

PROGETTO DEFINITIVO

CUP: H91J12000770005

CIG: 9524700F13

TRANVIA DI FIRENZE

LINEA 4.2

LE PIAGGE - CAMPI BISENZIO



STUDI PER PROCEDURE PAUR PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE ELABORATI GENERALI

Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientale

STAZIONE APPALTANTE – COMUNE DI FIRENZE		
DIRETTORE DEL SETTORE Ing. Michele Priore	RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO Ing. Giacomo Bioli Pini	DEC Ing. Andrea Adinolfi

APPALTATORE	GRUPPO DI PROGETTAZIONE	
MANDATARIA 	MANDATARIA 	
MANDANTI   	MANDANTI      	
	Responsabile Integrazione Prestazioni Specialistiche  Ing. Filippo Busola	 Progettista Geol. Matteo Mattioli

Commessa				Fase	Origine	Ambito		Disciplina		Attività		Parte d'opera			Tipologia		Progressivo		Rev.	Scala
F	L	4	2	D	M	P	A	M	T	O	O	E	G	G	R	T	0	1	B	-
REVISIONE		DATA		DESCRIZIONE							SOCIETÀ			REDATTO		VISTO		APPROVATO		
REV A		03/2024		PRIMA EMISSIONE							Studio Mattioli			R. Costa		M. Costa		M. Mattioli		
REV B		09/2024		EMISSIONE A SEGUITO PROCEDURA PAU							Studio Mattioli			R. Costa		M. Costa		M. Mattioli		
REV C		11/2024		REVISIONE PER RICHIESTA INTEGRAZIONI CDS							Studio Mattioli			R. Costa		M. Costa		M. Mattioli		

**STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE
ELABORATI GENERALI**

Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientale

Novembre 2024

INDICE

1	INTRODUZIONE	1
2	FINALITA' DEL PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	2
3	STRUTTURA ORGANIZZATIVA DEL MONITORAGGIO AMBIENTALE	4
4	PROCEDURE GESTIONALI DI MONITORAGGIO	6
4.1	PROGRAMMAZIONE DELLE INDAGINI	6
4.2	ANALISI E VALIDAZIONE DEI DATI	7
4.3	DEFINIZIONE DI ANOMALIA, ATTENZIONE ED EMERGENZA	8
4.4	GESTIONE DELLE VARIANZE	8
5	CONDIVISIONE DEI DATI AMBIENTALI	10
5.1	SISTEMA INFORMATICO DI MONITORAGGIO - SIM	10
5.2	RESTITUZIONE DEI DATI	10
5.3	DIFFUSIONE DEI DATI DEL MONITORAGGIO	11
6	IDENTIFICAZIONE DELLE COMPONENTI AMBIENTALI OGGETTO DI MONITORAGGIO	12
7	MODALITA' TEMPORALE DI ESPLETAMENTO DELLE ATTIVITA' DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	14
8	RICETTORI E PUNTI DI MISURA	16
9	COMPONENTE ATMOSFERA	17
9.1	GENERALITA'	17
9.2	FINALITA' DEL MONITORAGGIO	17
9.3	DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI E DEI PARAMETRI DI MONITORAGGIO	19
9.4	SPECIFICHE TECNICHE PER LO SVOLGIMENTO DEL MONITORAGGIO	26
9.5	STRUMENTAZIONE DI MISURA	29
9.5.1	Laboratorio Mobile	29
9.5.2	Analizzatore in continuo di particolato	32
9.5.3	Postazioni tipo "Skypost" per campionamento gravimetrico delle polveri	32
9.5.4	Campionatori passivi a diffusione (Tipo "Radiello")	33
9.6	FREQUENZA E PERIODICITA' DEL MONITORAGGIO	33
10	COMPONENTE RUMORE	36
10.1	GENERALITA'	36
10.2	FINALITA' DEL MONITORAGGIO	37
10.3	DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI E DEI PARAMETRI DI MONITORAGGIO	38
10.4	TIPOLOGIE DI MISURAZIONI	40
10.5	STRUMENTAZIONE DI MISURA	42
10.5.1	Fonometri, filtri e microfoni	42
10.5.2	Calibratori	43
10.6	ARTICOLAZIONE ED ESTENSIONE TEMPORALE DELLE ATTIVITA' DI MONITORAGGIO	43
10.7	FREQUENZA E PERIODICITA' DI MONITORAGGIO	43
10.8	INTERVENTI DI MITIGAZIONE	46
11	COMPONENTI VIBRAZIONALI	48
11.1	GENERALITA'	48
11.2	FINALITA' DEL MONITORAGGIO	48
11.3	DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI E DEI PARAMETRI DI MONITORAGGIO	49
11.4	TIPOLOGIA DI MISURAZIONI	52
11.5	STRUMENTAZIONE DI MISURA	54
11.6	FREQUENZA E PERIODICITA' DEL MONITORAGGIO	56
11.7	INTERVENTI DI MITIGAZIONE	57

12	COMPONENTE CAMPI ELETTRROMAGNETICI	60
12.1	GENERALITA' E FINALITA' DEL MONITORAGGIO	60
12.2	DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI E DEI PARAMETRI DI MONITORAGGIO	62
12.3	SPECIFICHE TECNICHE PER LO SVOLGIMENTO DEL MONITORAGGIO	68
12.4	STRUMENTAZIONE DI MISURA	71
12.5	FREQUENZA E PERIODICITA' DEL MONITORAGGIO	71
13	COMPONENTE AMBIENTE IDRICO SUPERFICIALE	75
13.1	GENERALITA' E FINALITA' DEL MONITORAGGIO	75
13.2	DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI E DEI PARAMETRI DI MONITORAGGIO	76
13.3	MODALITA' DI MONITORAGGIO E STRUMENTAZIONE DI MISURA	79
13.4	FREQUENZA, LOCALIZZAZIONE E PERIODICITA' DEL MONITORAGGIO	82
14	COMPONENTE AMBIENTE IDRICO SOTTERRANEO	85
14.1	GENERALITA' E FINALITA' DI MONITORAGGIO	85
14.2	DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI E DEI PARAMETRI DI MONITORAGGIO	85
14.3	MODALITA' DI MONITORAGGIO E STRUMENTAZIONE DI MISURA	87
14.4	FREQUENZA E PERIODICITA' DEL MONITORAGGIO	88
15	COMPONENTE BIODIVERSITA'	90
15.1	GENERALITA' E FINALITA' DEL MONITORAGGIO	90
15.2	DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI E DEI PARAMETRI DI MONITORAGGIO	90
15.3	TIPOLOGIA DI MISURAZIONI	91
15.4	MODALITA' DI MONITORAGGIO E STRUMENTAZIONE DI MISURA	96
15.5	FREQUENZA E PERIODICITA' DEL MONITORAGGIO	98

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Curve di ponderazione delle vibrazionil	51
Figura 2 - Esempio di stazione integrata rumore e vibrazioni in remoto con controllo remoto.....	55
Figura 3 - Ubicazione delle SSE di progetto	61

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Obiettivi di qualità previsti dal D.Lgs. 13 agosto 2010, n.155 e ss.mm.ii. Per le note (1,2,3,4) si faccia riferimento all’Allegato del decreto	20
Tabella 2 - Obiettivi di qualità previsti dal D.Lgs. 13 agosto 2010, n. 155 e ss.mm.ii.....	21
Tabella 3 - Soglie di informazione e allarme per l’ozono dal D. Lgs. 13 Agosto 2010, n. 155 e ss.mm.ii	22
Tabella 4 - Soglie di allarme per inquinanti diversi dal D. Lgs. 13 Agosto 2010, n. 155 e ss.mm.ii	22
Tabella 5 - Atmosfera: Parametri oggetto di monitoraggio	26
Tabella 6 - Atmosfera: parametri meteorologici da monitorare	27
Tabella 7 - Riepilogo punti di monitoraggio rumore	46
Tabella 8 - Riepilogo punti di monitoraggio vibrazioni.....	57
Tabella 9 - Limiti di esposizione	64
Tabella 10 - Valori di attenzione all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere.....	65
Tabella 11 - Obiettivi di qualità	65
Tabella 12 - Limiti di esposizione	66
Tabella 13 - Limiti di azione	66
Tabella 14 - Tabella 2 Allegato B d.p.c.m. 8 luglio 2003	70
Tabella 15 - Tabella 1 Allegato B d.p.c.m. 8 luglio 2003	70
Tabella 16 - Tabella 3 Allegato B d.p.c.m. 8 luglio 2003	70
Tabella 17 - Riepilogo punti di monitoraggio campi elettromagnetici.....	74
Tabella 18 - Parametri chimico – fisici e chimici in situ	77
Tabella 19 - Parametri chimico - fisici per le indagini di laboratorio	79
Tabella 20 - Parametri microbiologici per le indagini di laboratorio	79
Tabella 21 - Riepilogo punti di monitoraggio componente acque superficiali.....	84
Tabella 22 - Parametri in situ.....	86
Tabella 23 - Riepilogo punti di monitoraggio componente acque sotterranee	89

1 INTRODUZIONE

La presente sezione si pone quale obiettivo la definizione del Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) relativo al Progetto preliminare della linea 4.2 di collegamento tra la stazione Le Piagge all'abitato di San Donnino.

Il progetto di monitoraggio individua le principali componenti ambientali da indagare, le modalità e le tempistiche connesse alle attività di monitoraggio e, configurandosi come strumento dinamica, potrà essere adeguato sulla base delle rilevazioni che saranno effettuate prima dell'inizio delle lavorazioni, definendo le soglie di attenzione, le procedure di attenzione e la risoluzione delle criticità a seguito alle rilevazioni Ante-operam. Saranno individuati inoltre i tempi massimi di restituzione dei dati, in relazione al tipo di monitoraggio e comunque in modo tale da permettere l'attuazione tempestiva degli interventi di mitigazione in caso di superamento dei livelli di attenzione prefissati. Pertanto, sulla base di queste valutazioni, saranno giustificati tutti i criteri di campionamento, sia per quanto riguarda la posizione, che la loro pianificazione temporale, evidenziando eventuali situazioni di criticità o esigenze specifiche locali, non evidenziate nelle precedenti fasi progettuali.

I monitoraggi ambientali saranno articolati tenendo in considerazione sia gli impatti diretti che le attività di cantiere e l'esercizio dell'opera avranno sulle componenti ambientali, sia gli impatti indiretti correlati soprattutto alla fase di cantierizzazione (ed associabili prevalentemente al traffico indotto e alle alterazioni che la presenza dei cantieri potranno provocare sul traffico urbano – deviazioni, percorsi alternativi, ecc.- e agli impatti da questi originati, quali emissioni gassose, emissioni acustiche, ecc.).

Durante la fase di realizzazione dell'opera, il controllo, per ogni area operativa di cantiere, delle matrici ambientali coinvolte, oltre che essere eseguito a livello documentale e gestionale attraverso la predisposizione di procedure operative e istruzioni specifiche di lavoro, verrà supportato da un controllo operativo proprio grazie all'implementazione del Piano di Monitoraggio Ambientale che, in tal modo, assumerà il non consueto ruolo di "strumento operativo di lavoro" a supporto della gestione ambientale dei cantieri e sarà finalizzato al duplice obiettivo di verificare e controllare il rispetto della normativa e delle procedure ambientali applicabili ai cantieri, da un lato, e di monitorare gli effettivi livelli di impatto (diretto e indiretto) originati dall'infrastruttura nella fase di realizzazione e di esercizio, dall'altro.

All'interno del presente documento si forniranno, quindi, indicazioni in merito alle fasi in cui si articolerà il monitoraggio, alle componenti ambientali oggetto di rilevamento, alle tipologie e metodologie di indagine e alla frequenza/periodicità delle misurazioni.

In particolare, il Progetto di Monitoraggio Ambientale (di seguito PMA) indica gli obiettivi, i requisiti ed i criteri metodologici per il Monitoraggio Ante Operam (AO), il Monitoraggio in Corso d'Opera (CO) ed il Monitoraggio Post Operam o in esercizio/collaudato (PO), tenendo conto della realtà territoriale ed ambientale in cui il progetto dell'opera si inserisce e dei potenziali impatti che esso determina sia in termini positivi che negativi.

2 FINALITA' DEL PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

In termini generali, il monitoraggio ambientale è volto ad affrontare in maniera approfondita e sistematica, la prevenzione, l'individuazione ed il controllo dei possibili effetti negativi prodotti sull'ambiente, dall'esercizio dell'opera in progetto e dalla sua realizzazione.

Lo scopo principale è quello di esaminare il grado di compatibilità dell'opera stessa, intercettando sia gli eventuali impatti negativi e le cause per adottare opportune misure di re-orientamento, sia gli effetti positivi segnalando azioni meritevoli di ulteriore impulso.

In conformità alle indicazioni tecniche di cui alle 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.) del 16.06.2014, lo scopo del Monitoraggio Ambientale (MA), è quello di:

- verificare l'effettivo manifestarsi delle previsioni d'impatto individuate nello studio ambientale per quanto attiene le fasi di costruzione e di esercizio dell'Opera;
- correlare gli stati ante-operam, corso d'opera e post-operam, al fine di valutare l'evolversi della situazione ambientale;
- verificare l'efficacia delle misure di mitigazione previste per ridurre l'entità degli impatti ambientali significativi individuati in fase di cantiere;
- garantire la gestione delle problematiche ambientali che possono manifestarsi nelle fasi di costruzione e di esercizio dell'opera;
- rilevare tempestivamente emergenze ambientali impreviste per potere intervenire con adeguati provvedimenti;
- definire metodiche e tempistiche di lavorazione tali da minimizzare l'impatto sull'ambiente;
- attraverso i risultati messi a disposizione dal MA, di correlare eventuali impatti alle singole lavorazioni permettendo al sistema di gestione ambientale una più precisa azione correttiva;
- comunicare gli esiti delle attività di cui ai punti precedenti ai diversi enti di controllo competenti.

Gli indirizzi metodologici e i contenuti specifici del PMA in esame sono stati impostati in conformità ai contenuti e alle finalità primarie delle citate Linee Guida del Ministero dell'Ambiente (dicembre 2013, aggiornato a giugno 2014). In relazione al monitoraggio di alcune specifiche componenti si è invece preso a riferimento quanto riportato all'interno dei seguenti documenti:

- "Indirizzi metodologici specifici per componente/fattore ambientale: Atmosfera (Capitolo 6.1)" – Rev.1 del 16 giugno 2014 elaborato da Ministero dell'Ambiente e ISPRA.
- "Indirizzi metodologici specifici per componente/fattore ambientale: Ambiente idrico (Capitolo 6.2)" – Rev.1 del 17 giugno 2015 elaborato da Ministero dell'Ambiente e ISPRA.
- "Indirizzi metodologici specifici per componente/fattore ambientale: Agenti fisici - Rumore (Capitolo 6.5)" – Rev.1 del 30 dicembre 2014 elaborato da Ministero dell'Ambiente e ISPRA.

Il PMA ha per oggetto la programmazione del monitoraggio delle componenti/fattori ambientali per i quali sono stati individuati impatti ambientali potenzialmente significativi generati dall'attuazione del progetto dell'opera in esame. Ciò nella consapevolezza, esplicitata dal Ministero stesso, che *"il PMA deve essere commisurato alla significatività degli impatti ambientali previsti (estensione dell'area geografica interessata, caratteristiche di sensibilità/criticità; ordine di grandezza qualitativo e quantitativo, probabilità, durata, frequenza, reversibilità, complessità) e conseguentemente le specifiche modalità di attuazione del MA dovranno essere adeguatamente proporzionate in termini di estensione delle aree di indagine, numero dei punti/stazioni di monitoraggio, parametri, frequenza e durata dei campionamenti, ecc."*

L'aspetto più complesso delle attività, consiste, in considerazione del territorio attraversato, nel mettere in atto gli strumenti per il contenimento degli impatti ambientali dei cantieri in conformità al contesto urbano nel quale i cantieri saranno localizzati (fase di cantierizzazione), e nel verificare il rispetto di tutta la

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

normativa ambientale applicabile all'opera, l'efficacia degli interventi/opere di mitigazione previsti e i benefici ambientali correlati alla funzionalità della nuova linea tranviaria attualmente prevedibili esclusivamente in forma revisionale (fase di esercizio).

Da un lato, infatti, "il cantiere" interagisce in tutte le fasi con l'ambiente circostante, da cui la necessità di controlli e verifiche dei parametri ambientali. In generale tutte le interferenze hanno un carattere di temporaneità e sono legate al tempo di esecuzione complessivo dei lavori ed alla specifica fase di avanzamento del cantiere e di lavorazione. Si riscontra pertanto la necessità di produrre un progetto di monitoraggio con lo scopo di acquisire e analizzare gli impatti ambientali delle attività di cantiere ed eventualmente interagire con la gestione per controllare, preservare, e migliorare il contesto ambientale.

Dall'altro, l'esercizio della futura linea tranviaria determinerà, rispetto allo stato attuale e, ancora meglio, rispetto allo scenario futuro prevedibile in assenza della realizzazione di detta opera, significative trasformazioni sulla mobilità urbana e metropolitana fiorentina con conseguenti molteplici benefici (fra i quali quelli ambientali) che necessiteranno comunque di verifica strumentale e puntuale definizione. La futura infrastruttura dovrà, inoltre, essere assoggettata, una volta completata, a tutti i necessari controlli e accertamenti strumentali volti alla verifica del rispetto della normativa ambientale applicabile (requisito indispensabile per l'avvio della fase di esercizio) e alla verifica dell'effettiva efficacia degli interventi di mitigazione previsti dal progetto.

Il Piano di Monitoraggio Ambientale previsto ha lo scopo di dare un quadro omnicomprensivo della situazione ambientale e territoriale esistente – fase Ante Operam, di quella che si verrà a verificare in Corso d'Opera e di quella relativa alla fase di esercizio dell'infrastruttura (Post Operam).

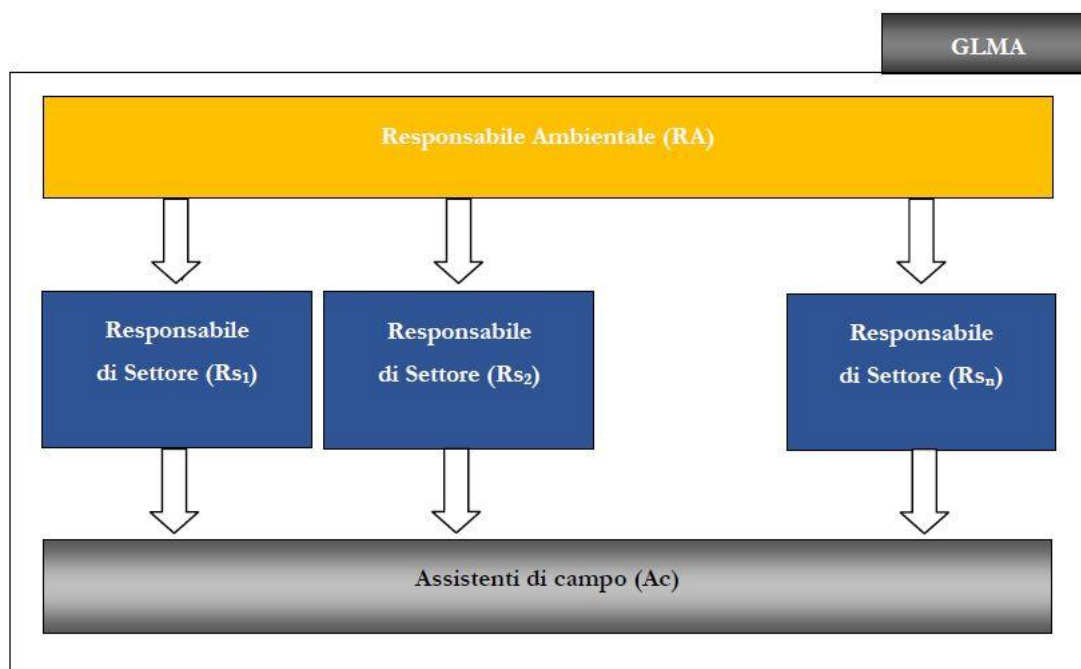
L'analisi del territorio attraversato dall'infrastruttura, l'identificazione dei ricettori ambientali più sensibili alle varie fasi di lavoro, l'identificazione e la valutazione degli impatti ambientali riportati all'interno dello studio svolto per la Verifica di Assoggettabilità a V.I.A., costituiscono la base per l'impostazione metodologica del Piano, nonché per la fase di ubicazione delle stazioni di monitoraggio e per la definizione della frequenza e delle quantità delle campagne di misura.

Per ciascuna componente ambientale saranno identificati idonei indicatori in grado di descrivere compiutamente i singoli fenomeni - sia fisici che chimici - legati alle dinamiche dei lavori.

3 STRUTTURA ORGANIZZATIVA DEL MONITORAGGIO AMBIENTALE

In considerazione della rilevanza delle opere di progetto e delle attività di monitoraggio ambientale si ritiene opportuno descrivere il “funzionigramma” previsto per lo svolgimento e la gestione delle attività di monitoraggio per l’intera durata dello stesso. All’interno del funzionigramma viene individuata la figura del Responsabile Ambientale (RA) che svolge anche il ruolo tecnico di coordinamento intersettoriale del Piano di Monitoraggio e Controllo Ambientale e del relativo sistema informativo dedicato alla gestione dei dati. Ciò anche in virtù degli stretti e interconnessi rapporti funzionali esistenti fra lo strumento del Piano di Monitoraggio e Controllo Ambientale e tutti gli altri strumenti operativi di verifica, controllo e gestione degli aspetti ambientali di cantiere e di esercizio.

Al RA farà capo, in relazione al solo Piano di Monitoraggio e Controllo Ambientale, un team multidisciplinare (denominato Gruppo di Lavoro di Monitoraggio Ambientale – GLMA) di esperti nei vari settori specialistici che, a sua volta, si articolerà su differenti livelli riferiti alle diverse fasi e attività di monitoraggio. Nella presente sezione saranno inoltre descritti i requisiti tecnici ed i compiti dei Responsabili di settore (Rs) e degli Assistenti di campo (Ac), che, insieme al RA gestiranno il PMCA e costituiranno il GLMA. Si procederà analogamente per gli Operatori di campo (Oc) il cui compito sarà quello di effettuare le misure in campo. Nella figura seguente viene riportato il funzionigramma generale del GLMA.



Il **RA** presiede e sovrintende a tutti i compiti del GLMA; avrà un suo supporto operativo (presumibilmente coincidente con uno degli Rs) che lo potrà sostituire in caso di necessità per compiti di normale amministrazione. Potranno essere identificati più Rs (non è detto che siano in numero uguale alle componenti analizzate in quanto non è escluso che una singola persona possa avere competenze in più di una disciplina) che saranno in stretto contatto con un adeguato numero di Ac.

Il GLMA avrà, nel suo complesso, il compito di:

- individuare i requisiti per l’eventuale selezione di società e/o soggetti qualificati nell’esecuzione dei rilievi/indagini/misurazioni di campo e delle previste analisi di laboratorio, nonché nella predisposizione delle necessarie elaborazioni dei dati, conseguenti interpretazioni/valutazioni degli stessi, redazione delle schede e certificati di misura;

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

- coordinare l'attività di monitoraggio di tutte le componenti e in tutte le tre fasi del monitoraggio (AO, CO e PO);
- verificare e validare, secondo le rispettive competenze e catena di responsabilità, i dati grezzi acquisiti;
- redigere le relazioni periodiche ed annuali di monitoraggio per ciascuna componente, nonché le relazioni annuali generali circa l'andamento del monitoraggio e lo stato dell'ambiente;
- gestire, mantenere, calibrare, tarare e certificare la strumentazione di misura e i relativi sistemi di controllo e trasmissione dati;
- provvedere alle fasi di installazione in campo e disinstallazione delle apparecchiature e strumentazioni;
- caricare e controllare tutti i dati di monitoraggio sul Sistema Informativo di Monitoraggio (piattaforma web di condivisione e consultazione dei dati ambientali);
- validare i dati caricati sul Sistema Informativo di Monitoraggio (SIM);
- gestire eventuali casi di anomalia ed emergenza;
- informare tutti i soggetti interessati dal SGA riguardo i risultati delle misure via via acquisite che possano avere implicazioni sull'esecuzione dei lavori.

4 PROCEDURE GESTIONALI DI MONITORAGGIO

4.1 PROGRAMMAZIONE DELLE INDAGINI

La programmazione delle attività di monitoraggio è stata sviluppata nel rispetto dei seguenti requisiti:

- coerenza con la normativa vigente nelle modalità di rilevamento e nell'uso della strumentazione;
- tempestività nella segnalazione di eventuali anomalie o criticità;
- uso di metodologie valide e di comprovato rigore tecnico-scientifico;
- restituzione delle informazioni in maniera strutturata di facile utilizzo e con la possibilità di correlazione con eventuali elaborazioni modellistiche concordate;
- uso di parametri ed indicatori che siano facilmente misurabili ed affidabili, nonché rappresentativi delle varie situazioni ambientali.

Laddove non sia disponibile un riferimento tecnico normativo vigente, si è fatto riferimento a quanto presente nella letteratura scientifica di settore per i parametri e/o indicatori considerati.

Nello svolgimento delle attività del monitoraggio di tutte le componenti in esame si dovranno rispettare le fonti normative cogenti e le loro eventuali integrazioni e modificazioni, nonché tutte le norme tecniche applicabili.

Il Responsabile Ambientale dovrà programmare e fare eseguire le attività di monitoraggio conformemente ai programmi stabiliti nel presente PMCA.

In particolare, sarà compito del **RA**, di assicurarsi che vengano svolte le seguenti attività:

- installare e tarare la strumentazione;
- eseguire o rilevare le misure e /o i campionamenti;
- validare, archiviare e restituire i dati;
- compilare i metadati;
- eseguire le elaborazioni e modellazioni.

Tutti i dati, inseriti automaticamente o manualmente, dovranno essere trasferiti ad una unità centrale costituita da Personal Computer dotato di software per l'organizzazione, l'archiviazione, l'elaborazione e la visualizzazione dei dati (Data Base), inoltre dovrà eseguirsi periodicamente back-up dei dati contenuti nel PC e la masterizzazione su supporto DVD.

Dovranno prevedersi diversi possibili livelli di accesso al database quali a titolo di esempio:

- *amministratore*: amministrazione degli utenti e impostazioni generali del progetto;
- *power user*: per l'inserimento, lettura e cancellazione dei dati, nonché impostazioni generali del progetto;
- *editor*: inserimento e lettura dei dati;
- *reader*: lettura dei dati.

Il computer consentirà, inoltre, di gestire le soglie di attenzione e di allarme a livello di valore del dato nonché altre valutazioni che richiedono particolari algoritmi.

Il **RA** dovrà valutare, prima dell'archiviazione definitiva del database, se tutti i dati provenienti dal sistema di monitoraggio siano accettabili (validazione del processo) in termini di:

- funzionalità dello strumento che li ha acquisiti;
- conformità con le procedure tecniche (installazione, posizionamento, caratteristiche tecniche, certificazione di taratura);
- completezza lungo il percorso di trasferimento da acquisitore/strumento a unità centrale;
- idoneità all'archiviazione del database.

Il **RA**, al termine delle attività sopra descritte, dovrà predisporre tutte le risultanze del Monitoraggio affinché si possa intraprendere l'iter di validazione dei dati per la successiva pubblicazione sul SIM. L'iter di

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

validazione dei dati dovrà prevedere che ogni Rs validi i Report per componente ambientale con i rispettivi rapporti di prova emessi, i quali saranno di conseguenza validati dal RA per la pubblicazione e la trasmissione, sia su formato elettronico che cartaceo.

All'interno del PMCA saranno individuate le componenti ambientali da monitorare, la tipologia di monitoraggio (orario, 24 h, settimanale, bisettimanale, ecc.) e la frequenza delle campagne di misura nelle diverse fasi AO, CO e PO (una volta, mensile, trimestrale, ecc.). Per ciascuna componente ambientale dovranno essere definiti univocamente i siti nei quali predisporre le stazioni di monitoraggio per eseguire misure e prelievi, a seconda dei casi specifici. Ciascun punto di monitoraggio sarà posizionato sulla base di analisi di dettaglio in campo, delle criticità e significatività specifica per singola componente ambientale, sottoponendo il punto ad accertamento delle condizioni di accessibilità e mappandolo in carta. Per ognuno di tali punti dovrà essere individuata la fase, le attività di monitoraggio che in esso avranno luogo e le relative frequenze e durate.

Per quanto riguarda la durata delle misure questa sarà legata generalmente ad aspetti normativi o ad aspetti di significatività e rappresentatività dei dati. In particolare, per la fase CO le frequenze dovranno essere correlate ai tempi di realizzazione dell'opera o ai tempi di permanenza del cantiere. La durata complessiva del monitoraggio in CO quindi dipenderà dai tempi di realizzazione dell'opera ma soprattutto dalla durata delle lavorazioni più impattanti legate alle componenti da monitorare.

I punti di misura saranno scelti tenendo conto dei possibili impatti delle lavorazioni e dell'opera sull'ambiente naturale ed antropico esistente; la localizzazione verrà riportata sulle Planimetrie di ubicazione dei punti di monitoraggio.

4.2 ANALISI E VALIDAZIONE DEI DATI

Il flusso delle informazioni prevede che ci siano vari stadi di validazione dei risultati. Una volta che l'Oc invia i dati elaborati sarà compito del Rs prima, e del RA dopo, analizzarli e convalidarli. Tale processo non è banale perché, per esempio, valori fuori dai limiti e apparentemente preoccupanti possono in realtà risultare pienamente nella norma e, viceversa, valori anche al di sotto dei limiti di legge potrebbero essere ritenuti ugualmente significativi e rappresentativi di eventuali anomalie e/o situazioni ambientali da investigare con maggior dettaglio.

Il processo di analisi finalizzato alla validazione del dato ed al riconoscimento di uno stato di attenzione ambientale non si può limitare ad un mero confronto del valore del dato misurato con un valore di riferimento (fisso o variabile che sia, o, a volte addirittura non disponibile) ma dovrà necessariamente tenere presente:

- se esistente la serie storica dello stesso dato, in alternativa, gli esiti del monitoraggio AO;
- la lettura dei risultati tenendo conto degli esiti delle misure effettuate per le altre matrici ambientali;
- l'influenza di condizioni meteo particolari;
- l'influenza di lavorazioni o di circostanze particolari non dipendenti dagli impatti potenziali della infrastruttura in oggetto;
- l'esperienza acquisita in altri casi analoghi e dall'inizio del PMCA di questa stessa opera;
- il dialogo intessuto con gli Enti controllo;
- la possibilità di un confronto con gli Enti di Controllo per la definizione del processo di validazione stesso del dato;
- la possibilità di ripetere la misura o di prevederne una o più aggiuntive, anche in ambiti territoriali diversi;
- eventuali lamentele o segnalazioni della popolazione riguardo la comparsa di uno specifico disturbo;
- l'eventuale aumentata sensibilità della popolazione riguardo un disagio specifico;
- la coincidenza di particolari lavorazioni di cantiere in corso o prima o durante il rilievo/campionamento.

4.3 DEFINIZIONE DI ANOMALIA, ATTENZIONE ED EMERGENZA

Per il raggiungimento degli obiettivi del PMCA, i criteri di analisi dei dati di monitoraggio devono essere orientati al confronto tra lo stato qualitativo o livello di pressione registrato in CO e PO ed una situazione di riferimento.

Risulta necessario quindi definire opportuni “*valori soglia*” rispetto ai quali confrontare i singoli valori rilevati durante le attività di cantiere o di esercizio, o le differenze tra tali valori ed il valore di riferimento (AO, valore di monte, o fondo naturale, ecc.).

Per avere dei riferimenti che possano guidare in modo univoco ed opportuno nel percorso di validazione dei dati, occorre definire tre possibili scenari:

- Anomalia;
- Attenzione;
- Emergenza.

La definizione di queste possibili situazioni deriva a sua volta dalla definizione del concetto di soglia. Definiamo soglia il valore critico dell’indicatore al quale segue l’attivazione dello scenario. L’indicatore è il parametro (diverso per ciascuna componente) che si tiene monitorato per verificare eventuali superamenti di soglia.

Si definisce *dato anomalo* quando l’anomalia è dovuta alle seguenti cause:

- errore di trascrizione o caricamento del dato;
- errore strumentale o di esecuzione del campionamento, della misura o dell’analisi;
- grave peggioramento della qualità ambientale (indipendentemente dagli impatti oggetto del PMA).

Lo scenario di attenzione e di emergenza, invece, dipende dal superamento di due soglie distinte i cui valori verranno definiti, parametro per parametro, dal GLMA.

Non è escluso che il concetto di “superamento della soglia” riguardi più indicatori contemporaneamente, nel senso che si potrebbe considerare che più parametri debbano contemporaneamente superare determinati valori affinché scatti lo scenario di attenzione o emergenza.

4.4 GESTIONE DELLE VARIANZE

Durante lo svolgimento del PMCA si potranno presentare delle situazioni in cui, pur rimanendo valido quanto previsto dal Monitoraggio, occorrerà variare le attività del monitoraggio; tra le casistiche possibili di seguito saranno descritte:

- gli imprevisti di cantiere;
- gli imprevisti ambientali.

Imprevisti di cantiere:

Nel primo caso non necessariamente si avranno modifiche sugli impatti ambientali attesi; tali impatti possono riguardare componenti diverse e avere durata diversa da quella prevista dal GLMA una volta in possesso del cronoprogramma lavori e verificato in corso di attuazione dagli Ac.

In altre parole, per cause estemporanee (per esempio la rottura di una macchina operatrice, oppure la sua sostituzione con una o più di diverso tipo) la stessa lavorazione può essere portata a termine (nel periodo di tempo previsto o in tempi diversi) con modalità operative differenti da quelle consuete e quindi creare impatti (temporanei o prolungati) imprevisti.

Si riporta, a titolo esemplificativo, il seguente caso studio. Durante il periodo di realizzazione di un’opera la cui costruzione debba essere terminata entro 8 giorni e ciò comporti l’utilizzo di due impianti contemporaneamente per 5 ore al giorno esclusivamente per questo scopo, uno dei due impianti necessita di manutenzione straordinaria alla fine del secondo giorno dall’inizio della produzione. Vista l’inderogabilità della data di completamento dell’opera, per poter garantire il fabbisogno giornaliero l’impianto ancora attivo dovrà funzionare per il doppio delle ore previste. In tal modo, invece di avere due impianti attivi 5 ore/giorno per 8 giorni

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

consecutivi si avranno due impianti funzionanti contemporaneamente per 2 giorni per 5 ore/giorno e per i restanti 6 giorni l'unico impianto attivo dovrà funzionare per 10 ore/giorno.

In fase di programmazione delle attività di misura il GLMA ha previsto due rilievi della durata di 8 giorni in prossimità di ciascuno dei due impianti. A causa dell'evento inatteso il GLMA può decidere di sospendere dopo il secondo giorno la misura collocata in prossimità dell'impianto interessato dalla manutenzione straordinaria e confermare invece la misura relativa al primo impianto.

Appare chiaro che casi del genere non implicano variazioni nel PMCA, ma che debbano rientrare nella normale attività di gestione propria del GLMA, ovviamente sotto la sorveglianza e responsabilità del RA. In questa sede si sono voluti esplicitare esclusivamente per completezza di analisi e concreta aderenza con la realtà di cantiere.

Imprevisti ambientali:

Rientrano in questo caso le situazioni definite: Anomalia, Attenzione e Emergenza.

Nel caso di Anomalia il RA solitamente:

- fa ripetere nel più breve lasso di tempo possibile la misura;
- acquisisce dagli Ac e dagli Oc tutte le informazioni utili per la comprensione del fenomeno;
- se opportuno effettua un sopralluogo in campo con gli Ac;
- nel caso l'anomalia consista in un grave peggioramento della qualità ambientale non dipendente dagli impatti potenziali dovuti alla realizzazione dell'opera e al suo esercizio RA provvederà ad acquisire tutte le informazioni necessarie per una completa caratterizzazione della situazione ambientale prossima al punto di misura;

Il RA può promuovere incontri tecnici per analizzare i dati in suo possesso alla luce di eventuali altri dati già in possesso degli organi stessi.

Nel caso di Attenzione:

- Il RA richiede misure integrative (come numero e tipologia) atte a monitorare costantemente la situazione anche in zone limitrofe a quella interessata;
- Il RA propone all'Appaltatore la variazione delle modalità operative e comportamentali utilizzate per quella specifica situazione;
- Il RA può promuovere un incontro tecnico per analizzare i dati in suo possesso alla luce di eventuali altri dati già in possesso degli Enti competenti e concordare azioni correttive e di bonifica;
- Il RA informa l'Appaltatore della situazione venutasi a creare a seguito delle modalità operative e comportamentali utilizzate ed illustra gli impatti provocati;
- Il RA redige protocolli operativi e comportamentali per prevenire l'insorgere di altre situazioni analoghe; tali protocolli saranno inseriti all'interno della documentazione del SGA;
- Il RA diffonde a tutti i soggetti coinvolti nella realizzazione dell'opera i protocolli predisposti;
- Il RA può richiedere a tutti i soggetti coinvolti nella costruzione dell'opera la documentazione relativa alla gestione delle situazioni che possono avere contribuito al raggiungimento della soglia di attenzione.

Nel caso di Emergenza, nel pieno rispetto della propria delega funzionale, autonomia gestionale e responsabilità:

- il RA comunica la tipologia di emergenza in atto;
- il RA, se lo ritiene opportuno, propone all'Appaltatore la sospensione dei lavori;
- il RA propone all'Appaltatore la variazione delle modalità operative e comportamentali utilizzate per quella specifica situazione;
- il RA propone interventi di bonifica ambientale straordinari;
- il RA può richiedere a tutti i soggetti coinvolti nella costruzione dell'opera la documentazione relativa alla gestione delle situazioni che possono avere contribuito al raggiungimento della soglia di emergenza.

5 CONDIVISIONE DEI DATI AMBIENTALI

Al fine di assicurare l'uniformità delle misure rilevate nelle diverse fasi del PMCA, il previsto sistema di monitoraggio ambientale deve garantire, come minimo:

- il controllo e la validazione dei dati;
- l'archiviazione dei dati e l'aggiornamento degli stessi;
- i confronti, le simulazioni e le comparazioni;
- le restituzioni tematiche.

I dati di monitoraggio dovranno essere elaborati mediante adeguati strumenti tecnologici ed informatici in grado di acquisire, trasmettere, archiviare ed analizzare coerentemente l'insieme di dati proveniente dalle diverse componenti specifiche monitorate nel tempo. Gli stessi dati, ai livelli di elaborazione specificati nel PMCA, dovranno essere memorizzati e gestiti da un Sistema Informativo di Monitoraggio (SIM).

5.1 SISTEMA INFORMATICO DI MONITORAGGIO - SIM

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 PMCA risulterà necessario l'utilizzo di un sistema informativo che gestisca i dati misurati e le analisi relative alle diverse componenti ambientali. Tale sistema dovrà quindi rispondere non solo ad esigenze di archiviazione, ma anche di acquisizione, validazione, elaborazione, comparazione, pubblicazione e trasmissione dei diversi dati.

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

In generale, la struttura dati organizzata attraverso una sezione cartografica (GIS) ed alfanumerica (RDBMS) perfettamente integrate tra loro, consentirà la georeferenziazione delle informazioni alle quali è possibile attribuire un'ubicazione sul territorio.

Il SIM dovrà rispondere ai seguenti requisiti generali:

- garanzia della qualità sotto il profilo dei contenuti informativi, delle modalità standard di rappresentazione e sotto il profilo geometrico;
- garanzia della sovrapposibilità delle diverse rappresentazioni del territorio (immagini, cartografia di base, cartografia di progetto, ecc.);
- garanzia di possibilità di livelli diversi di aggiornamento a seconda del tipo di dato considerato;
- congruenza tra i database geografici a diverse scale, cioè la garanzia per l'utente di mantenere la congruenza dei dati di base da elaborare anche a diversa scala.

Il Sistema Informativo garantirà, in sintesi:

- facilità di utilizzo anche da parte di utenti non esperti;
- manutenibilità ed espandibilità;
- compatibilità con i principali pacchetti Sw in uso presso MATTM e ISPRA;
- gestione integrata di dati cartografici e alfanumerici;

possibilità di analisi spaziale e temporale dei dati.

5.2 RESTITUZIONE DEI DATI

I dati relativi alle diverse componenti ambientali rilevate saranno disponibili in formato digitale.

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

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

localizzazione del punto di rilevamento, oltre al dettaglio dei valori numerici delle grandezze oggetto di misurazione, annotazioni di fenomeni singolari che si ritengono non sufficientemente rappresentativi di una condizione media o tipica dell'ambiente in indagine.

Per ciascuna componente ambientale saranno redatte delle planimetrie all'interno con indicazione delle opere, le infrastrutture, la viabilità, ed i punti di monitoraggio con dettaglio delle diverse fasi AO, CO e PO.

Tali planimetrie dovranno essere integrate e modificate sulla base degli eventuali cambiamenti che il PMCA subirà nel corso della costruzione dell'opera.

La documentazione da produrre a seguito del monitoraggio, in relazione alle diverse componenti ambientali, consiste in relazioni tecniche riassuntive delle attività di monitoraggio e dei risultati ottenuti nel periodo di riferimento con la seguente periodicità:

- al termine della fase ante operam;
- con cadenza trimestrale nella fase di costruzione;
- con cadenza annuale nella fase di costruzione;
- al termine della fase di corso d'opera;
- al termine della fase di post operam.

Tali documenti conterranno, in via generale, le seguenti informazioni:

- l'elenco dei punti di monitoraggio in cui è stata effettuata una campagna di misura, con indicazione, per ciascuna postazione, dei parametri misurati, della durata della campagna, del periodo in cui si è svolta;
- descrizione delle metodiche adottate;
- indicazione dei casi in cui si è verificato un eventuale superamento dei valori di riferimento;
- presentazione dei dati rilevati e/o risultati ottenuti.

5.3 DIFFUSIONE DEI DATI DEL MONITORAGGIO

Scopo dell'attività di monitoraggio è quello di fornire efficaci indicazioni non solo al gestore del cantiere ma anche alle istituzioni competenti. A questo fine, tutti i dati derivanti dal monitoraggio dovranno essere resi disponibili all'ARPA Regionale, ai Comuni ed alla Provincia competenti per territorio.

Come ampiamente illustrato, i dati saranno altresì accessibili, per la sola consultazione, al pubblico.

Per alcuni degli 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.

6 IDENTIFICAZIONE DELLE COMPONENTI AMBIENTALI OGGETTO DI MONITORAGGIO

Le componenti ecosistemiche, naturalistiche ed antropiche, interessate dal PMA, coincidono in larga parte con quelle previste dalle linee guida del Ministero dell'Ambiente, con l'eccezione di alcune voci introdotte con lo scopo di meglio caratterizzare alcuni specifici impatti potenziali sul territorio e di altre escluse poiché ritenute scarsamente significative e/o meno "fragili" in considerazione dell'ambito territoriale, spiccatamente antropizzato e urbanizzato, interessato dall'intervento.

Le componenti ed i fattori ambientali presi in esame ai fini del presente progetto sono così intesi ed articolati:

- **atmosfera**
- **rumore**
- **vibrazioni**
- **campi elettromagnetici**
- **ambiente idrico superficiale e sotterraneo.**

Per quanto riguarda la componente biotica, vengono fornite in questo documento delle prime indicazioni di monitoraggio, rimandando ai dettagli relativi a modalità, frequenze e metodiche a stadi di progettazione più avanzata.

L'identificazione e la scelta delle componenti ambientali oggetto di monitoraggio e controllo è stata supportata dai contenuti della documentazione di carattere ambientale. Ovviamente, tale scelta potrà essere opportunamente integrata e/o modificata sulla base degli esiti del procedimento di Verifica di assoggettabilità a VIA al quale il progetto risulta sottoposto.

Le principali tipologie di misurazione delle componenti ambientali previste nel presente piano di monitoraggio ambientale vengono di seguito riepilogate:

Componente	Tipo misura	Cod. identificazione
Atmosfera	Misurazione in continuo di inquinanti atmosferici (campagne di durata 15 gg)	ATM
	Misurazione postazioni mobili (campagne di durata 14 gg) di polveri PTS, PM10 e PM2.5	POL
Rumore	Misurazione discontinua di durata settimanale dei livelli acustici	RUMS
	Misurazione discontinua di durata giornaliera dei livelli acustici	RUMG
	Misurazione durata giornaliera dei livelli acustici in prossimità delle aree di cantiere	RUMC
	Misurazione spot lavorazioni più rumorose	RUL
	Misure in continuo nel corso dei lavori	RUC
Vibrazioni	Misurazione discontinua di durata giornaliera dei livelli vibrometrici	VIBG
	Misurazione lavorazioni di cantiere	VIL
Campi elettromagnetici	Misurazioni dei livelli di campo elettromagnetico	CEM
Ambiente idrico	Livello statico della falda	ASOT

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Componente	Tipo misura	Cod. identificazione
sotterraneo	Parametri chimico-fisici in situ	
	Parametri chimico-biologici di laboratorio	
Ambiente idrico superficiale	Parametri chimico-fisici in situ	ASUP
	Parametri chimico-fisici e microbiologici in laboratorio	
	Fauna ittica	

7 MODALITA' TEMPORALE DI ESPLETAMENTO DELLE ATTIVITA' DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

Il Progetto di Monitoraggio Ambientale si articola in tre fasi temporali distinte:

1) MONITORAGGIO ANTE-OPERAM (AO)

Il monitoraggio della fase ante-operam si conclude prima dell'inizio delle attività interferenti con la componente ambientale, ossia prima dell'insediamento dei cantieri e dell'inizio dei lavori.

Le finalità di questa fase di monitoraggio possono essere così riassunte:

- definire le caratteristiche dell'ambiente relative a ciascuna componente naturale ed antropica, esistenti prima dell'inizio delle attività;
- rappresentare la situazione di partenza, rispetto alla quale valutare la sostenibilità ambientale dell'Opera, che costituisce termine di paragone per valutare l'esito dei successivi rilevamenti atti a descrivere gli effetti indotti dalla realizzazione dell'Opera;
- predisporre (evidenziando specifiche esigenze ambientali) il monitoraggio in modo da consentire la valutazione comparata con i controlli effettuati in CO.

Laddove possibile e/o necessario, il monitoraggio AO verrà avviato già in fase di progettazione in modo tale da supportare il progetto con precisi dati ambientali aggiornati. In tal caso, si provvederà ovviamente ad una preliminare condivisione, con gli Enti competenti, della tipologia di misurazioni e dell'ubicazione delle stesse.

In linea di massima, la durata della fase Ante Operam è prevista in 6 mesi.

2) MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA (CO)

Il monitoraggio in corso d'opera comprende il periodo di realizzazione dell'infrastruttura, dall'apertura dei cantieri fino al loro completo smantellamento ed al ripristino dei siti.

Questa fase è quella che presenta la maggiore variabilità, poiché è strettamente legata all'avanzamento dei lavori dei vari lotti funzionali e perché è influenzata dalle eventuali modifiche nella localizzazione ed organizzazione dei cantieri apportate dalle imprese esecutrici dei lavori. Pertanto, il monitoraggio in corso d'opera sarà condotto per fasi successive, articolate in modo da seguire l'andamento dei lavori.

Preliminarmente sarà stabilito un piano che individui, per le aree di impatto da monitorare, la fase o le fasi critiche della realizzazione per le quali si ritiene necessario effettuare la verifica durante i lavori. Le indagini saranno condotte per tutta la durata dei lavori con intervalli definiti preliminarmente e distinti in funzione della componente indagata.

Le fasi individuate in via preliminare saranno aggiornate in corso d'opera sulla base dell'andamento dei lavori.

In linea generale, le finalità del monitoraggio di questa fase sono riconducibili a:

- analizzare l'evoluzione di quegli indicatori ambientali, rilevati nello stato iniziale, rappresentativi di fenomeni soggetti a modifiche indotte dalla realizzazione dell'Opera, direttamente o indirettamente (es.: allestimento del cantiere);
- controllare situazioni specifiche, al fine di adeguare la conduzione dei lavori;
- identificare le criticità ambientali, non individuate nella fase AO, che richiedono ulteriori esigenze di monitoraggio e l'eventuale adozione di azioni correttive e mitigative.

3) MONITORAGGIO POST- OPERAM (PO)

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Il monitoraggio post – operam comprende le fasi di pre–esercizio ed esercizio, e deve iniziare non prima del completo smantellamento e ripristino delle aree di cantiere. La durata di tale fase è prevista di 6 mesi.

Nella fase di post operam, le finalità che vengono perseguite sono riconducibili a:

- confrontare gli indicatori definiti nello stato AO con quelli rilevati nella fase di esercizio dell'Opera;
- controllare i livelli di ammissibilità, sia dello scenario degli indicatori definiti nelle condizioni AO, sia degli altri eventualmente individuati in fase di costruzione;
- verificare l'efficacia degli interventi di mitigazione, anche al fine del collaudo. La verifica dell'efficacia degli interventi di mitigazione avverrà nel corso della fase di monitoraggio PO. Laddove dovessero rilevarsi situazioni di non conformità normativa dei livelli di impatto ambientale rilevati, si provvederà a darne pronta comunicazione alla Direzione Lavori e alla Committenza in modo da poter provvedere all'eventuale integrazione delle opere di compensazione (interventi diretti e/o indiretti).

Si riporta di seguito uno schema riassuntivo dell'articolazione del PMA, con l'indicazione delle componenti ambientali oggetto di indagine e controllo per ciascuna fase del monitoraggio.

Componente	Fase		
	ANTE OPERAM	CORSO D'OPERA	POST OPERAM
ATMOSFERA	•	•	•
RUMORE	•	•	•
VIBRAZIONI	•	•	•
AMBIENTE IDRICO SUPERFICIALE	•	•	•
AMBIENTE IDRICO SOTTERRANEO	•		•
CAMPI ELETTROMAGNETICI	•		•
SUOLO	•	•	•
VEGETAZIONE, FLORA E FAUNA	•	•	•

La durata complessiva delle varie fasi di monitoraggio, sulla base delle informazioni ad oggi disponibili, è riportata di seguito.

Linea 4.2	Fase		
	Ante Operam	Corso d'opera	Post Operam
	6 mesi	22 mesi	6 mesi

8 RICETTORI E PUNTI DI MISURA

Al fine di rendere maggiormente efficace il monitoraggio per alcune fondamentali componenti, la scelta della localizzazione dei punti di misura è stata eseguita sulla base della presenza di ricettori sensibili all'interno dell'area oggetto degli interventi di progetto.

Sul territorio attraversato dalle opere in progetto, nonché dal sistema di cantierizzazione, sono stati individuati all'interno di una fascia di 500 metri dall'asse del tracciato i ricettori sensibili e quelli caratterizzati da un maggior grado di vulnerabilità.

Per il dettaglio della localizzazione dei punti di monitoraggio previsti per ciascuna componente si rimanda all'elaborato FL42-D-M-PA-MT-00-EGG-CO-02-B.

Nel presente PMA per le aree di intervento e per ciascuna area di cantiere sono state individuate le componenti ambientali da monitorare, la tipologia di monitoraggio (orario, 24h, settimanale, bisettimanale) e la frequenza delle campagne di misura nelle diverse fasi ante-operam, corso d'opera e post-operam (una volta, mensile, trimestrale).

Per ciascuna componente ambientale sono stati definiti univocamente i siti nei quali predisporre le stazioni di monitoraggio per eseguire misure e prelievi, a seconda dei casi specifici.

Ciascun punto di monitoraggio è stato posizionato sulla base di analisi di campo, delle criticità e significatività specifica per singola componente ambientale messa in evidenza e localizzandolo in carta. Per ognuno di tali punti si è previsto di individuarne la fase in cui esso verrà monitorato, le attività di monitoraggio che in esso avranno luogo e le relative frequenze e durate.

Si ricorda a tal proposito che la localizzazione individuata all'interno della planimetria è indicativa di un areale all'interno del quale verrà effettuata la misura in situ; l'esatta localizzazione del punto di monitoraggio sarà infatti definita una volta in campo al fine di ottimizzare la posizione di misura nell'area indicata.

9 COMPONENTE ATMOSFERA

9.1 GENERALITA'

Il monitoraggio ambientale della componente “atmosfera” ha l’obiettivo di valutare la qualità dell’aria nelle aree interessate dall’opera, verificando gli eventuali incrementi nel livello di concentrazione delle sostanze inquinanti aerodisperse derivanti dalla realizzazione dell’opera stessa.

Gli impatti sulla componente atmosfera legati alla realizzazione della linea tranviaria e delle opere ad essa connessa sono riconducibili principalmente alle seguenti tipologie:

- a) diffusione e sollevamento di polveri legate alla movimentazione di inerti o alle lavorazioni previste all’interno del cantiere (scotico, scavo, demolizione, ecc.);
- b) diffusione di inquinanti aeriformi emessi dai motori a combustione interna delle macchine operatrici;
- c) diffusione di inquinanti aeriformi e particellari emessi dai mezzi pesanti in ingresso/uscita a/dai cantieri e dal traffico urbano eventualmente sottoposto a rallentamenti, deviazioni, percorsi alternativi, ecc.
- d) diffusione di inquinanti aeriformi e particellari emessi dal traffico urbano a seguito dell’entrata in esercizio della linea tranviaria, per evidenziare gli eventuali cambiamenti sopraggiunti rispetto alla condizione di ante operam.

Le tipologie di impatto di cui alle lettere a) e b) vengono solitamente definite col termine “impatti diretti”, in quanto direttamente originate dalle lavorazioni previste dalla cantierizzazione; le tipologie di impatto di cui alla lettera c) e d) vengono, invece, definite col termine “impatti indiretti” in quanto conseguenza indiretta della presenza dei cantieri e dell’entrata in esercizio dell’opera.

Gli impatti diretti risultano strettamente connessi alle lavorazioni, hanno entità variabile nel corso della “vita” dei cantieri (strettamente correlata al cronoprogramma dei lavori) e sono caratterizzati da un areale di impatto piuttosto prossimo al perimetro dei cantieri (interessando per lo più e in maniera predominante la cosiddetta “prima schiera” dei recettori prospicienti l’area di lavorazione).

Gli impatti indiretti risultano determinati non tanto dalle lavorazioni che si attuano all’interno dei cantieri, quanto dalla loro stessa presenza: essi sono infatti correlati al traffico indotto dai cantieri (per approvvigionamento e/o allontanamento dei materiali) e, in ambiti cittadini quale quello in esame, quasi esclusivamente alle interferenze che i cantieri stessi determinano con le “normali” condizioni del deflusso veicolare urbano (interferenze che determinano picchi di “carico ambientale” su alcune specifiche viabilità che, allo stato attuale, spesso risultano sottoposte a minori livelli di pressione antropica).

Il presente Piano pone fra i suoi obiettivi il monitoraggio e il controllo sia degli impatti diretti che di quelli indiretti con metodiche, durate e frequenze necessariamente differenti in virtù della significativa differenza che contraddistingue dette tipologie di impatto.

Le verifiche di campo mirate alla verifica degli effettivi livelli di impatto diretto saranno eseguite, per quanto possibile, nei momenti di maggior criticità delle lavorazioni. Sulla base del cronoprogramma dei lavori essi potranno essere individuati come periodi di massima sovrapposizione di differenti lavorazioni (seguendo il cosiddetto principio della “sovrapposizione degli effetti”) ovvero come periodi di esercizio di talune lavorazioni particolarmente impattanti per la specifica componente ambientale (scotico, demolizioni, carico/scarico inerti, ecc.).

9.2 FINALITA' DEL MONITORAGGIO

L’inquinamento atmosferico può essere definito come una modificazione della normale composizione dell’atmosfera in quantità e con caratteristiche tali da determinare effetti nocivi alla salute e all’ambiente. Il

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

progredire delle conoscenze in merito agli effetti dell'inquinamento sulla salute e sugli ecosistemi ha esteso l'attenzione a nuovi composti e portato alla definizione di nuovi limiti di concentrazione.

Negli ultimi dieci anni quindi l'interesse della comunità scientifica e degli Enti preposti alla salvaguardia della salute pubblica e dell'ambiente si è trasferito dagli inquinanti tradizionali – derivanti soprattutto da processi industriali e dalle attività di combustione (biossido di zolfo, composti dell'azoto, monossido di carbonio e polveri totale sospese) - alle sostanze che in area urbana sono emesse principalmente dal traffico (benzene e polveri fini) e agli inquinanti di origine secondaria come ozono e particolato.

L'obiettivo del monitoraggio di questa componente è quindi nello specifico quello di valutare la qualità dell'aria verificando gli eventuali incrementi nel livello di concentrazione delle polveri e degli inquinanti aerodispersi derivanti dalla fase di cantiere e le eventuali conseguenze sull'ambiente, e quello di valutare meglio le eventuali variazioni delle concentrazioni nell'aria tra la fase ante operam e quella di esercizio della linea tranviaria dovute essenzialmente alla variazioni del traffico veicolare a seguito dell'entrata in esercizio del tram e delle modifiche alla viabilità che la realizzazione del progetto comporta. L'esercizio del tram infatti non determina un inquinamento diretto in atmosfera: il confronto tra lo stato dell'aria ante e post la realizzazione dell'opera è finalizzato in primis alla valutazione della variazione di inquinanti aerodispersi dovuti a cambiamenti nel traffico veicolare.

Il monitoraggio ambientale della componente atmosfera ha lo scopo di controllare la qualità dell'aria nelle zone interessate dalle attività di costruzione della futura linea tranviaria.

In particolare, gli scopi specifici del monitoraggio sono i seguenti:

- definire l'impatto sulla qualità dell'aria, in relazione ai parametri monitorati nell'ante operam e che si ipotizza potrebbero essere influenzati dalle attività di realizzazione ed esercizio della nuova linea;
- controllare i valori di tali parametri in relazione alle soglie di attenzione e di allarme definite dalla normativa vigente;
- adottare eventuali opere di mitigazione che si rendessero necessarie allo scopo di proteggere i ricettori particolarmente sensibili.

Come accennato, il monitoraggio verrà articolato per le fasi di ante operam (AO), di corso d'opera (CO) e di post operam (PO):

- Ante-operam, per definire e caratterizzare lo stato attuale della componente atmosfera prima dell'inizio dei lavori;
- In corso d'opera, allo scopo di controllare gli impatti previsti durante le lavorazioni di cantiere e di avanzamento del fronte dei lavori.
- Post-operam al fine di verificare la variazione dello stato qualitativo dell'aria a seguito dell'entrata in esercizio della linea tranviaria, a seguito delle variazioni della viabilità e del traffico veicolare.

In generale, data la natura prevalentemente urbana di inserimento dell'opera, risulta evidente come la qualità dell'aria risenta principalmente dalle emissioni da traffico veicolare.

I punti di monitoraggio destinati a completare il quadro di riferimento Ante Operam saranno selezionati, considerando:

- le caratteristiche di sensibilità del sistema ricettore prossimo al tracciato;
- le caratteristiche di sensibilità del sistema ricettore prossimo ai cantieri principali e secondari;
- le caratteristiche di sensibilità del sistema ricettore prossimo alla viabilità di corso d'opera a servizio dei cantieri;
- le caratteristiche di sensibilità del sistema ricettore potenzialmente impattato dalle interazioni fra cantieri e viabilità urbana.

I punti di monitoraggio per il Corso d'Opera saranno selezionati prendendo in esame:

- le caratteristiche di sensibilità del sistema ricettore prossimo ai fronti di avanzamento delle lavorazioni;
- le caratteristiche di sensibilità del sistema ricettore prossimo ai cantieri principali e secondari;

- le caratteristiche di sensibilità del sistema ricettore prossimo alla viabilità di corso d'opera a servizio dei cantieri.

I punti di monitoraggio per il Post Operam saranno definiti a partire da quelli già monitorati per la fase ante operam in modo da poter valutare un efficace raffronto tra la situazione attuale e quella futura una volta entrata in esercizio la linea di progetto.

9.3 DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI E DEI PARAMETRI DI MONITORAGGIO

Il monitoraggio si effettua attraverso il controllo dei valori dei parametri caratteristici e di seguito descritti, allo scopo di verificare eventuali superamenti delle soglie ammissibili e di fornire i dati di base per la determinazione delle misure correttive. I parametri significativi che sono stati determinati per il monitoraggio della componente atmosfera derivano sostanzialmente dai due tipi di inquinamento previsti:

- Inquinamento diretto da attività di cantiere (polveri e mezzi d'opera);
- Inquinamento indiretto da traffico indotto dai cantieri ovvero da variazioni al traffico urbano causate dall'apertura dei cantieri e dall'entrata in esercizio della linea tranviaria.

In particolare, saranno rilevati:

- Inquinanti gassosi;
- Polveri;
- Parametri meteorologici.

Nello specifico i parametri individuati sono riassunti all'interno della tabella seguente:

Parametri oggetto di monitoraggio	Parametri rilevati	Tipologia rilevatori installati
Inquinanti gassosi	CO	Analizzatori automatici in continuo
	NOx	
	NO	
	NO2	
	PM10	
	PM2.5	
	SO2	
	O3	
	Benzene	
	Toluene	
	Xylene	
Metalli pesanti	Piombo	Gravimetrici
	Cadmio	
	Rame	
	Nichel	
	Zinco	
	Alluminio	
	Mercurio	
Polveri	PM ₁₀	In continuo o gravimetrici
	PM _{2.5}	

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Parametri oggetto di monitoraggio	Parametri rilevati	Tipologia rilevatori installati
	PTS	
Parametri meteorologici	Direzione del vento; Velocità del vento; Temperatura; Umidità Relativa; Pressione Barometrica; Radiazione Solare Totale; Pioggia	Stazione meteorologica

Il decreto legislativo n.155 del 13 agosto 2010 e s.m.i. stabilisce gli obiettivi di qualità dei dati, i valori limite, i livelli critici e le soglie d'informazione e di allarme per gli inquinanti gassosi, come di seguito indicato:

• **Allegato I: Obiettivi di qualità dei dati**

Il Decreto stabilisce i seguenti obiettivi di qualità dei dati, relativamente ai parametri di interesse per la campagna oggetto di monitoraggio

	SO ₂ , NO ₂ , NO, NO _x , CO	Benzene	PM ₁₀ , PM _{2,5} , Pb	O ₃ , e relativi NO e NO ₂
Misurazioni in siti fissi				
Incertezza	15%	25%	25%	15%
Raccolta minima dei dati	90%	90%	90%	90% in estate
Periodo minimo di copertura				75% in inverno
- Stazioni di fondo in siti urbani e stazioni traffico	-	35% (2)	-	-
- Stazioni industriali	-	90%	-	-
Misurazioni indicative				
Incertezza	25%	30%	50%	30%
Raccolta minima dei dati	90%	90%	90%	90%
Periodo minimo di copertura	14%	14% (3)	14% (4)	>10% in estate
Incertezza della modellizzazione				
Medie orarie	50%	-	-	50%
Medie su otto ore	50%	-	-	50%
Medie giornaliere	50%	-	Da definire	-
Medie annuali	30%	50%	50%	-
Stima obiettiva				
Incertezza	75%	100%	100%	75%

TABELLA 1 - OBIETTIVI DI QUALITÀ PREVISTI DAL D.LGS. 13 AGOSTO 2010, N.155 E SS.MM.II. PER LE NOTE (1,2,3,4) SI FACCIA RIFERIMENTO ALL'ALLEGATO DEL DECRETO

	B(a)P	As, Cd, e Ni
Incertezza		
Misurazione in siti fissi e indicative	50%	40%
Tecniche di modellizzazione	60%	60%
Tecniche di stima obiettiva	100%	100%

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

	B(a)P	As, Cd, e Ni
Raccolta minima di dati validi		
Misurazione in siti fissi e indicative	90%	90%
Periodo minimo di copertura		
Misurazione in siti fissi	33%	50%
Misurazione indicative	14%	14%

TABELLA 2 - OBIETTIVI DI QUALITÀ PREVISTI DAL D.LGS. 13 AGOSTO 2010, N. 155 E SS.MM.II

• Allegato XI: Valori limite e livelli critici

Periodo di mediazione	Valore limite
Biossido di zolfo	
1 ora	200 µg/m ³ , da non superare più di 24 volte per anno civile
1 giorno	125 µg/m ³ , da non superare più di 3 volte per anno civile
Biossido di azoto	
1 ora	200 µg/m ³ , da non superare più di 18 volte per anno civile
Anno civile	40 µg/m ³
Benzene	
Anno civile	5 µg/m ³ ,
Monossido di carbonio	
Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m ³ ,
Piombo	
Anno civile	0,5 µg/m ³ ,
PM10	
1 giorno	50 µg/m ³ , da non superare più di 35 volte per anno civile
Anno civile	40 µg/m ³
PM2.5	
FASE 1	
Anno civile	25 µg/m ³
FASE 2 (4)	
Anno civile	(4)

(4) Valore limite da stabilire con successivo decreto ai sensi dell'articolo 22, comma 6, tenuto conto del valore indicativo di 20 µg/m³ e delle verifiche effettuate dalla Commissione europea alla luce di ulteriori informazioni circa le conseguenze sulla salute e sull'ambiente, la fattibilità tecnica e l'esperienza circa il perseguimento del valore obiettivo negli Stati membri

• Allegato XII: Soglie di informazione e allarme

Finalità	Periodo di mediazione	Soglia
Informazione	1 ora	180 µg/m ³

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Finalità	Periodo di mediazione	Soglia
Allarme	1 ora	240 µg/m ³

TABELLA 3 - SOGLIE DI INFORMAZIONE E ALLARME PER L'OZONO DAL D. LGS. 13 AGOSTO 2010, N. 155 E SS.MM.II

Inquinante	Soglia di allarme
Biossido di zolfo	500 µg/m ³
Biossido di azoto	400 µg/m ³

TABELLA 4 - SOGLIE DI ALLARME PER INQUINANTI DIVERSI DAL D. LGS. 13 AGOSTO 2010, N. 155 E SS.MM.II

• **Allegato XIII: Valore obiettivo per arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene**

Inquinante	Periodo di mediazione	Valore obiettivo
Arsenico	Media su anno civile	6,0 ng/m ³
Cadmio	Media su anno civile	5,0 ng/m ³
Nichel	Media su anno civile	20,0 ng/m ³
Benzo(a)pirene	Media su anno civile	1,0 ng/m ³

Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media su anno civile.

L'accordo procedimentale del 1999 prevede inoltre, l'individuazione di soglie di attenzione e di intervento in relazione ai dati rilevati dal monitoraggio ambientale. Al momento risultano approvate dall'Osservatorio Ambientale (seduta del 28/5/2012) le soglie relative all'atmosfera, oltre che al rumore ed alle vibrazioni.

Le soglie per le restanti matrici sono in corso di definizione.

In particolare, i valori soglia per l'atmosfera sono stati approvati per tutti i parametri monitorati (Decisione di Osservatorio Ambientale n.4 del 10/12/2014) con riferimento alle:

- centraline di cantiere;
- centraline di viabilità.

La definizione delle soglie è basata sulla media dei valori rilevati presso le stazioni di misura della rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria di:

- Firenze - Bassi (fondo) - unica abilitata alla misura dell'SO₂;
- Firenze - Scandicci (fondo);
- Firenze - Gramsci (traffico);
- Firenze - Ponte alle mosse (traffico);

Contestualmente alla definizione delle soglie sono state previste le procedure da osservare in caso di superamento delle soglie di attenzione e/o intervento.

Soglie di attenzione/intervento per le centraline di cantiere

Inquinante	Soglia di attenzione	Soglia di intervento
PM10	Media delle 4 stazioni Rete Regionale + 20 µg/m ³ per 1 giorno quando il valore giornaliero di PM10 restituito da una singola stazione di cantiere supera i 50 µg/m ³	Media delle 4 stazioni Rete Regionale + 50 µg/m ³ per 1 giorno sempre quando il valore giornaliero di PM10 restituito da una singola stazione di cantiere supera i 50 µg/m ³

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Inquinante	Soglia di attenzione	Soglia di intervento
PTS	150 µg/m ³ al giorno	200 µg/m ³ al giorno
NO ₂	Media dei massimi giornalieri misurati dalle 4 stazioni Rete Regionale + 20% per 2 giorni consecutivi, se la media giornaliera è >120 µg/m ³	Media dei massimi giornalieri misurati dalle 4 stazioni Rete Regionale + 30% per 2 giorni consecutivi oppure Media dei massimi giornalieri misurati dalle 4 stazioni Rete Regionale + 40% per 1 giorno sempre se la media giornaliera è > 120 µg/m ³
S _{O₂}	Media dei valori misurati dalla stazione di via Bassi della Rete Regionale + 20% per 2 giorni consecutivi se la media giornaliera è > 19 µg/m ³	Media dei valori misurati dalla stazione di via Bassi della Rete Regionale + 30% per 2 giorni consecutivi oppure Media dei valori misurati dalla stazione di via Bassi della Rete Regionale + 40% per 1 giorno sempre se la media giornaliera è > 19 µg/m ³
IPA	1 ng/m ³ per due mesi	1,2 ng/m ³ per due mesi
Benzene	val cantiere >= VL[1] per 1 mese	val cantiere >= VL[1] + 20% per 1 mese
Metalli	val cantiere >= VL[1] per 3 mesi	val cantiere >= VL[1] + 20% per 2 mesi

Soglie di attenzione/intervento per le centraline di viabilità

Inquinante	Soglia di attenzione	Soglia di intervento
PM ₁₀	Media delle 4 stazioni Rete Regionale +20µg/m ³ per 1 giorno quando il valore giornaliero di PM ₁₀ restituito da una singola stazione di cantiere supera i 50 µg/m ³	Media delle 4 stazioni Rete Regionale + 50µg/m ³ per 1 giorno sempre quando il valore giornaliero di PM ₁₀ restituito da una singola stazione di cantiere supera i 50 µg/m ³
PTS	150 µg/m ³ al giorno	200 µg/m ³ al giorno
NO ₂	Media dei massimi giornalieri misurati dalle 4 stazioni Rete Regionale + 20% per 2 giorni consecutivi, se la media giornaliera è >120 µg/m ³	Media dei massimi giornalieri misurati dalle 4 stazioni Rete Regionale + 30% per 2 giorni consecutivi oppure Media dei massimi giornalieri misurati dalle 4 stazioni Rete Regionale + 40% per 1 giorno sempre se la media giornaliera è >120 µg/m ³
S _{O₂}	Media dei valori misurati dalla stazione di via Bassi della Rete Regionale + 20% per 2 giorni consecutivi se la media giornaliera è > 19 µg/m ³	Media dei valori misurati dalla stazione di via Bassi della Rete Regionale + 30% per 2 giorni consecutivi oppure Media dei valori misurati dalla stazione di

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Inquinante	Soglia di attenzione	Soglia di intervento
		via Bassi della Rete Regionale + 40% per 1 giorno sempre se la media giornaliera è > 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
CO	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per due giorni consecutivi	7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per 1 giorno
IPA	1 ng/m^3 per due mesi	1,2 ng/m^3 per due mesi
Benzene	val cantiere $\geq \text{VL}[1]$ per 1 mese	val cantiere $\geq \text{VL}[1] + 20\%$ per 1 mese
Metalli	val cantiere $\geq \text{VL}[1]$ per 3 mesi	val cantiere $\geq \text{VL}[1] + 20\%$ per 2 mesi

[1] VL=Valore Limite normativo. I limiti normativi di Benzene, IPA e metalli sono medie annuali

Procedure da osservare in caso di superamento delle soglie di attenzione e/o intervento

Livello	Tipo centralina	Inquinante	Azione prevista
Attenzione	Cantiere	Tutti	Il Direttore dei Lavori si attiva per verificare se tale circostanza sia stata generata dalle lavorazioni eseguite, in particolare sia dovuta al mancato rispetto o alla insufficienza delle mitigazioni previste e dispone di conseguenza per rientrare all'interno del valore soglia
Attenzione	Viabilità	Tutti	Il responsabile del monitoraggio, sentito il supporto tecnico, decide se sia necessario prolungare la campagna in essere, valutandone la durata o programmare una campagna aggiuntiva. Contestualmente, informa il Contraente generale che deve verificare se il superamento della soglia sia dovuto al mancato rispetto di prescrizioni (es. numero di transiti consentiti, tipo di mezzi utilizzati, ecc.). Il Contraente generale dà evidenza delle eventuali inottemperanze ed assicura il prosieguo delle attività nel rispetto di quanto prescritto. Nel caso la campagna aggiuntiva confermi il superamento della soglia di attenzione questo dovrà analizzare la situazione nel dettaglio, valutando le possibili cause e proponendo eventuali correttivi, con apposito elaborato da trasmettere all'Osservatorio Ambientale (OA) entro 20 giorni dal termine della campagna aggiuntiva (20 giorni dagli esiti delle analisi di laboratorio per gli inquinanti non dotati di analizzatore automatico). L'OA valuta la necessità di eventuali ulteriori provvedimenti
Intervento	Cantiere	Tutti escluso IPA, benzene e metalli	Si interrompono tutte le attività di cantiere che possono determinare emissioni dell'inquinante. Contemporaneamente, il Direttore dei Lavori si attiva per verificare se tale circostanza sia stata

STUDI PER PROCEDURE PAUR
 PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
 Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Livello	Tipo centralina	Inquinante	Azione prevista
			generata dalle lavorazioni eseguite e in particolare sia dovuta al mancato rispetto o alla insufficienza delle mitigazioni previste. Le attività di cantiere non riprendono finché la verifica non sia stata effettuata e le eventuali azioni correttive non siano state intraprese
Intervento	Cantiere	IPA, Benzene e Metalli	Il Direttore dei Lavori pone immediatamente in atto dei primi interventi tesi alla limitazione delle emissioni potenzialmente correlate all'inquinante oggetto di superamento. Contemporaneamente, si attiva per verificare se il superamento possa essere stato effettivamente generato dalle lavorazioni eseguite e in particolare sia dovuto al mancato o non completo rispetto delle prescrizioni. In base a tale verifica provvede a specificare e mettere in atto i necessari correttivi alla gestione del cantiere. Dovrà poi essere valutata nel tempo l'evoluzione dell'inquinante e l'efficacia degli eventuali correttivi posti in essere. Qualora si verificasse il permanere dei superamenti, la questione dovrà essere rimessa all'OA
Intervento	Viabilità	Tutti	Il responsabile del monitoraggio dispone l'immediata effettuazione di una campagna aggiuntiva. Contestualmente, informa il Contraente Generale, che dovrà analizzare la situazione nel dettaglio, verificando in primis l'ottemperanza alle prescrizioni, valutando le possibili cause e proporre eventuali correttivi, con apposito elaborato da trasmettere all'Osservatorio Ambientale (OA) entro 20 giorni dal termine della campagna di monitoraggio (20 giorni dagli esiti delle analisi di laboratorio per gli inquinanti non dotati di analizzatore automatico). L'OA valuta la necessità di eventuali ulteriori provvedimenti

Qualora per qualsiasi motivo non fossero disponibili i dati di tutte le stazioni in oggetto, si procede come segue: qualora non sia disponibile il valore relativo ad una fra le stazioni di traffico o di fondo, si assume tale stazione avere valore eguale all'altra stazione disponibile dello stesso tipo qualora non siano disponibili entrambi i valori delle stazioni di fondo o di traffico, la media ricavata sarà necessariamente sovrastimata o sottostimata a seconda dei casi. In tale evento, il verificarsi (o il permanere) di superamenti di soglie dovrà essere necessariamente oggetto di valutazione a posteriori.

9.4 SPECIFICHE TECNICHE PER LO SVOLGIMENTO DEL MONITORAGGIO

Si riporta di seguito la descrizione di dettaglio della tipologia di misurazioni previste per il monitoraggio e il controllo dell'inquinamento atmosferico potenzialmente direttamente e indirettamente correlato alle opere in esame:

- misure tipo ATM: rilievi della durata di 15 giorni di macroinquinanti e microinquinanti, gassosi e particellari;
- misure tipo POL: rilievi della durata di 15 giorni di polveri.

Misure tipo ATM - Rilievo qualità aria con mezzo mobile strumentato

Tale metodica di monitoraggio ha come finalità la determinazione degli inquinanti aerodispersi per la valutazione della qualità dell'aria allo stato attuale e successivamente all'entrata in esercizio dell'opera.

Le campagne di misura della qualità dell'aria della tipologia ATM avranno durata unitaria pari a 15 giorni e saranno eseguite con laboratorio mobile strumentato. I principali parametri oggetto di determinazione corrispondono a quelli indicati dalla normativa nazionale vigente in materia di qualità dell'aria. Le misurazioni verranno definite attraverso delle procedure di misura che permettono di valutare il rispetto dei limiti legislativi e eventuali variazioni di concentrazioni conseguenti alla realizzazione del progetto. I parametri che verranno monitorati attraverso la strumentazione installata sul mezzo mobile sono riportati nella seguente tabella nella quale, per ogni inquinante, viene indicato il tempo di campionamento, l'unità di misura e le eventuali elaborazioni statistiche particolari da effettuare sui dati.

Parametro	Campionamento	Unità di misura	Elaborazioni statistiche	Campionamento e determinazione
CO	1h	mg/m ³	Media su 8 ore / Media su 1 h	Automatico (mezzo mobile)
NOx, NO, NO ₂	1h	µg/m ³	Media su 1 h	Automatico (mezzo mobile)
PM ₁₀	24 h	µg /m ³	Media su 24 h	Automatico (mezzo mobile)
PM _{2,5}	1 h	µg /m ³	Media su 1 h	Automatico (mezzo mobile)
SO ₂	1 h	µg /m ³	Media su 1 h	Automatico (mezzo mobile)
O ₃	1 h	µg /m ³	Media su 8 ore / Media su 1 h	Automatico (mezzo mobile)
BTX	1 h	µg /m ³	Media su 1 h ovvero media settimanale	Automatico (mezzo mobile)

TABELLA 5 - ATMOSFERA: PARAMETRI OGGETTO DI MONITORAGGIO

Da quanto sopra si evince che i parametri CO, PM₁₀, PM_{2.5}, NOx, NO, NO₂, SO₂ verranno rilevati in continuo mediante laboratorio mobile e restituiti come valore medio orario (o come media su 8 ore laddove richiesto dalla normativa); i metalli sono determinati sul campione PM₁₀, dopo l'avvenuta pesata del particolato, per trattamento chimico e determinazione analitica (spettrometria di massa con plasma ad accoppiamento induttivo, ICP-MS); i BTX potranno, in alternativa, essere determinati come valore medio settimanale mediante campionamento passivo (con dispositivi del tipo "Radiello") e successive analisi di laboratorio.

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Nel caso in cui non si riesca ad acquisire la quantità di dati prevista con la campagna di misura la stessa verrà prolungata di un periodo che permetta di raggiungere tale quantità. Le elaborazioni statistiche verranno effettuate su tali dati acquisiti anche se non conseguenti temporalmente.

Contemporaneamente al rilevamento dei parametri di qualità dell'aria dovranno essere rilevati su base oraria i parametri meteorologici riportati nella Tabella seguente, nella quale per ogni parametro viene indicata l'unità di misura.

Parametro	Unità di misura
Direzione del vento	gradi sessagesimali
Velocità del vento	m/s
Temperatura	°C
Pressione atmosferica	mBar
Umidità relativa	%
Radiazione solare globale	W/m ²
Precipitazioni	mm

TABELLA 6 - ATMOSFERA: PARAMETRI METEOROLOGICI DA MONITORARE

I parametri dovranno essere rilevati con punto di prelievo a 10 m dal piano campagna per direzione e velocità del vento e a 2 m per gli altri parametri.

Nel corso della campagna di misura e della elaborazione dei dati, sarà predisposta la seguente documentazione:

- schede di presentazione delle misure effettuate;
- un elaborato che riporti le seguenti informazioni:
 - le conclusioni delle attività di monitoraggio (interpretazioni e valutazioni);
 - risultati sintetici con l'ausilio di tabelle e grafici;
 - sintesi sulle metodiche adottate;
 - strumentazione utilizzata.

Inoltre, per ciascun punto di misura saranno forniti:

- risultati della fase di analisi sia in termini numerici che grafici;
- la serie completa dei dati in formato digitale.

Misure tipo POL – Rilevamento del particolato fine (PM₁₀, PM_{2.5} e PTS)

Tale metodica di monitoraggio ha come finalità la determinazione del particolato fine prodotto dalle attività in atto nelle aree di cantiere.

Le misurazioni del tipo POL sono delle postazioni di misura mobili che avranno durata unitaria di 14 giorni per la fase di corso d'opera.

Le campagne di misura delle polveri vengono definite attraverso delle procedure di misura standardizzate che, in prossimità di sorgenti di emissione, quali le attività di cantiere e/o viabilità di cantiere, permettono di monitorare il particolato disperso nei bassi strati dell'atmosfera.

La misurazione delle polveri avverrà mediante analizzatore in continuo o, in alternativa, con campionatore gravimetrico.

Parametro	Campionamento	Unità di misura	Elaborazioni statistiche	Campionamento e determinazione
-----------	---------------	-----------------	--------------------------	--------------------------------

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Parametro	Campionamento	Unità di misura	Elaborazioni statistiche	Campionamento e determinazione
PM10	24 h	µg/m3	Media su 24 h	Analizzatore in continuo o gravimetrico
PM2.5	24 h	µg/m3	Media su 24 h	Analizzatore in continuo o gravimetrico
PTS	24 h	µg/m3	Media su 24 h	Analizzatore in continuo o gravimetrico

Il monitoraggio con analizzatori in continuo sarà eseguito con strumentazione a “Laser-Scattering”, mediante unità di monitoraggio polveri tipo MPC.1, in grado di misurare e registrare la registrazione in continuo delle particelle presenti nell'aria. La metodologia del laser scattering utilizzata dalla strumentazione, al fine di misurare le particelle costituenti il particolato atmosferico e classificarle in base alle loro dimensioni, consente di: Misurare in µg/m3 (in tempo reale e contemporaneamente) le concentrazioni del particolato fine espresso come PM10; Misurare in tempo reale e contemporaneamente il numero delle particelle presenti classificandole contemporaneamente in 8 o 15 diverse classi dimensionali.

Una pompa a portata costante e controllata aspira l'aria attraverso una sonda a simmetria radiale e la convoglia in una camera dove le particelle trasportate vengono singolarmente investite da un fascio di luce laser. L'energia riflessa da ogni particella, che è proporzionale alla sua dimensione, viene misurata da un fotodiodo ad alta velocità che genera in uscita sia i segnali di conteggio sia quelli di caratterizzazione dimensionale. Il software di sistema mette in relazione questi valori con l'unità di volume inviando sulla linea seriale RS232 un risultato finale nell'unità ingegneristica standard.

Il controllo del sistema di misura avviene attraverso un PC portatile che provvede alla gestione dello strumento di misura, alla memorizzazione dei dati rilevati ed alla visualizzazione delle misure.

Nel corso della misura viene visualizzato in specifiche colonne il Numero di Particelle/Litro per Classe Granulometrica. Sono anche visualizzati e costantemente aggiornati i valori di Portata della pompa di aspirazione in Litri/Minuto, la Temperatura in °C e l'Umidità Relativa in % del campione all'interno del rivelatore. Due caselle indicano rispettivamente la data e l'ora di inizio delle misure e la data e l'ora aggiornate con la frequenza di analisi. Una casella mostra lo stato del sistema segnalando eventuali anomalie, mentre un'apposita icona indica il corretto flusso di programma.

I risultati delle misure vengono archiviati in formato testo sull'HD di sistema e tramite un'apposita rete dati sono consultabili “real time”.

Il monitoraggio mediante metodologia gravimetrica prevede, invece, la sostituzione automatica ogni 24 ore dei supporti di filtrazione per 7 giorni consecutivi mediante l'impiego di pompe di captazione dotate di sistemi automatici di campionamento e sostituzione sequenziale dei supporti. La pompa dovrà inoltre essere dotata di sistema automatico di controllo della portata di campionamento, in modo da ripristinare automaticamente ogni variazione rispetto al valore impostato all'inizio della misurazione.

La strumentazione per la misura delle polveri aerodisperse per via gravimetrica consiste in:

- Filtri a membrana: sono dei filtri in fibre di vetro di diametro 47 mm circa.
- Supporto per filtrazione: il filtro a micropori è sostenuto durante tutto il periodo di tempo in cui è attraversato dall'aria aspirata da un apposito supporto costruito in materiale metallico resistente alla corrosione e con pareti interne levigate. Le due parti del supporto una volta montato il filtro, devono combaciare in modo da evitare qualunque trafilamento d'aria: a tal scopo le due parti

risultano premute l'una contro l'altra per mezzo di un dispositivo di blocco tale da non deformare e da non danneggiare il filtro. Il filtro è sostenuto da un disco di materiale sinterizzato o altro mezzo idoneo che impedisca ogni possibile deformazione del filtro e che sia perfettamente resistente alla corrosione. Il diametro della superficie effettiva di filtrazione non deve essere inferiore a 36 mm.

- Pompa aspirante: l'aspirazione dei campioni d'aria viene svolta per mezzo di pompe meccaniche a funzionamento elettrico dotate di regolatori di portata.
- Misuratore volumetrico: la misurazione del campione d'aria prelevato viene eseguita mediante contatori volumetrici, con possibilità di totalizzazione.
- Bilancia analitica.
- Generatore elettrico: nei casi in cui l'energia elettrica necessaria per il funzionamento della pompa aspirante non possa essere prelevata dalla rete elettrica.

I filtri a membrana saranno forniti etichettati, pesati e pronti per l'uso dal laboratorio di analisi. La taratura dei filtri viene svolta con le seguenti modalità:

- si contrassegna sul margine ogni filtro avendo cura di non oltrepassare di 5 mm il bordo esterno;
- i filtri contrassegnati vengono condizionati prima di effettuare le pesate (precampionamento) a temperatura di 20 °C per un tempo di condizionamento non inferiore alle 48 ore ed umidità relativa pari al $50 \pm 5\%$;
- i filtri così condizionati vengono pesati con bilancia analitica di sensibilità 0.001 mg e conservati negli appositi contenitori etichettati.

La portata della pompa aspirante viene regolata per mezzo di flussimetro ai valori richiesti, compresi tra 15 e 36.8 l/min.

Le fasi successive al campionamento consistono nella determinazione gravimetrica del campione con l'impiego di bilancia analitica condizionamento da laboratorio. Il livello medio giornaliero di polveri è dato dalla determinazione della massa gravimetrica, ricavata dalla differenza tra il peso iniziale del filtro bianco e quello dopo il campionamento, divisa per il volume normalizzato

9.5 STRUMENTAZIONE DI MISURA

I rilievi della qualità dell'aria verranno eseguiti mediante utilizzo di:

- laboratorio mobile;
- analizzatore in continuo per polveri;
- campionatori gravimetrici sequenziali;
- campionatori passivi.

9.5.1 Laboratorio Mobile

I rilievi della tipologia ATM, della durata unitaria di 15 giorni, verranno eseguiti mediante laboratorio mobile strumentato fornito di adeguato sistema di condizionamento per garantire una continua e ottimale distribuzione della temperatura al suo interno; questo permette agli analizzatori di lavorare sempre in condizioni controllate e standard.

All'interno della cabina vengono realizzati i seguenti circuiti pneumatici:

- Sistema di campionamento aria ambiente
- Sistema di distribuzione gas di misura e gas di calibrazione
- Sistema di scarico gas.
- Sistema di campionamento aria ambiente

Il sistema di campionamento degli inquinanti gassosi è composto da:

- testa di prelievo in materiale inerte per evitare fenomeni di adsorbimento;
- linea di prelievo termostata;

- gruppo di distribuzione;
- gruppo di aspirazione;
- gruppo di scarico.

Analizzatori di inquinanti gassosi

Si riporta di seguito la descrizione delle apparecchiature analitiche per il rilievo dei componenti gassosi:

- analizzatore automatico in continuo di Anidride Solforosa (SO₂);
- analizzatore automatico in continuo di Monossido di Carbonio (CO);
- analizzatore automatico in continuo di Ozono (O₃);
- analizzatore automatico in continuo di Ossidi di Azoto (NO, NO_x, NO₂);
- analizzatore automatico in continuo di BTEX;
- misuratore automatico in continuo di particolato PM₁₀ / PM_{2.5} / PTS;
- stazione meteo;
- sistema di campionamento gravimetrico sequenziale per successive analisi di laboratorio di due (in parallelo) dei seguenti parametri: PM₁₀, PM_{2.5} e PTS.

Analizzatore di Anidride Solforosa

L'analizzatore di SO₂ è uno strumento analitico per la misura, in continuo e in tempo reale, delle concentrazioni di anidride solforosa in aria ambiente. L'analizzatore opera in conformità al metodo di riferimento per l'analisi dell'SO₂ indicato nell'Allegato VI. Sezione A punto 1 del D.Lgs. 155 del 13/08/2010 e s.m.i. [UNI EN 14212:2005 "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di zolfo mediante fluorescenza ultravioletta"].

La tecnica di misura si basa sull'eccitazione con radiazioni UV pulsate, ad una lunghezza d'onda di 214 nm, delle molecole di SO₂ e sull'emissione, nel momento in cui queste tornano al loro stato iniziale di energia, di una radiazione fluorescente di intensità direttamente proporzionale alla concentrazione di biossido di zolfo. L'analizzatore è dotato di un sistema interno che permette di ottenere una risposta proporzionale alla concentrazione di anidride solforosa presente nel campione da analizzare.

Analizzatore di Monossido di Carbonio

L'analizzatore di CO è uno strumento analitico per la misura, in continuo e in tempo reale, delle concentrazioni di monossido di carbonio in aria ambiente. L'analizzatore opera in conformità al metodo di riferimento indicato nell'Allegato VI – Sezione A punto 7 del D.Lgs. 155 del 13/08/2010 e s.m.i. [UNI EN 14226:2005 "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di monossido di carbonio mediante spettroscopia a raggi infrarossi non dispersiva"].

La tecnica di misura si basa sull'assorbimento da parte delle molecole di CO di radiazioni IR alla lunghezza d'onda di 4,6 microns. L'analizzatore è dotato di un sistema interno che permette di ottenere una risposta lineare e proporzionale alla concentrazione di monossido di carbonio presente nel campione da analizzare. Il modello proposto utilizza una curva di calibrazione esatta per linearizzare il segnale di uscita dello strumento.

Analizzatore di Ossidi di Azoto

L'analizzatore di NO-NO₂-NO_x è uno strumento analitico per la misura, in continuo e in tempo reale, delle concentrazioni di monossido di azoto, biossido di azoto e ossidi di azoto totali in aria ambiente.

L'analizzatore opera in conformità al metodo di riferimento indicato nell'Allegato VI Sezione A punto 2 del D.Lgs. 155 del 13/08/2010 [UNI EN 14211:2005 "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di azoto e monossido di azoto mediante chemiluminescenza"]. L'analizzatore a chemiluminescenza utilizza una singola camera di reazione, un singolo fotomoltiplicatore che ciclicamente permette di effettuare la misura dell'NO e dell'NO_x.

Analizzatore di ozono a doppia cella di misura

L'analizzatore di O₃ è uno strumento analitico a doppia camera di reazione per la misura, in continuo e in tempo reale, delle concentrazioni di ozono in aria ambiente.

L'analizzatore opera in conformità al metodo di riferimento indicato nell'allegato III del D.M. 16 maggio 1996 [Metodo dell'assorbimento UV] e Allegato VI - Sezione A punto 8 del D.lgs 155 del 13/08/2010 [UNI EN 14225:2005 "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di ozono mediante fotometria ultravioletta"].

La tecnica di misura si basa sull'assorbimento da parte delle molecole di ozono di radiazioni UV alla lunghezza d'onda di 254 nm. La conseguente variazione dell'intensità della luce è direttamente correlata alla concentrazione di ozono presente nel gas campione e tale concentrazione viene calcolata sulla base della legge di Lambert-Beer.

Analizzatore di BTX

Il principio di funzionamento dell'analizzatore di BTX e altre sostanze organiche aromatiche (benzene, toluene, etilbenzene, m- e p-xilene, o-xilene) si basa sulla tecnica dell'arricchimento su trappola e successiva analisi gascromatografica mediante rivelazione a fotoionizzazione.

Analizzatore di particolato fine sospeso

L'analizzatore in continuo di particolato atmosferico è in grado di misurare in tempo reale di PM₁₀, PM_{2.5} mediante la misura contemporanea della concentrazione istantanea di polveri, attuata attraverso un nefelometro, e della massa di quest'ultime mediante un sensore ad attenuazione dei raggi beta.

Campionatore sequenziale per polveri

La strumentazione consente la raccolta automatica sequenziale del particolato atmosferico su membrane filtranti di diametro 47 mm, contenute in apposite cassette portafiltro.

L'autonomia di 16 filtri e la particolare realizzazione del sistema di movimentazione, permettono di recuperare e rimpiazzare i filtri senza interrompere il campionamento, quindi senza il vincolo di eseguire l'operazione in tempi predeterminati.

La modularità delle teste di prelievo consente di scegliere la frazione del particolato da raccogliere sul filtro, nel caso in esame PM₁₀, in accordo al metodo EN 12341 riconosciuta come metodo di riferimento per il campionamento del PM₁₀ dal D.lgs. 155/2010 e s.m.i..

Analisi di Laboratorio su filtri collezionati mediante metodo gravimetrico

I filtri a membrana saranno forniti etichettati, pesati e pronti per l'uso dal laboratorio di analisi. La taratura dei filtri viene svolta con le seguenti modalità:

- si contrassegna sul margine ogni filtro avendo cura di non oltrepassare di 5 mm il bordo esterno;
- i filtri contrassegnati vengono condizionati prima di effettuare le pesate (precampionamento) a temperatura di 20°C per un tempo di condizionamento non inferiore alle 48 ore ed umidità relativa pari al 50 ± 5%;
- i filtri così condizionati vengono pesati con bilancia analitica di sensibilità 0.001 mg e conservati negli appositi contenitori etichettati.

La portata della pompa aspirante viene regolata per mezzo di flussimetro ai valori richiesti, compresi tra 15 e 20 l/min. Le fasi successive al campionamento consistono nella determinazione gravimetrica del campione con l'impiego di bilancia analitica condizionamento da laboratorio. Il livello medio giornaliero di polveri è dato dalla determinazione della massa gravimetrica, ricavata dalla differenza tra il peso iniziale del filtro bianco e quello dopo il campionamento, divisa per il volume normalizzato.

Infine, in seguito alle pesate dei filtri campionati, sui filtri che hanno raccolto PM₁₀ verrà anche determinata la concentrazione dei metalli.

Stazione meteo

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

La stazione di monitoraggio è equipaggiata di una completa stazione meteorologica per il monitoraggio in continuo dei seguenti parametri:

- Velocità e direzione del vento
- Temperatura dell'aria
- Umidità relativa dell'aria
- Quantità di precipitazioni atmosferiche
- Pressione atmosferica
- Radiazione solare globale

9.5.2 Analizzatore in continuo di particolato

Il monitoraggio del particolato con analizzatori in continuo sarà eseguito con strumentazione a “Laser-Scattering”, mediante unità di monitoraggio polveri tipo MPC.1, in grado di misurare e registrare la registrazione in continuo delle particelle presenti nell'aria. La metodologia del laser scattering utilizzata dalla strumentazione consente di misurare le particelle costituenti il particolato atmosferico e classificarle in base alle loro dimensioni.

Una pompa a portata costante e controllata aspira l'aria attraverso una sonda a simmetria radiale e la convoglia in una camera dove le particelle trasportate vengono singolarmente investite da un fascio di luce laser. L'energia riflessa da ogni particella, che è proporzionale alla sua dimensione, viene misurata da un fotodiodo ad alta velocità che genera in uscita sia i segnali di conteggio sia quelli di caratterizzazione dimensionale. Il software di sistema mette in relazione questi valori con l'unità di volume inviando sulla linea seriale RS232 un risultato finale nell'unità ingegneristica standard.

Il controllo del sistema di misura avviene attraverso un PC portatile che provvede alla gestione dello strumento di misura, alla memorizzazione dei dati rilevati ed alla visualizzazione delle misure.

Nel corso della misura viene visualizzato in specifiche colonne il Numero di Particelle/Litro per Classe Granulometrica. Sono anche visualizzati e costantemente aggiornati i valori di Portata della pompa di aspirazione in Litri/Minuto, la Temperatura in °C e l'Umidità Relativa in % del campione all'interno del rivelatore. Due caselle indicano rispettivamente la data e l'ora di inizio delle misure e la data e l'ora aggiornate con la frequenza di analisi. Una casella mostra lo stato del sistema segnalando eventuali anomalie, mentre un'apposita icona indica il corretto flusso di programma.

I risultati delle misure vengono archiviati in formato testo sull'HD di sistema e tramite un'apposita rete dati sono consultabili “real time”.

9.5.3 Postazioni tipo “Skypost” per campionamento gravimetrico delle polveri

Per l'esecuzione dei campionamenti gravimetrici di polveri previsti dalle tipologie di POL, in alternativa al monitoraggio in continuo di cui al paragrafo precedente, si utilizzeranno campionatori sequenziali semiautomatici gravimetrici (tipo Tecora), con taglio sul diametro dinamico del particolato sospeso (PTS, PM10, PM2.5), attraverso l'utilizzo di teste di campionamento US EPA, che consentono la raccolta delle particelle delle dimensioni desiderate, indipendentemente dalla velocità del vento.

Il principio del metodo consiste nell'aspirare l'aria ad un flusso costante attraverso un sistema di ingresso di geometria particolare, in cui il materiale particellare sospeso viene separato inerzialmente in frazioni dimensionali definite e raccolto su filtri, condizionati e pesati precedentemente.

Generalmente tali postazioni sono dotate di campionatore sequenziale contenente al suo interno un certo numero di filtri (già condizionati e pesati) e programmabile in modo tale da sostituire, con la cadenza programmata (24 ore a partire dalle ore 24.00), i filtri e coprire l'intero periodo di monitoraggio.

Nel caso in cui si facesse utilizzo di strumentazione priva di campionatore sequenziale con deposito filtri, sarà cura dell'esecutore del monitoraggio provvedere manualmente alla sostituzione dei filtri (che dovrà necessariamente avvenire alle ore 24.00).

Il valore delle polveri è dato dalla determinazione della massa gravimetrica, ricavata dalla differenza tra il peso iniziale del filtro bianco e quello dopo il campionamento, divisa per il volume normalizzato.

La strumentazione che viene utilizzata deve rispondere alle caratteristiche previste dalla normativa vigente. Anche per le altezze dei prelievi sono fornite indicazioni nazionali.

9.5.4 Campionatori passivi a diffusione (Tipo "Radiello")

Nel caso in cui i BTX venissero determinati sotto forma di valore medio settimanale, si prevede di integrare la postazione mobile (in tal caso priva di analizzatore in continuo dei BTX) con l'utilizzo di n.1 postazione attrezzata con campionatore passivo a diffusione (tipo Radiello). La suddetta postazione coinciderà con quella individuata per il posizionamento del mezzo mobile e la strumentazione verrà installata direttamente sopra al mezzo mobile, in maniera tale da garantire l'omogeneità spaziale e la confrontabilità dei dati rilevati. Il campionatore a diffusione è rappresentato da una scatola chiusa cilindrica nella quale una delle piane è "trasparente" alle molecole gassose e quella opposta le adsorbe (la prima è superficie diffusiva, la seconda superficie adsorbente). Sotto un determinato gradiente di concentrazione, le molecole gassose attraversano la superficie diffusiva diffondendo verso quella adsorbente lungo un percorso parallelo all'asse della scatola. Le sostanze adsorbibili vengono trattenute da quest'ultima superficie in accordo alla legge di Fick.

Nel caso specifico si farà uso di cartucce da 5,8 mm di diametro in rete di acciaio inossidabile e maglia di 100 mesh, riempite con 530 ± 30 mg di carbone attivo 35-50 mesh. I composti organici volatili saranno captati per adsorbimento, recuperati con solfuro di carbonio e analizzati in gascromatografia capillare con rivelatore FID.

Il limite di rilevabilità in seguito ad esposizione di 7 giorni è, in generale, compreso fra 0,05 e 1 $\mu\text{g}/\text{mc}$, secondo il composto. In ambienti esterni, l'elevato valore della portata equivalente di radiello permette limiti di rilevabilità molto bassi anche per esposizioni relativamente brevi. Ad esempio, è possibile dosare il benzene a concentrazione di 2 $\mu\text{g}/\text{mc}$ con un errore non superiore al 4% in seguito ad esposizione di 8 ore. Il limite si abbassa a 0,1 $\mu\text{g}/\text{mc}$ per esposizione di 7 giorni, considerata la durata di esposizione ottimale: per tale motivo si propone anche all'interno della presente offerta tale esposizione (durata settimanale).

9.6 FREQUENZA E PERIODICITA' DEL MONITORAGGIO

La componente "atmosfera" verrà monitorata nelle fasi di ante operam (AO), di corso d'opera (CO) e di post operam (PO).

- Ante operam, in modo da fornire il quadro sulla qualità dell'aria e sul meteoclima nell'area geografica interessata dai lavori in periodo antecedente all'avvio dei cantieri;
- Corso d'Opera, con lo scopo di consentire il controllo dell'evoluzione degli indicatori di qualità dell'aria e degli indicatori meteoclimatici influenzati dalle attività di cantiere e dalla movimentazione dei materiali.
- Post Operam, in modo da fornire il quadro sulla qualità dell'aria e sul meteoclima nell'area geografica interessata direttamente o indirettamente dall'entrata in esercizio della nuova Linea tramviaria di Firenze.

Con particolare riferimento alla fase di Post Operam, il monitoraggio è finalizzato a valutare la qualità dell'aria una volta entrata in esercizio l'opera di progetto e alla valutazione della variazione, rispetto alla fase ante operam, dell'inquinamento dovuto al traffico veicolare. Non si prevedono infatti impatti negativi a carico della componente atmosfera in fase di esercizio dovuti alla sola opera tramviaria, dato che le opere e i mezzi di locomozione non rappresenteranno sorgenti emmissive.

La durata temporale delle fasi di monitoraggio sarà la seguente:

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

- fase AO: 6 mesi;
- fase CO: durata effettiva delle lavorazioni previste in funzione del cantiere, pari a 22 mesi;
- Fase PO: 6 mesi.

Nella fase di Ante Operam è prevista l'esecuzione di n.2 postazioni di monitoraggio di tipo ATM nei punti individuati, identici per l'Ante Operam, per il Corso d'Opera e per il Post Operam.

Nella fase di Corso d'Opera verranno effettuati inoltre i campionamenti della durata di 14 giorni per la tipologia POL, in ulteriori 4 postazioni di misura.

Le misurazioni ATM e POL saranno effettuate con cadenza trimestrale per tutta la durata delle lavorazioni previste nello specifico cantiere, cercando (laddove possibile) di effettuare il monitoraggio, per ciascun trimestre, in corrispondenza del periodo di maggiore sovrapposizione delle attività di cantiere, come indicato nel cronoprogramma delle lavorazioni, ovvero in corrispondenza delle singole lavorazioni "di massimo impatto" o in caso di necessità su indicazione da parte degli Enti.

Per la localizzazione dei punti di monitoraggio nelle fasi di Ante Operam, Corso d'Opera e Post Operam è stato considerato, come criterio fondamentale, la presenza nelle zone individuate di ricettori, specie se sensibili (che nel caso in esame corrispondono esclusivamente ad edifici quali scuole od università), in prossimità del tracciato.

L'ubicazione dei punti di monitoraggio è riportata all'elaborato FL42-D-M-PA-MT-00-EGG-CO-02-B.

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa dei punti di monitoraggio previsti per il monitoraggio della componente atmosfera:

Denominazione	Localizzazione	Parametri rilevati	Frequenza monitoraggio	Durata campagna di monitoraggio	Fase del monitoraggio
ATM1	Ricettore sensibile 14 Scuola dell'infanzia "Luigi Capuana"	CO, NOx, NO, NO2, PM10, PM2,5, SO2, O3, BTX, meteo + metalli	Trimestrale	15 gg	AO, CO, PO
ATM2	Ricettore sensibile 113 Scuola dell'Infanzia "H.C. Andersen"	CO, NOx, NO, NO2, PM10, PM2,5, SO2, O3, BTX, meteo + metalli	Trimestrale	15 gg	AO, CO, PO
POL1	Ricettore residenziale Via Lazio	PM10, PM2,5, PTS	Trimestrale	14 gg	CO
POL2	Ricettore residenziale Via Pistoiese	PM10, PM2,5, PTS	Trimestrale	14 gg	CO
POL3	Ricettore residenziale Via Pistoiese	PM10, PM2,5, PTS	Trimestrale	14 gg	CO
POL4	Ricettore	PM10, PM2,5, PTS	Trimestrale	14 gg	CO

STUDI PER PROCEDURE PAUR
 PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
 Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Denominazione	Localizzazione	Parametri rilevati	Frequenza monitoraggio	Durata campagna di monitoraggio	Fase del monitoraggio
	residenziale Via Ghirlandaio				
POL5	Ricettore sensibile 14 Scuola dell'infanzia "Luigi Capuana"	PM10, PM2,5, PTS	Trimestrale	14 gg	CO
POL6	Ricettore sensibile 113 Scuola dell'Infanzia "H.C. Andersen"	PM10, PM2,5, PTS	Trimestrale	14 gg	CO
POL7	Deposito dei mezzi/rimessaggio	PM10, PM2,5, PTS	Trimestrale	14 gg	CO

10 COMPONENTE RUMORE

10.1 GENERALITA'

Il controllo del rumore nelle aree interessate dal progetto si configura:

- nella fase di monitoraggio ante operam (AO), come strumento di conoscenza dello stato attuale dell'ambiente finalizzato alla verifica degli attuali livelli di qualità, al rispetto dei limiti normativi e al controllo delle situazioni di eventuale degrado in corrispondenza di aree e punti relativi al tracciato tranviario, alle aree e alle viabilità di cantiere, alle viabilità cittadine maggiormente interessate dalle interazioni cantieri – traffico urbano;
- nella fase di corso d'opera (CO), come strumento operativo di controllo della dinamica degli indicatori di riferimento e dell'efficacia delle opere di mitigazione eventualmente presenti per i cantieri, sia in termini di azioni preventive che di azioni correttive;
- nella fase di post operam (PO) come strumento di effettiva verifica delle prestazioni tecniche di progetto previste per la futura Linea tranviaria, di accertamento del rispetto dei limiti normativi, di verifica degli effetti positivi sul rumore da traffico veicolare prodotti dall'esercizio della nuova infrastruttura e dell'efficacia degli interventi di mitigazione previsti presso taluni ricettori sensibili.

I criteri generali per la scelta delle aree e delle sezioni di monitoraggio si basano sull'individuazione di:

- aree attraversate dall'infrastruttura già ora “sofferenti”;
- aree di massima interazione opera-ambiente, con particolare attenzione agli effetti sinergici determinati da differenti sorgenti di rumore presenti sul territorio;
- principali aree abitate direttamente esposte al rumore dei cantieri;
- ricettori particolarmente vulnerabili (scuole, ospedali, case di cura, ecc.) posti in corrispondenza delle aree di cantiere o lungo le viabilità più impattate dal traffico di cantiere o dagli effetti indiretti dovuti alle interazioni col traffico urbano;
- aree attualmente silenziose per le quali può essere prevista una accentuata dinamica negativa degli indicatori.
- tratti in curva del tracciato limitrofi a ricettori abitativi e/o sensibili.

La principale fase del monitoraggio della componente rumore può senza dubbio considerarsi quella di corso d'opera (CO), dato che proprio nelle fasi di realizzazione dell'opera si verificheranno differenti emissioni di rumore, di tipo continuo (impianti fissi, lavorazioni continue), discontinuo (montaggi, traffico mezzi di trasporto, lavorazioni discontinue) e puntuale. Le principali emissioni dirette e indirette di rumore derivanti dalle attività di corso d'opera (CO) sono attribuibili alle fasi sotto indicate:

- realizzazione del tracciato di progetto;
- esercizio dei cantieri;
- costruzione o adeguamento della viabilità di cantiere;
- movimentazione dei materiali di approvvigionamento ai cantieri;
- movimentazione dei materiali di risulta dalle aree di cantiere;
- attività dei mezzi d'opera nelle aree di deposito;
- esercizio delle aree di deposito.

Al fine di garantire uno svolgimento qualitativamente omogeneo delle misure, la ripetibilità delle stesse e la possibilità di creare un catalogo informatizzato aggiornabile ed integrabile nel tempo, è necessario che le misure vengano svolte con appropriate metodiche.

L'unificazione delle metodiche di monitoraggio e della strumentazione utilizzata per le misure è necessaria per consentire la confrontabilità dei rilievi svolti in tempi diversi, in differenti aree geografiche e ambienti emissivi.

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Le metodiche di monitoraggio e la strumentazione impiegata considerano i riferimenti normativi nazionali e gli standard indicati in sede di unificazione nazionale (norme UNI) ed internazionale (Direttive CEE, norme ISO) e, in assenza di prescrizioni vincolanti, i riferimenti generalmente in uso nella pratica applicativa. Le metodiche di monitoraggio sono inoltre definite in relazione alla variabilità del rumore da caratterizzare e alla attendibilità della stima richiesta nella singola postazione di misura.

10.2 FINALITA' DEL MONITORAGGIO

Il monitoraggio del rumore ha l'obiettivo di controllare l'evolversi della situazione ambientale per la componente in oggetto nel rispetto dei valori imposti dalla normativa vigente.

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

Per la componente specifica, il monitoraggio nella fase Ante Operam (AO) è finalizzato ai seguenti obiettivi:

- fornire un quadro completo, dal punto di vista delle emissioni acustiche, delle caratteristiche dell'ambiente naturale ed antropico prima dell'apertura dei cantieri e della fase di esercizio dell'infrastruttura;
- procedere alla scelta degli indicatori ambientali che possano rappresentare nel modo più significativo possibile (per le opere principali e maggiormente impattanti per la componente in esame) la "situazione zero" a cui riferire l'esito dei successivi rilevamenti fonometrici in corso d'opera;
- consentire una rapida e semplice valutazione degli accertamenti effettuati, al fine di evidenziare specifiche esigenze ambientali.

Le finalità del monitoraggio nella fase di Corso d'Opera (CO) sono le seguenti:

- documentare l'eventuale alterazione, dovuta allo svolgimento delle fasi di realizzazione dell'opera, dei parametri acustici rilevati nello stato Ante Operam;
- individuare eventuali situazioni critiche che si dovessero verificare nella fase di realizzazione delle opere, allo scopo di prevedere delle modifiche alla pianificazione temporale delle attività del cantiere;
- valutare l'efficienza degli interventi di mitigazione previsti e verificare la necessità di ulteriori interventi a priori non prevedibili;
- verificare il disturbo sui ricettori nelle aree limitrofe alle aree di lavoro ed intervenire tempestivamente con misure idonee durante la fase costruttiva;
- verificare gli effettivi livelli acustici determinati (in maniera diretta e indiretta) dai cantieri, anche in relazione ai valori richiesti e/o concessi in deroga.

Il monitoraggio della fase Post Operam (PO) è finalizzato ai seguenti aspetti:

- confrontare gli indicatori di riferimento acustici misurati in Ante Operam con quanto rilevato in corso di normale esercizio dell'opera (Post Operam), al fine di verificare l'effettivo impatto "positivo" determinato sul rumore da traffico urbano dalla realizzazione della nuova Linea tranviaria;
- verificare il rispetto, da parte della nuova infrastruttura, dei limiti acustici ai quali deve sottostare in base alla normativa di settore applicabile;
- controllare l'efficacia degli interventi di mitigazione acustica realizzati.

A tale proposito, i rilevamenti che verranno effettuati consentiranno di quantificare anche l'efficacia delle opere di mitigazione realizzate e che sono state localizzate sulla base di quanto previsto nell'ambito dello studio acustico.

Il monitoraggio in Corso d'Opera viene previsto allo scopo di rilevare i livelli acustici dovuti alle lavorazioni effettuate nella fase di realizzazione della tratta in progetto e individuare eventuali situazioni critiche (superamento dei limiti normativi) che si dovessero verificare nella fase di realizzazione delle opere, allo scopo di prevedere modifiche alla gestione delle attività di cantiere e/o di adeguare la conduzione dei lavori.

Il monitoraggio Post Operam viene previsto allo scopo di verificare gli impatti acustici intervenuti nella fase di esercizio dell'intervento in progetto. A tal proposito verrà previsto un piano di monitoraggio da eseguirsi nella fase di collaudo dell'infrastruttura, nel quale saranno eseguite misure strumentali in alcuni punti collocati presso i ricettori, che permetta la realizzazione di un modello previsionale tarato ed aggiornato alla data di entrata in esercizio della linea tranviaria. I risultati del modello consentiranno di valutare il rispetto dei limiti anche presso tutti gli altri ricettori lungo la linea. A seguito di segnalazioni da parte dei cittadini, i punti di monitoraggio previsti potranno essere incrementati, in corrispondenza delle abitazioni il cui clima acustico potrebbe essere influenzato negativamente dalla nuova linea tranviaria.

Apposite postazioni di misura, come specificato in seguito, saranno inoltre predisposte nei tratti in curva del tracciato significativi, per un'opportuna caratterizzazione del rumore in eccesso in questi tratti peculiari della linea.

Le misure saranno effettuate in facciata dei ricettori e a 1 metro dalla facciata stessa.

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 fungerà anche da sensore di allarme.

Si è quindi previsto di rilevare sia il rumore immesso nell'ambiente direttamente dai cantieri operativi e dal fronte di avanzamento lavori, sia il rumore generato dalle variazioni indotte dalle attività di cantierizzazione sul traffico urbano.

L'impatto acustico della fase di cantiere ha caratteristiche di transitorietà, in alcun modo correlate all'inquinamento da rumore prodotto dalla futura infrastruttura. Nelle aree di cantiere sono inoltre presenti numerose sorgenti di rumore, che possono realizzare sinergie di emissione acustica in corrispondenza del contemporaneo svolgimento di diverse tipologie lavorative.

10.3 DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI E DEI PARAMETRI DI MONITORAGGIO

La valutazione della rumorosità ambientale sarà effettuata rilevando il Livello Equivalente Continuo ponderato A espresso in decibel: Leq (A). Tale livello viene ormai universalmente considerato come quello maggiormente in grado di caratterizzare la valutazione del disturbo indotto dal rumore.

Il Livello Equivalente Continuo è infatti adottato nell'ambito della normativa italiana vigente, nelle raccomandazioni internazionali ISO n.1996 sui disturbi arrecati alle popolazioni, e nelle normative di vari paesi europei.

Dal punto di vista acustico il Leq costituisce un indice dell'effetto globale di disturbo dovuto ad una sequenza di rumore compresa entro un dato intervallo di tempo, consentendo in tal modo di valutare l'energia totale eccitata dal soggetto.

Il Livello Equivalente Continuo è definito attraverso la seguente relazione:

$$Leq = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p_a^2(t)}{p_o^2} dt \right) \text{ dB(A)}$$

dove:

Leq = Livello di pressione acustica equivalente ponderato A, in decibel, determinato per un intervallo di tempo T che inizia all'istante t1 e termina all'istante t2;

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Pa = Pressione acustica efficace del segnale, ponderata secondo il filtro A;

Po = Pressione acustica di riferimento pari a 20 microPascal.

Allo scopo di definire con maggior dettaglio la situazione acustica delle aree di indagine e valutare la variabilità del rumore, si è ritenuto opportuno inserire il rilevamento dei livelli statistici L1, L5, L50, L95 e L99 che rappresentano, rispettivamente, degli indici dei valori di picco e dei valori della rumorosità di fondo.

- L1 Livello di rumore superato per l'1% del tempo;
- L10 Livello di rumore superato per il 10% del tempo;
- L50 Livello di rumore superato per il 50% del tempo;
- L95 Livello di rumore superato per il 95% del tempo;
- L99 Livello di rumore superato per il 99% del tempo.
- Nel corso delle rilevazioni fonometriche saranno inoltre rilevati altri livelli sonori rappresentativi delle caratteristiche del clima acustico dei bacini di indagine, vale a dire:
- Lmin Livello minimo RMS misurato nell'intervallo di tempo;
- Lmax Livello massimo RMS misurato nell'intervallo di tempo.

I principali parametri acquisiti e/o elaborati saranno:

- Andamento temporale del LAeq, con tempo d'integrazione pari a 1 minuto;
- LAeq nel periodo di massimo disturbo;
- LAeq con tempo d'integrazione di un'ora;
- LAeq orario sulle 24 ore;
- Livelli statistici cumulativi L1, L10, L50, L95, L99;
- Lmin, Lmax;
- LAeq sul periodo diurno (06-22);
- LAeq sul periodo notturno (22-06);
- time history delle eccedenze ovvero dei superamenti della soglia posta a 70 dB(A)

da restituirsi in maniera differente a seconda della tipologia di misura eseguita.

L'accordo procedimentale del 1999 prevede inoltre l'individuazione di soglie di attenzione e di intervento in relazione ai dati rilevati dal monitoraggio ambientale. Le soglie di monitoraggio individuate relative alla componente rumore sono descritte nella seguente tabella:

Tipo	Metodo di calcolo	Azioni correttive
Soglia di attenzione	Rumore di cantiere = valore limite normativo o autorizzato in deroga – 2dB	<ul style="list-style-type: none">• Comunicazione all'OA e Supporto tecnico del risultato della misuraRichiesta al Contraente Generale di operare con cautela
Soglia di intervento	Rumore di cantiere = valore limite normativo o autorizzato in deroga	<ul style="list-style-type: none">• entro 3 gg comunicazione all'Osservatorio Ambientale e al Supporto Tecnico dei risultati della misura e delle possibili cause del superamento• Contestuale comunicazione al Contraente Generale con richiesta delle cause e degli interventi da porre in atto per rientrare nei limiti, CG che deve rispondere entro 3 gg.• Entro 3 gg dalla comunicazione all'OA e

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Tipo	Metodo di calcolo	Azioni correttive
		SUT, esecuzione di nuova misura. Se da questa risultano ancora superamenti, l'OA si può riunire in seduta straordinaria per verificare le misure da adottare

Per le lavorazioni in periodo notturno, in corrispondenza degli eventuali superamenti dei limiti normativi, si dovranno interrompere le lavorazioni che determinano tale circostanza; queste lavorazioni potranno quindi riprendere solamente dopo aver individuato gli idonei accorgimenti correttivi per ripristinare il clima acustico a norma di legge. Ciò potrà avvenire, comunque, solamente dopo aver effettuato una misura di collaudo acustico.

Nel caso che dall'esito delle misurazioni emergano superamenti dei limiti normativi (autorizzazione in deroga o DPCM 14/11/97), il soggetto titolare dell'attività di monitoraggio dovrà darne immediata comunicazione agli Enti Pubblici interessati in modo che essi possano intervenire per quanto di loro competenza ad evitare danni ambientali.

Inoltre, al superamento dei limiti previsti in periodo diurno, dovrà essere fornita entro tre giorni dai rilievi una nota informativa con la quale il responsabile dell'attività individua le modalità ed i tempi da lui previsti per rientrare nei termini previsti dai limiti normativi (indirizzata all'Ufficio Ambiente del Comune e all'ARPAT). La ripresa delle lavorazioni dovrà essere preceduta dalle misure di collaudo.

10.4 TIPOLOGIE DI MISURAZIONI

Al fine del raggiungimento degli obiettivi sopra esposti, vengono previste le seguenti postazioni di misura:

- Misure di 24 ore (RUMG), postazioni semi-fisse parzialmente assistite da operatore (ante operam e post operam/collaudo);
- Misure di 7 giorni (RUMS), postazioni fisse non assistite da operatore, per rilievi di traffico veicolare (ante, corso e post operam);
- Misure di 24 ore (RUMC), postazioni semi-fisse parzialmente assistite da operatore, per rilievi delle attività di cantiere (corso d' operam);
- Misure di breve periodo (RUL) postazioni presidiate per controllo periodico rumorosità di cantiere;
- Misure in continuo (RUC), postazioni fisse per rilievo in continuo del rumore di cantiere non assistite da operatore (corso d'opera).

Si descrivono ora nel dettaglio le tipologie di misura previste:

RUMG – misure di 24 ore con postazione semi-fissa

Le postazioni di monitoraggio individuate hanno come finalità quelle di fornire un quadro completo, dal punto di vista delle emissioni acustiche, delle caratteristiche dell'ambiente naturale ed antropico prima dell'apertura dei cantieri e della fase di collaudo ed esercizio dell'infrastruttura e garantire un'opportuna caratterizzazione del rumore in eccesso nei tratti in curva del tracciato; le misure sono inoltre volte a verificare che, una volta entrata in esercizio l'opera tramviaria, l'attivazione degli impianti e dei macchinari previsti, consenta il rispetto dei limiti di rumorosità fissati (DPCM 14/11/97). Le misure di questa tipologia sono quindi previste per le fasi di ante e post operam e, in particolare per quest'ultima fase, costituiscono anche misure di collaudo tese a verificare l'incremento di livello sonoro introdotto dall'attivazione della specifica sorgente in esame ed alla creazione di un modello previsionale tarato ed aggiornato alla data di entrata in esercizio della nuova linea.

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

La tecnica di monitoraggio consiste nella misura in continuo del rumore per 24 ore consecutive. Il rilievo è effettuato con costante di tempo fast, rete di ponderazione A e documentazione grafica del livello di pressione sonora ogni minuto. I parametri acustici rilevati sono i seguenti:

- livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A $L_{Aeq,1min}$;
- il livello massimo con costanti di tempo impulse, fast, slow (L_{AImax} , L_{AFmax} , L_{ASmax});
- i livelli statistici L_1 , L_5 , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{99} ;

Il livello sonoro continuo equivalente di pressione sonora ponderata A nei periodi di riferimento diurno ($6 \div 22h$) e notturno ($22 \div 6h$) è ricavato in laboratorio per mascheramento del dominio temporale esterno al periodo considerato.

RUMS – misure di 7 giorni con postazione fissa

Questa metodica di monitoraggio ha come finalità la determinazione dei livelli di rumorosità prodotti dal traffico veicolare ed evidenziare le eventuali differenze tra il clima acustico dovuto a questo, nella situazione attuale ed in quella futura di esercizio.

La tecnica di monitoraggio consiste nella misura in continuo del rumore per 7 giorni consecutivi. Il rilievo è effettuato con costante di tempo fast, rete di ponderazione A e documentazione grafica del livello di pressione sonora ogni minuto. I parametri acustici rilevati sono i seguenti:

- il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A $L_{Aeq,1min}$;
- il livello massimo con costanti di tempo impulse, fast, slow (L_{AImax} , L_{AFmax} , L_{ASmax});
- i livelli statistici L_1 , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{99} ;
- il livello sonoro continuo equivalente di pressione sonora ponderata A nei periodi di riferimento diurno ($6 \div 22h$) e notturno ($22 \div 6h$) relativamente a ciascun giorno della settimana ed alla settimana stessa (calcolato in fase di analisi).

RUMC – misure di 24 ore con postazione semi-fissa per le attività di cantiere

Le postazioni di monitoraggio individuate hanno come finalità quella di monitorare l'attività di cantiere e la rumorosità da essa indotta, durante l'arco di tutte le 24 ore, e nel momento di maggior sovrapposizione delle lavorazioni previste di cantiere.

La tecnica di monitoraggio consiste nella misura in continuo del rumore per 24 ore consecutive. Il rilievo è effettuato con costante di tempo fast, rete di ponderazione A e documentazione grafica del livello di pressione sonora ogni minuto. I parametri acustici rilevati sono i seguenti:

- livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A $L_{Aeq,1min}$;
- il livello massimo con costanti di tempo impulse, fast, slow (L_{AImax} , L_{AFmax} , L_{ASmax});
- i livelli statistici L_1 , L_5 , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{99} .

Il livello sonoro continuo equivalente di pressione sonora ponderata A nei periodi di riferimento diurno ($6 \div 22h$) e notturno ($22 \div 6h$) è ricavato in laboratorio per mascheramento del dominio temporale esterno al periodo considerato.

RUL – misure di breve periodo per controllo acustico periodico delle lavorazioni di cantiere

La metodica di monitoraggio ha la finalità di caratterizzare le emissioni di rumore delle macchine impegnate nelle lavorazioni lungo il fronte di avanzamento dei lavori e nei cantieri. Sono rappresentate da misure di controllo periodiche, assistite da operatore, e vengono distribuite in modo uniforme lungo tutte le aree di cantiere previste, in modo da monitorare la situazione acustica in facciata dei ricettori più esposti al rumore di cantiere, con particolare attenzione ai ricettori sensibili. In particolare, i dati da acquisire devono consentire una stima del livello di potenza acustica, necessario per le elaborazioni analitiche e devono essere effettuate con l'attenzione di collocare i punti di misura in conformità con le richieste della

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

normativa tecnica di settore per la stima dei livelli di potenza acustica delle macchine (UNI EN ISO 3746:1997, UNI EN ISO 3747:2002, UNI EN ISO 9614-1:1997);

Per ogni sorgente esaminata sono previste misure da 30 minuti fronte scavo, assistite da operatore da eseguirsi ogni 15 giorni per tutta la durata del cantiere.

RUC – misure in continuo con postazione fissa

Questa metodica di monitoraggio in continuo ha come finalità la determinazione dei livelli di rumorosità prodotti dalle attività di cantiere in facciata a recettori particolarmente sensibili e permette di monitorare, prevenire ed intervenire tempestivamente per il rispetto dei limiti previsti dalla deroga acustica durante tutta la fase di corso d'opera.

La tecnica di monitoraggio consiste nella misura di un rilievo acustico da eseguirsi in continuo "real time" mediante una stazione SMART caratterizzata dalla possibilità di invio di alert secondo una specifica procedura per provvedere, immediatamente, all'attivazione di eventuali mitigazioni. Lo strumento è dotato di una batteria tampone per eventuali interruzioni di alimentazione da rete.

Il sistema di monitoraggio e comunicazione dati permette:

- il controllo remoto e lo scarico dati automatizzato via Internet;
- la massima flessibilità di scelta delle modalità di connessione in rete diretta o wireless in relazione alle disponibilità locali;
- l'invio automatico dei file dati e di report grafici completi;
- la connessione remota con controllo diretto dell'unità fonometrica e la sua gestione.

Il rilievo è effettuato con costante di tempo fast, rete di ponderazione A e documentazione grafica del livello di pressione sonora ogni minuto. I parametri acustici rilevati sono i seguenti:

- livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A LAeq,1min
- il livello massimo con costanti di tempo impulse, fast, slow (LAI_{max}, LAF_{max}, LAS_{max})
- i livelli statistici L1, L10, L50, L90, L99.

Il livello sonoro continuo equivalente di pressione sonora ponderata A nei periodi di riferimento diurno (6÷22h) e notturno (22÷6h) relativamente a ciascun giorno della settimana ed alla settimana stessa è calcolato in fase di analisi

10.5 STRUMENTAZIONE DI MISURA

Le caratteristiche specifiche della strumentazione e degli apparati dedicati al suo funzionamento devono essere tali da garantire che la misura avvenga in condizioni ottimali: questo implica, oltre alle richieste di aderenza agli standard come fissato dal legislatore, l'utilizzo di tutti quegli accorgimenti che garantiscano al meglio la continuità delle rilevazioni e il funzionamento completamente automatico della misura.

10.5.1 Fonometri, filtri e microfoni

Per il monitoraggio in oggetto saranno impiegati analizzatori in tempo reale (tipo Larson Davis 831 o similari) dotati di preamplificatore e microfono.

La strumentazione per le misure di rumore deve essere conforme agli standard previsti dal D.M. 16/3/98 per la misura del rumore ambientale; tali standard richiedono una strumentazione di classe 1 con caratteristiche conformi agli standard EN 60651/1994 e EN 60804/1994.

La strumentazione, così come indicato nella normativa vigente, deve essere sottoposta a verifica di taratura in appositi centri specializzati (S.I.T.) almeno una volta ogni due anni. Il risultato della taratura effettuata deve essere validato da un apposito certificato

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Per i monitoraggi non assistiti di lunga durata (o per misurazioni in continuo) il fonometro dovrà essere incluso in box con protezione e con adeguato sistema di alimentazione (alimentazione esterna da rete pubblica o batteria etc) e internamente batterie ricaricabili di backup che consentano di proseguire il monitoraggio anche in caso di momentanea interruzione dell'alimentazione.

Dovrà quindi essere composto da:

- microfono per esterni, fornito di cuffia antivento/antipioggia e di punta antivolatile;
- sistema di alimentazione di lunga autonomia;
- fonometro integratore con elevata capacità di memorizzazione dei dati rilevati, ampia dinamica e possibilità di rilevare gli eventi che eccedono predeterminate soglie di livello e/o di durata;
- box stagno di contenimento della strumentazione;
- un cavalletto o stativo telescopico;
- un cavo di connessione tra il box che contiene la strumentazione e il microfono.

10.5.2 Calibratori

La calibrazione della strumentazione sopra descritta verrà effettuata tramite calibratore di livello acustico (modello Larson Davis o equivalente), così come previsto dal D.M.A. 16/03/1998.

Le rilevazioni dei livelli sonori eseguite saranno valide solo se le due calibrazioni effettuate prima e dopo il ciclo di misura differiscono al massimo di ± 0.5 dB(A).

Oltre alla strumentazione per effettuare i rilievi acustici, è necessario disporre di strumentazione portatile a funzionamento automatico per i rilievi dei seguenti parametri meteorologici:

- velocità e direzione del vento;
- umidità relativa;
- temperatura;
- precipitazioni.

10.6 ARTICOLAZIONE ED ESTENSIONE TEMPORALE DELLE ATTIVITA' DI MONITORAGGIO

Il progetto di monitoraggio utilizza una serie di metodiche di misura standardizzate in grado di garantire la rispondenza agli obiettivi specifici di conoscenza dell'ambiente sonoro ed una elevata ripetibilità delle misure. Le metodiche di monitoraggio utilizzate nelle tre fasi di Ante-Operam, Corso d'Opera e Post-Operam, sono le seguenti:

- Metodica RUMG e RUMC: Misure di 24 ore, postazioni semi-fisse parzialmente assistite da operatore, da effettuarsi nella fase di ante operam (AO) e nella fase di post operam (PO) per le postazioni RUMG e nella fase di corso d'opera (CO) per le RUMC, nelle postazioni scelte e in corrispondenza di ricettori sensibili;
- Metodica RUMS: Misure di 7 giorni, postazioni fisse non assistite da operatore, per rilievi di traffico veicolare, da effettuarsi nella fase di ante operam (AO), corso d'opera (CO) e post operam (PO);
- Metodica RUL: Misure spot da 30 minuti, assistite da operatore, per la caratterizzazione preventiva delle emissioni di rumore delle macchine impegnate nelle lavorazioni lungo il fronte di avanzamento dei lavori e nei cantieri;
- Metodica RUC: Misure in continuo per tutta la durata del cantiere (CO).

10.7 FREQUENZA E PERIODICITA' DI MONITORAGGIO

Le misure del rumore descritte nei precedenti paragrafi saranno eseguite con le frequenze e periodicità in seguito descritte:

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

- RUMG: Saranno eseguite misure della durata di 24 ore, con n. 1 campagna nella fase di AO e con n.1 campagna nella fase di PO. Per i punti denominati da RUMG9 a RUMG16, le misure saranno effettuate solo in fase di PO;
- RUMC: Saranno eseguite misure della durata di 24 ore con n.1 campagna nella fase di CO, ripetute con cadenza mensile;
- RUMS: Il monitoraggio degli impatti indiretti legati alle emissioni acustiche del traffico indotto e/o deviato dalle attività di cantiere verrà eseguito mediante misurazioni settimanali con n.1 campagna nella fase di AO e con n.1 campagna nella fase di PO e con frequenza trimestrale in fase di CO;
- RUL: Saranno eseguite misure di 30 minuti da eseguirsi, in fase CO, ogni 15 giorni per tutta la durata del cantiere;
- RUC: in continuo per tutta la durata del cantiere (CO)

Per la localizzazione dei punti di monitoraggio nelle fasi di Ante Operam, Corso d’Opera e Post Operam, è stato considerato, come criterio fondamentale la presenza, nelle zone individuate, di ricettori, specie se sensibili (ospedali, scuole, università), in prossimità del tracciato. Per le misure spot da realizzarsi durante la fase di cantiere, verrà fatta inoltre attenzione al monitoraggio delle lavorazioni più rumorose e/o della maggior contemporaneità di esse. Ulteriore criterio adottato nella scelta delle postazioni dei punti di monitoraggio deriva dalle risultanze delle simulazioni modellistiche effettuate e dalla determinazione della popolazione esposta al rumore.

L’ubicazione dei punti di monitoraggio è riportata all’elaborato FL42-D-M-PA-MT-00-EGG-CO-02-B.

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa dei punti di monitoraggio previsti per il monitoraggio della componente rumore:

Denominazione	Localizzazione	Frequenza monitoraggio	Durata campagna di monitoraggio	Fase del monitoraggio
RUMG1	Ricettore Via Lazio incrocio via Liguria	1 volta	24 h	AO, PO
RUMG2	Ricettore sensibile 14 Scuola dell’infanzia “Luigi Capuana”	1 volta	24 h	AO, PO
RUMG3	Ricettore presso tratta in curva Via Pistoiese	1 volta	24 h	AO, PO
RUMG4	Ricettore residenziale Via Pistoiese	1 volta	24 h	AO, PO
RUMG5	Ricettore sensibile 113 Scuola dell’Infanzia “H.C. Andersen”	1 volta	24 h	AO, PO
RUMG6	Ricettore sensibile 114 Scuola Primaria “Fra Ristoro”	1 volta	24 h	AO, PO
RUMG7	Ricettore presso tratta in curva Via Ghirlandaio	1 volta	24 h	AO, PO
RUMG8*	Ricettore n. 23	1 volta	24 h	AO, PO
RUMC1	Ricettore presso tratta in curva Via Pistoiese	Mensile	24 h	CO
RUMC2	Ricettore sensibile 113 Scuola dell’Infanzia “H.C. Andersen”	Mensile	24 h	CO
RUMS1	Ricettore Via Lazio incrocio via Liguria	1 volta	7 giorni	AO, PO
RUMS2	Ricettore sensibile 141 142, edifici	1 volta	7 giorni	AO, PO

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Denominazione	Localizzazione	Frequenza monitoraggio	Durata campagna di monitoraggio	Fase del monitoraggio
	residenziali Scuola Media Statale “Giovanni Verga” Scuola primaria “Vamba”			
RUMS3	Edifici residenziali Via Palagetta	1 volta	7 giorni	AO, PO
RUMS4	Edifici residenziali Via dei Manderi	1 volta	7 giorni	AO, PO
RUMS5	Ricettore presso tratta in curva Via Pistoiese	Trimestrale	7 giorni	CO
RUMS6	Ricettore n. 23	Trimestrale	7 giorni	CO
RUL1	Ricettore Via Lazio incrocio via Liguria	15 giorni	30 minuti	CO
RUL2	Ricettore sensibile 14 Scuola dell’infanzia “Luigi Capuana”	15 giorni	30 minuti	CO
RUL3	Ricettore residenziale Via Pistoiese	15 giorni	30 minuti	CO
RUL4	Ricettore residenziale Via Pistoiese	15 giorni	30 minuti	CO
RUL5	Ricettore residenziale Via Mozza	15 giorni	30 minuti	CO
RUL6	Ricettore residenziale Via Neruda	15 giorni	30 minuti	CO
RUL7	Ricettore sensibile 113 Scuola dell’Infanzia “H.C. Andersen”	15 giorni	30 minuti	CO
RUL8	Ricettore sensibile 114 Scuola Primaria “Fra Ristoro”	15 giorni	30 minuti	CO
RUL9	Ricettore residenziale Via Ghirlandaio	15 giorni	30 minuti	CO
RUL10	Ricettore residenziale Via Ghirlandaio	1 volta	24 ore	AO, PO
		15 giorni	30 minuti	CO,
RUC1	Ricettore sensibile 14 Scuola dell’infanzia “Luigi Capuana”	In continuo	In continuo	CO
RUC2	Ricettore sensibile 114 Scuola Primaria “Fra Ristoro”	In continuo	In continuo	CO
RUMG9*	In corrispondenza del punto R.D.1 del previsionale acustico	1 volta	24 ore	PO
RUMG10*	In corrispondenza del punto R.D.2 del previsionale acustico	1 volta	24 ore	PO
RUMG11*	In corrispondenza del punto R.D.3 del previsionale acustico	1 volta	24 ore	PO
RUMG12*	In corrispondenza del punto R.D.4 del previsionale acustico	1 volta	24 ore	PO
RUMG13*	In corrispondenza del punto R.D.5 del previsionale acustico	1 volta	24 ore	PO
RUMG14*	In corrispondenza del punto R.D.6 del previsionale acustico	1 volta	24 ore	PO
RUMG15*	In corrispondenza del punto R.D.7 del previsionale acustico	1 volta	24 ore	PO
RUMG16*	In corrispondenza del punto R.D.8	1 volta	24 ore	PO

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Denominazione	Localizzazione	Frequenza monitoraggio	Durata campagna di monitoraggio	Fase del monitoraggio
	del previsionale acustico			

TABELLA 7 - RIEPILOGO PUNTI DI MONITORAGGIO RUMORE

* Il monitoraggio PO previsto per i recettori da RUMG8 a RUMG16, dovrà prevedere la verifica di conformità del deposito tramviario di progetto ai limiti di cui al DPCM 14 novembre 1997.

I punti di monitoraggio previsti, a seguito di segnalazione da parte dei cittadini, potranno essere incrementati in corrispondenza delle abitazioni il cui clima acustico potrebbe essere influenzato negativamente dalla nuova linea tranviaria.

Ogni postazione di misura sarà individuata in un apposito report nel quale saranno riportati:

- nomenclatura del cantiere per le misure di cantiere;
- individuazione del ricettore;
- risultati delle misurazioni;
- rumore attribuibile alla sola attività di cantiere;
- foto del ricettore e della vista sul cantiere dalla postazione di misura;
- annotazione delle lavorazioni in atto e dei macchinari utilizzati.

Gli esiti delle misurazioni saranno inviati, con cadenza trimestrale, all'Ufficio Ambientale del Comune di Firenze e all'ARPAT, per le valutazioni di merito.

10.8 INTERVENTI DI MITIGAZIONE

In caso di superamento dei limiti applicabili, di significativi peggioramenti del clima acustico rispetto allo stato ante operam o di scostamenti peggiorativi rispetto quanto predetto attraverso il modello previsionale, saranno indicate le azioni/opere di mitigazione da intraprendere. All'interno dei contesti maggiormente urbanizzati (come ad esempio all'interno del centro abitato di Campi Bisenzio), qualora si ravvisi l'assenza di spazi adeguati tra la linea tranviaria e i ricettori collocati a ridosso di questa, non sarà possibile l'inserimento di barriere fonoassorbenti. Nel caso in cui presso i ricettori, sensibili e non sensibili, si evidenzino dei superamenti si propone quindi, a seguito di una indagine fonometrica presso gli stessi al fine di verificare il grado di superamento, di intervenire tramite sistemi di bonifica, da concordare con il sistema di gestione della linea, da applicarsi direttamente sulla sorgente (corpo rotabile), quali ad esempio lubrificazioni ungibordo o sistemi di molatura delle rotaie; nel caso in cui i sistemi di mitigazione sulla sorgente non siano praticabili o non comportino miglioramenti significativi, saranno da prevedersi interventi da eseguire direttamente sugli infissi dei ricettori in modo da garantire all'interno degli edifici il rispetto della classe acustica assegnata. Ad ogni modo verrà valutata ogni volta la possibilità di inserire una barriera fra sorgente e ricettore (sensibile e non sensibile), eventualmente di altezza limitata, a ridosso dell'infrastruttura tramviaria.

In relazione, dunque, ai ricettori in cui potrebbero rilevarsi superamenti e gli spazi risultare adeguati, si ricordano le caratteristiche delle barriere fonoassorbenti. L'obiettivo di uno schermo artificiale è quello di creare una zona dove la pressione acustica è ridotta e dove la zona d'ombra sia la più grande possibile inoltre le onde acustiche riflesse o irradiate direttamente dalla barriera, non devono perturbare questa zona. In ogni caso, considerando le varie limitazioni imposte dalla fisicità del problema, si vede come l'efficacia delle barriere riesca a raggiungere, nelle condizioni più favorevoli valori tra 8 e 12 dB(A), caso in cui il ricettore risulta essere in completa ombra acustica rispetto la sorgente con un evidente incremento di efficacia in presenza di edifici molto vicini alla sede stradale, tranviaria e presso i piani inferiori delle strutture edilizie. L'effetto di una barriera acustica è condizionato dalla minimizzazione dell'energia acustica che, come noto, schematicamente si propaga attraverso:

- l'onda diretta, che, se la barriera non è sufficientemente dimensionata, giunge in corrispondenza del ricettore senza essere condizionata da ostacoli;
- l'onda che giunge al ricettore dopo essere stata diffratta dal bordo superiore della barriera;
- l'onda diffratta dal bordo superiore della barriera, riflessa dal suolo e quindi diretta verso il ricettore;
- l'onda che si riflette tra la barriera e i veicoli;
- l'onda che giunge al ricettore per trasmissione attraverso i pannelli che compongono la barriera;
- l'onda riflessa sulla pavimentazione stradale, diffratta dal bordo superiore della barriera e quindi diretta verso il ricettore;
- l'onda assorbita.

L'effetto protettivo delle barriere è dunque fortemente connesso alla loro altezza, all'altezza dell'edificio che si vuole proteggere e alla posizione relativa rispetto all'asse tramviario. Altrettanto fondamentale è la scelta del materiale, delle caratteristiche acustiche e delle soluzioni costruttive adottate, elementi quest'ultimi che incidono notevolmente anche sui requisiti minimi in ambito della sicurezza (utilizzo di materiali non pericolosi sia in caso di urto che di incendio, realizzati in modo barriere resistenti alla pressione del vento e costruzione delle fondazioni secondo la localizzazione).

11 COMPONENTI VIBRAZIONALI

11.1 GENERALITA'

Il monitoraggio delle vibrazioni ha lo scopo di definire i livelli attuali di vibrazione determinati dalle sorgenti in essere, le condizioni di criticità e la compatibilità con gli standard di riferimento e di seguirne l'evoluzione durante la fase di costruzione in prossimità di ricettori particolarmente sensibili.

Queste verifiche riguardano in generale gli effetti di "annoyance" sulla popolazione e non possono direttamente ricondursi a finalità di accertamento dello stato di conservazione strutturale dei fabbricati e dei monumenti (pur risultando comunque in un certo qual modo indirettamente utili anche a tali fini).

Nel caso specifico, il monitoraggio è limitato alle sole strutture residenziali, produttive e ai ricettori sensibili in quanto si ritiene che l'entità delle vibrazioni prodotte sia nel corso della fase di esercizio dalla tranvia stessa, sia nel corso della fase di cantiere dalle macchine operatrici possano considerarsi di entità tale da non provocare danni ad eventuali infrastrutture (acquedotti, fognature, rete gas, ecc.) che possono interferire ovvero risultare prossime all'opera in oggetto.

11.2 FINALITA' DEL MONITORAGGIO

Il monitoraggio relativo alla componente vibrazioni ha lo scopo di esaminare le eventuali variazioni che intervengono nell'ambiente nel corso della costruzione dell'infrastruttura lineare ed in fase di esercizio per valutare se tali variazioni sono imputabili alla costruzione dell'opera e all'esercizio dell'infrastruttura, al fine di ricercare le azioni correttive che possono ricondurre gli effetti rilevati a dimensioni accettabili. Il monitoraggio dello stato ambientale viene eseguito prima, durante la realizzazione dell'opera e in fase di esercizio della tramvia.

Il progetto di monitoraggio individua i seguenti ambiti di intervento:

- caratterizzazione dei livelli di fondo ambientale nelle aree più significative, attualmente non interessate o scarsamente interessate da sorgenti di vibrazioni, al fine del confronto ante operam/post operam;
- caratterizzazione dei livelli Ante Operam in corrispondenza di punti particolarmente sensibili o prossimi a sorgenti di emissione già operanti (rilevanze architettoniche, storico-culturali, scuole, asili, case di cura, etc.), al fine del confronto ante operam/corso d'opera.
- caratterizzazione dei livelli in corso d'opera in corrispondenza di punti particolarmente sensibili e lungo il fronte avanzamento lavori al fine di verificare i livelli vibrometrici e limitare il disturbo arrecato alla popolazione residente nell'area adiacente le lavorazioni.

Il monitoraggio Ante Operam ha inoltre lo scopo di acquisire le informazioni di base sui ricettori potenzialmente esposti alle vibrazioni e di caratterizzare la vulnerabilità dei manufatti: gli edifici vengono tipizzati ai sensi della UNI 9916 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici" che richiede l'identificazione della categoria di struttura, della classe di fondazione e, infine, del tipo di terreno. 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 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 delle principali opere d'arte e dalle lavorazioni associate;
- consentire un'agevole valutazione degli accertamenti effettuati, al fine di evidenziare specifiche esigenze ambientali ed orientare opportunamente gli interventi di mitigazione previsti.

Il monitoraggio delle vibrazioni in Corso d'Opera ha le seguenti finalità:

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

- documentare l'eventuale alterazione dei livelli vibrometrici 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;
- verificare il rispetto dei limiti normative.

La movimentazione dei materiali di approvvigionamento o di risulta lungo la viabilità di cantiere comporta una emissione di vibrazioni che può risultare significativa solo se localizzata in corrispondenza di edifici residenziali ad elevata densità abitativa e solo se effettuata con mezzi pesanti di dimensioni e caratteristiche non standard.

Il monitoraggio delle vibrazioni nella fase di Post Operam è finalizzato a:

- verificare l'effettivo manifestarsi delle previsioni d'impatto ed il rispetto dei limiti indicati dalla normativa tecnica;
- verificare l'efficacia degli accorgimenti di mitigazione previsti.

11.3 DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI E DEI PARAMETRI DI MONITORAGGIO

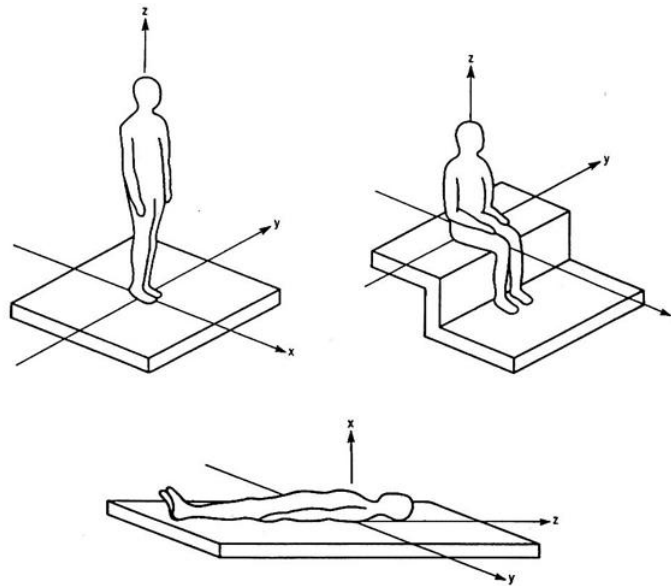
Per disturbo da vibrazione all'interno di edifici, nelle normative specifiche sull'argomento, si intende solo quello conseguente alle sollecitazioni generate nel corpo umano, nelle tre principali direzioni, dalle vibrazioni delle strutture sulle quali il corpo poggia. Non viene considerato pertanto disturbo da vibrazione, la vibrazione acustica che generalmente viene prodotta dalle vibrazioni delle strutture dell'edificio all'interno degli ambienti dello stesso.

La norma UNI 9614 concorda nei contenuti con la ISO 2631-2. Essa considera 3 tipi di vibrazioni:

- di livello costante: quando il livello di accelerazione ponderato in frequenza rilevato con costante di tempo "slow" varia in un intervallo di ampiezza inferiore a 5 dB;
- di livello non costante: quando il livello di accelerazione ponderato in frequenza rilevato con costante di tempo "slow" varia in un intervallo di ampiezza superiore a 5 dB;
- impulsive: quando sono originate da eventi di breve durata costituiti da un rapido innalzamento del livello di accelerazione sino ad un valore massimo seguito da un decadimento che può comportare o meno, a seconda dello smorzamento della struttura, una serie di oscillazioni che tendono ad estinguersi nel tempo.

Si applica a vibrazioni trasmesse da superfici solide lungo gli assi x, y e z per persone in piedi, sedute o coricate.

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali



La gamma di frequenze considerate va da 1 a 80 Hz. La grandezza per caratterizzare l'intensità del fenomeno vibratorio è l'accelerazione che viene espressa in termini di valore efficace (RMS):

$$a_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) \cdot dt}$$

dove:

$a(t)$ = accelerazione in funzione del tempo

T = tempo di integrazione.

La Normativa UNI 9614 permette di caratterizzare la vibrazione anche attraverso l'espressione del livello di accelerazione in dB:

$$L = 20 \cdot \text{Log}_{10} \frac{a}{a_0}$$

dove a il valore efficace RMS dell'accelerazione sul periodo T di misura, e a_0 è il valore dell'accelerazione di riferimento, pari a 10^{-6} m/s^2 (ISO 1683).

L'importanza di tale grandezza è anche dovuta al fatto che essa è proporzionale al contenuto energetico della vibrazione.

Il parametro risulta preferibile alla "velocità efficace" od allo "spostamento efficace" anche perché direttamente misurabile con un accelerometro, e perché la sensibilità del corpo umano è correlata alle accelerazioni.

Ai fini della valutazione del disturbo in un ambiente abitativo di un edificio saranno effettuate rilevazioni su vibrazioni di tipo continuo, senza interruzioni nel periodo diurno, dalle 07.00 alle 22.00 ed in quello notturno dalle 22.00 alle 07.00 misurando le tre componenti (x , y e z), su tre livelli distinti (ovvero su un numero minore nel caso il ricettore non abbia tale caratteristica strutturale) di ciascun edificio.

La norma individua una "soglia di percezione delle vibrazioni" che varia a seconda della frequenza considerata e dell'asse di riferimento, e che può essere sintetizzata nella curva seguente:

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

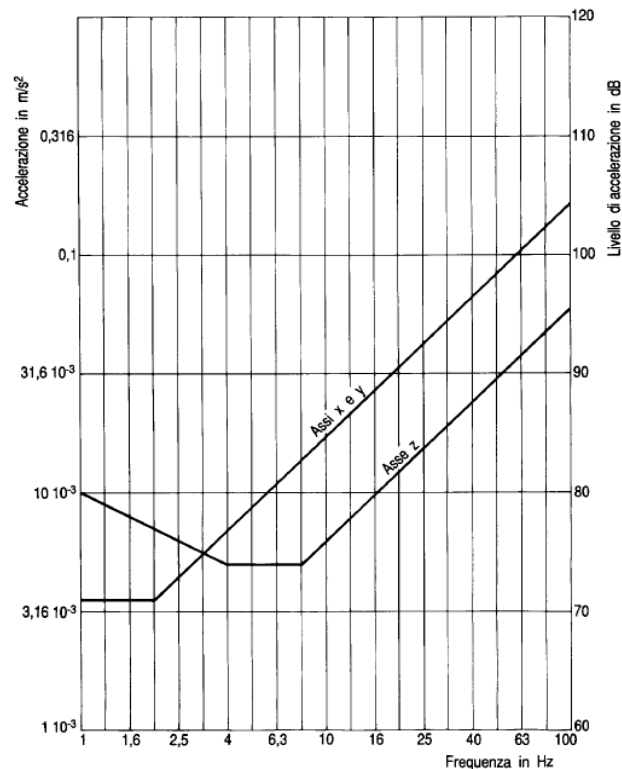


FIGURA 1 - CURVE DI PONDERAZIONE DELLE VIBRAZIONI

Viene anche definita una soglia di percezione cumulativa, da confrontarsi con i valori di accelerazione ponderati in frequenza secondo opportuni filtri di pesatura.

Tale soglia si pone a $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$ (74 dB) per l'asse z e $3,6 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$ (71 dB) per gli assi x e y.

I valori cumulati di accelerazione si calcolano secondo la formula:

$$L_w = 10 \cdot \left(\log_{10} \sum_i 10^{L_{i,w}/10} \right)$$

dove $L_{i,w}$ rappresenta il livello di accelerazione per la banda di frequenza i-esima.

La curva limite per posture non note o variabili tiene conto del fatto che, in alcuni casi (per esempio all'interno di edifici residenziali utilizzati da persone in piedi o coricate in diverse ore del giorno) non è possibile definire un asse specifico di vibrazione. Essa è calcolata a partire dalla relazione:

$$\text{Attenuazione} = 10 \log_{10} (1 + (f/5,6)^2)$$

dove f è la frequenza di banda considerata.

Infine, la norma 9614 definisce i criteri per la scelta della strumentazione di misura, per il confronto con le vibrazioni residue e indica le informazioni da riportare nel resoconto di misura. I criteri per la valutazione del disturbo sono riportati in allegato, e non costituiscono parte integrante della norma. Tuttavia, essendo gli unici parametri di riferimento nell'ambito della normativa italiana, li descriviamo nel seguito. In generale, i quattro parametri fisici per la determinazione del comportamento umano alle vibrazioni sono: l'intensità, la frequenza, la direzione e la durata (tempo di esposizione) delle vibrazioni.

La risposta allo stimolo vibratorio è riferita a tre tipi di reazione soggettiva:

- mantenimento dell'efficienza lavorativa
- conservazione dello stato di salute e sicurezza
- mantenimento del comfort
- per le quali sono stati stabiliti dei limiti di esposizione.

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

I limiti per quanto riguarda la risposta umana alle vibrazioni all'interno di edifici tengono pertanto conto del periodo del giorno, del tipo di vibrazione e distinguono tra i diversi tipi di insediamento. In particolare, la norma differenzia i limiti per le cosiddette aree critiche, identificabili con sale operatorie, laboratori di precisione, locali in cui si svolgono lavori manuali delicati, precisando che la criticità dell'area è limitata al periodo di tempo in cui vi si svolgono le attività sensibili alle vibrazioni.

11.4 TIPOLOGIA DI MISURAZIONI

Il progetto di monitoraggio utilizza una serie di metodiche di misura standardizzate in grado di garantire la rispondenza agli obiettivi specifici dell'indagine ed una elevata ripetibilità.

VIBG – valutazione del disturbo negli edifici

La metodica di monitoraggio ha come finalità la determinazione dell'accelerazione efficace complessiva ponderata secondo la norma UNI 9614 nel dominio di frequenza 1÷80 Hz.

La tecnica di monitoraggio consente di misurare le vibrazioni (continue od intermittenti) immesse negli edifici ad opera di sorgenti di eccitazione, al fine di valutare il disturbo per le persone residenti. La valutazione, ai sensi delle norme UNI 9614 ed ISO 2631-2, si effettua nel luogo, nel momento e nelle condizioni in cui solitamente si manifesta il disturbo. Le suddette procedure non si applicano per la valutazione delle vibrazioni considerate come possibile causa di danni strutturali o architettonici agli edifici.

Le operazioni di monitoraggio avvengono esclusivamente per edifici sedi di attività umana. Gli assi di monitoraggio dei rilievi vibrometrici sono l'asse verticale Z, perpendicolare al pavimento, e l'asse orizzontale X-Y, perpendicolare alla parete del locale più vicina alla sorgente eccitante.

Le misurazioni della tipologia VIBG avranno durata pari a 24 ore e saranno eseguite per i ricettori sensibili dislocati lungo il tracciato tranviario, per la fase di ante e post operam. Le misure di vibrazioni Post Operam dovranno essere effettuate nelle medesime postazioni scelte per l'Ante Operam.

Misurazione delle vibrazioni residue

Prima della misurazione del fenomeno vibratorio oggetto dell'indagine è da eseguirsi la misura delle vibrazioni residue. Esse sono costituite dalla somma di tutti i segnali di qualunque origine con l'eccezione del segnale dovuto alla sorgente esaminata. I parametri di misura sono conformi a quelli riportati al punto successivo.

Misurazione delle vibrazioni oggetto dell'indagine

I rilievi sono effettuati nei locali in assenza degli occupanti al fine di minimizzare il disturbo dovuto alle vibrazioni non afferenti all'indagine in corso. L'operatore deve distare dal trasduttore ad una distanza tale da minimizzare il disturbo e dovrà essere in grado di seguire costantemente l'andamento del segnale sull'analizzatore.

Le operazioni di misura sono precedute da una verifica dell'intensità del segnale in corrispondenza del fenomeno vibratorio in esame ed una regolazione della dinamica dell'analizzatore o del preamplificatore in modo tale da evitare fenomeni di saturazione. Tale fase consente di individuare la tipologia di vibrazione (stazionarie, transitorie, impulsive) e di selezionare la metodologia di misura più idonea (diretta o indiretta). Qualora si verifichi la presenza di fenomeni di tipo impulsivo è da adottarsi esclusivamente la metodologia di misura di tipo indiretto con registrazione del segnale con DAT e successiva analisi in laboratorio.

Nei restanti casi sono ammesse sia la metodologia diretta sia quella indiretta. In tutti i casi le misure sono da eseguirsi in concomitanza con il fenomeno vibratorio e devono avere una durata tale da caratterizzarlo, comunque non inferiore a 60 secondi. Adottando la metodologia diretta i rilievi dovranno essere effettuati in LINEARE, filtri di 1/3 di ottava, costante di integrazione SLOW e scansione temporale di 1 secondo.

Contestualmente alle operazioni di misura devono essere annotati su apposita scheda i dati relativi al ricettore (codice, toponomastica, indirizzo, classificazione UNI 9614), la descrizione delle due postazioni individuate al primo e all'ultimo solaio, l'indicazione per ogni rilievo del codice identificativo, dei riferimenti temporali, dell'asse di misura e di eventuali note. Tale scheda deve essere possibilmente simile a quella utilizzata per la presentazione finale delle analisi dei dati.

I riferimenti temporali annotati sulla scheda devono coincidere con quelli visualizzati sull'analizzatore o sul DAT. A tal fine si raccomanda sempre di controllare all'inizio di ogni ciclo di misure i parametri data e ora memorizzati sulla strumentazione ed eventualmente sincronizzarli con l'orologio dell'operatore.

VIBC – valutazione delle vibrazioni in fase di cantiere

Le misurazioni della tipologia VIBC avranno durata pari a 24 ore e saranno eseguite presso ricettori sensibili dislocati lungo il tracciato tranviario, per la fase di corso d'opera e saranno localizzate nella stessa postazioni di quelle già previste per la fase di ante e post operam al fine di documentare la variazione dei livelli di vibrazione rispetto all'ante operam, verificare il rispetto dei limiti normativi e svolgere un'azione preventiva e di controllo nei casi di superamento degli standard.

Le misure verranno eseguite con cadenza mensile al fine di ottenere un monitoraggio esaustivo di tutti i possibili scenari di lavorazione.

VIL – valutazione del disturbo dovuto alle lavorazioni di cantiere

Le misure delle vibrazioni da eseguirsi contestualmente alle lavorazioni di cantiere andranno effettuate durante le operazioni che si metteranno in atto nei cantieri.

Le postazioni di misura dovranno essere situate sul fronte di avanzamento del cantiere, distribuite in modo uniforme lungo i cantieri della linea ed in prossimità dei ricettori, con particolare attenzione a quelli di tipo sensibile. Come già affermato per la componente rumore, le misure delle vibrazioni dovranno essere effettuate durante le lavorazioni più impattanti e/o durante la maggior contemporaneità delle stesse.

È importante nel caso della componente vibrazioni agire tempestivamente per apportare sostanziali cambiamenti della metodologia di lavorazione per il completamento della lavorazione in atto. Pertanto, è evidente come sia importante in questi casi la tempestività dell'azione di controllo ed intervento.

Molta attenzione dovrà essere posta anche per la realizzazione di opere di linea che saranno compiute vicino alle opere monumentali.

Le misure accelerometriche saranno presidiate, al fine di poter identificare di volta in volta la sorgente impattante ed eventualmente valutare la necessità di adottare opportuni accorgimenti per ridurre al minimo il disturbo da vibrazioni. Tali misure saranno eseguite per ogni scenario di lavorazione.

Nell'individuare le postazioni di misura, si prevedono postazioni all'interno degli ambienti abitativi; si considererà l'altezza dell'edificio, effettuando misure, quando possibile, al piano terra ed al piano più elevato dello stesso, dove si possono manifestare maggiormente gli effetti di disturbo legati alle vibrazioni.

In relazione ai dati rilevati durante il monitoraggio ambientale, si individuano soglie di attenzione e di intervento; in caso di superamento di dette soglie, saranno intraprese idonee azioni o interventi, di seguito riportate.

I valori limite assunti corrispondono ai valori di riferimento della norma UNI 9614:

Tipo	Metodo di calcolo	Azioni correttive
Soglia di attenzione	Vibrazioni cantiere = 75% valore limite per 7 gg consecutivi	<ul style="list-style-type: none">• Comunicazione all'OA e Supporto tecnico del risultato della misura• Comunicazione al Contraente Generale che le attività in

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

		esecuzione producono un livello vibrazionale che tende verso il valore di riferimento
Soglia di intervento	Vibrazioni cantiere = 75% valore limite per 7 gg consecutivi	<ul style="list-style-type: none">• Comunicazione all’OA e Supporto tecnico del risultato della misura• Comunicazione al Contraente Generale che le attività in esecuzione sono prossima al superamento del livello di riferimento e richieste di riesame dei dati pe risolvere le cause del superamento• Verifica della possibilità di rimodulazione dei parametri di gestione della fresa

In caso di superamenti delle soglie, al fine di ridurre l’emissione vibrazionale si prevedono azioni/interventi da attuare, quali la posa di rotaie rivestite da profili in gomma che vengono posizionati mediante portalini e fissate in opera con un getto di bloccaggio.

Il sistema permette, grazie ad una sagoma avvolgente elastomerica con differenti caratteristiche, la riduzione della trasmissione di vibrazioni all'ambiente con un fattore che varia approssimativamente da 7 a 15 dBV a seconda della richiesta.

11.5 STRUMENTAZIONE DI MISURA

La strumentazione utilizzata per le misure di vibrazioni è tipicamente composta da:

- Accelerometri e relativi cavi di connessione alla scheda di acquisizione;
- Cubo in alluminio per misure triassiali;
- Sistema di acquisizione;
- Eventuali strumenti modellistici per l’interpretazione delle misure;
- Un computer portatile.

Le tecniche di montaggio degli accelerometri piezoelettrici devono essere effettuate come previsto dalla norma ISO 5348.

La strumentazione deve rispondere ai requisiti richiesti dalle norme: ISO 8041 e UNI ENV 28041. Queste norme hanno infatti lo scopo di unificare le strumentazioni di misura di vibrazioni per la valutazione del disturbo agli individui in modo che i risultati ottenuti con diverse strumentazioni siano riproducibili e compatibili tra di loro.

In particolare, la linea di misura è costituita da un trasduttore accelerometrico accoppiato ad uno strumento di misura dotato del filtro di ponderazione oppure da un accelerometro e un analizzatore di frequenza in tempo reale a bande di terzo di ottava.

Le caratteristiche dell'accelerometro sono state tali da consentire il rilievo delle vibrazioni ambientali; in particolare il sensore è dotato di una risposta piatta nel campo di frequenza da 0 ad 80 Hz.

Per ogni sensore e per il relativo circuito di condizionamento occorre siano definite e note le caratteristiche prestazionali, in particolare:

- curva di taratura;
- la risposta in frequenza del sistema trasduttore + unità di condizionamento;
- campo di misura;
- sensibilità;
- linearità;
- precisione;
- tensione di alimentazione;

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

- Oltre alle caratteristiche dei sensori, rivestono importanza anche quelle relative all'intera catena di misura, in particolare:
 - le caratteristiche dei cavi;
 - lo schermaggio e la messa a terra;
 - le caratteristiche degli amplificatori e dei filtri (se necessari);
 - la distanza tra i trasduttori e le unità di condizionamento;
 - la protezione delle unità di condizionamento e dei sistemi di acquisizione.

Gli analizzatori di vibrazioni saranno completamente digitali, a 4 canali, in classe 1, con le seguenti principali caratteristiche:

- congruenza alle norme IEC 651, IEC 804 and IEC 61672-1;
- misura simultanea ISO 8041RMS, Peak, Max, Min, MTVV, VDV, Time History;
- range intensità vibrazioni compresa tra 0.003 m/s² e 1000 m/s² (r.m.s.);
- range frequenza misura vibrazioni compresa tra 0.5 Hz e 20 kHz;
- filtri pesatura implementati Vibrazioni: W-Bxy, W-Bz, W-Bc, H-A, Wk, Wc, Wd, Wj (ISO 8041, ISO5349 e ISO2631-1)
- Digital True RMS & RMQ con rilevazione del Peak, risoluzione 0.1 dB, tempo di integrazione programmabile fino a 24 ore con costanti di tempo da 100 ms a 10 s nel modo Vibrometro;
- memoria 32 MB non-volatile (flash type).

La terna di accelerometri per la rilevazione delle accelerazioni sugli assi coordinati sarà costituita da tre accelerometri con sensitività pari a 1025 mV/g.



FIGURA 2 - ESEMPIO DI STAZIONE INTEGRATA RUMORE E VIBRAZIONI IN REMOTO CON CONTROLLO REMOTO

La catena complessiva di misura (trasduttori, apparecchi per il condizionamento del segnale ed il sistema di acquisizione dati) utilizzata sarà corredata da certificato di taratura, non anteriore a 2 anni dalla misura, rilasciato da laboratorio qualificato secondo le norme UNI ISO 5347:1993. Il controllo periodico sarà eseguito presso laboratori accreditati ACCREDIA e avverrà comunque ogni qual volta vi sia un evento traumatico per la strumentazione o la riparazione della stessa. È ammessa la taratura indiretta della strumentazione consistente nel confronto tra le indicazioni del sensore da tarare/calibrare ed un sensore campione munito di certificato SIT. All'inizio e alla fine di ogni rilievo sarà eseguita la calibrazione della catena di misura, utilizzando appositi calibratori tarati. Il modo più comodo per eseguire in campo il controllo periodico della calibrazione consiste nell'impiego di una sorgente di vibrazione calibrata

alimentata a batteria. In caso di utilizzo di un sistema di registrazione e di riproduzione, i segnali di calibrazione saranno registrati

11.6 FREQUENZA E PERIODICITA' DEL MONITORAGGIO

La scelta dei periodi di monitoraggio sarà fatta tenendo in debita considerazione le caratteristiche microclimatiche dell'ambiente di misura. Vista la sensibilità degli accelerometri, variazioni di temperatura e alti valori di umidità relativa possono influire sui risultati in maniera significativa.

Per quanto riguarda la propagazione delle vibrazioni non esiste una vera e propria dipendenza stagionale, se non per la fluttuazione del livello di falda che può determinare variazioni nello spettro di emissione e nell'intensità vibrometrica, e per la variazione di rigidità degli strati superficiali del terreno nei periodi di gelo invernali. È pertanto sconsigliato di procedere alle misure nei periodi in cui le temperature ambientali dovessero scendere sottozero.

Come detto, il monitoraggio verrà articolato nelle tre fasi di Ante-Operam, Corso d'Opera e Post Operam. Per ogni rilievo verrà considerato il periodo di misura, il tempo di misura, la frequenza delle misure e la durata della campagna delle misure. La frequenza e i periodi di misura dovranno essere verificate in corso d'opera in funzione in particolar modo delle fasi di lavorazione e delle attività di cantiere.

Le campagne verranno effettuate nelle 3 fasi di ante operam, corso d'opera e post operam, ed avranno la seguente frequenza:

- VIBG: esecuzione di n.1 campagna di misurazione parzialmente assistite da operatore della durata di 24 h, da eseguirsi in AO e in PO;
- VIBC: esecuzione di n.1 campagna di misurazione parzialmente assistite da operatore della durata di 24 h, da eseguirsi in CO;
- VIL: esecuzione di n.1 campagna di misura presidiata della durata di 30 minuti da eseguirsi ogni 15 giorni durante tutta la fase di cantiere (CO).

Per la localizzazione dei punti di monitoraggio nelle fasi di Ante Operam, Corso d'Opera e Post Operam, è stato considerato, come criterio fondamentale la presenza, nelle zone individuate, di ricettori, specie se sensibili (ospedali, scuole, università), in prossimità del tracciato.

Per le misure da realizzarsi durante la fase di cantiere, verrà fatta inoltre attenzione al monitoraggio delle lavorazioni più rumorose e/o della maggior contemporaneità di esse.

L'ubicazione dei punti di monitoraggio è riportata all'elaborato FL42-D-M-PA-MT-00-EGG-CO-02-B.

I rilievi per ciascuna postazione saranno effettuati alla quota del piano terra e in prossimità del piano più alto dell'edificio (subordinatamente alla disponibilità dei residenti degli edifici interessati).

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa dei punti di monitoraggio previsti per il monitoraggio della componente vibrazioni:

Denominazione	Localizzazione	Frequenza monitoraggio	Durata campagna di monitoraggio	Fase del monitoraggio
VIBG1	Ricettore sensibile 14 Scuola dell'infanzia "Luigi Capuana"	1 volta	24 h	AO, PO
VIBG2	Ricettore residenziale 20 Via Abruzzi	1 volta	24 h	AO, PO
VIBG3	Ricettore residenziale 22	1 volta	24 h	AO, PO
VIBG4	Ricettore sensibile 113 Scuola dell'Infanzia "H.C.Andersen"	1 volta	24 h	AO, PO
VIBG5	Ricettore residenziale 115	1 volta	24 h	AO, PO

Denominazione	Localizzazione	Frequenza monitoraggio	Durata campagna di monitoraggio	Fase del monitoraggio
VIBG6	Ricettore residenziale 116	1 volta	24 h	AO, PO
VIBG7	Ricettore residenziale 119	1 volta	24 h	AO, PO
VIBC1	Ricettore sensibile 14 Scuola dell'infanzia "Luigi Capuana"	Mensile	24 h	CO
VIBC2	Ricettore sensibile 113 Scuola dell'Infanzia "H.C.Andersen",	Mensile	24 h	CO
VIBC3	Ricettore sensibile 114 Scuola Primaria "Fra Ristoro"	Mensile	24 h	CO
VIL1	Ricettore residenziale Via Lazio	15 giorni	30 minuti	CO
VIL2	Ricettore sensibile 14 Scuola dell'infanzia "Luigi Capuana"	15 giorni	30 minuti	CO
VIL3	Ricettore presso tratta in curva Via Pistoiese	15 giorni	30 minuti	CO
VIL4	Ricettore residenziale Via Pistoiese	15 giorni	30 minuti	CO
VIL5	Ricettore residenziale Via Pistoiese	15 giorni	30 minuti	CO
VIL6	Ricettore residenziale Via Mozza	15 giorni	30 minuti	CO
VIL7	Ricettore residenziale Via Neruda	15 giorni	30 minuti	CO
VIL8	Ricettore sensibile 113 Scuola dell'Infanzia "H.C.Andersen"	15 giorni	30 minuti	CO
VIL9	Ricettore sensibile 114 Scuola Primaria "Fra Ristoro"	15 giorni	30 minuti	CO
VIL10	Ricettore residenziale Via Ghirlandaio	15 giorni	30 minuti	CO

TABELLA 8 - RIEPILOGO PUNTI DI MONITORAGGIO VIBRAZIONI

11.7 INTERVENTI DI MITIGAZIONE

A valle della conclusione del monitoraggio ambientale ante operam (AO), si provvederà a determinare, di concerto con ARPA, i valori di soglia di attenzione e di intervento.

Qualora durante il monitoraggio in corso d'opera le misurazioni rilevassero dei superamenti delle soglie, si metteranno in atto delle azioni capaci di ripristinare le normali condizioni ambientali.

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

In generale, l'Appaltatore informerà prontamente la Direzione Lavori ed il Committente dell'anomalia/supero riscontrato, e provvederà a verificare se tale circostanza sia stata generata dalle lavorazioni eseguite, dal mancato rispetto o dall'insufficienza delle mitigazioni ambientali, dandone evidenza scritta in un documento di analisi.

In seguito all'approvazione del Progetto Esecutivo e alla definizione dei valori soglia sarà possibile definire con maggior dettaglio le azioni da mettere in atto in caso di superamento.

I valori soglia critica sono quelli individuati dalla norma tecnica UNI 9614:2017, riportati nella tabella seguente:

Destinazione d'uso	Accelerazione asse X, Y, Z
	m/s^2
Abitazione Notte (22.00 – 7.00)	$3,6 \cdot 10^{-3}$
Abitazione Giorno (7.00 – 22.00)	$7,2 \cdot 10^{-3}$
Luoghi lavorativi	$14,4 \cdot 10^{-3}$
Ospedali, case di cura, ecc	$2 \cdot 10^{-3}$
Asili e case di riposo	$3,6 \cdot 10^{-3}$
Scuole	$5,4 \cdot 10^{-3}$

Ai fini della protezione dei ricettori dall'esposizione alle vibrazioni, le attività di monitoraggio consentono di poter fornire elementi utili per una migliore organizzazione o per l'individuazione dei provvedimenti di mitigazione più opportuni da parte dell'Appaltatore, tra cui:

- l'adozione di macchinari ed impianti a ridotte emissioni e loro periodica manutenzione;
- l'organizzazione delle attività di costruzione (localizzazione degli impianti di cantiere, articolazione delle lavorazioni, modalità realizzative, scelta dei percorsi per il trasporto dei materiali, ecc.),
- l'adozione di opere o misure di mitigazione (ad esempio barriere o dune ai bordi dei cantieri o nell'intorno degli impianti più rumorosi, apparati di segnalazione collegati a rilevatori di vibrazioni, ecc.).
- effettuare controlli preventivi e in corso d'opera, es. controllo delle caratteristiche generali e dei dati di gestione nonché della struttura e delle attività svolte in fase costruttiva. Tale controllo dovrà essere previsto anche per l'ambiente esterno ai cantieri e al fronte di lavoro attraverso il controllo della destinazione dei ricettori identificati come ricettori di attenzione. Al fine di facilitare le suddette verifiche durante le attività di costruzione potranno essere predisposte delle apposite schede di controllo (check list) relativamente alle attività di cantiere e al fronte di avanzamento, che contengano un elenco di dati/parametri da controllare durante le diverse fasi di realizzazione dell'opera. La situazione ambientale è influenzata durante la fase di costruzione da numerosi parametri (numero e tipologia di mezzi, durata attività, risorse impiegate, ecc.). Queste schede dovranno tenerne conto individuando quelli più significativi da tenere sotto controllo per mantenere una visione completa e aggiornata della situazione ambientale nei dintorni delle aree di lavoro;
- adottare regole di buon comportamento tra cui:
 - attrezzature e mezzi dovranno essere utilizzati secondo le istruzioni del costruttore; facendo attenzione a eliminare attriti attraverso operazioni di lubrificazione, sostituire i pezzi usurati e che lascino giochi, serrare le giunzioni, porre attenzione alla bilanciatura delle parti rotanti delle apparecchiature per evitare vibrazioni eccessive, verificare la tenuta dei pannelli di chiusura dei motori;
 - i materiali, quando praticabile, dovranno essere sollevati e non trascinati, appoggiati e non lasciati cadere da altezze eccessive;

- evitare di effettuare trasporti di materiale o comunque carichi potenzialmente rumorosi senza fissarli e/o isolarli adeguatamente;
- evitare frenate ed accelerazioni brusche;
- evitare di scaricare e caricare materiali pesanti in maniera violenta;
- si suggerisce, per i mezzi di trasporto, di cambiare le marce in corrispondenza del numero corretto dei giri del motore;
- si segnala che esistono, inoltre, articoli contenuti nel “Nuovo Codice della Strada” che dettano norme comportamentali generali da rispettare durante la circolazione e che potrebbero costituire un ulteriore riferimento;
- attuare interventi di mitigazione: qualora il rispetto delle regole di comportamento e gli accorgimenti sopra elencati non dovessero essere sufficienti per contenere le vibrazioni, si potrà provvedere a:
 - interrompere le attività maggiormente impattanti e eseguire le stesse in orari più consoni e non contemporaneamente;
 - trovare mezzi e metodologie differenti per eseguire le stesse lavorazioni in modo da impattare meno sull’ambiente circostante.

12 COMPONENTE CAMPI ELETTROMAGNETICI

12.1 GENERALITA' E FINALITA' DEL MONITORAGGIO

All'interno del presente capitolo si riporta la descrizione del piano di monitoraggio relativo alla componente elettromagnetica.

Scopo del presente monitoraggio ambientale è quello di individuare una procedura che permetta di misurare le quantità significative per la protezione delle persone dall'esposizione ai campi elettromagnetici emessi a seguito dell'entrata in esercizio della linea tranviaria.

In particolare, la finalità delle misure dei campi elettromagnetici è quella di tutelare la salute della popolazione che si troverà nell'area di influenza del sistema di alimentazione elettrica della linea.

A tal proposito si prevede di monitorare la componente ambientale in questione nella fase di esercizio dell'opera di progetto, al fine di fornire le informazioni necessarie a verificare il rispetto dei limiti di legge in tutti i punti individuati nel presente piano con la linea in esercizio e nella fase ante operam alla realizzazione della medesima al fine di valutare il contributo dell'impianto realizzato sulla situazione espositiva precedente.

Oggetto del monitoraggio saranno il campo elettrico e il campo magnetico generati dalle tipologie di sorgenti che caratterizzano il sistema di alimentazione, costituite da:

- sistema media tensione costituito da: punti di prelievo dall'ente fornitore, cavi di distribuzione MT e relativi accessori, quadri ed apparecchiature MT;
- sistema di distribuzione BT delle utenze di fermata e deposito;
- sistema di trazione costituito da sottostazioni elettriche e linea di contatto con relativi sezionamenti ed organi di manovra;
- sistema di terra e correnti vaganti in cui vengono attuati i provvedimenti al fine della sicurezza elettrica per le persone e per la mitigazione degli effetti delle correnti vaganti generate dal sistema di trazione.

Il sistema di alimentazione primaria in Media Tensione sarà costituito da N. 4 sottostazioni elettriche disposte lungo il tracciato della linea tranviaria ((SSE Lazio, SSE Castagno, SSE Deposito e SSE Palagetta). In ogni sottostazione tutte le utenze di bassa tensione sono alimentate da un trasformatore MT/BT.

Il Progetto dell'impianto Radio Terra-Treno è composto invece da N. 2 Stazioni radio base (SRB) disposte lungo il tracciato, in corrispondenza della SSE Lazio e SSE Palagetta.

Descrizione funzionale del sistema di alimentazione MT

Il sistema di alimentazione primaria in Media Tensione garantirà la distribuzione di energia elettrica occorrente per la trazione e per i servizi dell'intera linea.

Lo schema di alimentazione in Media Tensione prevede n.1 punto di consegna dalla rete ENEL in media tensione a 15kV, 50 Hz nella SSE Palagetta, stante il fatto che il sistema di alimentazione primaria della Linea 4.2 sarà interconnesso con quello della linea 4.1 in cui sono già previsti n. 2 punti di consegna dalla rete Enel, di cui uno proprio in corrispondenza della SSE del deposito/stazionamento all'estremo della Linea da cui si diparte il prolungamento in oggetto.

Dai punti di fornitura indicati, l'energia sarà distribuita alle altre sottostazioni tramite la linea in media tensione in cavo ad anello aperto che, in prima analisi ed in analogia con le altre Linee del Sistema Tramviario Fiorentino, è stata prevista composta da n. 3 cavi unipolari RG7H1R per media tensione aventi grado di isolamento 12/20 kV e sezione di 300mm².

I cavi di alimentazione in media tensione saranno posati in un cavidotto di adatto diametro, con un percorso parallelo al tracciato tramviario lungo il quale, a distanze opportune, saranno ubicati pozzetti di ispezione e di tiro.

PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Le forniture di energia primaria dell'Ente Distributore saranno derivate da cabine primarie distinte, di modo che anche il "fuori servizio" di una cabina primaria non comporterà alcun disservizio della linea tranviaria: la normale continuità di esercizio sarà garantita infatti dal punto di distribuzione rimasto in servizio. In normali condizioni di funzionamento, i punti di alimentazione della Linea forniranno l'energia occorrente all'intero sistema evitando comunque il parallelo attraverso opportuni interblocchi.

I punti di alimentazione della linea di contatto sono previsti alle progressive seguenti:

- SSE LAZIO km 0+740;
- SSE DEPOSITO km 2+433;
- SSE CASTAGNO km 3+237;
- SSE PALAGETTA km 4+768.

Di seguito la planimetria con l'ubicazione delle SSE nella linea 4.2.

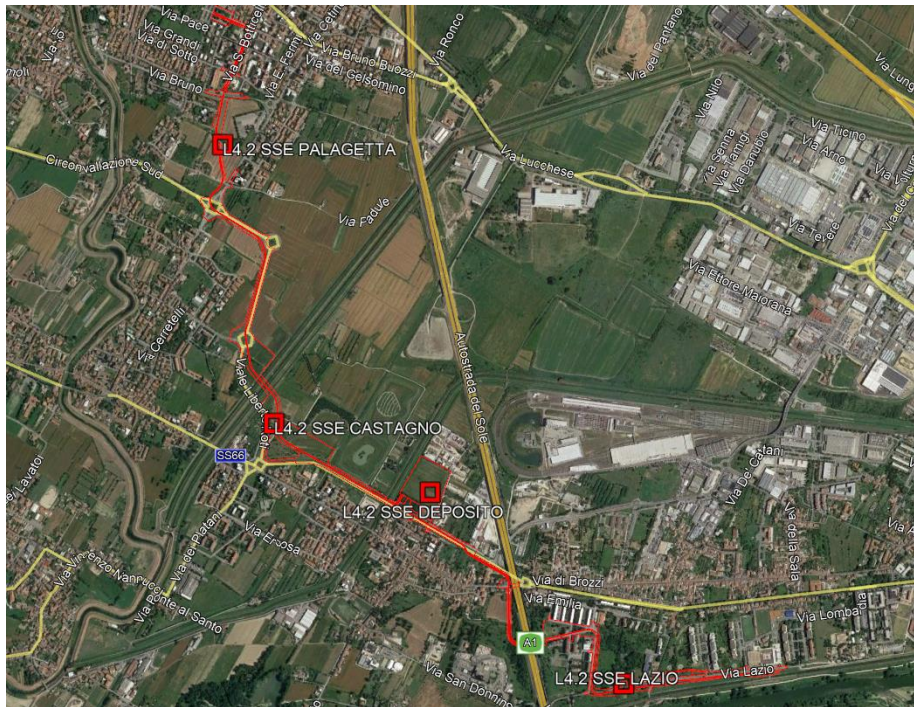


FIGURA 3 - UBICAZIONE DELLE SSE DI PROGETTO

In ciascuna SSE è prevista una potenza installata di 1,5 MW, in grado di garantire il servizio regolare nel periodo di punta con il cadenzamento massimo dei convogli ed il “fuori servizio”, per manutenzione o guasto, di una S.S.E. ogni tre S.S.E. di alimentazione previste per la Linea.

Distribuzione bassa tensione

Con riferimento allo schema di principio della distribuzione di bassa tensione e in analogia alle altre linee tramviarie, le sottostazioni sono inserite in una configurazione MT in grado di garantire un'alta affidabilità e continuità. In ogni sottostazione tutte le utenze di bassa tensione sono alimentate da un trasformatore MT/BT.

La sezione di distribuzione BT è costituita da un quadro di distribuzione generale al quale sono collegati gli impianti BT, sia per la stessa sottostazione, sia quelli relativi alle utenze di linea (QEF Quadri elettrici di fermata).

Gli impianti elettrici luce e F.M. di linea a servizio delle fermate saranno alimentati dalle singole sottostazioni elettriche, localizzate lungo la linea tranviaria, da rete in bassa tensione 380/220 V - 50 Hz.

Le linee elettriche saranno in uscita dal QGBT della S.S.E saranno posate all'interno di polifore interrato, raggiungendo le fermate e attestandosi ad un quadro elettrico di fermata dotato di comandi e protezioni per l'alimentazione dei circuiti e delle utenze della fermata stessa (obliteratrici, distributori biglietti, sistemi di telecomunicazione, impianti d'allarme, apparati IS, sezionatori di linea, predisposizione dell'alimentazione per il riscaldamento scambi, illuminazione esterna generale e d'emergenza).

12.2 DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI E DEI PARAMETRI DI MONITORAGGIO

La misurazione dei livelli di campo elettromagnetico viene effettuata secondo quanto indicato nelle norme CEI 211-6 e 211-7. In conformità a tali norme, nei certificati allegati saranno indicati chiaramente:

- indicazione della grandezza di campo misurata;
- per ogni luogo di misura identificazione della sorgente;
- nominativo del personale che ha eseguito la misura.

La catena di misura per l'alta frequenza, se utilizzata, acquisisce i valori del campo elettrico E_x , E_y e E_z e i valori del campo magnetico B_x , B_y , B_z , relativi alle tre direzioni x, y, z. Per ogni misura lo strumento calcola il modulo della somma vettoriale del campo elettrico E e del campo di induzione magnetica B su tutte e tre le direzioni:

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2} \qquad B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}$$

Per le misure a bassa frequenza (50 Hz) lo strumento, acquisisce i valori dell'induzione magnetica e del campo elettrico su ogni singolo asse.

In particolare, per l'acquisizione dei dati, si è adottata la seguente metodologia:

- la lettura dei livelli è stata effettuata in modalità broadband (vedi descrizione della strumentazione);
- lo strumento di acquisizione è stato collocato su apposito sostegno (cavalletto telescopico) per consentire agli operatori di porsi ad una distanza di almeno due metri dallo strumento.

Di seguito si riportano i riferimenti normativi a cui attingere per la misura dei campi elettromagnetici:

D.L. 18/10/2012, n. 179 Ulteriori misure urgenti per la crescita del Paese convertito con modificazioni dalla L. 17 dicembre 2012, n. 221 e successivamente ulteriormente modificato.

Tra le misure urgenti per la crescita del Paese, il decreto individua all'articolo 14 gli "Interventi per la diffusione delle tecnologie digitali". Tra questi, il comma 8 reca una serie di disposizioni che modificano quanto previsto dal Dpcm 8 luglio 2003 in merito alla misura e alla valutazione dei campi elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz (in seguito riportato):

- a) i valori di attenzione indicati nella tabella 2 all'allegato B del citato decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003 si assumono a titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti anche a lungo termine eventualmente connessi con le esposizioni ai campi generati alle suddette frequenze nei seguenti casi:
 1. all'interno di edifici utilizzati come ambienti abitativi con permanenze continuative non inferiori a quattro ore giornaliere;
 2. solo nel caso di utilizzazione per permanenze non inferiori a quattro ore continuative giornaliere, nelle pertinenze esterne con dimensioni abitabili, come definite nelle Linee Guida di cui alla successiva lettera d), quali balconi, terrazzi e cortili (esclusi i tetti anche in presenza di lucernai ed i lastrici solari con funzione prevalente di copertura, indipendentemente dalla presenza o meno di balaustre o protezioni anti-caduta e di pavimentazione rifinita, di proprietà comune dei condomini); (Numero così modificato dall'art. 6, comma 5, D.L. 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla L. 11 novembre 2014, n. 164.)

- b) nel caso di esposizione a impianti che generano campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici con frequenza compresa tra 100 kHz e 300 GHz, non devono essere superati i limiti di esposizione di cui alla tabella 1 dell'allegato B del citato decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003, intesi come valori efficaci. Tali valori devono essere rilevati ad un'altezza di m. 1,50 sul piano di calpestio e mediati su qualsiasi intervallo di sei minuti. I valori di cui alla lettera a), invece, devono essere rilevati ad un'altezza di m. 1,50 sul piano di calpestio e sono da intendersi come media dei valori nell'arco delle 24 ore;
- c) ai fini della progressiva minimizzazione della esposizione ai campi elettromagnetici, i valori di immissione dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz, calcolati o misurati all'aperto nelle aree intensamente frequentate, non devono superare i valori indicati nella tabella 3 dell'allegato B del citato decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003, detti valori devono essere determinati ad un'altezza di m 1,50 sul piano di calpestio e sono da intendersi come media dei valori nell'arco delle 24 ore;
- d) le tecniche di misurazione e di rilevamento dei livelli di esposizione da adottare sono quelle indicate nella norma CEI 211-7 o specifiche norme emanate successivamente dal CEI. Ai fini della verifica mediante determinazione del mancato superamento del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità si potrà anche fare riferimento, per l'identificazione dei valori mediati nell'arco delle 24 ore, a metodologie di estrapolazione basate sui dati tecnici e storici dell'impianto. Le tecniche di calcolo previsionale da adottare sono quelle indicate nella norma CEI 211-10 o specifiche norme emanate successivamente dal CEI. Ai fini della verifica attraverso stima previsionale del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità, le istanze previste dal decreto legislativo n. 259 del 2003 saranno basate su valori mediati nell'arco delle 24 ore, valutati in base alla riduzione della potenza massima al connettore d'antenna con appositi fattori che tengano conto della variabilità temporale dell'emissione degli impianti nell'arco delle 24 ore.

Decreto Legislativo 13 novembre 2008 "Approvazione del Piano nazionale di ripartizione delle frequenze", G.U. 21 novembre 2008, n. 273.

Lo scopo del presente piano è di stabilire, in ambito nazionale e per il tempo di pace, l'attribuzione ai diversi servizi delle bande di frequenze oggetto del piano, di indicare per ciascun servizio nell'ambito delle singole bande l'autorità governativa preposta alla gestione delle frequenze, nonché le principali utilizzazioni civili.

Nel caso di nuove primarie esigenze civili o militari che non possano essere soddisfatte con le attribuzioni di frequenze previste nel presente piano, o in occasione di eventi eccezionali, specifiche assegnazioni di frequenze in deroga al piano stesso possono essere effettuate tramite particolari accordi tra Ministero dello sviluppo economico-Comunicazioni e Ministero della difesa.

Decreto Legislativo 01/08/2003, n. 259 "Codice delle comunicazioni elettroniche", G.U. 15 settembre 2003, n. 214

Il Codice garantisce i diritti inderogabili di libertà delle persone nell'uso dei mezzi di comunicazione elettronica, nonché il diritto di iniziativa economica ed il suo esercizio in regime di concorrenza, nel settore delle comunicazioni elettroniche. La fornitura di reti e servizi di comunicazione elettronica, che è di preminente interesse generale, è libera e ad essa si applicano le disposizioni del Codice.

Sono fatte salve le limitazioni derivanti da esigenze della difesa e della sicurezza dello Stato, della protezione civile, della salute pubblica e della tutela dell'ambiente e della riservatezza e protezione dei dati personali, poste da specifiche disposizioni di legge o da disposizioni regolamentari di attuazione.

Decreto 29 maggio 2008 Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti"

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Nel documento viene formulata una proposta metodologica che trova applicabilità nel D.P.C.M. 8 luglio 2003 ed ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree ed interrate, esistenti ed in progetto.

Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 8 luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”

Nel presente decreto sono fissati i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti.

	Intensità campo elettrico E (kV/m)	Intensità induzione magnetica B (μT)
Limiti esposizione	5	100
Limiti attenzione	5	10

Nel caso di aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori alle 4 ore giornaliere, gli elettrodotti di nuova costruzione l'induzione magnetica deve rispettare il valore di qualità di **3 μTesla**.

Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 8 luglio 2003 Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz.

Le disposizioni del presente decreto fissano i limiti di esposizione e i valori di attenzione per la prevenzione degli effetti a breve termine e dei possibili effetti a lungo termine nella popolazione dovuti alla esposizione ai campi elettromagnetici generati da sorgenti fisse con frequenza compresa tra 100 kHz e 300 GHz. Il presente decreto fissa inoltre gli obiettivi di qualità, ai fini della progressiva minimizzazione della esposizione ai campi medesimi e l'individuazione delle tecniche di misurazione dei livelli di esposizione. I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità di cui al presente decreto non si applicano ai lavoratori esposti per ragioni professionali oppure per esposizioni a scopo diagnostico o terapeutico.

I limiti e le modalità di applicazione del presente decreto non sono applicabili per gli impianti radar e per gli impianti che per la loro tipologia di funzionamento determinano emissioni pulsate.

Nelle tabelle successive si riportano i limiti fissati dal decreto in oggetto.

Tabella 1	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo Magnetico H (A/m)	Densità di Potenza D (W/m ²)
Limiti di esposizione			
0,1 < f ≤ 3 MHz	60	0,2	-
3 < f ≤ 3000 MHz	20	0,05	1
3 < f ≤ 300 GHz	40	0,01	4

TABELLA 9 - LIMITI DI ESPOSIZIONE

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Tabella 2	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo Magnetico H (A/m)	Densità di Potenza D (W/m ²)
Valori di attenzione			
$0,1 \text{ MHz} < f \leq 300 \text{ GHz}$	6	0,016	0,10 (3 MHz-300 GHz)

TABELLA 10 - VALORI DI ATTENZIONE ALL'INTERNO DI EDIFICI ADIBITI A PERMANENZE NON INFERIORI A QUATTRO ORE GIORNALIERE

Tabella 3	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo Magnetico H (A/m)	Densità di Potenza D (W/m ²)
Obiettivi di qualità			
$0,1 \text{ MHz} < f \leq 300 \text{ GHz}$	6	0,016	0,10 (3 MHz-300 GHz)

TABELLA 11 - OBIETTIVI DI QUALITÀ

Decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, titolo VIII, capo IV “Prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all’esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) con particolare riferimento alle radiazioni da 0 Hz a 300 GHz”.

Il D.Lgs. 81/2008 (Testo Unico) al Capo IV del Titolo VIII stabilisce prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all’esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dall’esposizione ai campi elettromagnetici.

In base alla normativa ogni datore di lavoro deve provvedere alla valutazione del rischio di esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici presenti nella propria azienda. Il D. Lgs. 81/2008 stabilisce prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all’esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici).

Il Capo IV del titolo VIII riguarda i rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori dovuti agli effetti nocivi a breve termine conosciuti nel corpo umano derivanti dalla circolazione di correnti indotte e dall’assorbimento di energia. La direttiva non riguarda gli effetti a lungo termine.

Il limite di azione per l’induzione magnetica alla frequenza di 50 Hz nel caso di esposizione per motivi professionali è pari a 500 uT mentre il limite di azione per il campo elettrico è pari a 10 kV.

Nel titolo VIII, capo IV si riportano le definizioni di valori limite di esposizione e di azione

- valori limite di esposizione

limiti all’esposizione a campi elettromagnetici che sono basati direttamente sugli effetti sulla salute accertati e su considerazioni biologiche. Il rispetto di questi limiti garantisce che i lavoratori esposti ai campi elettromagnetici sono protetti contro tutti gli effetti nocivi per la salute conosciuti.

- valori di azione

l’entità dei parametri direttamente misurabili, espressi in termini di intensità di campo elettrico (E), intensità di campo magnetico (H), induzione magnetica (B) e densità di potenza (S), che determina l’obbligo di adottare una o più delle misure specificate nel presente titolo. Il rispetto di questi valori assicura il rispetto dei pertinenti valori limite di esposizione.

Nelle tabelle successive si riportano i valori limite di esposizione e di attenzione definiti sopra:

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Intervallo di Frequenza	Densità di corrente per corpo e tronco J (mA/m ²) (rms)	SAR mediato sul corpo intero (W/kg)	SAR localizzato (corpo e tronco) (W/kg)	SAR localizzato (arti) (W/kg)	Densità di potenza (W/m ²)
Fino a 1 Hz	40	/	/	/	/
1 - 4 Hz	40/f	/	/	/	/
4 - 1000 Hz	10	/	/	/	/
1000 Hz - 100 kHz	f/100	/	/	/	/
100 kHz - 10 MHz	f/100	0,4	10	20	/
10 MHz - 10 GHz	/	0,4	10	20	/
10 - 300 GHz	/	/	/	/	50

TABELLA 12 - LIMITI DI ESPOSIZIONE

Intervallo di frequenza	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Induzione magnetica B(μT)	Densità di potenza di onda piana Seq (W/m ²)	Corrente di contatto (W/m ²) le (mA)	Corrente indotta attraverso gli arti IL (mA)
0 - 1 Hz	/	1,63 x 10 ⁵	2 x 10 ⁵	/	1,0	/
1 - 8 Hz	20000	1,63 x 10 ⁵ /f ²	2 x 10 ⁵ /f ²	/	1,0	/
8 - 25 Hz	20000	2 x 10 ⁴ /f	2,5 x 10 ⁴ /f	/	1,0	/
0,025 - 0,82 kHz	500/f	20/f	25/f	/	1,0	/
0,82 kHz - 2,5 kHz	610	24,4	30,7	/	1,0	
2,5 - 65 kHz	610	24,4	30,7	/	0,4f	/
65 - 100 kHz	610	1600/f	2000/f	/	0,4/f	/
0,1 - 1 MHz	610	1,6/f	2/f	/	0,4/f	/
1 - 10 MHz	610/f	1,6/f	2/f	/	40	/
10 - 110 MHz	61	0,16	0,2	10	40	100
110 - 400 MHz	61	0,16	0,2	10	/	/
400 - 2000 MHz	3f ^{1/2}	0,008f ^{1/2}	0,01f ^{1/2}	f/40	/	/
2 - 300 GHz	137	0,36	0,45	50	/	/

TABELLA 13 - LIMITI DI AZIONE

Legge quadro 22/02/2001, n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", G.U. 7 marzo 2001, n. 55.

La legge nazionale quadro sull'elettromagnetismo ha l'innegabile pregio di tentare di porre ordine nella variegata situazione italiana, attraverso le definizioni delle competenze di stato, regioni, province e comuni.

Il carattere innovativo della nuova legge sta nel fatto che, accanto al concetto di limite di esposizione inteso come valore che non deve mai essere superato in alcuna condizione di esposizione, vengono introdotti quelli di valore di attenzione e di obiettivo di qualità. Ad essi è attribuito il seguente significato (dalle definizioni riportate nella legge):

- valore di attenzione: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine;
- obiettivi di qualità: sono i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili indicati dalle leggi regionali, i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico definiti dallo Stato ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.

La legge tuttavia non indica direttamente i valori numerici delle quantità suddette ma stabilisce che essi dovranno essere fissati da appositi decreti.

La legge stabilisce inoltre che, entro 10 anni dalla sua entrata in vigore, la rete elettrica esistente dovrà essere risanata, secondo criteri che verranno anch'essi definiti attraverso un apposito decreto, allo scopo di rispettare i limiti di esposizione e i valori di attenzione, nonché di raggiungere gli obiettivi di qualità stabiliti (...).

Più in dettaglio questa normativa ha lo scopo di dettare i principi fondamentali diretti a:

- a) assicurare la tutela della salute dei lavoratori, delle lavoratrici e della popolazione dagli effetti dell'esposizione a determinati livelli di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici ai sensi e nel rispetto dell'articolo 32 della Costituzione;
- b) promuovere la ricerca scientifica per la valutazione degli effetti a lungo termine e attivare misure di cautela da adottare in applicazione del principio di precauzione di cui all'articolo 174, comma 2, del trattato istitutivo dell'Unione Europea;
- c) assicurare la tutela dell'ambiente e del paesaggio e promuovere l'innovazione tecnologica e le azioni di risanamento volte a minimizzare l'intensità e gli effetti dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici secondo le migliori tecnologie disponibili.

In particolare, l'art. 4, Comma 2 afferma che i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità, le tecniche di misurazione e rilevamento dell'inquinamento elettromagnetico e i parametri per la previsione di fasce di rispetto per gli elettrodotti, di cui al comma 1, lettere a), e) e h), sono stabiliti, entro sessanta giorni dalla data di entrata in vigore della presente legge:

- per la popolazione, con decreto del Presidente del Consiglio dei ministri, su proposta del Ministro dell'ambiente, di concerto con il Ministro della sanità, sentiti il Comitato di cui all'articolo 6 e le competenti Commissioni parlamentari, previa intesa in sede di Conferenza unificata di cui all'articolo 8 del decreto legislativo 28 agosto 1997, n. 281, di seguito denominata «Conferenza unificata»;
- per i lavoratori e le lavoratrici, ferme restando le disposizioni previste dal decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626, e successive modificazioni, con decreto del Presidente del Consiglio dei ministri, su proposta del Ministro della sanità, sentiti i Ministri dell'ambiente e del lavoro e della previdenza sociale, il Comitato di cui all'articolo 6 e le competenti Commissioni parlamentari, previa intesa in sede di Conferenza unificata. Il medesimo decreto disciplina, altresì, il regime di sorveglianza medica sulle lavoratrici e sui lavoratori professionalmente esposti.

Norme CEI 211-7

“Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz - 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana”

La guida in oggetto fornisce indicazioni per la scelta della strumentazione e delle modalità di esecuzione delle misure dei campi elettromagnetici ad alta frequenza (10 kHz - 300 GHz), in vista della caratterizzazione dell'esposizione umana. La guida è stata elaborata tenendo conto di una serie di documenti tecnici e normativi disponibili (progetti di norme IEC e CENELEC, norme IEEE, norme nazionali, documenti tecnici aziendali, ecc.) e integra le prescrizioni sulla strumentazione e sulle modalità di misura con altre informazioni ritenute di estrema utilità per l'esecuzione corretta e accurata delle misure. Tali informazioni riguardano essenzialmente:

- le caratteristiche fisiche dei campi;
- i meccanismi di interazione tra i campi elettrici e magnetici e il corpo umano;
- le caratteristiche fondamentali di diversi tipi di sorgente (impianti di telecomunicazione, apparecchiature elettriche ed elettroniche);

i metodi di calcolo dei campi elettromagnetici prodotti da impianti di telecomunicazione.

12.3 SPECIFICHE TECNICHE PER LO SVOLGIMENTO DEL MONITORAGGIO

Vengono previste due tipologie di misure:

- Bassa/media frequenza: le misure di campo elettrico e di campo magnetico saranno costituite da misure dirette di breve durata prolungate per almeno 24 ore;
- Alta frequenza: saranno considerate le medie dei valori misurati nell'arco delle 24 ore.

Le misure saranno comunque condotte per un periodo di tempo sufficiente a stabilizzare il valore medio del campo elettromagnetico misurato.

La sonda EHP50C per le misure del campo elettrico e di induzione magnetica in bassa frequenza sarà connessa allo strumento mediante accoppiamento "a fibra ottica", il misuratore e l'operatore dovranno essere sempre ad opportuna distanza dalla sonda stessa (in modo da realizzare condizioni le più simili possibile a quelle di "campo imperturbato").

La sonda EP330 per la misura del campo elettrico in alta frequenza sarà collegata direttamente allo strumento che durante le misure dovrà essere posizionato sul cavalletto. Dopo l'avvio della misura l'operatore si dovrà portare a debita distanza attendendo la fine del campionamento.

La collocazione dei punti di monitoraggio, come specificato nella tabella riportata al paragrafo 12.5, è correlata alla disposizione delle S.S.E. e delle nuove antenne sistema di comunicazione radio tetra che saranno installate al fine della valutazione del loro impatto.

Procedure di misura per campi elettromagnetici a bassa frequenza

I DPCM 08.07.2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti" stabilisce che:

- il limite di esposizione (100 μ T) si applica a tutte le aree accessibili da parte della popolazione;
- il valore di attenzione (10 μ T), da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore, si applica alle aree gioco per l'infanzia, agli ambienti abitativi, agli ambienti scolastici e ai luoghi adibiti a permanenza non inferiore alle 4 ore giornaliere
- l'obiettivo di qualità (3 μ T), da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore, si applica nella progettazione di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenza non inferiore alle 4 ore giornaliere e nella progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di tali insediamenti.

La verifica che gli elettrodotti generano un campo elettrico ed un campo magnetico che non superano i limiti di legge si effettua mediante rilievi strumentali e/o mediante modellistica al calcolatore.

Per la corretta posizione, il numero ottimale dei punti di misura, nonché per le cautele da osservare durante l'esecuzione delle rilevazioni, verranno seguite le indicazioni riportate all'interno del Decreto 29

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

maggio 2008 “Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica”. In particolare, si prevede quanto segue:

- le tecniche di misurazione adottate saranno quelle indicate dalla norma CEI 211-6 e successivi aggiornamenti;
- il numero e la posizione dei punti di rilievo saranno tali da consentire una corretta caratterizzazione della distribuzione del campo e terranno conto della tipologia e della distanza della sorgente;
- nel caso di campo magnetico uniforme nello spazio, per un'accurata caratterizzazione saranno sufficienti rilievi ad un'altezza compresa tra 100 e 150 cm dal piano di calpestio; nel caso di campo fortemente non omogeneo, saranno eseguiti rilievi anche a quote differenti;
- particolare attenzione sarà dedicata alla valutazione delle destinazioni d'uso dei locali, nonché nelle aree destinate a permanenza prolungata, per individuare i punti di misura più significativi ai fini della stima dell'esposizione umana;
- al fine di evitare interferenze e minimizzare gli effetti dovuti alla disomogeneità del campo magnetico, sarà rispettata una distanza minima di 10 cm tra il sensore e qualunque superficie.

I valori confrontabili con la normativa per la tutela della popolazione generale dai campi magnetici a bassa frequenza saranno il valore istantaneo per il limite di esposizione, la mediana giornaliera per il valore di attenzione e l'obiettivo di qualità nei luoghi dove è prevista la permanenza di persone, pertanto le misure saranno prolungate per un periodo minimo di 24 ore nelle normali condizioni di esercizio. I dati saranno acquisiti con un tempo di campionamento di 1,5 s per le misure istantanee (da effettuarsi all'interno dei monitoraggi delle 24 ore) e 60 s per le misure prolungate giornaliere.

Per le misure istantanee sarà restituito il valore rms fornito dallo strumento. Per le misure prolungate saranno restituiti i valori massimo, minimo, media e mediana dei dati raccolti. Nel caso di misure su uno o, eventualmente, più giorni sarà restituita la mediana giornaliera per ciascun giorno di misure.

L'incertezza strumentale del dispositivo di misura deve essere inferiore al 10%. I livelli di induzione magnetica ottenuti in queste condizioni saranno confrontati direttamente con i valori di riferimento prescritti dalla normativa e sopra riportati.

Procedure di misura per campi elettromagnetici ad alta frequenza

Con riferimento alle misure volte alla verifica della conformità degli impianti e delle apparecchiature ai limiti prescritti dalle legislazioni o dalle norme tecniche, la norma CEI 211-7 precisa alcuni aspetti essenziali relativi all'esecuzione di tali misure.

Le misure di intensità di campo devono essere effettuate negli spazi accessibili ai soggetti potenzialmente esposti, ma sarebbe auspicabile l'assenza degli stessi soggetti: infatti, i limiti di esposizione sono espressi in termini di campi imperturbati, anche se in realtà i campi talvolta possono essere perturbati dalla presenza di persone nell'area di interesse. Si deve considerare una suddivisione dell'area da caratterizzare in parti omogenee (per esposizione alle sorgenti, per popolazione, ecc.) e all'interno di queste si deve eseguire un numero di misure statisticamente significativo, tale da permettere la determinazione delle distribuzioni temporali e spaziali dei campi; tale numero deve essere scelto sulla base della superficie oggetto di indagine e delle persone stabilmente residenti.

I livelli di intensità di campo ottenuti in queste condizioni possono essere confrontati direttamente con i “valori limite” prescritti dalle normative vigenti in materia.

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Tabella 2	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo Magnetico H (A/m)	Densità di Potenza D (W/m ²)
Valori di attenzione 0,1 MHz < f ≤ 300 GHz	6	0,016	0,10 (3 MHz-300 GHz)

TABELLA 14 - TABELLA 2 ALLEGATO B D.P.C.M. 8 LUGLIO 2003

I suddetti valori si assumono a titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti anche a lungo termine eventualmente connessi con le esposizioni ai campi generati alle suddette frequenze nei seguenti casi:

- 1) all'interno di edifici utilizzati come ambienti abitativi con permanenze continuative non inferiori a quattro ore giornaliere;
- 2) solo nel caso di utilizzazione per permanenze non inferiori a quattro ore continuative giornaliere, nelle pertinenze esterne con dimensioni abitabili, quali balconi, terrazzi e cortili (esclusi i tetti anche in presenza di lucernai ed i lastrici solari con funzione prevalente di copertura, indipendentemente dalla presenza o meno di balaustre o protezioni anti-caduta e di pavimentazione rifinita, di proprietà comune dei condomini).

I valori devono essere rilevati ad un'altezza di m 1,50 sul piano di calpestio e sono da intendersi come media dei valori nell'arco delle 24 ore; si precisa che la media in questione è da intendersi come media quadratica dei valori efficaci del campo elettrico.

Nel caso di esposizione a impianti che generano campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici con frequenza compresa tra 100 kHz e 300 GHz, non devono essere superati i limiti di esposizione seguenti, intesi come valori efficaci:

Tabella 1	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo Magnetico H (A/m)	Densità di Potenza D (W/m ²)
Limiti di esposizione			
0,1 < f ≤ 3 MHz	60	0,2	-
3 < f ≤ 3000 MHz	20	0,05	1
3 < f ≤ 300 GHz	40	0,01	4

TABELLA 15 - TABELLA 1 ALLEGATO B D.P.C.M. 8 LUGLIO 2003

Tali valori devono essere rilevati ad un'altezza di m 1,50 sul piano di calpestio e mediati su qualsiasi intervallo di sei minuti.

I livelli di campo da confrontare con gli obiettivi di qualità di cui alla tabella 3 dell'allegato B del DPCM 8 luglio 2003, intesi come valori efficaci, devono essere rilevati alla sola altezza di 1,50 m sul piano di calpestio e sono da intendersi come media dei valori nell'arco delle 24 ore:

Tabella 3	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo Magnetico H (A/m)	Densità di Potenza D (W/m ²)
Obiettivi di qualità 0,1 MHz < f ≤ 300 GHz	6	0,016	0,10 (3 MHz-300 GHz)

TABELLA 16 - TABELLA 3 ALLEGATO B D.P.C.M. 8 LUGLIO 2003

Per effettuare misure di esposizione nell'intervallo 10 kHz – 300 GHz, è necessario adottare vari tipi di strumenti di misura, in relazione alla frequenza dei campi elettromagnetici in esame, alle caratteristiche del campo (campo reattivo o campo radiativo, tipo di polarizzazione, tipo di modulazione) ed al numero di

sorgenti radianti. La caratterizzazione dell'esposizione umana si basa principalmente sulla misura dell'intensità del campo elettrico e/o magnetico e della densità di potenza, ma possono comprendere anche misure e valutazioni delle correnti indotte nel corpo umano. In molte situazioni espositive, come già sottolineato, non esiste un semplice rapporto matematico tra le intensità di campo elettrico e di campo magnetico, e quindi in tali situazioni ciascuna grandezza deve essere misurata separatamente. È necessario conoscere adeguatamente le caratteristiche degli strumenti di misura, in particolare il tipo di sensore utilizzato, la grandezza misurata ed il principio su cui è basata la misura. Si deve considerare qualsiasi effetto sulla misura, provocato da modulazione, armoniche o energia emessa ad altre frequenze. Gli strumenti per la misura delle emissioni nel campo delle radiofrequenze e delle microonde sono sostanzialmente misuratori diretti dei parametri del campo E o H; lo strumento deve essere scelto dopo analisi delle sue caratteristiche e delle sue limitazioni, rispetto alle sorgenti oggetto dell'indagine.

12.4 STRUMENTAZIONE DI MISURA

Le misure di campi elettromagnetici dovranno essere eseguite utilizzando la strumentazione prevista dalle norme tecniche e di seguito descritta. Tutta la strumentazione utilizzata risulta regolarmente tarata e controllata come previsto dalle norme.

Le misure dovranno essere effettuate per mezzo di un misuratore di campo di precisione, omologato e rispondente ai requisiti imposti dalla vigente normativa regionale, nazionale ed europea collegandolo a idonee sonde.

La strumentazione impiegata per il monitoraggio delle sorgenti di campo elettromagnetico al minimo sarà costituita da:

- Misuratore di campi elettromagnetici (p.es. NARDA sts / PMM mod. 8053A);
- Sensore isotropico (p.es. NARDA sts / PMM mod. EP330 per alta frequenza da 0,1MHz a 3000MHz);
- Sensore isotropico (p.es. mod. EHP50C per bassa frequenza da 5Hz a 100KHz);
- Treppiede con prolunga in materiale non conduttivo e prolunga cavo in fibra ottica per interconnessione sonda e misuratore.

L'apparato strumentale a disposizione dovrà garantire nelle migliori condizioni di misura un'incertezza del 10%.

12.5 FREQUENZA E PERIODICITA' DEL MONITORAGGIO

Le misure sono state condotte per un periodo di tempo sufficiente a stabilizzare il valore medio del campo elettromagnetico misurato.

- Bassa/media frequenza: le misure di campo elettrico e di campo magnetico saranno costituite da misure dirette di breve durata prolungate per almeno 24 ore;
- Alta frequenza: saranno considerate le medie dei valori misurati nell'arco delle 24 ore, intese come medie quadratiche dei valori efficaci del campo elettrico.

I punti di monitoraggio della bassa frequenza sono stati individuati in prossimità delle sorgenti emissive di campo magnetico e campo elettrico. Per l'individuazione delle postazioni delle indagini ad alta frequenza sono state individuate le postazioni nei ricettori interessati dal lobo antenna.

Sono state identificate e considerate come sorgenti potenzialmente impattanti i componenti del sistema di alimentazione elettrica della linea, ossia le sottostazioni Elettriche (SSE Campania, SSE Deposito, SSE Castagno e SSE Palagetta) e le stazioni radio base (poste in corrispondenza delle SSE Palagetta e Campania). Inoltre, sono state considerate ulteriori postazioni di indagine presso gli elettrodotti esistenti che interessano porzione della linea tramviaria in corrispondenza delle fermate (F. Nave di Brozzi, F. S. Donnino, Area Verde/Parcheggio Via Abruzzi) e delle opere strutturali (viadotto Fosso Reale e Deposito). Saranno inoltre previste misure lungo i marciapiedi delle fermate e dei quadri di fermata.

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

I punti di monitoraggio sono stati collocati in corrispondenza di recettori abitati ovvero presso luoghi in cui si possa ragionevolmente attendere che individui della popolazione trascorrono una parte significativa della giornata (ambienti abitativi) o limitata a poche ore al giorno (almeno quattro ore al giorno).

Il monitoraggio sarà effettuato nelle fasi di ante e post operam e i risultati delle misure saranno forniti per tutti i punti individuati e riepilogati nella tabella a seguire. Saranno forniti i seguenti dati, per quanto riguarda le misure di campo elettrico:

- data, ora d’inizio e ora di fine del campionamento;
- valori istantanei del campo elettrico misurati con intervallo di campionamento pari ad un minuto;
- valore massimo del campo misurato;
- coordinate Gauss-Boaga di ciascun punto;
- indicazione della sorgente monitorata e del suo regolare funzionamento (post-operam).

Per quanto riguarda invece le misure di campo magnetico, saranno forniti i seguenti dati:

- data, ora d’inizio e ora di fine del campionamento;
- valori istantanei del campo magnetico misurati con intervallo di campionamento pari ad un minuto;
- valore della mediana sulle 24 ore;
- coordinate Gauss-Boaga di ciascun punto;
- indicazione della sorgente monitorata e valore dell’intensità di corrente in transito (post-operam).

L’ubicazione dei punti di monitoraggio è riportata all’elaborato FL42-D-M-PA-MT-00-EGG-CO-02-B.

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa dei punti di monitoraggio previsti per il monitoraggio della componente campi elettromagnetici.

Denominazione	Localizzazione	Frequenza monitoraggio	Durata campagna di monitoraggio	Fase del monitoraggio
CEM1	Fermata Nave di Brozzi, monitoraggio elettrodotto esistente	Bassa/media frequenza	1 volta	AO-PO
	Misure lungo i marciapiedi della fermata		1 volta	PO
CEM2	Presso area con permanenza oltre quattro ore, monitoraggio SSE Lazio	Bassa/media frequenza	1 volta	AO-PO
	Recinzione della SSE		1 volta	PO
CEM3	Monitoraggio elettrodotto esistente	Bassa/media frequenza	1 volta	AO-PO
CEM4	Fermata S. Donnino, monitoraggio elettrodotto esistente	Bassa/media frequenza	1 volta	AO-PO
	Misure lungo i marciapiedi della fermata		1 volta	PO
CEM5	presso area con permanenza oltre quattro ore, monitoraggio Deposito ed elettrodotto esistente	Bassa/media frequenza	1 volta	AO-PO
	Recinzione della SSE		1 volta	PO

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Denominazione	Localizzazione	Frequenza monitoraggio	Durata campagna di monitoraggio	Fase del monitoraggio
CEM6	presso area con permanenza oltre quattro ore, monitoraggio SSE Castagno	Bassa/media frequenza	1 volta	AO-PO
	Recinzione della SSE		1 volta	PO
CEM7	presso Viadotto Fosso Reale, monitoraggio elettrodotto esistente	Bassa/media frequenza	1 volta	AO-PO
CEM8	presso area con permanenza oltre quattro ore, monitoraggio SSE Palagetta	Bassa/media frequenza	1 volta	AO-PO
	Recinzione della SSE		1 volta	PO
CEM9	Ricettore presso Via della Nave di Brozzi, monitoraggio Antenna sistema di comunicazione radio terra presso SSE Lazio	Alta frequenza	1 volta	AO-PO
CEM10	Ricettore presso Via Campania, monitoraggio Antenna sistema di comunicazione radio terra presso SSE Lazio	Alta frequenza	1 volta	AO-PO
CEM11	Ricettore n.94, monitoraggio Antenna sistema di comunicazione radio terra presso via Palagetta	Alta frequenza	1 volta	AO-PO
CEM12	Ricettore presso Via Palagetta, monitoraggio Antenna sistema di comunicazione radio terra presso via Palagetta	Alta frequenza	1 volta	AO-PO
CEM13	Misure lungo i marciapiedi della fermata Campania e ove presente misure in prossimità dei quadri di fermata	Bassa/media frequenza	1 volta	PO
CEM14	Misure lungo i marciapiedi della fermata Abruzzi e ove presente misure in prossimità dei quadri di fermata	Bassa/media frequenza	1 volta	PO
CEM15	Misure lungo i marciapiedi della fermata Pistoiese e ove presente misure in prossimità dei quadri di fermata	Bassa/media frequenza	1 volta	PO
CEM16	Misure lungo i marciapiedi della fermata Castagno e ove presente misure in prossimità dei quadri di fermata	Bassa/media frequenza	1 volta	PO

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Denominazione	Localizzazione	Frequenza monitoraggio	Durata campagna di monitoraggio	Fase del monitoraggio
CEM17	Misure lungo i marciapiedi della fermata Repubblica e ove presente misure in prossimità dei quadri di fermata	Bassa/media frequenza	1 volta	PO
CEM18	Misure lungo i marciapiedi della fermata Racchio e ove presente misure in prossimità dei quadri di fermata	Bassa/media frequenza	1 volta	PO
CEM19	Misure lungo i marciapiedi della fermata Palagetta e ove presente misure in prossimità dei quadri di fermata	Bassa/media frequenza	1 volta	PO
CEM20	Misure lungo i marciapiedi della fermata Giordano Bruno e ove presente misure in prossimità dei quadri di fermata	Bassa/media frequenza	1 volta	PO
CEM21	Misure lungo i marciapiedi della fermata Capolinea Rucellai e ove presente misure in prossimità dei quadri di fermata	Bassa/media frequenza	1 volta	PO

TABELLA 17 - RIEPILOGO PUNTI DI MONITORAGGIO CAMPI ELETTROMAGNETICI

13 COMPONENTE AMBIENTE IDRICO SUPERFICIALE

13.1 GENERALITA' E FINALITA' DEL MONITORAGGIO

La realizzazione del progetto tranviario comporta interferenza diretta con il reticolo idrografico minore; in particolare i canali e i fossi interferiti sono il Canale Macinante, il Fosso Gavine, il Fosso Reale e il Fosso di Prunaia.

Si ritiene necessario il monitoraggio delle acque finalizzato alla verifica dell'assenza di impatti nella fase di Corso d'Opera e a verificare eventuali variazioni sullo stato qualitativo del corpo idrico tra la situazione attuale e quella che si verrà a delineare una volta entrata in esercizio l'opera.

Per definire la caratterizzazione dello stato qualitativo ante operam (AO) e per poter effettuare, in fase di corso d'opera (CO), un esaustivo controllo delle alterazioni quantitative e qualitative delle acque superficiali, i punti di controllo verranno posizionati in modo da monitorare il corpo idrico a monte e a valle di entrambe le interferenze individuate.

Il monitoraggio verrà articolato nelle fasi di Ante Operam, Corso d'Opera e Post Operam.

Il Piano di Monitoraggio Ambientale sarà adeguato sulla base delle rilevazioni che saranno effettuate prima dell'inizio delle lavorazioni, definendo le soglie di attenzione e di emergenza, le procedure di attenzione e la risoluzione delle criticità che emergeranno in seguito alle rilevazioni Ante-operam, per un'adeguata gestione dei possibili peggioramenti e delle criticità attese.

Nello specifico, gli obiettivi riferiti a ciascuna Fase di monitoraggio possono essere così definiti:

- Fase di AO: caratterizzare lo stato attuale della matrice in analisi al fine di poter procedere, successivamente, ad una valutazione di eventuali variazioni dello stato qualitativo della componente a seguito della realizzazione dell'opera, o al suo futuro esercizio, così da ricercare le azioni correttive che potranno ricondurre gli effetti rilevati a dimensioni accettabili;
- Fase di CO: valutare le eventuali variazioni che intervengono nell'ambiente a seguito delle attività di cantierizzazione al fine di ricercare azioni correttive;
- Fase di PO: Evidenziare eventuali alterazioni subite a seguito delle attività effettuate e valutare le eventuali variazioni che intervengono nell'ambiente a seguito dell'operatività dell'infrastruttura al fine di ricercare azioni correttive.

I potenziali impatti sono da ricondursi principalmente alle seguenti pressioni:

- costruzione delle opere in alveo o di aree destinate alla cantierizzazione che, provocando la movimentazione di terra possono indurre un intorbidimento delle acque con conseguente alterazione o sottrazione degli habitat naturali;
- deviazione temporanea dei corsi d'acqua o captazione della risorsa idrica (anche a causa di drenaggi durante le operazioni di scavo) negli attraversamenti o per la costruzione di aree di cantiere, che possono determinare variazioni delle caratteristiche idrologiche;
- scarico di acque reflue di lavorazione, scarico di acque meteoriche, scarico di acque di drenaggio e deflusso delle acque piovane provenienti dalle aree di cantierizzazione, o sversamenti accidentali di sostanze inquinanti lungo le aree interessate dalle attività di costruzione, causa di alterazioni di tipo chimico-fisico e batteriologico.

In tabella sono indicate, in linea generale per le principali azioni di progetto, le potenziali interferenze che potrebbero verificarsi per la matrice idrica superficiale e le azioni di controllo degli impatti. Il criterio di selezione dei punti ha perseguito la finalità di definire, in corrispondenza delle aree di cantiere, sezioni strategiche di controllo lungo il corso d'acqua interferito direttamente, in modo che gli esiti del monitoraggio possano fornire segnalazione sugli effetti provocati da scarichi imprevisti (natura, origine ecc.), attuando tempestivamente tutte le necessarie misure mitigative necessarie.

AZIONI DI PROGETTO	IMPATTI POTENZIALI	AZIONI DI CONTROLLO E MITIGAZIONE
Lavorazioni in alveo	Modifica temporanea del regime del trasporto solido e conseguente aumento della torbidità locale	Sistemi per limitare la produzione e diffusione nell'acqua di materiale solido
Occupazioni di aree, attraversamenti, scavi e drenaggi	Modificazione del reticolo idrografico superficiale	Sistemi per mantenere le caratteristiche idrologiche e morfologiche dell'alveo deviato.
Scarico reflui (acque meteoriche, di drenaggio, di lavorazione, reflui civili)	Rischio inquinamento a causa di eventuali malfunzionamenti dei previsti sistemi di trattamento o pretrattamento	Sistemi di separazione e trattamento al fine di assicurare il rispetto degli standard qualitativi anche nei corpi ricettori Riguardo agli scarichi di acque generati dalle operazioni di cantiere che possono presentare un alto contenuto di solidi sospesi ed oli o idrocarburi, dovranno essere previste apposite vasche in cui il refluo possa essere disoleato e decantato prima che l'acqua reflua venga recapitata al trattamento successivo.
Deflusso acque meteoriche provenienti da aree pavimentate e non pavimentate	Intorbidimento e inquinamento corpi ricettori	Controlli diretti sulla falda sono previsti relativamente all'ambiente idrico sotterraneo. Dovrà prevedersi, ove possibile, il riciclo e riutilizzo delle acque di lavorazione previo trattamento.

13.2 DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI E DEI PARAMETRI DI MONITORAGGIO

Nella presente sezione sono riportati i set di macrodescrittori ed indicatori rappresentativi prescelti ai fini del monitoraggio della singola componente ambientale di riferimento (acque superficiali).

La scelta dei macrodescrittori e degli indicatori risulta correlata, come già anticipato, alla tipologia del corpo idrico potenzialmente interferito, con particolare attenzione al rispetto dell'obiettivo di non deterioramento delle componenti ecosistemiche dello stesso.

Il monitoraggio dell'ambiente idrico superficiale si baserà sull'analisi degli elementi di qualità fisico-chimica "in situ", rilevati direttamente in campo mediante l'utilizzo di apposite sonde multiparametriche, sul prelievo di campioni per le analisi in laboratorio di parametri chimici-batteriologici e sulla valutazione dello stato dell'ittiofauna mediante l'Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche (NISECI).

Parametri chimico-fisici (FIS) in situ

I parametri chimico-fisici potranno fornire un'indicazione generale sullo stato di qualità delle acque del corso d'acqua preesistente l'inizio dei lavori ed in relazione alle problematiche di interferenza con le opere in costruzione. Verranno rilevati i seguenti parametri con le relative metodiche:

Parametri chimico – fisici in situ	UM
------------------------------------	----

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Parametri chimico – fisici in situ	UM
pH	upH
Temperatura dell'acqua	°C
Conducibilità elettrica	μS/cm
Ossigeno disciolto	% saturazione
Ossigeno disciolto	mgO ₂ /l
Potere Red-Ox (NHE)	mV
Torbidità	NTU
Portata	l/s

TABELLA 18 - PARAMETRI CHIMICO – FISICI E CHIMICI IN SITU

Nelle acque superficiali il pH è caratterizzato da variazioni giornaliere e stagionali, ma anche dal rilascio di scarichi di sostanze acide e/o basiche; la conducibilità elettrica specifica esprime il contenuto di sali disciolti ed è strettamente correlata al grado di mineralizzazione e quindi della solubilità delle rocce a contatto con le acque; brusche variazioni di conducibilità possono evidenziare la presenza di inquinamenti.

La concentrazione dell'ossigeno disciolto dipende da diversi fattori naturali, tra i quali la pressione parziale in atmosfera, la temperatura, la salinità, l'azione fotosintetica, le condizioni cinetiche di deflusso. Brusche variazioni di ossigeno disciolto possono essere correlate a scarichi civili, industriali e agricoli. Una carenza di ossigeno indica la presenza di quantità di sostanza organica o di sostanze inorganiche riducenti.

La solubilità dell'ossigeno è in funzione della temperatura e della pressione barometrica; pertanto, i risultati analitici devono essere riferiti al valore di saturazione caratteristico delle condizioni effettive registrate al momento del prelievo. La presenza di organismi fotosintetici: (alghe, periphyton e macrofite acquatiche) influenza il valore di saturazione di ossigeno, comportando potenziali condizioni di ipersaturazione nelle ore diurne e di debito di ossigeno in quelle notturne.

I solidi in sospensione totali sono indicativi, eventualmente in associazione con la torbidità rilevata strumentalmente e con la misura del trasporto solido in sospensione, di potenziali alterazioni riconducibili ad attività dirette di cantiere o a interventi in grado di alterare il regime delle velocità di flusso in alveo o l'erosibilità del suolo (sistemazioni idrauliche, aree di cantiere, di cava o discarica; sistemazioni idrogeologiche, dissesti ecc.). L'entità e la durata di concentrazioni acute di solidi in sospensione hanno ripercussioni sulla qualità degli habitat per macroinvertebrati e fauna ittica.

Parametri chimico-fisici delle acque di laboratorio

Questi daranno indicazione delle eventuali interferenze tra le lavorazioni in atto ed il chimismo dei corsi d'acqua. Verranno analizzati parametri tipicamente legati ai fenomeni di inquinamento da lavorazione con macchine operatrici, sversamenti e scarichi accidentali, getti e opere in calcestruzzo. Si riporta di seguito l'elenco dei parametri oggetto di indagine e delle relative metodiche analitiche.

Parametri chimico – fisici e chimici di laboratorio	Metodica	UM
pH	APAT2060	-
Conducibilità elettrica	APAT2030	μS/cm
Colore	APAT2020	-
Odore	APAT2050	-
Materiali grossolani	DLgs 319 Tab A	

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Parametri chimico – fisici e chimici di laboratorio	Metodica	UM
Solidi Sospesi Totali	APAT2090 B	mg/l
Richiesta biochimica di ossigeno (BOD5)	APAT5120 A – B1	mg/l
Richiesta chimica di ossigeno (COD)	ISO15705	mg/l
Tributilstagno	UNI17353	mg/l
Durezza Totale (da calcolo)	APAT2040 A	mg/l CaCO3
Alluminio	EPA3015EPA6020	mg/l
Arsenico	EPA3015EPA6020	mg/l
Bario	EPA3015EPA6020	mg/l
Boro	EPA3015EPA6020	mg/l
Cadmio	EPA3015A 2007 + EPA6020B 2014	mg/l e µg/l
Cromo totale	EPA3015EPA6020	mg/l
Cromo (VI)	APAT3150 C	mg/l
Ferro	EPA3015EPA6020	mg/l
Manganese	EPA3015EPA6020	mg/l
Mercurio	EPA3015A 2007 + EPA6020B 2014	mg/l e µg/l
Nichel	EPA3015A 2007 + EPA6020B 2014	mg/l e µg/l
Piombo	EPA3015A 2007 + EPA6020B 2014	mg/l e µg/l
Rame	EPA3015EPA6020	mg/l
Selenio	EPA3015EPA6020	mg/l
Stagno	EPA3015EPA6020	mg/l
Zinco	EPA3015EPA6020	mg/l
Cianuri totali (come CN)	APAT4070	mg/l
Cloro attivo libero	APAT4080	mg/l
Solfuri (come H2S)	APAT4160	mg/l
Solfiti	APAT4150 A	mg/l
Solfati	APAT4020	mg/l
Cloruri	APAT4020	mg/l
Fluoruri	APAT4020	mg/l
Fosforo totale (come P)	EPA2007	mg/l
Azoto ammoniacale (come NH4)	APAT4030 B	mg/l
Azoto nitroso (come N)	APAT4020	mg/l
Azoto nitrico (come N)	APAT4020	mg/l
Grassi e oli animali/vegetali (calcolo)	APAT5160 B1 B2	mg/l
Azoto Totale	APAT4060	mg/l
Idrocarburi Totali	APAT5160 B2	mg/l
Fenoli	APAT5070 A1	mg/l
Aldeidi	APAT5010 A	mg/l

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Parametri chimico – fisici e chimici di laboratorio	Metodica	UM
Solventi organici aromatici	EPA5021 8260	mg/l
Solventi organici azotati	EPA5021 8260	mg/l
Tensioattivi totali (da calcolo)	APAT51705180	mg/l
Pesticidi fosforati	EPA3510 3620 8270	mg/l
Solventi clorurati	EPA5021 8260	mg/l

TABELLA 19 - PARAMETRI CHIMICO - FISICI PER LE INDAGINI DI LABORATORIO

Parametri microbiologici delle acque (BIO)

Le analisi microbiologiche daranno indicazione delle eventuali interferenze tra le lavorazioni in atto e la carica batteriologica di “bianco” dei corsi d’acqua. Si riportano di seguito i parametri biologici oggetto di monitoraggio.

Parametri microbiologici	Metodica	UM
Escherichia coli	APAT CNR IRSA 7030 Man 29 2003	UFC/100 ml
Coliformi totali	APAT CNR IRSA 7010 Man 29 2003	Coliformi totali
Streptococchi fecali	APAT CNR IRSA 7040 Man 29 2003	Streptococchi fecali

TABELLA 20 - PARAMETRI MICROBIOLOGICI PER LE INDAGINI DI LABORATORIO

Fauna ittica

La fauna ittica è considerata tra gli elementi biologici di qualità ambientale di cui è richiesta l’analisi per la valutazione dello stato ecologico dei corpi idrici fluviali.

Essa risponde a molteplici fattori, tra i quali le variazioni di qualità delle acque (temperatura, ossigeno, contaminanti, nutrienti...), il regime idrologico, la morfologia dell’alveo, le fluttuazioni di livello. Le popolazioni ittiche rispondono alle pressioni in tempi relativamente lunghi registrando quindi le ripercussioni degli impatti su una scala temporale di maggiore grandezza rispetto agli altri indicatori.

La classificazione basata sulla fauna ittica è realizzata attraverso il Nuovo Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche (NISECI).

Il NISECI utilizza come principali criteri per la valutazione dello stato ecologico di un determinato corso d’acqua la naturalità della comunità ittica (intesa come completezza della composizione in specie indigene attese in relazione al quadro zoogeografico ed ecologico), e la condizione biologica delle popolazioni presenti (quantificata positivamente per le specie indigene attese e negativamente per le aliene), in termini di abbondanza e struttura di popolazione tali da garantire la capacità di autoriprodursi ed avere normali dinamiche ecologico-evolutive. Tali criteri si collegano con le richieste della Direttiva Quadro sulle Acque, 2000/60/CE, ribadite nelle relative norme di recepimento a scala nazionale (D.Lgs 152/06 e s.m.i.), le quali prevedono che per la definizione dello stato ecologico dei corpi idrici fluviali debba essere considerato l’Elemento di Qualità Biologica “fauna ittica”, valutandone composizione, abbondanza e struttura di età.

13.3 MODALITA’ DI MONITORAGGIO E STRUMENTAZIONE DI MISURA

Nella presente sezione sono descritte le **metodiche di campionamento** relative alla matrice Acque superficiali.

Il monitoraggio dovrà prevedere il campionamento del corso d’acqua sul quale dovranno essere applicate metodiche di campo, di laboratorio e le check list di analiti da ricercare.

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Si ricorda che le postazioni su cui sarà eseguito con successo il campionamento (e, quindi, le determinazioni analitiche previste) saranno quelle tali per cui sarà possibile verificare, durante lo svolgimento delle varie campagne, l'adeguatezza del flusso idrico.

Strumentazione per il campionamento in campo

Di seguito sono riportate le strumentazioni principali utilizzate per le operazioni di campionamento della matrice ambientale Acque superficiali, suddivise per tipologia e funzione.

- Prelievo acque superficiali per analisi chimiche e microbiologiche

Per le operazioni di campionamento previste per le acque superficiali dovrà essere utilizzata una metodologia del campionamento puntuale, per immersione diretta all'interno del corso d'acqua di un contenitore di volume adeguato, e successiva suddivisione del quantitativo prelevato nelle differenti aliquote necessarie per le varie determinazioni previste.

- Determinazione dei parametri macrodescrittori: sonde multiparametriche/multimetri

Le sonde multiparametriche sono strumenti utilizzati per l'esecuzione di misure in campo dei principali parametri chimico-fisici delle acque sia superficiali che di falda; tali strumenti, adeguatamente predisposti ed accessoriati, diventano adatti anche per l'impiego in ambienti particolarmente aggressivi (es: ampio range di escursione acido/basico, acque dolci e acque marine, etc.) o di difficile accesso (piezometri piccolo diametro, comunque non minore di 2", piezometri profondi, aree poco accessibili, etc.).

Ogni sonda è dotata di memoria interna in grado di registrare automaticamente le misure fatte a intervalli regolari impostabili dall'utente così da poter ottenere un monitoraggio in continuo delle condizioni fisico-chimiche dell'acqua; è inoltre posizionabile direttamente nel punto di monitoraggio con la possibilità di collegamento diretto al computer per una diretta acquisizione dei dati acquisiti senza pertanto dover necessariamente interrompere la fase di acquisizione o modificare il posizionamento. La sonda è dotata di sistema di autocompensazione delle variazioni di pressione barometrica.

La sonda è solitamente attrezzata con sensori per la misura dei parametri di:

- Temperatura;
- Ph;
- Conducibilità;
- Potenziale Redox.

Il gruppo di sensori può essere inoltre integrato per la misura di:

- Torbidità;
- Ossigeno disciolto

Per l'acquisizione dei dati viene usato un computer palmare realizzato per l'impiego in campo e pertanto resistente a spruzzi e urti accidentali. I dati sono acquisiti con programma dedicato che ne permette una immediata visualizzazione in diagrammi o tabulati e ne consente altresì il trasferimento in memoria. Una successiva elaborazione restituisce i dati in tabulati informatici di formato accessibile ai più diffusi programmi di calcolo.

Il multimetro, analogamente alle sonde multiparametriche sopra descritte, è uno strumento utilizzato per l'esecuzione di misure in campo dei principali parametri chimico-fisici delle acque sia superficiali che di falda.

È costituito da un supporto in materiale plastico su cui possono essere montati i singoli sensori per la determinazione di pH, temperatura, conducibilità, potenziale redox, ossigeno disciolto e torbidità. I sensori sono poi collegati mediante un cavo al pc palmare, su cui compaiono in continuo le letture dei singoli sensori.

Modalità di campionamento dei parametri chimico-fisici e microbiologici

La metodologia che dovrà essere scelta per il campionamento, come anticipato precedentemente, è quella del campionamento "istantaneo", ossia il prelievo di un singolo campione in un'unica soluzione in un punto

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

determinato ed in un tempo molto breve. Tale metodologia è da considerarsi rappresentativa delle condizioni presenti all'atto del prelievo e può essere ritenuta significativa per il controllo delle escursioni dei valori di parametri in esame nel caso di analisi lungo i vari corsi d'acqua.

Dal punto di vista operativo, ogni campione di acque superficiali sarà prelevato dal corso d'acqua mediante immersione diretta di apposito campionatore manuale (contenitore) in un punto in cui è presente un flusso di corrente apprezzabile, in modo tale da evitare anomalie dovute a campionamento di acque ferme e/o stagnanti (in prossimità di sponde e/o strozzature/allargamenti o comunque singolarità nel profilo delle sponde).

Di seguito si riportano gli step operativi da seguire durante la fase di campo:

- posizionamento sul punto previsto per il campionamento;
- verifica di presenza di battente idraulico/flusso apprezzabile;
- campionamento diretto mediante immersione di campionatore manuale;
- formazione delle varie aliquote in funzione dei parametri da ricercare;
- conservazione dei campioni in idonei contenitori di vetro e polietilene in relazione ai contaminanti da ricercare;
- trasporto dei campioni presso il laboratorio, all'interno di un contenitore refrigerato entro tempi brevi dal prelievo dello stesso per limitare eventuali perdite, per volatilizzazione, degli elementi più volatili.

Al fine del riconoscimento, tutti i campioni saranno etichettati e siglati.

Le **metodiche di campionamento** utilizzate dovranno essere rispondenti alle metodiche:

- APAT CNR-IRSA 1030/2003;
- Allegati al D.M. 260/2010 e s.m.i.;
- Allegati al D.Lgs. 152/06 e s.m.i.

Indice NISECI

I valori di stato ecologico, ai sensi della normativa europea, devono essere espressi sotto forma di Rapporto di Qualità Ecologica (RQE), ovvero il rapporto tra lo stato della comunità ittica osservata e quello della corrispondente comunità di riferimento; verranno calcolati i valori soglia di NISECI in modo da definire intervalli RQE di uguale ampiezza per ciascuna delle 5 classi previste. La relazione tra NISECI e RQENISECI è stata ottenuta tramite simulazione di 21000 casi, nel corso della quale le 3 metriche dell'indice sono state fatte variare da 0 a 1 per incrementi di 0.1:

$$RQE_{NISECI} = (\log NISECI + 1.1283) / 1.0603$$

Poiché la classificazione dello stato ecologico deve essere espressa in 5 classi, sono stati calcolati i valori soglia di NISECI in modo da definire intervalli RQE di uguale ampiezza per ciascuna classe:

Stato ecologico	Valori soglia NISECI	Valori soglia RQE
Elevato	$0.525 \leq NISECI$	$0.80 \leq RQE_{NISECI}$
Buono	$0.322 \leq NISECI_1 < 0.525$	$0.60 \leq RQE_{NISECI} < 0.80$
Moderato	$0.198 \leq NISECI < 0.322$	$0.40 \leq RQE_{NISECI} < 0.60$
Scadente	$0.121 \leq NISECI < 0.198$	$0.20 \leq RQE_{NISECI} < 0.40$
Cattivo	$NISECI < 0.121$	$RQE_{NISECI} < 0.20$

Attività di campo

Le attività di misura e campionamento, in particolare quelle di carattere biologico, dovranno evitare il campionamento nei periodi di forte siccità o di intense piogge o periodi ad essi successivi.

Per la componente acque superficiali l'attività di misura in campo consiste preliminarmente nella verifica delle corrette condizioni per il rilievo rispetto alle lavorazioni in corso; tale attività risulta fondamentale in

particolare nella fase di CO in modo da correlare l'attività di prelievo con le effettive lavorazioni in corso al momento della misura.

Pertanto, si possono presentare due casi:

- il rilievo non può avere luogo: in tal caso si possono verificare due sottocasi:
 - a) si sono verificate alterazioni significative delle condizioni iniziali in prossimità del punto di monitoraggio. In questo caso si potrà valutare l'opportunità di procedere alla rilocalizzazione della sezione di monitoraggio, con definizione di un nuovo punto di monitoraggio in luogo del precedente;
 - b) non sono in corso le attività di costruzione al momento del monitoraggio: si potrà riprogrammare l'attività in nuova data.
- il rilievo può avere luogo: qualora sia svolta l'attività di misura sarà compilata la scheda di misura con le seguenti informazioni:
 - a) descrizione delle attività di costruzione in corso;
 - b) posizione rispetto la potenziale interferenza, sia essa di fronte avanzamento lavori sia di cantiere;
 - c) stazione di prelievo con le informazioni necessarie per una corretta interpretazione dei dati derivanti dalle analisi di laboratorio;
 - d) rilievo dei parametri in situ: saranno acquisiti i parametri descritti nell'apposita sezione;
 - e) descrizione delle modalità di campionamento per tutti i parametri rilevati.

13.4 FREQUENZA, LOCALIZZAZIONE E PERIODICITA' DEL MONITORAGGIO

L'ubicazione dei punti di monitoraggio passa attraverso la definizione del corpo idrico di cui si ritiene necessario il controllo; come evidenziato anche in precedenza, i punti di monitoraggio sono stati quindi localizzati a monte e a valle del tratto del corso d'acqua interferito dalle lavorazioni di progetto.

L'ubicazione dei punti di monitoraggio è riportata all'elaborato FL42-D-M-PA-MT-00-EGG-CO-02-B.

Il monitoraggio delle acque superficiali interesserà la fase di Ante Operam, Corso d'Opera e post Operam. In considerazione della sensibile fluttuazione stagionale dei parametri da ricercare, il monitoraggio delle acque superficiali dovrà avere, per la fase di corso d'opera, una durata minima tale da poter coprire 4 differenti stagioni.

La periodicità del monitoraggio è prevista con frequenza trimestrale. Per la fauna ittica si prevede l'esecuzione di un monitoraggio con frequenza semestrale (2 volte/anno) esclusivamente sul Fosso Reale.

Per quanto riguarda in particolare il monitoraggio CO, la componente ambientale verrà monitorata per il tempo di attivazione del cantiere limitrofo al corso d'acqua interferito.

Nelle fasi di maggiore interferenza con i corsi d'acqua, si prevede il monitoraggio mensile dei parametri chimico-fisici in situ e dei parametri di laboratorio. In merito ai punti di monitoraggio previsti sul Fosse Reale, nella fase di corso d'opera è previsto il monitoraggio in continuo dei parametri chimico-fisici in situ.

Si riporta in seguito una tabella riepilogativa dei punti di monitoraggio previsti sul corpo idrico superficiale oggetto del monitoraggio:

Denominazione	Localizzazione punto di monitoraggio	Parametri di monitoraggio	Frequenza monitoraggio		
			AO	CO	PO
ASUP1	Canale Macinante – Monte	Parametri chimico-fisici di laboratorio e microbiologici	Trimestrale (2 volte)	Mensile per la durata delle lavorazioni (stimato 3 mesi)	Trimestrale (2 volte)

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Denominazione	Localizzazione punto di monitoraggio	Parametri di monitoraggio	Frequenza monitoraggio		
			AO	CO	PO
		Parametri chimico-fisici in situ	Trimestrale (2 volte)	In continuo per la durata delle lavorazioni (stimato 3 mesi)	Trimestrale (2 volte)
ASUP2	Canale Macinante – Valle	Parametri chimico-fisici di laboratorio e microbiologici	Trimestrale (2 volte)	Mensile per la durata delle lavorazioni (stimato 3 mesi)	Trimestrale (2 volte)
		Parametri chimico-fisici in situ	Trimestrale (2 volte)	In continuo per la durata delle lavorazioni (stimato 3 mesi)	Trimestrale (2 volte)
ASUP3	Fosso Gavine – Monte	Parametri chimico-fisici di laboratorio e microbiologici	Trimestrale (2 volte)	Mensile per la durata delle lavorazioni (stimato 3 mesi)	Trimestrale (2 volte)
		Parametri chimico-fisici in situ	Trimestrale (2 volte)	In continuo per la durata delle lavorazioni (stimato 3 mesi)	Trimestrale (2 volte)
ASUP4	Fosso Gavine – Valle	Parametri chimico-fisici di laboratorio e microbiologici	Trimestrale (2 volte)	Mensile per la durata delle lavorazioni (stimato 3 mesi)	Trimestrale (2 volte)
		Parametri chimico-fisici in situ	Trimestrale (2 volte)	In continuo per la durata delle lavorazioni (stimato 3 mesi)	Trimestrale (2 volte)
ASUP5	Fosso Reale – Monte	Parametri chimico-fisici di laboratorio e microbiologici	Trimestrale (2 volte)	Mensile per la durata delle lavorazioni (stimato 18 mesi)	Trimestrale (2 volte)
		Parametri chimico-fisici in situ	Trimestrale (2 volte)	In continuo per la durata delle lavorazioni (stimato 18 mesi)	Trimestrale (2 volte)
		Fauna Ittica	Semestrale (1 volta)	Semestrale	Semestrale (1 volta)
ASUP6	Fosso Reale – Valle	Parametri chimico-fisici di laboratorio e microbiologici	Trimestrale (2 volte)	Mensile per la durata delle lavorazioni (stimato 18 mesi)	Trimestrale (2 volte)
		Parametri	Trimestrale	In continuo per la	Trimestrale (2

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Denominazione	Localizzazione punto di monitoraggio	Parametri di monitoraggio	Frequenza monitoraggio		
			AO	CO	PO
		chimico-fisici in situ	(2 volte)	durata delle lavorazioni (stimato 18 mesi)	volte)
		Fauna Ittica	Semestrale (1 volta)	Semestrale	Semestrale (1 volta)
ASUP7	Fosso di Prunaia – Monte	Parametri chimico-fisici di laboratorio e microbiologici	Trimestrale (2 volte)	Mensile per la durata delle lavorazioni (stimato 3 mesi)	Trimestrale (2 volte)
		Parametri chimico-fisici in situ	Trimestrale (2 volte)	In continuo per la durata delle lavorazioni (stimato 3 mesi)	Trimestrale (2 volte)
ASUP8	Fosso di Prunaia – Valle	Parametri chimico-fisici di laboratorio e microbiologici	Trimestrale (2 volte)	Mensile per la durata delle lavorazioni (stimato 3 mesi)	Trimestrale (2 volte)
		Parametri chimico-fisici in situ	Trimestrale (2 volte)	In continuo per la durata delle lavorazioni (stimato 3 mesi)	Trimestrale (2 volte)

TABELLA 21 - RIEPILOGO PUNTI DI MONITORAGGIO COMPONENTE ACQUE SUPERFICIALI

14 COMPONENTE AMBIENTE IDRICO SOTTERRANEO

14.1 GENERALITA' E FINALITA' DI MONITORAGGIO

Il monitoraggio ambientale della componente “Ambiente idrico sotterraneo” risulta costituito dalla Fase di Ante Operam (AO), Corso d’Opera (CO) e Post Operam (PO).

Nello specifico, gli obiettivi riferiti a ciascuna Fase di monitoraggio possono essere così definiti:

- Fase di AO: caratterizzare lo stato attuale della matrice in analisi al fine di poter procedere, successivamente, ad una valutazione di eventuali variazioni dello stato qualitativo della componente a seguito della realizzazione dell’opera, o al suo futuro esercizio, così da ricercare le azioni correttive che potranno ricondurre gli effetti rilevati a dimensioni accettabili;
- Fase di CO: Controllare l’impatto delle attività di cantiere sul sistema idrogeologico superficiale e profondo, al fine di prevenirne alterazioni di tipo quali-quantitativo delle acque ed eventualmente programmare efficaci interventi di contenimento e mitigazione;
- Fase di PO: Evidenziare eventuali alterazioni subite a seguito delle attività effettuate.

Lo scopo del piano di monitoraggio può essere ricondotto, in linea generale, al controllo dei livelli della falda e sulla qualità delle acque sotterranee per valutare possibili effetti immediati o a lungo termine del sottopasso.

14.2 DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI E DEI PARAMETRI DI MONITORAGGIO

Il monitoraggio della componente idrico sotterraneo si svolgerà attraverso il rilievo dei parametri chimici di falda allo scopo di fornire i dati di base per la determinazione delle eventuali misure correttive.

In particolare, i dati relativi ai campionamenti effettuati in corso d’opera saranno confrontati con lo “stato di bianco” definito nei rilievi Ante Operam per verificarne il trend evolutivo ed eventuali scostamenti riconducibili alle lavorazioni in corso. I parametri per i quali esistono prescrizioni normative verranno valutati in relazione alle soglie stabilite dalla legislazione vigente.

In particolare, per la matrice in oggetto, si prevede l’esecuzione di indagini ed analisi volte all’individuazione delle concentrazioni soglia di contaminazione eventualmente presenti nelle acque di falda; in ragione di ciò, il riferimento normativo da prendere in considerazione sarà la Tab. 2 dell’All. 5 alla Parte IV “Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo, nel sottosuolo e nelle acque sotterranee in relazione alla specifica destinazione d’uso dei siti” del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

Sulla base degli obiettivi specifici del monitoraggio nella matrice seguente sono riportati i macrodescrittori e gli indicatori selezionati che sono stati presi a riferimento per il monitoraggio ambientale della componente.

In ragione di ciò si distinguono due tipologie di parametri:

- in situ,
- parametri di laboratorio.

Le analisi chimiche saranno effettuate presso Laboratori Certificati Accredia.

Parametri in situ

I parametri da rilevare in situ sono identificabili come parametri chimico – fisici delle acque, nello specifico:

1. ossigeno disciolto;
2. temperatura dell’acqua;
3. potenziale redox;
4. pH;
5. conducibilità elettrica;
6. livello di falda.

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Le misure in situ rivestono particolare importanza nell'ambito del monitoraggio in quanto consentono di verificare con immediatezza e facilità valori anomali dei parametri investigati, rispetto al normale range di variazione, o ai valori registrati in fase AO o acquisiti tramite bibliografia.

- **Ossigeno disciolto:** è di grande importanza quale indicatore del tipo di ambiente e dell'eventuale passaggio ad un mezzo anaerobico;
- **Temperatura dell'acqua:** la temperatura delle acque sotterranee presenta normalmente modeste variazioni di temperatura;
- **Potenziale Redox:** il potenziale Redox del sistema misura la stabilità di uno ione in un livello di ossidazione determinato. Si misura in campo elettronicamente utilizzando un elettrodo di riferimento;
- **pH:** il valore misurato in campo consente di ottenere risposte molto più precise rispetto ad eventuali misure in laboratorio. Il range di valori è compreso in genere tra 6,5 e 8. La misura del pH deve essere sempre associata alla temperatura;
- **Conducibilità elettrica:** la conducibilità elettrica, misurata attraverso appositi strumenti, è un parametro legato al contenuto salino dell'acqua ed alla temperatura, che viene di norma indicata con il valore di conducibilità misurato (di solito 18°C o 25°C);
- **Livello di falda:** da misurare mediante freatimetrico.

Nella matrice seguente sono riportati i parametri da analizzare con relative unità di misura.

Parametri chimico – fisici in situ	Metodica	UM
Temperatura dell'acqua	Sonda multiparametrica	°C
Conducibilità elettrica	Sonda multiparametrica	μS/cm
pH	Sonda multiparametrica	upH
Potere Red-Ox (NHE)	Sonda multiparametrica	mV
Ossigeno disciolto	Sonda multiparametrica	mgO ₂ /l
Livello freatimetrico	freatimetro	

TABELLA 22 - PARAMETRI IN SITU

Parametri di laboratorio

Nelle matrici seguenti sono riportati i Parametri selezionati da prendere a riferimento per il monitoraggio ambientale:

- T.O.C.
- calcio
- magnesio
- potassio
- sodio
- fosforo totale
- solfati
- azoto nitroso
- azoto nitrico
- azoto ammoniacale
- cloruri
- piombo
- cadmio
- arsenico
- alluminio
- nichel

- zinco
- rame
- cromo tot.
- tensioattivi anionici
- tensioattivi non ionici
- Idrocarburi totali (come n-esano)
- IPA
- streptococchi fecali
- coliformi totali

14.3 MODALITA' DI MONITORAGGIO E STRUMENTAZIONE DI MISURA

Il monitoraggio della componente acque sotterranee prevede il campionamento ed analisi delle acque, applicando le *metodiche di campo*, di laboratorio e la check list di analiti prescelti da ricercare nei campioni prelevati.

Strumentazione per il campionamento in campo

Per le operazioni di sollevamento delle acque sotterranee dai piezometri potranno essere utilizzate due tipologie di **pompe a immersione**:

- Pompe 220 volt: sono pompe ad alta prevalenza e alta portata, per campionamenti da pozzi e piezometri profondi, con diametri maggiori di 3”;
- Pompe 12 volt: sono pompe a tre stadi, con prevalenza massima fino a 21 m, alimentazione a 12 volt, alta maneggevolezza e peso contenuto.

Realizzate in materiali particolarmente indicati per i campionamenti di tipo ambientale.

- **Determinazione dei parametri macrodescrittori: sonde multiparametriche/multimetri**

Le **sonde multiparametriche** sono strumenti utilizzati per l'esecuzione di misure in campo dei principali parametri chimico-fisici delle acque sia superficiali che di falda; tali strumenti, adeguatamente predisposti ed accessoriati, diventano adatti anche per l'impiego in ambienti particolarmente aggressivi (es: ampio range di escursione acido/basico, acque dolci e acque marine, etc.) o di difficile accesso (piezometri piccolo diametro, comunque non minore di 2”, piezometri profondi, aree poco accessibili, etc.).

Le sonde multiparametriche sono strumenti utilizzati per l'esecuzione di misure in campo dei principali parametri chimico-fisici delle acque sia superficiali che di falda; tali strumenti, adeguatamente predisposti ed accessoriati, diventano adatti anche per l'impiego in ambienti particolarmente aggressivi (es: ampio range di escursione acido/basico, acque dolci e acque marine, etc.) o di difficile accesso (piezometri piccolo diametro, comunque non minore di 2”, piezometri profondi, aree poco accessibili, etc.).

Ogni sonda è dotata di memoria interna in grado di registrare automaticamente le misure fatte a intervalli regolari impostabili dall'utente così da poter ottenere un monitoraggio in continuo delle condizioni fisico-chimiche dell'acqua; è inoltre posizionabile direttamente nel punto di monitoraggio con la possibilità di collegamento diretto al computer per una diretta acquisizione dei dati acquisiti senza pertanto dover necessariamente interrompere la fase di acquisizione o modificare il posizionamento. La sonda è dotata di sistema di autocompensazione delle variazioni di pressione barometrica.

La sonda è solitamente attrezzata con sensori per la misura dei parametri di:

- Temperatura;
- Ph;
- Conducibilità;
- Potenziale Redox.
- Ossigeno disciolto

Per l'acquisizione dei dati viene usato un computer palmare realizzato per l'impiego in campo e pertanto resistente a spruzzi e urti accidentali. I dati sono acquisiti con programma dedicato che ne permette una

immediata visualizzazione in diagrammi o tabulati e ne consente altresì il trasferimento in memoria. Una successiva elaborazione restituisce i dati in tabulati informatici di formato accessibile ai più diffusi programmi di calcolo.

Il multimetro, analogamente alle sonde multiparametriche sopra descritte, è uno strumento utilizzato per l'esecuzione di misure in campo dei principali parametri chimico-fisici delle acque sia superficiali che di falda.

È costituito da un supporto in materiale plastico su cui possono essere montati i singoli sensori per la determinazione di pH, temperatura, conducibilità, potenziale redox, ossigeno disciolto e torbidità. I sensori sono poi collegati mediante un cavo al pc palmare, su cui compaiono in continuo le letture dei singoli sensori.

- **Soggiacenza della falda: misure freaticometriche**

Per l'esecuzione delle misure freaticometriche dovrà essere utilizzato il freaticometro, uno strumento portatile, dal peso contenuto, per la misura del livello dell'acqua in piezometri, pozzi, etc.

La strumentazione indicata risulta costituita da una bobina di fettuccia in materiale polimerico flessibile, di varie lunghezze predeterminate (da 10 m fino a 300 m), munito di gradazione centimetrata serigrafata sul cavo stesso e da un sensore piezometrico posto sulla sommità del cavo. Il sensore di misura è racchiuso nel puntale in acciaio inox, e si attiva tramite la chiusura del circuito in presenza di acqua: la chiusura del circuito determina un segnale sonoro e luminoso.

Modalità di campionamento

Prima di effettuare il campionamento delle acque sotterranee dovrà essere effettuato lo spurgo del singolo piezometro emungendo un volume di acqua pari a 3-5 volte il volume della colonna d'acqua rilevata, al fine di rimuovere il materiale solido presente e chiarificare le acque.

Il campionamento delle acque dovrà essere realizzato in modo dinamico attraverso la tecnica del "low flow purging" utilizzando elettropompa sommersa.

Il protocollo tecnico di campionamento previsto per le acque sotterranee dovrà seguire i seguenti step operativi:

- controllo freaticometrico e spurgo;
- campionamento in dinamico, alla stabilizzazione dei parametri macrodescrittori;
- prelievo del campione di acqua mediante l'utilizzo di elettropompa sommersa nel momento in cui i parametri fisici, conducibilità, temperatura e pH, risultino costanti;
- conservazione dei campioni in contenitori di vetro e polietilene in relazione ai contaminanti da ricercare;
- trasporto dei campioni presso il laboratorio, all'interno di un contenitore refrigerato, a conclusione delle operazioni di prelievo, al fine di limitare al massimo eventuali perdite, per volatilizzazione, degli elementi più volatili.

Al fine del riconoscimento tutti i campioni dovranno essere etichettati e siglati.

Le **metodiche di campionamento** utilizzate dovranno essere rispondenti alle metodiche:

- APAT CNR-IRSA 1030/2003;
- Allegato 2 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.

14.4 FREQUENZA E PERIODICITA' DEL MONITORAGGIO

Il monitoraggio dei punti piezometrici è previsto per la fase di Ante Operam, Corso d'Opera e di Post Operam.

Il monitoraggio idrogeologico dovrà prevedere misure Ante e Post Operam della durata di almeno 6 mesi con frequenza trimestrale, e misure in Corso d'Opera mensili per tutta la durata dei lavori.

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

L'ubicazione dei punti di monitoraggio è riportata all'elaborato FL42-D-M-PA-MT-00-EGG-CO-02-B.

Si riporta in seguito una tabella riepilogativa con indicazione dei punti di monitoraggio per la componente Acque sotterranee:

Denominazione	Localizzazione punto di monitoraggio	Parametri di monitoraggio	Frequenza monitoraggio		
			AO	CO	PO
ASOT1	Pozzo interferente con il tracciato di progetto	Livello piezometrico, parametri chimico-fisici in situ e di laboratorio	Trimestrale	Mensile	Trimestrale
ASOT2 (Sx_01)	Deposito dei mezzi/rimessaggio	Parametri chimico-fisici in situ e di laboratorio	Trimestrale	Mensile	Trimestrale
		Livello piezometrico	Trimestrale	In continuo	Trimestrale
ASOT3 (Sx_02)	Deposito dei mezzi/rimessaggio	Parametri chimico-fisici in situ e di laboratorio	Trimestrale	Mensile	Trimestrale
		Livello piezometrico	Trimestrale	In continuo	Trimestrale
ASOT4 (S-03-Pz)	Deposito dei mezzi/rimessaggio	Parametri chimico-fisici in situ e di laboratorio	Trimestrale	Mensile	Trimestrale
		Livello piezometrico	Trimestrale	In continuo	Trimestrale
ASOT5 (S-09-Pz)	Ponte sul Fosso Reale	Livello piezometrico, parametri chimico-fisici in situ e di laboratorio	Trimestrale	Mensile	Trimestrale

TABELLA 23 - RIEPILOGO PUNTI DI MONITORAGGIO COMPONENTE ACQUE SOTTERRANEE

Relativamente all'avvio della prima campagna di monitoraggio ante operam, si provvederà a darne comunicazione all'ARPAT 10 giorni prima.

15 COMPONENTE BIODIVERSITA'

15.1 GENERALITA' E FINALITA' DEL MONITORAGGIO

Il monitoraggio della componente biodiversità viene proposto al fine di verificare gli effetti delle attività di costruzione dell'infrastruttura tramviaria sulla vegetazione esistente, per permettere l'adozione tempestiva di eventuali azioni correttive e sulla fauna, come strumento di conoscenza degli ecosistemi e delle comunità faunistiche ad essi correlati.

Relativamente alla matrice faunistica, la presente sezione si prefigge di essere strumento di supporto in termine di prevenzione delle cause di degrado delle comunità presenti nell'area oggetto di studio, nel rispetto delle vigenti disposizioni e normative nazionali, regionali e comunitarie.

In merito alla matrice vegetazionale, le tipologie di interferenze legate alla realizzazione dell'opera tramviaria potrebbero riguardare:

- occupazione di suolo;
- sottrazione di fitocenosi;
- frammentazione delle fitocenosi;
- emissione di polveri in fase di cantiere;
- dispersione di inquinanti in fase di cantiere.

Le attività relative, come detto, hanno funzione di prevenzione dell'insorgere di situazioni critiche, di garantire il controllo delle aree di estremo valore ecologico e di mantenere i livelli di diversità delle stesse nel tempo, ponendo particolare attenzione sul fatto che una porzione di tracciato tranviario non interferisce direttamente ma è prospiciente al perimetro di una Zona Speciale di Conservazione/Zona di Protezione Speciale (ZSC/ZPS) e nello specifico, gli "Stagni della Piana Fiorentina e Pratese (IT5140011)".

15.2 DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI E DEI PARAMETRI DI MONITORAGGIO

MATRICE VEGETAZIONALE

Relativamente alla matrice vegetazionale, le analisi ed i controlli saranno effettuati tramite rilievi finalizzati a stabilire lo stato delle comunità vegetazionali, mediante caratterizzazioni a livello di sito/singola pianta e acquisizione di parametri territoriali.

Nel corso di tali monitoraggi saranno rilevati i seguenti parametri:

- Caratteristiche generali e parametri biometrici:
 - Specie;
 - Altezza;
 - Diametro del tronco;
 - Caratteristiche della chioma (altezza inserzione, posizione, forma ed ampiezza);
 - Posizione sociale;
- Documentazione fotografica;
- Raccolta in schede.

Si prevede inoltre l'individuazione di una serie di parametri che consentono di indicare l'esatta localizzazione sul territorio delle aree di monitoraggio e dei relativi punti di misura. Nelle schede riepilogative predisposte per ciascuna postazione di misura, saranno riportate le seguenti indicazioni:

- Indirizzo del sito/toponimo;
- Stralcio planimetrico con localizzazione del punto di misura (in scala adeguata);
- Tipo di monitoraggio svolto;

- Posizione rispetto al tracciato di progetto;
- Note descrittive, nelle quali riportare eventuali particolarità della postazione di misura e, relativamente al corso d'opera, le lavorazioni effettuate nel corso del rilievo.

Inoltre, allo scopo di consentire il riconoscimento dei punti di misura nelle successive fasi del monitoraggio, nel corso delle rilevazioni saranno effettuate idonee riprese fotografiche, che permetteranno l'immediata individuazione e localizzazione di ciascuna postazione di misura.

MATRICE FAUNISTICA

Nell'ambito della fauna, sulla base dei dati bibliografici disponibili per l'area in oggetto, le categorie sistematiche che sono state considerate indice dello stato di salute della componente faunistica sono: l'avifauna, i mammiferi, gli anfibi e i rettili.

15.3 TIPOLOGIA DI MISURAZIONI

MATRICE VEGETAZIONALE

Relativamente alla matrice vegetazionale, nel presente paragrafo sono descritte le metodiche che verranno attuate per i rilievi da effettuare nelle postazioni di misura previste per la componente vegetazione. Le attività di censimento delle specie, che saranno precedute dall'esecuzione di sopralluoghi preliminari nelle aree di indagine, si svilupperanno attraverso le seguenti fasi operative:

- predisposizione di schede di rilevamento e rilievi in campo;
- elaborazione dei dati raccolti;
- interpretazione dei dati e valutazione qualitativa.

Le metodiche di monitoraggio impiegate nel presente PMA sono riportate nella tabella che segue:

Fase	Codice	Descrizione	Frequenza
AO/CO/PO	VEFLO	Rilievi floristici e fitosociologici	1 volta in AO/PO semestrale in CO
CO	VEAGR	Assistenza agronomica durante le lavorazioni	In continuo in CO

Nel seguito si riporta la descrizione delle metodiche utilizzate.

Metodica VEFLO

La metodologia di indagine individuata per la componente vegetazione prevede le seguenti tipologie di rilievi:

- censimenti della flora (rilievi tipo A);
- rilievo fitosociologico (rilievi tipo B).

Rilievi tipo A – censimenti della flora

Questo tipo di indagine sarà svolto lungo itinerari opportunamente scelti in modo da attraversare le fitocenosi o gli elementi floristici più rappresentativi dell'area d'indagine. Per ogni punto di campionamento si procederà secondo le seguenti indicazioni:

- i censimenti della flora saranno realizzati lungo fasce di interesse, di larghezza non superiore ai 30 m, opportunamente scelte in modo da attraversare le fitocenosi più rappresentative di ciascuna area d'indagine;

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

- il riconoscimento delle specie può avvenire in campagna quando il campione è certo al livello di specie; viceversa i campioni per i quali sussistono dubbi debbono essere prelevati e portati in laboratorio per un'analisi più approfondita con l'ausilio di un binoculare stereoscopico. Nel caso in cui i campioni siano rinvenuti con caratteri diagnostici non sufficienti per il loro riconoscimento (fiori, frutti) a livello di specie a causa del periodo fenologico non coincidente con quello dei rilevamenti, di essi si indica unicamente il genere seguito da "SP". Viceversa, quando l'attribuzione specifica è possibile, ma qualche carattere sistematico non collima esattamente con quanto descritto nella Flora di S. Pignatti, si può utilizzare il simbolo cfr. Occorre precisare che il censimento floristico, effettuato nell'arco di una giornata consente unicamente la redazione di una flora indicativa della realtà ambientale dell'area in esame. Si devono segnalare le specie rare, protette o di particolare interesse naturalistico;
- sarà predisposta apposita cartografia a scala adeguata che riporterà i percorsi effettuati ed i con visuali relativi alla documentazione fotografica. Tutti i dati vengono riportati in apposite schede di rilevamento. Gli elaborati saranno analoghi per le tre fasi di indagine in modo da essere facilmente raffrontabili. Per meglio evidenziare le variazioni che la realizzazione dell'infrastruttura produce nella flora, in fase di costruzione e di esercizio, devono essere distinte anche le entità sinantropiche presenti nelle fasce di indagine. Il rapporto specie sinantropiche/totale specie censite rappresenta, infatti, uno degli indici previsti per il confronto dei risultati delle fasi di monitoraggio ed un modo per evidenziare le variazioni nell'ambiente naturale connesse con la realizzazione dell'infrastruttura. In fase di ante operam la presenza delle specie sinantropiche permette invece di valutare il livello di antropizzazione dell'area e costituisce un riferimento per il confronto nelle fasi successive.

Rilievi tipo B – rilievo fitosociologico

La metodologia prevede il controllo sulle comunità vegetali, mediante rilievi fitosociologici con il metodo Braun-Blanquet, che consente di riconoscere i tipi di vegetazione sulla base delle caratteristiche floristiche, strutturali, ecologiche e dinamiche.

Il rilievo fitosociologico (metodo di valutazione quali-quantitativa) si differenzia dal rilievo strettamente floristico (metodo qualitativo) perché, accanto ad ogni specie, si annotano i valori di "abbondanza dominanza".

Per le aree di monitoraggio individuate si procederà secondo le seguenti indicazioni:

- nell'ambito delle aree di indagine le stazioni di rilevamento saranno identificate sulla base dei caratteri fisionomici indicatori dell'unitarietà strutturale della vegetazione considerata. Ove possibile le stazioni insisteranno nelle fasce d'indagine identificate per il censimento floristico. Nella superficie campione (stazione di rilevamento), circoscritta nel perimetro di un quadrato di almeno 10 x 10 m di lato, si effettua quindi il censimento delle entità floristiche presenti, che viene riportato sulla relativa scheda di rilevamento, unitamente alla percentuale di terreno coperta da ciascuna specie;
- si specificano successivamente i parametri stazionali (altezza, esposizione, inclinazione), morfometrici (altezza degli alberi, diametro) con breve cenno sulle caratteristiche pedologiche, informazioni che completano la caratterizzazione della stazione. Per la stima del grado di copertura della singola specie si utilizza il metodo di Braun-Blanquet (1928);
- nel corso dell'indagine l'area in esame deve essere delimitata temporaneamente da una fettuccia metrica; ove possibile si devono marcare con vernice alcuni elementi-confine (alberi, pali della luce, ecc.) che permettano di individuare nuovamente l'area nelle fasi di corso d'opera e di post operam. Nel caso di vegetazione pluristratificata, le specie dei diversi strati vanno rilevate separatamente (strato arboreo, arbustivo ed erbaceo).

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Per la misura della superficie rilevata si utilizzerà un doppio decametro e per le misure morfometriche (altezza degli arbusti e diametro degli alberi) una fettuccia metrica; l'altezza degli alberi sarà determinata facendo ricorso al metodo comunemente definito "albero metro".

Tutte le verifiche effettuate saranno tradotte in elaborati utilizzabili anche al fine di eventuali azioni finalizzate alla tutela di fitocenosi di pregio.

Tutti i dati rilevati in campo vengono riportati in apposite schede di rilevamento. A valle del rilievo sarà predisposta apposita cartografia a scala adeguata che riporterà l'ubicazione delle stazioni unitarie scelte e i con visuali relativi alla documentazione fotografica.

Gli elaborati saranno analoghi per le tre fasi di indagine in modo da essere facilmente raffrontabili.

Metodica VEAGR Assistenza agronomica durante le lavorazioni

Nella fase di corso d'opera, verrà fornita assistenza agronomica nel corso delle lavorazioni nei pressi degli esemplari da mantenere.

A valle degli esiti del monitoraggio in fase di Ante-Operam, dove sarà eseguito un censimento puntuale delle essenze interferite dalle lavorazioni, si potranno identificare gli elementi arborei da monitorare durante i lavori.

MATRICE FAUNISTICA

La sintesi schematica delle metodiche di monitoraggio impiegate nella matrice fauna del presente PMA sono riportate nella tabella che segue:

Fase	Codice	Descrizione	Frequenza
AO/CO/PO	FAU	Rilievi delle comunità ornitiche	1 volta in AO/PO Trimestrale in CO
AO/CO/PO	FAM	Indici di presenza mammiferi	1 volta in AO/PO 4 volte/anno nel periodo maggio-ottobre in CO
AO/CO/PO	FAN	Presenza/assenza anfibi	1 volta in AO/PO 4 volte/anno nel periodo marzo-luglio in CO
AO/CO/PO	FAR	Indici di presenza rettili	1 volta in AO/PO Trimestrale in CO

Metodica FAU: Rilievi delle comunità ornitiche

L'avifauna è una componente zoologica di notevole rilevanza naturalistica negli ecosistemi. In primo luogo perché occupa con numerose specie praticamente tutti i biotopi naturali ed artificiali presenti; in secondo luogo perché costituisce un gruppo faunistico particolarmente visibile ed estremamente diversificato.

Inoltre gli uccelli forniscono, grazie alla loro elevata osservabilità e relativa facilità di riconoscimento sul campo, un utile punto di riferimento per una valutazione dello stato qualitativo di un biotopo.

Per il rilevamento delle comunità ornitiche occorre individuare percorsi lineari rappresentativi al fine di registrare tutti gli individui delle diverse specie presenti nelle stazioni di rilevamento, per descrivere in

modo sufficientemente approfondito la comunità avifaunistica presente e le sue caratteristiche ecologiche e qualitative.

Per ogni punto di campionamento si procederà secondo le seguenti indicazioni:

- lo studio sull'avifauna sarà condotto nel corso dei mesi primaverili-estivi e riguarderà la raccolta di dati sulla comunità delle specie presenti attraverso il metodo dei sentieri campione (Transect Method). Tale metodologia è ampiamente sperimentata e di uso consolidato (Merikallio, 1946; Jarvinen & Vaisanen, 1976). Questo metodo è particolarmente adatto per essere applicato in tutte le stagioni. Il metodo consiste nel percorrere ad andatura costante un itinerario con andamento rettilineo e nell'annotare tutti gli individui delle diverse specie osservate od udite;
- in ante operam verranno registrati tutti gli individui osservati od uditi all'interno di una fascia di 100 metri di ampiezza, ai due lati dell'itinerario campione. Nelle fasi successive si effettueranno i controlli di quanto osservato preliminarmente, per verificare eventuali scostamenti. I luoghi di ritrovamento dei campioni o di osservazione saranno fotografati e restituiti su cartografia in apposita scala, unitamente ai con i visuali delle foto;
- i sentieri verranno percorsi tenendo presenti le indicazioni di Jarvinen & Vaisanen (1976), qui di seguito riportate:
- scegliere in anticipo il percorso su una mappa in modo che sia rappresentativo dell'area da studiare;
- percorrere il tragitto nelle prime ore del mattino ed in assenza di vento e pioggia;
- camminare lentamente (velocità di circa 1 km/ora) fermandosi spesso per ascoltare le vocalizzazioni ed annotare le osservazioni.

I parametri e gli indici che saranno considerati ed elaborati sono i seguenti:

- S = ricchezza di specie, numero totale di specie nell'area esaminata; questo valore è direttamente collegato all'estensione del biotopo campionato ed al grado di maturità e complessità, anche fisionomico-vegetazionale, dello stesso (Mac Arthur & Mac Arthur, 1961);
- H = indice di diversità calcolato attraverso l'indice Shannon & Wiener (1963)
- Indice Valore Ornitologico-Conservazionistico (IVO);
- Numero medio di specie per stazione, deviazione standard, numero minimo e massimo;
- % non-Pass. = percentuale delle specie non appartenenti all'ordine dei Passeriformi; il numero di non-Passeriformi è direttamente correlato, almeno, negli ambienti boschivi, al grado di maturità della successione ecologica (Ferry e Frochot, 1970);
- d = dominanza; sono ritenute dominanti quelle specie che compaiono nella comunità con una frequenza relativa uguale o maggiore di 0,05 (Turcek, 1956; Oelke, 1980); si tratta del numero di individui della specie i-esima sul numero totale di individui presenti lungo il transetto effettuato. Le specie dominanti diminuiscono con l'aumentare del grado di complessità e di maturità dei biotopi.

Metodica FAM: Indici di presenza mammiferi

Per monitorare la categoria sistematica dei mammiferi verrà utilizzata la tecnica della raccolta di indici di presenza in transetto.

Per ogni stazione di campionamento si procederà secondo le seguenti indicazioni:

- le specie verranno rilevate in tutte le fasi del monitoraggio, attraverso l'osservazione diretta e mediante l'utilizzo dei cosiddetti segni di presenza, efficaci soprattutto per i Mammiferi con abitudini notturne. In questi casi si prenderanno in considerazione per il riconoscimento delle specie le tracce, le feci, gli scavi e le tane. Si misureranno le dimensioni (lunghezza, larghezza e profondità) di alcuni reperti quali feci, scavi e tane;
- le tracce di Mammiferi verranno identificate ed attribuite alle diverse specie fin dal loro ritrovamento in campagna. In taluni casi, per avere ulteriori conferme se necessario, potranno

essere prelevati campioni per sottoporli a successive indagini al microscopio binoculare. È opportuno sottolineare che, al fine di ottenere un campionamento meno condizionato dalla casualità delle osservazioni, sarebbe necessario effettuare numerosi rilevamenti in diversi periodi dell'anno. Tuttavia, al fine di migliorare l'efficienza dell'indagine ed ottenere risultati utili a conoscere sufficientemente almeno la presenza/assenza delle specie sul territorio, verranno effettuati almeno due giorni di rilevamenti in campagna per ciascuna area campione. Ad integrazione dei dati raccolti mediante i transetti, dovranno essere annotate tutte le informazioni oggettive relative alla presenza di mammiferi anche al di fuori dei vari transetti individuati allo scopo di integrare le informazioni ed ottenere delle check-list il più esaustive possibile.

I risultati di questo tipo d'indagine permetteranno di analizzare le possibili interferenze tra la realizzazione dell'opera ed i vertebrati rinvenuti, di avanzare ipotesi da verificare nelle fasi successive e di suggerire, ove necessario, opportuni accorgimenti al fine di mitigare gli impatti specifici riscontrati. A tal riguardo dovranno, ad esempio, essere segnalati gli eventuali abbattimenti di fauna generati dal traffico dei mezzi di cantiere durante le fasi di realizzazione dell'opera.

I parametri che verranno raccolti saranno l'elenco delle specie presenti, loro frequenza e distribuzione all'interno dell'area campionata.

I luoghi di ritrovamento dei campioni saranno posizionati su cartografia in scala adeguata specificando il posizionamento attraverso coordinate geografiche, e producendo idonea documentazione fotografica con indicazione cartografica dei coni visuali.

Tutte le verifiche effettuate saranno illustrate su elaborati utilizzabili anche al fine di eventuali azioni alla tutela di habitat che ospitano specie di pregio. Tutti i dati verranno riportati in apposite schede di rilevamento. Gli elaborati saranno analoghi per le tre fasi di indagine in modo da essere facilmente raffrontabili.

Per il calcolo dell'indice di abbondanza, relativa ai dati raccolti sui transetti, si utilizzerà la seguente formula:

$$IKA = n^{\circ} \text{ contatti/km}$$

Al fine della comparazione tra i diversi siti di indagine e tra i risultati delle diverse fasi di monitoraggio (AO, CO, PO), si prevede l'utilizzo dell'indice di Sørensen, un indice di somiglianza che si basa su dati di presenza/assenza e la cui formula è la seguente:

$$I_s = (2c/a+b+...+n)$$

Dove:

- a= numero di specie presenti nel sito A;
- b= numero di specie presenti nel sito B;
- n= numero di specie presenti nel sito n;
- c= numero di specie in comune ai diversi siti.

I valori dell'indice di Sørensen sono compresi tra 0 (nessuna specie in comune) e 1 (somiglianza completa).

Metodica FAN: Presenza/assenza anfibì

Per quanto riguarda gli anfibì, le indagini si baseranno su censimenti in periodo riproduttivo per determinare la presenza di esemplari adulti e l'avvenuta riproduzione e post riproduttivo per verificare l'avanzamento dello sviluppo larvale fino al raggiungimento della metamorfosi;

Nello specifico, nelle aree di rilievo, si svolgeranno dei campionamenti riguardanti prevalentemente gli stadi acquatici degli anfibì, procedendo all'assegnazione per ogni stadio di sviluppo (adulti, giovani, uova/ovature, larve/girini, esemplari in metamorfosi) di una classe di abbondanza (1, alcuni, molti) ottenuta dalla standardizzazione dei conteggi (esempio: conteggio esaustivo o su aree campione del numero di uova/ovature; conteggio del numero medio di girini/larve catturati per ogni passaggio con il

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

retino, che avrà dimensioni e maglia predefinite, mantenute invariate nel corso del periodo di monitoraggio; conteggio di adulti contattati lungo le sponde o catturati in acqua con i retini, secondo quanto già indicato per le larve o individuati mediante rilevamento acustico delle vocalizzazioni, ecc.).

Il sesso degli adulti sarà determinato in tutti i casi possibili.

Metodica FAR: Indici di presenza rettili

Relativamente ai rettili, saranno effettuate delle indagini basate sull'esecuzione di transetti che dovranno essere ripetuti nel corso delle stagioni di indagine senza essere modificati, al fine di garantire una maggiore confrontabilità dei risultati. Eventuali modifiche di lunghezza o di percorso saranno tuttavia possibili al fine di migliorare l'efficacia del campionamento o qualora cause esterne invalidassero la possibilità di raggiungere gli obiettivi prefissati.

Saranno quindi eseguiti transetti di lunghezza variabile ma non inferiore al km, dislocati nelle diverse aree di interesse, attraversando tutti gli ambienti potenzialmente idonei, quali soprattutto i margini ecotonali, le aree di termoregolazione, i cespuglieti, le zone rocciose, eccetera, con l'obiettivo di massimizzare l'eterogeneità ambientale dei percorsi e le probabilità di incontro.

Gli itinerari saranno percorsi a piedi prediligendo gli orari e le condizioni meteorologiche più favorevoli, tenuto anche conto della stagione, procedendo con passo lento, stando e divagando frequentemente per massimizzare le occasioni di incontro. Durante i campionamenti saranno inoltre smossi i materiali che possono fungere da nascondiglio, quali pietre, accumuli di legno, ecc., con lo scopo di verificare l'eventuale presenza di esemplari rifugiati.

Per ogni esemplare incontrato, sarà determinata la specie di appartenenza, il numero di individui (in 3 classi di abbondanza: 1, alcuni, molti), lo stadio di sviluppo (uovo, giovane e adulto), il sesso (limitatamente al caso di cattura) e il tipo di ambiente. L'identificazione più specifica verrà effettuata sulla base di caratteristiche morfologiche esterne osservabili anche a distanza, per le caratteristiche diagnostiche invece, si farà riferimento alle principali guide disponibili per la fauna italiana ed europea (Lanza, 1983; Andreone e Sindaco, 1999, corti et al., 2011). I contatti di cui non sarà possibile ottenere un'identificazione certa, non saranno considerati.

La tecnica di campionamento lungo transetti consente di calcolare agevolmente indici di incontro come l'Indice Chilometrico di Abbondanza (IKA), che valuta il numero di osservazioni dirette e/o indirette di una specie lungo il percorso prestabilito e consente pertanto di determinare un valore di densità (relativa) attraverso un'unità di misura lineare.

Per il calcolo dell'indice di abbondanza si utilizza la seguente formula:

$$IKA = n^{\circ} \text{contatti} / \text{Km.}$$

Le indagini saranno effettuate nella finestra temporale compresa tra aprile e settembre dello stesso anno, in modo da coprire il periodo maggiore di attività dell'erpeto fauna, in relazione all'andamento climatico stagionale e ai cicli biologici propri delle diverse specie, con la previsione di un numero minimo di ripetizioni pari a 4 per ogni transetto, in ogni anno di monitoraggio.

Le indagini saranno effettuate indicativamente dalle ore 8:00 alle ore 18:00, a seconda delle stagioni, evitando le ore centrali della giornata nei mesi più caldi e viceversa nei mesi più freddi, evitando i momenti meno adatti come le piogge intense e favorendo le giornate con una variabilità meteorologica.

15.4 MODALITA' DI MONITORAGGIO E STRUMENTAZIONE DI MISURA

MATRICE VEGETAZIONALE

La strumentazione utile per il monitoraggio della matrice vegetazionale è:

- macchina fotografica digitale;
- bindella metrica;

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

- rotella metrica;
- corda, cordino e spago;
- lente di ingrandimento 5-10x;
- cavalletto dendrometrico;
- schede di campionamento;
- chiavi dicotomiche per il riconoscimento delle specie.

La documentazione da produrre a seguito del monitoraggio consiste in relazioni tecniche riassuntive delle attività di monitoraggio e dei risultati ottenuti nel periodo di riferimento con la seguente periodicità:

- al termine della fase ante operam;
- con cadenza annuale nella fase di costruzione;
- al termine della fase di corso d'opera;
- al termine della fase di post operam.

Tali documenti conterranno le seguenti informazioni:

- l'elenco dei punti di monitoraggio in cui è stata effettuata una campagna di misura, con indicazione, per ciascuna postazione, dei parametri misurati, della durata della campagna, del periodo in cui si è svolta;
- descrizione delle metodiche adottate;
- indicazione dei casi in cui si è verificato un eventuale superamento dei valori di riferimento;
- presentazione dei dati rilevati e/o risultati ottenuti.

MATRICE FAUNISTICA

La strumentazione utile per il monitoraggio della matrice faunistica è:

- macchina fotografica digitale;
- chiavi di determinazione delle specie e/o delle tracce;
- dispositivi ottici come il binocolo per l'osservazione a distanza;
- per gli anfibi, il retino, che avrà dimensioni e maglia predefinite, mantenute invariate nel corso del periodo di monitoraggio;
- per i rettili, strumenti di cattura come ad esempio il bastone erpetologico o la canna con laccio;
- schede di campionamento.

La documentazione da produrre a seguito del monitoraggio consiste in relazioni tecniche riassuntive delle attività di monitoraggio e dei risultati ottenuti nel periodo di riferimento con la seguente periodicità:

- al termine della fase ante operam;
- con cadenza annuale nella fase di costruzione;
- al termine della fase di corso d'opera;
- al termine della fase di post operam.

Tali documenti conterranno almeno le seguenti informazioni:

- l'elenco dei punti di monitoraggio in cui è stata effettuata una campagna di misura, con indicazione, per ciascuna postazione, delle attività di rilievo eseguite, della durata della campagna, del periodo in cui si è svolta;
- descrizione delle metodiche adottate;
- presentazione dei dati rilevati e/o risultati ottenuti;

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

- cartografia con localizzazione dei punti di rilevamento delle specie di uccelli, distribuzione con quantificazione del numero di specie di uccelli rilevati in ciascun ambito, documentazione fotografica;
- valutazione, per l'avifauna, degli indici di diversità, ricchezza e abbondanza per ciascun sito monitorato e per ogni specie rilevata, Indice Valore Ornitologico-Conservazionistico (IVO), numero medio di specie per stazione, deviazione standard, numero minimo e massimo, % non-Pass., dominanza;
- cartografia con distribuzione delle specie di mammiferi nei diversi siti di monitoraggio;
- valutazione degli indici di presenza o frequentazione per ciascun sito monitorato;
- schede di rilievo in campo.
- Carta di localizzazione dei punti di rilevamento delle specie di rettili e anfibi,
- calcolo degli indici di abbondanza per le diverse specie e per i diversi ambiti di campionamento/transetti per anfibi e rettili,
- carta di distribuzione per la quantificazione del numero di specie di anfibi e rettili presenti in ogni area.

15.5 FREQUENZA E PERIODICITA' DEL MONITORAGGIO

Le misure saranno eseguite in corrispondenza degli ambiti localizzati nella Tavola FL42-D-M-PA-MT-00-EGG-CO-02-B ed elencati nella tabella che segue:

Denominazione	Localizzazione punto di monitoraggio	Parametri di monitoraggio	Frequenza monitoraggio		
			AO	CO	PO
VEFLO1	Parco dei Tigli	Rilievi floristici e fitosociologici	1 volta	Semestrale	1 volta
VEFLO2	Area Deposito	Rilievi floristici e fitosociologici	1 volta	Semestrale	1 volta
VEFLO3	ZSC IT5140011- Porzione 5- "San Donnino"	Rilievi floristici e fitosociologici	1 volta	Semestrale	1 volta
VEFLO4	ZSC IT5140011- Porzione 5- "San Donnino" (nuovi habitat di progetto- cassa d'espansione)	Rilievi floristici e fitosociologici	1 volta	Semestrale	1 volta
VEFLO5	ZSC IT5140011, a sx del Fosso reale	Rilievi floristici e fitosociologici	1 volta	Semestrale	1 volta
VEFLO6	Area fermata e linea Palagetta	Rilievi floristici e fitosociologici	1 volta	Semestrale	1 volta
VEAGR	Tutto il tracciato	Assistenza agronomica durante le lavorazioni	-	In continuo	-

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Denominazione	Localizzazione punto di monitoraggio	Parametri di monitoraggio	Frequenza monitoraggio		
			AO	CO	PO
FAU1	Area Deposito	Rilievi delle comunità ornitiche	1 volta	Trimestrale	1 volta
FAU2	ZSC IT5140011- Porzione 5- “San Donnino”	Rilievi delle comunità ornitiche	1 volta	Trimestrale	1 volta
FAU3	ZSC IT5140011, a sx del Fosso reale	Rilievi delle comunità ornitiche	1 volta	Trimestrale	1 volta
FAU4	Area tra fermata Palagetta e Giordano Bruno	Rilievi delle comunità ornitiche	1 volta	Trimestrale	1 volta
FAM1	Area Deposito	Indici di presenza mammiferi	1 volta	4volte/anno tra maggio e ottobre	1 volta
FAM2	ZSC IT5140011- Porzione 5- “San Donnino”	Indici di presenza mammiferi	1 volta	4volte/anno tra maggio e ottobre	1 volta
FAM3	ZSC IT5140011, a sx del Fosso reale	Indici di presenza mammiferi	1 volta	4volte/anno tra maggio e ottobre	1 volta
FAM4	Area tra fermata Palagetta e Giordano Bruno	Indici di presenza mammiferi	1 volta	4volte/anno tra maggio e ottobre	1 volta
FAN1	Fosso Macinante	Presenza/assenza anfibì	1 volta	4volte/anno tra marzo e luglio	1 volta
FAN2	ZSC IT5140011- Porzione 5- “San Donnino”(nuovi habitat di progetto- cassa d’espansione)	Presenza/assenza anfibì	1 volta	4volte/anno tra marzo e luglio	1 volta
FAN3	ZSC IT5140011, a sx del Fosso reale	Presenza/assenza anfibì	1 volta	4volte/anno tra marzo e luglio	1 volta
FAR1	Fosso Macinante	Indici di presenza rettili	1 volta	Trimestrale	1 volta

STUDI PER PROCEDURE PAUR
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ELABORATI GENERALI
Relazione di Piano di Monitoraggio Ambientali

Denominazione	Localizzazione punto di monitoraggio	Parametri di monitoraggio	Frequenza monitoraggio		
			AO	CO	PO
FAR2	ZSC IT5140011- Porzione 5- “San Donnino”(nuovi habitat di progetto- cassa d’espansione)	Indici di presenza rettili	1 volta	Trimestrale	1 volta
FAR3	ZSC IT5140011, a sx del Fosso reale	Indici di presenza rettili	1 volta	Trimestrale	1 volta