

***Programma dettagliato delle indagini: Archeologiche; Ambientali;  
Topografiche; Geologiche; Geotecniche; Idrologiche-Idrauliche;  
Tecnologiche per censimento sottoservizi***

## **INDICE**

<b>PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>1 INDAGINI ARCHEOLOGICHE.....</b>	<b>6</b>
1.1 Dettagli sulle indagini archeologiche .....	6
1.1.1 Risorse umane e finanziarie .....	7
<b>2 INDAGINI AMBIENTALI .....</b>	<b>7</b>
2.1 Premessa e descrizione del piano di indagini ambientali.....	7
2.2 Matrici ambientali monitorate e metodologie.....	9
2.2.1 Rumore.....	9
2.2.2 Campi elettromagnetici.....	16
2.2.3 Qualità dell'aria - atmosfera.....	20
2.2.4 Indagini ecologiche.....	26
2.3 Tempi e punti di monitoraggio nelle diverse fasi .....	32
2.3.1 Monitoraggio in fase di ante operam .....	32
2.3.2 Monitoraggio in fase di cantiere (durante).....	35
2.3.3 Monitoraggio in post operam.....	39
<b>3 INDAGINI TOPOGRAFICHE.....</b>	<b>42</b>
3.1 Indagini topografiche: Georeferenziazione dei rilievi nel sistema geodetico nazionale e materializzazione del sistema di riferimento locale in coordinate rettilinee .....	43
3.2 Indagini topografiche: Rilievo di dettaglio .....	48
3.2.1 Indagini topografiche: Elaborati Prodotti .....	50
<b>4 INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE .....</b>	<b>51</b>
4.1 Premessa e criteri di impostazione del piano di indagini .....	51
4.2 Indagini di caratterizzazione geologica e idrogeologica dei terreni.....	51
4.2.1 Perforazioni.....	51
4.2.2 Piezometri.....	51
4.2.3 Prove di permeabilità in sito .....	52
4.3 Indagini per la caratterizzazione sismica dei terreni .....	52
4.4 Indagini per la caratterizzazione geotecnica dei terreni .....	52
4.4.1 Prove geotecniche in sito .....	52
4.4.2 Prove geotecniche di laboratorio .....	52
4.5 Indagini per la caratterizzazione geotecnica stradale .....	53
4.6 Indagini per la ricerca di cavità' .....	53
4.7 Sintesi delle indagini previste per ogni tratta.....	53
<b>5 INDAGINI IDROLOGICHE IDRAULICHE.....</b>	<b>55</b>
5.1 Indagini relative alle interferenze con aree classificate secondo il p.a.i.....	55
5.2 Indagini relative alle interferenze con la rete idrografica e la rete fognaria cittadina .....	55

5.3	Indagini rete fognaria.....	56
<b>6</b>	<b>INDAGINI TECNOLOGICHE PER IL CENSIMENTO SOTTOSERVIZI .....</b>	<b>58</b>
6.1	Classificazione dei sottoservizi.....	59
6.2	Identificazione in campo dei sottoservizi .....	62
6.3	Indagini geofisiche per l'individuazione dei sottoservizi superficiali .....	65
6.4	Indagini geofisiche per l'individuazione dei sottoservizi / canali profondi o per individuazione delle cavità .....	69
6.5	Ispezione diretta dei sottoservizi .....	72
<b>7</b>	<b>RIEPILOGO INDAGINI.....</b>	<b>72</b>

## PREMESSA

Nel bando è richiesta la elaborazione di un dettagliato Piano di Indagini finalizzato ad acquisire i dati necessari ed esaustivi per una completa caratterizzazione dello stato dei luoghi.

Così come previsto dalla normativa vigente (art. 23 del D.Lgs 50/2016), il piano di indagini che, come indicato nel bando, dovrà essere sviluppato prima della progettazione definitiva ed in funzione del quale verrà elaborata una opportuna rivisitazione del progetto di fattibilità tecnico-economica, riguarderà gli aspetti caratterizzanti le aree di progetto sotto il profilo archeologico, ambientale, topografico, geologico, geotecnico ed idrologico-idraulico, nonché sul tema di appropriate indagini tecnologiche per il censimento dei sottoservizi.

Nel seguito, per ciascuna tematica vengono illustrati i criteri di base che hanno guidato l'elaborazione dei relativi piani di indagine, le attività previste relativamente alle tipologie di indagine proposte, le relative quantità e le specifiche tecniche. Il computo delle indagini è stato redatto considerando il prezzario Regione Sicilia 2018 (e Prezzari Anas), applicando ai prezzi di questo una riduzione del 35% compatibile con gli effettivi prezzi di mercato al giorno d'oggi.

<b>PROGRAMMA INDAGINI - RIEPILOGO INTERO INTERVENTO</b>		
<b>INDAGINI</b>	<b>PREZZI da PREZZARIO REGIONE SICILIA 2018</b>	<b>PREZZI DA INDAGINI DI MERCATO</b>
AMBIENTALI	99.300,00 €	64.545,00 €
ARCHEOLOGICHE	97.728,00 €	63.523,20 €
GEOLOGICHE	143.725,18 €	93.421,37 €
GEOTECNICHE	105.417,24 €	68.521,21 €
IDROLOGICHE IDRAULICHE	19.583,76 €	12.729,44 €
SOTTOSERVIZI	164.803,94 €	107.122,56 €
TOPOGRAFICHE	135.000,00 €	87.750,00 €
<b>SOMMANO</b>	<b>765.558,12 €</b>	<b>497.612,78 €</b>

<b>PROGRAMMA INDAGINI - 1° Stralcio Funzionale (Tratte A+B+C)</b>		
<b>INDAGINI</b>	<b>PREZZI da PREZZARIO REGIONE SICILIA 2018</b>	<b>PREZZI DA INDAGINI DI MERCATO</b>
AMBIENTALI	46.990,00 €	30.543,50 €
ARCHEOLOGICHE	39.768,00 €	25.849,20 €
GEOLOGICHE	72.025,98 €	46.816,89 €
GEOTECNICHE	36.094,80 €	23.461,62 €
IDROLOGICHE IDRAULICHE	9.791,88 €	6.364,72 €
SOTTOSERVIZI	128.602,69 €	83.591,75 €
TOPOGRAFICHE	57.190,64 €	37.173,92 €
<b>SOMMANO</b>	<b>390.463,99 €</b>	<b>253.801,59 €</b>

Ai fini della definizione dell'importo da inserire nel QE è stato pertanto considerato l'importo relativo ai prezzi di mercato.

Si riportano in calce alla presente relazione l'elenco delle indagini ed il relativo computo metrico estimativo; la codifica adottata nel computo è la medesima degli elaborati TAVV. 111-127.

Di seguito si riporta a titolo esemplificativo la legenda delle TAVV. 111-127 che richiama la codifica adottata per la redazione dei computi relativi al programma delle indagini.

LEGENDA	
	SEDE TRAMVIARIA
	DEPOSITI TRAM
 S-i	i-esima INDAGINE GEOLOGICA - GEOTECNICA DISPONIBILE
 x(GEO)a-i	i-esima INDAGINE GEOLOGICA - GEOTECNICA PROGRAMMATA della tratta x
 x(SSV)a-i	i-esima INDAGINE TECNOLOGICA della tratta x PER IL CENSIMENTO DEI SOTTOSERVIZI
	INDAGINI TOPOGRAFICHE
	AREE DI INTERESSE ARCHEOLOGICO
	AREE DI INTERESSE ARCHEOLOGICO OGGETTO DI SCAVI E INDAGINI
 x(IDR)i	i-esima INDAGINE IDRAULICA della tratta x IN CORRISPONDENZA DI CANALI
 x(IDR)i	i-esima INDAGINE IDRAULICA della tratta x IN CORRISPONDENZA DI COLLETTORI
 x(amb)a-i	i-esima INDAGINE AMBIENTALE della tratta x PER LA VALUTAZIONE DEL RUMORE SU 24 ORE
 x(amb)b-i	i-esima INDAGINE AMBIENTALE della tratta x PER LA VALUTAZIONE DEL RUMORE SU 7 GIORNI
 x(amb)d-i	i-esima INDAGINE AMBIENTALE della tratta x PER LA VALUTAZIONE DELLE VIBRAZIONI
 x(amb)e-i	i-esima INDAGINE AMBIENTALE ECOLOGICA della tratta x
 LNx(amb)c-i	i-esima INDAGINE AMBIENTALE della tratta esistente x PER LA VALUTAZIONE DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

## **1 INDAGINI ARCHEOLOGICHE**

Come da relazione allegata nessuna area attraversata dalle tratte tramviarie può essere considerata a rischio archeologico nullo; per tale ragione si renderà necessario un ulteriore approfondimento delle indagini, in parte già effettuate, volte alla definizione più puntuale delle criticità già emerse e a garantire la tutela e la salvaguardia dei beni archeologici durante (e dopo) la realizzazione del progetto. A tal fine le indagini preventive saranno seguite da un archeologo iscritto all'elenco Ministeriale degli operatori abilitati alla redazione del documento di valutazione archeologica nel progetto preliminare di opera pubblica, con documentata esperienza di scavi urbani con particolare riferimento alla città di Palermo e con esperienza di lavoro in progetti di opere pubbliche.

### **1.1 DETTAGLI SULLE INDAGINI ARCHEOLOGICHE**

Nello specifico le indagini preventive si articoleranno come di seguito specificato:

1. verifica dell'esistenza di vincoli archeologici;
2. raccolta e studio della bibliografia archeologica e della cartografia storica;
3. studio della geomorfologia;
4. studio delle fotografie aeree e della toponomastica;
5. Ricognizione archeologica dove possibile, dal momento che il tracciato tramviario da progetto ricade in zone densamente abitate;
6. .verifica con il personale della Soprintendenza ai BB.CC.AA. di Palermo – UO 05 sezione archeologica, di eventuali rinvenimenti archeologici non ancora editi, e definizione delle strategie da adottare durante i lavori di realizzazione del progetto;
7. Eventuale esecuzione di saggi stratigrafici preventivi nelle aree caratterizzate da elevato rischio archeologico da concordare con il personale della Soprintendenza ai BB.CC.AA. di Palermo – UO 05 sezione archeologica;
8. verifica, quanto possibile, di tutte quelle attività (posa di sotto servizi, servizi a rete, sbancamenti, ecc.) che hanno potuto interferire con i depositi archeologici e quindi rendere nullo il rischio.

Per quanto già emerso dalla relazione preliminare allegata, tutte le attività di scavo, in fase di realizzazione del progetto comprese interferenze e sottoservizi, saranno seguite da un archeologo iscritto all'elenco Ministeriale degli operatori abilitati alla redazione del documento di valutazione archeologica nel progetto preliminare di opera pubblica, con documentata esperienza di scavi urbani con particolare riferimento alla città di Palermo e con esperienza di lavoro in progetti di opere pubbliche.

Lo scavo sarà eseguito con mezzo meccanico secondo le dimensioni e le profondità come da progetto; tutte le fasi di scavo saranno documentate graficamente e fotograficamente secondo le disposizioni della Soprintendenza ai BB.CC.AA. di Palermo- UO 05.

Per le zone caratterizzate da rischio archeologico alto lo scavo dovrà essere condotto fino a "roccia" secondo le indicazioni della Soprintendenza ai BB.CC.AA. di Palermo – UO 05.

Nel caso di rinvenimenti archeologici lo scavo sarà condotto secondo le disposizioni della Soprintendenza ed i singoli casi andranno valutati singolarmente.

### 1.1.1 Risorse umane e finanziarie

Per le attività sopra elencate, sia per le indagini preventive che per le fasi di realizzazione del progetto, ci si avvarrà delle seguenti risorse umane:

**Archeologo** Direttore/Coordinatore/Responsabile/Esecutore in possesso del titolo di specializzazione in archeologia e/o di dottorato di ricerca, con documentata esperienza in scavi urbani in particolare nella città di Palermo, documentata esperienza lavorativa in progetti di grandi opere pubbliche.

**Archeologo** collaboratore con documentata esperienza di scavi in contesti urbani che affiancherà l'archeologo responsabile durante le fasi di scavo archeologico al fine di non interrompere ed evitare ritardi nella normale attività di sorveglianza.

**Disegnatore** con documentata esperienza di rilievo in contesti urbani.

Tabella retributiva Archeologo (Tariffario ANA)

Denominazione	Mansione	Compenso forfettario mensile
Archeologo responsabile	Attività di sorveglianza archeologica e scavo archeologico di cui al paragrafo 1.2 Direttore/Coordinatore/Responsabile/Esecutore	€ 4.800,00
Archeologo collaboratore	Attività di sorveglianza archeologica e scavo archeologico di cui al paragrafo 1.2. secutore	€ 3543,57

Tabella retributiva disegnatore

Denominazione	Mansione	Tariffa
Disegnatore	Attività di rilievo archeologico di cui al paragrafo 1.2 Responsabile del rilievo sul campo, della lucidatura e del posizionamento topografico.	€ 200 giornata/uomo

Le tariffe sopra riportate sono da intendersi al netto di IVA e CAP.

## 2 INDAGINI AMBIENTALI

### 2.1 PREMESSA E DESCRIZIONE DEL PIANO DI INDAGINI AMBIENTALI

Il *Piano delle Indagini Ambientali*, nel seguito PIA, è stato redatto al fine di effettuare il monitoraggio nelle aree della Città di Palermo interessate dai lavori di costruzione delle nuove tratte di completamento del sistema Tram di Palermo.

Tale opera è costituita da sette linee urbane. Le matrici ambientali monitorate saranno:

- Rumore

- Vibrazioni
- Campi elettromagnetici
- Qualità dell'aria

La programmazione spazio-temporale delle attività di indagine ambientale anticiperà e accompagnerà i tre principali "macro momenti" della realizzazione dell'opera, quali:

- indagini in Ante Operam
- indagini Durante (in fase di cantiere)
- indagini Post Operam

Il presente Piano di Indagini Ambientali si riferisce in particolare alla cosiddetta fase ante operam che ha lo scopo di fissare lo stato dell'ambiente nello stato attuale per verificare se in corso di realizzazione dell'opera e ad opera conclusa e in esercizio, post operam, l'ambiente ha ottenuto un auspicabile miglioramento ovvero se presenta peggioramenti che possono essere ragionevolmente riferibili all'opera stessa. Le metodologie di controllo ambientale riferite espressamente alla fase ante operam fungeranno da linee guida per le indagini delle successive fasi relative alla costruzione dell'opera e alla messa in esercizio (fase post operam) dell'infrastruttura stessa.

Si è individuato un lotto di cantiere della lunghezza di m 600,00 e si è provveduto a distribuire i punti di monitoraggio lungo tutta la tratta in modo da avere un controllo omogeneo delle matrici ambientali. I tracciati delle sette tratte sono i seguenti:



**[Tratta A](#), [Tratta B](#), [Tratta C](#), [Tratta D](#), [Tratta E](#), [Tratta F](#), [Tratta G](#).**

Per il deposito dei mezzi è prevista l'attrezzatura di due aree che comprenderanno, oltre ai fasci di binari di rimessa, le officine e tutte le apparecchiature per la manutenzione dei convogli. Tali aree sono localizzate nella zona di Via PV. 46 ed in Piazza Giovanni Paolo II.

L'ubicazione dei singoli punti di monitoraggio, meglio precisati nel seguito e nella documentazione tecnica allegata al progetto (v. Tavv. da 111 a 127), non presentano la stessa distribuzione nelle tre fasi del monitoraggio.

Difatti nella fase di realizzazione dell'opera i punti monitorati sono stati definiti in funzione delle lavorazioni che maggiormente possono influire sulle matrici ambientali monitorate; diversamente punti e matrici ambientali monitorate nelle fasi ante/post operam risultano concordanti, ciò al fine di poter eseguire un confronto realistico sulla variazioni eventualmente riscontrate nei parametri monitorati.

Le metodologie ed i mezzi utilizzati, nonché le modalità di raccolta, elaborazione e presentazione dei dati verranno approfondite nel seguito del presente PIA per ciascuna matrice ambientale, qui si riportano brevemente la tipologia della strumentazione, la modalità di utilizzo e la durata del monitoraggio:

- monitoraggio del rumore: stazione non presidiata per un tempo di 24 ore (per alcuni punti nevralgici sono stati previsti campionamenti della durata di 7 giorni);
- monitoraggio delle vibrazioni: stazione presidiata per un tempo di 3 ore;
- monitoraggio dei campi elettrici: strumentazione di rilevazione campi elettrici per un tempo di circa 1 ora;
- monitoraggio delle qualità dell'aria: laboratorio mobile per un tempo di 1 settimana.

## **2.2 MATRICI AMBIENTALI MONITORATE E METODOLOGIE**

Nel presente capitolo saranno prese in considerazione tutte le matrici ambientali descritte precedentemente, da monitorare. Per ognuna di esse saranno esposte la strumentazione impiegata e le metodologie adoperate per lo studio dei risultati ottenuti nel corso delle campagne d'indagine.

### **2.2.1 Rumore**

I cicli produttivi che potranno dare luogo ad emissioni rumorose dovranno essere monitorate per consentire di verificare eventuali avvicinamenti o superamenti ai valori limite propri delle zone territoriali. Essendo gli stabili limitrofi ai cantieri quelli maggiormente interessati da tale problematica, sarà su di essi, o in loro prossimità, che verranno effettuate le operazioni di monitoraggio acustico.

L'analisi delle aree urbane dove insistono i cantieri consentirà di identificare i recettori maggiormente esposti ai rumori provenienti dalle attività di cantiere da porre in essere.

La definizione dei punti dove effettuare le misure avverrà quindi attraverso lo studio del territorio, prendendo in considerazione i recettori. Sono definiti recettori, ai sensi del DPR del 18/11/98 n° 459, tutti gli edifici adibiti ad ambiente abitativo, comprese le relative aree esterne di pertinenza ove, per ambiente abitativo, si intende ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o comunità ed utilizzato per le diverse attività umane.

Sono inoltre definiti ricettori tutti gli edifici adibiti ad attività lavorativa o ricreativa, le aree naturalistiche vincolate, i parchi pubblici, le aree esterne destinate ad attività ricreativa e allo svolgimento della vita sociale della collettività, le aree territoriali edificabili (aree di espansione) già individuate dal vigente PRG.

Verranno quindi presi in considerazione sia i recettori maggiormente esposti costituiti da civili abitazioni site in prossimità del cantiere, che i recettori definiti sensibili per particolari loro caratteristiche, come ad esempio gli ospedali, le case di cura e le scuole.

Trattandosi di area prettamente urbana ad alta densità abitativa, l'indagine dovrebbe essere condotta a tappeto, cosa assai onerosa e dispendiosa, pertanto verrà effettuata una cernita, selezionando solamente quelli sensibili prossimi alle attività di cantiere maggiormente rumorose

ed un'unica stazione di campionamento per tutti i significativi assi viari sui quali convergono omogenei volumi di traffico veicolare.

I punti di misura dovranno comunque essere posti in prossimità della facciata degli edifici identificati, secondo quanto riportano nel DM 16.03.1998 "Tecniche di misura del rumore".

Le misure potranno essere di lunga durata (minimo 24 ore fino ad 1 settimana) o di breve durata (minimo 10 minuti).

In concomitanza delle misure di clima acustico, verranno anche monitorati alcuni parametri meteorologici per verificare la sussistenza delle condizioni operative di misura previste dal citato DM 16.03.1998. I parametri meteorologici monitorati in contemporanea delle misure di rumore sono la velocità e direzione del vento e la verifica di precipitazioni.

Nel caso in cui si verificano eventi meteorologici avversi, sarà necessario attuare opportuni mascheramenti in sede di analisi dei dati; il periodo di non validità del dato non deve comunque essere superiore al 25% del tempo di riferimento nel caso di misure di lunga durata, e non devono essere presenti fenomeni avversi nel caso di misure di breve durata.

Oltre ai punti identificati secondo i criteri sopra esposti, se ritenuto necessario, sarà comunque possibile effettuare ulteriori verifiche in corso d'opera su altri recettori.

I risultati delle misure andranno verificati, per quanto riguarda i valori assoluti, con i limiti previsti per la zona dalla zonizzazione acustica del territorio comunale, oppure in mancanza di essa, con i limiti previsti dal DPCM 01.03.1991.

In considerazione del fatto che in molte delle aree urbane detti limiti possono risultare già superati, necessiterà verificare che il superamento in corso d'opera sia realmente riconducibile alle attività di cantiere, allo scopo di individuare contestualmente i sistemi per contenere tale impatto acustico.

### **Parametri e frequenza da determinare:**

#### **Per la fase ANTE-OPERAM**

Vengono rilevati (su 24 ore in continuo) ed una sola volta:

- Leq giornaliero;
- Leq diurno (06-22);
- Leq notturno (22-06)
- LA,eq nel periodo di massimo disturbo;
- I valori su base oraria dei livelli statici cumulativi L1, L10, L50, L90, L99;
- Le eccedenze rispetto al valore soglia impostato a 70 dB(A) di durata superiore a 15 secondi.

Per punti di misura previsti su uno stesso asse viario, i campionamenti saranno effettuati in giorni diversi della settimana in modo da rilevare valori medi dei precedenti parametri. Sono stati previsti un numero di punti di indagine pari a 41 punti complessivi, inoltre sono stati identificati per ogni tratta alcuni punti "nevralgici" per i quali si è previsto il campionamento della durata di 7 gg, questo al fine di valutare con la dovuta attenzione e perizia l'impatto ambientale acustico presente nelle zone interessate dall'intervento e che poi fungerà da base di confronto per le eventuali indagini successive.

#### **Per la fase di cantiere (DURANTE) da eseguire 1 volta ogni 3 mesi.**

Per quello che riguarda le grandezze acustiche da misurare e le modalità di campionamento, la metodologia prevista è del tutto simile a quella descritta nella fase ante-operam. Si ritiene inoltre utile eseguire una serie di accertamenti "spot" atti a definire l'emissione sonora prodotta dalle

singole macchine o lavorazioni di cantiere allo scopo di verificare la rispondenza ai limiti imposti da normative nazionali o europee, nei casi in cui siano applicabili, fornendo alla Direzione Lavori strumenti idonei ad effettuare controlli e successive verifiche del rispetto della rumorosità emessa da macchine operatrici o da procedure di lavoro, in questa fase sono stati previsti un numero di punti di indagine e campionamenti superiore rispetto alle fasi "Ante" e "Post" Operam, inoltre sono stati identificati per ogni tratta alcuni punti "sensibili" per i quali si è previsto il campionamento della durata di 7 gg, questo al fine di valutare con la dovuta attenzione e perizia l'impatto delle "lavorazioni" durante la fase di "Realizzazione dell'Opera" (fase invasiva) rispetto ai ricettori individuati.

### **Per la fase POST-OPERAM**

Le misure dei livelli sonori post-operam hanno un duplice scopo, vale a dire:

- caratterizzare in maniera quantitativa la situazione acustica ambientale che s'instaurerà ad opera realizzata;
- verificare il corretto dimensionamento degli interventi di abbattimento del rumore definiti in fase di progettazione successiva.

Le indagini saranno eseguite durante il periodo di normale esercizio commerciale della nuova linea ferroviaria. I risultati ottenuti sono utilizzabili al fine di adeguare, eventualmente, gli interventi di mitigazione del rumore previsti.

Per la fase Post Operam, si effettuerà la rilevazione dei seguenti parametri legati al passaggio delle vetture sulla nuova linea tramviaria:

- l'istante d'inizio;
- il profilo temporale dei singoli transiti;
- il valore del livello di esposizione sonora (SEL-10);
- la durata del transito (secondi).

La misurazione di tali parametri consente quindi di determinare i valori di

- Leq giornaliero;
- Leq diurno;
- Leq notturno.

Nella fase Post Operam le misure, di durata 24 ore, dovranno essere effettuate una volta, nei primi mesi di esercizio della nuova linea tramviaria, dopo che il traffico su questa avrà raggiunto una condizione di regime.

### **Attrezzature e metodologie di monitoraggio**

La strumentazione utilizzata dovrà essere precedentemente tarata nel rispetto di quanto previsto dal manuale dello strumento e/o dalle specifiche procedure di cui si è dotato il laboratorio. Nello specifico, per le misurazioni in campo verrà utilizzata la seguente strumentazione:

<b>Tipologia</b>	<b>Strumento</b>
Fonometro elettronico digitale	01dB – Synphonie
Calibratore acustico	01dB – CAL01
Fonometro elettronico digitale	01dB – Solo
Calibratore acustico	01dB – CAL21

Fonometro elettronico digitale	Larson Davis – 831
Calibratore acustico	Larson Davis – CAL200

Valutando i possibili casi che si potrebbero presentare si hanno le seguenti situazioni:

<b>Ante operam</b>	<b>Corso opera</b>
< Limite	< L < Diff day / night
< L	< L 0<Diff day<+3 dB 0<Diff night<+1 dB
< L	< L +3<Diff day<+5 dB +1<Diff night<+3 dB
< L	L -3dB < CO < L 0<Diff day<+3 dB 0<Diff night<+1 dB
< L	L -3dB < CO < L +3<Diff day<+5 dB +1<Diff night<+3 dB
< L	>L 0<Diff day<+3 dB 0<Diff night<+1 dB
< L	< L Diff day >+5 dB Diff night >+3 dB
< L	> L Diff day >+5 dB Diff night >+3 dB
> L	>L 0<Diff day<+3 dB 0<Diff night<+1 dB
> L	> L Diff day >+5 dB Diff night >+3 dB

Escludendo i casi nei quali non si verificheranno superamenti del limite di emissioni rumorose, le soglie di preallarme verranno gestite valutando caso per caso le motivazioni che hanno indotto tale condizione e attivando misure di contenimento adeguate alla tipologia di lavori ed alla tipologia di cantiere, installazione di barriere fonoassorbenti, utilizzo di sistemi di lavorazione (demolizioni, splateamenti, ecc).

Attuate le misure di contenimento si provvederà ad effettuare nuove misure di verifica.

Differente è il caso dell'attivazione delle condizioni di allarme, per i quali sarà necessario attivare le procedure formali per le richieste di deroga e comunque predisporre misure di contenimento adeguate alla tipologia di lavori e di cantiere, in tali casi, alla ripresa dei lavori si effettuerà una ulteriore campagna di misure a supporto della documentazione tecnica prodotta in fase di richiesta deroga. Si tratta comunque in questo caso di misure di collaudo che non rientrano, se non secondariamente, tra le misure di monitoraggio ambientale.



Unità di monitoraggio remota del rumore ambientale.



## **Vibrazioni**

Identificate le attività di cantiere che potranno dare luogo a vibrazioni, considerando tale fenomeno fisico potenzialmente dannoso sia per la salute dei cittadini che per le strutture degli immobili, si monitorerà il livello di vibrazioni trasmesse dal suolo verso i recettori (immobili) maggiormente esposti per consentire di dare un giudizio sulla salubrità degli ambienti abitati che sul potenziale rischio di danneggiamento delle strutture.

Obiettivo della misura è quindi la quantificazione dei livelli di vibrazione causati dalle attività, sia durante (in fase di cantiere) che post operam, sulle strutture murarie e negli ambienti di vita.

Essendo quindi gli stabili limitrofi ai cantieri quelli maggiormente interessati da tale problematica, sarà su di essi che verranno effettuate le operazioni di monitoraggio della componente vibrazionale.

L'analisi delle aree urbane dove insistono i cantieri consentirà di identificare i recettori maggiormente esposti alle attività di cantiere da porre in essere.

Relativamente al potenziale disturbo alle persone, in accordo alla UNI 9614/90, per la componente vibrazioni i locali degli edifici sono così definiti:

- aree critiche;

- abitazioni a rischio;
- uffici;
- fabbriche.

Le aree critiche sono le camere operatorie ospedaliere, i laboratori, i locali dove si svolgono lavori manuali delicati. Le aree critiche sono definite tali solamente negli orari nei quali si svolgono le operazioni delicate, negli altri periodi vengono assimilate alle abitazioni.

Per valutare il disturbo alle persone, le vibrazioni dovranno essere rilevate nel locale e nella posizione in cui risultano più elevate ed al centro del pavimento, mentre per valutare i potenziali danni all'edificio, le misure andranno effettuate nella parte basale di quest'ultimo e se possibile in prossimità delle fondamenta.

Verranno quindi presi in considerazione sia i recettori maggiormente esposti costituiti da civili abitazioni site in prossimità del cantiere, che i recettori definiti sensibili per particolari loro caratteristiche, come ad esempio gli ospedali, le case di cura e le scuole.

Oltre ai punti identificati secondo i criteri sopra esposti, se ritenuto necessario sarà comunque possibile effettuare ulteriori verifiche su altri recettori.

### **Misurazioni e frequenza di campionamento**

Le misure saranno eseguite 1 volta ogni 3 mesi con durata delle misurazioni pari a 24 ore.

Le Misurazioni che si effettueranno saranno dunque così articolate:

- Misurazione delle vibrazioni indotte in prossimità del fronte di avanzamento lavori che ha lo scopo di determinare il livello delle vibrazioni indotte dalle lavorazioni sui ricettori sensibili (FASE DI CANTIERE, DURANTE);
- Misurazione delle vibrazioni indotte dai mezzi di cantiere che ha lo scopo di determinare il livello delle vibrazioni indotte dal passaggio dei mezzi di cantiere sui ricettori posti nelle vicinanze della viabilità stradale da essi utilizzata (FASE DI CANTIERE, DURANTE);
- Misurazione delle vibrazioni indotte in prossimità della linea tramviaria che ha lo scopo di determinare il livello delle vibrazioni indotte dal passaggio del tram sui ricettori sensibili (FASE POST-OPERAM).

### **Attrezzature e metodologie di monitoraggio.**

La strumentazione utilizzata sarà composta da un sistema di acquisizione dotata da velocimetri ed accelerometri conformi alle ISO 2631 e DIN 4150.

<b>Strumentazione</b>
Sistema per il monitoraggio delle vibrazioni 16 canali a norma ISO2631 e DIN 4150
Sinus Triax Seismometer.- Velocimetro triassiale a norma DIN4150
Sensori di accelerazione triassiali a norma ISO2631 per interni
Sensori di accelerazione triassiali per esterni
Sensori di accelerazione monoassiali per interni
Calibratore accelerometrico portatile, 10 m/s <sup>2</sup> at 159.2 Hz.

Il rilevamento delle vibrazioni della durata di 3 ore sarà impostato per eseguire un numero di campionamenti nell'unità di tempo idoneo al campo di frequenze interessato:

1-80 Hz per effetti sull'uomo

1-150 Hz per danni alle strutture;

Gli standard di protezione sull'uomo previsti dalle normative garantiscono ampiamente il rispetto alla possibile insorgenza di danni agli edifici e, pertanto, l'azione sugli edifici deve essere valutata nel caso di beni monumentali o storici per i quali possono essere assunti limiti più restrittivi.

Considerando il livello complessivo delle accelerazioni ponderate in frequenza sui vari assi e valutando i casi che si potrebbero presentare, si potranno avere le seguenti situazioni:

<b>Aree urbane</b>	<b>Asse</b>	<b>Limite dB (UNI 9614/90)</b>
Aree critiche	x - y	71
	z	74
Abitazioni (notte)	x - y	74
	z	77
Abitazioni (Giorno)	x - y	77
	z	80
Uffici	x - y	83
	z	86
Fabbriche	x - y	89
	z	92

Nel casi di superamento dei limiti normativi, sarà necessario attivare le procedure formali per le richieste di deroga e comunque predisporre misure di contenimento adeguate alla tipologia di lavori e di cantiere, in tali casi, alla ripresa dei lavori, si effettuerà una ulteriore campagna di misure a supporto della documentazione tecnica prodotta in fase di richiesta deroga o dell'adozione delle misure di contenimento.



### **2.2.2 Campi elettromagnetici**

La trattazione della problematica relativa ai campi elettromagnetici prevede la suddivisione dello spettro in almeno due categorie principali di frequenze: • basse frequenze (0 - 10 kHz): a tale intervallo sono riconducibili principalmente l'insieme delle tecnologie preposte al trasporto, alla trasformazione ed alla distribuzione dell'energia elettrica alla frequenza industriale di 50 Hz; • alte frequenze (10 kHz - 300 GHz): a tale intervallo sono riconducibili gli impianti per le trasmissioni radiotelevisive, i telefoni cellulari, i radar, i forni industriali, i forni a microonde e le varie applicazioni in campo medico. I campi elettromagnetici associati a queste due categorie presentano diverse proprietà fisiche e diversi meccanismi di interazione con i tessuti biologici.

I sistemi di teleradiocomunicazione (impianti radio-TV, telefonia mobile) sono appositamente progettati e costruiti per emettere onde elettromagnetiche (irradiatori intenzionali), le quali sono alla base della trasmissione delle informazioni gli impianti di trasporto, di trasformazione (elettrodotti) mentre gli utilizzatori di energia elettrica invece emettono nell'ambiente circostante campi elettrici e magnetici in maniera non intenzionale, ma come conseguenza diretta e inevitabile del loro funzionamento basato sul trasporto e quindi sulla presenza e movimento di carica elettrica.

I sistemi a basse frequenze, al contrario, generano nell'ambiente campi elettrici e magnetici variabili nel tempo con una frequenza pari a 50 Hz, detta anche frequenza industriale, e costituiscono la principale sorgente esterna di campi a frequenze estremamente basse (ELF).

Per le frequenze di 50 Hz l'intensità del campo elettrico irradiato da un conduttore (ad esempio un elettrodotto) dipende direttamente solo dal valore di tensione, non dipende invece dalla corrente che attraversa il conduttore stesso; in particolare il campo elettrico aumenta al crescere della tensione di esercizio; questa ultima è costante nel tempo, tale sarà dunque anche il campo elettrico prodotto ad una certa distanza a parità di altre condizioni (struttura dell'impianto ed eventuale presenza di oggetti in grado di perturbare il campo stesso). Quindi l'entità dell'esposizione dipende da:

- tensione della linea,
- configurazione della linea e dei cavi,
- distanza dai cavi,
- presenza di eventuali strutture che possono deformare il campo.

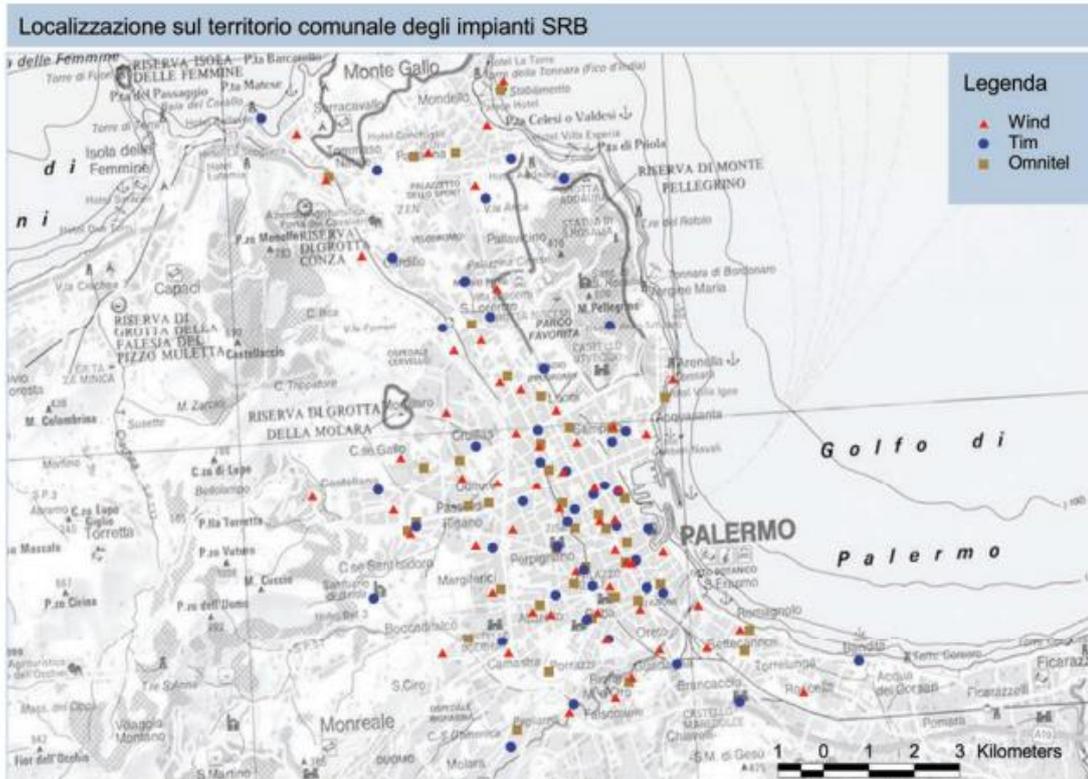
Il campo magnetico, invece, dipende dalla corrente che circola nei conduttori (aumenta al crescere della corrente) ed essendo tale grandezza variabile nell'arco della giornata (perché strettamente correlata alla richiesta di energia elettrica da parte degli utenti), anche il campo magnetico ha una notevole variabilità temporale. Ad esempio l'intensità dei campi magnetici generati dalle linee elettriche raggiunge valori minimi nelle ore notturne quando la richiesta di energia diminuisce. Il campo elettrico e il campo magnetico diminuiscono rapidamente all'aumentare della distanza dall'elettrodotto e dipendono anche dal numero e dalla disposizione dei conduttori. Identificate le aree che potranno subire variazioni del campo elettromagnetico ed essendo tale fenomeno fisico, potenzialmente dannoso per la salute dei cittadini, si monitorerà il livello di campo elettromagnetico presente.

Obiettivo della misura è quindi la quantificazione dei livelli di campo elettromagnetico presente, e tenendo in considerazione la tipologia di impianti, le verifiche riguarderanno solamente la frequenza di rete dei 50 Hz, poiché direttamente collegata alla alimentazione delle linee e dei depositi. Le verifiche saranno rivolte agli ambienti adibiti alla permanenza delle persone, quali stazioni e luoghi di sosta, oppure degli stabili limitrofi ad eventuali locali tecnici di trasformazione.

L'analisi delle aree urbane dove insistono i cantieri consentirà di identificare i recettori maggiormente esposti.

Non si ritiene necessario procedere con il monitoraggio del campo elettromagnetico ad alta frequenza le cui sorgenti, in ambito cittadino, sono le Stazioni Radio Base (SRB) delle reti di telefonia mobile, i ripetitori radio televisivi, e comunque le sorgenti di radiofrequenza.

Il numero delle stazioni SRB presenti su Palermo è salito vertiginosamente in questi anni, dal 2010 al 2014 (ultimi dati disponibili) è di 222 stazioni SRB:



Localizzazione impianti SRB al 2010

Un altro indicatore che inquadra e descrive il fenomeno, è la quantità di linee e stazioni elettriche presenti. Tale indicatore è articolato per i diversi livelli di tensione ed i chilometri di linee elettriche esistenti, espresse in valore assoluto e in rapporto alla superficie. Inoltre si riporta l'elenco delle stazioni elettriche 380/220/150 kV nel Comune di Palermo, di competenza Terna al 2017.

PALERMO	BELLOLAMPO	BLLPTI1501	1	150	TERNA	14.5	13.7	3762
PALERMO	BELLOLAMPO	BLLPTI1501	2	150	TERNA	15.8	14.7	4100
PALERMO	BRANCACCIO	BRCPOI1501	1	150	ENEL DISTRIB	11.8	9.7	3077
PALERMO	BRANCAC.RT	BRFPZI1501	1	150	RETE	4.0	2.6	1044
PALERMO	CANT.NAVAL	NAVPI1501	1	150	FINCANTIERI	15.1	14.2	3915
PALERMO	ERG NORD	EGNP_I3801	1	380	ERG NUCE	16.7	15.7	10977

Risulta evidente che la maggior parte della consistenza della rete elettrica è costituita dalle linee a Media e Bassa Tensione (tensione < 40 kV), che rappresentano lo stadio finale del processo di produzione, trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica, la cui densità risulta nettamente maggiore sul territorio rispetto alle linee a tensione più elevata. E' importante ricordare a tale proposito che, a parità di distanza dai conduttori, l'intensità del campo elettrico generato dalle linee elettriche è proporzionale alla tensione di esercizio, mentre l'intensità del campo magnetico è proporzionale alla corrente elettrica circolante nei conduttori che costituiscono la linea; quindi mentre la prima – in un determinato spazio – è costante nel tempo, la seconda varia in funzione

della richiesta di energia nel tempo. I dati riportati riguardano le linee di proprietà Enel e sono stati forniti in parte da Enel Terna (relativamente alla rete di trasmissione dell'energia elettrica) e in parte da Enel Distribuzione. E' plausibile che maggiori informazioni su questo indicatore possano essere ricavate in futuro dai dati forniti dagli Enti gestori degli elettrodotti.

La normativa nazionale di riferimento considerata è la seguente:

- Legge 23 luglio 2009, n 99 "Disposizioni per lo sviluppo e l'internazionalizzazione delle imprese, nonché in materia di energia" (09G0111)
- Decreto del 27/02/09, Ministero della Sviluppo Economico
- Decreto del 29/05/08, "Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica"
- DM del 29.5.2008, "Approvazione della metodologia di calcolo delle fasce di rispetto per gli elettrodotti".
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 08/07/2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti", G.U. 28 agosto 2003, n. 200
- Legge quadro 22/02/2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", G.U. 7 marzo 2001, n.55
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 28/09/1995, "Norme tecniche procedurali di attuazione del D.P.C.M. 23/04/92 relativamente agli elettrodotti", G.U. 4 ottobre 1995, n. 232 (abrogato da luglio 2003)
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 23/04/1992, "Limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale (50 Hz) negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno", G.U. 6 maggio 1992, n. 104 (abrogato dal luglio 2003)
- Decreto Interministeriale 16 gennaio 1991, "Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee aeree esterne" (G.U. Serie Generale del 16/01/1991 n.40)
- Decreto interministeriale 21 marzo 1988, n. 449, "Approvazione nelle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne".

### **Attrezzature e metodologie di monitoraggio**

La realizzazione di misure di campo elettromagnetico avverrà in continuo per circa 24 ore e verrà realizzata attraverso una stazione di misura fissa e riallocabile avente le seguenti caratteristiche:

<b>Strumentazione</b>
Sistema per misure campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici composto da: <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>8053-Display</b> misuratore portatile di campi elettromagnetici range di frequenza 5Hz-40GHz</li><li>• <b>EP330</b> sensore isotropico di campo elettrico Range di frequenza 100kHz-3GHz</li><li>• <b>EHP50C</b> sensore isotropico di campo elettrico e magnetico Range di frequenza 5Hz-100kHz</li></ul>

Inizialmente si procederà ad una fase di screening dei luoghi al fine di identificare sia la frequenza che risulta maggiormente significativa, che la posizione maggiormente colpita dal campo elettromagnetico indotto, successivamente si procederà con la fase di misura della durata minima di 24 ore che consentirà di verificare il valore medio di campo elettromagnetico presente.

<b>LIMITI DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI</b> <b>Legge 36/2001 e DPCM 8.7.2003</b>				
<b>Popolazione</b>				<b>Lavoratori</b>
Parametro	Valore limite	Valore limite di attenzione (per permanenze > 4 ore)	Obiettivo di qualità (nuovi luoghi)	Valore limite
Campo elettrico $E$ ( $V/m$ )	5000	-	-	10.000
Campo magnetico $H$ ( $\mu T$ )	100	10 (media nelle 24 ore)	3 (media nelle 24 ore)	500



### **2.2.3 Qualità dell'aria - atmosfera**

#### **Introduzione**

La valutazione dello stato della qualità dell'aria nella fase di corso d'opera, ha lo scopo di definire l'eventuale apporto di contaminanti alla matrice aria, causato dal momentaneo incremento del traffico veicolare dovuto alla fase di cantiere ed ai vari spostamenti di mezzi meccanici dal cantiere sulle strade urbane. Qualora si attiveranno lavorazioni che potranno causare significative variazioni della qualità dell'aria ambiente, i punti oggetto delle misurazioni/campionamenti saranno individuati nelle zone di monitoraggio lungo la viabilità con l'ausilio di laboratori mobili.

Tutti i punti sono stati posizionati in corrispondenza dei ricettori più sensibili o più prossimi alle aree di cantiere rappresentati sulle tavole allegate. Il numero di tali punti è stato fissato in base:

- all'estensione dell'area di cantiere;
- alla tipologia delle lavorazioni effettuate;
- alla tipologia e densità dei ricettori limitrofi.

#### **Frequenza campionamenti**

Le misure saranno rilevate 1 volta ogni 3 mesi per una settimana e per 24 ore giornaliere della settimana.

#### **Attrezzature e metodologie di monitoraggio**

La strumentazione utilizzata dovrà essere precedentemente tarata nel rispetto di quanto previsto dal manuale dello strumento e/o dalle specifiche procedure di cui si è dotato il laboratorio. Nello specifico, per le misurazioni in campo verrà utilizzata la seguente strumentazione:

<b>Strumentazione</b>
Laboratorio allestito su veicolo Fiat Ducato Cabinato con cella autoportante in vetroresina con suddivisione interna in tre locali, vano operativo, vano bombole e vano adibito all'installazione di unità a compressore e del condizionatore.
Strumentazione Analitica e Tecnica in dotazione al Mezzo Mobile: <ul style="list-style-type: none"><li>• Analizzatore di monossido di carbonio mediante mod. 48i Thermo Electron</li><li>• Analizzatore di ossidi di azoto mod. 42i Thermo Electron</li><li>• Analizzatore di biossido di zolfo mod. 43i Thermo Electron</li><li>• Analizzatore di ozono mod. 49i Thermo Electron</li><li>• Analizzatore multiparametrico di btx e hc/nmhc Modello Orion GC3000-plus</li><li>• Campionatore sequenziale per pm10 e pm2.5 mod. Sentinel Tecora</li><li>• Sensori Meteo (Iss) – Sensore temperatura esterna • Sensore umidità relativa • Sensore di velocità vento • Sensore di direzione vento • Pluviometro • Sensore di radiazione solare • Sensore UV • Sensore pressione barometrica</li><li>• Sistema di monitoraggio del traffico</li><li>• Sistema di acquisizione dati centrale eda2000-c</li></ul>
Sistema di campionamento Sky post per la determinazione di PM <sub>10</sub> e PTS



Nelle tabelle seguenti vengono riportati gli analiti monitorati per la valutazione di qualità dell'aria:

PARAMETRO	TEMPO DI MEDIA	UNITÀ DI MISURA
Direzione del vento (DV)	1 h	°N
Velocità del vento (VV)	1 h	m/s
Temperatura (T)	1 h	°C
Pressione atmosferica (PA)	1 h	mbar
Umidità relativa (UR)	1 h	%
Radiazione solare netta (RN) e globale (RG)	1 h	W/m <sup>2</sup>
Precipitazioni (P)	1 h	Mm
PTS, PM10	24 h	g/m <sup>3</sup>
Polveri Sedimentabili	7 giorni	mg/m <sup>2</sup>
NO <sub>x</sub>	1 h	g/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	1 h	g/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	1 h	g/m <sup>3</sup>
CO	1 h	g/m <sup>3</sup>
Benzene	24 h	g/m <sup>3</sup>
Le (numero di veicoli leggeri)	1 h	numero
Pe (numero di veicoli pesanti)	1 h	numero
IPA nelle PM10 (Naftalene, Acenaftalene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benzo(a)Antracene, Crisene, Benzo(b)Fluorantene, Benzo(k)Fluorantene, Benzo(a)Pirene, Indeno(1,2,3,cd)Pirene, Dibenzo(ah)antracene, Benzo(ghi)perilene)	//	g/m <sup>3</sup>

Metalli- nelle Polveri Sedimentabili: Rame (Cu), Zinco (Zn), Piombo(Pb), Nichel (Ni), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Manganese (Mn), Alluminio (Al).	//	g/m <sup>2</sup>
--	----	------------------

I valori di riferimento, ai sensi del DLgs 155/10 sono riportati nella tabella seguente:

<b>INQUINANTE</b>	<b>PERIODO DI MEDIAZIONE</b>	<b>VALORE LIMITE</b>	
<b>Biossido di zolfo</b>	Orario (non più di 24 volte all'anno)	350	µg/m <sup>3</sup>
	Giornaliero (non più di 3 volte all'anno)	125	µg/m <sup>3</sup>
<b>Biossido di azoto</b>	Orario (per non più di 18 volte all'anno)	200	µg/m <sup>3</sup>
	Annuo	40	µg/m <sup>3</sup>
<b>Benzene</b>	Annuo	5	µg/m <sup>3</sup>
<b>Monossido di carbonio</b>	Media max giornaliera su 8 ore	10	mg/m <sup>3</sup>
<b>Particolato PM 10</b>	Giornaliero (non più di 35 volte all'anno)	50	µg/m <sup>3</sup>
	Annuo	40	µg/m <sup>3</sup>
<b>Particolato PM 2.5</b>	Annuo al 2010 (+MT) [valore di riferimento]	29	µg/m <sup>3</sup>
	Annuo al 2015	25	µg/m <sup>3</sup>
<b>Piombo</b>	Anno	0.5	µg/m <sup>3</sup>

**Tabella 1.1 - Valori limite (Allegato XI DLgs 155/10)**

INQUINANTE	PERIODO DI MEDIAZIONE	Livelli critici per la vegetazione	
Biossido di zolfo	Annuale	20	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Invernale (1 ott.- 31 mar.)	20	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Ossidi di azoto (NOx)	Annuo	30	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabella 1.2 - Livelli critici per la vegetazione (Allegato XI DLgs 155/10)

INQUINANTE	PERIODO DI MEDIAZIONE	Soglia di Allarme	
Biossido di zolfo	Per 3 ore consecutive in una stazione con rappresentatività > 100 km <sup>2</sup>	500	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Biossido di azoto	Per 3 ore consecutive in una stazione con rappresentatività > 100 km <sup>2</sup>	400	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabella 1.3 - Soglie di allarme per inquinanti diversi dall'ozono (SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub>) [Allegato XII DLgs 155/2010]

Valori obiettivo			
Finalità	Periodo di mediazione	Valore obiettivo (1.1.2010)	Data raggiungimento <sup>(2)</sup>
Protezione della salute umana	Media su 8 ore massima giornaliera nell'arco di un anno civile	<b>120</b> $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni	<b>2013</b> (dati 2010 – 2012)
Protezione della vegetazione	AOT40 <sup>(1)</sup> Calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	<b>18000</b> $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$ come media su 5 anni	<b>2015</b> (dati 2010 – 2014)
Obiettivi a lungo termine			
Finalità	Periodo di mediazione	Obiettivo a lungo termine	Data raggiungimento <sup>(3)</sup>
Protezione della salute umana	Media su 8 ore massima giornaliera nell'arco di un anno civile	<b>120</b> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	<b>Non definito)</b>
Protezione della vegetazione	AOT40 <sup>(1)</sup> Calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	<b>6000</b> $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$	<b>Non definito</b>

(1) AOT40 (espresso in  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$ ) si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni > 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  rilevate in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00 (ora dell'Europa centrale).

(2) Data entro la quale deve essere raggiunto il valore obiettivo

(3) Data entro la quale deve essere raggiunto l'obiettivo a lungo termine

Tabella 1.4 – Valori obiettivo e obiettivi a lungo termine per l'ozono (Allegato VII D.Lgs. 155/2010)

Finalità	Periodo di mediazione	Soglia
Informazione	1 ora	<b>180</b> $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Allarme	1 ora <sup>(1)</sup>	<b>240</b> $\mu\text{g}/\text{m}^3$

<sup>(1)</sup> Per l'applicazione dell'art.10 comma 1, deve essere misurato o previsto un superamento per tre ore consecutive

<b>Inquinante</b>	<b>Parametro</b>	<b>Valori Obiettivo</b>	<b>Data raggiungimento<sup>(1)</sup></b>
<b>Arsenico</b>	Tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile	<b>6,0 ng/m<sup>3</sup></b>	<b>31.12.2012</b>
<b>Cadmio</b>		<b>5,0 ng/m<sup>3</sup></b>	
<b>Nichel</b>		<b>20,0 ng/m<sup>3</sup></b>	
<b>Benzo(a)pirene</b>		<b>1,0 ng/m<sup>3</sup></b>	
<small>(1) art.9 – comma 2 del Decreto</small>			

**Tabella 1.6 –Valori obiettivo per arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene (Allegato XIII D.Lgs. 155/2010).**

La norma prevede che debbano essere adottate, nei limiti delle risorse disponibili, le misure che non comportino costi sproporzionati necessarie a perseguire il raggiungimento del valore obiettivo entro il 31 dicembre 2012, con priorità per quelle azioni che intervengono sulle principali fonti di emissione. Suggerisce inoltre, in un numero limitato di stazioni, di effettuare, contestualmente al benzo(a)pirene la misurazione delle concentrazioni nell'aria ambiente di benzo(a)antracene, benzo(b)fluorantene, benzo(j)fluorantene, benzo(k)fluorantene, indeno(1,2,3-cd)pirene e dibenzo(a,h)antracene, al fine di verificare la costanza dei rapporti nel tempo e nello spazio tra il benzo(a)pirene e gli altri idrocarburi policiclici aromatici di rilevanza tossicologica.

<b>Inquinante</b>	<b>Parametro</b>	<b>Valori Obiettivo</b>	<b>Data raggiungimento<sup>(1)</sup></b>
<b>Arsenico</b>	Tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile	<b>6,0 ng/m<sup>3</sup></b>	<b>31.12.2012</b>
<b>Cadmio</b>		<b>5,0 ng/m<sup>3</sup></b>	
<b>Nichel</b>		<b>20,0 ng/m<sup>3</sup></b>	
<b>Benzo(a)pirene</b>		<b>1,0 ng/m<sup>3</sup></b>	
<small>(1) art.9 – comma 2 del Decreto</small>			

**Tabella 1.6 –Valori obiettivo per arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene (Allegato XIII D.Lgs. 155/2010).**

La norma prevede che debbano essere adottate, nei limiti delle risorse disponibili, le misure che non comportino costi sproporzionati necessarie a perseguire il raggiungimento del valore obiettivo entro il 31 dicembre 2012, con priorità per quelle azioni che intervengono sulle principali fonti di emissione. Suggerisce inoltre, in un numero limitato di stazioni, di effettuare, contestualmente al benzo(a)pirene la misurazione delle concentrazioni nell'aria ambiente di benzo(a)antracene, benzo(b)fluorantene, benzo(j)fluorantene, benzo(k)fluorantene, indeno(1,2,3-cd)pirene e dibenzo(a,h)antracene, al fine di verificare la costanza dei rapporti nel tempo e nello spazio tra il benzo(a)pirene e gli altri idrocarburi policiclici aromatici di rilevanza tossicologica.

Sempre l'OMS per alcuni inquinanti atmosferici ad azione cancerogena (Tabella 1.10) fornisce invece un calcolo di indice di rischio unitario per la popolazione, associato alla loro presenza nell'aria. La stima dell'incremento di rischio unitario (U.R.) è intesa come il rischio addizionale di tumore che può verificarsi in una ipotetica popolazione nella quale tutti gli individui siano continuamente esposti, dalla nascita e per tutto l'intero tempo di vita, ad una concentrazione dell'agente di rischio nell'aria che essi respirano pari ad 1 µg/m<sup>3</sup>.

**Tabella 1.9 - Valori guida della qualità dell'aria indicati dall'OMS**

Sempre l'OMS per alcuni inquinanti atmosferici ad azione cancerogena (Tabella 1.10) fornisce invece un calcolo di *indice di rischio unitario* per la popolazione, associato alla loro presenza nell'aria. La stima dell'incremento di *rischio unitario (U.R.)* è intesa come il rischio aggiuntivo di tumore che può verificarsi in una ipotetica popolazione nella quale tutti gli individui siano continuamente esposti, dalla nascita e per tutto l'intero tempo di vita, ad una concentrazione dell'agente di rischio nell'aria che essi respirano pari ad  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

<b>Sostanza</b>	<b>Rischio unitario</b> Indice di rischio/tempo di vita ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>-1</sup>
<b>BENZENE</b>	$6 \times 10^{-6}$
<b>IPA (BaP)</b>	$8.7 \times 10^{-2}$
<b>NICHEL</b>	$3.8 \times 10^{-4}$
<b>ARSENICO</b>	$1.5 \times 10^{-3}$
<b>CROMO esavalente</b>	$(1.1 \div 13) \times 10^{-2}$

**Tabella 1.10  
Indice di rischio unitario  
(OMS)**

La città di Palermo è dotata di una rete di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico, costituita da 10 stazioni di rilevamento distribuite all'interno dell'area urbana (cfr Figura sotto). La manutenzione della rete ed il rilevamento dei dati è stata affidata all'AMIA Spa - Palermo (Azienda Municipalizzata Igiene Ambientale). Ogni anno l'AMIA Spa ha il compito di trasmettere le elaborazioni statistiche dei dati rilevati agli uffici competenti dell'Amministrazione Comunale che provvede a pianificare le azioni da intraprendere nel campo dell'inquinamento atmosferico ed a trasmettere la relazione annuale al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio.

**Figura 2. Localizzazione delle centraline di monitoraggio della qualità dell'aria**



Alla luce di quanto detto, saranno effettuate indagini solo nella fase di cantiere, considerando che le emissioni da progetto si limitano soltanto a detta fase.

Escludendo i casi nei quali non necessita intervenire, poiché i dati di qualità dell'aria rientrano nei limiti fissati dalla normativa cogente, i superamenti saranno gestiti valutando caso per caso le motivazioni che hanno indotto tale condizione e attivando misure di contenimento adeguate alla tipologia di lavori ed alla tipologia di cantiere. Potrà essere pertanto necessario l'utilizzo di mezzi

meccanici che garantiscano un minor impatto ambientale (mezzi catalizzati) o procedere a fasi di bagnatura di cumuli e superfici di lavoro al fine di limitare la produzione di polveri in atmosfera.

Attuate le misure di contenimento si provvederà ad effettuare nuove misure di verifica. Qualora le misure di contenimento adottate non riescano a garantire risultati soddisfacenti o non riescono a riportare lo stato dei luoghi alla condizione di ante operam, sarà necessario attivare le procedure formali per le possibili richieste di deroga, in tali casi, alla ripresa dei lavori si effettuerà una ulteriore campagna di misure a supporto della documentazione tecnica prodotta in fase di richiesta della possibile deroga. È fatto nella fase di valutazione e raffronto dei dati con i valori limite, saranno presi in considerazione i valori riferiti ad 1 ora, 8 ore o 24 ore di monitoraggio.

#### **2.2.4 Indagini ecologiche**

Oggetto del monitoraggio è la comunità biologica, rappresentata dalla vegetazione naturale e seminaturale e dalle specie appartenenti alla flora e alla fauna (con particolare riguardo a specie e habitat inseriti nella normativa comunitaria, nazionale e regionale), le interazioni svolte all'interno della comunità e con l'ambiente abiotico, nonché le relative funzioni che si realizzano a livello di ecosistema.

L'obiettivo delle indagini è quindi il monitoraggio delle popolazioni animali e vegetali, delle loro dinamiche, delle eventuali modifiche della struttura e composizione delle biocenosi e dello stato di salute delle popolazioni di specie target, indotte dalle attività di cantiere e/o dall'esercizio dell'opera. Per garantire tali obiettivi nell'ambito del PMA dovranno essere individuati e caratterizzati:

- taxa ed associazioni tassonomiche e funzionali;
- scale temporali e spaziali d'indagine;
- metodologie di rilevamento e analisi dei dati biotici e abiotici.

Il monitoraggio ante operam dovrà prevedere la caratterizzazione delle fitocenosi e zoocenosi e dei relativi elementi floristici e faunistici presenti in area vasta e nell'area direttamente interessata dal progetto, riportandone anche lo stato di conservazione. Il monitoraggio post operam dovrà verificare l'insorgenza di eventuali alterazioni nella consistenza e nella struttura delle cenosi precedentemente individuate.

Il sistema di campionamento (transetto lineare, quadrato, griglia, plot permanenti ecc.) andrà opportunamente scelto in funzione delle caratteristiche dell'area di studio e delle popolazioni da monitorare, selezionate in base alle caratteristiche dei potenziali impatti ambientali. In fase di esercizio, nel caso di opere puntuali potrà essere utile individuare un'area (buffer) di possibile interferenza all'interno della quale compiere i rilievi; nel caso di infrastrutture lineari, potranno essere individuati transetti e plot permanenti all'interno dei quali effettuare i monitoraggi. I punti di monitoraggio individuati in generale, dovranno essere gli stessi per le fasi ante e post operam, al fine di verificare eventuali alterazioni nel tempo e nello spazio e di monitorare l'efficacia delle mitigazioni e compensazioni previste.

Per quanto concerne le fasi in corso e post operam, è necessario identificare le eventuali criticità ambientali non individuate durante la fase ante operam, che potrebbero richiedere ulteriori esigenze di monitoraggio. Per quanto riguarda la vegetazione, il suo studio si articola su basi qualitative (variazione nella composizione specifica) e quantitative (variazioni nell'estensione delle formazioni).

Normalmente le metodologie di rilevamento possono essere basate su plot e transetti permanenti la cui disposizione spaziale viene parametrizzata rispetto alle caratteristiche dell'opera (lineare, puntuale, areale).

L'analisi prevede una ricognizione dettagliata della fascia d'interesse individuata con sopralluoghi nel corso della stagione vegetativa.

Per quanto riguarda la fauna, analogo approccio dovrà verificare qualitativamente e quantitativamente lo stato degli individui, delle popolazioni e delle associazioni tra specie negli habitat e nei tempi adeguati alla fenologia e alla distribuzione delle specie.

### **Parametri descrittivi (indicatori)**

Per la programmazione delle attività in ciascuna fase (ante operam e post operam) la strategia di monitoraggio dovrà tenere conto dei seguenti fattori:

- specificità degli elementi da monitorare per la vegetazione e la flora (specie, associazioni vegetali e altri raggruppamenti) e per la fauna (taxa, gruppi funzionali, livelli trofici, corporazioni ecologiche, altri raggruppamenti); la scelta degli elementi faunistici dovrà tener conto della complessità degli habitat (mosaico ambientale) e delle comunità ecologiche (struttura delle reti trofiche e delle popolazioni);
- fase del ciclo vitale della specie durante la quale effettuare il monitoraggio (relativamente alla fauna: alimentazione, stagione e strategia riproduttiva, estivazione/ibernamento, migrazione/dispersione e relativa distribuzione geografica, areali di alimentazione/riproduzione, home range, ecc.);
- modalità, localizzazione, frequenza e durata dei campionamenti (in relazione alla fenologia delle specie chiave e delle comunità/associazioni selezionate);
- status dei singoli popolamenti e della comunità ecologica complessiva. Di seguito, sono elencati i parametri descrittivi, da calibrare in base ai diversi taxa o gruppi funzionali individuati e nella strategia di monitoraggio.

### **Flora e Vegetazione**

- Stato fitosanitario
- Stato delle popolazioni
- Stato degli habitat
- Stato degli individui o presenza di patologie/parassitosi, o tasso di mortalità/migrazione delle specie chiave, o frequenza di individui con alterazioni comportamentali.
- 

### **Fauna**

I parametri da monitorare sono sostanzialmente relativi allo stato degli individui e delle popolazioni appartenenti alle specie target selezionate.

- Stato degli individui o presenza di patologie/parassitosi, o tasso di mortalità/migrazione delle specie chiave, o frequenza di individui con alterazioni comportamentali.
- Stato delle popolazioni o abbandono/variazione dei siti di alimentazione/riproduzione/rifugio, o variazione della consistenza delle popolazioni almeno delle specie target, o variazioni nella struttura dei popolamenti, o modifiche nel rapporto prede/predatori, o comparsa/aumento delle specie alloctone.

## **Frequenza/durata dei monitoraggi e metodologie di riferimento**

### **Flora e vegetazione**

In merito alla Frequenza e durata delle indagini, riguardo alle caratteristiche dell'opera e all'estensione dell'area di potenziale impatto, saranno necessari, durante le 2 fasi (ante e post operam), rilevamenti floristici periodici di porzioni omogenee di territorio per l'individuazione del numero di specie alloctone, sinantropiche e ruderali e il calcolo percentuale rispetto al totale delle specie presenti (ANPA, 2000). La frequenza dei rilevamenti dovrà essere basata sulla fenologia delle specie target e delle formazioni vegetali in cui vivono. L'analisi floristica prevede una ricognizione dettagliata dell'areale d'interesse con sopralluoghi nel corso della stagione vegetativa. Lo stato e il trend delle formazioni di interesse naturalistico in fase di esercizio, dopo i primi 2 anni può essere condotto ogni 3 anni. L'analisi dell'ingressione di specie esotiche, ruderali e sinantropiche (ANPA, 2000) in fase di cantiere deve avere una periodicità annuale, mentre, in fase di esercizio, deve essere annuale per i primi 3 anni, quindi ogni 5 anni. La qualità dei popolamenti e degli habitat per l'analisi dell'eventuale presenza e frequenza di patologie nei popolamenti individuati, deve prevedere una periodicità annuale (il tempo zero deve naturalmente essere identificato in fase ante operam), successivamente almeno ogni 5 anni. Sarà necessario prevedere la stesura di un protocollo di gestione delle specie oggetto delle eventuali mitigazioni o compensazioni, con l'individuazione di idonee tempistiche di monitoraggio, includendo la periodicità dell'annaffiatura delle piantumate e del controllo del corretto attecchimento e sviluppo delle stesse. La durata del periodo di monitoraggio post operam per le opere di mitigazione e compensazione dovrà essere di almeno tre anni, al fine di garantire e verificare l'attecchimento delle specie. Nel monitoraggio, va posta attenzione ai programmi di riabilitazione (che tendono a recuperare artificialmente le popolazioni e a favorirne naturalmente la ricolonizzazione da aree limitrofe) e a quelli di restauro (che comportano invece la ricostruzione di ecosistemi naturali o seminaturali nei territori degradati o fortemente modificati), in quanto il genotipo degli esemplari introdotti deve essere coerente con quello dei popolamenti presenti e con i motivi per cui l'opera di mitigazione o compensazione viene proposta (vedi ad esempio ISPRA, 2009 Per le metodologie da adottare, dopo aver identificato le aree in cui effettuare l'indagine, si provvederà, nella stagione fenologicamente adeguata, ad effettuare rilievi fitosociologici (BraunBlanquet, 1928, 1964; Pignatti, 1959), censimento ed inventario floristico nei plot e nei quadrati permanenti lungo i transetti individuati.

Per rilevare lo stato fitosanitario, scelti i popolamenti omogenei e statisticamente significativi per ogni tipologia individuata, ogni anno si contano gli esemplari malati o la superficie occupata dall'infestazione, i sintomi e il tipo di patologia/parassitosi. Fonti di riferimento: un esempio di scheda è quella pubblicata dall'Unità Periferica per i Servizi Fitosanitari Regionale - Regione Veneto FITFOR - Monitoraggio Fitosanitario Forestale.

Per rilevare la mortalità degli individui vegetali, scelti plot omogenei e statisticamente significativi per ogni tipologia individuata, ogni anno si contano gli esemplari morti o la superficie occupata dalle zone ad elevata mortalità. Identificati quindi gli esemplari e/o le aree ad elevata mortalità per una data specie, si cerca di individuarne la causa. Un esempio di scheda fitosanitaria è quella pubblicata dall'Unità Periferica per i Servizi Fitosanitari Regionale Regione Veneto FITFOR - Monitoraggio Fitosanitario Forestale.

Per lo stato della popolazione sarà necessario un confronto tra i dati ottenuti da rilievi cartografici, floristici e vegetazionali effettuati nel territorio in tempi diversi.

Per rilevare lo stato degli habitat, in fase ante operam devono essere elencati, localizzati, cartografati e caratterizzati tutti gli habitat significativi per la distribuzione di specie rare e protette

presenti nell'area di ricaduta dei potenziali effetti dell'opera considerata. Gli habitat da rilevare sono quelli che hanno significato ecologico dal punto di vista strutturale (foreste, macchie, cespuglieti, brughiere), in quanto habitat di interesse comunitario (Dir. 92/43/CEE), oppure che rivestono importanza per la tutela di specie protette sia animali che vegetali (habitat di specie). In tale fase è necessario condurre un'analisi finalizzata all'identificazione dei fattori chiave del valore ecologico di un habitat. È possibile stabilire il Valore di Naturalità dell'ambito territoriale di interesse, identificando i fattori chiave del valore ecologico di un habitat e applicando algoritmi sui parametri identificati (vedi ad es. Consorzio Ferrara Ricerche, 2009). In fase post operam l'applicazione di algoritmi sui parametri identificati permetterà di controllare l'eventuale presenza di variazioni. Le metodologie di rilevamento possono essere basate su plot e transetti.

In merito alla frequenza di specie ruderali, esotiche e sinantropiche si renderà necessario un rilevamento quantitativo periodico e analisi della frequenza/copertura delle specie ruderali, esotiche e sinantropiche nell'habitat.

Per quanto concerne l'estensione ed il grado di conservazione degli habitat di interesse naturalistico, si dovrà redigere una cartografia periodica delle formazioni presenti e analisi statistica delle variazioni. Saranno considerate tendenze negative l'aumento della frequenza e copertura delle specie esotiche, ruderali e sinantropiche, l'alterazione strutturale, la rarefazione di specie pregiate (ad es. Orchidee) e diminuzione dell'estensione dell'habitat. Va tuttavia stabilito se la contrazione dell'habitat rientra nella successione normale o dipende dal disturbo indotto dall'opera in progetto.

Per gli habitat fluviali:

- Indice di naturalità vegetazionale (Inv): il valore dell'indice di naturalità si ottiene sommando i valori assegnati a ciascuno dei tipi vegetazionali presenti, ponderati secondo la loro estensione.
- Indice vegetazionale: L'indice è calcolato sommando i due indici parziali, Ivb e Inv, ponderati secondo specifici coefficienti (6 per la naturalità e 0,4 per la varietà biotipica). L'indice Ivb (Indice di varietà biotipica) valuta la varietà ecosistemica. Si attribuisce l'indice analizzando in una tratta di 2 km la presenza di biotipi complementari dal punto di vista strutturale e funzionale ed attribuendo alla sezione di indagine un valore. Il criterio di valutazione è basato sul numero ottimale di elementi naturali.
- Indice di Vegetazione Riparia (Ivr) Questo indice consente di caratterizzare e valutare la funzionalità della copertura vegetale.
- Metodologia di rilevamento: la metodologia definisce tipologie di copertura vegetale e di uso del suolo cui sono attribuiti indici specifici che traducono numericamente la funzionalità delle tipologie stesse.

In merito all'integrità floristica degli ambiti territoriali interessati, si dovrà effettuare un rilevamento floristico periodico di porzioni omogenee di territorio; individuazione del numero di specie alloctone presenti; calcolo percentuale rispetto al totale delle specie presenti.

## **Fauna**

Tra le metodologie di campionamento utilizzate, molte fanno riferimento a tecniche di cattura-marcatura-rilascio e successiva ricattura di un certo numero di individui, per risalire con un calcolo proporzionale, alla stima della consistenza della popolazione. Altre sono legate a osservazioni effettuate da punti fissi o transetti, elaborando i dati ottenuti sulla base delle distanze per ottenere una scala territoriale del dato. Più utilizzate, perché di più semplice ed economica realizzazione in relazione ai risultati attesi, sono le tecniche di stima dell'abbondanza

di popolazioni animali basate sulla ricerca di tracce, sull'uso di trappole, sulla raccolta di suoni, sulla ricerca di escrementi, sulla cattura e riconoscimento di un certo numero di individui. In questi casi, si utilizzano schemi campionari basati per lo più su transetti di forma e dimensioni variabili, secondo metodologie messe a punto specificamente per ciascuna specie o taxa. In linea generale per le popolazioni animali, per ridurre i margini di errore di stima legati alla mobilità, campionamenti di tipo estensivo sono da preferire a quelli di tipo intensivo. Vengono di seguito riportati indicazioni utili per il monitoraggio della fauna vertebrata (ciclostomi, pesci, anfibi, rettili, uccelli e mammiferi) suddivise per ambiente terrestre e di acque dolci

### **Pesci e Ciclostomi Metodologia "acque correnti"**

I campionamenti ittici in ambiente lotico vengono principalmente effettuati mediante l'utilizzo dell'elettrostorditore il quale, se utilizzato in maniera appropriata, permette di catturare i pesci, senza recare danni alla loro salute. Gli esemplari catturati vengono successivamente narcotizzati al fine di poter rilevare i parametri biologici e l'attribuzione sistematica; al termine delle operazioni gli esemplari vengono liberati. La pesca elettrica viene utilizzata sia nei tratti dei corsi guadabili (< 0,7 m) che in quelli più profondi (> 0,7 m). Il monitoraggio dovrebbe avere frequenza stagionale o annuale.

### **Anfibi Metodologia**

Lo studio della fauna anfibia viene effettuato principalmente mediante l'utilizzo delle tecniche di censimento di seguito riportate.

- Quadrati e patch
- Transetti (visivi e audio)
- Night driving
- Visual Encounter Surveys
- Cattura e ricattura
- Campionamento delle larve

### **Rettili Metodologia**

Per il monitoraggio dei rettili sono utilizzati principalmente metodi di Rilevamento per osservazione diretta

- Cattura manuale
- Cattura mediante trappole
- Cattura-marcatura-ricattura

### **Uccelli Metodologia**

I metodi di rilevamento dell'avifauna possono essere in questa sede così elencati:

- Mappaggio
- Punti di ascolto
- Transetti lineari, conteggi in colonie/dormitori/gruppi di alimentazione
- Conteggi in volo
- Cattura-marcaggioricattura
- Playback

Durata delle campagne: per ragioni pratiche si può suddividere il monitoraggio in periodi fenologici: 1) svernamento (metà novembre – metà febbraio); 2) migrazione pre-riproduttiva (febbraio – maggio); 3) riproduzione (marzo – agosto); 4) migrazione post-riproduttiva/post-giovanile (agosto – novembre).

Mammiferi terrestri I Mammiferi terrestri presentano una notevole diversità di comportamenti che si riflette nella varietà di metodologie applicate per il monitoraggio. In genere, per ottenere dati sulla consistenza delle popolazioni si ricorre all'utilizzo di indici, il cui valore è correlato con la dimensione della popolazione, ottenuti mediante rilevamento di segni di presenza o conteggio diretto dei soggetti. Tra le metodologie più diffuse:

- Capture-mark-recapture
- Distancesampling

### **Carnivori Metodologia**

- camera
- trapping
- trackingplates
- hairtubes

### **Chiroteri Metodologia**

Sono solitamente adottate due tecniche principali:

- bat detector
- conteggi presso i roosts (posatoi, siti di rifugio) estivi, riproduttivi o di ibernazione, che invece forniscono una quantificazione delle popolazioni. (Battersby 2010, Agnelli et al., 2004).

**Lagomorfi Metodologia** i principali metodi si basano su:

- osservazione
- conteggio di segni di presenza/individui (pelletgroupcount, spotlight count)
- cattura-marcatura-ricattura
- conteggio delle tane

Frequenza della raccolta dati La consistenza della popolazione deve essere acquisita almeno una volta per ciascuna annualità, per poter operare un confronto fra le fasi ante operam e post operam.

### **Micromammiferi Metodologia**

- cattura-marcatura-ricattura per quanto riguarda i Roditori e i Soricidi.
- hairtubes (peli, aculei)

Per le specie più legate agli ambienti fluviali le stazioni da ispezionare sono selezionate casualmente lungo i corsi d'acqua in celle di lato 1 km (lunghezza del tratto fluviale ispezionato minimo 600 m) di una griglia georeferenziata sovrimposta all'area di studio (Mc Donald et al., 1998).

**Frequenza della raccolta dati** La consistenza della popolazione deve essere acquisita almeno una volta per ciascuna annualità, per poter operare un confronto fra le fasi ante operam e post operam e per i primi due anni dopo l'entrata in esercizio dell'opera. In casi di lunghi periodi di esercizio, dopo il primo biennio il ciclo annuale di monitoraggio va effettuato per altri 2 anni.



## **2.3 TEMPI E PUNTI DI MONITORAGGIO NELLE DIVERSE FASI**

### **2.3.1 Monitoraggio in fase di ante operam**

In questa fase si sono individuati i punti di monitoraggio accorpando in un unico punto le problematiche ambientali che riguardano il rumore e le vibrazioni. In totale i punti individuati sono 41 (quarantadue) circa 2 per ogni asse viario interessato dalle tratte e per lo più nei pressi di ricettori sensibili (scuole, università, fabbriche, chiese, ospedali e case di cura) per tutte le tratte e per le due aree di deposito.

Sono previste inoltre le misure relative al monitoraggio dei campi elettromagnetici in prossimità delle sottostazioni esistenti (SSE) per le quali è previsto il potenziamento (da progetto) mediante posa in opera di un secondo trasformatore.

In questa fase non si prevede monitoraggio delle emissioni in aria/atmosfera, in considerazione del fatto che le emissioni rilevanti sono da addebitare esclusivamente alla fase di cantiere.

A seguire riportiamo la tabella relativa ai punti di indagine per il rumore e le vibrazioni e la tabella riguardante le indagini elettromagnetiche.

**BANDO DI CONCORSO INTERNAZIONALE DI PROGETTAZIONE, CON PROCEDURA APERTA, PER LA PROGETTAZIONE DEL "SISTEMA TRAM PALERMO - FASE II" PROGETTO GENERALE E PROGETTO I° STRALCIO**

<b>Punti Indagini Ambientali Rumore e Vibrazioni</b>				
<b>Progressivo</b>	<b>Luogo/Descrizione</b>	<b>Via</b>	<b>Tratta</b>	<b>Punto Indagine</b>
1	Istituto V Tecnico Commerciale	via Brigata Verona 1	A	via Brigata Verona 1
2	Scuola IBI - Infanzia	Via Littore Ragusa 15	A	Via Emilia
3	Scuola media Marconi	via Gen. Di Giorgio 4	A	Via Libertà angolo Via Di Giorgio
4	<b>*Istituto Salesiano Don Bosco</b>	via Della Libertà 199	A	via Della Libertà 199
5	Liceo artistico Catalano	via La Marmora 66	A	Via Marchese di Roccaforte angolo via Catalano
6	Liceo Cannizzaro	Via Gen. Arimondi 14	A	Via M. Villabianca angolo Via Arimondi
7	<b>*CTO Palermo distaccamento Villa Sofia</b>	Via Antonio Cassarà	A	Via Antonio Cassarà
8	Liceo Classico Garibaldi	via Canonico Rotolo 2	A	Via Dalla chiesa angolo via Canonico
9	Scuola Ancelle del Sacro Cuore	Via Marchese Ugo 6	A	Piazzale Scalia
10	<b>*Piazza Castelnuovo Teatro Politeama</b>	Piazza Castelnuovo	A	Piazza Castelnuovo 5
11	scuola Materna Ugdulena	via Valverde 2	A	Via Roma angolo Via Valverde
12	Università	Via Maqueda 175	A	Piazza Pretoria
13	Istituto Madre Teresa	Via Maqueda 53	A	Via Maqueda angolo via Torino
14	Istituto Tecnico Alberigo Gentili	via Lo Jacono F. 1	B	via Notarbartolo angolo via Lo Jacono
15	<b>*Piazza Boiardo</b>	Piazza Boiardo	B	Piazza Boiardo
16	<b>*scuola materna Villa Letizia</b>	Via Notarbartolo 16	B	Via Notarbartolo 16
17	Università	viale delle scienze	C	Via Basile Angolo Via Amoroso
18	Università	viale delle scienze	C	via Basile angolo via Gen. Turba
19	Scuola MonteGrappa	Via Roccella 37	C	Via Basile angolo Via Solarino
20	Istituto Miliziano	via Altofonte 77	C	Via Regione Siciliana angolo Via Altofonte
21	<b>*Ospedale dei Bambini</b>	Via dei benedettini	C	Corso tukory angolo via Benedettini
22	<b>*Casa di cura Santa Anna</b>	Viale Regione	C	Via Regione Siciliana

**BANDO DI CONCORSO INTERNAZIONALE DI PROGETTAZIONE, CON PROCEDURA APERTA, PER LA PROGETTAZIONE DEL "SISTEMA TRAM PALERMO - FASE II" PROGETTO GENERALE E PROGETTO I° STRALCIO**

				angolo via Palmerino
23	<b>*Ospedale Civico</b>	via Lodato	D	Via Lodato angolo via Colonna
24	<b>Chiesa</b>	Via Papa Giovanni	D	Via Papa Giovanni angolo Via del Bassotto
25	<b>Attraversamento Oreto</b>	Attraversamento Oreto	D	Latitudine 38° 5'46.24"N,Longitudine 13°21'30.98"E
26	Liceo scientifico G. Galilei	via danimarca 54	E	via strasburgo angolo via danimarca
27	<b>*Liceo classico Meli</b>	via aldasio2	E	via aldasio2
28	scuola collodi	via Briuccia 89	E	via Briuccia 89
29	presso Velodromo	Via Scalea	E	Via Scalea - Sovrappasso (previsto in progetto)
30	presso area nuovo Deposito Tram	Via PV 46	E	via P.V.46
31	Hotel	Via Margherita di Savoia	E	Via Margherita di Savoia 51
32	Commissariato Polizia di Stato	Via Regina Elena	E	Via Regina Elena
33	Zona residenziale ad alto pregio	Via Mattei	E	Via Mattei
34	<b>*Ospedale La Maddalena</b>	Via San Lorenzo Colli 33	E	Via San Lorenzo Colli 33
35	<b>Scuola La Masa</b>	via La Masa 17	F	Via Crispi angolo Via P.Belmonte
36	<b>Scuola pubblica elementare Magione</b>	Piazza Magione 2	F	Via Lincoln angolo Via Rao
37	<b>*Istituto Nautico Trabia- Gioen</b>	via Vittorio Emanuele 27	F	Via Crispi angolo via mura della Lupa
38	<b>incrocio via Balsamo Corso dei Mille</b>	Corso dei mille	F	Corso dei Mille incrocio via Balsamo
39	<b>Istituto Industriale V. Emanuele</b>	via Duca della Verdura 40	F	Via Duca della Verdura 40
40	<b>*Presso Industria Elenka</b>	Via Nicoletti Rosario	G	Via Nicoletti Rosario angolo Via Partanna Mondello
41	<b>Presso Centro Commerciale Conca D'Oro</b>	Via Scalea	G	Via Scalea - Sovrappasso (previsto in progetto)

**Tab. 1 - Punti indagini di Base : \* indica i punti con monitoraggio - 7 gg**

**Indagini ambientali elettromagnetiche fase Ante**

Progressivo	e/n*	Luogo/Descrizione	Tratta Esistente
1	e	SSE CEP	LN 2,3,4
2	e	SSE Deposito Da Vinci	LN 2,3,4
3	e	SSE Michelangelo	LN 2,3,4
4	e	SSE Beato Angelico	LN 2,3,4
5	e	SSE Perpignano	LN 2,3,4
6	e	SSE Vignarello	LN 2,3,4
7	e	SSE Amedeo D'Aosta	LN 1
8	e	SSE XXVII Maggio	LN 1
9	e	SSE Deposito Roccella	LN 1

\* e esistente  
n nuova costruzione

**2.3.2 Monitoraggio in fase di cantiere (durante)**

Durante questa fase si individueranno punti dove si eseguirà il monitoraggio del rumore abbinato alle vibrazioni, fissati ogni m 800 circa lungo le tratte periferiche G e parte della E e nei pressi di ricettori sensibili (scuole, università, fabbriche, chiese, ospedali e case di cura) per tutte le tratte e per le due aree di deposito. Saranno anche rilevate le emissioni aeree.

Come già detto nell'ambito della presente relazione, durante la fase di Cantiere saranno monitorati oltre ai "punti di base" riportati in tab. 1 (paragrafo precedente) ulteriori punti, la tabella seguente indica orientativamente l'ubicazione degli stessi.

<b>Punti Indagini Ambientali Rumore e Vibrazioni (Durante)</b>				
Prog.	Luogo/Descrizione	Via	Tratta	Punto Indagine
1	Istituto V Tecnico Commerciale	via Brigata Verona 1	A	via Brigata Verona 1
2	Scuola IBI - Infanzia	Via Littore Ragusa 15	A	Via Emilia
3	Scuola media Marconi	via Gen. Di Giorgio 4	A	Via Libertà angolo Via Di Giorgio
4	*Istituto Salesiano Don Bosco	via Della Libertà 199	A	via Della Libertà 199
5	Liceo artistico Catalano	via La Marmora 66	A	Via Marchese di Roccaforte angolo via Catalano
6	liceo Cannizzaro	Via Gen Arimondi 14	A	Via Marchese Villabianca angolo Via Arimondi
7	*CTO Palermo distaccamento Villa Sofia	Via Antonio Cassarà	A	Via Antonio Cassarà
8	Liceo Classico Garibaldi	via Canonico Rotolo 2	A	Via Dalla chiesa angolo via Canonico
9	Scuola Ancelle del Sacro Cuore	Via Marchese Ugo 6	A	Piazzale Scalia

**BANDO DI CONCORSO INTERNAZIONALE DI PROGETTAZIONE, CON PROCEDURA APERTA, PER LA PROGETTAZIONE DEL "SISTEMA TRAM PALERMO - FASE II" PROGETTO GENERALE E PROGETTO 1° STRALCIO**

10	*Piazza Castelnuovo Teatro Politeama	Piazza Castelnuovo	A	Piazza Castelnuovo 5
11	scuola Materna Ugdulena	via Valverde 2	A	Via Roma angolo Via Valverde
12	Università	Via Maqueda 175	A	Piazza Pretoria
13	Istituto Madre Teresa	Via Maqueda 53	A	Via Maqueda angolo via Torino
14	Piazza Papa Giovanni II	Stazione Mobile	A	Via Antonio Cassarà
15	Via Libertà	Stazione Mobile	A	Via Libertà
16	Via Libertà	Stazione Mobile	A	Via Libertà
17	Via Libertà	Stazione Mobile	A	Via Libertà
18	Piazza Castelnuovo Teatro Politeama	Stazione Mobile	A	P.zza Castelnuovo
19	Via Isidoro Carini	Stazione Mobile	A	Via Isidoro Carini
20	Zona Teatro Massimo	Sazione Mobile	A	Via Cavour angolo Via Ruggero Settimo
21	Via Puglisi	Stazione Mobile	A	Via Puglisi
22	Via Roma	Stazione Mobile	A	Via Roma
23	Via Roma	Stazione Mobile	A	Via Roma
24	Via Roma	Stazione Mobile	A	Via Roma
25	Via Roma	Stazione Mobile	A	Via Roma
26	Istituto Tecnico Alberigo Gentili	via Lo Jacono F. 1	B	via Notarbartolo angolo via Lo lacono
27	*Piazza Boiardo	Piazza Boiardo	B	Piazza Boiardo
28	*scuola materna Villa Letizia	Via Notarbartolo 16	B	Via Notarbartolo 16
29	Via Notarbartolo	Stazione Mobile	B	Via Notarbartolo 16
30	Università	viale delle scienze	C	Via Basile Angolo Via Amoroso
31	Università	viale delle scienze	C	via Basile angolo via Gen. Turba
32	Scuola MonteGrappa	Via Roccella 37	C	Via Basile angolo Via Solarino
33	Istituto Miliziano	via Altofonte 77	C	Via Regione Siciliana angolo Via Altofonte
34	*Ospedale dei Bambini	Via dei benedettini	C	Corso tukory angolo via Benedettini
35	*Casa di cura Santa Anna	Viale Regione	C	Via Regione Siciliana angolo via Palmerino
36	Via Regione Siciliana	Stazione Mobile	C	Via Regione Siciliana
37	Via Regione Siciliana	Stazione Mobile	C	Via Regione Siciliana
38	Via Ernesto Basile	Stazione Mobile	C	Via Ernesto Basile
39	Via Ernesto Basile	Stazione Mobile	C	Via Ernesto Basile
40	Corso Tukory	Stazione Mobile	C	Corso Tukory
41	Scuola elementare Rosolino Pilo	via Franca Sebastiano 70	D	Via Lodato angolo via del Vespro
42	Ospedale Civico	via Lodato	D	Vi aLodato angolo via Colonna

**BANDO DI CONCORSO INTERNAZIONALE DI PROGETTAZIONE, CON PROCEDURA APERTA, PER LA PROGETTAZIONE DEL "SISTEMA TRAM PALERMO - FASE II" PROGETTO GENERALE E PROGETTO I° STRALCIO**

43	Attraversamento Oreto	Attraversamento Oreto	D	Latitudine 38° 5'46.24"N,Longitudine 13°21'30.98"E
44	Chiesa	Via Papa Giovanni	D	Via Papa Giovanni angolo Via del Bassotto
45	Via Del Vespro	Stazione Mobile	D	Via Del Vespro
46	Via Dell'Ermellino	Stazione Mobile	D	Via Dell'Ermellino
47	Liceo scientifico G. Galilei	via danimarca 54	E	via strasburgo angolo via danimarca
48	*Liceo classico Meli	via aldizio2	E	via aldizio2
49	scuola collodi	via Briuccia 89	E	via Briuccia 89
50	presso Velodromo	Via Scalea	E	Via Scalea - Sovrappasso (previsto in progetto)
51	presso area nuovo Deposito Tram	Via PV 46	E	via P.V.46
52	Hotel	Via Margherita di Savoia	E	Via Margherita di Savoia 51
53	Commissariato Polizia di Stato	Via Regina Elena	E	Via Regina Elena
54	Zona residenziale ad alto pregio	Via Mattei	E	Via Mattei
55	*Ospedale La Maddalena	Via San Lorenzo Colli 33	E	Via San Lorenzo Colli 33
56	Chiesa Viale Francia	Stazione Mobile	E	Viale Francia 15
57	Viale Strasburgo	Stazione Mobile	E	Viale Strasburgo
58	Viale Strasburgo	Stazione Mobile	E	Viale Strasburgo
59	Viale Strasburgo	Stazione Mobile	E	Viale Strasburgo
60	Viale Venere	Stazione Mobile	E	Viale Venere
61	Viale Margherita di Savoia	Stazione Mobile	E	Viale Margherita di Savoia
62	Viale Regina Elena	Stazione Mobile	E	Viale Regina Elena
63	Via Mattei	Stazione Mobile	E	Via Mattei
64	Scuola La Masa	via La Masa 17	F	Via Crispi angolo Via P.Belmonte
65	Scuola pubblica elementare Magione	Piazza Magione 2	F	Via Lincoln angolo Via Rao
66	*Istituto Nautico Trabia- Gioen	via Vittorio Emanuele 27	F	Via Crispi angolo via mura della Lupa
67	incrocio via Balsamo Corso dei Mille	Corso dei mille	F	Corso dei Mille incrocio via Balsamo
68	Istituto Industriale V. Emanuele	via Duca della Verdura 40	F	Via Duca della Verdura 40
69	Via Crispi	Stazione Mobile	F	Via Crispi
70	Via Crispi	Stazione Mobile	F	Via Crispi
71	*Presso Industria Elenka	Via Nicoletti Rosario	G	Via Nicoletti Rosario angolo Via Partanna Mondello
72	Presso Centro Commerciale Conca D'Oro	Via Scalea	G	Via Scalea - Sovrappasso (previsto in progetto)

**BANDO DI CONCORSO INTERNAZIONALE DI PROGETTAZIONE, CON PROCEDURA APERTA, PER LA PROGETTAZIONE DEL "SISTEMA TRAM PALERMO - FASE II" PROGETTO GENERALE E PROGETTO I° STRALCIO**

73	Via Rosario Nicoletti	Stazione Mobile	G	Via Rosario Nicoletti
74	Via Lanza Di Scalea	Stazione Mobile	G	Via Lanza Di Scalea
75	Via Lanza Di Scalea	Stazione Mobile	G	Via Lanza Di Scalea

**Tab. 2** Punti Indagini in fase di Cantiere "Durante"

Per le emissioni aeree e quindi le indagini atmosferiche, da eseguirsi solo durante la fase di "cantiere durante operam" nella tabella di seguito riportiamo i punti di indagine individuati.

<b>Punti Indagini Ambientali Rumore e Vibrazioni (Durante)</b>				
<b>Progressivo</b>	<b>Luogo/Descrizione</b>	<b>Via</b>	<b>Tratta</b>	<b>Punto Indagine</b>
1	Piazza Papa Giovanni II	Stazione Mobile	A	Via Antonio Cassarà
2	Via Libertà	Stazione Mobile	A	Via Libertà
3	Via Libertà	Stazione Mobile	A	Via Libertà
4	Via Libertà	Stazione Mobile	A	Via Libertà
5	Piazza Castelnuovo Teatro Politeama	Stazione Mobile	A	P.zza Castelnuovo
6	Via Isidoro Carini	Stazione Mobile	A	Via Isidoro Carini
7	Zona Teatro Massimo	Stazione Mobile	A	Via Cavour angolo Via Ruggero Settimo
8	Via Puglisi	Stazione Mobile	A	Via Puglisi
9	Via Roma	Stazione Mobile	A	Via Roma
10	Via Roma	Stazione Mobile	A	Via Roma
11	Via Roma	Stazione Mobile	A	Via Roma
12	Via Roma	Stazione Mobile	A	Via Roma
13	Piazza Alberigo Gentili	Stazione Mobile	B	Piazza Alberigo Gentili
14	Via Notarbartolo	Stazione Mobile	B	Via Notarbartolo 16
15	Via Regione Siciliana	Stazione Mobile	C	Via Regione Siciliana
16	Via Regione Siciliana	Stazione Mobile	C	Via Regione Siciliana
17	Via Ernesto Basile	Stazione Mobile	C	Via Ernesto Basile
18	Via Ernesto Basile	Stazione Mobile	C	Via Ernesto Basile
19	Corso Tukory	Stazione Mobile	C	Corso Tukory
20	Via Del Vespro	Stazione Mobile	D	Via Del Vespro
21	Via Dell'Ermellino	Stazione Mobile	D	Via Dell'Ermellino
22	Chiesa Viale Francia	Stazione Mobile	E	Viale Francia 15
23	Viale Strasburgo	Stazione Mobile	E	Viale Strasburgo
24	Viale Strasburgo	Stazione Mobile	E	Viale Strasburgo
25	Viale Strasburgo	Stazione Mobile	E	Viale Strasburgo
26	Viale Venere	Stazione Mobile	E	Viale Venere
27	Viale Margherita di Savoia	Stazione Mobile	E	Viale Margherita di Savoia

**BANDO DI CONCORSO INTERNAZIONALE DI PROGETTAZIONE, CON PROCEDURA APERTA, PER LA PROGETTAZIONE DEL "SISTEMA TRAM PALERMO - FASE II" PROGETTO GENERALE E PROGETTO I° STRALCIO**

28	Viale Regina Elena	Stazione Mobile	E	Viale Regina Elena
29	Via Mattei	Stazione Mobile	E	Via Mattei
30	Via Lincoln	Stazione Mobile	F	Via Lincoln
31	Via Crispi	Stazione Mobile	F	Via Crispi
32	Via Crispi	Stazione Mobile	F	Via Crispi
33	Via Rosario Nicoletti	Stazione Mobile	G	Via Rosario Nicoletti
34	Via Lanza Di Scalea	Stazione Mobile	G	Via Lanza Di Scalea
35	Via Lanza Di Scalea	Stazione Mobile	G	Via Lanza Di Scalea

### 2.3.3 Monitoraggio in post operam

Ultimati i lavori di realizzazione si eseguiranno campagne di misura sui 41 punti di indagini base già individuati ed elencati nella Tab. 1, le misure riguarderanno il monitoraggio di rumore, vibrazioni.

Per quanto riguarda le indagini dei campi elettromagnetici si eseguiranno campagne di misure supplementari in tutte le fermate e nelle sotto stazioni di nuova realizzazione previste, tali punti sono riportati nelle tabelle seguenti.

Progr.		Via	Tratta
1	Terminal	Via Balsamo	A
2	Fermata	Via Roma - Montesanto	A
3	Fermata	Via Roma - Malta	A
4	Fermata	Via Roma - S. Domenico	A
5	Fermata	Via Roma - Cavour	A
6	Fermata	Via Roma - M. Stabile	A
7	Fermata	Piazza Sturzo	A
8	Fermata	Calvi	A
9	Fermata	C.a. Dalla Chiesa	A
10	Fermata	Villabianca - Arimondi	A
11	Fermata	Villabianca - De Cosmi	A
12	Fermata	Villabianca - Cordova	A
13	Fermata	Roccaforte - Don Bosco	A
14	Fermata	Leoni	A
15	Fermata	V.le Del Fante	A
16	Terminal	Via De Gasperi	A
17	Fermata	Croce Rossa	A
18	Fermata	Croce Rossa - Statua	A
19	Fermata	Libertà - Lazio	A
20	Fermata	Libertà - Di Biasi	A
21	Fermata	Libertà - Pipitone	A
22	Fermata	Libertà - Notarbartolo	A
23	Fermata	Libertà - Croci	A
24	Fermata	Libertà - Siracusa	A
25	Fermata	Libetrà - Politeama	A
26	Fermata	Ruggero Settimo	A
27	Fermata	Cavour	A
28	Fermata	Roma - Cavour	A
29	Fermata	Roma - S. Domenico	A
30	Fermata	Roma - Firenze	A
31	Fermata	Roma - Pola	A

Progr.		Via	Tratta
32	Terminal	Notarbartolo	B
33	Fermata	Notarbartolo - Lo Jacono	B
34	Fermata	Duca Della Verdura	B
35	Terminal	Verdura - Villabianca	B
36	Terminal	Caltafimi - Via Reg. Siciliana	C
37	Fermata	Regione Sic. - Villa Trabia	C
38	Fermata	Regione Sic. - Palmerino Ovest	C
39	Fermata	Regione Sic. - Altofonte Ovest	C
40	Fermata	Regione Sic. - Palmerino Est	C
41	Fermata	Regione Sic. - Altofonte Est	C
42	Fermata	Basile - Parco Cassarà	C
43	Fermata	Parcheggio Basile	C
44	Fermata	Basile - Artale	C
45	Fermata	Basile - Alessi	C
46	Fermata	Basile - Mancino	C
47	Fermata	Basile - Re Ruggero	C
48	Fermata	Tukory - Cadorna	C
49	Fermata	Tukory - Porta S. Agata	C
50	Fermata	Tukoru - Maqueda	C
51	Terminal	Via Balsamo	C
52	Fermata	Tukory - Oreto	C
53	Fermata	Tukory - Del Vespro	C
54	Fermata	Tukory - Filiciuzza	C
55	Terminal	Ospedale Civico	C
56	Fermata	Lodato - Vespri	D
57	Fermata	Pliclinico	D
58	Fermata	Santo Spirito	D
59	Fermata	San Filippo - Orsa Maggiore	D
60	Fermata	San Filippo - Largo Entella	D
61	Fermata	Albini	D
62	Fermata	Levriere - Ermellino	D

**BANDO DI CONCORSO INTERNAZIONALE DI PROGETTAZIONE, CON PROCEDURA APERTA, PER LA PROGETTAZIONE DEL "SISTEMA TRAM PALERMO - FASE II" PROGETTO GENERALE E PROGETTO 1° STRALCIO**

Progr.	Via	Tratta
63	Fermata Levriere - La volpe	D
64	Fermata Levriere - Volpino	D
65	Fermata Levriere - Rumore	D
66	Fermata Antilope - Guido	D
67	Fermata Antilopo - Castoro	D
68	Fermata Ermellino - Martora	D
69	Fermata Papa Giov. XXIII	D
70	Fermata Bassotto	D
71	Terminal Via De Gasperi	E
72	Fermata De Gasperi	E
73	Fermata Strasburgo - De Gasperi	E
74	Fermata Strasburgo - Praga	E
75	Fermata Strasburgo - Aldisio	E
76	Fermata Strasburgo - Ingegnoros	E
77	Fermata Strasburgo - Pantelleria	E
78	Fermata Strasburgo - San Lorenzo	E
79	Fermata Lanza di Scalea - Cavaretta	E
80	Fermata Lanza di Scalea	E
81	Fermata Lanza di Scalea - Velodromo	E
82	Fermata Lanza di Scalea - Einaudi	E
83	Fermata Lanza di Scalea - Besta	E
84	Fermata Einaudi	E
85	Fermata D'Agriunto	E
86	Fermata Pertini	E
87	Fermata Olimpo	E
88	Fermata Olimpo - Castelforte	E
89	Fermata Venere - Achille	E
90	Fermata Venere - Castellucci	E
91	Fermata Margherita di Savoia - Orfeo	E
92	Fermata Margherita di Savoia - Mater Dei	E
93	Fermata P.zza Valdesi	E

Progr.	Via	Tratta
94	Fermata Regina Elena - Iris	E
95	Fermata Regina elena - Anadiomone	E
96	Fermata Regina Elena - Teti	E
97	Fermata Palinuro	E
98	Fermata P.zza Caracciolo	E
99	Fermata Galatea	E
100	Fermata Mattei - Saline	E
101	Fermata Mattei - Afrodite	E
102	Fermata Mattei - Castelforte	E
103	Terminal Duca della Verdura-Villabianca	F
104	Fermata Duca della Verdura - Villabianca	F
105	Fermata Duca della Verdura - Giachery	F
106	Fermata Giachery	F
107	Fermata Crispi - Pace	F
108	Fermata Crispi - Emerico Amari	F
109	Fermata Crispi - M. Stabile	F
110	Fermata Crispi - Sammuzzo	F
111	Fermata Cala - Mercato Ittico	F
112	Fermata Cala - S. Maria della Catena	F
113	Fermata Foro Umberto I - Porta Felice	F
114	Fermata Foro Umberto I - Porta dei Greci	F
115	Fermata Lincoln - Villa Giulia	F
116	Fermata Lincoln - Orto botanico	F
117	Fermata Lincoln - Rao	F
118	Fermata Lincoln - Archirafi	F
119	Terminal Via Palazzotto	G
120	Fermata Palazzotto - Staz. Sferracavallo	G
121	Fermata Cedro	G
122	Fermata Nicoletti - Sferracavallo	G
123	Fermata Nicoletti - Masbel	G
124	Fermata Nicoletti - Partanna Mondello	G
125	Fermata Piazza Bolivar	G
126	Fermata Lanza di Scalea - Savarese	G
127	Fermata Lanza di Scalea - Centro Olimpo	G
128	Fermata Via Lanza di Scalea	G

Di seguito i rilievi sulle SSE già esistenti e che saranno oggetto di potenziamento:

Progr.	Luogo/Descrizione	Tratta Esistente
1	SSE CEP	LN 2,3,4
2	SSE Deposito Da Vinci	LN 2,3,4
3	SSE Michelangelo	LN 2,3,4
4	SSE Beato Angelico	LN 2,3,4
5	SSE Perpignano	LN 2,3,4
6	SSE Vignarello	LN 2,3,4
7	SSE Amedeo D'Aosta	LN 1
8	SSE XXVII Maggio	LN 1
9	SSE Deposito Roccella	LN 1

Infine riassumiamo di seguito la tabella che riassume il numero di indagine complessivo diviso per fase e tipologia di indagine :

<b>Sintesi Programma Complessivo Indagini Ambientali</b>			
Fase di Monitoraggio	Identificazione		
	Rumore/vibrazioni	Campi Elettrici	Atmosfera
ANTE	41	9	-
DURANTE	75	-	35
POST	41	128	-



Il rilievo topografico identificherà e descriverà tutte le aree interessate dai nuovi interventi ed in particolare, l'andamento plano/altimetrico dei nuovi percorsi e tutte le particolarità topografiche in esse presenti, con speciale riguardo alle linee tranviarie esistenti cui le nuove linee si collegheranno. Saranno oggetto dei rilievi, dunque, le sedi stradali (carreggiata comprensiva di spartitraffico, marciapiedi ed eventuali scarpate), i fabbricati prossimi adiacenti alle vie interessate, i piazzali, i canali e i fossi di guardia eventualmente presenti, nonché le emergenze dei sottoservizi esistenti (botole, chiusini, caditoie, ecc.) che possano essere di intralcio nelle successive fasi realizzative delle opere. L'altimetria dei tracciati sarà restituita mediante punti quotati nelle sedi stradali e con rappresentazione a curve di livello nelle aree a verde non edificate, quest'ultime derivate dal modello digitale del terreno materializzato dai punti rilevati.

### **3.1 INDAGINI TOPOGRAFICHE: GEOREFERENZIAZIONE DEI RILIEVI NEL SISTEMA GEODETICO NAZIONALE E MATERIALIZZAZIONE DEL SISTEMA DI RIFERIMENTO LOCALE IN COORDINATE RETTILINEE**

Preliminarmente all'esecuzione dei rilievi si eseguirà un'adeguata progettazione delle misure topografiche per razionalizzare la logistica delle operazioni ed ottenere un'elevata precisione ed affidabilità nella determinazione delle coordinate dei vertici. La progettazione delle attività di rilevamento è una prassi consolidata ed indispensabile nelle applicazioni di maggiore precisione, quali ad esempio le reti di controllo e di inquadramento. La progettazione e la pianificazione delle misure topografiche consiste essenzialmente nell'esplorazione cartografica preliminare e nella ricognizione sui luoghi dei punti individuati nella cartografia dove, oltre alla materializzazione del vertice, occorrerà verificare alcune condizioni, in funzione della strumentazione da utilizzare. Per le misure GNSS le condizioni da verificare sono le seguenti:

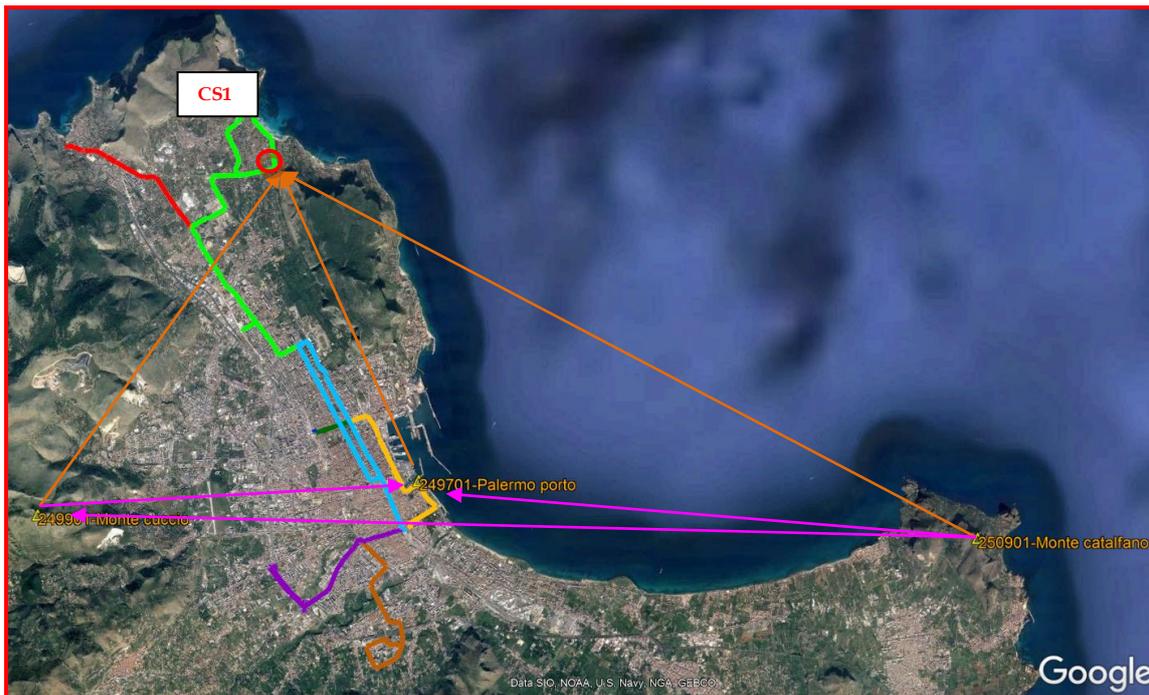
- Assenza di ostacoli (edifici, vegetazione e altro ancora) sopra un'elevazione di 15° rispetto l'orizzonte o, in caso contrario, rilevarne la presenza con misure speditive di azimut ed elevazione. Successivamente sarà valutato l'occultamento che questi ostacoli provocano alla ricezione satellitare nella finestra temporale che si progetta di utilizzare.
- Assenza di superfici riflettenti (metalliche, speculari o altro) che possono causare errori di multipath, che potrebbero causare deterioramento delle misure.
- L'assenza di campi elettromagnetici che possono interferire con il segnale GNSS generandone un degrado o un suo completo oscuramento.

Il rilievo del **"Sistema Tram Palermo – Il Fase"** sarà inquadrato al Sistema di Riferimento Globale ETRS89, nella nuova realizzazione denominata ETRF2000, tramite i punti IGM95/249901 "Monte Cuccio", IGM95/249701 "Palermo Porto" e IGM95/250901 "Monte Catalfano".



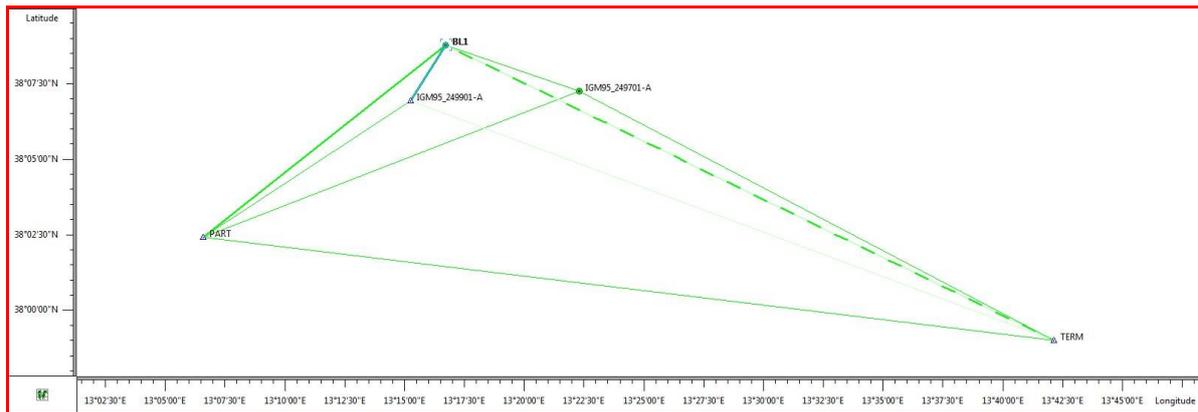
**Figura 2** - Stazionamento su vertici IGM95

In ciascuna tratta sarà materializzato un caposaldo principale, realizzato con pilastrino in c.a. eseguito in opera, sulla cui superficie sarà installata una base per monumentazione, con superficie di appoggio completamente levigata, che garantirà il corretto posizionamento della stazione totale o della strumentazione GNSS. Ciascun caposaldo principale sarà unito con i tre punti IGM95 da una baseline statica (cfr. Figura 3). Lo schema ipotizzato, caratterizzato da misure sovrabbondanti rispetto a quelle strettamente necessarie, assicura la ridondanza nelle misurazioni, condizione indispensabile nella compensazione rigorosa delle baselines. Ciascuna baselines, di fatto, sarà determinata con misure statiche e successivo post-processamento, utilizzando contemporaneamente 4 ricevitori GNSS a doppia frequenza (L1+L2).



**Figura 3** - Schema d'inquadramento del rilievo alla rete ETRF2000.

I dati rinex (*dati grezzi*) acquisiti dai quattro ricevitori saranno processati con il software geodetico Topcon Tools 8.2.3, utilizzando nel calcolo le effemeridi precise (con 12-14 giorni di latenza) in modo da ottenere la massima precisione nella risoluzione dei vettori e, quindi, nella determinazione della posizione del caposaldo. Completato il processamento dei dati si procederà alla compensazione della rete di vettori, utilizzando come controllo le tre coordinate ellissoidiche dei punti IGM95. Il trattamento delle misure GNSS sarà eseguito in modalità multibase con compensazione globale della rete. Lo schema di rilievo individuato garantisce per ciascun caposaldo da posizionare tre diverse baseline, una per ciascun vertice IGM95. Avendo a disposizione più punti di controllo per la compensazione plano/altimetrica il processo di compensazione controllerà anche la precisione delle coordinate dei punti stessi, tramite l'analisi dei residui. In generale, a valori bassi dei residui corrisponde un'elevata accuratezza del frame geodetico di riferimento utilizzato per l'inquadramento e la georeferenziazione della rete. La compensazione sarà eseguita con il criterio di stima ai minimi quadrati, che garantisce la minimizzazione dei residui delle osservazioni, derivanti generalmente da errori di natura casuale e, quindi, trattabili con la statistica gaussiana (cfr. Figura 4).



**Figura 4** - Esempio di post-processing con Topcon-Tools per l'inquadramento al Frame ETRF2000

La lunghezza delle sessioni di misura, ossia il tempo per il quale è necessario stazionare sui vertici acquisendo dati grezzi GNSS, dipenderà da diversi fattori quali: *la lunghezza della baseline, il numero di satelliti visibili e la configurazione satellitare, nonché dal tipo di ricevitori utilizzati e dal rapporto segnale/rumore con cui si riceve.* In generale, è valido il criterio per il quale maggiore è il numero di satelliti migliori sono i DOP e, di conseguenza, minore è il tempo d'acquisizione.

La durata minima sarà posta a tre ore, tempo sufficiente a garantire un'elevata precisione nella risoluzione delle baselines (lunghezza massima di 20 km) con ricevitori a doppia frequenza.

<b>Posizionamento</b>	<b>Lunghezza delle basi</b>	<b>Tempi di stazionamento</b>	<b>Intervallo di campionamento</b>
Statico	< 10 km	1 h	15-30 s
	10-30 km	3-4 h	
	> 30 km	> 4 h	
Statico rapido	< 20 km	15-20 min	1-5 s
Cinematico con post-elaborazione	< 20 km	< 1 min	1 s
RTK in singola base	< 20 km	< 10 s	1 s
RTK con correzioni di rete	< 50 km		

Determinate le coordinate ellissoidiche dei caposaldi principali nel frame ETRF2000 se ne verificherà la posizione reciproca, sempre con misure statiche, post-processamento e compensazione finale, in modo da minimizzare gli scarti di posizione tra di loro.

Ciascun caposaldo principale sarà utilizzato come punto di emanazione del rilievo in RTK, di cui in seguito saranno specificate le modalità di esecuzione, nonché come caposaldo principale per lo sviluppo della rete locale di caposaldi.



**Figura 5** - Esempio di materializzazione dei caposaldi per lo stazionamento della strumentazione.

Per ciascun caposaldo principale, oltre alle coordinate geografiche e alla quota ellissoidica nel sistema ETRF2000, saranno calcolate le coordinate planimetriche nel Sistema Nazionale Italiano, Gauss-Boaga, tramite la procedura ufficiale dell'Istituto Geografico Militare Italiano (IGMI), Verto 3k. Il passaggio alle coordinate G-B assicura la sovrapposizione numerica dei rilievi sulla carta tecnica comunale e regionale, riferite entrambi a tale sistema cartografico.

La quota ortometrica dei caposaldi (riferita al geoide, inteso come superficie equipotenziale del campo gravitazionale terrestre) verrà determinata, invece, mediante livellazione trigonometrica di alta precisione, utilizzando i caposaldi di livellazione di alta precisione e total station di alta precisione. Lo sviluppo dell'eventuale poligonale, necessaria per la determinazione della quota ortometrica del caposaldo principale, avverrà con centramento forzato su tutti i vertici, ossia posizionando i prismi sui vertici, precedente e seguente il punto di stazione, con i treppiedi. Inoltre, per ridurre l'errore di rifrazione atmosferica, causato dal movimento del raggio luminoso attraverso l'aria, si stima il coefficiente di rifrazione tramite misure di pressione e temperatura.

Di fatto, il movimento del raggio luminoso nell'aria è influenzato dalla densità dell'aria, che diminuisce con l'aumento della quota, e con la diminuzione della densità, di fatto, si riduce anche la rifrazione atmosferica. La stima del coefficiente di rifrazione avviene tramite misure orarie di pressione e temperatura, che vengono impostate nella stazione totale durante i rilevamenti.

Le misure, angolari e distanziometriche, saranno eseguite con almeno quattro strati di lettura, con centramento automatico del prisma effettuato dallo stesso strumento, in modo da limitare al minimo l'errore umano nella lettura.

Tale modalità operativa assicurerà la minimizzazione di tutti gli errori, angolari e distanziometrici.

La total station che si utilizzerà sarà robotica, con precisione angolare di 0,5" (0,15 mgon\*) e distanziometrica con prisma riflettente pari a 0,8 mm + 1 ppm.

Le elaborazioni saranno effettuate con il software topografico Meridiana 2017 che consente di compensare rigorosamente tutte le misure col metodo dei minimi quadrati, aumentando, quindi, l'accuratezza nella determinazione delle coordinate planimetriche ed altimetriche di ciascun punto rilevato.

Qualora lungo il percorso della livellazione si trovassero più caposaldi I.G.M. la livellazione li interesserà tutti.



Verrà materializzato, inoltre, un sistema di riferimento locale in coordinate rettilinee, per evitare le contrazioni sulla misura generate dalla proiezione conforme di Gauss e finalizzato, invece, alla progettazione ed esecuzione delle singole opere.

Esso consentirà di ottenere una più aderente rappresentazione della realtà fisica, nonché di garantire, nel passaggio da rappresentazione ellissoidica a rappresentazione piana o "rettilinea", una deformazione lineare paragonabile agli errori strumentali di misura.

Nel calcolo il coefficiente di contrazione sarà posto pari ad 1, affinché si possa ottenere la corrispondenza tra distanze cartografiche e distanze reali, condizione indispensabile nelle operazioni di tracciamento di grandi opere con sviluppo lineare.

Per ciascun caposaldo saranno determinate, pertanto, le coordinate geografiche ETRF2000, quelle piane Gauss-Boaga e quelle rettilinee. Le quote ortometriche dei vertici della rete saranno riferite al livello medio del mare (mareografo di Catania) tramite livellazione trigonometrica di precisione, a partire dal caposaldo principale precedentemente determinato. Le modalità operative della livellazione trigonometrica sono identiche a quelle già utilizzate per la determinazione della quota dei caposaldi principali.

Per ciascuna tratta, in definitiva, si materializzerà in loco un adeguato sistema di caposaldi, disposti lungo il tracciato tranviario in modo da racchiuderlo completamente e garantire in ogni stazione l'orientamento della total station.

I caposaldi saranno posizionati per essere intervisibili tra di loro, almeno a due a due (dal punto di stazione si dovranno collimare il punto precedente e seguente), condizione essenziale l'orientamento della stazione totale nelle operazioni di rilievo e in quelle di tracciamento delle nuove opere. La materializzazione dei caposaldi avverrà con misure GNSS statiche e successivo post-processamento e compensazione.

La durata di acquisizione minima verrà posta 20 minuti e potrà essere incrementata in funzione della configurazione satellitare e dai rapporti segnale/rumore con cui si ricevono. La distanza massima tra i vertici del S.R.L. sarà 300÷500 m, intervallo ottimale che consente di ridurre, nelle misure con la Total Station, gli effetti della rifrazione atmosferica e della curvatura terrestre, soprattutto nel calcolo della componente altimetrica.

Per tutti i vertici della rete d'inquadramento saranno redatte idonee monografie descrittive che ne permettano il riconoscimento sul terreno.

Ciascun punto sarà materializzato con borchia di centramento da 55 mm in acciaio tipo dolce elettro-zincato, con punto di collimazione, da posizionare e cementare in punti stabili (muri in c.a., passerelle in c.a., marciapiedi, ecc.).

La Figura 6 illustra l'esempio che si seguirà per la redazione della monografia.

		<b>RETE CAPOSALDI</b>	
	Nome punto	<b>C4p</b>	Provincia:
			Comune:
	Data di apposizione:		Quota Ellissoidica [m]:
			Quota Ortometrica [m s. m.]
<b>Accesso:</b>		<b>Materializzazione:</b> Chiodo topografico di centramento in acciaio da 55 mm, di colore rosso, con quota riferita alla testa del chiodo e determinata dal Geoido ITALGEO2005 tramite la procedura Verto 3K.	
<i>Immagine Google-Earth</i>		<i>Schizzo monografico</i>	
			
<i>Immagine Fotografica</i>		<b>COORDINATE</b>	
		<i>Geografiche ETRF2000</i>	
		<i>Latitudine φ:</i>	<i>Longitudine λ:</i>
		<i>Piane Sistema di riferimento Locale</i>	
		<i>Nord [m]:</i>	<i>Est [m]:</i>
		<i>Piane Gauss-Boaga (fuso est)</i>	
		<i>Nord [m]:</i>	<i>Est [m]:</i>

**Figura 6 - Monografia dei caposaldi materializzati.**

### **3.2 INDAGINI TOPOGRAFICHE: RILIEVO DI DETTAGLIO**

Il rilievo piano/altimetrico riguarderà le sedi stradali (cigli esterni, asse stradale, marciapiedi ed eventuali spartitraffico e le scarpate, se presenti), i fabbricati adiacenti le strade interessate dalle nuove linee tranviarie, i piazzali, i canali e i fossi di guardia eventualmente presenti, nonché le emergenze stradali dei sottoservizi esistenti (botole, chiusini, caditoie, ecc.) che possano essere di intralcio nelle successive fasi realizzative delle opere. L'altimetria dei tracciati sarà restituita mediante punti quotati nelle sedi stradali e con rappresentazione a curve di livello nelle aree a verde non ancora edificate. I punti della sede stradale saranno rilevati con interasse massimo di 10 m e, comunque, ogni volta che si riscontra una variazione piano/altimetrica significativa.

I rilievi consentiranno la fedele ricostruzione dell'andamento altimetrico dei singoli tracciati, ricostruiti mediante profili longitudinali e sezioni trasversali, quest'ultime disposte ad un interasse medio di 10 m e, comunque, in corrispondenza di tutte le sezioni "singolari", ovverosia in corrispondenza delle intersezioni stradali e di particolari interferenze.

Il rilievo di dettaglio in RTK sarà effettuato in modalità DGPS (base-Rover), ossia con correzioni differenziali, posizionando il ricevitore "master" (base) sul punto di coordinate note (punto di emanazione del rilievo) e spostando il ricevitore rover nei punti di dettaglio da rilevare. Con questa modalità il rover applica le correzioni differenziali trasmesse dal master e calcola la posizione in tempo reale. Il rilievo in RTK sarà effettuato in modalità "fixed", cioè il ricevitore mobile calcola le coordinate relative, con fissaggio dell'ambiguità, in modo differenziale. Le misure saranno sempre eseguite con un valore di PDOP (diluizione geometrica della posizione) minore di 6; ciò garantisce un'elevata qualità della precisione nella misurazione. L'epoca (intervallo di misurazione) per ciascuna acquisizione sarà impostata a 5 secondi, l'angolo di cut-off sarà impostato a 15° rispetto l'orizzonte.

Per le aree prive di copertura satellitare i rilievi saranno eseguiti con strumentazione celerimetrica tradizionale (Total Station), orientata nel S.R. locale materializzato. L'orientamento della T-S verrà eseguito misurando almeno tre caposaldi del S.R.L., con centramento forzato sul punto di collimazione. Il rilievo angolare sarà effettuato con il metodo delle osservazioni a strati, eseguendo da ogni stazione almeno quattro strati di letture azimutali e mediando le misure. I vari strati forniranno i valori degli angoli che, per essere mediabili, non dovranno presentare uno scarto superiore a 20 secondi centesimali. Le osservazioni che supereranno tale valore andranno ripetute.

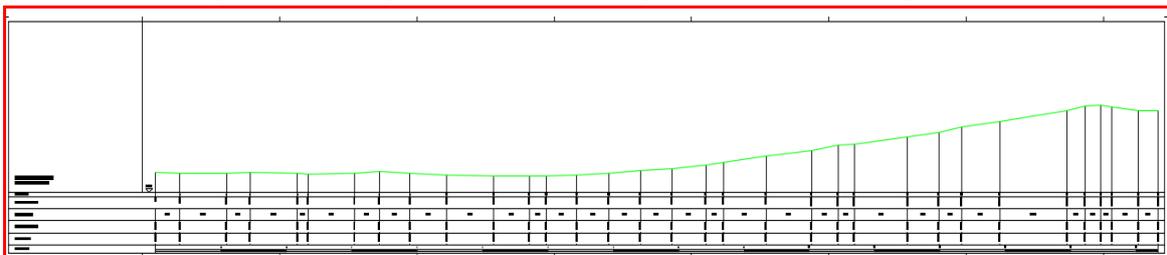
Il rilievo verrà restituito in formato CAD 3D, sovrapposto alla cartografia CTC di Palermo sia nel sistema di riferimento locale rettilineo sia in quello Gauss-Boaga.



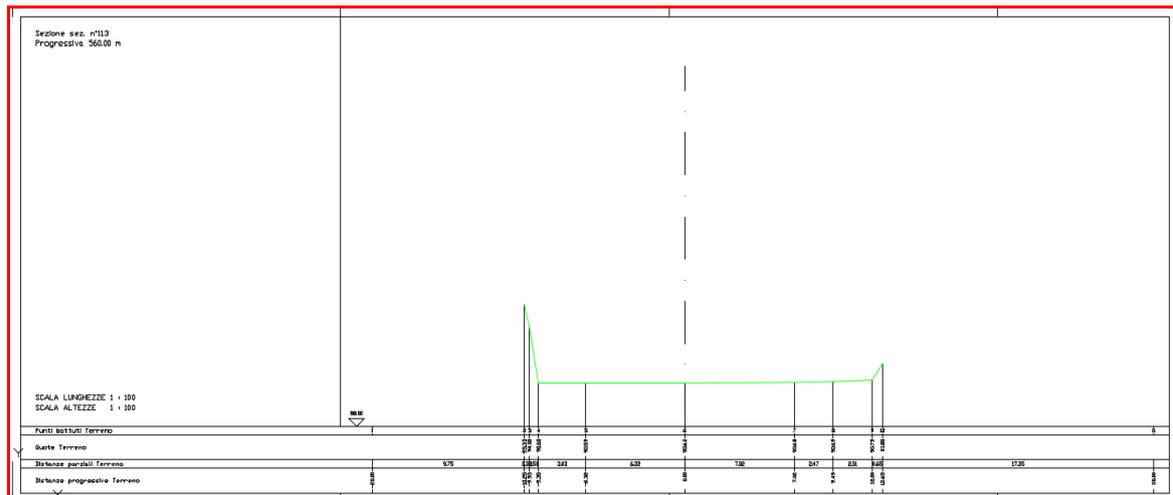
**Figura 7 - Esempio sulla modalità di restituzione del rilievo plano-altimetrico.**



**Figura 8 – Dettaglio sulla restituzione grafica del rilievo topografico.**



**Figura 9 - Esempio sulla redazione del profilo longitudinale del terreno**



**Figura 10** - Esempio sulla redazione delle sezione trasversale del terreno

### 3.2.1 Indagini topografiche: Elaborati Prodotti

A conclusione delle attività di rilevamento e comunque in relazione alle specifiche richieste del CSA, dovranno essere prodotti e consegnati i seguenti elaborati cartacei :

1. Relazione Tecnica Illustrativa riportante: la metodologia utilizzata per l'esecuzione dei rilievi di inquadramento, la materializzazione del S.R.L.; il calcolo delle poligonali e quello della livellazione trigonometrica;
2. Monografie dei vertici IGM95 utilizzati e di tutti i Caposaldi materializzati;
3. Libretto Topografico contenente le coordinate nei tre sistemi di riferimento;
4. Corografia Generale riportante i vettori per l'inquadramento dei rilievi, a scala 1:25.000;
5. Planimetrie delle singole tratte con riportati i C.S., sovrapposte alla CTR, a scala 1:10.000;
6. Planimetrie di dettaglio dei rilievi, sovrapposta alla C.T.C., a scala 1:2.000;
7. Profili longitudinali del terreno per ogni singola tratta, a scala 1:2.000/200;
8. Sezioni trasversali per ogni singola tratta, a scala 1:200/200

Verranno forniti, inoltre, i seguenti files digitali:

9. Files CAD 3D del rilievo completo, sovrapposto alla CTC sia nel S.R.L. che in quello GAUSS-BOAGA;
10. I profili longitudinali a scala 100/100
11. Sezioni trasversali a scala 100/100.

## **4 INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE**

### **4.1 PREMessa E CRITERI DI IMPOSTAZIONE DEL PIANO DI INDAGINI**

Il Raggruppamento dispone di una elevata quantità di dati litostratigrafici, idrogeologici, geotecnici e sismici provenienti da precedenti progettazioni, ubicate nelle aree di progetto o nelle immediate vicinanze. Si dispone, infatti, di circa 180 punti di indagine indicati con la sigla S nella Planimetria con indicazione delle indagini di cui alle Tavv: 111-127 allegate al presente progetto. Tali indagini sono ubicate lungo i tracciati delle tratte tranviarie o in prossimità delle stesse e alcune di esse ricadono anche in prossimità delle aree sede dei manufatti speciali. Si tratta di punti per i quali si dispone delle relative colonne litostratigrafiche, delle quali è verificata l'attendibilità, e per diversi di essi si dispone anche di dati su letture piezometriche, su prove sismiche e su prove geotecniche in sito e in laboratorio.

Sulla base delle conoscenze disponibili, è stato elaborato un modello geologico preliminare che è stato posto a base della elaborazione del piano di indagini di seguito illustrato.

Nell'ambito di tale piano si è ritenuto necessario eseguire indagini specifiche per la caratterizzazione puntuale sotto il profilo geologico, idrogeologico, sismico e geotecnico dei terreni presenti nei siti interessati dai manufatti speciali. Lungo i tracciati delle tratte tranviarie le conoscenze in possesso del Raggruppamento sono state valutate sufficienti per una esaustiva caratterizzazione dei terreni presenti; pertanto, considerato che lungo linea in ambito urbano non sono previsti interventi significativi, se non l'adeguamento stradale, non si sono previsti nuovi sondaggi, privilegiando, invece, la esecuzione di specifiche indagini per la caratterizzazione geotecnica della sede tranviaria.

IL piano di indagini di seguito illustrato è quello completo in grado di caratterizzare esaustivamente i terreni ai fini della successiva fase di progettazione, tuttavia in base ai risultati via via ottenuti lo stesso potrà subire in corso d'opera modifiche localizzate mirate ad approfondimenti puntuali che si dovessero rendere necessari.

Riguardo al tema della presenza nel sottosuolo di cavità antropiche sono state previste apposite indagini geofisiche nel sito del manufatto speciale AM1 deposito/parcheggio sotterraneo di Piazza Alcide De Gasperi, mentre per la problematica lungo linea si propone di demandare la esecuzione di indagini alla fase del corso d'opera come più avanti specificato.

### **4.2 INDAGINI DI CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA DEI TERRENI**

#### **4.2.1 Perforazioni**

Per la caratterizzazione geologico-litologico-stratigrafica puntuale dei terreni nelle aree interessate dai manufatti speciali sono stati previsti n. 26 sondaggi meccanici a carotaggio continuo, di cui n. 13 di lunghezza pari a 20 m ed altrettanti di lunghezza pari a 30 m.

Ai fini di effettuare perforazioni con buona qualità del carotaggio, considerate le note difficoltà nei terreni del territorio palermitano, è stato previsto l'uso del doppio carotiere. Per ogni punto di indagine è stata prevista la individuazione preliminare di eventuali sottoservizi mediante scavi con mezzi meccanici o a mano.

#### **4.2.2 Piezometri**

In n. 9 fori di sondaggio è stata prevista la installazione di piezometri a tubo aperto per la verifica ed il monitoraggio dei livelli di falda.

Il monitoraggio verrà effettuato con cadenza mensile per opportuna conoscenza, nella considerazione che allo stato delle conoscenze attuali non si hanno indizi di interferenze tra livelli di falda e lavori di realizzazione delle opere. Tuttavia, nel caso le misure effettuate dovessero evidenziare per qualche opera probabilità di tale interferenza, verranno eseguite misure piezometriche specifiche con cadenza settimanale per tutto l'arco di tempo della progettazione.

#### **4.2.3 Prove di permeabilità in sito**

Per la caratterizzazione del parametro permeabilità dei terreni nel sito in cui sarà realizzato il deposito/parcheggio sotterraneo della Tratta A è stata prevista una prova di permeabilità in sito, Le Franc o Lugeon, in funzione dello stato di consistenza del tipo litologico attraversato.

### **4.3 INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI**

Ai fini della caratterizzazione della risposta sismica dei terreni, nei 13 fori di sondaggio di lunghezza pari a 30 m verranno eseguite prove sismiche in foro del tipo down-hole per la misura delle velocità sismiche  $V_p$  e  $V_s$ .

### **4.4 INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI**

#### **4.4.1 Prove geotecniche in sito**

Per la caratterizzazione dei terreni prevalentemente sabbiosi sono state previste prove penetrometriche dinamiche del tipo SPT. Queste saranno eseguite durante il corso della perforazione nei fori di n. 23 sondaggi, in ragione di una prova ogni tre metri e fino a profondità dell'ordine di 20 m, per un totale di n. 6 prove per ogni foro.

#### **4.4.2 Prove geotecniche di laboratorio**

In alcuni fori di sondaggio è stato previsto il prelievo di campioni indisturbati nei terreni superficiali e nei terreni di base da sottoporre a prove geotecniche di laboratorio. E' stato previsto in totale il prelievo di n. 45 C.I.

Su ciascun C.I. saranno eseguiti cicli completi di prove di identificazione comprendenti:

- L'apertura e il riconoscimento macroscopico;
- La determinazione del contenuto naturale d'acqua, del peso dell'unità di volume, del peso specifico dei grani;
- Analisi granulometriche mediante staccatura e sedimentazione;
- La determinazione dei limiti di consistenza.

Per la determinazione dei parametri di resistenza al taglio sono previste:

- Prove di rottura per compressione semplice non confinata;
- Prove di taglio diretto consolidate drenate.

Inoltre, su n. 34 campioni di roccia lapidea prelevati dalle cassette catalogatrici sono state previste le seguenti prove:

- Prove di carico puntuale;
- Prove di compressione semplice.

#### **4.5 INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA STRADALE**

Tali indagini sono finalizzate alla determinazione delle caratteristiche dei materiali impiegati nella costruzione del sottofondo e della sovrastruttura tranviaria.

Si sono previste:

- Prove di carico su piastra per la determinazione del modulo di deformazione MD lungo le linee tranviarie, con punti di misura fissati ad interasse 550 m, per un totale di 133 punti di indagine;
- Determinazione dell'indice di portanza CBR in situ lungo le linee tranviarie con punti di misura fissati ad interasse 1000 m, per un totale di 67 punti di indagine.
- 

#### **4.6 INDAGINI PER LA RICERCA DI CAVITA'**

Le indagini per la ricerca di cavità verranno eseguite esclusivamente nell'area del manufatto speciale AM1 Deposito/Parccheggio sotterraneo di Piazza Alcide De Gasperi (Tratta A) che rientra tra le aree indiziate per la presenza di cavità ipogee. Verrà eseguita una indagine geoelettrica tridimensionale finalizzata alla ricerca di cavità in tutto il volume di sottosuolo impegnato dall'opera ed esteso in un suo intorno laterale, per una fascia di 10 m, e fino a profondità di 10 m al di sotto del fondo scavo.

Lungo linea, invece, dovendo affrontare aree in cui si hanno indizi di presenza di cavità per diversi chilometri e non ritenendo economicamente e tecnicamente sostenibile una indagine preliminare estensiva di tipo geofisico, si è valutato di demandare la verifica della presenza di vuoti ipogei lungo linea alla fase di realizzazione dell'opera, una volta effettuati gli sbancamenti per la messa in opera della piastra di fondazione.

Come già effettuato in maniera risolutiva ed economicamente meno onerosa, per altre realizzazioni di opere in situazione analoga, si potranno effettuare lungo linea dei fori di piccolissimo diametro, lunghi 5 m ad interasse 10 m e, nel caso di rinvenimento di vuoti, si potrà riesplorare il foro relativo per una video ispezione, per poi provvedere, altresì, ad adeguate indagini ed analisi per la progettazione degli interventi di messa in sicurezza.

#### **4.7 SINTESI DELLE INDAGINI PREVISTE PER OGNI TRATTA**

TRATTA TRANVIARIA A	
Punti di indagine disponibili n. 55	
Manufatto AM1 Deposito/parccheggio interrato	Sondaggi n. 6 di cui n. 4 lunghi 20 m e n. 2 lunghi 30 m Piezometri a t.a. n. 2 Prove down-hole n. 2 Prove di permeabilità in sito n. 1 Prove SPT in n. 4 fori Prove geotecniche di laboratorio su n. 9 C.I. e n. 6 campioni di roccia lapidea Tomografia elettrica 3D
Lungo linea	Prove di carico su piastra n. 24 Indice di portanza CBR in sito n. 12

TRATTA TRANVIARIA B	
Punti di indagine disponibili n. 7	
Manufatto BM1 Ponte su Stazione Notarbartolo	Sondaggi n. 2 di cui uno lungo 20 m ed uno lungo 30 m Piezometri a t.a. n. 1 Prove down-hole n. 1 Prove SPT in n. 2 fori Prove geotecniche di laboratorio su n. 6 C.I. e n. 4 campioni di roccia lapidea
Lungo linea	Prove di carico su piastra n. 3 Indice di portanza CBR in sito n. 3

TRATTA TRANVIARIA C	
Punti di indagine disponibili n. 32	
Manufatti CM1-CM2-CM3 Sovrapassi pedonali	Sondaggi n. 5 di cui n. 2 lunghi 20 m e n. 3 lunghi 30 m Prove down-hole n. 3 Prove SPT in n. 5 fori Prove geotecniche di laboratorio su n. 9 C.I. e n. 6 campioni di roccia lapidea
Lungo linea	Prove di carico su piastra n. 18 Indice di portanza CBR in sito n. 9

TRATTA TRANVIARIA D	
Punti di indagine disponibili n. 18	
Manufatto DM1 Ponte sull'Oreto	Sondaggi n. 2 di cui uno lungo 20 m ed uno lungo 30 m Piezometri a t.a. n. 1 Prove down-hole n. 1 Prove SPT in n. 2 fori Prove geotecniche di laboratorio su n. 3 C.I. e n. 4 campioni di roccia lapidea
Lungo linea	Prove di carico su piastra n. 17 Indice di portanza CBR in sito n. 9

TRATTA TRANVIARIA E	
Punti di indagine disponibili n. 16	
Manufatto EM1 Sovrapasso pedonale	Sondaggi n. 2 di cui uno lungo 20 m ed uno lungo 30 m Piezometri a t.a. n. 1 Prove down-hole n. 1 Prove SPT in n. 2 fori Prove geotecniche di laboratorio su n. 3 C.I. e n. 2 campioni di roccia lapidea
Manufatto EM2 Deposito ZEN	Sondaggi n. 8 di cui n. 4 lunghi 20 m e n. 4 lunghi 30 m Piezometri a t.a. n. 4 Prove down-hole n. 4

	Prove SPT in n. 8 fori Prove geotecniche di laboratorio su n. 15 C.I. e n. 10 campioni di roccia lapidea
Lungo linea	Prove di carico su piastra n. 39 Indice di portanza CBR in sito n. 19

<b>TRATTA TRANVIARIA F</b>	
Punti di indagine disponibili n. 40	
Lungo linea	Prove di carico su piastra n. 18 Indice di portanza CBR in sito n. 9

<b>TRATTA TRANVIARIA G</b>	
Punti di indagine disponibili n. 14	
Manufatto GM1 Sovrapasso pedonale	Sondaggi n. 1 lungo 30 m Prove down-hole n. 1 Prove geotecniche di laboratorio su n. 2 campioni di roccia lapidea
Lungo linea	Prove di carico su piastra n. 14 Indice di portanza CBR in sito n. 7

## **5 INDAGINI IDROLOGICHE IDRAULICHE**

### **5.1 INDAGINI RELATIVE ALLE INTERFERENZE CON AREE CLASSIFICATE SECONDO IL P.A.I.**

I tracciati delle tratte in progetto interessano due tra le aree in cui, secondo il Piano per l'Assetto Idrogeologico, ricade il territorio del Comune di Palermo: Bacino idrografico del Fiume Oreto (039)<sup>1</sup>, Area territoriale tra il bacino del Fiume Oreto e Punta Raisi (040). All'interno di tali aree, i tracciati in progetto presentano interferenze esclusivamente con aree classificate come "siti di attenzione", per le quali le Norme di Attuazione del P.A.I. rinvia a successive approfondite indagini di carattere idrologico-idraulico per la definizione della effettiva sussistenza, in ciascun ambito esaminato, di pericolosità idrauliche e quindi di eventuali rischi dello stesso tipo.

Di tali indagini di carattere idrologico-idraulico dovrà essere corredato il progetto definitivo. Lo studio, volto a dimostrare la compatibilità idraulica dell'intervento con le condizioni di pericolosità presenti e a individuare eventuali misure di mitigazione da adottare ai fini del contenimento della pericolosità, dovrà essere sviluppato in coerenza con le metodologie di calcolo indicate dal P.A.I., relativamente alla modellazione idraulica.

### **5.2 INDAGINI RELATIVE ALLE INTERFERENZE CON LA RETE IDROGRAFICA E LA RETE FOGNARIA CITTADINA**

I tracciati delle sette nuove tratte tramviarie interessano ampi settori del territorio comunale e comportano interferenze con numerosi collettori principali della rete fognaria. Ulteriori rilevanti

---

<sup>1</sup> La numerazione che si riporta è quella assegnata nel P.A.I. alle unità idrografiche in cui è stato suddiviso l'intero territorio siciliano.

interferenze sono quelle con i canali che si sviluppano in ambito urbano e che sono il risultato di interventi di regolarizzazione, deviazione e tombatura di linee di deflusso naturali, nonché quella con il fiume Oreto. Nelle tavole allegata al presente progetto si dà in dettaglio evidenza di queste interferenze, la cui analisi ai fini della risoluzione deve essere oggetto di specifiche indagini e valutazioni di carattere essenzialmente idraulico, volte a verificare la compatibilità degli interventi previsti in progetto con l'assetto locale delle opere idrauliche esistenti.

Le informazioni riportate nell'elaborato R5 relativamente al tipo di indagini da prevedere per quanto riguarda le interferenze delle tratte tramviarie con i canali ed i principali collettori fognari presenti nel territorio interessato costituiscono la base per la articolazione di un più ampio programma di indagini che riguarderà anche la rete fognaria minore, insieme a tutti gli altri servizi presenti nel sottosuolo. Sarà infatti necessario localizzare i tracciati dei collettori, delle condotte della rete idrica e della rete di distribuzione del gas, dei cavi della reti elettriche, telefoniche, telematiche, ecc. e tutti i pozzetti a servizio di ciascuna allo scopo di elaborare, in fase di progettazione, le soluzioni necessarie alla eliminazione delle interferenze.

Occorrerà inoltre assumere tutte le informazioni relative ad eventuali ulteriori interventi in corso e programmati riguardanti i sottoservizi, in modo da affrontare e risolvere preventivamente, ove si manifestassero, le relative interferenze.

### **5.3 INDAGINI RETE FOGNARIA**

Le planimetrie disponibili presso il gestore della rete fognaria sono state compilate su una base cartografica che in molte zone della città risulta ampiamente superata, essendo state realizzate estese urbanizzazioni e nuove viabilità. Ciò comporta la parziale presenza o la assenza di indicazioni circa la rete fognaria esistente in tali ambiti cittadini, alcuni dei quali sono interessati dalle tratte tramviarie in progetto.

Non risultano presenti, ovviamente, alcune importanti infrastrutture fognarie realizzate dopo il 2005, anno di aggiornamento delle planimetrie. Le relative indicazioni, nei casi in cui è stato possibile, sono state acquisite tenendo conto degli elaborati planimetrici dei progetti realizzati e delle conoscenze dirette.

Inoltre, nella individuazione delle interferenze con la rete fognaria si è tenuto conto dei lavori in corso di realizzazione (es.: disinquinamento del porto industriale), dei progetti esecutivi per i quali è già in corso la procedura per l'appalto dei lavori (es.: fognatura di Sferracavallo e di Marinella), dei progetti esecutivi approvati (es.: completamento del collettore sud-orientale).

Le mappature in atto disponibili relativamente alla rete fognaria presentano, in genere, approssimazioni sulla localizzazione planoaltimetrica delle reti e talvolta incertezze che non sempre possono essere risolte con semplici ispezioni di superficie, spesso insufficienti stante la difficoltà di individuare i pozzetti coperti dalla pavimentazione stradale e di effettuare misure dirette.

Si rende perciò indispensabile procedere a ricerche, possibilmente poco invasive, avvalendosi di tecnologie a cui, ormai da tempo, si fa riferimento come il rilievo tramite georadar o video ispezioni che, ove necessario, possono essere integrate da esplorazioni dirette.

Nell'elaborato R5 sono state sviluppate apposite valutazioni a riguardo, relativamente alle interferenze più rilevanti.

Si ritiene opportuno che le indagini in argomento siano effettuate per tratta tramviaria in modo da non subordinare la relativa progettazione alla loro definitiva conclusione.

Le risultanze di tali indagini saranno indispensabili per la più approfondita compilazione del progetto definitivo che sarà corredato da apposite tavole (planimetrie, profili, sezioni) indicanti

posizione e caratteristiche dei sottoservizi. Ciò sia per evitare sorprese in corso d'opera sia per definire e quantificare le modalità di risoluzione delle interferenze e la loro attuazione limitando eventuali disservizi e disagi alla cittadinanza.

Il rilievo dei sottoservizi sarà effettuato secondo le seguenti fasi:

- 1) apertura, schedatura e georeferenziazione di tutti pozzetti presenti nelle aree di indagine, compresa l'individuazione di eventuali pozzetti occultati da asfalto o detriti per mezzo di metal detector e/o magnetometro, con identificazione dei servizi di appartenenza, delle profondità, dei materiali e dei diametri;
- 2) ricerca, classificazione e georeferenziazione dei sottoservizi presenti lungo le aree di indagine mediante georadar, basato, com'è noto, sulla riflessione di onde elettromagnetiche;
- 3) ricerca, classificazione e georeferenziazione dei sottoservizi presenti lungo le aree di indagine mediante apparecchiature ad induzione per identificare posizione e profondità dei condotti.

Nei casi in cui le informazioni acquisite con le metodologie di cui sopra dovessero richiedere una maggiore definizione dovute alla scarsa conduttività dei sottoservizi, in particolare dei collettori fognari secondari, si procederà con video ispezioni, utilizzando telecamere teleguidate e dotate di sensori inclinometrici rilevabili dalla superficie con appositi sistemi.

Lo studio e le elaborazioni dei dati acquisiti consentiranno la redazione della documentazione grafica su supporto informatico in modo che la Stazione Appaltante possa implementare la sua piattaforma GIS.

Infine, ove necessario, si procederà alla ricerca diretta mediante l'esecuzione di saggi, pozzetti e trincee esplorative, con il coinvolgimento del Gestore del servizio oggetto dell'accertamento nel rispetto delle prescrizioni relative all'esecuzione dell'indagine e dei successivi ripristini. Queste attività comporteranno il necessario coordinamento con gli uffici comunali competenti, in particolare con l'Ufficio Traffico e con la Polizia Municipale.

Le modalità operative di cui sopra costituiscono elementi validi non soltanto per il più adeguato sviluppo del progetto definitivo ma anche per la compilazione dell'analisi dei rischi e dei sistemi di prevenzione e protezione da adottare nella esecuzione dei lavori.

Le indagini in argomento consentono, inoltre la costituzione di un sistema integrato di condivisione e di accesso alle informazioni inerenti anche agli altri servizi di sottosuolo sui quali bisognerà pure effettuare accertamenti che saranno opportunamente coordinati con quelli di cui si è detto fin qui.

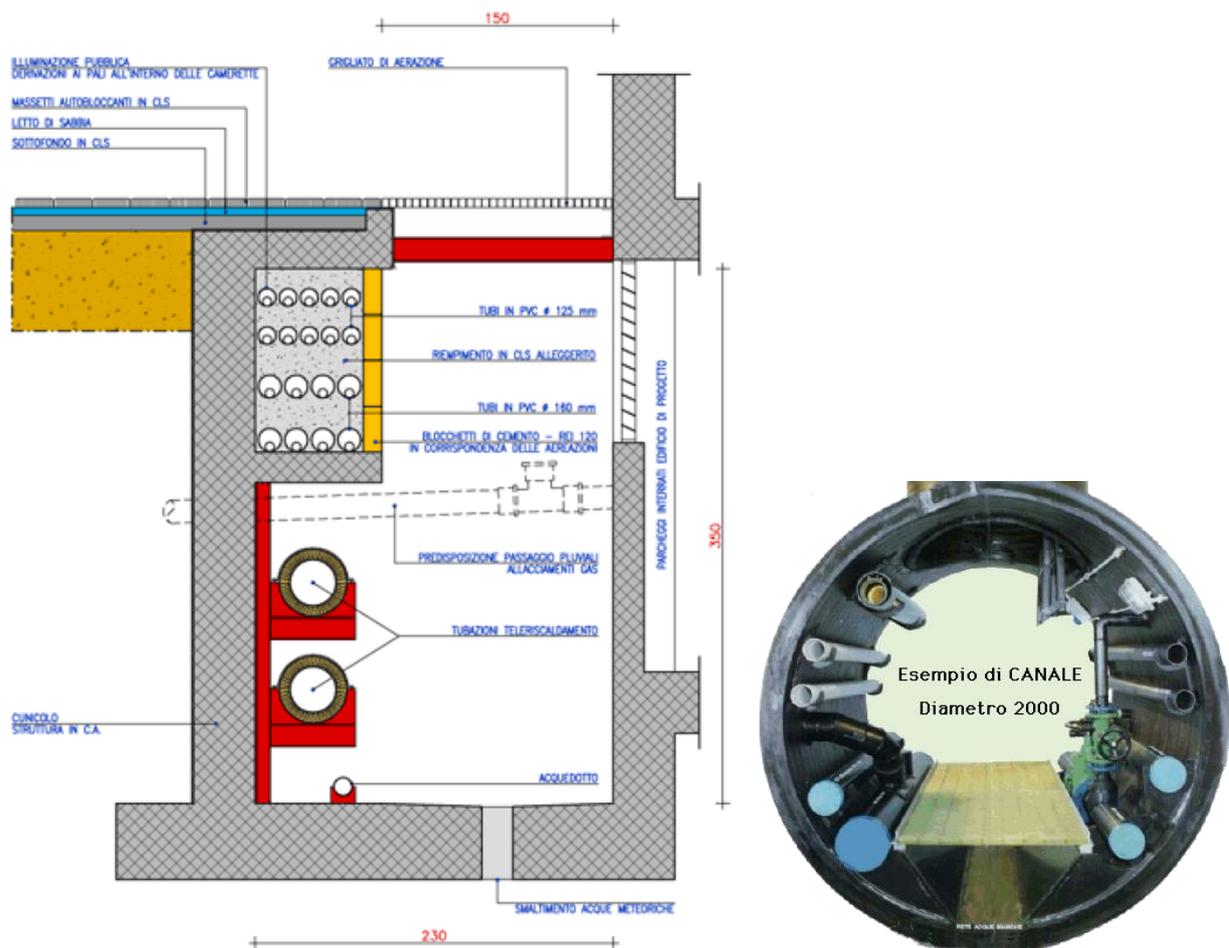
## 6 INDAGINI TECNOLOGICHE PER IL CENSIMENTO SOTTOSERVIZI

Il tracciato del sistema Tram Palermo attraversa gran parte della città ed in particolare buona parte del centro storico. Pertanto, trattandosi di una opera a sviluppo lineare, è inevitabile che nel suo percorso non intercetti sottoservizi o infrastrutture a rete di cui le strade delle città sono ormai sature. Soltanto l'accurata conoscenza dei sottoservizi esistenti può far trovare le soluzioni progettuali per ridurre al minimo tale interferenza e per evitare l'intercettazione accidentale di sottoservizi esistenti con conseguente danno sia in termini di sicurezza per gli operatori sia in termini di danno economico e ritardi nell'esecuzione dei lavori.

Pertanto nel presente programma dettagliato delle indagini vengono utilizzati gli ultimi ritrovati della tecnologia per mappare con la maggiore precisione oggi possibile i sottoservizi e ridurre così al minimo gli imprevisti in fase esecutiva.

Inoltre, terminata la fase di mappatura, i risultati potranno essere trasmessi in formato GIS alla Pubblica Amministrazione la quale potrà sfruttarla per ampliarne i risultati o per successivi interventi di manutenzione.

La dettagliata conoscenza dei sottoservizi consentirà sia di velocizzare la fase di realizzazione delle opere, grazie alla corretta previsione delle interferenze, sia di progettare lo spostamento dei sottoservizi in modo adeguato tenendo conto delle soluzioni proposte nelle TAVV. 76-89 ed, in relazione alla densità dei sottoservizi, di prevedere adeguati cunicoli ispezionabili, da posizionare a fianco della sede tranviaria, in cui alloggiare il complesso dei sottoservizi interferiti. A titolo esemplificativo si riportano alcuni esempi di sezioni tipo.



## 6.1 CLASSIFICAZIONE DEI SOTTOSERVIZI

Per affrontare in maniera sistematica il problema dell'interferenza con i sottoservizi bisogna prima di tutto classificarli per tipologia, per profondità e dimensioni. Pertanto, premesso che lo scopo principale del presente studio è ridurre al minimo gli imprevisti in fase esecutiva, si ritiene opportuno proporre una classificazione dei sottoservizi su cartografia di dettaglio mediante l'utilizzo combinato di tratti di linee con spessore diverso e scale colore in modo da fornire una cartografia che immediatamente dia all'utilizzatore una visione d'insieme della problematica.

Più in dettaglio si prevede di lavorare in ambiente BIM / GIS, che risiederà su un server centrale, e che avrà lo scopo di fornire una prima cartografia con l'ubicazione generale di tutte le linee che, a qualsiasi profondità, vengono intercettate dal percorso delle linee tramviarie distinguendole per tipologia. A tale cartografia numerica sarà legato un "database dei sottoservizi" che, per ogni linea relativa ad ogni sottoservizio, assocerà un record dove oltre al proprietario del sottoservizio ed alla sua tipologia, sarà riportata la profondità dello stesso ed il suo ingombro.

A questo punto verrà generata una cartografia GIS dove i sottoservizi verranno classificati per livello di pericolosità e per classi di profondità. Si prevedono infatti tre classi di pericolosità del sottoservizio Bassa, Elevata, Estremamente Elevata. Tali classi di pericolosità sono descritte nella seguente Tabella 7.1 e sono intese come pericolosità per la sicurezza degli operatori e dei cittadini che percorrono le vie prossime al cantiere.

<b>Classi di pericolosità</b>	<b>Sigla</b>	<b>Spessore del tratto su carta</b>	<b>Descrizione</b>
BASSA	B	0.2 mm	Si tratta di quei sottoservizi che pur avendo importanza strategica non costituiscono un vero pericolo per l'incolumità degli operatori e che in ogni caso non determinano fuoriuscite di liquidi o gas che possano rappresentare un pericolo anche per i cittadini che percorrono le vie prossime al cantiere come ad esempio le fibre ottiche o i cavi telemetrici o telefonici.
ELEVATO	E	0.5 mm	Si tratta di quei sottoservizi che, oltre ad avere importanza strategica, costituiscono un vero pericolo per l'incolumità degli operatori e per i cittadini che percorrono le vie prossime al cantiere. In quanto, se intercettati, possono provocare fuoriuscite di liquidi in pressione come ad esempio gli acquedotti o le fognature a pelo libero.
ESTREMAMENTE ELEVATA	EE	1 mm	Si tratta di quei sottoservizi che oltre ad avere importanza strategica costituiscono un grave pericolo per l'incolumità degli operatori e per i cittadini che percorrono le vie prossime al cantiere. In quanto, se intercettati, possono provocare esplosioni o fuoriuscite di gas o liquidi pericolosi come ad esempio le linee elettriche a media ed alta tensione o i gasdotti.

Con i colori invece verranno classificati i sottoservizi di qualsiasi tipologia esclusivamente in base alla profondità da piano campagna. Pertanto si distingueranno tre classi di profondità in funzione della probabilità di essere intercettati durante i lavori di realizzazione delle infrastrutture del Tram.

Per distinguere le tre classi si utilizzeranno i colori della seguente tabella

<b>Tabella 7.2</b>			
<b>Classi di Profondità in m da p.c.</b>	<b>Sigla</b>	<b>Colore del tratto su carta</b>	<b>Descrizione</b>
Da 0,0 m a 1,0 m	1	Rosso	<b>La soluzione adottata per la sovrastruttura di spessore minimo è pari a circa 60 cm; in questo caso si prevede di non intercettare alcuna interferenza non prevedendo alcun spostamento dei sottoservizi (cfr. TAV .</b> Per profondità superiori a 0,60 m, si tratta di quei sottoservizi che verranno certamente intercettati durante la realizzazione delle strutture fondali del sistema Tram pertanto l'unica soluzione prevedibile è il loro spostamento su un nuovo percorso se si tratta di sottoservizi ubicati parallelamente al percorso delle strutture o il loro approfondimento se si tratta di attraversamenti.
Da 1,1 m a 1,5 m	2	Verde	Si tratta di quei sottoservizi che possono essere intercettati soltanto dagli scavi più profondi che verranno eseguiti in particolari tratti o ad esempio in corrispondenza degli altri manufatti significativi (ponti, viadotti, sovrappassi pedonali, etc). Tuttavia bisogna tenere in considerazione tali sottoservizi anche nelle aree dove gli stessi non verranno intercettati dagli scavi in quanto rientrano in generale nel bulbo delle tensioni generato dalle strutture in fondazione del sistema Tram e pertanto bisognerà verificare il loro stato e la loro capacità di sopportare i carichi indotti dal nuovo assetto strutturale nonché verificare la loro capacità di arrecare nel lungo termine danni alla stabilità delle strutture realizzate.
Più profondi di 1,5 m	3	Blu	Si tratta di quei sottoservizi che comunque non verranno intercettati dalle opere lineari di realizzazione del sistema Tram ma che devono essere identificati e tenuti in considerazione per la valutazione della stabilità a lungo termine delle opere realizzate.

Dopo aver effettuato la classificazione dei sottoservizi sulla base delle tabelle 7.1 e 7.2, si otterrà una cartografia come quella della seguente fig. 7.1 dove ogni sottoservizio sarà rappresentato da una linea con spessore legato alla classe di pericolosità definita dalla tabella 7.1 e colore legato alla classe di profondità connessa alla tabella 7.2. Tale planimetria descriverà in maniera molto chiara la situazione dei sottoservizi lungo tutto il percorso del sistema Tram Palermo. Questa cartografia sarà inoltre collegata al "Database dei sottoservizi" che sarà redatto come nell'esempio riportato nella tabella 7.3, pertanto sarà agevolmente ed automaticamente aggiornabile nelle successive fasi di approfondimento descritte negli altri paragrafi di questo capitolo.

## Cartografia numerica con classificazione dei sottoservizi

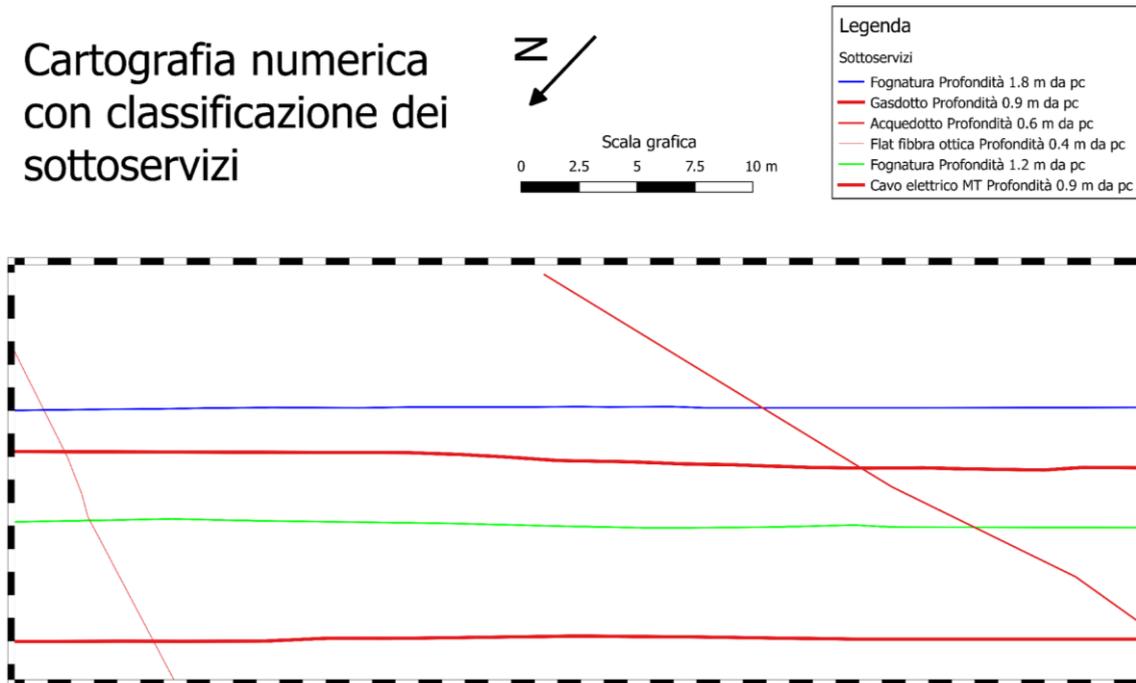


Fig. 7.1: esempio di cartografia con classificazione dei sottoservizi

Inoltre, operando in ambiente BIM / GIS sarà possibile identificare in maniera rapida i sottoservizi sui quali intervenire poiché basterà eseguire l'intersezione spaziale della carta della profondità degli scavi di progetto con la precedente cartografia numerica generando così una carta delle interferenze indispensabile per una corretta progettazione.

Tabella 7.3: Esempio Database dei sottoservizi

ID	Natura del sottoservizio	Ente proprietario / gestore	Contenuto	Pressione Tipo d'esercizio (Bar)	Profondità da p.c. (m)	Numero di elementi che costituiscono il sottoservizio	Altezza ingombro (m)	Larghezza ingombro (m)	Classi pericolosità	di classi profondità
1	Tubo in ferro	AMG	Metano	0.5	0.8	1	0.08	0.08	EE	1
2	Tubo in PVC	AMAP	Reflui urbani	0	1.7	1	0.7	0.7	E	3
3	Cavo elettrico	TERNA	Energia Elettrica		0.8	3 cavi accostati	0.1	0.5	EE	1
4	Tubo in polietilene	AMAP	Acqua potabile	5	1.2	1	0.032	0.032	E	2
...										
n	Cavo fibra ottica	TIM	Segnali ottici		0.3	1 flat	0.1	0.1	B	1

La classificazione dei sottoservizi ed il reperimento presso gli Enti pubblici e privati di tutte le cartografie disponibili per gli impianti a rete è già stato eseguito in fase di stesura del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica. Tutte le informazioni sono state già incorporate in una unica cartografia vettoriale e riportate nei profili longitudinali distinguendo le reti idrica, gas, elettrica ed identificando i sistemi fognario e idrico nonché le loro caratteristiche geometriche.

Inoltre tutti i dati già reperiti sono stati incorporati nel BIM / GIS con contestuale compilazione del collegato "database dei sottoservizi".

Le medesime informazioni riguardanti le interferenze con le reti elettriche, gas e idriche sono state riportate negli elaborati riguardanti la sicurezza ed in particolare sulle tavole 128 – 134 del Piano di Sicurezza e Coordinamento.

## **6.2 IDENTIFICAZIONE IN CAMPO DEI SOTTOSERVIZI**

L'identificazione in campo dei sottoservizi sarà la prima fase di verifica degli stessi e sarà eseguita da operatori dotati di palmari da cantiere collegati ad un GPS topografico. Su tali palmari sarà caricata la base cartografica interattiva completata nella precedente fase descritta nel paragrafo 7.1. Pertanto con tali palmari si potrà andare sul campo per effettuare una verifica centimetrica di quanto riscontrabile sulla sede stradale. In particolare verrà verificata la posizione dei chiusini e delle caditoie e verranno ricercate sul campo le eventuali tracce di scavo o cedimenti della sede stradale riconducibili alla presenza di sottoservizi. Altre squadre dotate di palmari sincronizzati col server centrale verificheranno con gli Enti competenti l'interno dei pozzetti caricandone le caratteristiche geometriche su una scheda interattiva che sarà collegata allo stesso database descritto nel capitolo 7.1 per integrarne le informazioni. Il database risiederà sul server centrale e sarà collegato alle schede interattive tramite il codice ID del sottoservizio di cui alla tabella 7.3. La figura 7.2 riporta un esempio di compilazione della scheda interattiva dei pozzetti.

In questo modo la carta identificativa dei sottoservizi verrà dettagliata ed aggiornata direttamente dagli operatori sul campo in tempi brevi in quanto le informazioni immesse dalle varie squadre saranno immediatamente implementate sul database centrale, con una minimizzazione degli errori dovuti a trascrizioni imprecise.

Inoltre in studio un'altra squadra valuterà la coerenza delle informazioni giunte dal campo con la cartografia reperita e tutte queste informazioni verranno utilizzate come punto di partenza per le attività descritte nei successivi paragrafi 7.3 7.4 e 7.5.

**Fig. 7.2:** Esempio di scheda interattiva dei pozzetti.

ID sottoservizio cui il pozzetto è asservito	122	
Tipologia di sottoservizio	Fognatura	
Pozzetto n.	14	
Foto esterna chiusino		
		
<b>CARATTERISTICHE DEL CHIUSINO</b>		
Tipologia del chiusino	Coperchio in ghisa	
Quota superiore del chiusino (mslm)	28.52	
Forma geometrica del chiusino	Quadrata	
Dimensioni del chiusino m	Lato1 o diametro	Lato 2
	0.6	0.6
<b>CARATTERISTICHE DEL POZZETTO</b>		
Materiale di realizzazione del pozzetto	ClS	
Forma geometrica del pozzetto	Quadrata	
Dimensioni del pozzetto m	Lato1 o diametro	Lato 2
	0.9	0.9
Profondità del fondo del pozzetto espressa in m dalla quota superiore nel chiusino	1.40	
Foto interna del pozzetto		



Numero di sottoservizi	2
<b>Caratteristiche sottoservizio n. 1</b>	
ID punto battuta topografica eseguita a piano campagna in corrispondenza del sottoservizio 1	1758
Profondità sottoservizio 1 espressa in m e misurata dalla quota superiore nel chiusino sino alla quota superiore del sottoservizio	0.9
Sezione sottoservizio 1	circolare
Materiale di realizzazione sottoservizio 1	Tubo corrugato
Diametro o ingombro sottoservizio 1 (mm)	300
Attivo	si
<b>Caratteristiche sottoservizio n. 2</b>	
ID punto battuta topografica eseguita a piano campagna in corrispondenza del sottoservizio 2	1759
Profondità sottoservizio 2 espressa in m e misurata dalla quota superiore nel chiusino sino alla quota superiore del sottoservizio	0.9
Sezione sottoservizio 2	circolare
Materiale di realizzazione sottoservizio 2	Tubo corrugato
Diametro o ingombro sottoservizio 2 (mm)	300
Attivo	si
<b>NOTE</b>	

### **6.3 INDAGINI GEOFISICHE PER L'INDIVIDUAZIONE DEI SOTTOSERVIZI SUPERFICIALI**

Nelle porzioni di tratta che attraversano le aree del centro storico, intensamente trafficate e dove esistono numerosi sottoservizi anche storici installati in tempi diversi e di molti dei quali non è chiaramente noto il percorso, si prevede, dopo aver completato la fase descritta nel precedente paragrafo 7.2, di procedere ad una identificazione più dettagliata dei sottoservizi utilizzando gli ultimi ritrovati della tecnologia georadar.

In particolare i tratti sui quali si intende intervenire con l'indagine georadar sono i tratti della tratta A i cui scavi, partendo dalla Stazione Centrale, interesseranno la via Roma sino a Piazza Don Luigi Sturzo, il tratto di via Ruggero Settimo ed il tratto di via Cavour tra essi compreso. Sulla tratta B si prevede di approfondire le conoscenze dei sottoservizi sulla via Duca della Verdura tra le vie della Libertà e via Carlo Alberto Dalla Chiesa. Sulla tratta C infine si prevede di meglio dettagliare il tratto lungo tutto corso Tukory sino alla Stazione Centrale .

Infatti il georadar o G.P.R. (Ground Penetrating Radar) è uno strumento molto diffuso ed utilizzato per la localizzazione e caratterizzazione dei sottoservizi grazie alla sua maneggevolezza ed immediatezza dei risultati e per il fatto che non arreca alcun disturbo all'ambiente, alla circolazione idrica sotterranea ed alle strutture e finiture esistenti.

Il georadar o G.P.R. (Ground Penetrating Radar) ha la caratteristica peculiare di esplorare il sottosuolo tramite un fascio di onde elettromagnetiche emanate dalla superficie da un trasduttore di opportuna frequenza diretto verso il basso e trascinato parallelamente al piano di calpestio tramite un carrello munito di ruote.

Per il suo funzionamento il georadar sfrutta i fenomeni fisici, quali riflessione, rifrazione e "scattering", che un treno d'onde elettromagnetiche, emesso da un trasduttore di opportuna frequenza, subisce quando incontra, all'interno di un mezzo dielettrico, disomogeneità legate a variazioni delle sue proprietà elettriche e magnetiche.

Dal ritardo con cui i raggi riflessi da tali discontinuità giungono all'antenna ricevente, è possibile, dopo aver effettuato le operazioni di taratura, calcolare la profondità dei vari riflettori. I segnali ricevuti vengono successivamente amplificati, filtrati ed elaborati per individuare le "anomalie" legate alle variazioni delle caratteristiche elettromagnetiche del sottosuolo. Tali anomalie sono generalmente il risultato di anisotropie dei litotipi o i sottoservizi e gli oggetti interrati od occultati specie se metallici.

La forma delle anomalie individuate sul profilo è generalmente identificata con la tipica iperbole di riflessione in quanto il principio con cui esse si generano è legato al fatto che, quando l'antenna si avvicina alla verticale passante sopra un oggetto riflettente, essa comincia a ricevere il fascio di onde riflesse dall'oggetto anche quando esso non si trova esattamente sotto la verticale dell'antenna. Tale fascio riflesso diventa ben più netto quando l'antenna si trova sulla verticale dell'anomalia indicandone la reale profondità per poi nuovamente affievolirsi man mano che l'antenna si allontana dal corpo riflettente.

Oggi esistono numerose configurazioni di georadar ed in particolare si prevede di utilizzare sia **antenne multifrequenza**, ossia antenne che acquisiscono contemporaneamente scansioni radar con due frequenze di acquisizione, che **antenne multiarray** con all'interno numerosi particolari dipoli accostati.



**Foto nn. 7.1 e 7.2:** Esecuzione di scansioni georadar con antenna multifrequenza 200 Mhz e 600 MHz

**Le antenne multifrequenza** hanno al loro interno due dipoli con doppia frequenza propria di risonanza, pertanto, con un solo passaggio, consentono di acquisire due sezioni radar che hanno profondità e risoluzioni differenti. La configurazione tipo di una antenna a doppia frequenza è ad esempio quella raffigurata nelle foto nn. 7.1 e 7.2 dove il dipolo da 600 MHz consente di avere una elevata risoluzione entro i 2 - 3 m di profondità, mentre il dipolo da 200 MHz consente di raggiungere profondità più spinte. Il sistema di antenne e l'elettronica di controllo sono montate su un apposito carrello con encoder che permette l'agevole scansione elettromagnetica memorizzando continuamente la posizione dell'antenna e, a seconda delle necessità, il sistema è interfacciabile con un GPS topografico.

Le scansioni eseguite con questo georadar consistono in profili verticali che possono essere trattati come profili 2D (vedasi fig. 7.3) o essere combinati insieme ad altri profili disposti a maglia per eseguire una interpretazione tomografica 3D. In questo ultimo caso si ottengono sezioni orizzontali georeferenziate come quella di fig. 7.4 dove le anomalie areali ed i sottoservizi sono già riconoscibili grazie ad una scala colore che descrive l'intensità dell'onda riflessa.

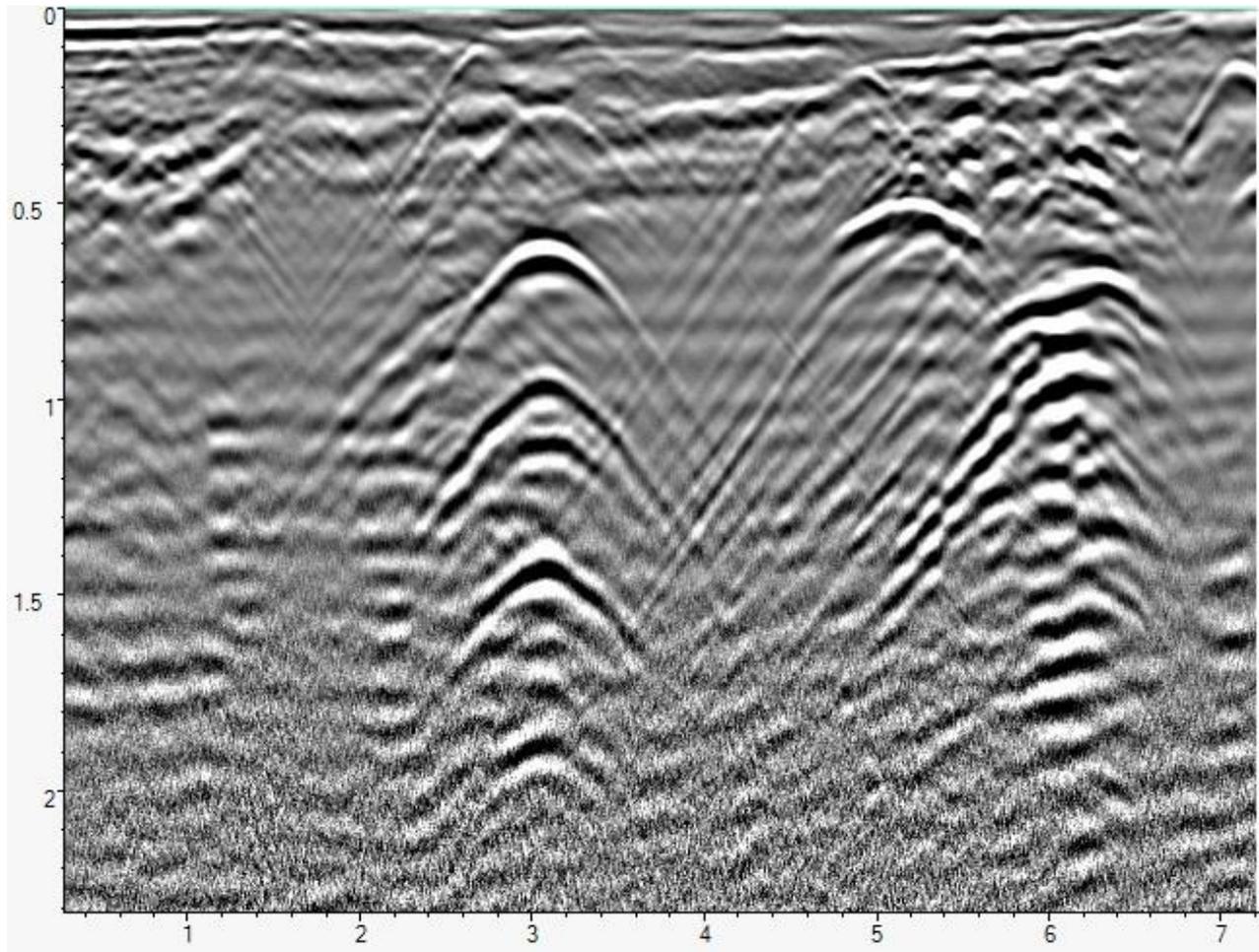


Fig. 7.3: Esempio di scansione 2D eseguita con il dipolo a 600 MHz di una antenna multifrequenza

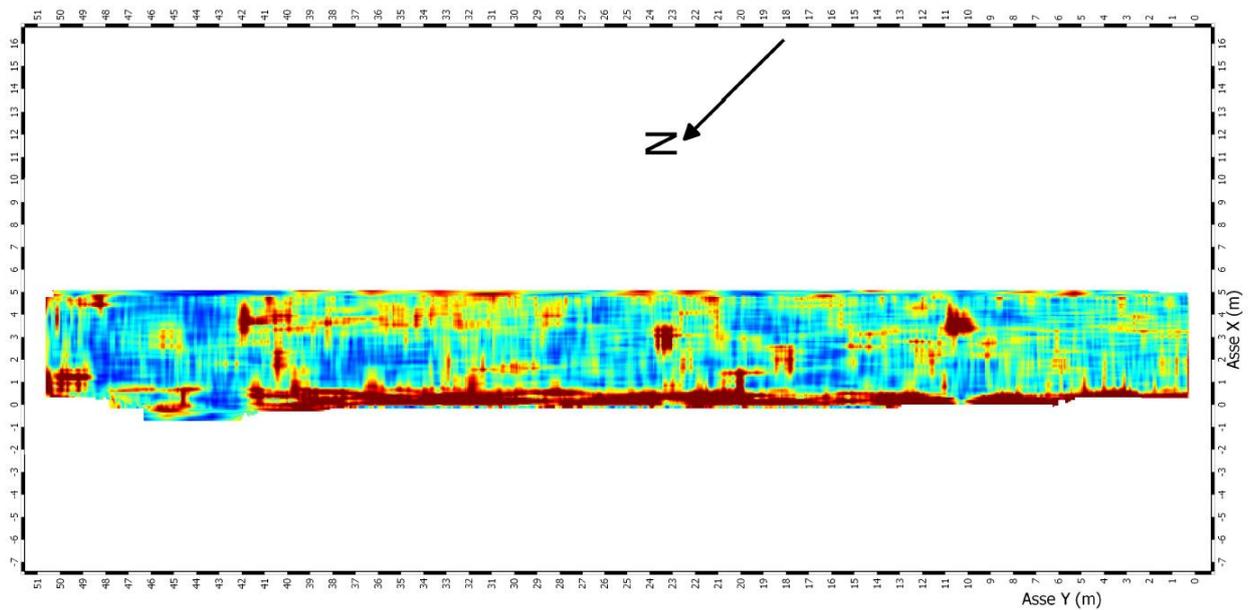


Fig. 7.4: Sezione tomografica orizzontale ottenuta tramite un processo di elaborazione tomografica di una maglia di scansioni 2D.

**Le antenne multiarray** invece costituiscono la nuova frontiera delle indagini georadar, si tratta infatti di antenne sviluppate negli ultimi anni e che contengono al proprio interno una serie di particolari dipoli accostati. Ovvero si tratta di particolari antenne larghe circa 1 m che sono in grado di eseguire scansioni uniche e continue dell'intera area al di sotto dell'antenna generando direttamente in campo le sezioni orizzontali.

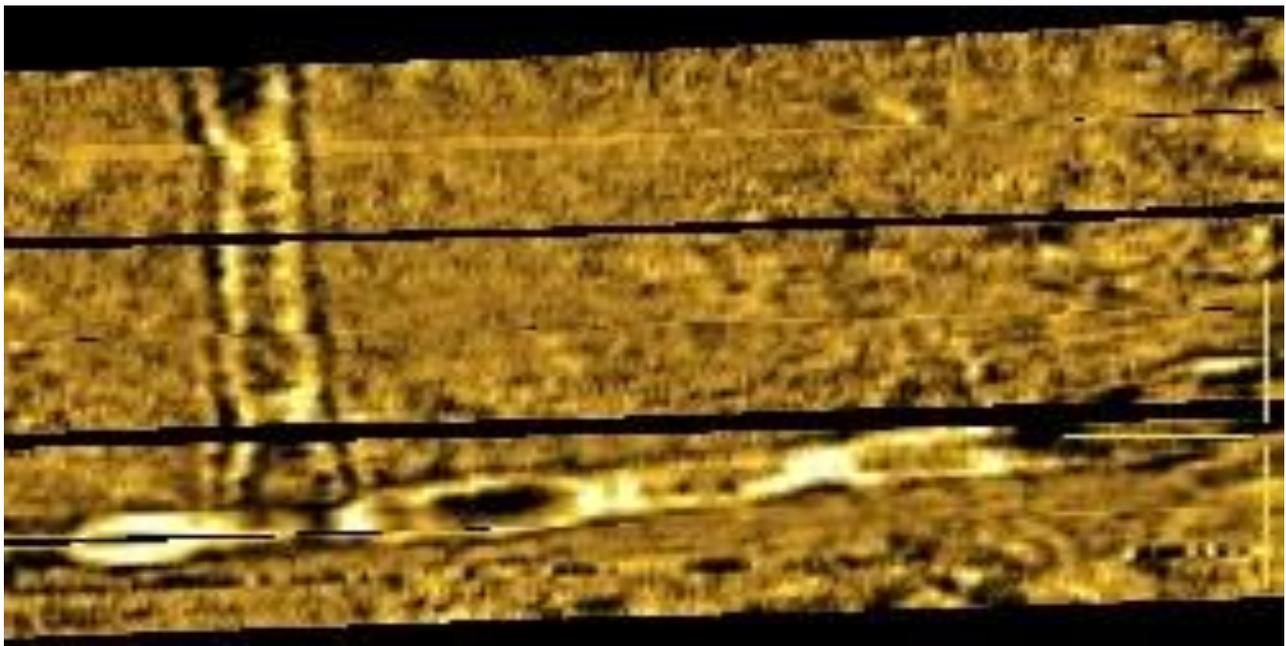


**Foto 7.3:** sistema GPR con antenna multiarray interfacciata ad un GPS topografico.



**Foto 7.4:** sistema GPR costituito da due antenne multiarray affiancate ed interfacciate ad un GPS topografico.

Pertanto proseguendo lungo la direzione del tracciato del tram o comunque nelle zone interessate dagli scavi si ottiene una sezione orizzontale unica, senza interruzioni, e georeferenziata grazie alla interfacciabilità di un GPS topografico. In fase di elaborazione o direttamente in campo le scansioni provenienti da più antenne multiarray possono essere montate per formare una unica scansione che copre l'intera area oggetto degli scavi.



**Fig. 7.5:** Montaggio di più scansioni eseguite con antenne multiarray su di una unica scansione orizzontale alla profondità di 1,6 m da p.c.

Il motivo per cui si propongono entrambi i sistemi è che l'antenna multifrequenza, avendo la doppia frequenza di risonanza, può essere utilizzata per dettagliare a diversa profondità la scansione eseguita con l'antenna Multiarray. Inoltre l'antenna multifrequenza avendo un ingombro di 60 cm può scansionare anche aree astruse o difficilmente accessibili quali i marciapiedi. L'antenna Multiarray è invece l'ideale per scansionare in maniera molto rapida e con il minimo disturbo alla circolazione veicolare, la attuale sede stradale o vaste aree libere da ostacoli in quanto, a differenza della scansione eseguita con antenna a doppia frequenza, la scansione eseguita con antenna multiarray viene effettuata procedendo verso una unica direzione di avanzamento e, grazie alla particolare disposizione dei dipoli al suo interno, è in grado di ricostruire sezioni orizzontali senza bisogno di eseguire la maglia di scansioni necessaria invece con l'antenna multifrequenza.

Pertanto, per ridurre l'impatto sulla circolazione veicolare nelle fasi di identificazione dei sottoservizi, si prevede di eseguire l'intera scansione delle tratte descritte nella seguente tabella 7.4 con georadar dotato di antenna multiarray e limitare l'utilizzo di antenne multifrequenza a quei soli tratti dove, per questioni logistiche, non sarà possibile utilizzare l'antenna multiarray. L'antenna multifrequenza dovrà essere inoltre essere utilizzata in quelle situazioni dove sarà necessario investigare ad una profondità diversa da quella raggiungibile con l'antenna multiarray.

In ogni caso le sezioni orizzontali generate saranno del tipo GeoTiff, pertanto potranno essere sovrapposte e incorporate nel BIM / GIS rapidamente e senza alcuna difficoltà. Una volta incorporati nel BIM / GIS tali dati verranno confrontati con quanto riscontrato sul campo per rimodulare e dettagliare il database dei sottoservizi.

La seguente tabella 7.4 schematizza i tratti su cui si prevede di eseguire l'indagine georadar combinando sia l'antenna multifrequenza che l'antenna multiarray.

<b>Tabella 7.4:</b> tratti da indagare con GPR multifrequenza e/o multiarray		
TRATTA	ID INDAGINE	DESCRIZIONE
A	A(SSV)a-1	Tratto di via Roma partendo dalla Stazione Centrale sino a piazza Don Luigi Sturzo. Tratto di via Ruggero Settimo e tratto di via Cavour tra via Ruggero Settimo e via Roma.
B	B(SSV)a-1	Via Duca della Verdura tra le vie della Libertà e via Carlo Alberto Dalla Chiesa.
C	C(SSV)a-1	Corso Tukory sino alla Stazione Centrale.

#### **6.4 INDAGINI GEOFISICHE PER L'INDIVIDUAZIONE DEI SOTTOSERVIZI / CANALI PROFONDI O PER INDIVIDUAZIONE DELLE CAVITÀ**

Per l'identificazione di cavità sotterranee risulterà più conveniente utilizzare altre metodologie geofisiche ed in particolare le indagini geoelettriche.

Le indagini geoelettriche sono lievemente più invasive del georadar, poiché necessitano di un buon contatto elettrico tra la strumentazione ed il terreno. Tale contatto viene stabilito con degli elettrodi che devono essere infissi nel terreno previa foratura con trapano della pavimentazione stradale.

Il parametro utilizzato dalla geoelettrica per distinguere i diversi litotipi è la resistività elettrica che viene effettuata in situ generando nel sottosuolo un campo elettrico ed analizzando le linee equipotenziali da esso prodotte in superficie.

Oggi grazie ai georesistivimetri di ultima generazione, esiste la possibilità tecnica di collegare un gran numero di elettrodi contemporaneamente e di eseguire contemporaneamente numerose misure di differenza di potenziale per ogni immissione di corrente nel sottosuolo. Pertanto oggi si è in grado di eseguire stendimenti geoelettrici non convenzionali costituiti cioè da decine di elettrodi disposti non necessariamente in linea retta, ma anzi si predilige la loro disposizione su più linee parallele o con forme poligonali chiuse che, "avvolgendo" l'area da indagare, consentono di acquisire dati tra più elettrodi opportunamente disposti sul terreno.



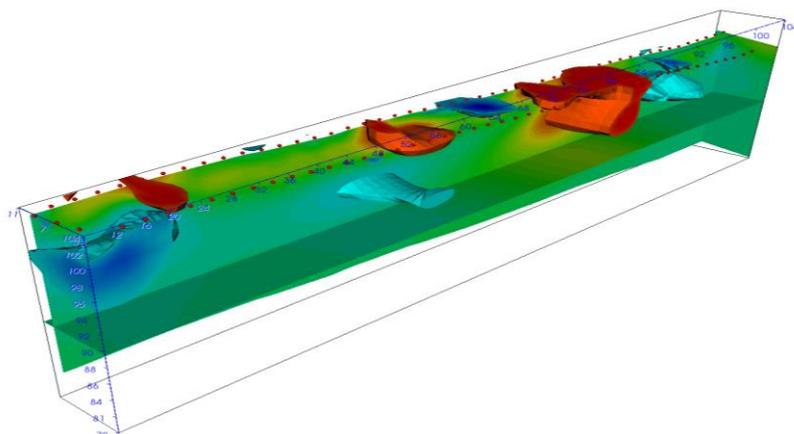
**Foto 7.5 e 7.6:** Esecuzione di tomografia elettrica 3D con elettrodi infissi sulla pavimentazione stradale o sui marciapiedi per non intralciare la circolazione veicolare.

L'indagine geoelettrica eseguita in questo modo è conosciuta come **tomografia elettrica tridimensionale** ed è basata sul diverso comportamento dei litotipi quando vengono attraversati da una corrente continua e permette di distinguerli sulla base delle loro caratteristiche elettriche.

Per l'acquisizione dei dati, gli elettrodi vengono connessi ad un georesistivimetro multicanale dotato di sistema di commutazione e di energizzatore capace di eseguire, per ogni energizzazione, almeno 10 misurazioni simultanee di superfici equipotenziali migliorando di molto il dettaglio delle misure e diminuendo i tempi di acquisizione.

I dati così ottenuti sono quindi il risultato di un'analisi tridimensionale del sottosuolo dove l'intero volume d'indagine viene suddiviso in più piccoli volumi elementari chiamati "voxel" per ognuno dei quali viene modellizzato un valore di resistività elettrica. Il modello tridimensionale del sottosuolo può essere rappresentato graficamente secondo varie angolazioni ed i voxel possono essere campiti secondo una scala colore riferita ad un range di resistività elettrica o essere "tagliati" con sezioni variamente orientate.

La risoluzione del metodo e la profondità d'indagine sono principalmente legati alla disposizione elettrodica. Si prevede di utilizzare uno stendimento tipo costituito da due linee parallele distanziate di 6 m l'una dall'altra ognuna costituita da 36 elettrodi con interdistanza elettrodica di 2 m in questo modo sarà possibile investigare con una unica acquisizione da 72 elettrodi un parallelepipedo di sottosuolo lungo 72 m largo 6 m con una risoluzione di 1 m, in ogni caso con altre combinazioni si potrà, a seconda dei casi, variare la risoluzione o la profondità d'indagine.



**Figura 7.6** – Esempio di restituzione grafica del modello tridimensionale del sottosuolo.

Pertanto questo tipo di indagine è indicata per studiare le interferenze con canali profondi di grandi dimensioni quali ad esempio i grandi canali o collettori fognari il cui percorso non è chiaramente noto. La tomografia elettrica tridimensionale può inoltre consentire di identificare le anisotropie del sottosuolo localizzando oltre che le variazioni litologiche anche le aree di cave sotterranee ricolmate o obliterate nonché le cavità sotterranee e i camminamenti sotterranei comunque disposti rispetto allo stendimento.

Ovviamente la realizzazione in situ di stendimenti geoelettrici tridimensionali come quelli descritti impiega all'incirca 4 ore per cui questo metodo ha una produttività decisamente inferiore rispetto al georadar. Pertanto la sua realizzazione è da limitarsi a quei soli tratti che essendo interessati da opere più impattanti come ad esempio i manufatti speciali necessitano una conoscenza più di dettaglio del sottosuolo.

Si è, infatti scelto di applicare il metodo per indagare il volume di sottosuolo interessato dagli scavi del deposito/parcheggio sotterraneo (Manufatto AM1) previsto nella Piazza Giovanni Paolo II (Alcide De Gasperi).

La seguente tabella 7.5 distingue per tratta i manufatti speciali il cui sedime di fondazione si intende investigare con la tomografia elettrica. Eventuali altre indagini potranno essere programmate in corso d'opera in funzione dei risultati via via ottenuti.

**Tabella 7.5:** Manufatti speciali il cui sedime di fondazione si intende investigare con la tomografia elettrica.

TRATTA	MANUFATTO SPECIALE	AREA DA INDAGARE	MOTIVAZIONE
A	AM1	Si prevede di indagare l'intero volume interessato dagli scavi del parcheggio sotterraneo	Conoscenza dettagliata del sottosuolo per scongiurare imprevisti nella esecuzione dei lavori o cedimenti delle aree limitrofe con conseguenti danni alle infrastrutture e agli edifici adiacenti.
B	BM1	Si prevede di indagare la zona delle due spalle del ponte	Conoscenza dettagliata del sottosuolo per scongiurare imprevisti nella esecuzione dei lavori o cedimenti delle aree limitrofe con conseguenti danni alle infrastrutture e agli edifici adiacenti.

C	CM1, CM2, CM3	Si prevede di indagare la zona delle due spalle dei tre sovrappassi pedonali.	Conoscenza dettagliata del sottosuolo per scongiurare imprevisti nella esecuzione dei lavori o cedimenti delle aree limitrofe con conseguenti danni alle infrastrutture e agli edifici adiacenti.
E	EM1, EM2	Si prevede di indagare la zona dove saranno fondate le due spalle del sovrappasso pedonale Velodromo EM1. Inoltre si prevede di indagare una fascia larga 12 m e parallela agli edifici presenti in prossimità del margine SudOvest degli scavi per la realizzazione del deposito Olimpo EM2.	Conoscenza dettagliata del sottosuolo per scongiurare imprevisti nella esecuzione dei lavori o cedimenti delle aree limitrofe con conseguenti danni alle infrastrutture e agli edifici adiacenti.
G	GM1	Si prevede di indagare la zona dove saranno fondate le due spalle del sovrappasso pedonale.	Conoscenza dettagliata del sottosuolo per scongiurare imprevisti nella esecuzione dei lavori o cedimenti delle aree limitrofe con conseguenti danni alle infrastrutture adiacenti.

### **6.5 ISPEZIONE DIRETTA DEI SOTTOSERVIZI**

In quei soli casi in cui, con le indagini precedentemente descritte, verranno identificati sottoservizi che non risulta conveniente spostare per questioni tecniche o burocratiche, ed in quei casi in cui gli stessi risulteranno interessati dal bulbo delle tensioni della fondazione del sistema tram, sarà conveniente verificare il loro stato con videoispezioni eseguite con telecamere teleguidate che consentiranno di individuare criticità delle tubazioni che potrebbero creare rotture nel breve o lungo termine a causa dei carichi indotti dalle opere da realizzare.

Oggi esistono numerose telecamere con diversi sistemi di avanzamento, a spinta o motorizzati, che consentono di introdursi all'interno delle tubazioni anche di piccolo diametro (la telecamera più piccola di che si intende utilizzare sarà di 7 mm di diametro con avanzamento a spinta dall'esterno) che sarà utilizzata in cavidotti o in piccole tubazioni mentre per collettori più grandi si potranno utilizzare telecamere motorizzate o in caso di cavità o camminamenti si potrà anche impiegare una squadra di speleologi.

Lo scopo dell'ispezione diretta sarà la verifica delle pareti e della volta del sottoservizio per verificare la sua integrità o la presenza di lesioni o corrosione che potrebbero rendere necessario un intervento di manutenzione o sostituzione prima della realizzazione delle strutture fondali delle infrastrutture in oggetto.

## **7 RIEPILOGO INDAGINI**

Di seguito l'elenco delle indagini ed il relativo computo metrico estimativo; la codifica adottata nel computo è la medesima degli elaborati TAVV. 111-127.

**PROGRAMMA INDAGINI ARCHEOLOGICHE**

Tratta	INDAGINE	Tariffa	Identificazione		Dimensioni					IMPORTI	
			Breve Descrizione	Unità di Misura	Part. Ug.	Lung.	Largh.	H ; Peso	Quantità	Unitari	TOTALI
A	A(ARC)a-i	21.1.2	Indagine Piezometro	m	3	10	3	1	90	150,00 €	13.500,00 €
	A(ARC)b-i	AP(ARC)01	Indagine Inclino metro	m2	2	10	3	1	60	151,00 €	9.060,00 €
	A(ARC)c-i	21.1.4	Indagine Permeabilità	m3	1	10	3	1	30	152,00 €	4.560,00 €
	A(ARC)d-i	21.1.5	Indagine Casagrande	m	5	10	3	1	150	153,00 €	22.950,00 €
B	B(ARC)a-i	21.1.2	Indagine a	m	3	10	3	1	90	154,00 €	13.860,00 €
	B(ARC)b-i	21.1.3	Indagine b	m2	2	10	3	1	60	155,00 €	9.300,00 €
	B(ARC)c-i	21.1.4	Indagine c	m3	1	10	3	1	30	156,00 €	4.680,00 €
	B(ARC)d-i	21.1.5	Indagine d	m	5	10	3	1	150	157,00 €	23.550,00 €
C	C(ARC)a-i	21.1.2	Indagine a	m	3	10	3	1	90	158,00 €	14.220,00 €
	C(ARC)b-i	21.1.3	Indagine b	m2	2	10	3	1	60	159,00 €	9.540,00 €
	C(ARC)c-i	21.1.4	Indagine c	m3	1	10	3	1	30	160,00 €	4.800,00 €
	C(ARC)d-i	21.1.5	Indagine d	m	5	10	3	1	150	161,00 €	24.150,00 €
D	D(ARC)d-i	21.1.2	Indagine a	m	3	10	3	1	90	162,00 €	14.580,00 €
	D(ARC)d-i	21.1.3	Indagine b	m2	2	10	3	1	60	163,00 €	9.780,00 €
	D(ARC)d-i	21.1.4	Indagine c	m3	1	10	3	1	30	164,00 €	4.920,00 €
	D(ARC)d-i	21.1.5	Indagine d	m	5	10	3	1	150	165,00 €	24.750,00 €
E	E(ARC)d-i	21.1.2	Indagine a	m	3	10	3	1	90	166,00 €	14.940,00 €
	E(ARC)d-i	21.1.3	Indagine b	m2	2	10	3	1	60	167,00 €	10.020,00 €
	E(ARC)d-i	21.1.4	Indagine c	m3	1	10	3	1	30	168,00 €	5.040,00 €
	E(ARC)d-i	21.1.5	Indagine d	m	5	10	3	1	150	169,00 €	25.350,00 €
F	F(ARC)d-i	21.1.2	Indagine a	m	3	10	3	1	90	170,00 €	15.300,00 €
	F(ARC)d-i	21.1.3	Indagine b	m2	2	10	3	1	60	171,00 €	10.260,00 €
	F(ARC)d-i	21.1.4	Indagine c	m3	1	10	3	1	30	172,00 €	5.160,00 €
	F(ARC)d-i	21.1.5	Indagine d	m	5	10	3	1	150	173,00 €	25.950,00 €
G	G(ARC)d-i	21.1.2	Indagine a	m	3	10	3	1	90	174,00 €	15.660,00 €
	G(ARC)d-i	21.1.3	Indagine b	m2	2	10	3	1	60	175,00 €	10.500,00 €
	G(ARC)d-i	21.1.4	Indagine c	m3	1	10	3	1	30	176,00 €	5.280,00 €
	G(ARC)d-i	21.1.5	Indagine d	m	5	10	3	1	150	177,00 €	26.550,00 €

**SOMMANO 378.210,00 €**

**PROGRAMMA INDAGINI AMBIENTALI "ANTE OPERAM"**

Tratta	INDAGINE	Tariffa	Identificazione	Unità di Misura	Dimensioni				Punti di misurazione	IMPORTI	
			Breve Descrizione		Part. Ug.	Lung.	Largh.	H ; Peso		Stima Importo	TOTALI
A	A(AMB)a-i		Indagine Rumore 24h	-	-	-	-	-	10	570,00 €	5.700,00 €
	A(AMB)b-i		Indagine Rumore 7 gg	-	-	-	-	-	3	3.700,00 €	11.100,00 €
	A(AMB)c-i		Indagini Elettromagnetiche da eseguirsi solo in prossimità delle sottostazioni	-	-	-	-	-	?		
	A(AMB)d-i		Indagini Vibrazioni	-	-	-	-	-	13	570,00 €	7.410,00 €
B	B(AMB)a-i		Indagine Rumore 24h	-	-	-	-	-	1	570,00 €	570,00 €
	B(AMB)b-i		Indagine Rumore 7 gg	-	-	-	-	-	2	3.700,00 €	7.400,00 €
	B(AMB)c-i		Indagini Elettromagnetiche da eseguirsi solo in prossimità delle sottostazioni	-	-	-	-	-	?		
	B(AMB)d-i		Indagini Vibrazioni	-	-	-	-	-	3	570,00 €	1.710,00 €
C	C(AMB)a-i		Indagine Rumore 24h	-	-	-	-	-	4	570,00 €	2.280,00 €
	C(AMB)b-i		Indagine Rumore 7 gg	-	-	-	-	-	2	3.700,00 €	7.400,00 €
	C(AMB)c-i		Indagini Elettromagnetiche da eseguirsi solo in prossimità delle sottostazioni	-	-	-	-	-	?		
	C(AMB)d-i		Indagini Vibrazioni	-	-	-	-	-	6	570,00 €	3.420,00 €
D	D(AMB)a-i		Indagine Rumore 24h	-	-	-	-	-	2	570,00 €	1.140,00 €
	D(AMB)b-i		Indagine Rumore 7 gg	-	-	-	-	-	1	3.700,00 €	3.700,00 €
	D(AMB)c-i		Indagini Elettromagnetiche da eseguirsi solo in prossimità delle sottostazioni	-	-	-	-	-	?		
	D(AMB)d-i		Indagini Vibrazioni	-	-	-	-	-	3	570,00 €	1.710,00 €
	D(AMB)e-i		Indagine ecologica (flora e fauna)	-	-	-	-	-	1	15.000,00 €	15.000,00 €
E	E(AMB)a-i		Indagine Rumore 24h	-	-	-	-	-	7	570,00 €	3.990,00 €
	E(AMB)b-i		Indagine Rumore 7 gg	-	-	-	-	-	2	3.700,00 €	7.400,00 €
	E(AMB)c-i		Indagini Elettromagnetiche da eseguirsi solo in prossimità delle sottostazioni	-	-	-	-	-	?		
	E(AMB)d-i		Indagini Vibrazioni	-	-	-	-	-	9	570,00 €	5.130,00 €
F	F(AMB)a-i		Indagine Rumore 24h	-	-	-	-	-	4	570,00 €	2.280,00 €
	F(AMB)b-i		Indagine Rumore 7 gg	-	-	-	-	-	1	3.700,00 €	3.700,00 €
	F(AMB)c-i		Indagini Elettromagnetiche da eseguirsi solo in prossimità delle sottostazioni	-	-	-	-	-	?		
	F(AMB)d-i		Indagini Vibrazioni	-	-	-	-	-	5	570,00 €	2.850,00 €
G	G(AMB)a-i		Indagine Rumore 24h	-	-	-	-	-	1	570,00 €	570,00 €
	G(AMB)b-i		Indagine Rumore 7 gg	-	-	-	-	-	1	3.700,00 €	3.700,00 €
	G(AMB)c-i		Indagini Elettromagnetiche da eseguirsi solo in prossimità delle sottostazioni	-	-	-	-	-	?		
	G(AMB)d-i		Indagini Vibrazioni	-	-	-	-	-	2	570,00 €	1.140,00 €

Fonte Analisi Prezzi ANAS 2017

**SOMMANO**

**99.300,00 €**

**PROGRAMMA INDAGINI TOPOGRAFICHE**

Tratta	INDAGINE	Tariffa	Identificazione		Dimensioni					IMPORTI		
			Breve Descrizione	Unità di Misura	Part. Ug.	Lung.	Largh.	H ; Peso	Quantità	Unitari	TOTALI	
A	A(TOP)a-i	AP(TOP)01	Inquadramento Caposaldi principali al sistema ETRF2000	cadauno	3					3	2.800,00 €	8.400,00 €
	A(TOP)b-i	AP(TOP)02	Rilievo Statico per verifica e compensazione caposaldi principali	cadauno	3					3	450,00 €	1.350,00 €
	A(TOP)c-i	AP(TOP)03	Livellazione Trigonometrica di precisione dei CS principali alla rete di alta livellazione	cadauno	3					3	600,00 €	1.800,00 €
	A(TOP)d-i	AP(TOP)04	Rilievo e materializzazione dei Caposaldi costituenti il Sistema di Riferimento Locale	cadauno	37					37	431,25 €	15.956,25 €
	A(TOP)e-i	AP(TOP)05	Rilievo Planimetrico/altimetrico di dettaglio	km			10			10	633,64 €	6.336,41 €
B	B(TOP)a-i	AP(TOP)01	Inquadramento Caposaldi principali al sistema ETRF2000	cadauno	1					1	2.800,00 €	2.800,00 €
	B(TOP)b-i	AP(TOP)02	Rilievo Statico per verifica e compensazione caposaldi principali	cadauno	1					1	450,00 €	450,00 €
	B(TOP)c-i	AP(TOP)03	Livellazione Trigonometrica di precisione dei CS principali alla rete di alta livellazione	cadauno	1					1	600,00 €	600,00 €
	B(TOP)d-i	AP(TOP)04	Rilievo e materializzazione dei Caposaldi costituenti il Sistema di Riferimento Locale	cadauno	4					4	431,25 €	1.725,00 €
	B(TOP)e-i	AP(TOP)05	Rilievo Planimetrico/altimetrico di dettaglio	km			1			1	633,64 €	633,64 €
C	C(TOP)a-i	AP(TOP)01	Inquadramento Caposaldi principali al sistema ETRF2000	cadauno	1					1	2.800,00 €	2.800,00 €
	C(TOP)b-i	AP(TOP)02	Rilievo Statico per verifica e compensazione caposaldi principali	cadauno	1					1	450,00 €	450,00 €
	C(TOP)c-i	AP(TOP)03	Livellazione Trigonometrica di precisione dei CS principali alla rete di alta livellazione	cadauno	1					1	600,00 €	600,00 €
	C(TOP)d-i	AP(TOP)04	Rilievo e materializzazione dei Caposaldi costituenti il Sistema di Riferimento Locale	cadauno	22					22	431,25 €	9.487,50 €
	C(TOP)e-i	AP(TOP)05	Rilievo Planimetrico/altimetrico di dettaglio	km			6			6	633,64 €	3.801,84 €
D	D(TOP)a-i	AP(TOP)01	Inquadramento Caposaldi principali al sistema ETRF2000	cadauno	1					1	2.800,00 €	2.800,00 €
	D(TOP)b-i	AP(TOP)02	Rilievo Statico per verifica e compensazione caposaldi principali	cadauno	1					1	450,00 €	450,00 €
	D(TOP)c-i	AP(TOP)03	Livellazione Trigonometrica di precisione dei CS principali alla rete di alta livellazione	cadauno	1					1	600,00 €	600,00 €
	D(TOP)d-i	AP(TOP)04	Rilievo e materializzazione dei Caposaldi costituenti il Sistema di Riferimento Locale	cadauno	17					17	431,25 €	7.331,25 €
	D(TOP)e-i	AP(TOP)05	Rilievo Planimetrico/altimetrico di dettaglio	km			4,6			4,6	633,64 €	2.914,75 €
E	E(TOP)a-i	AP(TOP)01	Inquadramento Caposaldi principali al sistema ETRF2000	cadauno	1					1	2.800,00 €	2.800,00 €
	E(TOP)b-i	AP(TOP)02	Rilievo Statico per verifica e compensazione caposaldi principali	cadauno	1					1	450,00 €	450,00 €
	E(TOP)c-i	AP(TOP)03	Livellazione Trigonometrica di precisione dei CS principali alla rete di alta livellazione	cadauno	1					1	600,00 €	600,00 €
	E(TOP)d-i	AP(TOP)04	Rilievo e materializzazione dei Caposaldi costituenti il Sistema di Riferimento Locale	cadauno	44					44	431,25 €	18.975,00 €
	E(TOP)e-i	AP(TOP)05	Rilievo Planimetrico/altimetrico di dettaglio	km			12			12	633,64 €	7.603,69 €

F	F(TOP)a-i	AP(TOP)01	Inquadramento Caposaldi principali al sistema ETRF2000	cadauno	2				2	2.800,00 €	5.600,00 €
	F(TOP)b-i	AP(TOP)02	Rilievo Statico per verifica e compensazione caposaldi principali	cadauno	2				2	450,00 €	900,00 €
	F(TOP)c-i	AP(TOP)03	Livellazione Trigonometrica di precisione dei CS principali alla rete di alta livellazione	cadauno	2				2	600,00 €	1.200,00 €
	F(TOP)d-i	AP(TOP)04	Rilievo e materializzazione dei Caposaldi costituenti il Sistema di Riferimento Locale	cadauno	21				21	431,25 €	9.056,25 €
	F(TOP)e-i	AP(TOP)05	Rilievo Planimetrico/altimetrico di dettaglio	km		5,8			5,8	633,64 €	3.675,11 €
G	G(TOP)a-i	AP(TOP)01	Inquadramento Caposaldi principali al sistema ETRF2000	cadauno	1				1	2.800,00 €	2.800,00 €
	G(TOP)b-i	AP(TOP)02	Rilievo Statico per verifica e compensazione caposaldi principali	cadauno	1				1	450,00 €	450,00 €
	G(TOP)c-i	AP(TOP)03	Livellazione Trigonometrica di precisione dei CS principali alla rete di alta livellazione	cadauno	1				1	600,00 €	600,00 €
	G(TOP)d-i	AP(TOP)04	Rilievo e materializzazione dei Caposaldi costituenti il Sistema di Riferimento Locale	cadauno	15				15	431,25 €	6.468,75 €
	G(TOP)e-i	AP(TOP)05	Rilievo Planimetrico/altimetrico di dettaglio	km		4			4	633,64 €	2.534,56 €
										<b>SOMMANO</b>	<b>135.000,00 €</b>

**PROGRAMMA INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE**

Tratta	INDAGINE	Tariffa da Prezziario Regione Siciliana 2018	Identificazione		Dimensioni					IMPORTI	
			Breve Descrizione	Unità di Misura	Part. Ug.	Lung.	Largh.	H ; Peso	Quantità	Unitari	TOTALI
A(GEO)a-1	20.3.1	Sondaggi-appront. attrezzatura sul primo foro	a corpo					1	2.727,49 €	2.727,49 €	
	20.3.3	Sondaggi-perforazione verticale	m					20	73,96 €	1.479,20 €	
	20.3.7	Sondaggi-uso doppio carotiere	m					20	11,77 €	235,40 €	
	20.3.13	Sondaggi-cassette catalogatrici	cad					4	32,10 €	128,40 €	
	20.3.16	Sondaggi-individuazione sottoservizi	cad					1	54,54 €	54,54 €	
	20.5.5	Prova penetrometrica dinamica SPT	cad					6	105,79 €	634,74 €	
	20.6.2	Piezometro a tubo aperto	m					20	30,82 €	616,40 €	
	A(GEO)a-2	20.3.2	Sondaggi-approntamento attrezzatura	a corpo					1	272,75 €	272,75 €
		20.3.3	Sondaggi-perforazione	m					30	73,96 €	2.218,80 €
		20.3.7	Sondaggi-doppio carotiere	m					30	11,77 €	353,10 €
		20.3.11	Sondaggi-prelievo campioni indisturbati	cad					3	102,87 €	308,61 €
		20.3.13	Sondaggi-cassette catalogatrici	cad					6	32,10 €	192,60 €
		20.3.16	Sondaggi-individuazione sottoservizi	cad					1	54,54 €	54,54 €
		20.1.11/1	Prova sism. down-hole-predisposizione foro	m					30	40,37 €	1.211,10 €
		20.1.11/2	Prova sism. down-hole-installazione attrezz.	cad.					1	230,69 €	230,69 €
		20.1.11/3	Prova sism. down-hole-mis. e determ. Vp e Vs	cad.					1	75,70 €	75,70 €
		20.7.1	Prove lab -apertura campione	cad					3	19,01 €	57,03 €
		20.7.3	Prove lab-determ. contenuto nat. d'acqua	cad					3	9,13 €	27,39 €
		20.7.4	Prove lab-determ. peso dell'unità di volume	cad					3	11,63 €	34,89 €
		20.7.5	Prove lab-determ. peso specifico dei grani	cad					3	40,80 €	122,40 €
		20.7.13	Prove lab-analisi granulometrica	cad					3	85,91 €	257,73 €
		20.7.15	Prove lab-determ limiti di consistenza	cad					3	335,92 €	1.007,76 €
		20.7.36	Prove lab-rottura per compr. semplice non confin.	cad					3	40,80 €	122,40 €
		20.7.37/2	Prove lab-prova di taglio diretto	cad					3	118,96 €	356,88 €
		20.8.3/1	Prove lab-prova di carico puntuale	cad					2	34,83 €	69,66 €
	20.8.3/2	Prove lab-prova di compressione semplice	cad					2	35,26 €	70,52 €	
	A(GEO)a-3	20.3.2	Sondaggi-approntamento attrezzatura	a corpo					1	272,75 €	272,75 €
		20.3.3	Sondaggi-perforazione	m					30	73,96 €	2.218,80 €
20.3.7		Sondaggi-doppio carotiere	m					30	11,77 €	353,10 €	
20.3.13		Sondaggi-cassette catalogatrici	cad					6	32,10 €	192,60 €	
20.3.16		Sondaggi-individuazione sottoservizi	cad					1	54,54 €	54,54 €	
20.5.5		Prova penetrometrica dinamica SPT	cad					6	105,79 €	634,74 €	
20.1.11/1		Prova sism. down-hole-predisposizione foro	m					30	40,37 €	1.211,10 €	
20.1.11/2		Prova sism. down-hole-installazione attrezz.	cad.					1	230,69 €	230,69 €	
20.1.11/3	Prova sism. down-hole-mis. e determ. Vp e Vs	cad.					1	75,70 €	75,70 €		

A

A(GEO)a-4	20.3.2	Sondaggi-approntamento attrezzatura	a corpo			1	272,75 €	272,75 €
	20.3.3	Sondaggi-perforazione verticale	m			20	73,96 €	1.479,20 €
	20.3.7	Sondaggi-uso doppio carotiere	m			20	11,77 €	235,40 €
	20.3.13	Sondaggi-cassette catalogatrici	cad			4	32,10 €	128,40 €
	20.3.16	Sondaggi-individuazione sottoservizi	cad			1	54,54 €	54,54 €
	20.5.5	Prova penetrometrica dinamica SPT	cad			6	105,79 €	634,74 €
	20.6.2	Piezometro a tubo aperto	m			20	30,82 €	616,40 €
	20.7.1	Prove lab -apertura campione	cad			3	19,01 €	57,03 €
	20.7.3	Prove lab-determ. contenuto nat. d'acqua	cad			3	9,13 €	27,39 €
	20.7.4	Prove lab-determ. peso dell'unità di volume	cad			3	11,63 €	34,89 €
	20.7.5	Prove lab-determ. peso specifico dei grani	cad			3	40,80 €	122,40 €
	20.7.13	Prove lab-analisi granulometrica	cad			3	85,91 €	257,73 €
	20.7.15	Prove lab-determ limiti di consistenza	cad			3	335,92 €	1.007,76 €
	20.7.36	Prove lab-rottura per compr. semplice non confin.	cad			3	40,80 €	122,40 €
	20.7.37/2	Prove lab-prova di taglio diretto	cad			3	118,96 €	356,88 €
20.8.3/1	Prove lab-prova di carico puntuale	cad			2	34,83 €	69,66 €	
20.8.3/2	Prove lab-prova di compressione semplice	cad			2	35,26 €	70,52 €	
A(GEO)a-5	20.3.2	Sondaggi-approntamento attrezzatura	a corpo			1	272,75 €	272,75 €
	20.3.3	Sondaggi-perforazione verticale	m			20	73,96 €	1.479,20 €
	20.3.7	Sondaggi-uso doppio carotiere	m			20	11,77 €	235,40 €
	20.3.13	Sondaggi-cassette catalogatrici	cad			4	32,10 €	128,40 €
	20.3.16	Sondaggi-individuazione sottoservizi	cad			1	54,54 €	54,54 €
	20.4.2/1	Prova di permeabilità-approntamento attrezz.	cad			1	113,89 €	113,89 €
	20.4.2/2	Prova di permeabilità-predisposizione foro	cad			1	190,81 €	190,81 €
	20.4.2/3	Prova di permeabilità-per ogni prova	cad			1	265,50 €	265,50 €
	20.7.1	Prove lab -apertura campione	cad			3	19,01 €	57,03 €
	20.7.3	Prove lab-determ. contenuto nat. d'acqua	cad			3	9,13 €	27,39 €
	20.7.4	Prove lab-determ. peso dell'unità di volume	cad			3	11,63 €	34,89 €
	20.7.5	Prove lab-determ. peso specifico dei grani	cad			3	40,80 €	122,40 €
	20.7.13	Prove lab-analisi granulometrica	cad			3	85,91 €	257,73 €
	20.7.15	Prove lab-determ limiti di consistenza	cad			3	335,92 €	1.007,76 €
	20.7.36	Prove lab-rottura per compr. semplice non confin.	cad			3	40,80 €	122,40 €
20.7.37/2	Prove lab-prova di taglio diretto	cad			3	118,96 €	356,88 €	
20.8.3/1	Prove lab-prova di carico puntuale	cad			2	34,83 €	69,66 €	
20.8.3/2	Prove lab-prova di compressione semplice	cad			2	35,26 €	70,52 €	
A(GEO)a-6	20.3.2	Sondaggi-approntamento attrezzatura	a corpo			1	272,75 €	272,75 €
	20.3.3	Sondaggi-perforazione verticale	m			20	73,96 €	1.479,20 €
	20.3.7	Sondaggi-uso doppio carotiere	m			20	11,77 €	235,40 €
	20.3.13	Sondaggi-cassette catalogatrici	cad			4	32,10 €	128,40 €
	20.3.16	Sondaggi-individuazione sottoservizi	cad			1	54,54 €	54,54 €
	20.5.5	Prova penetrometrica dinamica SPT	cad			6	105,79 €	634,74 €

B	B(GEO)a-1	20.3.2	Sondaggi-approntamento attrezzatura	a corpo			1	272,75 €	272,75 €	
		20.3.3	Sondaggi-perforazione verticale	m			20	73,96 €	1.479,20 €	
		20.3.7	Sondaggi-uso doppio carotiere	m			20	11,77 €	235,40 €	
		20.3.13	Sondaggi-cassette catalogatrici	cad			4	32,10 €	128,40 €	
		20.3.16	Sondaggi-individuazione sottoservizi	cad			1	54,54 €	54,54 €	
		20.5.5	Prova penetrometrica dinamica SPT	cad			6	105,79 €	634,74 €	
		20.6.2	Piezometro a tubo aperto	m			20	30,82 €	616,40 €	
		20.7.1	Prove lab -apertura campione	cad			3	19,01 €	57,03 €	
		20.7.3	Prove lab-determ. contenuto nat. d'acqua	cad			3	9,13 €	27,39 €	
		20.7.4	Prove lab-determ. peso dell'unità di volume	cad			3	11,63 €	34,89 €	
		20.7.5	Prove lab-determ. peso specifico dei grani	cad			3	40,80 €	122,40 €	
		20.7.13	Prove lab-analisi granulometrica	cad			3	85,91 €	257,73 €	
		20.7.15	Prove lab-determ limiti di consistenza	cad			3	335,92 €	1.007,76 €	
		20.7.36	Prove lab-rottura per compr. semplice non confin.	cad			3	40,80 €	122,40 €	
	20.7.37/2	Prove lab-prova di taglio diretto	cad			3	118,96 €	356,88 €		
	20.8.3/1	Prove lab-prova di carico puntuale	cad			2	34,83 €	69,66 €		
	20.8.3/2	Prove lab-prova di compressione semplice	cad			2	35,26 €	70,52 €		
	B	B(GEO)a-2	20.3.2	Sondaggi-approntamento attrezzatura	a corpo			1	272,75 €	272,75 €
			20.3.3	Sondaggi-perforazione	m			30	73,96 €	2.218,80 €
			20.3.7	Sondaggi-doppio carotiere	m			30	11,77 €	353,10 €
20.3.13			Sondaggi-cassette catalogatrici	cad			6	32,10 €	192,60 €	
20.3.16			Sondaggi-individuazione sottoservizi	cad			1	54,54 €	54,54 €	
20.5.5			Prova penetrometrica dinamica SPT	cad			6	105,79 €	634,74 €	
20.1.11/1			Prova sism. down-hole-predisposizione foro	m			30	40,37 €	1.211,10 €	
20.1.11/2			Prova sism. down-hole-installazione attrezz.	cad.			1	230,69 €	230,69 €	
20.1.11/3			Prova sism. down-hole-mis. e determ. Vp e Vs	cad.			1	75,70 €	75,70 €	
20.7.1			Prove lab -apertura campione	cad			3	19,01 €	57,03 €	
20.7.3			Prove lab-determ. contenuto nat. d'acqua	cad			3	9,13 €	27,39 €	
20.7.4			Prove lab-determ. peso dell'unità di volume	cad			3	11,63 €	34,89 €	
20.7.5			Prove lab-determ. peso specifico dei grani	cad			3	40,80 €	122,40 €	
20.7.13			Prove lab-analisi granulometrica	cad			3	85,91 €	257,73 €	
20.7.15			Prove lab-determ limiti di consistenza	cad			3	335,92 €	1.007,76 €	
20.7.36			Prove lab-rottura per compr. semplice non confin.	cad			3	40,80 €	122,40 €	
20.7.37/2	Prove lab-prova di taglio diretto	cad			3	118,96 €	356,88 €			
20.8.3/1	Prove lab-prova di carico puntuale	cad			2	34,83 €	69,66 €			
20.8.3/2	Prove lab-prova di compressione semplice	cad			2	35,26 €	70,52 €			
C	C(GEO)a-1	20.3.2	Sondaggi-approntamento attrezzatura	a corpo			1	272,75 €	272,75 €	
		20.3.3	Sondaggi-perforazione	m			30	73,96 €	2.218,80 €	
		20.3.7	Sondaggi-doppio carotiere	m			30	11,77 €	353,10 €	
		20.3.13	Sondaggi-cassette catalogatrici	cad			6	32,10 €	192,60 €	
		20.3.16	Sondaggi-individuazione sottoservizi	cad			1	54,54 €	54,54 €	
		20.5.5	Prova penetrometrica dinamica SPT	cad			6	105,79 €	634,74 €	
		20.1.11/1	Prova sism. down-hole-predisposizione foro	m			30	40,37 €	1.211,10 €	

	20.1.11/2	Prova sism. down-hole-installazione attrezz.	cad.				1	230,69 €	230,69 €	
	20.1.11/3	Prova sism. down-hole-mis. e determ. Vp e Vs	cad.				1	75,70 €	75,70 €	
C(GEO)a-2	20.3.2	Sondaggi-approntamento attrezzatura	a corpo				1	272,75 €	272,75 €	
	20.3.3	Sondaggi-perforazione verticale	m				20	73,96 €	1.479,20 €	
	20.3.7	Sondaggi-uso doppio carotiere	m				20	11,77 €	235,40 €	
	20.3.13	Sondaggi-cassette catalogatrici	cad				4	32,10 €	128,40 €	
	20.3.16	Sondaggi-individuazione sottoservizi	cad				1	54,54 €	54,54 €	
	20.5.5	Prova penetrometrica dinamica SPT	cad				6	105,79 €	634,74 €	
	20.7.1	Prove lab -apertura campione	cad				3	19,01 €	57,03 €	
	20.7.3	Prove lab-determ. contenuto nat. d'acqua	cad				3	9,13 €	27,39 €	
	20.7.4	Prove lab-determ. peso dell'unità di volume	cad				3	11,63 €	34,89 €	
	20.7.5	Prove lab-determ. peso specifico dei grani	cad				3	40,80 €	122,40 €	
	20.7.13	Prove lab-analisi granulometrica	cad				3	85,91 €	257,73 €	
	20.7.15	Prove lab-determ limiti di consistenza	cad				3	335,92 €	1.007,76 €	
	20.7.36	Prove lab-rottura per compr. semplice non confin.	cad				3	40,80 €	122,40 €	
	20.7.37/2	Prove lab-prova di taglio diretto	cad				3	118,96 €	356,88 €	
20.8.3/1	Prove lab-prova di carico puntuale	cad				2	34,83 €	69,66 €		
20.8.3/2	Prove lab-prova di compressione semplice	cad				2	35,26 €	70,52 €		
C	C(GEO)a-3	20.3.2	Sondaggi-approntamento attrezzatura	a corpo			1	272,75 €	272,75 €	
		20.3.3	Sondaggi-perforazione	m			30	73,96 €	2.218,80 €	
		20.3.7	Sondaggi-doppio carotiere	m			30	11,77 €	353,10 €	
		20.3.13	Sondaggi-cassette catalogatrici	cad			6	32,10 €	192,60 €	
		20.3.16	Sondaggi-individuazione sottoservizi	cad			1	54,54 €	54,54 €	
		20.5.5	Prova penetrometrica dinamica SPT	cad			6	105,79 €	634,74 €	
		20.1.11/1	Prova sism. down-hole-predisposizione foro	m			30	40,37 €	1.211,10 €	
		20.1.11/2	Prova sism. down-hole-installazione attrezz.	cad.				1	230,69 €	230,69 €
		20.1.11/3	Prova sism. down-hole-mis. e determ. Vp e Vs	cad.				1	75,70 €	75,70 €
		20.7.1	Prove lab -apertura campione	cad				3	19,01 €	57,03 €
		20.7.3	Prove lab-determ. contenuto nat. d'acqua	cad				3	9,13 €	27,39 €
		20.7.4	Prove lab-determ. peso dell'unità di volume	cad				3	11,63 €	34,89 €
		20.7.5	Prove lab-determ. peso specifico dei grani	cad				3	40,80 €	122,40 €
		20.7.13	Prove lab-analisi granulometrica	cad				3	85,91 €	257,73 €
		20.7.15	Prove lab-determ limiti di consistenza	cad				3	335,92 €	1.007,76 €
		20.7.36	Prove lab-rottura per compr. semplice non confin.	cad				3	40,80 €	122,40 €
		20.7.37/2	Prove lab-prova di taglio diretto	cad				3	118,96 €	356,88 €
		20.8.3/1	Prove lab-prova di carico puntuale	cad				2	34,83 €	69,66 €
20.8.3/2	Prove lab-prova di compressione semplice	cad				2	35,26 €	70,52 €		
	20.3.2	Sondaggi-approntamento attrezzatura	a corpo				1	272,75 €	272,75 €	
	20.3.3	Sondaggi-perforazione verticale	m				20	73,96 €	1.479,20 €	
	20.3.7	Sondaggi-uso doppio carotiere	m				20	11,77 €	235,40 €	
	20.3.13	Sondaggi-cassette catalogatrici	cad				4	32,10 €	128,40 €	
	20.3.16	Sondaggi-individuazione sottoservizi	cad				1	54,54 €	54,54 €	
	20.5.5	Prova penetrometrica dinamica SPT	cad				6	105,79 €	634,74 €	

C(GEO)a-4	20.7.1	Prove lab -apertura campione	cad				3	19,01 €	57,03 €	
	20.7.3	Prove lab-determ. contenuto nat. d'acqua	cad				3	9,13 €	27,39 €	
	20.7.4	Prove lab-determ. peso dell'unità di volume	cad				3	11,63 €	34,89 €	
	20.7.5	Prove lab-determ. peso specifico dei grani	cad				3	40,80 €	122,40 €	
	20.7.13	Prove lab-analisi granulometrica	cad				3	85,91 €	257,73 €	
	20.7.15	Prove lab-determ limiti di consistenza	cad				3	335,92 €	1.007,76 €	
	20.7.36	Prove lab-rottura per compr. semplice non confin.	cad				3	40,80 €	122,40 €	
	20.7.37/2	Prove lab-prova di taglio diretto	cad				3	118,96 €	356,88 €	
	20.8.3/1	Prove lab-prova di carico puntuale	cad				2	34,83 €	69,66 €	
20.8.3/2	Prove lab-prova di compressione semplice	cad				2	35,26 €	70,52 €		
C(GEO)a-5	20.3.2	Sondaggi-approntamento attrezzatura	a corpo				1	272,75 €	272,75 €	
	20.3.3	Sondaggi-perforazione	m				30	73,96 €	2.218,80 €	
	20.3.7	Sondaggi-doppio carotiere	m				30	11,77 €	353,10 €	
	20.3.13	Sondaggi-cassette catalogatrici	cad				6	32,10 €	192,60 €	
	20.3.16	Sondaggi-individuazione sottoservizi	cad				1	54,54 €	54,54 €	
	20.5.5	Prova penetrometrica dinamica SPT	cad				6	105,79 €	634,74 €	
	20.1.11/1	Prova sism. down-hole-predisposizione foro	m				30	40,37 €	1.211,10 €	
20.1.11/2	Prova sism. down-hole-installazione attrezz.	cad.				1	230,69 €	230,69 €		
20.1.11/3	Prova sism. down-hole-mis. e determ. Vp e Vs	cad.				1	75,70 €	75,70 €		
D	D(GEO)a-1	20.3.2	Sondaggi-approntamento attrezzatura	a corpo			1	272,75 €	272,75 €	
		20.3.3	Sondaggi-perforazione	m			30	73,96 €	2.218,80 €	
		20.3.7	Sondaggi-doppio carotiere	m			30	11,77 €	353,10 €	
		20.3.13	Sondaggi-cassette catalogatrici	cad			6	32,10 €	192,60 €	
		20.3.16	Sondaggi-individuazione sottoservizi	cad			1	54,54 €	54,54 €	
		20.5.5	Prova penetrometrica dinamica SPT	cad			6	105,79 €	634,74 €	
		20.1.11/1	Prova sism. down-hole-predisposizione foro	m			30	40,37 €	1.211,10 €	
		20.1.11/2	Prova sism. down-hole-installazione attrezz.	cad.			1	230,69 €	230,69 €	
		20.1.11/3	Prova sism. down-hole-mis. e determ. Vp e Vs	cad.			1	75,70 €	75,70 €	
		20.7.1	Prove lab -apertura campione	cad				3	19,01 €	57,03 €
		20.7.3	Prove lab-determ. contenuto nat. d'acqua	cad				3	9,13 €	27,39 €
		20.7.4	Prove lab-determ. peso dell'unità di volume	cad				3	11,63 €	34,89 €
		20.7.5	Prove lab-determ. peso specifico dei grani	cad				3	40,80 €	122,40 €
		20.7.13	Prove lab-analisi granulometrica	cad				3	85,91 €	257,73 €
		20.7.15	Prove lab-determ limiti di consistenza	cad				3	335,92 €	1.007,76 €
		20.7.36	Prove lab-rottura per compr. semplice non confin.	cad				3	40,80 €	122,40 €
		20.7.37/2	Prove lab-prova di taglio diretto	cad				3	118,96 €	356,88 €
		20.8.3/1	Prove lab-prova di carico puntuale	cad				2	34,83 €	69,66 €
		20.8.3/2	Prove lab-prova di compressione semplice	cad				2	35,26 €	70,52 €
D(GEO)a-2	20.3.2	Sondaggi-approntamento attrezzatura	a corpo				1	272,75 €	272,75 €	
	20.3.3	Sondaggi-perforazione verticale	m				20	73,96 €	1.479,20 €	
	20.3.7	Sondaggi-uso doppio carotiere	m				20	11,77 €	235,40 €	
	20.3.13	Sondaggi-cassette catalogatrici	cad				4	32,10 €	128,40 €	
	20.3.16	Sondaggi-individuazione sottoservizi	cad				1	54,54 €	54,54 €	

	20.5.5	Prova penetrometrica dinamica SPT	cad				6	105,79 €	634,74 €
	20.6.2	Piezometro a tubo aperto	m				20	30,82 €	616,40 €
	20.8.3/1	Prove lab-prova di carico puntuale	cad				2	34,83 €	69,66 €
	20.8.3/2	Prove lab-prova di compressione semplice	cad				2	35,26 €	70,52 €
E(GEO)a-1	20.3.2	Sondaggi-approntamento attrezzatura	a corpo				1	272,75 €	272,75 €
	20.3.3	Sondaggi-perforazione	m				30	73,96 €	2.218,80 €
	20.3.7	Sondaggi-doppio carotiere	m				30	11,77 €	353,10 €
	20.3.13	Sondaggi-cassette catalogatrici	cad				6	32,10 €	192,60 €
	20.3.16	Sondaggi-individuazione sottoservizi	cad				1	54,54 €	54,54 €
	20.5.5	Prova penetrometrica dinamica SPT	cad				6	105,79 €	634,74 €
	20.1.11/1	Prova sism. down-hole-predisposizione foro	m				30	40,37 €	1.211,10 €
	20.1.11/2	Prova sism. down-hole-installazione attrezz.	cad.				1	230,69 €	230,69 €
	20.1.11/3	Prova sism. down-hole-mis. e determ. Vp e Vs	cad.				1	75,70 €	75,70 €
	E(GEO)a-2	20.3.2	Sondaggi-approntamento attrezzatura	a corpo				1	272,75 €
20.3.3		Sondaggi-perforazione verticale	m				20	73,96 €	1.479,20 €
20.3.7		Sondaggi-uso doppio carotiere	m				20	11,77 €	235,40 €
20.3.13		Sondaggi-cassette catalogatrici	cad				4	32,10 €	128,40 €
20.3.16		Sondaggi-individuazione sottoservizi	cad				1	54,54 €	54,54 €
20.5.5		Prova penetrometrica dinamica SPT	cad				6	105,79 €	634,74 €
20.6.2		Piezometro a tubo aperto	m				20	30,82 €	616,40 €
20.7.1		Prove lab -apertura campione	cad				3	19,01 €	57,03 €
20.7.3		Prove lab-determ. contenuto nat. d'acqua	cad				3	9,13 €	27,39 €
20.7.4		Prove lab-determ. peso dell'unità di volume	cad				3	11,63 €	34,89 €
20.7.5		Prove lab-determ. peso specifico dei grani	cad				3	40,80 €	122,40 €
20.7.13		Prove lab-analisi granulometrica	cad				3	85,91 €	257,73 €
20.7.15		Prove lab-determ limiti di consistenza	cad				3	335,92 €	1.007,76 €
20.7.36		Prove lab-rottura per compr. semplice non confin.	cad				3	40,80 €	122,40 €
20.7.37/2		Prove lab-prova di taglio diretto	cad				3	118,96 €	356,88 €
20.8.3/1		Prove lab-prova di carico puntuale	cad				2	34,83 €	69,66 €
20.8.3/2	Prove lab-prova di compressione semplice	cad				2	35,26 €	70,52 €	
E(GEO)a-3	20.3.2	Sondaggi-approntamento attrezzatura	a corpo				1	272,75 €	272,75 €
	20.3.3	Sondaggi-perforazione	m				30	73,96 €	2.218,80 €
	20.3.7	Sondaggi-doppio carotiere	m				30	11,77 €	353,10 €
	20.3.13	Sondaggi-cassette catalogatrici	cad				6	32,10 €	192,60 €
	20.3.16	Sondaggi-individuazione sottoservizi	cad				1	54,54 €	54,54 €
	20.5.5	Prova penetrometrica dinamica SPT	cad				6	105,79 €	634,74 €
	20.1.11/1	Prova sism. down-hole-predisposizione foro	m				30	40,37 €	1.211,10 €
	20.1.11/2	Prova sism. down-hole-installazione attrezz.	cad.				1	230,69 €	230,69 €
	20.1.11/3	Prova sism. down-hole-mis. e determ. Vp e Vs	cad.				1	75,70 €	75,70 €
	20.7.1	Prove lab -apertura campione	cad				3	19,01 €	57,03 €
20.7.3	Prove lab-determ. contenuto nat. d'acqua	cad				3	9,13 €	27,39 €	
20.7.4	Prove lab-determ. peso dell'unità di volume	cad				3	11,63 €	34,89 €	
20.7.5	Prove lab-determ. peso specifico dei grani	cad				3	40,80 €	122,40 €	

E

	20.7.13	Prove lab-analisi granulometrica	cad				3	85,91 €	257,73 €
	20.7.15	Prove lab-determ limiti di consistenza	cad				3	335,92 €	1.007,76 €
	20.7.36	Prove lab-rottura per compr. semplice non confin.	cad				3	40,80 €	122,40 €
	20.7.37/2	Prove lab-prova di taglio diretto	cad				3	118,96 €	356,88 €
	20.8.3/1	Prove lab-prova di carico puntuale	cad				2	34,83 €	69,66 €
	20.8.3/2	Prove lab-prova di compressione semplice	cad				2	35,26 €	70,52 €
E(GEO)a-4	20.3.2	Sondaggi-approntamento attrezzatura	a corpo				1	272,75 €	272,75 €
	20.3.3	Sondaggi-perforazione verticale	m				20	73,96 €	1.479,20 €
	20.3.7	Sondaggi-uso doppio carotiere	m				20	11,77 €	235,40 €
	20.3.13	Sondaggi-cassette catalogatrici	cad				4	32,10 €	128,40 €
	20.3.16	Sondaggi-individuazione sottoservizi	cad				1	54,54 €	54,54 €
	20.5.5	Prova penetrometrica dinamica SPT	cad				6	105,79 €	634,74 €
	20.6.2	Piezometro a tubo aperto	m				20	30,82 €	616,40 €
E(GEO)a-5	20.3.2	Sondaggi-approntamento attrezzatura	a corpo				1	272,75 €	272,75 €
	20.3.3	Sondaggi-perforazione verticale	m				20	73,96 €	1.479,20 €
	20.3.7	Sondaggi-uso doppio carotiere	m				20	11,77 €	235,40 €
	20.3.13	Sondaggi-cassette catalogatrici	cad				4	32,10 €	128,40 €
	20.3.16	Sondaggi-individuazione sottoservizi	cad				1	54,54 €	54,54 €
	20.5.5	Prova penetrometrica dinamica SPT	cad				6	105,79 €	634,74 €
	20.6.2	Piezometro a tubo aperto	m				20	30,82 €	616,40 €
E(GEO)a-6	20.3.2	Sondaggi-approntamento attrezzatura	a corpo				1	272,75 €	272,75 €
	20.3.3	Sondaggi-perforazione	m				30	73,96 €	2.218,80 €
	20.3.7	Sondaggi-doppio carotiere	m				30	11,77 €	353,10 €
	20.3.13	Sondaggi-cassette catalogatrici	cad				6	32,10 €	192,60 €
	20.3.16	Sondaggi-individuazione sottoservizi	cad				1	54,54 €	54,54 €
	20.5.5	Prova penetrometrica dinamica SPT	cad				6	105,79 €	634,74 €
	20.1.11/1	Prova sism. down-hole-predisposizione foro	m				30	40,37 €	1.211,10 €
	20.1.11/2	Prova sism. down-hole-installazione attrezz.	cad.				1	230,69 €	230,69 €
	20.1.11/3	Prova sism. down-hole-mis. e determ. Vp e Vs	cad.				1	75,70 €	75,70 €
	20.7.1	Prove lab -apertura campione	cad				3	19,01 €	57,03 €
	20.7.3	Prove lab-determ. contenuto nat. d'acqua	cad				3	9,13 €	27,39 €
	20.7.4	Prove lab-determ. peso dell'unità di volume	cad				3	11,63 €	34,89 €
	20.7.5	Prove lab-determ. peso specifico dei grani	cad				3	40,80 €	122,40 €
	20.7.13	Prove lab-analisi granulometrica	cad				3	85,91 €	257,73 €
	20.7.15	Prove lab-determ limiti di consistenza	cad				3	335,92 €	1.007,76 €
	20.7.36	Prove lab-rottura per compr. semplice non confin.	cad				3	40,80 €	122,40 €
	20.7.37/2	Prove lab-prova di taglio diretto	cad				3	118,96 €	356,88 €
	20.8.3/1	Prove lab-prova di carico puntuale	cad				2	34,83 €	69,66 €
	20.8.3/2	Prove lab-prova di compressione semplice	cad				2	35,26 €	70,52 €
	20.3.2	Sondaggi-approntamento attrezzatura	a corpo				1	272,75 €	272,75 €
	20.3.3	Sondaggi-perforazione	m				30	73,96 €	2.218,80 €
	20.3.7	Sondaggi-doppio carotiere	m				30	11,77 €	353,10 €
	20.3.13	Sondaggi-cassette catalogatrici	cad				6	32,10 €	192,60 €

E(GEO)a-7	20.3.16	Sondaggi-individuazione sottoservizi	cad				1	54,54 €	54,54 €
	20.5.5	Prova penetrometrica dinamica SPT	cad				6	105,79 €	634,74 €
	20.1.11/1	Prova sism. down-hole-predisposizione foro	m				30	40,37 €	1.211,10 €
	20.1.11/2	Prova sism. down-hole-installazione attrezz.	cad.				1	230,69 €	230,69 €
	20.1.11/3	Prova sism. down-hole-mis. e determ. Vp e Vs	cad.				1	75,70 €	75,70 €
	20.7.1	Prove lab -apertura campione	cad				3	19,01 €	57,03 €
	20.7.3	Prove lab-determ. contenuto nat. d'acqua	cad				3	9,13 €	27,39 €
	20.7.4	Prove lab-determ. peso dell'unità di volume	cad				3	11,63 €	34,89 €
	20.7.5	Prove lab-determ. peso specifico dei grani	cad				3	40,80 €	122,40 €
	20.7.13	Prove lab-analisi granulometrica	cad				3	85,91 €	257,73 €
	20.7.15	Prove lab-determ limiti di consistenza	cad				3	335,92 €	1.007,76 €
	20.7.36	Prove lab-rottura per compr. semplice non confin.	cad				3	40,80 €	122,40 €
	20.7.37/2	Prove lab-prova di taglio diretto	cad				3	118,96 €	356,88 €
	20.8.3/1	Prove lab-prova di carico puntuale	cad				2	34,83 €	69,66 €
20.8.3/2	Prove lab-prova di compressione semplice	cad				2	35,26 €	70,52 €	
E(GEO)a-8	20.3.2	Sondaggi-approntamento attrezzatura	a corpo				1	272,75 €	272,75 €
	20.3.3	Sondaggi-perforazione verticale	m				20	73,96 €	1.479,20 €
	20.3.7	Sondaggi-uso doppio carotiere	m				20	11,77 €	235,40 €
	20.3.13	Sondaggi-cassette catalogatrici	cad				4	32,10 €	128,40 €
	20.3.16	Sondaggi-individuazione sottoservizi	cad				1	54,54 €	54,54 €
	20.5.5	Prova penetrometrica dinamica SPT	cad				6	105,79 €	634,74 €
	20.6.2	Piezometro a tubo aperto	m				20	30,82 €	616,40 €
	20.7.1	Prove lab -apertura campione	cad				3	19,01 €	57,03 €
	20.7.3	Prove lab-determ. contenuto nat. d'acqua	cad				3	9,13 €	27,39 €
	20.7.4	Prove lab-determ. peso dell'unità di volume	cad				3	11,63 €	34,89 €
	20.7.5	Prove lab-determ. peso specifico dei grani	cad				3	40,80 €	122,40 €
	20.7.13	Prove lab-analisi granulometrica	cad				3	85,91 €	257,73 €
	20.7.15	Prove lab-determ limiti di consistenza	cad				3	335,92 €	1.007,76 €
	20.7.36	Prove lab-rottura per compr. semplice non confin.	cad				3	40,80 €	122,40 €
20.7.37/2	Prove lab-prova di taglio diretto	cad				3	118,96 €	356,88 €	
20.8.3/1	Prove lab-prova di carico puntuale	cad				2	34,83 €	69,66 €	
20.8.3/2	Prove lab-prova di compressione semplice	cad				2	35,26 €	70,52 €	
E(GEO)a-9	20.3.2	Sondaggi-approntamento attrezzatura	a corpo				1	272,75 €	272,75 €
	20.3.3	Sondaggi-perforazione verticale	m				20	73,96 €	1.479,20 €
	20.3.7	Sondaggi-uso doppio carotiere	m				20	11,77 €	235,40 €
	20.3.13	Sondaggi-cassette catalogatrici	cad				4	32,10 €	128,40 €
	20.3.16	Sondaggi-individuazione sottoservizi	cad				1	54,54 €	54,54 €
	20.5.5	Prova penetrometrica dinamica SPT	cad				6	105,79 €	634,74 €
	20.6.2	Piezometro a tubo aperto	m				20	30,82 €	616,40 €
	20.3.2	Sondaggi-approntamento attrezzatura	a corpo				1	272,75 €	272,75 €
	20.3.3	Sondaggi-perforazione	m				30	73,96 €	2.218,80 €
	20.3.7	Sondaggi-doppio carotiere	m				30	11,77 €	353,10 €
	20.3.13	Sondaggi-cassette catalogatrici	cad				6	32,10 €	192,60 €

E(GEO)a-10	20.3.16	Sondaggi-individuazione sottoservizi	cad				1	54,54 €	54,54 €
	20.5.5	Prova penetrometrica dinamica SPT	cad				6	105,79 €	634,74 €
	20.1.11/1	Prova sism. down-hole-predisposizione foro	m				30	40,37 €	1.211,10 €
	20.1.11/2	Prova sism. down-hole-installazione attrezz.	cad.				1	230,69 €	230,69 €
	20.1.11/3	Prova sism. down-hole-mis. e determ. Vp e Vs	cad.				1	75,70 €	75,70 €
	20.7.1	Prove lab -apertura campione	cad				3	19,01 €	57,03 €
	20.7.3	Prove lab-determ. contenuto nat. d'acqua	cad				3	9,13 €	27,39 €
	20.7.4	Prove lab-determ. peso dell'unità di volume	cad				3	11,63 €	34,89 €
	20.7.5	Prove lab-determ. peso specifico dei grani	cad				3	40,80 €	122,40 €
	20.7.13	Prove lab-analisi granulometrica	cad				3	85,91 €	257,73 €
	20.7.15	Prove lab-determ limiti di consistenza	cad				3	335,92 €	1.007,76 €
	20.7.36	Prove lab-rottura per compr. semplice non confin.	cad				3	40,80 €	122,40 €
	20.7.37/2	Prove lab-prova di taglio diretto	cad				3	118,96 €	356,88 €
	20.8.3/1	Prove lab-prova di carico puntuale	cad				2	34,83 €	69,66 €
20.8.3/2	Prove lab-prova di compressione semplice	cad				2	35,26 €	70,52 €	
G	G(GEO)a-1	20.3.2	Sondaggi-approntamento attrezzatura	a corpo			1	272,75 €	272,75 €
		20.3.3	Sondaggi-perforazione	m			30	73,96 €	2.218,80 €
		20.3.7	Sondaggi-doppio carotiere	m			30	11,77 €	353,10 €
		20.3.13	Sondaggi-cassette catalogatrici	cad			6	32,10 €	192,60 €
		20.3.16	Sondaggi-individuazione sottoservizi	cad			1	54,54 €	54,54 €
		20.1.11/1	Prova sism. down-hole-predisposizione foro	m			30	40,37 €	1.211,10 €
		20.1.11/2	Prova sism. down-hole-installazione attrezz.	cad.			1	230,69 €	230,69 €
		20.1.11/3	Prova sism. down-hole-mis. e determ. Vp e Vs	cad.			1	75,70 €	75,70 €
20.8.3/2	Prove lab-prova di compressione semplice	cad			2	35,26 €	70,52 €		
<b>SOMMANO</b>								<b>143.725,18 €</b>	

**PROGRAMMA INDAGINI GEOTECNICA STRADALE**

Tratta	INDAGINE	Tariffa da Prezziario Regione Siciliana 2018	Identificazione		Dimensioni					IMPORTI	
			Breve Descrizione	Unità di Misura	Part. Ug.	Lung.	Largh.	H ; Peso	Quantità	Unitari	TOTALI
A	A(GTS)a-1-24	20.9.5/1	Prova di carico su piastra diametro 300 mm-trasporto in a/r attrezzatura	cad					24	271,93 €	6.526,32 €
		20.9.5/3	Prova di carico su piastra diametro 300 mm-per ogni prova con due cicli di carico	cad					24	300,55 €	7.213,20 €
	A(GTS)b-1-12	20.9.7/1	Determinazione indice di portanza CBR in situ-trasporto in a/r dell'attrezzatura	cad					12	271,93 €	3.263,16 €
		20.9.7/2	Determinazione indice di portanza CBR in situ-trasporto in a/r dell'attrezzatura	cad					12	158,62 €	1.903,44 €
B	B(GTS)a-1-3	20.9.5/1	Prova di carico su piastra diametro 300 mm-trasporto in a/r attrezzatura	cad					3	271,93 €	815,79 €
		20.9.5/3	Prova di carico su piastra diametro 300 mm-per ogni prova con due cicli di carico	cad					3	300,55 €	901,65 €
	B(GTS)b-1-2	20.9.7/1	Determinazione indice di portanza CBR in situ-trasporto in a/r dell'attrezzatura	cad					3	271,93 €	815,79 €
		20.9.7/2	Determinazione indice di portanza CBR in situ-trasporto in a/r dell'attrezzatura	cad					3	158,62 €	475,86 €
C	C(GTS)a-1-18	20.9.5/1	Prova di carico su piastra diametro 300 mm-trasporto in a/r attrezzatura	cad					18	271,93 €	4.894,74 €
		20.9.5/3	Prova di carico su piastra diametro 300 mm-per ogni prova con due cicli di carico	cad					18	300,55 €	5.409,90 €
	C(GTS)b-1-9	20.9.7/1	Determinazione indice di portanza CBR in situ-trasporto in a/r dell'attrezzatura	cad					9	271,93 €	2.447,37 €
		20.9.7/2	Determinazione indice di portanza CBR in situ-trasporto in a/r dell'attrezzatura	cad					9	158,62 €	1.427,58 €
D	D(GTS)a-1-17	20.9.5/1	Prova di carico su piastra diametro 300 mm-trasporto in a/r attrezzatura	cad					17	271,93 €	4.622,81 €
		20.9.5/3	Prova di carico su piastra diametro 300 mm-per ogni prova con due cicli di carico	cad					17	300,55 €	5.109,35 €
	D(GTS)b-1-9	20.9.7/1	Determinazione indice di portanza CBR in situ-trasporto in a/r dell'attrezzatura	cad					9	271,93 €	2.447,37 €
		20.9.7/2	Determinazione indice di portanza CBR in situ-trasporto in a/r dell'attrezzatura	cad					9	158,62 €	1.427,58 €

E	E(GTS)a-1-39	20.9.5/1	Prova di carico su piastra diametro 300 mm- trasporto in a/r attrezzatura	cad					39	271,93 €	10.605,27 €
		20.9.5/3	Prova di carico su piastra diametro 300 mm-per ogni prova con due cicli di carico	cad					39	300,55 €	11.721,45 €
	E(GTS)b-1-19	20.9.7/1	Determinazione indice di portanza CBR in situ- trasporto in a/r dell'attrezzatura	cad					19	271,93 €	5.166,67 €
		20.9.7/2	Determinazione indice di portanza CBR in situ- trasporto in a/r dell'attrezzatura	cad					19	158,62 €	3.013,78 €
F	F(GTS)a-1-18	20.9.5/1	Prova di carico su piastra diametro 300 mm- trasporto in a/r attrezzatura	cad					18	271,93 €	4.894,74 €
		20.9.5/3	Prova di carico su piastra diametro 300 mm-per ogni prova con due cicli di carico	cad					18	300,55 €	5.409,90 €
	F(GTS)b-1-9	20.9.7/1	Determinazione indice di portanza CBR in situ- trasporto in a/r dell'attrezzatura	cad					9	271,93 €	2.447,37 €
		20.9.7/2	Determinazione indice di portanza CBR in situ- trasporto in a/r dell'attrezzatura	cad					9	158,62 €	1.427,58 €
G	G(GTS)a-1-14	20.9.5/1	Prova di carico su piastra diametro 300 mm- trasporto in a/r attrezzatura	cad					14	271,93 €	3.807,02 €
		20.9.5/3	Prova di carico su piastra diametro 300 mm-per ogni prova con due cicli di carico	cad					14	300,55 €	4.207,70 €
	G(GTS)b-1-7	20.9.7/1	Determinazione indice di portanza CBR in situ- trasporto in a/r dell'attrezzatura	cad					7	271,93 €	1.903,51 €
		20.9.7/2	Determinazione indice di portanza CBR in situ- trasporto in a/r dell'attrezzatura	cad					7	158,62 €	1.110,34 €

**SOMMANO 105.417,24 €**

**PROGRAMMA INDAGINI IDROLOGICHE - IDRAULICHE**

**Interferenze con canali**

Tratta	INDAGINE	Tariffa	Identificazione		Dimensioni					IMPORTI	
			Breve Descrizione	Unità di Misura	Part. Ug.	Lung.	Largh.	H ; Peso	Quantità	Unitari	TOTALI
A	A(IDR)a-1	20.3.17	Videospesione - approntamento	cad.	5	1	1	1	5	528,00 €	2.640,00 €
	A(IDR)a-2.1	20.3.18.1	Videospesione - installazione	cad.	5	1	1	1	5	150,34 €	751,70 €
	A(IDR)a-3	20.3.19	Videospesione - indagine con telecamera	m	5	50	1	1	250	14,41 €	3.602,50 €
C	C(IDR)a-1	20.3.17	Videospesione - approntamento	cad.	2	1	1	1	2	528,00 €	1.056,00 €
	C(IDR)a-2.1	20.3.18.1	Videospesione - installazione	cad.	2	1	1	1	2	150,34 €	300,68 €
	C(IDR)a-3	20.3.19	Videospesione - indagine con telecamera	m	2	50	1	1	100	14,41 €	1.441,00 €
E	E(IDR)a-1	20.3.17	Videospesione - approntamento	cad.	3	1	1	1	3	528,00 €	1.584,00 €
	E(IDR)a-2.1	20.3.18.1	Videospesione - installazione	cad.	3	1	1	1	3	150,34 €	451,02 €
	E(IDR)a-3	20.3.19	Videospesione - indagine con telecamera	m	3	50	1	1	150	14,41 €	2.161,50 €
F	F(IDR)a-1	20.3.17	Videospesione - approntamento	cad.	4	1	1	1	4	528,00 €	2.112,00 €
	F(IDR)a-2.1	20.3.18.1	Videospesione - installazione	cad.	4	1	1	1	4	150,34 €	601,36 €
	F(IDR)a-3	20.3.19	Videospesione - indagine con telecamera	m	4	50	1	1	200	14,41 €	2.882,00 €

**SOMMANO 19.583,76 €**

**PROGRAMMA INDAGINI IDROLOGICHE - IDRAULICHE**

**Interferenze con collettori principali**

Tratta	INDAGINE	Tariffa	Identificazione		Dimensioni					IMPORTI	
			Breve Descrizione	Unità di Misura	Part. Ug.	Lung.	Largh.	H ; Peso	Quantità	Unitari	TOTALI
A	INTERFERENZE PUNTUALI										
	A(IDR)a-1	20.3.17	Videispezione - approntamento	cad.	1	1	1	1	1	528,00 €	528,00 €
	A(IDR)a-2.1	20.3.18.1	Videispezione - installazione	cad.	1	1	1	1	1	150,34 €	150,34 €
	A(IDR)a-3	20.3.19	Videispezione - indagine con telecamera	m	1	30	1	1	30	14,41 €	432,30 €
	INTERFERENZE LONGITUDINALI										
	A(IDR)a-1	20.3.17	Videispezione - approntamento	cad.	3	1	1	1	3	528,00 €	1.584,00 €
A(IDR)a-2.2	20.3.18.2	Videispezione - installazione (oltre 300m)	cad.	3	1	1	1	3	212,24 €	636,72 €	
A(IDR)a-3	20.3.19	Videispezione - indagine con telecamera	m	1	1730	1	1	1730	14,41 €	24.929,30 €	
B	INTERFERENZE LONGITUDINALI										
	B(IDR)a-1	20.3.17	Videispezione - approntamento	cad.	2	1	1	1	2	528,00 €	1.056,00 €
	B(IDR)a-2.2	20.3.18.2	Videispezione - installazione (oltre 300m)	cad.	2	1	1	1	2	212,24 €	424,48 €
B(IDR)a-3	20.3.19	Videispezione - indagine con telecamera	m	1	800	1	1	800	14,41 €	11.528,00 €	
C	INTERFERENZE LONGITUDINALI										
	C(IDR)a-1	20.3.17	Videispezione - approntamento	cad.	1	1	1	1	1	528,00 €	528,00 €
	C(IDR)a-2.2	20.3.18.2	Videispezione - installazione (oltre 300m)	cad.	1	1	1	1	1	212,24 €	212,24 €
C(IDR)a-3	20.3.19	Videispezione - indagine con telecamera	m	1	440	1	1	440	14,41 €	6.340,40 €	
F	INTERFERENZE PUNTUALI										
	F(IDR)a-1	20.3.17	Videispezione - approntamento	cad.	4	1	1	1	4	528,00 €	2.112,00 €
	F(IDR)a-2.1	20.3.18.1	Videispezione - installazione (sino a 300m)	cad.	4	1	1	1	4	150,34 €	601,36 €
	F(IDR)a-3	20.3.19	Videispezione - indagine con telecamera	m	4	30	1	1	120	14,41 €	1.729,20 €
	INTERFERENZE LONGITUDINALI										
	F(IDR)a-1	20.3.17	Videispezione - approntamento	cad.	2	1	1	1	2	528,00 €	1.056,00 €
F(IDR)a-2.2	20.3.18.2	Videispezione - installazione (oltre 300m)	cad.	2	1	1	1	2	212,24 €	424,48 €	
F(IDR)a-3	20.3.19	Videispezione - indagine con telecamera	m	1	770	1	1	770	14,41 €	11.095,70 €	

**SOMMANO**

**65.368,52 €**

**PROGRAMMA INDAGINI TECNOLOGICHE PER IL CENSIMENTO DEI SOTTOSERVIZI**

Tratta	INDAGINE	Tariffa	Identificazione		Dimensioni					IMPORTI	
			Breve Descrizione	Unità di Misura	Part. Ug.	Lung.	Largh.	H ; Peso	Quantità	Unitari	TOTALI
A	A(SSV)a-1	AP(SSV)01	indagine georadar mediante l'utilizzo combinato di antenne multifrequenza e multiarray	m	1	2750	1,5	1	2750	24,30 €	66.825,00 €
	A(SSV)b-1	20.1.5.1	tomografia elettrica 3D (approntamento)	corpo	1	126	10,5	1	6	688,26 €	4.129,56 €
	A(SSV)b-1	20.1.5.5	tomografia elettrica 3D (realizzazione stendimento)	corpo	1	126	10,5	1	6	813,98 €	4.883,88 €
	A(SSV)b-1	20.1.5.9	tomografia elettrica 3D (analisi dati e inversione)	corpo	1	126	10,5	1	6	580,05 €	3.480,30 €
	A(SSV)b-1	20.1.5.10	tomografia elettrica 3D (relazione finale e rendering)	corpo	1	126	63	1	1	1.815,11 €	1.815,11 €
	A(SSV)c-1	AP(SSV)02	localizzazione in campo di sottoservizi mediante palmari e GPS topografico da eseguirsi su tutta la tratta	m	1	12344	3	1	12344	0,45 €	5.554,80 €
	A(SSV)d-1	AP(SSV)03	Videosppezioni in tubazioni	Computeate nel piano delle indagini SOTTOSERVIZI							- €
B	B(SSV)a-1	AP(SSV)01	indagine georadar mediante l'utilizzo combinato di antenne multifrequenza e multiarray	m	1	240	1,5	1	240	24,30 €	5.832,00 €
	B(SSV)c-1	AP(SSV)02	localizzazione in campo di sottoservizi mediante palmari e GPS topografico da eseguirsi su tutta la tratta	m	1	1859	3	1	1859	0,45 €	836,55 €
	B(SSV)d-1	AP(SSV)03	Videosppezioni in tubazioni	Computeate nel piano delle indagini SOTTOSERVIZI							- €
C	C(SSV)a-1	AP(SSV)01	indagine georadar mediante l'utilizzo combinato di antenne multifrequenza e multiarray	m	1	1064	1,5	1	1064	19,20 €	20.428,80 €
	C(SSV)b-2	20.1.5.1	tomografia elettrica 3D (approntamento)	corpo	1	72	6	1	2	688,26 €	1.376,52 €
	C(SSV)b-2	20.1.5.2	tomografia elettrica 3D (realizzazione stendimento)	corpo	1	72	6	1	2	503,32 €	1.006,64 €
	C(SSV)b-2	20.1.5.9	tomografia elettrica 3D (analisi dati e inversione)	corpo	1	72	6	1	2	580,05 €	1.160,10 €
	C(SSV)b-2	20.1.5.10	tomografia elettrica 3D (relazione finale e rendering)	corpo	1	72	12	1	1	1.815,11 €	1.815,11 €
	C(SSV)b-3	20.1.5.1	tomografia elettrica 3D (approntamento)	corpo	1	72	6	1	2	688,26 €	1.376,52 €
	C(SSV)b-3	20.1.5.2	tomografia elettrica 3D (realizzazione stendimento)	corpo	1	72	6	1	2	503,32 €	1.006,64 €
	C(SSV)b-3	20.1.5.9	tomografia elettrica 3D (analisi dati e inversione)	corpo	1	72	6	1	2	580,05 €	1.160,10 €
	C(SSV)b-3	20.1.5.10	tomografia elettrica 3D (relazione finale e rendering)	corpo	1	72	12	1	1	1.815,11 €	1.815,11 €
	C(SSV)c-1	AP(SSV)02	localizzazione in campo di sottoservizi mediante palmari e GPS topografico da eseguirsi su tutta la tratta	m	1	9111	3	1	9111	0,45 €	4.099,95 €
	C(SSV)d-1	AP(SSV)03	Videosppezioni in tubazioni	Computeate nel piano delle indagini SOTTOSERVIZI							- €
D	D(SSV)c-1	AP(SSV)02	localizzazione in campo di sottoservizi mediante palmari e GPS topografico da eseguirsi su tutta la tratta	m	1	8975	3	1	8975	0,45 €	4.038,75 €
	D(SSV)d-1	AP(SSV)03	Videosppezioni in tubazioni	Computeate nel piano delle indagini SOTTOSERVIZI							- €
E	E(SSV)b-2	20.1.5.1	tomografia elettrica 3D (approntamento)	corpo	1	72	6	1	8	688,26 €	5.506,08 €
	E(SSV)b-2	20.1.5.2	tomografia elettrica 3D (realizzazione stendimento)	corpo	1	72	6	1	8	503,32 €	4.026,56 €
	E(SSV)b-2	20.1.5.9	tomografia elettrica 3D (analisi dati e inversione)	corpo	1	72	6	1	8	580,05 €	4.640,40 €
	E(SSV)b-2	20.1.5.10	tomografia elettrica 3D (relazione finale e rendering)	corpo	1	280	12	1	1	1.815,11 €	1.815,11 €
	E(SSV)c-1	AP(SSV)02	localizzazione in campo di sottoservizi mediante palmari e GPS topografico da eseguirsi su tutta la tratta	m	1	19548	3	1	19548	0,45 €	8.796,60 €
	E(SSV)d-1	AP(SSV)03	Videosppezioni in tubazioni	Computeate nel piano delle indagini SOTTOSERVIZI							- €
F	F(SSV)c-1	AP(SSV)02	localizzazione in campo di sottoservizi mediante palmari e GPS topografico da eseguirsi su tutta la tratta	m	1	9196	3	1	9196	0,45 €	4.138,20 €
	F(SSV)d-1	AP(SSV)03	Videosppezioni in tubazioni	Computeate nel piano delle indagini SOTTOSERVIZI							- €
G	G(SSV)c-1	AP(SSV)02	localizzazione in campo di sottoservizi mediante palmari e GPS topografico da eseguirsi su tutta la tratta	m	1	7199	3	1	7199	0,45 €	3.239,55 €
	G(SSV)d-1	AP(SSV)03	Videosppezioni in tubazioni	Computeate nel piano delle indagini SOTTOSERVIZI							- €

**SOMMANO**

**164.803,94 €**