

Indagini in galleria

Rev.01 - 16/09/2020

AUTOSTRADE PER L'ITALIA SPA

1	Obiettivi delle indagini	3
2	Metodi di indagine	4
3	Georadar con antenna a doppia frequenza.....	5
3.1	<i>Metodologie di indagine e riferimenti normativi.....</i>	<i>5</i>
3.2	<i>Caratteristiche delle attrezzature</i>	<i>6</i>
3.3	<i>Modalità esecutive.....</i>	<i>6</i>
3.4	<i>Modalità di analisi e restituzione.....</i>	<i>8</i>
4	Georadar con antenna ad alta frequenza.....	10
4.1	<i>Caratteristiche delle attrezzature</i>	<i>10</i>
4.2	<i>Modalità esecutive.....</i>	<i>10</i>
4.3	<i>Modalità di analisi e restituzione.....</i>	<i>10</i>
5	Videoendoscopia.....	11
5.1	<i>Metodologia di indagine</i>	<i>11</i>
5.2	<i>Caratteristiche delle attrezzature</i>	<i>11</i>
5.3	<i>Modalità esecutive.....</i>	<i>11</i>
5.4	<i>Modalità di analisi e restituzione.....</i>	<i>12</i>
6	Microcarotaggio e prove di laboratorio	13
6.1	<i>Metodologie di indagine e riferimenti normativi.....</i>	<i>13</i>
6.1.1	<i>Norma di riferimento.....</i>	<i>13</i>
6.2	<i>Caratteristiche delle attrezzature</i>	<i>13</i>
6.3	<i>Modalità esecutive.....</i>	<i>13</i>
6.3.1	<i>Modalità di analisi e restituzione CAROTAGGI STANDARD.....</i>	<i>13</i>
6.3.2	<i>Modalità di analisi e restituzione CAROTAGGI INTEGRATIVI DIFETTOLOGICI.....</i>	<i>13</i>
7	Prove di pull-out.....	16
7.1	<i>Metodologie di indagine e riferimenti normativi.....</i>	<i>16</i>
7.1.1	<i>Norma di riferimento.....</i>	<i>16</i>
7.2	<i>Caratteristiche delle attrezzature</i>	<i>16</i>
7.3	<i>Modalità esecutive.....</i>	<i>16</i>
7.4	<i>Modalità di analisi e restituzione.....</i>	<i>17</i>
8	Prove di martinetto piatto semplice	18
8.1	<i>Metodologie di indagine e riferimenti normativi.....</i>	<i>18</i>
8.1.1	<i>Norma di riferimento.....</i>	<i>18</i>
8.2	<i>Caratteristiche delle attrezzature</i>	<i>18</i>
8.3	<i>Modalità esecutive.....</i>	<i>18</i>
8.4	<i>Modalità di analisi e restituzione.....</i>	<i>19</i>
9	Analisi del processo logico di approfondimento di conoscenza e verifica - sequenza delle fasi di indagine.....	20
10	PENALI PER RITARDO NELLA RESTITUZIONE DEI RISULTATI DI INDAGINE	21
11	NUMERO MINIMO SQUADRE PER L'ESECUZIONE DEI SERVIZI	22

1 OBIETTIVI DELLE INDAGINI

Nel presente documento vengono riportate le indicazioni per indagini diagnostiche sulle gallerie autostradali.

La campagna di indagine si pone i seguenti obiettivi:

- 1) Caratteristiche geometriche e costruttive del rivestimento
 - a. Spessore del rivestimento
 - b. Presenza di armature in intradosso e valutazione del copriferro
 - c. Presenza e posizione centine (single e/o doppie)
- 2) Analisi criticità del rivestimento definitivo
 - a. Presenza di possibili vuoti a tergo del rivestimento
 - b. Presenza di discontinuità/lesioni all'interno dello spessore del rivestimento
 - c. Presenza di situazioni di degrado o disomogeneità all'interno dello spessore del rivestimento
 - d. Analisi dello stato corticale del rivestimento (primi 30cm)
- 3) Caratteristiche meccaniche del calcestruzzo su tutto spessore del rivestimento
- 4) Caratteristiche meccaniche del calcestruzzo nella parte corticale intradosso per la verifica degli ancoraggi di sovrastrutture (impianti, reti di protezione, onduline, impianti, etc..)
- 5) Definizione dello stato tensionale del rivestimento definitivo ed eventuale monitoraggio di situazioni critiche
- 6) Verifica dello stato del rivestimento coperto da reti di protezione
- 7) Analisi indirette (geofisiche) dell'ammasso a tergo del rivestimento e/o tra i fornic

Nel presente documento viene descritto quanto segue:

- metodologie diagnostiche per ogni obiettivo indicato
- descrizione delle modalità di indagine
 - modalità esecutive
 - strumentazione e attrezzature minime per i rilievi indicati
 - modalità di elaborazione dei dati e restituzione delle informazioni
- analisi del processo di conoscenza e verifica (fasi di lavoro)

2 METODI DI INDAGINE

Nella tabella seguente vengono identificate le metodologie prescritte per il raggiungimento degli obiettivi indicati.

OBIETTIVO		GEORADAR A DOPPIA FREQUENZA (200-600MHz o 400-600MHz)	GEORADAR AD ALTA FREQUENZA (>2MHz)	VIDEOENDOSCOPIA	MICROCAROTTAGGIO E LABORATORIO	PULL-OUT	MARTINETTO PIATTO SEMPLICE	TOMOGRAFIA SISMICA
Caratteristiche geometriche e costruttive del rivestimento	Spessore del rivestimento							
	Presenza di armature in intradosso e valutazione del copriferro							
	Presenza e posizione centine (single e/o doppie)							
	Analisi criticità del rivestimento definitivo							
	Presenza di possibili vuoti a tergo del rivestimento							
	Presenza di discontinuità/lesioni all'interno dello spessore del rivestimento							
	Presenza di situazioni di degrado o disomogeneità all'interno dello spessore del rivestimento							
	Analisi dello stato corticale del rivestimento (primi 30cm)							
Caratteristiche meccaniche del calcestruzzo su tutto spessore del rivestimento								
Caratteristiche meccaniche del calcestruzzo nella parte corticale intradosso per la verifica degli ancoraggi di sovrastrutture (reti di protezione, onduline, etc..)								
Definizione dello stato tensionale del rivestimento definitivo ed eventuale monitoraggio di situazioni critiche								
Verifica dello stato del rivestimento coperto da reti di protezione								
Analisi indirette (geofisiche) dell'ammasso a tergo del rivestimento e/o tra i due forni								

Da definirsi in base agli obiettivi indicati sopra con matrice obiettivo/metodo/geometria-quantità

3 GEORADAR CON ANTENNA A DOPPIA FREQUENZA

Il metodo georadar viene qui applicato come metodologia non distruttiva di screening con i seguenti obiettivi:

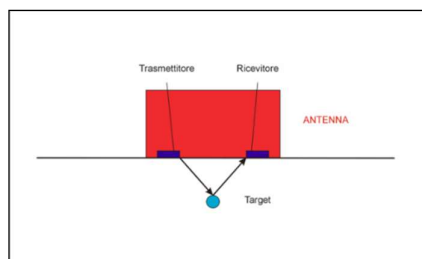
1. mappatura degli spessori del rivestimento di galleria
2. definizione della presenza di armature in intradosso
3. individuazione presenza e posizione centinatura
4. verifica della presenza e posizione di possibili vuoti a tergo del rivestimento
5. verifica della presenza e posizione di eventuali fenomeni di anomalia all'interno dello spessore del rivestimento

Il rilievo viene previsto con antenne a doppia frequenza. Come prima scelta viene prevista antenna da 400-900MHz e, qualora il rivestimento presenti spessori particolari o in presenza di particolari quantità d'acqua sarà possibile utilizzare antenna con frequenze 200-600MHz.

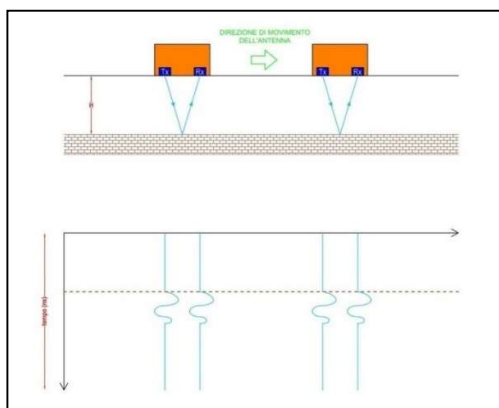
3.1 METODOLOGIE DI INDAGINE E RIFERIMENTI NORMATIVI

La prospezione georadar (GPR Ground Penetrating Radar) è una metodologia di indagine geofisica che si basa sulla propagazione di onde elettromagnetiche ad elevata frequenza.

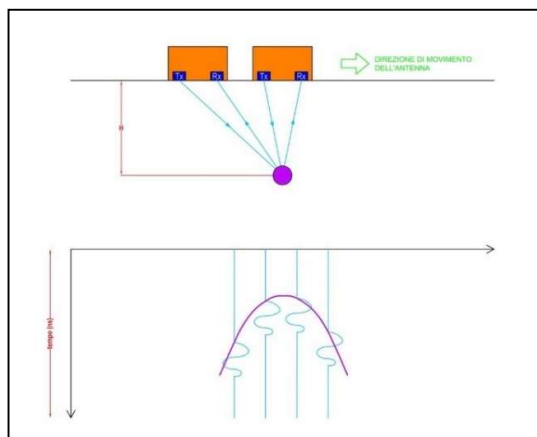
L'indagine prevede l'immissione di un breve impulso elettromagnetico in un materiale per mezzo di un'antenna la cui frequenza può variare da 10 a 2.600 MHz. L'impulso si propaga nel materiale con una velocità che dipende principalmente dalla costante dielettrica del materiale stesso. Quando l'impulso incontra un'interfaccia con proprietà dielettriche differenti dal mezzo che la circonda viene parzialmente riflesso in superficie.



Quando l'impulso incontra un'interfaccia continua rispetto alla direzione di movimento dell'antenna, la riflessione viene identificata sulla radargrafia come un elemento lineare:



Quando l'impulso incontra un'interfaccia di limitata estensione laterale rispetto alla direzione di movimento dell'antenna, la riflessione viene identificata sulla radargrafia come un'iperbole. Tipico esempio di interfaccia di limitata estensione laterale è rappresentato in galleria dalle barre di armatura o dalle centine (quando la linea di rilievo è perpendicolare alla direzione di sviluppo degli stessi).



3.2 CARATTERISTICHE DELLE ATTREZZATURE

Il rilievo dovrà essere eseguito con la seguente strumentazione:

- Unità di acquisizione multicanale con le seguenti caratteristiche minime:
 - numero minimo di canali acquisibili: 4
 - pulse repetition frequency: 400KHz
 - range: 0 – 9999 nsec
 - numero min di scan/secondo: 400
 - alimentazione: 12 Volt
- rotella encoder per la misurazione delle distanze a contatto
- antenna a doppia frequenza 400-900MHz

Poichè, in funzione della situazione di ogni singola galleria indagata, l'eventuale presenza di notevoli quantità d'acqua determina un forte assorbimento del segnale radar con diminuzione della profondità di penetrazione dell'indagine, dovrà essere disponibile un'ulteriore antenna con doppia frequenza 200-600MHz.

3.3 MODALITÀ ESECUTIVE

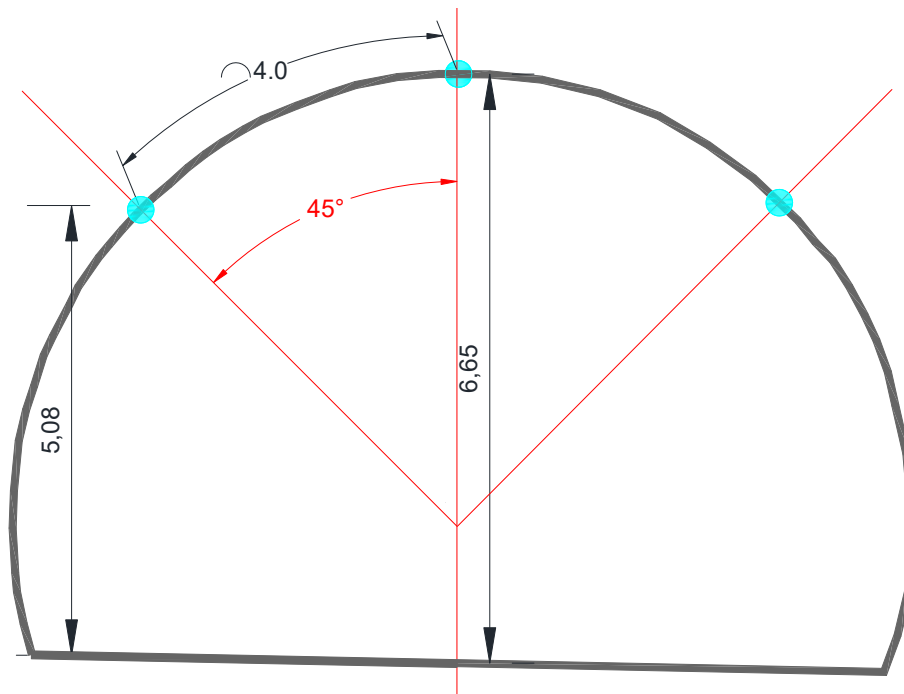
Il rilievo georadar sarà previsto su un numero minimo di profili longitudinali con densità (numero di profili) variabile in funzione delle dimensioni della galleria. In base alla prassi usualmente adottata, sulle gallerie oggetto di indagine è stato convenuto con ASPI e i progettisti di indagare almeno i seguenti profili:

- Per le gallerie a 2 corsie di marcia: l'indagine georadar interesserà n. 3 profili longitudinali sulla porzione a +/-45° dalla chiave di calotta;
- Per le gallerie a 3 corsie di marcia: l'indagine georadar interesserà n. 5 profili longitudinali sulla porzione a +/-45° dalla chiave di calotta.

Gli schemi di rilievo sono quelli riportati di seguito, elaborati sulle sezioni di galleria fornite da ASPI per i due casi di galleria rispettivamente a 2 e a 3 corsie di marcia.

Il suddetto numero di profili da indagare è da intendersi quale numero minimo e potrà essere integrato su richiesta dei progettisti in funzione delle eventuali anomalie riscontrate nella prima fase di indagine.

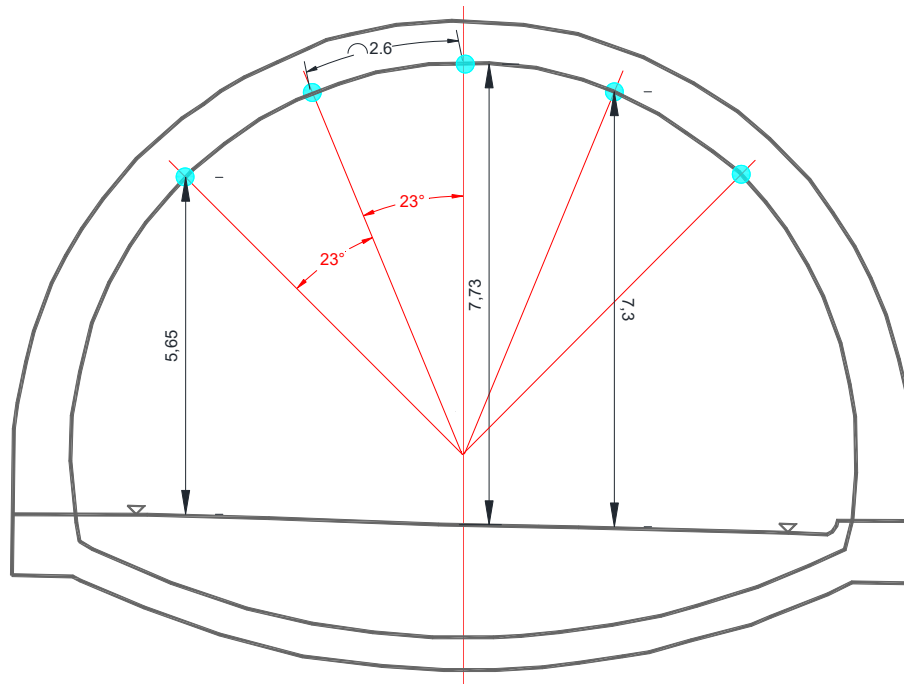
Galleria a 2 corsie – n.3 profili



Si prevedono n.3 profili longitudinali (cerchio azzurro) con antenna a doppia frequenza 400-900MHz (200-600MHz opzionale in caso di forte presenza di acqua). Con tale geometria la distanza tra i profili sullo sviluppo della volta è pari a circa 4,0m (45°).

Nello schema sono riportate le altezze dal pavimentato per ogni profilo ai soli fini logistici (mezzo in elevazione). Le altezze variano da un minimo di 5,1m ad un massimo di 6,7m.

Galleria a 3 corsie – n.5 profili



Si prevedono n.5 profili longitudinali (cerchio azzurro) con antenna a doppia frequenza 400-900MHz (200-600MHz opzionale in caso di forte presenza di acqua); rispetto alla geometria precedente vengono quindi inseriti ulteriori 2 profili a 22,5° dalla posizione di chiave a migliorare la densità del rilievo sulla sezione a 3 corsie (maggiore diametro).

Con tale geometria la distanza tra i profili sullo sviluppo della volta è pari a circa 2,6m (22,5°).

Nello schema sono riportate le altezze dal pavimentato per ogni profilo ai soli fini logistici (mezzo in elevazione). Le altezze variano da un minimo di 5,7m ad un massimo di 7,8m.

3.4 MODALITÀ DI ANALISI E RESTITUZIONE

I profili longitudinali verranno acquisiti su sezioni distinte di lunghezza pari a 50m o in numero di conci non inferiori a 5. Sarà ovviamente possibile derogare in relazione alle situazioni logistiche di ogni singolo fornice. In ogni caso dovrà essere univocamente definita la posizione del rilievo al fine da consentire, nella fase di post-elaborazione, il corretto posizionamento delle anomalie riscontrate.

Qualora i giunti tra i conci siano chiaramente e univocamente individuabili in sito si ritiene preferenziale il rilievo secondo il numero dei conci.

Durante la fase di rilievo dovrà essere redatto verbale di cantiere con indicazione di:

- ragione sociale fornitore
- data rilievo
- tecnico operatore (cognome e nome)
- wbs o nome galleria
- antenna radar utilizzata
- posizione del profilo
- pk inizio e fine sezione
- nome file
- eventuali note

Il dato radar dovrà essere elaborato secondo gli step di processing di seguito descritti per ognuna delle frequenze impiegate per il rilievo:

- correzione della posizione di zero
- eventuale filtraggio in frequenza
- correzione del gain
- definizione del valore di velocità del segnale radar con le seguenti possibilità di affinamento successive
 - da letteratura per calcestruzzo (impostazione durante la fase di rilievo); si avrà cura di impostare il valore di velocità secondo le condizioni del calcestruzzo (wet/dry...)
 - da calcolo/elaborazione in caso di presenza di riflessioni iperboliche
 - da dati di taratura diretta
- la prima elaborazione prevede l'impiego di parametri di processing identici per singolo fornice
- conversione del radargramma in formato jpg in scala di grigi

Gli step di processing dovranno essere indicati nel report di restituzione (vedi paragrafo 6).

La restituzione delle risultanze del rilievo sarà così strutturata:

- relazione generale completa dei datasheet delle strumentazioni e attrezzature utilizzate e delle modalità e quantità di rilievo
- per ogni fornice indagato:
 - tavola base - (formato A3 – file pdf ed editabile dwg completo di file jpg inseriti): contenenti le radargrafie in scala di grigio su grafico distanze-profondità
 - tavole tipo A (formato A3 – file pdf ed editabile dwg completo di file jpg inseriti): contenenti le radargrafie in scala di grigio su grafico distanze-profondità con elementi interpretativi individuati su layer separato per tema (vedi in seguito). Ogni tavola conterrà il dato elaborato sulle varie posizioni (con antenna 400-900MHz).
 - tavole tipo B (formato A3 – file pdf ed editabile dwg): contenente le sole sezioni interpretative e le posizioni di taratura (con stratigrafia individuata direttamente da videoendoscopia)

Si specifica che per il rilievo con antenna a doppia frequenza il dato dovrà essere elaborato per entrambe le frequenze radar (con uscita in formato jpg); sulle tavole (tipo A e tipo B) verrà rappresentata la frequenza ritenuta maggiormente risolvibile ai fini degli obiettivi delle indagini.

Gli elementi interpretativi da riportare sulle tavole sono i seguenti:

- elementi lineari
 - spessore del rivestimento
 - eventuali discontinuità
 - zone con presenza di armatura di intradosso
- elementi puntuali
 - posizione delle centine
- elementi anomali
 - possibile presenza di vuoti
 - anomalie (fenomeni di diffrazione) nello spessore del rivestimento

Gli elementi così individuati saranno riportati su differenti layer (con diverse colorazioni e spessori dei tratti e denominati come sopra riportato nell'elenco elementi interpretativi). Qualora l'identificazione dei singoli elementi sia di natura dubbia gli stessi lineamenti dovranno essere riportati con elementi tratteggiati.

Sulle tavole di tipo B (sezioni interpretative) dovranno essere inoltre identificate le posizioni di esecuzione delle tarature con videoendoscopio e per ognuna di esse dovrà essere schematizzata sul profilo la stratigrafia individuata.

Tutti i dati originali rilevati con metodologia georadar dovranno essere forniti su formato digitale (pre-processing).

In funzione dei dati di taratura diretti (carotaggi e videoendoscopie) viene prevista una rielaborazione del dato radar.

La restituzione dei GPR Longitudinali dovrà avvenire in versione definitiva entro 72 ore dall'esecuzione dell'acquisizione.

La restituzione dei GPR Trasversali dovrà avvenire in versione definitiva entro 48 ore dall'esecuzione dell'acquisizione.

Qualora non saranno rispettate le scadenze sopra esposte e i requisiti qualitativi richiesti, saranno applicate penali da definire in fase di contratto.

4 GEORADAR CON ANTENNA AD ALTA FREQUENZA

Il rilievo con antenna radar ad elevate frequenza (>2MHz) è previsto per la verifica della porzione corticale (circa 30cm da intradosso rivestimento).

Per metodolgiea di indagine e strumentazione prevista si fa riferimento a quanto riportato in precedenza per il rilievo con antenne a doppia frequenza tranne che per l'antenna

4.1 CARATTERISTICHE DELLE ATTREZZATURE

Il rilievo dovrà essere eseguito con la seguente strumentazione:

- Unità di acquisizione multicanale con le seguenti caratteristiche minime:
 - numero minimo di canali acquisibili: 4
 - pulse repetition frequency: 400KHz
 - range: 0 – 9999 nsec
 - numero min di scan/secondo: 400
 - alimentazione: 12 Volt
- rotella encoder per la misurazione delle distanze a contatto
- antenna ad elevata frequenza: si richiede antenna con frequenza superiore a 2GHz

4.2 MODALITÀ ESECUTIVE

Il rilievo con antenna ad elevate frequenza sarà eseguito su profili longitudinali e/o trasversali nelle porzioni di galleria dove da ispezione visive viene rilevata una possibile debolezza corticale del calcestruzzo o la presenza di stao fessurativo significativo.

Il rilievo verrà eseguito anche in adiacenza alle zone di fissaggio delle reti metalliche di protezione della volta.

4.3 MODALITÀ DI ANALISI E RESTITUZIONE

Le modalità di analisi e restituzione sono identiche a quanto previsto per il rilievo con antenne georadar a doppia frequenza.

La restituzione dei GPR Longitudinali dovrà avvenire in versione definitiva entro 72 ore dall'esecuzione dell'acquisizione.

La restituzione dei GPR Trasversali dovrà avvenire in versione definitiva entro 48 ore dall'esecuzione dell'acquisizione.

Qualora non saranno rispettate le scadenze sopra esposte e i requisiti qualitativi richiesti, saranno applicate penali da definire in fase di contratto.

5 VIDEOENDOSCOPIA

5.1 METODOLOGIA DI INDAGINE

Il rilievo videoendoscopico permetterà sia di verificare direttamente le anomalie individuate dalle indagini georadar e sia di tarare le informazioni restituite da una prima elaborazione del rilievo georadar stesso.

5.2 CARATTERISTICHE DELLE ATTREZZATURE

Il perforo verrà eseguito tramite perforatore elettrico avente le seguenti caratteristiche:

- Energia singolo impatto 6 J
- Perforazione a percussione
- giri/minuto 360 giri/min.
- Frequenza massima di battuta 3510 battute/minuto
- Punta perforante con lunghezza di lavoro min 1150 mm

All'interno del foro verrà inserito videoendoscopio con le seguenti caratteristiche minime:

- risoluzione 1080P HD
- protezione IP68
- dispositivo illuminante in testa camera con minimo n.6 LED
- cavo semi rigido flessibile
- lunghezza ispezionabile minimo 2m
- possibilità di memorizzazione foto e video

5.3 MODALITÀ ESECUTIVE

Le attività di videoispezione prevedono la realizzazione di un foro su tutto lo spessore del rivestimento, (sino ad arrivare alla roccia ± 110 cm) del diametro di 16mm (min) -- 20mm (max). Al termine della perforazione il foro dovrà essere soffiato con aria compressa (da fondo foro verso bocca foro) e successivamente verrà inserito il videoendoscopio per le rilevazioni foto e video.

Durante l'esecuzione del rilievo videoendoscopico si avrà cura di annotare profondità della ripresa fotografica e annotazioni descrittive di quanto osservato.

Segnalare nel report la presenza d'acqua e registrare la durata della venuta

Se perforando si incontrano strutture metalliche (CENTINE), ripetere il foro spostandosi di 20-30cm. La videoendoscopia di "primo tentativo" andrà redatta ugualmente e contabilizzata solo come "esecuzione di prova"

GALLERIA		A26 – GALLERIA POGGIO SX		Data rilievo	01/04/2020	Nome Galleria	Galleria Poggio	POSIZIONE	C PK 0+030	CODICE PROVA	E 001
DATA		30/07/2020		Tecnico operatore	Perju	Direzione	Gravelone Toce - Genova Valtri				
				Autostrada	A26	n. corsie	2				
E 37 (K48)											
PROGRESSIVA CHILOMETRICA		0+140 – CONCIO 8									
ALTEZZA (da terra)		Tra 7,73 e 5,65 m									
RADAR DI RIFERIMENTO		RC/RD									
TAVOLA DI RIFERIMENTO		DRAWING 3 C – pk 0+100 – pk 0+150									
<p>NOTE: Indagine eseguita a 0,5 m dall'asse della galleria in direzione di RD.</p> <p>Per i primi 41 cm si rileva cls con buona resistenza alla perforazione e profilo del foro regolare.</p> <p>Da 41 a 89 cm rilevato cls con media resistenza alla perforazione; profilo del foro regolare. Si rileva la presenza di umidità. Si rileva la presenza di una cavità a 86 cm di profondità.</p> <p>Si rileva materiale disgregato e umido immediatamente a tergo del cls.</p>											
REPORT FOTOGRAFICO											
				DESCRIZIONE		INFORMAZIONI GENERALI					
				cm		Profondità perforazione (cm)		117			
				0		Spessore rivestimento (cm)		107			
				5		Presenza acqua		NO			
				10		Fuoriuscita acqua		NO			
				15		Durata uscita acqua (min)		-			
				20		DESCRIZIONE					
				25		La videoscopia ha identificato rivestimento in calcestruzzo fino a 107cm, seguita da un livello di vuoto fino a 116cm, per poi rilevare materiale roccioso a fondo foro (117cm).					
				30		immagine a profondità 40cm					
				35							
				40		immagine a profondità 107cm					
				45							
				50							
				55		calcestruzzo					
				60							
				65							
				70							
				75							
				80							
				85							
				90							
				95							
				100		immagine a profondità 110cm					
				105							
				110		vuoto					
				115		roccia / fine perforazione					
				120							
				125							

Esempio 1

Esempio 2

5.4 MODALITÀ DI ANALISI E RESTITUZIONE

Per ognuna delle posizioni di rilievo dovrà essere restituita in formato digitale la documentazione video/fotografica e una scheda con annotazione degli elementi maggiormente interessanti (comprese indicazioni di profondità **da bocca foro** e documentazione fotografica).

La restituzione dovrà avvenire in versione definitiva entro 24 ore dall'esecuzione della prova.

Qualora non saranno rispettate le scadenze sopra esposte e i requisiti qualitativi richiesti, saranno applicate penali da definire in fase di contratto.

6 MICROCAROTAGGIO E PROVE DI LABORATORIO

6.1 METODOLOGIE DI INDAGINE E RIFERIMENTI NORMATIVI

Al fine di caratterizzare dal punto di vista meccanico il calcestruzzo costituente il rivestimento viene previsto il prelievo di carote e successivamente prove di laboratorio per la determinazione della resistenza a compressione.

6.1.1 NORMA DI RIFERIMENTO

UNI EN 12504-1:2009 "Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 1: Carote - Prelievo, esame e prova di compressione"

6.2 CARATTERISTICHE DELLE ATTREZZATURE

I prelievi delle carote dovranno essere eseguiti con sistema di carotaggio diamantato per uso intensivo con motore ad alta frequenza e unità di alimentazione automatica per foratura con telaio:

- modalità di funzionamento: sistema di perforazione su supporto
- livello di pressione sonora (A) misurato 95 dB (A) 1
- val. vibr. triassiali per carotature in cls (ad acqua) con corona diamantata (ah,DD) 2.5 m/s²
- sistema di aspirazione polveri
- sistema di alimentazione e ricircolo acqua

Il telaio dovrà essere fissato al rivestimento mediante tasselli ad espansione.

6.3 MODALITÀ ESECUTIVE

Il prelievo della carota dovrà essere eseguito, ovviamente con utilizzo di acqua, e con velocità di rotazione media e costante per tutta la durata della fase di perforazione.

- Riportare nel verbale eventuali problemi durante il carotaggio o interruzioni (descrivere il motivo).
- Qualora vengano incontrate zone di vuoto (durante o al termine della perforazione) dovrà essere riportata su prelievo posizione ed estensione del vuoto.
- Le misurazioni dovranno venire eseguite con metro riferendosi alla penetrazione del carotiere rispetto alla posizione di inizio perforazione.
- In caso di rottura di carota durante l'estrazione (o durante il carotaggio) occorre segnalarlo nel verbale di prelievo.
- Nel caso durante il carotaggio venga incontrato elemento metallico (centina) evitarne il carotaggio
- Acquisire foto del fondo foro tramite endoscopio

6.3.1 MODALITÀ DI ANALISI E RESTITUZIONE CAROTAGGI STANDARD

Il carotaggio dovrà essere eseguito con carotiere diametro 100mm e lunghezza 50cm (da prelevare 3 carote ogni 50 m di sviluppo fornice: piedritto dx, piedritto sx e chiave)

I campioni estratti dovranno essere inviati a laboratorio autorizzato e certificato presso il quale procedere con prova di rottura a compressione per la determinazione della resistenza a compressione. Si prevede un certificate di prova unico per fornice con le risultanze di ogni singolo campione prelevato e analizzato.

I campioni da sottoporre a prova dovranno avere rapporto H/D 1:1.

6.3.2 MODALITÀ DI ANALISI E RESTITUZIONE CAROTAGGI INTEGRATIVI DIFETTOLOGICI

Il carotaggio dovrà essere eseguito con carotiere diametro 100mm per l'intero spessore del rivestimento per indagini di fase2.

in caso di utilizzo di prolunghe si dovrà procedere con primo carotiere da 100cm e successivamente con il secondo da 50cm. Nella scheda di prelievo si dovrà segnalare la lunghezza del carotiere utilizzato

Verbale di prelievo:

Sul verbale di prelievo va indicato quanto segue:

- Lunghezza totale della perforazione
- Lunghezza totale della carota estratta
- Lunghezza dei singoli spezzoni di carota con indicazione di eventuali zone di vuoto
- Eventuali rotture anomale durante carotaggio o durante estrazione dal carotiere (descrivere il motivo se possibile)
- Segnalare su verbale eventuale presenza di acqua e misurare la durata della venuta (come per ve)

Prima di procedere (in sito) a redazione della stratigrafia e fotografie la carota dovrà essere posizionata su cassetta catalogatrice dotata di marcatori (tacca bianco-nero) ogni 10cm. La carota dovrà essere posizionata tenendo conto della eventuale presenza di vuoti (i singoli spezzoni dovranno essere spaziati di conseguenza).

Redazione stratigrafia – cosa indicare (con posizionamento lungo la carota):

- presenza di fratture o lesioni (non da problemi durante prelievo): indicare se la frattura è aperta e se è presente del materiale di riempimento. Descrizione dei bordi della carota in corrispondenza della lesione (arrotondati o vivi, etc)
- variazioni di colorazione
- dimensione media (approssimativamente) degli inerti e dimensione massima
- variazioni di granulometria lungo la carota
- presenza e ampiezza di zone vespaiose
- presenza e ampiezza di zone con vacuoli e dimensione tipica degli stessi
- presenza di vuoti (vedi sopra) con dimensione del vuoto (lunghezza lungo il foro di carotaggio)
- indicare se a fondo foro del carotaggio viene incontrata roccia (meglio prelevare qualche centimetro) o metallo (centina)

Redatta la stratigrafia e realizzate foto la carota dovrà essere ruotata intorno al proprio asse longitudinale di 180°. A questo punto dovranno essere ripetute le fotografie

Modalità di acquisizione documentazione fotografica carote

le fotografie dovranno essere realizzate con buona illuminazione. In presenza di luce artificiale (gialla) si dovrà provvedere a illuminare la cassetta con lampada a led a luce fredda. Le foto dovranno essere scattate posizionandosi sulla verticale della cassetta dove è alloggiata la carota con cartello con indicazione del codice prelievo. Le foto dovranno essere orientate verticalmente (dimensione maggiore lungo asse carota).

Le foto acquisite dovranno essere codificate con

- AUTOSTRADA
- NOME GALLERIA O WBS
- DIREZIONE
- PK
- POSIZIONE SU VOLTA
- POSIZIONE FOTO - per posizione foto si intenderà A e B con B con carota ruotata di 180° rispetto ad A
- il nome carota e data prelievo
- DATA FOTOGRAFIA anno mese giorno

Codifica

AUTOSTRADA_NOME GALLERIA_DIREZIONE_PK(0+000)_POSIZIONE VOLTA_POSIZIONE FOTO_DATA(AAMMGG)

Esempio:

*prelievo su autostrada A12 Galleria dell'Anchetta sinistra in posizione tra C (chiave) e RS (rene sinistro) alla pk 0+544m
fotografia su prima posizione eseguita il 10 marzo 2020.*

Campioni per laboratorio

Solo su richiesta il campione estratto potrà essere inviato a laboratorio autorizzato e certificato presso il quale procedere con prova di rottura a compressione per la determinazione della resistenza a compressione. Si prevede un certificate di prova unico per fornice con le risultanze di ogni singolo campione prelevato e analizzato.

I campioni da sottoporre a prova dovranno avere rapporto H/D 1:1.

La restituzione dovrà avvenire in versione definitiva entro 48 ore dall'esecuzione della prova.

Qualora non saranno rispettate le scadenze sopra esposte e i requisiti qualitativi richiesti, saranno applicate penali da definire in fase di contratto.

7 PROVE DI PULL-OUT

7.1 METODOLOGIE DI INDAGINE E RIFERIMENTI NORMATIVI

Ai fini della caratterizzazione meccanica della porzione corticale del calcestruzzo costituente il rivestimento verranno eseguite prove di pull-out. Tali prove verranno eseguite anche in relazione alle zone di calotta dove sono installate reti di protezione. La prova fornirà in questo caso la forza di estrazione del tassello inserito al fine di valutare l'efficienza del fissaggio delle reti stesse.

Scopo della prova è quello di determinare la forza di estrazione del calcestruzzo indurito per mezzo di un inserto pre-inglobato nel getto costituito da un disco e uno stelo (Figura 1), oppure di un dispositivo simile post-inserito per foratura all'interno del calcestruzzo indurito (Figura 2). Nella Figura 3 viene riportata la sezione schematica dell'esecuzione della prova di estrazione.

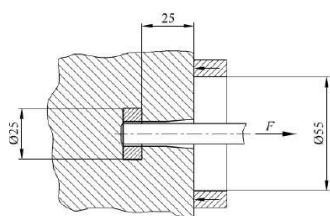


Figura 1

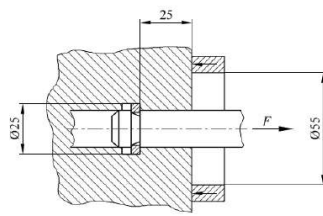


Figura 2



Figura 3

7.1.1 NORMA DI RIFERIMENTO

UNI EN 12504-3:2005 "Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 3: Determinazione della forza di estrazione"

7.2 CARATTERISTICHE DELLE ATTREZZATURE

Per le prove dovrà essere utilizzata la seguente attrezzatura:

- Martinetto oleodinamico cavo con portata 200 kN dotato di anello di contrasto in acciaio
- Pompa oleodinamica a leva manuale con manometro digitale collegata al martinetto mediante tubo idraulico (lunghezza 2,5 m) ad alta pressione (700 bar).
- manometro digitale con fondo scala 250 bar con detentore di picco e certificato di taratura
- Punta al widia 18 mm con adattatore per trapano a percussione (attacco a baionetta).
- Smerigliatrice dritta elettrica (710W, 7000-27000 giri/minuto) con chiave di servizio, completa di fresa diamantata
- Tasselli post-inseriti **modello Thoro** ad espansione geometrica controllata per l'esecuzione standardizzata della prova di estrazione. Le caratteristiche geometriche della tipologia di tassello sono perfettamente conformi ai punti 4.1.1 e 4.1.3 della UNI EN 12504-3:2005

7.3 MODALITÀ ESECUTIVE

La prova di estrazione consente di:

- valutare l'uniformità del calcestruzzo;
- stimare la resistenza a compressione del calcestruzzo in opera (definita come resistenza strutturale).

I centri delle posizioni di prova devono essere distanziati tra di loro di almeno 200 mm ed essere a 100 mm dal bordo del calcestruzzo. Gli inserti devono essere posizionati in modo che tutte le armature si trovino al di fuori della superficie di rottura conica prevista, ad una distanza pari almeno al diametro della barra di armatura o alla dimensione massima dell'aggregato quale che sia il valore maggiore.

Ogni tassello sarà inserito dopo aver eseguito una perforazione del calcestruzzo con punta elicoidale al widia azionata da trapano a percussione e successivamente aver creato, tramite alesaggio, un adeguato allargamento del foro a 25 mm di profondità dalla superficie esterna dell'elemento strutturale indagato.

Il tassello è composto da un elemento di acciaio cavo con base cilindrica dotata di una filettatura atta a consentire l'avvitamento dello stelo estrattore del martinetto oleodinamico. Al di sopra della filettatura è previsto un allargamento del tassello che funge da fermo corsa nella fase di inserimento dello stesso nel calcestruzzo. La parte finale del tassello è quella che viene inserita nella perforazione ed è costituita da otto elementi separati da intagli longitudinali, terminanti con allargamenti convergenti nella sommità, formanti una superficie tronco conica.

Il tassello è dotato di rondella aperta di acciaio posta tra la parte terminale degli elementi separati da intagli e la parte di essi che presentano gli allargamenti. La funzione della rondella è quella di garantire una più uniforme ripartizione del carico nel corso della prova di estrazione. Collocato il tassello nel calcestruzzo all'interno della foratura si provvederà all'espansione geometrica controllata dello stesso mediante battitura meccanica di una capsula cilindrica con punta tronco conica arrotondata metallica all'interno della parte cilindrica del tassello determinandone l'espansione. L'inserimento della capsula induce l'espansione controllata della testa del tassello e della rondella, che si collocheranno nella sede della perforazione precedentemente realizzata mediante alesaggio.

A seguire si avvierà lo stelo estrattore del martinetto oleodinamico e, dopo aver posizionato e fissato il martinetto e collegato il tubo idraulico alla pompa (Fase 8), si provvederà con la prova di estrazione. Successivamente si procede ad applicare il carico ed aumentarlo ad una velocità costante di $(0,5 \pm 0,2)$ kN/s senza shock, fino al verificarsi della frattura. A quell punto verrà registrata la forza massima rilevata (forza di estrazione).

La corrispondenza tra il valore letto al manometro digitale (in bar) e la forza di estrazione (kN) dovrà essere desunta dal certificato di taratura.

La forza di estrazione massima rilevata deve essere espressa al più vicino 0,05 kN.

L'equazione di taratura del sistema di carico è la seguente:

$$F(\text{KN}) = a \times p^2 + b \times p + c$$

Dove a, b, c sono elementi propri del martinetto utilizzato; p è la pressione letta sul manometro [bar]

7.4 MODALITÀ DI ANALISI E RESTITUZIONE

I dati di prova dovranno essere restituiti su scheda con documentazione fotografica del punto di prova prima e dopo la prova; dovrà essere fornita anche documentazione fotografica del tassello estratto (con porzione residua del calcestruzzo).

La restituzione dovrà avvenire in versione definitiva entro 24 ore dall'esecuzione della prova.

Qualora non saranno rispettate le scadenze sopra esposte e i requisiti qualitativi richiesti, saranno applicate penali da definire in fase di contratto.

8 PROVE DI MARTINETTO PIATTO SEMPLICE

8.1 METODOLOGIE DI INDAGINE E RIFERIMENTI NORMATIVI

L'indagine con il martinetto piatto singolo consiste nell'eseguire un taglio in un elemento strutturale per poi applicare sulle superfici del taglio una pressione nota che porti al ripristino delle condizioni iniziali del corpo. L'esecuzione di un taglio piano in direzione normale alla superficie di un elemento provoca una richiusura dei lembi della fessura; introducendo un martinetto piano all'interno della fessura (ossia introducendo una tasca metallica molto sottile nella quale si può iniettare olio a pressione nota) è possibile riportare i lembi della fenditura nelle condizioni iniziali.

Dalla forza esercitata del martinetto per ripristinare la situazione iniziale è possibile individuare lo stato tensionale originariamente presente nella muratura (in situ stress).

La tensione in situ vale pertanto:

$$\sigma = P \cdot K_t \cdot K_m$$

Dove:

- P = Pressione del martinetto per la quale si recupera lo stato di sollecitazione antecedente il taglio;
- σ = Valore di sforzo calcolato;
- K_m = Costante adimensionale data dal rapporto tra area del martinetto ed area del taglio (<1);
- K_t = costante adimensionale che dipende dalla geometria e dalla rigidità del martinetto (<1);

Il valore della pressione effettivamente applicata viene definita mediante la seguente formula:

$$\sigma = P \cdot K_m (A_m/A_t)$$

dove:

- P = Pressione erogata ai martinetti;
- K_m = Valore medio dei 2 coefficienti di taratura dei martinetti;
- A_m = Area del martinetto;
- A_t = Valore medio delle 2 aree di taglio

Dal rapporto tra la tensione applicata e la deformazione misurata si ricava il valore del modulo elastico della muratura.

Per la prova vengono adottate abitualmente almeno tre basi estensimetriche "a cavallo" del taglio. In questo modo si ottiene una misura diretta della convergenza tra i due bordi del taglio, e la misura del suo annullamento, quando venga imposta nuovamente la tensione in sito.

8.1.1 NORMA DI RIFERIMENTO

ASTM D 4729 - 87 (1992) - Standard Test Method for In Situ Stress and Modulus of Deformation Using the Flatjack Method

8.2 CARATTERISTICHE DELLE ATTREZZATURE

Per le prove verrà impiegata la seguente attrezzatura e strumentazione:

- martinetti piatti semicircolari (350x260x4)
- troncatrice elettrica o a scoppio tipo "Husqvarna K-ring"
- centralina oleodinamica manuale o elettrica con manometro di precisione (classe 1)
- comparatore millesimale

8.3 MODALITÀ ESECUTIVE

La metodologia prevede anzitutto l'esecuzione del taglio e la misura della convergenza della fessura, la cui entità viene rilevata attraverso misure di spostamento relativo fra due o più punti situati in posizione simmetrica rispetto allo stesso taglio tramite un trasduttore di spostamento. Inserito il martinetto piatto all'interno del taglio, esso viene portato gradualmente in pressione fino ad annullare la convergenza in precedenza misurata. In queste condizioni la pressione all'interno del martinetto sarà pari alla sollecitazione preesistente nella muratura, a meno di costanti che tengono conto del rapporto tra l'area del martinetto e quella del taglio praticato e di un coefficiente di rigidità del martinetto.

La prova si articola pertanto nelle seguenti fasi:

- Installazione dei riferimenti delle basi di misura
- Esecuzione delle misurazioni sulle basi con comparatore millesimale (lettura di zero)
- Esecuzione del taglio con troncatrice idonea tipo
- Misurazione delle basi immediatamente dopo il taglio
- Inserimento del martinetto piatto
- Misurazione delle basi estensimetriche
- Collegamento del martinetto piatto alla centralina oledinamica
- incremento della pressione per step e corrispondente misura delle basi estensimetriche ad ogni step di incremento della pressione
- verifica della pressione di ripristino (corrispondenza tra lettura di zero delle basi – prima del taglio - e lettura alla pressione “di ripristino”

8.4 MODALITÀ DI ANALISI E RESTITUZIONE

La restituzione della prova dovrà comprendere quanto segue:

- dati di prova in formato tabellare
- grafico di time history di spostamenti e pressioni
- grafico spostamenti vs pressioni
- calcolo dei valori della tensione di esercizio
- documentazione fotografica idonea

La restituzione dovrà avvenire in versione definitiva entro 24 ore dall'esecuzione della prova.

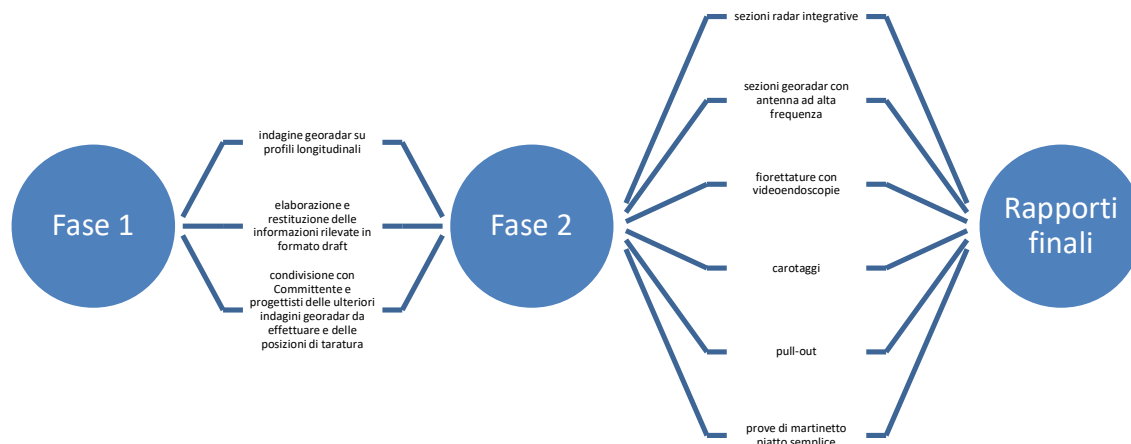
Qualora non saranno rispettate le scadenze sopra esposte e i requisiti qualitativi richiesti, saranno applicate penali da definire in fase di contratto.

9 ANALISI DEL PROCESSO LOGICO DI APPROFONDIMENTO DI CONOSCENZA E VERIFICA - SEQUENZA DELLE FASI DI INDAGINE

La campagna diagnostica si articolerà su step e fasi al fine di utilizzare le varie metodologie di indagine su successivi affinamenti e integrazioni e raggiungere gli obiettivi prefissati potendo definire durante la campagna stessa in funzione delle risultanze via via disponibili dagli stessi rilievi.

La campagna di indagine viene pertanto articolata nei seguenti step:

1. Fase 1
 - a. indagine georadar su profili longitudinali
 - i. n.3 profili per gallerie a 2 corsie
 - ii. n.5 profili per gallerie a 3 corsie
 - b. elaborazione e restituzione delle informazioni rilevate in formato draft
 - c. condivisione con Committente e progettisti delle ulteriori indagini georadar da effettuare e delle posizioni di taratura
2. Fase 2
 - a. sezioni radar integrative – indagini su profili longitudinali di dettaglio o trasversali di correlazione tra profili trasversali
 - b. sezioni georadar con antenna ad alta frequenza
 - i. profili longitudinali e/o trasversali in corrispondenza di zone con ammaloramenti superficiali
 - ii. profili di verifica nelle zone adiacenti alle zone coperte con reti
 - c. fiorettature con videoendoscopie
 - i. verifica e taratura indagine georadar di fase 1
 - ii. analisi delle zone con reti di protezione
 - iii. analisi delle zone con ammaloramenti superficiali
 - d. carotaggi
 - i. analisi statistica delle caratteristiche meccaniche del rivestimento
 - e. pull-out
 - i. integrazione del dato da carotaggi
 - ii. analisi delle zone di fissaggio delle reti di protezione
 - f. prove di martinetto piatto semplice
 - i. analisi dello stato tensionale del rivestimento nelle zone di galleria con maggior copertura
 - ii. analisi dello stato tensionale nelle zone con presenza di sottospessori del rivestimento e/o ammaloramenti in chiave di calotta
3. Redazione dei rapporti finali



10 PENALI PER RITARDO NELLA RESTITUZIONE DEI RISULTATI DI INDAGINE

Qualora la restituzione della prova non avvenga nei tempi e nei modi specificati al singolo paragrafo verrà trattenuto un importo pari a 50€ per ogni prova e per ogni giorno di ritardo.

Le penali per ritardo cumulate non potranno superare il 10% dell'importo del contratto attuativo. Qualora l'affidatario dovesse raggiungere tale importo si valuterà la risoluzione del contratto.

11 NUMERO MINIMO DI SQUADRE RICHIESTE PER L'ESECUZIONE DEI SERVIZI

Ogni affidatario dovrà garantire un numero minimo di 3 squadre costituite da 2 operatori.

La stazione Appaltante potrà richiedere incrementi di personale, qualora i carichi di lavoro pianificati lo necessitino.