

**S.S. 398 "Via Val di Cornia"**  
Bretella di collegamento tra l'Autostrada Tirrenica A12  
e il Porto di Piombino  
LOTTO 1 - Svincolo di Geodetica-Gagno

**PROGETTO ESECUTIVO**

COD. **FI2**

PROGETTAZIONE: **ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA**

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:  
Dott. Ing. Nando Granieri  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:  
MANDATARIA:

MANDANTI:



Dott.Ing. N.Granieri  
Dott.Arch. N.Kamenicky  
Dott.Ing. V.Truffini  
Dott.Arch. A.Bracchini  
Dott.Ing. F.Durastanti  
Dott.Geol. G.Cerquiglini  
Geom. S.Scopetta  
Dott.Ing. L.Sbrenna  
Dott.Ing. E.Sellari  
Dott.Ing. E.Bartolucci  
Dott.Ing. L.Dinelli  
Dott.Ing. L.Nani  
Dott.Ing. F.Pambianco  
Dott. Agr. F.Berti Nulli

Dott. Ing. D.Carlaccini  
Dott. Ing. S.Sacconi  
Dott. Ing. G.Cordua  
Dott. Ing. V.De Gori  
Dott. Ing. C.Consorti  
Dott. Ing. F.Dominici

Dott. Ing. V.Rotisciani  
Dott. Ing. F.Macchioni  
Geom. C.Vischini  
Dott. Ing. V.Piunno  
Dott. Ing. G.Pulli  
Geom. C.Sugaroni

IL PROGETTISTA:

Dott. Ing. David Carlaccini  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° A1245

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini  
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

IL R.U.P.

Dott. Ing. Antonio Scalamandrè

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

PROTOCOLLO

DATA

MARZO 2019



**GEOTECNICA**

**Relazione sul monitoraggio dei rilevati con dreni e precarica**

CODICE PROGETTO

NOME FILE

T00-GE00-GET-RE02

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO

LIV. PROG.

N. PROG.

DPFI12

E

1801

CODICE ELAB.

T00GE00GETRE02

A

-

A

Emissione

29/03/2019

C.Consorti

D.Carlaccini

N.Granieri

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	3
3	MONITORAGGIO .....	4
3.1	SEZIONI STRUMENTATE .....	5
3.2	QUANTITÀ DI STRUMENTI DA INSTALLARE E DI MISURE DA ESEGUIRE .....	10
3.2.1	Misura delle pressioni interstiziali – piezometri elettrici .....	10
3.2.2	Misura degli spostamenti nel terreno di fondazione con la profondità – assestimetri multibase .....	11
3.2.3	Misura dell'abbassamento del piano di posa del rilevato – assestimetri a piastra...12	
3.2.4	Misura dell'abbassamento del piano di posa dello scatolare e del piano campagna ai lati del rilevato/scatolare – caposaldi .....	14

## 1 \_ PREMESSA

Nella presente relazione viene riportata la descrizione del sistema di monitoraggio previsto nell'ambito della progettazione esecutiva della S.S. 398 Via Val di Cornia, Bretella di collegamento tra l'Autostrada Tirrenica A12 e il Porto di Piombino, Lotto 1 – Svincolo di Geodetica. In particolare, si tratta del monitoraggio di tutte le sezioni in rilevato (ordinario o su scatolare) per le quali il progetto richiede l'infissione di dreni nel terreno di fondazione e la realizzazione di una precarica.

Lo scopo del monitoraggio è quello di controllare che il processo di consolidazione dei terreni di fondazione evolva secondo le previsioni di progetto, così da dare il via libera al prosieguo dei lavori. Infatti, come descritto nella relazione geotecnica e nelle fasi costruttive di progetto, nella realizzazione del corpo del rilevato è fondamentale procedere per successivi *step* di realizzazione, con posa in opera di strati di rilevato di spessore non maggiore di  $H_i$ , attendendo che il processo di consolidazione dei terreni a grana fine posti sul piano di fondazione sia sostanzialmente completato (95% del grado di consolidazione) prima di continuare con la fase di realizzazione dello strato successivo; solo così, infatti, si garantisce il rispetto degli opportuni coefficienti di sicurezza nei confronti dello stato limite ultimo (verifiche di stabilità). Pertanto, le misure delle grandezze che caratterizzano il processo di consolidazione risultano essenziali.

Nel seguito, dopo una sintetica descrizione dell'opera, si illustra il piano di monitoraggio previsto e la relativa strumentazione da installare con le corrispondenti specifiche tecniche.

## 2 \_ DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'intervento in progetto prevede il prolungamento della statale esistente S.S. 398 "Via Val di Cornia" dall'intersezione con Via Geodetica fino al collegamento con Via dell'Unità d'Italia mediante l'adozione di una infrastruttura di tipologia B "Strada Extraurbana principale" che si estende per circa 3,167 km in direzione Porto di Piombino. Il progetto prevede la realizzazione di una piattaforma pavimentata di larghezza minima pari a 22 m a due carreggiate con due corsie di marcia ciascuna. L'area in oggetto è posta a Nord-Est dell'abitato di Piombino lungo il corso attuale del fiume Cornia e fino alla sua foce, in prossimità degli stabilimenti dell'acciaieria Lucchini e del porto.

Il tracciato stradale in esame si sviluppa per i primi 0,55 km come adeguamento della statale esistente, mentre per i restanti 2,5 km in nuova sede (quasi totalmente in rilevato) terminando in corrispondenza dell'innesto nella rotatoria in località "Gagno", in fase di realizzazione da parte dell'Autorità portuale.

Buona parte del tracciato è realizzata in rilevato classico (in terra) o su scatolare; si tratta dei rilevati di appoggio alle opere d'arte presenti. Considerata la natura prevalentemente limo-argillosa dei terreni di fondazione e il loro stato di normal-consolidazione, si attendono cedimenti differiti nel tempo. Il progetto prevede, quindi, la realizzazione di dreni sotto l'area di impronta dei rilevati in terra di appoggio ai viadotti e dello scatolare per accelerare il processo di consolidazione, associata ad una precarica per far scontare in anticipo i cedimenti attesi. I dettagli delle fasi costruttive dei rilevati e dello scatolare sono riportati nei corrispondenti elaborati di progetto (T00-GE00-GET-DI01, T00-GE00-GET-DI02, T00-GE00-GET-DI04).

### 3 \_ MONITORAGGIO

Sulla base delle informazioni ottenute dalle indagini svolte e considerato l'interesse al quale i dreni sono stati posti, si è stimato che per arrivare al 95% della consolidazione dello strato interessato dalla presenza dei dreni siano necessari circa 3 ÷ 4.5 mesi a seconda dell'unità geotecnica presente. Tale tempo dovrà poi essere confermato in sito verificando che trascorso tale periodo dall'ultima operazione di carico, il processo di consolidazione risulti sostanzialmente concluso. I parametri da monitorare per seguire il processo di consolidazione dei terreni di fondazione dei rilevati sono i seguenti:

- ✓ pressioni interstiziali nelle unità geotecniche a grana di fine dei terreni di fondazione, misurate per mezzo di piezometri elettrici;
- ✓ abbassamenti nel tempo (ovvero riduzione di volume nel tempo) del terreno di fondazione con la profondità da piano campagna, misurati mediante assestimetri multibase;
- ✓ abbassamenti nel tempo (cedimenti) del piano di posa del rilevato, misurati attraverso assestimetri a piastra e livellazione geometrica di precisione sui caposaldi in testa;
- ✓ abbassamenti nel tempo (cedimenti) del piano campagna ai lati del rilevato, misurati con livellazione geometrica di precisione su caposaldi.

Si prevede di strumentare delle sezioni con la strumentazione sopra descritta (sezioni SM-R). L'ubicazione degli strumenti di controllo delle pressioni interstiziali e degli spostamenti verticali nella singola sezione, l'ubicazione delle sezioni monitorate, la frequenza e la durata delle misure sono riepilogate negli elaborati T00-GE00-GET-DI01, T00-GE00-GET-DI02, T00-GE00-GET-DI04.

In generale, si prevede una sezione strumentata ogni 40÷60 m circa di sviluppo longitudinale di rilevato, così come indicato negli elaborati di progetto e nei paragrafi seguenti

Le sezioni dovranno essere strumentate prima della realizzazione del primo strato di rilevato previsto; i piezometri, in particolare, dovranno essere installati almeno 2 settimane prima che comincino le attività di posa in opera del materiale del rilevato, così da avere una misura attendibile della pressione interstiziale. Ad ogni sovrizzo del rilevato, gli assestimetri dovranno essere prolungati in modo da poter essere letti a partire dalla nuova quota di testa: in tale operazione, sarà fondamentale rilevare la quota del caposaldo di testa appena prima ed appena dopo il sovrizzo.

Per ogni fase di realizzazione del rilevato, le misure di tutti gli strumenti andranno eseguite con la cadenza riportata negli elaborati grafici sopra elencati e nel prosieguo della presente relazione fino a che non sia evidente che il processo di consolidazione risulti sostanzialmente esaurito. Appurato ciò, si potrà continuare con la costruzione del rilevato fino ad arrivare alla successiva quota di progetto per cui è prevista l'attesa del tempo di consolidazione, avendo

cura di mantenere in funzione le strumentazioni installate precedentemente. La strumentazione eventualmente danneggiata andrà sostituita. A questo punto si procederà ad un nuovo ciclo di letture.

L'installazione di tutta la strumentazione di monitoraggio prevista dovrà avvenire sotto la supervisione di personale tecnico qualificato (ingegneri e geologi).

La raccolta, l'analisi e l'interpretazione di tutti i dati di monitoraggio derivati dalle misure in corso d'opera devono essere riportati in un apposito archivio digitale consultabile *online* dall'impresa esecutrice e dalla Direzione Lavori (DL). Per la creazione della piattaforma informatica, la raccolta e la gestione di tutti i dati, si stima un impegno temporale da parte di un tecnico laureato pari a 1.5 ore al giorno per 20 mesi totali.

### 3.1 SEZIONI STRUMENTATE

Ogni sezione strumentata sarà costituita da:

- a) n. 2 verticali distinte, ciascuna attrezzata con 1 piezometro elettrico con punto di misura nelle unità geotecniche a grana fine (Ug1 e Ug2). Le due verticali saranno ubicate simmetricamente tra loro a 1÷2 m di distanza dall'asse del rilevato; le celle di misura saranno installate alla profondità da piano campagna pari a  $L_{p1}$  e  $L_{p2}$  (cfr. Figura 1). Il cavo elettrico di ciascuna cella piezometrica verrà poi disteso lungo la sezione e portato fino a 5÷6 m oltre il piede della scarpata del costruendo rilevato e poi ancora fino alla centralina di acquisizione (lunghezza totale dei cavi dalla testa del piezometro fino alla centralina:  $L_{cavi1}$  e  $L_{cavi2}$ ); si prevede di installare una centralina di acquisizione per ogni tratto di rilevato strumentato e di posizionarla all'incirca a metà del tratto in questione;
- b) n. 1 assestometro multibase di lunghezza strumentata pari a  $L_{ASS-M,strumentata}$  (a partire dal piano di posa del rilevato), tale da superare lo strato di terreno a grana fine Ug1 e Ug2 ed arrivare nelle unità geotecniche più profonde, Ug3 e Ug4, per le quali si può ritenere che il contributo al cedimento sia trascurabile. Ogni assestometro dovrà comunque essere dotato di un caposaldo in testa allo stesso, così da poter rilevare il valore assoluto del cedimento (cfr. Figura 1). Il tratto di lunghezza strumentata  $L_{ASS-M,strumentata}$  sarà attrezzato con un anello magnetico ogni 2 m a partire dalla quota del piano di posa del rilevato; il tubo dell'assestometro andrà allungato via via che verranno posti in opera gli strati successivi di rilevato, fino ad arrivare alla massima lunghezza,  $L_{ASS-M,totale}$ , dopo la posa in opera dell'ultimo strato (cfr. Figura 1).
- c) n. 3 assestimetri a piastra con base di appoggio alla quota di testa dello spessore di scotico+bonifica. In testa all'assestometro dovrà essere posizionato un caposaldo per la misura della quota assoluta nel tempo (ovvero degli abbassamenti del piano di posa del rilevato). L'asta dell'assestometro dovrà essere graduata: ad ogni tacca corrisponderà una specifica quota relativa rispetto alla base del rilevato. A mano a mano che il rilevato verrà costruito e si svilupperanno cedimenti nel terreno, il piano di posa del rilevato e

l'assestometro si abbasseranno della stessa quantità: le tacche sull'asta continueranno quindi a rappresentare le quote nominali del rilevato di sezione maggiorata da realizzare ovvero le quote alle quali far arrivare i sovralti successivi. Anche questo strumento, come il tubo dell'assestometro multibase, dovrà essere allungato via via che verranno posti in opera gli strati successivi di rilevato, fino ad arrivare alla massima lunghezza,  $L_{ASS-P}$  (cfr. Figura 1);

- d) n. 2 caposaldi installati sul piano campagna nella zona prossima al piede di ciascuna scarpata del rilevato.

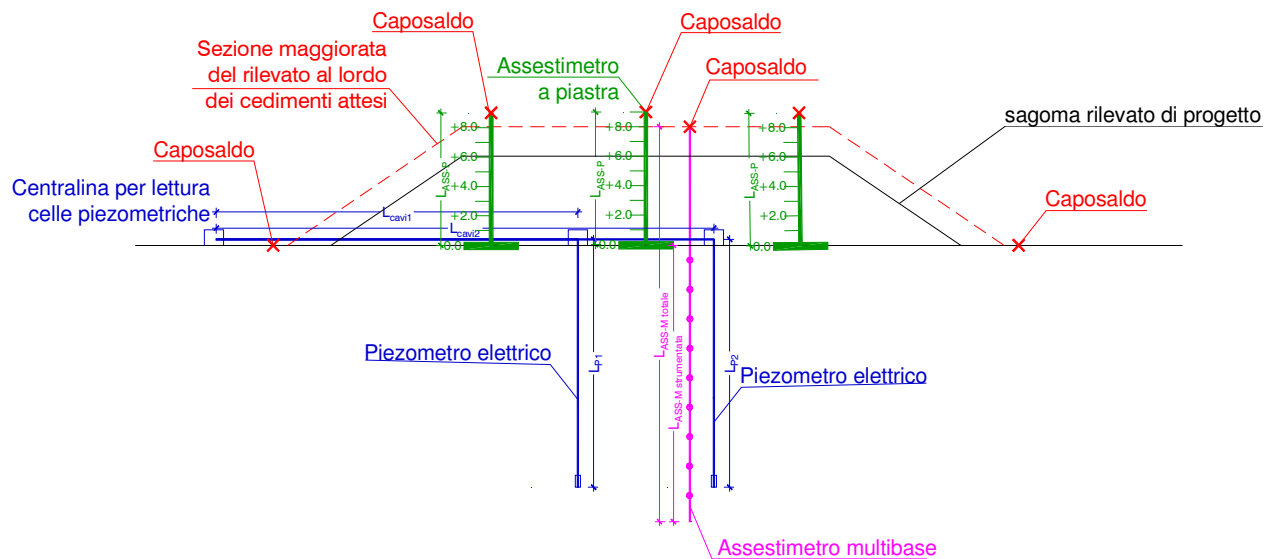


Figura 1: Sezione strumentata SM-R: schema indicativo della disposizione della strumentazione di monitoraggio.

Questa sezione strumentata è prevista lungo il tracciato, tra le seguenti progressive:

- da Pk 1+965 a Pk 2+085, rilevato di approccio alla spalla 2 del viadotto Cornia 1;
- da Pk 0+120 a Pk 0+195, rilevato di approccio alla spalla ovest del cavalcavia CV01 della SP40;
- da Pk 0+420 a Pk 0+465, rilevato di approccio alla spalla est del cavalcavia CV01 della SP40.

Le tabelle seguenti riepilogano le progressive alle quali sono previste le sezioni strumentate e la frequenza delle letture da eseguire per ciascuna strumentazione.

Tabella 1 – Rilevato di approccio alla spalla 2 del viadotto Cornia 1: sezioni di monitoraggio, frequenza e durata delle letture.

Tipologia sezione strumentata	Posizione	Numero sezioni strumentate	Frequenza letture	Durata letture
		Progressiva		
SM-R	1 sezione ogni circa 40-60 m di sviluppo lineare di rilevato	n. 3  Pk: 1+980 Pk: 2+028 Pk: 2+085	Misura degli spostamenti verticali con la profondità nel terreno di fondazione del rilevato  ASSESTIMETRO MULTIBASE (misura manuale): <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 misura prima dell'inizio dei lavori (misura di 0);</li> <li>• 1 misura a settimana nei primi 4.5 mesi, 2 misure alla settimana nel periodo successivo, fino al raggiungimento del grado di consolidazione stabilito in progetto (pari al 95%).</li> </ul> N.B.: ogni volta che si esegue una lettura sull'assestometro multibase, va eseguita anche la lettura sul caposaldo posizionato in testa allo stesso.	Fino alla rimozione della precarica
			Misura dell'abbassamento del piano di posa del rilevato ASSESTIMENTO A PIASTRA con CAPOSALDO in testa (lettura manuale): <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 misura prima dell'inizio dei lavori (misura di 0);</li> <li>• 1 misura a settimana nei primi 4.5 mesi, 2 misure alla settimana nel periodo successivo, fino al raggiungimento del grado di consolidazione stabilito in progetto (pari al 95%).</li> </ul> N.B.: la lettura consiste nella misura topografica della posizione del caposaldo in testa allo strumento.	Fino alla rimozione della precarica
			Misura delle pressioni interstiziali PIEZOMETRI ELETTRICI (misura in automatico) 12 letture giornaliere (1 ogni 2 ore).  N.B.: le celle dovranno essere installate almeno 2 settimane prima che comincino le attività di posa in opera del materiale del rilevato, così da avere una misura attendibile della pressione interstiziale.	Fino alla rimozione della precarica



Tabella 2 – Rilevati di approccio alle spalle ovest ed est del cavalcavia CV01 SP40: sezioni di monitoraggio, frequenza e durata delle letture.

Tipologia sezione strumentata	Posizione	Numero sezioni strumentate	Frequenza letture	Durata letture
		Progressiva		
SM-R	1 sezione per ogni rilevato di approccio	n. 2 Pk: 0+165 Pk: 0+435	Misura degli spostamenti verticali con la profondità nel terreno di fondazione del rilevato ASSESTIMETRO MULTIBASE (misura manuale): <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 misura prima dell'inizio dei lavori (misura di 0);</li> <li>• 1 misura a settimana nei primi 3 mesi, 2 misure alla settimana nel periodo successivo, fino al raggiungimento del grado di consolidazione stabilito in progetto (pari al 95%).</li> </ul> N.B.: ogni volta che si esegue una lettura sull' assestometro multibase, va eseguita anche la lettura sul caposaldo posizionato in testa allo stesso.	Fino alla rimozione della precarica
			Misura dell'abbassamento del piano di posa del rilevato ASSESTIMENTO A PIASTRA con CAPOSALDO in testa (lettura manuale): <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 misura prima dell'inizio dei lavori (misura di 0);</li> <li>• 1 misura a settimana nei primi 3 mesi, 2 misure alla settimana nel periodo successivo, fino al raggiungimento del grado di consolidazione stabilito in progetto (pari al 95%).</li> </ul> N.B.: la lettura consiste nella misura topografica della posizione del caposaldo in testa allo strumento.	Fino alla rimozione della precarica
			Misura delle pressioni interstiziali PIEZOMETRI ELETTRICI (misura in automatico) 12 letture giornaliere (1 ogni 2 ore). N.B.: le celle dovranno essere installate almeno 2 settimane prima che comincino le attività di posa in opera del materiale del rilevato, così da avere una misura attendibile della pressione interstiziale.	Fino alla rimozione della precarica

**RELAZIONE SUL MONITORAGGIO DEI RILEVATI CON DRENI E  
 PRECARICA**

Tabella 3 – Rilevato provvisorio per precarica in corrispondenza dello scatolare di appoggio alla spalla 1 del viadotto Cornia 1: sezioni di monitoraggio, frequenza e durata delle letture.

Tipologia sezione strumentata	Posizione	Numero sezioni strumentate	Frequenza letture	Durata letture
		Progressiva		
SM-R	1 sezione ogni circa 40-80 m di sviluppo lineare di scatolare	n. 5  Pk: 1+215 Pk: 1+320 Pk: 1+380 Pk: 1+425 Pk: 1+460	Misura degli spostamenti verticali con la profondità nel terreno di fondazione del rilevato  ASSESTIMETRO MULTIBASE (misura manuale): <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 misura prima dell'inizio dei lavori (misura di 0);</li> <li>• 1 misura a settimana nei primi 4.5 mesi, 2 misure alla settimana nel periodo successivo, fino al raggiungimento del grado di consolidazione stabilito in progetto (pari al 95%).</li> </ul> N.B.: ogni volta che si esegue una lettura sull'assestometro multibase, va eseguita anche la lettura sul caposaldo posizionato in testa allo stesso.	Fino alla rimozione della precarica
			Misura dell'abbassamento del piano di posa del rilevato ASSESTIMENTRO A PIASTRA con CAPOSALDO in testa (lettura manuale): <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 misura prima dell'inizio dei lavori (misura di 0);</li> <li>• 1 misura a settimana nei primi 4.5 mesi, 2 misure alla settimana nel periodo successivo, fino al raggiungimento del grado di consolidazione stabilito in progetto (pari al 95%).</li> </ul> N.B.: la lettura consiste nella misura topografica della posizione del caposaldo in testa allo strumento.	Fino alla rimozione della precarica
			Misura delle pressioni interstiziali PIEZOMETRI ELETTRICI (misura in automatico) 12 letture giornaliere (1 ogni 2 ore).  N.B.: le celle dovranno essere installate almeno 2 settimane prima che comincino le attività di posa in opera del materiale del rilevato, così da avere una misura attendibile della pressione interstiziale.	Fino alla rimozione della precarica

### 3.2 QUANTITÀ DI STRUMENTI DA INSTALLARE E DI MISURE DA ESEGUIRE

#### 3.2.1 \_\_ Misura delle pressioni interstiziali – piezometri elettrici

Le misure della pressione interstiziale consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica della misura delle pressioni mediante le celle piezometriche elettriche posizionate negli strati di terreni suscettibili di consolidazione (Ug1 e Ug2). I rilevamenti della strumentazione vengono eseguiti in automatico e convogliati in un *datalogger* (centralina fissa per lettura e memorizzazione dati). La memoria del sistema di acquisizione dati deve essere tarata sulla frequenza di lettura di progetto e il sistema di elaborazione dati avviene mediante apposito *software*. Si prevede di eseguire un numero minimo di rilevamenti per ogni cella piezometrica installata, pari a 12 letture giornaliere (1 ogni 2 ore) fino alla rimozione della precarica; la frequenza delle misure potrà essere reimpostata con cadenza minore, previa approvazione da parte della DL, qualora le misure mostrassero la stabilizzazione delle pressioni prima del previsto.

Si richiedono i seguenti diagrammi e tabulati numerici:

- ✓ Pressione interstiziale del tempo con indicazione delle fasi di lavoro svolte.

La Tabella 4 riepiloga, per ogni sezione strumentata, il numero di celle piezometriche da installare, la lunghezza dei cavi, il numero di centraline di acquisizione da impiegare.

Tabella 4 – Piezometri elettrici, riepilogo strumentazione da installare.

Tratto in esame	Sez. strumentata	pk	Piezometri elettrici						Centraline acquisizione dati		
			n°	L <sub>p1</sub> (m)	L <sub>p2</sub> (m)	L <sub>cavi1</sub> (m)	L <sub>cavi2</sub> (m)	L <sub>cavi tot</sub> (m)	n°	n° minimo di canali	Progressiva installazione centralina pk
Rilevato provvisorio in corrispondenza dello scatolare di approccio alla spalla 1 del viadotto VI01	SM-R6	1+215	2	15	10	172	182	354	1	32	1+345
	SM-R7	1+320	2	12	8	62	72	134			
	SM-R8	1+380	2	15	10	72	83	155			
	SM-R9	1+425	2	12	8	120	130	250			
	SM-R10	1+460	2	15	10	170	180	350			
Rilevato di approccio alla spalla 2 del viadotto VI01	SM-R1	1+980	2	15	10	77	88	165	1	32	2+025
	SM-R2	2+025	2	15	10	30	40	70			
	SM-R3	2+085	2	15	10	95	105	200			
Rilevato di approccio alla spalla ovest del CV01	SM-R4	0+165	2	10	5	28	38	66	1	16	0+165
Rilevato di approccio alla spalla est del CV01	SM-R5	0+435	2	10	5	28	38	66	1	16	0.435

### 3.2.2 \_\_ Misura degli spostamenti nel terreno di fondazione con la profondità – assestimetri multibase

Le misure degli spostamenti nel terreno con la profondità (riduzione di volume dello strato di terreno in consolidazione) consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica della misura con scandaglio con cavo millimetrato della posizione degli anelli di riferimento installati. A partire dalla quota del piano campagna *ante operam*, il progetto prevede l'installazione di un anello magnetico ogni 2 m nello spessore di terreno interessato dal processo di consolidazione (Ug1 e Ug2); l'assestimetro avrà lunghezza tale da arrivare ad intestarsi per qualche metro nei litotipi di base a grana grossa o lapidei nei quali si può ritenere che il contributo al cedimento sia trascurabile. Dopo l'installazione e prima dell'inizio delle attività di stesa del materiale da rilevato, dovrà essere eseguita la misura di zero. Tutti i rilevamenti della strumentazione vengono eseguiti manualmente da un operatore; dopo la misura di zero, la frequenza delle letture è di 2 misure a settimana a partire dal completamento del primo strato di rilevato come da progetto; le misure saranno eseguite durante tutto il tempo necessario per arrivare al grado di avanzamento del processo di consolidazione stabilito in progetto (pari al 95%), raggiunto il quale si potrà passare alla stesa del successivo strato di materiale da rilevato; lo strumento verrà quindi via via allungato e al termine della stesa del successivo strato di rilevato si eseguiranno misurazioni con frequenza e per un periodo di tempo come nel caso precedente. La frequenza delle misure potrà essere reimpostata con cadenza minore, previa approvazione da parte della DL, qualora le misure mostrassero la stabilizzazione degli spostamenti prima del previsto, così come la DL potrà decidere di aumentare il numero di letture qualora lo reputasse necessario. Ogni volta che sarà eseguita la lettura sull'assestimetro, bisognerà eseguire anche la misura sul caposaldo in testa allo stesso.

Si richiedono i seguenti diagrammi e tabulati numerici:

- ✓ Posizione assoluta nel tempo per ciascun anello magnetico con indicazione delle fasi di lavoro svolte.

La Tabella 5 riepiloga per ogni sezione strumentata la lunghezza dello strumento, il numero di anelli magnetici da installare, il periodo totale di monitoraggio e il numero di letture da eseguire considerando la frequenza di misurazione prevista (1 lettura a settimana nei primi 3 ÷ 4.5 mesi, e letture bisettimanali nel periodo successivo fino alla rimozione della precarica); tale numero, a vantaggio di sicurezza, è stato incrementato del 10%.

Tabella 5 – Assestimetri multibase, riepilogo strumentazione da installare e numero di misure manuali da eseguire.

Tratto in esame	Sezione strumentata	pk	ASSESTIMETRI MULTIBASE							
			Quantità strumenti				Quantità misure			
			n°	L <sub>ASS-M</sub> strumentata (m)	L <sub>ASS-M</sub> totale (m)	n° anelli magnetici (1 ogni 2 m)	Periodo totale di monitoraggio (mesi)	frequenza	n° letture	n° letture (+ 10%)
Rilevato provvisorio in corrispondenza dello scatolare di approccio alla spalla 1 del viadotto VI01	SM-R6	1+215	1	35	39	18	9	1 misura a settimana nei primi 4,5 mesi; 2 misure a settimana dopo i primi 4,5 mesi	59	65
	SM-R7	1+320	1	35	39	18				
	SM-R8	1+380	1	35	39	18				
	SM-R9	1+425	1	30	34	15				
	SM-R10	1+460	1	30	34	15				
Rilevato di approccio alla spalla 2 del viadotto VI01	SM-R1	1+980	1	35	43	18	18	1 misura a settimana nei primi 4,5 mesi; 2 misure a settimana dopo i primi 4,5 mesi	137	151
	SM-R2	2+025	1	35	43	18				
	SM-R3	2+085	1	35	40	18				
Rilevato di approccio alla spalla ovest del CV01	SM-R4	0+165	1	15	20	8	6	1 misura a settimana nei primi 3 mesi; 2 misure a settimana dopo i primi 3 mesi	40	44
Rilevato di approccio alla spalla est del CV01	SM-R5	0+435	1	25	30	12	6		40	44

### 3.2.3 \_\_ Misura dell'abbassamento del piano di posa del rilevato – assestimetri a piastra

Le misure del cedimento nel tempo del piano di posa del rilevato consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica della misura topografica di precisione della testa dell'asta che compone l'assestimetro (dove è inserito un caposaldo).

Il progetto prevede l'installazione di n.3 assestimetri a piastra per ogni sezione strumentata. L'assestimetro avrà altezza tale da arrivare in ogni fase almeno 1 m sopra la quota di testa del rilevato. Subito dopo averlo posizionato in sito, prima ancora di iniziare le attività di posa in opera del materiale da rilevato, dovrà essere eseguita la misura di zero. Tutti i rilevamenti della strumentazione vengono eseguiti manualmente da un operatore; dopo la misura di zero, la frequenza delle letture è di 2 misure a settimana a partire dal completamento del primo strato di rilevato come da progetto; le misure saranno eseguite durante tutto il tempo necessario per

**RELAZIONE SUL MONITORAGGIO DEI RILEVATI CON DRENI E  
PRECARICA**

arrivare al grado di avanzamento del processo di consolidazione stabilito in progetto (pari al 95%), raggiunto il quale si potrà passare alla stesa del successivo strato di materiale da rilevato; lo strumento verrà quindi via via allungato e al termine della stesa del successivo strato di rilevato si eseguiranno misurazioni con frequenza e per un periodo di tempo come nel caso precedente. La frequenza delle misure potrà essere reimpostata con cadenza minore, previa approvazione da parte della DL, qualora le misure mostrassero la stabilizzazione degli spostamenti prima del previsto, così come la DL potrà decidere di aumentare il numero di letture qualora lo reputasse necessario. Si richiedono i seguenti diagrammi e tabulati numerici:

- ✓ Posizione assoluta nel tempo della testa dell'assestometro con indicazione delle fasi di lavoro svolte.

La Tabella 6 riassume per ogni sezione strumentata la lunghezza dello strumento, il periodo totale di monitoraggio e il numero di letture da eseguire considerando la frequenza di misurazione prevista (1 lettura a settimana nei primi 3 ÷ 4.5 mesi, e letture bisettimanali nel periodo successivo fino alla rimozione della precarica): tale numero, a vantaggio di sicurezza, è stato incrementato del 10%.

Tabella 6 – Assestimetri a piastra, riepilogo strumentazione da installare e numero di misure manuali da eseguire.

Tratto in esame	Sezione strumentata	pk	ASSESTIMETRI A PIASTRA						
			Quantità strumenti			Quantità misure			
			n°	L <sub>ASS-P</sub> (m)	L <sub>totale</sub> (m)	Periodo di monitoraggio (mesi)	frequenza	n° letture	n° letture (+ 10%)
Rilevato provvisorio in corrispondenza dello scatolare di approccio alla spalla 1 del viadotto VI01	SM-R6	1+215	3	4,5	13,5	9	1 misura a settimana nei primi 4.5 mesi; 2 misure a settimana dopo i primi 4.5 mesi	59	65
	SM-R7	1+320	3	4,5	13,5				
	SM-R8	1+380	3	4,5	13,5				
	SM-R9	1+425	3	3,5	10,5				
	SM-R10	1+460	3	3,5	10,5				
Rilevato di approccio alla spalla 2 del viadotto VI01	SM-R1	1+980	3	10	30	18	1 misura a settimana nei primi 4.5 mesi; 2 misure a settimana dopo i primi 4.5 mesi	137	151
	SM-R2	2+025	3	10	30				
	SM-R3	2+085	3	6	18				
Rilevato di approccio alla spalla ovest del CV01	SM-R4	0+165	3	9	27	6	1 misura a settimana nei primi 3 mesi; 2 misure a settimana dopo i primi 3 mesi	40	44
Rilevato di approccio alla spalla est del CV01	SM-R5	0+435	3	7	21	6	2 misure a settimana dopo i primi 3 mesi	40	44

### 3.2.4 \_\_ Misura dell'abbassamento del piano di posa dello scatolare e del piano campagna ai lati del rilevato/scatolare – caposaldi

Le misure del cedimento nel tempo del piano di posa dello scatolare e del piano campagna ai lati del rilevato o dello scatolare consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica della livellazione geometrica di precisione condotti sui caposaldi installati nelle sezioni strumentate di progetto (cfr. Figura 1).

Subito dopo averli posizionati in sito, prima ancora di iniziare le attività di posa in opera del materiale da rilevato o del riempimento delle celle dello scatolare, dovrà essere eseguita la misura di zero. Tutti i rilevamenti della strumentazione vengono eseguiti manualmente da un operatore; dopo la misura di zero, la frequenza delle letture è di 2 misure a settimana a partire dal completamento del primo strato di rilevato come da progetto o al riempimento totale delle celle dello scatolare; le misure saranno eseguite durante tutto il tempo necessario per arrivare al grado di avanzamento del processo di consolidazione stabilito in progetto (pari al 95%), raggiunto il quale nel caso del rilevato ordinario si potrà passare alla stesa del successivo strato di materiale, nel caso dello scatolare alla rimozione del materiale di riempimento delle celle dello scatolare ed al successivo completamento della struttura in calcestruzzo armato. Dopo la posa del successivo strato di rilevato o il completamento della struttura dello scatolare, si eseguiranno misurazioni con frequenza e per un periodo di tempo come nel caso precedente. La frequenza delle misure potrà essere reimpostata con cadenza minore, previa approvazione da parte della DL, qualora le misure mostrassero la stabilizzazione dei cedimenti prima del previsto; analogamente la DL potrà decidere di aumentare il numero di letture qualora lo reputasse necessario. Si richiedono i seguenti diagrammi e tabulati numerici:

- ✓ Posizione assoluta nel tempo di ciascun caposaldo con indicazione delle fasi di lavoro svolte.

La Tabella 7 riepiloga per ogni sezione strumentata il numero di caposaldi presenti, il periodo totale di monitoraggio e il numero di letture da eseguire considerando la frequenza di misurazione prevista (1 lettura a settimana nei primi 3 ÷ 4.5 mesi, e letture bisettimanali nel periodo successivo fino alla rimozione della precarica): tale numero, a vantaggio di sicurezza, è stato incrementato del 10%.

Tabella 7 – Caposaldi: riepilogo strumentazione da installare e numero di misure manuali da eseguire.

Tratto in esame	Sez strumentata	pk	CAPOSALDI				
			Quantità strumenti	Quantità misure			
			n°	Periodo di monitoraggio (mesi)	frequenza	n° rilievi	n° rilievi + 10%
Rilevato provvisorio in corrispondenza dello scatolare di approccio alla spalla 1 del viadotto VI01	SM-R6	1+215	6	9	1 misura a settimana nei primi 4,5 mesi; 2 misure a settimana dopo i primi 4,5 mesi	59	65
	SM-R7	1+320	6				
	SM-R8	1+380	6				
	SM-R9	1+425	6				
	SM-R10	1+460	6				
Rilevato di approccio alla spalla 2 del viadotto Cornia 1	SM-R1	1+980	6	18		137	151
	SM-R2	2+025	6				
	SM-R3	2+085	6				
Rilevato di approccio alla spalla ovest del CV01	SM-R4	0+165	6	6	1 misura a settimana nei primi 3 mesi;	40	44
Rilevato di approccio alla spalla est del CV01	SM-R5	0+435	6	6	2 misure a settimana dopo i primi 3 mesi	40	44