



Anas SpA

Direzione Centrale Progettazione

CUP F2602000340001 CIG 652449686B



GARA CA 08/15 - NUOVA SS 554 CAGLIARITANA

ADEGUAMENTO DELL'ASSE ATTREZZATO URBANO ED ELIMINAZIONE DELLE INTERSEZIONI A RASO DAL KM 1+500 AL KM 11+850

PROGETTO DEFINITIVO

C-ASSE STRADALE PRINCIPALE

STUDIO IMPATTO AMBIENTALE

MONITORAGGIO AMBIENTALE

Relazione

CODICE PROGETTO			CODICE ELABORATO					SCALA	DATA
progetto	liv.	numero	campo 1	campo 2	campo 3	campo 4	rev		
D P C A 0 6	D	1 5 0 1	T 0 0	I A 0 6	A M B	R E 0 1	C	-	30/11/2019

CONCORRENTE:



PROGETTISTA INDICATO COSTITUENDO R.T.P.

Capogruppo Mandataria R.T.P.

SWSTM

Mandante



Mandante

ING. FRANCESCA LEO

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE
FRA LE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Paolo Cucino

RESPONSABILE ELABORATO

Ing. Paolo Cucino

INDICE

1	PREMESSA	1
2	SCELTA DELLE COMPONENTI AMBIENTALI.....	3
2.1	Atmosfera	3
2.2	Ambiente Idrico superficiale.....	4
2.3	Ambiente Idrico sotterraneo.....	4
2.4	Suolo e sottosuolo	5
2.5	Vegetazione, flora e fauna.....	5
2.6	Rumore.....	6
2.7	Vibrazioni.....	6
2.8	Paesaggio.....	6
3	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	7
3.1	Aree di cantiere e viabilità.....	8
4	COMPONENTE ATMOSFERA	10
4.1	Riferimenti normativi	10
4.2	Analisi dei documenti di riferimento	11
4.3	Criteri di scelta dei punti di monitoraggio.....	11
4.3.1	Localizzazione dei punti di monitoraggio.....	12
4.4	Articolazione temporale delle attività di monitoraggio.....	14
4.4.1	Attività di monitoraggio ante operam.....	14
4.4.2	Attività di monitoraggio in corso d'opera.....	14
4.4.3	Attività di monitoraggio post operam	15
4.5	Metodologia per l'esecuzione delle attività di monitoraggio.....	15
4.5.1	Svolgimento del monitoraggio tipo	15
4.5.2	Strumentazione di misura.....	16
4.5.3	Documentazione prodotta	17
5	COMPONENTE AMBIENTE IDRICO SUPERFICIALE	18
5.1	Riferimenti normativi.....	18
5.2	Analisi dei documenti di riferimento	19
5.3	Criteri di scelta dei punti di monitoraggio.....	20

5.3.1	Localizzazione dei punti di monitoraggio.....	21
5.4	Articolazione temporale delle attività di monitoraggio.....	22
5.4.1	Attività di monitoraggio ante operam.....	22
5.4.2	Attività di monitoraggio corso d'opera	22
5.4.3	Attività di monitoraggio post operam	23
5.5	Metodologia per l'esecuzione delle attività di monitoraggio.....	23
5.5.1	Svolgimento del monitoraggio tipo	23
5.5.2	Misure idrologiche ed in situ.....	24
5.5.3	Prelievo campioni per analisi chimico-fisiche e batteriologiche di laboratorio	25
5.5.4	Metodologia di esecuzione delle analisi	26
5.5.4.1	Analisi chimico fisiche.....	26
5.5.4.2	Analisi Batteriologiche	26
5.5.4.3	Descrizione del campionamento di macroinvertebrati e calcolo dell'indice STAR_ICMi	27
6	COMPONENTE AMBIENTE IDRICO SOTTERRANEO.....	30
6.1	Riferimenti normativi	31
6.2	Analisi dei documenti di riferimento	32
6.3	Criteri di scelta dei punti di monitoraggio.....	32
6.3.1	Localizzazione dei punti di monitoraggio.....	33
6.4	Articolazione temporale delle attività di monitoraggio.....	34
6.4.1	Attività di monitoraggio ante operam.....	34
6.4.2	Attività di monitoraggio corso d'opera	35
6.4.3	Attività di monitoraggio post operam	35
6.5	Metodologia per l'esecuzione delle attività di monitoraggio.....	36
6.5.1	Nuovi piezometri.....	36
6.5.1.1	Modalità esecutive.....	36
6.5.1.2	Caratterizzazione dei terreni in cassetta.....	36
6.5.1.3	Dati sulle perforazioni	37
6.5.2	Rilevamento ed acquisizione delle informazioni.....	37
6.5.2.1	Misure piezometriche	38
6.5.2.2	Prelievo di campioni d'acqua.....	38
6.5.2.3	Analisi chimico-fisico-batteriologiche.....	41

6.5.3	Modalità di campionamento ed analisi delle acque	41
6.5.3.1	Metodologie di misura parametri in situ	43
6.5.3.2	Prelievo campioni acque sotterranee per analisi chimico-fisiche e batteriologiche di laboratorio.....	43
6.5.3.3	Metodologia di esecuzione delle analisi	44
7	COMPONENTE SUOLO E SOTTOSUOLO	46
7.1	Riferimenti normativi	46
7.2	Analisi dei documenti di riferimento	47
7.3	Criteri di scelta dei punti di monitoraggio.....	48
7.3.1	Localizzazione dei punti di monitoraggio.....	48
7.4	Articolazione temporale delle attività di monitoraggio.....	49
7.4.1	Attività di monitoraggio ante operam.....	49
7.4.2	Attività di monitoraggio post operam	50
7.5	Metodologia per l'esecuzione delle attività di monitoraggio.....	50
7.5.1	Trivellate pedologiche	51
7.5.2	Scavi pedologici	51
7.5.3	Profili pedologici	51
7.5.4	Preparazione del campione, rilevazione granulometrica e analisi di laboratorio.....	51
8	COMPONENTE VEGETAZIONE FLORA E FAUNA.....	54
8.1	Riferimenti normativi	54
8.2	Analisi dei documenti di riferimento	55
8.3	Criteri di scelta dei punti di monitoraggio.....	55
8.3.1	Localizzazione dei punti di monitoraggio.....	56
8.4	Articolazione temporale delle attività di monitoraggio.....	57
8.4.1	Attività di monitoraggio ante operam.....	58
8.4.2	Attività di monitoraggio corso d'opera	58
8.4.3	Attività di monitoraggio post operam	58
8.5	Metodologia per l'esecuzione delle attività di monitoraggio.....	60
8.5.1	Monitoraggio degli attecchimenti e dello stato di salute degli alberi e degli arbusti.....	60
8.5.2	Monitoraggio degli accrescimenti e dello stato di salute delle piante	60
8.5.3	Valutazione dell'efficacia di schermatura/copertura realizzate con impianti a verde (siepi e filari su pagine stradale) e analisi previsionale in base alle velocità di accrescimento	60

8.5.4	Monitoraggio della vegetazione sui dei suoli di copertura nei bacini di lagunaggio.....	61
8.5.5	Analisi di indicatori ecologici di tipo faunistico.....	61
8.5.6	Monitoraggio di elementi residuali della vegetazione spontanea	61
9	COMPONENTE RUMORE.....	63
9.1	Riferimenti normativi.....	63
9.2	Analisi dei documenti di riferimento	64
9.3	Criteri di scelta dei punti di monitoraggio.....	64
9.3.1	Localizzazione dei punti di monitoraggio.....	65
9.4	Articolazione temporale delle attività di monitoraggio.....	67
9.4.1	Attività di monitoraggio ante operam.....	67
9.4.2	Attività di monitoraggio corso d'opera	68
9.4.3	Attività di monitoraggio post operam	68
9.5	Metodologia per l'esecuzione delle attività di monitoraggio.....	68
9.5.1	Misure fonometriche nella fase ante e post-operam	69
9.5.2	Misure fonometriche nella fase corso d'opera	70
10	COMPONENTE VIBRAZIONI	71
10.1	Riferimenti normativi.....	71
10.2	Analisi dei documenti di riferimento	71
10.3	Criteri di scelta dei punti di monitoraggio.....	72
10.3.1	Localizzazione dei punti di monitoraggio	72
10.4	Articolazione temporale delle attività di monitoraggio.....	73
10.4.1	Attività di monitoraggio ante operam.....	74
10.4.2	Attività di monitoraggio corso d'opera	74
10.5	Metodologia per l'esecuzione delle attività di monitoraggio.....	75
10.5.1	Elaborazione delle misurazioni	75
10.5.2	Organizzazione delle informazioni e restituzione dei risultati.....	76
10.5.3	Misure vibrazionali nella fase corso d'opera	76
11	COMPONENTE PAESAGGIO E STATO FISICO DEI LUOGHI	77
11.1	Riferimenti normativi e metodologici.....	78
11.2	Analisi dei documenti di riferimento	78
11.3	Criteri di scelta dei punti di monitoraggio.....	79

11.3.1	Localizzazione dei punti di monitoraggio	79
11.4	Articolazione temporale delle attività di monitoraggio.....	80
11.4.1	Attività di monitoraggio ante operam.....	81
11.4.2	Attività di monitoraggio in corso d'opera	81
11.4.3	Attività di monitoraggio post operam.....	81
11.5	Metodologia per l'esecuzione degli accertamenti della componente paesaggio	82
11.5.1	Attività in sede.....	83
11.5.2	Parametri rilevati.....	83
11.5.3	Analisi dei dati.....	83
12	GESTIONE DEI DATI.....	84
12.1	Struttura organizzativa delle attività di monitoraggio	84
12.2	Sistema Informativo.....	85
12.3	Acquisizione dati.....	86
12.3.1	Elaborazione dati in forma cartacea.....	87
12.3.2	Elaborazione dati in forma digitale.....	87
12.4	Diffusione ed archiviazione dei dati del monitoraggio ambientale	88
12.4.1	Diffusione dei dati del monitoraggio.....	88
12.4.2	Rapporti periodici.....	88

1 PREMESSA

Il presente Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA), relativo al Progetto Definitivo offerto dal Concorrente e relativo alla Nuova SS554 "Cagliaritano" Adeguamento dell'asse attrezzato urbano ed eliminazione delle intersezioni a raso dal km 1+500 al km 11+850, è stato redatto secondo quanto previsto nel Capitolato d'oneri del Progetto Definitivo e nell'allegato NG Ambiente al Capitolato Speciale Parte Generale (allegati alla documentazione di gara).

Esso ha lo scopo di esaminare le eventuali variazioni che intervengono nell'ambiente a seguito della costruzione dell'opera, risalendone alle cause. Ciò per determinare se tali variazioni sono imputabili all'opera in costruzione o realizzata e per ricercare i correttivi, che meglio possano ricondurre gli effetti rilevati a dimensioni compatibili con la situazione ambientale preesistente.

Il Piano indica, inoltre, la metodologia da applicare per il monitoraggio delle diverse componenti ambientali, l'ubicazione dei punti di misura ed il programma temporale delle indagini previste.

A tale scopo, infatti, il Piano di Monitoraggio Ambientale si articola nelle seguenti fasi:

- *Monitoraggio Ante Operam (MAO)*, che ha lo scopo di fornire una descrizione dello stato dell'ambiente prima dell'intervento e di fungere da base per la previsione delle variazioni che potranno intervenire durante la costruzione e l'esercizio, proponendo le eventuali contromisure.
- *Monitoraggio in Corso d'Opera (MCO)*, il cui obiettivo è la verifica che le eventuali modificazioni indotte dall'opera all'ambiente circostante siano temporanee e non superino determinate soglie, affinché sia possibile adeguare rapidamente la conduzione dei lavori a particolari esigenze ambientali.
- *Monitoraggio Post Operam (MPO)*, la cui finalità è di verificare nel primo periodo d'esercizio della nuova infrastruttura, che le eventuali alterazioni temporanee intervenute durante la costruzione rientrino nei valori normali e che eventuali modificazioni permanenti siano compatibili e coerenti con l'ambiente preesistente.

Le attività di monitoraggio sono state programmate tenendo conto delle informazioni presenti nel progetto definitivo offerto dal Concorrente, e degli approfondimenti degli impatti in fase di costruzione dell'opera effettuati dal Concorrente nel progetto offerto.

Dal punto di vista costruttivo l'intervento in progetto, secondo il bando ANAS, è suddiviso in due distinti lotti funzionali:

- **I° Lotto funzionale: dal km 1+500 al km 7+100, che sarà oggetto dell'Appalto di esecuzione e di progettazione esecutiva, da parte dell'aggiudicatario della gara;**
- **II° Lotto funzionale: dal km 7+100 al km 11+850, che non sarà oggetto dell'Appalto di esecuzione e di progettazione esecutiva, ma soltanto della fase di progettazione definitiva in gara.**

La scelta della dislocazione dei punti del PMA è stata effettuata con riferimento a tale suddivisione e per ogni componente ambientale ed i relativi punti di monitoraggio è riportato il Lotto funzionale di riferimento.

Si rimanda alla fase di progettazione esecutiva l'ottimizzazione del PMA di concerto con gli enti competenti (es. ARPAS); tale ottimizzazione sarà effettuata sulla base di una più puntuale valutazione degli effetti ambientali di portata locale.



Costituisce parte integrante della presente relazione l'elaborato grafico di seguito elencato, nel quale è riportata la localizzazione delle postazioni di misura previste nell'ambito del piano di monitoraggio:

- *Planimetria con ubicazione dei punti di misura Tav. 1/2÷2/2 - Scala 1:5.000 (Elab. DPCA06-D-1501-T00-IA-06-AMB-PP-01 e DPCA06-D-1501-T00-IA-06-AMB-PP-02).*

2 SCELTA DELLE COMPONENTI AMBIENTALI

Al fine di verificare le previsioni di impatto individuate nel SIA, sia per le fasi di costruzione che di esercizio, valutare e controllare l'evolversi della situazione ambientale nonché verificare l'efficacia delle mitigazioni adottate, vengono di seguito individuate, in conformità con quanto definito nelle "Linee Guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., D.Lgs. 163/2006 e s.m.i.), Indirizzi metodologici generali" (Rev.1 del 18/12/2013) predisposte dall'ISPRA di concerto con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e nell'allegato NG Ambiente al Capitolato Speciale Parte Generale (contenuto nella documentazione di gara), le componenti ambientali che saranno oggetto del monitoraggio

- atmosfera
- ambiente idrico superficiale
- ambiente idrico sotterraneo
- suolo
- vegetazione, flora, fauna
- rumore
- vibrazioni;
- paesaggio.

Le attività di monitoraggio sono state programmate tenendo conto delle informazioni presenti nello Studio di Impatto Ambientale (SIA), nell'ambito del quale è stata condotta un'analisi dettagliata di tutte le componenti ambientali potenzialmente impattate dai lavori di realizzazione dell'intervento in oggetto.

2.1 Atmosfera

Lo studio della componente atmosfera rappresenta un punto fondamentale del Piano di Monitoraggio, in quanto la componente risulta interferita sia durante la realizzazione dell'opera che in fase di esercizio. Nella fase di cantiere, gli impatti sono dovuti alla diffusione di inquinanti provenienti dai mezzi d'opera e dalla dispersione delle polveri generate dagli scavi e dalla movimentazione dei terreni. Infatti per l'individuazione dei ricettori si è tenuto conto degli ambiti territoriali ove sono localizzati i cantieri principali e secondari, nonché delle porzioni di territorio ove è prevista la realizzazione di opere provvisorie. A ciò è stato inoltre aggiunto un secondo caratterizzante aspetto legato agli effetti dovuti all'inquinamento atmosferico, che sarà prodotto dal traffico indotto dalla movimentazione dei mezzi di cantiere.

In fase di esercizio l'impatto è dovuto al traffico veicolare sulla nuova arteria e alle emissioni prodotte dalla circolazione degli automezzi sulla nuova strada che danno luogo a ricadute di specie inquinanti (prodotti della combustione e polveri) in un intorno molto limitato rispetto alla sede stradale.

2.2 Ambiente Idrico superficiale

Il tracciato di progetto attraversa tre corpi idrici: Rio Saliu, Rio di Selargius e Rio de Is Cungianus. Il regime torrentizio delle portate dei tre canali intersecati dal tracciato di progetto non consente un utilizzo significativo delle loro risorse idriche con il quale l'infrastruttura possa creare possibili interferenze. Infatti, le portate dei suddetti corpi idrici sono state fortemente modificate rispetto alle condizioni naturali non solo per gli interventi realizzati sui principali corsi d'acqua, ma anche per le modificazioni che i bacini scolanti, generalmente a debole pendenza, hanno subito negli ultimi anni per la progressiva urbanizzazione del territorio.

Tuttavia è importante evidenziare che tutti e tre questi corsi d'acqua hanno come ricettore finale lo Stagno di Molentargius. Il Rio Saliu alimenta in parte anche lo Stagno di Terramaini, una piccola zona umida inserita nel Parco di Terramaini, area verde di recente realizzazione nel territorio altamente urbanizzato di Pirri.

La funzionalità ecologica dello stagno di Molentargius è strettamente legata alla qualità delle sue acque e al regime di afflussi idrici, per cui risulta necessario tenere sotto controllo i corpi idrici che vi afferiscono.

Pertanto gli impatti indotti dalla realizzazione delle opere sulle acque superficiali consistono principalmente in:

- fenomeni di inquinamento della risorsa idrica, dovuti alle lavorazioni o costruzioni di ponti, deviazioni e tombini o a modifiche della matrice ambientale in fase di esercizio;
- consumo della risorsa idrica.

In particolare il monitoraggio della componente Ambiente Idrico Superficiale riguarderà la valutazione delle potenziali modifiche indotte dalle attività di costruzione nelle sotto elencate situazioni:

- in corrispondenza degli attraversamenti dei principali corsi d'acqua;
- in corrispondenza delle aree di cantiere e/o fronte avanzamento lavori situate in prossimità di corsi d'acqua.

2.3 Ambiente Idrico sotterraneo

L'impatto indotto dalla realizzazione delle opere sulle acque sotterranee può consistere principalmente in modificazioni dei livelli di falda ed in fenomeni di inquinamento della medesima. L'analisi delle acque sotterranee ha lo scopo di evidenziare le eventuali significative variazioni quantitative e qualitative, determinate dalla realizzazione dell'opera sugli equilibri idrogeologici delle aree attraversate dall'infrastruttura.

Relativamente al progetto in esame, le attività di costruzione delle trincee potrebbero determinare risentimenti sul livello della falda nell'area indagata. Tali attività possono infatti indurre modificazioni dell'attuale situazione della falda, creando sbarramenti o situazioni di drenaggio.

Vi sono, altresì, attività di cantiere previste che potrebbero indurre un inquinamento diffuso delle acque sotterranee ovvero:

- utilizzo di mezzi meccanici e macchinari di cantiere, che possono comportare diffusione di idrocarburi ed oli;
- getti di calcestruzzo, che possono contenere additivi chimici di varia natura, oltre allo stesso cemento, che può essere disperso nelle lavorazioni di costruzione dei muri di sostegno.

In conseguenza di quanto indicato, i punti di rilevamento sono distribuiti lungo le trincee, con qualche infittimento nelle aree dei cantieri principali, che possono essere interessate da sversamenti accidentali di sostanze inquinanti durante le lavorazioni e che sono comunque influenzate dalla costruzione delle muri di sostegno. I punti di misura sono stati scelti tenendo conto della direzione di flusso prevista della falda.

2.4 Suolo e sottosuolo

L'area di intervento è localizzata prevalentemente su depositi alluvionali quaternari, impostati su arenarie (Arenarie di Pirri) e marne (Marne di Gesturi) oligomioceniche. La presenza delle arenarie di Pirri determina un'elevata permeabilità, con elevata possibilità di infiltrazione delle acque, testimoniata anche dal reticolo idrografico che tende ad infiltrarsi nella copertura alluvionale. Per questi motivi, la principale sensibilità della componente è costituita dalla possibilità di infiltrazioni nei suoli e quindi nella falda di acque inquinate, per dilavamento della superficie stradale ad opera delle acque meteoriche.

Il monitoraggio della componente suolo ha lo scopo di analizzare le attuali caratteristiche pedologiche dei terreni interessati dalle attività di cantiere e consente di controllare le variazioni di tali caratteristiche in funzione delle operazioni di impianto dei cantieri stessi e delle relative lavorazioni in corso d'opera. Esso verrà realizzato nella fase ante e post operam. In corso d'opera sono previsti una serie di sopralluoghi allo scopo di verificare il layout di cantiere, in particolare con accertamenti mirati alla localizzazione delle varie attività di cantiere durante le fasi realizzative dell'opera. Caratterizzata l'area di intervento dal punto di vista pedologico, attraverso il monitoraggio ante operam, il monitoraggio post operam si orienterà sui punti maggiormente critici in relazione agli impatti ipotizzati.

2.5 Vegetazione, flora e fauna

Il monitoraggio della componente vegetazione si esegue al fine di verificare gli "effetti delle attività previste sulla vegetazione esistente, per permettere l'adozione tempestiva di eventuali azioni correttive".

La procedura di monitoraggio ha lo scopo di rispondere all'esigenza di avere un inquadramento territoriale di facile lettura e di monitorare, in modo puntuale, la dinamica vegetazionale e gli eventuali cambiamenti nella struttura e nella composizione della vegetazione presente.

Il territorio attraversato dall'intervento in progetto presenta una urbanizzazione diffusa ed una ridotta valenza naturalistica di carattere residuale, pertanto lo studio dell'ambito tematico della vegetazione è finalizzato ai seguenti principali obiettivi:

- monitorare i suoli di copertura e della vegetazione dei bacini di lagunaggio;
- monitorare gli elementi residuali della vegetazione spontanea;
- monitorare gli attecchimenti ed accrescimenti delle opere a verde previste, nonché l'efficacia di schermatura/copertura delle stesse.

Il monitoraggio della componente fauna si esegue al fine di verificare un'eventuale mortalità per collisione delle specie presenti e l'efficacia dei sottopassi idraulici aventi le funzioni di sottopassi faunistici.

2.6 Rumore

Il monitoraggio della componente rumore è organizzato, in maniera tale da consentire:

- una corretta caratterizzazione del clima acustico, sia nella fase ante operam, sia durante la fase di esercizio, per tutta la fascia di territorio potenzialmente sottoposta a questo impatto;
- un controllo delle modifiche al clima acustico che possono riscontrarsi in corso d'opera nelle situazioni ove la durata degli eventi, l'intensità o particolari condizioni locali lo rendono necessario;
- verificare il corretto dimensionamento degli interventi di abbattimento del rumore definiti dal SIA.

Esso è stato programmato relativamente alle postazioni in vicinanza dei siti di cantiere principale ed in ulteriori aree residenziali interessate dal progetto.

All'interno degli ambiti di cantiere sono state inoltre considerate le aree attraversate dalle strade che saranno percorse dai mezzi di cantiere per il trasporto dei materiali da/per i medesimi.

2.7 Vibrazioni

Il monitoraggio della componente vibrazioni viene previsto in fase ante operam ed in corso d'opera, allo scopo di verificare l'adeguatezza delle indagini e valutazioni svolte nel SIA in relazione all'ampiezza della fascia di studio considerata ed all'inclusione di ricettori sensibili individuati nel SIA, includendo anche le aree interessate dalle attività di cantiere o dal transito dei mezzi d'opera.

L'analisi dell'impatto vibrazionale nella fase di cantierizzazione dell'opera ha lo scopo di valutare il livello di disturbo che si potrebbe generare durante la fase stessa, al fine di garantire la piena compatibilità delle vibrazioni emesse dalle attività di cantiere, accertando che i livelli indotti agli edifici siano tali da non determinare danni strutturali (lesioni, etc.), ed al contempo essere compatibili con i limiti di disturbo per gli individui imposti dalla normativa.

2.8 Paesaggio

La componente paesaggio può essere soggetta ad interferenze sia in corso d'opera sia post operam. Il monitoraggio del paesaggio deve interessare tutta l'area che si prevede possa essere sensibile agli effetti prodotti dalla realizzazione del progetto.

L'attività di monitoraggio considera gli aspetti peculiari della Componente Paesaggio, valutandone principalmente la dimensione percettiva.

3 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

La S.S.554 è una arteria stradale con direttrice ovest-est, che collega la S.S.131 alla S.S.17, passando a nord della periferia di Cagliari e attraversando i centri abitati di Su Planu, Monserrato, Selargius, Quartucciu e Quartu S. Elena.

L'infrastruttura oggetto del presente Progetto Definitivo, è costituita da un tratto di strada tipo B extraurbana di lunghezza pari a circa 10350 m, che si svilupperà in corrispondenza dell'attuale sede della S.S.554, con direzione Ovest - Est, nella zona a Nord del centro abitato di Cagliari.

Il tracciato stradale principale verrà realizzato per adeguamento in sede dell'attuale infrastruttura, con allargamento della sezione stradale esistente S.S.554, dalla progr. iniziale 1+500 fino alla progr. 10+500 circa, dove la direzione principale per Villasimius e la Sardegna sud - orientale, sarà indirizzata per i rimanenti 1350 m compresi nel lotto, sull'attuale strada statale S.S.125, riconfigurando l'ultimo tratto della attuale S.S.554 come svincolo in uscita verso la direzione Poetto/Quartu Sant'Elena.

Il progetto comprende anche 8 svincoli principali, con l'eliminazione di tutte le intersezioni a raso esistenti, con la realizzazione di svincoli su piani sfalsati, 11 viabilità di servizio complanari, e numerosi tratti di adeguamento della viabilità esistente adiacente. Sono, inoltre, previste lungo il tracciato delle leggere modifiche planimetriche, e allargamenti al tracciato stradale della SS.554, allo scopo di portare la velocità di progetto nel range 70÷100 km/h, non sempre rispettato nel Progetto Preliminare.

Per la risoluzione delle problematiche idrauliche, sono previste inoltre importanti opere idrauliche a salvaguardia della nuova infrastruttura, quali canali idraulici e sistemi di vasche di laminazione, dimensionati allo scopo di abbattere la pericolosità idraulica, che risulta allo stato attuale molto elevata su lunghi tratti del tracciato principale.

L'opera di adeguamento e miglioramento dell'efficienza della SS 554, si rende quindi necessaria sia per garantire l'esercizio dell'infrastruttura in condizioni di sicurezza, sia per ridurre i tempi di percorrenza di questa importante arteria stradale che sottrae alla città di Cagliari gran parte dei flussi di traffico di attraversamento.

Le principali opere d'arte previste sull'asse principale sono:

- Viadotto Monserrato (12 campate lunghezza 416 m);
- Viadotto Selargius Ovest (8 campate lunghezza 288 m);
- Viadotto Selargius Centro (12 campate lunghezza 423 m);
- Viadotto Selargius Est (10 campate lunghezza 320 m);
- Viadotto Cungianus (1 campata lunghezza 30 m);
- Viadotto Quartucciu (10 campate lunghezza 352 m).

Si riporta di seguito la sequenza degli svincoli, con una sintetica caratterizzazione dell'intervento:

- Svincolo di attestamento con la SS 131 - invariato;
- Svincolo a quadrifoglio con la SS 131 dir - potenziamento;
- Svincolo 1 "Baracca Manna su Pezzu Mannu" - nuova realizzazione;
- Svincolo 3 "Monserrato" SS 387- nuova realizzazione;

- Svincolo 4 "Selargius Ovest" con la S.P.93 - nuova realizzazione
- Svincolo 5 "Selargius Centro" Via Torrente - nuova realizzazione
- Svincolo 6 "Selargius Est" con la SP 15 - nuova realizzazione
- Svincolo 7 "Quartucciu" con Via Mandas - nuova realizzazione
- Svincolo SS 125 - modifica plano-altimetrica.

Parallelamente all'asse principale sono inserite complanari in destra e sinistra ad una o due corsie a seconda dei tratti:

- a corsia singola per garantire le percorrenze locali;
- a due corsie nelle zone di svincolo per favorire gli scambi di direzione.

Lungo la direttrice principale sono previsti un certo numero di muri di sostegno lungolinea, tombini idraulici, alcuni ponti secondari ad una campata ed il prolungamento su due lati di un sottopasso ferroviario.

Molte delle viabilità secondarie, oltre agli svincoli stessi, prevedono un certo numero di opere d'arte secondarie quali muri di sostegno e tombini.

Le viabilità di servizio complanari avranno sul loro tracciato alcuni ponti ad una campata, per risolvere le intersezioni con il reticolo idrografico esistente.

3.1 Aree di cantiere e viabilità

Per la realizzazione dell'opera, nel Progetto Definitivo a base di gara e in quello offerto sono state individuate 6 aree di cantiere, tutte poste a ridosso dell'attuale tracciato della SS 554, tra la progressiva 2+150 sino allo svincolo con la SS 125.

La scelta della loro localizzazione è avvenuta avendo come priorità quelle di non interessare aree di pregio ambientale o di potenziale interesse archeologico, e prive di abitazioni o attività produttive e commerciali. Le aree individuate, attigue alla SS554, che di fatto durante i lavori costituirà, insieme alle infrastrutture stradali di nuova realizzazione l'asse lungo cui si muoveranno i mezzi d'opera, richiederanno l'utilizzo della viabilità minore per raggiungere le aree dei lavori per brevi tratti, non interferendo in maniera significativa con il traffico locale.

Il progetto definitivo rivisto nel 2017/18 differisce da quello presentato in fase di gara per quanto riguarda il riutilizzo delle terre e rocce da scavo. Infatti, si è dovuto procedere alla revisione del bilancio delle terre e rocce da scavo per l'adeguamento al nuovo DPR 120/2017, che non include il trattamento di stabilizzazione a calce nelle normali pratiche industriali per la costruzione del corpo dei rilevati. Per questo motivo si è dovuto procedere a una nuova progettazione della gestione delle terre e rocce da scavo. Sia per il Lotto I sia per il lotto II si evidenzia da una parte un esubero di materiale non utilizzabile, dall'altra la necessità di approvvigionamento di materiale da cave di prestito appositamente individuate.

Visto che in tale area saranno operativi mezzi di trasporto e movimentazione del terreno, si mantengono nel presente aggiornamento del Piano di Monitoraggio Ambientale le stesse analisi previste precedentemente per il cantiere C1:

- Atmosfera
- Suolo e sottosuolo

- Rumore
- Paesaggio e stato fisico dei luoghi

Tab.3.1 - Aree di cantiere individuate nel Progetto Definitivo offerto.

Progr.	Cantiere		Superficie (mq)	Comune
	denominazione	tipologia		
2+200	C1	base/operativo	46.900	Cagliari
4+500	C2	operativo	15.600	Selargius
6+700	C3	operativo	20.000	Selargius
7+350	C4	operativo	9.500	Selargius
9+750	C5	operativo	12.300	Selargius/ Quartucciu
10+750	C6	base/operativo	25.100	Quartucciu

4 COMPONENTE ATMOSFERA

Lo studio della componente Atmosfera rappresenta un punto fondamentale del Piano di Monitoraggio, in quanto la componente risulta interferita sia durante la realizzazione dell'opera che in fase di esercizio.

Per quanto riguarda la fase di cantiere, gli impatti sono dovuti alla diffusione di inquinanti provenienti dai mezzi d'opera e dalla dispersione delle polveri generate dagli scavi e dalla movimentazione dei terreni. Per l'individuazione dei ricettori, infatti, si è tenuto conto degli ambiti territoriali ove sono localizzati i cantieri principali e secondari. A ciò è stato inoltre aggiunto un secondo caratterizzante aspetto legato agli effetti dovuti all'inquinamento atmosferico, che sarà prodotto dal traffico indotto dalla movimentazione dei mezzi di cantiere. Contestualmente saranno acquisiti i principali parametri meteorologici.

In fase di esercizio l'impatto è dovuto al traffico veicolare sulla nuova arteria ed alle emissioni prodotte dalla circolazione degli automezzi sulla nuova strada che danno luogo a ricadute di specie inquinanti (prodotti della combustione e polveri) in un intorno molto limitato rispetto alla sede stradale.

Le informazioni desunte saranno quindi utilizzate per fornire prescrizioni ai cantieri per il prosieguo delle attività, limitando la produzione di polveri che saranno determinate in corso d'opera e per implementare le informazioni rispetto allo stato della qualità dell'aria in presenza dell'aggravamento del traffico veicolare indotto dalla movimentazione da e per le aree di cantiere, oltre che per monitorare l'evoluzione delle concentrazioni degli inquinanti dopo l'avvio di esercizio dell'opera.

Le misure sono orientate alle aree più sensibili, ovvero nei centri abitati che si sviluppano a ridosso della statale, sul versante sud. Partendo da ovest si incontra l'affollato centro di Su Planu e Monserrato; tra il centro di Monserrato e quello di Selargius la SS 554 attraversa un'area per lo più agricola, dove non è presente un grande addensamento di edifici e strutture di servizio, a parte un quartiere di espansione residenziale nel comune di Selargius. Il territorio torna ad essere fortemente urbanizzato in prossimità del centro di Selargius e Quartucciu, e meno nel territorio comunale di Quartu S. Elena.

Le attività di monitoraggio, in riferimento alla componente in esame, saranno attuate tramite postazioni mobili per campagne di misura periodiche.

4.1 Riferimenti normativi

La normativa italiana in materia di qualità dell'aria e monitoraggio degli inquinanti dell'aria, si basa sui seguenti documenti legislativi:

- D.Lgs. n. 250 del 24/12/2012 "Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155, recante attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa".
- D.Lgs. n.155 del 13/08/2010 "Attuazione della Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria pulita in Europa".

- D.Lgs. n.128 del 29/06/2010 “Modifiche ed integrazioni al D.Lgs. n.152 del 03/04/2006 recante norme in materia ambientale, a norma dell’art.12 della Legge n.69 del 18/06/2009”.
- D.Lgs. n.81 del 09/04/2008 “Tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro - Attuazione art.1 della Legge 123/2007 - Abrogazione D.Lgs. 626/1994”.
- D.Lgs. n.152 del 03/04/2006 “Norme in materia di ambiente” così come modificato dal D. Lgs. n.4 del 16/01/2008 “Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del D.Lgs. n.152 del 03/04/2006 recante norme in materia di ambiente”.
- D.M. 25/08/2000 “Aggiornamento dei metodi di campionamento, analisi e valutazione degli inquinanti, ai sensi del D.P.R. n. 203 del 24/05/1988”.
- D.M.A. 12/11/1992 “Criteri generali per la prevenzione dell’inquinamento atmosferico nelle grandi zone urbane e disposizioni per il miglioramento della qualità dell’aria”.
- D.P.R. n. 203 del 24/05/1988 “Attuazione delle Direttive CEE 80/779, 82/884, 84/360, e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell’aria, relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotti dagli impianti industriali, ai sensi dell’art. 15 della Legge n. 183 del 16/04/1987”.

4.2 Analisi dei documenti di riferimento

- Progetto Definitivo della SS554 “Cagliari” adeguamento alla sezione stradale cat.B “Extraurbana principale” ed eliminazione delle intersezioni a raso.
- Studio di Impatto Ambientale per il Progetto Definitivo della SS554 “Cagliari” adeguamento alla sezione stradale cat.B “Extraurbana principale” ed eliminazione delle intersezioni a raso.
- “Allegato NG Ambiente” al Capitolato Speciale Parte Generale (della documentazione di gara),
- Linee Guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a Valutazione di Impatto Ambientale (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. – D.Lgs. 163/2006 e s.m.i.) Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Direzione per le Valutazioni Ambientali con il contributo di ISPRA, Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo (18-12-2013).
- Piano di prevenzione, conservazione e risanamento della qualità dell’aria ambiente in Sardegna.
- Studi, indagini ed analisi effettuati in sede di progettazione e di analisi ambientale.

4.3 Criteri di scelta dei punti di monitoraggio

Gli ambiti territoriali da sottoporre ad indagine sono stati individuati sulla base dell’analisi delle caratteristiche del territorio del sito di intervento, ovvero aree di cantiere (comprendenti le problematiche legate alla viabilità da e per il cantiere) ed aree situate nei pressi di ricettori sensibili (strutture abitative, edifici scolastici, strutture sanitarie, centri servizi, etc.). L’individuazione delle aree d’indagine è stata effettuata sulla base dei risultati dello studio di impatto ambientale e del progetto offerto dal Concorrente, attraverso la caratterizzazione degli ambiti territoriali prossimi ai

cantieri ed al tracciato stradale, in funzione delle caratteristiche morfologiche e vegetazionali del territorio, della condizione anemometrica prevalente.

Relativamente all'intervento in progetto trattandosi di aree prevalentemente residenziali isolate ed agricole a nord della SS554 e densamente urbanizzate a sud della SS554, il valore degli indicatori ambientali potrebbe risultare elevato e concentrato nelle zone più edificate, infatti tra le aree scelte sono state individuate le situazioni più critiche.

Il monitoraggio si avvarrà dell'utilizzo di centraline su mezzi mobili, di modo da poter ottimizzare il rilevamento presso le aree effettivamente interessate dalle lavorazioni, secondo la programmazione temporale della cantierizzazione.

Dalla raccolta dei materiali bibliografici disponibili, dall'analisi degli elaborati di progetto e da un attento sopralluogo dei siti sono state individuate 5 area di cantiere principale, che potrebbe presentare delle situazioni critiche e 3 aree residenziali in prossimità delle direttrici di trasporto dei materiali da e per il cantiere:

- Area residenziale al km 2+000 dell'attuale S.S.554 (ATV-01), collocata a sud della statale nei pressi del Centro regionale di formazione professionale;
- Area di Cantiere (ATC-01), posta in un'area agricola caratterizzata da edifici isolati a nord della SS554, al confine tra il comune di Cagliari e Selargius;
- Area di cantiere C2 (ATC-02), posta in un'area residenziale isolata a nord della SS554, al confine tra il comune di Selargius e Monserrato lungo la strada Fagundu;
- Area residenziale isolata sulla S.S.554 al km 5+980 (ATV-02), collocata a sud della statale nei pressi del cimitero di Monserrato lungo la SS387;
- Area di cantiere C3 (ATC-03), posta tra l'attuale statale e la ferrovia FCS Cagliari – Mandas – Arbatax e la SS554;
- Area residenziale al km 9+230 (ATV-03), collocata in una zona densamente urbanizzata posta a sud della SS554 tra via S.Anna e via Roma;
- Area di cantiere C5 (ATC-04), posta nei pressi di in un area residenziale isolata a nord della SS554;
- Area di cantiere C6 (ATC-05), posta nei pressi di una zona industriale di Quartucciu.

4.3.1 Localizzazione dei punti di monitoraggio

La localizzazione dei punti d'indagine è stata effettuata in conformità ai criteri descritti nel paragrafo precedente. Sono stati considerati i ricettori residenziali, ritenuti i più sensibili agli effetti dell'inquinamento atmosferico, che si collocano ad una distanza inferiore ai 500 m dal perimetro del cantiere e dal tracciato stradale. Tale scelta è stata fatta in quanto dalla bibliografia, dalle simulazioni modellistiche condotte nello S.I.A. e da esperienze di monitoraggio fatte in casi analoghi, si evince che gli effetti dell'inquinamento generato dalle lavorazioni e dal traffico veicolare non si estendono oltre tale distanza.

Nella scelta delle aree recettore oggetto dell'indagine si è fatto riferimento ai diversi livelli di criticità dei singoli parametri che influenzano la diffusione degli inquinanti e la deposizione delle polveri, con particolare riferimento a:

- tipologia e localizzazione dei ricettori;
- caratteristiche morfologiche del territorio;

- dimensione dell'area di cantiere prevista;
- caratteristiche meteo-climatiche;
- cicli di lavorazione e macchinari adottati dai cantieri;
- tempistica dei lavori;
- flussi di traffico dei mezzi pesanti per la viabilità di servizio;
- eventuali altre sorgenti di emissione presenti nell'area d'indagine.

Si riporta nella tab.4.1.1 una sintesi delle caratteristiche del monitoraggio della componente Atmosfera in funzione delle aree e della tipologia di campionamento, nonché dell'appartenenza al I° o al II° intervento funzionale nei quali è suddivisa l'opera dal punti di vista costruttivo.

Tab. 6.1.1 - Sintesi punti di del monitoraggio della componente Atmosfera

Lotto	Cod. punto	Tipo di zona	Comune	Fase monit.	Durata
I° Lotto	ATV-01	Area residenziale al km 2+000 a sud dell'attuale S.S.554	Cagliari	A.O./C.O./P.O.	15gg
	ATC-01	Area di cantiere C1	Cagliari	A.O./C.O.	15gg
	ATC-02	Area di cantiere C2	Selargius	A.O./C.O.	15gg
	ATV-02	Area residenziale isolata a sud della S.S.554 al km 5+980	Monerrato	A.O./C.O./P.O.	15gg
	ATC-03	Area di cantiere C3	Selargius	A.O./C.O.	15gg
II° Lotto	ATV-03	Area residenziale a sud della S.S.554 al km 9+230	Selargius	A.O./C.O./P.O.	15gg
	ATC-04	Area di cantiere C5	Selargius	A.O./C.O.	15gg
	ATC-05	Area di cantiere C6	Quartucciu	A.O./C.O.	15gg

Legenda: A.O. = Ante Operam; C.O.= In corso d'opera; P.O.= Post Operam
 ATC = atmosfera in prossimità del cantiere;
 ATV = atmosfera derivante dalla viabilità.

Dal 1995 l'ARPAS Sardegna gestisce la rete di monitoraggio regionale della qualità dell'aria, che nell'agglomerato di Cagliari (costituito dai comuni di Cagliari, Monerrato, Quartucciu, Quartu S. Elena, Selargius, Elmas) è composta da 3 stazioni fisse localizzate in nel comune di Cagliari, Monerrato e Quartu S. Elena.

Nelle immediate vicinanze dell'area in esame non ricade nessuna delle centraline fisse dell'ARPAS Sardegna. Tuttavia è stata individuata una centralina che potrebbe essere utile per l'effettuazione di controlli dei rilievi eseguiti:

- ▶ Centralina CENMO1, situata nel comune di Monerrato in via S. Angelo e destinata al monitoraggio dell'inquinamento da traffico (C₆H₆, CO, NO₂, SO₂, PM₁₀, PM_{2.5}, O₃).

Il presente Piano di Monitoraggio, previo l'accordo degli Enti interessati, prevede di utilizzare i dati provenienti dalla suddetta centralina per ottenere un quadro completo della qualità dell'aria nell'area d'esame.

L'esatta ubicazione di questi punti è riportata nelle planimetrie allegate alla presente relazione "Planimetria con ubicazione dei punti di misura Tav.1/2÷2/2" - Scala 1:5.000 (Elab. DPCA06-D-1501-T00-IA-06-AMB-PP-01 e DPCA06-D-1501-T00-IA-06-AMB-PP-02).

4.4 Articolazione temporale delle attività di monitoraggio

Le campagne di monitoraggio, aventi ciascuna durata di 15gg, permetteranno di ricostruire, per la componente in esame, un quadro di riferimento ambientale per ognuna delle tre fasi ante, corso e post operam, su un opportuno numero di ricettori; oltre agli inquinanti dell'aria saranno determinati anche i parametri meteorologici.

4.4.1 Attività di monitoraggio ante operam

La fase di monitoraggio ante operam avrà una durata pari a un anno, all'interno del quale verranno realizzate due campagne di misure preferibilmente nel periodo estivo e/o tardo autunnale/invernale della durata di 15 giorni. Le attività di monitoraggio ante operam sono riepilogate nella tabella seguente.

Cod.	Attività	N° punti di rilevamento	Durata misure	Frequenza misure	Periodo delle misure
ATC	<i>Parametri inquinanti:</i> Polveri Totali Sospese con verifica nei primi prelievi dei metalli pesanti, Polveri PM ₁₀ , PM _{2.5} <i>Parametri meteorologici:</i> Velocità del vento, Direzione del vento, Umidità relativa, Temperatura, Precipitazioni atmosferiche	5	15gg	semestrale	Preferibilmente periodo estivo e/o tardo autunnale/invernale
ATV	<i>Parametri inquinanti:</i> Polveri Totali Sospese con verifica nei primi prelievi dei metalli pesanti, Polveri PM ₁₀ , PM _{2.5} , IPA, Benzene, Toluene, Etilbenzene, Xilene, Ossidi di azoto, Ozono (solo periodo estivo), Monossido di carbonio, Biossido di zolfo <i>Parametri meteorologici:</i> Velocità del vento, Direzione del vento, Umidità relativa, Temperatura, Precipitazioni atmosferiche	3	15gg	semestrale	Preferibilmente periodo estivo e/o tardo autunnale/invernale

4.4.2 Attività di monitoraggio in corso d'opera

La durata del monitoraggio in corso d'opera è influenzata dalla durata della fase di cantiere, che risulta variabile per ogni tipologia di cantiere. Quindi le attività di monitoraggio in corso d'opera avranno una durata pari a quella delle attività di cantiere afferenti.

La cadenza delle attività è semestrale, della durata di 15 giorni, da effettuare preferibilmente nel periodo estivo e/o tardo autunnale/invernale. Le attività di monitoraggio in corso d'opera sono riepilogate nella tabella seguente.

Cod.	Attività	N° punti di rilevamento	Durata misure	Frequenza misure	Periodo delle misure
ATC	<i>Parametri inquinanti:</i> Polveri Totali Sospese con verifica nei primi prelievi dei metalli pesanti, Polveri PM ₁₀ , PM _{2.5} <i>Parametri meteorologici:</i> Velocità del vento, Direzione del vento, Umidità relativa, Temperatura, Precipitazioni atmosferiche	5	15gg	semestrale	Preferibilmente periodo estivo e/o tardo autunnale/invernale

Cod.	Attività	N° punti di rilevamento	Durata misure	Frequenza misure	Periodo delle misure
ATV	<i>Parametri inquinanti:</i> Polveri Totali Sospese con verifica nei primi prelievi dei metalli pesanti, Polveri PM ₁₀ , PM _{2.5} , IPA, Benzene, Toluene, Etilbenzene, Xilene, Ossidi di azoto, Ozono (solo periodo estivo), Monossido di carbonio, Biossido di zolfo <i>Parametri meteorologici:</i> Velocità del vento, Direzione del vento, Umidità relativa, Temperatura, Precipitazioni atmosferiche	3	15gg	semestrale	Preferibilmente periodo estivo e/o tardo autunnale/invernale

4.4.3 Attività di monitoraggio post operam

La fase di monitoraggio post operam avrà una durata pari a un anno, all'interno del quale verranno realizzate due campagne di misure, solo in corrispondenza dei punti ATV, preferibilmente nel periodo estivo e/o tardo autunnale/invernale della durata di 15 giorni. Le attività di monitoraggio post operam sono riepilogate nella tabella seguente.

Cod.	Attività	N° punti di rilevamento	Durata misure	Frequenza misure	Periodo delle misure
ATV	<i>Parametri inquinanti:</i> Polveri Totali Sospese con verifica nei primi prelievi dei metalli pesanti, Polveri PM ₁₀ , PM _{2.5} , IPA, Benzene, Toluene, Etilbenzene, Xilene, Ossidi di azoto, Ozono (solo periodo estivo), Monossido di carbonio, Biossido di zolfo <i>Parametri meteorologici:</i> Velocità del vento, Direzione del vento, Umidità relativa, Temperatura, Precipitazioni atmosferiche	3	15gg	semestrale	Preferibilmente periodo estivo e/o tardo autunnale/invernale

4.5 Metodologia per l'esecuzione delle attività di monitoraggio

4.5.1 Svolgimento del monitoraggio tipo

Le campagne di monitoraggio previste nell'ambito del presente progetto consentiranno di fornire un quadro di riferimento ambientale *ante operam*, in *corso d'opera* e *post operam* su un numero opportuno di punti recettori, selezionati in base alle condizioni di esposizione ed alla loro rappresentatività nei confronti delle situazioni che caratterizzano ciascuna delle aree di cantiere individuate.

I punti in cui saranno effettuate le misure in *corso d'opera* e *post operam* saranno i medesimi nei quali si sono effettuate quelle *ante operam* al fine di poter ottenere un confronto significativo. I recettori sui quali riferire le analisi di campo sono scelti tra quelli individuati nello S.I.A. e quelli ottenuti dall'approfondimento dello studio dei ricettori effettuato nel progetto offerto e riportati nella tavola "Planimetria con ubicazione dei punti di misura" in scala 1:5.000 (Elab. DPCA06-P-1501-T00-IA-04-AMB-PP-16) allegata al presente documento. In ogni area d'indagine è applicata una procedura di rilevamento unificata al fine di garantire un omogeneo svolgimento delle indagini e la reperibilità dei punti di misura a distanza di tempo.

La metodica di monitoraggio si compone delle seguenti fasi:

- sopralluogo nell'area di indagine. Nel corso del sopralluogo saranno stabilite le posizioni dei punti di misura destinate al monitoraggio. Le posizioni dei punti di misura dovranno essere georeferenziate rispetto a punti fissi di facile riconoscimento (spigoli di edifici, pali, alberi, ecc.) e fotografate, facendo particolare attenzione all'accessibilità dei siti anche in fase di costruzione. Nella fase di corso d'opera saranno individuate inoltre le fasi e sottofasi operative delle attività che saranno svolte, al fine di riconoscere la localizzazione dei carichi emissivi;
- svolgimento della campagna di misura in accordo alle prescrizioni riportate nella presente relazione;
- compilazione delle schede di rilevamento.

4.5.2 Strumentazione di misura

La strumentazione utilizzata si compone di laboratori mobili dotati di adeguato sistema di condizionamento per garantire una continua ed ottimale distribuzione della temperatura al suo interno; questo permette agli analizzatori di lavorare sempre in condizioni controllate e standard. Le stazioni di rilevamento sono organizzate in tre blocchi principali:

- analizzatori/campionatori automatici per la valutazione degli inquinanti aerodispersi;
- centralina per la valutazione dei parametri meteorologici;
- unità di acquisizione ed elaborazione dati.

Tutti gli analizzatori con i quali sarà equipaggiata la stazione mobile di rilevamento, saranno in grado di funzionare 24h su 24 e saranno conformi con quanto previsto dalla normativa di riferimento in materia.

Infine, per quanto riguarda le analisi, si specifica che saranno effettuate presso i laboratori accreditati secondo la norma UNI CEI EN ISO/ IEC 17025.

Inquinante	Norma tecnica di riferimento	
NO _x -NO-NO ₂	UNI EN 14211:2005	Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di azoto e monossido di azoto mediante chemiluminescenza
CO	UNI EN 14626:2005	Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di monossido di carbonio mediante spettroscopia a raggi infrarossi non dispersiva
SO ₂	UNI EN 14212:2005	Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di zolfo mediante fluorescenza ultravioletta
PTS	UNI EN 12341:2001	Metodo di misurazione gravimetrico mediante pesa delle membrane filtranti, attenuazione di raggi β emessi da sorgente radioattiva
PM ₁₀	UNI EN 12341:2001	Metodo di misurazione gravimetrico mediante pesa delle membrane filtranti, attenuazione di raggi β emessi da sorgente radioattiva
PM _{2,5}	UNI EN 14907:2005	Metodo normalizzato di misurazione gravimetrico per la determinazione della frazione massica PM _{2,5} del particolato in sospensione
BENZENE	UNI EN 14662-1:2005	Metodo normalizzato per la misurazione delle concentrazioni di benzene: Campionamento per pompaggio seguito da desorbimento termico e gascromatografia
	UNI EN 14662-5:2005	Metodo normalizzato per la misurazione delle concentrazioni di benzene: Campionamento diffusivo seguito da desorbimento con solvente e gascromatografia

Inquinante	Norma tecnica di riferimento	
O ₃	UNI EN 14625:2005	Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di ozono mediante fotometria ultravioletta
IPA	UNI EN 15549:2008	Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di benzo[a]pirene in aria ambiente

4.5.3 Documentazione prodotta

Per ogni punto d'indagine nella fase *ante operam*, al termine del monitoraggio presso ciascun punto di misura saranno rese disponibili le seguenti informazioni:

- schede delle campagne di misura riportanti l'ubicazione e descrizione del sito, il giorno e l'ora di inizio prelievi, il giorno e l'ora di fine dei rilievi, le concentrazioni orarie degli inquinanti e dei parametri meteo, le varie medie previste (giornaliere, ottorarie, triorarie) i massimi ed i minimi rilevati;
- base cartografica in scala idonea con la localizzazione del punto di misura;
- documentazione fotografica del punto di misura.

Al termine della fase *ante operam* sarà redatta una relazione conclusiva, con alcune statistiche di base afferenti all'intero periodo di monitoraggio.

Nella fase *corso d'opera*, relativamente ai monitoraggi delle aree di cantiere, oltre alle informazioni precedentemente descritte, sarà predisposta anche una scheda standard di sintesi dei risultati del monitoraggio in cui saranno riportate le informazioni sull'area di cantiere riguardanti le attività, i profili temporali delle stesse, macchinari ed automezzi utilizzati, le caratteristiche ambientali e territoriali d'interesse generale ed i risultati delle campagne di monitoraggio.

Per la fase *post operam* sarà prodotta un'idonea documentazione contenente la descrizione del sito di campionamento e i risultati del monitoraggio sia per gli aspetti meteorologici che per i risultati del rilevamento degli inquinanti previsti dalla normativa. Questi ultimi saranno rappresentati con grafici e tabelle, in grado di descrivere, in maniera corretta, la qualità dell'aria, espressa anche come indice sintetico di qualità dell'aria (EPA 1994).

5 COMPONENTE AMBIENTE IDRICO SUPERFICIALE

Il progetto di monitoraggio ambientale ha come obiettivo quello di individuare anche le eventuali variazioni che la realizzazione dell'infrastruttura potrebbe apportare alle caratteristiche delle acque superficiali presenti nel territorio interessato dall'opera.

I principali corsi d'acqua interessati dalla realizzazione dell'opera sono:

- Rio Fangario, interferito alla progr. km 0+000 circa;
- Riu Salius, interferito alla progr. km 5+450 circa;
- Riu di Selargius o di San Giovanni, interferito alla progr. km 8+350 circa;
- Riu de Is Cungianus, interferito alla progr. km 10+070 circa.

È necessario precisare che la finalità principale del monitoraggio delle acque superficiali non è quella di caratterizzare i corsi d'acqua ma quella di individuare le eventuali variazioni che le lavorazioni possono indurre sullo stato della risorsa idrica.

Gli impatti indotti dalla realizzazione delle opere sulle acque superficiali consistono principalmente in:

- modifica del regime idrologico;
- fenomeni di inquinamento della risorsa idrica, dovuti alle lavorazioni o costruzioni di ponti, deviazioni e tombini o a modifiche della matrice ambientale in fase di esercizio;
- consumo della risorsa idrica.

In base alle considerazioni fatte e attraverso l'analisi del percorso e delle aree interessate scaturisce la scelta dei punti da monitorare.

In particolare il monitoraggio del sistema idrico superficiale si occuperà di valutare le potenziali modifiche indotte dalle attività di costruzione in corrispondenza degli attraversamenti dei principali corsi d'acqua.

Le operazioni di monitoraggio prevedranno quindi una parte di misure in situ e una parte di analisi di laboratorio mirate a identificare le caratteristiche chimico-fisico-batteriologiche dell'acqua prelevata.

Il monitoraggio consentirà, pertanto, di:

- definire lo stato di salute della risorsa prima dell'inizio dei lavori di realizzazione dell'opera;
- proporre opportune misure di salvaguardia o di mitigazione degli effetti del complesso delle attività sulla componente ambientale e testimoniare l'efficacia o meno;
- fornire le informazioni necessarie alla costruzione di una banca dati utile ai fini dello svolgimento delle attività di monitoraggio degli Enti preposti in quella porzione di territorio.

5.1 Riferimenti normativi

Di seguito vengono elencati i principali riferimenti normativi, che sono stati considerati per la redazione del presente Progetto di Monitoraggio ambientale, relativi alla componente acque superficiali.

- D.Lgs. del 10 dicembre 2010 n. 219 - "Attuazione della Direttiva 2008/105/CE relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE, nonché modifica della direttiva 2000/60/CE e recepimento della direttiva 2009/90/CE che stabilisce, conformemente alla Direttiva 2000/60/CE, specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque".
- D.Lgs. del 3 dicembre 2010 n. 205 "Recepimento della direttiva 2008/98/Ce". Modifiche alla Parte IV del D.Lgs. 152/2006.
- D.Lgs. del 23 febbraio 2010, n. 49: "Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni".
- D.Lgs. del 16 gennaio 2008, n. 4: "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del D. Lgs. 03.04.2006, n.152, recante norme in materia ambientale"
- D.Lgs. del 8 novembre 2006, n. 284: "Disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale".
- D.Lgs. del 3 aprile 2006, n. 152: "Norme in materia ambientale" così come modificato dal D.Lgs. n.4 del 16.01.2008 "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 03.04.2006, n. 152, recante norme in materia ambientale".
- D.Lgs. del 2 febbraio 2001, n. 31: "Attuazione della Direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano" come modificato dal D.Lgs. n. 27 del 02.02.2002.
- D.P.R. del 18 febbraio 1999, n. 238: Regolamento recante norme per l'attuazione di talune disposizioni del D.P.C.M. 04.03.1996 "Disposizioni in materia di risorse idriche".
- L. del 5 gennaio 1994, n. 36, in materia di risorse idriche.
- D. Lgs. del 12 luglio 1993, n. 275: Riordino in materia di concessione di acque pubbliche.
- D.L. del 25 gennaio 1992 n.130 "Attuazione della direttiva CEE n. 78/659 sulla qualità delle acque dolci che richiedono protezione o miglioramento per essere idonee alla vita dei pesci".
- D.M. del 15 febbraio 1983 "Disposizioni relative ai metodi di misura, alla frequenza dei campionamenti e delle analisi delle acque superficiali destinate all'approvvigionamento potabile".
- D.P.R. del 8 giugno 1982 n.470 "Attuazione della Direttiva CEE n. 76/160 relativa alla qualità delle acque di balneazione".

5.2 Analisi dei documenti di riferimento

- Progetto Definitivo della SS554 "Cagliari" adeguamento alla sezione stradale cat.B "Extraurbana principale" ed eliminazione delle intersezioni a raso.
- Studio di Impatto Ambientale per il Progetto Definitivo della SS554 "Cagliari" adeguamento alla sezione stradale cat. B "Extraurbana principale" ed eliminazione delle intersezioni a raso.
- "Allegato NG Ambiente" al Capitolato Speciale Parte Generale (della documentazione di gara),

- Linee Guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a Valutazione di Impatto Ambientale (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. – D.Lgs. 163/2006 e s.m.i.) Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Direzione per le Valutazioni Ambientali con il contributo di ISPRA, Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo (18-12-2013).
- Piano di Tutela delle Acque (PTA).
- Studi, indagini ed analisi effettuati in sede di progettazione e di analisi ambientale.

5.3 Criteri di scelta dei punti di monitoraggio

I criteri adottati per l'individuazione dei siti da sottoporre a monitoraggio sono basati sulla considerazione dei seguenti fattori:

- dimensioni e tipologia delle opere che interessano sia il corso d'acqua che le zone limitrofe scolanti nel medesimo;
- importanza del corpo idrico interessato. Sono state considerate le dimensioni della sezione, le caratteristiche idrologico-idrauliche e la presenza di vincoli ambientali;
- localizzazione delle aree logistiche fisse (cantieri) in prossimità di corpi idrici ricettori;
- suddivisione del tracciato di progetto offerto in due ambiti dal punto di vista della fase di costruzione.

Per l'individuazione dei punti da monitorare si è tenuto conto delle indicazioni fornite dallo Studio di Impatto Ambientale del progetto offerto.

Si precisa che bisognerà verificare nella fase ante operam le possibilità reali di monitoraggio legate alle condizioni idrografiche dello stesso (presenza d'acqua durante l'anno), visto il carattere torrentizio dei corpi idrici interessati dall'infrastruttura di progetto.

Il sito sarà tenuto sotto controllo attraverso il rilevamento di parametri quali - quantitativi da ottenere in opportune sezioni di rilievo e misura.

Le campagne di misura saranno programmate nell'arco delle diverse fasi temporali relative alla realizzazione dell'infrastruttura stradale.

Le indagini lungo i corsi d'acqua prevedono due punti di misura, uno a monte e uno a valle dell'attraversamento dell'opera da realizzare, in modo da identificare più facilmente l'eventuale alterazione dovuta alle lavorazioni. Relativamente ai punti di monitoraggio situati a monte del corso d'acqua saranno considerate solo le fasi CO e PO.

Qualora, sulla base di considerazioni oggettive, si riscontrasse nella fase di indagine Ante Operam la scarsa rappresentatività di alcuni dei siti di indagine preliminarmente individuati, potranno essere apportati, in accordo con gli enti competenti, opportuni correttivi alle successive fasi di indagine relativi alla localizzazione geografica dei punti di indagine ed alla natura delle verifiche da effettuarsi.

5.3.1 Localizzazione dei punti di monitoraggio

L'interazione del tracciato di progetto, oggetto del presente piano di monitoraggio, con l'ambiente idrico superficiale riguarda le eventuali modifiche che potrebbero essere indotte dalla costruzione dell'opera sia con riferimento alle condizioni di deflusso (portata, velocità, ecc.) che si possono determinare per effetto di interferenze fisiche anche temporanee con i corsi d'acqua, sia con riferimento alla qualità delle acque a valle delle attività di cantiere che possono indurre il rischio di inquinamenti localizzati. Dal punto di vista idrografico, il reticolo appare poco sviluppato, caratterizzato da corsi d'acqua a prevalente regime torrentizio, che danno luogo a valli poco incise. I principali corsi d'acqua attraversati e/o interessati dal tracciato sono, procedendo da ovest verso est, il Rio Fangario, il Riu Salius, il Riu di Selargius ed il Riu de Is Cungianus, questi ultimi tre, dopo aver attraversato, rispettivamente, i centri abitati di Monserrato, Selargius e Quartucciu, confluiscono tutti all'interno dello Stagno di Molentargius. In generale nel territorio semipianeggiante attraversato dalla SS 554 i corsi d'acqua hanno portate che sono state fortemente modificate rispetto alle condizioni naturali non solo per gli interventi realizzati sui principali corsi d'acqua, ma anche per le modificazioni che i bacini scolanti, generalmente a debole pendenza, hanno subito negli ultimi anni per la progressiva urbanizzazione del territorio. Tale situazione e il regime di portate dei corsi d'acqua fanno sì che lungo tutto il tratto interessato dal progetto siano state identificate numerose aree a pericolo di esondazione. A tale scopo, nel progetto offerto, è prevista una sistemazione idraulica del corpo stradale con nuove opere di canalizzazione e nuovi manufatti di attraversamento lungo gli stessi canali di raccolta sia delle acque di piattaforma sia dei deflussi superficiali.

I punti di misura e prelievo sono stati ubicati in sezioni rappresentative delle caratteristiche dei corpi idrici sottoposti a monitoraggio e sono situati a monte e a valle dei punti di realizzazione di opere d'arte (ponti, viadotti) oppure a monte e a valle di recapiti finali dei manufatti di rilascio delle acque di piattaforma. In tal senso sarà necessario prevedere una programmazione adattabile alle condizioni meteo climatiche e, in caso di impossibilità di effettuare il rilievo nel periodo previsto, la misura dovrà essere rinviata al primo giorno utile in cui verrà rinvenuta una quantità d'acqua significativa.

Si riporta nella tab.5.3.1 una sintesi dei punti di monitoraggio previsti per il monitoraggio della componente Acque superficiali in funzione della posizione rispetto al tracciato di progetto e dell'appartenenza al I° o al II° intervento funzionale nei quali è suddivisa l'opera dal punto di vista costruttivo.

Tab. 5.3.1 - Sintesi punti di del monitoraggio della componente Acque Superficiali

Lotto	Cod. punto	Corso d'acqua	Posizione	Fase monit.
I° Lotto	ASU_01	Rio Fangario	A monte del ponte esistente sulla SS544	C.O./P.O.
	ASU_02		A valle del ponte esistente sulla SS544	A.O./C.O./P.O.
	ASU_03	Riu Salius	A monte del nuovo ponte km 5+450	C.O./P.O.
	ASU_04		A valle del nuovo ponte km 5+450	A.O./C.O./P.O.
II° Lotto	ASU_05	Riu San Giovanni o di Selargius	A monte del nuovo ponte km 8+350	C.O./P.O.
	ASU_06		A valle del nuovo ponte km 8+350	A.O./C.O./P.O.
	ASU_07	Riu de Is Cungianus	A monte del nuovo ponte km 10+070	C.O./P.O.
	ASU_08		A valle del nuovo ponte km 10+070	A.O./C.O./P.O.

Legenda: A.O. = Ante Operam; C.O.= In corso d'opera; P.O.= Post Operam

L'ubicazione di questi punti è riportata nelle planimetrie allegata alla presente relazione "Planimetria con ubicazione dei punti di misura Tav. 1/2÷2/2" - Scala 1:5.000 (Elab. DPCA06-D-1501-T00-IA-06-AMB-PP-01 e DPCA06-D-1501-T00-IA-06-AMB-PP-02).

5.4 Articolazione temporale delle attività di monitoraggio

Ai sensi del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. il monitoraggio si articola in una fase conoscitiva iniziale che ha come scopo la prima classificazione dello stato di qualità ambientale dei corpi idrici ed in una fase a regime in cui viene effettuato un monitoraggio volto a verificare il raggiungimento ovvero il mantenimento dell'obiettivo di qualità "buono" di cui all'art.74 comma 2 lett. z).

5.4.1 Attività di monitoraggio ante operam

La fase di monitoraggio ante operam è caratterizzata da 2 campagne di misure fisico-chimiche e batteriologiche (con cadenza trimestrale da effettuare nei 6 mesi prima dell'inizio dei lavori) e da una unica campagna di misura dello stato ecologico dei corpi idrici (da realizzarsi prima dell'inizio dei lavori), da realizzare in corrispondenza solo delle sezioni di misura poste a valle del tracciato di progetto.

Nella tabella seguente sono riepilogate le attività di monitoraggio ante-operam della componente Acque superficiali.

Attività	N° punti di rilevamento	Cadenza
Misure di portata	4*	Trimestrale (nei 6 mesi prima dell'apertura dei cantieri)
Misure fisico-chimiche: temperatura aria/acqua, conducibilità elettrica, pH, ossigeno disciolto, potenziale redox	4*	
Determinazione in laboratorio dei caratteri chimico-batteriologici principali: COD, BOD5, solidi totali sospesi, azoto ammoniacale, nitriti, nitrati, fosforo totale, idrocarburi totali, cloruri, solfati, ferro, rame, cromo totale, cadmio, arsenico, nichel, zinco, piombo, mercurio, tensioattivi anionici, tensioattivi non ionici, IPA, coliformi totali, coliformi fecali, streptococchi fecali, escherichia coli	4*	Trimestrale (nei 6 mesi prima dell'apertura dei cantieri)
Indice STAR-ICMI	4*	Unica campagna

(*) solo punti di valle

5.4.2 Attività di monitoraggio corso d'opera

La fase di monitoraggio in corso d'opera è caratterizzata da campagne di misure fisico-chimiche e batteriologiche (con cadenza trimestrale da effettuare durante tutta la fase di costruzione dell'infrastruttura) e da campagne di misura dello stato ecologico dei corpi idrici (con cadenza semestrale da effettuare durante tutta la fase di costruzione dell'infrastruttura), da realizzare in corrispondenza delle sezioni di misura poste a monte e a valle del tracciato di progetto.

Nella tabella seguente sono riepilogate le attività di monitoraggio in corso d'opera della componente Acque superficiali.

Attività	N° punti di rilevamento	Cadenza
Misure di portata	8	Trimestrale (durante la fase di costruzione dell'opera)
Misure fisico-chimiche: temperatura aria/acqua, conducibilità elettrica, pH, ossigeno disciolto, potenziale redox	8	
Determinazione in laboratorio dei caratteri chimico-batterologici principali: COD, BOD5, solidi totali sospesi, azoto ammoniacale, nitriti, nitrati, fosforo totale, idrocarburi totali, cloruri, solfati, ferro, rame, cromo totale, cadmio, arsenico, nichel, zinco, piombo, mercurio, tensioattivi anionici, tensioattivi non ionici, IPA, coliformi totali, coliformi fecali, streptococchi fecali, escherichia coli	8	Trimestrale (durante la fase di costruzione dell'opera)
Indice STAR-ICMI	8	Semestrale (durante la fase di costruzione dell'opera)

5.4.3 Attività di monitoraggio post operam

La fase di monitoraggio post operam è caratterizzata da 2 campagne di misure fisico-chimiche e batteriologiche (con cadenza trimestrale da effettuare nei 6 dopo l'entrata in esercizio della nuova infrastruttura) e da una unica campagna di misura dello stato ecologico dei corpi idrici (da realizzarsi nei 6 dopo l'entrata in esercizio della nuova infrastruttura), da realizzare in corrispondenza delle sezioni di misura poste a monte e a valle del tracciato di progetto.

Nella tabella seguente sono riepilogate le attività di monitoraggio post operam della componente Acque superficiali.

Attività	N° punti di rilevamento	Cadenza
Misure di portata	8	Trimestrale (nei 6 mesi dopo l'entrata in esercizio dell'infrastruttura)
Misure fisico-chimiche: temperatura aria/acqua, conducibilità elettrica, pH, ossigeno disciolto, potenziale redox	8	
Determinazione in laboratorio dei caratteri chimico-batterologici principali: COD, BOD5, solidi totali sospesi, azoto ammoniacale, nitriti, nitrati, fosforo totale, idrocarburi totali, cloruri, solfati, ferro, rame, cromo totale, cadmio, arsenico, nichel, zinco, piombo, mercurio, tensioattivi anionici, tensioattivi non ionici, IPA, coliformi totali, coliformi fecali, streptococchi fecali, escherichia coli	8	Trimestrale (nei 6 mesi dopo l'entrata in esercizio dell'infrastruttura)
Indice STAR-ICMI	8	Unica misura

5.5 Metodologia per l'esecuzione delle attività di monitoraggio

5.5.1 Svolgimento del monitoraggio tipo

Al fine di assicurare l'uniformità delle misure rilevate nelle diverse fasi del Progetto di Monitoraggio Ambientale è indispensabile che i rilievi vengano svolti con metodologie univoche e prestabilite.

L'uniformità delle metodologie di monitoraggio e delle apparecchiature di rilevamento è necessaria per garantire altresì il confronto dei controlli svolti nel corso delle varie fasi temporali e nelle diverse aree, onde assicurare la riproducibilità e l'attendibilità delle misure al variare dell'ambiente e dell'ambito emissivo.

5.5.2 Misure idrologiche ed in situ

Misure di portata

Le misure di portata saranno realizzate con il metodo correntometrico (mulinello) e nel caso di piccoli torrenti, quando è impossibile l'uso del mulinello, la misura sarà effettuata con il metodo volumetrico o con il galleggiante.

Per le misure a guado la sezione di misura sarà materializzata sul terreno mediante apposito segnale (picchetto, segno di vernice o riferimento a punto esistente). Di ciò sarà comunicata notizia nelle schede di rilevamento.

Per le misure da effettuarsi a guado è ammesso lo spostamento dalla sezione indicata per una fascia di 50 metri a cavallo, per ricercare le condizioni migliori. Dello spostamento a monte o a valle sarà fatta menzione nelle schede di rilevamento.

Sarà curata la pulizia della sezione di misura rimuovendo gli ostacoli che dovessero ingombrarla e pulendola, nei limiti del possibile, dalla vegetazione.

Prima di ogni campagna di misura sarà verificata l'efficienza, la taratura e la manutenzione della strumentazione.

Ogni sezione sarà completata utilizzando la stessa strumentazione. In caso di sostituzione degli apparecchi nel corso della misura, la sezione sarà iniziata di nuovo.

Per la misura della portata, la definizione della distanza tra le verticali e il loro posizionamento nella sezione è lasciata all'esperienza dell'operatore. In linea di massima il numero totale di verticali da eseguire per le diverse larghezze del corso d'acqua saranno:

- sezioni inferiori a 1 metro: 3÷5 verticali;
- sezioni tra 1 e 2 metri: 5÷8 verticali;
- sezioni tra 2 e 5 metri: 8÷15 verticali;
- sezioni tra 5 e 10 metri: 15÷25 verticali;
- sezioni tra 10 e 20 metri: 20÷30 verticali;
- sezioni tra 20 e 50 metri: 25÷40 verticali.

Riscontrando una brusca variazione nella profondità tra due verticali contigue, si dovrà eseguire una verticale intermedia. Le verticali saranno più frequenti laddove il fondo è irregolare.

Il numero di punti di misura per ogni verticale è determinato dal diametro dell'elica o dalle caratteristiche del peso (se utilizzato).

Misure con sonda multiparametrica

Al termine delle misure di portata saranno rilevati i seguenti parametri mediante sonda singola o multiparametrica:

- temperatura dell'acqua;
- conducibilità elettrica;
- pH;
- potenziale Redox;
- ossigeno disciolto.

Gli strumenti impiegati saranno tarati all'inizio ed alla fine di ogni giornata di lavoro; i valori rilevati saranno la media di tre determinazioni consecutive ed i risultati della taratura saranno annotati sulle apposte schede.

I rilievi saranno eseguiti sempre con le stesse procedure e gli stessi strumenti in tutti i punti di misura ed in tutte le fasi; analogamente il grado di approssimazione dei valori numerici dei parametri sarà identico.

Qualora nel corso dello sviluppo del progetto si rendessero disponibili, o necessarie per motivi legislativi, tecnologie di maggiore precisione, si terrà conto di tale aspetto in sede di elaborazione dei dati.

5.5.3 Prelievo campioni per analisi chimico-fisiche e batteriologiche di laboratorio

Il campionamento verrà realizzato tramite sonda a trappola che verrà immersa nel filone principale della corrente al di sotto del pelo libero. Si dovranno preferire punti ad elevata turbolenza evitando zone di ristagno e zone dove possano manifestarsi influenze del fondo, della sponda o di altro genere. Il campionamento sarà di tipo medio-continuo raccogliendo in successione continua aliquote parziali di 1 litro fino a riempire un recipiente di circa 12 litri. Il campione così raccolto andrà poi omogeneizzato e ripartito nei contenitori debitamente etichettati e curandone il riempimento fino all'orlo evitando il formarsi di bolle d'aria.

Dovranno essere riempiti i seguenti contenitori:

- 1 bottiglia da 0,5 litri ed una da 1 litro per le analisi batteriologiche;
- 1 bottiglia di vetro da 2 litri per analisi chimico-fisiche;
- 1 bottiglia di vetro da 2 litri per analisi degli idrocarburi totali;
- 1 bottiglia di plastica da 1 litro per analisi metalli.

Per ogni prelievo dovrà essere redatto un verbale di campionamento, utilizzando un'apposita ed idonea scheda, che verrà trasmesso in copia al laboratorio di analisi.

In occasione del campionamento verranno misurati la temperatura dell'acqua e dell'aria, la conducibilità elettrica, il pH e l'ossigeno disciolto. I valori rilevati saranno la media di tre determinazioni consecutive. Le misure saranno effettuate previa taratura degli strumenti. Per ogni campagna di misure dovrà essere redatto un verbale, utilizzando un'idonea scheda, che verrà trasmesso in copia al laboratorio di analisi.

I contenitori utilizzati dovranno essere contrassegnati da apposite etichette di tipo autoadesivo con sopra riportate le seguenti informazioni:

- punto di prelievo (nome del corso d'acqua);
- codice dell'indagine;
- data e ora del campionamento.

Per impedire il deterioramento dei campioni, questi andranno stabilizzati termicamente tramite refrigerazione a 3°C e recapitati al laboratorio di analisi entro le 24h dal prelievo prevedendone il trasporto in casse refrigerate.

5.5.4 Metodologia di esecuzione delle analisi

5.5.4.1 Analisi chimico fisiche

Nella tabella sottostante sono indicate le metodologie di analisi che dovranno essere utilizzate per le determinazioni di ciascun parametro chimico-fisico. Sono riportati contestualmente i limiti di rilevabilità che è possibile conseguire con l'adozione delle rispettive metodiche.

Parametro	Metodo	Limite di rilevabilità	Principio del metodo
Ph	APAT IRSA CNR 2060/03		Potenzimetria
Conducibilità elettrica specifica	D.M. 13/09/99 IV.1		Conduttimetria
Idrocarburi policiclici aromatici	EPA 8270D/98	Variabile a seconda dei singoli parametri	Gasromatografia con rivelatore a spettrometria di massa
Solidi totali sospesi	IRSA Q100 n°2050	1 mg/l	Determinazione gravimetrica del residuo da filtrazione su membrana di porosità 0,35 nm
COD	IRSA Q100 n°5110	5 mg/l	Determinazione per retrotitolazione delle sostanze ossidabili in una soluzione bollente di dicromato di potassio e acido solforico
BOD5	DIN 38 309 parte. 52r	1 mg/l	Determinazione tramite respirometro dell'ossigeno consumato
Ammoniaca	IRSA Q100 n°3010	0,3 mg/l	Determinazione colorimetrica del complesso che si forma per reazione con il reattivo di Nessler
Nitriti	IRSA Q100 n°3030	0,025 mg/l	Determinazione colorimetrica del composto che si forma per reazione con solfanilammide e N-(1naftil)-etilendiammina
Nitrati	IRSA Q100 n°3020 A1	0,5 mg/l	Determinazione colorimetrica del composto ottenuto per reazione tra nitrati e salicilato di sodio
Fosforo totale	IRSAQ100 n°3090	0,06 mg/l	Determinazione colorimetrica degli ortofosfati ottenuti dalla trasformazione per mineralizzazione acida di tutti i composti del fosforo.
Idrocarburi totali	Std.methods n°5520C&F18th edition	0,5 mg/l	Determinazione all'infrarosso delle sostanze estratte con triclorotrifluoroetano e non trattate da gel di silice
Cloruri	IRSAQ100 n°3070 B	5 mg/l	Titolazione dello ione cloruro con soluzione di nitrato mercurico.
Solfati	IRSAQ100 n°3130B	5 mg/l	Determinazione spettrofotometrica della torbidità della sospensione generata dalla reazione con solfato di bario.
Arsenico	Std.methods n° 3113 18 th edition	1 µg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Mercurio	Std.methods n° 3113 18 th edition	0,2 µg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Ferro	Std.methods n°3113 18th edition	1 µg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Rame	Std.methods n° 3113 18 th edition.	2 µg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Cromo	Std.methods n°3113 18 th edition.	10 µg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Cadmio	Std.methods n° 3113 18 th edition.	1 µg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Piombo	Std.methods n° 3113 18 th edition.	5 µg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Nichel	Std.methods n°3113 18 th edition.	3 µg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Zinco	Std.methods n°3113 18 th edition.	2 µg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Tensioattivi anionici	IRSAQ100 n°5150	0,025 mg/l	Determinazione colorimetrica del sale di colore blu formato per reazione con blu di metilene ed estratto in cloroformio
Tensioattivi non ionici	UNICHIM n°980/2 1993	0,03 mg/l	A seguito di una fase di estrazione concentrazione e purificazione, l'analita viene determinato per misura spettrofotometrica del complesso che si forma per reazione con il potassio picrato, estratto in 1,2 dicloroetano.

5.5.4.2 Analisi Batteriologiche

Per le analisi batteriologiche si fa riferimento a quanto di seguito indicato.

Parametro	Metodo	Limite di rilevabilità	Principio del metodo
Coliformi totali	IRSAQ100 7010 B/93	0 col/100cc	Colture di colonie batteriche su terreni specifici e conta diretta
Conformi fecali	IRSAQ100 7020 B/93	0 col/100cc	Colture di colonie batteriche su terreni specifici e conta diretta
Streptococchi fecali	IRSAQ100 7030 B/93	0 col/100cc	Colture di colonie batteriche su terreni specifici e conta diretta
Escherichia coli	IRSAQ100 7030	0 col/100cc	Metodo con membrane filtranti

5.5.4.3 Descrizione del campionamento di macroinvertebrati e calcolo dell'indice STAR_ICMi

Il metodo di campionamento utilizzato è di tipo multihabitat proporzionale (Buffagni et al. 2007). Il prelievo quantitativo di macroinvertebrati viene effettuato su una superficie nota in maniera proporzionale alla percentuale di microhabitat presenti nel tratto campionato.

Lista e descrizione dei microhabitat minerali (Buffagni et al. 2007)

Microhabitat	Codice	Descrizione
Limo/Argilla < 6 µm	ARG	Substrati limosi, anche con importante componente organica, e/o substrati argillosi composti da materiale di granulometria molto fine
Sabbia 6 µm - 2 mm	SAB	Sabbia fine e grossolana
Ghiaia 0,2 - 2 cm	GHI	Ghiaia e sabbia molto grossolana
Microlithal 2-6 cm	MIC	Pietre piccole
Mesolithal 6-20 cm	MES	Pietre di medie dimensioni
Macrolithal 20-40 cm	MAC	Pietre grossolane
Megalithal > 40 cm	MGL	Pietre di grosse dimensioni, massi, substrati rocciosi di cui viene campionata solo la superficie
Artificiale	ART	Calcestruzzo e tutti i substrati solidi non granulari immessi artificialmente nel fiume
Igropetrico	IGR	Sottile strato d'acqua su substrato solido, spesso ricoperto da muschi

Il campionamento prevede l'individuazione, nel tratto di corso d'acqua monitorato, della sequenza riffle/pool riconoscibile dalla presenza di due aree contigue con caratteristiche di turbolenza, profondità, granulometria del substrato e carattere deposizionale/erosionale diversi. L'area di pool è caratterizzata da minor turbolenza e substrato costituito principalmente da materiale meno grossolano rispetto all'area di riffle; si presenta spesso come un'area relativamente profonda. L'area di riffle è caratterizzata da turbolenza più elevata rispetto all'area di pool e da una granulometria del substrato di dimensioni maggiori rispetto alla pool, dalla minor profondità e dalla minor presenza di depositi di detrito organico (Buffagni et al. 2007).

In relazione al tipo fluviale, il campione biologico deve essere raccolto nella sola area di pool o nella sola area di riffle. Qualora fosse impossibile individuare la sequenza riffle/pool, il campionamento viene effettuato in un tratto di torrente definito *generico*.

Lo strumento utilizzato per il campionamento è un retino immanicato modificato. La superficie di campionamento è di 0,1 m². Ogni campione prelevato è costituito da 10 repliche distribuite proporzionalmente tra i microhabitat e le tipologie di flusso, con una superficie totale di campionamento di 1 m².

Il principale criterio per il riconoscimento delle tipologie di flusso è la modalità di increspatura della superficie dell'acqua. Seguono i principali tipi di flusso rinvenibili nei fiumi italiani.

Lista dei tipi di flusso (Buffagni et al. 2007)

Tipo di flusso	Codice	Definizione
Asciutto/no flow	DR	Assenza di acqua
Non percettibile/no perceptible flow	NP	È caratterizzato da assenza di movimento dell'acqua
Liscio/smooth	SM	Si tratta di un flusso laminare, con superficie dell'acqua priva di turbolenze
Increspato/Rippled	RP	La superficie dell'acqua mostra delle piccole increspature simmetriche, generalmente non più alte di un centimetro
Unbroken standing waves	UW	La superficie dell'acqua appare disturbata. Il fronte dell'onda non è rotto, anche se a volte le creste mostrano la presenza di schiuma bianca
Broken standing waves	BW	L'acqua sembra scorrere verso monte, contro corrente. Perché le onde possano essere definite "rotte" è necessario che ad esse siano associate creste bianche e disordinate
Chute	CH	L'acqua scorre aderente al substrato
Upwelling	UP	Questo flusso è caratterizzato da acqua che sembra in ebollizione con "bolle" che arrivano in superficie da porzioni più profonde di fiume
Flusso caotico/chaotic flow*	CF	È un misto dei flussi più veloci in cui nessuno è predominante
Cascata/Free fall*	FF	L'acqua cade verticalmente, ed è visibilmente separata dal substrato sottostante

Sul materiale raccolto si procede in campo ad un primo riconoscimento e conteggio in situ. La determinazione viene effettuata a livello di famiglia e in alcuni casi a livello di genere e completata in laboratorio tramite microscopio stereoscopico o microscopio ottico qualora ritenuto necessario. Per l'identificazione degli organismi sono utilizzate differenti chiavi dicotomiche. Vengono compilati elenchi faunistici e riportate le abbondanze dei taxa rinvenuti.

Gli elenchi faunistici e le relative abbondanze sono elaborati secondo le indicazioni fornite dal D.M. 260/2010. Viene calcolato l'indice STAR_ICM-i (Buffagni A., Erba S., 2007; 2008): un indice multimetrico composto da 6 metriche (vedi tabella seguente) che descrivono i principali aspetti su cui la 2000/60/CE pone l'attenzione (abbondanza, tolleranza/sensibilità, ricchezza/diversità).

Metriche che compongono lo STAR_ICM-i e peso loro attribuito nel calcolo (Buffagni et al. 2007)

Tipo di informazione	Tipo di metrica	Nome della metrica	Taxa considerati nella metrica	Rif. bibliografico	Peso
Tolleranza	Indice	ASPT	Intera comunità (livello di famiglia)	Armitage et al. 1983	0,333
Abbondanza/ Habitat	Abbondanza	Log ₁₀ (Sel_EPTD+1)	Log ₁₀ (somma di Heptagenidae, Ephemeridae, Leptophlebiidae, Brachycentridae, Goeridae, Polycentropodidae, Limnephilidae, Odontoceridae, Dolichopodidae, Stratyomidae, Dixidae, Empididae, Athericidae e Nemouridae + 1)	Buffagni et al. 2004; Buffagni & Erba, 2004	0,266
		1-GOLD	1-(Abbondanza relativa di Gastropoda, Oligochaeta e Diptera)	Pinto et al. 2004	0,067
Ricchezza/ Diversità	Numero taxa	Numero totale di famiglie	Somma di tutte le famiglie presenti nel sito	Ofenböck et al. 2004	0,167
		Numero di famiglie EPT	Somma delle famiglie di Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera	Böhmer et al. 2004	0,083
	Indice diversità	Indice di diversità di Shannon- Wiener	$D_{S-W} = -\sum(n_i/A) \cdot \ln(n_i/A)$	Hering et al. 2004; Böhmer et al. 2004	0,083

Le metriche, una volta calcolate, devono essere normalizzate, ovvero, il valore osservato deve essere suddiviso per il valore della metrica che rappresenta le condizioni di riferimento (fornito dal D.M. 260/2010). Il risultato, espresso tra 0 e 1, è chiamato RQE (Rapporto di Qualità Ecologica) e deve essere moltiplicato per il peso attribuito ad ogni metrica. L'indice multimetrico finale è ottenuto dalla somma delle sei metriche normalizzate e moltiplicate per il proprio peso. Dopo il calcolo della media ponderata, il valore risultante viene nuovamente normalizzato con il valore proposto dal decreto, ottenendo così lo STAR_ ICM-i.

6 COMPONENTE AMBIENTE IDRICO SOTTERRANEO

Il progetto di monitoraggio dell'Ambiente Idrico Sotterraneo ha lo scopo di evidenziare le eventuali variazioni quantitative e qualitative sugli equilibri idrogeologici, provocate dalla realizzazione e dall'esercizio delle opere previste nel progetto del nuovo tracciato stradale, dall'ubicazione e dalle caratteristiche delle aree di cantiere ed i loro impatti potenziali nelle aree critiche segnalate dallo Studio di impatto Ambientale.

L'area interessata dalla realizzazione del tracciato stradale è costituita da una struttura idrogeologica principale, il cui acquifero è impostato nelle litologie sabbioso-arenacee della formazione delle Arenarie di Pirri, nella quale da sempre vengono scavati e trivellati pozzi per usi idropotabili. Alla base tale acquifero è sostenuto dalle litologie argilloso-limose delle Argille di Fangario a ovest e dalle Marne di Gesturi ad est e a nord, che fungono da acquiclude impermeabile. All'interno di tale acquifero è possibile osservare significative variazioni di permeabilità e locali fenomeni di salienza della falda, a causa della presenza, all'interno della formazione solitamente incoerente e con facies basali grossolane, di livelli più costipati ed intercalazioni lapidee debolmente argillose.

L'alimentazione principale della falda dell'area urbana di Cagliari ha direzione NW-SE, partendo dal Colle di San Michele fino a Monte Urpinu, coinvolgendo Monte Claro ed i rioni di Castello e di San Benedetto. Il deflusso della falda si estende perpendicolarmente a questa direzione di alimentazione, dirigendosi sia verso lo Stagno di Molentargius ad est, che verso la Laguna di Santa Gilla ad ovest.

Nella zona di S. Benedetto, la falda risulta pressoché affiorante, tanto da far registrare allagamenti di scantinati ed imbibizione di murature. In origine, con molta probabilità, tale acquifero era libero solo localmente, in quanto le arenarie erano ricoperte, per la maggior parte, da alluvioni terrazzate e "terre rosse" (depositi di pedimonte costituiti da elementi grossolani e a spigoli vivi in matrice limo argillosa ferrettizzata rossastra) praticamente impermeabili. La realizzazione di nuovi quartieri, strade ed edifici multipiani ha provocato, a causa del peso delle strutture, una compressione della falda, che, in tutta la zona urbana, assume le caratteristiche di una falda in pressione. L'elevata urbanizzazione dell'area ha ridotto notevolmente l'infiltrazione di acqua meteorica, non consentendo più, quindi, la ricarica degli acquiferi freatici, la cui circolazione idrica sotterranea è mantenuta grazie all'apporto di acqua proveniente dalla rete idropotabile interrata, presente nel sottosuolo di Cagliari.

La falda idrica del sottosuolo cagliaritano non viene, però, più usata a fini idropotabili, a causa sia dell'interferenza con la rete fognaria, che dell'elevata presenza di contaminanti, tanto da essere usata solo a scopi industriali ed irrigui.

Negli ultimi anni il ricorso alle acque sotterranee da parte dei centri residenziali della zona costiera ha assunto proporzioni talmente elevate da far registrare casi di contaminazione salina delle falde.

L'eventualità di contaminazione delle falde idriche ad opera di ipotetici inquinanti va riferita, essenzialmente, all'ipotesi di sversamento accidentale di sostanze nocive o al contributo delle acque di dilavamento della piattaforma stradale, con particolare riferimento a quelle di prima pioggia, dotate di maggiori concentrazioni dei potenziali agenti contaminanti. Tale possibilità sarà notevolmente ridotta grazie alla predisposizione lungo il tracciato di vasche di trattamento prima pioggia che, all'occasione, conterranno anche gli eventuali sversamenti accidentali. In secondo luogo si devono tenere

in considerazione anche le teoriche azioni di inquinamento diffuso, ricollegabili ad attività di cantiere (lavorazioni particolari, scarichi di insediamenti temporanei) o all'apporto nel sottosuolo di sostanze necessarie al miglioramento delle proprietà geotecniche dei terreni.

Il rischio derivante dalle potenziali attività d'interferenza potrà essere ulteriormente ridotto sia attraverso un accurato controllo delle varie fasi lavorative in ciascuna delle aree logistiche fisse e mobili (lungo la linea) da parte del personale preposto, sia attraverso le attività di monitoraggio descritte nel seguito.

L'azione di monitoraggio comporta la costruzione di una rete di rilevamento dati composta da stazioni (piezometri) realizzate ex-novo, con caratteristiche tecnico-costruttive ben precise secondo lo scopo, e l'utilizzo dei dati delle stazioni (ove possibile) esistenti e gestite da Enti pubblici.

Alla fine delle osservazioni la strumentazione costruita ex-novo potrà andare ad arricchire la rete di monitoraggio esistente della Regione Autonoma della Sardegna.

6.1 Riferimenti normativi

Di seguito vengono elencati i principali riferimenti normativi, che sono stati considerati per la redazione del presente Progetto di Monitoraggio ambientale, relativi alla componente acque sotterranee.

- D.Lgs. del 10 dicembre 2010 n. 219 - "Attuazione della Direttiva 2008/105/CE relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE, nonché modifica della direttiva 2000/60/CE e recepimento della direttiva 2009/90/CE che stabilisce, conformemente alla Direttiva 2000/60/CE, specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque".
- D.Lgs. del 3 dicembre 2010 n. 205 "Recepimento della direttiva 2008/98/Ce". Modifiche alla Parte IV del D.Lgs. 152/2006.
- D.Lgs. del 23 febbraio 2010, n. 49: "Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni".
- D. Lgs. del 16 marzo 2009, n. 30 "Attuazione della Direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento" definisce le misure specifiche per prevenire e controllare l'inquinamento ed il depauperamento delle acque sotterranee.
- D.Lgs. del 16 gennaio 2008, n. 4: "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del D. Lgs. 03.04.2006, n.152, recante norme in materia ambientale"
- D.Lgs. del 8 novembre 2006, n. 284: "Disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale".
- D.Lgs. del 3 aprile 2006, n. 152: "Norme in materia ambientale" così come modificato dal D.Lgs. n.4 del 16.01.2008 "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 03.04.2006, n. 152, recante norme in materia ambientale".

- D.Lgs. del 2 febbraio 2001, n. 31: “Attuazione della Direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano” come modificato dal D.Lgs. n. 27 del 02.02.2002.
- D.P.R. del 18 febbraio 1999, n. 238: Regolamento recante norme per l'attuazione di talune disposizioni del D.P.C.M. 04.03.1996 “Disposizioni in materia di risorse idriche”.
- L. del 5 gennaio 1994, n. 36, in materia di risorse idriche.
- D. Lgs. del 12 luglio 1993, n. 275: Riordino in materia di concessione di acque pubbliche.

6.2 Analisi dei documenti di riferimento

- Progetto Definitivo della SS554 “Cagliaritana” adeguamento alla sezione stradale cat.B “Extraurbana principale” ed eliminazione delle intersezioni a raso.
- Studio di Impatto Ambientale per il Progetto Definitivo della SS554 “Cagliaritana” adeguamento alla sezione stradale cat.B “Extraurbana principale” ed eliminazione delle intersezioni a raso.
- “Allegato NG Ambiente” al Capitolato Speciale Parte Generale (della documentazione di gara),
- Linee Guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a Valutazione di Impatto Ambientale (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. – D.Lgs. 163/2006 e s.m.i.) Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Direzione per le Valutazioni Ambientali con il contributo di ISPRA, Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo (18-12-2013).
- Piano di Tutela delle Acque (PTA).
- Studi, indagini ed analisi effettuati in sede di progettazione e di analisi ambientale.

6.3 Criteri di scelta dei punti di monitoraggio

Per la scelta e la definizione dei punti di monitoraggio vanno considerati quei punti d’acqua ubicati in prossimità delle opere di progetto (verificabili dallo S.I.A. e dall’approfondimento dello studio dei ricettori effettuato nel progetto offerto) e, soprattutto, con possibilità di rapporti idrogeologici tra essi stessi e le opere.

Oltre a questi saranno individuate quelle lavorazioni particolarmente rischiose dal punto di vista della preservazione delle acque sotterranee, come le opere d’arte con fondazioni profonde e le zone di cantiere.

Nel caso in esame, saranno realizzati dei nuovi pozzi parallelamente all’asse dei viadotti ad una distanza di 50 m a valle rispetto al flusso delle acque sotterranee. Questo posizionamento permetterà di valutare direttamente gli eventuali abbassamenti di falda dovuti al drenaggio causato dalle lavorazioni.

Gli obiettivi del programma di monitoraggio dell’ambiente idrico sotterraneo per le diverse fasi temporali di costruzione dell’infrastruttura stradale (ante operam, corso d’opera e post operam), sono sintetizzabili come descritto nei paragrafi seguenti.

6.3.1 Localizzazione dei punti di monitoraggio

La localizzazione delle zone e dei siti da monitorare deriva da un attento studio del progetto che prevede un'analisi integrata delle caratteristiche costruttive ed esecutive del progetto con le peculiarità idrogeologiche dell'area su cui insiste l'opera. In tale analisi, infatti, è stato seguito un percorso logico in modo da garantire l'efficacia del monitoraggio, la riduzione dell'impatto stesso provocato dal monitoraggio ed anche il contenimento dei costi:

- definizione delle lavorazioni, delle aree e delle opere che devono essere monitorate sia in corso d'opera che in fase di esercizio;
- censimento dei pozzi pubblici/privati e/o di altre reti di piezometri utilizzate dagli enti pubblici per le reti di monitoraggio e verificando se le posizioni di tali pozzi/piezometri possono essere considerate rappresentative delle aree selezionate al punto precedente;
- verifica della rete di piezometri realizzata per la fase di costruzione dell'infrastruttura a supporto delle lavorazioni, le tempistiche dell'eventuale dismissione/distruzione di tali piezometri e la possibilità di poterli utilizzare per il monitoraggio di cui al primo punto;
- per le aree sfornite di una copertura di pozzi/piezometri come da precedente analisi, previsione della realizzazione di piezometri ad hoc per i quali vengono definite le caratteristiche e le specifiche tecniche.

I punti di monitoraggio saranno ubicati a monte ed a valle (in termini di deflusso sotterraneo) dell'area critica e quindi dell'interferenza con il tracciato ovvero in corrispondenza delle aree di cantiere (che per le caratteristiche del sottosuolo e degli impatti presenti sono considerate significative), e lungo il tracciato in corrispondenza di quelle opere che potrebbero causare sbarramenti del normale deflusso della falda o depressioni locali del livello piezometrico (trincee, opere di fondazione), cercando di mantenere una distanza dall'asse del tracciato (cioè dall'asse principale), inferiore al corridoio di 100 m a monte e a valle dello stesso.

E' stata verificata la presenza di piezometri o pozzi (privati o pubblici) esistenti lungo il tracciato della nuova opera e realizzati durante le campagne geognostiche a supporto della progettazione preliminare e definitiva (2015-2016); tuttavia nessuno di questi piezometri ha un posizione idonea alle attività di monitoraggio in questione. Pertanto, si ipotizza il monitoraggio di 8 piezometri di nuova realizzazione.

Nella tab.6.3.1 si riporta una sintesi dei punti di monitoraggio previsti per il monitoraggio della componente Acque sotterranee in funzione della posizione rispetto al tracciato di progetto e dell'appartenenza al I° o al II° lotto funzionale nei quali è suddivisa l'opera dal punti di vista costruttivo.

Tab. 6.3.1 - Sintesi punti di del monitoraggio della componente Acque Sotterranee.

Lotto	Cod. punto	Tipologia punto	Posizione	Progr. km	F (pollici)	Prof.	Fase monit.
I° Lotto	ASO_01	Piezometro nuovo	monte	4+480	3"	20 m	C.O./P.O.
	ASO_02	Piezometro nuovo	valle	4+500	3"	20 m	A.O./C.O./P.O.
	ASO_03	Piezometro nuovo	monte	5+900	3"	20 m	C.O./P.O.
	ASO_04	Piezometro nuovo	valle	6+000	3"	20 m	A.O./C.O./P.O.

Lotto	Cod. punto	Tipologia punto	Posizione	Progr. km	F (pollici)	Prof.	Fase monit.
II° Lotto	ASO_05	Piezometro nuovo	monte	7+000	3"	20 m	C.O./P.O.
	ASO_06	Piezometro nuovo	valle	7+100	3"	20 m	A.O./C.O./P.O.
	ASO_07	Piezometro nuovo	monte	9+700	3"	20 m	C.O./P.O.
	ASO_08	Piezometro nuovo	valle	9+700	3"	20 m	A.O./C.O./P.O.

Legenda: A.O. = Ante Operam; C.O.= In corso d'opera; P.O.= Post Operam

L'ubicazione di tali punti, riportata nelle planimetrie allegate alla presente relazione "Planimetria con ubicazione dei punti di misura Tav.1/2÷2/2" - Scala 1:5.000 (Elab. DPCA06-D-1501-T00-IA-06-AMB-PP-01 e DPCA06-D-1501-T00-IA-06-AMB-PP-02), sarà comunque oggetto di confronto/condivisione con gli organi di controllo preposti (Regione, ARPAS), anche in funzione della presenza di sottoservizi o manufatti interrati.

Nella realizzazione dei piezometri occorrerà inoltre tenere conto della necessità che essi risultino sempre accessibili per le misure; a questo fine si eviterà in particolare di posizionarli in aree adibite a parcheggio.

Gli obiettivi del programma di monitoraggio dell'ambiente idrico sotterraneo per le diverse fasi temporali di costruzione dell'infrastruttura stradale (ante operam, corso d'opera e post operam), sono sintetizzabili come descritto nei paragrafi seguenti.

6.4 Articolazione temporale delle attività di monitoraggio

L'articolazione temporale dei rilievi è stata pianificata in base alle lavorazioni previste, al tipo di opera da monitorare e alla prevedibile variabilità stagionale che condiziona l'andamento degli indicatori in funzione di parametri di tipo meteorologico. Per tale motivo, gran parte delle misure in fase di corso d'opera saranno previste con una cadenza che consenta di cogliere le varie fasi stagionali connesse a differenti apporti meteorici e a differenti temperature che incidono sui rapporti fra i fenomeni di evapotraspirazioni l'infiltrazione.

In termini assoluti il monitoraggio dei punti piezometrici avrà la seguente durata:

- la fase di Ante Operam, 6 mesi prima dell'inizio dei lavori;
- la fase di Corso d'Opera corrisponderà con la durata delle lavorazioni previste, fino allo smantellamento dei cantieri;
- la fase di Post Opera, 6 mesi dopo l'entrata in esercizio della nuova infrastruttura.

6.4.1 Attività di monitoraggio ante operam

La fase di monitoraggio ante operam è caratterizzata da 2 campagne di misure fisico-chimiche in situ (con cadenza trimestrale da effettuare nei 6 mesi prima dell'inizio dei lavori) e da una unica campagna di misure chimico-batteriologiche di laboratorio (da realizzarsi prima dell'inizio dei lavori), da realizzare in corrispondenza solo delle sezioni di misura poste a valle del tracciato di progetto.

Nella tabella seguente sono riepilogate le attività di monitoraggio ante-operam della componente Acque sotterranee.

Attività	N° punti di rilevamento	Cadenza
Misure fisico-chimiche in situ: livello statico, temperatura aria/acqua, conducibilità elettrica, pH, ossigeno disciolto, potenziale redox	4*	Trimestrale (nei 6 mesi prima dell'apertura dei cantieri)
Determinazione in laboratorio dei caratteri chimico-batterologici: durezza totale, calcio, sodio, potassio, idrocarburi totali, cloruri, solfati, ferro, rame, cromo totale, cromo VI, cadmio, arsenico, nichel, zinco, piombo, mercurio, tensioattivi anionici, tensioattivi non ionici, IPA, solventi organici, solventi clorurati, escherichia coli	4*	Unica misura (prima dell'apertura dei cantieri)

(*) solo punti di valle

6.4.2 Attività di monitoraggio corso d'opera

La fase di monitoraggio in corso d'opera è caratterizzata da campagne di misure fisico-chimiche e batteriologiche (con cadenza trimestrale da effettuare durante tutta la fase di costruzione dell'infrastruttura), da realizzare in corrispondenza dei punti posti a monte e a valle del tracciato di progetto.

Nella tabella seguente sono riepilogate le attività di monitoraggio in corso d'opera della componente Acque sotterranee.

Attività	N° punti di rilevamento	Cadenza
Misure fisico-chimiche in situ: livello statico, temperatura aria/acqua, conducibilità elettrica, pH, ossigeno disciolto, potenziale redox	8	Trimestrale
Determinazione in laboratorio dei caratteri chimico-batterologici: durezza totale, calcio, sodio, potassio, idrocarburi totali, cloruri, solfati, ferro, rame, cromo totale, cromo VI, cadmio, arsenico, nichel, zinco, piombo, mercurio, tensioattivi anionici, tensioattivi non ionici, IPA, solventi organici, solventi clorurati, escherichia coli	8	Trimestrale

6.4.3 Attività di monitoraggio post operam

La fase di monitoraggio post operam è caratterizzata da 2 campagne di misure fisico-chimiche e batteriologiche (con cadenza trimestrale da effettuare nei 6 dopo l'entrata in esercizio della nuova infrastruttura), da realizzare in corrispondenza dei punti posti a monte e a valle del tracciato di progetto.

Nella tabella seguente sono riepilogate le attività di monitoraggio post operam della componente Acque sotterranee.

Attività	N° punti di rilevamento	Cadenza
Misure fisico-chimiche in situ: livello statico, temperatura aria/acqua, conducibilità elettrica, pH, ossigeno disciolto, potenziale redox	8	Trimestrale (nei 6 mesi dopo l'entrata in esercizio dell'infrastruttura)
Determinazione in laboratorio dei caratteri chimico-batterologici: durezza totale, calcio, sodio, potassio, idrocarburi totali, cloruri, solfati, ferro, rame, cromo totale, cromo VI, cadmio, arsenico, nichel, zinco, piombo, mercurio, tensioattivi anionici, tensioattivi non ionici, IPA, solventi organici, solventi clorurati, escherichia coli	8	Trimestrale (nei 6 mesi dopo l'entrata in esercizio dell'infrastruttura)

6.5 Metodologia per l'esecuzione delle attività di monitoraggio

Le specifiche tecniche di seguito riportate sono così articolate:

- Realizzazione di nuove stazioni di rilievo (piezometri).
- Rilevamento ed acquisizione delle informazioni.

6.5.1 Nuovi piezometri

6.5.1.1 Modalità esecutive

All'interno dei fori appositamente eseguiti a carotaggio continuo saranno installati piezometri del tipo a "tubo aperto".

La perforazione sarà eseguita con rivestimento a seguire di diametro 152 mm impiegando come fluido di perforazione acqua pulita.

Al termine della perforazione si effettuerà un lavaggio preventivo del foro pompando acqua pulita attraverso la tubazione di rivestimento provvisoria.

Successivamente si metteranno in posa i tubi in PVC preparati in elementi di lunghezza 3 m. L'intercapedine tubo finestrato/foro sarà riempita con ghiaia fine lavata di natura silicea e di granulometria compresa tra 4 e 6 mm. La posa del tubo avverrà sollevando poco per volta il rivestimento metallico provvisorio di diametro 152 mm, in modo che il foro non rimanga "scoperto" per più di 50 cm.

Terminato la posa del filtro si eseguirà il tappo impermeabile per un tratto di circa 1 m utilizzando bentonite in palline (compactonit). Infine l'ultimo tratto fino alla superficie si riempirà con una miscela cementizia costituita da acqua-bentonite-cemento.

Si provvederà a proteggere l'estremità superiore dei piezometri con un chiusino carrabile in ghisa.

I tubi da utilizzare hanno le seguenti caratteristiche:

- materiale PVC PN16;
- diametro 3";
- spessore tubo 5 mm;
- larghezza fessure 0.25 mm;
- lunghezza 3 m.

Ad ultimazione della posa si esegue un lavaggio dei tubi con acqua pulita immessa dal fondo mediante impiego di apposita tubazione di iniezione. Successivamente sarà eseguito lo spurgo mediante elettropompa sommersa calata all'interno dei tubi piezometrici.

6.5.1.2 Caratterizzazione dei terreni in cassetta

Al fine di realizzare un'efficiente opera attraverso la quale effettuare i prelievi e misure, durante la perforazione dei piezometri, operata a carotaggio continuo, saranno prelevati dalle cassette catalogatrici, campioni dei livelli di terreno attraversati dal perforo.

Tali campioni dovranno essere sottoposti in tempi rapidi, alle seguenti analisi di laboratorio:

- analisi granulometrica, limiti di plasticità, contenuto organico;
- prove di permeabilità in situ per la determinazione dei coefficiente k (m/sec).

6.5.1.3 *Dati sulle perforazioni*

Per ogni sondaggio saranno raccolte le seguenti informazioni:

- Data inizio e termine della perforazione
- Stratigrafia del sondaggio
- Ubicazione topografica
- Metodo utilizzato
- Attrezzatura impiegata
- Diametro della perforazione
- Diametro del rivestimento
- Fluido di circolazione
- Quota testa foro metri s.l.m.
- Nominativo dei compilatore e responsabile
- Descrizione dei terreni attraversati
- Spessori dei terreni.

Nel corso della perforazione sarà rilevato sistematicamente il livello della falda nel foro; le misure saranno eseguite in particolare ogni mattina, prima di riprendere il lavoro, con annotazione di quanto segue:

- Livello acqua nel foro rispetto al p.c.
- Quota fondo foro
- Quota della scarpa del rivestimento
- Data e ora della misura.

6.5.2 **Rilevamento ed acquisizione delle informazioni**

Considerate le finalità del monitoraggio in campo idrogeologico (monitoraggio qualitativo e quantitativo delle falde), si prevede di controllare in modo programmatico le seguenti due tipologie di dati:

- parametri statici e dinamici della superficie freatica (a larga scala e se possibile a scala più confrontabile con l'estensione dell'area di monitoraggio)
- parametri qualitativi degli acquiferi, al fine di verificare cambiamenti qualitativi rispetto alla situazione ante-operam.

Le operazioni da eseguire in situ saranno dunque di due tipi:

- misure piezometriche;
- campionamento di acque da sottoporre ad analisi fisico-chimiche e batteriologiche.

6.5.2.1 Misure piezometriche

Queste misure saranno eseguite utilizzando una sonda piezometrica a punta elettrica, munita di avvisatore acustico ed ottico. La strumentazione utilizzata deve fornire una lettura della profondità con errore massimo del centimetro.

La procedura di misurazione comprende le seguenti operazioni:

- a) Verifica del codice numerico di identificazione della stazione di misura (piezometro);
- b) Verifica dell'integrità della chiusura del pozzetto di protezione di bocca foro;
- c) Apertura del pozzetto e rimozione del tappo avvitato sull'estremità del tubo;
- d) Effettuazione di tre misure piezometriche ad intervalli di 5 minuti primi onde calcolare il valore medio del livello piezometrico;
- e) Annotazione su apposita modulistica delle misure (in quota relativa ed assoluta), e di ogni altro elemento utile in fase di elaborazione ed interpretazione dei dati (data e ora della misura, situazione meteorologica);
- f) Riposizionamento del tappo avvitato sull'estremità del tubo e chiusura del pozzetto di protezione.

6.5.2.2 Prelievo di campioni d'acqua

Lo scopo di un programma di campionamento è quello di ottenere dei campioni di acqua di falda rappresentativi delle condizioni locali, e che possano essere utilizzati per le analisi di laboratorio.

Pertanto le operazioni di campionamento devono essere documentate in modo da soddisfare le seguenti caratteristiche:

- Attendibilità
- Controllabilità
- Ripetibilità.

Quanto descritto in questo capitolo si applica al prelievo di campioni d'acqua naturale in piezometri che siano stati attrezzati con tubazioni finestate in PVC atossico, od altri materiali approvati dalla D.L., di diametro interno di 75 mm e con materiale granulare da filtro nell'intorno della sezione finestrata.

Le modalità di prelievo e conservazione dei campioni descritte nel seguito sono finalizzate alla esecuzione di analisi di laboratorio con determinazione dei parametri chimico-fisici e microbiologici delle acque campionate.

Le seguenti modalità fanno riferimento alle norme ISO ed UNI EN pubblicate.

Operazioni preliminari

Il prelievo del campione di fluido sarà preceduto da apposite operazioni di spurgo (dettagliate di seguito) del pozzo/piezometro, in quanto il volume d'acqua in esso contenuto, non può dirsi rappresentativo delle reali caratteristiche chimiche fisiche e batteriologiche locali, in conseguenza di fenomeni di contaminazione temporanea legati alla tecnica di perforazione (per prelievi immediatamente successivi alla realizzazione dei piezometri stessi), od alla lunga permanenza dell'acqua all'interno della tubazione di rivestimento dovuta al tempo trascorso tra due campagne di misure programmate.

Nel caso di prelievi entro fori di sondaggio appositamente realizzati ed attrezzati, tra il completamento dell'installazione, la esecuzione delle necessarie operazioni di sviluppo e le operazioni di spurgo preliminari al campionamento, dovranno

intercorrere (qualora non sussistano necessità di urgenza particolare dettate dal programma dei lavori) un minimo di 3 giorni solari.

Ai fini di prelevare campioni d'acqua il più possibile rappresentativi della situazione idrochimica sotterranea, si procederà ad operazioni di spurgo di seguito illustrate.

L'acqua presente nel pozzo dovrà essere completamente rinnovata, il campione d'acqua va prelevato direttamente dalla falda e non dalla porzione presente nel pozzo.

L'acqua stagnante presente nel pozzo può avere caratteristiche chimiche diverse da quelle della falda circostante. Solitamente nei piezometri, il volume d'acqua spurgata varia da tre a cinque volte il volume d'acqua contenuto nel piezometro.

Nel caso dei piezometri costruiti per il monitoraggio, occorre una particolare attenzione alle operazioni di chiarificazione. La natura dei terreni attraversata (limi e sabbie fini) obbliga di eseguire spurghi molto lunghi, anche alcune ore. Si informa che anche in seguito ad operazioni di spurgo eseguite con attenzione e con tempi superiori alle due ore, il campione d'acqua non risulta limpido, e presenta inoltre caratteristiche di torbidità e presenza di sedimento particellare.

Attrezzatura

Il prelievo dei campioni deve essere eseguito con attrezzature e modalità atte a prevenire ogni contaminazione od alterazione delle caratteristiche chimico-fisico e microbiologiche delle acque, ed in particolare:

- le attrezzature destinate al prelievo devono essere preservate da ogni possibile contaminazione anche nelle fasi di trasporto sugli automezzi e in quelle che precedono il prelievo;
- il personale addetto alla manipolazione dei campionatori, delle parti ad essi collegate e di contenitori da trasporto, dovrà utilizzare idonei guanti protettivi di tipo chirurgico, perfettamente puliti.

I requisiti che una buona attrezzatura da campionamento deve possedere sono i seguenti:

- passare facilmente attraverso la tubazione senza pericoli di incastro;
- essere di materiale inerte tale che non adsorba inquinanti, non desorba suoi componenti, non alteri Eh e pH;
- essere compatibile con il grado di sensibilità analitica richiesto dal programma;
- avere la possibilità di campionare a qualsiasi profondità all'interno del piezometro;
- possedere facilità d'uso;
- avere una buona facilità di trasporto in ogni luogo;
- essere facilmente decontaminato con acqua distillata o potabile;
- essere affidabile e di lunga durata in qualsiasi condizione ambientale.

In ogni caso il campionatore dovrà essere costituito da componenti in acciaio inossidabile, vetro e resine fluorocarboniche inerti; sono escluse parti costituite da materiali sintetici o metallici non inerti, valvole lubrificate con olio. Anche i cavi di manovra ed i tubi di collegamento dei campionatori calati in foro devono essere in materiale inerte dal punto di vista chimico-fisico (acciaio inox AISI 316 o resine inerti).

I campionatori suggeriti sono di tipo statico in materiale rigido, da utilizzare dopo che il piezometro è stato spurgato con altra attrezzatura, essi dovranno essere scelti tra i seguenti due tipi:

- Campionatore a doppia valvola: si tratta di un tubo munito superiormente di una forcella alla quale va collegato il cavo di manovra, e di due valvole a sfera una superiore ed una inferiore. Una volta calato alla quota di prelievo, le valvole si chiudono per effetto della pressione idrostatica, riducendo la possibilità di flussi idrici all'interno durante la fase di recupero. Nel caso che le condizioni lo permettano potrà essere utilizzato un campionatore a valvola singola.
- Campionatore a siringa: concettualmente simile ad una grossa siringa per uso medico o veterinario, ha un funzionamento inverso. Infatti essa permette di prelevare campioni d'acqua a quote predeterminate riempiendo un contenitore di materiale inerte, grazie alla depressione in esso creata, da un pistone o una valvola a sfera, attraverso una pompa a mano azionata dall'esterno e collegata al contenitore tramite un tubetto flessibile. L'acqua una volta dentro non può più uscire durante l'estrazione grazie alla presenza di un ago collegato all'ugello di entrata. Una volta estratta essa può essere portata direttamente in laboratorio.

In generale il campione di acqua prelevato, sarà inserito in contenitori di vetro puliti e sterili, chiusi da tappi ermetici in materiale inerte, dotati di etichette con le informazioni relative al sito, al numero del piezometro di rilevazione, al numero del campione, profondità, data ed all'ora del prelievo.

Saranno utilizzati preferibilmente flaconi in polietilene e vetro borosilicato, o in PTFE chimicamente più inerte, ma più costoso degli altri materiali.

Il contenitore sarà esternamente protetto dai raggi solari, e fino alla sua consegna al laboratorio di analisi, dovrà essere conservato in luogo fresco.

Modalità di prelievo dei campioni

Prima di essere calato nel foro, il campionatore dovrà essere già perfettamente pulito e le parti ad esso collegate attentamente lavate con acqua distillata bollita in contenitori di acciaio inossidabile.

Si dovrà inoltre evitare di appoggiare il campionatore e le parti ad esso collegate a terra o dovunque possano contaminarsi.

E' escluso che un campionatore per fluidi impiegato per prelievi diversi da quelli di acque naturali possa essere utilizzato, anche dopo pulizia, per prelievi di acqua di falda.

E' raccomandato che ogni piezometro sia campionato con un proprio apposito campionatore senza mescolanze.

Qualora ciò non si possa verificare, il lavaggio dell'attrezzatura prima di passare da un foro all'altro sarà particolarmente accurato e ripetuto più volte.

Terminate le operazioni preliminari, il campionatore sarà calato nel foro fino alla quota indicata al programma di lavoro ed immerso dolcemente nell'acqua, senza sollevare spruzzi.

Una volta riempito sarà dolcemente sollevato fino alla superficie per essere travasato nei contenitori definitivi.

La quantità di campione prelevato dovrà essere sufficiente alla realizzazione delle analisi complete di laboratorio ed alla loro eventuale ripetibilità; se necessario sarà ottenuto con ripetute operazioni di prelievo alla stessa quota, riponendo quanto campionato nei diversi contenitori opportunamente numerati ed etichettati con tutte quelle informazioni necessarie alla univoca individuazione sulla provenienza del campione.

Il passaggio dal campionatore al contenitore sarà fatto immediatamente dopo il recupero e con molta precauzione, fuori dell'azione diretta dei raggi solari o di altri agenti di disturbo, riducendo all'indispensabile il contatto con l'aria e versando l'acqua con molta dolcezza senza spruzzi; nel contenitore una volta chiuso non deve rimanere aria.

I campioni di fluido acquoso prelevati alla varie profondità in ogni singola stazione (piezometro), dovranno essere conservati in contenitori separati destinati gli uni alle analisi chimico-fisiche e gli altri a quelle batteriologiche (ove previste). La profondità di prelievo dei campioni nella singola verticale di misura (piezometro) sarà funzione della situazione idrogeologica locale, ma in linea di massima sarà adottato il seguente schema generale: n° 1 campione a circa metà della perforazione e n° 1 campione a 2-3 metri da fondo foro.

Conservazione e trasporto dei campioni

I contenitori saranno tenuti in ombra e protetti da ogni possibile contaminazione, preferibilmente in frigorifero alla T di 4°C, per essere recapitati al laboratorio entro 12 ore dal prelievo. Qualora la consegna avvenga a maggior distanza di tempo dal prelievo (comunque entro le 24 ore) i contenitori saranno tassativamente conservati in frigorifero. Deroghe a questa regola potranno essere concesse qualora il tipo di analisi richieste escluda accertamenti microbiologici o di altri componenti la cui concentrazione sia suscettibile di variazioni legate ai tempi di conservazione.

6.5.2.3 *Analisi chimico-fisico-batteriologiche*

Per quanto riguarda le analisi da effettuare in laboratorio esse saranno come da tabella sottostante:

Parametri chimico-fisico-batteriologici

Caratteri fisici	Misure di livello statico
	Misure di temperatura acqua/aria Ta, conducibilità elettrica EC, pH, ossigeno disciolto, potenziale Redox
Caratteri Chimici	Determinazione in laboratorio dei seguenti parametri: durezza totale, calcio, sodio, potassio, idrocarburi totali, cloruri, solfati, ferro, rame, cromo totale, cromo VI, cadmio, arsenico, nichel, zinco, piombo, mercurio, tensioattivi anionici, tensioattivi non ionici, IPA, solventi organici, solventi clorurati,
Caratteri chimico-batteriologici	Escherichia coli

Si sottolinea comunque che nella fase di ante operam, prima cioè di ogni attività realizzativa e di accantieramento, tali analisi saranno eseguite con frequenza trimestrale su tutte le aree per 6 mesi.

Tale attività ante operam si rende necessaria per "fotografare" la situazione iniziale esistente dei corpi idrici sotterranei in prossimità degli interventi in fondazione.

Le determinazioni da eseguirsi nelle singole analisi potranno essere diversificate in funzione degli esiti delle prime campagne di analisi.

6.5.3 **Modalità di campionamento ed analisi delle acque**

Elementi fondamentali di un corretto progetto di monitoraggio ambientale sono la completezza, la continuità e la tempestività con cui tutte le informazioni e i dati verranno raccolti sia nelle stazioni di misura ubicate all'interno delle aree

oggetto di indagine, sia nelle immediate vicinanze di esse. Con questi requisiti il Progetto di Monitoraggio potrà segnalare ogni eventuale rilevante variazione delle caratteristiche idrodinamiche ed idrochimiche delle acque sotterranee nell'intorno dell'area di monitoraggio e delle opere da realizzare.

La raccolta avverrà attraverso attività "una tantum", quali quelle di censimento pozzi e scarichi nelle immediate vicinanze delle aree di monitoraggio, e soprattutto tramite azioni programmate e ripetitive che costituiscono il cuore del progetto di monitoraggio:

- Rilevazione programmata dei livelli piezometrici delle acque sotterranee;
- Prelievo programmato di campioni dai piezometri costruiti ex-novo ed effettuazione analisi di laboratorio.

Le informazioni ricavate saranno riportate in apposite schede, che saranno il frutto di esperienze maturate precedentemente su analoghe problematiche; si avrà comunque cura ad operare una revisione critica alla luce di una gestione successiva dei dati ed ai fini del rispetto di tutti i criteri di qualità che connotano la gestione dei sistemi ambientali semplici o complessi.

Nella redazione della scheda informativa si terrà conto anche della successiva fruibilità dei dati che saranno raccolti in situ, pensando anche ad una loro eventuale elaborazione prima di essere inseriti in una banca dati.

Altri fattori concorrono poi in maniera decisiva alla validazione e alla rappresentazione delle informazioni che saranno raccolte, e sono:

- la distribuzione areale dei punti di misura;
- la durata temporale delle attività di monitoraggio in situ, per ciascuna delle aree;
- la scelta temporale dell'esecuzione delle misure;
- le modalità di esecuzione delle misure e dei campionamenti alle stazioni di controllo;
- la precisione e l'accuratezza con cui verranno fatte le misure ed i prelievi.

Per garantire un'esatta confrontabilità delle misure e dei dati, nelle diverse fasi temporali del monitoraggio ambientale, ai fini di una corretta interpretazione, bisognerà cercare di agire con le stesse modalità e condizioni, per ciascuna delle aree indagate e in ciascuna delle fasi temporali.

In particolare i campionamenti programmati dovranno essere eseguiti sempre con le stesse procedure e gli stessi strumenti in tutti i punti di misura, e le scelte temporali d'esecuzione dei campionamenti dovranno tenere conto anche delle condizioni meteorologiche.

Infatti, bisognerà evitare, specie in aree interessate da intensa coltivazione agricola, di effettuare campionamenti in corrispondenza o subito dopo eventi piovosi, al fine di evitare di attribuire cambiamenti (temporanei) qualitativi delle acque sotterranee, alle attività di realizzazione dell'opera.

Per le letture delle altezze piezometriche è prevista, a differenza dei campionamenti che saranno caratterizzati da una maglia ristretta di punti di misura in coincidenza delle aree oggetto di studio, la raccolta del numero, il più elevato possibile, di misure piezometriche attraverso l'utilizzazione per esempio di tutti i piezometri, ancora funzionanti, realizzati nelle precedenti campagne esplorative, e di pozzi esistenti ove disponibile.

Le misure piezometriche saranno espresse in metri e centimetri, sia come distanza dal piano di campagna, sia come valore rapportato all'altezza sul livello del mare; i valori dei parametri fisico-chimico-biologici saranno espressi nelle unità di misura previste dalla normativa di riferimento e riportate su idonee schede di rilevamento.

Per quanto concerne la misura delle caratteristiche qualitative delle acque di falda, ai fini del monitoraggio saranno controllati alcuni parametri che saranno confrontati con i valori registrati durante la campagna di raccolta dati ante-operam, per verificare eventuali rilevanti modificazioni in senso peggiorativo, dovute alle attività di realizzazione dell'infrastruttura.

La sequenza dei parametri analizzati, deriva dall'esame delle normative attualmente vigenti e degli indirizzi che a livello comunitario sono emersi in particolare in materia di utilizzo e salvaguardia delle acque sotterranee.

6.5.3.1 *Metodologie di misura parametri in situ*

Le misure del livello statico saranno effettuate mediante sonda elettrica il cui cavo sia marcato almeno ogni metro.

La misura andrà effettuata dalla bocca pozzo (bordo del rivestimento) o da altro punto fisso e ben individuabile; sarà quindi misurata l'altezza della bocca pozzo o del punto di riferimento rispetto al suolo. L'indicazione del punto di riferimento dovrà essere riportata sulla scheda di misura.

Il livello statico sarà indicato con l'approssimazione del centimetro.

Si dovrà indicare se al momento della misura il pozzo era in funzione o spento, in altre parole da quanto tempo risultava non in funzione. Si dovrà inoltre annotare se vi siano altri pozzi in funzione nelle immediate vicinanze e la loro distanza.

La misura della temperatura dell'aria e dell'acqua potrà essere effettuata mediante termometro a mercurio o elettronico, ed andrà riportata con l'approssimazione del mezzo grado.

Il pH e la Conducibilità Elettrica saranno determinate con pH-metro e conducimetro elettronici che andranno tarati all'inizio ed alla fine di ogni giornata di lavoro. I risultati della taratura saranno annotati su apposte schede.

6.5.3.2 *Prelievo campioni acque sotterranee per analisi chimico-fisiche e batteriologiche di laboratorio*

Campionamento

Il campionamento dai pozzi dovrà essere preceduto dallo spurgo di un congruo volume di acqua, calcolato in relazione alle caratteristiche del pozzo stesso, in modo da scartare l'acqua giacente e prelevare acqua veramente rappresentativa della falda. Con la stessa pompa si provvederà poi a riempire direttamente le bottiglie come di seguito indicate:

- Bottiglia sterile da 0,5 litri per le analisi batteriologiche
- Bottiglia di due litri in vetro per le analisi chimico-fisiche
- Bottiglia di due litri in plastica per le analisi di metalli e di anioni.

Qualora il campionamento da pompa non fosse praticabile dovrà essere utilizzato un recipiente unico ben pulito per raccogliere le acque destinate alle analisi chimiche, riempiendo poi con quest'acqua le bottiglie ed evitando di lasciare aria tra il pelo libero e il tappo.

Il campionamento per le analisi batteriologiche, invece, richiede la massima attenzione nell'evitare qualsiasi contatto tra l'acqua e altri corpi estranei diversi dalla bottiglia sterile. La stessa bocca d'acqua va sterilizzata con fiamma a gas del tipo portatile.

Per pozzi invece non serviti da pompa si dovrà, per le analisi batteriologiche, campionare per immersione della bottiglia sterile sotto il pelo libero dell'acqua.

Analoghe precauzioni, nei limiti delle possibilità, dovranno essere adottate per il campionamento da piezometri.

Per ogni prelievo dovrà essere redatto un verbale di campionamento che verrà trasmesso in copia al laboratorio di analisi. Per la raccolta del campione si utilizzerà una scheda ed un verbale di campionamento idonei allo scopo.

Etichettatura dei contenitori

I contenitori utilizzati dovranno essere contrassegnati da apposite etichette di tipo autoadesivo con sopra riportate le seguenti informazioni:

- Sigla identificativa del pozzo o del piezometro
- Data e ora del campionamento
- Conservazione e spedizione

Per impedire il deterioramento dei campioni, questi andranno stabilizzati termicamente tramite refrigerazione a 4 °C e recapitati al laboratorio di analisi entro le ventiquattro ore dal prelievo prevedendone il trasporto in casse refrigerate.

6.5.3.3 Metodologia di esecuzione delle analisi

Analisi chimico fisiche

Si riportano nella tabella di seguito le metodologie d'analisi che dovranno essere utilizzate per le determinazioni di ciascun parametro chimico-fisico. Sono riportati contestualmente i limiti di rilevabilità che è possibile conseguire con l'adozione delle rispettive metodiche.

Metodologie di analisi

Parametro	Metodo	Limite di rilevabilità	Principio del metodo
Conducibilità elettrica specifica	D.M. 13/09/99 IV.1	-	Conduttimetria
Durezza totale	IRSAQ100 n°2040	1 mg/l di CaCO ₃	Titolazione complessometrica con acido etilendiamino tetraacetico.
Arsenico	EPA 6010 C 2007	0,11 mg/L	ICP/MS
Calcio	U.S. EPA Method 300.7	0,2 mg/l	Determinazione per cromatografia ionica
Sodio	U.S. EPA Method 300.7	0,2 mg/l	Determinazione per cromatografia ionica
Potassio	U.S. EPA Method 300.7	0,2 mg/l	Determinazione per cromatografia ionica
Cloruri	APAT IRSA CNR 4140 man 29 2003	0,1 mg/l	Determinazione per cromatografia ionica
Solfati	APAT IRSA CNR 4140 man 29 2003	0,2 mg/l	Determinazione per cromatografia ionica
Ferro	EPA 6010 C 2007	4 mg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornetto di grafite
Rame	EPA 6010 C 2007	2µg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornetto di grafite
Cadmio	EPA 6010 C 2007	1 mg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornetto di grafite
Cromo	EPA 6010 C 2007	10 mg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornetto di grafite

Parametro	Metodo	Limite di rilevabilità	Principio del metodo
Cromo VI	APAT CNR IRSA 3150 man 29 2003	10 mg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Piombo	EPA 6010 C 2007	5 mg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Tensioattivi anionici	IRSAQ100 n°5150	0,025 mg/l	Determinazione colorimetrica del sale di colore blu formato per reazione con blu di metilene ed estratto in cloroformio.
Tensioattivi non ionici	UNICHIM n°980/2 1993	0,03 mg/l	A seguito di una fase di estrazione concentrazione e purificazione, il valore viene determinato per misura spettrofotometrica del complesso che si forma per reazione con il potassio picrato, estratto in 1,2 dicloroetano.
Idrocarburi totali (n-esano)	Std methods n.5520 C&F 18th edition	0,5mg/l	Determinazione all'infrarosso delle sostanze estratte con triclorotrifluoroetano e non trattenute da gel di silice
IPA	EPA 8270	0,08 mg/L	GC/MS
Solventi clorurati	EPA 8270	0,05 µg/l	GC/MS
Solventi organici	EPA 8270	0,08 mg/L	GC/MS
Escherichia coli	APAT CNR IRSA 7030F man 29 2003	0 col/100cc	Colture di colonie batteriche su agar e conta diretta

7 COMPONENTE SUOLO E SOTTOSUOLO

Il monitoraggio dei suoli, come esplicitato al §2.4, consiste essenzialmente nel controllo dell'evoluzione della loro qualità, in relazione alle specifiche attività ivi svolte o per le quali è votato. La qualità del suolo viene definita come la propria capacità di promuovere la crescita delle colture, proteggere i bacini idrografici attraverso la regolazione dell'infiltrazione delle precipitazioni ed, infine, impedire l'inquinamento del sottosuolo attraverso il tamponamento dei potenziali inquinanti. Nel caso in esame i fattori di impatto prevedibili sono legati, nella fase del corso d'opera, al mantenimento delle caratteristiche strutturali dei suoli nelle aree di cantiere e nei siti di deposito temporaneo, ed alla contaminazione dovuta agli eventuali sversamenti accidentali sul suolo di sostanze inquinanti, nella fase di post operam, principalmente al rischio di malfunzionamento delle vasche di trattamento con conseguente rilascio di sostanze inquinanti dilavanti il manto stradale.

Il monitoraggio di questa componente ha l'obiettivo di verificare l'eventuale presenza e l'entità di fattori di interferenza dell'opera infrastrutturale sulle caratteristiche pedologiche dei terreni, in particolare quelli dovuti alle attività di cantiere.

Le alterazioni della qualità dei suoli possono essere riassunte in tre generiche tipologie:

- alterazioni fisiche;
- alterazione chimiche;
- alterazione biotiche.

Le attività di monitoraggio riguardano tre distinte fasi:

- ante operam, per conoscere le caratteristiche iniziali dei suoli interessati;
- di costruzione o in corso d'opera;
- post operam.

7.1 Riferimenti normativi

Di seguito vengono elencati i principali riferimenti normativi, che sono stati considerati per la redazione del presente Progetto di Monitoraggio ambientale, relativi alla componente suolo.

- Legge n° 98 del 9 agosto 2013, di conversione, con modifiche, del decreto legge 21 giugno 2013, n° 69, recante "Disposizioni urgenti per il rilancio dell'economia".
- D.M. n.161 del 10 agosto 2012, Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare "Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo".
- D. Lgs. n.205 del 3 dicembre 2010 "Recepimento della direttiva 2008/98/Ce". Modifiche alla Parte IV del D.Lgs. 152/2006.
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Circolare 08 settembre 2010, n. 7617-7618-7619 /STC "Criteri per il rilascio dell'autorizzazione ai Laboratori per l'esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001".

- D. Lgs. n°128 del 29 giugno 2010 (terzo decreto correttivo del D.Lgs. 152/2006).
- D. Lgs. n.49 del 23 febbraio 2010 “Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni”.
- D. Lgs. n.4 del 16.01.2008 “Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del D. Lgs. 03.04.2006, n. 152, recante norme in materia ambientale.”
- D.M. 14 gennaio 2008, Decreto del Ministero delle Infrastrutture “Norme tecniche per le costruzioni”.
- D. Lgs. n.163 del 12 aprile 2006 “Codice dei contratti pubblici di lavori, servizi, forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CEE 2004/18/CE”.
- D. Lgs. n.284 del 08.11.2006 “Disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale”.
- D. Lgs. n.152 del 03.04.2006 “Norme in materia ambientale” così come modificato dal D.Lgs. 16.01.2008, n. 4 del “Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del D. Lgs. 03.04.2006, n. 152, recante norme in materia ambientale”.
- D.M. 21.03.2005 “Metodi ufficiali di analisi mineralogica del suolo”.
- D.M. 25/03/2002 – Rettifiche al Decreto 13/09/1999 (G.U. n. 84 del 10/04/2002).
- D.M. 13/09/1999 – Approvazione dei Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo (G.U. n. SD.O. 185 del 21/10/1999).
- D.M. 01/08/1997 – Approvazione dei metodi ufficiali di analisi fisica dei suoli.

Per quanto concerne le indagini di campagna e la classificazione dei suoli, non esistono norme cui riferirsi, pertanto sono stati considerati i riferimenti scientifici internazionali. In particolare sono state seguite le indicazioni FAO, ISRIC (1990): Guidelines for soil description.

7.2 Analisi dei documenti di riferimento

- Progetto Definitivo della SS554 “Cagliari” adeguamento alla sezione stradale cat.B “Extraurbana principale” ed eliminazione delle intersezioni a raso.
- Studio di Impatto Ambientale per il Progetto Definitivo della SS554 “Cagliari” adeguamento alla sezione stradale cat.B “Extraurbana principale” ed eliminazione delle intersezioni a raso.
- “Allegato NG Ambiente” al Capitolato Speciale Parte Generale (della documentazione di gara),
- Linee Guida per il Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle infrastrutture strategiche ed insediamenti produttivi di cui al Decreto Legislativo n.163 del 12.04.2006 (Commissione speciale di Valutazione di Impatto Ambientale).
- Linee Guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a Valutazione di Impatto Ambientale (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. – D.Lgs. 163/2006 e s.m.i.) Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Direzione per le Valutazioni Ambientali con il contributo di ISPRA, Ministero

dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo (18-12-2013).

- Studi, indagini ed analisi effettuati in sede di progettazione e di analisi ambientale.

7.3 Criteri di scelta dei punti di monitoraggio

L'individuazione delle aree da monitorare si realizza sulla base del riconoscimento delle potenziali interferenze connesse con le attività di costruzione dell'opera. L'interferenza potenziale maggiore è dovuta all'occupazione del suolo a causa delle aree di cantiere; sia che queste aree siano ripristinate che siano destinate ad altri usi rispetto a quelli originari. Il monitoraggio ante operam della componente suolo è indirizzato alla conoscenza dello stato attuale dei terreni occupati dai cantieri e del loro utilizzo mediante indagini puntuali.

In corso d'opera sono previsti una serie di sopralluoghi allo scopo di verificare il layout di cantiere, in particolare con accertamenti mirati alla localizzazione delle varie attività di cantiere durante le fasi realizzative dell'opera.

Caratterizzate le aree di intervento dal punto di vista pedologico, attraverso il monitoraggio ante operam, il monitoraggio post operam della componente suolo consentirà di controllare le eventuali variazioni delle caratteristiche pedologiche dei terreni in funzione delle operazioni di impianto dei cantieri e delle relative lavorazioni in corso d'opera, ed eventualmente fornire indicazioni circa ulteriori misure da intraprendere allo scopo di restituire i suoli all'uso agricolo in maniera ottimale e secondo le caratteristiche dei terreni rilevate nell'ante operam.

7.3.1 Localizzazione dei punti di monitoraggio

La localizzazione esecutiva dei punti di monitoraggio ricade nelle aree occupate temporaneamente in fase di costruzione e destinate al recupero agricolo e/o vegetazionale a fine lavori così come previsto nel progetto definitivo.

In tali aree i punti sono stati posizionati in base a criteri di rappresentatività delle caratteristiche pedologiche e di utilizzo delle aree in relazione a situazioni critiche o di particolare valenza ambientale così come evidenziate nelle tavole di uso del suolo e nelle tavole di impatto sulla componente suolo e sottosuolo.

Pertanto per il monitoraggio della componente suolo si prevede almeno un punto di monitoraggio per ciascuna delle aree di cantiere ipotizzate, siano esse campi base o campi operativi, possibilmente in corrispondenza o in prossimità delle aree dove sono previsti stoccaggi o depositi di materiali potenzialmente inquinanti o dove sono previste lavorazioni o operazioni che comportano l'utilizzo o il maneggio di tali sostanze (officine, magazzini, ecc.). Presso tali punti di monitoraggio, saranno determinate:

- modificazioni delle caratteristiche chimico-fisiche dei terreni;
- variazioni di fertilità (compattazione dei terreni, modificazioni delle caratteristiche di drenaggio, rimescolamento degli strati costitutivi, infiltrazione di sostanze chimiche, etc.).

La localizzazione ed il numero dei punti di monitoraggio potranno inoltre variare in funzione delle verifiche da effettuarsi in corso d'opera con riferimento in particolare all'esatta zonizzazione interna dei cantieri e delle risultanze del monitoraggio ante operam

Preliminarmente all'effettuazione di tali misure è sempre necessario provvedere all'esecuzione di profili o trivellate pedologiche, fino a una profondità minima di 1,5 m; in tal modo è possibile definire correttamente e provvedere al riconoscimento dei diversi orizzonti del suolo e procedere con il collezionamento dei campioni previsti per le determinazioni di laboratorio.

Nella tab. 7.3.1 si riporta una sintesi dei punti di monitoraggio previsti per il monitoraggio della componente Suolo e sottosuolo in funzione della loro ubicazione nelle aree di cantiere e dell'appartenenza al I° o al II° Lotto funzionale nei quali è suddivisa l'opera dal punti di vista costruttivo.

Tab. 7.3.1 - Sintesi punti di del monitoraggio della componente Suolo e Sottosuolo

Lotto	Cod. punto	Cantiere	Posiz. risp. al tracciato	N. scavi	Fase monit.
I° Lotto	SUO_01	C1	2+200	1	A.O./P.O.
	SUO_02	C2	4+400	1	A.O./P.O.
	SUO_03	C3	6+750	1	A.O./P.O.
II° Lotto	SUO_04	C4	7+300	1	A.O./P.O.
	SUO_05	C5	9+750	1	A.O./P.O.
	SUO_06	C6	10+900	1	A.O./P.O.

L'ubicazione dei suddetti punti è riportata nelle planimetrie allegate alla presente relazione "Planimetria con ubicazione dei punti di misura Tav.1/2÷2/2" - Scala 1:5.000 (Elab. DPCA06-D-1501-T00-IA-06-AMB-PP-01 e DPCA06-D-1501-T00-IA-06-AMB-PP-02

7.4 Articolazione temporale delle attività di monitoraggio

I rilievi del suolo verranno organizzati con modalità ed obiettivi differenziati a seconda che si riferiscono alla fase di ante operam e post operam. Il monitoraggio ante operam è finalizzato a fornire una caratterizzazione del suolo prima dell'apertura dei cantieri e sarà volto alla conoscenza dei tre aspetti principali: fertilità, presenza di inquinanti, caratteristiche fisiche del suolo.

Il monitoraggio post operam è finalizzato alla verifica delle caratteristiche del suolo e all'individuazione di eventuali inquinamenti del suolo rispetto alla fase di ante operam, a seguito dell'entrata in esercizio dell'infrastruttura e dell'occupazione temporanea dei cantieri. Questo consentirà di determinare le eventuali aree in cui sarà necessario effettuare eventuali operazioni di bonifica dei terreni superficiali prima della risistemazione definitiva.

7.4.1 Attività di monitoraggio ante operam

Il monitoraggio ante operam della componente suolo consiste nella determinazione delle caratteristiche pedologiche delle aree di cantiere, attraverso una campagna di perforazioni da eseguirsi fino alla profondità di 1.5 m e da effettuare prima dell'inizio dei lavori.

Nella tabella seguente vengono riepilogate le attività di monitoraggio ante operam della componente Suolo e sottosuolo.

Attività	N° punti di rilevamento	Cadenza
Profilo del suolo uso del suolo, vegetazione, substrato pedogenetico, limiti di passaggio, esposizione, pendenza, microrilievo, pietrosità superficiali, rocciosità affiorante, stato erosivo, permeabilità, classe di drenaggio, colore allo stato secco e colore allo stato umido, umidità, tessitura, contenuto dello scheletro, struttura, consistenza, porosità, concrezione o noduli, efflorescenze saline, fenditure superficiali Parametri di laboratorio pH, capacità di scambio cationico, azoto totale, azoto assimilabile, fosforo assimilabile, sostanza organica, carbonio organico, calcare attivo, cadmio, cromo totale, cromo VI, mercurio, nichel, piombo, zinco	6	Unica misura (Tutti i periodi dell'anno)

7.4.2 Attività di monitoraggio post operam

Il monitoraggio post operam, che ha lo scopo di analizzare le variazioni delle caratteristiche pedologiche dei terreni in funzione delle operazioni di impianto dei cantieri e delle relative lavorazioni, si realizzerà ad ultimazione dell'opera dopo il ripristino delle aree di cantiere, mediante un'unica campagna di misure. I risultati del monitoraggio post operam saranno confrontati con quelli relativi alla situazione di "bianco" accertata nella fase ante operam e con i limiti stabiliti dalla normativa vigente, al fine di predisporre l'eventuale adozione di interventi di mitigazione.

Nella tabella seguente vengono riepilogate le attività di monitoraggio post operam.

Attività	N° punti di rilevamento	Cadenza
Profilo del suolo uso del suolo, vegetazione, substrato pedogenetico, limiti di passaggio, esposizione, pendenza, microrilievo, pietrosità superficiali, rocciosità affiorante, stato erosivo, permeabilità, classe di drenaggio, colore allo stato secco e colore allo stato umido, umidità, tessitura, contenuto dello scheletro, struttura, consistenza, porosità, concrezione o noduli, efflorescenze saline, fenditure superficiali Parametri di laboratorio pH, capacità di scambio cationico, azoto totale, azoto assimilabile, fosforo assimilabile, sostanza organica, carbonio organico, calcare attivo, cadmio, cromo totale, cromo VI, mercurio, nichel, piombo, zinco	6	Unica misura (Tutti i periodi dell'anno)

7.5 Metodologia per l'esecuzione delle attività di monitoraggio

Un'osservazione pedologica necessita di uno scavo o una trivellata, ossia un taglio o una perforazione verticale che attraversi il suolo. Lo scavo consente di mettere a nudo una sezione verticale ed evidenziarne il profilo, profondo pochi centimetri o alcuni metri. Con il metodo delle carote, invece, prevede il prelievo di una carota o cilindro di terreno in modo da poterne vedere i vari strati. Non sempre è possibile effettuare lo scavo, in quanto l'escavazione richiede spazi più grandi. Laddove non sarà possibile effettuare lo scavo, si realizzerà una trivellata.

Preliminarmente allo scavo o perforazione, si registreranno sempre i riferimenti geografici e temporali e i caratteri stazionali dell'area di appartenenza.

7.5.1 Trivellate pedologiche

Le trivellate saranno effettuate manualmente, con l'uso della trivella pedologica a punta elicoidale, a diametro di 6 cm, fino ad 1,5 m di profondità se non si incontrano roccia, pietre o ghiaia che rendano impossibile un ulteriore approfondimento della trivella.

La trivellata seguirà le seguenti fasi:

- ruotare la trivella su se stessa per scavare;
- portare lo strumento fuori dal buco e trasferire il campione su un telo di plastica o una tavolozza senza romperlo e soprattutto senza perderne la distribuzione verticale;
- ripetere le operazioni 1 e 2 fino al raggiungimento di 1,5 m, sistemando ogni campione sotto l'ultimo prelevato.

Le trivellazioni saranno ubicate in modo da rappresentare la variabilità geomorfologica dell'area in esame.

7.5.2 Scavi pedologici

Lo studio dei profili prevede l'apertura di buche utilizzando una ruspa (è realizzabile anche a mano), alla profondità di 1,5 m (massima profondità consentita per scavi di terra senza protezione laterale). Nel caso di presenza di falda, lo scavo si arresterà alla stessa. Il profilo deve presentare una parete verticale ben illuminata su cui effettuare, per ciascun orizzonte, le osservazioni ed il prelievo di campioni di suolo.

Gli scavi saranno ubicati in modo da rappresentare la variabilità geomorfologica dell'area in esame.

7.5.3 Profili pedologici

Prima di procedere a qualunque tipo di esame, si fotograferà lo scavo e/o la carota, in modo da lasciare anche traccia visiva dell'indagine.

7.5.4 Preparazione del campione, rilevazione granulometrica e analisi di laboratorio

Il metodo di preparazione dei campione da sottoporre ad analisi è finalizzato a consentire che:

- la più piccola pesata prevista dai metodi di analisi sia rappresentativa del suolo in esame;
- non vengano apportate modificazioni di composizione tali da alterare sensibilmente le varie solubilità nei differenti reattivi estraenti;
- possa essere valutata la quantità di particelle con diametro inferiore a 2 mm.

Le percentuali di sabbia, limo e argilla presenti nella terra fine saranno definite seguendo i triangoli tessiturali della Soil Taxonomy.

Dapprima si raccolgono le informazioni relative all'uso attuale del suolo, capacità d'uso, classificazione pedologica e pratiche culturali precedenti all'insediamento del cantiere.

Quindi si determinano i parametri pedologici in situ:

- esposizione;
- pendenza;
- uso del suolo;
- microrilievo;
- pietrosità superficiale;
- rocciosità affiorante;
- fenditure superficiali;
- vegetazione;
- stato erosivo;
- permeabilità;
- classe di drenaggio;
- substrato pedogenetico.

Successivamente si definiscono gli orizzonti pedologici e i parametri fisico-chimici in situ:

- limiti di passaggio
- colore allo stato secco
- colore allo stato umido
- tessitura
- struttura
- consistenza
- porosità
- umidità
- contenuto dello scheletro
- concrezione o noduli
- efflorescenze saline
- pH.

Infine si effettua l'analisi dei campioni in laboratorio, finalizzata alla determinazione di tutti i parametri ritenuti significativi ed indicatori di possibile inquinamento o modifica della qualità dei suoli in base alle lavorazioni in atto e alle specificità del suolo in cui si opera:

- capacità di scambio cationico;
- azoto totale;
- azoto assimilabile;
- fosforo assimilabile;
- carbonio organico
- carbonio attivo;



- sostanza organica;
- Cd, Cr tot, Cr VI, Cu, Hg, Pb, Ni, Zn.

I dati relativi al monitoraggio post operam saranno confrontati a quelli relativi alla situazione di “bianco” accertata in ante operam e con quelli relativi alla normativa per l’eventuale adozione di misure di mitigazione.

8 COMPONENTE VEGETAZIONE FLORA E FAUNA

L'intervento in progetto consiste nell'adeguamento della viabilità esistente, mentre il territorio attraversato presenta una urbanizzazione diffusa ed una ridotta valenza naturalistica di carattere residuale. Le aree con le principali valenze di carattere naturalistico si collocano a distanza rispetto alle opere in esame. Per il monitoraggio di eventuali effetti a livello di area vasta saranno pertanto realizzati gli specifici piani di monitoraggio finalizzato al rilevamento sulle principali matrici ambientali (con particolare riferimento alle matrici acqua ed aria).

Per quanto concerne le specifiche attività di monitoraggio della componente vegetazione, flora e fauna, si prevedono attività di rilevamento post operam prevalentemente finalizzate al rilievo nelle aree di realizzazione delle opere a verde. Il monitoraggio post operam sulle opere a verde sarà strettamente connessa con le attività di manutenzione delle opere medesime, consentendo l'indirizzo di eventuali interventi manutentivi e di protezione dei nuovi impianti. I rilievi nelle fasi ante operam e in corso d'opera riguarderanno attività finalizzate alla conservazione di eventuali elementi residuali della vegetazione originaria e attività di prevenzione e sorveglianza in merito al rischio di diffusione di specie invasive.

Il monitoraggio comprende diversi aspetti della componente Vegetazione, Flora e Fauna, trattati sia con il rilievo preliminare degli elementi di interesse per la tutela, sia con attività di controllo in cantiere, sia con verifiche sull'efficacia e la funzionalità dei ripristini finali. Pur non prevedendo una trattazione degli aspetti ecologici con un approccio per unità ecosistemiche specifica della componente Ecosistemi, la complessità dei rilievi considererà anche le funzioni ecologiche degli elementi della vegetazione spontanea residuale e del verde di nuovo impianto. Inoltre gli approfonditi rilievi di monitoraggio previsti per le matrici aria, acqua e suolo (vedere relative componenti) costituiscono adeguati presidi di verifica e controllo di ogni eventuale contaminazione delle principali matrici abiotiche degli ecosistemi locali.

8.1 Riferimenti normativi

Di seguito vengono elencati i principali riferimenti normativi, che sono stati considerati per la redazione del presente Progetto di Monitoraggio ambientale, relativi alla componente Vegetazione flora e fauna.

- D.M. del 17 ottobre 2007, n.184 "Criteri minimi uniformi per la definizione di misure di conservazione relative a Zone Speciali di Conservazione (ZSC) e a Zone di Protezione Speciale (ZPS)".
- D.P.R. del 12 Marzo 2003, n. 120 "Regolamento recante modifiche ed integrazioni al decreto del Presidente della Repubblica 8 settembre 1997 n. 357, concernente attuazione della direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche".
- D.M. del 3 settembre 2002 n. 224 "Linee guida per la gestione dei siti Natura 2000" Legge 3 Ottobre 2002, n.° 221 "Integrazioni alla legge 11 febbraio 1992, n. 157, in materia di protezione della fauna selvatica e di prelievo venatorio, in attuazione dell'articolo 9 della direttiva 79/409/CEE".
- D.P.R. del 8 settembre 1997 n.357 "Regolamento recante attuazione della Direttiva 92/43/CEE".
- Direttiva 92/43/CEE del 21 maggio 1992, relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche.

- Legge n. 157 dell'11 Febbraio 1992 "Norme per la protezione della fauna selvatica omeoterma e per il prelievo venatorio".
- Direttiva "Uccelli" 79/409/CEE (allegati sono stati sostituiti con quelli della direttiva 91/244/CEE), concernente la conservazione degli uccelli selvatici.

8.2 Analisi dei documenti di riferimento

- Progetto Definitivo della SS554 "Cagliaritana" adeguamento alla sezione stradale cat.B "Extraurbana principale" ed eliminazione delle intersezioni a raso.
- Tipologici interventi di mitigazione ambientale previsti nel progetto offerto.
- Studio di Impatto Ambientale per il Progetto Definitivo della SS554 "Cagliaritana" adeguamento alla sezione stradale cat.B "Extraurbana principale" ed eliminazione delle intersezioni a raso.
- "Allegato NG Ambiente" al Capitolato Speciale Parte Generale (della documentazione di gara),
- Linee Guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a Valutazione di Impatto Ambientale (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. – D.Lgs. 163/2006 e s.m.i.) Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Direzione per le Valutazioni Ambientali con il contributo di ISPRA, Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo (18-12-2013).
- Studi, indagini ed analisi effettuati in sede di progettazione e di analisi ambientale.

8.3 Criteri di scelta dei punti di monitoraggio

Lo studio della componente Vegetazione, flora e fauna ha l'obiettivo principale di verificare la variazione della qualità naturalistica ed ecologica nelle aree direttamente o indirettamente interessate dalla realizzazione dell'opera.

In tale contesto le indagini condotte in fase ante operam avranno un elevato livello di dettaglio. Hanno lo scopo di definire compiutamente la caratterizzazione dello stato dell'ambiente nelle aree d'indagine prima dell'inizio dei lavori. Più in particolare le indagini saranno finalizzate a raccogliere le informazioni inerenti lo stato di salute degli ecosistemi delle aree selezionate per il monitoraggio e saranno svolte preliminarmente all'insediamento dei cantieri.

Le indagini condotte in fase di realizzazione avranno il principale scopo non solo di accertare le eventuali condizioni di stress indotte dalle lavorazioni sulle componenti indagate, ma anche di verificare la corretta attuazione delle azioni di salvaguardia e protezione di queste, monitorando le condizioni fitosanitarie del recettore, e di predisporre, ove necessario, adeguati interventi correttivi.

Nella fase post operam le indagini saranno finalizzate per lo più ad accertare la corretta applicazione delle misure di mitigazione ambientale indicate nello SIA, al fine di intervenire per risolvere eventuali impatti residui e verificare lo stato evolutivo della vegetazione di nuovo impianto nelle aree soggette a ripristino vegetazionale.

8.3.1 Localizzazione dei punti di monitoraggio

La localizzazione dei punti di indagine è funzione dell'obiettivo principale del monitoraggio della componente Vegetazione flora e fauna: verificare l'efficacia degli interventi a verde.

In relazione, infatti, alla tipologia di monitoraggio si distinguono punti di monitoraggio differenti:

- il primo gruppo di attività consisterà nel monitoraggio degli attecchimenti e sarà finalizzato all'individuazione ed alla comunicazione degli eventuali interventi correttivi necessari per assicurare gli obiettivi di realizzazione delle opere a verde:
 - tipo A. monitoraggio degli attecchimenti e dello stato di salute degli alberi e degli arbusti nella prima stagione vegetativa successiva all'impianto;
 - tipo B. monitoraggio degli accrescimenti e dello stato di salute delle piante;
 - tipo C. valutazione dell'efficacia di schermatura/copertura realizzate con impianti a verde (siepi e filari su pagine stradale) e analisi previsionale in base alle velocità di accrescimento verificate nei primi tre anni.
- il secondo gruppo di attività consisterà nel monitoraggio della vegetazione spontanea ed indicatori ambientali connessi alla componente (attività ante operam, in corso d'opera e post operam):
 - tipo D. monitoraggio dei suoli di copertura e della vegetazione nei bacini di lagunaggio, al fine di evitare accumuli di biomassa eventualmente in grado di ridurre l'efficacia funzionale (attività di indirizzo per eventuali interventi durante il cantiere ed azioni manutentive post cantiere da realizzare con la rimozione di eventuali parti vegetali in grado di far sviluppare *Arundo donax* o altre specie vegetali ad elevata produzione di biomassa);
 - tipo E. analisi di indicatori ecologici di tipo faunistico, consistenti nella verifica di una eventuale mortalità per collisione (in opera e post operam primo anno), verifica post operam dell'efficacia dei sottopassi idraulici per le funzioni di sottopasso faunistico (post operam primo anno).
 - tipo F. Monitoraggio di elementi residuali della vegetazione spontanea, da attuarsi in fase ante operam e in corso d'opera per la localizzazione e la conservazione delle piante da mantenere all'interno delle aree destinate a verde.

Pertanto gli ambiti di localizzazione dei monitoraggi saranno costituiti da:

- 1) Aree di mitigazione con specie arboree/arbustive lungo il tracciato (opere a verde sui margini esterni dell'infrastruttura e nelle aree di svincolo, non incluse nelle categorie che seguono);
- 2) Alberature di compensazione su reliquati;
- 3) Vasche di laminazione e sottopassi idraulici con funzione faunistica.

Dato che le aree di monitoraggio della componente Vegetazione flora e fauna si sviluppano lungo l'intero tracciato, non permettendo una netta appartenenza al I° o al II° Lotto funzionale nei quali è suddivisa l'opera dai punti di vista costruttivo, si ipotizza una percentuale di distribuzione degli ambiti di monitoraggio pari al 60% e al 40% rispettivamente per il I° e per il II° Lotto funzionale.

L'ubicazione dei suddetti punti è riportata nelle planimetrie allegata alla presente relazione "Planimetria con ubicazione dei punti di misura Tav.1/2-2/2" - Scala 1:5.000 (Elab. DPCA06-D-1501-T00-IA-06-AMB-PP-01 e DPCA06-D-1501-T00-IA-06-AMB-PP-02

8.4 Articolazione temporale delle attività di monitoraggio

In fase ante operam sarà attuato il monitoraggio degli elementi della vegetazione spontanea a carattere residuale ancora presenti nell'area di pertinenza del progetto, in funzione dell'eventuale carattere di pregio e della localizzazione sarà valutata la possibilità del loro mantenimento all'interno delle aree destinate a verde (tipo F).

Le attività di monitoraggio riguardano in misura relativamente limitata le attività di cantiere: verifica dei suoli utilizzati per le coperture dei bacini di lagunari per l'individuazione precoce di specie vegetali a carattere invasivo (tipo D), monitoraggio mortalità fauna (tipo E) e monitoraggio degli elementi di vegetazione spontanea destinati al mantenimento delle aree destinate alle opere a verde (tipo F).

Tutte le attività previste saranno invece realizzate nella fase post operam, essendo prioritariamente indirizzate verso le attività di controllo e verifica dell'efficacia degli interventi di mitigazione con opere a verde. Per poter disporre di adeguati dati sugli accrescimenti e sulla struttura delle infrastrutture ecologiche realizzate e necessario prevedere anche un monitoraggio post operam di medio periodo.

Sulla base del confronto tra i dati dimensionali nel breve e nel medio periodo sarà possibile eseguire ulteriori stime previsionali sulla efficacia funzionale delle opere a verde con funzione di filtro ecologico.

Per la verifica dell'efficacia è pertanto necessario prevedere due diverse fasi di monitoraggio post operam:

1. nel primo anno post operam si prevede il monitoraggio degli attecchimenti e stato di salute (tipo A: alla fine della prima stagione vegetativa successiva all'impianto - comunque non prima del dodicesimo mese dall'impianto - per le piante non attecchite per le quali è richiesto la ripiantumazione si rinnova il monitoraggio dell'attecchimento). E' previsto inoltre un rilievo della vegetazione invasiva nelle vasche di laminazione (tipo D), ed un rilievo della mortalità fauna e di verifica dei sottopassi idraulici con funzione di sottopassi faunistici (tipo E);
2. nel secondo e terzo anno post operam si prevede il monitoraggio degli accrescimenti (tipo B), dello stato di salute e dell'efficacia funzionale delle opere a verde schermanti (da realizzare dopo la seconda e la terza stagione vegetativa).

L'esecuzione di due diverse fasi di monitoraggio post operam consente di verificare prima gli attecchimenti e le dimensioni, ovvero la situazione zero delle opere di mitigazione a verde, quindi, alla terza stagione vegetativa (tre anni dopo l'impianto), di verificare gli incrementi di accrescimento ottenuti negli impianti, nonché di eseguire una stima dell'efficacia ecologica delle infrastrutture a verde (tipo C).

8.4.1 Attività di monitoraggio ante operam

Il monitoraggio ante operam della componente Vegetazione flora e fauna consiste in un rilievo esteso a tutto il tracciato di progetto per la localizzazione degli elementi della vegetazione originaria da mantenere nelle spertichi destinate alle opere a verde.

Nella tabella seguente vengono riepilogate le attività di monitoraggio ante operam della componente Vegetazione flora e fauna.

Attività	N° punti di rilevamento	Cadenza
Indagine di tipo F Rilievo della vegetazione originaria residuale e di pregio nelle aree di svincolo, margini stradali e reliquati destinati a superfici a verde	Intero tracciato di progetto	Unica misura (Tutti i periodi dell'anno)

8.4.2 Attività di monitoraggio corso d'opera

Il monitoraggio in corso d'opera della componente Vegetazione flora e fauna consiste in un unico rilievo nelle aree di realizzazione dei bacini di lagunaggio, al fine di controllare l'eventuale presenza di parti vegetali atte a far sviluppare specie altamente invasive e ad elevata produzione di biomassa, da effettuare sull'intera estensione delle superfici occupate dalle vasche di laminazione. Si prevede inoltre un rilievo esteso a tutto il tracciato di progetto delle misure attuate in fase di cantiere per mantenere e preservare gli elementi vegetazionali da mantenere (ovvero aree destinate a superfici a verde nelle quali siano state individuati elementi vegetali residuali di pregio) ed un rilievo esteso al 10% del tracciato per la verifica della mortalità della fauna ai margini del tracciato.

Nella tabella seguente vengono riepilogate le attività di monitoraggio in corso d'opera della componente Vegetazione flora e fauna.

Attività	N° punti di rilevamento	Cadenza
Indagine di tipo D Rilievo della vegetazione invasiva nelle superfici occupate dalle vasche di laminazione	Intere aree occupate dai bacini di lagunaggio	Unica misura (durante realizzazione delle vasche)
Indagine di tipo E Rilievo per la verifica della mortalità della fauna ai margini del tracciato	10% del tracciato di progetto	Unica misura (Tutti i periodi dell'anno)
Indagine di tipo F Rilievo delle misure attuate in fase di cantiere per mantenere e preservare gli elementi vegetazionali da mantenere (aree destinate a superfici a verde nelle quali siano state individuati elementi vegetali residuali di pregio)	Intero tracciato di progetto	Unica misura (Tutti i periodi dell'anno)

8.4.3 Attività di monitoraggio post operam

Come già esplicitato al §8.4, il monitoraggio post operam della componente Vegetazione flora e fauna si sviluppa in due diverse fasi:

- nel primo anno post operam si prevede un unico rilievo degli attecchimenti delle opere a verde realizzate con piantagione di alberi e arbusti, in corrispondenza del 100% delle superfici occupate dalle opere a verde, da effettuare alla fine della stagione vegetativa (non prima del dodicesimo mese dall'impianto), al fine di individuare le eventuali esigenze di sostituzione delle fallanze in coerenza con gli obiettivi di realizzazione delle opere a verde. E' previsto inoltre un rilievo della vegetazione invasiva delle opere a verde presenti nel 100% delle superfici delle vasche di laminazione (nei dodici mesi successivi all'impianto) per individuare l'eventuale presenza di parti vegetali atte a far sviluppare specie altamente invasive e indirizzare interventi mirati, ed un rilievo esteso al 10% del tracciato ed al 50% dei sottopassi idraulici per la verifica della mortalità della fauna;
- nel secondo e terzo anno post operam si prevedono due rilievi (annuali) degli accrescimenti e dello stato di salute delle opere a verde realizzate con piantagione di alberi e arbusti, in corrispondenza del 100% delle superfici occupate dalle opere a verde, da effettuare alla fine della stagione vegetativa (non prima del 24esimo e 36esimo mese dall'impianto), al fine di individuare eventuali azioni correttive. Sono previsti, inoltre due rilievi per la valutazione dell'efficacia funzionale delle opere a verde schermanti in corrispondenza del 100% delle superfici occupate dalle opere a verde, da realizzare dopo la seconda e la terza stagione vegetativa (non prima del 24esimo e 36esimo mese dall'impianto).

Nella tabella seguente vengono riepilogate le attività di monitoraggio post operam della componente Vegetazione flora e fauna.

Attività		N° punti di rilevamento	Cadenza
1° anno PO	Indagine di tipo A Rilievo delle condizioni di vitalità degli impianti (attecchimenti) di tutte le opere a verde realizzate con piantagione di alberi e arbusti	Intero tracciato di progetto	Unica misura (fine della stagione vegetativa non prima del dodicesimo mese dall'impianto)
	Indagine di tipo D Rilievo della vegetazione invasiva nelle superfici occupate dalle vasche di laminazione	Intere aree occupate dai bacini di lagunaggio	Unica misura (nei dodici mesi successivi all'impianto)
	Indagine di tipo E Rilievo dei sottopassi idraulici e ai margini del tracciato per la verifica della mortalità della fauna	10% del tracciato di progetto e 50% dei sottopassi	Unica misura
2° e 3° anno PO	Indagine di tipo B Rilievo delle condizioni di vitalità degli impianti (accrescimenti) di tutte le opere a verde realizzate con piantagione di alberi e arbusti	Intero tracciato di progetto	Annuale (fine della stagione vegetativa non prima del 24esimo e 36esimo mese dall'impianto)
	Indagine di tipo C Rilievo della capacità schermante sviluppata e analisi previsionale degli accrescimenti di tutte le opere a verde realizzate con piantagione di alberi e arbusti	In corrispondenza delle barriere schermanti previste	Annuale (fine della stagione vegetativa non prima del 24esimo e 36esimo mese dall'impianto)

8.5 Metodologia per l'esecuzione delle attività di monitoraggio

8.5.1 Monitoraggio degli attecchimenti e dello stato di salute degli alberi e degli arbusti

Le aree sottoposte ad interventi di ripristino della vegetazione verranno sottoposte a monitoraggio con singolo rilievo eseguito al termine della prima stagione vegetativa successiva all'impianto.

Per le specie arboree i parametri monitorati saranno:

- % di attecchimento dopo la prima stagione vegetativa (per ciascuna specie e per ciascuna area di impianto);
- localizzazione delle fallanze per mortalità e determinazione delle cause;
- controllo visivo e valutazione delle condizioni di vitalità (fogliame, corteccia, ramificazioni, etc.).

Per le specie arbustive i parametri riguarderanno:

- % di attecchimento dopo la prima stagione vegetativa (per ciascuna specie e per ciascuna area di impianto);
- localizzazione delle fallanze per mortalità e determinazione delle cause;
- controllo visivo e valutazione delle condizioni di vitalità (fogliame, corteccia, ramificazioni, etc.).

Feedback:

- il monitoraggio fornirà le indicazioni inerenti l'eventuale sostituzione di fallanze, in coerenza con gli obiettivi di attecchimento prefissati dal progetto.

8.5.2 Monitoraggio degli accrescimenti e dello stato di salute delle piante

Le aree sottoposte ad interventi di ripristino della vegetazione verranno sottoposte a monitoraggio con singolo rilievo per anno nel secondo e nel terzo anno.

Per le specie arboree e arbustive i parametri monitorati saranno:

- misurazione parametri di accrescimento sulle stesse piante nei due anni di monitoraggio (diametro tronco, altezza pianta e larghezza chioma);
- confronto tra i dati dei due anni (statistiche eseguite da campioni corrispondenti di piante) per determinazione degli accrescimenti;
- controllo visivo e valutazione delle condizioni di vitalità (fogliame, corteccia, ramificazioni, etc.).

Feedback:

- il monitoraggio fornirà le indicazioni inerenti l'eventuale aree di accrescimento inferiore alla media ed eventuali esigenze di intervento.

8.5.3 Valutazione dell'efficacia di schermatura/copertura realizzate con impianti a verde (siepi e filari su pagine stradale) e analisi previsionale in base alle velocità di accrescimento

Le aree sottoposte ad interventi di ripristino della vegetazione con funzione schermante (siepi e filari) verranno sottoposte a monitoraggio per la valutazione della capacità schermante.

Per le schermature i parametri monitorati saranno:

- misurazione della copertura utilizzando classi di schermatura su fasce di altezza crescente (% di copertura nel 1° metro di altezza, nel 2° metro di altezza, etc.);
- analisi previsionale della capacità schermante prevista (proiezioni d 5 e 10 anni).

Feedback:

- il monitoraggio fornirà le indicazioni inerenti l'eventuale inefficacia di tratti di schermatura, suggerendo gli interventi correttivi eventualmente opportuni.

8.5.4 Monitoraggio della vegetazione sui dei suoli di copertura nei bacini di lagunaggio

Si effettua un controllo sulle superfici dei bacini di lagunaggio, sia in cantiere che nella fase successiva, al fine di individuare e dare indicazioni per la rimozione di materiale vegetale atto a determinare lo sviluppo evitare accumuli di biomassa eventualmente in grado di ridurre l'efficacia funzionale dei bacini di lagunaggio.

Feedback:

- il monitoraggio fornirà le indicazioni alla Direzione lavori per azioni di rimozione di materiali vegetali che possono innescare fenomeni di accrescimento di biomassa eccessivo nei bacini di lagunaggio. Potranno essere fornite indicazioni per la manutenzione ordinaria.

8.5.5 Analisi di indicatori ecologici di tipo faunistico

Monitoraggio dell'eventuale mortalità per collisione (in opera e post operam, per il primo anno). La verifica della mortalità per collisione viene eseguita a vista e riguarderà sia specie selvatiche che domestiche/ferali. Sarà eseguita una verifica post operam dell'efficacia dei sottopassi idraulici con le funzioni di passaggio faunistico (post operam nel primo anno) tramite rilevamento a vista di segni e tracce di passaggio della fauna all'interno dei condotti medesimi.

Feedback:

- il monitoraggio fornirà eventuali indicazioni di tratte viarie ove si potrebbero concentrare fenomeni di collisione, nonché eventuali indicazioni sull'efficacia dei sottopassi come passaggi faunistici.

8.5.6 Monitoraggio di elementi residuali della vegetazione spontanea

L'attività consiste nella perlustrazione delle superfici che sono destinate, al termine dei lavori, ad aree a verde ed eventuale localizzazione di elementi vegetali residuali di pregio. Gli elementi vegetali di pregio sono quindi segnalati alla Direzione Lavori prima dell'avvio della fase di cantiere. La Direzione Lavori dispone, ove sia possibile, opportune misure per il mantenimento delle piante medesime.

In fase di cantiere il monitoraggio viene eseguito per verificare che siano rispettate le opportune misure di salvaguardia delle piante medesime al fine del loro mantenimento nelle sistemazioni a verde finali.

Gli elementi vegetali di pregio potranno essere costituiti da alberi o arbusti di specie spontanee autoctone (prioritarie), specie coltivate (con priorità all'olivo) e specie alloctone (limitatamente alle specie ormai tipiche del paesaggio locale, con specifico ed esclusivo riferimento all'*Eucaliptus*).

Feedback:

- il monitoraggio fornirà eventuali indicazioni per la salvaguardia di elementi vegetali di pregio da mantenere nelle sistemazioni finali.

Nota: il mantenimento di elementi vegetali preesistenti potrà determinare una riduzione delle quantità di elementi vegetali di nuovo impianto previsti nelle medesime aree a vere, la riduzione sarà pari alle aree di ingombro degli alberi o arbusti salvaguardati.

9 COMPONENTE RUMORE

Il Progetto di Monitoraggio ha lo scopo di esaminare le eventuali variazioni che intervengono nell'ambiente a seguito della costruzione dell'opera e di valutare se tali variazioni sono imputabili alla costruzione dell'opera o al suo futuro esercizio, al fine di ricercare le azioni correttive che possono ricondurre gli effetti rilevati a dimensioni accettabili.

Lo S.I.A. contiene le analisi della componente rumore effettuate attraverso la localizzazione dei ricettori, l'analisi dello stato attuale, l'analisi attraverso specifico modello di simulazione della situazione prevedibile post operam e lo studio delle misure di mitigazione.

Il clima acustico dell'area oggetto dell'intervento è caratterizzato prevalentemente dal traffico veicolare. Il tracciato della SS 554 interessa zone appartenenti alle Classi IV e V in tutti i Comuni, ad eccezione del comune di Cagliari, dove invece attraversa zone nelle Classi II e III; queste ultime sono interessate in alcuni comuni anche dalle opere complementari di adeguamento dell'infrastruttura, che si addentrano in aree residenziali. Pertanto, ad eccezione del Comune di Cagliari l'infrastruttura in progetto interessa in gran parte aree ad intensa attività umana, con presenza di uffici, attività commerciali, produttive e industriali, interessate da intenso traffico veicolare e strade di grande comunicazione.

In tale contesto quindi la fonte di rumore principale è costituita dal traffico veicolare della SS 554, a cui si aggiungono quelle certamente meno rilevanti delle attività produttive ed industriali presenti.

Dall'analisi acustica effettuata nello S.I.A., sia nel caso diurno che in quello notturno, sono stati identificati quei ricettori i cui valori dei livelli di pressione sonora calcolati dal modello risultano superiori ai limiti di legge; tali ricettori necessitano di protezione o di interventi in grado di abbassare i livelli sonori percepibili dall'utente e garantire un clima acustico accettabile nell'intera zona oggetto di indagine.

Il monitoraggio della componente rumore, eseguito prima, durante e dopo la realizzazione dell'opera consentirà di:

- verificare l'effettivo manifestarsi delle previsioni d'impatto;
- garantire la gestione delle problematiche ambientali che possono manifestarsi nelle fasi di costruzione e di esercizio dell'infrastruttura stradale;
- rilevare tempestivamente emergenze ambientali impreviste per potere intervenire con adeguati provvedimenti;
- verificare che i previsti interventi di mitigazione siano efficaci.

9.1 Riferimenti normativi

Di seguito vengono elencati i principali riferimenti normativi, che sono stati considerati per la redazione del presente Progetto di Monitoraggio ambientale, relativi alla componente Rumore.

- D.P.R. del 30 marzo 2004, n.142 "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447".
- D.L. del 4 settembre 2002, n.262 e s.m. "Attuazione della direttiva 2000/14/CE concernente l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto".

- D.M. del 29 novembre 2000 “Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, di piani di contenimento e abbattimento del rumore”.
- D.M. dell’Ambiente del 16 marzo 1998, “Tecniche di rilevamento e misurazione dell’inquinamento acustico”.
- D.P.C.M. del 14 novembre 1997, “Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore”.
- Legge del 26 ottobre 1995, n. 447 - Legge quadro sull’inquinamento acustico.
- D.P.C.M. del 1 marzo 1991 “Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell’ambiente esterno”.
- D.P.C.M. del 27 dicembre 88 n. 377 “Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità di cui all’art. 6 della legge 8 luglio 1986 n. 349, adottate ai sensi dell’art. 3 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 10 agosto 1998 ”.
- Norme ISO 1996/1, 1996/2 e 1996/3 relativa alla “Caratterizzazione e misura del rumore ambientale”.
- Norma UNI 9884 relativa alla “Caratterizzazione acustica del territorio mediante la descrizione del rumore ambientale”.
- Norma UNI 9433 relativa alla “Valutazione del rumore negli ambiti abitativi”.

9.2 Analisi dei documenti di riferimento

- Progetto Definitivo della SS554 “Cagliari” adeguamento alla sezione stradale cat.B “Extraurbana principale” ed eliminazione delle intersezioni a raso.
- Tipologici interventi di mitigazione ambientale previsti nel progetto offerto.
- Studio di Impatto Ambientale per il Progetto Definitivo della SS554 “Cagliari” adeguamento alla sezione stradale cat.B “Extraurbana principale” ed eliminazione delle intersezioni a raso.
- “Allegato NG Ambiente” al Capitolato Speciale Parte Generale (della documentazione di gara),
- Linee Guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a Valutazione di Impatto Ambientale (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. – D.Lgs. 163/2006 e s.m.i.) Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Direzione per le Valutazioni Ambientali con il contributo di ISPRA, Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo (18-12-2013).
- Studi, indagini ed analisi effettuati in sede di progettazione e di analisi ambientale.

9.3 Criteri di scelta dei punti di monitoraggio

Per l’intervento di progetto, oggetto del presente piano di monitoraggio, l’interazione con la componente rumore, riguarda l’analisi degli impatti nei tratti in superficie che interferiscono maggiormente con l’ambiente circostante, ovvero con i ricettori sensibili presenti.

La scelta delle aree da sottoporre a monitoraggio ambientale della componente “Rumore” è determinata da una serie di condizioni relative a fattori di criticità ambientale e di rappresentatività della situazione acustica sia per la fase di corso d’opera che per quella di post-operam. In particolare, la criticità ambientale è il risultato della convergenza di numerose

condizioni connesse con i processi di emissione, di propagazione e di immissione del rumore. Tali condizioni sono, rispettivamente:

- presenza e natura di sorgenti di rumore attive, attuali e future (emissione);
- proprietà fisiche del territorio: andamento orografico e copertura vegetale laddove esistente (propagazione);
- tipologia del corpo della nuova infrastruttura (propagazione);
- ubicazione e tipo di ricettori (immissione).

In particolare, la situazione di maggiore criticità si riscontra nel caso di un territorio pianeggiante e che, quindi, non offre ostacoli naturali alla propagazione del rumore, che manifesta modeste proprietà di fonoassorbimento del terreno. Pertanto, in considerazione della quasi completa uniformità dei parametri che influiscono sui processi di emissione, propagazione ed immissione sonora riscontrati nell'area di studio, i principali fattori di criticità ambientale sono:

- vicinanza degli edifici alla futura tratta stradale;
- presenza di ricettori particolarmente sensibili al rumore.

Dall'analisi acustica effettuata nello S.I.A. si rileva che all'interno del corridoio di attraversamento di larghezza 1.000 m su cui interverrà il progetto di adeguamento della SS554, sono stati individuati i ricettori sensibili che risultano concentrati nei comuni di Cagliari (Su Planu) e Monserrato, e sono costituiti principalmente da istituti di formazione e luoghi di culto. Nei comuni di Selargius e Quartucciu sono stati rilevati invece solamente due ricettori sensibili, rappresentati da un quartiere di espansione residenziale a Selargius e una scuola a Quartucciu. Nel comune di Quartu S. Elena invece non risultano ricettori sensibili nel raggio di un kilometro dalla zona di intervento.

9.3.1 Localizzazione dei punti di monitoraggio

Le principali sorgenti sonore attualmente presenti sono rappresentate da:

- S.S. 544 "Cagliaritana";
- S.S. 131dir;
- S.S. 387;
- S.S.125;
- una rete di strade provinciali e comunali di accesso e di distribuzione ai centri abitati di Cagliari, Selargius, Monserrato, Quartucciu e Quartu S. Elena percorse da traffico veicolare di attraversamento, costituito in prevalenza da autovetture ma anche da una buona percentuale di mezzi pesanti adibiti al trasporto di merci da e per i vari impianti industriali presenti nel territorio della provincia di Cagliari.

La principale sorgente di inquinamento acustico è rappresentata dal traffico stradale.

Caratteristiche fisiche del territorio

Il territorio interessato dal tracciato di adeguamento della SS554 ha caratteristiche orografiche in prevalenza sub-pianeggianti, infatti la scelta delle aree oggetto del monitoraggio acustico è ricaduta in aree pianeggianti, pertanto

durante il processo di propagazione, il rumore proveniente dalle diverse sorgenti sonore presenti non incontra alcun ostacolo naturale. Gli unici ostacoli sono costituiti dai corpi degli edifici disposti ai margini delle infrastrutture di trasporto.

Caratteristiche dei ricettori

I ricettori sono rappresentati nella maggioranza dei casi da edifici abitativi e industriali, per lo più costituiti da 2÷5 piani. Sono presenti inoltre dei ricettori sensibili, concentrati nei comuni di: Cagliari (Su Planu) e Monserrato (istituti di formazione e luoghi di culto); Selargius e (quartiere di espansione residenziale) e Quartucciu (scuola).

Tipologia del corpo stradale della nuova infrastruttura

L'area di indagine è interessata dalla futura infrastruttura per un tratto di circa 1830 metri con tipologia costruttiva in viadotto e il resto del progetto è caratterizzato da un alternanza di rilevati e trincee.

Punti di misurazione

Le aree da sottoporre ad indagine sono aree a ridosso dei cantieri (mediante la determinazione del livello sonoro nei ricettori sensibili al rumore di cantiere) e le aree situate lungo il tracciato in progetto (mediante la determinazione del livello sonoro nei ricettori sensibili al rumore prodotto dal passaggio veicolare sulla infrastruttura viaria in progetto e dall'avanzamento del fronte dei lavori) e lungo la viabilità stradale interessata dal passaggio dei veicoli da e per il cantiere (percorso cava-cantiere o cantiere-cantiere).

Il monitoraggio si realizza in 8 aree interessate dalle attività di cantiere e dalla viabilità da e per il cantiere, opportunamente ubicati nella planimetria allegata al presente documento.

Alcuni punti di misura sono stati individuati perché interessati dalla realizzazione delle barriere antirumore previste nell'ambito del progetto definitivo e, pertanto, al fine di verificare l'efficacia degli interventi di mitigazione in essi previsti.

Si riporta, nella tab.9.3.1, una sintesi delle caratteristiche del monitoraggio della componente Rumore in funzione delle aree e della tipologia di campionamento e dell'appartenenza al I° o al II° Lotto funzionale nei quali è suddivisa l'opera dal punti di vista costruttivo.

Tab. 9.3.1 - Sintesi del monitoraggio della componente Rumore

Lotto	Tipo di zona	N. Punti	Fase Monit. e durata rilievi		
			A.O.	C.O.	P.O.
I° Lotto	Area residenziale sulla SS554 di fronte all'area cantiere C1	RUM_01	7gg	7gg	7gg
	Area residenziale sulla SS131dir	RUM_02	7gg	24h	7gg
	Area fronte avanzamento lavori sulla SS554	RUM_03	24h	24h	-
	Area di cantiere C2 sulla SS554	RUM_04	24h	24h	-
	Area residenziale tra la SS554 e viale XXI Aprile	RUM_05	7gg	24h	7gg
II° Lotto	Area residenziale tra la SS554 e la SP15	RUM_06	7gg	7gg	7gg
	Area fronte avanzamento lavori sulla SS554	RUM_07	24h	24h	-
	Area fronte avanzamento lavori sulla SS554	RUM_08	24h	24h	-

Legenda: **A.O.** = Ante Operam; **C.O.**= In corso d'opera; **P.O.**= Post Operam

L'ubicazione delle aree di monitoraggio è riportata nelle planimetrie allegare alla presente relazione "Planimetria con ubicazione dei punti di misura Tav.1/2+2/2" - Scala 1:5.000 (Elab. DPCA06-D-1501-T00-IA-06-AMB-PP-01 e DPCA06-D-1501-T00-IA-06-AMB-PP-02).

9.4 Articolazione temporale delle attività di monitoraggio

Assunti come "punto zero" di riferimento i livelli sonori attuali (*ante operam*), si procederà alla misurazione del clima acustico nella fase di realizzazione delle attività di cantiere. Sarà effettuata, infine, la rilevazione dei livelli sonori nella fase *post operam*, relativa all'esercizio della nuova infrastruttura per monitorare sia quei ricettori i quali, seppur non risultati impattati nello Studio Acustico, presentano caratteristiche (vicinanza all'infrastruttura, situazione morfologica dell'area) tali da risultare meritorie di indagine e sia per verificare l'efficacia degli interventi di mitigazione previsti.

In particolare, il monitoraggio della fase ante-operam è finalizzato ai seguenti obiettivi:

- testimoniare lo stato dei luoghi e le caratteristiche dell'ambiente naturale ed antropico esistenti precedentemente all'apertura dei cantieri ed all'esercizio dell'infrastruttura stradale di progetto;
- quantificare un adeguato scenario di indicatori ambientali tali da rappresentare, per le posizioni più significative, la "situazione di zero" a cui riferire l'esito dei successivi rilevamenti atti a descrivere gli effetti indotti dalla realizzazione e dall'esercizio dell'opera;
- consentire un'agevole valutazione degli accertamenti effettuati, al fine di evidenziare specifiche esigenze ambientali ed orientare opportunamente gli interventi di mitigazione prevedibili per la fase di cantierizzazione.

Le finalità del monitoraggio della fase di corso d'opera sono le seguenti:

- documentare l'eventuale alterazione dei livelli sonori rilevati nello stato ante-operam dovuta allo svolgimento delle fasi di realizzazione dell'infrastruttura di progetto;
- individuare eventuali situazioni critiche che si dovessero verificare nella fase di realizzazione delle opere, allo scopo di prevedere delle modifiche alla gestione delle attività del cantiere e/o al fine di realizzare degli adeguati interventi di mitigazione, di tipo temporaneo.

Il monitoraggio della fase post-operam è finalizzato ai seguenti aspetti:

- confronto degli indicatori definiti nello "stato di zero" con quanto rilevato in corso di esercizio dell'opera;
- controllo della bontà dello studio previsionale di impatto acustico della fase post. operam.

Il monitoraggio dell'opera, nelle sue diverse fasi, è stato programmato al fine di tutelare il territorio e la popolazione residente dalle possibili modificazioni che la costruzione dell'opera ed il successivo esercizio possono comportare. In fase di esecuzione delle opere il sistema di accertamenti predisposto funge anche da sensore di allarme.

9.4.1 Attività di monitoraggio ante operam

La fase di monitoraggio ante operam consiste in un'unica campagna di rilievi in corrispondenza delle aree di cantiere e delle aree residenziali interessate dalla viabilità da e per il cantiere, da realizzare prima dell'inizio dei lavori in qualsiasi

periodo dell'anno escluso i giorni festivi. Le attività di monitoraggio ante operam della componente Rumore sono riepilogate nella tabella seguente.

Attività	N° punti di rilevamento	Durata delle misure	Cadenza	Periodo delle misure
Misure livelli equivalenti e SEL transiti lungo l'infrastruttura in corrispondenza dei cantieri e della viabilità di cantiere	4	24 h	Unica campagna	Tutti i periodi, ad eccezione per periodi festivi.
	4	7gg	Unica campagna	

9.4.2 Attività di monitoraggio corso d'opera

La durata del monitoraggio in corso d'opera è influenzata dalla durata delle fasi di cantiere, che sono variabili per ogni tratto. Quindi le attività di monitoraggio in corso d'opera avranno una durata pari a quella delle attività di cantiere.

La cadenza delle attività, per ogni anno di cantiere in corrispondenza delle lavorazioni più impattanti, è trimestrale sia per i punti posti in corrispondenza dei cantieri sia per quelli in prossimità della viabilità di cantiere. Le attività di monitoraggio corso d'opera sono riepilogate nella tabella seguente.

Attività	N° punti di rilevamento	Durata delle misure	Cadenza	Periodo delle misure
Misure livelli equivalenti e SEL transiti lungo l'infrastruttura in corrispondenza dei cantieri e della viabilità di cantiere	6	24 h	trimestrale	Durante tutta la fase di cantiere con cadenza trimestrale, esclusi i periodi festivi, in corrispondenza di lavorazioni particolarmente rumorose (fondazioni su pali, muri) e degli impianti di betonaggio
	1	7gg	trimestrale	

9.4.3 Attività di monitoraggio post operam

Le attività di monitoraggio post operam, riepilogate nella tabella seguente, consistono in un'unica campagna di misure che verrà realizzata entro sei mesi dall'entrata in esercizio della nuova infrastruttura in corrispondenza solo delle aree residenziali interessate dalla nuova infrastruttura.

Attività	N° punti di rilevamento	Durata delle misure	Cadenza	Periodo delle misure
Misure livelli equivalenti e SEL transiti lungo l'infrastruttura	4	7gg	Unica campagna	Tutti i periodi, ad eccezione per periodi festivi. Entro 6 mesi dall'entrata in esercizio dell'infrastruttura

9.5 Metodologia per l'esecuzione delle attività di monitoraggio

I dati e le informazioni ottenuti nel corso dei rilevamenti in campo sono raccolti e organizzati in schede di riepilogo, che saranno redatte una per ciascun punto di misurazione. Le schede verranno compilate e firmate da tecnici competenti, la cui figura professionale è definita dall'art. 2 comma 6 della Legge Quadro n. 447 del 26.10.95. Essi cureranno anche le operazioni previste per gli accertamenti in campo nonché l'elaborazione, analisi ed interpretazione dei risultati.

Durante le attività che verranno svolte nell'ambito del monitoraggio ambientale, al fine di garantire uno svolgimento omogeneo dei rilevamenti in campo e la ripetibilità delle misurazioni nella fase post-operam, si sono previsti quattro livelli di unificazione, relativi in particolare a:

- metodologie di monitoraggio
- strumentazione utilizzata nei rilevamenti
- metodo per la caratterizzazione dei siti e delle sorgenti
- informazioni da inserire nella banca dati.

L'unificazione delle metodologie di monitoraggio e della strumentazione utilizzata per le misurazioni permette la confrontabilità dei rilevamenti svolti in tempi diversi (ante-operam e post-operam) anche da operatori diversi.

L'unificazione del metodo per caratterizzare i siti e le sorgenti consente una corretta interpretazione dell'insieme dei fenomeni acustici monitorati e, in particolare, la verifica delle condizioni al contorno sui livelli di rumore (attenuazione del suolo per fonoassorbimento, fenomeni diffrattivi dovuti ad ostacoli, rumorosità residua prodotta da tutte le sorgenti diverse da quella considerata, riflessioni multiple sulle facciate degli edifici, ecc.), oltre alla caratterizzazione fisica degli elementi che influiscono sull'emissione sonora (disposizione planimetrica ed altimetrica delle sorgenti di rumore, ecc.).

L'unificazione delle informazioni e dei dati ottenuti è tale da consentire una modalità di archiviazione in grado di fornire al fruitore della banca dati un percorso di consultazione standardizzato e ripetitivo, al fine di un facile reperimento delle informazioni e dati medesimi.

Per ciascuna delle aree di indagine individuate, sarà necessario rendere disponibili almeno le seguenti informazioni:

- caratterizzazione fisica del territorio appartenente alle aree di indagine
- caratteristiche di qualità acustica desunte da studi pregressi
- caratterizzazione delle sorgenti sonore (impianti produttivi, strade, ferrovie, ecc.)
- schede di campagne di misurazione di tipo descrittivo
- registrazioni delle grandezze/parametri acustici e non, misurati nei punti individuati
- basi cartografiche con localizzazione dei punti di misura
- documentazione fotografica degli stessi.

9.5.1 Misure fonometriche nella fase ante e post-operam

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

- caratterizzare in maniera quantitativa la situazione acustica ambientale attuale e quella che s'instaurerà ad opera realizzata;
- verificare il corretto dimensionamento degli interventi di abbattimento del rumore definiti dal SIA e da includere nel progetto esecutivo.

Le indagini ante operam verranno eseguite prima dell'inizio della fase di costruzione dell'opera e quelle post operam entro sei mesi dall'entrata in esercizio della nuova infrastruttura.

L'articolazione e la frequenza temporale delle indagini sono le seguenti:

- rilevamenti in continuo per 24 ore sull'arco di un'intera settimana nella fase ante operam e di normale esercizio della nuova strada (punti interessati dalla viabilità da e per il cantiere)
- rilevamenti in continuo per 24 ore nella fase ante operam (punti ubicati in prossimità delle cantiere)

I valori ottenuti dalle indagini consentiranno, nota la situazione acustica attuale, di definire quella futura, e quando è ancora possibile di adeguare le opere di mitigazione del rumore alla situazione acustica proiettata all'orizzonte temporale di piena capacità.

9.5.2 Misure fonometriche nella fase corso d'opera

Le misure dei livelli sonori in fase corso d'opera hanno due scopi, vale a dire:

- caratterizzare in maniera quantitativa la situazione acustica ambientale che s'instaurerà ad opera realizzata;
- verificare il corretto dimensionamento degli interventi di abbattimento del rumore definiti dal SIA ed inclusi nel progetto esecutivo.

Le indagini saranno eseguite durante la fase di costruzione della nuova infrastruttura.

L'articolazione e la frequenza temporale delle indagini sono le seguenti:

- rilevamenti in continuo per 24 ore durante la fase di cantiere in corrispondenza di particolari lavorazioni.

10 COMPONENTE VIBRAZIONI

Il monitoraggio in corso d'opera (per la componente in esame non risulta necessario un controllo in fase di esercizio) ha lo scopo di analizzare il livello di disturbo delle vibrazioni emesse dalle attività di cantiere, accertando che i livelli indotti agli edifici siano tali da non determinare danni strutturali (lesioni, etc.), ed al contempo che siano compatibili con i limiti di disturbo per gli individui imposti dalla normativa.

Quindi le attività di monitoraggio in corso d'opera avranno una durata pari a quella delle attività di cantiere più impattanti. I livelli ottenuti dovranno soddisfare i requisiti di accettabilità indicati nelle normative di settore. Nel caso di superamento di tali requisiti dovranno essere adottati gli opportuni interventi di mitigazione degli impatti su persone e strutture.

In corso d'opera, l'interazione del tracciato di progetto con la componente vibrazioni riguarda le fasi di cantiere più impattanti (quali ad esempio opere di fondazione o le attività di compattazione rilevati).

Sulla base di tali considerazioni, è stata quindi effettuata una valutazione preventiva dei luoghi e dei momenti caratterizzati da una possibilità di impatto particolarmente nei riguardi dei recettori presenti, che ha consentito di individuare i punti maggiormente significativi in corrispondenza dei quali si è previsto di realizzare il monitoraggio. I cantieri, comunque, ricadono in ambiti scarsamente urbanizzati, tali da far ritenere le possibilità di impatto circoscritte e localizzate.

La scelta dei siti e quindi degli edifici, sede del monitoraggio vibrazionale, è realizzata in particolare sulla base dei seguenti criteri:

- individuazione di eventuali ricettori sensibili;
- tipologia strutturale degli edifici e loro destinazione d'uso;
- maggiore sensibilità dei ricettori all'impatto vibrazionale;
- minore distanza dalle sorgenti di vibrazione (macchinari di cantiere, mezzi di trasporto dei materiali).

10.1 Riferimenti normativi

Di seguito vengono elencati i principali riferimenti normativi, che sono stati considerati per la redazione del presente Progetto di Monitoraggio ambientale, relativi alla componente Vibrazioni.

- Norma UNI 9614 del 1990 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sulla popolazione", che è in parziale accordo con i contenuti di altre norme internazionali: ISO 2631/1 e ISO 2631/2;
- Norma UNI 9916 del 1991 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici", che è in sostanziale accordo con i contenuti di altre norme internazionali: ISO 4866, DIN 4150/3, BS 6472.

10.2 Analisi dei documenti di riferimento

- Progetto Definitivo della SS554 "Cagliaritano" adeguamento alla sezione stradale cat.B "Extraurbana principale" ed eliminazione delle intersezioni a raso.

- Tipologici interventi di mitigazione ambientale previsti nel progetto offerto.
- Studio di Impatto Ambientale per il Progetto Definitivo della SS554 “Cagliaritana” adeguamento alla sezione stradale cat.B “Extraurbana principale” ed eliminazione delle intersezioni a raso.
- “Allegato NG Ambiente” al Capitolato Speciale Parte Generale (della documentazione di gara),
- Linee Guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a Valutazione di Impatto Ambientale (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. – D.Lgs. 163/2006 e s.m.i.) Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Direzione per le Valutazioni Ambientali con il contributo di ISPRA, Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo (18-12-2013).
- Studi, indagini ed analisi effettuati in sede di progettazione e di analisi ambientale.

10.3 Criteri di scelta dei punti di monitoraggio

La valutazione del livello di disturbo durante la fase di cantierizzazione ha lo scopo di garantire la compatibilità delle vibrazioni emesse dall’attività di cantiere, accertando che i livelli indotti agli edifici siano tali da non determinare danni strutturali (lesioni, etc.) e nel contempo siano compatibili con i limiti di disturbo per gli individui imposti dalla normativa.

In corso d’opera, l’interazione del tracciato di progetto con la componente vibrazioni riguarda le attività di cantiere più impattanti (quali ad esempio opere di demolizione, di sostegno e di scavo) e meno impattanti (quali il trasporto dei materiali ai siti di cava/deposito).

Si ritiene interessante l’analisi degli impatti sulla componente vibrazioni prima dell’inizio dei lavori ed in corrispondenza dei cantieri che interferiscono maggiormente con l’ambiente circostante, ovvero con i ricettori sensibili presenti.

La scelta dei siti e quindi degli edifici, sede del monitoraggio vibrazionale, è realizzata sulla base dei seguenti criteri:

- individuazione di eventuali ricettori sensibili (edifici residenziali, edifici adibiti a presidi sanitari, scuole);
- tipologia strutturale degli edifici e loro destinazione d’uso;
- maggiore sensibilità dei ricettori all’impatto vibrazionale;
- minore distanza dalle sorgenti di vibrazione (macchinari di cantiere, mezzi di trasporto dei materiali).

10.3.1 Localizzazione dei punti di monitoraggio

Il monitoraggio si realizzerà in totale in 6 aree interessate dalle attività di cantiere.

Questi sono dei ricettori caratterizzati per lo più da edifici abitativi di 2÷5 piani, ovvero ricettori sensibili opportunamente ubicati in planimetria, al fine di caratterizzare nella maniera più completa il clima vibrazionale dell’area di progetto.

I punti di misura scelti coincidono con gli edifici nei quali si realizzano anche i rilievi della componente rumore.

Si riporta nella tab.10.3.1 una sintesi dei punti di rilievo del monitoraggio della componente vibrazioni, in funzione delle aree e della tipologia di campionamento e dell’appartenenza al I° o al II° Lotto funzionale nei quali è suddivisa l’opera dal punti di vista costruttivo.

Tab. 8.1.1 - Sintesi del monitoraggio della componente Vibrazioni.

Lotto	Tipo di zona	N. Punti	Fase Monit.	Durata
I° Lotto	Area fronte avanzamento lavori sulla SS131dir	VIB_01	A.O./C.O	24 h
	Area fronte avanzamento lavori sulla SS554	VIB_02	A.O./C.O	24 h
	Area di cantiere C2	VIB_03	A.O./C.O	24 h
	Area fronte avanzamento lavori tra la SS554 e viale XXI Aprile	VIB_04	A.O./C.O	24 h
II° Lotto	Area fronte avanzamento lavori sulla SS554	VIB_05	A.O./C.O	24 h
	Area fronte avanzamento lavori sulla SS554	VIB_06	A.O./C.O	24 h

 Legenda: **A.O.** = Ante Operam; **C.O.**= In corso d'opera; **P.O.**= Post Operam

L'ubicazione delle aree di monitoraggio è riportata nelle planimetrie allegare alla presente relazione "Planimetria con ubicazione dei punti di misura Tav.1/2+2/2" - Scala 1:5.000 (Elab. DPCA06-D-1501-T00-IA-06-AMB-PP-01 e DPCA06-D-1501-T00-IA-06-AMB-PP-02).

10.4 Articolazione temporale delle attività di monitoraggio

Gli obiettivi del monitoraggio della componente vibrazioni sono perseguiti mediante una serie di indagini da eseguirsi in corrispondenza di opportuni siti durante due finestre temporali successive:

- fase ante operam: periodo temporale immediatamente antecedente all'inizio delle attività lavorative;
- fase di corso d'opera: periodo temporale in cui si svolgono le attività lavorative necessarie alla costruzione dell'opera.

Le misurazioni ante operam hanno lo scopo di definire la situazione prima della costruzione dell'opera. In particolare, le rilevazioni ante operam dovranno rappresentare i valori di confronto per i livelli di vibrazione indotti nella fase in corso d'opera. Inoltre tali rilievi permetteranno di determinare i livelli di fondo da scorporare nei livelli misurati nella fase di corso d'opera ai sensi della norma UNI 9614.

Le misurazioni in corso d'opera hanno l'obiettivo di verificare il livello delle vibrazioni indotte dalle lavorazioni con riferimento a:

- vibrazioni indotte dalle lavorazioni sui ricettori situati nei pressi di aree di cantiere;
- vibrazioni indotte dal passaggio dei mezzi di cantiere sui ricettori posti lungo la viabilità stradale utilizzata.

Le misure nei pressi delle aree di cantiere verranno dapprima eseguite con lo scopo di valutare valori potenzialmente critici in termini di disturbo alle persone (UNI 9614). Nel caso i livelli registrati facciano sospettare la possibilità di danno agli edifici, le misure verranno ripetute secondo norme UNI 9916 e DIN 4150-3.

Il monitoraggio di valori potenzialmente critici indotti dai transiti dei mezzi di cantiere sarà invece esclusivamente finalizzato al solo disturbo alle persone.

Al fine di permettere il confronto tra le due fasi temporali, il monitoraggio dovrà essere effettuato negli stessi siti e nelle stesse posizioni di misura in cui verrà eseguito in fase ante operam.

10.4.1 Attività di monitoraggio ante operam

Il monitoraggio ante operam ha lo scopo di analizzare il livello di disturbo delle vibrazioni attualmente presenti, verificando che i livelli indotti agli edifici siano tali da non determinare danni strutturali (lesioni, etc.), ed al contempo che siano compatibili con i limiti di disturbo per gli individui imposti dalla normativa, in modo così da identificare lo stato di “bianco” del clima vibrazionale del territorio interessato dal tracciato. Il monitoraggio ante operam della componente vibrazioni consiste in un'unica campagna di misure della durata di 24h da realizzare prima dell'inizio dei lavori in un giorno feriale medio. Nella tabella seguente vengono riepilogate le attività di monitoraggio ante operam.

Attività	N° punti di rilevamento	Durata delle misure	Cadenza	Periodo delle misure
Misure di vibrazioni triassiali indotte sugli edifici dalle attività di cantiere, tramite rilevazioni al centro del solaio al piano più alto dell'edificio.	6	24 ore	Unica campagna	Prima dell'inizio dei lavori in un giorno feriale medio.

10.4.2 Attività di monitoraggio corso d'opera

Il monitoraggio in corso d'opera ha lo scopo di analizzare il livello di disturbo delle vibrazioni emesse dalle attività di cantiere, accertando che i livelli indotti agli edifici siano tali da non determinare danni strutturali (lesioni, etc.), ed al contempo che siano compatibili con i limiti di disturbo per gli individui imposti dalla normativa.

La durata del monitoraggio in corso d'opera è influenzata dalla durata delle fasi di cantiere. Quindi le attività di monitoraggio in corso d'opera avranno una durata pari a quella delle attività di cantiere.

La cadenza delle attività è annuale per ogni anno di cantiere in corrispondenza delle attività di cantiere più impattanti (p.e. opere di demolizione, di sostegno e di scavo previste dal Progetto). I livelli ottenuti dovranno soddisfare i requisiti di accettabilità indicati nelle normative di settore. Nel caso di superamento di tali requisiti dovranno essere adottati gli opportuni interventi di mitigazione degli impatti su persone e strutture.

Nella tabella seguente vengono riepilogate le attività di monitoraggio in corso d'opera:

Attività	N° punti di rilevamento	Durata delle misure	Cadenza	Periodo delle misure
Misure di vibrazioni triassiali indotte sugli edifici dalle attività di cantiere, tramite rilevazioni al centro del solaio al piano più alto dell'edificio.	6	24 ore	annuale	I rilievi si realizzeranno con una cadenza annuale per tutta la durata della fase di cantierizzazione, in corrispondenza dell'impiego di macchinari più impattanti.

10.5 Metodologia per l'esecuzione delle attività di monitoraggio

Il monitoraggio si svolgerà con le seguenti modalità:

- sopralluogo ed individuazione degli edifici indicati nel §10.3.1;
- individuazione all'interno dei suddetti edifici di una postazione di misura: ad un piano alto (preferibilmente all'ultimo piano abitato), compatibilmente con l'accessibilità dovuta al consenso dei proprietari. Nel caso in cui tale accessibilità venga a mancare occorrerà individuare siti sostitutivi di misura aventi caratteristiche analoghe.

I rilievi saranno finalizzati alla misura dei livelli di vibrazione. Le misure si concluderanno con la stesura di un rapporto di indagine contenente l'indicazione del sito di misura (toponomastica del ricettore), la definizione precisa del punto di misura all'interno dell'edificio, allegando disegni e fotografie rappresentative delle condizioni di misura.

La metodologia di monitoraggio prevede l'impiego di strumenti (accelerometri o geofoni) in grado di misurare le tre componenti di moto. Tali strumenti, disposti al centro del solaio di un piano alto dell'edificio, saranno collegati ad un sistema di acquisizione multicanale in grado di campionare i segnali mantenendo la corretta ampiezza e fase degli stessi.

In ciascun sito di misura saranno registrati i livelli di vibrazione in corrispondenza ad alcuni transiti significativi di mezzi di cantiere o all'utilizzo di particolari strumentazioni. A tale scopo, andrà opportunamente tarata una soglia di attivazione della registrazione che consenta di evitare la memorizzazione di segnali non voluti come rumori di fondo, vibrazioni di ampiezza molto esigua, etc.

Per poter conseguire le finalità illustrate si ritiene indispensabile effettuare una analisi statistica degli eventi che inducono vibrazioni. Pertanto il tempo di monitoraggio sarà scelto non inferiore a 12 ore ed il numero degli eventi significativi sarà congruo per l'analisi statistica in termini di numero passaggi e tipologia dei veicoli. La frequenza di campionamento non dovrà essere inferiore a 250 Hz.

10.5.1 Elaborazione delle misurazioni

L'elaborazione delle misurazioni sarà effettuata per ogni transito e/o evento significativo, per ogni sensore installato e per ogni direzione di misura. I segnali, registrati nel dominio del tempo dovranno essere analizzati nel dominio delle frequenze nel campo da 1 a 80 Hz, rappresentando gli spettri in diagrammi ad 1/3 di ottava. Più in dettaglio per ogni sito di misura e per ogni posizione dovrà essere diagrammato lo spettro medio e lo scarto quadratico medio delle misure delle tre componenti, composte secondo le indicazioni della normativa ISO 2631. I rilievi relativi al passaggio dei mezzi saranno preceduti da misure di rumore ambientale causato dalle normali attività antropiche presenti nella zona. Si ricorda che ogni diagramma dovrà essere completato dalla tabella dei valori relativi al diagramma stesso.

Nei spettri elaborati sarà sovrapposta, inoltre, la curva indicata dalle norme ISO 2631 per la soglia di sensibilità umana tra 1-80 Hz e quella caratteristica degli ambienti di lavoro (curva ISOX4). Ciò potrà essere utile per paragonare i valori ottenuti alla soglia di percezione umana.

10.5.2 Organizzazione delle informazioni e restituzione dei risultati

Le informazioni raccolte e le misurazioni elaborate saranno organizzate in modo tale che, per ogni sito, siano evidenti e facilmente reperibili le seguenti grandezze:

- i valori che caratterizzano le vibrazioni ed il rumore solido nei termini illustrati in precedenza;
- i parametri di inquadramento territoriale.

Allo scopo di consentire il riconoscimento e l'eventuale riallestimento dei punti di misura nelle diverse fasi del monitoraggio, saranno effettuate riprese fotografiche durante la realizzazione delle misurazioni, le quali consentiranno una più immediata individuazione e localizzazione delle postazioni di rilevamento.

10.5.3 Misure vibrazionali nella fase corso d'opera

I punti sede del monitoraggio vibrazionale durante le attività di cantiere, sono stati selezionati sulla base dei seguenti criteri:

- maggiore sensibilità dei ricettori all'impatto vibrazionale;
- minore distanza dalle sorgenti di vibrazione (macchinari di cantiere, mezzi di trasporto dei materiali).

Il monitoraggio dovrà estendersi per tutto il periodo di durata delle attività di cantiere più impattanti (p.e. opere di demolizione, di sostegno e di scavo previste dal Progetto) ed i livelli ottenuti dovranno soddisfare i requisiti di accettabilità indicati nelle normative di settore (ISO 4866 e DIN4150). Nel caso di superamento di tali requisiti dovranno essere adottati gli opportuni interventi di mitigazione degli impatti su persone e strutture.

Per quel che concerne le attività di cantiere di tipo continuativo (ad esempio lo scavo delle gallerie) sarà opportuno prevedere una finestra temporale non inferiore a 12 ore durante la quale acquisire un numero statisticamente significativo di eventi.

Invece, per le attività di cantiere di tipo discontinuo (transito di mezzi, attività di demolizione ecc.) occorrerà stabilire un valore di soglia oltre il quale attivare il sistema di acquisizione, al fine di registrare unicamente eventi significativi.

11 COMPONENTE PAESAGGIO E STATO FISICO DEI LUOGHI

Il presente capitolo definisce gli obiettivi e i criteri metodologici per il piano di monitoraggio ambientale (PMA) relativo agli aspetti paesaggistici.

In coerenza con le linee guida per il PMA predisposte dal ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio, il monitoraggio della componente in esame si pone come obiettivo quello di verificare durante l'intera esecuzione delle lavorazioni ed in seguito allo smantellamento delle aree di cantiere, che l'area interessata dall'intervento, sia direttamente (aree di cantiere e tracciato stradale), sia indirettamente (viabilità di cantiere e aree limitrofe all'intervento), venga continuamente tutelata e che le modificazioni introdotte siano quelle previste e studiate nello SIA del progetto offerto.

In tale contesto le indagini condotte in fase di Ante Operam hanno lo scopo di definire compiutamente la caratterizzazione dello stato dell'area d'indagine prima dell'inizio dei lavori, individuando gli indicatori in grado di consentire il raffronto tra le tre fasi del monitoraggio e una valutazione il più possibile oggettiva degli effetti sulla componente.

Le indagini condotte in fase di Corso d'Opera avranno il principale scopo di accertare le eventuali condizioni di criticità indotte dalle lavorazioni sulla componente indagata. In tal senso dovrà essere garantita, in fase di realizzazione dell'opera, una corretta gestione del flusso di informazioni tra il Responsabile Ambientale, che svolgerà il ruolo di coordinamento del PMA, il Committente e la Direzione Lavori, allo scopo di garantire risposte immediate ed efficaci alle eventuali criticità riscontrate in sede di indagine.

Nella fase Post Operam le indagini saranno finalizzate per lo più ad accertare l'efficacia delle misure di mitigazione ambientale indicate nel progetto, in termini di percezione visiva dell'opera realizzata.

Tutte le informazioni raccolte, opportunamente confrontate con quelle raccolte durante il monitoraggio degli altri ambiti, permetteranno di comporre, per la situazione attuale e per il post operam in particolare, un esaustivo quadro di riferimento sulla evoluzione dei caratteri del paesaggio nelle fasi costruttive e successivamente all'entrata in esercizio dell'opera. In questo senso la Banca Dati del Monitoraggio permetterà di ottenere un flusso di informazioni costante tra i differenti ambiti. Le informazioni raccolte costituiscono il riferimento base con cui saranno confrontate le modificazioni che si avranno nel corso della realizzazione dell'opera, integrate, ove necessario, dai risultati delle azioni di monitoraggio sulle altre componenti.

In particolare, l'area coinvolta dalla realizzazione nuova infrastruttura si colloca in un'area fortemente antropizzata e caratterizzata da una forte presenza infrastrutturale.

Oggetto del PMA della componente Paesaggio sono anche le aree di cantiere, propedeutiche alla realizzazione della nuova infrastruttura e la rete viaria posta a servizio delle attività produttive presenti nella fascia di territorio coinvolto dalla tratta in argomento.

11.1 Riferimenti normativi e metodologici

Di seguito vengono elencati i principali riferimenti normativi, che sono stati considerati per la redazione del presente Progetto di Monitoraggio ambientale, relativi alla componente Paesaggio.

- Convenzione Europea del Paesaggio, sottoscritta dagli Stati membri del Consiglio d'Europa a Firenze il 20/ottobre/2000;
- Modello DPSIR "Determinanti-Pressione-Stato-Impatto-Risposta" proposto dall'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA);
- Direttiva 85/37/CEE concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati tenendo conto, ai fini della valutazione, anche degli effetti diretti e indiretti di un progetto sul paesaggio (art. 3);
- Direttiva 92/43/CEE del 21 maggio 1992 modificata – che tratta circa la conservazione degli elementi del paesaggio;
- Direttiva 2011/92/UE sulla Valutazione d'Impatto Ambientale;
- D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. "Norme in materia ambientale";
- D.Lgs. 163/2006 e s.m.i. - Allegato XXI (Sezione II);
- D.Lgs. 22.01.2004, n. 42 e s.m.i.: Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 06.07.2002, n. 137;
- Legge 09.01.2006, n.14: Ratifica ed esecuzione della Convenzione europea sul paesaggio, fatta a Firenze il 20 ottobre 2000;
- Norma UNI11109 "Impatto Ambientale - Linee guida per lo studio dell'impatto sul paesaggio nella redazione degli studi d'impatto ambientale, formulata dall'Ente Nazionale Italiano di Unificazione e pubblicata nell'aprile 2004;
- Linee guida dell'Ambiente e Paesaggio nei settori infrastrutturali" promosso da ISPRA e CATAP (Coordinamento delle Associazioni Tecnico – Scientifiche per l'Ambiente e il Paesaggio) – 65.5/2010.

11.2 Analisi dei documenti di riferimento

- Progetto Definitivo della SS554 "Cagliaritana" adeguamento alla sezione stradale cat.B "Extraurbana principale" ed eliminazione delle intersezioni a raso.
- Interventi di mitigazione ambientale previsti nel progetto offerto.
- Studio di Impatto Ambientale per il Progetto Definitivo della SS554 "Cagliaritana" adeguamento alla sezione stradale cat.B "Extraurbana principale" ed eliminazione delle intersezioni a raso.
- "Allegato NG Ambiente" al Capitolato Speciale Parte Generale (della documentazione di gara),
- Linee Guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a Valutazione di Impatto Ambientale (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. – D.Lgs. 163/2006 e s.m.i.) Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Direzione per le Valutazioni Ambientali con il contributo di ISPRA, Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo (18-12-2013).
- Studi, indagini ed analisi effettuati in sede di progettazione e di analisi ambientale.

11.3 Criteri di scelta dei punti di monitoraggio

Il paesaggio, inteso in termini estensivi di testimonianza esteriore della complessità territoriale, proprio per il suo carattere diffuso e ubiquitario, non può prevedere specifici punti di misura, o la presenza di ricettori sensibili sui quali debba essere concentrata l'azione di monitoraggio.

La SS554 nel tratto oggetto di adeguamento costituisce una linea di separazione netta tra due ambiti aventi carattere paesaggistico diverso:

- quello a Sud dell'infrastruttura, tipico degli ambiti di espansione urbana parzialmente degradati, con diverse tipologie di edificato e in rapida evoluzione, a discapito delle aree libere ancora presenti e delle attività agricole per le quali venivano precedentemente utilizzate;
- quello a Nord dell'infrastruttura, ancora prevalentemente agricolo, in cui però le aree a ridosso dell'infrastruttura sono occupate dall'addensamento di attività economiche e produttive.

Le tipologie e il tessuto dell'edificato che interessano praticamente l'intero versante Sud dell'infrastruttura, ma che si sono ormai sviluppati per ampi tratti anche su quello Nord, non sono di alcun interesse estetico e formale e impediscono la percezione dei paesaggi agricoli e naturali circostanti.

Ne risultano, in sintesi, una qualità percettiva molto scarsa ed un evidente esigenza di riordino urbano lungo il tracciato dell'infrastruttura, a cui potrà certamente contribuire il progetto di adeguamento offerto.

La finalità del monitoraggio, nel caso in questione, è la verifica dello stato dell'alterazione dei luoghi nella fase di realizzazione dell'infrastruttura e dell'appropriato ripristino di questi al termine dei lavori. Sarà, quindi, monitorata tutta la fascia di sviluppo dell'opera, verificando il corretto uso del territorio durante il periodo di costruzione e, nel post operam, lo stato di realizzazione degli interventi di mitigazione previsti.

11.3.1 Localizzazione dei punti di monitoraggio

L'attuale SS 554 costituisce di fatto un elemento ordinante del territorio che attraversa, avendo certamente contribuito al contenimento dell'espansione della conurbazione di Cagliari e Comuni limitrofi rispetto all'ambito prettamente agricolo posto a Nord, anche se su questo versante si sono addensate lungo l'infrastruttura insediamenti residenziali e produttivi. Dal punto di vista percettivo la presenza dell'infrastruttura è quindi consolidata, anche se sono evidenti le esigenze di un riordino strutturale e visivo che, visto il ruolo svolto dall'infrastruttura, da essa necessariamente deve partire attraverso elementi di qualità funzionale e architettonica e sistemazioni a verde. La visibilità dell'opera risulta molto limitata all'area strettamente connessa all'opera, essendo il territorio circostante prettamente pianeggiante.

Per consentire una più agevole integrazione del progetto di adeguamento nel territorio, sono previsti degli interventi di mitigazioni a verde, sia con funzione di inserimento paesaggistico delle opere che di arredo urbano, che fanno assumere al progetto di adeguamento dell'infrastruttura stradale anche finalità di riqualificazione urbana che compensano certamente le modificazioni al paesaggio del corridoio attraversato.

Il monitoraggio del paesaggio e dello stato fisico dei luoghi verrà effettuato per tutta la lunghezza del tracciato e della viabilità di cantiere ed in corrispondenza delle aree di cantiere fisse, considerando una fascia d'interesse in senso trasversale rispetto ad ogni lato dell'asse stradale. Dato che si tratta di areali di monitoraggio e non di postazioni puntuali si riporta nella tab. 11.3.1 una sintesi degli ambiti di monitoraggio della componente paesaggio e stato fisico dei luoghi, in funzione dell'appartenenza al I° o al II° Lotto funzionale nei quali è suddivisa l'opera dai punti di vista costruttivo.

Tab. 11.3.1 - Sintesi del monitoraggio della componente Paesaggio e Stato fisico dei luoghi.

Lotto	Tipo di zona	Aree	Fase Monit.
I° Lotto	Area di cantiere C2 al km 2+200	PAE_01	A.O./C.O./P.O.
	Area di svincolo tra SS554 e SS131dir al km 3+050	PAE_02	A.O./C.O./P.O.
	Area di svincolo Baracca Manna al km 3+900	PAE_03	A.O./C.O./P.O.
	Area di cantiere C2 al km 4+450	PAE_04	A.O./C.O./P.O.
	Vasche di laminazione al km 5+000	PAE_05	A.O./C.O./P.O.
	Rotatoria tra SS554 e SS387 al km 5+970	PAE_06	A.O./C.O./P.O.
	Area di cantiere C3 al km 6+800	PAE_07	A.O./C.O./P.O.
	Vasche di laminazione al km 7+000	PAE_08	A.O./C.O./P.O.
	Rotatoria tra SS554 e SP93 al km 7+100	PAE_09	A.O./C.O./P.O.
II° Lotto	Area di cantiere C4 al km 7+350	PAE_10	A.O./C.O./P.O.
	Rotatoria tra SS554 e via Torrente al km 8+500	PAE_11	A.O./C.O./P.O.
	Rotatoria tra SS554 e SP15 al km 9+210	PAE_12	A.O./C.O./P.O.
	Area di cantiere C5 al km 9+700	PAE_13	A.O./C.O./P.O.
	Rotatoria tra SS554 e via Mnadas al km 10+400	PAE_14	A.O./C.O./P.O.
	Area di svincolo tra SS554 e SS125 al km 10+700	PAE_15	A.O./C.O./P.O.
	Area di cantiere C6 al km 11+000	PAE_16	A.O./C.O./P.O.

Legenda: **A.O.** = Ante Operam; **C.O.**= In corso d'opera; **P.O.**= Post Operam

L'ubicazione delle aree di monitoraggio è riportata nelle planimetrie allegate alla presente relazione "Planimetria con ubicazione dei punti di misura Tav.1/2÷2/2" - Scala 1:5.000 (Elab. DPCA06-D-1501-T00-IA-06-AMB-PP-01 e DPCA06-D-1501-T00-IA-06-AMB-PP-02).

11.4 Articolazione temporale delle attività di monitoraggio

L'articolazione temporale del monitoraggio ambientale della componente paesaggio si sviluppa nelle tre seguenti fasi: ante operam (AO), corso d'opera (CO), post operam (PO).

Il monitoraggio della componente Paesaggio prevede l'individuazione di punti di vista, aree e siti su cui focalizzare le successive valutazioni di dinamica evolutiva degli indicatori di paesaggio in relazione all'opera.

L'obiettivo generale attribuito al Monitoraggio Ambientale del paesaggio nella fase di costruzione risulta pertanto quello di valutare eventuali scostamenti dalle previsioni di SIA e verificare, sia in CO che in PO l'efficacia degli interventi mitigativi posti in essere.

11.4.1 Attività di monitoraggio ante operam

Il monitoraggio ante operam della componente Paesaggio relativamente all'impatto visivo, all'uso del suolo ed al mosaico ambientale si realizza mediante una unica campagna di misure prima dell'inizio dei lavori.

Nella tabella seguente vengono riepilogate le attività di monitoraggio in fase ante operam della componente Paesaggio e Stato fisico dei luoghi.

Attività	Aree di rilevamento	Cadenza	Periodo delle misure
Riprese fotografiche	10	Unica misura	Nel periodo dell'anno compreso tra maggio e luglio, nella prima parte della mattinata (entro le ore 10.00) e nella seconda parte del pomeriggio (dopo le ore 17.00)

11.4.2 Attività di monitoraggio in corso d'opera

Il monitoraggio in corso d'opera della componente Paesaggio relativamente all'impatto visivo, si realizza mediante campagne di misure aventi una cadenza annuale durante la fase di cantierizzazione. Si procederà, come già detto, alla riprese fotografiche ed alla formulazione di schede che consentiranno di verificare il rispetto del progetto, così come previsto dalle Linee guida della Commissione VIA, prevedendo una campagna di riprese fotografiche per ogni anno di cantiere. Nella tabella seguente vengono riepilogate le attività di monitoraggio in corso d'opera della componente Paesaggio e Stato fisico dei luoghi.

Attività	Aree di rilevamento	Cadenza	Periodo delle misure
Riprese fotografiche	10	annuale	Durante la fase di costruzione dell'opera con una frequenza annuale, nel periodo dell'anno compreso tra maggio e luglio, nella prima parte della mattinata (entro le ore 10.00) e nella seconda parte del pomeriggio (dopo le ore 17.00)

11.4.3 Attività di monitoraggio post operam

Il monitoraggio in fase post operam della componente Paesaggio si realizza negli stessi punti del monitoraggio in fase ante operam e verrà eseguito una prima volta entro un anno dalla conclusione dei lavori e l'entrata in esercizio dell'infrastruttura. Si ritiene necessario estendere la fase post operam oltre la conclusione ed il collaudo dell'opera, per consentire un maggiore sviluppo ed adattamento delle opere ambientali previste negli interventi di mitigazione, ripristino e compensazione. Nella tabella seguente vengono riepilogate le attività di monitoraggio in fase post operam della componente Paesaggio e Stato fisico dei luoghi.

Attività	Aree di rilevamento	Cadenza	Periodo delle misure
Riprese fotografiche	10	Unica misura	Entro il primo anno dalla conclusione dei lavori e il primo anno di esercizio dell'infrastruttura. Nel periodo dell'anno compreso tra maggio e luglio, nella prima parte della mattinata (entro le ore 10.00) e nella seconda parte del pomeriggio (dopo le ore 17.00)

11.5 Metodologia per l'esecuzione degli accertamenti della componente paesaggio

Le riprese fotografiche saranno effettuate nel periodo compreso fra maggio e luglio, preferibilmente nella prima parte della mattinata (entro le ore 10) e nella seconda parte del pomeriggio (dopo le ore 17) per evitare condizioni di luce azimutale.

Le posizioni di ripresa sono definite nelle tavole allegate al presente documento da cui si può dedurre anche il semipiano da mappare. La tecnica migliore per fotografare tutto il semipiano interessato è quella di posizionare una macchina fotografica su un cavalletto e scattare in sequenza un numero sufficiente di immagini in modo che, una volta accostate, permettano di ricostruire l'intero orizzonte.

Per evitare deformazioni geometriche si utilizzerà un obiettivo di focale non inferiore ai 35 mm (intesa per il formato fotografico classico 24x36). Per garantire un'elevata profondità di campo si utilizzerà preferibilmente un valore di diaframma superiore ad 8. Saranno evitati, per quanto possibile, scatti in controluce che, potrebbero diminuire la leggibilità.

Nel caso di fotografie con pellicola analogica si utilizzerà una emulsione con sensibilità non superiore ai 100 ASA (grana fine), nel caso si utilizzi una macchina fotografica digitale essa sarà un sensore di qualità elevata e con risoluzione pari ad almeno 6 Megapixel.

Nel caso di ripresa analogica le fotografie (o diapositive) verranno prima stampate, poi digitalizzate e successivamente montate, nel caso si utilizzi strumentazione digitale, basterà montarle in sequenza.

Le immagini digitalizzate, una volta unite, formeranno un'unica immagine di tipo jpg (con minima compressione, massima qualità) che sarà conservato come il risultato finale; per l'inserimento nella scheda di misura sarà invece conveniente ricampionare l'immagine in modo che il lato lungo abbia una dimensione pari a circa 4000 pixel, più che sufficiente per la stampa in formato A4.

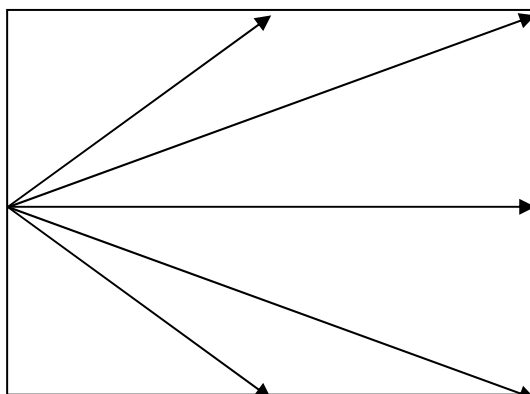
Il cavalletto sarà posizionato in modo che la fotocamera possa essere orientata con il lato lungo del fotogramma parallelo alla linea di orizzonte. Occorrerà avere cura che nelle immediate vicinanze non vi siano ostacoli di dimensioni rilevanti tali da "oscurare" il campo visivo da inquadrare.

Una volta effettuato il montaggio delle foto, verranno segnati gli angoli di sensibilità.

Il cono visivo è adottato come metodo di analisi dello stato del paesaggio percepibile dalle postazioni dei ricettori. Si è constatato che la percezione visiva è concentrata principalmente nei 45° centrali che individuano il "cono di alta percezione". Il campo visivo, però copre un angolo maggiore: si definiscono come "coni di media percezione" i complementari al cono di alta percezione di un angolo di 90° (45° a destra ed a sinistra rispetto all'asse frontale). Il

campo visivo che è potenzialmente percepibile arriva comunque a coprire un angolo di 180° (coni di bassa percezione tra i 45° ed i 90° rispetto all'asse frontale) e gli elementi più periferici in esso presenti possono essere visibili nitidamente ruotando la testa.

90° bassa percezione 45° media percezione 20° alta percezione



11.5.1 Attività in sede

L'attività di misura in campo prevede una organizzazione preliminare che passa attraverso l'analisi dell'indicazione fornita dal piano di monitoraggio. L'attività successiva a quella di campo richiede che tutti i dati siano organizzati, che le elaborazioni siano effettuate nel minor tempo possibile al fine di poter inserire tutti i dati del SIT per permetterne l'analisi e validazione.

11.5.2 Parametri rilevati

I rilievi fotografici saranno effettuati con apposita attrezzatura in modo da coprire 180° di visuale dai punti e nelle direzioni individuate, tali punti sono individuati nelle tavole allegate al presente documento.

11.5.3 Analisi dei dati

Nelle schede di misura saranno evidenziati gli angoli di visuale con diversa sensibilità; il confronto con le situazioni pregresse sarà facilitato dal fatto che, mentre ovviamente nella scheda AO ci sarà solo una fotografia, a partire dalla prima scheda CO, saranno riportate due fotografie (quella relativa all'AO e la prima del CO) e così via in modo incrementale. Così facendo nell'ultima scheda del PO saranno riportate tutte le fotografie dall'AO fino all'ultima del PO.

Le stesse fotografie, con la stessa frequenza e la stessa tecnica incrementale, saranno riportate anche nelle apposite Tavole. Le aerofotogrammetrie permetteranno di verificare l'idoneità e l'efficacia degli interventi di mitigazione progettati e il risultato dei ripristini ambientali.

Lo scopo dell'analisi paesaggistica che si può dedurre dagli elaborati forniti dal MA non è quello di esprimere giudizi qualitativi sulle modificazioni intervenute nel territorio quanto di evidenziarle.

12 GESTIONE DEI DATI

12.1 Struttura organizzativa delle attività di monitoraggio

Per la corretta esecuzione delle attività di monitoraggio ed il necessario coordinamento delle diverse fasi, si ritiene opportuno impiegare le figure professionali di seguito indicate nella seguente Tabella.

RUOLO	PROFESSIONALITA'
RESPONSABILE DEL GRUPPO DI LAVORO	Laurea tecnica con esperienza in Project Management
RESPONSABILE AMBIENTALE	Laurea tecnica con esperienza in S.I.A. e gestione e coordinamento di lavori complessi
RESPONSABILE ATMOSFERA	Laurea tecnica - Abilitazione ed esperienza professionale in materia di impatto atmosferico
RESPONSABILE AMBIENTE IDRICO SUPERFICIALE E SOTTERRANEO	Laurea in Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio - Idraulica
RESPONSABILE SUOLO E SOTTOSUOLO	Laurea in Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio - Geologia
RESPONSABILE RUMORE E VIBRAZIONI	Laurea tecnica - Abilitazione ed esperienza professionale in materia di impatto acustico e da vibrazioni
RESPONSABILE VEGETAZIONE, FLORA E FAUNA	Laurea in Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio - Scienze naturali o biologiche - Agraria - Scienze Forestali e Ambientali, ecc.
RESPONSABILE PAESAGGIO	Laurea tecnica - Esperienza professionale in materia di paesaggio
CONSULENTE SPECIALISTICO 1	Chimico
CONSULENTE SPECIALISTICO 4	Esperto in Data Base e sistemi informativi
SUPPORTO OPERATIVO (STAFF)	Varie
SEGRETERIA	Varie

Il responsabile del Monitoraggio avrà i seguenti compiti:

- attività di interfaccia nei confronti dell'ANAS e delle altre Autorità coinvolte o preposte al controllo;
- coordinamento tecnico dell'attività e verifica della rispondenza delle attività a quanto previsto dal PMA;
- controllo del flusso delle informazioni;
- produzione di report periodici con cadenza massima quadrimestrale;
- segnalazione all'ANAS ed alle Autorità coinvolte o preposte al controllo di situazioni di allarme a seguito dei risultati dei monitoraggi.

Con l'ausilio degli altri responsabili settoriali il Responsabile del Monitoraggio avrà inoltre il compito di:

- aggiornare, dandone comunicazione all'ANAS ed alle Autorità coinvolte o preposte al controllo, il PMA nel caso di eventi che richiedano modifiche di quanto previsto in questa sede qualora se ne rilevasse la necessità, anche in riferimento al palesarsi di eventuali situazioni di criticità ambientale;
- garantire il rispetto del programma temporale delle attività del PMA e degli eventuali aggiornamenti;
- coordinare gli esperti ed i tecnici addetti all'esecuzione delle indagini e dei rilievi in campo;
- coordinare le attività relative alle analisi di laboratorio;

- interpretare e valutare i risultati delle campagne di misura;
- effettuare tutte le ulteriori elaborazioni necessarie alla leggibilità ed interpretazione dei risultati;
- assicurare il corretto inserimento dei dati e dei risultati delle elaborazioni nel sistema informativo del PMA.

12.2 Sistema Informativo

Al fine di garantire l'acquisizione, la validazione, l'archiviazione, la gestione, la rappresentazione, la consultazione e l'elaborazione delle informazioni acquisite nello sviluppo del PMA sarà necessario utilizzare un Sistema Informativo (SI) che gestisca i dati misurati e le analisi relative alle diverse componenti ambientali. Tale sistema, pertanto, dovrà rispondere non solamente ad esigenze di archiviazione, ma anche di acquisizione, validazione, elaborazione, comparazione, pubblicazione e trasmissione dei diversi dati.

Il suddetto sistema sarà quindi strutturato in moduli, tra di loro pienamente interfacciati e costruiti secondo criteri di gestione e consultazione comuni, funzionali a ciascuna attività necessaria al monitoraggio.

La definizione delle diverse componenti del progetto (architettura dell'infrastruttura, dati, metadati, ecc.) dovrà essere conforme agli standard definiti nell'ambito del Sistema Cartografico di Riferimento e della rete SINAnet, in modo da garantire una piena interoperabilità e la pubblicazione dei risultati nell'ambito del Portale Cartografico Nazionale. Tale Sistema garantirà la perfetta compatibilità sia con gli standard attualmente in uso presso il Portale Cartografico Nazionale, sia con la Suite di prodotti Software che il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha realizzato per l'utilizzo e l'installazione nei Centri Federati e che, pertanto, potranno essere forniti dal medesimo Ministero per l'implementazione del Sistema Informativo del MATTM. La compatibilità di Sistema dovrà essere garantita sia a livello hardware che a livello software, nonché nelle metodologie di accesso e gestione, rispetto al Portale Cartografico Nazionale.

La base informativa georeferenziata sarà costituita dagli elementi caratteristici del progetto e delle diverse componenti ambientali, oltre che dal database delle misure e degli indicatori, delle schede di rilevamento, delle analisi e dei riferimenti normativi e progettuali.

In generale, la struttura dati della base informativa si baserà su un modello tale per cui i dati alfanumerici (organizzati in un database relazionale - RDBMS) ed i dati cartografici (organizzati in un GIS) saranno collegati tra loro tramite un geocodice, in modo che tutti i dati, cui è possibile attribuire un'ubicazione sul territorio, risultino georeferenziati.

Tutti i dati georeferenziati saranno associati ad opportuni file vettoriali per la localizzazione geografica, con suddivisione a livello di limiti amministrativi fino almeno a livello comunale.

La georeferenziazione dei dati sarà effettuata in sistema WGS-84 (World Geodetic System 1984), avendo altresì provveduto alla implementazione di algoritmi di conversione, al fine di tener conto dei diversi Sistemi di Coordinate utilizzati storicamente in cartografia. Per quanto riguarda il tipo di proiezione, sarà adottata la proiezione cilindrica traversa di Gauss, nella versione UTM (Universal Transverse Mercator). Anche tutte le cartografie prodotte, sia in formato vettoriale sia in formato raster, dovranno essere rappresentate secondo il sistema WGS84/UTM che, grazie alla corrispondenza delle relative reti, è perfettamente relazionato col sistema nazionale.

Al fine di operare la conversione di file vettoriali da un sistema di riferimento all'altro (datum ROMA40|ED50|WGS84 - fuso 32|33|O|E - coordinate piane/geografiche), è possibile richiedere al MATTM la consegna di apposito software.

Il sistema deve aderire agli standard definiti nell'ambito della rete SINAnet e del Portale Cartografico Nazionale, nonché delle specifiche in corso di elaborazione a livello di Commissione Europea nell'ambito del progetto INSPIRE.

Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha predisposto una suite di prodotti per la archiviazione degli strati informativi e relativi dati associati, finalizzati alla pubblicazione su web, che potranno essere richiesti allo stesso per la integrazione con il Sistema Informativo Territoriale in sviluppo.

Il progetto di Sistema Informativo dovrà contenere i dettagli relativi sia alle specifiche dei metadati che di tutto il SI stesso, con i suoi moduli dedicati alla gestione, visualizzazione ed analisi dei dati della base informativa, di gestione, di accesso e di elaborazione dei dati della base informativa, compresi eventuali modelli previsionali specifici per le varie problematiche ambientali, rese disponibili all'utente in un unico ambiente di accesso ai dati ed alle funzioni del sistema, attraverso un'apposita interfaccia grafica con strumenti comuni di interrogazione, presentazione e visualizzazione interattiva della banca dati sia in forma alfanumerica che grafica, conformi a quanto indicato. I dati saranno condivisi via Web con le varie reti ambientali presenti sul territorio, con la rete SINAnet e con il MATTM, attraverso criteri di interoperabilità con il Portale Cartografico Nazionale. Opportune elaborazioni, sempre via Web, dovranno essere rese disponibili al pubblico per informazione.

Il Sistema Informativo dovrà comunque soddisfare i requisiti minimi di:

- ✓ facilità di utilizzo anche da parte di utenti non esperti;
- ✓ modularità e trasportabilità;
- ✓ manutenibilità ed espandibilità;
- ✓ compatibilità con i principali pacchetti Sw in uso presso MATTM ed ISPRA;
- ✓ gestione integrata di dati cartografici e alfanumerici;
- ✓ possibilità di analisi spaziale e temporale dei dati.

La configurazione della struttura di gestione dati (SIT) del PMA sarà opportunamente definita in sede di progettazione esecutiva di comune accordo con Anas.

Nei successivi paragrafi vengono descritte le modalità di acquisizione ed archiviazione dei dati che verranno rilevati nel corso delle attività di monitoraggio ambientale.

12.3 Acquisizione dati

I dati relativi alle diverse componenti ambientali saranno rilevati attraverso la compilazione di schede di rilievo appositamente redatte.

Tali schede, in formato check-list per semplificare il compito del tecnico di rilievo, si interfacceranno direttamente con i più comuni format di maschere data-base dei sistemi di acquisizione informatizzati.

Per una corretta documentazione espositiva nelle schede verranno riportati tutti i parametri necessari per la componente d'interesse, la restituzione fotografica e cartografica della campagna di misura.

I dati rilevati saranno sia in formato cartaceo (schede archiviate in minuta ed originale), da trasmettere su richiesta agli enti interessati, sia in formato digitale. Attraverso questi ultimi, sarà possibile seguire nel dettaglio l'evoluzione del quadro ambientale e, quindi, poter realizzare un sistema per la distribuzione dell'informazione ai vari enti pubblici.

12.3.1 Elaborazione dati in forma cartacea

Per l'acquisizione e la restituzione delle informazioni, saranno predisposte specifiche schede di rilevamento, contenenti elementi relativi al contesto territoriale (caratteristiche morfologiche, distribuzione dell'edificato, sua tipologia, ecc.), alle condizioni al contorno (situazione meteo-climatica, infrastrutture di trasporto e relative caratteristiche di traffico, impianti industriali, attività artigianali, ecc.), all'esatta localizzazione del punto di rilevamento, oltre al dettaglio dei valori numerici delle grandezze oggetto di misurazione ed alle annotazioni di fenomeni singolari che si ritengono non sufficientemente rappresentativi di una condizione media o tipica dell'ambiente in indagine.

Nelle diverse fasi del monitoraggio, per ciascuna delle componenti ambientali considerate, saranno redatte delle planimetrie, nelle quali verranno indicate le opere, le infrastrutture, la viabilità ed i punti di monitoraggio. Tali planimetrie dovranno essere integrate e modificate sulla base degli eventuali cambiamenti che il PMA dovesse subire nel corso della costruzione dell'opera.

12.3.2 Elaborazione dati in forma digitale

Tutti i dati saranno organizzati e predisposti per un loro immediato inserimento in un Sistema Informativo (banca dati), tenendo in considerazione le seguenti necessità:

- ✓ la facilità di archiviazione delle informazioni;
- ✓ la possibilità di ricercare determinate informazioni;
- ✓ la possibilità di costruire grafici per visualizzare l'andamento dei diversi parametri nello spazio e nel tempo;
- ✓ la possibilità di trasmettere i dati.

Le informazioni consisteranno essenzialmente in dati e valori registrati dalle apparecchiature di misura e, quindi, nelle successive elaborazioni ed analisi.

In particolare, l'organizzazione di dette informazioni prevede le seguenti esigenze:

- centralizzare il luogo di archiviazione delle informazioni;
- assicurare la protezione e la salvaguardia delle informazioni;
- rendere disponibili e fruibili in tempo reale le informazioni, durante tutto il periodo del monitoraggio;
- garantire l'ufficialità delle informazioni disponibili.

La soluzione prevista consiste nella realizzazione di un data-base che consentirà di effettuare diverse selezioni o interrogazioni, sia sui dati pregressi che sulle ultime informazioni inserite nella banca-dati. Sarà possibile prelevare tutto o parte dei dati in formato tabellare in modo da poterli gestire tramite strumenti standard (foglio elettronico o data-base).

Per ogni tematica ambientale, sarà disponibile l'elenco dei siti e punti di monitoraggio, man mano che verranno definiti durante le fasi ante-operam, corso d'opera e post-operam.

I dati comprenderanno, oltre ai risultati delle elaborazioni delle misure, tutte le informazioni raccolte nelle aree d'indagine o sui singoli punti del monitoraggio, integrate, quando opportuno, da allegati riportanti gli elaborati grafici, la documentazione fotografica, stralci planimetrici, output di sistemi di analisi (rapporti di misura, grafici ecc.).

Le informazioni saranno articolate in base a:

- ai punti di monitoraggio;
- alla fase di monitoraggio (ante-operam, corso d'opera e post-operam);
- alla componente oggetto di monitoraggio

I dati verranno strutturati mediante un'organizzazione di archivi, distinti in funzione:

- della fase di monitoraggio;
- delle aree territoriali oggetto d'indagine;
- delle componenti ambientali oggetto di monitoraggio.

12.4 Diffusione ed archiviazione dei dati del monitoraggio ambientale

12.4.1 Diffusione dei dati del monitoraggio

Lo scopo dell'attività di monitoraggio è quello di fornire efficaci indicazioni non solo al gestore del cantiere ma anche alle istituzioni competenti. Pertanto, tutti i dati derivanti dal monitoraggio saranno resi disponibili e trasferiti all'ARPA Regionale (Sardegna), ed agli enti locali competenti per territorio, ai fini della loro eventuale integrazione nei sistemi informativi ambientali da essi gestiti.

In particolare, nel presente documento si propongono delle cadenze di emissione dei rapporti periodici per le diverse componenti ambientali esaminate.

Si evidenzia, inoltre, che per alcuni ambiti oggetto del monitoraggio, saranno definite delle soglie di attenzione o di intervento. Il superamento di tali soglie da parte di uno o più dei parametri monitorati implicherà una situazione inaccettabile per lo stato dell'ambiente e determinerà l'attivazione di apposite procedure finalizzate a ricondurre gli stessi parametri a valori accettabili.

In caso di superamento di tali soglie, il soggetto titolare dell'attività di monitoraggio provvederà a darne immediata comunicazione agli enti interessati.

12.4.2 Rapporti periodici

Dopo ogni campagna di monitoraggio, verranno prodotti, per ogni componente ambientale monitorata, rapporti periodici per i vari punti di misura. Tali rapporti, oltre ai valori numerici dei diversi parametri misurati, conterranno una descrizione sintetica dello stato della componente monitorata, delle sorgenti di inquinamento eventualmente presenti nella fase di attività in esame, nonché una descrizione delle attività di cantiere svolte e/o in corso.



Nell'ambito dei suddetti rapporti, sarà inoltre riportato il confronto tra le misure rilevate ed i valori di norma con l'individuazione degli eventuali punti critici.

Relativamente alla sola fase di corso d'opera, per ogni componente ambientale, con cadenza variabile per ciascuna componente, sarà redatta una relazione di sintesi dei rapporti di misura, nella quale verranno descritte le attività svolte ed evidenziate le variazioni indotte dalle attività di cantiere sull'ambiente circostante e le eventuali opere di mitigazione predisposte.

Nella fase post-operam, per ogni componente ambientale monitorata, verrà redatta una relazione finale di sintesi, in cui verranno descritte ed evidenziate le eventuali variazioni indotte sull'ambiente dalla realizzazione dell'opera e gli eventuali interventi correttivi adottati.

Per ciascuna delle tre fasi operative in cui è articolato il presente PMA, si provvederà infine alla stampa dei report relativi ai punti di monitoraggio, sia attraverso le maschere di acquisizione dati e interrogazione, che attraverso il collegamento dinamico con i dati cartografici.