

**S.S. 284 - "Occidentale Etnea"**  
Ammodernamento del tratto Adrano - Catania  
1° lotto Adrano - Paternò

Stralcio 1 ca. 3+200 km dallo svincolo 5 (incluso) al km 14+620 (fine tratta)

**PROGETTO ESECUTIVO**

COD. PA712

PROGETTAZIONE: R.T.I. Pro Iter s.r.l. - VIA Ingegneria s.r.l. - DELTA Ingegneria s.r.l.

PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

*Dott. Ing. RICCARDO FORMICHI*  
Ordine Ingegneri  
Provincia di Milano n. A18045

GEOLOGO:

*Dott. Geol. Marco Leonardi*  
Albo Geologi  
Regione Lazio n. A1541

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

*Dott. Ing. Nicola D'Alessandro*  
Ordine Ingegneri  
Provincia di Agrigento n. A995

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

*Dott. Ing. Maria Coppola*

R.T.I. PROGETTAZIONE:

(Mandataria)



(Mandante)



(Mandante)



PROGETTISTI SPECIALISTI:



*Dott. Ing. Giovanni Piazza*  
Ordine Ingegneri  
Provincia di Roma n. A27296

*Dott. Ing. Nicola D'Alessandro*  
Ordine Ingegneri  
Provincia di Agrigento n. A995

**GEOTECNICA E SISMICA**  
**MONITORAGGIO GEOTECNICO STRUTTURALE**  
Relazione di monitoraggio

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T00GE00MOGRE01A		
DPPA00712	E	24	CODICE ELAB. T00GE00MOGRE01	A	-
D					
C					
B					
A	Emissione		Giugno 2024	Maspero	Donelli Formichi
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>RIFERIMENTI TECNICI E NORMATIVI .....</b>	<b>1</b>
2.1	NORMATIVE, RACCOMANDAZIONI E LINEE GUIDA .....	1
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO DEL PROGETTO .....</b>	<b>1</b>
<b>4</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO LOCALE .....</b>	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO.....</b>	<b>3</b>
5.1	SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO .....	3
5.2	FREQUENZA DEI RILEVAMENTI .....	3
<b>6</b>	<b>STRUMENTAZIONE MONITORAGGIO.....</b>	<b>4</b>
<b>7</b>	<b>SEZIONI TIPO MONITORAGGIO.....</b>	<b>8</b>
7.1	VIADOTTI E PONTI .....	8
7.2	CAVALCAVIA.....	11
7.3	PARATIE E MURI.....	14

## 1 PREMESSA

In ottemperanza a quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018 (NTC-18), la progettazione e la realizzazione delle opere deve avvalersi di adeguati piani di controllo e sistemi di monitoraggio in corso d'opera a supporto della fase di costruzione delle opere di progetto.

Il monitoraggio ha lo scopo di verificare la corrispondenza tra le ipotesi progettuali e i comportamenti osservati in corso d'opera e di monitorare, appunto, la funzionalità nel tempo non solo dei manufatti ma dell'intero sistema opera-terreno. A tal fine, è stata predisposta lungo tutta l'opera di progetto una rete strumentale volta alla misurazione di grandezze fisiche significative per la comprensione del comportamento dei terreni all'intorno dell'opera in costruzione e dell'opera stessa.

Nella presente relazione verrà quindi proposto un piano di monitoraggio per le opere del Progetto Esecutivo del tratto della S.S.284 – "Occidentale Etna" Ammodernamento 1° Lotto Tratto Adrano – Paternò – Stralcio 1, in particolare nel tratto compreso tra lo svincolo di Scalilli e Paternò.

## 2 RIFERIMENTI TECNICI E NORMATIVI

### 2.1 NORMATIVE, RACCOMANDAZIONI E LINEE GUIDA

- DM 17/01/2018. Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni
- Circolare 21/01/2019 n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'"Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al DM 17/01/2018
- ANAS, IT.PRL.05.10 – Capitolato Speciale di Appalto - RILIEVI, INDAGINI E MONITORAGGIO
- Linee Guida ANAS sul Monitoraggio Geotecnico-Strutturale e Geomorfologico

## 3 INQUADRAMENTO DEL PROGETTO

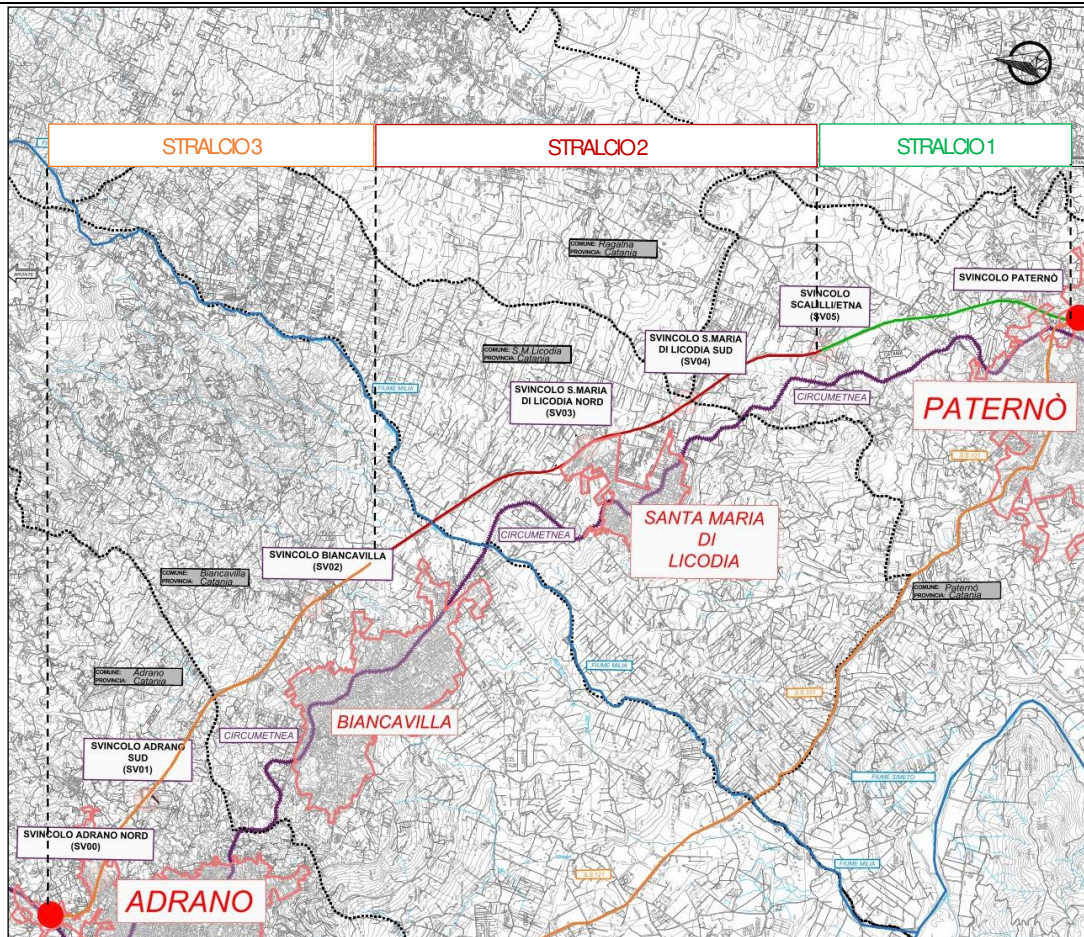
La S.S.284 riveste un ruolo fondamentale nella maglia infrastrutturale regionale e provinciale, ricoprendo funzione di raccordo di importanti realtà territoriali, quali i centri abitati di Adrano, Biancavilla, S. Maria di Licodia, Paternò. Attualmente:

- la strada è assimilabile ad una tipo IV CNR '80, una corsia per senso di marcia e banchine di dimensioni variabili per una larghezza compresa tra i 7m e i 9m;
- l'asse presenta numerose zone di criticità per la sicurezza stradale ed elevate percentuali di incidenti stradali a causa delle caratteristiche plano-altimetriche dell'attuale tracciato, con lunghi rettilinei, intersezioni a raso e la presenza di una consistente percentuale di veicoli pesanti.

Ai fini della risoluzione di tali criticità, nel 2012 ANAS S.p.A. ha predisposto un PFTE approfondendo la soluzione prescelta a livello di Progetto Definitivo nell'anno 2020. Nello specifico, l'intervento oggetto delle precedenti fasi progettuali ha origine in corrispondenza della prog. km 30+000 sulla S.S. n. 284 attuale ed è ubicato in continuità con l'intervento "S.S. 284 Occidentale Etna - Progetto di ammodernamento e sistemazione del tratto compreso tra il Km 26+000 e il Km 30+000" attualmente in fase di realizzazione. Lo sviluppo complessivo dell'intervento è di circa 14 km e termina in corrispondenza di Paternò ove si innesta sulla S.S. 121 Catanese.

In considerazione dell'attuale finanziamento disponibile dell'intervento in oggetto, il proponente dell'iniziativa ha suddiviso l'intero intervento oggetto di progettazione definitiva in 3 stralci funzionali da appaltare separatamente come riportato di seguito:

- Stralcio 1 ca. 3,2 km dallo svincolo 5 (incluso) al km 14+620 (fine tratta);
- Stralcio 2 ca. 5,4 km dallo svincolo 3 (incluso) allo svincolo 5 (escluso);
- Stralcio 3 ca. 6,4 km dal km -0+377 (inizio tratto C1) allo svincolo 3 (escluso).



**Figura 3-1** - Corografia generale dell'intervento con suddivisione in lotti.

Il presente progetto nasce, quindi, come affinamento a livello di progettazione esecutiva del Progetto Definitivo del 2020, più precisamente per la tratta dallo svincolo di Scalilli a Paternò (indicata come Stralcio 1), andando a sanare le non conformità residue prescritte nel corso dell'iter approvativo del Progetto Definitivo.

L'intervento, dallo sviluppo di 3,5 km, consiste nell'adeguamento della sezione stradale ad una sezione tipo B (due corsie per senso di marcia) con conseguente adeguamento delle intersezioni esistenti.

Lo Stralcio 1 si sviluppa dallo svincolo 5 (incluso) e si estende fino all'innesto con la S.S.122, infrastruttura già organizzata a doppia carreggiata. Per lo Svincolo 5 di Scalilli, il presente progetto prevede una soluzione transitoria in attesa che l'interconnessione possa essere completata con i lavori di realizzazione del Lotto 2.

L'intervento comprende nel suo complesso:

- n.6 Viadotti
- n.1 Ponti
- n.1 Cavalcavia
- n.2 Svincoli: Scalilli e Paternò.

## **4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO LOCALE**

Si rimanda agli specifici elaborati per ogni esaustiva descrizione sui caratteri geologici, geomorfologici e idrogeologici dell'area riguardante le opere oggetto di studio.

## **5 OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO**

E' stato predisposto un sistema di misure e controlli in corso d'opera mediante idonea strumentazione di tipo geotecnico il cui scopo è quello di verificare che il comportamento dell'opera sia quello previsto dalle analisi progettuali. Per raggiungere tali obiettivi il piano di monitoraggio prevede le seguenti attività/strumentazioni:

- strumentazione di controllo del comportamento tensionale e deformativo delle strutture;
- clinometro biassiale da parete;
- controlli topografici di mire ottiche;
- tubo inclinometrico nei pali delle paratie;
- accelerometri monoassiali e triassiali;
- misuratori di giunto;
- celle di carico toroidali su tiranti paratie;
- misura delle pressioni e delle portate delle acque.

Le modalità e la frequenza delle stazioni strumentate variano a seconda dell'opera da monitorare e sono dettagliate nei relativi elaborati grafici di progetto. Ogni stazione di monitoraggio che includa strumenti di tipo elettronico ad acquisizione automatica delle letture dovrà essere corredata di datalogger con numero di canali opportuno a cui dovranno essere cablati gli strumenti elettronici della sezione strumentata. Nei paragrafi che seguono vengono indicate le caratteristiche e le modalità esecutive del programma di monitoraggio predisposto.

### **5.1 SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO**

Il monitoraggio geotecnico in corso d'opera consente la verifica delle ipotesi progettuali di base e il controllo continuo dell'evoluzione temporale delle condizioni delle opere e dell'interazione opera-terreno.

Il monitoraggio in corso d'opera è finalizzato a valutare l'andamento dei parametri significativi, in relazione alle fasi costruttive, ai materiali scelti e alle geometrie in gioco.

La strumentazione posta in opera dovrà avere alcuni requisiti funzionali che andranno verificati, certificati e documentati anche quando l'evoluzione tecnologica metterà a disposizione materiali più sofisticati e dispositivi più perfezionati:

- campo di misura o fondo scala ("range");
- massimo campo di misura sopportato dello strumento ("over range");
- ripetitività delle misure;
- precisione;
- sensibilità;
- durabilità e/o affidabilità.

La strumentazione geotecnica prevista per il monitoraggio in corso d'opera è tale da consentire l'acquisizione dei parametri significativi sia per la verifica delle corrispondenze tra comportamento reale e comportamento ipotizzato, sia per l'eventuale attivazione di procedure di gestione del progetto (fasi esecutive, modalità di avanzamento) mirate ad evitare il manifestarsi di situazioni di pericolo.

### **5.2 FREQUENZA DEI RILEVAMENTI**

E' prevista 1 lettura alla settimana in corso d'opera per tutti gli strumenti installati. Al termine del periodo di monitoraggio previsto, laddove si evidenziassero dati provenienti dal monitoraggio anomali o, tali da evidenziare quadri deformativi non pienamente stabilizzati, la Direzione Lavori, tempestivamente avvertita, potrà ordinare la prosecuzione del monitoraggio e/o l'incremento della frequenza di lettura.

## 6 STRUMENTAZIONE MONITORAGGIO

È prevista l'installazione delle seguenti strumentazioni.

**Barrette estensimetriche** utilizzate per misurare le deformazioni, e quindi definire gli stati tensionali all'interno di strutture definitive e provvisorie. La barretta estensimetrica è costituita da un elemento centrale in cui è collocato il sensore e al quale sono vincolati due braccetti disposti a 180° tra loro. Le parti terminali dei braccetti sono libere di muoversi lungo il loro asse (entro un certo range) e vengono vincolate alla struttura da monitorare in modo tale da seguirne le deformazioni (trazione o compressione). L'allungamento, o il raccorciamento, della barretta estensimetrica produce una variazione del segnale emesso dal sensore. Tale segnale verrà letto mediante una centralina portatile e, in seguito ad un'opportuna elaborazione, verrà trasformato in un valore di deformazione. La barretta estensimetrica può lavorare indifferentemente sia a trazione che a compressione, inoltre la parte sensibilizzata è resinata al fine di preservare la funzionalità dello strumento nel caso di urti o immersione. Le barrette estensimetriche possono essere installate sia a saldare (ad esempio sulle centine o sulle armature di pali e diaframmi) che annegate in calcestruzzo.

**Sensori di temperatura** utilizzati per misurare la variazione di temperatura delle strutture in contesti in cui siano previste forti escursioni termiche. I termometri sono utilizzati per misurare la temperatura all'interno delle strutture. Sono installati o mediante realizzazione di un foro nella struttura e successivo riempimento con resina bicomponente (o similare), o direttamente annegati nel calcestruzzo. L'applicazione dei sensori di temperatura è necessaria in contesti in cui siano previste forti escursioni termiche o in associazione ad altri strumenti non dotati di sensore di temperatura. Tramite le misure di temperatura è così possibile compensare eventuali errori legati alla temperatura di altri strumenti di monitoraggio. I sensori di temperatura sono realizzati principalmente con tecnologia a termistori o a termoresistenza (ma ne esistono anche con tecnologia a corda vibrante). Il sensore vero e proprio è contenuto all'interno di un corpo cilindrico in acciaio inox e collegato ad un cavo di segnale. La tecnologia a termistori è basata sull'utilizzo di resistori sensibili alla temperatura (rame o platino) in grado di mutare la propria resistenza elettrica in funzione della temperatura. La tecnologia a termoresistenza è basata, invece, sul principio della variazione della temperatura entro 2 metalli diversi. Il modello più diffuso è il PT100 che utilizza un filo di platino. Il segnale emesso viene trasmesso mediante un cavo di segnale e letto mediante una centralina portatile o un Datalogger.

Gli **accelerometri triassiali** forniscono misure simultanee in tre direzioni ortogonali, per analizzare tutte le vibrazioni subite da una struttura. Ogni unità incorpora tre elementi di rilevamento separati, orientati ad angolo retto l'uno rispetto all'altro.

L'**accelerometro monoassiale** è costruito con una massa nota, sospesa per mezzo di una molla in un alloggiamento. Alla massa è consentito muoversi solamente nella direzione della molla, quindi, in questa direzione, si può quantificare l'accelerazione della massa rispetto all'accelerazione gravitazionale.

L'**accelerometro monoassiale** è costruito con una massa nota, sospesa per mezzo di una molla in un alloggiamento. Alla massa è consentito muoversi solamente nella direzione della molla, quindi, in questa direzione, si può quantificare l'accelerazione della massa rispetto all'accelerazione gravitazionale.

**Fessurimetri e misuratori di giunto** utilizzati per misurare il movimento relativo tra due lembi di una fessura o tra due elementi strutturali posti ad una certa distanza tra loro. Tali strumenti trovano generalmente il loro impiego nella misura di movimenti che avvengono prevalentemente lungo una direzione. I fessurimetri manuali vengono installati a cavallo di lesioni o giunti di strutture in calcestruzzo o in muratura (o di pareti rocciose) e sono utilizzati per misurare l'entità degli spostamenti prodotti dall'insorgere di problematiche quali cedimenti o stati deformativi. I fessurimetri a piastra sono formati da due piccole lastre di resina acrilica sovrapposte. Le due piastre sono mobili tra loro ma vincolate ognuna sulla rispettiva porzione della struttura a ridosso della lesione da monitorare. Sulla piastra superiore è inciso un crocefile mentre su quella inferiore è inciso un reticolo millimetrato. L'eventuale spostamento dei due lembi della fessura si riflette nel movimento relativo tra le due piastre. È così possibile leggere l'entità di questo spostamento direttamente sul reticolo millimetrato del fessurimetro. I fessurimetri a piastra manuali possono essere sia di tipo piano che angolare (per misure di porzioni perpendicolari tra loro come, ad esempio, gli angoli).

**Clinometri da parete** utilizzati per la misura di inclinazione di opere civili e pareti rocciose. Tali strumenti permettono di registrare le variazioni angolari delle strutture fornendo utili indicazioni riguardanti i movimenti rotazionali delle stesse. La misura può essere sia di tipo puntuale (mediante l'utilizzo dei clinometri o delle piastre clinometriche) che relativa ad una porzione della struttura (utilizzando dei clinometri a barra). Il

clinometro fisso da parete permette di valutare i movimenti della struttura a cui è vincolato mediante misure di variazione angolare. Lo strumento è di tipo biassiale consentendo così di individuare non solo l'entità ma anche la direzione degli eventuali spostamenti. Lo strumento utilizza un sensore biassiale di tipo servoaccelerometrico o MEMS. Tali tecnologie consentono di registrare anche minime variazioni di inclinazione delle strutture su cui viene posto in opera. Il segnale viene trasmesso tramite un cavo alla centralina di misura, e i dati vengono elaborati mediante fogli di calcolo e trasformati in valori angolari. Il clinometro fisso da parete è montato su una apposita piastra che viene fissata al punto della struttura da monitorare. Tale punto di installazione è generalmente verticale; è tuttavia possibile installare i clinometri anche orizzontalmente, assicurandosi però che il prodotto sia compatibile a tale posizionamento. Più strumenti, installati sulla stessa struttura, possono misurare tutte le eventuali inclinazioni, in termini di entità e direzione, che l'opera potrebbe subire. In aggiunta al sensore deputato alla misura angolare, i clinometri da parete possono essere dotati di sensore di temperatura. La misura della temperatura permette di valutare eventuali derive termiche dello strumento.

**Gli inclinometri fissi** sono strumenti concepiti per la misura delle deformazioni del terreno e delle strutture e che trovano applicazione nella misura degli spostamenti principalmente orizzontali. Lo strumento si presenta come una catena di nodi (a distanza variabile a seconda delle esigenze) costituita da una serie di elementi collegati tra loro e inseriti all'interno del tubo inclinometrico precedentemente predisposto. La posizione dei diversi nodi è di solito equidistante, tuttavia è possibile installare i diversi nodi anche ad interdistanze diverse, affinché si trovino concentrati nelle zone di maggiore interesse. Aumentare, tuttavia, l'interdistanza tra le sonde va a discapito della precisione della misura dello spostamento totale, per cui è comunque da preferirsi una posa in opera che preveda i singoli nodi il più vicini possibile tra loro. Ogni elemento contiene un sensore di tipo servoaccelerometrico, o MEMS, o similare, che è preposto alla misura della deformazione in quello specifico punto. Alcuni prodotti possono essere forniti, oltre che del sensore per la misura degli spostamenti, anche di altri sensori, quali: un sensore di temperatura, una bussola magnetica o un sensore piezometrico. Non sempre gli inclinometri fissi necessitano di installazione all'interno di tubi inclinometrici classici. Laddove però questo fosse necessario sarà obbligatorio effettuare una serie di misure (almeno due) mediante sonda inclinometrica removibile. Tali misure manuali saranno riprese in caso di malfunzionamento della catena inclinometrica fissa (sempre che ne sia possibile l'estrazione dal tubo). In caso di monitoraggio di un'opera o di un qualsiasi altro tipo di intervento (es. sbancamento), l'installazione dell'inclinometro, e la conseguente lettura di zero, dovrà essere eseguita in ante operam, al fine di "fotografare" la situazione in possibile assenza di spinte orizzontali. In alcuni casi le catene inclinometriche fisse possono essere installate lungo il profilo di pareti rocciose, per monitorarne la deformazione, o all'interno delle gallerie, trasversalmente all'asse della galleria, per effettuare misure di convergenza. Le specifiche strumentali sono fortemente legate alla tipologia del dispositivo e, più che per altri strumenti, all'azienda che li produce. In alcuni casi si tratta di sonde inclinometriche, simili a quelle removibili, collegate l'una all'altra ed inserite nel tubo inclinometrico nella direzione della guida principale.

I piezometri sono strumenti che consentono la misura delle pressioni neutre in sito e, congiuntamente, il rilievo della quota piezometrica delle falde acquifere. Mediante le misure piezometriche è quindi possibile individuare e definire gli acquiferi presenti nei terreni attraversati e, mediante successive misure, tenere sotto controllo le oscillazioni della falda. L'impiego dei **piezometri elettrici** è adatto a terreni con permeabilità bassa ( $k < 10^{-8}$  m/sec). Il tempo di risposta delle variazioni piezometriche rilevabili con piezometri elettrici, in questi tipi di terreni, è relativamente breve. I piezometri elettrici sono generalmente costituiti da un corpo cilindrico in acciaio inossidabile contenente il sensore di misura, e da un filtro, realizzato in acciaio sinterizzato o ceramica o plastica. Al corpo cilindrico è poi connesso uno specifico cavo elettrico necessario per effettuare le misure mediante apposita centralina. I piezometri elettrici possono avere un sensore di tipo piezo-resistivo o a corda vibrante. A seconda del tipo di sensore con cui il piezometro elettrico è costituito, si avranno diversi parametri di fondo scala, accuratezza e durabilità dello strumento. In entrambi i casi, comunque, il principio che ne regola il funzionamento è legato essenzialmente al seguente principio: il diaframma contenuto nel corpo cilindrico, vicino al filtro, si inflette per effetto della pressione dell'acqua, e lo spostamento del diaframma è proporzionale alla pressione applicata dall'acqua. Quello che cambia è il sistema di misura della pressione. Prima dell'installazione vera e propria, lo strumento viene inserito, dopo aver disareato e saturato il filtro, in un apposito sacchetto in TNT riempito di sabbia e tenuto immerso in un contenitore di acqua pulita fino al momento dell'installazione. Lo strumento viene poi calato all'interno del foro di sondaggio e la sua posizione dipenderà dalla profondità alla quale è localizzata la falda. Il piezometro elettrico, per non essere soggetto a malfunzionamenti, nella fase di esercizio dovrà sempre essere immerso in acqua. Per tale motivo ci si dovrà assicurare che ci sia un adeguato battente d'acqua al di sopra dello strumento, una volta installato (al fine di mettere al riparo lo strumento da possibili oscillazioni della falda). La misura del livello dell'acqua viene eseguita attraverso apposite centraline di misura. L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella

posizione di progetto. Eventuali variazioni, dovute alla singolarità di alcuni casi, dovranno comunque essere concordate con ANAS. L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite. L'Affidatario dovrà informare il DEC o DL riguardo al modello che intende utilizzare, specificandone le caratteristiche tecniche. Le modalità di installazione saranno conformi a quanto indicato dal costruttore per il modello prescelto e comunicata alla DL.

Le celle di carico e le celle di pressione sono utilizzate per misurare il carico esercitato sugli elementi di una struttura. Il loro utilizzo è utile per definire le pressioni esercitate in ambito di opere sia provvisorie che definitive. La **cella di carico** per tiranti presenta una forma **toroidale** ed è progettata per il controllo della fase di tesatura di tiranti e del loro rilascio tensionale in fase di esercizio. Le celle di carico per tiranti possono essere sia di tipo elettrico che di tipo idraulico. Nel primo caso sono costituite da un corpo in acciaio di forma toroidale sensibilizzato con estensimetri di tipo resistivo, secondo una particolare configurazione (griglia estensimetrica), tale da consentire la misura delle deformazioni a cui la cella è sottoposta. La griglia è configurata in modo da poter conservare la piena funzionalità dello strumento in caso di urti o d'immersione. La cella viene installata tra due piastre di distribuzione del carico a bassa deformabilità ed il segnale elettrico, trasmesso dai sensori, viene misurato mediante una centralina portatile o un Datalogger fisso. Mediante appositi software o fogli di calcolo la misura registrata viene poi trasformata in un valore di carico agente. Le celle di tipo idraulico presentano, invece, al loro interno una camera saturata sottovuoto con olio disareato. La pressione esercitata sulla camera viene trasferita direttamente su un manometro installato in corrispondenza della cella stessa (in tal caso le letture si fanno leggendo direttamente il valore riportato sul manometro). In alternativa la camera interna può essere collegata ad un trasduttore di pressione elettrico che trasforma ogni variazione di pressione in una variazione di segnale elettrico (in tal caso la lettura verrà effettuata con un'apposita centralina di misura). Le celle di carico si differenziano in base alla loro dimensione ed al carico a cui possono essere sottoposte.

L'installazione dei **target riflettenti** permette di controllare gli spostamenti nelle tre direzioni dei punti di applicazione. Tipicamente vengono installati su strutture esistenti o in fase di realizzazione (in particolare in gallerie). In ambito di monitoraggio delle gallerie, l'uso dei target è adatto sia per effettuare misure di convergenza del cavo che per misure di estrusione del fronte durante le operazioni di scavo. Il target è costituito da una piastra catarifrangente sulla quale è stampato un reticolo con crocefile e può essere o di tipo adesivo o montato su un apposito supporto orientabile che sarà ancorato alla struttura da monitorare.

Nell'ambito del monitoraggio geotecnico e geomorfologico è necessario prevedere non solo la strumentazione di monitoraggio in senso stretto, ma anche tutta una serie di strumenti e componenti che sono fondamentali per la realizzazione ed il mantenimento della stessa rete di monitoraggio. Tale strumentazione di supporto è costituita da tutta una serie di sensori (come, ad esempio, le Stazioni Meteorologiche), o di apparati di alimentazione (come i pannelli fotovoltaici), ma anche di semplici componenti di ricambio (cavi multipolari, tubi idraulici, ecc.).

La stazione meteorologica è di primaria importanza, soprattutto nell'ambito dei monitoraggi di fenomeni franosi, al fine di correlare le eventuali evoluzioni dei movimenti con gli eventi meteorologici. È ad esempio importante capire se e come un'intensa precipitazione possa influire sulla riattivazione di un fenomeno franoso. In generale le stazioni di misura devono essere collocate in luoghi aperti, su terreno pianeggiante, lontano da edifici, alberature od ostacoli in grado di interferire con le misurazioni e in siti rappresentativi del territorio circostante (evitando, per quanto possibile, installazioni su tetti, terrazzi di edifici e scarpate). Il vento, in particolare, è in grado di alterare anche pesantemente le misure pluviometriche, soprattutto nel caso di precipitazioni nevose. Per tale motivo, nelle installazioni andrebbero evitate posizioni particolarmente esposte al vento. Inoltre, in dipendenza dalla quota s.l.m. dell'area di lavoro, la strumentazione deve essere dotata di adeguato sistema per il controllo della precipitazione nevosa. Al fine di garantire la stabilità della Stazione Meteo, per tutta la durata della campagna di monitoraggio, la stessa dovrà essere posizionata su una solida base di appoggio. Qualora non fosse disponibile in sito una base di appoggio che garantisca la stabilità del sistema, dovrà essere realizzato un basamento fisso di dimensioni adeguate. I dati registrati dalle stazioni meteo vengono acquisiti mediante Datalogger fissi e trasmessi ad un apposito server.

L'utilizzo di **pannelli solari** si rende necessario per alimentare i dispositivi di monitoraggio laddove non sia presente un accesso diretto ad altre forme di alimentazione o dove cablare dei cavi di alimentazione diventi problematico.



Nell'ambito del monitoraggio geotecnico, le misure dei vari strumenti possono essere effettuate in due modalità:

- Misure manuali;
- Misure automatiche.

Le misure manuali si effettuano direttamente sul posto utilizzando lo strumento di acquisizione più idoneo (centraline portatili, sonde, comparatori, freatimetri, ecc.). Le misure automatiche si effettuano, invece, mediante apposite Unità di Acquisizione Dati (UAD) o Dataloggers. Tali unità vengono solitamente installate in un punto sicuro e al riparo da eventuali interferenze e sono deputate all'acquisizione dei dati dei vari strumenti di monitoraggio mediante collegamenti diretti con cavi multipolari o mediante trasmissione wireless.

I **Dataloggers** sono delle Unità Acquisizione Dati deputate, in un sistema di centralizzazione della rete di monitoraggio, al ricevimento e alla trasmissione dei dati verso un Server dedicato. Il collegamento con i vari strumenti di monitoraggio avviene mediante cavi multipolari aventi specifiche caratteristiche qualitative. I Datalogger sono composti da una struttura ad armadietto o a scatola, montata su un adeguato telaio di supporto ed alimentata direttamente alla rete elettrica o tramite pannelli solari dedicati. All'interno dell'armadietto è presente una serie di componenti quali: schede di acquisizione dati/centralizzazione, cavi di collegamento e di alimentazione, connettori, antenna, modulo e sistema trasmissione dati GSM/GPRS, ecc. I Dataloggers possono contenere una o più schede di acquisizione dette multiplexer (o MUX). Ogni MUX è composto da un numero variabile di canali (generalmente sino ad un massimo di 32 canali). Il numero di canali che saranno occupati è dipendente dal numero e dal tipo di strumenti collegati. Alcuni strumenti trasmettono il segnale tramite 2 coppie di cavi (cavo multipolare a 2 coppie), altri tramite 3 coppie, ecc. Quindi, a seconda dei casi, ogni strumento potrà occupare uno, due o più canali del MUX. Per aumentare la capacità del Datalogger di acquisire un numero più elevato di strumenti basterà aumentare al suo interno il numero di Schede Multiplexer (generalmente massimo 6). I Datalogger verranno pertanto suddivisi in base alla loro "capacità" di leggere un determinato numero di strumenti. Tale "capacità" è espressa dal numero totale di canali presenti sul singolo Datalogger.

## 7 SEZIONI TIPO MONITORAGGIO

Di seguito vengono riportate le sezioni tipo con la disposizione e le quantità degli strumenti previsti per viadotti e ponti, cavalcavia e paratie.

### 7.1 VIADOTTI E PONTI

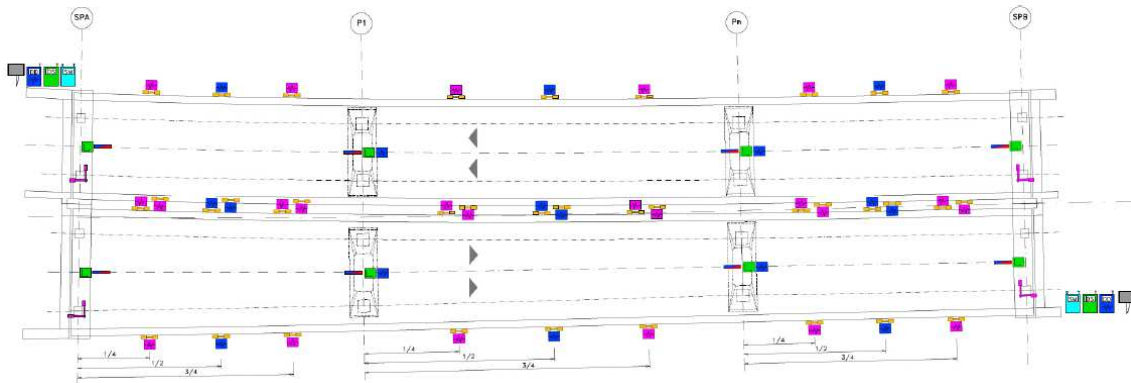


Figura 7-1 - Schema soletta impalcato posizionamento strumentazione viadotti

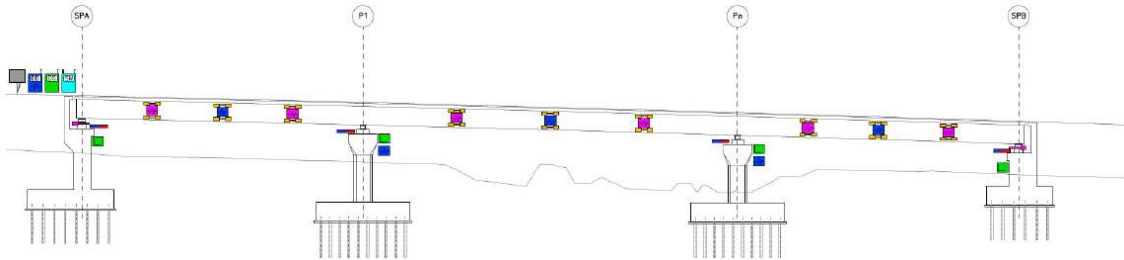


Figura 7-2 – Schema profilo impalcato posizionamento strumentazione viadotti

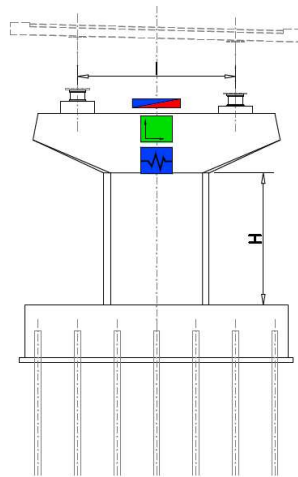
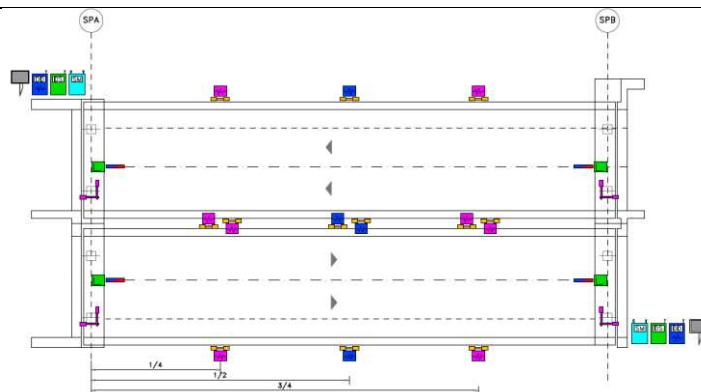
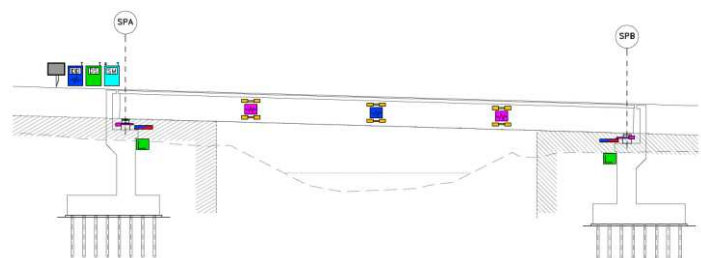


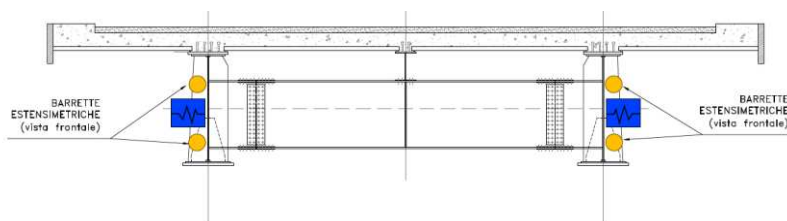
Figura 7-3 – Schema posizionamento strumentazioni pila viadotti



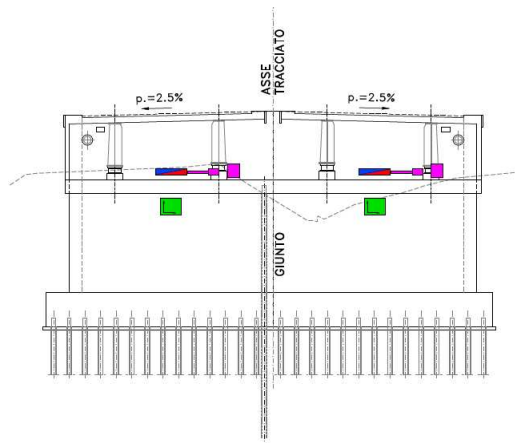
**Figura 7-4** - Schema soletta impalcato posizionamento strumentazione ponti



**Figura 7-5** - Schema profilo impalcato posizionamento strumentazione ponti



**Figura 7-6** - Sezioni tipo impalcato posizionamento strumentazioni ponti e viadotti



**Figura 7-7** - Schema posizionamento strumentazioni spalla ponti e viadotti



**Figura 7-8 - Legenda strumentazioni ponti e viadotti**

Di seguito il riepilogo delle quantità previste per ogni ponte e viadotto.

NOME VIADOTTO/PONTE	VI.13		VI.14		VI.15		VI.16		VI.17			VI.18		VI.19			
	SX	DX	SX	DX	SX	DX	SX	DX	SX	DX	RAMPA	SX	DX	SX	DX	RAMPA	
IMPALCATO																	
N° CAMPATE	3	3	1	1	1	1	1	1	6	7	6	1	1	6	6	2	
N° PILE	2	2	0	0	0	0	0	0	5	6	5	0	0	5	5	1	
L <sub>tot</sub> (m)	100	100	20	20	30	30	20	20	220	260	220	30	30	290	290	90	

NOME VIADOTTO/PONTE	VI.13		VI.14		VI.15		VI.16		VI.17			VI.18		VI.19		
	SX	DX	SX	DX	SX	DX	SX	DX	SX	DX	RAMPA	SX	DX	SX	DX	RAMPA
IMPALCATO																
BARRETTA ESTENSIMETRICA	36	36	12	12	12	12	12	12	72	84	72	12	12	72	72	24
SENSORE DI TEMPERATURA	4	4	2	2	2	2	2	2	7	8	7	2	2	7	7	2
ACCELEROMETRO TRIASSIALE	8	8	2	2	2	2	2	2	17	20	17	2	2	17	17	5
ACCELEROMETRO MONOASSIALE	12	12	4	4	4	4	4	4	24	28	24	4	4	24	24	8
CLINOMETRO DA PARETE BIASIALE	4	4	2	2	2	2	2	2	7	8	7	2	2	7	7	2
MISURATORE DI GIUNTO	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
STAZIONE METEO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
PANNELLO SOLARE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
DATALOGGER STATICO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
DATALOGGER DINAMICO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

**Tabella 7-1 - Riepilogo quantità strumentazioni per ponte e viadotto**

## 7.2 CAVALCAVIA

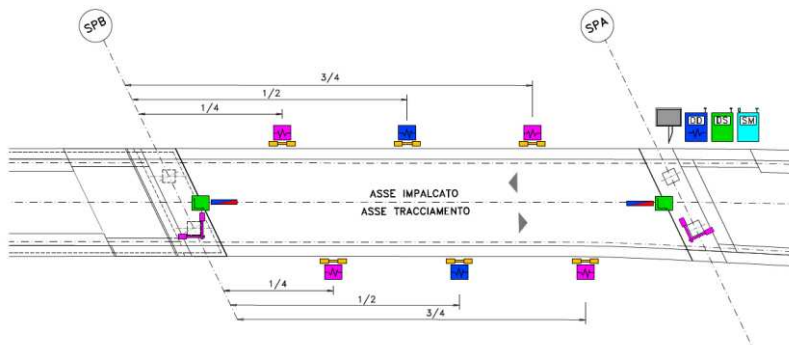


Figura 7-9 - Schema soletta impalcato posizionamento strumentazione cavalcavia

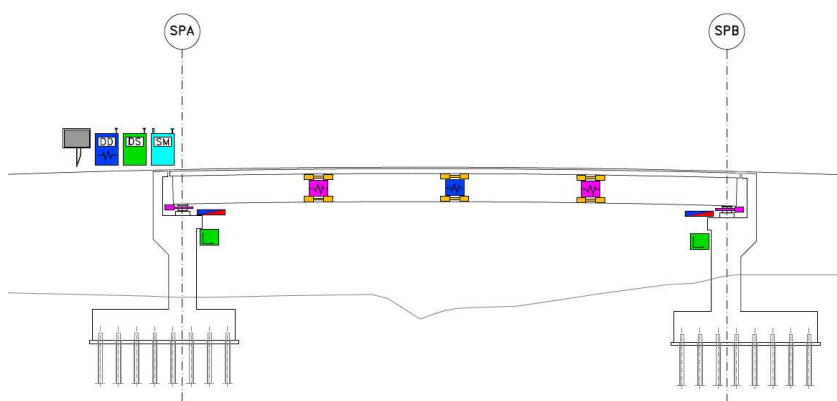


Figura 7-10 - Schema profilo impalcato posizionamento strumentazione cavalcavia

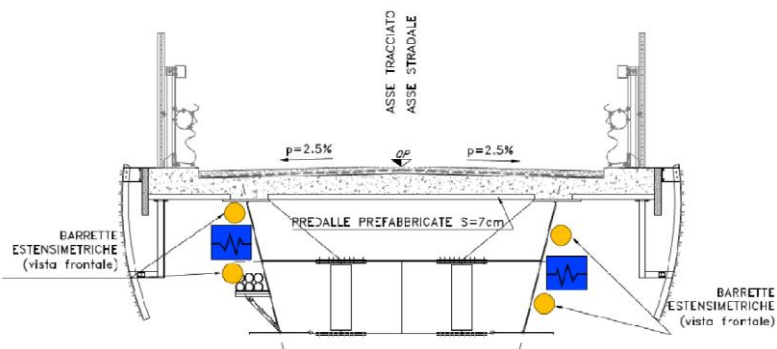


Figura 7-11 – Sezioni tipo impalcato posizionamento strumentazioni cavalcavia

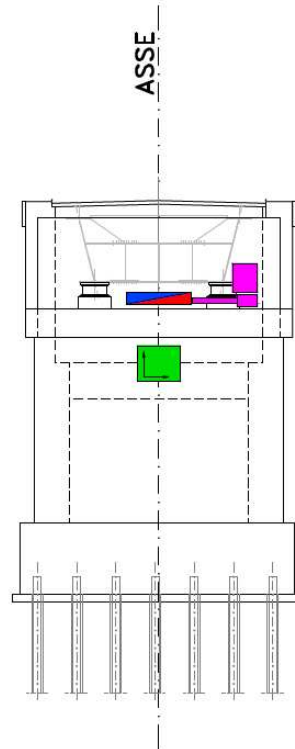


Figura 7-12 - Schema posizionamento strumentazioni spalla cavalcavia



Figura 7-13 – Legenda strumentazione cavalcavia

NOME CAVALCAVIA	CV.04
IMPALCATO	UNICO
N° CAMPATE	1
N°PILE	0
L <sub>tot</sub> (m)	35

NOME CAVALCAVIA	CV.04
IMPALCATO	UNICO
BARRETTA ESTENISMETRICA	12
SENSORE DI TEMPERATURA	2
ACCELEROMETRO TRIASSIALE	2
ACCELEROMETRO MONOASSIALE	4
CLINOMETRO DA PARETE BIASSIALE	2
MIURATORE DI GIUNTO	4
STAZIONE METEO	1
PANNELLO SOLARE	1
DATALOGGER STATICO	1
DATALOGGER DINAMICO	1
BARRETTA ESTENISMETRICA	1

**Tabella 7-2 - Riepilogo quantità strumentazioni per cavalcavia**

### 7.3 PARATIE E MURI

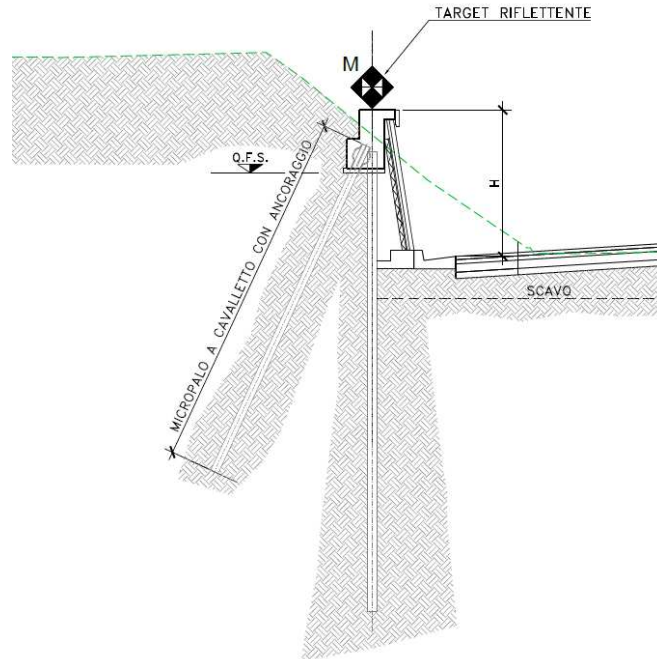


Figura 7-14 – Sezione tipo paratia

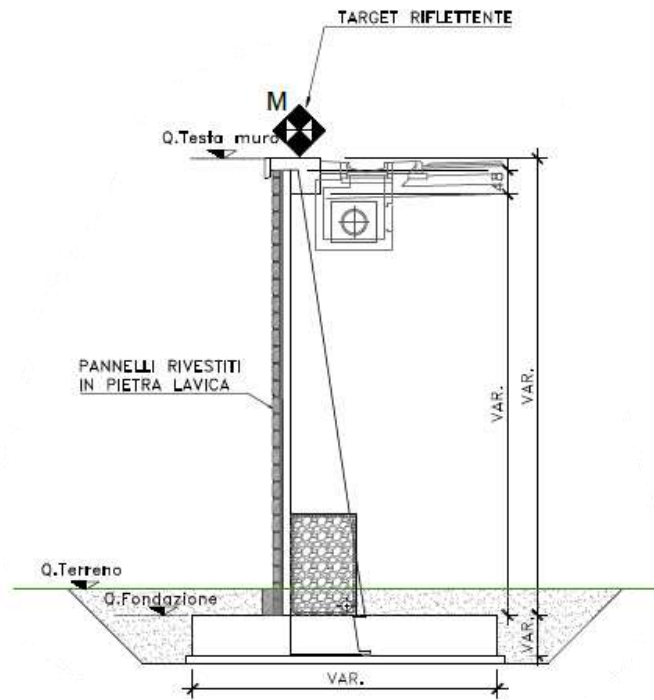


Figura 7-15 - Sezione tipo muro



Figura 7-16 - Legenda strumentazione paratie e muri



PARATIE PROVVISORIALI		PA_ST13-E138-AS_DX	PA_ST13-E138-AS_SX									
CODIFICA		41,40	41,40									
SVILUPPO CORDOLO (m)		3	3									
TARGET RIFLETTENTE												
PARATIE DEFINITIVE												
CODIFICA	PA_SV05NE_DX	PA_SV06NE_DX	PA_AP_E145_SX									
SVILUPPO CORDOLO (m)	115,00	86,20	57,40									
TARGET RIFLETTENTE	6	5	3									
MURI												
CODIFICA	MST_SV05SN_SX	MST_AP_E114_DX	MST_AP_E114_SX	MSS_SV05SE_DX	MSS_SV05SE_DX	MSS_AP_E127_SX	MSS_AP_E128_DX	MST_AP_E128_SX	MST_AP_E132_DX	MST_AP_E134_SX	MST_SV06SU_DX	
SVILUPPO TOT (m)	55,00	142,50	142,50	130,00	130,00	35,00	145,00	170,00	45,00	177,50	82,50	
SEZIONE TIPO	MG01	MG01	MG01	MG01	MG01	MG01	MG01	MG01	MG01	MG01	MG01	
N° SEZ	2	7	7	6	6	1	7	8	2	8	4	
TARGET RIFLETTENTE	2	7	7	6	6	1	7	8	2	8	4	
MURI												
CODIFICA	MST_SV06NE_SX	MST_AP_E135_DX	MST_AP_E135_SX	MST_SV06SU_DX	MSS_SV06SU_DX	MSS_AP_E138_DX	MST_AP_E138_SX	MSS_SV06SU_DX	MST_AP_E141_DX	MST_AP_E144_DX	MST_SV06SE_DX	
SVILUPPO TOT (m)	102,50	30,00	30,00	17,50	164,00	136,00	137,50	136,70	180,00	25,00		
SEZIONE TIPO	MG01	MG01	MG01	MG01	MG01	MG01	MG01	MG01	MG01	MG01		
N° SEZ	5	1	1	0	8	6	6	6	9	1		
TARGET RIFLETTENTE	5	1	1	0	8	6	6	6	9	1		

Tabella 7-3 - Riepilogo quantità strumentazioni per paratie e muri