numero di perdite).

Dal presente progetto sono state stralciate, rispetto a quanto riportato nello studio idraulico del 2015, le opere necessarie al collegamento della rete acquedottistica del comune di Bosisio Parini con la rete del comune di Cesana B.za. Nel corso dell'anno 2020 è previsto, da parte dell'ufficio modellazione di Lario Reti Holding, l'aggiornamento dello studio della rete del comune di Bosisio Parini (sulla base dei nuovi fabbisogni e in previsione di una pulizia dei pozzi esistenti) e lo studio della rete acquedottistica del comune di Cesana B.za. Gli interventi di interconnessione tra le reti di Bosisio Parini e Cesana B.za necessari per ottimizzare il servizio idrico verranno individuati in seguito a tali studi.

Le opere in progetto sono comunque oggetto di futura integrazione sulla base dei risultati ottenuti dalla modellazione idraulica della rete di Bosisio Parini.

Tale intervento risulta inserito nel piano degli interventi della Provincia di Lecco al fine di colmare il fabbisogno infrastrutturale dell'opera esistente e viene redatto dall'ufficio tecnico della società Lario reti holding S.p.a. in conformità con quanto previsto dalla vigente normativa in materia, ed in particolare secondo quanto indicato dal D.lgs. n°50/2016 e sue successive modifiche ed integrazioni.

2 Stato di fatto

2.1 Inquadramento territoriale ed urbanistico

Il Comune di Bosisio Parini si trova nella Provincia Lecco, sulle rive del lago di Pusiano, a poca distanza dalla Strada statale 36 del Lago di Como e dello Spluga.

Confina a nord con i comuni di Eupilio e Cesana B.za, ad est con Annone di B.za, a sud con Molteno e sud – ovest con Rogeno.

Il territorio comunale si estende per circa 5,82 km² con una popolazione residente nell'anno 2014 pari a 3.532 abitanti (densità abitativa di circa 607 ab/km²).

Dal punto di vista altimetrico il territorio comunale è compreso tra i 258 ed i 309 m s.l.m. con un'altitudine media di 270 m s.l.m. ed è costituito, oltre che dal capoluogo, dalla frazione di Garbagnate Rota caratterizzata da una quota massima di circa 290 m s.l.m..

2.2 Esame dei vincoli sul territorio

Nel seguito si riporta un inquadramento dell'area di intervento rispetto ai principali strumenti di pianificazione urbanistica comunali (PGT) come meglio rappresentato nell'allegato grafico "G1 - Inquadramento territoriale e strumenti urbanistici".

In progetto sono previsti interventi da effettuare direttamente all'interno dell'area pozzo S. Gaetano, compatibili con la destinazione d'uso del territorio (sostituzione pompa pozzo e relativo quadro elettrico) ed il rifacimento di tratti di rete di distribuzione esistenti posti lungo Via Brianza (strada comunale asfaltata) in parte ricadenti all'interno di fasce di rispetto elettrodotti come evidenziato nella figura sottostante.

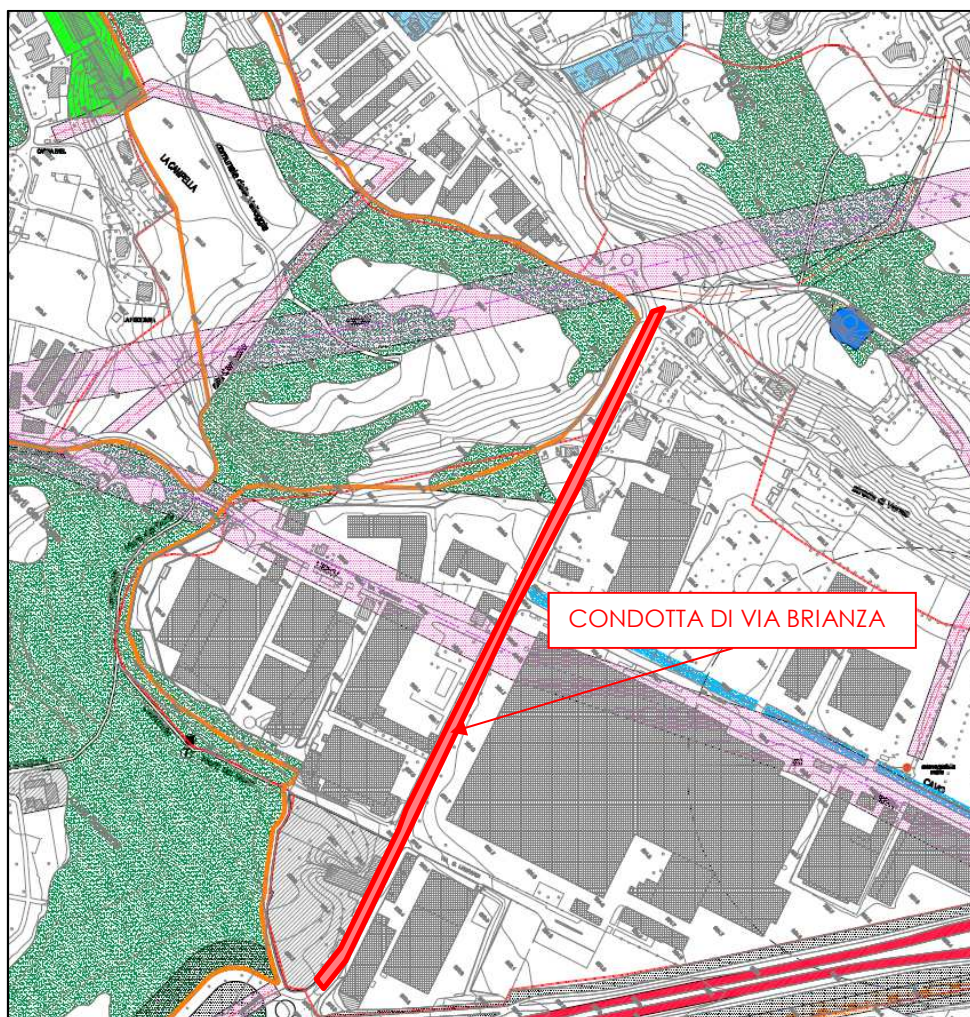


Figura 1 – Estratto PGT Comune di Bosisio Parini “Tavola PR6 – Vincoli urbanistici ed indicazioni di tutela paesaggistica sul territorio comunale”

2.3 Rete di acquedotto esistente

L'acquedotto comunale risulta suddiviso in tre reti caratterizzate da un differente regime piezometrico:

- rete “principale”: alimentata direttamente dai pozzi comunali Parini, S. Gaetano, Scuole e ex Dubini o a gravità dal serbatoio pensile Arnaboldi;
- rete zona “Colombè”: alimentata tramite pompaggio dal serbatoio Colombè servito a sua volta a gravità dalla rete “principale”;
- rete in Località Garbagnate Rota: alimentata dalla rete “principale” tramite gruppo di aumento di pressione posto in via Eupilio.

In particolare il serbatoio Arnaboldi è un serbatoio pensile posto ad un'altezza rispetto al piano campagna di circa 11 m ed è caratterizzato da un volume utile pari a 122 m³. È dotato di un'unica vasca a corona circolare, con diametro esterno (R) di 6,70 m e diametro interno (r) di 1,10 m, ed altezza utile di 3,56 m.

Il serbatoio, come mostrato nella figura sottostante, è ubicato in corrispondenza del Vicolo Arnaboldi e per accedervi è necessario attraversare delle proprietà private; pertanto le attività di manutenzione del manufatto, anche ordinarie, risultano particolarmente difficoltose.

I manufatti civili sono in cattive condizioni.



Figura 2 – Ubicazione serbatoio Arnaboldi

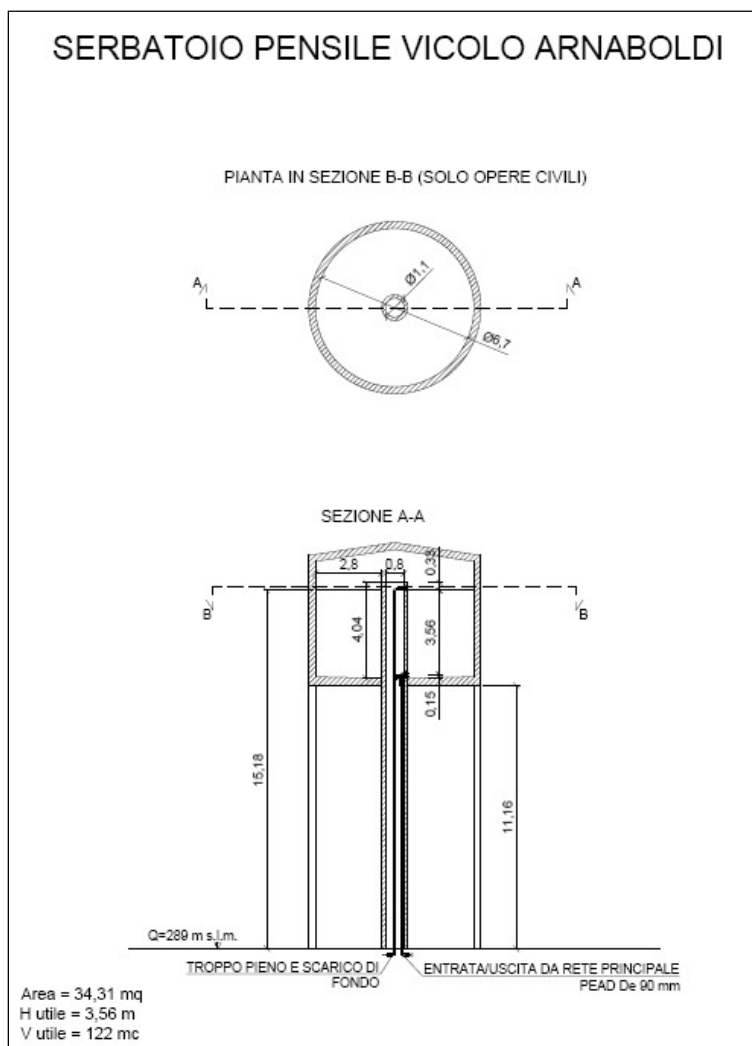


Figura 3 – Serbatoio Arnaboldi

Lungo la rete comunale vi sono inoltre n° 2 gruppi di aumento di pressione a servizio rispettivamente della rete “Colombè” e della rete in Località Garbagnate Rota.

L'intero fabbisogno idrico del Comune di Bosisio Parini è attualmente emunto, tramite n°4 pozzi posti nell'area occidentale del territorio, nell'intorno del centro abitato, dall'acquifero profondo comunale.

I pozzi sono così denominati:

- POZZO 1: Pozzo Parini;
- POZZO 2: Pozzo S. Gaetano;
- POZZO 3: Pozzo Scuole;
- POZZO 4: Pozzo ex Dubini.



Figura 4 – Ubicazione pozzi comunali

Nell'Ottobre 2012 e nell'Aprile 2013 sono state condotte delle campagne di misurazione per la determinazione del livello statico e dinamico della falda di ciascun pozzo e per la definizione dei parametri di permeabilità e trasmissività degli acquiferi captati (vedi "Studio idrogeologico per delimitazione aree di rispetto dei pozzi esistenti nel Comune di Bosisio Parini (LC)" redatto dallo Studio Geologico Tecnico Lecchese di Dott. Massimo Riva Geologo nel Giugno 2013).

Nella Tabella che segue sono riportate le principali caratteristiche dei singoli pozzi così come determinate dallo studio sopra citato.

Tabella 1 – Caratteristiche pozzi comunali

	POZZO			
	PARINI	S. GAETANO	SCUOLE	EX DUBINI
LIVELLO STATICO FALDA (m s.l.m.)	257,58	258,46	258,75	258,67
LIVELLO DINAMICO FALDA (m s.l.m.)	246,7	252,83	232,5	249,79
DELTA LIVELLO FALDA (m)	10,88	5,63	26,25	8,88
PORTATA DI PRELIEVO (l/s)	14,75	6,6	15	22
DIAMETRO POZZO (mm)	320	300	300	300
PROFONDITA' POZZO (m)	39	35	60	
LUNGHEZZA TRATTO FILTRANTE (m)	10	8,5	10	
PROFONDITA' TRATTO FILTRANTE (m)	da 23 a 33	da 26 a 34,5	da 36 a 46	
TIPO DI ELETTROPOMPA	Grundfos SP46-9	Alpha Panelli 21 CV	KSB 62 CV	
PROFONDITA' DI POSA ELETTROPOMPA (m)		30	36	40

In prossimità del confine con il Comune di Cesana Brianza, la rete di Bosisio Parini è allacciata con l'Acquedotto Brianteo.

Poiché le portate emunte dai n°4 pozzi sono sufficienti a garantire il servizio idrico all'intero comune, tale adduzione non è utilizzata.

3 Opere in progetto

3.1 Generalità

Le criticità rilevate nello studio idraulico effettuato nel 2015 sono:

- carico piezometrico non adeguato a garantire un corretto servizio nelle zone del centro storico ed in alcune aree periferiche (in particolare la quota del serbatoio pensile Arnaboldi è tale per cui in corrispondenza delle utenze prossime allo stesso la pressione scenda al di sotto dei 2 bar, in caso di fermo delle pompe pozzi);
- ridotto sfruttamento del volume di accumulo del serbatoio Colombè;
- ridotto sfruttamento della risorsa idrica proveniente dai pozzi con conseguente possibilità di interconnessione della rete del Comune di Bosisio Parini con la rete di acquedotto del Comune di Cesana B.za.

A queste criticità va aggiunto il cattivo stato delle opere civili e l'elevata difficoltà d'esecuzione delle attività di manutenzione del serbatoio pensile Arnaboldi.

È prevista quindi la dismissione e la demolizione del serbatoio Arnaboldi (intervento stimato ed inserito nelle somme a disposizione del quadro economico) e la realizzazione di opere di adeguamento e completamento della rete

Le opere previste nel presente progetto consistono sinteticamente in:

- Rimozione della pompa esistente posta all'interno della colonna pozzo S. Gaetano, pulizia della colonna pozzo e dei relativi filtri e definizione della curva a gradini di portata caratteristica del pozzo stesso;
- fornitura ed installazione all'interno della colonna pozzo S. Gaetano di una nuova pompa pozzo a giri variabili e del relativo quadro elettrico e distrettualizzazione della rete di acquedotto (distretto definito dalle utenze poste nel centro storico);
- rifacimento dei tratti di rete di Via Brianza (tratti in cui negli ultimi anni sono stati registrati un elevato numero di perdite).

Dal presente progetto sono state stralciate, rispetto a quanto riportato nello studio idraulico del 2015, le opere necessarie al collegamento della rete acquedottistica del comune di Bosisio Parini con la rete del comune di Cesana B.za. Nel corso dell'anno 2020 è previsto, da parte dell'ufficio modellazione di Lario Reti Holding, l'aggiornamento dello studio della rete del comune di Bosisio Parini (sulla base dei nuovi fabbisogni e in previsione di una pulizia dei pozzi esistenti) e lo studio della rete acquedottistica del comune di Cesana B.za. Gli interventi di interconnessione tra le reti di Bosisio Parini e Cesana B.za necessari per ottimizzare il servizio idrico verranno individuati in seguito a tali studi.

3.2 Rimozione pompa esistente, pulizia colonna pozzi e prova a gradini di portata

In progetto è prevista la rimozione della pompa pozzo esistente e la pulizia della colonna pozzo con l'esecuzione di una prova a gradini di portata (4 gradini per una durata di 30 minuti ciascuno) al fine di verificare la reale soggiacenza della falda e determinare così il livello statico e dinamico della stessa.

3.3 Fornitura ed installazione pompa e distrettualizzazione rete

È prevista la fornitura e la posa all'interno della colonna del pozzo S. Gaetano (ad una profondità di circa 30 m rispetto al piano campagna) di una pompa sommersa a giri variabili (e del relativo quadro elettrico) in grado di sollevare una portata di 8 l/s ad una prevalenza di circa 65 m. La logica di funzionamento della nuova pompa pozzo sarà tale per cui dovrà essere garantito un carico piezometrico all'utenza posta in prossimità dell'attuale serbatoio Arnaboldi pari ad almeno 2,5 bar. Contestualmente all'installazione della nuova pompa pozzo è prevista la definizione di un nuovo distretto della rete acquedottistica di Bosisio Parini comprendente le utenze poste in corrispondenza del centro storico, le quali verranno alimentate direttamente ed unicamente dal pozzo S. Gaetano. Per la definizione del nuovo distretto è necessario prevedere la chiusura di n°6 valvole di sezionamento della rete esistenti poste:

- all'incrocio tra Via Parini e Via Appiani Andrea DN 125 mm;
- sulla tubazione in uscita dal pozzo S. Gaetano verso Via Appiani Andrea DN 125 mm;
- all'incrocio tra Via Sabina e Via Comarcia DN 80 mm;
- all'incrocio tra Via Viganò e Via Cercè DN 80 mm;
- all'incrocio tra Via Appiani Beniamino e Via IV Novembre DN 100 mm e DN 80 mm;
- sull'attuale tubazione di ingresso/uscita del serbatoio Arnaboldi.

3.4 Rifacimento tratti di rete

In progetto è previsto il rifacimento di alcuni tratti di rete di Via Brianza (tratti in cui negli ultimi anni sono stati registrati un elevato numero di perdite). In particolare è prevista:

- la posa di una condotta in Pead De 225 mm PN16 PE100 lungo Via Brianza per una lunghezza di circa 270 m;
- la posa di una condotta in Pead De 125 mm PN16 PE100 lungo Via Brianza per una lunghezza di circa 380 m;
- il collegamento dei nuovi tratti di rete in progetto alle reti esistenti da mantenere con sostituzione delle saracinesche e demolizioni delle eventuali camerette;
- il ripristino di n°11 allacci in Via Brianza;
- la fornitura, la posa ed il collegamento di n°2 idranti soprasuolo.

3.5 *Modalità di posa in opera delle tubazioni interrato*

Per le operazioni di posa delle condotte interrate si adotterà di norma il seguente schema:

Posa sotto strada asfaltata

- sottofondo e rinfianco in sabbia per uno spessore di 15 cm;
- rinterro con materiale di scavo e ghiaia;
- massicciata in misto granulare stabilizzato per uno spessore di 30 cm;
- ripristino pavimentazione come allo stato attuale.

3.6 *Analisi delle componenti ambientali*

Le opere in progetto, a lavori ultimati, risulteranno completamente interrate.

Là dove la posa di tubazioni o manufatti dovrà essere effettuata su pavimentazioni già esistenti, è stato previsto, a lavori ultimati, il ripristino del sottofondo e della pavimentazione nelle condizioni preesistenti.

3.7 *Fattibilità dell'intervento ed aspetti funzionali*

3.7.1 *Vincoli*

Come già accennato nei paragrafi precedenti, le opere da realizzare all'interno dell'area pozzo S. Gaetano sono compatibili con la destinazione d'uso del territorio (sostituzione pompa pozzo e relativo quadro elettrico).

Non sono previste interferenze con l'elettrodotto durante la posa dei nuovi tratti di rete di Via Brianza (a lavori ultimati le opere saranno interrate).

3.7.2 *Disponibilità delle aree*

Le opere in progetto non interessano aree di proprietà privata. Le opere interessano infatti l'area pozzo S. Gaetano di pertinenza di Lario Reti Holding e strade comunali.

Durante i lavori dovranno essere mantenuti agibili gli accessi carrai per recare il minor disturbo possibile ai residenti.

3.7.3 *Interferenze con i sottoservizi*

Prima della posa delle tubazioni in progetto sarà necessario eseguire sondaggi preliminari per definire la precisa localizzazione dei sottoservizi esistenti.

4 Verifiche statiche

4.1 Generalità

La condotta interrata ed il suolo in cui essa è immersa costituiscono una struttura che, sotto l'azione dei carichi e dei sovraccarichi, deve risultare stabile. Per tale motivo si deve procedere alla verifica statica delle condotte nella loro condizione di esercizio.

Dal punto di vista dell'interazione tra i terreni attraversati e le tubazioni di progetto, si ritiene la portanza limite del terreno sufficiente a sostenere i carichi derivanti dal peso proprio delle tubazioni e del liquido al loro interno, dal peso del terreno di ricoprimento, dal carico indotto sulla tubazione e quindi sul terreno di fondazione.

4.2 Interazione tubo - terreno

In tutte le tubazioni posate in scavo e soggette a carichi esterni si verifica un'interazione tra tubo, materiale di riempimento e parete dello scavo.

Il comportamento statico di una tubazione interrata dipende pertanto dalla resistenza del materiale costituente la condotta, da quella del materiale che la circonda e da come la condotta è collocata all'interno dello scavo, cioè dalla posa e dall'appoggio che contrastano l'ovalizzazione del tubo.

In termini pratici il complesso "materiale di riempimento – pareti dello scavo" si oppone alla deformazione ed alla rottura della tubazione. Maggiore è la "rigidezza" del materiale di riempimento e della struttura intorno alla tubazione, maggiore è la resistenza della condotta alle sollecitazioni esterne.

ELASTICITA' TUBAZIONE

Una tubazione si dice flessibile o deformabile se il "coefficiente di elasticità in sito" (adimensionale) N è maggiore o uguale a 1. Tale coefficiente è funzione del diametro interno della condotta D_i , dello spessore S , del modulo elastico della tubazione stessa E_t e del modulo elastico del terreno che la circonda E_2 secondo la seguente espressione:

$$N = \frac{E_2}{E_t} \cdot \left(\frac{(D_i + S)/2}{S} \right)^3$$

Per quanto riguarda il modulo elastico del terreno di rinfianco e di rinterro si riporta la seguente tabella dove:

E_1 = modulo elastico del terreno sovrastante la tubazione (riempimento);

E_2 = modulo elastico del rinfianco (terreno che circonda la tubazione).

Classe rinterro = 1 se rinterro senza compattazione (terreno scaricato alla rinfusa);
 2 se rinterro con livello scarso di compattazione;
 3 se rinterro con livello medio di costipamento;
 4 se rinterro con ottimo livello di compattazione (ripristino condizioni in sito).

Classe rinfianco = 1 se rinfianco senza compattazione (terreno scaricato alla rinfusa);
 2 se rinfianco con livello scarso di compattazione;
 3 se rinfianco con livello medio di costipamento;
 4 se rinfianco con ottimo livello di compattazione (ripristino condizioni in sito).

Tabella 2 – Modulo elastico terreno di rinterro e rinfianco (E1 e E2)

VALORI DI E1 ED E2 in MPa	CLASSE DI RINFIANCO O DI REINTERRO			
	1	2	3	4
Argilla e terreni a grana molto fine	0,6	1,5	2	5
Limi e terreni a grana fine	0,8	2	3	7
Sabbia e terreni a grana media	1,2	3	4	10
Ghiaia e terreni a grana grossa	2	6	9	20

In progetto si è considerato $E1 = 20 \text{ MPa}$ e $E2 = 10 \text{ MPa}$.

Il modulo elastico del terreno in sito, ai fianchi dello scavo e sul fondo dello stesso senza letto di posa (E3 e E4 rispettivamente), è funzione dell'angolo di attrito interno del terreno ϕ e del peso specifico dello stesso γ secondo la seguente tabella:

Tabella 3 – Modulo elastico terreno in sito (E3 e E4)

TIPO DI TERRENO IN SITO	ϕ (°)	γ (kN/m ³)	E3-E4 (MPa)
Argilla e terreni a grana molto fine	20	20	5
Limi e terreni a grana fine	25	20	7
Sabbia e terreni a grana media	30	20	10
Ghiaia e terreni a grana grossa	35	20	20

In progetto si è considerato $E3 = E4 = 10 \text{ MPa}$.

Per quanto riguarda il modulo elastico delle tubazioni (E_t) può esserci molta diversità tra il valore istantaneo iniziale (E_t iniz.) e quello finale differito nel tempo (E_t f.), come riportato nella seguente tabella:

Tabella 4 – Modulo elastico tubazione (Et)

MATERIALE	Et iniz. (MPa)	Et f. (MPa)
Acciaio	210.000	210.000
Ghisa sferoidale	170.000	170.000
Gres	50.000	50.000
Calcestruzzo	35.000	12.000
Fibrocemento	20.000	7.000
PRFV non caricato	25.000	9.000
PRFV caricato	13.000	4.700
PVC	3.000	1.500
PEAD	900	225

TIPO DI POSA

Una tubazione può essere posata in trincea stretta o in trincea larga in riferimento alla seguente figura:

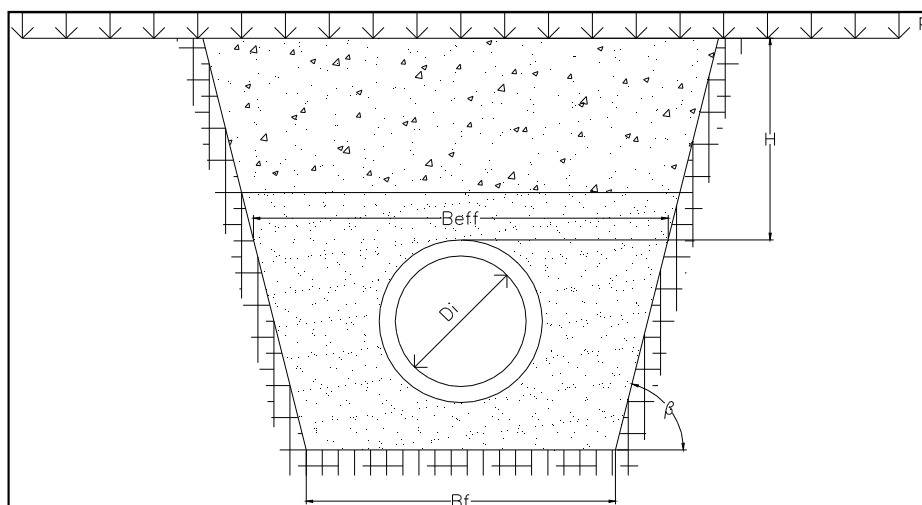


Figura 5 – Sezione schematica di scavo

Una condotta risulta posata in trincea stretta se valgono le seguenti condizioni:

$$Beff \leq 2D \text{ e } H \geq 1,5 Beff$$

oppure

$$2D < Beff < 3D \text{ e } H \geq 3,5 Beff$$

dove:

H = altezza del rinterro al di sopra della generatrice superiore del tubo;

D = diametro esterno della tubazione;

Beff = larghezza della trincea a livello della generatrice superiore del tubo, calcolata come:

$$B_{eff} = B_f + 2 (H_f + D) \tan (90 - \beta), \text{ con:}$$

B_f = larghezza base sezione di scavo;

H_f = altezza sottofondo;

β = angolo in gradi formato dalla scarpata dello scavo con l'orizzontale.

In caso tali condizioni non siano verificate la condotta risulta posata in trincea larga.

4.3 Calcolo dei carichi gravanti sulla tubazione

Qualsiasi tubazione posata in scavo o in terrapieno è soggetta a carichi esterni, dovuti al peso del materiale di ricoprimento ed agli eventuali manufatti gravanti sullo stesso, definiti carichi statici, ed ai carichi dinamici dovuti al passaggio di mezzi terrestri sulla verticale o in prossimità della condotta.

CARICO DOVUTO AL TERRENO

Il carico dovuto al peso del terreno sulla generatrice superiore del tubo, per unità di lunghezza, è dato dalla seguente formula:

$$Q_1 = C_e \cdot D_e^2 \cdot \gamma$$

Dove:

γ = peso specifico del rinterro (assunto in seguito pari al valore cautelativo di 20 kN/m³);

D_e = diametro esterno della tubazione;

C_e = coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea larga. Tale coefficiente è funzione del rapporto H/D_e , delle caratteristiche del terreno e delle modalità di posa. Cautelativamente può essere calcolato tramite le seguenti espressioni:

$$C_e = 0,1 + 0,85 \cdot (H / D_e) + 0,33 \cdot (H / D_e)^2 \text{ per } H / D_e \leq 2,66$$

$$C_e = 0,1 + 1,68 \cdot (H / D_e) \text{ per } H / D_e > 2,66$$

Nel caso di tubazioni flessibili, a parità di condizioni di posa e rinterro, il carico agente sulla tubazione risulta minore rispetto che nel caso di tubazioni rigide e più uniformemente distribuito sull'intera circonferenza, per effetto della deformazione laterale della tubazione e della reazione che ne consegue. In base alla norma UNI7517 il carico Q_1 è ancora dato dall'espressione precedente ma con $C_e = H/D_e$.

CARICO STRADALE

La pressione esercitata sul condotto dal carico stradale è calcolata in base alla teoria di Boussinesq (diffusione di un carico circolare in un semispazio omogeneo e isotopo ed elastico) ed è determinata dalla seguente espressione:

$$q_2 = a_F \cdot p_F \cdot \phi$$

dove:

$$p_F = \frac{F_A}{r_A^2 \cdot \pi} \cdot \left[1 - \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{r_A}{H} \right)^2} \right)^{\frac{3}{2}} \right] + \frac{3 \cdot F_E}{2 \cdot H^2 \cdot \pi} \cdot \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{r_E}{H} \right)^2} \right)^{\frac{5}{2}}$$

$$a_F = 1 - \frac{0,9}{0,9 + \frac{4 \cdot H^2 + H^6}{1,1 \cdot \left(\frac{(De + Di)}{2} \right)^{\frac{2}{3}}}}$$

F_A è il carico sulla superficie considerata, F_E è il carico sulle superfici circostante a quella considerata, r_E è la distanza del baricentro della superficie considerata dal baricentro dei carichi circostanti, r_A è il raggio medio equivalente della superficie con carico F_A e ϕ è il coefficiente di incremento dinamico. Nella tabella seguente sono riportati i valori di F_A , F_E , r_A , r_E e ϕ in funzione della classe della strada (grande, medio, leggero traffico) a norma DIN 1072.

Tabella 5 – Valori dei carichi da norma DIN 1072

CLASSE STRADA	VEICOLO	PESO TOT.	F_A (kN)	F_E (kN)	r_A (m)	r_E (m)	ϕ
Grande traffico	HLC 60	600 kN	100	500	0,25	1,82	1,2
Medio traffico	HLC 30	300 kN	50	250	0,18	1,82	1,4
Traffico leggero	HGV 12	120 kN	40	80	0,15	2,26	1,5

Dalla pressione sull'estradosso della tubazione dovuta al carico stradale q_2 è possibile risalire al carico per unità di lunghezza del tubo:

$$Q_2 = q_2 \cdot De$$

CARICO DOVUTO AL PESO PROPRIO DELLA TUBAZIONE E DEL LIQUIDO IN ESSA CONTENUTO

Il carico dovuto al peso proprio della tubazione e del liquido in essa contenuto è facilmente calcolabile, nota la densità del materiale costituente la tubazione e la densità dell'acqua, tramite la seguente relazione:

$$Q_3 = \frac{\pi}{4} (D^2 \cdot \rho_s - d^2 \cdot (\rho_s - \rho_w)) \cdot g$$

dove:

D = diametro esterno della condotta;

d = diametro interno della condotta;

ρ_s = densità del materiale costituente la tubazione;

ρ_w = densità dell'acqua, pari a 1000 kg/m³

g = accelerazione di gravità, pari a 9,806 m/s²

Il carico Q_3 può essere trascurato nel caso di tubazioni in PVC e Pead in quanto di gran lunga inferiore a Q_1 e Q_2 .

4.4 Verifica dei carichi gravanti sulla tubazione

Il carico totale agente sulla tubazione per unità di lunghezza Q_{tot} è dato dalla somma dei carichi Q_1 e Q_2 .

Q_{tot} è la forza sollecitante la condotta immersa nel terreno e sottoposta ai vari carichi statici e dinamici definiti nei paragrafi precedenti. Questa forza va confrontata, per le tubazioni rigide, con la resistenza caratteristica del tubo espressa solitamente attraverso il suo carico di rottura o di snervamento F_N , determinato in laboratorio e fornito dalle aziende produttrici, mentre per le tubazioni flessibili permette di determinare il grado di deformazione del tubo.

L'inflessione massima a lungo termine delle tubazioni flessibili, in particolare per tubazioni in PRFV, PEAD e PVC non deve superare il 5 % del diametro iniziale della condotta.

Nelle reali condizioni di impiego, la forza sollecitante la condotta diminuisce per effetto delle azioni di supporto del terreno. Il coefficiente di posa E_z , funzione delle modalità di allettamento del condotto, assume i seguenti valori:

$E_z = 1,50 \rightarrow$ Solo sottofondo in sabbia o ghiaietto;

$E_z = 1,80 \rightarrow$ Sottofondo , rinfianco e ricoprimento in sabbia o ghiaietto;

$E_z = 2,80 \rightarrow$ Sottofondo in sabbia o ghiaietto e rinfianco in calcestruzzo;

$E_z = 3,50 \rightarrow$ Totale annegamento in calcestruzzo.

La forza sollecitante (F_s) di una condotta posata nello scavo si ottiene, dividendo il carico totale agente sulla tubazione (moltiplicato per il coefficiente di sicurezza 1,5) per il coefficiente di posa E_z , funzione delle modalità di allettamento del condotto.

$$F_s = \frac{Q_{tot} \cdot 1,5}{E_z}$$

TUBAZIONE RIGIDA

Il condotto è staticamente verificato se la forza sollecitante risulta inferiore rispetto al carico di rottura o di snervamento:

$$F_s \leq F_N$$

TUBAZIONE FLESSIBILE

La deformazione di una condotta flessibile soggetta a una forza sollecitante F_s risulta:

$$\Delta X = \frac{0,125 \cdot T \cdot F_s \cdot 1000}{(E_t / T \cdot (\text{spessore} / De)^3) \cdot 10^6 + 0,0915 \cdot E_i}$$

dove T tiene conto della variazione nel tempo delle caratteristiche del materiale costituente il tubo (per tubazioni in Pead T è posto pari a 1), E_t è il modulo di elasticità del tubo ed E_i risulta:

$$E_i = \frac{9 \cdot 10^4 (H + 4)}{\alpha}$$

dove H è l'altezza di ricoprimento e α è un fattore dipendente dalla compattazione del rinfiamento del tubo, che assume i seguenti valori:

- 1 per compattazione ottima;
- 1,5 per compattazione media;
- 1,52 per compattazione scarsa;
- 1,53 per compattazione nulla.

Nei successivi calcoli si è considerato $\alpha=1,5$.

Il condotto è staticamente verificato se risulta:

$$\frac{\Delta X}{De} \cdot 100 \leq 4$$

4.5 Verifiche statiche tubazioni

Nel caso in esame si sono eseguite le seguenti verifiche:

- tubazione in PEAD PE100 PN16 De 125 mm con sezione di scavo di altezza pari a 1,20 m (altezza ricoprimento circa 0,90 m);
- tubazione in PEAD PE100 PN16 De 225 mm con sezione di scavo di altezza pari a 1,30 m (altezza ricoprimento circa 0,90 m).

I risultati ottenuti sono riepilogati nel seguito.

TUBAZIONE PEAD PN16 De 125 mm – H scavo 1,20 m		
DATI TUBAZIONE		
Diametro esterno	D	125,00 mm
Diametro interno	d	102,20 mm
Spessore	s	11,4 mm
Raggio medio	Rm	56,8 mm
Diametro medio	Dm	113,6 mm
Modulo elastico	Et	225 MPa
DATI TERRENO		
Modulo elastico terreno di riempimento	E1	20 N/mm²
Modulo elastico del terreno di rinfiacco	E2	10 N/mm²
Peso specifico terreno	γ	20 kN/m³
Angolo di attrito interno del terreno	φ	30 °
DATI SCAVO		
Altezza scavo		1,20 m
Altezza ricoprimento	H	0,90 m
Altezza sottofondo	Hs	0,15 m
Larghezza base sezione scavo	Bf	0,80 m
Angolo in gradi formato dalla scarpata dello scavo con l'orizzontale	β	90°
VERIFICA FLESSIBILITA'		
Coefficiente di elasticità in sito	N = 5,50	N>1: TUBAZIONE FLESSIBILE
VERIFICA TIPO DI POSA		
larghezza trincea a livello della generatrice superiore del tubo	Beff	0,80 m
2*D=0,25 m	3*D=0,37 m	1,5*Beff=1,20 m
		3,5*Beff=2,80 m
POSA IN TRINCEA LARGA		
CARICHI AGENTI SULLA TUBAZIONE		
CARICO DOVUTO AL TERRENO Q1		
Ce=H/D= 7,20	Q1=2,25 kN/m	
CARICO STRADALE Q2		
Fa=100 kN	Fe=500 kN	ra=0,25 m
af= 0,94	pf=58,81	q2=66,42 kN/m²
		Q2=8,30 kN/m
CARICO TOTALE: QT=Q1+Q2= 10,55 kN/m		
FORZA SOLLECINTANTE		
Ez = 1,8	Fs = 8,79 kN/m	
CALCOLO INFLESSIONE DIAMETRALE		
Ei=2.940.000 N/m²	Δx=2,50 mm = 1,99% D	<5% VERIFICA POSITIVA

TUBAZIONE PEAD PN16 De 225 mm – H scavo 1,30 m			
DATI TUBAZIONE			
Diametro esterno	D	225,00 mm	
Diametro interno	d	184,00 mm	
Spessore	s	20,5 mm	
Raggio medio	Rm	102,25 mm	
Diametro medio	Dm	204,5 mm	
Modulo elastico	Et	225 MPa	
DATI TERRENO			
Modulo elastico terreno di riempimento	E1	20 N/mm ²	
Modulo elastico del terreno di rinfiaccio	E2	10 N/mm ²	
Peso specifico terreno	γ	20 kN/m ³	
Angolo di attrito interno del terreno	φ	30 °	
DATI SCAVO			
Altezza scavo		1,30 m	
Altezza ricoprimento	H	0,90 m	
Altezza sottofondo	Hs	0,15 m	
Larghezza base sezione scavo	Bf	0,80 m	
Angolo in gradi formato dalla scarpata dello scavo con l'orizzontale	β	90°	
VERIFICA FLESSIBILITA'			
Coefficiente di elasticità in sito	N = 5,51	N>1: TUBAZIONE FLESSIBILE	
VERIFICA TIPO DI POSA			
larghezza trincea a livello della generatrice superiore del tubo		Beff	0,80 m
2*D=0,45 m	3*D=0,67 m	1,5*Beff=1,20 m	3,5*Beff=2,80 m
POSA IN TRINCEA LARGA			
CARICHI AGENTI SULLA TUBAZIONE			
CARICO DOVUTO AL TERRENO Q1			
Ce=H/D= 4,00		Q1=4,05kN/m	
CARICO STRADALE Q2			
Fa=100 kN	Fe=500 kN	ra=0,25 m	re=1,82 m
af= 0,92	pf=58,81	q2=64,62 kN/m ²	Q2=14,54 kN/m
CARICO TOTALE: QT=Q1+Q2= 18,59 kN/m			
FORZA SOLLECINTANTE			
Ez = 1,8		Fs = 15,49 kN/m	
CALCOLO INFLESSIONE DIAMETRALE			
Ei=2.940.000 N/m ²	Δx=4,41 mm = 1,96% D		<5% VERIFICA POSITIVA

5 Prime indicazioni e disposizioni per la stesura dei piani di sicurezza

Il Piano di sicurezza e coordinamento sarà redatto, ai sensi del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i., durante la fase di progettazione esecutiva dell'opera.

In realtà la sua stesura interessa l'intera fase di progettazione in quanto incide sulle scelte progettuali di fondo e sulla loro quantificazione economica.

Durante la sua stesura definitiva dovranno essere valutate le diverse condizioni operative proprie del cantiere in modo da prevedere tutti i possibili rischi e le prevenzioni da attuare in ogni singola fase di lavorazione.

In particolare occorrerà verificare la presenza, nelle immediate vicinanze dei lavori, di aree disponibili per il deposito dei materiali e per le lavorazioni che occorressero. Queste aree dovranno essere rese disponibili per tutta la durata del cantiere.

I lavori si svilupperanno principalmente su strade comunali, pertanto saranno adottate tutte le misure necessarie al fine di ridurre i rischi interferenziali tra le aree di cantiere ed eventuali passanti.

Per i lavori da effettuarsi su sede stradale, particolare attenzione sarà posta alla viabilità ed agli accorgimenti da considerare per lo svolgimento dei lavori in sicurezza. Saranno quindi date indicazioni sia relativamente alle possibili interferenze tra gli automezzi e l'area di cantiere, sia relativamente alle possibili alternative viabilistiche.

Saranno inoltre indicate le procedure da adottare in occasione di particolari tratti impegnativi (semaforizzazione, segnalazione con movieri, ecc.).

Per quanto riguarda i sottoservizi esistenti, dovranno essere verificati in sede di installazione del cantiere da parte dell'Impresa Appaltatrice, mediante coordinamento diretto dei sottoservizi.

6 Gestione delle terre da scavo

Le lavorazioni oggetto dell'appalto prevedono gli scavi per la posa di tubazioni. Per quanto riguarda le terre da scavo, qualora durante l'esecuzione sia confermato che il terreno rimosso non contiene elementi inquinanti, il progetto prevede che il terreno rimosso sia in parte riutilizzato per il rinterro degli scavi mentre la parte rimanente (corrispondente al volume delle tubazioni, rinfianchi, massicciata stradale, ecc.) sia trasportata e conferita presso un impianto di trattamento autorizzato o in discarica secondo la normativa in materia di "Gestione dei materiali da scavo" alla luce del D.P.R. 120/2017.

7 Cronoprogramma delle fasi attuative

Il Cronoprogramma delle fasi attuative prevede l'indicazione dei tempi massimi di svolgimento delle varie attività di progettazione, approvazione, affidamento, esecuzione e collaudo.

Nel seguito viene riportata una tabella indicante le varie fasi:

Redazione progetto definitivo	Dicembre 2019
Approvazione progetto definitivo.....	Maggio 2020
Redazione e approvazione progetto esecutivo.....	Luglio 2020
Affidamento lavori.....	Settembre 2020
Fine esecuzione dei lavori e collaudo.....	Febbraio 2021

8 Quadro economico

L'impegno di spesa globale del presente progetto, risultante dall'allegato T3 "Computo Metrico Estimativo" e sommati gli importi a disposizione dell'amministrazione ammonta a € 266.250,00 (duecentosessantaseimiladuecentocinquanta/00) esclusa l'IVA di legge.

Si riporta in ogni caso separatamente il calcolo dell'IVA, esclusa dal quadro economico, e l'importo complessivo compreso di IVA e pari a € 302.775,00.

Il quadro economico riepilogativo risulta pertanto il seguente:

QUADRO ECONOMICO		
	OPERE A BASE D'APPALTO	importi
a2	importo a base di gara (IVA esclusa)	171 397,27
a3	oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso (IVA esclusa)	3 602,73
A	tot. opere a base d'appalto	175 000,00
	SOMME A DISPOSIZIONE	importi
b1	imprevisti	8 750,00
b2	valutazione rischio archeologico e assistenza archeologica agli scavi	3 000,00
b3	demolizione serbatoio Arnaboldi	50 000,00
b4	spese tecniche per la progettazione, direzione lavori, coordinatore sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione, collaudo	26 000,00
b5	procedure di gara e incentivi per funzioni tecniche	3 500,00
B	Totale somme a disposizione - IVA esclusa	91 250,00
IMP. TOTALE GENERALE - IVA ESCLUSA (A+B)		266 250,00

IVA, ESCLUSA DAL QUADRO ECONOMICO

c0	iva 10 % sui lavori (vedi voce A)	17 500,00
c1	iva 10 % su imprevisti (vedi voce b1)	875,00
c2	iva 22 % su valutazione rischio archeologico e assistenza archeologica agli scavi (vedi voce b2)	660,00
c3	iva 10 % su oneri demolizione serbatoio Arnaboldi (vedi voce b3)	11 000,00
c4	iva 22% su spese tecniche per la progettazione, direzione lavori, coordinatore sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione, collaudo (vedi voce b4)	5 720,00
c5	iva 22% su procedura di gara e incentivi per funzioni tecniche	770,00
IMPORTO TOTALE IVA		36 525,00
IMPORTO TOTALE DI PROGETTO - IVA INCLUSA		302 775,00