

Sistema Tramviario Fiorentino

RTI Progettisti:

SYSTRA

SYSTRA
SOTECNI



ambiente s.p.a.
consulenza & ingegneria
esperienza per l'ambiente



**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA
PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI
COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO - FASE C**

LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

STUDIO ED INDAGINI PRELIMINARI
Studio di carattere ambientale
Sintesi non tecnica

COMUNE DI FIRENZE
SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
ING. FILIPPO MARTINELLI

IL DIRETTORE DELL'ESECUZIONE DEL CONTRATTO
ING. CHIARA BERSIANI

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE E DEL COORDINAMENTO FRA
LE VARIE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

ING. PAOLO MARCHETTI



Gruppo di Progettazione:

Ing. A. Piazza (Coordinatore Tecnico)
Dott. Geol. R. Pani (Progettazione Geologica)
Ing. A. Lucioni (Progetto Opere Idrauliche)
Dott.ssa B. Sassi (Indagini Preliminari Archeologiche)
Ing. F. Rocchi (Studi di carattere Ambientale - Sostenibilità)
Ing. M. Angeloni (Valutazione Previsionale di Impatto Acustico)
Ing. S. Caminiti (Prog. Ferrotramviario Studi Trasportistici)
Ing. A. Forchino (Progetto Impianti Tecnologici)
Ing. F. Di Iulio (Progetto Strutture)
Arch. S. Fulci (Progetto Arch./Paesaggistico Inser. Urbanistico)
Ing. F. Conti (Sicurezza - Prime Disposizioni)
Ing. A. Spinosa (Piani Economici e Finanziari)
Ing. G. Coletti (Progettazione Funzionale Depositi Tramviari)
Ing. L. Costalli (Esperto in Esercizio)
Ing. M. Capaci (Impianti Meccanici)
Ing. D. D'Apollonio (Impianti Elettrici)
Ing. D. Salvo (Cantierizzazione)
Ing. P. Caminiti (Viabilità Interferenti)
Arch. A. Moscheo (PP.SS. Interferenti)
Ing. A. Lucioni (CAM)
Ing. D. Russo (Stime, Capitolati)
Ing. Paqui Moschini (Opere di bonifica)

| COMMESSA | LINEA | FASE | DISCIPLINA | TIPO/NUMERO | REV. | SCALA | NOME FILE |
|----------|-------|------|------------|-------------|------|-------|--------------------|
| B382 | 42 | SF | AMB | RG004 | A | — | B382-SF-AMB-RG004A |

| REV. | DATA | DESCRIZIONE | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |
|------|---------------|--|-----------|------------|-----------|
| 0 | Novembre 2022 | EMISSIONE PER APPALTO INTEGRATO, AI SENSI DELLA L.N.108 DEL 29 LUGLIO 2021 | TAMBURINI | ROCCHI | MARCHETTI |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |

Sommario

| | |
|--|----|
| 1 PREMESSA | 4 |
| 2 DIZIONARIO DEI TERMINI TECNICI | 5 |
| 3 LOCALIZZAZIONE E ASPETTI GENERALI DEL PROGETTO | 11 |
| 3.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE | 11 |
| 3.2 CARATTERISTICHE GENERALI DELLA LINEA DI PROGETTO | 13 |
| 4 MOTIVAZIONI DELL'OPERA | 15 |
| 5 ALTERNATIVE VALUTATE E SOLUZIONE PROGETTUALE PROPOSTA | 16 |
| 1.1 OPZIONI DI TRACCIATO ANALIZZATE | 16 |
| 5.1 ALTERNATIVE DI TRACCIATO FINALI | 18 |
| 6 DESCRIZIONE DEL PROGETTO | 23 |
| 6.1 DESCRIZIONE GENERALE DEL TRACCIATO..... | 23 |
| 6.2 LA CANTIERIZZAZIONE DELLE OPERE | 25 |
| 7 STIMA DEGLI IMPATTI AMBIENTALI, MISURE DI MITIGAZIONE, DI COMPENSAZIONE E DI MONITORAGGIO AMBIENTALE..... | 33 |
| 7.1 RUMORE | 34 |
| 7.1.1 <i>Inquadramento acustico</i> | 34 |
| 7.1.2 <i>Concorsualità con altre infrastrutture e calcolo dei limiti concorsuali</i> | 36 |
| 7.1.3 <i>Censimento dei ricettori</i> | 41 |
| 7.1.4 <i>Metodologia di lavoro adottata per la valutazione</i> | 44 |

| | | |
|-------|---|------------|
| 7.1.5 | <i>Monitoraggio ante operam.....</i> | <i>47</i> |
| 7.1.6 | <i>Valutazione previsionale impatto acustico in fase di realizzazione</i> <i>49</i> | |
| 7.1.7 | <i>Valutazione di impatto acustico dello stato attuale</i> | <i>57</i> |
| 7.1.8 | <i>Valutazione previsionale dell'impatto acustico dell'opera</i> | <i>59</i> |
| 7.1.9 | <i>Conclusioni.....</i> | <i>93</i> |
| 7.2 | VIBRAZIONI | 99 |
| 7.2.1 | <i>Metodologia di lavoro utilizzata</i> | <i>99</i> |
| 7.2.2 | <i>Ricettori</i> | <i>100</i> |
| 7.2.3 | <i>Descrizione dei sistemi di armamento antivibrante</i> | <i>101</i> |
| 7.2.4 | <i>Caratterizzazione sperimentale delle emissioni di vibrazioni da</i> <i>parte del materiale rotabile e realizzazione del modello</i> | <i>105</i> |
| 7.2.5 | <i>Valutazione dell'esercizio tramviario</i> | <i>107</i> |
| 7.2.6 | <i>Vibrazioni fase di realizzazione</i> | <i>113</i> |
| 7.2.7 | <i>Mitigazioni delle vibrazioni.....</i> | <i>131</i> |
| 7.2.8 | <i>Il rapporto opera – ambiente e le misure di prevenzione e</i> <i>mitigazione adottate durante la fase di cantiere.....</i> | <i>132</i> |
| 7.3 | CAMPI ELETTRROMAGNETICI..... | 134 |
| 7.3.1 | <i>Campagna di monitoraggio Campi elettromagnetici.....</i> | <i>134</i> |
| 7.3.2 | <i>Caratteristiche dell'alimentazione elettrica</i> | <i>135</i> |
| 7.3.3 | <i>Metodologia di valutazione delle DPA</i> | <i>138</i> |
| 7.3.4 | <i>Sintesi delle DPA delle SSE.....</i> | <i>138</i> |
| 7.3.5 | <i>Caratteristica di alimentazione dei servizi ausiliari</i> | <i>139</i> |

| | | |
|--------|---|-----|
| 7.3.6 | <i>Valutazione della DPA cavidotto MT</i> | 140 |
| 7.3.7 | <i>Valutazione della DPA cavidotto BT</i> | 142 |
| 7.3.8 | <i>Attività di cantiere</i> | 144 |
| 7.3.9 | <i>Interferenze con elettrodotti in AT</i> | 144 |
| 7.3.10 | <i>Analisi campi elettromagnetici in alta frequenza</i> | 162 |
| 7.3.11 | <i>Conclusioni</i> | 172 |
| 7.4 | SUOLO E SOTTOSUOLO | 174 |
| 7.4.1 | <i>Censimento dei siti contaminati</i> | 174 |
| 7.4.2 | <i>Identificazione dei potenziali impatti</i> | 181 |
| 7.4.3 | <i>Misure di mitigazione</i> | 185 |
| 7.5 | ATMOSFERA | 189 |
| 7.5.1 | <i>Caratterizzazione dello stato di qualità dell'aria</i> | 189 |
| 7.5.2 | <i>Approccio metodologico</i> | 195 |
| 7.5.3 | <i>Definizione e valutazione degli impatti in fase di realizzazione</i> . | 197 |
| 7.5.4 | <i>Valutazione dell'impatto sulla componente atmosfera e stima delle concentrazioni inquinanti al suolo</i> | 211 |
| 7.5.5 | <i>Definizione e valutazione degli impatti in fase di esercizio</i> | 218 |
| 7.6 | VEGETAZIONE, FLORA E FAUNA | 237 |
| 7.6.1 | <i>Caratterizzazione dello stato attuale</i> | 237 |
| 7.6.2 | <i>Identificazione dei potenziali impatti</i> | 242 |
| 7.6.3 | <i>Misure di mitigazione</i> | 249 |

1 PREMESSA

Il presente elaborato costituisce la sintesi non tecnica dello Studio Preliminare Ambientale del progetto avente per oggetto la seconda tratta della linea tramviaria 4 (linea 4.2) che rappresenta l'estensione del sistema tramviario fiorentino nel comune di Campi Bisenzio, finalizzato a divulgare i principali contenuti dello Studio Ambientale redatto.

Nella redazione della presente sintesi si è tenuto conto delle indicazioni riportate nelle "Linee guida per la predisposizione della Sintesi non Tecnica dello Studio di Impatto Ambientale" predisposte dal MATTM -Direzione per le valutazioni e autorizzazioni ambientali; in particolare l'approccio metodologico indicato prevede l'adozione di logiche e modalità espositive idonee alla percezione comune, cercando di prediligere gli aspetti descrittivi e qualitativi delle informazioni fornite.

2 DIZIONARIO DEI TERMINI TECNICI

Di seguito si riporta la tabella di spiegazione relativa alle principali terminologie tecniche, agli acronimi o termini derivati da lingue straniere presenti nei documenti presentati.

| Termine | Descrizione | Acronimo |
|--|---|-----------------|
| Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale | Ente della pubblica amministrazione italiana, gestito dalle regioni d'Italia. Le ARPA e i dipartimenti di prevenzione delle asl esercitano in maniera coordinata ed integrata le funzioni di controllo ambientale e di prevenzione collettiva che rivestono valenza ambientale e sanitaria | ARPA |
| CAL3QHC-CALINE3 | Software utilizzato per l'analisi delle concentrazioni in atmosfera. Tale modello di simulazione è in grado di processare un intero anno di dati meteorologici. Inoltre, è possibile imputare al modello le emissioni veicolari ed il volume di traffico. | CAL3QHC-CALINE3 |
| CALMET | CALMET è un preprocessore meteorologico di tipo diagnostico, in grado di riprodurre campi tridimensionali di vento e temperatura e campi bidimensionali di parametri descrittivi della turbolenza. È adatto a simulare il campo di vento su domini caratterizzati da orografia complessa. CALMET è dotato, infine, di un modello micrometeorologico per la determinazione della struttura termica e | CALMET |

| | | |
|--|--|---------|
| | meccanica (turbolenza) degli strati inferiori dell'atmosfera | |
| CALPOST | Postprocessore che consente di elaborare i dati di output forniti da CALPUFF, in modo da ottenere i risultati in un formato adatto alle esigenze dell'utente | CALPOST |
| CALPUFF | È un modello di dispersione 'a puff' multistrato non stazionario. È in grado di simulare il trasporto, la dispersione, la trasformazione e la deposizione degli inquinanti, in condizioni meteorologiche variabili spazialmente e temporalmente. CALPUFF è in grado di trattare diverse tipologie di sorgente emissiva, in base essenzialmente alle caratteristiche geometriche: sorgente puntiforme, lineare, areale, volumetrica | CALPUFF |
| Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale | Istituto che si occupa di protezione ambientale, delle emergenze ambientali e di ricerca. È inoltre l'ente di indirizzo e di coordinamento delle Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente (ARPA) | ISPRA |
| Rete MicroMeteorologica | Rete costituita da stazioni con dotazione strumentale avanzata, a supporto della valutazione e previsione della qualità dell'aria. | RMM |
| Sound Plan | Software previsionale per simulazioni acustiche, in grado di rappresentare le reali condizioni ambientali che caratterizzano il territorio studiato | SP |

| | | |
|---|--|-------------|
| <p>Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico</p> | <p>Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) opera nel campo della difesa del suolo, con particolare riferimento alla difesa delle popolazioni e degli insediamenti residenziali e produttivi a rischio. Il PAI è un piano stralcio di settore, che affronta la problematica relativa alla difesa del suolo ed il suo specifico ambito di competenza è particolarmente indirizzato alla pianificazione organica del territorio mediante la difesa dei versanti e la regimazione idraulica.</p> | <p>PAI</p> |
| <p>Piano gestione Rischio Alluvioni</p> | <p>Strumento operativo previsto per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, per il territorio, per i beni, per l'ambiente, per il patrimonio culturale e per le attività economiche e sociali. Esso deve essere predisposto a livello di distretto idrografico.</p> | <p>PGRA</p> |
| <p>Piano di Risanamento della Qualità dell'Aria</p> | <p>Il Piano di risanamento della qualità dell'aria è lo strumento di pianificazione con il quale la Regione dà applicazione alla direttiva 96/62/CE, direttiva principale in materia di "valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente" e alle successive direttive integrative. Il Piano stabilisce le norme tese ad evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi per la salute umana e per l'ambiente nel suo</p> | <p>PRQA</p> |

| | | |
|--------------------------------|--|-----|
| | complesso, determinati dalla dispersione degli inquinanti in atmosfera. | |
| Sito di Importanza Comunitaria | Un Sito di Importanza Comunitaria (SIC) è un'area naturale, protetta dalle leggi dell'Unione europea che tutelano la biodiversità (flora, fauna, ecosistemi) e che tutti i Paesi europei sono tenuti a rispettare. Possono coincidere o meno con le aree naturali protette (parchi, riserve, oasi, ecc.) istituite a livello statale o regionale. | SIC |
| Zona Speciale di Conservazione | Una zona speciale di conservazione (ZSC), ai sensi della Direttiva Habitat della Commissione europea, è un sito di importanza comunitaria in cui sono state applicate le misure di conservazione necessarie al mantenimento o al ripristino degli habitat naturali e delle popolazioni delle specie per cui il sito è stato designato dalla Commissione europea. | ZSC |
| Autorità di Bacino | Organismo, operante, sui bacini idrografici, considerati come sistemi unitari e ambiti ottimali per le azioni di difesa del suolo e del sottosuolo, il risanamento delle acque, la fruizione e la gestione del patrimonio idrico e la tutela degli aspetti ambientali ad essi connessi, indipendentemente dalle suddivisioni amministrative. | AdB |

| | | |
|-------------------------------|---|-------|
| Bassa Tensione/Media Tensione | Corrente in bassa tensione e in media tensione | BT/MT |
| Monitoraggio ambientale | Comprende l'insieme di controlli, periodici o continui, attraverso la rilevazione e misurazione nel tempo, di determinati parametri biologici, chimici e fisici caratterizzanti le diverse componenti ambientali potenzialmente interferite dalla realizzazione e/o dall'esercizio delle opere. Inoltre, correla gli stati ante-operam, in corso d'opera e post-operam, al fine di valutare l'evolversi della situazione ambientale; garantisce, durante la costruzione, il pieno controllo della situazione ambientale, al fine di rilevare pronta-mente eventuali situazioni non previste e/o criticità ambientali e di predisporre ed attuare tempestivamente le necessarie azioni correttive; verifica l'efficacia delle misure di mitigazione. | MA |
| Ante operam | Indica le condizioni prima dell'inizio delle lavorazioni | AO |
| Corso d'opera | Indica le condizioni durante l'esecuzione dei lavori | CO |
| Post operam | Indica le condizioni all'entrata in esercizio della nuova infrastruttura | PO |
| Modello di simulazione | È uno strumento matematico, sviluppato attraverso l'uso di potenti calcolatori, che permette di rappresentare e studiare | - |

| | | |
|--|---|--|
| | <p>fenomeni reali complessi, mettendo in relazione i diversi elementi che generano i fenomeni stessi. Ad esempio, per lo studio dell'inquinamento atmosferico si utilizzano modelli di simulazione che in base alle fonti dell'inquinamento (emissioni da traffico, da impianti industriali, ecc.), alle condizioni meteorologiche (vento, temperatura, ecc.) ed alle caratteristiche del territorio (città, pianure, valli, rilievi montuosi, ecc.) consentono di stimare sia la quantità di inquinanti nel tempo (concentrazioni orarie, giornaliere, annuali) che la loro distribuzione nello spazio (aree di ricaduta).</p> | |
|--|---|--|

3 LOCALIZZAZIONE E ASPETTI GENERALI DEL PROGETTO

3.1 Inquadramento territoriale

L'area oggetto del presente studio ricade nell'ambito territoriale della "Piana fiorentina e pratese", appartenente in parte alla Città metropolitana di Firenze e in parte alla Provincia di Prato; la Piana Fiorentina oggi viene comunemente indicata come quel territorio che è compreso fra l'area nord-ovest di Firenze, il limite del territorio urbanizzato di Sesto Fiorentino, il corso del fiume Arno e le zone confinanti con la vicina pianura pratese. Il cuore centrale della Piana Fiorentina è rappresentato dall'area compresa fra il sedime attuale dell'aeroporto di Peretola, il limite dell'abitato di Sesto Fiorentino, l'autostrada A11 Firenze-Mare e l'autostrada A1 Milano- Napoli.



Figura 1: Inquadramento territoriale di area vasta

In dettaglio, la linea tranviaria 4.2 costituisce il collegamento dalla stazione Le Piagge all'abitato di San Donnino e da questo fino al centro di Campi Bisenzio

e rappresenta il prolungamento della Linea 4.1 Stazione Leopolda - Le Piagge: insieme costituiscono la linea tranviaria 4, un'opera di importanza strategica che si inserisce nel sistema tranviario fiorentino e che fa parte di un sistema intercomunale che collega il comune di Firenze con il comune di Campi Bisenzio interconnettendosi alla linea 1 in corrispondenza della stazione Leopolda-Porta al Prato. La tratta 4.2 in oggetto ricade amministrativamente nel Comune di Firenze e in quello di Campi Bisenzio.

Si riporta di seguito l'inquadramento territoriale dell'intervento oggetto dello studio ambientale, con evidenziata la linea tranviaria oggetto del presente Studio.

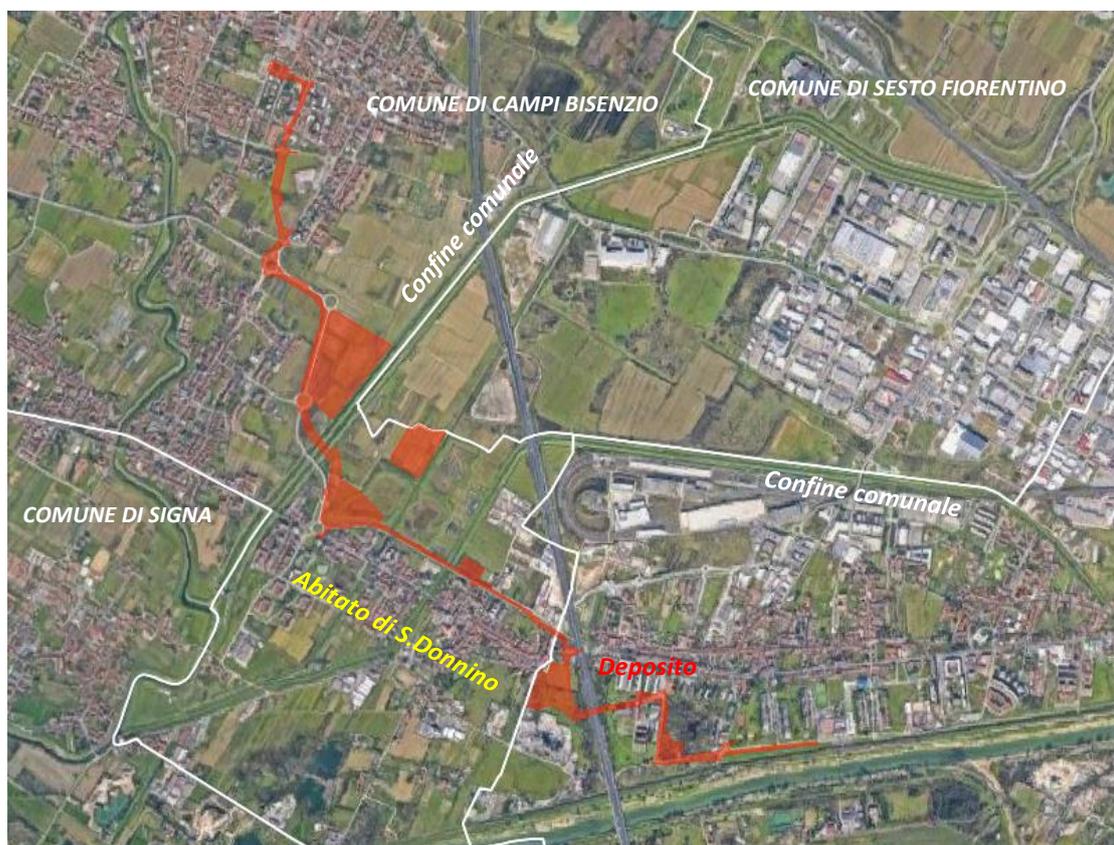


Figura 2 Inquadramento territoriale dell'intervento oggetto di studio. In rosso è riportata l'area di intervento

3.2 Caratteristiche generali della linea di progetto

Il tracciato proposto per la realizzazione della nuova linea tranviaria si sviluppa con l'obiettivo di creare un sistema di trasporto pubblico forte, talvolta anche a discapito di quello privato.

Perché una linea tranviaria possa fare da catalizzatore per gli spostamenti dei cittadini interessati dal suo passaggio, è fondamentale creare un sistema che annulli o riduca il più possibile le interferenze con le altre componenti della mobilità urbana, servizio pubblico su gomma e traffico privato.

Ebbene, per sfruttare al massimo le potenzialità della nuova linea su ferro, il progetto tende a favorire, laddove gli ambiti attraversati lo permettano, l'eliminazione di ogni forma di "concorrenza" al tram da parte degli altri sistemi di trasporto pubblico. Ciò significa che il progetto prevedrà un riassetto complessivo di tutte le linee di trasporto pubblico che attualmente transitano lungo il percorso di progetto, con l'eliminazione delle linee "parallele" al tram e l'interruzione delle linee trasversali, che creeranno un sistema "a pettine" per portare i passeggeri alle fermate del tram. Sarà necessario garantire il maggior numero di passeggeri possibili, aumentare le prestazioni del servizio, garantire un adeguato valore di velocità commerciale e limitare i possibili perditempo lungo il tragitto da un capolinea ad un altro.

È altresì chiaro che l'inserimento della nuova infrastruttura lungo le viabilità attuali comporterà una ridistribuzione funzionale complessiva del settore attraversato: ciò potrà avere come conseguenza la riduzione o l'eliminazione delle corsie di marcia destinate al traffico privato, l'eliminazione di stalli di parcheggio, l'impedimento di alcune manovre interferenti con il tram, la chiusura di alcune viabilità.

La progettazione è stata sviluppata sulla base delle seguenti linee guida:

- Minimizzazione dell'impatto della sede tranviaria sulla circolazione primaria e secondaria;
- Minimizzazione dell'impatto della nuova infrastruttura sul patrimonio arboreo esistente;
- Minimizzazione dell'impatto sui sistemi di sosta esistenti;
- Adattamento delle tecnologie tramviarie e delle finiture al contesto ambientale;
- Integrazione della tranvia con i sistemi di mobilità attiva (pedonale e ciclabile);
- Abbattimento delle barriere architettoniche.

4 MOTIVAZIONI DELL'OPERA

Come sopra accennato, oggetto principale della progettazione è il miglioramento dell'offerta di mobilità pubblica da e verso il capoluogo Fiorentino con un sistema di trasporto alternativo a quello su gomma, al fine di ridurre il traffico veicolare che investe il centro e tutta l'area limitrofa ad esso.

Questo obiettivo dovrà essere raggiunto garantendo:

- la realizzazione dei nuovi collegamenti secondo i migliori standard di sicurezza ed efficienza;
- l'aumento dell'offerta di intermodalità mediante il collegamento tra le nuove linee tramviarie ed i parcheggi nuovi e/o esistenti oltre ai collegamenti con percorsi ciclopeditoni nuovi e/o esistenti;
- il migliore inserimento delle nuove opere nel rispetto del territorio e di tutti i vincoli in esso esistenti (assetto geologico/geomorfologico, assetto idraulico, vincoli paesaggistici, monumentali, collegamenti infrastrutturali etc.);
- il miglior inserimento delle nuove opere nel contesto ambientale, con l'individuazione degli impatti e delle misure di mitigazione e compensazione, e la scelta di tecnologie e materiali che consentano la realizzazione/gestione delle opere secondo principi di basso impatto ambientale;
- una elevata qualità dei componenti utilizzati e dei manufatti realizzati (materiale rotabile, fermate, depositi, segnaletica etc.);
- la ricerca della maggiore economicità sia in relazione ai costi di costruzione che di gestione e manutenzione delle opere, mediante l'impiego delle migliori tecnologie presenti sul mercato, ovviamente nel rispetto della piena compatibilità con il sistema tramviario fiorentino già esistente e/o in fase di realizzazione e progettazione.

5 ALTERNATIVE VALUTATE E SOLUZIONE PROGETTUALE PROPOSTA

L'attività di PFTE di fase B ha permesso di elaborare ed analizzare le possibili opzioni progettuali, a partire dagli studi di fattibilità a base gara e da quanto emerso dalla prima fase di analisi (fase A del PFTE).

1.1 Opzioni di tracciato analizzate

Il primo step di detta elaborazione è stato quindi l'analisi in successione di tutti i nodi fondamentali del tracciato, individuati nella fase di analisi critica; ciò ha permesso di individuare, tra le possibili opzioni risolutive, quelle ritenute più soddisfacenti in merito ai criteri progettuali determinati.

Le varie opzioni elaborate sono state quindi messe a confronto mediante la compilazione di tabelle comparative, in riferimento a un insieme di parametri sensibili opportunamente definiti.

In tal modo, nel primo step di analisi sono state stabilite alcune scelte di base qui di seguito sintetizzate.

- **Sottoattraversamento autostrada A1:** La valutazione è stata condotta mettendo a confronto i tracciati passanti per 3 diversi sottopassi esistenti, da sud verso nord: il sottopasso ubicato lungo l'asse di via degli Abruzzi attualmente inutilizzato, il sottopasso di via Pistoiese e quello della S.R.66 (nuova Pistoiese). Dal confronto è emerso che, pur implicando la necessità di inserire un tratto di linea in esercizio banalizzato (singolo binario) a causa della sua luce non sufficiente, risulta tecnicamente preferibile usare il sottopasso posto più a nord (S.R.66). Le altre due opzioni presentano infatti problematiche legate all'interferenza con il traffico, i pubblici servizi e la necessità di espropriare e demolire alcuni fabbricati.

- Ubicazione fermata S. Donnino: Sono state analizzate due opzioni di posizionamento della fermata, rispettivamente a sud e a nord della S.R.66. L'ubicazione a sud è risultata più confacente alle necessità di accessibilità dall'abitato di S. Donnino e quindi preferibile.
- Viabilità In Rotatoria Pistoiese: Dal momento che il tracciato attraversa l'importante nodo stradale di confluenza tra la S.R. 66, la via Pistoiese e la via di Brozzi, è stata analizzata l'opzione di modificare l'assetto dell'intersezione introducendo un incrocio semaforizzato al posto dell'attuale rotatoria. L'analisi ha permesso di evidenziare che è preferibile mantenere lo stato attuale di circolazione rotatoria anche dopo l'inserimento della linea tramviaria.
- S.R.66 Pistoiese: Nella tratta in rilevato tra la fermata S. Donnino e la fermata Castagno, sono state analizzate entrambe le opzioni di posizionamento della tranvia a sud o a nord della S.R.66. Ne è conseguito che il migliore compromesso tra le varie esigenze risulta essere raggiunto con la tranvia ubicata a Nord della S.R. 66, che quindi sarà attraversata dai binari subito a valle della fermata S. Donnino.
- Intersezione rotonda di San Donnino: Per questo nodo è stata messa a confronto la soluzione proveniente dai precedenti studi di fattibilità con una ottimizzazione elaborata al fine di limitare l'interferenza con la viabilità e migliorare le caratteristiche del tracciato tranviario. È quindi risultato che l'alternativa di tracciato sviluppata risulta essere vantaggiosa, anche tenendo conto dell'inserimento del parcheggio scambiatore in corrispondenza della fermata Castagno.
- Parcheggio scambiatore A1: è stata segnalata l'opportunità di servire anche l'area del futuro parcheggio scambiatore in prossimità dell'autostrada A1, che andrebbe a costituire un'alternativa a quello di villa Costanza lungo la linea 1.

Il parcheggio si collocherebbe nel territorio di Sesto, nella fascia compresa tra l'Osmannoro e l'abitato di Campi Bisenzio, ad ovest dell'A1. Tale opzione va a costituire un'importante variante di tracciato, alternativa a quella portata avanti dai precedenti studi, che meglio serve l'abitato di S. Piero a Ponti. I due tracciati alternativi risultanti, denominati quindi "S.Piero" e "A1", sono stati portati avanti nei successivi step di valutazione afferenti alla medesima fase B.

5.1 Alternative di tracciato finali

Attraverso il procedimento sopra descritto, si è pervenuti alle alternative progettuali finali di fase B, denominate rispettivamente S. PIERO e A1.

I due tracciati e le relative caratteristiche principali sono riportati nelle figure seguenti.

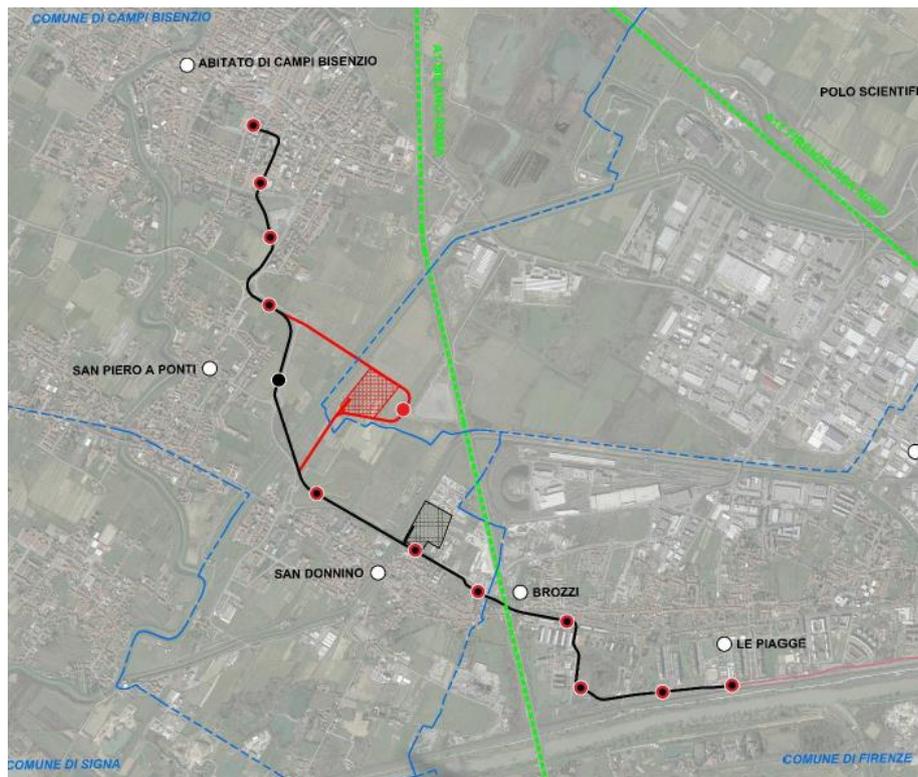


Figura 3 - Alternative di tracciato fase B

Le analisi specialistiche eseguite hanno quindi valutato per ognuna delle alternative gli aspetti inerenti alla compatibilità ambientale e urbanistica, all'efficacia in termini trasportistici, al rapporto tra benefici e costi.

La finalità principale di dette analisi in fase B è stata quella di fornire elementi oggettivi non tanto in termini assoluti quanto in termini relativi per una comparazione più approfondita tra le alternative progettuali.

Analisi di compatibilità ambientale

Di seguito si riporta il riepilogo dell'analisi degli impatti e della verifica della compatibilità con gli strumenti urbanistici svolta, evidenziando in particolare, le differenze tra le alternative di tracciato sopra definite, qualora presenti e significative.

Impatti territoriali ed ambientali

| IMPATTO AMBIENTALE | Linea 4.2 Alternativa "S.Piero" | Linea 4.2 Alternativa "A1" |
|---|--|--|
| Aree Naturali Protette e Siti Natura 2000 | <i>Interferenza di 1060 m circa; frammentazione minore dell'area protetta</i> | <i>Interferenza di 1290 m ca.; frammentazione maggiore dell'area protetta</i> |
| Vincolo Idrogeologico | <i>Nessuna interferenza</i> | <i>Nessuna interferenza</i> |
| Pericolosità da alluvione fluviale | <i>P1 Pericolosità da alluvione bassa</i> | <i>P1 Pericolosità da alluvione bassa</i> |
| | <i>P2 Pericolosità da alluvione media</i> | <i>P2 Pericolosità da alluvione media</i> |
| | <i>P3 Pericolosità da alluvione elevata - interferenza puntuale</i> | <i>P3-Pericolosità da alluvione elevata - interferenza puntuale</i> |
| Pericolosità da processi geomorfologici di versante | <i>Nessuna interferenza</i> | <i>Nessuna interferenza</i> |
| Pericolosità da frana | <i>Nessuna interferenza</i> | <i>Nessuna interferenza</i> |
| Vincoli paesaggistici | <i>Immobili ed aree di notevole interesse pubblico" art.136 del D.Lgs. 42/2004; "Territori coperti da foreste e da boschi, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco, e quelli sottoposti a vincolo di rimboscimento" (art.142. c.1, lett. g).</i> | <i>Immobili ed aree di notevole interesse pubblico" art.136 del D.Lgs. 42/2004; "Territori coperti da foreste e da boschi, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco, e quelli sottoposti a vincolo di rimboscimento" (art.142. c.1, lett. g).</i> |
| Vincoli storici-archeologici | <i>Nessuna interferenza</i> | <i>Nessuna interferenza</i> |
| Siti contaminati e potenzialmente contaminati | <i>Nessuna interferenza diretta</i> | <i>Nessuna interferenza diretta</i> |
| Ricettori sensibili | <i>Presenza di ricettori sensibili lungo il tracciato</i> | <i>Presenza di ricettori sensibili lungo il tracciato</i> |

Come evidente dalla tabella riepilogativa sopra riportata, le due alternative possono considerarsi analoghe dal punto di vista degli aspetti ambientali analizzati.

Verifica di compatibilità urbanistica

| COMPATIBILITÀ URBANISTICA | Linea 4.2 Alternativa "S. Piero" | Linea 4.2 Alternativa "A1" |
|--|---|---|
| Destinazioni urbanistiche - Disciplina del suolo e degli insediamenti RU Firenze | - <i>Ambito dell'insediamento recente (Zona B);</i> - Aree di trasformazione: ▪ ATs 08/09.17 Tramvia Linea 4; ▪ ATa 09.08 Campania; ▪ ATa 09.06 Pistoiese. | - <i>Ambito dell'insediamento recente (Zona B);</i> - Aree di trasformazione: ▪ ATs 08/09.17 Tramvia Linea 4; ▪ ATa 09.08 Campania; ▪ ATa 09.06 Pistoiese. |
| Destinazioni urbanistiche - RU Campi Bisenzio | - <i>Viabilità urbana e territoriale esistente e di progetto;</i> - <i>Parcheggi pubblici;</i> - <i>Verde pubblico attrezzato;</i> - <i>Verde di rispetto;</i> - <i>Aree residenziali di nuova definizione (Zona C);</i> - <i>Aree per l'istruzione;</i> - <i>Corsi idrici;</i> - <i>Aree soggette a P.M.U.</i> - <i>Casse di espansione.</i> | - <i>Viabilità urbana e territoriale esistente e di progetto;</i> - <i>Parcheggi pubblici;</i> - <i>Verde pubblico attrezzato;</i> - <i>Verde di rispetto;</i> - <i>Aree residenziali di nuova definizione (Zona C);</i> - <i>Aree per l'istruzione;</i> - <i>Corsi idrici;</i> - <i>Aree soggette a P.M.U.</i> - <i>Casse di espansione.</i> |
| Destinazioni urbanistiche - Articolazione del territorio - RU Sesto Fiorentino | L'alternativa non ricade nel Comune di Sesto Fiorentino | Il Deposito ricade nel Comune di Sesto Fiorentino ed interferisce con: - <i>Aree agricole di pianura</i> |
| Vincolo aeroportuale | <i>Interferenza parziale Zona C</i> | <i>Interferenza parziale Zona C</i> |
| Vincolo di rispetto di sorgenti e punti di captazione | <i>Interferenza "zona di rispetto"</i> | <i>Interferenza "zona di rispetto"</i> |
| Vincolo cimiteriale | <i>Nessuna interferenza</i> | <i>Nessuna interferenza</i> |

Per quanto riguarda invece la compatibilità con gli strumenti urbanistici previsti dai Comuni interferiti dalle alternative di progetto della Linea 4.2 la tabella riepilogativa sopra riportata mostra la sostanziale equiparabilità delle due alternative in esame.

Analisi costi-benefici

L'Analisi Costi - Benefici ha evidenziato la convenienza economico sociale dell'intervento per entrambe le alternative progettuali considerate; i valori

confermano la fattibilità del progetto con un rapporto Costi/Benefici superiore per quel che riguarda l'Alternativa S.Piero.

Analisi costi-ricavi

Come richiesto da capitolato nel PFTE di fase B è stata effettuata l'analisi Costi-Ricavi per le diverse alternative progettuali al fine di individuare la percentuale di copertura dei costi relativi all'estensione della Linea 4 fino a Campi Bisenzio secondo le diverse alternative di tracciato con i ricavi da traffico. Secondo il D.Lgs. n. 422 del 1997 il rapporto tra ricavi da traffico e costi operativi deve essere superiore al 35 per cento.

Complessivamente, a fronte di un ammontare complessivo di costi operativi pari a 43,4 milioni di euro per l'Alternativa "S. Piero" e 49,5 milioni di euro per l'Alternativa "A1", i ricavi da traffico sono risultati pari rispettivamente a 17,4 e 15,7 milioni di euro.

La quota di domanda di progetto - calcolata come differenziale tra lo scenario programmatico che prevede la Linea 4 fino a Le Piagge e le diverse alternative progettuali "S.Piero" e "A1" di prolungamento della linea tranviaria fino a Campi Bisenzio - copre rispettivamente il 39,9% ed il 31,7% dei costi operativi dell'estensione 4.2 della Linea Tram.

Solo l'alternativa progettuale "S. Piero" riportava una copertura dei costi superiore al vincolo minimo del 35% imposto dal Ministero.

A seguito delle analisi svolte e brevemente riportate, recepite le indicazioni di natura tecnica fornite dagli ENTI interessati dalla realizzazione della nuova infrastruttura, è stata selezionata, come alternativa di progetto su cui basare la successiva fase C di progettazione, l'Alternativa denominata "S.Piero".

Gli sviluppi progettuali successivi, a seguito delle sopravvenute considerazioni tecniche e del recepimento dei diversi pareri da parte degli enti e delle amministrazioni competenti, hanno condotto al progetto della linea come descritto nel capitolo a seguire e nel quale si rileva lo spostamento dell'area destinata a Deposito, inizialmente ubicato in un'area del comune di Campi Bisenzio situata a nord della via Pistoiese, e successivamente spostato in un'area del comune di Firenze compresa tra l'ex inceneritore San Donnino a sud, la via Pistoiese a nord e l'autostrada ad est.



Figura 4 - Area di ubicazione del deposito

6 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

6.1 Descrizione generale del tracciato

Il tracciato della linea 4.2 si sviluppa per circa 5,3 km, dalla fermata capolinea Piagge della linea 4.1 al centro abitato di Campi Bisenzio, interessando i territori comunali di Firenze, Campi Bisenzio, e parzialmente quello di Sesto Fiorentino.

La morfologia del territorio compreso tra Le Piagge e Campi si presenta regolare nell'andamento planimetrico con una quota di campagna costante intorno ai 36m slm, lungo tutta la previsione del tracciato. I dislivelli presenti sono di origine antropica, in prevalenza rilevati stradali, argini e sistemi di casse di espansione.

La linea si sviluppa all'interno di tessuti urbani variegati, cittadini come all'interno dell'abitato di Campi Bisenzio, alle Piagge e a Brozzi, ed extraurbani tra San Donnino e San Piero a Ponti.

Questa nuova linea tranviaria nasce come prolungamento della linea 4.,1 Leopolda – Piagge anch'essa in fase di progettazione.

Il tracciato della linea 4.2, dalla fermata capolinea della linea 4.1 si svilupperà nell'area delle Piagge su via Lazio, via San Donnino, via Campania e via Abruzzi attraverserà l'autostrada A11 sfruttando un sottopasso esistente. Tramite un tratto in area non urbanizzata in affiancamento all'autostrada giungerà all'incrocio con via Pistoiese. In questa area non urbanizzata, posta al di sopra dell'attuale inceneritore, si prevede la realizzazione del nuovo deposito rimessaggio a servizio del sistema tranviario. Nel tratto sopracitato si prevede la realizzazione di 4 fermate: Nave di Brozzi, Campania, Abruzzi e San Donnino.

Dall'incrocio con via Pistoiese la linea si svilupperà in direzione SR 66 e tramite l'estensione del rilevato stradale esistente, proseguirà per quasi tutta l'estensione dell'SR66 in affiancamento alle corsie esistenti.

Successivamente, la linea si svilupperà lungo un'area verde e mediante la realizzazione di un ponte tranviario oltrepasserà il fosso Reale e si ricongiungerà al tracciato stradale esistente in prossimità della rotatoria su viale Roti.

Da lì il tracciato proseguirà in affiancamento alla viabilità esistente in direzione centro abitato di Campi Bisenzio, passando nell'area verde ad Ovest di via Palagetta per poi intersecare via Giordano Bruno.

Nel tratto dalla SR66 a via G. Bruno si prevede la realizzazione di 5 fermate: Pistoiese, Castagno, Repubblica, Racchio e Palagetta.

Da via Giordano Bruno la linea si svilupperà nel centro abitato di Campi Bisenzio su via Botticelli e via Ghirlandaio per giungere al capolinea in Piazza Aldo Moro. In quest'ultimo tratto sono previste 2 fermate: Giordano Bruno ed il Capolinea Rucellai.

Il tracciato sopracitato è stato progettato tutto in sede riservata (doppio binario) ad eccezione di un tratto in promiscuo in via Sandro Botticelli.

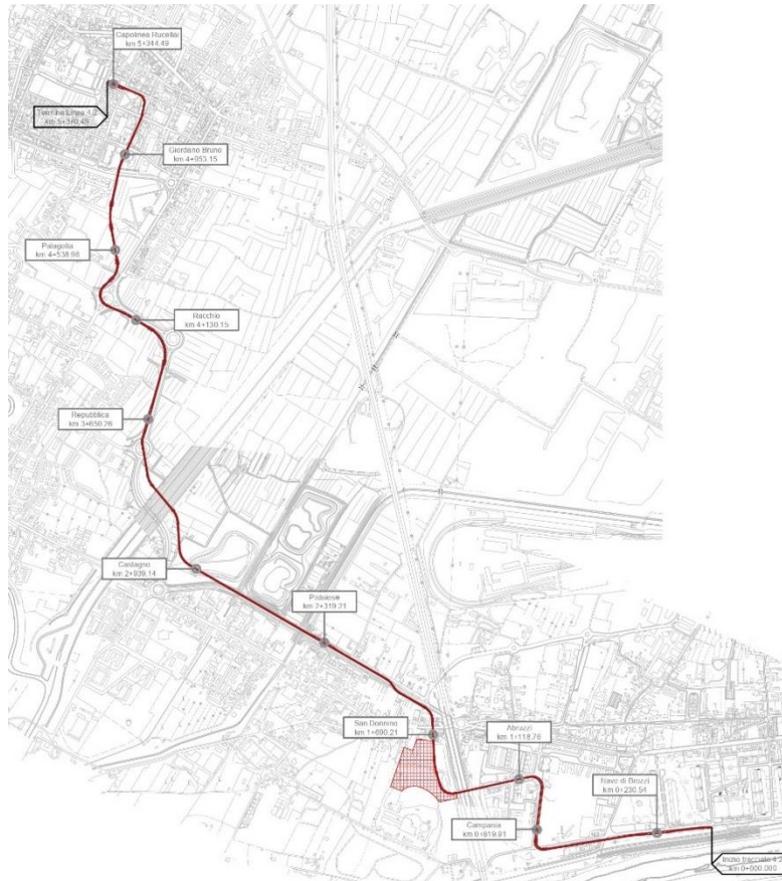


Figura 5 - Corografia generale linea 4.2

6.2 La cantierizzazione delle opere

Nel progetto della cantierizzazione sono state valutate la tipologia del tessuto urbano dell'area interessata, la sua funzione territoriale e soprattutto le interferenze con la viabilità esistente e con l'ambiente attraversato, con particolare attenzione agli insediamenti ed alle attività presenti.

Nell'ambito di tale progetto, sono state quindi individuate le fasi esecutive dell'opera tenendo conto dei seguenti input esecutivi:

- attenzione agli inconvenienti riguardanti la penalizzazione del traffico esistente, in base al quale nella successiva fase progettuale dovrà essere

redatto un apposito calendario dei lavori da rendere noto ai cittadini, per consentire la pianificazione del traffico gommato;

- individuazione delle aree di cantiere definita sulla base delle esigenze legate alle varie tipologie di opere, dell'esame dei collegamenti con la viabilità esistente e dell'accesso all'area logistica;
- utilizzo della viabilità esistente o creazione di adeguate piste di cantiere nelle aree poco antropizzate al fine di garantire un agevole collegamento tra le varie area di lavoro.

Affinché la cantierizzazione non abbia un impatto eccessivamente negativo sullo svolgimento delle attività presenti lungo le aree di cantiere e sugli elevati flussi di traffico, sia pedonale che veicolare, le lavorazioni andranno eseguite per fasi, sia in senso trasversale che in senso longitudinale, avendo l'accortezza di attivare percorsi viabilistici alternativi per sopperire alla chiusura delle aree interessate dalle lavorazioni.

La cantierizzazione della linea 4.2 e delle opere connesse in base alla posizione delle stesse e al tessuto urbano presente, è stata concepita individuando 10 macrocantieri:

- Macrocantiere A via Lazio via San Donnino fino a incrocio via Campania nel comune di Firenze;
- Macrocantiere B via Campania via Abruzzi fino al sottopasso Autostradale esistente;
- Macrocantiere C dal sottopasso A11 fino all'incrocio con la SR66;
- Macrocantiere D tratto adiacente alla SR66;
- Macrocantiere E dalla SR66 fino alla rotatoria di via Roti comprensivo dell'attraversamento sul fosso Reale;
- Macrocantiere F dalla rotatoria di viale Roti fino a via Giordano Bruno;

- Macrocantiere G via Giordano Bruno via Botticelli via Ghirlandaio nel centro abitato di Campi Bisenzio;
- Macrocantiere H parcheggi scambiatori rispettivamente in via Lazio, nell'area compresa tra il Fosso Macinante e via Manderi ed in prossimità della rotatoria sulla SR66.
- Macrocantiere L deposito rimessaggio in prossimità dell'area verde posta a Nord dell'inceneritore;
- Macrocantiere M aree di compensazione idraulica presenti in prossimità del Fosso Reale e del Canale Gavine.

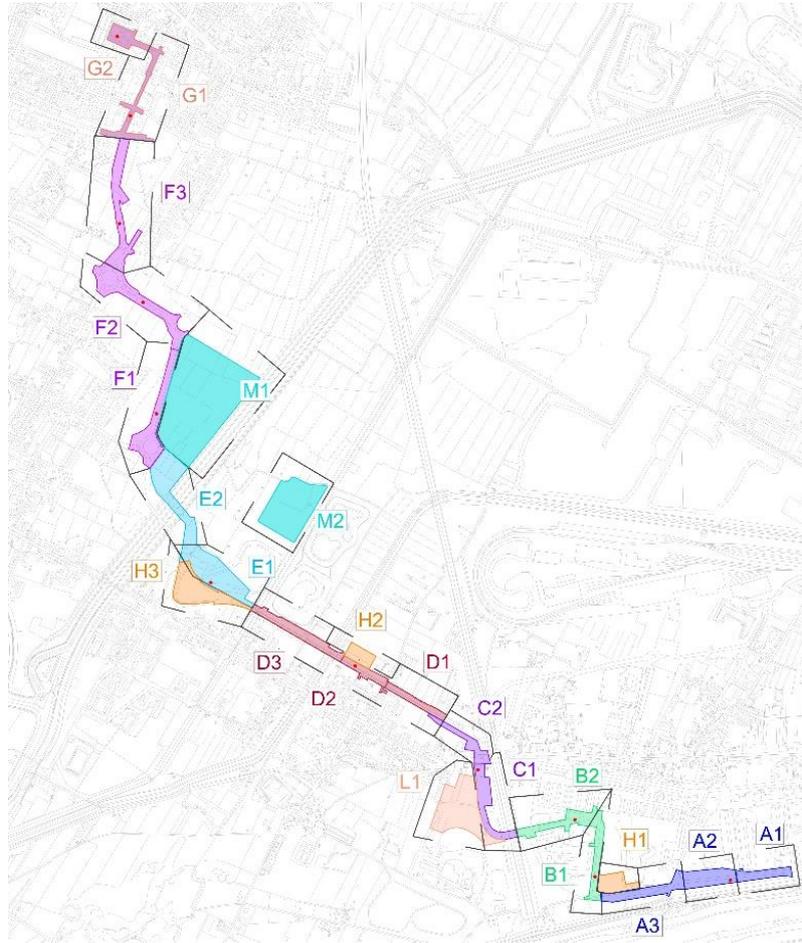


Figura 6 - corografia macrocantieri linea 4.2

Le fasi attuative per la realizzazione delle opere, come mostrato nella figura soprastante, sono state divise in sette macroaree di cantiere, a loro volta suddivise in sottoaree:

| Macro Cantiere | Sottoaree di cantiere | Lunghezza/Area | Comune |
|----------------|-----------------------|----------------|----------------|
| A | A1 | 740 m | Firenze |
| | A2 | | Firenze |
| | A3 | | Firenze |
| B | B1 | 600 m | Firenze |
| | B2 | | Firenze |
| C | C1 | 630 m | Firenze |
| | C2 | | Campi Bisenzio |

| | | | |
|---|----------|-----------|----------------|
| D | D1 | 805 m | Campi Bisenzio |
| | D2 | | Campi Bisenzio |
| | D3 | | Campi Bisenzio |
| E | E1 | 690 m | Campi Bisenzio |
| | E2 | | |
| F | F1 | 1400 m | Campi Bisenzio |
| | F2 | | Campi Bisenzio |
| | F3 | | Campi Bisenzio |
| G | G1 | 515 m | Campi Bisenzio |
| | G2 | | Campi Bisenzio |
| H | H1 H2 H3 | 32000 mq | Firenze |
| L | L1 | 32000 mq | Campi Bisenzio |
| M | M1 | 100000 mq | Campi Bisenzio |
| | M2 | 34000 mq | Campi Bisenzio |

Contemporaneità e viabilità alternative

Come già preannunciato, al fine di limitare l'impatto dei cantieri sulla viabilità pubblica è stata individuata nel cronoprogramma e negli elaborati specifici di cantierizzazione, la sequenza di attivazione e la durata dei vari cantieri.

Sulla base del cronoprogramma è stato individuato il mese più critico relativamente alla contemporaneità delle lavorazioni, corrispondente al mese 10.

Nell'elaborato specifico di contemporaneità e viabilità alternative sono stati individuati con cadenza mensile:

- lo stato dei cantieri attivi e il tipo di lavorazioni in atto;
- eventuali direttrici di viabilità pubblica garantite in fase di cantiere;
- eventuali percorsi alternativi individuati;
- le viabilità di accesso al cantiere da parte dei mezzi d'opera.

Come anticipato il periodo più critico per l'impatto sulla viabilità è stato individuato al decimo mese di lavorazione:

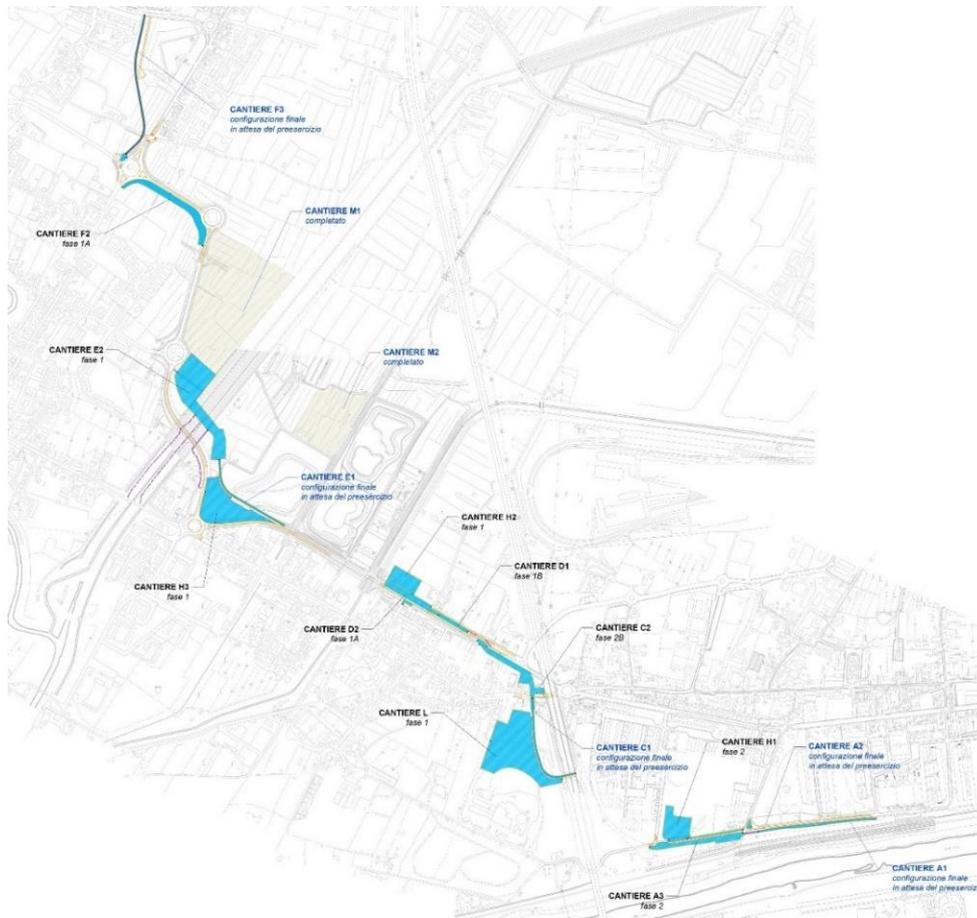


Figura 7 - Contemporaneità mese 10

Nella cantierizzazione della linea 4.2 si prevede la predisposizione di apposite aree sia con funzione logistica che per lo stoccaggio provvisorio di medio-lungo termine dei materiali, nonché per il ricovero dei mezzi d'opera.

Tali aree sono state individuate presso:

- L'area di cantiere del futuro Deposito in prossimità dell'inceneritore (cantiere L)
- Il parcheggio scambiatore Castagno (cantiere H3)
- L'area limitrofa alla sponda destra e sinistra del Fosso Reale (cantiere E2)

Nel cantiere H3, in corrispondenza dell'area del futuro parcheggio scambiatore Castagno, è stata individuata la posizione del campo base nel quale oltre ai servizi sopra indicati saranno presenti anche dormitori, uffici e mensa.

Sono state individuate inoltre delle apposite aree di stoccaggio temporaneo terre presso:

- Cantiere H1, parcheggio scambiatore di via Lazio, 2 depositi 25x20x5 m.
- Cantiere C1, area temporaneamente espropriata nella fascia verde adiacente all'autostrada, 5 depositi 25x20x5 m.
- Cantiere L, area del futuro Deposito in prossimità dell'inceneritore, 6 depositi 25x20x5 m
- Cantiere H2, parcheggio scambiatore Pistoiese, 6 depositi 20x20x5 m.
- Cantiere H3, parcheggio scambiatore Castagno, 8 depositi 25x20x5 m
- Cantiere E2, area temporaneamente espropriata nella fascia verde al di sotto della cassa di espansione, 10 depositi 25x20x5

Le aree di stoccaggio saranno preparate e livellate in modo da facilitare lo scarico, il carico e l'ispezione dei materiali. La pavimentazione sarà realizzata con pietrisco stabilizzato di cava; tra il terreno e la pavimentazione verrà montato uno strato di geotessile non tessuto di separazione, al fine di ristabilizzare la superficie vergine del terreno alla fine della lavorazione.

Per i mezzi meccanici presenti, verranno realizzate delle piazzole di sosta specifiche con pavimentazione impermeabile al fine di scongiurare la caduta di grassi o oli idrocarburi sul terreno e quindi la filtrazione nelle acque di falda.

Si prevedono inoltre varie aree di stoccaggio materiale provvisorio in piccole zone presso i cantieri di linea dove poter stoccare materiale di immediato utilizzo.

In tutti i cantieri saranno presenti WC chimici e baracche di cantiere.

In merito all' idoneità delle reti esterne dei servizi atti a soddisfare le esigenze connesse alla cantierizzazione dell' intervento da realizzare si precisa che essendo le aree di cantiere previste in ambito urbano si ritiene che le reti esterne esistenti (sottoservizi e viabilità) siano idonee alla cantierizzazione dell' opera in esame.

Si evidenzia gli allacci alle reti di sottoservizi esistenti saranno necessari nell' area del campo base (cantiere H3) e saranno previsti probabilmente in tutte le aree logistiche principali.

7 STIMA DEGLI IMPATTI AMBIENTALI, MISURE DI MITIGAZIONE, DI COMPENSAZIONE E DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

L'obiettivo di questa sezione è quello di illustrare i potenziali impatti sulle componenti ambientali significative e sulla salute dei cittadini, dovuti alla realizzazione della linea tranviaria in oggetto sulle componenti ambientali significative, sia durante la fase di cantiere che di esercizio dell'opera. La valutazione degli impatti è stata effettuata in relazione ai criteri di sensibilità ambientale dell'area direttamente ed indirettamente interferita dal progetto nonché della portata dell'impatto, dell'ordine di grandezza e della sua complessità, della probabilità dell'impatto e della sua durata, frequenza e reversibilità.

In accordo con le disposizioni di legge, si propone di seguito una "check list" di analisi in merito agli impatti esplicitati e previsti rispettivamente per la fase di cantiere e di esercizio dell'infrastruttura. Pertanto, le componenti ambientali analizzate, per le quali si rende necessario descrivere gli impatti attesi, sono:

- Rumore;
- Vibrazioni;
- Campi elettromagnetici;
- Ambiente idrico;
- Suolo e sottosuolo;
- Atmosfera e qualità dell'aria;
- Vegetazione, flora e fauna.

7.1 RUMORE

7.1.1 Inquadramento acustico

La classificazione acustica, redatta nel rispetto della normativa vigente, è basata sulla suddivisione del territorio in zone omogenee corrispondenti alle classi individuate dal D.P.C.M. 14.11.1997. Per ciascuna classe acustica in cui è suddiviso il territorio, sono definiti i valori limite di emissione, valori limite di immissione, valori di attenzione ed i valori di qualità, distinti per il periodo diurno (ore 6.00 – 22.00) e notturno (ore 22.00 – 6.00).

| Classe | Limiti immissione | | Limiti emissione | |
|--------|-------------------|----------|------------------|----------|
| | Giorno | Notte | Giorno | Notte |
| I | 50 dB(A) | 40 dB(A) | 45 dB(A) | 35 dB(A) |
| II | 55 dB(A) | 45 dB(A) | 50 dB(A) | 40 dB(A) |
| III | 60 dB(A) | 50 dB(A) | 55 dB(A) | 45 dB(A) |
| IV | 65 dB(A) | 55 dB(A) | 50 dB(A) | 50 dB(A) |
| V | 70 dB(A) | 60 dB(A) | 65 dB(A) | 55 dB(A) |
| VI | 70 dB(A) | 70 dB(A) | 65 dB(A) | 65 dB(A) |

Tabella 1 - Limiti da DPCM 14/1997

Il Comune di Firenze ha approvato in via definitiva il Piano di Classificazione Acustica del territorio come previsto dalla Legge n°447 del 26 ottobre 1995 con delibera del Consiglio Comunale n.12 del 16/02/2004. Successivamente è stato adottato l'aggiornamento del PCCA con Deliberazione N. DC/2022/00021.

Comune di Campi Bisenzio ha approvato in via definitiva il Piano di Classificazione Acustica del territorio come previsto dalla Legge n°447 del 26 ottobre 1995 Delibera del C.C. n.172 del 29/11/2004.

Nella figura sottostante si riporta il quadro di unione delle zonizzazioni comunali di Firenze e Campi Bisenzio all'interno dell'area di studio (500 metri per lato a partire dal binario esterno) dove verrà realizzata la nuova linea tramviaria.

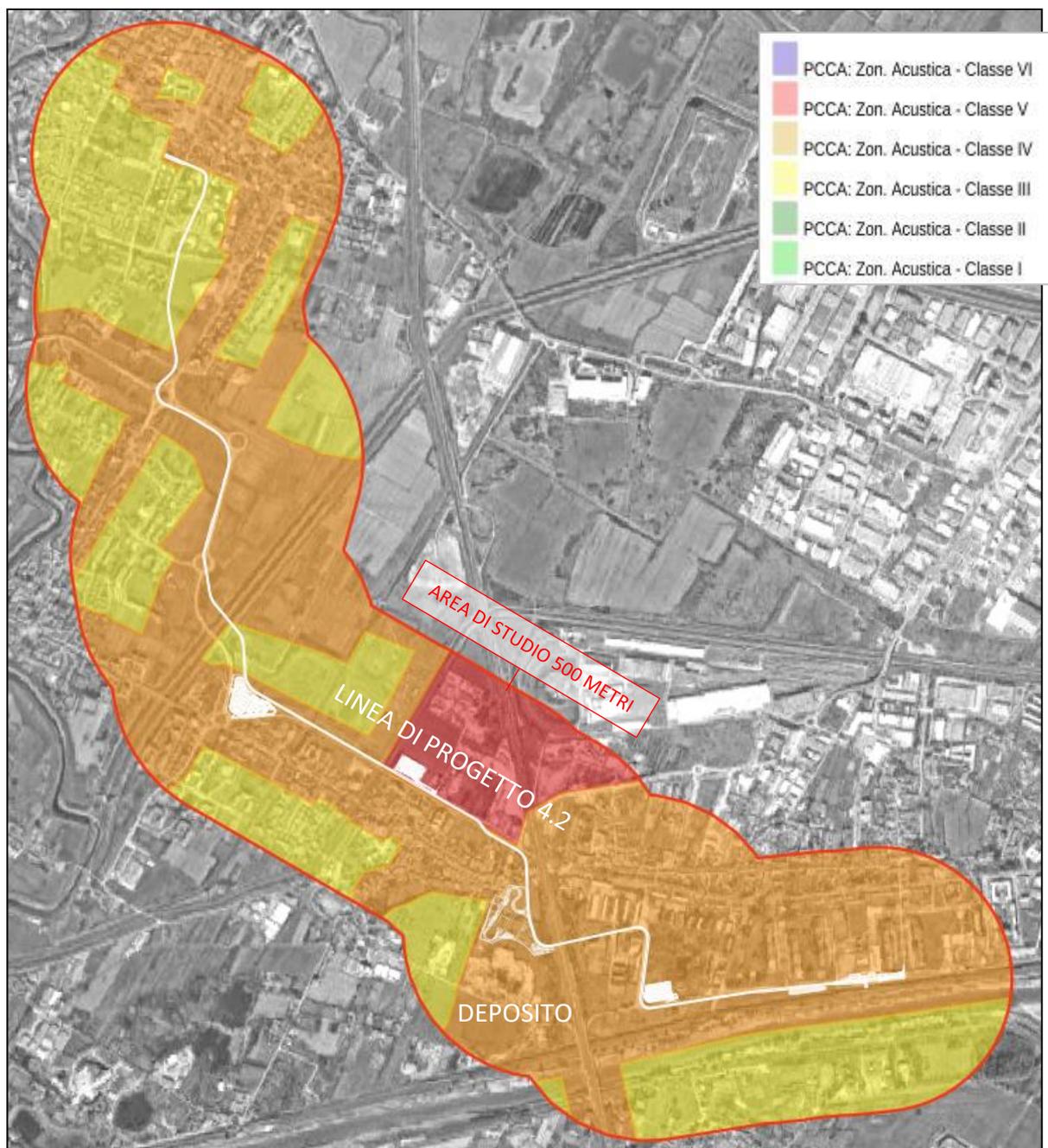


Figura 8 – Inquadramento acustico della nuova linea tramviaria

Dalla lettura dello stralcio delle cartografie della zonizzazione acustica risulta che l'area interessata dal percorso della linea 4.2 ricade per la maggioranza dei ricettori in classe IV (Area ad intensa attività umana), un discreto numero di ricettori in classe III nella zona del centro città di Campi Bisenzio ed un numero minore di ricettori in classe V. L'area del tracciato tranviario ricade in classe III, IV e V pertanto saranno considerati per i ricettori nelle fasce limitrofe al tracciato i limiti riportati nella tabella di seguito.

Per i ricettori sensibili verrà considerato il rispetto del limite imposto dalla classe II di 55dB(A) in periodo diurno e 45dB(A) in periodo notturno.

Si riporta di seguito la tabella di inquadramento dei limiti in base alla destinazione d'uso del ricettore ed alla collocazione all'interno del PCCA:

| LIMITI ESTERNI IN FACCIATA | | | |
|--|--------|-----------------------------|-------------------------------|
| Ricettori | Classe | Limite diurno di immissione | Limite notturno di immissione |
| Residenziali | III | 60 dB(A) | 50 dB(A) |
| | IV | 65 dB(A) | 55 dB(A) |
| | V | 70 dB(A) | 60 dB(A) |
| Sensibili – Ospedali, case di cura | II | 55 dB(A) | 45 dB(A) |
| Sensibili - Scolastici (per le scuole vale il solo limite diurno) | II | 55 dB(A) | --- |
| Commerciali / Artigianali | III | 60 dB(A) | --- |
| | IV | 65 dB(A) | --- |
| | V | 70 dB(A) | --- |
| Box, ruderi, edifici dismessi | III | --- | --- |
| | IV | --- | --- |
| | V | --- | --- |

Tabella 2 - Limiti classi acustiche

7.1.2 Concorsualità con altre infrastrutture e calcolo dei limiti concorsuali

Per individuare i limiti che ciascun ricettore deve rispettare si considera quanto indicato all'interno del PCCA in termini di classi acustiche e nel DMA 29/11/2000. Come evidenziato nei riferimenti normativi, i limiti di riferimento variano in funzione del tipo

di ricevitore cui si fa riferimento e del numero di sorgenti presenti sul territorio che possono definirsi concorsuali con quella oggetto di analisi.

Per quanto riguarda le sorgenti concorsuali, per il caso in studio, è stata considerata come sorgente concorsuale, sia la linea ferroviaria Bologna - Firenze, considerando il proprio limite di riferimento e la propria classe acustica ai sensi del DPR n. 459 del 18/11/1998, sia l'Autostrada A1, considerando il proprio limite di riferimento e la propria classe acustica ai sensi del DPR n. 142 del 30/03/2004.

Nel caso specifico, sono stati considerati soggetti alla concorsualità tutti quei ricettori che ricadono all'interno delle fasce A e B di pertinenza delle infrastrutture concorsuali (Linea Ferroviaria Bologna – Firenze e Autostrada A1).

I valori limite di riferimento sono stati calcolati imponendo che la somma dei contributi *egualmente ponderati* non superasse il valore della sorgente avente massima immissione.

Concorsualità tram con un'infrastruttura

| FASCE ACUSTICHE / PCCA | | Limiti tram | | Limiti Infrastruttura 2 | | Limiti concorsuali | |
|------------------------|------------------|-------------|----------|-------------------------|----------|--------------------|-------------|
| Tram | Infrastruttura 2 | diurno | notturno | diurno | notturno | Giorno | Notte |
| V | A | 70 | 60 | 70 | 60 | 67,0 | 57,0 |
| | B | 70 | 60 | 65 | 55 | 68,8 | 58,8 |
| IV | A | 65 | 55 | 70 | 60 | 63,8 | 53,8 |
| | B | 65 | 55 | 65 | 55 | 62,0 | 52,0 |
| III | A | 60 | 50 | 70 | 60 | 59,6 | 49,6 |
| | B | 60 | 50 | 65 | 55 | 58,8 | 48,8 |
| II | A | 55 | 45 | 70 | 60 | 54,9 | 44,9 |
| | B | 55 | 45 | 65 | 55 | 54,6 | 44,6 |

Tabella 7-3 – Calcolo dei limiti concorsuali (tram + una infrastruttura)

Concorsualità tram con due infrastrutture

| FASCE ACUSTICHE / PCCA | | | Limiti tram | | Infrastruttura 2 | | Infrastruttura 3 | | Limiti concorsuali | |
|------------------------|------------------|------------------|-------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|--------------------|-------------|
| Tram | Infrastruttura 2 | Infrastruttura 3 | diurno | notturno | diurno | notturno | diurno | notturno | Giorno | Notte |
| V | A | A | 70 | 60 | 70 | 60 | 70 | 60 | 65,2 | 55,2 |
| | A | B | 70 | 60 | 70 | 60 | 65 | 55 | 66,4 | 56,4 |
| | B | B | 70 | 60 | 65 | 55 | 65 | 55 | 67,9 | 57,9 |
| | B | A | 70 | 60 | 65 | 55 | 70 | 60 | 66,4 | 56,4 |
| IV | A | A | 65 | 55 | 70 | 60 | 70 | 60 | 61,4 | 51,4 |
| | A | B | 65 | 55 | 70 | 60 | 65 | 55 | 62,9 | 52,9 |
| | B | B | 65 | 55 | 65 | 55 | 65 | 55 | 60,2 | 50,2 |
| | B | A | 65 | 55 | 65 | 55 | 70 | 60 | 62,9 | 52,9 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|---|---|----|----|----|----|----|----|------|------|
| III | A | A | 60 | 50 | 70 | 60 | 70 | 60 | 56,8 | 46,8 |
| | A | B | 60 | 50 | 70 | 60 | 65 | 55 | 58,5 | 48,5 |
| | B | B | 60 | 50 | 65 | 55 | 65 | 55 | 56,4 | 46,4 |
| | B | A | 60 | 50 | 65 | 55 | 70 | 60 | 58,5 | 48,5 |
| II | A | A | 55 | 45 | 70 | 60 | 70 | 60 | 51,9 | 41,9 |
| | A | B | 55 | 45 | 70 | 60 | 65 | 55 | 53,7 | 43,7 |
| | B | B | 55 | 45 | 65 | 55 | 65 | 55 | 51,8 | 41,8 |
| | B | A | 55 | 45 | 65 | 55 | 70 | 60 | 53,7 | 43,7 |

Tabella 7-4 – Calcolo dei limiti concorsuali (tram + due infrastrutture)

I limiti riportati si riferiscono a edifici residenziali; in caso di edifici adibiti ad attività commerciali o uffici saranno considerati unicamente i valori diurni, in quanto relativi al periodo di riferimento in cui è prevista la permanenza di persone. Per quanto concerne Ospedali, Case di Cura o di Riposo, i limiti da rispettare saranno nel caso di concorsualità con la classe II. Per i fabbricati scolastici tali limiti saranno applicati solo nel periodo diurno.

Si riporta di seguito lo stralcio planimetrico con individuazione delle fasce di pertinenza ferroviaria (A:100m e B:150m) ed autostradali (A:100m e B:150m) calcolate rispettivamente dall'asse del binario più esterno.



Comune di Firenze

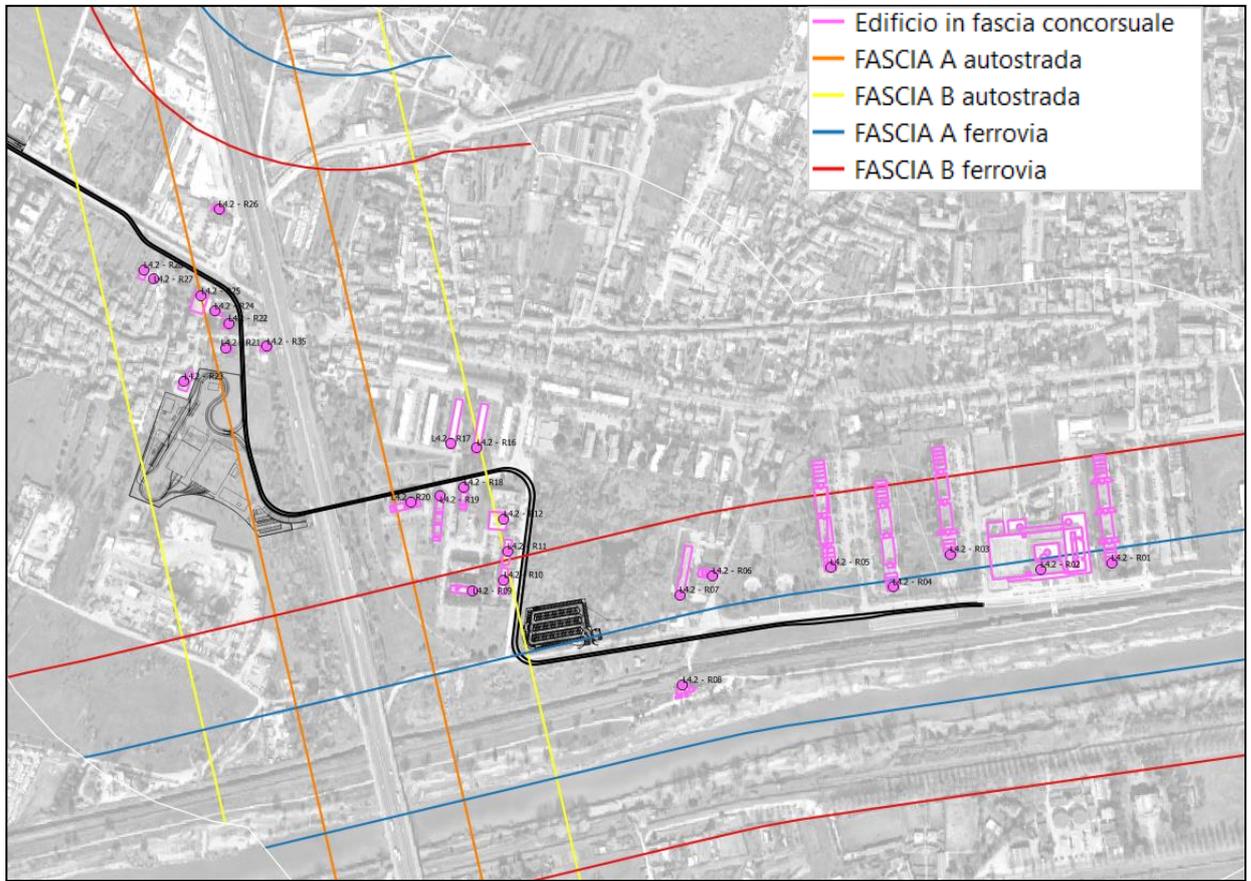


Figura 7-9 – Fasce acustiche ferroviarie e autostradali concorsuali all'area di studio dell'opera di progetto

Di seguito si riporta la tabella con i limiti concorsuali ricalcolati per i ricettori compresi all'interno delle fasce acustiche della linea ferroviaria e dell'autostrada A1.

| CARATTERISTICHE RICETTORE | | | Classe acustica PCCA (DPCM 14/11/1997) | Fascia acustica concorsuale autostrada | Fascia acustica concorsuale ferrovia | Limiti Normativi | |
|---------------------------|-------------|--------------|--|---|---|------------------|-------------------|
| ID Ricettore | Piano | Destinazione | | | | Diurno dB(A) | Notturno dB(A) |
| L4.2 - R01 | piano terra | RES | Classe IV | --- | A | 63,8 | 53,8 |
| L4.2 - R01 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | A | 63,8 | 53,8 |
| L4.2 - R02 | piano terra | COM | Classe IV | --- | A | 63,8 | 53,8 |
| L4.2 - R02 | piano 1 | COM | Classe IV | --- | A | 63,8 | 53,8 |
| L4.2 - R03 | piano terra | RES | Classe IV | --- | B | 62 | 52 |
| L4.2 - R03 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | B | 62 | 52 |
| L4.2 - R04 | piano terra | RES | Classe IV | --- | A | 63,8 | 53,8 |
| L4.2 - R04 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | A | 63,8 | 53,8 |
| L4.2 - R05 | piano terra | RES | Classe IV | --- | B | 62 | 52 |
| L4.2 - R05 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | B | 62 | 52 |
| L4.2 - R06 | piano terra | RES | Classe IV | --- | B | 62 | 52 |
| L4.2 - R06 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | B | 62 | 52 |
| L4.2 - R07 | piano terra | RES | Classe IV | --- | B | 62 | 52 |
| L4.2 - R07 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | B | 62 | 52 |
| L4.2 - R08 | piano terra | RES | Classe IV | --- | A | 63,8 | 53,8 |
| L4.2 - R08 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | A | 63,8 | 53,8 |
| L4.2 - R09 | piano terra | RES | Classe IV | B | B | 60,2 | 50,2 |
| L4.2 - R09 | piano 1 | RES | Classe IV | B | B | 60,2 | 50,2 |
| L4.2 - R10 | piano terra | RES | Classe IV | B | B | 60,2 | 50,2 |
| L4.2 - R10 | piano 1 | RES | Classe IV | B | B | 60,2 | 50,2 |
| L4.2 - R11 | piano terra | RES | Classe IV | --- | B | 62 | 52 |
| L4.2 - R11 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | B | 62 | 52 |
| L4.2 - R12 | piano terra | COM | Classe IV | B | --- | 62 | 52 |
| L4.2 - R12 | piano 1 | COM | Classe IV | B | --- | 62 | 52 |
| L4.2 - R16 | piano terra | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 |
| L4.2 - R16 | piano 1 | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 |
| L4.2 - R17 | piano terra | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 |
| L4.2 - R17 | piano 1 | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 |
| L4.2 - R18 | piano terra | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 |
| L4.2 - R18 | piano 1 | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 |



| CARATTERISTICHE RICETTORE | | | Classe acustica PCCA (DPCM 14/11/1997) | Fascia acustica concorsuale autostrada | Fascia acustica concorsuale ferrovia | Limiti Normativi | |
|---------------------------|-------------|--------------|--|---|---|------------------|-------------------|
| ID Ricettore | Piano | Destinazione | | | | Diurno dB(A) | Notturno dB(A) |
| L4.2 - R19 | piano terra | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 |
| L4.2 - R19 | piano 1 | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 |
| L4.2 - R20 | piano terra | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 |
| L4.2 - R20 | piano 1 | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 |
| L4.2 - R21 | piano terra | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 |
| L4.2 - R21 | piano 1 | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 |
| L4.2 - R22 | piano terra | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 |
| L4.2 - R22 | piano 1 | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 |
| L4.2 - R23 | piano terra | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 |
| L4.2 - R23 | piano 1 | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 |
| L4.2 - R24 | piano terra | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 |
| L4.2 - R24 | piano 1 | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 |
| L4.2 - R25 | piano terra | COM | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 |
| L4.2 - R25 | piano 1 | COM | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 |
| L4.2 - R26 | piano terra | COM | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 |
| L4.2 - R26 | piano 1 | COM | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 |
| L4.2 - R27 | piano terra | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 |
| L4.2 - R27 | piano 1 | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 |
| L4.2 - R28 | piano terra | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 |
| L4.2 - R28 | piano 1 | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 |
| L4.2 - R35 | piano terra | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 |

Tabella 5 - Limiti concorsuali

7.1.3 Censimento dei ricettori

I ricettori analizzati sono stati suddivisi in base alle destinazioni d'uso di appartenenza abbreviate con le diciture seguenti:

- RES: Edifici residenziali;
- COM: Edifici commerciali / artigianali;
- CHI: Chiese / edifici di culto;
- RUD: Ruder / edifici dismessi;

- HOS: Ospedali / case di cura;
- SCH: Scuole / Istituti scolastici.

Le tabelle con i livelli sono suddivise con le seguenti informazioni:

- ID Ricettore: codice ricettore individuato da un codice alfanumerico L 4.2 - XXX dove **L4.2** è un numero che indica la linea tramviaria ed **XXX** è il numero progressivo del ricettore;
- Piano fuori terra;
- Destinazione d'uso del ricettore (RES, COM, SCH ecc.);
- Classe acustica di appartenenza secondo PCCA;
- Fascia acustica concorsuale;
- Limiti normativi esterni: limiti di immissione diurno e notturno;
- Livelli in facciata: Livelli Leq in facciata in dB(A) diurni e notturni + incertezza estesa (U);
- Impatto residuo in facciata: Differenza tra Leq in facciata e limite;
- Confronto con i limiti: esito del confronto (entro/oltre i limiti diurni e notturni);
- Impatto residuo interno: confronto con i limiti interni (solo per edifici residenziali /scolastici/ospedalieri che presentano superamenti in facciata).

Ricettori sensibili

Nell'analisi dell'inquadramento sono stati presi in considerazione i ricettori sensibili, quali strutture scolastiche e sanitarie presenti su una fascia di 500 metri ai lati dal tracciato.

Di seguito l'elenco dei ricettori sensibili individuati all'interno delle fasce di studio di 500 metri.

| Id. | Tipo ricettore | Descrizione | Limite Diurno | Limite Notturno |
|-------------|------------------|--|---------------|-----------------|
| L4.2 - R14 | sensibile/scuola | Scuola dell'infanzia Luigi Capuana | 55 | --- |
| L4.2 - R84 | sensibile/scuola | Scuola materna San Giusto | 55 | --- |
| L4.2 - R113 | sensibile/scuola | Scuola dell'infanzia Hans Christian Andersen | 55 | --- |
| L4.2 - R114 | sensibile/scuola | Scuola primaria Fra Ristoro | 55 | --- |
| L4.2 - R138 | sensibile/scuola | Scuola materna Mahatma Ghandi | 55 | --- |
| L4.2 - R139 | sensibile/scuola | Scuola primaria Vamba | 55 | --- |
| L4.2 - R140 | sensibile/scuola | Scuola media Statale "Giovanni Verga" | 55 | --- |
| L4.2 - R141 | sensibile/scuola | Scuola media Statale F. Matteucci | 55 | --- |
| L4.2 - R142 | sensibile/scuola | Asilo nido | 55 | --- |

Tabella 6 – Edifici sensibili



Figura 10 – Inquadramento edifici sensibili (giallo) lungo la Linea 4.2 (nero)

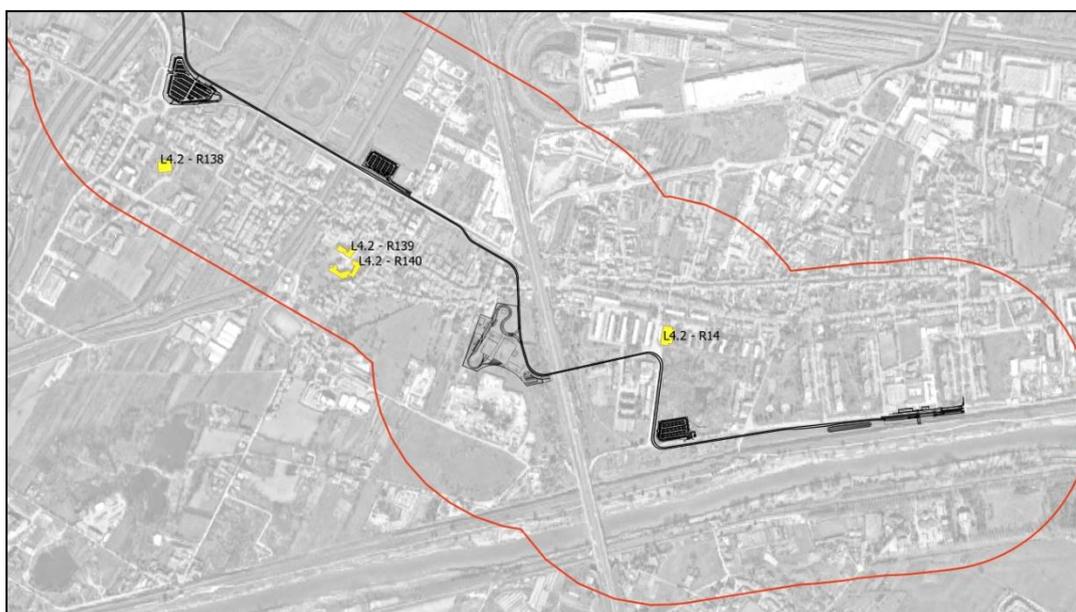


Figura 11 – Inquadramento edifici sensibili (giallo) lungo la Linea 4.2 (nero)

7.1.4 Metodologia di lavoro adottata per la valutazione

In relazione al quadro normativo di riferimento e stabilito i limiti acustici della linea tramviaria, la valutazione previsionale dell'impatto acustico dell'opera in oggetto sarà impostata con riferimento al rispetto dei limiti normativi vigenti tramite il confronto fra Stato di Attuale e Stato di Progetto. Inoltre, si procederà ad eseguire il confronto dello scenario futuro senza la realizzazione della linea tramviaria.

Ante e Post Operam

La rumorosità nell'area soggetta ad ospitare il nuovo tracciato tramviario è stata valutata allo stato attuale ed in fase di esercizio considerando, nel primo caso l'impatto dovuto ai flussi di traffico attualmente presenti, mentre nel secondo è stato valutato l'effetto congiunto della linea tramviaria e dei flussi di traffico attesi. Inoltre, è stato valutato anche lo scenario futuro senza la realizzazione della linea.

Lo studio è stato condotto utilizzando i seguenti approcci metodologici:

- qualitativo (mediante realizzazione di apposite Mappe acustiche e Mappe dei confronti) per quanto riguarda la valutazione dei livelli di pressione sonora presenti ai ricettori ubicati all'interno di una fascia di 500m per lato della linea tramviaria.

Sono state realizzate le seguenti mappe tematiche:

| Mappe Acustiche | Periodo |
|--|------------------|
| Stato Attuale 2019 | Periodo Diurno |
| Stato Attuale 2019 | Periodo Notturno |
| Stato di Progetto 2025 con Linea | Periodo Diurno |
| Stato di Progetto 2025 con Linea | Periodo Notturno |
| Stato di Progetto 2025 senza Linea | Periodo Diurno |
| Stato di Progetto 2025 senza Linea | Periodo Notturno |
| Stato di Progetto 2025 con solo la Linea | Periodo Diurno |
| Stato di Progetto 2025 con solo la Linea | Periodo Notturno |

| Mappe dei Confronti | Periodo |
|---|------------------|
| Stato di Progetto2025 con e senza Linea | Periodo Diurno |
| Stato di Progetto2025 con e senza Linea | Periodo Notturno |

Tabella 7– Elenco Elaborati Grafici relativi Ante e Post operam

- quantitativo (puntuale) per quanto riguarda la valutazione in facciata a tutti i ricettori presenti nelle fasce di 500m, ossia ricettori sensibili, ricettori rilevanti e altri ricettori. In questo caso si è proceduto al calcolo dei livelli equivalenti di pressione sonora (diurni e notturni) presenti presso specifici ricevitori virtuali, posti in facciata ai ricettori sensibili e a tutti quei ricettori che si affacciano sull'opera e archi stradali. In totale sono stati considerati 142:
 - Per i ricettori non sensibili: 2 piani fuori terra quindi 2 punti ricevitore virtuale uno (piano terra) a 1,60m di altezza dal piano campagna ed il secondo (piano 1) a 4,00m di altezza dal piano di campagna entrambi ad 1 m dalla facciata.
 - Per i ricettori sensibili: il numero esatto dei piani fuori terra del ricettore, considerando il ricevitore del piano terra a 1,60 m di altezza dal piano campagna ed i ricevitori dei piani superiori a metà del piano (piano 1, 2, 3 ecc.) tutti considerati ad 1 m dalla facciata.

Corso d'opera

Per quanto concerne l'impatto dovuto alla fase di realizzazione dell'opera si è proceduto a simulare la propagazione dell'onda sonora generata dal cantiere (operante in periodo diurno) sia nella condizione peggiore, ovvero con tutti i mezzi d'opera in funzione contemporaneamente al fine di simulare la "mezz'ora peggiore", sia nella condizione media di lavoro per valutare il livello diurno generato dalle attività. Infine, si è proceduto ad eseguire la simulazione acustica del cantiere tenendo in considerazione il mutamento del traffico dovuto alla sua presenza.

| Mappe Acustiche | Sorgenti |
|---|--|
| Emissione di Cantiere Livelli equivalenti Previsti | Attività di cantiere media |
| Emissione di Cantiere Livelli Massimi Previsti | Attività di cantiere massima |
| Mappe Acustiche | Sorgenti |
| Immissione di Cantiere Livelli equivalenti Previsti | Attività di cantiere media e traffico di riferimento |
| Immissione di Cantiere Livelli Massimi Previsti | Attività di cantiere media e traffico di riferimento |

Tabella 8– Elenco Elaborati Grafici relativi al Corso d’opera

Lo studio è stato effettuato utilizzando il software specifico SoundPLAN che è in grado di valutare il rumore emesso da vari tipi di sorgenti utilizzando vari standard selezionabili dall’operatore a seconda della situazione in esame. Il software previsionale acustico suddetto è in grado di eseguire l’analisi della propagazione sonora nell’ambiente esterno sulla base delle relazioni contenute nella norma ISO 9613 per quanto riguarda la modellizzazione di sorgenti puntiformi, lineari, superficiali, per la modellizzazione di strade, autostrade e percorsi stradali e per la realizzazione di ferrovie e tramvie.

Verifica del rispetto dei limiti vigenti

Per quanto concerne lo stato attuale e di progetto, relativamente alla fascia di studio, si è proceduto valutando il limite di immissione relativo alla classe di appartenenza di ciascun ricettore. Inoltre, è stato tenuto conto anche della concorsualità con la linea ferroviaria e con l’infrastruttura autostradale A1, ricalcolando il limite per tutti i ricettori presenti sia all’interno dell’area di studio dell’opera sia all’interno delle fasce acustiche di pertinenza ferroviarie ai sensi del DPR n. 459 del 18/11/1998 ed autostradali ai sensi del DPR n. 142 del 30/03/2004

Per i ricettori sensibili, in cui si è proceduto alla valutazione del rispetto dei limiti fissati per la classe II pari a 55 dB(A) nel periodo diurno e 45 dB(A) nel periodo notturno. Per le scuole nel periodo notturno non sarà considerato.

Tenendo conto delle incertezze che possono essere associate alle stime modellistiche si è proceduto adottando un approccio ampiamente cautelativo, sommando un valore di

incertezza estesa (Ue) di 2,0 dB(A) ai livelli ottenuti dalle simulazioni, in modo da valutare conformi solo i livelli che non superano i limiti con aggiunta del valore di incertezza.

Per le aree di espansione residenziale, oltre al valore di incertezza estesa (Ue) di 2,0 dB(A), è stato aggiunto un valore pari a +3,0 dB(A) dovuto al contributo della riflessione in facciata del possibile edificio di nuova costruzione all'interno dell'area, al fine di simulare il livello in facciata possibile.

7.1.5 Monitoraggio ante operam

A supporto dello studio si è provveduto ad effettuare il monitoraggio fonometrico con misure di tipo settimanale e giornaliero. Si è provveduto quindi a valutare la rumorosità attuale lungo il futuro asse tramviario e presso alcuni ricettori sensibili presenti nella fascia di studio.

Il monitoraggio fonometrico ha quindi avuto nel caso in esame la finalità sia di monitorare il clima acustico dell'area prima della realizzazione della linea tranviaria sia per tarare e calibrare il modello di simulazione in merito alla componente traffico veicolare.

Le campagne di rilevamento sono state effettuate utilizzando tre diverse tipologie di misure:

- misura di tipo G (giornaliera), della durata di 24 ore, con postazione fissa assistita parzialmente da operatore.
- misura di tipo S (settimanale), della durata di 7 giorni, con postazione fissa non assistita da operatore.

I rilievi ed i certificati di misura sono stati eseguiti da Tecnico Competente in Acustica Ambientale, come indicato dalla Legge 447/95 all'art. 2 commi 6 e 7.

Di seguito la cartografia con le postazioni di indagine.

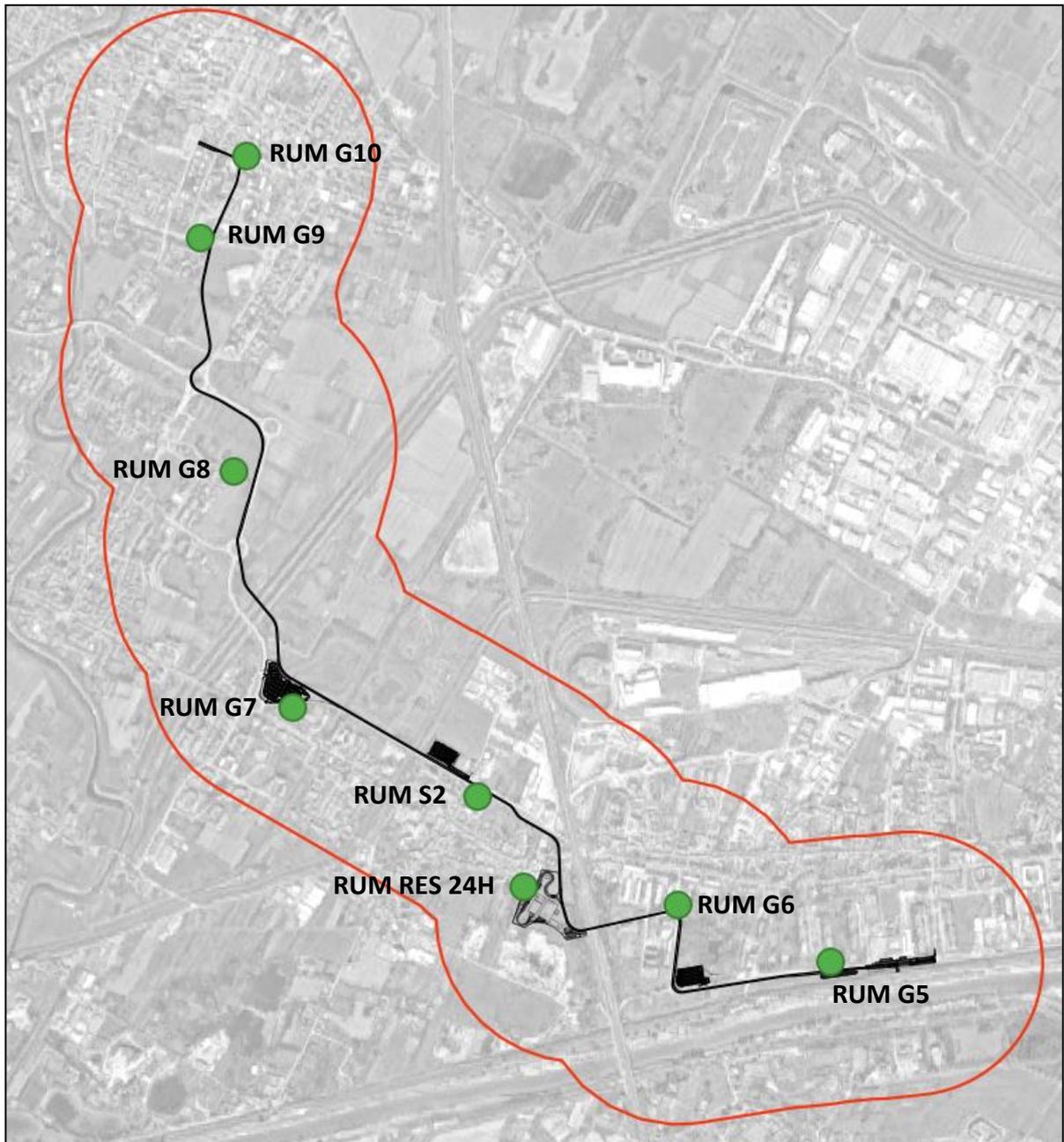


Figura 12 – Postazioni di indagini fonometriche tipo G (Giornaliere), tipo S (Settimanali)

7.1.6 Valutazione previsionale impatto acustico in fase di realizzazione

L'alterazione del clima acustico durante le fasi di realizzazione dell'opera è riconducibile alle fasi di approntamento delle aree di cantiere e della viabilità di accesso alle stesse, alle lavorazioni ed al trasporto di materiali da costruzione al cantiere e dei materiali di risulta verso le aree di stoccaggio.

Durante la realizzazione dell'opera si verificano emissioni acustiche di tipo continuo, dovute agli impianti fissi, e discontinuo dovuti al transito dei mezzi di trasporto e dei mezzi di cantiere ruspe, betoniere, rulli, finitrici, etc. La movimentazione dei materiali comporta, invece, un'emissione distribuita lungo la viabilità stradale esistente. La valutazione previsionale delle emissioni acustiche delle lavorazioni e dei traffici indotti dalle attività di cantiere ha lo scopo principale di evidenziare l'eventuale manifestarsi di episodi di emergenza acustica onde consentire l'adozione di opportune misure di mitigazione dell'impatto.

Tali indagini previsionali saranno in seguito supportate da misure di campo effettuate durante la fase di cantiere per verificare se mettere in atto ulteriori misure di mitigazione degli impatti acustici effettivamente prodotti al fine di salvaguardare la salute umana.

I cantieri sono stati progettati con l'obiettivo prioritario di minimizzare il traffico di mezzi d'opera sulla rete stradale esistente. A tale scopo è stato previsto un sistema logistico di viabilità dedicata all'attività dei cantieri che si sviluppa lungo l'asse della nuova strada. Si sottolinea come allo stato attuale, in fase di progettazione definitiva, non si possa disporre delle informazioni di dettaglio inerenti la tipologia ed il numero dei mezzi impiegati, la metodologia e la durata delle attività lavorative e più in generale le modalità di funzionamento dei cantieri (sia mobili che fissi) che saranno dislocati sul tracciato di progetto dell'opera. Questi dati costituiscono l'elemento indispensabile per la quantificazione e la successiva valutazione dei livelli di rumore attesi presso i ricettori

maggiormente esposti, senza il quale non è possibile fornire indicazioni attendibili in tale senso.

Scenario di esecuzione delle attività

Trascurando la successiva fase di armamento, il cui impatto acustico è sicuramente inferiore rispetto alla fase di costruzione dell'infrastruttura, si considera che le sorgenti sonore siano sostanzialmente raggruppabili in macchine operatrici ed in mezzi adibiti al trasporto.

Le prime hanno una distribuzione spaziale abbastanza prevedibile e delimitata, mentre i secondi si distribuiscono lungo l'intero percorso che collega la zona di lavorazione con i siti di origine e destinazione dei materiali trasportati (rispettivamente cave e discariche).

Per ciascuna tipologia di macchine di cantiere è stata valutata l'emissione sonora tipica (livelli di potenza sonora delle sorgenti in dB(A), e da questa, tramite il modello di calcolo previsionale SoundPlan, è stato possibile stimare i livelli sonori cui verranno esposti gli edifici prospicienti il tratto di linea in costruzione. Per quanto riguarda la determinazione dei valori di emissione si deve precisare che tale attività ha richiesto una preventiva schematizzazione delle lavorazioni relative ad un tipico cantiere di costruzione, sulla base delle informazioni desumibili dal progetto.

Sono state quindi adottate alcune ipotesi, di seguito descritte che schematizzano e semplificano la fase di costruzione dell'opera. Si ipotizzano quindi le fasi di lavoro standard necessarie per la realizzazione di una infrastruttura quale la tramvia. Le attività necessarie alla realizzazione dell'opera dipendono dalla tipologia progettuale della linea e pertanto si distinguono tra viadotto e rilevato. In corrispondenza dei sottocantieri di ciascun cantiere si svolgono diverse attività che possono essere considerate suddivise nelle seguenti fasi temporali:

- taglio e rimozione della pavimentazione stradale esistente, sbancamento
- stesa strati;

- compattazione;
- getto del sottofondo;
- posa del materiale antivibrante;
- getto della soletta in CLS armato flottante;
- collocazione delle piastre d'attacco e delle rotaie
- finitura superficiale e realizzazione della pavimentazione

Poiché la massima emissione sonora si sviluppa nel corso delle prime tre fasi, che danno luogo alla massima attività di mezzi da cantiere, l'analisi è stata effettuata solo con riferimento allo svolgimento di tali lavorazioni (fase di massima rumorosità).

Sulla base di queste ipotesi, la zona sorgente di rumore è stata assunta cautelativamente pari ad un tratto di linea tranviaria in costruzione di 300 m (all'interno di questa tratta si suppone coesistano le attività di tre sottocantieri, ciascuno dei quali adibito rispettivamente a sbancamento, posa strati e livellazione).

Si ipotizza che, in ciascuno dei tre sottocantieri adiacenti, si svolgano le attività relative, nell'ordine, alle prime tre fasi di lavorazione previste. È stato quindi ipotizzato di localizzare in corrispondenza del baricentro di ciascun o dei tre segmenti le sorgenti di rumore relative.

Valutazione del livello di emissione

Nonostante le sorgenti sonore considerate siano tutte di tipo "mobile", e pertanto per le stesse sia lecito considerare la "diluizione" del periodo di effettivo funzionamento (tipicamente 4-8 ore) sull'intera durata del periodo diurno (16 ore), in questo studio si è considerata l'emissione sonora quando tutte le sorgenti sono in funzione. Di ciascuna sorgente sonora, comunque, è indicata anche la durata del periodo di effettivo funzionamento.

Oltre al calcolo dell'emissione media prodotta in base alle ore lavorate, si è proceduto al calcolo dei livelli di pressione massimi attesi in facciata agli edifici nell'ipotesi di

“mezz’ora peggiore”, ovvero nella condizione “tutti i mezzi contemporaneamente accesi ed idealmente localizzati in un’area di cantiere ristretta” quindi il valore massimo istantaneo atteso ai ricettori.

Scenario di lavoro

Come descritto in precedenza per rappresentare i cantieri mobili sono state esaminate le diverse lavorazioni più impattanti che saranno realizzate per la costruzione delle opere. Tale analisi ha portato a definire come segue le diverse lavorazioni in base ai macchinari utilizzati

| Macchine | LwA | LwA Tot dB(A) | N. Mezzi | Ore di lavoro | LwA/h | LwA/h Tot dB(A) |
|----------------------------------|-------|---------------|----------|---------------|-------|-----------------|
| Fresa per asfalti Marini | 110,0 | 114,2 | 1 | 6 | 105,7 | 109,4 |
| Pala meccanica gommata | 107,0 | | 1 | 6 | 102,7 | |
| Livellatrice | 107,0 | | 1 | 6 | 102,7 | |
| Rullo vibro compattatore Dynapac | 108,0 | | 3 | 3 | 100,7 | |

Tabella 7-9 – Potenza Acustica dei mezzi di cantiere complessiva

Come si evince dalle tabelle degli scenari di lavoro, sono state sommate le potenze acustiche delle macchine al fine di poter ottenere un livello complessivo relativo ad ogni lavorazione.

Sono state calcolate le potenze acustiche massime per la valutazione della “mezz’ora peggiore”, ovvero il periodo massimo di impatto con tutte le macchine in funzione contemporaneamente nel momento di maggiore disturbo ai ricettori.

La posizione dei macchinari varierà in modo casuale durante la giornata lavorativa e quindi non è possibile determinare in modo esatto le singole traiettorie. Data la ristrettezza della zona in cui operano le singole macchine è stato ipotizzato che la posizione in corrispondenza della quale si ha la maggiore probabilità di trovare una macchina operatrice è quella relativa all’asse della linea tranviaria.

Oltre alle emissioni relative ai macchinari occorre considerare anche le emissioni relative al trasporto degli inerti al fronte di avanzamento lavori. Questa attività si svolge essenzialmente lungo la viabilità urbana circostante, ed il suo effetto si disperde in modo imprevedibile. Tuttavia, si è assunto che, nelle immediate vicinanze della zona in cui sono in corso le lavorazioni, anche i mezzi adibiti al trasporto si muovano lungo l'asse della linea, facendo impiego della sede della stessa come di una corsia preferenziale di passaggio.

Traffico veicolare durante la fase di cantiere

Considerando anche la variazione del traffico a seguito dell'attività di cantiere, oltre allo scenario di previsione dell'emissione acustica, dovuto all'attività delle macchine di cantiere, sarà valutato anche il contributo dei livelli di immissione ai ricettori, dovuto al contributo del traffico veicolare sulle strade limitrofe.

Risultati simulazione impatto acustico fase di cantiere

Per quanto concerne la fase di corso d'opera, facendo impiego del programma SoundPLAN, è stata ripetuta l'elaborazione della mappatura già impiegata per l'analisi dell'impatto da rumore in fase di esercizio. In questo caso, ovviamente, i livelli di rumore sono molto più elevati. I risultati sono riportati negli allegati in cui è riportato il valore della mezz'ora peggiore e il valore sul periodo diurno considerando i tempi in cui sono attive le macchine operatrici. Si può osservare che, a breve distanza dalla zona di lavorazione, verranno superati i 60 e 65 dB(A).

Sarà dunque necessario, in fase di realizzazione, che per l'esecuzione delle attività di cantiere, venga richiesta ai comuni di Campi Bisenzio e Firenze, l'autorizzazione in deroga per il superamento dei limiti di rumorosità, esplicitamente prevista per le attività di cantiere e le altre attività temporanee dal D.P.C.M. 1° marzo 1991.

In particolare, poiché si prevede che, anche se per brevi periodi, si supereranno i 70 dB(A); sarà necessario per ottenere le deroghe presentare studi specifici sulle singole macchine

che si intende adoperare, con una valutazione più accurata della effettiva emissione delle stesse di quella possibile in questa sede, basata su rilievi sperimentali effettuati sulle macchine destinate ad operare nei cantieri.

Nel presente studio sono stati valutati in dettaglio i livelli di emissione derivante dalle attività di cantiere, sia durante la “mezz’ora peggiore” sia valutando il Leq dB(A) in funzione delle ore di lavoro.

Considerando quanto emerso dai risultati relativi all’emissione acustica generata dai mezzi di cantiere, per il ricettore non sensibile per cui si ha la situazione più critica, si stima un livello in facciata pari a 78,3 dB(A).

In merito all’emissione presso ricettori sensibili si stima come valore massimo di emissione 75,8 dB(A) presso il ricettore L4.2 – R113 Scuola dell’infanzia Hans Christian Andersen, in prossimità dell’area di cantiere dove è prevista la fermata “Giordano Bruno” compresa all’interno della fascia di 30 metri.

In merito ai livelli di immissione previsti, ovvero le emissioni generate dal cantiere sommate al contributo del traffico veicolare, si stimano ovviamente livelli maggiori rispetto all’emissione presso tutti i ricettori.

Per ridurre al minimo le emissioni di rumori, in particolari situazioni dovranno essere posizionate delle pannellature fonoassorbenti mobili, analizzate nei paragrafi seguenti, onde delimitare le zone di lavoro durante la realizzazione delle opere, in modo da mitigare quanto più possibile il rumore in facciata ai ricettori.

Si specifica che i valori risultano ampiamente cautelativi, in quanto prodotto di una simulazione che prevede l’utilizzo di tutte le macchine in tutti i cantieri contemporaneamente, con aggiunta di 2,0 dB(A) di incertezza, ovvero una condizione di lavoro estrema e volta esclusivamente a fornire un livello massimo pronosticabile, ma di difficile realizzazione.

Le considerazioni relative a scenari di lavoro e layout di cantiere più nel dettaglio, ai fini di ottenere livelli in facciata più aderenti al reale scenario di lavoro, dovranno essere analizzati in fasi più avanzate di progettazione, anche allo scopo di un eventuale richiesta di autorizzazione in deroga al comune.

Interventi di mitigazione di cantiere

Al fine di contenere più possibile le emissioni acustiche generate dalle macchine di cantiere in opera, sarà necessario prevedere l'installazione di barriere fonoassorbenti mobili in corrispondenza delle lavorazioni più impattanti.

Come descritto all'interno della relazione tecnica di cantierizzazione, per l'abbattimento dei livelli di emissione in facciata ai ricettori, possono essere installate due tipologie di recinzioni:

- Tipo B, quindi, una recinzione costituita da pannelli fonoassorbenti, con spessore complessivo sull'ordine di 10 cm. Tali pannellature saranno sostenute da strutture in acciaio zincato idoneamente dimensionata per sorreggere eventuali casuali urti e le sollecitazioni meccaniche dovute ad agenti atmosferici. Questa recinzione, di altezza pari a 3,0 metri, potrà essere montata su New-Jersey in c.c.a. prefabbricati collegati fra di loro ed ancorati al suolo, a seconda che il cantiere si sviluppi lungo ad una strada con traffico veicolare o in alternativa con traffico pedonale.

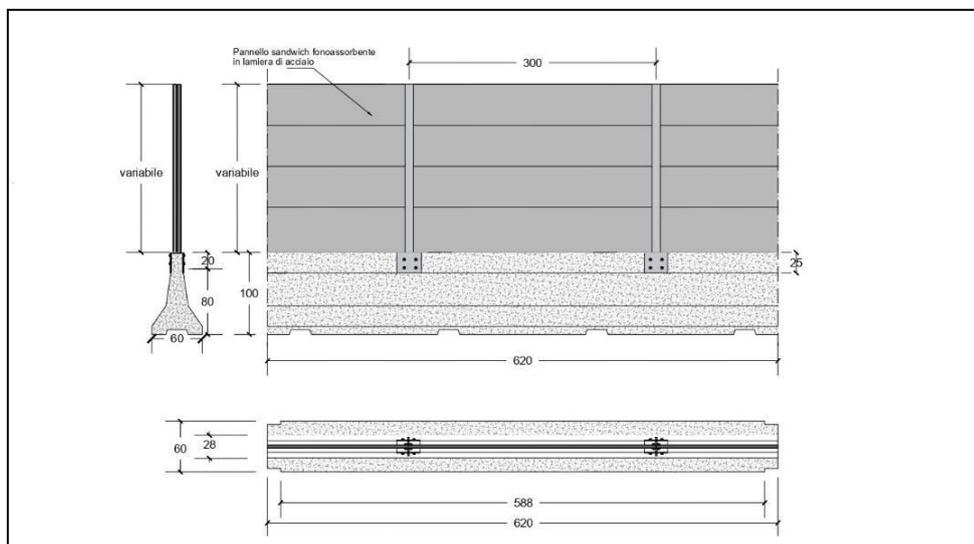


Figura 7-13 – Recinzioni tipo B

- Tipo C recinzione costituita da pannelli in legno montati su New-Jersey in c.c.a. prefabbricati collegati fra di loro ed ancorati al suolo. Recinzione da utilizzare per la delimitazione di aree logistiche e stoccaggi materiali nel quale si richieda un minimo contenimento del rumore.

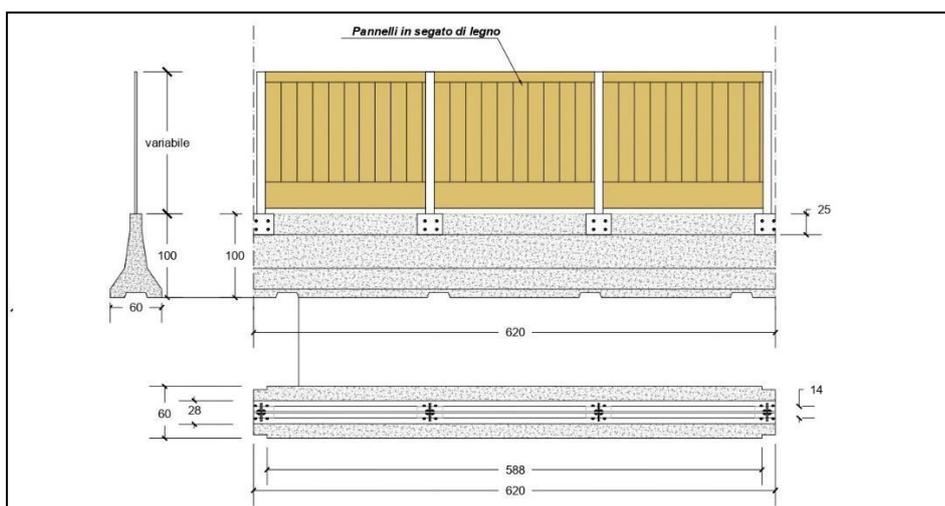


Figura 7-14 – Recinzioni tipo C

L'utilizzo delle suddette mitigazioni, in prossimità delle aree di lavoro, durante l'attività, possono contribuire in modo significativo all'abbattimento delle emissioni in facciata ai ricettori.

Considerando la tipologia dei mezzi e le attività da svolgere, le mitigazioni tuttavia, potrebbero non raggiungere lo scopo di abbattimento tale da portare al rispetto dei limiti in facciata. Pertanto, come analizzato in precedenza, ove non sarà possibile ottenere il rispetto dei limiti in facciata, sarà necessario provvedere alla richiesta di autorizzazione in deroga al superamento dei limiti ai comuni di Campi Bisenzio e Firenze. Per tali considerazioni, in merito ai livelli in facciata, necessari per la richiesta di deroga, si rimanda ad una successiva fase di progettazione, per un dettaglio maggiore riguardo agli scenari di lavoro contemporanei ed ai layout di cantiere definitivi, specificando che le barriere mobili ipotizzate potrebbero essere utilizzate, per ogni micro-cantiere, solo nel momento in cui il cantiere risulterà attivo e quindi non contemporaneamente installate su tutta la tratta.

7.1.7 Valutazione di impatto acustico dello stato attuale

Descrizione dello Stato Attuale (anno 2019)

Al fine di valutare la rumorosità esistente nell'area, si è proceduto ad effettuare una simulazione dell'impatto acustico, generato dal traffico presente allo stato attuale.

Al fine di garantire la coerenza dei risultati, la valutazione dello stato di fatto è stata ovviamente basata sull'impiego dello stesso modello matematico utilizzato poi per la stima della rumorosità ambientale nella situazione di progetto. Ciò costituisce la base di partenza per rendere omogenea la metodologia di valutazione e conseguentemente rendere significativo il confronto fra valori relativi allo stato di fatto ed allo stato di progetto.

Per la realizzazione del modello matematico dello stato di fatto si è fatto riferimento ai dati di flusso veicolare forniti e presenti nello studio trasportistico. Il modello implementato

ha richiesto in ingresso una dettagliata rete di linee di trasporto, costituita da polilinee tridimensionali, a ciascuna delle quali è stato assegnato il dato relativo al flusso veicolare dei mezzi leggeri e pesanti per ora, descritti in dettaglio nei paragrafi precedenti.

In merito all'estensione della rete complessiva di archi che descrive l'intera città lo studio ha tenuto in considerazione gli archi prossimi alla nuova linea tranviaria per una estensione di fasce di 500m. In base a tale scelta, la simulazione acustica è in grado di fornire valori accurati del livello sonoro calcolato attorno la nuova linea tranviaria.

Nel presente paragrafo saranno effettuati i confronti fra i limiti vigenti ed i valori calcolati in fase di simulazione. Si è proceduto con un'analisi qualitativa all'interno dell'intera area di studio attraverso un'analisi puntuale e quantitativa presso i ricettori presenti.

Dalla tabella si evince che su un totale di n. 9 ricettori sensibili, all'interno della fascia di 500 m (per lato), risultano oltre i limiti in periodo diurno n. 4 ricettori. Non risultano ricettori sensibili che prevedono fruizione in periodo notturno.

| CARATTERISTICHE RICETTORE | | | Classe acustica PCCA (DPCM 14/11/1997) | Fascia acustica concorsuale autostrada | Fascia acustica concorsuale ferrovia | Limiti Normativi | | Leq in facciata | | Livelli in facciata Leq + U dB(A) | | Impatto Residuo in facciata | | Confronto Leq + U con i limiti esterni | |
|---------------------------|-------------|--------------|--|--|--------------------------------------|------------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|--|--------------------------|
| ID Ricettore | Piano | Destinazione | | | | Diurno dB A | Notturno dB A | Diurno dB A | Notturno dB A | Diurno dB A | Notturno dB A | Diurno dB A | Notturno dB A | Esito del confronto Diurno | Esito del confronto Nott |
| L4.2 - R14 | piano terra | SCH | Classe II | --- | --- | 55 | 45 | 58,4 | 50,3 | 60,4 | 52,3 | 5,4 | - | Oltre i limiti | Entro i limiti |
| L4.2 - R139 | piano terra | SCH | Classe II | --- | --- | 55 | 45 | 56,3 | 49,4 | 58,3 | 51,4 | 3,3 | - | Oltre i limiti | Entro i limiti |
| L4.2 - R139 | piano 1 | SCH | Classe II | --- | --- | 55 | 45 | 59,4 | 52,9 | 61,4 | 54,9 | 6,4 | - | Oltre i limiti | Entro i limiti |
| L4.2 - R140 | piano terra | SCH | Classe II | --- | --- | 55 | 45 | 54,0 | 47,0 | 56,0 | 49,0 | 1,0 | - | Oltre i limiti | Entro i limiti |
| L4.2 - R140 | piano 1 | SCH | Classe II | --- | --- | 55 | 45 | 58,0 | 51,4 | 60,0 | 53,4 | 5,0 | - | Oltre i limiti | Entro i limiti |
| L4.2 - R141 | piano 1 | SCH | Classe II | --- | --- | 55 | 45 | 53,5 | 43,0 | 55,5 | 45,0 | 0,5 | - | Oltre i limiti | Entro i limiti |

Tabella 7-10 – Ricettori sensibili oltre i limiti

Si riporta di seguito l'elenco degli edifici scolastici oltre i limiti in facciata:

| Id. | Tipo ricettore | Descrizione |
|-------------|------------------|---------------------------------------|
| L4.2 - R14 | sensibile/scuola | Scuola dell'infanzia Luigi Capuana |
| L4.2 - R139 | sensibile/scuola | Scuola primaria Vamba |
| L4.2 - R140 | sensibile/scuola | Scuola media Statale "Giovanni Verga" |
| L4.2 - R141 | sensibile/scuola | Scuola Media Statale Felice Matteucci |

Tabella 7-11 – Ricettori sensibili oltre i limiti

Come si evince dalle tabelle, ad oggi, considerando il contributo del traffico veicolare allo stato di fatto, risultano oltre i limiti in facciata un totale di n.4 ricettori sensibili di tipo scolastico.

Questo dato risulta necessario per comprendere come allo stato di fatto, sia già presente e significativo il contributo del traffico veicolare in facciata ai ricettori sensibili.

Su un totale di n. 133 ricettori non sensibili, all'interno della fascia di 500 m (per lato), risultano oltre i limiti n. 60 ricettori in periodo diurno e n. 69 ricettori in periodo notturno.

Risulta evidente una situazione di superamento costante ed in alcune aree marcato dei limiti vigenti, sia per quanto concerne il periodo diurno che per quanto concerne il periodo notturno per lo scenario di simulazione allo stato di fatto.

7.1.8 Valutazione previsionale dell'impatto acustico dell'opera

Descrizione dello Stato di Progetto (anno 2025)

Dal punto di vista del confronto fra stato di fatto e stato di progetto, sebbene sia lecito attendersi una riduzione dei livelli di rumore rispetto a quelli attuali, non deve essere perso di vista l'aumento di flusso veicolare che si può prevedere avvenire al 2025 (anno stimato di completamento e messa in opera dell'intera infrastruttura tranviaria).

Gli effetti di elemento, in assenza dell'infrastruttura tranviaria, sono al momento di difficile valutazione ma sembra plausibile, in assenza di forti interventi strutturali e trascurando

l'eventuale crisi della rete viaria, ritenere inevitabile un ulteriore peggioramento negli anni del clima acustico.

Nello stato di progetto si sottolinea come, sebbene si sia previsto un incremento "evolutivo" dei flussi veicolari, sia prevista una sostanziale conferma dei livelli di rumore attuali e soprattutto nei tratti in cui è previsto il passaggio a raso dei binari, una diminuzione dei livelli di rumore attesi, dovuta sia al decremento del traffico su gomma e sia, alla luce della sostituzione di numerose corse di autobus a favore dei tram, anche un significativo decremento dei mezzi pesanti.

Considerando infatti che l'emissione sonora specifica dei tram è inferiore di quella degli autobus che andranno a sostituire. È quindi lecito prevedere un generale miglioramento del clima acustico almeno lungo le arterie interessate dal passaggio del sistema metro tranviario. Di contro, come emerge dallo studio trasportistico, la riduzione dei flussi sulla sottorete interessata dal passaggio dei tram, è accompagnata da fenomeni di redistribuzione, capaci di concentrare flussi veicolari anomali su altri archi della rete esterna. Ciò nonostante, dal punto di vista acustico, tale redistribuzione, pur presente, non pare in grado di fornire un contributo sonoro paragonabile a quello dovuto al previsto incremento "evolutivo" di traffico (stima al 2025).

A verifica delle affermazioni fatte, sono stati realizzati tre diversi scenari di simulazione:

- Stato di Progetto - Solo linea tranviaria: in modo da valutare con precisione l'incidenza acustica della sola infrastruttura di progetto;
- Stato di Progetto - Linea tranviaria sommata ai flussi di traffico veicolare al 2025: in modo da valutare i livelli equivalenti di pressione sonora complessivi in fase di esercizio;
- Stato di Riferimento: simulazione dei soli flussi di traffico al 2025, in modo da valutare l'evoluzione del traffico senza la linea tramviaria.

Nel presente paragrafo saranno effettuati i confronti fra i limiti vigenti ed i valori calcolati in fase di simulazione. Analogamente alla valutazione dello stato attuale, si è proceduto con un'analisi qualitativa all'interno dell'intera area di studio attraverso un'analisi puntuale e quantitativa presso i ricettori sensibili presenti.

Risultati simulazione allo Stato di Progetto: solo linea tramviaria (anno 2025)

Nel presente paragrafo saranno effettuati i confronti fra i limiti vigenti ed i valori calcolati in fase di simulazione. Si è proceduto con un'analisi qualitativa all'interno dell'intera area di studio attraverso un'analisi puntuale e quantitativa presso i ricettori presenti.

Aree di espansione urbanistica

In base a quanto risulta dai Regolamenti urbanistici dei comuni di Campi Bisenzio e Firenze, sono state incluse all'interno del modello di simulazione le aree di espansione urbanistica.

Il livello stimato presso le suddette aree è stato valutato tramite un ricevitore virtuale posto a 4,0 metri sul piano campagna al fine di poter restituire un livello previsto nella zona interessata dalla futura espansione urbanistica. Le aree di espansione urbanistica sono state nominate in base al comune di appartenenza (Firenze e Campi Bisenzio) in modo progressivo rispettivamente AER_FI e AER_CB. All'interno del comune di Firenze, collocate nel buffer di 500m sono state individuate 6 aree di espansione, mentre all'interno del comune di Campi Bisenzio 25 aree.

Si riporta di seguito la tabella con i livelli simulati presso le aree di espansione confrontati con i limiti dei PCCA per lo scenario di simulazione di progetto con la sola sorgente tramviaria.

Per le aree di espansione residenziale, oltre al valore di incertezza estesa (U_e) di 2,0 dB(A), è stato aggiunto un valore pari a + 3,0 dB(A) dovuto al contributo della riflessione in facciata del possibile edificio di nuova costruzione all'interno dell'area, al fine di simulare il livello in facciata possibile.



Comune
di Firenze

PROGETTO DEFINITIVO PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI
COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BIENZIO E SESTO FIORENTINO

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BIENZIO

| CARATTERISTICHE RICETTORE | | | Classe acustica PCCA (DPCM 14/11/199 7) | Fascia acustica concorsua le autostrad a | Fascia acustica concorsua le ferrovia | Limiti Normativi | | Livelli in facciata Leq + U dB(A) | | Impatto Residuo in facciata | | Confronto Leq + U con i limiti esterni | |
|---------------------------|--------------|------------------|--|---|---|---------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|---|--|
| ID Ricettore | Piano | Destinazio ne | | | | Diurn o dB(A) | Notturn o dB(A) | Diurn o dB(A) | Notturn o dB(A) | Diurn o dB(A) | Notturn o dB(A) | Esito del confront o Diurno | Esito del confront o Notturn o |
| AER_CB_01 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 41,5 | 35,7 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_02 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 43,0 | 37,2 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_03 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 54,0 | 48,1 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_04 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 50,2 | 44,4 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_05 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 43,9 | 38,1 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_06 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 42,8 | 37,0 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_07 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 52,7 | 46,9 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_08 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 50,3 | 44,5 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_09 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 44,7 | 38,8 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_10 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 38,6 | 32,8 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_11 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 46,1 | 40,2 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_12 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 47,0 | 41,2 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_13 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 44,7 | 38,8 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_14 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 58,6 | 52,7 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_15 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 46,8 | 40,9 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_16 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 49,7 | 43,8 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_17 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 49,0 | 43,1 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_18 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 46,2 | 40,3 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_19 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 50,9 | 45,0 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_20 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 52,4 | 46,5 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_21 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 38,7 | 32,9 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_22 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 38,0 | 32,2 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_23 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 39,4 | 33,5 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_24 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 39,5 | 33,6 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_25 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 39,2 | 33,3 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_FI_01 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 32,8 | 27,1 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_FI_02 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 25,9 | 20,6 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_FI_03 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 31,8 | 26,3 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |

| CARATTERISTICHE RICETTORE | | | Classe acustica PCCA (DPCM 14/11/1997) | Fascia acustica concorsua le autostrada | Fascia acustica concorsua le ferrovia | Limiti Normativi | | Livelli in facciata Leq + U dB(A) | | Impatto Residuo in facciata | | Confronto Leq + U con i limiti esterni | |
|---------------------------|--------------|--------------|--|---|---|------------------|-------------------|--------------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------|---|------------------------------------|
| ID Ricettore | Piano | Destinazione | | | | Diurno dB(A) | Notturno dB(A) | Diurno dB(A) | Notturno dB(A) | Diurno dB(A) | Notturno dB(A) | Esito del confronto Diurno | Esito del confronto Notturno |
| AER_FI_04 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 46,8 | 41,0 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_FI_05 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 52,1 | 46,2 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_FI_06 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 44,8 | 39,1 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |

Tabella 12 – Livelli previsti in AER – scenario: solo linea tramviaria

Dall'analisi dei risultati si evince che risultano rispettati tutti i limiti presso le Aree di Espansione Residenziale in periodo diurno e notturno.

Ricettori sensibili

Dalla tabella si evince che su un totale di n. 9 ricettori sensibili, all'interno della fascia di 500 m (per lato), risultano tutti entro i limiti.

Unica eccezione risulta essere n. 1 ricettore, oltre il limite diurno, analizzato di seguito. Non risultano ricettori sensibili che prevedono fruizione in periodo notturno.

Il ricettore oltre il limite diurno risulta essere un istituto scolastico, si riportano di seguito l'estratto della tabella in Allegato 1.

| CARATTERISTICHE RICETTORE | | | Classe acustica PCCA (DPCM 14/11/1997) | Fascia acustica concorsuale autostrada | Fascia acustica concorsuale ferrovia | Limiti Normativi | | Livelli in facciata Leq + U dB(A) | | Impatto Residuo in facciata | | Confronto Leq + U con i limiti esterni | |
|---------------------------|-------------|--------------|--|---|---|------------------|------------|---|------------|-----------------------------------|------------|---|------------------------------------|
| ID Ricettore | Piano | Destinazione | | | | Diurno dBA | Not dBA | Diurno dBA | Not dBA | Diurno dBA | Not dBA | Esito del confronto Diurno | Esito del confronto Notturno |
| L4.2 - R113 | piano terra | SCH | Classe II | --- | --- | 55 | 45 | 61,2 | 55,4 | 6,2 | - | Oltre i limiti | Entro i limiti |

Tabella 7-13 – Ricettori sensibili oltre i limiti

Si riporta di seguito l'elenco degli edifici scolastici oltre i limiti in facciata:

| Id. | Tipo ricettore | Descrizione |
|-------------|------------------|--|
| L4.2 - R113 | sensibile/scuola | Scuola dell'infanzia Hans Christian Andersen |

Tabella 7-14 – Ricettori sensibili oltre i limiti

Come si può evincere dalla tabella, l'unico ricettore oggetto di superamento risulta essere la Scuola dell'infanzia Hans Christian Andersen, ubicato in Via Prunaia.

Tale superamento è presumibile possa essere attribuito alla vicinanza dell'edificio alla zona in cui si prevede la realizzazione dell'opera.

Come si può constatare, il superamento risulta essere di moderata entità, ovvero uno sforamento del limite di +6,2 dB(A) al piano terra.

Tale superamento risulta comprensivo del valore pari a +2,0 dB(A), ovvero l'incertezza estesa (U) dovuta al modello di simulazione. Tale range di tolleranza, attribuibile al modello di calcolo e alla costruzione della struttura tridimensionale e della sorgente di rumore tramite standard RMR, restituisce una stima ampiamente conservativa.

Occorre, inoltre, specificare che il ricettore scolastico oggetto di superamento risulta da progetto collocato in prossimità della fermata "Giordano Bruno". Il modello di calcolo simula una situazione, cautelativa e standardizzata, di continuo movimento del tram, essendo rappresentato da due sorgenti lineari (quota 0 e 0,5) calibrate sulla base di misure effettuate durante il passaggio lungo la linea. Tale situazione garantisce un risultato cautelativo in termini di rispetto dei limiti presso i ricettori, non rappresentando tuttavia, l'effettivo impatto del tram in fermata che risulterebbe significativamente inferiore, in relazione alle velocità presso le fermate, prossime e pari a zero km/h (per permettere la salita e discesa dal mezzo dei fruitori), restituendo, pertanto, un livello in facciata presumibilmente entro i limiti.

Alla luce di quanto sopra, relativamente al range di incertezza ed alla presenza della fermata tramviaria, per non escludere un eventuale rispetto dei limiti, sarà opportuno valutare il possibile superamento tramite misura fonometrica in facciata in fase post operam.

Sulla base di quanto analizzato, si procede con la verifica dei limiti interni agli edifici interessati dal superamento in facciata.

Come descritto all'interno del capitolo relativo al potere fonoisolante degli infissi e considerando la valutazione del limite interno secondo la normativa (45 dB(A) in periodo diurno per gli edifici scolastici), si stima, cautelativamente, l'effetto di abbattimento del rumore garantito dagli infissi e l'incremento della distanza dalla facciata del ricettore all'interno della stanza (centro stanza). Pertanto, mantenendo un approccio ampiamente cautelativo, ai fini della verifica dei livelli interni agli edifici sarà considerato un valore di abbattimento pari a **Rw = 26 dB(A)**.

Si riporta il dettaglio del calcolo del valore di impatto residuo interno per il ricettore sensibile oggetto di superamento dei limiti in facciata:

| ID Ricettore | Piano | Destinazione | Leq dB(A) in facciata Diurno dB(A) | Potere fonoisolante infisso Rw | Leq dB(A) centro stanza Diurno dB(A) | Limite interno Edifici scolastici | Confronto con Limiti interni |
|--------------|-------------|--------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| L4.2 - R113 | piano terra | Scuola | 61,2 | 26 | 35,2 | 45 | Entro il limite interno |

Tabella 7-15 – Confronto limiti interni

Come si evince dalla tabella, i livelli residui interni risultano entro i limiti normativi vigenti.

Ricettori non sensibili

Dalla tabella si evince che su un totale di n. 133 ricettori non sensibili, analizzati all'interno del primo fronte impattato, risultano oltre i limiti n.4 ricettori in periodo diurno. Per quanto concerne il periodo notturno, risultano oltre i limiti n.10 ricettori.

I ricettori oltre i limiti notturni si riportano di seguito in tabella, mentre in Allegato 1 in dettaglio tutti i livelli simulati in facciata a tutti ricettori.

| CARATTERISTICHE RICETTORE | | | Classe acustica PCCA (DPCM 14/11/1997) | Fascia acustica concorsuale autostrada | Fascia acustica concorsuale ferrovia | Limiti Normativi | | Livelli in facciata Leq + U dB(A) | | Impatto Residuo in facciata | | Confronto Leq + U con i limiti esterni | |
|---------------------------|-------------|--------------|--|--|--------------------------------------|------------------|---------|-----------------------------------|---------|-----------------------------|---------|--|------------------------------|
| ID Ricettore | Piano | Destinazione | | | | Diu dBA | Not dBA | Diu dBA | Not dBA | Diu dBA | Not dBA | Esito del confronto Diurno | Esito del confronto Notturno |
| L4.2 - R10 | piano terra | RES | Classe IV | B | B | 60,2 | 50,2 | 57,5 | 51,6 | - | 1,4 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R10 | piano 1 | RES | Classe IV | B | B | 60,2 | 50,2 | 57,7 | 51,8 | - | 1,6 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R18 | piano 1 | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 | 58,0 | 52,2 | - | 0,2 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R21 | piano 1 | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 | 59,9 | 54,1 | - | 0,3 | Entro i limiti | Oltre i limiti |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------------|-----|------------|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|----------------|----------------|
| L4.2 - R22 | piano terra | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 | 61,8 | 55,9 | - | 2,1 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R22 | piano 1 | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 | 61,9 | 56,1 | - | 2,3 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R115 | piano terra | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 61,0 | 55,2 | 1,0 | 5,2 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R115 | piano 1 | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 61,0 | 55,1 | 1,0 | 5,1 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R116 | piano terra | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 62,9 | 57,0 | 2,9 | 7,0 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R116 | piano 1 | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 62,7 | 56,8 | 2,7 | 6,8 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R118 | piano terra | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 61,4 | 55,5 | 1,4 | 5,5 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R118 | piano 1 | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 61,3 | 55,4 | 1,3 | 5,4 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R119 | piano terra | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 60,5 | 54,7 | 0,5 | 4,7 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R119 | piano 1 | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 60,6 | 54,7 | 0,6 | 4,7 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R120 | piano terra | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 58,3 | 52,4 | - | 2,4 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R120 | piano 1 | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 58,3 | 52,5 | - | 2,5 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R121 | piano terra | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 58,0 | 52,1 | - | 2,1 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R121 | piano 1 | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 58,2 | 52,3 | - | 2,3 | Entro i limiti | Oltre i limiti |

Tabella 7-16 – Ricettori non sensibili oltre i limiti

Seguendo il procedimento adottato in precedenza con i ricettori sensibili si valuta il rispetto dei limiti interni con l'effetto di abbattimento del rumore dovuto alla presenza di infissi e l'incremento della distanza dalla facciata del ricettore all'interno della stanza (centro stanza) pari a 26 dB(A).

Essendo ricettori residenziali si considera il limite di 40 per il periodo notturno.

| ID Ricettore | Piano | Destinazione | Leq dB(A) in facciata Notturmo dB(A) | Potere fonoisolante infisso Rw | Leq dB(A) centro stanza Notturmo dB(A) | Limite interno edifici residenziali | Confronto con Limiti interni |
|--------------|-------------|--------------|--------------------------------------|--------------------------------|--|-------------------------------------|------------------------------|
| L4.2 - R10 | piano terra | Residenziale | 51,6 | 26 | 25,6 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R10 | piano 1 | Residenziale | 51,8 | 26 | 25,8 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R18 | piano 1 | Residenziale | 52,2 | 26 | 26,2 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R21 | piano 1 | Residenziale | 54,1 | 26 | 28,1 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R22 | piano terra | Residenziale | 55,9 | 26 | 29,9 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R22 | piano 1 | Residenziale | 56,1 | 26 | 30,1 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R115 | piano terra | Residenziale | 55,2 | 26 | 29,2 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R115 | piano 1 | Residenziale | 55,1 | 26 | 29,1 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R116 | piano terra | Residenziale | 57,0 | 26 | 31,0 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R116 | piano 1 | Residenziale | 56,8 | 26 | 30,8 | 40 | Entro il limite interno |

| ID Ricettore | Piano | Destinazione | Leq dB(A) in facciata Notturno dB(A) | Potere fonoisolante infisso Rw | Leq dB(A) centro stanza Notturno dB(A) | Limite interno edifici residenziali | Confronto con Limiti interni |
|--------------|-------------|--------------|--------------------------------------|--------------------------------|--|-------------------------------------|------------------------------|
| L4.2 - R118 | piano terra | Residenziale | 55,5 | 26 | 29,5 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R118 | piano 1 | Residenziale | 55,4 | 26 | 29,4 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R119 | piano terra | Residenziale | 54,7 | 26 | 28,7 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R119 | piano 1 | Residenziale | 54,7 | 26 | 28,7 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R120 | piano terra | Residenziale | 52,4 | 26 | 26,4 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R120 | piano 1 | Residenziale | 52,5 | 26 | 26,5 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R121 | piano terra | Residenziale | 52,1 | 26 | 26,1 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R121 | piano 1 | Residenziale | 52,3 | 26 | 26,3 | 40 | Entro il limite interno |

Tabella 7-17 – Confronto limiti interni edifici residenziali

Come si evince dalla tabella, i livelli residui interni risultano entro il limite notturno, presso tutti i ricettori residenziali

Analisi dei risultati – Stato di Progetto: solo linea tramviaria (anno 2025)

Come si può evincere dalle tabelle presenti in Allegato 1 “Tabelle dei livelli in facciata ai ricettori” risulta come l’emissione generata dalla linea tramviaria, comprensiva di incertezza estesa (U) pari a 2,0 dB(A), non sia significativa in termini di contributo acustico in facciata ai ricettori.

In merito al periodo diurno risultano rispettati i limiti presso tutti i ricettori sensibili. Unica eccezione risulta essere un superamento del limite esterno di +6,2 dB(A) presso l’edificio scolastico “Scuola dell’infanzia Hans Christian Andersen”, ubicato in Via Prunaia.

Tale superamento è presumibile possa essere attribuito alla vicinanza dell’edificio alla zona in cui si prevede la realizzazione dell’opera.

Tale superamento risulta comprensivo del valore pari a +2,0 dB(A), ovvero l’incertezza estesa (U) dovuta al modello di simulazione. Tale range di tolleranza, attribuibile al modello di calcolo e alla costruzione della struttura tridimensionale e della sorgente di rumore tramite standard RMR, restituisce una stima ampiamente conservativa.

Occorre, inoltre, specificare che il ricettore scolastico oggetto di superamento risulta da progetto collocato in prossimità della fermata “Giordano Bruno”. Il modello di calcolo

simula una situazione, cautelativa e standardizzata, di continuo movimento del tram, essendo rappresentato da due sorgenti lineari (quota 0 e 0,5) calibrate sulla base di misure effettuate durante il passaggio lungo la linea. Tale situazione garantisce un risultato cautelativo in termini di rispetto dei limiti presso i ricettori, non rappresentando tuttavia, l'effettivo impatto del tram in fermata che risulterebbe significativamente inferiore, in relazione alle velocità presso le fermate, prossime e pari a zero km/h (per permettere la salita e discesa dal mezzo dei fruitori), restituendo, pertanto, un livello in facciata presumibilmente entro i limiti.

In merito al periodo notturno, risultano oltre i limiti in facciata 10 ricettori residenziali, ubicati principalmente nella zona urbana di Campi Bisenzio, ad una distanza massima inferiore a 10 metri dalla sede di realizzazione dell'opera di progetto.

Per tutti i ricettori oggetto di superamento è stato verificato il rispetto del limite interno agli edifici, ovvero 45 dB(A) in periodo diurno per le scuole e 40 dB(A) in periodo notturno per gli edifici residenziali, valutando il potere fonoisolante garantito dagli infissi, considerando un abbattimento cautelativo di 26 dB (A).

Tutti i ricettori sono risultati entro i limiti normativi interni.

Risultati simulazione allo Stato di Progetto: linea tramviaria e traffico veicolare (anno 2025)

Nel presente paragrafo saranno effettuati i confronti fra i limiti vigenti ed i valori calcolati in fase di simulazione. Si è proceduto con un'analisi qualitativa all'interno dell'intera area di studio attraverso un'analisi puntuale e quantitativa presso i ricettori presenti.

Aree di Espansione Residenziale

Si riportano di seguito i livelli simulati presso le aree di espansione residenziale confrontati con i limiti dei PCCA per lo scenario di simulazione di progetto con la sorgente tramviaria e la sorgente traffico veicolare.

Per le aree di espansione residenziale, oltre al valore di incertezza estesa (U_e) di 2,0 dB(A), è stato aggiunto un valore pari a + 3,0 dB(A) dovuto al contributo della riflessione in facciata del possibile edificio di nuova costruzione all'interno dell'area, al fine di simulare il livello in facciata possibile.



Comune
di Firenze

PROGETTO DEFINITIVO PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI
COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BIENZIO E SESTO FIORENTINO

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BIENZIO

| CARATTERISTICHE RICETTORE | | | Classe acustica PCCA (DPCM 14/11/199 7) | Fascia acustica concorsua le autostrad a | Fascia acustica concorsua le ferrovia | Limiti Normativi | | Livelli in facciata Leq + U dB(A) | | Impatto Residuo in facciata | | Confronto Leq + U con i limiti esterni | |
|---------------------------|--------------|------------------|--|---|---|---------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|---|--|
| ID Ricettore | Piano | Destinazio ne | | | | Diurn o dB(A) | Notturn o dB(A) | Diurn o dB(A) | Notturn o dB(A) | Diurn o dB(A) | Notturn o dB(A) | Esito del confront o Diurno | Esito del confront o Notturn o |
| AER_CB_01 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 56,3 | 49,2 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_02 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 55,8 | 48,4 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_03 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 64,2 | 55,7 | - | 0,7 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| AER_CB_04 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 61,7 | 53,4 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_05 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 57,8 | 48,7 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_06 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 57,0 | 47,6 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_07 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 62,8 | 54,5 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_08 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 60,4 | 52,0 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_09 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 66,3 | 56,5 | 1,3 | 1,5 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| AER_CB_10 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 59,9 | 50,8 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_11 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 64,0 | 54,8 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_12 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 65,9 | 57,2 | 0,9 | 2,2 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| AER_CB_13 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 62,3 | 53,4 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_14 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 67,1 | 58,8 | 2,1 | 3,8 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| AER_CB_15 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 66,1 | 57,6 | 1,1 | 2,6 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| AER_CB_16 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 66,8 | 57,6 | 1,8 | 2,6 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| AER_CB_17 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 60,3 | 51,6 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_18 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 61,3 | 51,9 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_19 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 63,0 | 53,6 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_20 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 59,7 | 51,5 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_21 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 54,3 | 44,9 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_22 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 55,5 | 45,8 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_23 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 61,9 | 53,3 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_24 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 59,2 | 51,0 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_CB_25 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 53,0 | 45,2 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_FI_01 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 54,4 | 47,9 | - | - | Entro i limiti | Entro i limiti |
| AER_FI_02 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 69,1 | 60,5 | 4,1 | 5,5 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| AER_FI_03 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 63,4 | 55,1 | - | 0,1 | Entro i limiti | Oltre i limiti |



| CARATTERISTICHE RICETTORE | | | Classe acustica PCCA (DPCM 14/11/1997) | Fascia acustica concorsuale autostrada | Fascia acustica concorsuale ferrovia | Limiti Normativi | | Livelli in facciata Leq + U dB(A) | | Impatto Residuo in facciata | | Confronto Leq + U con i limiti esterni | |
|---------------------------|--------------|--------------|--|---|---|------------------|-------------------|--------------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------|---|------------------------------------|
| ID Ricettore | Piano | Destinazione | | | | Diurno dB(A) | Notturno dB(A) | Diurno dB(A) | Notturno dB(A) | Diurno dB(A) | Notturno dB(A) | Esito del confronto Diurno | Esito del confronto Notturno |
| AER_FI_04 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 65,2 | 59,2 | 0,2 | 4,2 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| AER_FI_05 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 67,7 | 61,8 | 2,7 | 6,8 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| AER_FI_06 | campo libero | AER | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 71,7 | 64,7 | 6,7 | 9,7 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |

Dalla tabella si evince il rispetto dei limiti presso la maggior parte delle aree di espansione residenziale sia in periodo diurno che in periodo notturno.

Risultano oltre i limiti cinque aree all'interno comune di Firenze e sei aree all'interno comune di Campi Bisenzio.

Considerando il rispetto dei limiti presso le suddette aree nello scenario che analizza la sola linea tramviaria, si deduce che il traffico veicolare sia la componente di maggior contributo in termini di impatto acustico.

Le suddette aree sono state analizzate come ipotetiche zone all'interno delle quali potrebbero essere collocati edifici; pertanto, al momento della realizzazione dovranno essere valutati i livelli in previsione e garantito il rispetto del limite interno.

Ricettori sensibili

Dalla tabella si evince che su un totale di n. 9 ricettori sensibili, all'interno della fascia di 500 m (per lato), risultano n.6 ricettori oltre il limite diurno.

Non risultano ricettori sensibili che prevedono fruizione in periodo notturno.

I ricettori oltre il limite diurno risultano essere tutti istituti scolastici.

| CARATTERISTICHE RICETTORE | | | Classe acustica PCCA (DPCM 14/11/1997) | Fascia acustica concorsuale autostrada | Fascia acustica concorsuale ferrovia | Limiti Normativi | | Livelli in facciata Leq + U dB(A) | | Impatto Residuo in facciata | | Confronto Leq + U con i limiti esterni | |
|---------------------------|-------------|--------------|--|---|---|------------------|-----------------|--------------------------------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------|---|------------------------------------|
| ID Ricettore | Piano | Destinazione | | | | Diurno dBA | Notturno dBA | Diurno dBA | Notturno dBA | Diurno dBA | Notturno dBA | Esito del confronto Diurno | Esito del confronto Notturno |
| L4.2 - R14 | piano terra | SCH | Classe II | --- | --- | 55 | 45 | 64,2 | 58,1 | 9,2 | - | Oltre i limiti | Entro i limiti |

| CARATTERISTICHE RICETTORE | | | Classe acustica PCCA (DPCM 14/11/1997) | Fascia acustica concorsuale autostrada | Fascia acustica concorsuale ferrovia | Limiti Normativi | | Livelli in facciata Leq + U dB(A) | | Impatto Residuo in facciata | | Confronto Leq + U con i limiti esterni | |
|---------------------------|-------------|--------------|--|---|---|---------------------|------------|--|------------|-----------------------------------|------------|---|------------------------------------|
| ID Ricettore | Piano | Destinazione | | | | Diu dBA | Not dBA | Diu dBA | Not dBA | Diu dBA | Not dBA | Esito del confronto Diurno | Esito del confronto Notturno |
| L4.2 - R113 | piano terra | SCH | Classe II | --- | --- | 55 | 45 | 61,4 | 55,4 | 6,4 | - | Oltre i limiti | Entro i limiti |
| L4.2 - R114 | piano terra | SCH | Classe II | --- | --- | 55 | 45 | 55,4 | 48,9 | 0,4 | - | Oltre i limiti | Entro i limiti |
| L4.2 - R114 | piano 1 | SCH | Classe II | --- | --- | 55 | 45 | 56,3 | 49,6 | 1,3 | - | Oltre i limiti | Entro i limiti |
| L4.2 - R138 | piano terra | SCH | Classe II | --- | --- | 55 | 45 | 55,4 | 47,2 | 0,4 | - | Oltre i limiti | Entro i limiti |
| L4.2 - R139 | piano terra | SCH | Classe II | --- | --- | 55 | 45 | 57,8 | 51,4 | 2,8 | - | Oltre i limiti | Entro i limiti |
| L4.2 - R139 | piano 1 | SCH | Classe II | --- | --- | 55 | 45 | 61,3 | 55,1 | 6,3 | - | Oltre i limiti | Entro i limiti |
| L4.2 - R140 | piano terra | SCH | Classe II | --- | --- | 55 | 45 | 56,2 | 49,7 | 1,2 | - | Oltre i limiti | Entro i limiti |
| L4.2 - R140 | piano 1 | SCH | Classe II | --- | --- | 55 | 45 | 60,3 | 54,1 | 5,3 | - | Oltre i limiti | Entro i limiti |

Tabella 7-18 – Ricettori sensibili oltre i limiti

Si riporta di seguito l'elenco degli edifici scolastici oltre i limiti in facciata:

| Id. | Tipo ricettore | Descrizione |
|-------------|------------------|--|
| L4.2 - R14 | sensibile/scuola | Scuola dell'infanzia Luigi Capuana |
| L4.2 - R113 | sensibile/scuola | Scuola dell'infanzia Hans Christian Andersen |
| L4.2 - R114 | sensibile/scuola | Scuola primaria Fra Ristoro |
| L4.2 - R138 | sensibile/scuola | Scuola materna Mahatma Ghandi |
| L4.2 - R139 | sensibile/scuola | Scuola primaria Vamba |
| L4.2 - R140 | sensibile/scuola | Scuola media Statale "Giovanni Verga" |

Tabella 7-19 – Ricettori sensibili oltre i limiti

Come si evince dalle tabelle risultano presenti n.6 ricettori sensibili di tipo scolastico oltre il limite diurno esterno in facciata.

Confrontando quanto emerso dalla simulazione dei livelli in facciata dovuti alla sola linea tramviaria ed i livelli in facciata simulati sommando il traffico veicolare, si può dedurre come il contributo significativo e preponderante in termini di pressione sonora in facciata, sia da attribuire al traffico veicolare.

Seguendo il procedimento adottato in precedenza, si valuta il rispetto dei limiti interni con l'effetto di abbattimento del rumore dovuto alla presenza di infissi e l'incremento della

distanza dalla facciata del ricettore all'interno della stanza (centro stanza) pari a 26 dB(A).

Essendo ricettori scolastici si considera il limite di 45 per il periodo diurno.

| ID Ricettore | Piano | Destinazione | Leq dB(A) in facciata diurno dB(A) | Potere fonoisolante infisso Rw | Leq dB(A) centro stanza Diurno dB(A) | Limite interno edifici residenziali | Confronto con Limiti interni |
|--------------|-------------|--------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| L4.2 - R14 | piano terra | Scuola | 64,2 | 26 | 38,2 | 45 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R113 | piano terra | Scuola | 61,4 | 26 | 35,4 | 45 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R114 | piano terra | Scuola | 55,4 | 26 | 29,4 | 45 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R114 | piano 1 | Scuola | 56,3 | 26 | 30,3 | 45 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R138 | piano terra | Scuola | 55,4 | 26 | 29,4 | 45 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R139 | piano terra | Scuola | 57,8 | 26 | 31,8 | 45 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R139 | piano 1 | Scuola | 61,3 | 26 | 35,3 | 45 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R140 | piano terra | Scuola | 56,2 | 26 | 30,2 | 45 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R140 | piano 1 | Scuola | 60,3 | 26 | 34,3 | 45 | Entro il limite interno |

Tabella 7-20 – Confronto limiti interni edifici scolastici

Come si evince dalla tabella, i livelli residui interni risultano entro il limite diurno, presso tutti i ricettori scolastici.

Ricettori non sensibili

Dalla tabella si evince che su un totale di n. 133 ricettori non sensibili, analizzati all'interno del primo fronte impattato, risultano oltre i limiti n.64 ricettori in periodo diurno. Per quanto concerne il periodo notturno, risultano oltre i limiti n.87 ricettori.

I ricettori oltre i limiti notturni si riportano di seguito in tabella.



Comune
di Firenze

PROGETTO DEFINITIVO PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI
COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

| CARATTERISTICHE RICETTORE | | | Classe acustica PCCA (DPCM 14/11/1997) | Fascia acustica concorsuale autostrada | Fascia acustica concorsuale ferrovia | Limiti Normativi | | Livelli in facciata Leq + U dB(A) | | Impatto Residuo in facciata | | Confronto Leq + U con i limiti esterni | |
|---------------------------|-------------|--------------|--|---|---|---------------------|------------|--|------------|-----------------------------------|------------|---|------------------------------------|
| ID Ricettore | Piano | Destinazione | | | | Diu dBA | Not dBA | Diu dBA | Not dBA | Diu dBA | Not dBA | Esito del confronto Diurno | Esito del confronto Notturno |
| L4.2 - R05 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | B | 62 | 52 | 59,0 | 52,6 | - | 0,6 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R06 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | B | 62 | 52 | 59,5 | 53,3 | - | 1,3 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R07 | piano terra | RES | Classe IV | --- | B | 62 | 52 | 63,6 | 57,5 | 1,6 | 5,5 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R07 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | B | 62 | 52 | 65,1 | 59,0 | 3,1 | 7,0 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R08 | piano terra | RES | Classe IV | --- | A | 63,8 | 53,8 | 63,9 | 57,9 | 0,1 | 4,1 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R08 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | A | 63,8 | 53,8 | 64,5 | 58,5 | 0,7 | 4,7 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R09 | piano terra | RES | Classe IV | B | B | 60,2 | 50,2 | 62,0 | 56,0 | 1,8 | 5,8 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R09 | piano 1 | RES | Classe IV | B | B | 60,2 | 50,2 | 63,9 | 58,0 | 3,7 | 7,8 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R10 | piano terra | RES | Classe IV | B | B | 60,2 | 50,2 | 61,7 | 54,3 | 1,5 | 4,1 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R10 | piano 1 | RES | Classe IV | B | B | 60,2 | 50,2 | 62,6 | 55,3 | 2,4 | 5,1 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R11 | piano terra | RES | Classe IV | --- | B | 62 | 52 | 61,7 | 54,2 | - | 2,2 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R11 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | B | 62 | 52 | 62,6 | 55,1 | 0,6 | 3,1 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R15 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 62,1 | 55,2 | - | 0,2 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R15 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 63,3 | 56,5 | - | 1,5 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R16 | piano terra | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 | 62,2 | 56,2 | 0,2 | 4,2 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R16 | piano 1 | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 | 64,7 | 58,6 | 2,7 | 6,6 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R17 | piano terra | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 | 62,2 | 56,2 | 0,2 | 4,2 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R17 | piano 1 | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 | 65,2 | 59,2 | 3,2 | 7,2 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R18 | piano terra | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 | 68,8 | 62,9 | 6,8 | 10,9 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R18 | piano 1 | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 | 70,4 | 64,5 | 8,4 | 12,5 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R19 | piano terra | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 | 71,7 | 65,9 | 9,7 | 13,9 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R19 | piano 1 | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 | 71,9 | 66,0 | 9,9 | 14,0 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R20 | piano terra | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 | 71,4 | 65,6 | 7,6 | 11,8 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R20 | piano 1 | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 | 71,4 | 65,6 | 7,6 | 11,8 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R21 | piano terra | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 | 76,0 | 70,1 | 12,2 | 16,3 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R21 | piano 1 | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 | 76,5 | 70,6 | 12,7 | 16,8 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R22 | piano terra | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 | 76,2 | 70,3 | 12,4 | 16,5 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R22 | piano 1 | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 | 76,7 | 70,8 | 12,9 | 17,0 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R23 | piano terra | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 | 65,6 | 59,8 | 3,6 | 7,8 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |



Comune
di Firenze

PROGETTO DEFINITIVO PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI
COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

| CARATTERISTICHE RICETTORE | | | Classe acustica PCCA (DPCM 14/11/1997) | Fascia acustica concorsuale autostrada | Fascia acustica concorsuale ferrovia | Limiti Normativi | | Livelli in facciata Leq + U dB(A) | | Impatto Residuo in facciata | | Confronto Leq + U con i limiti esterni | |
|---------------------------|-------------|--------------|--|---|---|---------------------|------------|--|------------|-----------------------------------|------------|---|------------------------------------|
| ID Ricettore | Piano | Destinazione | | | | Diu dBA | Not dBA | Diu dBA | Not dBA | Diu dBA | Not dBA | Esito del confronto Diurno | Esito del confronto Notturno |
| L4.2 - R23 | piano 1 | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 | 72,4 | 66,6 | 10,4 | 14,6 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R24 | piano terra | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 | 75,0 | 69,1 | 11,2 | 15,3 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R24 | piano 1 | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 | 75,4 | 69,5 | 11,6 | 15,7 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R27 | piano terra | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 | 71,6 | 65,5 | 9,6 | 13,5 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R27 | piano 1 | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 | 72,7 | 66,4 | 10,7 | 14,4 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R28 | piano terra | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 | 70,6 | 64,4 | 8,6 | 12,4 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R28 | piano 1 | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 | 71,7 | 65,3 | 9,7 | 13,3 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R29 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 67,6 | 60,7 | 2,6 | 5,7 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R29 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 71,3 | 64,4 | 6,3 | 9,4 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R30 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 67,8 | 60,9 | 2,8 | 5,9 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R30 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 70,7 | 63,8 | 5,7 | 8,8 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R31 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 68,2 | 61,0 | 3,2 | 6,0 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R31 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 70,5 | 63,3 | 5,5 | 8,3 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R32 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 70,8 | 62,6 | 5,8 | 7,6 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R32 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 72,5 | 64,3 | 7,5 | 9,3 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R33 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 64,0 | 57,2 | - | 2,2 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R34 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 62,9 | 56,1 | - | 1,1 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R34 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 63,6 | 56,5 | - | 1,5 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R35 | piano terra | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 | 74,8 | 68,6 | 11,0 | 14,8 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R36 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 68,0 | 60,9 | 3,0 | 5,9 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R36 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 70,4 | 63,4 | 5,4 | 8,4 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R37 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 65,3 | 58,0 | 0,3 | 3,0 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R37 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 69,0 | 61,8 | 4,0 | 6,8 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R38 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 63,7 | 56,4 | - | 1,4 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R38 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 67,4 | 60,2 | 2,4 | 5,2 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R39 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 65,8 | 58,7 | 0,8 | 3,7 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R40 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 62,5 | 55,1 | - | 0,1 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R40 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 65,7 | 58,7 | 0,7 | 3,7 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R41 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 63,1 | 55,7 | - | 0,7 | Entro i limiti | Oltre i limiti |



Comune
di Firenze

PROGETTO DEFINITIVO PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI
COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

| CARATTERISTICHE RICETTORE | | | Classe acustica PCCA (DPCM 14/11/1997) | Fascia acustica concorsuale autostrada | Fascia acustica concorsuale ferrovia | Limiti Normativi | | Livelli in facciata Leq + U dB(A) | | Impatto Residuo in facciata | | Confronto Leq + U con i limiti esterni | |
|---------------------------|-------------|--------------|--|---|---|---------------------|------------|--|------------|-----------------------------------|------------|---|------------------------------------|
| ID Ricettore | Piano | Destinazione | | | | Diu dBA | Not dBA | Diu dBA | Not dBA | Diu dBA | Not dBA | Esito del confronto Diurno | Esito del confronto Notturno |
| L4.2 - R41 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 65,8 | 58,7 | 0,8 | 3,7 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R42 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 63,6 | 56,1 | - | 1,1 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R43 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 62,8 | 55,7 | - | 0,7 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R44 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 63,2 | 56,1 | - | 1,1 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R45 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 62,9 | 55,5 | - | 0,5 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R45 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 63,9 | 56,6 | - | 1,6 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R46 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 63,0 | 55,6 | - | 0,6 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R46 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 64,1 | 56,8 | - | 1,8 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R47 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 62,4 | 55,2 | - | 0,2 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R47 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 63,6 | 56,4 | - | 1,4 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R48 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 62,4 | 55,3 | - | 0,3 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R49 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 65,1 | 57,2 | 0,1 | 2,2 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R49 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 66,3 | 58,6 | 1,3 | 3,6 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R50 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 64,6 | 56,7 | - | 1,7 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R50 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 65,7 | 58,0 | 0,7 | 3,0 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R51 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 64,3 | 56,2 | - | 1,2 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R51 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 65,5 | 57,7 | 0,5 | 2,7 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R53 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 65,4 | 57,1 | 0,4 | 2,1 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R53 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 67,3 | 59,2 | 2,3 | 4,2 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R56 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 63,9 | 56,2 | - | 1,2 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R58 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 64,9 | 56,6 | - | 1,6 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R58 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 65,6 | 57,4 | 0,6 | 2,4 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R59 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 64,4 | 55,9 | - | 0,9 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R59 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 65,1 | 56,7 | 0,1 | 1,7 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R60 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 64,8 | 56,1 | - | 1,1 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R60 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 65,7 | 57,1 | 0,7 | 2,1 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R61 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 67,4 | 58,8 | 2,4 | 3,8 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R61 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 68,3 | 59,7 | 3,3 | 4,7 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R62 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 65,2 | 56,6 | 0,2 | 1,6 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |



Comune
di Firenze

PROGETTO DEFINITIVO PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI
COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

| CARATTERISTICHE RICETTORE | | | Classe acustica PCCA (DPCM 14/11/1997) | Fascia acustica concorsuale autostrada | Fascia acustica concorsuale ferrovia | Limiti Normativi | | Livelli in facciata Leq + U dB(A) | | Impatto Residuo in facciata | | Confronto Leq + U con i limiti esterni | |
|---------------------------|-------------|--------------|--|---|---|---------------------|------------|--|------------|-----------------------------------|------------|---|------------------------------------|
| ID Ricettore | Piano | Destinazione | | | | Diu dBA | Not dBA | Diu dBA | Not dBA | Diu dBA | Not dBA | Esito del confronto Diurno | Esito del confronto Notturno |
| L4.2 - R62 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 66,9 | 58,3 | 1,9 | 3,3 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R63 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 63,6 | 55,4 | - | 0,4 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R65 | piano 1 | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 58,6 | 50,3 | - | 0,3 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R66 | piano terra | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 59,0 | 50,4 | - | 0,4 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R66 | piano 1 | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 60,3 | 51,4 | 0,3 | 1,4 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R67 | piano 1 | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 59,1 | 50,7 | - | 0,7 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R68 | piano 1 | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 58,7 | 50,5 | - | 0,5 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R69 | piano terra | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 57,7 | 50,4 | - | 0,4 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R69 | piano 1 | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 59,4 | 51,3 | - | 1,3 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R70 | piano terra | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 57,5 | 50,2 | - | 0,2 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R70 | piano 1 | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 59,0 | 51,0 | - | 1,0 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R71 | piano terra | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 58,2 | 50,7 | - | 0,7 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R71 | piano 1 | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 59,6 | 51,4 | - | 1,4 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R72 | piano terra | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 58,6 | 51,0 | - | 1,0 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R72 | piano 1 | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 60,1 | 51,8 | 0,1 | 1,8 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R73 | piano terra | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 58,7 | 51,1 | - | 1,1 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R73 | piano 1 | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 60,4 | 52,1 | 0,4 | 2,1 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R74 | piano terra | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 59,7 | 51,8 | - | 1,8 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R74 | piano 1 | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 61,2 | 52,9 | 1,2 | 2,9 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R78 | piano 1 | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 57,9 | 50,2 | - | 0,2 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R82 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 65,2 | 56,7 | 0,2 | 1,7 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R82 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 65,9 | 57,3 | 0,9 | 2,3 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R83 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 64,4 | 56,0 | - | 1,0 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R83 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 65,1 | 56,7 | 0,1 | 1,7 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R85 | piano 1 | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 59,4 | 50,6 | - | 0,6 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R91 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 69,8 | 61,0 | 4,8 | 6,0 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R91 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 70,4 | 61,6 | 5,4 | 6,6 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R92 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 64,7 | 55,9 | - | 0,9 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R92 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 65,6 | 56,8 | 0,6 | 1,8 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |



Comune
di Firenze

PROGETTO DEFINITIVO PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI
COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

| CARATTERISTICHE RICETTORE | | | Classe acustica PCCA (DPCM 14/11/1997) | Fascia acustica concorsuale autostrada | Fascia acustica concorsuale ferrovia | Limiti Normativi | | Livelli in facciata Leq + U dB(A) | | Impatto Residuo in facciata | | Confronto Leq + U con i limiti esterni | |
|---------------------------|-------------|--------------|--|---|---|---------------------|------------|--|------------|-----------------------------------|------------|---|------------------------------------|
| ID Ricettore | Piano | Destinazione | | | | Diu dBA | Not dBA | Diu dBA | Not dBA | Diu dBA | Not dBA | Esito del confronto Diurno | Esito del confronto Notturno |
| L4.2 - R93 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 69,1 | 60,3 | 4,1 | 5,3 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R93 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 69,8 | 60,9 | 4,8 | 5,9 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R94 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 68,7 | 59,9 | 3,7 | 4,9 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R94 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 69,5 | 60,6 | 4,5 | 5,6 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R95 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 70,1 | 61,0 | 5,1 | 6,0 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R95 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 70,7 | 61,5 | 5,7 | 6,5 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R96 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 69,7 | 60,5 | 4,7 | 5,5 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R96 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 70,2 | 61,0 | 5,2 | 6,0 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R97 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 68,7 | 59,5 | 3,7 | 4,5 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R97 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 69,3 | 60,1 | 4,3 | 5,1 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R98 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 68,4 | 59,1 | 3,4 | 4,1 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R98 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 69,1 | 59,8 | 4,1 | 4,8 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R100 | piano 1 | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 57,7 | 50,5 | - | 0,5 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R103 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 69,1 | 59,8 | 4,1 | 4,8 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R103 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 69,7 | 60,4 | 4,7 | 5,4 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R104 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 69,2 | 60,0 | 4,2 | 5,0 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R104 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 69,8 | 60,6 | 4,8 | 5,6 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R105 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 67,9 | 58,6 | 2,9 | 3,6 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R105 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 68,6 | 59,3 | 3,6 | 4,3 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R106 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 67,5 | 58,3 | 2,5 | 3,3 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R106 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 68,3 | 59,0 | 3,3 | 4,0 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R107 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 68,2 | 59,0 | 3,2 | 4,0 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R107 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 68,9 | 59,7 | 3,9 | 4,7 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R108 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 66,6 | 57,3 | 1,6 | 2,3 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R108 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 67,4 | 58,1 | 2,4 | 3,1 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R115 | piano terra | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 62,6 | 55,7 | 2,6 | 5,7 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R115 | piano 1 | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 62,7 | 55,7 | 2,7 | 5,7 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R116 | piano terra | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 64,5 | 57,6 | 4,5 | 7,6 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R116 | piano 1 | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 64,5 | 57,4 | 4,5 | 7,4 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |

| CARATTERISTICHE RICETTORE | | | Classe acustica PCCA (DPCM 14/11/1997) | Fascia acustica concorsuale autostrada | Fascia acustica concorsuale ferrovia | Limiti Normativi | | Livelli in facciata Leq + U dB(A) | | Impatto Residuo in facciata | | Confronto Leq + U con i limiti esterni | |
|---------------------------|-------------|--------------|--|---|---|---------------------|------------|--|------------|-----------------------------------|------------|---|------------------------------------|
| ID Ricettore | Piano | Destinazione | | | | Diu dBA | Not dBA | Diu dBA | Not dBA | Diu dBA | Not dBA | Esito del confronto Diurno | Esito del confronto Notturno |
| L4.2 - R118 | piano terra | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 63,2 | 56,2 | 3,2 | 6,2 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R118 | piano 1 | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 63,3 | 56,2 | 3,3 | 6,2 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R119 | piano terra | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 62,1 | 55,2 | 2,1 | 5,2 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R119 | piano 1 | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 62,3 | 55,3 | 2,3 | 5,3 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R120 | piano terra | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 59,2 | 53,0 | - | 3,0 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R120 | piano 1 | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 59,3 | 53,1 | - | 3,1 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R121 | piano terra | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 58,8 | 52,6 | - | 2,6 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R121 | piano 1 | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 59,0 | 52,8 | - | 2,8 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R122 | piano 1 | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 56,6 | 50,3 | - | 0,3 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R132 | piano 1 | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 57,6 | 50,2 | - | 0,2 | Entro i limiti | Oltre i limiti |

Tabella 7-21 – Ricettori non sensibili oltre i limiti

Come si evince dalle tabelle risultano presenti n.64 ricettori sensibili di tipo residenziale oltre il limite diurno e n.87 ricettori oltre il limite notturno esterno in facciata.

Confrontando quanto emerso dalla simulazione dei livelli in facciata dovuti alla sola linea tramviaria ed i livelli in facciata simulati sommando il traffico veicolare, si può dedurre come il contributo significativo e preponderante in termini di pressione sonora in facciata, sia da attribuire al traffico veicolare.

Seguendo il procedimento adottato in precedenza, si valuta il rispetto dei limiti interni con l'effetto di abbattimento del rumore dovuto alla presenza di infissi e l'incremento della distanza dalla facciata del ricettore all'interno della stanza (centro stanza) pari a 26 dB(A).

Essendo ricettori residenziali si considera il limite di 40 per il periodo notturno.

| ID Ricettore | Piano | Destinazione | Leq dB(A) in facciata Notturmo dB(A) | Potere fonoisolante infitso Rw | Leq dB(A) centro stanza Notturmo dB(A) | Limite interno edifici residenziali | Confronto con Limiti interni |
|--------------|-------------|--------------|--|--------------------------------------|---|--|------------------------------|
| L4.2 - R05 | piano 1 | Residenziale | 52,6 | 26 | 26,6 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R06 | piano 1 | Residenziale | 53,3 | 26 | 27,3 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R07 | piano terra | Residenziale | 57,5 | 26 | 31,5 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R07 | piano 1 | Residenziale | 59,0 | 26 | 33,0 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R08 | piano terra | Residenziale | 57,9 | 26 | 31,9 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R08 | piano 1 | Residenziale | 58,5 | 26 | 32,5 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R09 | piano terra | Residenziale | 56,0 | 26 | 30,0 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R09 | piano 1 | Residenziale | 58,0 | 26 | 32,0 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R10 | piano terra | Residenziale | 54,3 | 26 | 28,3 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R10 | piano 1 | Residenziale | 55,3 | 26 | 29,3 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R11 | piano terra | Residenziale | 54,2 | 26 | 28,2 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R11 | piano 1 | Residenziale | 55,1 | 26 | 29,1 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R15 | piano terra | Residenziale | 55,2 | 26 | 29,2 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R15 | piano 1 | Residenziale | 56,5 | 26 | 30,5 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R16 | piano terra | Residenziale | 56,2 | 26 | 30,2 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R16 | piano 1 | Residenziale | 58,6 | 26 | 32,6 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R17 | piano terra | Residenziale | 56,2 | 26 | 30,2 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R17 | piano 1 | Residenziale | 59,2 | 26 | 33,2 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R18 | piano terra | Residenziale | 62,9 | 26 | 36,9 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R18 | piano 1 | Residenziale | 64,5 | 26 | 38,5 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R19 | piano terra | Residenziale | 65,9 | 26 | 39,9 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R19 | piano 1 | Residenziale | 66,0 | 26 | 40,0 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R20 | piano terra | Residenziale | 65,6 | 26 | 39,6 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R20 | piano 1 | Residenziale | 65,6 | 26 | 39,6 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R21 | piano terra | Residenziale | 70,1 | 26 | 44,1 | 40 | Oltre limite interno |
| L4.2 - R21 | piano 1 | Residenziale | 70,6 | 26 | 44,6 | 40 | Oltre limite interno |
| L4.2 - R22 | piano terra | Residenziale | 70,3 | 26 | 44,3 | 40 | Oltre limite interno |
| L4.2 - R22 | piano 1 | Residenziale | 70,8 | 26 | 44,8 | 40 | Oltre limite interno |
| L4.2 - R23 | piano terra | Residenziale | 59,8 | 26 | 33,8 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R23 | piano 1 | Residenziale | 66,6 | 26 | 40,6 | 40 | Oltre limite interno |
| L4.2 - R24 | piano terra | Residenziale | 69,1 | 26 | 43,1 | 40 | Oltre limite interno |
| L4.2 - R24 | piano 1 | Residenziale | 69,5 | 26 | 43,5 | 40 | Oltre limite interno |
| L4.2 - R27 | piano terra | Residenziale | 65,5 | 26 | 39,5 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R27 | piano 1 | Residenziale | 66,4 | 26 | 40,4 | 40 | Oltre limite interno |

| ID Ricettore | Piano | Destinazione | Leq dB(A) in facciata Notturmo dB(A) | Potere fonoisolante infitso Rw | Leq dB(A) centro stanza Notturmo dB(A) | Limite interno edifici residenziali | Confronto con Limiti interni |
|--------------|-------------|--------------|--|--------------------------------------|---|--|------------------------------|
| L4.2 - R28 | piano terra | Residenziale | 64,4 | 26 | 38,4 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R28 | piano 1 | Residenziale | 65,3 | 26 | 39,3 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R29 | piano terra | Residenziale | 60,7 | 26 | 34,7 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R29 | piano 1 | Residenziale | 64,4 | 26 | 38,4 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R30 | piano terra | Residenziale | 60,9 | 26 | 34,9 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R30 | piano 1 | Residenziale | 63,8 | 26 | 37,8 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R31 | piano terra | Residenziale | 61,0 | 26 | 35,0 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R31 | piano 1 | Residenziale | 63,3 | 26 | 37,3 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R32 | piano terra | Residenziale | 62,6 | 26 | 36,6 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R32 | piano 1 | Residenziale | 64,3 | 26 | 38,3 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R33 | piano 1 | Residenziale | 57,2 | 26 | 31,2 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R34 | piano terra | Residenziale | 56,1 | 26 | 30,1 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R34 | piano 1 | Residenziale | 56,5 | 26 | 30,5 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R35 | piano terra | Residenziale | 68,6 | 26 | 42,6 | 40 | Oltre limite interno |
| L4.2 - R36 | piano terra | Residenziale | 60,9 | 26 | 34,9 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R36 | piano 1 | Residenziale | 63,4 | 26 | 37,4 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R37 | piano terra | Residenziale | 58,0 | 26 | 32,0 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R37 | piano 1 | Residenziale | 61,8 | 26 | 35,8 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R38 | piano terra | Residenziale | 56,4 | 26 | 30,4 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R38 | piano 1 | Residenziale | 60,2 | 26 | 34,2 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R39 | piano 1 | Residenziale | 58,7 | 26 | 32,7 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R40 | piano terra | Residenziale | 55,1 | 26 | 29,1 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R40 | piano 1 | Residenziale | 58,7 | 26 | 32,7 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R41 | piano terra | Residenziale | 55,7 | 26 | 29,7 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R41 | piano 1 | Residenziale | 58,7 | 26 | 32,7 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R42 | piano 1 | Residenziale | 56,1 | 26 | 30,1 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R43 | piano 1 | Residenziale | 55,7 | 26 | 29,7 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R44 | piano 1 | Residenziale | 56,1 | 26 | 30,1 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R45 | piano terra | Residenziale | 55,5 | 26 | 29,5 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R45 | piano 1 | Residenziale | 56,6 | 26 | 30,6 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R46 | piano terra | Residenziale | 55,6 | 26 | 29,6 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R46 | piano 1 | Residenziale | 56,8 | 26 | 30,8 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R47 | piano terra | Residenziale | 55,2 | 26 | 29,2 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R47 | piano 1 | Residenziale | 56,4 | 26 | 30,4 | 40 | Entro il limite interno |

| ID Ricettore | Piano | Destinazione | Leq dB(A) in facciata Notturmo dB(A) | Potere fonoisolante infitso Rw | Leq dB(A) centro stanza Notturmo dB(A) | Limite interno edifici residenziali | Confronto con Limiti interni |
|--------------|-------------|--------------|--|--------------------------------------|---|--|------------------------------|
| L4.2 - R48 | piano 1 | Residenziale | 55,3 | 26 | 29,3 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R49 | piano terra | Residenziale | 57,2 | 26 | 31,2 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R49 | piano 1 | Residenziale | 58,6 | 26 | 32,6 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R50 | piano terra | Residenziale | 56,7 | 26 | 30,7 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R50 | piano 1 | Residenziale | 58,0 | 26 | 32,0 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R51 | piano terra | Residenziale | 56,2 | 26 | 30,2 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R51 | piano 1 | Residenziale | 57,7 | 26 | 31,7 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R53 | piano terra | Residenziale | 57,1 | 26 | 31,1 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R53 | piano 1 | Residenziale | 59,2 | 26 | 33,2 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R56 | piano 1 | Residenziale | 56,2 | 26 | 30,2 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R58 | piano terra | Residenziale | 56,6 | 26 | 30,6 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R58 | piano 1 | Residenziale | 57,4 | 26 | 31,4 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R59 | piano terra | Residenziale | 55,9 | 26 | 29,9 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R59 | piano 1 | Residenziale | 56,7 | 26 | 30,7 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R60 | piano terra | Residenziale | 56,1 | 26 | 30,1 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R60 | piano 1 | Residenziale | 57,1 | 26 | 31,1 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R61 | piano terra | Residenziale | 58,8 | 26 | 32,8 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R61 | piano 1 | Residenziale | 59,7 | 26 | 33,7 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R62 | piano terra | Residenziale | 56,6 | 26 | 30,6 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R62 | piano 1 | Residenziale | 58,3 | 26 | 32,3 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R63 | piano 1 | Residenziale | 55,4 | 26 | 29,4 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R65 | piano 1 | Residenziale | 50,3 | 26 | 24,3 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R66 | piano terra | Residenziale | 50,4 | 26 | 24,4 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R66 | piano 1 | Residenziale | 51,4 | 26 | 25,4 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R67 | piano 1 | Residenziale | 50,7 | 26 | 24,7 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R68 | piano 1 | Residenziale | 50,5 | 26 | 24,5 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R69 | piano terra | Residenziale | 50,4 | 26 | 24,4 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R69 | piano 1 | Residenziale | 51,3 | 26 | 25,3 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R70 | piano terra | Residenziale | 50,2 | 26 | 24,2 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R70 | piano 1 | Residenziale | 51,0 | 26 | 25,0 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R71 | piano terra | Residenziale | 50,7 | 26 | 24,7 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R71 | piano 1 | Residenziale | 51,4 | 26 | 25,4 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R72 | piano terra | Residenziale | 51,0 | 26 | 25,0 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R72 | piano 1 | Residenziale | 51,8 | 26 | 25,8 | 40 | Entro il limite interno |

| ID Ricettore | Piano | Destinazione | Leq dB(A) in facciata Notturmo dB(A) | Potere fonoisolante infitso Rw | Leq dB(A) centro stanza Notturmo dB(A) | Limite interno edifici residenziali | Confronto con Limiti interni |
|--------------|-------------|--------------|--|--------------------------------------|---|--|------------------------------|
| L4.2 - R73 | piano terra | Residenziale | 51,1 | 26 | 25,1 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R73 | piano 1 | Residenziale | 52,1 | 26 | 26,1 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R74 | piano terra | Residenziale | 51,8 | 26 | 25,8 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R74 | piano 1 | Residenziale | 52,9 | 26 | 26,9 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R78 | piano 1 | Residenziale | 50,2 | 26 | 24,2 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R82 | piano terra | Residenziale | 56,7 | 26 | 30,7 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R82 | piano 1 | Residenziale | 57,3 | 26 | 31,3 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R83 | piano terra | Residenziale | 56,0 | 26 | 30,0 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R83 | piano 1 | Residenziale | 56,7 | 26 | 30,7 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R85 | piano 1 | Residenziale | 50,6 | 26 | 24,6 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R91 | piano terra | Residenziale | 61,0 | 26 | 35,0 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R91 | piano 1 | Residenziale | 61,6 | 26 | 35,6 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R92 | piano terra | Residenziale | 55,9 | 26 | 29,9 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R92 | piano 1 | Residenziale | 56,8 | 26 | 30,8 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R93 | piano terra | Residenziale | 60,3 | 26 | 34,3 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R93 | piano 1 | Residenziale | 60,9 | 26 | 34,9 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R94 | piano terra | Residenziale | 59,9 | 26 | 33,9 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R94 | piano 1 | Residenziale | 60,6 | 26 | 34,6 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R95 | piano terra | Residenziale | 61,0 | 26 | 35,0 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R95 | piano 1 | Residenziale | 61,5 | 26 | 35,5 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R96 | piano terra | Residenziale | 60,5 | 26 | 34,5 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R96 | piano 1 | Residenziale | 61,0 | 26 | 35,0 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R97 | piano terra | Residenziale | 59,5 | 26 | 33,5 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R97 | piano 1 | Residenziale | 60,1 | 26 | 34,1 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R98 | piano terra | Residenziale | 59,1 | 26 | 33,1 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R98 | piano 1 | Residenziale | 59,8 | 26 | 33,8 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R100 | piano 1 | Residenziale | 50,5 | 26 | 24,5 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R103 | piano terra | Residenziale | 59,8 | 26 | 33,8 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R103 | piano 1 | Residenziale | 60,4 | 26 | 34,4 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R104 | piano terra | Residenziale | 60,0 | 26 | 34,0 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R104 | piano 1 | Residenziale | 60,6 | 26 | 34,6 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R105 | piano terra | Residenziale | 58,6 | 26 | 32,6 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R105 | piano 1 | Residenziale | 59,3 | 26 | 33,3 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R106 | piano terra | Residenziale | 58,3 | 26 | 32,3 | 40 | Entro il limite interno |

| ID Ricettore | Piano | Destinazione | Leq dB(A) in facciata Notturno dB(A) | Potere fonoisolante infisso Rw | Leq dB(A) centro stanza Notturno dB(A) | Limite interno edifici residenziali | Confronto con Limiti interni |
|--------------|-------------|--------------|--------------------------------------|--------------------------------|--|-------------------------------------|------------------------------|
| L4.2 - R106 | piano 1 | Residenziale | 59,0 | 26 | 33,0 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R107 | piano terra | Residenziale | 59,0 | 26 | 33,0 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R107 | piano 1 | Residenziale | 59,7 | 26 | 33,7 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R108 | piano terra | Residenziale | 57,3 | 26 | 31,3 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R108 | piano 1 | Residenziale | 58,1 | 26 | 32,1 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R115 | piano terra | Residenziale | 55,7 | 26 | 29,7 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R115 | piano 1 | Residenziale | 55,7 | 26 | 29,7 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R116 | piano terra | Residenziale | 57,6 | 26 | 31,6 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R116 | piano 1 | Residenziale | 57,4 | 26 | 31,4 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R118 | piano terra | Residenziale | 56,2 | 26 | 30,2 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R118 | piano 1 | Residenziale | 56,2 | 26 | 30,2 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R119 | piano terra | Residenziale | 55,2 | 26 | 29,2 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R119 | piano 1 | Residenziale | 55,3 | 26 | 29,3 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R120 | piano terra | Residenziale | 53,0 | 26 | 27,0 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R120 | piano 1 | Residenziale | 53,1 | 26 | 27,1 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R121 | piano terra | Residenziale | 52,6 | 26 | 26,6 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R121 | piano 1 | Residenziale | 52,8 | 26 | 26,8 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R122 | piano 1 | Residenziale | 50,3 | 26 | 24,3 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R132 | piano 1 | Residenziale | 50,2 | 26 | 24,2 | 40 | Entro il limite interno |

Tabella 7-22 – Confronto limiti interni edifici residenziali

Come si evince dalla tabella, i livelli residui interni risultano entro il limite notturno, presso tutti i ricettori residenziali.

Unica eccezione rappresentata dai ricettori abitativi R21, R22, R23, R24 ed R35.

Analisi dei risultati – Stato di Progetto: linea tramviaria e traffico veicolare (anno 2025)

Come si può evincere dai dati elencati precedentemente e dalle tabelle presenti in Allegato 1 “Tabelle dei livelli in facciata ai ricettori” risulta come l’emissione generata dal traffico veicolare, comprensiva di incertezza estesa (U) pari a 2,0 dB(A), sia molto significativa in termini di contributo acustico in facciata ai ricettori.

L'analisi dei livelli in facciata ai ricettori sensibili e residenziali ha prodotto dei risultati che attestano come il traffico veicolare sia la sorgente che contribuisce maggiormente all'impatto acustico in facciata ai ricettori.

Confrontando quanto emerso dalla simulazione dei livelli in facciata dovuti alla sola linea tramviaria ed i livelli in facciata simulati sommando il traffico veicolare, si può dedurre come il contributo significativo e preponderante in termini di pressione sonora in facciata, sia da attribuire al traffico veicolare.

Tutti i ricettori analizzati sono risultati entro i limiti interni valutati sia per gli edifici sensibili che per quelli residenziali.

Unica eccezione rappresentata dai ricettori abitativi R21, R22, R23, R24 ed R35.

Tali ricettori risultano tutti collocati nella zona in prossimità della fermata "San Donnino", come rappresentato nella figura di seguito:



Figura 15 – Stralcio planimetrico rappresentativo dei ricettori oltre i limiti interni

Tale superamento è presumibile possa essere attribuito alla vicinanza dell'edificio alla zona in cui si prevede la realizzazione dell'opera. Tali superamenti risultano comprensivi del valore pari a +2,0 dB(A), ovvero l'incertezza dovuta al modello di simulazione. Tale range di tolleranza, attribuibile al modello di calcolo e alla costruzione della struttura tridimensionale e della sorgente di rumore, restituisce una stima ampiamente conservativa.

I ricettori oggetto di superamento risultano da progetto collocati in prossimità della fermata "San Donnino". Il modello di calcolo simula una situazione, cautelativa e standardizzata, di continuo movimento del tram, essendo rappresentato da due sorgenti lineari (quota 0 e 0,5) calibrate sulla base di misure effettuate durante il passaggio lungo la linea. Tale situazione garantisce un risultato cautelativo in termini di rispetto dei limiti presso i ricettori, non rappresentando tuttavia, l'effettivo impatto del tram in fermata che risulterebbe significativamente inferiore, in relazione alle velocità presso le fermate, prossime e pari a zero km/h (per permettere la salita e discesa dal mezzo dei fruitori), restituendo, pertanto, un livello in facciata presumibilmente entro i limiti.

Considerando che nello scenario di simulazione relativo alla sola sorgente tramviaria tali ricettori risultano entro i limiti interni, risulta che il superamento sia attribuibile principalmente alla componente traffico veicolare, essendo la zona caratterizzata anche dalla presenza dell'Autostrada A1.

Come specificato precedentemente è stato considerato un valore di abbattimento pari a $R_w=26$ dB(A), molto cautelativo e rappresentativo di un abbattimento molto inferiore rispetto agli infissi normalmente installati sulle abitazioni. Se si considerasse un valore di abbattimento pari a $R_w=31$ dB(A), anche questo molto cautelativo, si otterrebbero livelli a centro stanza nel pieno rispetto dei limiti normativi.

| ID Ricettore | Piano | Destinazione | Leq dB(A) in facciata Notturmo dB(A) | Potere fonoisolante infisso Rw | Leq dB(A) centro stanza Notturmo dB(A) | Limite interno edifici residenziali | Confronto con Limiti interni |
|--------------|-------------|--------------|--------------------------------------|--------------------------------|--|-------------------------------------|------------------------------|
| L4.2 - R21 | piano terra | Residenziale | 70,1 | 31 | 39,1 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R21 | piano 1 | Residenziale | 70,6 | 31 | 39,6 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R22 | piano terra | Residenziale | 70,3 | 31 | 39,3 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R22 | piano 1 | Residenziale | 70,8 | 31 | 39,8 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R23 | piano 1 | Residenziale | 66,6 | 31 | 35,6 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R24 | piano terra | Residenziale | 69,1 | 31 | 38,1 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R24 | piano 1 | Residenziale | 69,5 | 31 | 38,5 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R27 | piano 1 | Residenziale | 66,4 | 31 | 35,4 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R32 | piano 1 | Residenziale | 64,3 | 31 | 33,3 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R33 | piano 1 | Residenziale | 57,2 | 31 | 26,2 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R34 | piano 1 | Residenziale | 56,1 | 31 | 25,1 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R34 | piano 1 | Residenziale | 56,5 | 31 | 25,5 | 40 | Entro il limite interno |
| L4.2 - R35 | piano terra | Residenziale | 68,6 | 31 | 37,6 | 40 | Entro il limite interno |

Tabella 7-23 – Confronto limiti interni edifici residenziali RW=31dB(A)

Come si evince dalla tabella, considerando un $R_w=31$ dB(A), il limite interno risulta rispettato presso tutti i ricettori.

Risultati simulazione allo Stato di Riferimento: traffico veicolare (anno 2025)

Nel presente paragrafo si effettua il confronto fra i limiti vigenti ed i valori calcolati nello scenario dello stato di progetto al 2025 considerando l'evoluzione del traffico senza la presenza della linea.

Saranno effettuati i confronti fra i limiti vigenti ed i valori calcolati in fase di simulazione. Si è proceduto con un'analisi qualitativa all'interno dell'intera area di studio attraverso un'analisi puntuale e quantitativa presso i ricettori presenti.

Ricettori sensibili

Dalla tabella si evince che su un totale di n. 9 ricettori sensibili, all'interno della fascia di 500 m (per lato), risultano n.3 ricettori oltre il limite diurno.

Non risultano ricettori sensibili che prevedono fruizione in periodo notturno.

I ricettori oltre il limite diurno risultano essere tutti istituti scolastici.

| CARATTERISTICHE RICETTORE | Classe acustica PCCA | Fascia acustica concorsu | Fascia acustica concorsu | Limiti Normativi | Leq in facciata | Livelli in facciata Leq + U dB(A) | Impatto Residuo in facciata | Confronto Leq + U con i limiti esterni |
|---------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------|--|
|---------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------|--|

| ID Ricettore | Piano | Destinazione | (DPCM 14/11/1997) | ale autostrada | ale ferrovia | Diurno | | Notturno | | Diurno | | Notturno | | Esito del confronto Diurno | Esito del confronto Notturno |
|--------------|-------------|--------------|-------------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|----------------------------|------------------------------|
| | | | | | | Diurno dB(A) | Notturno dB(A) | | |
| L4.2 - R14 | piano terra | SCH | Classe II | --- | --- | 55 | 45 | 57,3 | 49,9 | 59,3 | 51,9 | 4,3 | - | Oltre i limiti | Entro i limiti |
| L4.2 - R139 | piano terra | SCH | Classe II | --- | --- | 55 | 45 | 56,0 | 49,4 | 58,0 | 51,4 | 3,0 | - | Oltre i limiti | Entro i limiti |
| L4.2 - R139 | piano 1 | SCH | Classe II | --- | --- | 55 | 45 | 59,3 | 53,0 | 61,3 | 55,0 | 6,3 | - | Oltre i limiti | Entro i limiti |
| L4.2 - R140 | piano terra | SCH | Classe II | --- | --- | 55 | 45 | 53,7 | 46,9 | 55,7 | 48,9 | 0,7 | - | Oltre i limiti | Entro i limiti |
| L4.2 - R140 | piano 1 | SCH | Classe II | --- | --- | 55 | 45 | 57,8 | 51,5 | 59,8 | 53,5 | 4,8 | - | Oltre i limiti | Entro i limiti |

Tabella 7-24 – Ricettori sensibili oltre i limiti

Come si evince dalle tabelle risultano presenti n.3 ricettori sensibili di tipo scolastico oltre il limite diurno esterno in facciata allo stato futuro di riferimento, ovvero se non venisse realizzata la linea.

Ricettori non sensibili

Dalla tabella si evince che su un totale di n. 133 ricettori non sensibili, analizzati all'interno del primo fronte impattato, per quanto concerne il periodo diurno risultano oltre i limiti n.56 ricettori. Per quanto concerne il periodo notturno, risultano oltre i limiti n.60 ricettori.

I ricettori oltre i limiti, diurni e notturni, si riportano di seguito in tabella.

| CARATTERISTICHE RICETTORE | | | Classe acustica PCCA (DPCM 14/11/1997) | Fascia acustica concorsuale autostrada | Fascia acustica concorsuale ferrovia | Limiti Normativi | | Leq in facciata | | Livelli in facciata Leq + U dB(A) | | Impatto Residuo in facciata | | Confronto Leq + U con i limiti esterni | |
|---------------------------|-------------|--------------|--|--|--------------------------------------|------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|--|----------------|
| ID Ricettore | Piano | Destinazione | | | | Diurno dB(A) | Notturno dB(A) | Diurno dB(A) | Notturno dB(A) | Diurno dB(A) | Notturno dB(A) | Diurno dB(A) | Notturno dB(A) | Diurno dB(A) | Notturno dB(A) |
| L4.2 - R01 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | A | 63,8 | 53,8 | 60,9 | 53,2 | 62,9 | 55,2 | - | 1,4 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R05 | piano terra | RES | Classe IV | --- | B | 62 | 52 | 58,3 | 51,7 | 60,3 | 53,7 | - | 1,7 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R06 | piano terra | RES | Classe IV | --- | B | 62 | 52 | 57,9 | 51,4 | 59,9 | 53,4 | - | 1,4 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R06 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | B | 62 | 52 | 62,9 | 56,8 | 64,9 | 58,8 | 2,9 | 6,8 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R07 | piano terra | RES | Classe IV | --- | B | 62 | 52 | 63,5 | 57,4 | 65,5 | 59,4 | 3,5 | 7,4 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R07 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | B | 62 | 52 | 62,2 | 56,2 | 64,2 | 58,2 | 2,2 | 6,2 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |



Comune
di Firenze

PROGETTO DEFINITIVO PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI
COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

| CARATTERISTICHE RICETTORE | | | Classe acustica PCCA (DPCM 14/11/19 97) | Fascia acustica concor suale autostra da | Fascia acustica concor suale ferrovia | Limiti Normativi | | Leq in facciata | | Livelli in facciata Leq + U dB(A) | | Impatto Residuo in facciata | | Confronto Leq + U con i limiti esterni | |
|---------------------------|-------------|------------------|--|---|---|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|---|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|--|---------------------------|
| ID Ricettor e | Piano | Destinazi one | | | | Diur no dB(A) | Nottur no dB(A) | Diur no dB(A) | Nottur no dB(A) | Diur no dB(A) | Nottur no dB(A) | Diur no dB(A) | Nottur no dB(A) | Diur no dB(A) | Nottur no dB(A) |
| L4.2 - R08 | piano terra | RES | Classe IV | --- | A | 63,8 | 53,8 | 62,7 | 56,7 | 64,7 | 58,7 | 0,9 | 4,9 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R08 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | A | 63,8 | 53,8 | 60,3 | 54,4 | 62,3 | 56,4 | - | 2,6 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R09 | piano terra | RES | Classe IV | B | B | 60,2 | 50,2 | 62,0 | 56,0 | 64,0 | 58,0 | 3,8 | 7,8 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R10 | piano terra | RES | Classe IV | B | B | 60,2 | 50,2 | 58,5 | 49,9 | 60,5 | 51,9 | 0,3 | 1,7 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R16 | piano terra | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 | 61,9 | 55,9 | 63,9 | 57,9 | 1,9 | 5,9 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R16 | piano 1 | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 | 59,9 | 53,9 | 61,9 | 55,9 | - | 3,9 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R17 | piano terra | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 | 62,9 | 56,9 | 64,9 | 58,9 | 2,9 | 6,9 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R17 | piano 1 | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 | 67,5 | 61,7 | 69,5 | 63,7 | 7,5 | 11,7 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R18 | piano terra | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 | 68,9 | 63,1 | 70,9 | 65,1 | 8,9 | 13,1 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R18 | piano 1 | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 | 70,4 | 64,6 | 72,4 | 66,6 | 10,4 | 14,6 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R19 | piano terra | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 | 70,8 | 64,9 | 72,8 | 66,9 | 10,8 | 14,9 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R19 | piano 1 | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 | 69,7 | 63,8 | 71,7 | 65,8 | 9,7 | 13,8 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R20 | piano terra | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 | 70,1 | 64,3 | 72,1 | 66,3 | 8,3 | 12,5 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R20 | piano 1 | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 | 73,7 | 67,8 | 75,7 | 69,8 | 11,9 | 16,0 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R21 | piano terra | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 | 75,4 | 69,5 | 77,4 | 71,5 | 13,6 | 17,7 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R21 | piano 1 | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 | 72,7 | 66,7 | 74,7 | 68,7 | 10,9 | 14,9 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R22 | piano terra | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 | 74,4 | 68,4 | 76,4 | 70,4 | 12,6 | 16,6 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R22 | piano 1 | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 | 72,1 | 66,1 | 74,1 | 68,1 | 10,3 | 14,3 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R23 | piano terra | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 | 73,7 | 67,8 | 75,7 | 69,8 | 13,7 | 17,8 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R23 | piano 1 | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 | 72,3 | 66,4 | 74,3 | 68,4 | 12,3 | 16,4 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R24 | piano terra | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 | 72,9 | 67,0 | 74,9 | 69,0 | 11,1 | 15,2 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R24 | piano 1 | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 | 71,9 | 65,8 | 73,9 | 67,8 | 10,1 | 14,0 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R27 | piano terra | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 | 70,0 | 63,8 | 72,0 | 65,8 | 10,0 | 13,8 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R27 | piano 1 | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 | 68,2 | 62,0 | 70,2 | 64,0 | 8,2 | 12,0 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R28 | piano terra | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 | 69,0 | 62,6 | 71,0 | 64,6 | 9,0 | 12,6 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R28 | piano 1 | RES | Classe IV | B | --- | 62 | 52 | 65,1 | 58,4 | 67,1 | 60,4 | 5,1 | 8,4 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R29 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 68,6 | 62,1 | 70,6 | 64,1 | 5,6 | 9,1 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R29 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 65,4 | 58,5 | 67,4 | 60,5 | 2,4 | 5,5 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |



Comune
di Firenze

PROGETTO DEFINITIVO PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI
COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

| CARATTERISTICHE RICETTORE | | | Classe acustica PCCA (DPCM 14/11/19 97) | Fascia acustica concor suale autostra da | Fascia acustica concor suale ferrovia | Limiti Normativi | | Leq in facciata | | Livelli in facciata Leq + U dB(A) | | Impatto Residuo in facciata | | Confronto Leq + U con i limiti esterni | |
|---------------------------|-------------|------------------|--|---|---|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|--|-----------------------|
| ID Ricettor e | Piano | Destinazi one | | | | Diur no dB(A) | Nottur no dB(A) | Diur no dB(A) | Nottur no dB(A) | Diur no dB(A) | Nottur no dB(A) | Diur no dB(A) | Nottur no dB(A) | Diur no dB(A) | Nottur no dB(A) |
| L4.2 - R30 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 68,6 | 62,0 | 70,6 | 64,0 | 5,6 | 9,0 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R30 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 67,5 | 60,0 | 69,5 | 62,0 | 4,5 | 7,0 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R31 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 69,5 | 62,3 | 71,5 | 64,3 | 6,5 | 9,3 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R31 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 69,2 | 61,3 | 71,2 | 63,3 | 6,2 | 8,3 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R32 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 70,4 | 62,5 | 72,4 | 64,5 | 7,4 | 9,5 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R33 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 61,9 | 54,5 | 63,9 | 56,5 | - | 1,5 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R33 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 60,1 | 53,3 | 62,1 | 55,3 | - | 0,3 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R34 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 60,7 | 53,7 | 62,7 | 55,7 | - | 0,7 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R34 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 69,6 | 63,8 | 71,6 | 65,8 | 6,6 | 10,8 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R35 | piano terra | RES | Classe IV | A | --- | 63,8 | 53,8 | 71,5 | 65,7 | 73,5 | 67,7 | 9,7 | 13,9 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R36 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 67,0 | 59,6 | 69,0 | 61,6 | 4,0 | 6,6 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R36 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 68,7 | 61,6 | 70,7 | 63,6 | 5,7 | 8,6 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R37 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 64,5 | 56,9 | 66,5 | 58,9 | 1,5 | 3,9 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R37 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 66,9 | 59,6 | 68,9 | 61,6 | 3,9 | 6,6 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R38 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 62,6 | 55,0 | 64,6 | 57,0 | - | 2,0 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R38 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 65,2 | 57,9 | 67,2 | 59,9 | 2,2 | 4,9 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R39 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 60,9 | 53,1 | 62,9 | 55,1 | - | 0,1 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R39 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 63,5 | 56,2 | 65,5 | 58,2 | 0,5 | 3,2 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R40 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 61,1 | 53,4 | 63,1 | 55,4 | - | 0,4 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R40 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 63,6 | 56,4 | 65,6 | 58,4 | 0,6 | 3,4 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R41 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 61,8 | 54,1 | 63,8 | 56,1 | - | 1,1 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R41 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 63,9 | 56,5 | 65,9 | 58,5 | 0,9 | 3,5 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R45 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 60,7 | 53,3 | 62,7 | 55,3 | - | 0,3 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R46 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 60,9 | 53,5 | 62,9 | 55,5 | - | 0,5 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R49 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 62,8 | 54,8 | 64,8 | 56,8 | - | 1,8 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R49 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 63,6 | 55,6 | 65,6 | 57,6 | 0,6 | 2,6 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R50 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 62,5 | 54,4 | 64,5 | 56,4 | - | 1,4 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R50 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 63,1 | 55,2 | 65,1 | 57,2 | 0,1 | 2,2 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |



Comune
di Firenze

PROGETTO DEFINITIVO PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI
COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

| CARATTERISTICHE RICETTORE | | | Classe acustica PCCA (DPCM 14/11/19 97) | Fascia acustica concor suale autostra da | Fascia acustica concor suale ferrovia | Limiti Normativi | | Leq in facciata | | Livelli in facciata Leq + U dB(A) | | Impatto Residuo in facciata | | Confronto Leq + U con i limiti esterni | |
|---------------------------|-------------|------------------|--|---|---|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|---|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|--|---------------------------|
| ID Ricettor e | Piano | Destinazi one | | | | Diur no dB(A) | Nottur no dB(A) | Diur no dB(A) | Nottur no dB(A) | Diur no dB(A) | Nottur no dB(A) | Diur no dB(A) | Nottur no dB(A) | Diur no dB(A) | Nottur no dB(A) |
| L4.2 - R51 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 62,5 | 54,3 | 64,5 | 56,3 | - | 1,3 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R51 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 63,2 | 55,1 | 65,2 | 57,1 | 0,2 | 2,1 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R53 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 65,1 | 56,6 | 67,1 | 58,6 | 2,1 | 3,6 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R53 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 65,7 | 57,4 | 67,7 | 59,4 | 2,7 | 4,4 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R58 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 61,6 | 53,1 | 63,6 | 55,1 | - | 0,1 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R58 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 63,1 | 54,6 | 65,1 | 56,6 | 0,1 | 1,6 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R59 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 62,6 | 54,0 | 64,6 | 56,0 | - | 1,0 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R60 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 63,2 | 54,5 | 65,2 | 56,5 | 0,2 | 1,5 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R61 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 64,4 | 55,6 | 66,4 | 57,6 | 1,4 | 2,6 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R61 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 66,1 | 57,4 | 68,1 | 59,4 | 3,1 | 4,4 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R62 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 62,6 | 54,1 | 64,6 | 56,1 | - | 1,1 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R62 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 64,5 | 55,9 | 66,5 | 57,9 | 1,5 | 2,9 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R74 | piano 1 | RES | Classe III | --- | --- | 60 | 50 | 56,4 | 48,3 | 58,4 | 50,3 | - | 0,3 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R82 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 63,7 | 54,7 | 65,7 | 56,7 | 0,7 | 1,7 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R82 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 64,4 | 55,4 | 66,4 | 57,4 | 1,4 | 2,4 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R83 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 62,6 | 53,6 | 64,6 | 55,6 | - | 0,6 | Entro i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R83 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 63,1 | 54,1 | 65,1 | 56,1 | 0,1 | 1,1 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R91 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 68,3 | 59,7 | 70,3 | 61,7 | 5,3 | 6,7 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R91 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 68,8 | 60,1 | 70,8 | 62,1 | 5,8 | 7,1 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R92 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 63,3 | 54,6 | 65,3 | 56,6 | 0,3 | 1,6 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R92 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 64,0 | 55,4 | 66,0 | 57,4 | 1,0 | 2,4 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R93 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 67,8 | 59,1 | 69,8 | 61,1 | 4,8 | 6,1 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R93 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 68,2 | 59,5 | 70,2 | 61,5 | 5,2 | 6,5 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R94 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 67,5 | 58,8 | 69,5 | 60,8 | 4,5 | 5,8 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R94 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 67,9 | 59,2 | 69,9 | 61,2 | 4,9 | 6,2 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R95 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 68,8 | 60,0 | 70,8 | 62,0 | 5,8 | 7,0 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R95 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 69,0 | 60,2 | 71,0 | 62,2 | 6,0 | 7,2 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R96 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 68,3 | 59,5 | 70,3 | 61,5 | 5,3 | 6,5 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |



| CARATTERISTICHE RICETTORE | | | Classe acustica PCCA (DPCM 14/11/19 97) | Fascia acustica concorso ale autostra da | Fascia acustica concorso ale ferrovia | Limiti Normativi | | Leq in facciata | | Livelli in facciata Leq + U dB(A) | | Impatto Residuo in facciata | | Confronto Leq + U con i limiti esterni | |
|---------------------------|-------------|------------------|--|---|---|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|---|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|--|---------------------------|
| ID Ricettor e | Piano | Destinazi one | | | | Diur no dB(A) | Nottur no dB(A) | Diur no dB(A) | Nottur no dB(A) | Diur no dB(A) | Nottur no dB(A) | Diur no dB(A) | Nottur no dB(A) | Diur no dB(A) | Nottur no dB(A) |
| L4.2 - R96 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 68,5 | 59,7 | 70,5 | 61,7 | 5,5 | 6,7 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R97 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 67,4 | 58,5 | 69,4 | 60,5 | 4,4 | 5,5 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R97 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 67,7 | 58,8 | 69,7 | 60,8 | 4,7 | 5,8 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R98 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 67,1 | 58,2 | 69,1 | 60,2 | 4,1 | 5,2 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R98 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 67,4 | 58,5 | 69,4 | 60,5 | 4,4 | 5,5 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R103 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 67,8 | 58,9 | 69,8 | 60,9 | 4,8 | 5,9 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R103 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 68,0 | 59,1 | 70,0 | 61,1 | 5,0 | 6,1 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R104 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 67,9 | 59,1 | 69,9 | 61,1 | 4,9 | 6,1 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R104 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 68,2 | 59,3 | 70,2 | 61,3 | 5,2 | 6,3 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R105 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 66,6 | 57,7 | 68,6 | 59,7 | 3,6 | 4,7 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R105 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 67,0 | 58,1 | 69,0 | 60,1 | 4,0 | 5,1 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R106 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 66,2 | 57,3 | 68,2 | 59,3 | 3,2 | 4,3 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R106 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 66,7 | 57,8 | 68,7 | 59,8 | 3,7 | 4,8 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R107 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 67,0 | 58,2 | 69,0 | 60,2 | 4,0 | 5,2 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R107 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 67,3 | 58,4 | 69,3 | 60,4 | 4,3 | 5,4 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R108 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 65,4 | 56,4 | 67,4 | 58,4 | 2,4 | 3,4 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R108 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 65,9 | 56,9 | 67,9 | 58,9 | 2,9 | 3,9 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R109 | piano terra | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 63,3 | 53,1 | 65,3 | 55,1 | 0,3 | 0,1 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |
| L4.2 - R109 | piano 1 | RES | Classe IV | --- | --- | 65 | 55 | 63,6 | 53,8 | 65,6 | 55,8 | 0,6 | 0,8 | Oltre i limiti | Oltre i limiti |

Tabella 7-25 – Ricettori non sensibili oltre i limiti

Considerazioni sullo stato di raffronto

Dalla lettura delle mappe, afferenti allo stato futuro (anno 2025) relative al confronto tra i livelli acustici dello stato con e senza la linea tramviaria 4.2 in funzione, si osserva un sensibile miglioramento in termini di livelli acustici nella zona urbana di Campi Bisenzio.

Il miglioramento si presenta principalmente nel centro abitato di Campi Bisenzio, dove la diminuzione dei mezzi leggeri e soprattutto pesanti, oltre a non essere inficiata dalla riduzione di carreggiata in conseguenza della stesura dei binari, comporta una forte riduzione delle emissioni sonore e quindi un sensibile beneficio in termini acustici per l'area residenziale, soprattutto in periodo notturno, più sensibile al disturbo da impatto acustico.

Lo studio è stato condotto al fine di verificare in via previsionale il rispetto dei limiti acustici previsti amministrativamente per la tipologia di sorgente indagata (tramvia) i quali risultano pienamente rispettati anche in ambito concorsuale con le altre infrastrutture presenti (linea ferroviaria ed infrastruttura autostradale).

Pertanto, il confronto tra attuale/riferimento e stato di progetto evidenzia come il centro abitato del comune di Campi Bisenzio risenta in termini positivi del minor contributo acustico derivante dal traffico veicolare, dei mezzi leggeri e pesanti, migliorando la situazione, soprattutto in periodo notturno.

7.1.9 Conclusioni

Il presente studio acustico ha avuto come oggetto la valutazione previsionale di impatto acustico dell'opera di progetto del prolungamento della Linea 4 (4.2 direzione Campi Bisenzio) del Sistema tramvia di Firenze.

Lo studio è stato condotto secondo il quadro normativo di riferimento e la valutazione previsionale di impatto acustico dell'opera è stata condotta valutando il rispetto dei limiti normativi per gli scenari:

- Stato attuale (anno 2019);
- Stato di progetto con linea tramviaria (anno 2025);
- Stato di progetto con linea tramviaria e traffico veicolare su strada (anno 2025);

- Stato di riferimento (anno 2025): stato futuro senza la realizzazione della linea tramviaria.

Oltre ai suddetti scenari, ante e post realizzazione opera, è stato inoltre valutato lo scenario di corso d'opera, analizzando gli scenari peggiori di massimo disturbo relativi ai cantieri lungo la linea necessari alla realizzazione dell'opera. Lo scenario di corso d'opera è stato suddiviso e analizzato tenendo conto sia delle ore di lavoro effettive dei mezzi interni ad ogni area di cantiere sia valutando la cosiddetta "mezz'ora peggiore" ovvero il livello massimo di emissione generato da tutte le macchine al lavoro contemporaneamente. Tali scenari sono stati suddivisi come segue:

- Fase di cantiere: livelli equivalenti in facciata ai ricettori;
- Fase di cantiere: livelli massimi in facciata ai ricettori;
- Fase di cantiere: livelli equivalenti in facciata ai ricettori e traffico veicolare;
- Fase di cantiere: livelli massimi in facciata ai ricettori e traffico veicolare.

Lo studio, relativamente agli scenari ante, post e corso d'opera, è stato condotto utilizzando i seguenti approcci metodologici:

- Qualitativo: realizzazione di mappe acustiche di simulazione per ciascuno scenario, per i periodi di riferimento diurno e notturno.
- Quantitativo: valutazione dei livelli equivalenti in facciata a tutti i ricettori esposti nel primo fronte di impatto della linea e in facciata ai ricettori sensibili (ospedali, case di cura, scuole) per un buffer di 500 metri per lato.

Per quanto concerne lo stato attuale si evidenzia, dall'osservazione delle tabelle dei risultati, una situazione di superamento dei limiti vigenti, sia per quanto concerne il periodo diurno che per quanto concerne il periodo notturno.

Per quanto riguarda lo stato di progetto si sottolinea come, sebbene sia previsto dallo studio trasportistico una evoluzione dei flussi veicolari, è previsto, soprattutto nei tratti in cui è previsto il passaggio a raso dei binari, una diminuzione dei livelli di rumore attesi, dovuta

sia al decremento del traffico su gomma e sia, alla luce della sostituzione di numerose corse di autobus a favore dei tram, anche un significativo decremento dei mezzi pesanti. Di contro, come emerge dallo studio trasportistico, la riduzione dei flussi sulla sottorete interessata dal passaggio dei tram, è accompagnata da fenomeni di redistribuzione, capaci di concentrare flussi veicolari anomali su altri archi della rete esterna. Ciò nonostante, dal punto di vista acustico tale redistribuzione, pur presente, non pare in grado di fornire un contributo sonoro paragonabile a quello dovuto al previsto incremento del traffico (stima al 2025).

La verifica in via previsionale il rispetto dei limiti acustici previsti amministrativamente per la sorgente linea tramviaria risultano pienamente rispettati anche in ambito concorsuale con le altre infrastrutture presenti. Si è evidenziato l'assenza di criticità per tutti i ricettori di tipo sensibile presenti in un raggio di 500 metri di distanza dall'asse del binario più esterno, da entrambi i lati, con un'unica eccezione di moderata entità presso un edificio scolastico, per quale bisogna considerare necessariamente sia che al livello equivalente simulato in facciata è stata sommata l'incertezza estesa (U) pari a +2,0 dB(A) al fine di comprendere dovuta al modello di simulazione, sia che il ricettore si trova in prossimità di una futura fermata tramviaria, dove pertanto il contributo in termini di impatto acustico in facciata sarà sensibilmente inferiore in funzione di velocità, nei pressi della fermata, prossime e pari a zero km/h (per permettere la salita e discesa dal mezzo dei fruitori) restituendo un livello in facciata presumibilmente entro i limiti.

Per tutti i ricettori sensibili e non sensibili oltre i limiti si è provveduto a valutare per via teorica l'effetto dovuto all'abbattimento acustico degli infissi al fine di valutare i livelli interni agli edifici, i quali sono risultati tutti entro i limiti fissati dalla normativa vigente. Relativamente l'impatto dovuto alla fase di realizzazione dell'opera si è proceduto a simulare la propagazione dell'onda sonora generata dal cantiere (operante solo in periodo diurno) sia nella condizione peggiore, ovvero con tutti i mezzi d'opera in funzione

contemporaneamente, sia nella condizione media di lavoro. È stato altresì valutata la redistribuzione del traffico veicolare in funzione dell'attività di cantiere.

La simulazione della fase di realizzazione dell'opera è stata effettuata valutando, per ciascun microcantiere lungo la linea tramviaria, lo scenario peggiore in termini di impatto ai ricettori. Per valutare il maggior disturbo in facciata sono state analizzate le lavorazioni riportate nel cronoprogramma dei lavori e per ogni lavorazione sono stati ipotizzati i mezzi in funzione contemporaneamente. Successivamente, la lavorazione peggiore in termini di potenza acustica complessiva (L_w) di tutti i mezzi per ciascun microcantiere è stata assegnata alla sorgente areale creata in corrispondenza delle lavorazioni al fine di creare lo scenario di disturbo maggiore ai ricettori.

Secondo quanto emerso dai risultati di simulazione, per ridurre al minimo le emissioni di rumori, in particolari situazioni, dovranno essere posizionate delle pannellature fonoassorbenti mobili, onde delimitare le zone di lavoro durante la realizzazione delle opere, in modo da mitigare quanto più possibile il rumore in facciata ai ricettori.

Considerando la tipologia dei mezzi e le attività da svolgere, le mitigazioni tuttavia, potrebbero non raggiungere lo scopo di abbattimento tale da portare al rispetto dei limiti in facciata. Pertanto, ove non sarà possibile ottenere il rispetto dei limiti in facciata, sarà necessario provvedere alla richiesta di autorizzazione in deroga al superamento dei limiti ai comuni di Campi Bisenzio e Firenze.

In conclusione, lo studio dell'impatto da rumore dell'infrastruttura tramviaria all'interno del contesto in esame ha condotto a formulare delle considerazioni positive sul suo inserimento.

Tali apprezzamenti sono avallati dal confronto fra lo studio del rumore tra lo scenario di progetto, con solo la tramvia presente e lo scenario attuale; lo scenario di progetto con e senza tramvia al 2025 e lo scenario di progetto con la tramvia e lo scenario attuale. Dall'analisi delle situazioni evidenziate si rileva che i livelli di rumore hanno entità

confrontabili e nel caso di confronto tra stato di progetto ed attuale si rilevano variazioni significative, sottolineando quindi come la tramvia, in uno scenario futuro, possa assolvere a strumento di mitigazione dell'impatto acustico del traffico veicolare, mantenendolo a livelli sostenibili per il territorio.

Il contributo sonoro della nuova infrastruttura è risultato infatti limitato, a conferma di quanto acusticamente critico sia l'elemento flusso veicolare. Dallo studio svolto, è possibile quindi concludere che:

1. l'impatto acustico è destinato a ridursi o comunque a contenersi entro valori inferiori a quelli attuali nonostante l'aumento di flusso veicolare che si può prevedere avvenire nell'area urbana fiorentina al 2025 (anno stimato di completamento e messa in opera dell'intera infrastruttura tranviaria).
2. il contributo del rumore prodotto dalla sola tramvia nello scenario di progetto è trascurabile, a conferma che il rumore è generato prevalentemente dal solo traffico veicolare;
3. in un ipotetico scenario futuro senza la tramvia, ipotizzando un plausibile aumento del traffico e fatta salva la probabile crisi della rete infrastrutturale viaria, si assisterebbe ad un aumento del rumore nella zona urbana di Campi Bisenzio;
4. fermo restando il miglioramento, in termini di clima acustico, sull'area vasta considerata come dominio di studio, l'alterazione nelle immediate vicinanze del futuro tracciato è intrinsecamente connaturata alla natura stessa dell'intervento in progetto. Ciò nonostante, si ritiene che le valutazioni eseguite per i ricettori sensibili che hanno presentato delle criticità consentano di garantire il rispetto dei limiti vigenti per l'esercizio tranviario;

5. tutte le indagini previsionali saranno in seguito affinate del corso della progettazione esecutiva e saranno supportate da misure di campo effettuate durante la fase di cantiere e la messa a regime per verificare l'opportunità di mettere in atto ulteriori azioni di salvaguardia.

7.2 Vibrazioni

Nel capitolo in questione viene illustrato lo studio previsionale delle vibrazioni dovute all'esercizio della nuova linea tranviaria in termini di disturbo alle persone. Per questa ragione, qualora si verifici dall'esame delle mappe di simulazione, la presenza di edifici in zone critiche, questo fatto non può rivestire alcuna valenza per la stima di un possibile danno alle strutture, evidenziando unicamente il superamento di una soglia di disturbo per i residenti dell'edificio stesso, soglia che peraltro attualmente, pur ricavata dalle normative tecniche esistenti in sede nazionale ed internazionale, non risulta fissata da alcun atto legislativo.

La valutazione sarà eseguita in riferimento alla norma UNI 9614:2017 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo".

7.2.1 Metodologia di lavoro utilizzata

Lo studio delle vibrazioni, finalizzato alla valutazione dei livelli di immissione indotti dall'esercizio tramviario lungo la futura infrastruttura, è esteso a tutti i ricettori compresi nell'ambito di valutazione, identificato per lo studio vibrazionale, in una fascia di 500 m dall'asse del binario.

In relazione agli obiettivi che lo studio delle vibrazioni si pone, si prevede nella prima fase l'acquisizione delle vibrazioni indotte dal traffico tramviario, tramite valutazioni sperimentali su tracciati esistenti; nella fase successiva, tramite la definizione di una funzione di trasferimento, di ricondurre tali informazioni nella valutazione del futuro esercizio dell'infrastruttura di progetto. Per le indagini e la valutazione si è fatto riferimento alle disposizioni definite dalla UNI 9614:2017 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo", sia per la definizione dell'ambito di studio, sia per i relativi limiti da assumere in relazione alla tipologia di ricettore. Si evidenzia che i limiti indicati dalla UNI 9614:2017 sono riferiti ai soli ambienti interni, rilevati a centro stanza e, in generale, valutati in spazi fruiti dalle persone.

La metodologia di lavoro assunta prevede, quindi, una analisi conoscitiva preliminare dell'ambito di studio mediante valutazione del contesto geologico e di caratterizzazione della propagazione delle vibrazioni nel territorio, in base a indagini sperimentali vibrazionali eseguite in sezioni ritenute analoghe a quelle di progetto, individuazione e censimento dei ricettori ricadenti all'interno dell'area in valutazione.

Successivamente, mediante specifico algoritmo di modellazione vibrazionale previsionale, opportunamente verificato, sarà sviluppato lo scenario di simulazione post operam, riferito alle condizioni di esercizio secondo la previsione di progetto determinando, per ciascun ricettore, il valore di vibrazione interno, sia in periodo diurno sia in periodo notturno.

Dal confronto con i limiti normativi individuati nella UNI 9614:2017 si potranno evincere le eventuali zone che potrebbero richiedere specifici interventi di mitigazione e le soluzioni progettuali necessarie per il contenimento delle vibrazioni indotte, nonché postazioni di verifica a mezzo di indagini strumentali al fine di verificare, nella fase di post operam, il modello predittivo.

7.2.2 Ricettori

In riferimento ai ricettori, saranno considerati quelli presenti in una fascia di 500 m dall'asse del binario della linea tramviaria. Di seguito si riporta una breve sintesi del censimento.

Nel complesso all'interno dell'ambito di studio sono stati individuati 142 ricettori, di cui:

- 133 residenziali;
- nove ricettori sensibili (scuole).

In funzione di quanto indicato dalla normativa UNI 9614:2017, si farà riferimento ai valori limite nel periodo diurno e notturno in funzione della destinazione d'uso del ricettore.

7.2.3 Descrizione dei sistemi di armamento antivibrante

Al fine di ridurre le vibrazioni prodotte dal transito tramviario è previsto l'impiego di sistemi antivibranti. A questo proposito si specifica che nel sistema antivibrante verranno impiegate le migliori tecnologie oggi disponibili, costituite dall'utilizzo di guancialini in materiale elastomerico posti attorno alle rotaie, dall'impiego di attacchi elastici indiretti (con doppio strato elastomerico, sia sopra sia sotto la piastra di attacco) e nella realizzazione di un sistema flottante su materassino elastico.

Il sistema di armamento prescelto è detto anche ERS (embedded rail system) e prevede la posa di rotaie rivestite da profili in gomma che vengono posizionate mediante portalini e fissate in opera con un getto di bloccaggio. Tale sistema largamente utilizzato in Europa (Parigi, Madrid, Bruxelles, Atene ecc.) è attualmente quello proposto per la realizzazione della linea. Variando le caratteristiche delle gomme sotto-rotaia e dell'eventuale materassino sotto-platea, il sistema consente una notevole gamma di soluzioni prestazionali.

La forma del rivestimento elastico è adatta al tipo di rotaia e garantisce:

1. un trasferimento ottimale del carico;
2. un isolamento vibro-acustico;
3. un isolamento elettrico;
4. un isolamento termico.

Il sistema permette, grazie ad una striscia resiliente sotto rotaia e di 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.

Nei casi in cui il sistema non necessita di particolari accorgimenti antivibranti e quindi può essere realizzato con sistemi di fissaggio tradizionali (attacchi elastici) o si hanno a

disposizione spessori molto ridotti sotto le rotaie o per le tratte posate su opere d'arte preesistenti si è ricorsi alla tipologia definita L0m.

Posizionamento dell'armamento

Nella planimetria seguente è riportato il tracciato della linea e le posizioni delle sezioni tipo L0 "Livello 0", L0m, L2 "Livello 2" e L3 "Livello 3".

Di seguito la legenda che indica la tipologia di armamento prevista.

| LEGENDA | |
|---|--------------------|
|  | Armamento tipo L0 |
|  | Armamento tipo L2 |
|  | Armamento tipo L3 |
|  | Armamento tipo L0m |

Negli stralci planimetrici seguenti è possibile individuare i tratti della linea in cui sono previsti gli inserimenti delle diverse tipologie di armamento.



Comune
di Firenze

PROGETTO DEFINITIVO PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI
COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BIENZIO E SESTO FIORENTINO

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BIENZIO

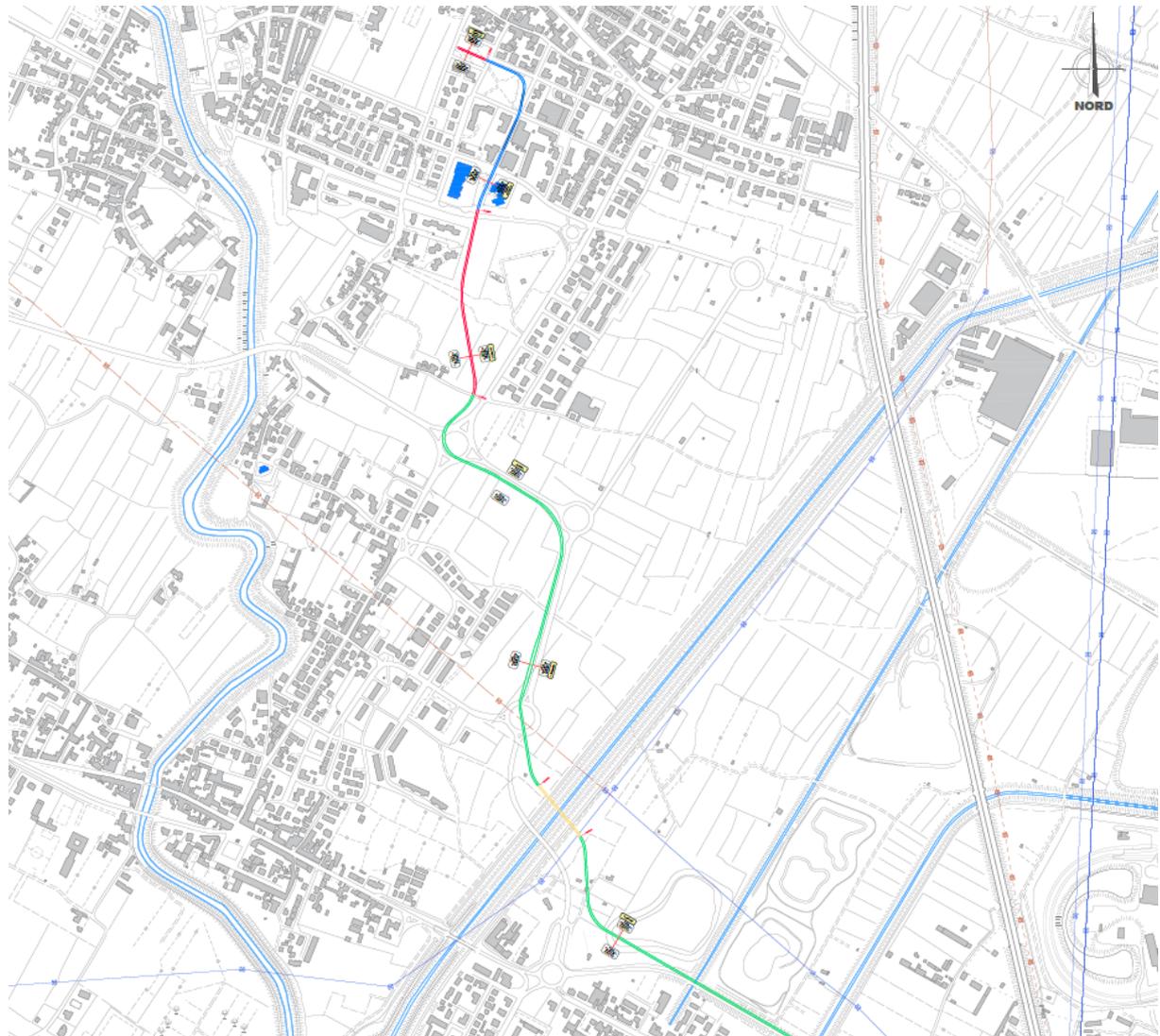


Figura 7-16 – posizionamento degli armamenti tipo L0, L0m, L2 e L3 sulla L4.2 – lato Nord



Comune
di Firenze

PROGETTO DEFINITIVO PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI
COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BIENZIO E SESTO FIORENTINO

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BIENZIO

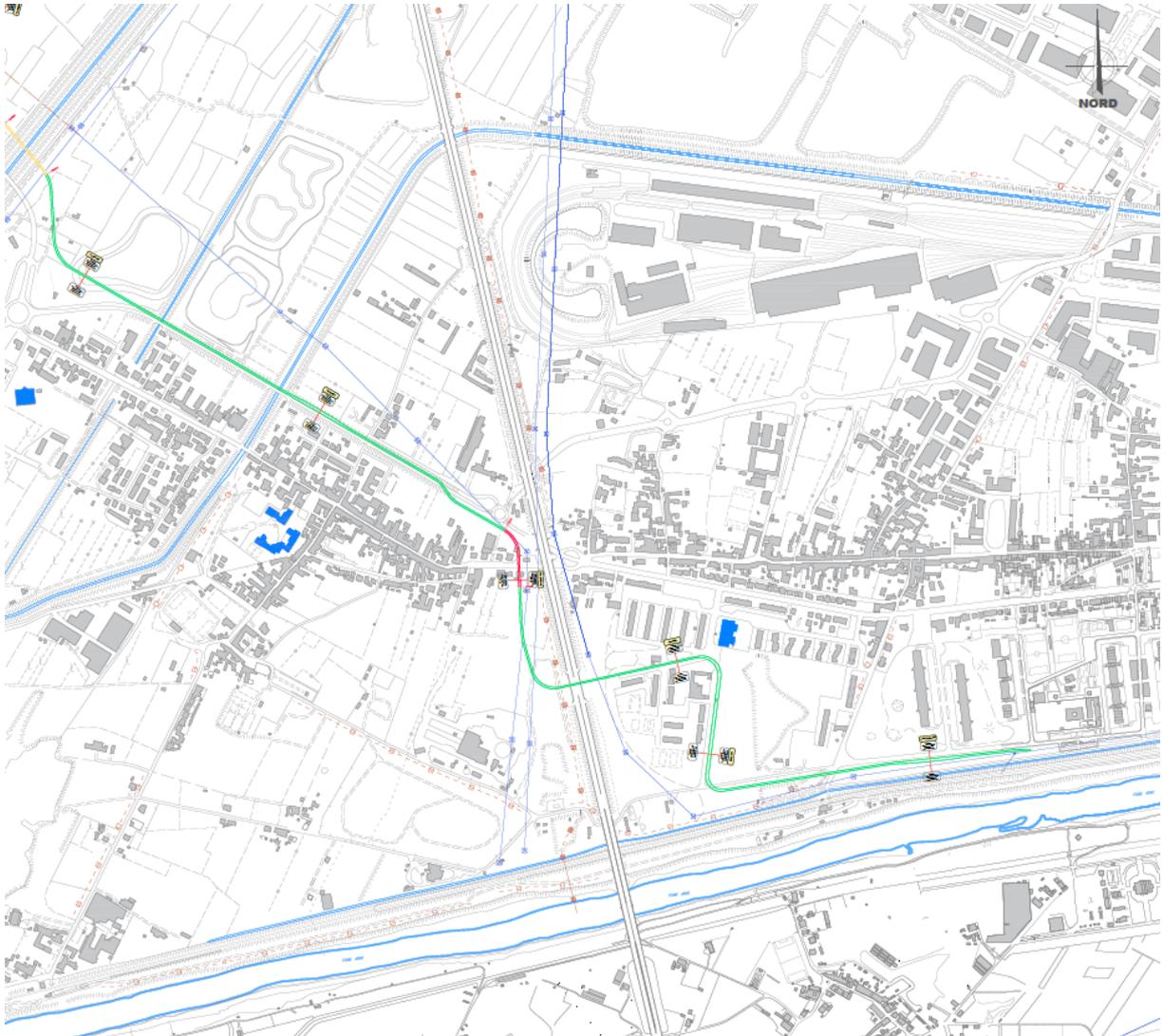


Figura 7-17 – posizionamento degli armamenti tipo L0, L0m, L2 e L3 sulla L4.2 – lato Sud

7.2.4 Caratterizzazione sperimentale delle emissioni di vibrazioni da parte del materiale rotabile e realizzazione del modello

Per la caratterizzazione dell'emissione dell'infrastruttura viaria in progetto, in dettaglio del transito della tramvia, è stata effettuata una campagna di misurazione delle vibrazioni lungo il percorso delle linee esistenti ed in esercizio: Linea 2 e Linea 3. Le indagini sono state svolte nel mese di giugno 2022.

Le sezioni di indagine sono state scelte per analogia alle sezioni previste nell'intervento in oggetto, dimensioni della carreggiata, percezione del tracciato ed individuate in relazione alla tipologia di armamento presente (L0, L2 o L3) al fine di caratterizzare la propagazione delle vibrazioni nel terreno per le differenti situazioni. Dall'analisi in post elaborazione dei dati sperimentali, rilevati dalle sezioni di misura, sono stati individuati gli eventi ed a essi associati i transiti tramviari relativi a mezzo di quanto rilevato dal presidio della postazione. Tale valutazione ha permesso quindi la caratterizzazione dell'emissione delle vibrazioni per ogni tipologia di armamento al passaggio del tram.

La caratterizzazione dell'emissione tramvia è stata eseguita in nove sezioni, tre per ogni tipologia di armamento. Al fine di avere un dato rappresentativo si è proceduto per ogni sezione di indagine a rilevare almeno dieci transiti tramvia: ciò ha permesso di acquisire un campione rappresentativo dei transiti in funzione del tappetino antivibrante eventualmente presente e della distanza di posizionamento del sensore.

Di seguito si riportano le posizioni di indagini individuate.

Per la caratterizzazione dell'armamento tipo L0 sono state individuate le seguenti sezioni.

| ID | Postazione | Tipo Indagine | Tipo Armamento | Data | Indirizzo |
|----|------------|----------------------------------|----------------|------------|------------------------------|
| 1 | VIB1 | Propagazione esterna | L0 | 20/06/2022 | Via di Carraia-Via di Novoli |
| 2 | VIB4 | Propagazione esterna | L0 | 20/06/2022 | Via Buonsignori-Via Mariti |
| 3 | VIB4 - int | Valutazione interna all'edificio | L0 | 14/06/2022 | Via Buonsignori |

Per la caratterizzazione dell'armamento tipo L2 sono state individuate le seguenti sezioni.

| ID | Postazione | Tipo Indagine | Tipo Armamento | Data | Indirizzo |
|----|------------|----------------------------------|----------------|------------|----------------|
| 4 | VIB3 | Propagazione esterna | L2 | 27/06/2022 | Via di Novoli |
| 5 | VIB5 | Propagazione esterna | L2 | 27/06/2022 | Via Gordigiani |
| 6 | VIB2 - int | Valutazione interna all'edificio | L2 | 21/06/2022 | Via di Novoli |

Per la caratterizzazione dell'armamento tipo L3 sono state individuate le seguenti sezioni.

| ID | Postazione | Tipo Indagine | Tipo Armamento | Data | Indirizzo |
|----|------------|----------------------------------|----------------|------------|--------------|
| 7 | VIB8 | Propagazione esterna | L3 | 20/06/2022 | Via Pisacane |
| 8 | VIB9 | Propagazione esterna | L3 | 27/06/2022 | Via Tavanti |
| 9 | VIB7 - int | Valutazione interna all'edificio | L3 | 22/06/2022 | Via Valfonda |

In base ai dati ottenuti dalle indagini vibrometriche si è proceduto a identificare gli eventi associati ad i transiti tramviari ed agli eventi caratterizzanti il residuo della zona.

La valutazione dei dati sperimentali ha definito una determinata funzione di trasferimento.

Al fine di determinare una funzione di trasferimento da impiegare per la predizione dalla propagazione dei valori nella futura opera sono stati considerati due fattori correttivi:

- amplificazione all'interno degli edifici, considerata pari a + 5dB;
- incertezza del modello, considerata pari a + 2dB.

I fattori individuati sono stati sommati ai valori misurati nelle sezioni di indagine. Per l'armamento tipo L0, in considerazione che il dato ad 1 m è derivato da quanto misurato sull'armamento L2, sarà considerato solo il dato minore, in quanto restituisce una regressione maggiormente cautelativa.

Dal confronto coi dati sperimentali acquisiti e le curve di regressione si può valutare l'efficacia dei sistemi L0, L2 ed L3. L'armamento L0 è quello che presenta un grado di propagazione delle vibrazioni maggiore, sino a circa 15m. Gli armamenti L2 ed L3, prevedendo nella loro costruzione la posa di un tappetino antivibrante e presentano una propagazione delle vibrazioni contenuta. In particolare, sia la sezione tipo L2 ed L3 presentano una propagazione sino a 10 metri. Analizzando i dati rilevati in campo dalle indagini

vibrometriche per l'armamento L3 si ottiene che già ad una distanza di 7.5m l'evento del transito tramviario è trascurabile, mentre ancora rilevabile per l'armamento tipo L2. Ciò a conferma dell'efficacia maggiore del sistema tipo L3 rispetto all'L2.

7.2.5 Valutazione dell'esercizio tramviario

In relazione alle funzioni di trasferimento delle vibrazioni definite e alle considerazioni che hanno considerato dei fattori correttivi, per considerare sia l'effetto sugli edifici che l'incertezza della stima modellistica, è possibile determinare la distanza alla quale si indica il rispetto dei limiti, in funzione dell'armamento L0, L2 ed L3 previsti nella realizzazione dell'opera.

Nella tabella seguente si riportano le distanze significative ed i rispettivi valori di vibrazioni predetti considerando inoltre l'amplificazione degli edifici e l'incertezza associata al modello.

| Valore di vibrazioni (mm/s ²) | L0 (m) | L2 (m) | L3 (m) |
|--|--------|--------|---------|
| 230,4 | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| 115,2 | 3,8 | 2,6 | 2,4 |
| 57,6 | 8,8 | 5,2 | 4,9 |
| 28,8 | 13,3 | 7,3 | 7,0 |
| 14,4 | 16,3 | 8,7 | 8,4 |
| 7,2 | 18,1 | 9,5 | 9,2 (*) |
| 5,4 | 18,6 | 9,7 | 9,4 (*) |
| 3,6 | 19,1 | 9,9 | 9,7 (*) |
| 1,8 | 19,6 | 10,1 | 9,9 (*) |

(*) da 7,5 m i dati sperimentali forniscono valore $\ll 1,8$ mm/s². I valori riportati sono quelli predetti dalla funzione di trasferimento del modello

Per i tratti con armamento L0 si valuta il rispetto del limite diurno per la destinazione d'uso abitazione ad una distanza di circa 18 m dall'asse del binario ed il rispetto del limite notturno a circa 19 m.

Per l'armamento L2 si valuta il rispetto del limite diurno per la destinazione d'uso abitazione ad una distanza di circa 9,5 m e il rispetto del limite notturno a circa 10 m.

Per l'armamento L3, la funzione di trasferimento, valuta il rispetto del limite diurno per la destinazione d'uso abitazione ad una distanza di circa 9,2 m e il rispetto del limite notturno a circa 9,7 m. Si evidenzia che, dalle indagini sperimentali condotte in questo tipo di sezione, si determina nel punto di misura posto alla distanza di 7,5 m un evento del transito della tramvia trascurabile. Al fine di compiere una valutazione conservativa sarà comunque considerata la propagazione individuata dalla funzione di trasferimento, con la quale sarà necessariamente da ricordare l'evidenza del dato sperimentale, il quale ha evidenziato un valore di vibrazione indotto dalla sorgente trascurabile a 7,5 m.

Lo studio previsionale delle vibrazioni ha definito per ogni ricettore contenuto nella fascia di studio di 500m, il valore puntuale a cui sarà soggetto durante l'esercizio tramviario. Il valore del vettore sorgente è definito all'interno dell'edificio e considera l'amplificazione delle vibrazioni a causa della vibrazione della struttura e la somma dell'incertezza associata al modello.

Di seguito la tabella complessiva dei valori così calcolati. Per ciascun edificio è indicata la destinazione d'uso, il relativo limite di immissione in base alla destinazione d'uso e i valori calcolati del Vettore Sorgente nel periodo diurno e notturno.

Dall'analisi del confronto coi limiti diurni e notturni si riscontra, per tutti i ricettori, il rispetto dei limiti indicati dalla UNI 9614:2017 in entrambi i periodi.

Pur ritenendo in questa sede la conformità dei valori ai ricettori, si propone in sede di operam di procedere con una campagna di misura delle vibrazioni per accertare il reale valore agli stessi, in particolare per i ricettori sensibili (scuole) in una fascia di circa 50 m (R14, R113) e i ricettori residenziali più prossimi alla linea tramviaria in una fascia di circa 20 m (R20, R22, R115, R116 e R119).

Di seguito la tabella con la valutazione per ogni ricettore.

| COD. RIC. | DIST. (m) | USO | Limite diu mm/s ² | Limite not mm/s ² | SEZ. TIP. | Scenario di Esercizio mm/s ² | Confronto con il limite del periodo diurno | Confronto con il limite del periodo notturno | nota |
|------------|--------------|---------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------|---|--|--|------|
| L4.2 - R01 | 214,9 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -164,4 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R02 | 127,8 | EDIFICIO AUSILIARIO | 7,2 | 3,6 | L0 | -128,4 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R03 | 80,9 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -96,7 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R04 | 51,2 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -64,9 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R05 | 95,5 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -108,2 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R06 | 95,8 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -108,4 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R07 | 97,3 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -109,5 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R08 | 71,7 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -88,3 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R09 | 88,5 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -102,9 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R10 | 29,1 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -25,8 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R11 | 28,7 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -24,8 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R12 | 47,8 | EDIFICIO AUSILIARIO | 7,2 | 3,6 | L0 | -60,2 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R13 | 36,5 | EDIFICIO AUSILIARIO | 7,2 | 3,6 | L0 | -41,5 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R14 | 54,6 | SCUOLA | 5,4 | - | L0 | -69,4 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R15 | 54,5 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -69,2 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R16 | 66,8 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -83,3 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R17 | 81,6 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -97,2 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R18 | 28,7 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -24,7 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R19 | 41,1 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -49,7 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R20 | 23,1 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -68,2 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R21 | 21,3 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -61,2 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R22 | 19,5 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | 2,1 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R23 | 91,5 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -105,2 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R24 | 34,3 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -101,5 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R25 | 36,9 | EDIFICIO AUSILIARIO | 7,2 | 3,6 | L0 | -42,1 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R26 | 103,9 | EDIFICIO AUSILIARIO | 7,2 | 3,6 | L0 | -114,0 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R27 | 52,3 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -66,4 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R28 | 43,9 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -54,3 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R29 | 48,7 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -61,5 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R30 | 48,2 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -60,8 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R31 | 47,4 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -59,5 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R32 | 26,6 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -19,5 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R33 | 48,3 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -60,8 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R34 | 69,4 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -86,0 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R35 | 36,3 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -106,3 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R36 | 51,9 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -65,9 | entro il limite | entro il limite | |



Comune
di Firenze

PROGETTO DEFINITIVO PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI
COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

| COD. RIC. | DIST. (m) | USO | Limite diurno mm/s ² | Limite notturno mm/s ² | SEZ. TIP. | Scenario di Esercizio mm/s ² | Confronto con il limite del periodo diurno | Confronto con il limite del periodo notturno | nota |
|------------|-----------|---------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------|---|--|--|------|
| L4.2 - R37 | 46,1 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -57,6 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R38 | 51,8 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -65,7 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R39 | 52,6 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -66,7 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R40 | 53,6 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -68,0 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R41 | 46,2 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -57,7 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R42 | 108,1 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -116,8 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R43 | 109,0 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -117,3 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R44 | 125,5 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -127,1 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R45 | 102,8 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -113,3 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R46 | 105,0 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -114,7 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R47 | 103,6 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -113,8 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R48 | 84,4 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -99,6 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R49 | 64,4 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -80,8 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R50 | 73,6 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -90,0 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R51 | 68,0 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -84,6 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R52 | 80,4 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -96,2 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R53 | 47,3 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -59,4 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R54 | 69,7 | EDIFICIO AUSILIARIO | 7,2 | 3,6 | LO | -86,3 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R55 | 118,7 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -123,2 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R56 | 116,0 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -121,6 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R57 | 127,9 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -128,4 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R58 | 113,6 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -120,2 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R59 | 124,6 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -126,6 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R60 | 156,2 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -142,3 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R61 | 160,2 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -144,0 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R62 | 193,0 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -157,0 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R63 | 179,0 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -151,8 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R64 | 251,5 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -175,3 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R65 | 183,0 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -153,3 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R66 | 183,4 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -153,4 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R67 | 183,4 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -153,4 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R68 | 150,4 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -139,7 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R69 | 129,6 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -129,4 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R70 | 125,7 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -127,2 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R71 | 116,3 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -121,8 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R72 | 107,9 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | LO | -116,7 | entro il limite | entro il limite | |



Comune
di Firenze

PROGETTO DEFINITIVO PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI
COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

| COD. RIC. | DIST. (m) | USO | Limite diurno mm/s ² | Limite notturno mm/s ² | SEZ. TIP. | Scenario di Esercizio mm/s ² | Confronto con il limite del periodo diurno | Confronto con il limite del periodo notturno | nota |
|-------------|-----------|---------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------|---|--|--|------|
| L4.2 - R73 | 100,4 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -111,6 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R74 | 89,7 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -103,8 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R75 | 147,9 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -138,5 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R76 | 193,5 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -157,1 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R77 | 211,3 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -163,3 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R78 | 232,1 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -169,8 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R79 | 229,1 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -168,9 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R80 | 223,7 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -167,2 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R81 | 175,8 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -150,5 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R82 | 149,8 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -139,4 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R83 | 125,0 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -126,8 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R84 | 417,2 | SCUOLA | 5,4 | - | L0 | -210,5 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R85 | 228,3 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -168,6 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R86 | 335,3 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -195,3 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R87 | 318,0 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L0 | -191,6 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R88 | 133,7 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -216,3 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R89 | 66,3 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -157,0 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R90 | 96,1 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -188,4 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R91 | 63,4 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -153,3 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R92 | 84,9 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -177,9 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R93 | 93,1 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -185,7 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R94 | 117,8 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -205,6 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R95 | 145,8 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -223,5 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R96 | 162,1 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -232,5 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R97 | 181,2 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -241,9 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R98 | 211,7 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -255,0 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R99 | 61,7 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -150,9 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R100 | 29,6 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -89,0 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R101 | 71,2 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -163,1 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R102 | 51,9 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -136,4 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R103 | 240,2 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -265,7 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R104 | 243,6 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -266,9 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R105 | 261,3 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -272,8 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R106 | 273,5 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L3 | -263,5 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R107 | 281,1 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L3 | -265,7 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R108 | 240,2 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L3 | -253,1 | entro il limite | entro il limite | |



Comune
di Firenze

PROGETTO DEFINITIVO PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI
COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

| COD. RIC. | DIST. (m) | USO | Limite diurno mm/s ² | Limite notturno mm/s ² | SEZ. TIP. | Scenario di Esercizio mm/s ² | Confronto con il limite del periodo diurno | Confronto con il limite del periodo notturno | nota |
|-------------|-----------|---------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------|---|--|--|------|
| L4.2 - R109 | 217,3 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L3 | -245,1 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R110 | 182,5 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L3 | -231,2 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R111 | 148,6 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L3 | -214,7 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R112 | 95,5 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L3 | -179,5 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R113 | 25,7 | SCUOLA | 5,4 | - | L3 | -74,5 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R114 | 61,9 | SCUOLA | 5,4 | - | L3 | -144,8 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R115 | 17,8 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L3 | -45,3 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R116 | 17,6 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L3 | -44,4 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R117 | 26,6 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L3 | -77,4 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R118 | 18,9 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L3 | -49,9 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R119 | 24,6 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L3 | -71,1 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R120 | 21,6 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L3 | -60,6 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R121 | 33,1 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L3 | -94,9 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R122 | 42,1 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L3 | -114,1 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R123 | 63,0 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L3 | -146,2 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R124 | 75,9 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -168,4 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R125 | 43,0 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -120,6 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R126 | 52,9 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L3 | -132,3 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R127 | 28,8 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L3 | -83,6 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R128 | 24,8 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L3 | -71,8 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R129 | 25,5 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L3 | -74,0 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R130 | 52,2 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -136,9 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R131 | 51,2 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -135,2 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R132 | 42,0 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -118,6 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R133 | 90,8 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -183,6 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R134 | 192,8 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -247,1 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R135 | 184,4 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L2 | -243,4 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R136 | 25,9 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L3 | -75,2 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R137 | 46,4 | EDIFICIO PRINCIPALE | 7,2 | 3,6 | L3 | -121,8 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R138 | 314,6 | SCUOLA | 5,4 | - | L0 | -190,9 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R139 | 249,3 | SCUOLA | 5,4 | - | L0 | -174,7 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R140 | 273,2 | SCUOLA | 5,4 | - | L0 | -181,1 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R141 | 248,5 | SCUOLA | 5,4 | - | L2 | -268,6 | entro il limite | entro il limite | |
| L4.2 - R142 | 254,6 | SCUOLA | 5,4 | - | L2 | -270,6 | entro il limite | entro il limite | |

7.2.6 Vibrazioni fase di realizzazione

La presente relazione ha per oggetto lo studio previsionale delle vibrazionali dovute alla fase di realizzazione della nuova linea tranviaria in termini di disturbo alle persone.

La possibilità che in fase di cantiere si manifestino danni agli edifici e/o ai sottoservizi appare ragionevolmente imputabile in modo preponderante all'eventuale instaurarsi di cedimenti, piuttosto che a fenomeni vibratorii.

Va infatti ricordato come in corso d'opera, stante l'adozione di tecniche di scavo, consolidamento, palificazione etc. a bassissima emissione di vibrazioni, è assai poco probabile che siano i fenomeni vibratorii ad originare criticità rilevanti per la stabilità dei fabbricati e la creazione di lesioni o sistemi fessurativi.

Al contrario accadimenti quali il mancato controllo dei cedimenti differenziali, l'inadeguatezza degli interventi di pre-consolidamento, la presenza di rilevanti assestamenti del terreno in termini di volume di scavo perso e non equilibrato, sono i principali responsabili dell'instaurarsi di simili problematiche.

L'analisi delle interferenze vibrazionali si riferiscono agli aspetti connessi al disturbo potenziale sui ricettori e quindi ai criteri individuati dalla norma UNI 9614:2017 per le attività di cantiere. A riguardo occorre precisare inoltre come a differenza del rumore ambientale per il tema delle vibrazioni non esiste al momento una specifica legge che stabilisca limiti quantitativi per l'esposizione alle vibrazioni rispetto al tema del disturbo. Esistono invece numerose norme tecniche, emanate in sede nazionale ed internazionale, che costituiscono un utile riferimento per la valutazione del disturbo in edifici interessati da fenomeni di vibrazione. Per quanto riguarda il disturbo alle persone, i principali riferimenti sono costituiti dalla norma ISO 2631 / Parte 2 "Evaluation of human exposure to whole body vibration / "Continuous and shock-induced vibration in buildings (1 to 80 Hz)". La norma assume particolare rilevanza pratica poiché ad essa fanno riferimento le norme tecniche per la redazione degli Studi di Impatto Ambientale relativi alla

componente ambientale “Vibrazioni”, contenute nel D.P.C.M. 28/12/1988. Ad essa, seppur con alcune non trascurabili differenze, fa riferimento la norma UNI 9614 “Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo”, considerata in tale studio come riferimento in quanto indica i valori di riferimento per ciascuna tipologia di ricettore.

La valutazione delle vibrazioni ha lo scopo di stimare gli effetti sull’ambiente circostante delle vibrazioni emesse dai macchinari di cantiere impiegati per la realizzazione dell’opera in oggetto.

In dettaglio si procederà analizzando le principali sorgenti previste in funzione delle attività lavorative che saranno sostanzialmente raggruppabili in macchine operatrici (escavatore, sonda perforatrice, ecc.) ed in mezzi adibiti al trasporto (autocarri, autobetoniera, ecc.). Verrà descritto il metodo adottato per la previsione dei livelli vibrazionali indotti durante realizzazione delle opere e tali livelli saranno confrontati con i limiti della normativa in materia per ciò che riguarda l'effetto delle vibrazioni sulle persone e strutture.

Lo studio vibrazionale per la fase di cantiere è volto, in particolare, all’accertamento del disturbo alle persone, il quale ha limiti più restrittivi rispetto a quelli determinati sulle strutture. Pertanto, qualora si verifichi dall’esame della previsione di propagazione delle vibrazioni la presenza di edifici nelle più zone più critiche, tale elemento non costituisce un fattore per la stima di un possibile danno alle strutture, evidenziando unicamente il superamento di una soglia di disturbo per i residenti dell’edificio stesso. Tale soglia, pur ricavata dalle normative tecniche esistenti in sede nazionale ed internazionale, non risulta fissata da alcun atto legislativo.

Per quanto riguarda gli effetti sulle strutture, in presenza di livelli elevati e prolungati di vibrazioni, sono stati osservati danni strutturali a edifici e/o strutture. È da notare, però, che tali livelli sono più alti di quelli normalmente tollerati dagli esseri umani, i cui livelli

sono riportati nelle norme ISO 2631 e UNI 9614. Tale considerazione è facilmente deducibile dal confronto dei valori riportati nelle norme che riportano i danni sull'uomo (ISO 2631 e UNI 9614) con i valori nelle norme che riguardano i danni strutturali (UNI 9916 ed ISO 4866), pertanto le prime sono state scelte quale riferimento, poiché riportano dei valori limite più restrittivi.

In definitiva, soddisfatto l'obiettivo di garantire livelli di vibrazione accettabili per le persone, risulta automaticamente realizzata l'esigenza di evitare danni strutturali agli edifici, almeno per quanto concerne le abitazioni civili. Come unica eccezione sono da annoverare le vibrazioni che incidono su monumenti e beni artistici di notevole importanza storico-monumentale, i quali devono essere trattati come punti singolari con studi e valutazioni mirate.

Per lo studio dell'impatto vibrazionale si è proceduto con le operazioni seguenti:

- analisi del territorio in cui si colloca l'opera e delle caratteristiche dei ricettori;
- definizione degli scenari critici in termini di impatto vibrazionale;
- valutazione delle vibrazioni previste sui ricettori prossimi.

Definizione e previsione degli scenari

Con riferimento alle vigenti normative, le attività di cantiere possono essere definite come sorgenti di vibrazione intermittente. Un ricettore adiacente all'area di cantiere è infatti soggetto ad una serie di eventi di breve durata, separati da intervalli in cui la vibrazione ha una ampiezza significativamente più bassa. In relazione alle attività lavorative di cantiere previste per la realizzazione dell'opera in esame, sono stati individuati scenari di cantiere critici per il potenziale impatto in termini di vibrazioni sull'ambiente circostante.

In particolare, le emissioni vibrazionali durante le lavorazioni connesse alla realizzazione dell'opera in esame sono legate alle lavorazioni discontinue nelle aree di cantiere e nei fronti di avanzamento dei cantieri di linea.

Sono state quindi adottate alcune ipotesi, di seguito descritte che schematizzano e semplificate la fase di costruzione dell'opera. Si ipotizzano quindi le fasi di lavoro standard necessarie per la realizzazione di una infrastruttura quale la tramvia. Le attività necessarie alla realizzazione dell'opera dipendono dalla tipologia progettuale della linea. In corrispondenza dei sottocantieri di ciascun cantiere si svolgono diverse attività che possono essere considerate suddivise nelle seguenti fasi temporali:

- taglio e rimozione della pavimentazione stradale esistente, sbancamento
- stesa strati;
- compattazione;
- getto del sottofondo;
- posa del materiale antivibrante;
- getto della soletta in CLS armato flottante;
- collocazione delle piastre d'attacco e delle rotaie
- finitura superficiale e realizzazione della pavimentazione

Poiché la massima emissione si sviluppa nel corso delle prime tre fasi, che danno luogo alla massima attività di mezzi da cantiere, l'analisi è stata effettuata solo con riferimento allo svolgimento di tali lavorazioni. In particolare, l'attività del cantiere di linea è stata analizzata suddividendola in due scenari distinti afferenti a queste tre fasi per tener conto della forte discontinuità della fase di compattazione. Il primo scenario (**cantiere di linea fase A**) tiene conto delle lavorazioni di taglio e rimozione della pavimentazione stradale esistente, sbancamento e stesa degli strati. Il secondo scenario (**cantiere di linea fase B**) alle lavorazioni della fase A viene aggiunta la compattazione con rullo vibrante, questa risulta essere particolarmente gravosa in termini di immissioni vibrazionali, tuttavia, si esaurisce in un orizzonte temporale assai limitato.

Si rammenta come l'impatto vibrazionale nelle simulazioni numeriche sarà valutato in termini di livello ponderato globale di accelerazione a_w in campo libero, (secondo la

normativa UNI 9614 per asse generico), per un confronto con i valori di riferimento per il disturbo alle persone.

Definizione del tipo di sorgente

Analizzando le principali sorgenti previste in funzione delle attività lavorative, si conviene come esse siano sostanzialmente raggruppabili in macchine operatrici ed in mezzi adibiti al trasporto; le prime hanno una distribuzione spaziale abbastanza prevedibile e delimitata all'interno dell'area di lavoro e stoccaggio mentre, i secondi si distribuiscono lungo il percorso che collega il fronte di avanzamento lavori ai luoghi di approvvigionamento o di stoccaggio.

Gli scenari in esame sono stati definiti avendo come prima finalità quella di fornire risultati sufficientemente cautelativi.

Come riportato in precedenza al fine di caratterizzare la forte discontinuità delle fasi di linea del cantiere lo studio previsionale delle vibrazioni prende in considerazione due distinti scenari:

- *Scenario 1: Cantiere di Linea fase A;*
- *Scenario 2: Cantiere di Linea fase B;*

Per ciascun scenario è stata considerata la condizione operativa potenzialmente più impattante definita sulla scorta dei ricettori presenti, lavorazioni previste, impianti e macchinari presenti, caratteristiche emissive e maggior frequenza di esecuzione.

Per gli scenari elencati sono stati considerati i seguenti mezzi che per eseguire una valutazione conservativa, si ipotizza lavoreranno simultaneamente. Per quanto riguarda l'orario di lavoro, si assume una operatività, su due turni nel periodo diurno tra le 8:00 – 22:00, per un totale di 16 ore lavorative.

- **Scenario 1**

| Sc. 1 – Cantiere di Linea fase A | |
|---|-------|
| Mezzi | Unità |
| Fresatrice | 1 |

| | |
|----------------|---|
| Pala Meccanica | 1 |
| Livellatrice | 1 |

Tabella 26 - scenario 1

- Scenario 2

| Sc. 2 – Cantiere di Linea fase B | |
|---|-------|
| Mezzi | Unità |
| Fresatrice | 1 |
| Pala Meccanica | 1 |
| Livellatrice | 1 |
| Rullo | 1 |

Tabella 27 - scenario 2

Dall'analisi degli spettri delle sorgenti presenti nelle aree di cantiere, quelle che potrebbero fornire un maggiore disturbo sono quelle lavorazioni che prevedono attività di compattazione tramite l'impiego di rullo vibrante, attività che avranno comunque una durata limitata.

Stima dei livelli di vibrazione

Il modello di propagazione fa riferimento ai soli fenomeni che avvengono nel terreno, supposto omogeneo ed isotropo (perlomeno all'interno di ogni strato), senza tenere in considerazione per il momento la presenza di edifici dalla struttura complessa, collegati al terreno mediante sistemi di fondazione che possono comportare variazioni dei livelli di accelerazione riscontrabili all'interno degli edifici stessi.

I sistemi fondazione in generale producono, in modo condizionato alla tipologia, un'attenuazione più o meno pronunciata dei livelli di accelerazione misurabili sulla fondazione stessa rispetto a quelli nel terreno circostante.

In merito alla previsione relativamente alla UNI 9614:2017 nelle seguenti considerazioni sull'entità dell'impatto vibrazionale presso i ricettori, si applicherà un fattore che tenga conto della possibile sovrapplicazione da parte della struttura dell'edificio ricettore

(assunta mediamente pari a +5dB¹) permettendo così la valutazione all'interno degli edifici.

Sc. 1 – Cantiere di Linea fase A. Per questa condizione operativa il limite del periodo diurno di 7,2 mm/s² per i ricettori residenziali si considera cautelativamente raggiunto ad una distanza di circa 20 m dal confine delle aree di cantiere. Considerando i possibili effetti di amplificazioni prodotti dagli edifici (assunti pari a +5 dB), è raggiunto a una distanza di circa 35 m.

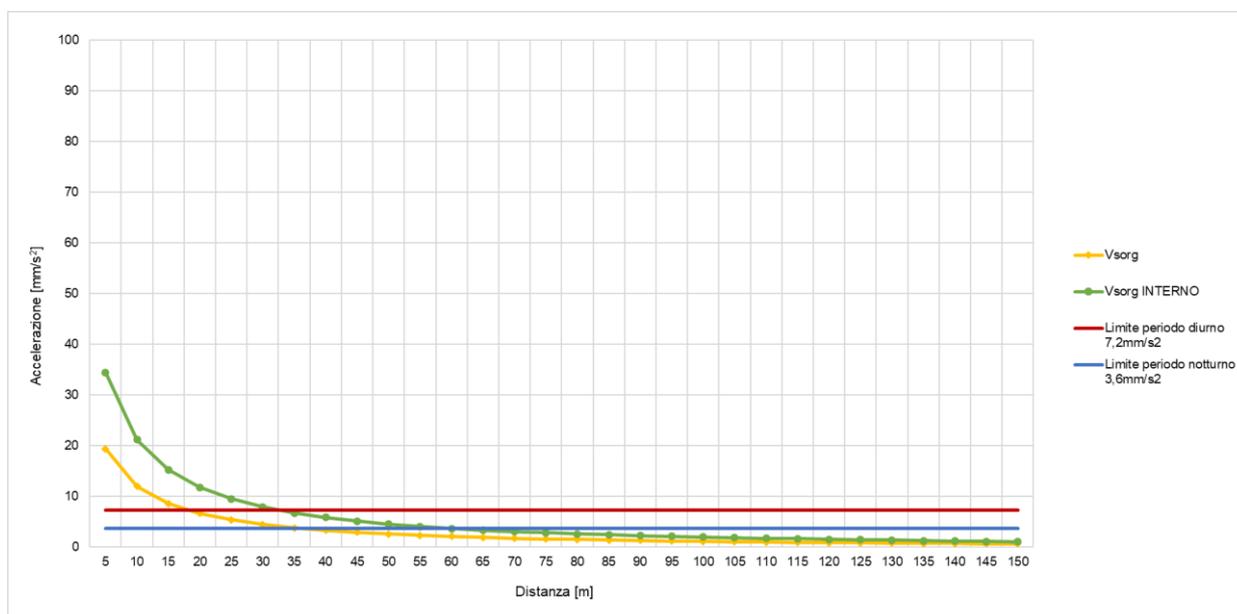


Figura 18 – Propagazione dei livelli di accelerazione stimati sui ricettori residenziali per Sc. 1 – Cantiere di Linea fase A – Periodo diurno

Sc.2 – Cantiere di Linea fase B. Per questa condizione operativa il limite del periodo diurno di 7,2 mm/s² per i ricettori residenziali si considera cautelativamente raggiunto ad una distanza di circa 80 m dal confine delle aree di cantiere. Considerando i possibili effetti

¹ VALUTAZIONE DEI LIVELLI DI VIBRAZIONI IN EDIFICI RESIDENZIALI Normativa, tecniche di misura e di calcolo di Angelo Farina Università degli Studi di Parma, Dipartimento di Ingegneria Industriale.

di amplificazioni prodotti dagli edifici (assunti pari a +5 dB), è raggiunto a una distanza di circa 120 m.

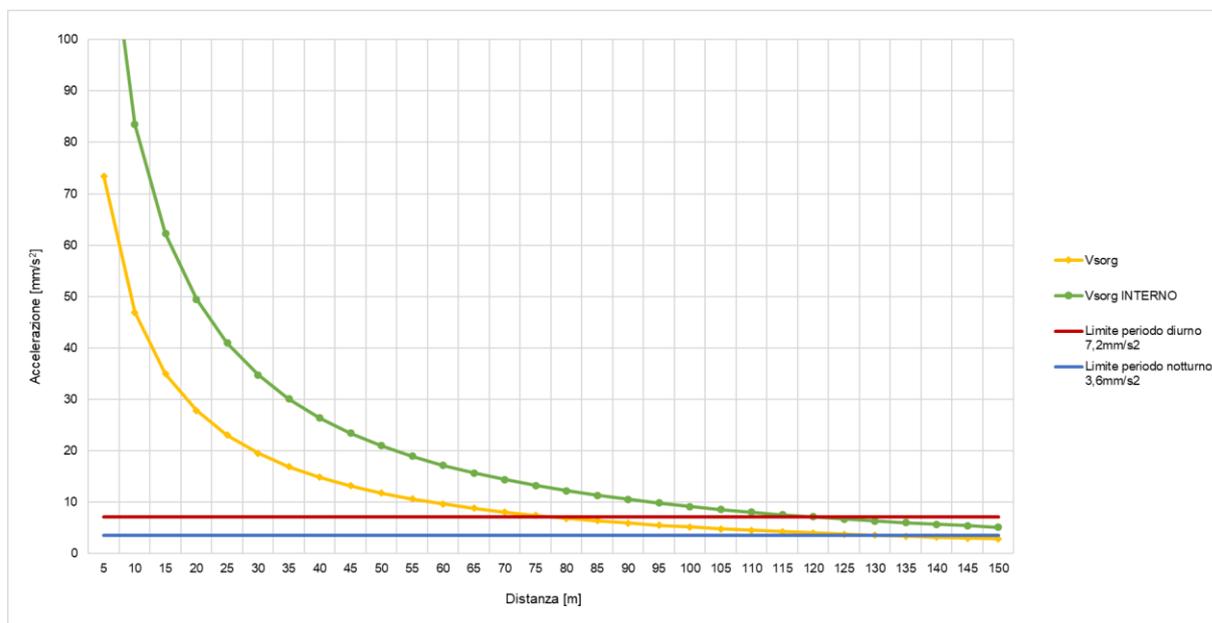


Figura 19 – Propagazione dei livelli di accelerazione stimati sui ricettori residenziali per Sc.2 – Cantiere di Linea fase B

In sintesi, le distanze per cui è raggiunto il limite del periodo diurno di 7,2 mm/s² per i ricettori residenziali e considerando i possibili effetti di amplificazioni prodotti dagli edifici (assunti pari a +5 dB), sono riportate nella tabella seguente.

| Scenario | Descrizione fase di lavorazione | Distanza del limite Diurno di 7,2 mm/s ² [m] | Distanza del limite Diurno di 7,2 mm/s ² interno agli edifici [m] |
|----------|---------------------------------|---|--|
| Sc.1 | Cantiere di Linea fase A | 20 | 35 |
| Sc.2 | Cantiere di Linea fase B | 80 | 120 |

Tabella 28 - Sintesi distanze dal confine delle aree di cantiere per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti i limiti

Nel grafico seguente si schematizzano sia le distanze stimante nel periodo diurno considerando il limite della UNI9614:2017 per edifici adibiti ad abitazione sia le distanze considerando possibili effetti di amplificazione delle strutture.

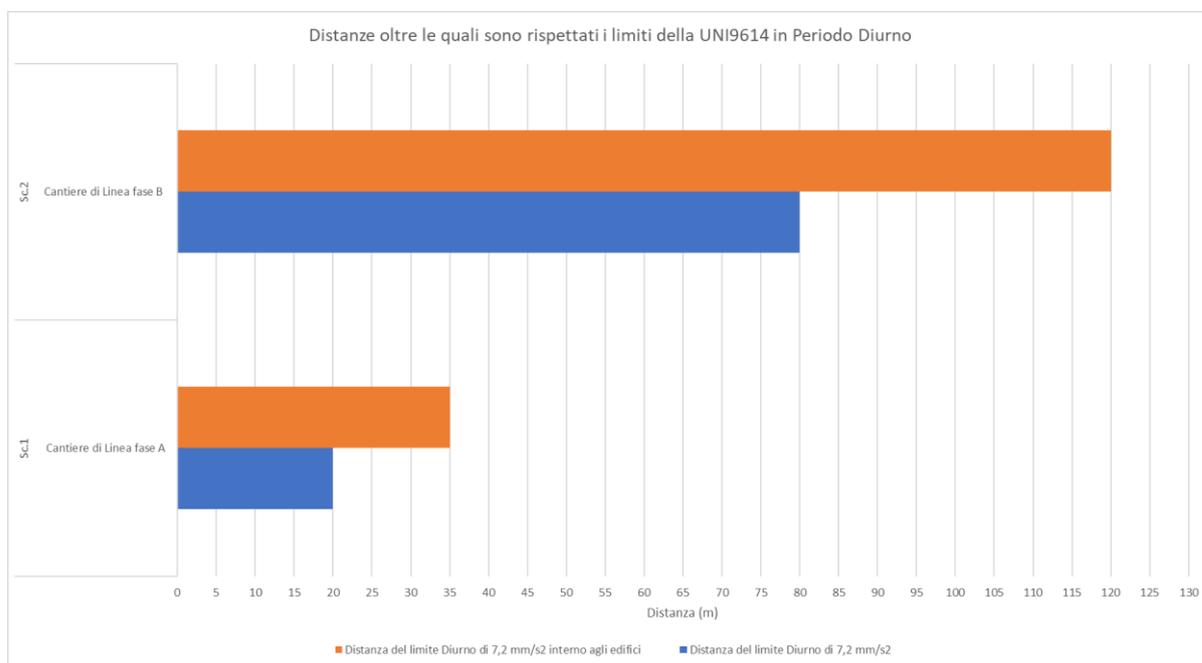


Figura 20 – Sintesi distanze dalle aree di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s²) - periodo diurno

Considerando la vicinanza alle lavorazioni di strutture, si segnala l'eventualità di alcune criticità legate al possibile superamento della soglia di disturbo in dipendenza dalla distanza dei ricettori nel periodo di riferimento diurno. In particolare, se si considera la fase B del cantiere di linea che vede in funzione il rullo per le attività di compattazione, a tal proposito si sottolinea che tale fase si esplica in un orizzonte temporale estremamente limitato rispetto alla durata delle lavorazioni.

A seguito di ciò si dovranno adottare delle misure al fine del contenimento delle vibrazioni, quale la buona pratica di conduzione delle attività di cantiere ed eventualmente procedere ad una valutazione di maggior dettaglio con la redazione del "piano di gestione dell'impatto vibrazionale di cantiere" e la predisposizione di un monitoraggio per la verifica puntuale dei risultati predetti, nonché eseguire una buona comunicazione ai ricettori che potrebbero essere interessati dal fenomeno delle vibrazioni.

Di seguito si procede ad una analisi puntuale che permetterà di individuare la tipologia e il numero di ricettori per i quali è stimato un probabile superamento del limite all'interno dell'edificio. Inoltre, per ogni ricettore si è proceduto al calcolo delle vibrazioni immesse.

Valutazione delle vibrazioni ai ricettori

Di seguito si espone la valutazione della propagazione delle vibrazioni presso i ricettori relativi alle aree di lavoro. In dettaglio:

- *Scenario 1: Cantiere di linea fase A;*
- *Scenario 2: Cantiere di Linea fase B;*

Per ciascun scenario è stata considerata la condizione operativa potenzialmente più impattante definita sulla scorta dei ricettori presenti, lavorazioni previste, impianti e macchinari presenti, caratteristiche emissive e maggior frequenza di esecuzione.



Scenario 1 – Cantiere di Linea fase A. Di seguito si riportano gli stralci del cantiere di linea nella quale è possibile individuare i ricettori e l'estensione dell'area di influenza delle vibrazioni a seguito delle lavorazioni previste della fase A.

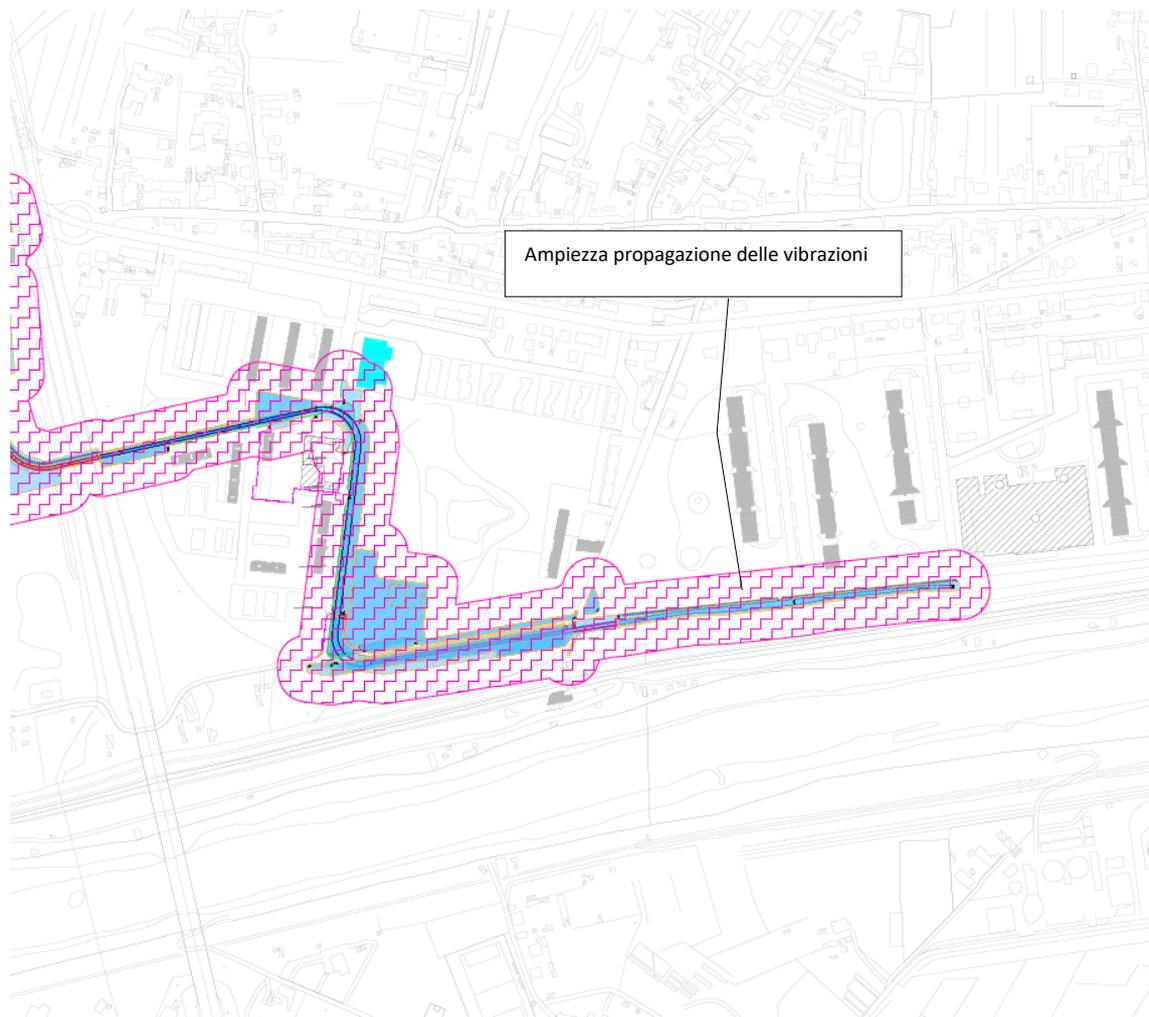


Figura 21 – stralcio 1 aree cantiere - area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s^2) interna agli edifici ad uso abitativo – Scenario 1 - periodo diurno

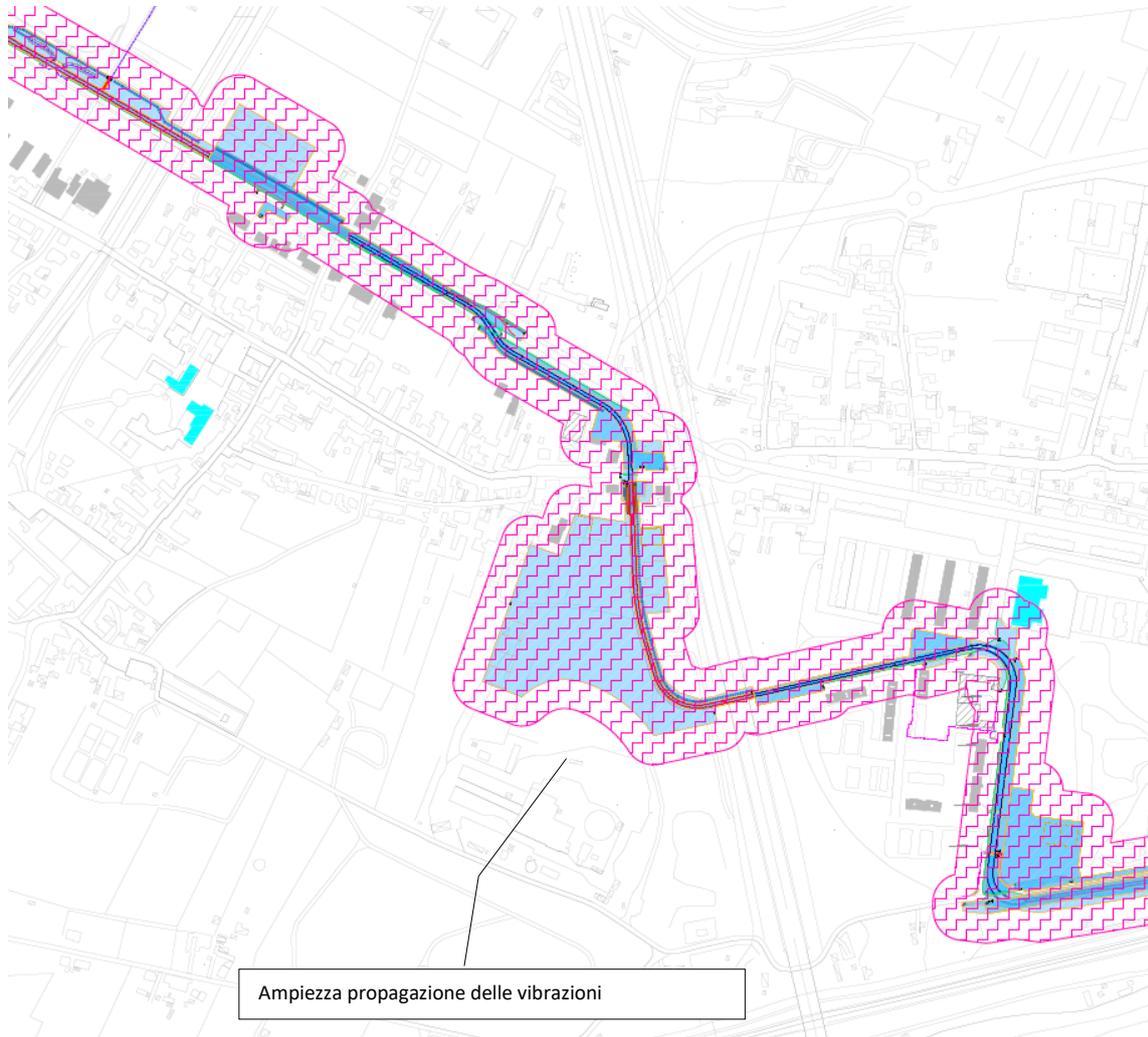


Figura 22 – stralcio 2 aree cantiere - area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s²) interna agli edifici ad uso abitativo – Scenario 1 - periodo diurno



Comune
di Firenze

PROGETTO DEFINITIVO PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI
COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BIENZIO E SESTO FIORENTINO

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BIENZIO

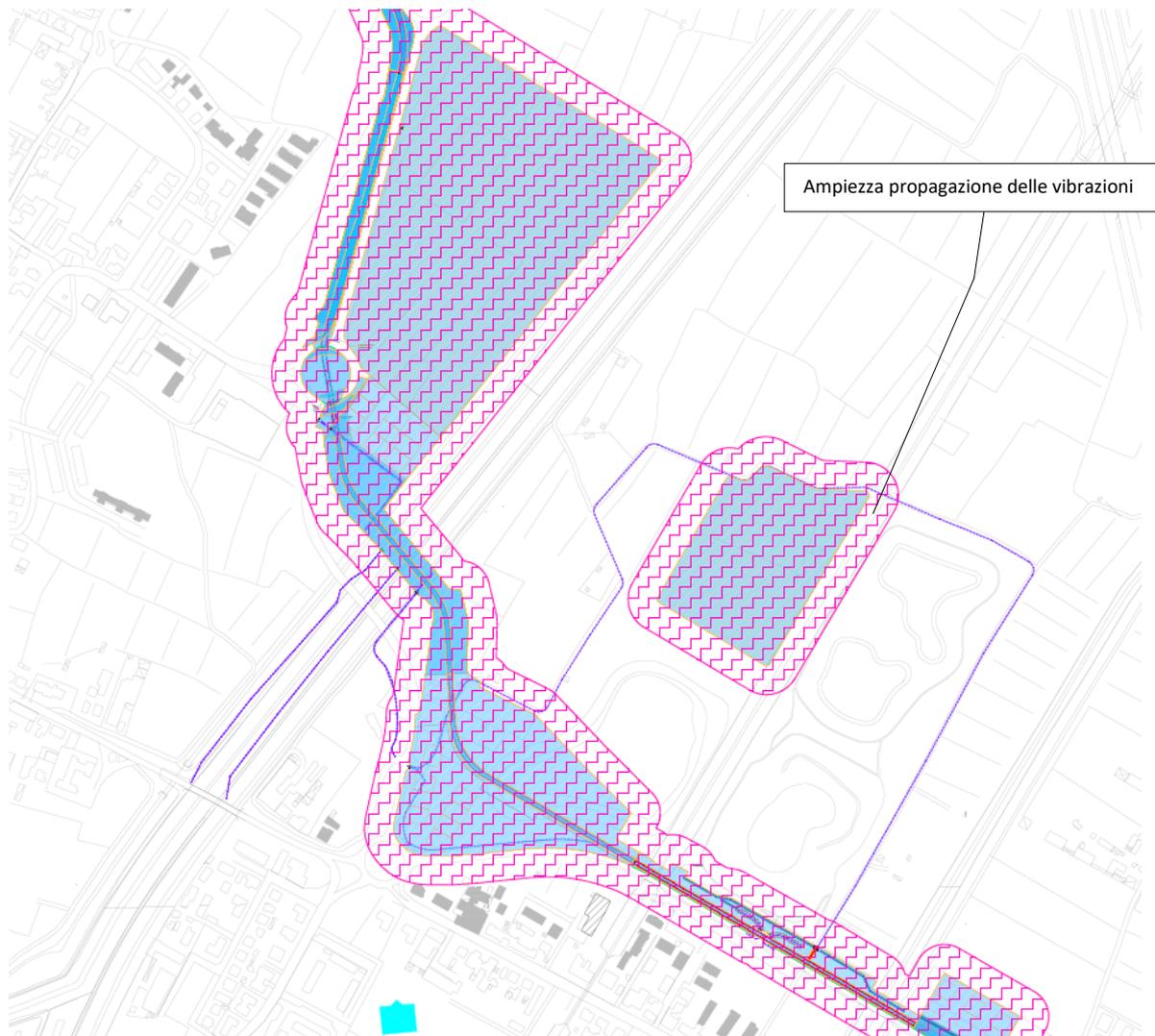


Figura 23 – stralcio 3 aree cantiere - area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno
(7.2 mm/s²) interna agli edifici ad uso abitativo – Scenario 1 - periodo diurno

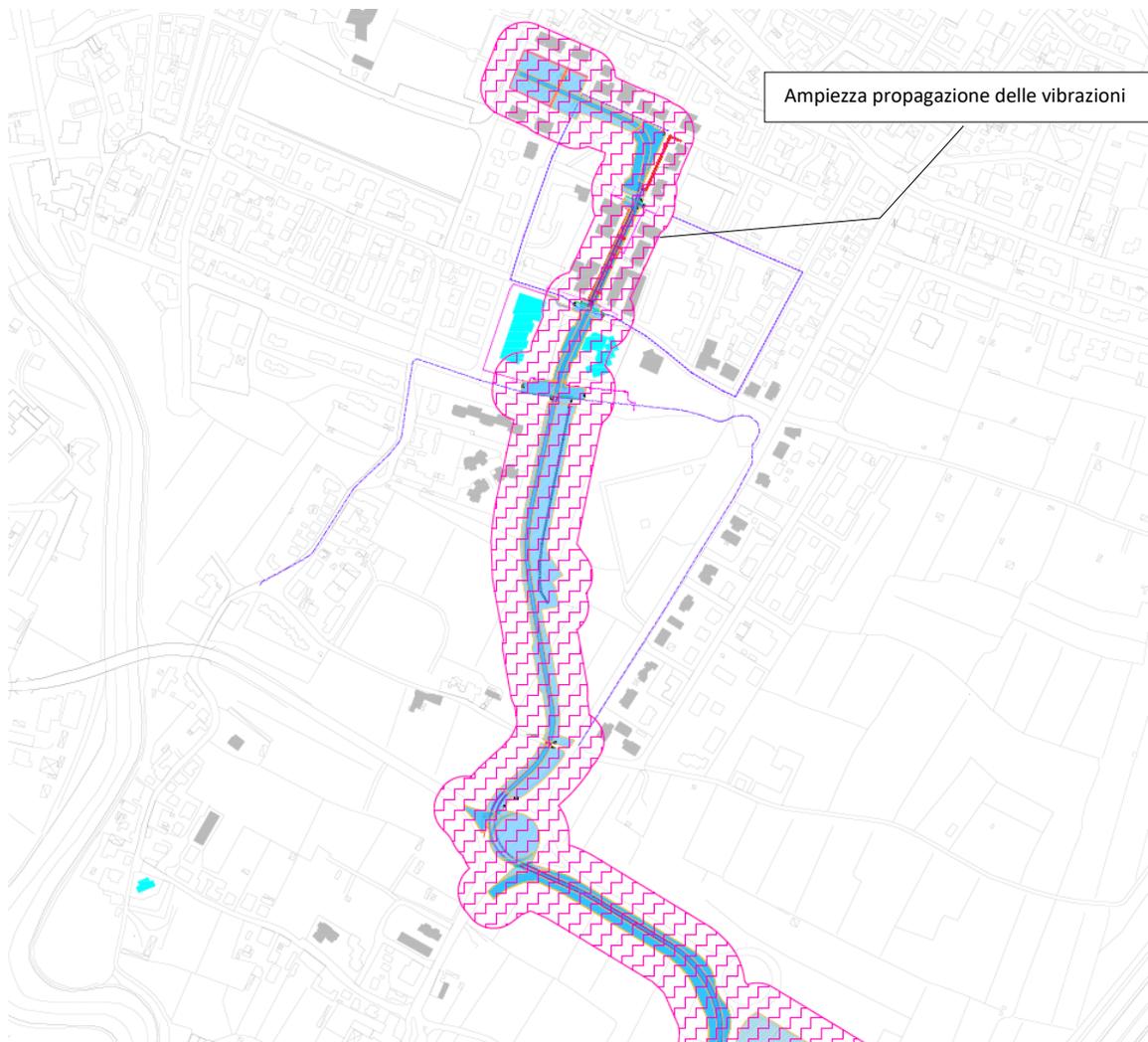


Figura 24 – stralcio 4 aree cantiere - area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s²) interna agli edifici ad uso abitativo – Scenario 1 - periodo diurno

Considerando il territorio urbano in cui si inserisce l'opera molti ricettori si trovano a ridosso delle aree di cantiere. Si evidenzia che l'ampiezza delle vibrazioni durante le lavorazioni potrebbe comprendere ricettori siti nelle vicinanze del cantiere. Dall'analisi della propagazione delle vibrazioni si individuano 18 ricettori a destinazione residenziale e 1 ricettore sensibile (Scuole) che potrebbero subire valori oltre il limite. Per i valori puntuali

di accelerazione presso i ricettori si rimanda all'allegato3 Tabelle valori vibrazioni ai ricettori fase di cantiere.

Scenario 2 – Cantiere di Linea fase B. Di seguito si riportano gli stralci del cantiere di linea nella quale è possibile individuare i ricettori e l'estensione dell'area di influenza delle vibrazioni a seguito delle lavorazioni previste della fase B.

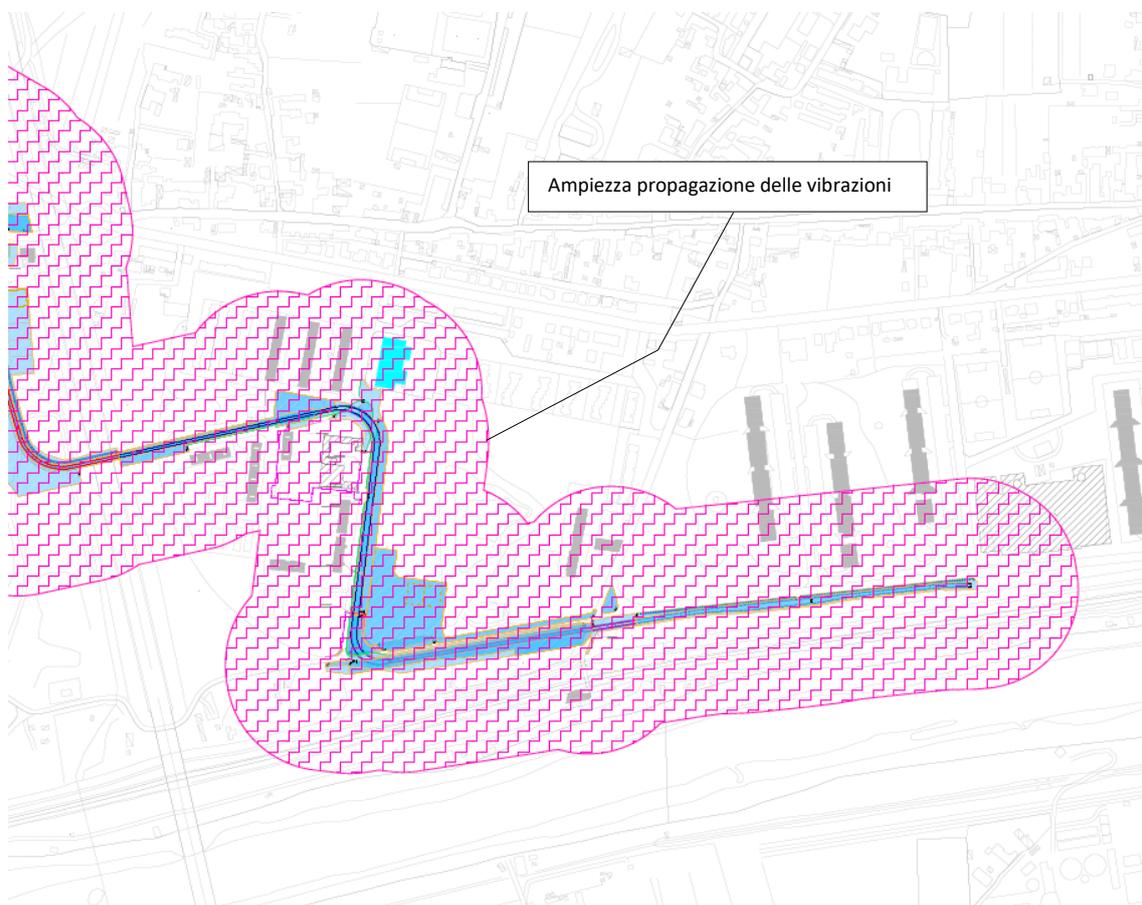


Figura 25 – stralcio 1 aree cantiere - area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s²) interna agli edifici ad uso abitativo – Scenario 2 - periodo diurno



Comune
di Firenze

PROGETTO DEFINITIVO PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI
COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BIENZIO E SESTO FIORENTINO

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BIENZIO

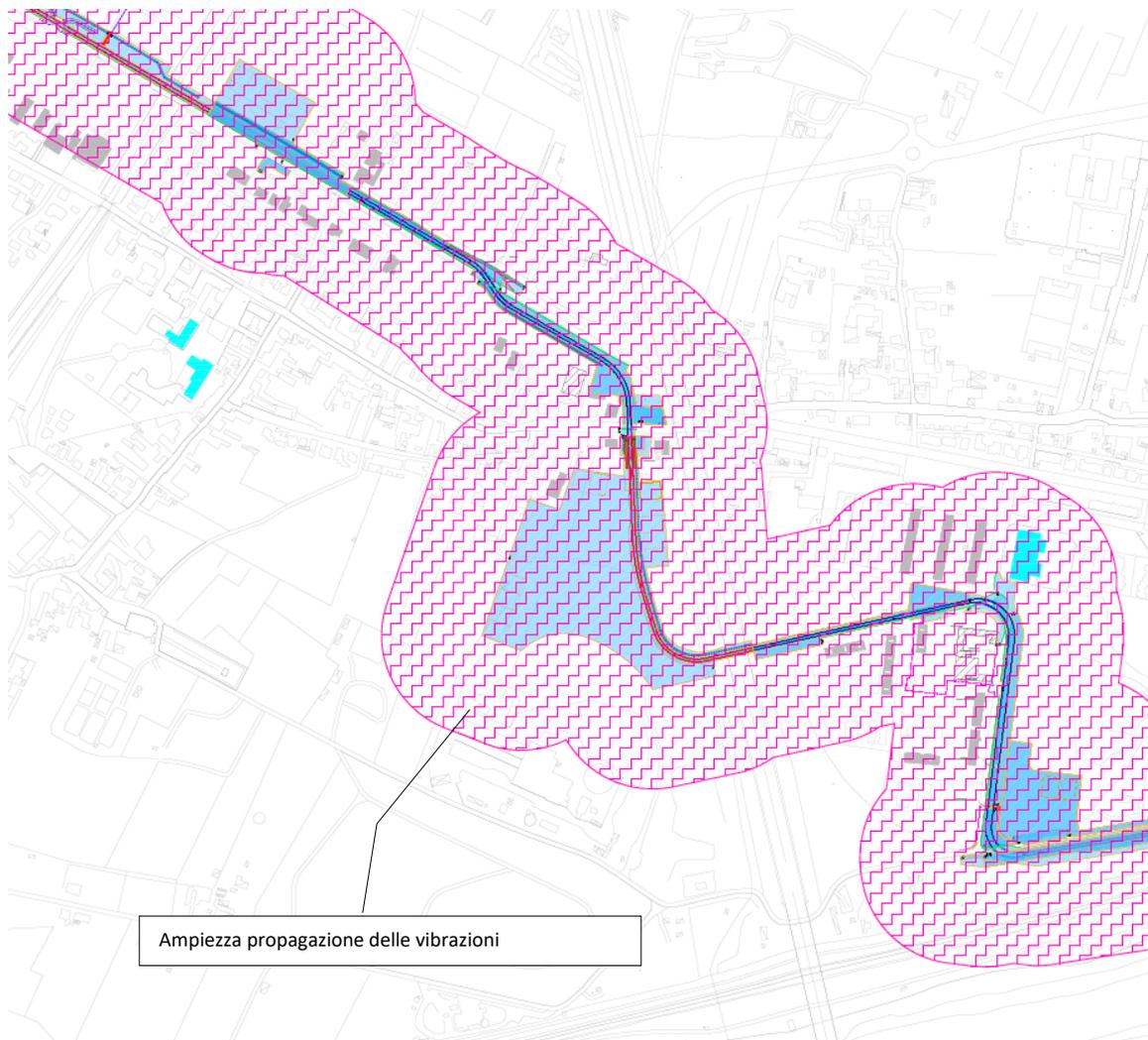


Figura 26 – stralcio 2 aree cantiere - area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s²) interna agli edifici ad uso abitativo – Scenario 2 - periodo diurno

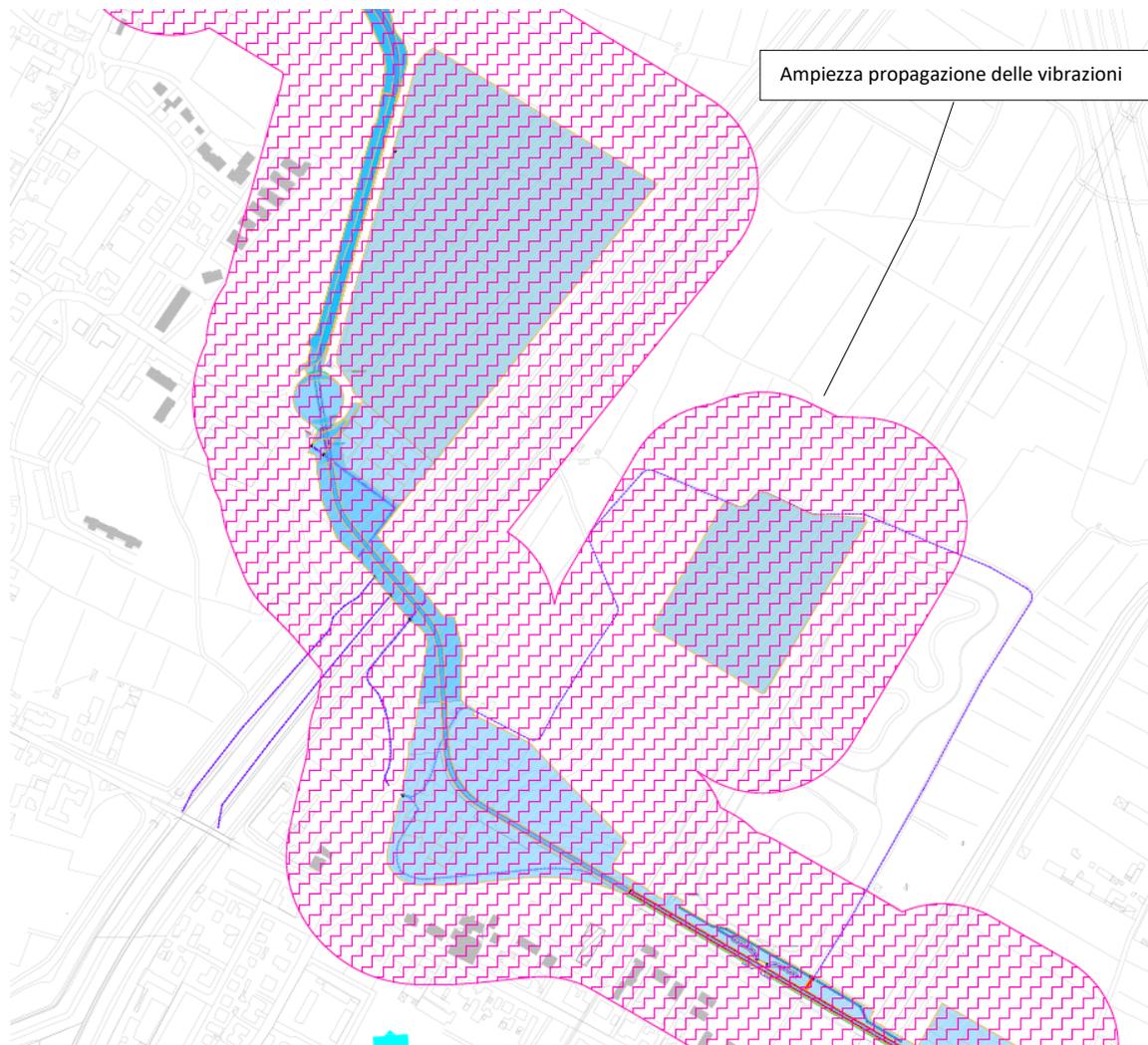


Figura 27 – stralcio 3 aree cantiere - area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s²) interna agli edifici ad uso abitativo – Scenario 2 - periodo diurno

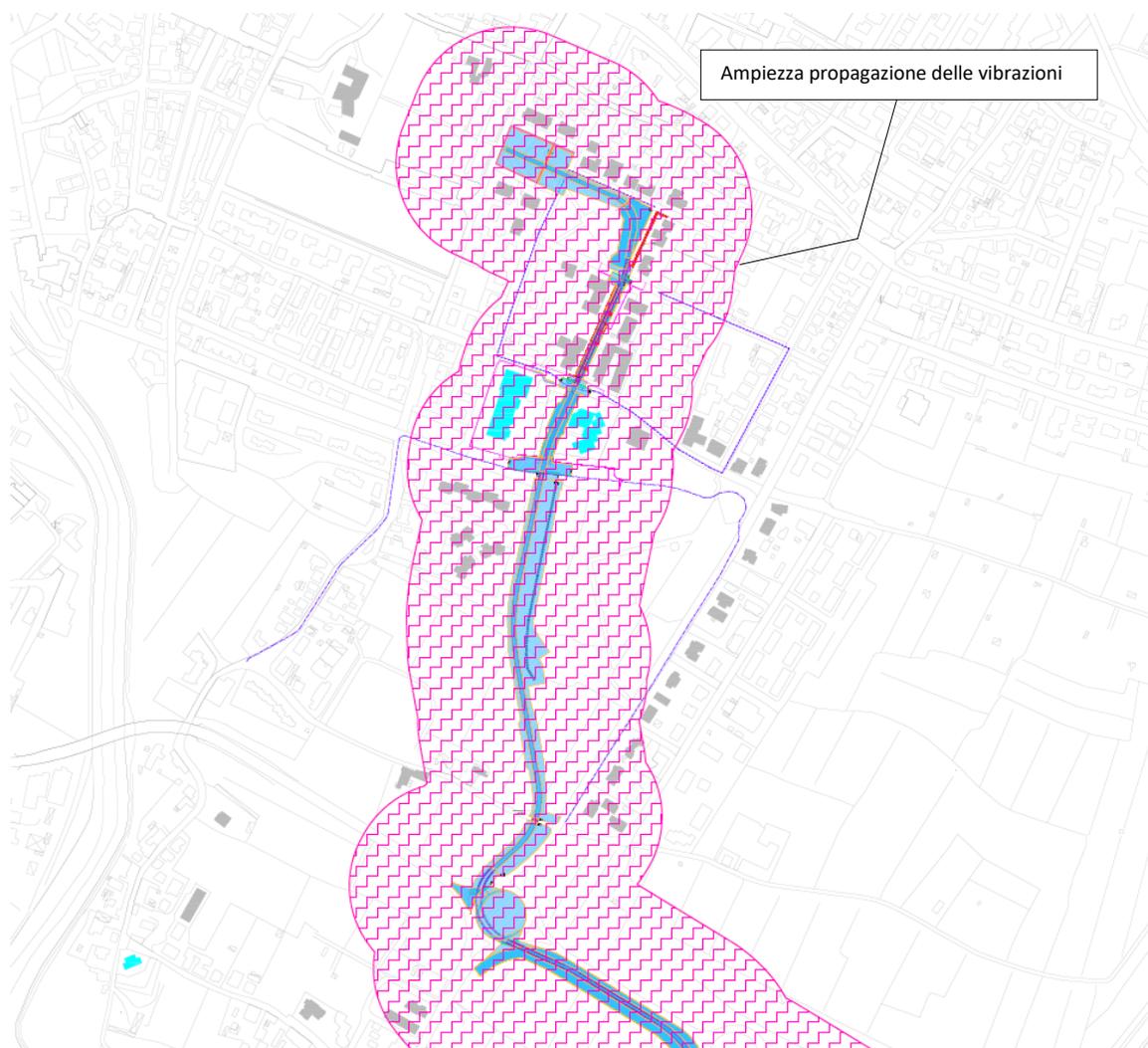


Figura 28 – stralcio 4 aree cantiere - area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s^2) interna agli edifici ad uso abitativo – Scenario 2 - periodo diurno

Considerando il territorio urbano in cui si inserisce l'opera molti ricettori si trovano a ridosso delle aree di cantiere, inoltre si deve tener presente che le lavorazioni connesse allo scenario 2 comprendono la fase di compattazione che ha un impatto considerevole sull'ampiezza delle vibrazioni. Tuttavia, questa fase ha realisticamente una durata molto limitata per ogni fronte di avanzamento del cantiere di linea, di conseguenza il possibile

disturbo arrecato sarà di breve durata per ogni ricettore. Si evidenzia che l'ampiezza delle vibrazioni durante le lavorazioni potrebbe comprendere ricettori siti nelle vicinanze del cantiere. Dall'analisi della propagazione delle vibrazioni si individuano 82 ricettori a destinazione residenziale e 3 ricettori sensibili (scuole) che potrebbero subire valori oltre il limite. Per i valori puntuali di accelerazione presso i ricettori si rimanda all'allegato 3 Tabelle valori vibrazioni ai ricettori fase di cantiere.

7.2.7 Mitigazioni delle vibrazioni

Al fine di contenere i livelli vibrazionali generati dai macchinari, è necessario agire sulle modalità di utilizzo dei medesimi, sulla loro tipologia e adottare semplici accorgimenti, p.es. quali quelli di tenere gli autocarri in stazionamento a motore acceso il più possibile lontano dai ricettori.

Le misure di dettaglio potrebbero essere definite sulle caratteristiche dei macchinari impiegati e su apposite procedure di condotta delle lavorazioni. In linea indicativa, potrebbero essere osservate le seguenti indicazioni:

- rispettare la norma di riferimento ISO 2631 con i livelli massimi ammissibili delle vibrazioni sulle persone;
- contenere i livelli vibrazionali generati dai macchinari agendo sulle modalità di utilizzo dei medesimi e sulla loro tipologia;
- definire le misure di dettaglio di riduzione delle vibrazioni basandosi sulle caratteristiche dei macchinari effettivamente impiegati;
- posizionare impianti fissi lontano dai ricettori, in particolare se presenti di sensibili;
- mantenere la buona cura delle aree di cantiere, come conservare in buono stato le strade di cantiere ed eliminare avvallamenti o buche.
- per i ricettori sensibili, dove presumibilmente le attività legate alle lavorazioni più impattanti saranno incompatibili con la fruizione del ricettore, dovranno essere

attuare procedure operative che consentano di evitare lavorazioni impattanti negli orari e nei tempi di utilizzo dei ricettori e nel periodo di riposo degli occupanti.

- nei casi in cui non sia possibile mantenere entro i limiti i livelli vibrazionali, pur avendo messo in atto tutte le pratiche al fine di ridurle e solo per attività temporanee, si ricorrerà alla stesura del “piano di gestione dell’impatto vibrazionale di cantiere” di dettaglio. Il piano potrà prevedere una sorveglianza attiva dell’immissione delle vibrazioni al fine di valutare l’efficacia delle misure di mitigazione del cantiere ed eventualmente intervenire sul ciclo di lavoro. Inoltre, potrà essere prevista una adeguata campagna di informazione ai ricettori che saranno interessati da livelli vibrazionali eccedenti i limiti indicati dalla UNI 9614 al fine di informarli sul possibile disturbo.

7.2.8 Il rapporto opera – ambiente e le misure di prevenzione e mitigazione adottate durante la fase di cantiere

In tale sede il tema delle vibrazioni indotte dalle lavorazioni è affrontato rispetto alla tematica del disturbo sui ricettori secondo la norma UNI 9614:2017. Questa definisce dei valori di riferimento in funzione del periodo temporale e della tipologia di ricettore. Nel caso specifico essendo le attività lavorative previste nel solo periodo diurno il valore soglia di riferimento è pari a $7,2 \text{ mm/s}^2$ per i ricettori residenziali e $5,4 \text{ mm/s}^2$ per le scuole. Al fine di una valutazione puntuale, su ogni ricettore, si è provveduto a sviluppare un modello previsionale di propagazione delle vibrazioni nella fase di cantiere.

In relazione alle conclusioni del modello previsionale delle vibrazioni sviluppato si riscontrano ricettori per i quali si potrebbe determinare il superamento del limite previsto dalla UNI 9614:2017. In particolare, per la fase di lavorazioni connesse alla compattazione del manto stradale, queste operazioni hanno però durata assai limitata nel tempo e quindi laddove si verificasse un superamento del limite previsto questo avrà caratteristiche di transitorietà.

In considerazione di quanto emerso dallo studio si dovrebbe provvedere alla predisposizione di un monitoraggio della componente che sia rappresentativo dello stato vibrazione dei ricettori che sono stati individuati. L'esecuzione dei rilievi potrà essere stabilita con esattezza in funzione del cronoprogramma esecutivo delle attività, concordando lo svolgimento delle misurazioni preventivamente con la DL. Infatti, in fase di cantiere, si potrà valutare l'opportunità di indagare solo quelli di volta in volta effettivamente saranno interessati dalle lavorazioni.

Quali ulteriori azioni che l'Appaltatore potrà mettere in atto preliminarmente ai lavori, in accordo con quanto indicato dalla norma UNI 9614:2017, si prevede:

- di individuare, qualora necessario sulla base delle necessità realizzative, eventuali valori soglia in deroga ai limiti indicati dalla UNI 9614:2017 di concerto con l'Autorità competente in virtù anche della tipologia di attività (evento breve durata e/o frequenza limitata nel giorno);
- di definire un Piano di gestione dell'impatto vibrazionale di cantiere (PGIVC) in accordo alla norma UNI 9614:2017;
- di predisporre una attività informativa preventiva in modo da tenere informata la popolazione interessata e quindi facilitare la tollerabilità delle persone alle vibrazioni indotte.

7.3 CAMPI ELETTROMAGNETICI

Al fine di valutare l'impatto da campi magnetici generato dall'esercizio del sistema di trasporto tramviario, sono state effettuate delle valutazioni al fine di prevedere il campo generato dalla rete di alimentazione sia in corrente continua che in corrente alternata in BT e MT.

Le situazioni analizzate considerano le seguenti postazioni di valutazione:

- passeggero in vettura ed in prossimità della vettura;
- pedone ed aree in prossimità delle opere a servizio del trasporto tramviario (vettura, cavidotti MT, cavidotti BT, sottostazione elettrica e quadri elettrici di fermata).

7.3.1 Campagna di monitoraggio Campi elettromagnetici

A supporto dello studio si è provveduto ad effettuare una indagine conoscitiva dei campi elettromagnetici, sia in bassa che in alta frequenza, con misure presso la linea, le sottostazioni elettriche esistenti e edifici su cui si osserva la direzionalità di antenne.

Il monitoraggio ha quindi avuto la finalità di monitorare opere analoghe a quelle che saranno realizzate al fine di contestualizzare la successiva analisi teorica del nuovo progetto.

Campagna di monitoraggio campi elettromagnetici a bassa frequenza

A supporto dello studio si è provveduto ad effettuare il monitoraggio dei campi elettromagnetici in bassa frequenza con misure dello stato attuale. Tale modalità di indagine ha avuto il fine ottenere un valore preliminare per contestualizzare lo studio teorico successivo. Dal rilievo dello stato attuale si rileva che nell'area di indagate non vi sia presenza di valori oltre i limiti.

Di seguito si riporta il risultato di alcune indagini su opere analoghe esistenti sulla Tramvia di Firenze. Il monitoraggio è stato eseguito mediante misure spot di breve durata (sei minuti) posizionando la sonda in aderenza alla parete. Tale modalità di indagine ha avuto il fine di individuare quale sorgente contribuisce al campo elettromagnetico.

L'indagine, eseguita in aderenza alla facciata, ha evidenziato che la parete dove è presente il campo magnetico maggiore è quella in cui sono presenti i trasformatori, mentre nel lato ingresso, opposto ai trafi, i valori sono molto inferiori rispetto all'obiettivo di qualità di $3\mu\text{T}$.

Ciò permette di individuare come sorgente i trasformatori. Inoltre, la variazione di distribuzione dell'induzione magnetica verificata attorno alla sottostazione elettrica, in via conservativa, non sarà valuta nella determinazione della DPA delle sottostazioni in valutazione: la DPA sarà quindi considerata come fascia di ampiezza costante su tutte le pareti della SSE indipendentemente della localizzazione interna degli impianti.

Campagna di monitoraggio campi elettromagnetici ad alta frequenza

A supporto dello studio si è provveduto ad effettuare il monitoraggio dei campi elettromagnetici in alta frequenza con misure dello stato attuale. Tale modalità di indagine ha avuto il fine ottenere un valore preliminare per contestualizzare lo studio teorico successivo. Il monitoraggio è stato eseguito mediante misura spot di breve durata (sei minuti) posizionando la sonda fronte ricettore in luogo accessibile. Dal rilievo dello stato attuale si rileva che nelle aree indagate non vi sia presenza di valori oltre i limiti.

7.3.2 Caratteristiche dell'alimentazione elettrica

La Linea 4.2 – Estensione per Campi Bisenzio – prevede un sistema di alimentazione primaria dotato di quattro Sotto-Stazioni Elettriche (SSE) di conversione dell'energia da 15 kVca e 750 Vcc, di cui n. 3 localizzate lungo la linea e dedicate alla alimentazione dei veicoli in linea e delle utenze elettriche di fermata, e n. 1 localizzata all'interno del Deposito e dedicata anch'essa alla alimentazione dei veicoli in linea e delle utenze elettriche di fermata, oltre che all'alimentazione della Linea di Contatto in Deposito.

Dalla SSE di Deposito sarà derivata l'alimentazione elettrica a 15 kV per la Cabina di Trasformazione MT/BT di Deposito.

Le SSE sia di linea che di deposito sono collocate all'interno di fabbricati costruiti fuori terra, localizzati in prossimità delle linee di contatto da alimentare.

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.

In analogia con le altre linee il sistema di alimentazione sarà costituito 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.

Ciascuno dei quadri MT previsti in sottostazione sarà composto di un sistema di sbarre da cui sono derivate le alimentazioni per i trasformatori di gruppo, il trasformatore dei servizi ausiliari e le linee di alimentazione che garantiscono la distribuzione della MT.

Le sottostazioni elettriche di alimentazione della linea di contatto dovranno fornire l'energia necessaria per i rotabili alla tensione di 750 Vcc.



In analogia con le altre Linee del Sistema Tramviario Fiorentino, per la Linea 4.2 sono state previste le seguenti quattro SSE di seguito indicate: SSE CAMPANIA (al km 0+850); SSE DEPOSITO (al km 1+650); SSE CASTAGNO (al km 3+060) e SSE PALAGETTA (al km 4+620). Di seguito la planimetria con l'ubicazione delle SSE nella linea 4.2.



Figura 29 – Ubicazione delle SSE di progetto

Distribuzione bassa tensione

Con riferimento allo schema di principio della distribuzione di bassa tensione e in analogia alle altre linee tramviaria, 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.

7.3.3 Metodologia di valutazione delle DPA

Sulla base della descrizione del progetto di alimentazione elettrica e delle informazioni relative agli elementi presenti di nuova installazione verrà calcolata la distanza di prima approssimazione (DPA).

La valutazione sarà relativa:

- alla linea di contatto e alle sbarre in corrente continua;
- alla linea di alimentazione in media e bassa tensione dalle SSE ai QEF.

La valutazione della DPA sarà eseguita applicando le formule empirica semplificata dalla Guida CEI 106-12 per gli elettrodotti.

Per la valutazione della DPA delle SSE si farà riferimento a quanto indicato dal DM 29.05.08 "Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche".

7.3.4 Sintesi delle DPA delle SSE

In base ai dati derivanti dalla valutazione delle DPA per le SSE, ritenuti cautelativi in quanto:

- sono riferiti alla corrente nominale secondaria del trasformatore;
- la formula del DM 29/05/2008 per il calcolo della DPA fa riferimento a linee infinite;
- in base a quanto riportato nel DM 29/05/2008 la DPA è tracciata dal muro esterno della cabina senza considerare il fatto che ci sono alcune pareti che sono ortogonali alle linee BT,

è determinata una DPA per ogni SSE pari a 4,6m.

Al fine del contenimento della DPA stessa, si propone l'installazione all'interno nelle pareti delle SSE di un sistema schermante per la schermatura di campi elettromagnetici da 0 Hz a 150 kHz, realizzato con tessuto metallico flessibile. Il materiale schermante sarà posato in adesione a pareti, intradosso e pavimento in corrispondenza delle sorgenti.

Tuttavia, ci si riserva la possibilità nei successivi gradi di progettazione di rivedere necessariamente il calcolo di tale distanza in base al progetto di dettaglio delle SSE e all'effettivo contesto di ubicazione della SSE.

L'intervento di mitigazione permetterà di conseguire il valore di qualità ossia $B \leq 3 \mu T$ misurato a 0.30 m dalle pareti perimetrali delle sottostazioni e a 1 m dal piano di calpestio riducendo in modo significativo le DPA in pianta a 0.30 m.

| SSE | DPA (m) | DPA con schermatura della SSE (m) |
|---|---------|-----------------------------------|
| SSE CAMPANIA | 4,6 m | 0.3 m |
| SSE DEPOSITO comprensiva della CABINA a servizio del deposito | 5 m | 0.3 m |
| SSE PALAGETTA | 4,6 m | 0.3 m |
| SSE CASTAGNO | 4,6 m | 0.3 m |

7.3.5 Caratteristica di alimentazione dei servizi ausiliari

Al fine di alimentare le fermate e i servizi, è prevista, in analogia con le altre tratte della tramvia di Firenze, la posa di una rete in media tensione e bassa tensione.

Tale rete ha origine dai trasformatori ausiliari delle SSE, passando dal quadro di media e di bassa tensione, sino ai quadri di fermata. Da essi sono alimentate le utenze di fermata.

Il tracciato della rete in bassa tensione e media tensione è posato in un cavidotto con un percorso parallelo al tracciato. Il cavidotto della media tensione è posato nell'interbinario, mentre quello della bassa tensione è individuato parallelo al tracciato.

I cavidotti sono quindi separati tra loro ed individuati in una posizione che evita l'interferenza con edifici e/o aree a prolungata permanenza. Di fatto la zona interbinario è interdetta al passaggio e/o sosta di persone così come lo zona immediatamente nei pressi della linea tranviaria a fianco dei binari. Rimane solo la possibilità di attraversamento dei cavidotti da parte delle persone nelle aree in cui sono previsti gli attraversamenti pedonali. In relazione ai quadri elettrici di fermata la loro ubicazione sarà presso aree vicine alle fermate stesse, in luoghi di acclarato carattere di non fruizione o permanenza prolungata delle persone.

Le linee BT saranno interrate in cavidotto a profondità variabili da una posa maggiore di 0.30 m (linee alimentazione fermate e linee illuminazione pubblica) ad 1 m. Le linee di MT saranno interrate ad una profondità maggiore di 1 metro.

Il sistema di alimentazione primaria in Media Tensione sarà costituito da quattro sottostazioni elettriche di conversione: Campania, Castagno, Palagetta in linea e Deposito, nell'area deposito.

Nell'elaborato dello schema di alimentazione in Media Tensione di progetto è riportato il seguente sistema di alimentazione MT.

7.3.6 Valutazione della DPA cavidotto MT

Nello spazio interbinario, di sotto della linea, sarà presente il cavidotto della media tensione MT.

Il cavo sarà inserito all'interno di cavidotto, il quale ha profondità di posa di 1 metro di profondità lungo linea e la cui ubicazione è nell'interbinario. Sulla linea 4.2 sarà presente una sola linea di MT. La configurazione prevista è ritorta ad elica (elicordato).

In riferimento a simulazioni effettuate sulla linea attigua della tramvia di Firenze (Linea 4.1) si considera cautelativamente la massima corrente media tra le SSE e pari a circa 170 A

e la massima corrente pari a circa 192 A. Si evidenzia che la sezione del cavo è maggiore rispetto a quella necessaria al passaggio di corrente per evitare cadute di tensione. Utilizzando i suddetti valori, considerando la distanza fra i conduttori in base alla tipologia di cavo impiegato ed applicando la formula empirica semplificata indicata dalla Guida CEI per gli elettrodotti si determina quanto segue.

Tabella 29 – valutazione DPA cavidotto MT in funzione della corrente media e massima

| Corrente Media $I_B=170$ A | | | | Massima Corrente $I_B=192$ A | | | |
|----------------------------|--------------|-------------------|-----------------|------------------------------|--------------|-------------------|-----------------|
| D* (m) | B (μ T) | Limite (μ T) | Valutazione | D* (m) | B (μ T) | Limite (μ T) | Valutazione |
| 1 | 1,4 | 3 | entro il limite | 1 | 1,6 | 3 | entro il limite |
| 2 | 0,4 | 3 | entro il limite | 2 | 0,4 | 3 | entro il limite |
| 3 | 0,2 | 3 | entro il limite | 3 | 0,2 | 3 | entro il limite |
| 4 | 0,1 | 3 | entro il limite | 4 | 0,1 | 3 | entro il limite |

(*) D = distanza centro cavidotto.

Considerando l'intensità di corrente massima in riferimento alla potenza nominale degli apparati elettrici collegati 342 A si determina quanto segue.

| Corrente Massima f(PN apparati) $I_B=342$ A | | | |
|---|--------------|-------------------|-----------------|
| D* (m) | B (μ T) | Limite (μ T) | Valutazione |
| 1 | 2,9 | 3 | oltre il limite |
| 2 | 0,7 | 3 | entro il limite |
| 3 | 0,3 | 3 | entro il limite |
| 4 | 0,2 | 3 | entro il limite |

(*) D = distanza centro cavidotto.

Considerando le profondità di posa del cavidotto si determina che già nei pressi del piano di campagna, anche senza considerare l'effetto schermante dovuto alla posa interrata all'interno di cavidotto, un valore inferiore a 3μ T. Il valore risulta ancora diminuire all'altezza di 1 metro dal piano di campagna a causa della rapida decrescita del campo. Inoltre, si evidenzia che il cavidotto si trova interrato in corrispondenza dell'interasse fra i binari della linea tramviaria e quindi l'area è interdetta da parte della fruizione pubblica delle persone a meno del transito negli attraversamenti pedonali, per i quali comunque è possibile escludere la permanenza per un tempo superiore alle quattro ore.

7.3.7 Valutazione della DPA cavidotto BT

In base alle tabelle precedenti, nelle quali è riportata la corrente reale all'interno dei conduttori che alimentano i QEF, è possibile definire la somma della corrente in BT in uscita dalle SSE.

- SSE CAMPANIA: 18,66 A
- SSE DEPOSITO: 39,88 A
- SSE CASTAGNO: 26,82 A
- SSE PALAGETTA: 45,16 A

Utilizzando i suddetti valori, considerando la distanza fra i conduttori in base alla tipologia di cavo impiegato (ed applicando la formula empirica semplificata per gli elettrodotti si determina quanto segue.

Per la SSE CAMPANIA:

Tabella 30 – valutazione DPA cavidotto BT in uscita dalla SSE CAMPANIA

| D (m) | B (μT) | Limite (μT) | Valutazione |
|-------|--------|-------------|-----------------|
| 0,5 | 0,5 | 3 | entro il limite |
| 1 | 0,1 | 3 | entro il limite |
| 2 | 0,0 | 3 | entro il limite |
| 3 | 0,0 | 3 | entro il limite |
| 4 | 0,0 | 3 | entro il limite |

(*) D = distanza centro cavidotto.

Per la SSE DEPOSITO:

Tabella 31 – valutazione DPA cavidotto BT in uscita dalla SSE DEPOSITO

| D (m) | B (μT) | Limite (μT) | Valutazione |
|-------|--------|-------------|-----------------|
| 0,5 | 1,1 | 3 | entro il limite |
| 1 | 0,3 | 3 | entro il limite |
| 2 | 0,1 | 3 | entro il limite |
| 3 | 0,0 | 3 | entro il limite |
| 4 | 0,0 | 3 | entro il limite |

(*) D = distanza centro cavidotto.

Per la SSE CASTAGNO:

Tabella 32 – valutazione DPA cavidotto BT in uscita dalla SSE CASTAGNO

| D (m) | B (μ T) | Limite (μ T) | Valutazione |
|-------|--------------|-------------------|-----------------|
| 0,5 | 0,8 | 3 | entro il limite |
| 1 | 0,2 | 3 | entro il limite |
| 2 | 0,0 | 3 | entro il limite |
| 3 | 0,0 | 3 | entro il limite |
| 4 | 0,0 | 3 | entro il limite |

(*) D = distanza centro cavidotto.

Per la SSE PALAGETTA:

Tabella 33 – valutazione DPA cavidotto BT in uscita dalla SSE PALAGETTA

| D (m) | B (μ T) | Limite (μ T) | Valutazione |
|-------|--------------|-------------------|-----------------|
| 0,5 | 1,3 | 3 | entro il limite |
| 1 | 0,3 | 3 | entro il limite |
| 2 | 0,1 | 3 | entro il limite |
| 3 | 0,0 | 3 | entro il limite |
| 4 | 0,0 | 3 | entro il limite |

(*) D = distanza centro cavidotto.

Si determina quindi che con una posa del cavidotto in uscita dalle SSE alla profondità di 1 m già nei pressi del piano di campagna, anche senza considerare l'effetto schermante, si ha un valore inferiore a 3μ T.

In base a questa valutazione, eseguita in corrispondenza dell'uscita dalla SSE dove si valuta il massimo valore, lungo il cavidotto della linea, si attende una diminuzione dell'induzione magnetica in quanto procedendo all'alimentazione successiva dei QEF, diminuisce il numero di cavi nel cavidotto e quindi della corrente riducendo il campo magnetico di conseguenza.

Inoltre, si ricorda che il cavidotto si trova interrato in corrispondenza delle immediate vicinanze del binario della linea tramviaria e quindi l'area è interdetta da parte della fruizione pubblica delle persone a meno del transito negli attraversamenti pedonali, per i quali comunque è possibile escludere la permanenza superiore alle quattro ore.

7.3.8 Attività di cantiere

In riferimento alla limitata durata temporale della fase di cantiere e alle potenziali emissioni di campi a bassa frequenza generati da dispositivi e macchinari elettrici impiegati dagli addetti e dai lavoratori, è plausibile sostenere come la fase realizzativa non implichi particolari situazioni di criticità. Nonostante ciò, si può ugualmente mantenere un approccio protezionistico relativo alla specifica componente finalizzato alla minimizzazione dell'impatto ambientale. Tale ottimizzazione è riferita al mantenimento di opportune distanze tra gli apparati, anche provvisori, che dovranno essere installati per il corretto funzionamento del cantiere (quali impianti per la produzione e trasformazione dell'energia elettrica, linee elettriche temporanee ecc.) e i potenziali ricettori sensibili posti in adiacenza alle aree di cantiere.

Per l'individuazione della fascia di pertinenza relativa ai macchinari di cantiere, in analogia con le considerazioni protezionistiche enunciate per gli ambiti correlati alle sottostazioni elettriche, risulterà sufficiente rispettare la distanza di quattro metri dagli edifici e dalle strutture prospicienti le aree e i depositi per conseguire valori di induzione magnetica inferiori al valore di qualità. Possiamo infatti ipotizzare con buona precisione che i singoli dispositivi di cabina siano senz'altro sorgenti di radiazioni ELF potenzialmente ben più potenti di qualsiasi tipo di macchinario di cantiere funzionante a energia elettrica.

7.3.9 Interferenze con elettrodotti in AT

Stato delle interferenze sul tracciato della Linea 4.2

La linea 4.2 lungo il tracciato interferisce con tre elettrodotti in AT:

- nel Comune di Firenze con l'elettrodotto nr.404 da 132 kV "Peretola-Osmannoro";
- nel Comune di Campi Bisenzio con l'elettrodotto nr. 491 da 132 kV "Casellina-S. Cresci" e l'elettrodotto nr. 337 da 380 kV "Tavarnuzze-Calenzano".

Analisi dell'interferenza con gli elettrodotti

Al fine di procedere all'analisi dell'interferenza tra elettrodotti e la linea 4.2 della tramvia si procede alla stima della DPA di ogni elettrodotto. Si evidenzia che per la stima dell'ampiezza della DPA sarà considerata la massima corrente indicata nelle Linea Guida pubblicate da Enel Distribuzione S.p.A.

In base alla tipologia di linee individuate (traliccio) ed alla potenza, oltre che all'intensità di corrente, è possibile individuare le DPA per ogni elettrodotto.

Per elettrodotto nr.404 da 132 kV, in base alle linee guida Enel Distribuzione S.p.A. si individua quanto segue. Per l'elettrodotto si individuano sul lato in cui è previsto il progetto della linea 4.2 (a destra del traliccio della figura precedente) una DPA di 18 m dall'asse del traliccio e nel lato opposto di 25 m (considerando la corrente massima di 870A). La fascia complessiva massima risulta di ampiezza di 43 m.

È possibile stimare, dalla rappresentazione grafica contenuta nella scheda, che dall'estradosso del supporto di sostegno del cavo inferiore, collegato al traliccio, la DPA ha, sul piano verticale verso il basso, un'ampiezza di 25m in corrispondenza del cavo.

Per elettrodotto nr. 491 da 132 kV, in base alle linee guida Enel Distribuzione S.p.A. si individua quanto segue. Per elettrodotto si individuano per entrambi i lati della linea dell'elettrodotto una DPA di 28 m dall'asse del traliccio (considerando la corrente massima di 870A). La fascia complessiva massima risulta di ampiezza di 56 m.

È possibile stimare, dalla rappresentazione grafica contenuta nella scheda, che dal piano orizzontale dei cavi, la DPA ha sul piano verticale verso il basso, un'ampiezza di 20m.

Nell'area tra la fermata San Donnino e la fermata Pistoiese si individua la seguente tipologia di tralicci.

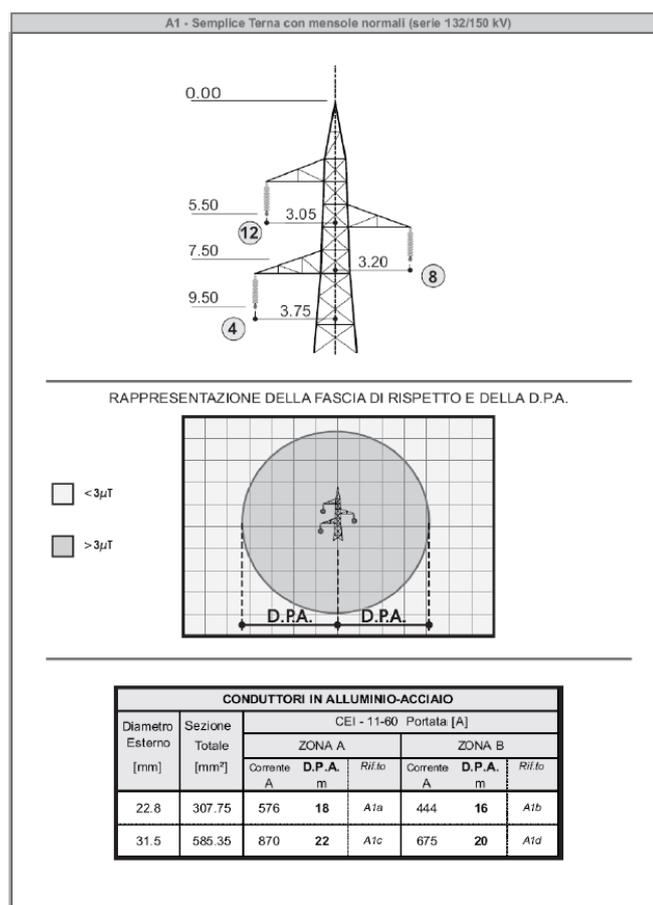


Figura 30 – DPA da linee guida ENEL per traliccio a singola terna a Delta

Per elettrodotto si individuano per entrambi i lati della linea dell'elettrodotto una DPA di 22 m dall'asse del traliccio (considerando la corrente massima di 870A). La fascia complessiva massima risulta di ampiezza di 44 m.

Per elettrodotto nr.337 da 380 kV, in base alle linee guida ARPAT 2008 si individua quanto segue. Per elettrodotto è indicato, per entrambi i lati della linea, una DPA di 51 m dall'asse del traliccio. La fascia complessiva risulta di ampiezza di 102 m.

In base alla Relazione Tecnica di Terna, relativa all'Elettrodotto 380 kV semplice terna "S.E. Colunga – S.E. Calenzano e opere connesse²", che studia lo stesso elettrodotto nella

² Elaborato REDR04002BGL00182-00 disponibile al sito: <https://va.minambiente.it/it-IT/Oggetti/Documentazione/6948/9825>

tratta successiva, è possibile ricavare una stima della DPA per un traliccio a semplice terna da 380 kV rispetto al piano verticale. Come è possibile riscontrare dalla figura successiva, in cui è rappresentata la sezione verticale relativa all'area della DPA, è possibile individuare una ampiezza dai cavi di circa 20 m, lasciando un'area sottostante l'elettrodotto, con un campo magnetico inferiore a $3\mu\text{T}$, di circa 10m. In questa valutazione per il traliccio era stata individuata una DPA di 47m anziché di 51m.

L'ampiezza della fascia indicata dalle Linee Guida ARPAT 2008 trova, invece, riscontro all'interno della tavola "Ricognizione dei vincoli interessanti" elaborato L1 del Comune di Campi Bisenzio di agosto 2012.

Per tale motivo e per eseguire una stima cautelativa sarà considerata questa ampiezza, ritenuta la massima.

Altresì nello stesso elaborato del Comune di Campi Bisenzio per l'elettrodotto nr. 491 da 132 kV, per il quale dalle linee guida Enel Distribuzione S.p.A. si era individuata per i tralicci siti nell'area del Deposito una DPA di 22m, nella tavola è indicata di 18m con una fascia di 36m anziché 44m.

Volendo eseguire una valutazione conservativa sarà considerato quanto dedotto della linea guida Enel Distribuzione S.p.A.. Si segnala che il tratto dello stesso elettrodotto nella zona della Fermata S. Donnino prevede tralicci di diverso tipo (tipologico delta anziché terna semplice) per cui la DPA di questo tipologico è di 28m, per una corrente massima di 870A, formando una fascia di 56m.

Al fine della valutazione delle DPA in corrispondenza del tracciato di progetto della Linea 4.2 si riportano le DPA valutate in precedenza sulla planimetria con il tracciato tramviario.

Dall'analisi di tale sovrapposizione si rilevano le seguenti interferenze:

- a. interferenza elettrodotto nr. 404 da 132 kV con:
 - Fermata Nave di Brozzi;
 - Area via Abruzzi;

b. interferenza elettrodotto nr. 491 da 132 kV con:

- Fermata S. Donnino;
- Deposito;
- Area all'interno della rotonda su Viale Liberto Roti;

c. interferenza elettrodotto nr. 337 da 380 kV con:

- Viadotto su Fosso Reale.

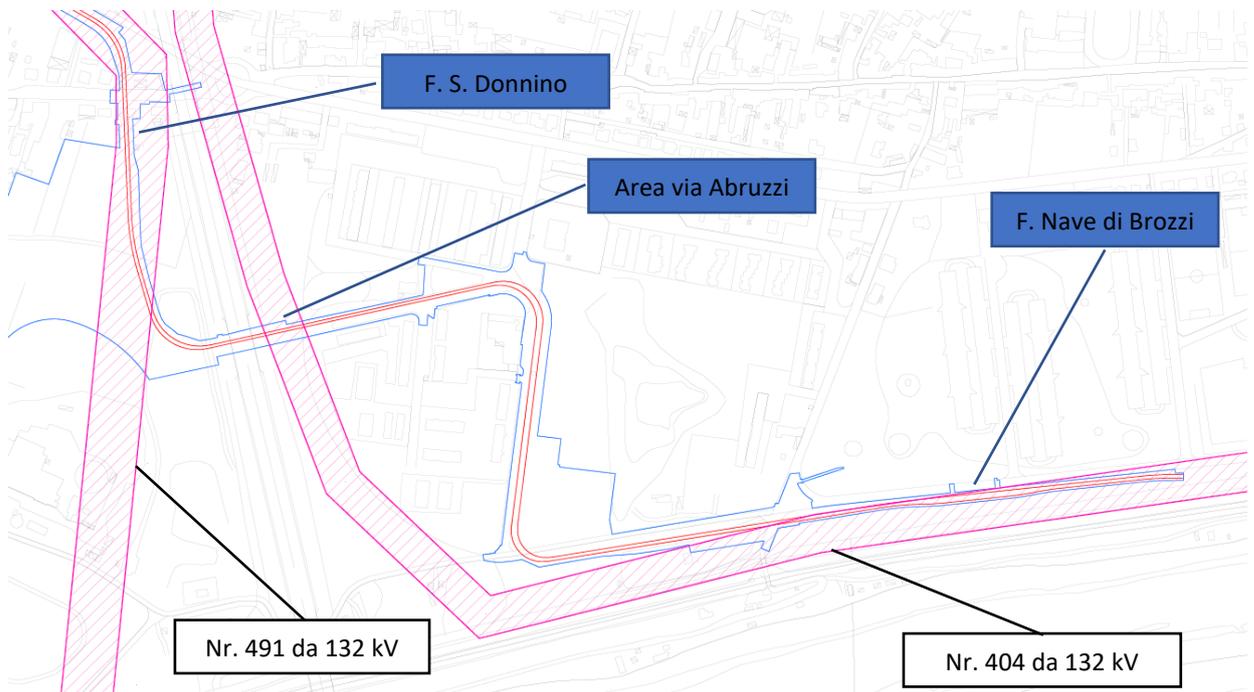


Figura 31 – interferenza linea 4.2 ed elettr. nr. 404 da 132 kV con Area via Abruzzi, con F. Nave di Brozzi ed elettr. nr. 491 da 132 kV con Fermata S. Donnino

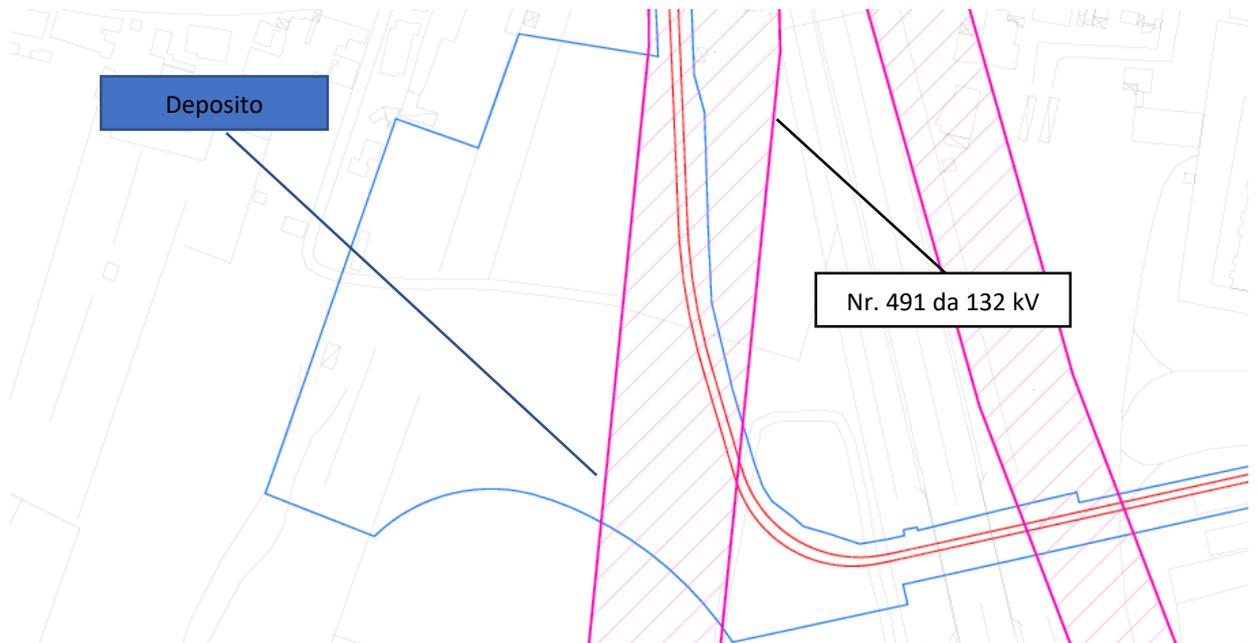


Figura 32 – interferenza linea 4.2 ed elettr. nr. 491 da 132 kV con Deposito

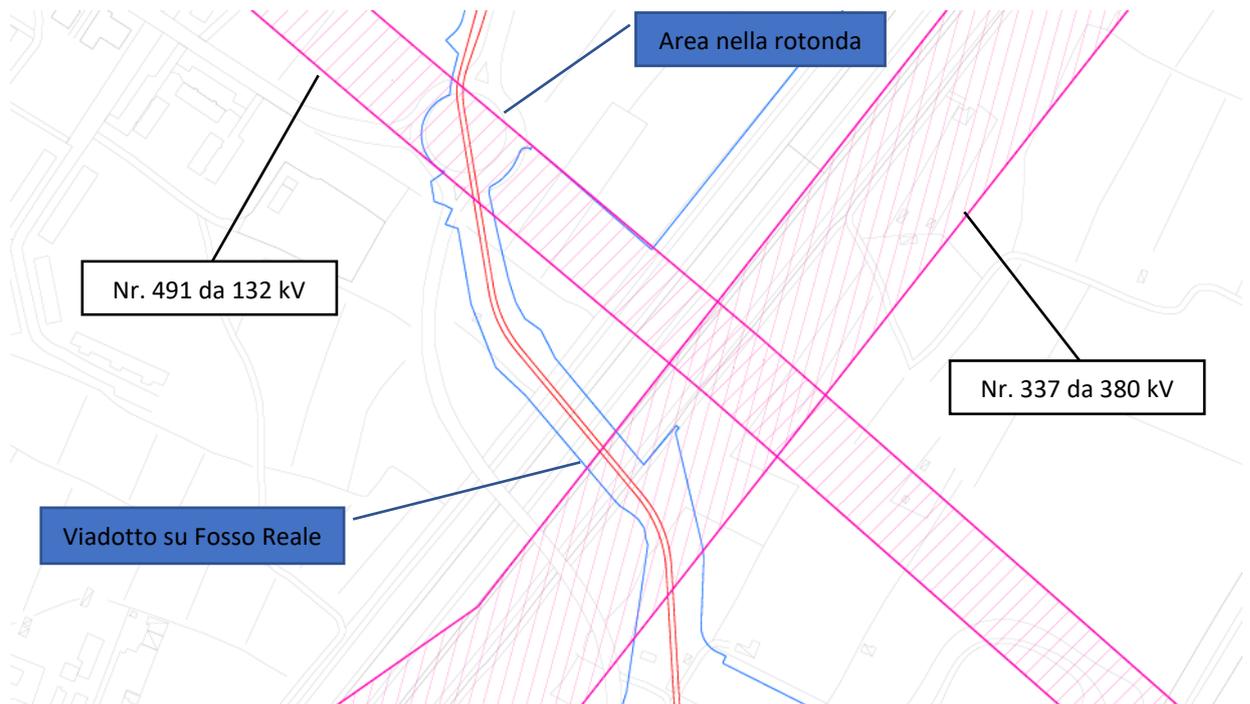


Figura 33 - interferenza linea 4.2 ed elettr. nr. 337 da 380 kV con Viadotto su Fosso Reale ed elettr. nr. 491 da 132 kV con Area all'interno della rotonda su Viale Liberto Roti

Di seguito si analizzano, in dettaglio, le interferenze evidenziate dagli stralci precedenti a livello planimetrico.

Fermata Nave di Brozzi

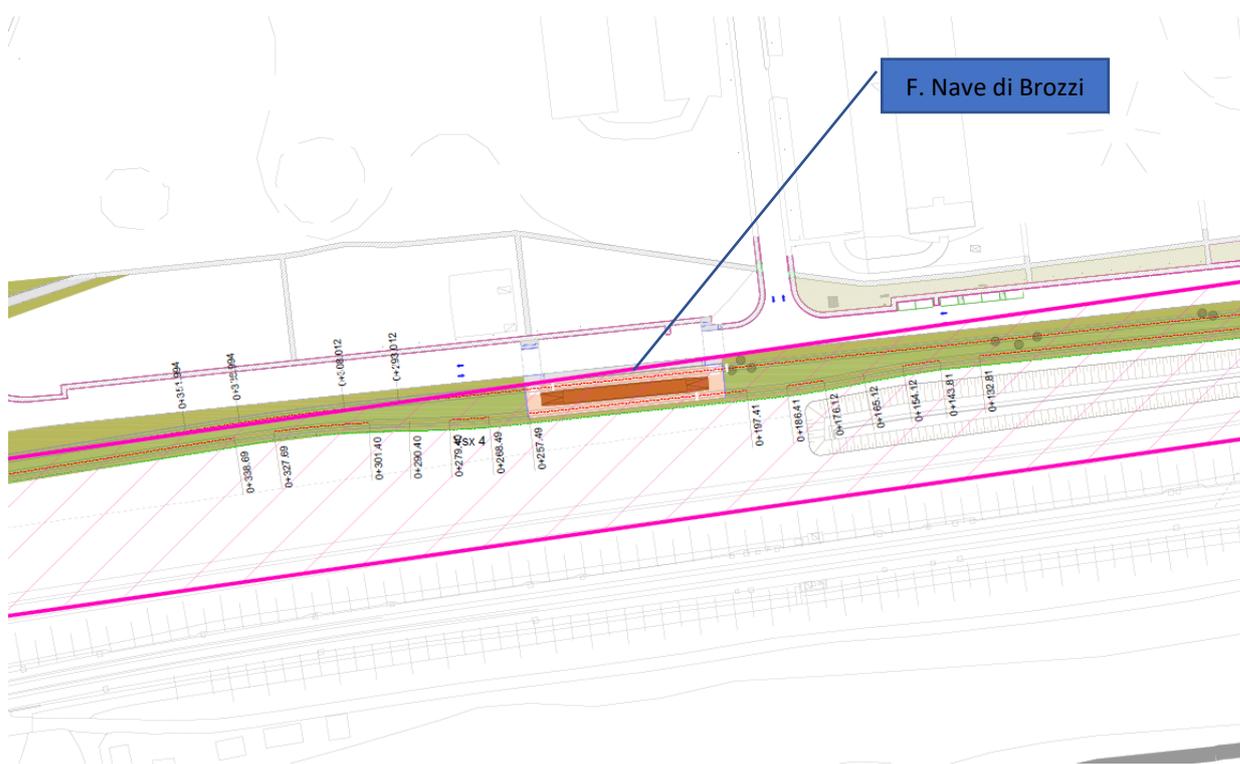


Figura 34 - Fermata Nave di Brozzi

La Fermata Nave di Brozzi è ubicata a filo del perimetro della DPA e ne è compresa per una ampiezza di circa 8 metri.

In tale area si prevede la costruzione della fermata e non si individuano aree a prolungata permanenza di oltre quattro ore. La presenza delle persone ha solo carattere temporaneo per l'attesa per la salita e discesa dalla tramvia.

Area via Abruzzi

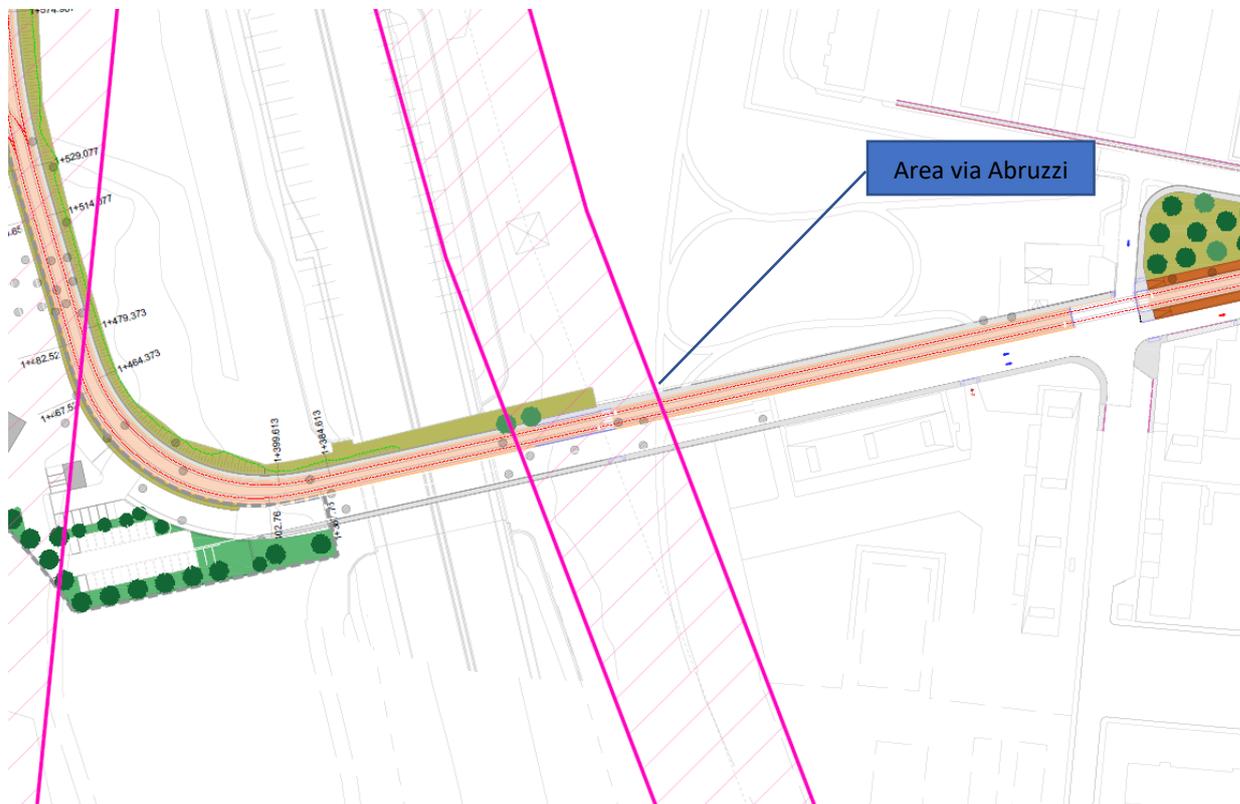


Figura 35 - Area via Abruzzi

L'area su via Abruzzi è compresa per una ampiezza di circa 20 metri all'interno della DPA. In tale area non si prevede la costruzione di edifici e non si individuano aree a prolungata permanenza, l'area è destinata al transito del mezzo tramviario.

Fermata S. Donnino

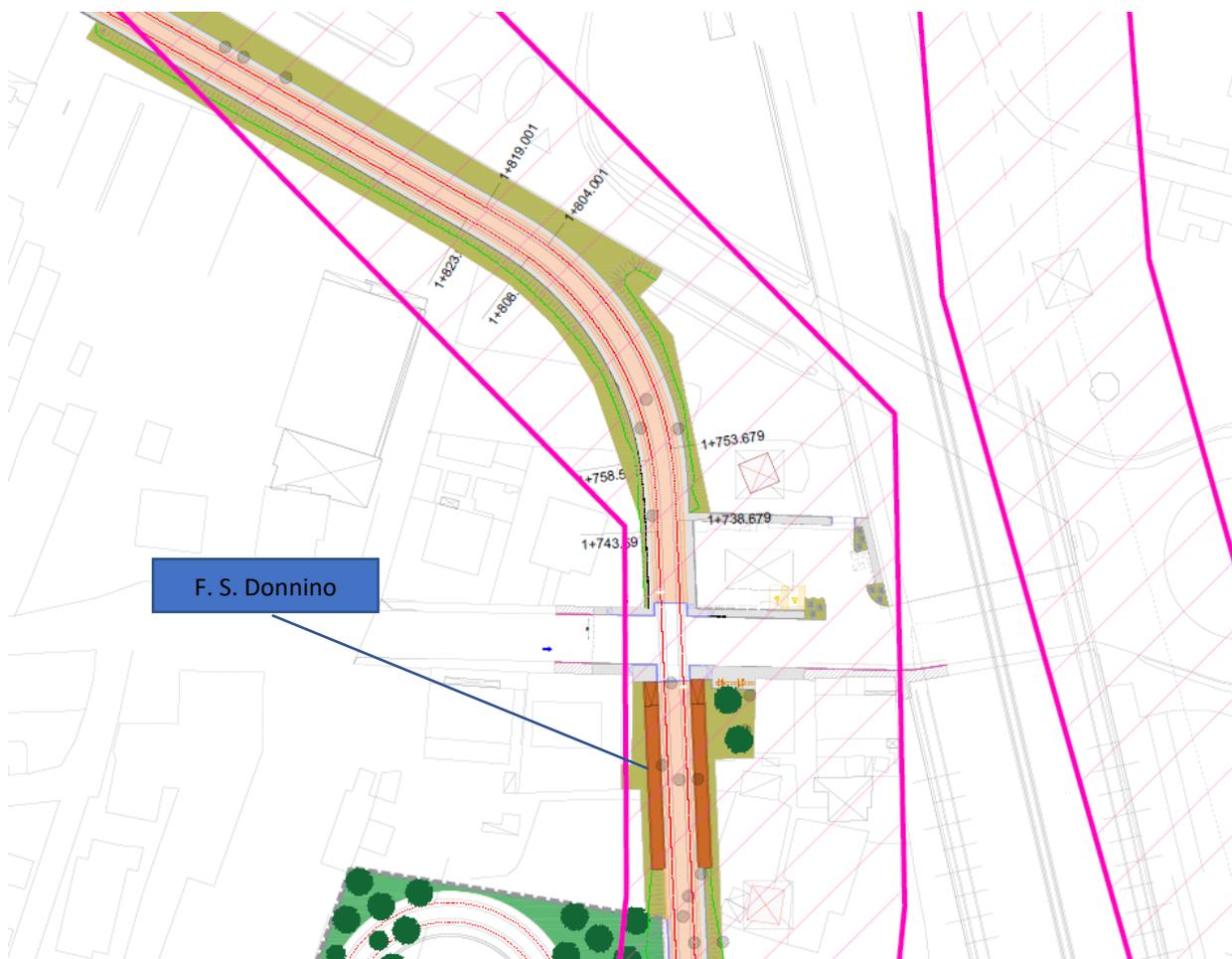


Figura 36 – Fermata S. Donnino

La Fermata S. Donnino è ubicata a filo del perimetro della DPA e ne è compresa per una ampiezza di circa 20 metri. In tale area si prevede la costruzione della fermata e non si individuano aree a prolungata permanenza di oltre quattro ore. La presenza delle persone ha solo carattere temporaneo di attesa per la salita e discesa dalla tramvia. La DPA contiene anche il tracciato tramviario con progressive successive alla fermata S. Donnino, in tale area non si prevede la costruzione di edifici e non si individuano aree a prolungata permanenza. L'area è destinata al transito del mezzo tramviario.

Deposito

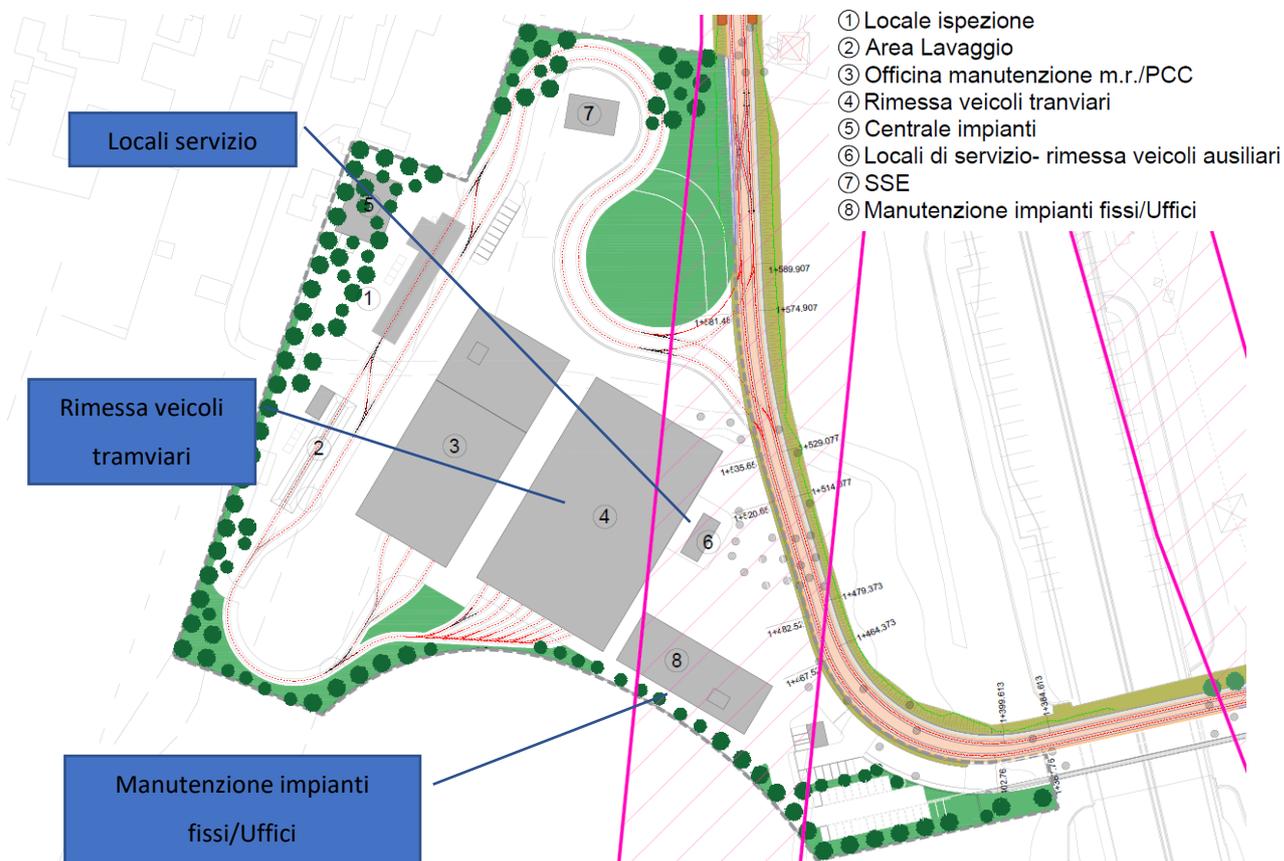


Figura 37 - Deposito

L'area Deposito è attraversata sul lato est dall'elettrodotto per cui la DPA è in parte ricompresa al suo interno. Da una analisi della planimetria si rileva che la fascia della DPA dell'elettrodotto sovrasta principalmente la linea tramviaria, l'edificio destinato manutenzione impianti fissi/uffici (id.8), l'edificio destinato a locali di servizio – rimessa veicoli ausiliari (id.6) e in parte lambisce l'edificio destinato a rimessa dei veicoli tramviari (id.4). Se per la sede tramviaria e per gli edifici 4 (Rimessa veicoli) e 6 (Locali di servizio) è lecito attendersi una permanenza delle persone solo di breve durata, non è possibile estendere tale considerazione all'edificio 8, destinato a manutenzione impianti fissi e

uffici, compreso trasversalmente nella DPA dell'elettrodotto per quasi tutta la sua lunghezza. Stante quanto rilevato, nella successiva fase progettuale, sarà necessario approfondire e rivalutare l'analisi compiuta acquisendo le DPA calcolate, in modo esatto, dal gestore della rete individuato in Terna. È opportuno riportare che per l'elettrodotto interferenze con il Deposito (Nr. 491 da 132 kV) è previsto un progetto di interrimento che risolverebbe la criticità evidenziata.

Viadotto su Fosso Reale

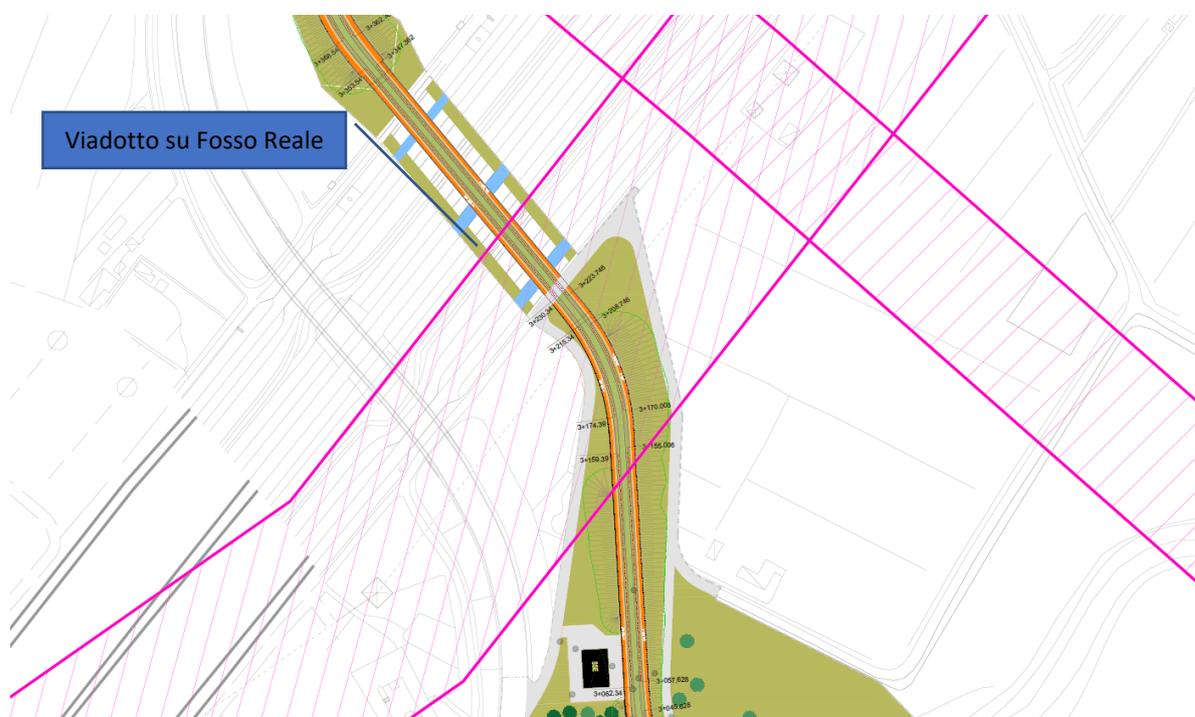


Figura 38 – Viadotto Fosso Reale

Il viadotto Fosso Reale è compreso per una ampiezza di circa 30 metri all'interno della fascia della DPA, oltre alla rampa coinvolta per circa 70 metri.

In tale area non si prevede la costruzione di edifici e non si individuano aree a prolungata permanenza di oltre quattro ore. La fruizione di questa area è di carattere temporaneo in quanto è destinata al transito del mezzo tramviario e delle persone.

avere una prima valutazione delle distanze dei cavi degli elettrodotti con l'opera in progetto e della valutazione del valore di campo magnetico presente.

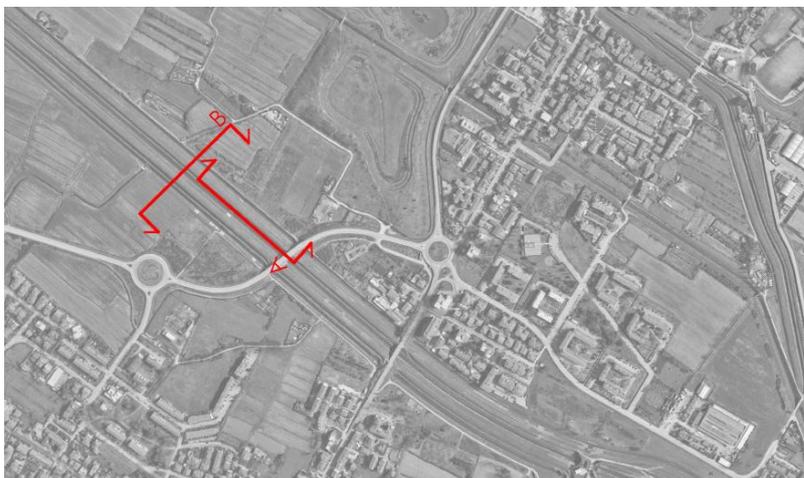
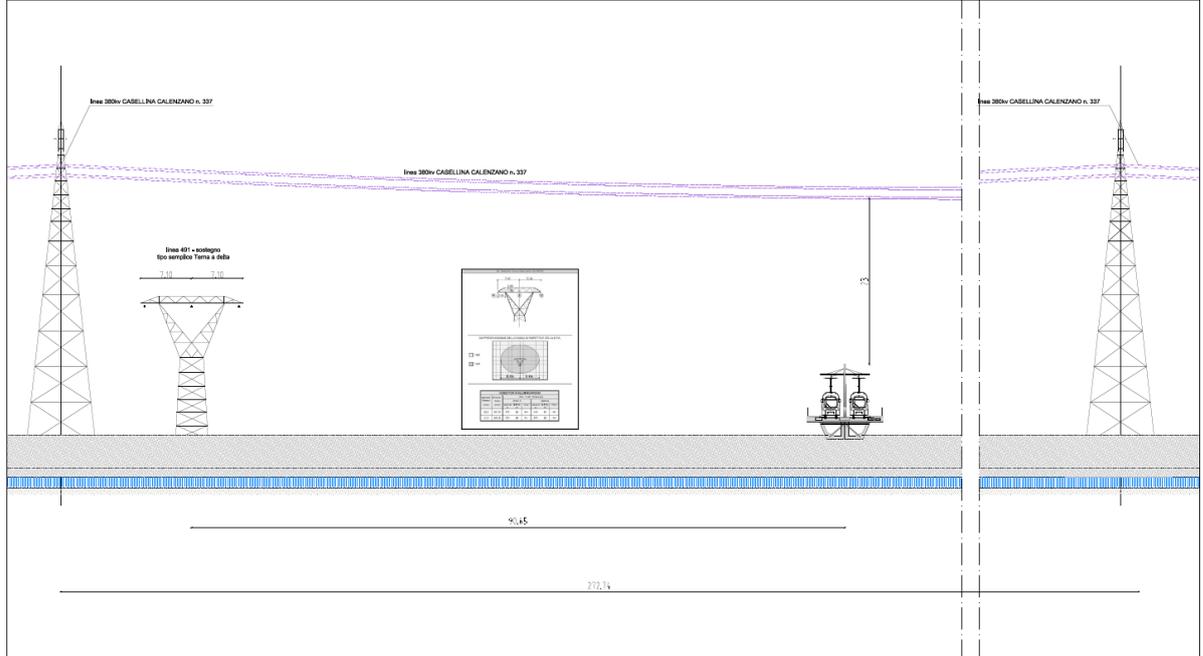


Figura 40 – Sezioni di valutazione della possibile interferenza tra elettrodotti e tracciato tramviario



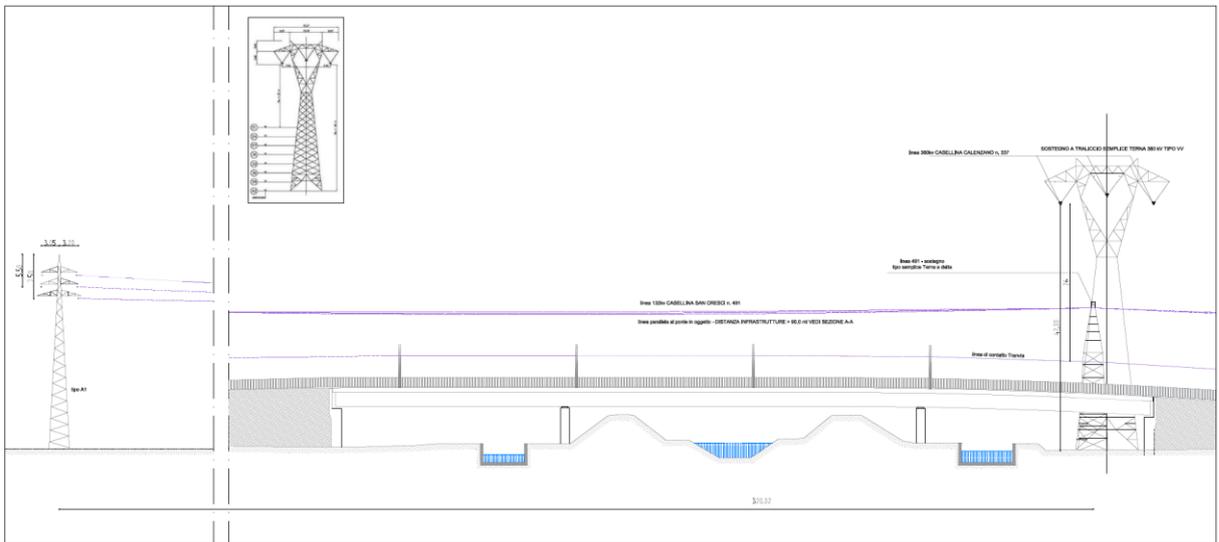
Comune di Firenze

Intersezione con Viadotto Fosso Reale



SEZIONE A-A'

Figura 41 – Sezione A-A' – intersezione con Viadotto Fosso Reale



SEZIONE B-B'

Figura 42 – Sezione B-B' - intersezione con Viadotto Fosso Reale

Sul viadotto Fosso Reale la distanza tra cavi dell'elettrodotto nr.337 da 380 kV e la cima del palo di supporto della linea elettrica della tramviaria è circa 23m. A tale distanza, in base alla Relazione Tecnica di Terna per un elettrodotto analogo, si individua un valore di campo magnetici inferiore a $10\mu\text{T}$. Considerando una distanza di circa 30m, la quale dovrebbe corrispondere alla distanza della posizione del passeggero a bordo della tramvia, si stima un valore di campo magnetico inferiore a $5\mu\text{T}$. Tale valore è inteso nel punto sulla perpendicolare del cavo. Alla distanza in piano di 25 m, precedente e successivo tale punto di valore massimo, si ha un campo magnetico inferiore a $3\mu\text{T}$.

Intersezione con Fermata S. Donnino

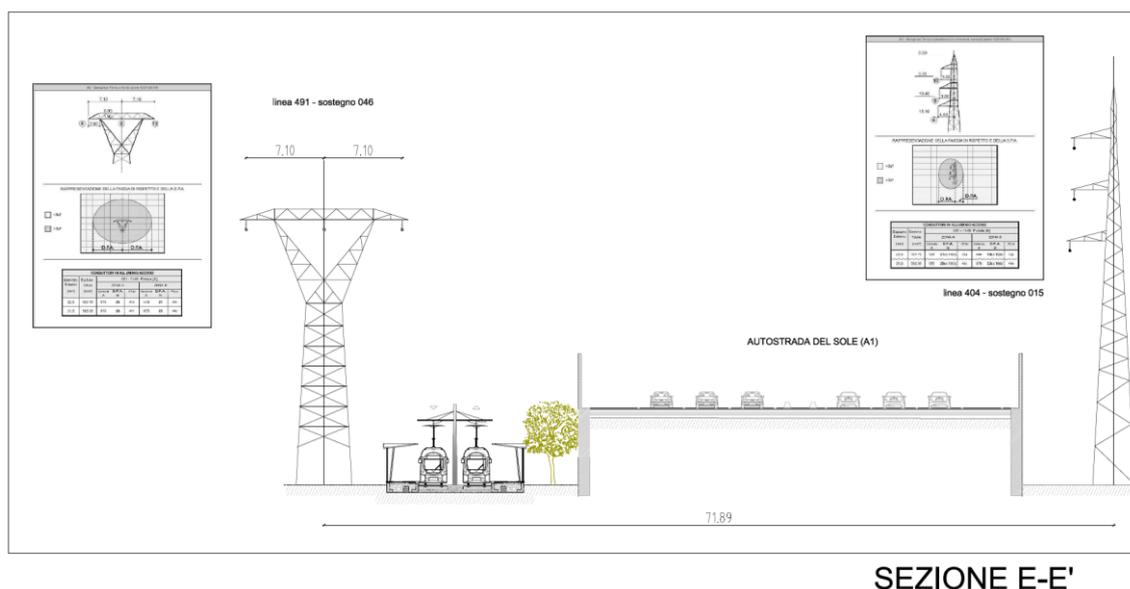


Figura 43 - Sezione E-E' - intersezione con Fermata Donnino

Sulla Fermata S. Donnino la distanza tra cavi dell'elettrodotto nr. 491 da 132 kV e la cima del palo di supporto della linea elettrica della tramviaria è circa 15m in verticale e 10 m sul piano orizzontale dal traliccio. A tale distanza, in base alla indicazione della guida di Enel Distribuzione S.p.A. e considerando la massima corrente per la tipologia di traliccio, si individua un valore di campo magnetici prossimo a $3\mu\text{T}$. Considerando una distanza

maggiore, la quale dovrebbe corrispondere alla distanza della posizione del passeggero a bordo della tramvia e sulla piazzola di sosta della fermata S. Donnino, si stima un valore di campo magnetico inferiore a $3\mu\text{T}$.

Intersezione con Deposito

Per la valutazione del Deposito si farà riferimento alla sezione della Fermata di S. Donnino, dove è riportato anche il traliccio analogo a quello presente nei pressi del deposito (Semplice Terna a Delta).

Per elettrodotto nella zona del deposito si individuano per entrambi i lati della linea dell'elettrodotto una DPA di 28 m dall'asse del traliccio (considerando la corrente massima di 870A). La fascia complessiva massima risulta di ampiezza di 56 m. È possibile stimare, dalla rappresentazione grafica contenuta nella scheda, che dal piano orizzontale dei cavi, la DPA ha sul piano verticale verso il basso, un'ampiezza di 20m.

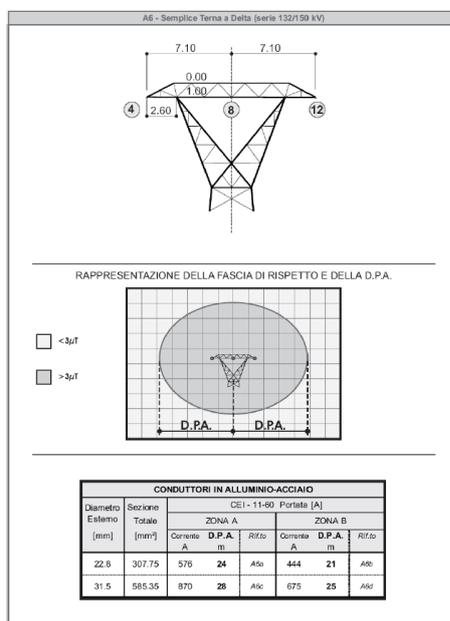


Figura 44 – DPA da linee guida ENEL per traliccio a singola terna a Delta

Nell'area Deposito la distanza minima tra cavi dell'elettrodotto nr. 491 da 132 kV e il piano di campagna è circa 20 m. A tale distanza, in base alla indicazione della guida Enel Distribuzione S.p.A. e considerando la massima corrente per la tipologia di traliccio rilevata, si individua un valore di campo magnetici prossimo a $3\mu\text{T}$, inteso nel punto sulla perpendicolare del cavo, sul piano campagna. L'edificio destinato a manutenzione impianti fissi/uffici si trova compreso trasversalmente quasi per la sua interezza nella DPA in planimetria ed è attraversato dalla proiezione planimetrica dei cavi. Come detto in precedenza in questo punto, facendo riferimento alle linee guida Enel Distribuzione S.p.A., si riscontra un valore di campo di $3\mu\text{T}$ al livello del suolo. Si configura quindi una possibile interferenza della DPA dell'elettrodotto con la destinazione d'uso dell'edificio in oggetto, trovandosi lo stesso per gran parte in una zona con valori di campo superiori ai $3\mu\text{T}$ (considerando la massima corrente) e con una permanenza delle persone che non è possibile considerare momentanea. Stante comunque quanto rilevato, nella successiva fase progettuale, sarà necessario approfondire e rivalutare l'analisi compiuta acquisendo le DPA calcolate, in modo esatto, dal gestore della rete individuato in Terna. È opportuno riportare che per l'elettrodotto interferenze con il Deposito (Nr. 491 da 132 kV) è previsto un progetto di interrimento che risolverebbe la criticità evidenziata.

Intersezione con Fermata Nave di Brozzi e area via Abruzzi

Per la valutazione della Fermata Nave di Brozzi si farà riferimento alla sezione della Fermata di S. Donnino, dove è riportato anche il traliccio analogo a quello presente nei pressi della Fermata Nave di Brozzi (traliccio a bandiera). Si stima, in base alla valutazione della posizione sul piano verticale del traliccio e della Fermata, che risulta ubicata in un'area compresa nella DPA con un campo magnetico inferiore a $3\mu\text{T}$. La Fermata Nave di Brozzi è infatti a circa 10 m dall'asse del traliccio (la fermata è compresa per 8 m dal perimetro della DPA) e dall'estradosso del supporto di sostegno del cavo inferiore, collegato al

traliccio, la DPA ha, sul piano verticale verso il basso, un'ampiezza di 20m in corrispondenza della fermata. La cima del palo di supporto della linea elettrica della tramviaria è a circa 20m dall'estradosso del supporto di sostegno del cavo inferiore. Per cui per l'area della fermata si stima un campo magnetico inferiore a $3\mu\text{T}$.

Per l'area di via Abruzzi si riscontra che sarà presente un punto sul piano di campagna con un probabile valore prossimo a $3\mu\text{T}$ in quanto si stima una distanza, nella sezione verticale, di 25 m dal piano campagna all'estradosso del supporto di sostegno del cavo inferiore. Spostandosi in un punto precedente o successivo a questo che dovrebbe individuare il massimo si stimano valori inferiori a $3\mu\text{T}$.

Sintesi

In conclusione, in base all'analisi eseguita dalle interferenze evidenziate, per la linea tramviaria non si individuano aree a prolungata permanenza di oltre quattro ore, nelle fasce della DPA degli elettrodotti.

In merito al deposito si riscontra, in planimetria, un edificio compreso all'interno della fascia della DPA e attraversato dalla proiezione planimetrica dei cavi destinato a manutenzione impianti fissi/uffici. Dall'analisi nella sezione verticale si rileva che nel sito di costruzione dell'edificio, nel punto perpendicolare alla catenaria, si stima un valore di $3\mu\text{T}$ in prossimità del suolo e di conseguenza maggiore ad altezze più elevate. Ne consegue una possibile criticità data dalla destinazione d'uso dell'edificio, non è possibile escludere per lo stesso la permanenza del personale oltre le 4 ore. Fermo restando che si rimanda alle fasi di progetto successive per il calcolo puntuale della DPA da parte dell'ente gestore, si riporta l'esistenza di un progetto di interrimento per l'elettrodotto in oggetto che risolverebbe di fatto tale criticità.

Stante comunque quanto rilevato, nella successiva fase progettuale, sarà necessario approfondire e rivalutare l'analisi compiuta acquisendo le DPA calcolate, in modo esatto,

dal gestore della rete individuato in Terna. Ciò permetterà la valutazione dell'esatta posizione della fascia della DPA e dell'eventuale intersezione con l'edificio all'interno del deposito. Inoltre, la verifica sarà estesa negli spazi delle fermate e delle aree esterne pur avendo rilevato per quest'ultime il carattere della presenza delle persone per un tempo limitato, necessario alla fruizione del servizio tramviario, oltre che da una prima valutazione del campo magnetico, utilizzando le schede dei tipologici dei tralicci, dalle quali è stato valutato che le aree occupate dalle persone ricadono in area delle sezioni verticali aventi un campo magnetico prossimo o inferiore a $3\mu\text{T}$.

7.3.10 Analisi campi elettromagnetici in alta frequenza

Nel presente capitolo si riportano i risultati delle analisi svolte per valutare l'impatto elettromagnetico sul territorio, dovuti agli impianti di futura installazione in alta frequenza.

I calcoli previsionali per valutare i livelli di campo elettrico sono stati svolti sulla base dei dati tecnici degli impianti disponibili. Il

Il Progetto dell'impianto Radio Terra-Treno per la Linee 4.2 prevede l'espansione della rete TETRA già realizzata per le Linee 1, 2 e 3, mediante l'installazione di n. 2 nuove Stazioni Radio Base (SRB) al servizio della Linea 4.2. Le nuove Stazioni Radio Base sono state previste, in prima analisi, presso la SSE Campania e la SSE Palagetta. Le corrispondenti antenne saranno installate su pali eretti nelle vicinanze delle stesse SSE.

Di seguito si evidenzia per la linea 4.2, all'interno dell'ortofoto, i punti di posizionamento delle due Antenne SRB CAMPANIA e SRB PALAGETTA previste nel progetto preliminare.



Figura 45 – Ubicazione delle SRB di progetto

I diagrammi di radiazione orizzontale e verticale, le specifiche geometriche delle antenne trasmettenti presenti sui diversi tralicci censiti sono ricavati dai dati (pattern) forniti dalle rispettive case produttrici allegati alle richieste di autorizzazioni o reperiti dai siti dei produttori.

Al fine di contestualizzare i nuovi impianti proposti si riporta di seguito la posizione di altre sorgenti di campo RF nell'area di interesse. In particolare, sono stati individuati gli

impianti di radiocomunicazione, presenti al 02/11/2021, identificati nel portale sira.arp.at.toscana.it³.

Gli impianti sono relativi principalmente a telefonia mobile. Si riportano di seguito le informazioni delle postazioni individuate SRB / RTV prossime alla Linea 4.2.

| id | Gestore | Tipologia | Nome post. | Codice | Indirizzo | Comune | Tipologia impianti |
|----|----------|-----------|--------------------|------------------|-------------------------------------|----------------|--|
| 1 | Wind Tre | SRB | CAMPI EST | FI057 | PIAZZA DANTE | Campi Bisenzio | GSM (950), LTE-1800 (1850), LTE-2100 (2150), UMTS-0900 (950), UMTS-2100 (2150) |
| 2 | Vodafone | SRB | CAMPI B.ZIO EST | 3118 | VIA AMILCARE PONCHIELLI n.56 | Campi Bisenzio | DCS (1850), GSM (950), LTE-1800 (1850), UMTS-2100 (2150) |
| 3 | Wind Tre | SRB | CAMPI SUD | FI498 (ex H3398) | VIA PALAGETTA/P IAZZA NAZIONI UNITE | Campi Bisenzio | LTE-0800 (850), LTE-1800 (1850), LTE-2100 (2150), LTE-2600 (2650), PR (18000), UMTS-0900 (950), UMTS-2100 (2150) |
| 4 | Tim | SRB | SAN MARTINO | FY84 | VIA PALAGETTA - LE FRILLE | Campi Bisenzio | 5G-3700 (3700), GSM (950), LTE-0800 (850), LTE-1500 (1472), LTE-1800 (1850), LTE-2600 (2650), UMTS-2100 (2150) |
| 4 | Vodafone | SRB | LE FRILLE | 1107 | VIA PALAGETTA (EX BLU) | Campi Bisenzio | DCS (1850), GSM (950), LTE-0800 (850), LTE-1800 (1850), PR (), UMTS-0900 (950), UMTS-2100 (2150) |
| 5 | Iliad | SRB | CAMPI BISENZIO SUD | FI50013 | VIA LIBERO ROTI snc | Campi Bisenzio | 5G-0700 (700), 5G-3700 (3700), LTE-1800 (1850), LTE-2100 (2150), LTE-2600 (2650), PR (32000), UMTS-0900 (950) |
| 6 | Wind Tre | SRB | SAN DONNINO | FI067_0 LD | ROTATORIA VIA PISTOIESE | Campi Bisenzio | DCS (1850), GSM (950), UMTS-2100 (2150) |
| 6 | Wind Tre | SRB | SAN DONNINO | FI067 | ROTATORIA VIA PISTOIESE | Campi Bisenzio | DCS (1850), GSM (950), LTE-0800 (850), LTE-1800 (1850), LTE-2600 (2650), PR (18000), PR (38000), UMTS-0900 (950), UMTS-2100 (2150) |
| 7 | Vodafone | SRB | SAN DONNINO B | 5494 | VIA FOSSO SECCO | Firenze | 5G-3700 (3700), LTE-0800 (850), LTE-1800 (1850), LTE- |

³ https://sira.arp.at.toscana.it/sira/misure_rf/portale.php



Comune
di Firenze

PROGETTO DEFINITIVO PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI
COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

| id | Gestore | Tipologia | Nome post. | Codice | Indirizzo | Comune | Tipologia impianti |
|----|----------|-----------|----------------------|------------------|--|---------|---|
| | | | | | | | 2100 (2150), LTE-2600 (2650), PR (38000) |
| 7 | Tim | SRB | FIRENZE SAN DONNINO | XX70 FY30 | VIA FOSSO SECCO | Firenze | 5G-3700 (3700), GSM (950), LTE-0800 (850), LTE-1800 (1850), LTE-2600 (2650), UMTS-2100 (2150) |
| 8 | Wind Tre | SRB | BROZZI | FI570 (ex H6493) | VIA CALABRIA 4/1 | Firenze | LTE-0800 (850), LTE-1800 (1850), LTE-2100 (2150), LTE-2600 (2650), PR (23000), PR (38000), UMTS-0900 (950), UMTS-2100 (2150) |
| 8 | Vodafone | SRB | BROZZI | 3212 | VIA CALABRIA 4/1 | Firenze | GSM (950), LTE-0800 (850), LTE-1800 (1850), LTE-2100 (2150), PR (38000), UMTS-0900 (950) |
| 8 | Tim | SRB | FI BROZZI 3 | FYAD | VIA CALABRIA 4/1 | Firenze | LTE-0800 (850), LTE-1800 (1850), LTE-2100 (2150), LTE-2600 (2650) |
| 9 | Tim | SRB | FI BROZZI 2 | FIF0 | VIA DI SAN MARTINO A BROZZI | Firenze | LTE-0800 (850), LTE-1800 (1850), LTE-2600 (2650), UMTS-2100 (2150) |
| 9 | Wind Tre | SRB | BROZZI | FI066 | VIA DI SAN MARTINO A BROZZI | Firenze | 5G-3700 (3700), GSM (950), LTE-0800 (850), LTE-1800 (1850), LTE-2100 (2150), LTE-2600 (2650), LTE-2600TDD (2650), PR (18000), PR (23000), UMTS-0900 (950), UMTS-2100 (2150) |
| 9 | Vodafone | SRB | SAN MARTINO A BROZZI | 0486 | VIA S. MARTINO A BROZZI n.39 | Firenze | GSM (950), LTE-0800 (850), LTE-1800 (1850), UMTS-0900 (950), UMTS-2100 (2150) |
| 9 | Opnet | altro | BROZZI | FI0186L_A | VIA di BROZZI n.506 | Firenze | LTE-3500 (3500), PR (18000), PR (23000) |
| 10 | Tim | SRB | FI PISTOIESE | FY72 | VIA LOMBARDIA c/o CAMPO SPORTIVO - LE PIAGGE | Firenze | UMTS-2100 (2150) |

Di seguito è riportata la planimetria dove sono individuate le installazioni prossime alla linea.

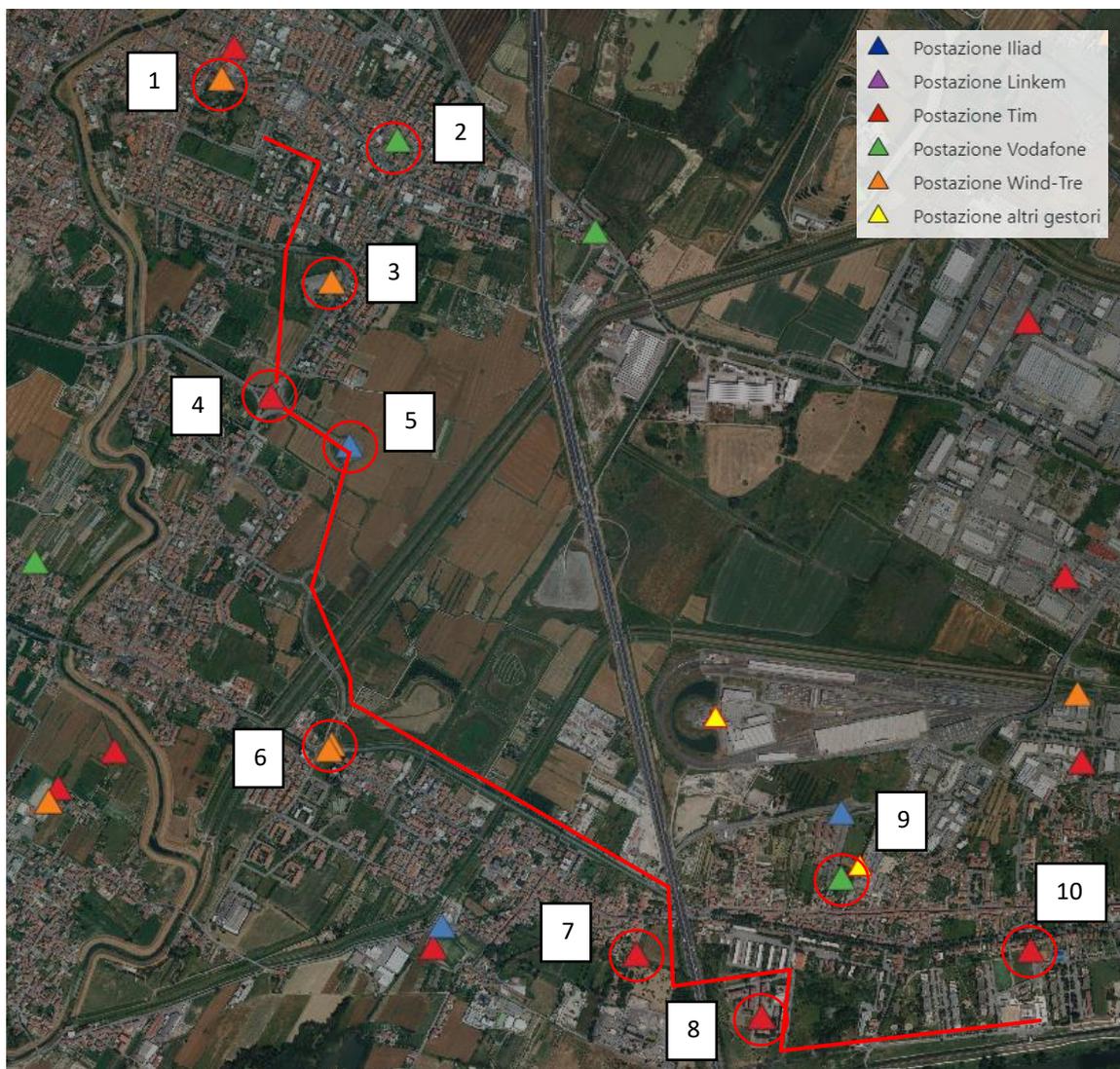


Figura 46 – Ubicazione altri impianti di radiocomunicazione (cerchiate quelle riportate in tabella)

Metodologia di valutazione

Per il calcolo dei lobi di irradiazione delle antenne che saranno installate sul territorio comunale e per la stima puntuale del campo generato è stato utilizzato il software EMLAB prodotto in conformità alla Norma CEI 211-10.

Stima del campo elettromagnetico generato dalla S.R.B. mediante volumi di rispetto

Si riportano di seguito le griglie di calcolo dei volumi di rispetto calcolati per i singoli settori della SRB in esame con riferimento al centro elettrico delle antenne.

Il volume di rispetto, come previsto dalla Norma Italiana CEI 211-10, si utilizza per valutare l'estensione del campo per valori di intensità pari al limite prescritto; esso, infatti, definisce una regione di spazio intorno all'antenna all'esterno del quale il campo elettromagnetico risulta certamente inferiore al valore del limite della normativa vigente. Allo scopo di semplificare la rappresentazione grafica tridimensionale si usano superfici geometricamente semplici che massimizzano il volume di rispetto dell'antenna. Nel nostro caso tale geometria viene rappresentata dalle curve di isolivello del campo e.m.

I volumi di rispetto e le curve isolivello sono riportati in cartografia sia sul piano orizzontale che sul piano verticale, nonché in una rappresentazione tridimensionale. Per quanto riguarda la rappresentazione grafica, sul piano verticale, è stata riportata la vista perpendicolare alla direzione di propagazione.

I risultati di queste analisi sono mostrati mediante mappe a falsi colori dotate di una scala lineare rappresentativa della corrispondenza fra colore e valore di campo elettrico.

Le antenne di nuova installazione saranno posizionate a 25,5 m. Per poter evidenziare la propagazione del campo oltre alla mappa in sezione verticale si riporta la rappresentazione in vista dall'alto delle curve di propagazione alle altezze di 5 m e 15 m (altezza media edifici).

Di seguito la valutazione sul modello.

SRB Campania

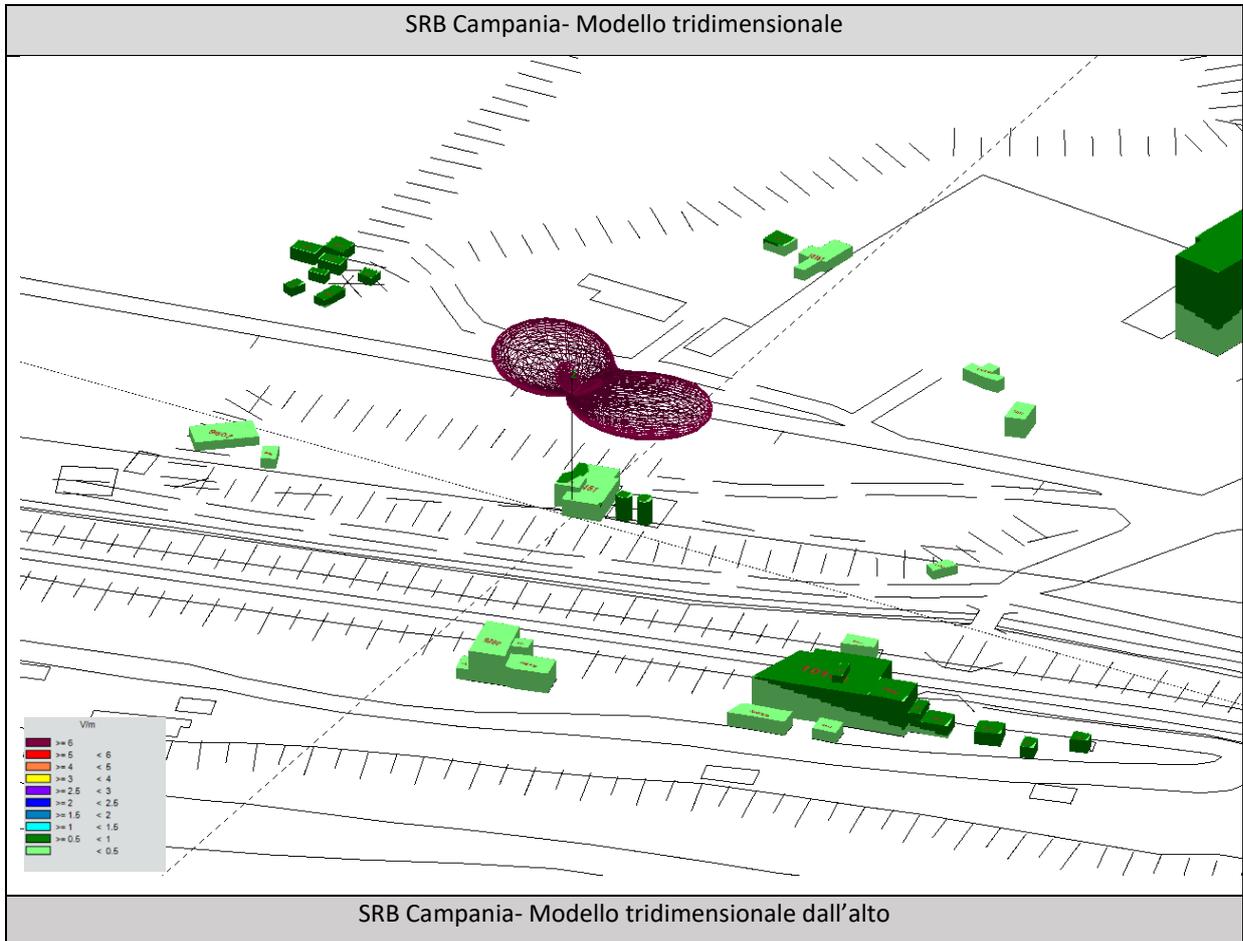


Comune
di Firenze

PROGETTO DEFINITIVO PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI
COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BIENZIO E SESTO FIORENTINO

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BIENZIO



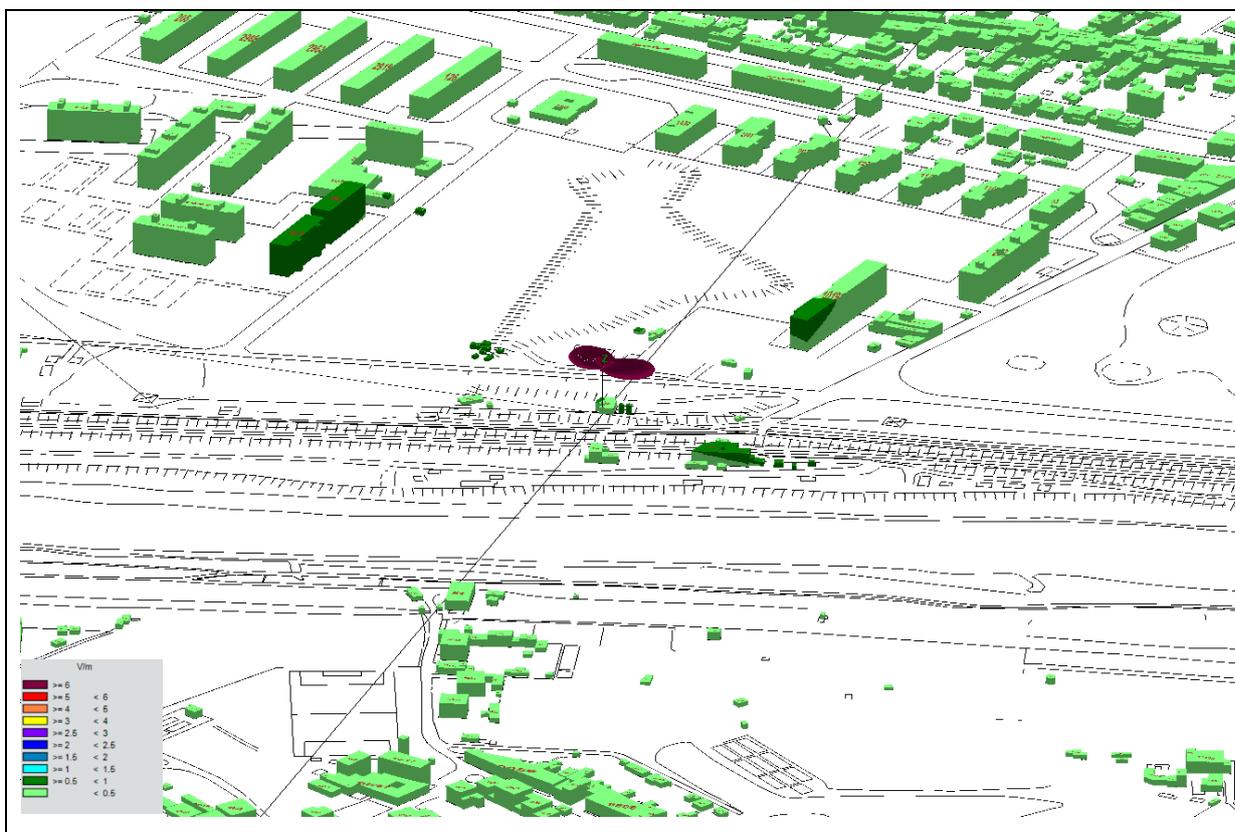


Figura 47 – Vista del modello tridimensionale

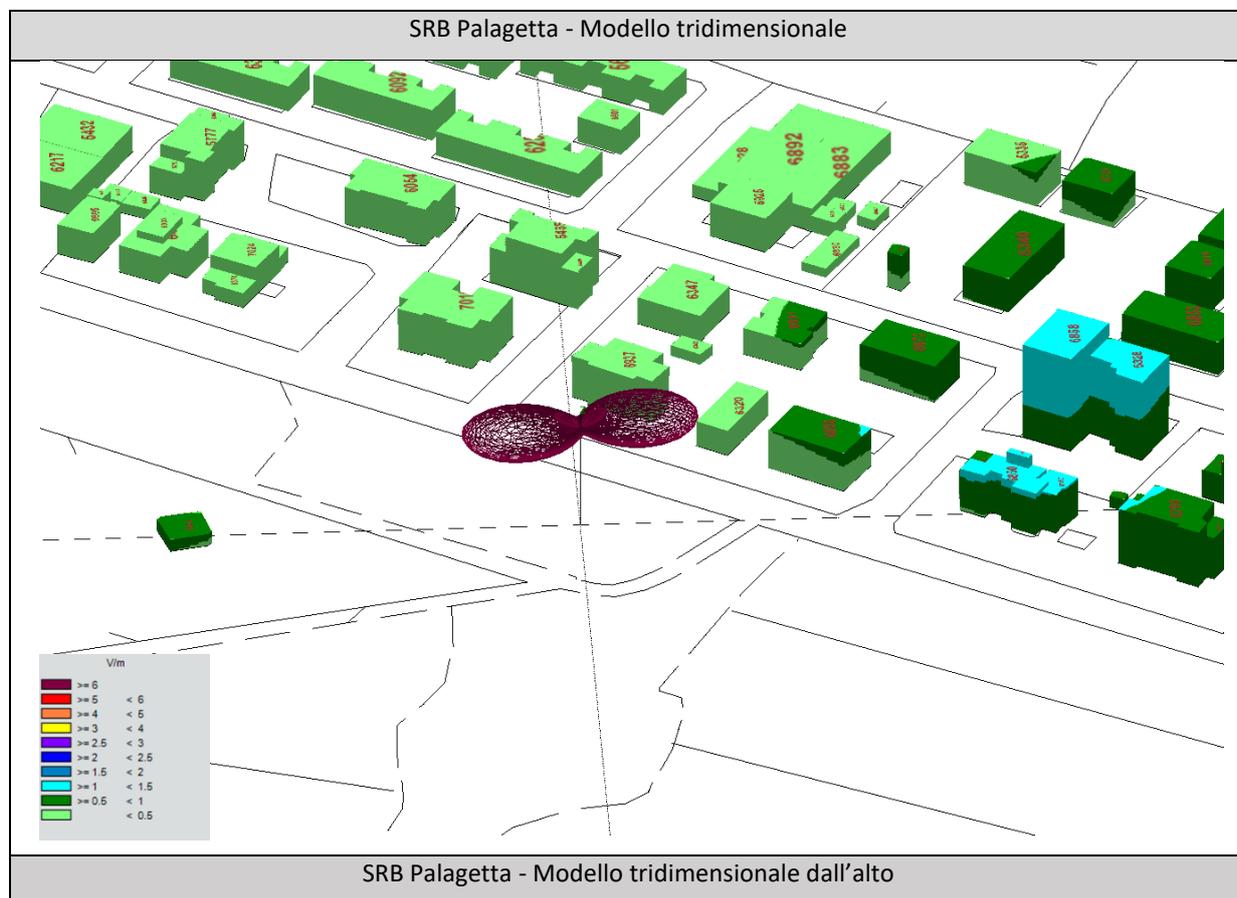
Dalla valutazione delle mappe di propagazione è possibile valutare che i raggi di azione delle SRB non interferiscono significativamente con edifici e altri luoghi sensibili rispettando il limite dell'obiettivo di qualità di 6 V/m.

I livelli di esposizione tra presso gli edifici più prossimi risultano sempre inferiori a 1 V/m.

Ciascun impianto SRB dovrà essere necessariamente valutato, in dettaglio, all'interno del successivo procedimento di autorizzazione che sarà richiesto ai sensi del D.Lgs. n. 259 del 1° agosto 2003.

SRB Palagetta

Di seguito la valutazione sul modello.



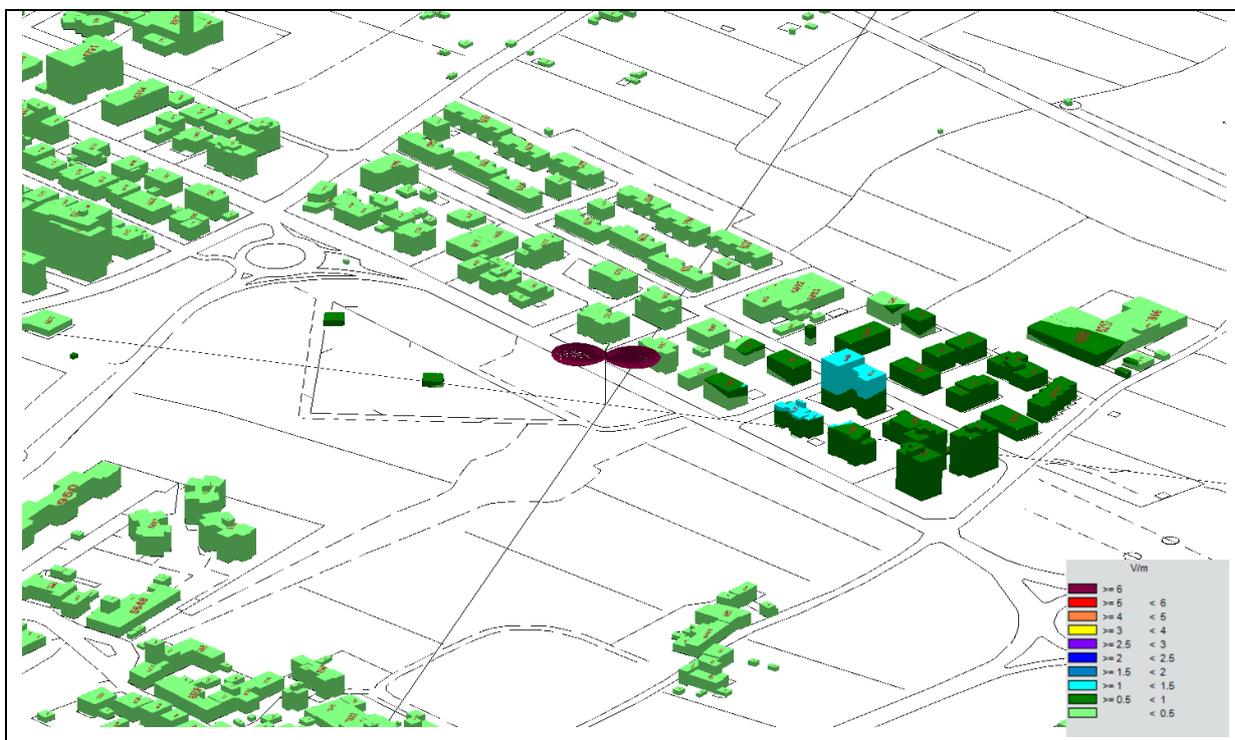


Figura 48 – Vista del modello tridimensionale si evidenzia l'interferenza con due edifici a SE della SRB

Dalla valutazione delle mappe di propagazione è possibile valutare che i raggi di azione delle SRB non interferiscono significativamente con edifici e altri luoghi sensibili rispettando il limite dell'obiettivo di qualità di 6 V/m.

Si segnala l'incidenza su due edifici a sud est con livelli di esposizione compresi tra 1 e 1,5 V/m.

Ciascun impianto SRB dovrà essere necessariamente valutato, in dettaglio, all'interno del successivo procedimento di autorizzazione che sarà richiesto ai sensi del D.Lgs. n. 259 del 1° agosto 2003.

7.3.11 Conclusioni

In riferimento agli impianti in corrente continua, è stato valutato il sistema di trasporto considerando le componenti maggiormente presenti nell'opera in progetto e, quali principali sorgenti del campo magnetico, la linea di contatto e le sbarre. Dalla valutazione, che ha permesso di stimare il valore generato di campo magnetico, è stato possibile stabilire che il nuovo servizio tramviario, per le postazioni ed aree analizzate, produrrà valori inferiori al limite previsto per la corrente continua.

In riferimento agli impianti in corrente alternata sono stati valutati i campi magnetici prodotti dai seguenti impianti: sottostazioni elettriche, cavidotti sia di media che di bassa tensione e quadri elettrici di fermata.

In merito alle sottostazioni elettriche, è emersa la necessità di contenere l'ampiezza delle DPA valutate a mezzo di inserimento di schermature. Tale mitigazione permetterà di ottenere, nell'immediata prossimità delle pareti delle sottostazioni elettriche, valori inferiori o prossimi al valore dell'obiettivo di qualità. Tuttavia, ci si riserva la possibilità nei successivi gradi di progettazione, di rivedere necessariamente il calcolo di tale distanza in base al progetto di dettaglio delle SSE e all'effettivo contesto di ubicazione della SSE. Per le altre componenti della rete di distribuzione in corrente alternata si riscontrano valori di ampiezze delle DPA compatibili con le caratteristiche di posa e quindi non interferenti con luoghi a permanenza prolungata ed ammissibili con l'inserimento del contesto urbano.

Per la valutazione del campo magnetico in alta frequenza, si è proceduto al calcolo dei lobi di irradiazione delle antenne che saranno installate lungo la linea in progetto. La valutazione ha riportato valori al di sotto dei limiti e si evidenzia che nessuna abitazione o altri luoghi sensibili risultano interessati significativamente dalla propagazione del campo. Si segnala, per l'installazione SRB Palagetta, che due edifici ai piani più alti potranno avere livelli di esposizione tra 1 e 1,5 V/m.

In conclusione, si può ritenere che la rete di apparati elettrici funzionali al sistema di trasporto tramviario sia compatibile al contesto urbano, non introducendo elementi che possano portare a variazioni significative del campo magnetico seppur evidenziando un inevitabile, ma limitato, contributo.

In merito al deposito si riscontra, in planimetria, un edificio compreso all'interno della fascia della DPA e attraversato dalla proiezione planimetrica dei cavi destinato a manutenzione impianti fissi/uffici. Dall'analisi nella sezione verticale si rileva che nel sito di costruzione dell'edificio, nel punto perpendicolare alla catenaria, si stima un valore di $3\mu\text{T}$ in prossimità del suolo e di conseguenza maggiore ad altezze più elevate. Ne consegue una possibile criticità data dalla destinazione d'uso dell'edificio. Si riporta l'esistenza di un progetto di interramento per l'elettrodotto in oggetto che risolverebbe di fatto tale criticità. Stante quanto rilevato, nella successiva fase progettuale, sarà necessario approfondire e rivalutare l'analisi compiuta acquisendo le DPA calcolate, in modo esatto, dal gestore della rete.

7.4 SUOLO E SOTTOSUOLO

Nella presente sezione dello studio verranno approfondite le valutazioni sui possibili impatti dell'opera sulle matrici ambientali suolo e sottosuolo, di supporto alla procedura di Verifica di assoggettabilità a VIA sul progetto preliminare del prolungamento della Linea 4.2 della Tramvia di Firenze.

7.4.1 Censimento dei siti contaminati

Con lo scopo di verificare la presenza di aree potenzialmente critiche dal punto di vista ambientale interferenti con le opere di progetto, di seguito si è proceduto ad effettuare il censimento dei siti inquinati e bonificati presenti nell'area di interesse attraverso la consultazione del sistema informativo della Regione Toscana (SISBON- Sistema Informativo Siti interessati da procedimento di BONifica).

È pertanto possibile effettuare la consultazione dell'elenco e dei dati di sintesi relativi ai siti inseriti nella "Banca Dati dei siti interessati da procedimento di bonifica" condivisa su scala regionale; i dati di sintesi forniscono informazioni sul numero di siti ricadenti su un determinato territorio, su dati anagrafici essenziali e sul motivo di inserimento del sito in banca dati nonché sull'ultimo stato iter registrato.

All'interno della "Banca dati" i siti sono articolati in "Siti in Anagrafe" (di cui all'Art. 251 del D.Lgs. 152/06) e "Siti non in Anagrafe" (sia in procedura ordinaria, sia in procedura semplificata e anche ricadenti sui SIN).

L'iscrizione di un sito in Anagrafe, che ha effetti anche sul certificato di destinazione urbanistica del sito, è l'aspetto più "pesante" delle modifiche normative poiché coincide, dal 2006, con il momento in cui lo stesso viene riconosciuto "contaminato". L'evoluzione normativa ha infatti modificato la definizione dello stato di contaminazione e nello strutturare la Banca dati si è dovuto tener conto del regime normativo vigente al momento di attivazione e al momento del riconoscimento dello stato di contaminazione per ogni sito. Ai sensi del D.Lgs. 152/06, il

sito è “contaminato” se la CSR (concentrazione soglia di rischio) determinata con l’Analisi di rischio supera le CSC (concentrazione soglia di contaminazione) tabellate.

Nella seguente immagine è riportata una schematizzazione della “Banca dati” nel suo insieme e delle sezioni e sottosezioni in cui è stata organizzata. Si fa pertanto riferimento in modo distinto ai siti complessivamente registrati nella “Banca dati dei siti interessati da procedimento di bonifica” e ai “Siti iscritti in Anagrafe”.

Ai siti di SISBON sono state associate alcune informazioni di sintesi relative al procedimento in corso (siti con ITER ATTIVI) o concluso (siti con ITER CHIUSI). Rispetto alla struttura sopra schematizzata, i siti presenti nel Piano Regionale delle bonifiche dei siti contaminati (DCRT 384/1999) con iter ATTIVO sono parte dei “Siti in Anagrafe”. I siti presenti nel Piano Regionale con iter CHIUSO sono stati archiviati o tra i “Siti in Anagrafe” (con certificazione di avvenuta bonifica, messa in sicurezza operativa (MISO) o messa in sicurezza permanente (MISP)) o tra i “Siti non in Anagrafe” (esclusi dal Piano o con attestazione di mancata necessità di bonifica).

Nell’ambito dello studio degli interventi di progetto si è proceduto al riconoscimento di aree potenzialmente critiche dal punto di vista ambientale presenti nelle aree oggetto dei lavori, ovvero all’individuazione di siti contaminati e/o potenzialmente contaminati interferenti con le opere in progetto.

I siti censiti dal SISBON limitrofi alle aree d’interesse sono stati individuati considerando, un buffer esterno esteso per circa 500 m, rispetto all’asse del tracciato, e verificando quali dei siti individuati dal SISBON ricadesse all’interno di tale areale complessivo. Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dove, sono indicati i siti SISBON con iter attivo ubicati nelle vicinanze delle opere in progetto, lo stato dell’iter, la fase e la sotto-fase dell’iter, la distanza fra il sito e l’area d’intervento:



Comune
di Firenze

PROGETTO DEFINITIVO PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI
COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BIENZIO E SESTO FIORENTINO

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BIENZIO

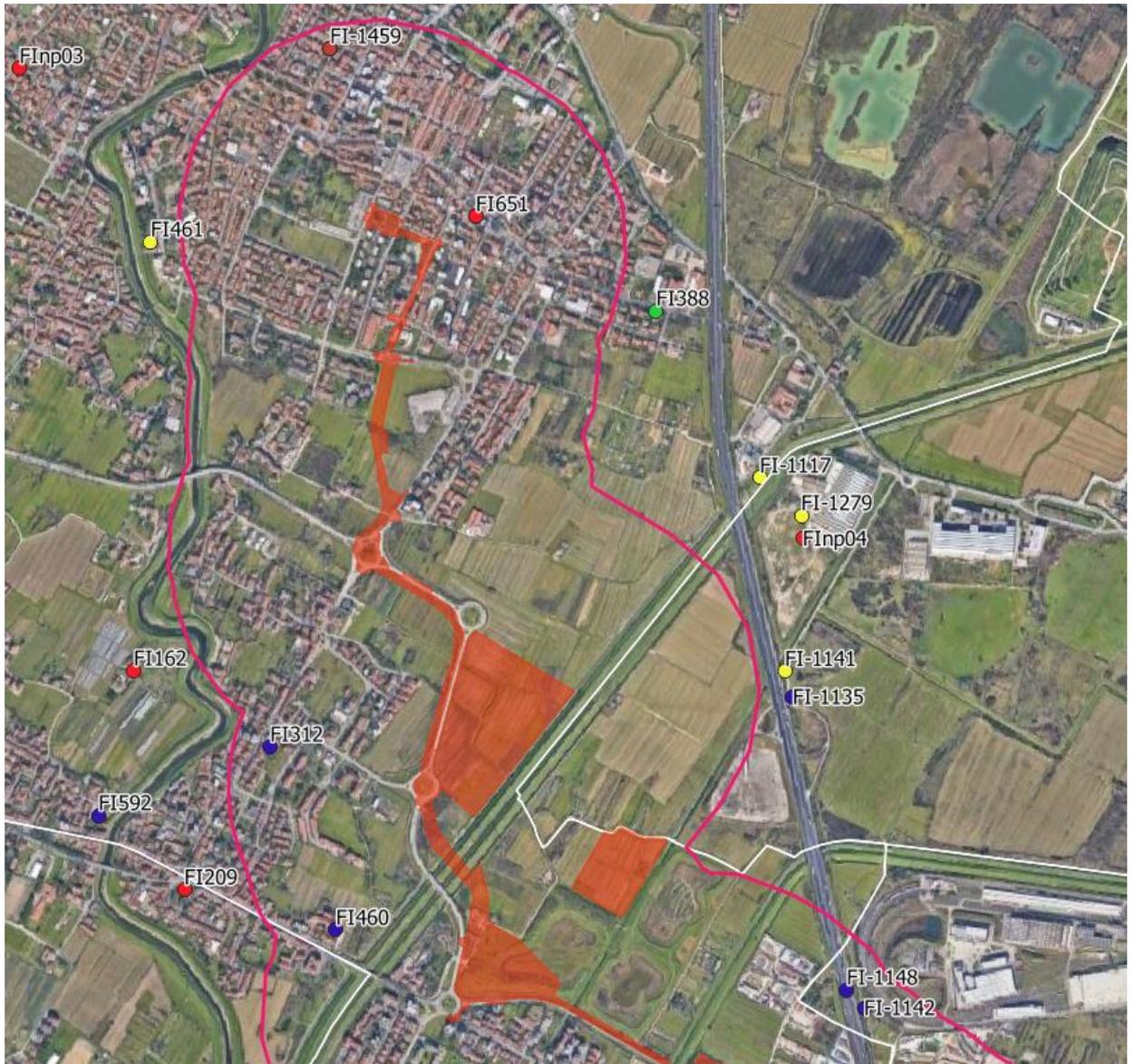




Figura 49: Ubicazione siti contaminati/potenzialmente contaminati compresi in un buffer di 500 metri

| cod. SISBON | Denominazione | Fase | Sotto fase | Distanza (m) |
|-------------|---|---|--|--------------|
| FI144x_L2 | Le Piagge - Area Centro Commerciale | CERTIFICAZIONE SITO COMPLETO | SITO COMPLETO: PRB 384/99-Allegato7 Siti bonificati con specifica destinazione d'uso | 120 |
| FI644 | SVERSAMENTO DEL 12/11/2010 STAZIONE SCANDICCI COMUNE FIRENZE RIFERIMENTO26-10 | NON NECESSITA' DI INTERVENTO | Autocertificazione (da validare/verificare) della non necessità di intervento | 150 |
| FI144c_L2a | Le Piagge – Area Campo di calcio tra Via Marche e Via Lombardia | ATTIVAZIONE ITER (ISCRIZIONE IN ANAGRAFE) | PRB 384/99 Allegato3 Medio | 210 |
| FI144c_L2B | Le Piagge – Area Campo di calcio a Nord di Via Lombardia | NON NECESSITA' DI INTERVENTO | Presenza d'atto della non necessità di intervento a seguito dei risultati di caratterizzazione | 260 |
| FI144x_L1b | Le Piagge – Area Brozzi tra Via Liguria e Via Marche | ATTIVAZIONE ITER (ISCRIZIONE IN ANAGRAFE) | PRB 384/99 Allegato4 FaseC Medio | 120 |
| FI144x_L1a | Le Piagge – Area Brozzi Via Nave angolo Via Lazio | ATTIVAZIONE ITER (ISCRIZIONE IN ANAGRAFE) | PRB 384/99 Allegato4 FaseC Medio | 100 |
| FI144f | Le Piagge-Ceramelli-Lombardi | NON NECESSITÀ DI INTERVENTO | Presenza d'atto della non necessità di | 60 |



Comune
di Firenze

PROGETTO DEFINITIVO PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI
COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

| cod. SISBON | Denominazione | Fase | Sotto fase | Distanza (m) |
|---------------|--|---|---|--------------|
| | | | intervento a seguito dei risultati di caratterizzazione | |
| FI144a_L3 | Le Piagge – PRU Area Brozzi Via della Nave angolo Via San Donnino e Via Lazio | ATTIVAZIONE ITER (ISCRIZIONE IN ANAGRAFE) | RB 384/99 Allegato4 FaseC Medio | 160 |
| FI144a_L2 | Le Piagge – PRU Lotto 3° Area Brozzi lungo Linea Ferroviaria | NON NECESSITA' DI INTERVENTO | Presa d'atto della non necessità di intervento a seguito dei risultati di caratterizzazione | 34 |
| FI144m | Le Piagge PRU – AREA ADIACENTE A SCUOLA CAPUANA | CARATTERIZZAZIONE | Piano di caratterizzazione approvato | 60 |
| FI144a_L1 | Le Piagge – PRU Area Brozzi lungo A1 | ATTIVAZIONE ITER (ISCRIZIONE IN ANAGRAFE) | RB 384/99 Allegato4 FaseC Medio | 80 |
| FI144e2a | Le Piagge – Area 2° TERZA CORSIA A1 (Società Autostrade) | CARATTERIZZAZIONE | Piano di caratterizzazione approvato | 165 |
| FI144e3a4a | Le Piagge – Aree 3°-4° TERZA CORSIA A1 (Società Autostrade) | BONIFICA / MISP IN CORSO | Progetto Definitivo approvato | 172 |
| FI144ep | Le Piagge – Area ad EST delle aree TERZA CORSIA A1 (originariamente parte di FI144parte) | CARATTERIZZAZIONE | Piano di caratterizzazione approvato | 330 |
| FI144eL | Le Piagge - Aree LUNGO TERZA CORSIA A1 (Società Autostrade) | NON NECESSITA' DI INTERVENTO | Presa d'atto della non necessità di intervento a seguito dei risultati di caratterizzazione | 90 |
| FI144parte_L1 | Le Piagge – Area Impianti Polo Ex Inceneritore San Donnino Quadrifoglio | CERTIFICAZIONE SITO COMPLETO | SITO COMPLETO: Certificazione di MISO | 135 |
| FI144parte_L2 | Le Piagge – Area NORD Polo Ex Inceneritore San Donnino Quadrifoglio | NON NECESSITA' DI INTERVENTO | Presa d'atto della non necessità di intervento a seguito dei risultati di caratterizzazione | 23 |
| FI013 | Nodavia s.c.p.a. Via Circondaria, 32 – 50127 – Firenze | NON NECESSITA' DI INTERVENTO | Autocertificazione (da validare/verificare) della non necessità di intervento | 326 |
| FI459 | CIET (EX Tosco Iemspa) | ATTIVAZIONE ITER (ISCRIZIONE IN ANAGRAFE) | RB 384/99 Allegato 10_3 Impianti industriali_sono svolte_attività potenzialmente inquinanti | 450 |
| FI144parte | Area ex Inceneritore S. Donnino | BONIFICA Messa in Sicurezza Permanente e Operativa in corso | Progetto Operativo approvato | 180 |

| cod. SISBON | Denominazione | Fase | Sotto fase | Distanza (m) |
|--------------|--|---|--|--------------|
| FI644 | SVERSAMENTO DEL 12/11/2010 STAZIONE SCANDICCI COMUNE FIRENZE RIFERIMENTO26-10 | NECESSITÀ DI INTERVENTO | Autocertificazione (da validare/verificare) della non necessità di intervento | 35 |
| FI320 | Distributore Petrolifera Adriatica EX ESSO PV n. 8348 Via Pistoiese 500 | NON NECESSITA' DI INTERVENTO | Monitoraggio della non necessità di intervento | 0 |
| FI-1200 | Colabeton – Serbatoi interrati (Ex Ditta Unibeton) | ATTIVAZIONE ITER | t.245 Notifica da parte del proprietario o altro soggetto | 100 |
| FI474 | Incidente stradale A1 Km 284+900 SUD (PALMA ECOLOGIA) | NON NECESSITA' DI INTERVENTO | Autocertificazione (da validare/verificare) della non necessità di intervento | 153 |
| FI-1142 | STAZIONE OLEODOTTO ENI Via Dei Manderi | NECESSITÀ DI INTERVENTO | Autocertificazione (da validare/verificare) della non necessità di intervento | 400 |
| FI-1148 | Incidente stradale Autostrada A1 km 284+400 N | NON NECESSITÀ DI INTERVENTO | Autocertificazione (da validare/verificare) della non necessità di intervento | 400 |
| FI622 | Condominio via Pistoiese n.84 | NECESSITÀ DI INTERVENTO | Autocertificazione (da validare/verificare) della non necessità di intervento | 180 |
| FI460 | Ex Nuova Gev | NECESSITA' DI INTERVENTO | d'atto della non necessità di intervento a seguito dei risultati dell'AdR (monitoraggio) | 350 |
| FI312 | Ditta RO.MA srl | NECESSITA' DI INTERVENTO | d'atto della non necessità di intervento a seguito dei risultati di caratterizzazione | 430 |
| FI651 | Stazione EX AGIP PV n. 4874 Via Buozzi | NOTIFICA Messa in Sicurezza Permanente e Operativa in corso | Atto Operativo presentato da approvare | 125 |
| FI-1459 | Poste Italiane SpA Via Milano n. 30 | ATTIVAZIONE ITER | t.242 Notifica da parte del responsabile | 450 |

Tabella 34 - Siti contaminati censiti dal SISBON

Dalla planimetria e dalla tabella soprariportata vediamo che il sito censito dal SISBON interferente con il tracciato di progetto è presumibilmente il sito con codice FI320 per il quale non vi è necessità d'intervento. Si evidenzia anche l'interferenza con il sito denominato "Le Piagge" il quale è definito con maggior dettaglio all'interno del Piano Provinciale di gestione rifiuto di cui parliamo di seguito.

Per i siti presenti nel Comune di Firenze è stato possibile reperire maggiori informazioni sui siti

contaminati nei pressi dell'intervento.

Il Piano Provinciale di gestione rifiuti stralcio relativo alla bonifica dei siti inquinati, individua due zone del territorio comunale di Firenze, indicate come "aree vaste", caratterizzate da una situazione di inquinamento diffuso. Tali aree sono identificate con la sigla FI 144 "Le Piagge" e con la sigla FI 117 "Le Isole".

Per le suddette aree il Piano Provinciale prevede che il Comune di Firenze predisponga un Piano Programma contenente le linee guida per le modalità di intervento unitario che dovrà essere approvato con un accordo di programma fra il Comune, la Provincia e la Regione.

Il tracciato di progetto ha un'interferenza diretta con l'area definita "Le Piagge", situata nel margine occidentale del Comune di Firenze in destra idraulica del Fiume Arno.

L'area vasta "Le Piagge" corrisponde ad una ampia porzione di territorio, estesa per circa 1.815.470 m², delimitata a Nord dal tracciato della Via Pistoiese, a Est dal Viadotto dell'Indiano, a Sud dal Fiume Arno e ad Ovest dal confine comunale con Campi Bisenzio.

L'area è stata caratterizzata nel suo recente passato da attività estrattive di sabbie e ghiaie e successivamente colmate con materiali di scarico, che hanno deteriorato l'originaria struttura agricola. Le Piagge sono anche state interessate a partire dagli anni '60 fino a metà degli anni '70 da una attività edilizia residenziale pubblica che ha contribuito a modificare la struttura originaria agricola senza apparentemente tenere conto delle attività estrattive pregresse od in corso.

Vediamo nel seguente stralcio l'interferenza tra il tracciato di progetto e sito contaminato "Le Piagge".

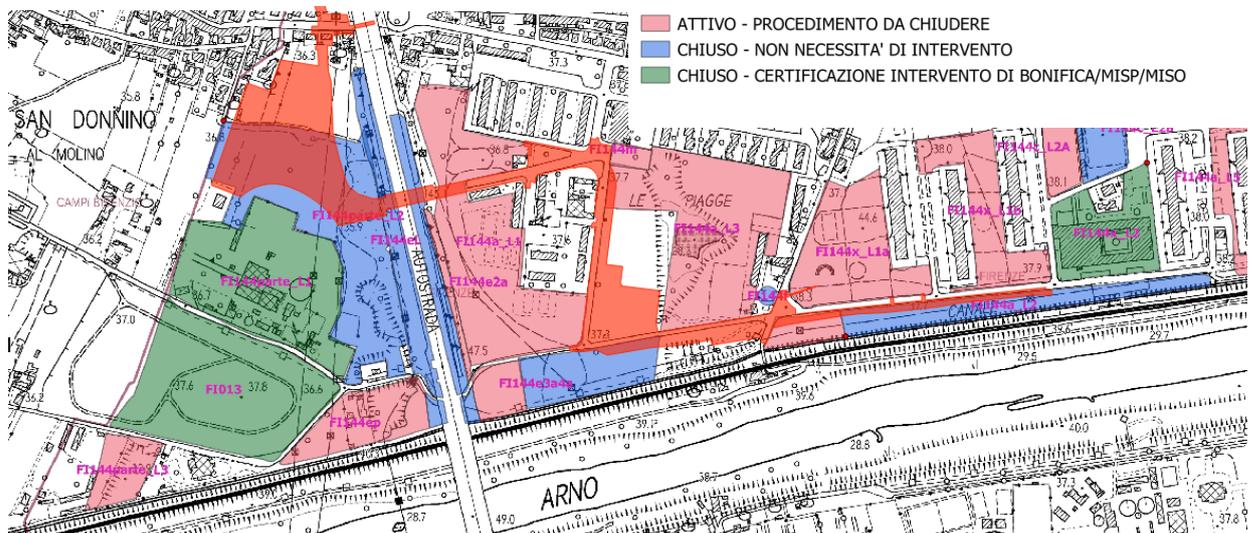


Figura 50 – Planimetria del sito contaminato “Le Piagge” interferente con il tracciato di progetto

Il sito è suddiviso in diverse zone in base al tipo di intervento che l’areale richiede ovvero:

- Attivo – procedimento da chiudere;
- Chiuso – non necessita di intervento
- Chiuso – certificazione intervento di bonifica/MISP/MISO

In fase esecutiva, limitatamente all’areale interferito dal sedime dell’infrastruttura, verranno predisposti gli interventi necessari a bonificare l’area.

7.4.2 Identificazione dei potenziali impatti

Di seguito si entra nel dettaglio delle possibili interferenze esistenti tra le opere di progetto e la matrice ambientale del suolo e sottosuolo, risultanti dalla sovrapposizione planimetrica del tracciato della 4.2 con le caratteristiche stratigrafiche ed idrogeologiche del sottosuolo.

L’analisi della situazione stratigrafica e idrogeologica generale della piana di Firenze, la ricostruzione della situazione stratigrafica, freaticometrica e di vulnerabilità idrogeologica lungo la tratta di interesse ed, infine, le caratteristiche tecnico-costruttive del tracciato

prevedono sostanzialmente lavorazioni che avvengono per lo più in superficie, inducono a ritenere che non esistano per l'intera tratta oggetto di Verifica di assoggettabilità a VIA reali problematiche e criticità ambientali; l'unica zona in cui l'opera può effettivamente venire in contatto, direttamente o indirettamente, con la componente ambientale del sottosuolo, è rappresentata dall'area in cui si prevede la realizzazione del nuovo ponte sul Fosso Reale.

Le lavorazioni consistono principalmente in operazioni di scavo superficiale per la messa in opera del pacchetto dell'armamento e non comportano specifici accorgimenti normativi o autorizzativi se non quelli previsti dalle Norme Tecniche delle Costruzioni.

Secondo quanto riportato nella specifica relazione relativa al Piano di Gestione dei Materiali, per quanto riguarda i materiali di risulta dalle operazioni di scavo, si prevedono principalmente opere di linea, della seguente tipologia:

- Scavi relativi alla rimozione dello strato di asfalto, dello strato di massiciata stradale e del terreno di riporto sottostanti. Per la gran parte di questi materiali (fino ad una profondità di 50 cm dal piano campagna), il progetto ne prevede il recupero interamente al cantiere della tramvia;
- Scavi relativi allo scorticamento del suolo/diserbamento delle aree non asfaltate (aiuole stradali, filari alberati, ecc). nel dettaglio tali scavi provvederanno ad asportare lo scavo erboso (dove presente), terreno vegetale in aree limitrofe alla sede tranviaria, radici ed arbusti;
- Scavi a sezione obbligata per lo spostamento e/o nuova realizzazione della linea tranviaria per una profondità media di 1,00 m dal piano campagna.

Tale tipologia di scavi saranno eseguite in tradizionale, cioè mediante il ricorso a mezzi meccanici, senza l'impiego di altre metodologie di scavo che possono dare luogo a fenomeni di inquinamento/contaminazione del materiale estratto o che prevedono l'uso di additivi o sostanze chimiche.

Il materiale scavato verrà depositato entro autocarri, i quali conferiranno il materiale presso il sito idoneo in funzione dei risultati degli accertamenti analitici che saranno effettuati preliminarmente all'esecuzione degli scavi stessi.

Per l'opera in progetto i principali fattori causali di impatto, relativi alla fase di costruzione ed a quella di esercizio sono:

- aree di cantiere e piste: la realizzazione di aree di cantiere, piste provvisoriale per il transito dei mezzi da e per i siti di lavoro, possono indurre variazioni in termini di tessitura e struttura nei suoli, per compattamento e/o per immissione di sostanze inquinanti.
- scavi e sbancamenti: gli interventi di scavo o sbancamento, ma anche riporti di terreno o costruzione di strutture, possono dar luogo all'insorgere di fenomeni di instabilità.
- realizzazione e presenza di manufatti: nuovo tracciato stradale e nuovo ponte sul Fosso Reale.

Si evidenzia che, data la tipologia delle opere, non vi sono impatti "certi" sulle componenti in questione, ma solo impatti potenziali, prevenibili attraverso specifiche procedure operative da applicare nei cantieri.

Fase di cantiere

L'impatto su suolo e sottosuolo in fase di cantiere può manifestarsi all'interno delle aree di cantiere o nei siti in cui hanno luogo le lavorazioni delle singole opere d'arte.

Per tale componente ambientale è possibile distinguere due categorie di interferenze con le attività di cantiere:

- criticità qualitative: si riferiscono alle possibili alterazioni delle qualità funzionali del suolo e al suo possibile inquinamento per sversamento di sostanze inquinanti;

- criticità quantitative: si riferiscono invece all'alterazione delle condizioni di stabilità del terreno.

L'alterazione delle caratteristiche qualitative, ossia fisico-chimiche-batteriologiche del suolo e sottosuolo, relativamente alle attività di cantierizzazione, può derivare:

1. dalla non corretta raccolta e smaltimento delle acque utilizzate nel cantiere;
2. dallo sversamento sul suolo di sostanze inquinanti, quali solidi sospesi, oli, idrocarburi, cemento e derivati ed altre sostanze pericolose. Tali sostanze possono determinare l'inquinamento per dilavamento del suolo inquinato o per percolazione di fluidi inquinanti.

Quindi, il teorico rischio di contaminazione del suolo e sottosuolo può essere associato al fenomeno di percolazione nel terreno, e conseguentemente in falda, di acque o altre sostanze contaminate o comunque pericolose per l'ambiente.

Tutte le comuni attività di cantiere prevedono, infatti, l'utilizzo o la presenza di macchinari, sostanze, operazioni e lavorazioni che, se non opportunamente, studiate e correttamente gestite, potrebbero dare origine a impatti non trascurabili.

Tali impatti, comunque prevenibili e correggibili con opportune misure di mitigazione e accorgimenti specifici previsti, peraltro, dalla vigente normativa in materia di stoccaggio di sostanze pericolose, non vengono incrementati dalla soluzione proposta.

Le attività di cantiere sono potenzialmente in grado di influire, inoltre, sulle caratteristiche quantitative, ossia sulle condizioni di stabilità del sito quando:

- vengono realizzati scavi o sbancamenti;
- si realizzano operazioni di riporto.

Fase di esercizio

Per quanto riguarda la fase di esercizio dell'infrastruttura va considerato che essa riduce se non annulla gli impatti generati in fase di cantiere, dal momento che, da un punto di

vista sia geologico che geomorfologico, essi risultano connessi esclusivamente al transito dei veicoli sulla piattaforma.

Da un punto di vista geologico, la realizzazione degli interventi progettuali garantisce che la fase di esercizio dell'infrastruttura non potrà indurre in alcun modo modificazioni dell'assetto geotecnico dei terreni nei singoli comparti di intervento, se non in termini positivi. Inoltre, durante la fase di esercizio si esclude che possano intervenire in alcun modo ulteriori modifiche dell'assetto morfologico e geotecnico rispetto a quelle già valutate e compensate in fase di cantiere.

In molte situazioni, anzi, le soluzioni progettuali introdotte, quali sistemi di regimazione idrica superficiale, opere di drenaggio, ecc., non solo non modificano localmente l'assetto e la stabilità del suolo e sottosuolo, ma introducono sensibili miglioramenti, contribuendo ad un generale riordino dell'assetto idrogeologico con relativo aumento dei fattori di sicurezza.

7.4.3 Misure di mitigazione

In fase di progettazione dell'infrastruttura sono state previste ed implementate misure di mitigazione e prevenzione dei possibili impatti sulla componente in esame sia di tipo qualitativo che quantitativo, così come definiti ed identificati nel capitolo precedente.

Di seguito vengono illustrate una serie di prescrizioni operative e misure di mitigazione da applicare al fine di prevenire la generazione degli impatti descritti nel paragrafo precedente.

Verranno adottati tutti gli accorgimenti necessari ad impedire l'inquinamento delle falde evitando lo sversamento di sostanze inquinanti e dovranno essere scelte le tecniche di scavo e consolidamento meno impattanti sotto il punto di vista ambientale.

Per quanto riguarda la fase di cantiere la possibilità di inquinamento del suolo e sottosuolo da parte delle sostanze chimiche impiegate nei siti di cantiere sarà prevenuta tramite apposite procedure.

Queste comprendono:

- la scelta, tra i prodotti che possono essere impiegati per uno stesso scopo, di quelli più sicuri (ad esempio l'impiego di prodotti in matrice liquida in luogo di solventi organici volatili);
- la scelta della forma sotto cui impiegare determinate sostanze (prediligendo ad esempio i prodotti in pasta a quelli liquidi o in polvere);
- la definizione di metodi di lavoro tali da prevenire la diffusione nell'ambiente di sostanze inquinanti (ad esempio tramite scelta di metodi di applicazione a spruzzo di determinate sostanze anziché metodi basati sul versamento delle stesse);
- la delimitazione con barriere di protezione (formate da semplici teli o pannelli di varia natura) delle aree dove si svolgono determinate lavorazioni;
- l'utilizzo dei prodotti potenzialmente nocivi per l'ambiente ad adeguata distanza da aree sensibili del territorio come i corpi idrici superficiali;
- la limitazione dei quantitativi di sostanze mantenuti nei siti di lavoro al fine di ridurre l'impatto in caso di perdite (ciò si può ottenere ad esempio acquistando i prodotti in recipienti di piccole dimensioni);
- la verifica che ogni sostanza sia tenuta in contenitori adeguati e non danneggiati, contenenti all'esterno una chiara etichetta per l'identificazione del prodotto;
- lo stoccaggio delle sostanze pericolose in apposite aree controllate;
- lo smaltimento dei contenitori vuoti e delle attrezzature contaminate da sostanze chimiche secondo le prescrizioni della vigente normativa;
- la definizione di procedure di bonifica per tutte le sostanze impiegate nel cantiere;

- la formazione e l'informazione dei lavoratori sulle modalità di corretto utilizzo delle varie sostanze chimiche;
- l'isolamento dal terreno delle lavorazioni per cui si impiegano oli, solventi e sostanze detergenti, così come delle aree di stoccaggio di tali sostanze, tramite teli impermeabili (anche in geotessuto);
- la pavimentazione delle aree circostanti le officine dove si svolgono lavorazioni che possono comportare la dispersione di sostanze liquide nell'ambiente esterno.

Anche la gestione dei rifiuti assume particolare importanza ai fini dell'inquinamento della matrice ambientale esaminata; pertanto, saranno costituiti, all'interno dell'area di cantiere, depositi temporanei di rifiuti solo nei limiti definiti dal D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.. Il deposito temporaneo sarà effettuato per tipi omogenei e nel rispetto delle relative norme tecniche, nonché, per i rifiuti pericolosi, nel rispetto delle norme che disciplinano il deposito delle sostanze pericolose in esse contenute; analogamente, saranno rispettate le norme che disciplinano l'imballaggio e l'etichettatura dei rifiuti pericolosi.

Per quanto riguarda gli accorgimenti necessari per la prevenzione dal possibile sversamento sul suolo di oli e idrocarburi, i serbatoi del carburante saranno posti all'interno di una vasca di contenimento impermeabile con capacità pari almeno al 110% di quella dello stesso serbatoio, come previsto dalla vigente normativa in materia. Questa sarà posta su un'area pavimentata, per impedire la contaminazione del suolo durante le operazioni di rifornimento, e sotto una tettoia (al fine di prevenire il riempimento della vasca di contenimento in caso di precipitazioni piovose).

Sarà da prevedere il ripristino delle aree di cantiere che dovrà avvenire tramite:

- verifica preliminare dello stato di eventuale contaminazione del suolo e successivo risanamento dei luoghi;

- ricollocamento del terreno vegetale accantonato in precedenza;
- ricostituzione del reticolo idrografico minore allo scopo di favorire lo scorrimento e l'allontanamento delle acque meteoriche;
- eventuale ripristino della vegetazione tipica del luogo.

Durante la dismissione del cantiere e dei campi base (compresi la manutenzione della viabilità esistente e la dismissione di strade di servizio) ai fini del ripristino ambientale, dovrà essere rimossa completamente qualsiasi opera, terreno o pavimentazione bituminosa (unitamente al suo sottofondo) utilizzata per l'installazione (a meno di previsioni diverse del progetto). La gestione di tali materiali dovrà avvenire secondo normativa; al proposito si ricorda l'importanza di perseguire se possibile la logica di massimizzarne il riutilizzo.

7.5 ATMOSFERA

La presente sezione dello Studio è finalizzata ad identificare, quantificare e valutare i potenziali impatti ambientali (positivi e negativi) che la realizzazione della Linea 4.2 estensione per Campi Bisenzio indurranno a carico della componente ambientale atmosfera.

La modellistica numerica implementata per la valutazione degli effetti ambientali correlate all'esercizio della futura infrastruttura muove, ovviamente, a partire dalle risultanze dello studio trasportistico a cui si rimanda alla consultazione per maggiori dettagli tecnici.

7.5.1 Caratterizzazione dello stato di qualità dell'aria

L'atmosfera ricopre un ruolo centrale nella protezione dell'ambiente che deve passare attraverso una conoscenza approfondita e definita in un dominio spazio-temporale, da un lato delle condizioni fisico-chimiche dell'aria e delle sue dinamiche di tipo meteorologico, dall'altro delle emissioni di inquinanti in atmosfera di origine antropica e naturale.

La conoscenza dei principali processi responsabili dei livelli di inquinamento è un elemento indispensabile per definire le politiche da attuare in questo settore. In tal senso uno degli strumenti conoscitivi principali è quello di avere e mantenere un sistema di rilevamento completo, affidabile e rappresentativo.

La valutazione della qualità dell'aria viene effettuata mediante la verifica del rispetto dei valori limite degli inquinanti, ma anche attraverso la conoscenza delle sorgenti di emissione e della loro dislocazione sul territorio, tenendo conto dell'orografia, delle condizioni meteo climatiche, della distribuzione della popolazione, degli insediamenti produttivi. La valutazione della distribuzione spaziale delle fonti di pressione fornisce

elementi utili ai fini dell'individuazione delle zone del territorio regionale con regime di qualità dell'aria omogeneo per stato e pressione.

Di seguito si riporta una caratterizzazione della qualità dell'aria del territorio in esame, con i valori misurati dalle stazioni della rete regionale e alcune valutazioni in riferimento ai limiti normativi.

L'area, oggetto del progetto in esame, fa parte della **zona AGGLOMERATO DI FIRENZE** sia per quanto riguarda la zonizzazione dell'allegato V del D.Lgs. 155/2010, sia per la zonizzazione dell'ozono dell'allegato IX del D.Lgs. 155/2010.

La rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria era stata inizialmente individuata e descritta dall'allegato V della DGRT 1025/2010. Questa rete prevedeva, inizialmente, il monitoraggio di 109 parametri complessivi attraverso 32 stazioni fisse, per sei delle quali non era ancora stata definita l'esatta ubicazione territoriale, ma soltanto la tipologia di inquinamento che la stazione era tenuta a rilevare (fondo, traffico, industriale) e la tipologia di sito (urbano, periferico, rurale).

La struttura delle Rete Regionale è stata modificata negli anni rispetto a quella descritta dall'allegato III della DGRT1025/2010 fino alla struttura attualmente ufficiale che è quella dell'allegato C della Delibera n.964 del 12 ottobre 2015.

Nei primi mesi del 2016 sono state inoltre attivate le stazioni di GR-Sonnino (UT), nel comune di Grosseto e la stazione di FI-Figline (UF), nel comune di Figline ed Incisa Val d'Arno completando la rosa delle stazioni previste nella nuova Rete Regionale, che con la nuova delibera sono 37.

Tabella 35 Rete regionale delle stazioni di misura degli inquinanti (Fonte ARPAT)

| Zonizzazione territorio Regione Toscana rel.inq. All | Class. Zona e stazione | Provincia e Comune | Nome stazione | PM ₁₀ | PM _{2,5} | NO ₂ | SO ₂ o H ₂ S | CO | Benzene | IPA | As | Ni | Cd | Pb | O ₃ | Class. Zona Ozono | Zonizzazione territorio Regione Toscana O ₃ |
|--|------------------------|--------------------|---------------|------------------|-------------------|-----------------|------------------------------------|----|---------|-----|----|----|----|----|----------------|-------------------|--|
| Agglomerato Firenze | U | F | FI | Firenze | FI-Boboli | X | | | | | | | | | | | Agglomerato Firenze |
| | U | F | FI | Firenze | FI-Bassi | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | |
| | U | T | FI | Firenze | FI-Gramsci | X | X | X | | X | X | X | X | X | | | |
| | U | T | FI | Firenze | FI-Mosse | X | | X | | | | | | | | | |
| | U | F | FI | Scandicci | FI-Scandicci | X | | X | | | | | | | | | |
| | U | F | FI | Signa | FI-Signa | X | | X | | | | | | | X | U | |
| | S | F | FI | Firenze | FI-Settignano | | | X | | | | | | | X | S | |

| | |
|---|--|
| Legenda classificazione stazioni (All.III D.Lgs 155/2010) | UF – Urbana fondo UT – Urbana traffico RF – Rurale fondo PF – Periferica fondo PI-Periferica Industriale |
|---|--|

Per ciascun inquinante vengono effettuate le elaborazioni degli indicatori fissati e viene mostrato il confronto con i limiti di riferimento stabiliti dalla normativa vigente in materia ambientale.

Ai fini dell'elaborazione degli indicatori da confrontare con i valori limite previsti dalla normativa, si considerano le serie di dati raccolti per ogni inquinante monitorato mediante le stazioni fisse della rete di monitoraggio con rappresentatività annuale o assimilabile ad essa.

Di seguito si mostra l'andamento riferito all'anno 2021 in ogni inquinante monitorato dalle stazioni sopra citate e si confrontano i livelli attuali con i valori limite previsti dalla normativa vigente; la fonte dei dati è la **Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella regione Toscana anno 2021 di ARPAT**.

Biossido di azoto (NO₂)

Il biossido di azoto è un inquinante secondario, generato dall'ossidazione del monossido di azoto (NO) in atmosfera. Il traffico veicolare rappresenta la principale fonte di emissione del biossido di azoto. Gli impianti di riscaldamento civili ed industriali, le centrali per la produzione di energia e numerosi processi industriali rappresentano altre fonti di emissione.

Tabella 36. Confronto con i limiti di riferimento

| Stazione | 2021 | |
|---------------|---|--|
| | N° medie orarie > 200 µg/m ³ (V.L. 18) | Media annuale (V.L. 40 µg/m ³) |
| FI-Bassi | 0 | 18 |
| FI-Gramsci | 0 | 45 |
| FI-Mosse | 0 | 30 |
| FI-Scandicci | 0 | 20 |
| FI-Signa | 0 | 14 |
| FI-Settignano | 0 | 6 |

Ozono (O₃)

L'ozono è un inquinante secondario in quanto si forma in seguito a reazioni fotochimiche che coinvolgono i cosiddetti precursori o inquinanti primari rappresentati da ossidi di azoto (NO_x) e composti organici volatili (COV). I precursori dell'ozono (NO_x e COV) sono indicatori d'inquinamento antropico principalmente traffico e attività produttive. La concentrazione di ozono in atmosfera è strettamente correlata alle condizioni meteorologiche, infatti, tende ad aumentare durante il periodo estivo e durante le ore di maggiore irraggiamento solare. È risaputo che l'ozono ha un effetto nocivo sulla salute dell'uomo soprattutto a carico delle prime vie respiratorie provocando irritazione delle mucose di naso e gola, l'intensità di tali sintomi è correlata ai livelli di concentrazione ed al tempo di esposizione.

Tabella 37. Confronto con i limiti di riferimento

| Stazione | Max media 8h >120 µg/m ³ 2019-2021 (V.L. 25) | ATO Mag-lugl 2017-2021 (V.L. 18000) |
|----------|---|---|
| FI-Signa | 28 | 23435 |

| | | |
|---------------|-----------|--------------|
| FI-Settignano | 29 | 23804 |
|---------------|-----------|--------------|

PM10 (Polveri fini)

Con il termine PM₁₀ si fa riferimento al materiale particolato con diametro uguale o inferiore a 10 µm. Il materiale particolato può avere origine sia antropica che naturale. Le principali sorgenti emissive antropiche in ambiente urbano sono rappresentate dagli impianti di riscaldamento civile e dal traffico veicolare. Le fonti naturali di PM₁₀ sono riconducibili essenzialmente ad eruzioni vulcaniche, erosione, incendi boschivi etc.

Tabella 38: Confronto con i limiti di riferimento

| Stazione | 2021 | |
|--------------|---|--|
| | N° medie giornaliere > 50µg/m ³ (V.L. 35 giorni) | Media annuale (V.L. 40 µg/m ³) |
| FI-Boboli | 5 | 17 |
| FI-Bassi | 4 | 18 |
| FI-Gramsci | 7 | 22 |
| FI-Mosse | 8 | 21 |
| FI-Scandicci | 8 | 19 |
| FI-Signa | 14 | 20 |

PM2.5

Con il termine PM_{2.5} si fa riferimento al materiale particolato con diametro uguale o inferiore a 2.5 µm. Nella seguente tabella si riportano i dati disponibili anno 2018 e 2019.

Tabella 39: Confronto con i limiti di riferimento

| Stazione | 2021 |
|------------|---|
| | Media annuale (V.L. 25 µg/m ³) |
| FI-Bassi | 11 |
| FI-Gramsci | 13 |

Benzene

Il Benzene è un idrocarburo aromatico volatile. È generato dai processi di combustione naturali, quali incendi ed eruzioni vulcaniche e da attività produttive inoltre è rilasciato in aria dai gas di scarico degli autoveicoli e dalle perdite che si verificano durante il ciclo produttivo della benzina (preparazione, distribuzione e l'immagazzinamento). Considerato sostanza cancerogena riveste un'importanza particolare nell'ottica della protezione della salute umana.

Tabella 40 Confronto con i limiti di riferimento

| Stazione | 2021 |
|------------|--|
| | Media annuale (V.L. 5 µg/m ³) |
| FI-Bassi | 1.0 |
| FI-Gramsci | 2.0 |

I valori medi annuali sono nettamente inferiori al valore limite pari a 5 µg/m³.

Monossido di carbonio (CO)

Per quanto riguarda il CO, questo inquinante è prodotto quasi esclusivamente dalle emissioni allo scarico dei veicoli a motore ed è caratterizzato da un forte gradiente spaziale; perciò, come si può vedere dai grafici riportati, nelle stazioni a distanza dai flussi veicolari (urbane fondo) le concentrazioni di CO risultano ampiamente inferiori rispetto a quelle misurabili a pochi metri dalle emissioni.

Il valore indicato dall'OMS per questo inquinante è pari al limite indicato dal D.Lgs. 155/2010 e smi, media massima su 8 ore inferiore a 10 mg/m^3 . In Toscana le concentrazioni di Monossido di Carbonio sono quindi ampiamente inferiori ai valori indicati dall'OMS.

Tabella 41 Confronto con i limiti di riferimento

| Stazione | 2021 |
|------------|--|
| | Media massima giornaliera su 8h (V.L. 10 mg/m^3) |
| FI-Gramsci | 2.9 |

7.5.2 Approccio metodologico

Modello di dispersione

Scelta e tipologie di modelli diffusionali

Quando gas o particelle vengono immessi in atmosfera si disperdono per opera del moto caotico dell'aria; tale fenomeno è noto come diffusione turbolenta. Scopo dello studio del comportamento degli inquinanti in atmosfera è la conoscenza della loro distribuzione spaziale e temporale.

Nella maggior parte dei casi si ricorre alla descrizione matematica dei processi di trasporto, reazione chimica e rimozione attraverso l'ausilio di modelli matematici di simulazioni (detti modelli di diffusione) atti a descrivere la distribuzione di una determinata sostanza in atmosfera.

La scelta dello strumento modellistico adeguato alle esigenze dello specifico caso di studio necessita di un'attenta fase di valutazione di applicabilità

In questo studio sono stati utilizzati due differenti modelli di dispersione, quale CALINE4 per la descrizione del traffico veicolare in fase di esercizio e il modello CALPUFF per la valutazione delle ricadute dalle attività di cantiere.

Inquinanti considerati nell'analisi modellistica per la fase di cantiere

Le operazioni di lavorazione, scavo e movimentazione dei materiali, ed il transito di mezzi meccanici ed automezzi utilizzati per tali attività, possono comportare potenziali impatti sulla componente in esame in termini di emissione e dispersione di inquinanti. In particolare, nel presente studio, in riferimento alla loro potenziale significatività, sono stati analizzati:

- polveri (il parametro assunto come rappresentativo delle polveri è il PM₁₀, ossia la frazione fine delle polveri, di granulometria inferiore a 10 µm, il cui comportamento risulta di fatto assimilabile a quello di un inquinante gassoso);
- NOx
- Benzene

Nella presente analisi modellistica è stata analizzata la dispersione e la diffusione in atmosfera dei parametri sopra elencati, con riferimento alle attività di cantiere previste dal progetto e fase di esercizio, al fine di verificarne i potenziali effetti ed il rispetto dei valori limite sulla qualità dell'aria previsti dalla normativa vigente. Tuttavia, come precedentemente indicato, l'impatto potenzialmente più rilevante esercitato dai cantieri di costruzione sulla componente atmosfera è legato alla possibile produzione di polveri, provenienti direttamente dalle lavorazioni e, in maniera meno rilevante, quelle indotte indirettamente dal transito di mezzi meccanici ed automezzi sulla viabilità interna ed esterna.

7.5.3 Definizione e valutazione degli impatti in fase di realizzazione

Individuazione dello "scenario di massimo impatto" e metodologia di valutazione

L'impatto più significativo esercitato dai cantieri di costruzione sulla componente atmosfera è generato dal sollevamento di polveri: sia quello indotto direttamente dalle lavorazioni, sia quello indotto indirettamente dal transito degli automezzi sulle aree di scavo ovviamente non pavimentate. I parametri che sono stati assunti per rappresentare le polveri sono costituiti da TSP (polveri totali sospese) e PM10 (frazione fine delle polveri, di granulometria inferiore a 10 μ m).

Si ritiene, invece, del tutto trascurabile l'impatto correlato alle emissioni gassose provenienti dai motori a combustione interna delle macchine operatrici, numericamente trascurabili rispetto ai volumi di traffico che già allo stato attuale interessano le aree di lavoro.

Muovendo a partire dalle suddette ipotesi, si è provveduto alla determinazione degli scenari di cantiere che, per durata, tipologia di lavorazione, contemporaneità delle lavorazioni, ubicazione rispetto ai ricettori e quantitativi di materiale coinvolto, possono ritenersi maggiormente "critici" e tali da richiedere una puntuale valutazione quantitativa dell'impatto generato.

L'analisi ha, pertanto, seguito un'impostazione metodologica tipica dell'approccio all'"impatto ambientale" e, come tale, non necessariamente legata e dipendente dalla progettazione della cantierizzazione dell'opera. Questo ovviamente non significa che progettazione tecnica ed analisi ambientali siano state condotte su piani differenti e non intersecanti, ma esclusivamente che non si è ricercata, a priori, coincidenza temporale fra "macrofase di cantierizzazione" e "scenario emissivo critico".

La ricerca dei periodi "critici" di lavorazione ha, così, comportato un'analisi comparativa fra il cronoprogramma dei lavori allegato al Progetto Definitivo e il bilancio delle terre.

A scopo cautelativo, non si è tenuto conto dell'effettiva soggiacenza della falda, considerando quindi che tutti i quantitativi di terreno scavati e movimentati possano

potenzialmente dare origine a polvere (senza considerare, cioè, le condizioni di saturazione del terreno).

Sulla base delle informazioni ad oggi disponibili, si è individuato uno scenario di maggiore impatto per la produzione di polvere, per il quale si è provveduto alla quantificazione numerica delle emissioni e all'individuazione dei relativi interventi di mitigazione. Tale scenario, in linea generale, viene definito dalla sovrapposizione fra livelli di impatto ambientale e fragilità dell'areale di impatto (presenza di ricettori, tipologia di ricettori, densità di popolazione, ecc.).

Partendo dalla considerazione che quasi tutte le aree di cantiere interesseranno ambiti urbani densamente antropizzati e popolati, caratterizzati dalla stretta vicinanza di ricettori alle singole aree di lavoro, gli indicatori ambientali che concorrono all'individuazione dello scenario e/o dell'area "di massimo impatto" sono da ricercarsi, quindi, più nella tipologia di attività e di lavorazione (con i relativi livelli di impatto) che non nelle caratteristiche urbanistiche e territoriali delle aree di cantiere.

Ciò premesso, in considerazione del fatto che l'opera si connota quale tranvia di superficie e che le uniche opere d'arte che comportano la necessità di esecuzione di non trascurabili attività di scavo "a cielo aperto" e movimentazione di terra sono rappresentate dalla realizzazione del deposito, realizzazione sottopasso, tali attività sono state individuate quale "scenario di massimo impatto" per la produzione di polveri e, come tale, è stato oggetto di analisi di dettaglio volta alla definizione del relativo scenario emissivo.

La scelta dello scenario di massimo impatto è stata dettata anche dalla massima contemporaneità "di cantieri aperti" per la realizzazione del progetto in esame.

Tutte le valutazioni hanno portato alla definizione del mese 12 come "scenario di massimo impatto" per la fase di cantiere.

Tutte le restanti attività di cantierizzazione prevedono, in termini di produzione di polveri, solo semplici operazioni di scavo superficiale (di profondità inferiore a 1 metro) che

certamente possono considerarsi di minor impatto rispetto all'esecuzione degli scavi delle altre opere d'arte definite sopra.

Si sono quindi prese in considerazione le seguenti azioni elementari comportanti, in modo differente e con diversa entità, una produzione e/o una risospensione di polveri:

- operazioni di scavo e sbancamento superficiale;
- movimentazione terre all'interno del cantiere;
- risospensione di particelle indotta dal passaggio dei mezzi pesanti all'interno delle aree di lavoro non pavimentate.
- passaggio di automezzi pesanti all'interno dell'area di scavo non pavimentata.

La valutazione delle emissioni di polveri e l'individuazione delle opere di mitigazione sono state effettuate a partire dai contenuti delle "Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali pulverulenti" redatte da ARPAT su incarico della Provincia di Firenze.

Tali Linee Guida introducono i metodi di stima delle emissioni di particolato di origine diffusa prodotte dalle attività di trattamento degli inerti e dei materiali pulverulenti in genere e le azioni ed opere di mitigazione che si possono attuare, anche ai fini dell'applicazione del D.Lgs. 152.

Le emissioni di polveri sono state stimate a partire da una valutazione quantitativa delle attività svolte nei cantieri, tramite opportuni fattori di emissione derivati da "Compilation of air pollutant emission factors" –EPA-, Volume I, Stationary Point and Area Sources (Fifth Edition). Le emissioni vengono calcolate tramite la relazione $E = A \times F$ dove E indica le emissioni, A l'indicatore dell'attività correlato con le quantità emesse (grandezza caratteristica della sorgente che può essere strettamente correlata alla quantità di inquinanti emessi in aria) e F il fattore di emissione (massa di inquinante emessa per una quantità unitaria dell'indicatore).

Per ciascuna sorgente, vengono definiti:

- il fattore di emissione utilizzato F;
- i parametri da cui F dipende;
- l'indicatore dell'attività A;
- la fonte impiegata per la stima del fattore di emissione.

Le ipotesi cantieristiche assunte per la stima delle emissioni e l'analisi modellistica sono le seguenti:

- Simulazione delle aree di lavorazione previste per il mese 10
- Aree di movimentazione e stoccaggio dei materiali;
- Attività di scavo e caricamento dei materiali sui camion;
- N.ro mezzi meccanici / giorno su ogni cantiere: si assume la presenza giornaliera di 1 mezzi meccanici su ognuno dei cantieri
- N.ro 8 ore lavorative / giorno e durata del cantiere complessiva 30 mesi

Lo scenario oggetto di valutazione contempla il significativo scavo di ingenti quantitativi di terreno in corrispondenza delle aree di cantiere come da immagine sottostante. Il cronoprogramma dei lavori è allegato al progetto definitivo. Pertanto, ciascuna area di cantiere corrisponde alla realizzazione di una parte d'opera e ciascuna di questa è stata considerata attiva per il numero di giorni così come definiti da cronoprogramma. Per l'intero cantiere i volumi di terre sono i seguenti

| Scavi totali (m3) | Riutilizzi interni (m3) | Smaltimento esterno (m3) |
|----------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 437324 | 270 555 | 166769 |

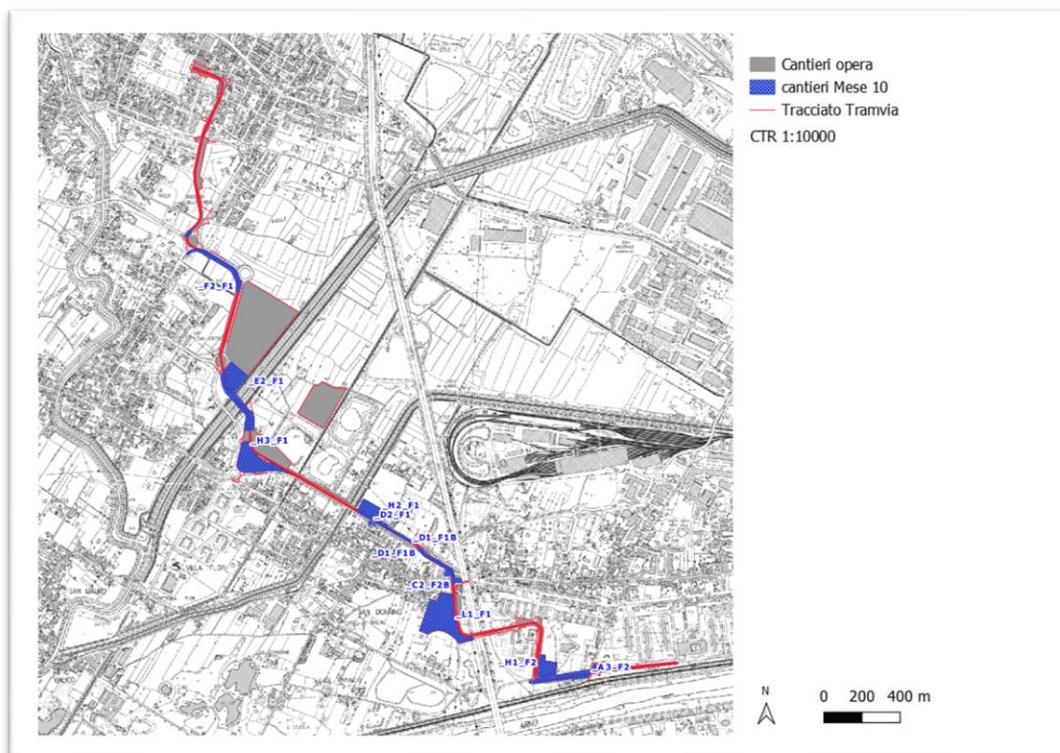


Figura 51. Aree di cantiere dell'opera e in blu cantieri Mese 10

Nella tabella seguente sono riportati i cantieri con la durata in giorni e quali di questi sono operativi nello scenario di massimo del MESE 10 considerato.

| Cantiere | Area (m2) | Scavi totali (m3) | Riutilizzi interni (m3) | Smaltimento esterno (m3) | Durata (gg) |
|----------|-----------|-------------------|-------------------------|--------------------------|-------------|
| _A3_F2 | 8245 | 5783 | 3578 | 2205 | 139 |
| _C2_F2B | 6078 | 4263 | 2637 | 1626 | 174 |
| _D1_F1B | 1927 | 1352 | 836 | 515 | 159 |
| _D2_F1 | 3824 | 2682 | 1659 | 1023 | 222 |
| _D2_F2 | 385 | 270 | 167 | 103 | 222 |
| _E2_F1 | 22952 | 16099 | 9960 | 6139 | 496 |
| _F2_F1 | 9165 | 6428 | 3977 | 2451 | 271 |
| _H1_F2 | 7752 | 5437 | 3364 | 2073 | 144 |
| _H2_F1 | 5964 | 4183 | 2588 | 1595 | 278 |
| _H3_F1 | 18569 | 13025 | 8058 | 4967 | 662 |

| | | | | | |
|---------------|-------|-------|-------|------|-----|
| _L1_F1 | 32406 | 22730 | 14062 | 8668 | 579 |
|---------------|-------|-------|-------|------|-----|

Al terreno movimentato, si è associata una densità di 1,8 t/mc. Di seguito si riporta una tabella riepilogativa dei volumi totali di scavo.

Il contributo relativo alla risospensione di polvere dovuta al passaggio dei mezzi pesanti sulle aree non pavimentate è stato considerato per il periodo durante il quale tutto il materiale sarà allontanato dal cantiere.

Costituisce oggetto di analisi modellistica l'apporto di polveri legato alle polveri della combustione dei motori delle macchine operatrici e dei mezzi pesanti in transito sulla viabilità interna ed esterna alle aree di cantiere, nonostante si ritenga che quest'ultimo contributo in termini di polveri sia quantitativamente limitato rispetto alla generazione ed il risollevarimento di polveri indotte dalle operazioni di scavo, che restano la fonte principale di emissione di particolato.

Inoltre, oggetto dell'analisi modellistica sarà anche la modifica del traffico sulla viabilità locale, conseguenza diretta dell'apertura dei cantieri per la realizzazione della linea. L'applicazione modellistica ha visto l'implementazione dello scenario di traffico più critico all'interno del periodo di cantiere scelto, ovvero il mese M10.

L'area di lavoro del cantiere nel periodo simulato (MESE 10) è pari a 117265m².

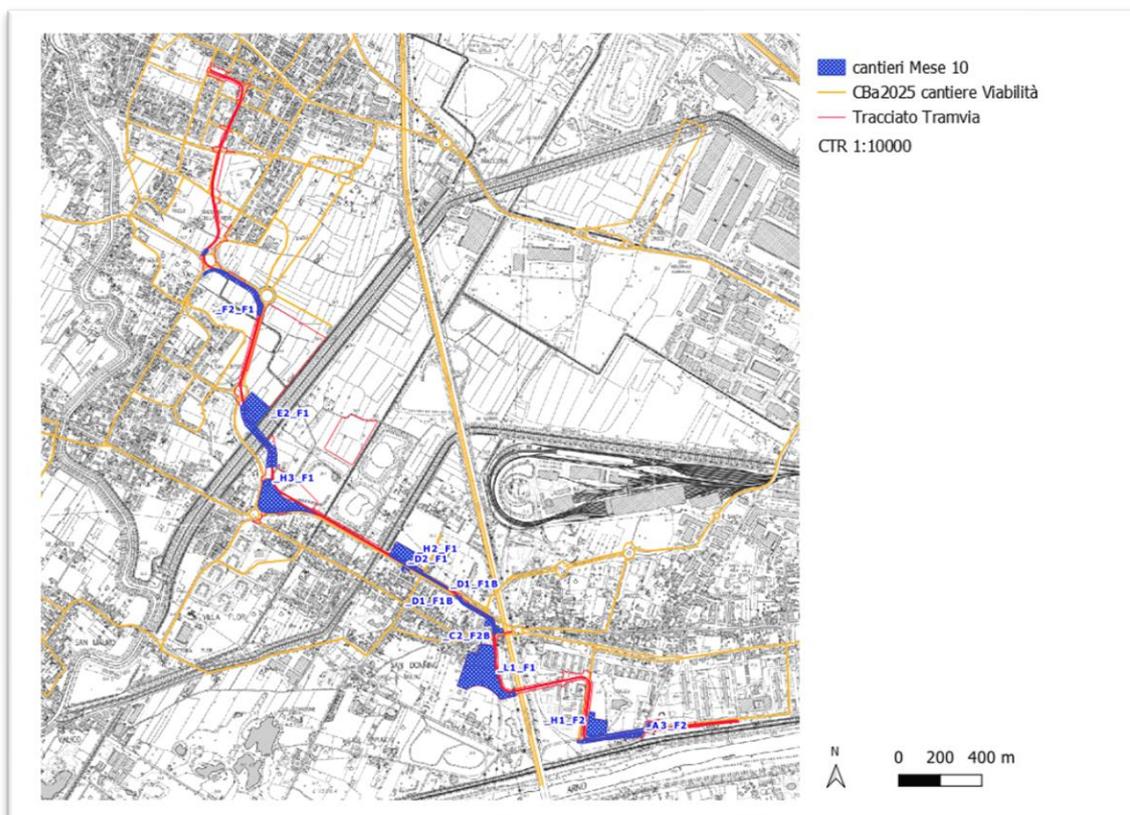


Figura 52 cantieri e viabilità associata al periodo di massima emissione (Mese 10)

I fattori di emissione utilizzati per le simulazioni sono stati acquisiti dalla banca dati nazionale di ISPRA SINANET [<http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/fetransp>] dal file fe2017.xls dove sono contenuti i fattori di emissione per tipologia di veicolo e inquinante.

Lo scenario di simulazione della viabilità nella fase di cantiere sviluppata nello studio trasportistico si è calcolato il totale delle emissioni relativamente all'ora di punta interne al dominio di calcolo per tutti i parametri. Nella tabella seguente i risultati.

Tabella 42 emissioni totali per l'ora di punta all'interno del dominio di calcolo.

| Emissioni Ora di Punta | PM10 (kg/h) | NOx (kg/h) | Benzene (kg/h) | CO (kg/h) |
|---------------------------|----------------|---------------|-------------------|--------------|
| Scenario | | | | |

| | | | | |
|-----------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| CBa2025 Cantiere | 6.11 | 98.61 | 0.25 | 85.90 |
|-----------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|

Riepilogo dei fattori di emissione

Nella seguente tabella i fattori di emissione considerati ed utilizzati nel Database allegato per il calcolo delle emissioni di PM₁₀.

| Fattori di Emissione | Riferimento per la selezione del fattore di emissione per polveri PM10 AP42 US-EPA e LG Arpat | PM10 | UM | PM10 Mitigate % |
|--|--|---------|-----------|-----------------|
| <i>carico camion</i> | SCC3-05-010-42 e LG Arpat | 0.0075 | kg/t | |
| <i>scarico camion</i> | SCC3-05-010-37 e LG Arpat | 0.0005 | kg/t | |
| <i>erosione del vento dai cumuli</i> | 13.2.5 "Industrial Wind Erosion" e LG Arpat | 0.0002 | kg/h | |
| <i>formazione e stoccaggio cumuli</i> | 13.2.4 "Aggregate Handling and Storage Piles" e LG Arpat | 0.0009 | kg/t | |
| <i>Movimentazione materiale su pista non pavimentata</i> | 13.2.2 Unpaved roads e LG Arpat | 0.265 | kg/kg *km | 80% |
| <i>Scotico</i> | 13.2.3 "Heavy construction operation" e LG Arpat | 0.024 | kg/h | |
| <i>sbancamento superficiale</i> | 11.19.1 "Sand And Gravel Processing" "SCC3-05-027-60 e LG Arpat | 0.00039 | kg/t | |
| <i>Rinterro/riutilizzo</i> | SCC 3-05-010-48 e LG Arpat | 0.003 | kg/t | |

I fattori di emissione si differenziano per ogni area di lavorazione se si considera la sorgente areale. In tal caso si evidenzia come, per ogni singolo fattore di emissione calcolato su ognuno dei vari contributi, quelli maggiori in termini di kg/h sono quelli legati ai mezzi meccanici ("overburden") ed alle strade non asfaltate ("unpaved roads"). Il fattore di emissione totale è dato dalla somma dei vari contributi.

Vista l'entità delle emissioni connesse in particolare al transito dei mezzi sulle piste, sono stati previsti interventi di bagnatura per la riduzione delle emissioni. In particolare, si ritiene di dover applicare la bagnatura di tutte le aree di cantiere, e di non dover predisporre delle barriere frangivento, al fine di abbattere le polveri al suolo e contenerne la dispersione in atmosfera.

L'influenza della presenza di opportune misure di mitigazione si traduce in una riduzione del fattore di emissione precedentemente calcolato.

Secondo quanto proposto dalle "Linee Guida di ARPA Toscana per la valutazione delle polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti", l'efficienza di abbattimento delle polveri col sistema di bagnatura dipende dalla frequenza delle applicazioni e dalla quantità d'acqua per unità di superficie impiegata in ogni trattamento, in relazione al traffico medio orario ed al potenziale medio di evaporazione giornaliera del sito. Per il progetto in questione si assume di ottenere un'efficienza di abbattimento col sistema di bagnatura pari al 80%, effettuando il trattamento ogni 18 ore (ossia una volta al giorno) ed impiegando circa 1 l/m² per ogni trattamento.

Tabella 43. Intervallo di tempo in ore tra due applicazioni successive per un traffico medio orario <5 camion/h

| Quantità media del trattamento applicato I (l/m ²) | Efficienza di abbattimento | | | | |
|--|----------------------------|-----|-----|-----|-----|
| | 50% | 60% | 75% | 80% | 90% |
| 0.1 | 5 | 4 | 2 | 2 | 1 |
| 0.2 | 9 | 8 | 5 | 4 | 2 |
| 0.3 | 14 | 11 | 7 | 5 | 3 |
| 0.4 | 18 | 15 | 9 | 7 | 4 |
| 0.5 | 23 | 18 | 11 | 9 | 5 |
| 1 | 46 | 37 | 23 | 18 | 9 |
| 2 | 92 | 74 | 46 | 37 | 18 |

Il fattore di emissione da utilizzare per le simulazioni modellistiche è allora dato dal fattore di emissione precedentemente calcolato, moltiplicato per il prodotto dei fattori di riduzione, cioè:

$$FE_{\text{tot ridotto}} = FE_{\text{tot}} * \% * I$$

Emissione dai gas di scarico di macchine e mezzi d'opera

Con riferimento all'emissione di sostanze inquinanti ad opera dei mezzi meccanici e degli automezzi in circolazione sulle piste di cantiere e sulla viabilità principale, aggiungono anche le PM₁₀, da traffico veicolare.

Per la stima dei fattori di emissione delle macchine e dei mezzi d'opera impiegati è stato fatto riferimento al database del programma di calcolo COPERT III ed all'Atmospheric Emission Inventory Guidebook dell'EEA.

All'interno del documento è possibile individuare dati relativi ai seguenti macchinari principali:

- Pale meccaniche (Tractors/Loaders/Backhoes): le pale impiegate per la movimentazione delle terre di scavo, su ruote o cingolate (Bulldozer), sono di vario tipo a seconda della loro dimensione. Una pala meccanica di medie dimensioni ha una potenza tra i 40 kW ed i 120 kW. I motori di media e grossa cilindrata sono tipicamente turbodiesel;
- Escavatori (wheel/crawler type): utilizzati principalmente per movimenti di terra e lavori di carico/scarico. Possono essere distinti in tre classi: piccola taglia con potenza da 10 a 40kW, di media taglia da 50 a 500kW, e superiori ai 500kW utilizzati per lavori pesanti di estrazione e movimentazione del materiale. Si considerano in questo contesto mezzi di taglia media pari a 150kW

Tabella 44 Fattori di emissione per mezzi d'opera di cantiere

| Sorgenti emmissive | BENZENE (NMVOC) | PM ₁₀ | NOX | U.M. | Fonte |
|---------------------------|-----------------|------------------|-----|---------|---|
| Pala meccanica Escavatore | 1.00 | 0.2 | 3.5 | gr/h*kW | EEA-BV810v3-Other Mobile SouRes and Machinery – SNAP 0808XX |

Per quanto riguarda il traffico indotto sulla viabilità di cantiere dai mezzi pesanti per lo spostamento e approvvigionamento dei materiali si fa riferimento ai fattori di emissione medi di Ispra Sinanet, riferiti a heavy duty vehicles

| SORGENTI EMISSIVE | BENZENE (NMVOC) | PM10 | NOX | U.M. | Fonte |
|------------------------|--------------------|------|------|------------|---------------|
| heavy duty vehicles | 0.00006 | 0.14 | 2.79 | gr/km*veic | Sinanet Ispra |

Di seguito si mostrano i percorsi dei mezzi pesanti sulla viabilità locale considerati per descrivere il traffico indotto per approvvigionamento e trasporto da e per il cantiere.

Emissione totali cantieri

Nella seguente tabella si riporta la stima totale delle emissioni calcolate sull'intera area di cantiere con la contemporaneità del mese 10, in base ai fattori di emissione descritti nei paragrafi precedenti. I valori di PM₁₀ calcolati nella tabella per l'attività di scavo e movimentazione delle terre sono stati integrati con la quota di emissione di PM₁₀ determinata dalle emissioni calde dal motore dei mezzi d'opera (si considera indicativamente un mezzo operatore in ogni area per un totale di 10 mezzi contemporaneamente).

Di seguito si riporta il totale delle emissioni di PM10 e gas per ogni area di cantiere.

Tabella 45 Materiale per ogni area di cantiere

| Cantieri attivi | PM10 (g/h) | NOX (g/h) | BENZENE (g/h) |
|-----------------|---------------|--------------|------------------|
| _A3_F2 | 290.3 | 106.3 | 30.00 |
| _C2_F2B | 76.6 | 105.2 | 30.00 |
| _D1_F1B | 86.1 | 105.3 | 30.00 |
| _D2_F1 | 109.9 | 105.4 | 30.00 |
| _D2_F2 | 233.9 | 106.0 | 30.00 |
| _E2_F1 | 180.0 | 105.7 | 30.00 |
| _F2_F1 | 266.6 | 106.1 | 30.00 |
| _H1_F2 | 126.5 | 105.5 | 30.00 |
| _H2_F1 | 155.0 | 105.6 | 30.00 |
| _H3_F1 | 275.9 | 106.2 | 30.00 |
| _L1_F1 | 290.3 | 106.3 | 30.00 |

Tabella 46 Emissioni totali per le fasi di cantiere MESE 10

| CANTIERE | Materiale [m ³] | Estensione area [m ²] | PM10 | NOX | BENZENE |
|---|---|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | kg/h | kg/h | kg/h |
| Intera Area di cantiere con contemporaneità del mese 10 | Scavi totali: 82251 m ³ Riutilizzi interni: 50885 m ³ Smaltimento esterno: 31366 m ³ | 117265 m ² | 1.80 | 1.06 | 0.30 |

Configurazione codice di calcolo

Al fine dell'implementazione della catena modellistica per la valutazione del potenziale impatto in atmosfera derivante dalle attività di cantiere è stato necessario definire per ognuna delle aree di cantiere esaminate, i seguenti dati:

- dominio di calcolo e schema di modellazione;
- condizioni meteorologiche;
- parametri emissivi.

Dominio di calcolo e schema di modellazione

La dispersione delle polveri e degli inquinanti potenzialmente prodotte in fase di cantiere è stata simulata, su di un'area compatibile con quella dell'opera in progetto. Al fine di poter correttamente ricostruire la dispersione degli inquinanti si sono individuati domini di calcolo di estensione pari ad un'area di circa 5.5 km x 5.5 km il cui baricentro cade nelle aree di cantiere da simulare.

Recettori discreti

Al fine di poter valutare il rispetto dei limiti di legge di qualità dell'aria individuati dal D.lgs. 155/2010 e smi sono stati selezionati sul territorio un significativo numero di recettori per i quali saranno poi calcolati tutti i valori di concentrazione degli inquinanti emessi dagli scenari di simulazione. Sono stati scelti ricettori sensibili e ricettori con un elevato grado di vulnerabilità e sensibilità al fine di valutarne effettivamente il livello di impatto.

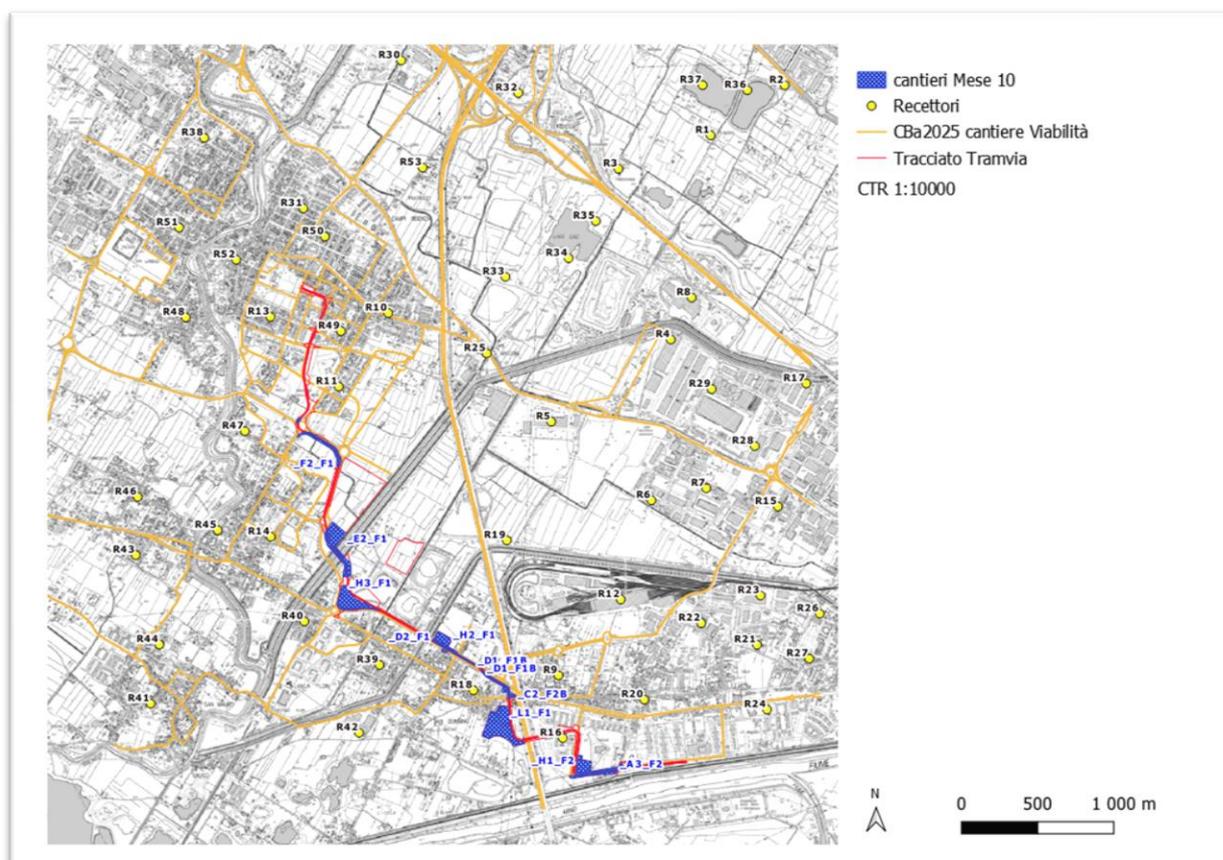


Figura 53 Localizzazione recettori discreti

Tabella 47. Recettori discreti individuati nel dominio di calcolo

| ID | descrizione | X [E] | | Y [N] | |
|----|-------------|-----------------------|--|-----------------------|--|
| | | UTM WGS84 FUSO 32 [m] | | UTM WGS84 FUSO 32 [m] | |
| R1 | abitazione | 674774.70 | | 4854985.00 | |
| R2 | abitazione | 675261.80 | | 4855317.40 | |
| R3 | abitazione | 674167.80 | | 4854762.90 | |
| R4 | abitazione | 674512.60 | | 4853629.80 | |
| R5 | abitazione | 673726.10 | | 4853084.00 | |
| R6 | abitazione | 674385.10 | | 4852562.50 | |
| R7 | abitazione | 674746.10 | | 4852642.70 | |
| R8 | abitazione | 674650.10 | | 4853907.70 | |
| R9 | abitazione | 673773.30 | | 4851400.70 | |

| ID | descrizione | X [E] | | Y [N] | |
|-----|----------------|-----------------------|--|-----------------------|--|
| | | UTM WGS84 FUSO 32 [m] | | UTM WGS84 FUSO 32 [m] | |
| R10 | Campi Bisenzio | 672652.30 | | 4853805.40 | |
| R11 | abitazione | 672327.00 | | 4853317.00 | |
| R12 | abitazione | 674183.10 | | 4851904.90 | |
| R13 | abitazione | 671877.60 | | 4853779.60 | |
| R14 | abitazione | 671879.70 | | 4852320.30 | |
| R15 | abitazione | 675217.40 | | 4852521.00 | |
| R16 | abitazione | 673802.00 | | 4850985.20 | |
| R17 | abitazione | 675403.60 | | 4853337.60 | |
| R18 | abitazione | 673213.50 | | 4851302.10 | |
| R19 | abitazione | 673433.10 | | 4852296.70 | |
| R20 | abitazione | 674337.80 | | 4851240.20 | |
| R21 | abitazione | 675079.90 | | 4851604.10 | |
| R22 | abitazione | 674713.10 | | 4851747.40 | |
| R23 | abitazione | 675102.80 | | 4851930.70 | |
| R24 | abitazione | 675145.80 | | 4851174.30 | |
| R25 | abitazione | 673301.00 | | 4853537.80 | |
| R26 | abitazione | 675492.50 | | 4851810.40 | |
| R27 | abitazione | 675423.70 | | 4851512.40 | |
| R28 | abitazione | 675065.50 | | 4852922.10 | |
| R29 | abitazione | 674781.90 | | 4853300.30 | |
| R30 | abitazione | 672738.40 | | 4855482.50 | |
| R31 | abitazione | 672094.80 | | 4854500.30 | |
| R32 | abitazione | 673508.60 | | 4855266.40 | |
| R33 | abitazione | 673424.40 | | 4854045.70 | |
| R34 | abitazione | 673839.70 | | 4854169.20 | |
| R35 | abitazione | 674019.30 | | 4854416.10 | |
| R36 | abitazione | 675016.50 | | 4855284.90 | |
| R37 | Area Verde | 674722.10 | | 4855318.60 | |
| R38 | abitazione | 671442.00 | | 4854968.90 | |

| ID | descrizione | X [E] | Y [N] |
|-----|-------------|-----------------------|-----------------------|
| | | UTM WGS84 FUSO 32 [m] | UTM WGS84 FUSO 32 [m] |
| R39 | abitazione | 672595.28 | 4851470.32 |
| R40 | abitazione | 672100.37 | 4851759.00 |
| R41 | abitazione | 671089.11 | 4851213.70 |
| R42 | abitazione | 672461.26 | 4851020.18 |
| R43 | abitazione | 670990.95 | 4852199.36 |
| R44 | abitazione | 671146.26 | 4851605.99 |
| R45 | abitazione | 671530.12 | 4852363.96 |
| R46 | abitazione | 671003.46 | 4852584.86 |
| R47 | abitazione | 671709.22 | 4853021.69 |
| R48 | abitazione | 671320.09 | 4853776.33 |
| R49 | abitazione | 672341.80 | 4853685.52 |
| R50 | abitazione | 672235.92 | 4854313.44 |
| R51 | abitazione | 671276.73 | 4854372.38 |
| R52 | abitazione | 671651.87 | 4854158.82 |
| R53 | abitazione | 672879.28 | 4854771.01 |

7.5.4 Valutazione dell'impatto sulla componente atmosfera e stima delle concentrazioni inquinanti al suolo

Recettori discreti: CANTIERE

I risultati proposti in questo paragrafo riguardano i valori di concentrazione degli inquinanti in aria ambiente stimati dal codice di calcolo CALPUFF per le emissioni derivanti dallo scenario di cantiere.

| Rec | PM10 | 90.4° delle medie giornaliere (µg/m3) | NO2 | 99.8° percentile delle medie orarie (µg/m3) | BENZENE |
|-----|--|--|--|--|--|
| | Media su periodo di cantiere M10 (µg/m3) | | Media su periodo di cantiere M10 (µg/m3) | | su periodo di cantiere M10 (µg/m3) |
| R1 | 0.0142 | 0.0446 | 0.0091 | 0.4086 | 0.0026 |
| R2 | 0.0103 | 0.0343 | 0.0066 | 0.3102 | 0.0019 |



Comune
di Firenze

PROGETTO DEFINITIVO PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI
COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

| Rec | PM10 | 90.4° delle medie giornaliere (µg/m3) | NO2 | 99.8° percentile delle medie orarie (µg/m3) | BENZENE |
|-----|--|--|--|--|--|
| | Media su periodo di cantiere M10 (µg/m3) | | Media su periodo di cantiere M10 (µg/m3) | | su periodo di cantiere M10 (µg/m3) |
| R3 | 0.0198 | 0.0618 | 0.0128 | 0.6010 | 0.0036 |
| R4 | 0.0298 | 0.0864 | 0.0194 | 0.7754 | 0.0055 |
| R5 | 0.0737 | 0.2019 | 0.0481 | 2.1059 | 0.0137 |
| R6 | 0.0662 | 0.1906 | 0.0431 | 1.6334 | 0.0123 |
| R7 | 0.0456 | 0.1281 | 0.0296 | 1.1968 | 0.0084 |
| R8 | 0.0241 | 0.0710 | 0.0157 | 0.6086 | 0.0044 |
| R9 | 0.5876 | 1.5213 | 0.3684 | 8.4383 | 0.1045 |
| R10 | 0.0815 | 0.2456 | 0.0543 | 2.5237 | 0.0154 |
| R11 | 0.2363 | 0.6964 | 0.1566 | 5.1105 | 0.0445 |
| R12 | 0.1346 | 0.3994 | 0.0851 | 2.9428 | 0.0242 |
| R13 | 0.1401 | 0.3881 | 0.0903 | 4.7246 | 0.0256 |
| R14 | 0.3017 | 0.8875 | 0.1854 | 5.7882 | 0.0526 |
| R15 | 0.0340 | 0.0988 | 0.0214 | 0.9145 | 0.0061 |
| R16 | 2.5230 | 6.1737 | 1.1599 | 37.9940 | 0.3281 |
| R17 | 0.0219 | 0.0636 | 0.0143 | 0.6144 | 0.0041 |
| R18 | 2.5049 | 4.7657 | 2.4523 | 38.1570 | 0.6980 |
| R19 | 0.2215 | 0.6223 | 0.1551 | 4.1718 | 0.0441 |
| R20 | 0.2434 | 0.6718 | 0.1269 | 4.1027 | 0.0360 |
| R21 | 0.0596 | 0.1840 | 0.0343 | 1.4550 | 0.0097 |
| R22 | 0.0753 | 0.2247 | 0.0444 | 1.7319 | 0.0126 |
| R23 | 0.0483 | 0.1498 | 0.0289 | 1.2312 | 0.0082 |
| R24 | 0.0604 | 0.2018 | 0.0342 | 1.5733 | 0.0097 |
| R25 | 0.0673 | 0.1920 | 0.0441 | 1.9008 | 0.0125 |
| R26 | 0.0381 | 0.1154 | 0.0227 | 1.0396 | 0.0064 |
| R27 | 0.0402 | 0.1261 | 0.0235 | 1.0636 | 0.0067 |
| R28 | 0.0322 | 0.0959 | 0.0211 | 0.8097 | 0.0060 |
| R29 | 0.0317 | 0.0985 | 0.0209 | 0.7892 | 0.0059 |
| R30 | 0.0134 | 0.0349 | 0.0104 | 0.3802 | 0.0014 |
| R31 | 0.0535 | 0.1557 | 0.0356 | 2.2965 | 0.0101 |
| R32 | 0.0171 | 0.0502 | 0.0111 | 0.5721 | 0.0031 |
| R33 | 0.0433 | 0.1244 | 0.0281 | 1.2634 | 0.0080 |
| R34 | 0.0325 | 0.0905 | 0.0211 | 0.9644 | 0.0060 |
| R35 | 0.0246 | 0.0799 | 0.0159 | 0.7564 | 0.0045 |
| R36 | 0.0109 | 0.0368 | 0.0070 | 0.3326 | 0.0020 |
| R37 | 0.0119 | 0.0343 | 0.0067 | 0.3318 | 0.0020 |
| R38 | 0.0382 | 0.1075 | 0.0252 | 2.0904 | 0.0072 |
| R39 | 0.4528 | 1.2809 | 0.3380 | 8.9189 | 0.0961 |
| R40 | 0.5674 | 1.2902 | 0.3696 | 8.5474 | 0.1050 |
| R41 | 0.0609 | 0.1771 | 0.0400 | 1.6671 | 0.0114 |
| R42 | 0.2262 | 0.6302 | 0.1675 | 5.1644 | 0.0476 |



| Rec | PM10 | | NO2 | | BENZENE |
|-----|---|---|---|---|---|
| | Media su periodo di cantiere M10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 90.4° delle medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Media su periodo di cantiere M10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 99.8° percentile delle medie orarie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | su periodo di cantiere M10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
| R43 | 0.0588 | 0.2054 | 0.0384 | 1.8579 | 0.0109 |
| R44 | 0.0724 | 0.2276 | 0.0468 | 1.8627 | 0.0133 |
| R45 | 0.1385 | 0.4414 | 0.0890 | 3.1450 | 0.0253 |
| R46 | 0.0643 | 0.2185 | 0.0423 | 2.2222 | 0.0120 |
| R47 | 0.2164 | 0.6702 | 0.1373 | 4.8645 | 0.0390 |
| R48 | 0.0654 | 0.2077 | 0.0423 | 2.2634 | 0.0120 |
| R49 | 0.1276 | 0.3987 | 0.0857 | 3.4700 | 0.0243 |
| R50 | 0.0589 | 0.1839 | 0.0393 | 2.2343 | 0.0112 |
| R51 | 0.0459 | 0.1387 | 0.0297 | 1.6103 | 0.0084 |
| R52 | 0.0799 | 0.2269 | 0.0518 | 2.7033 | 0.0147 |
| R53 | 0.0341 | 0.1075 | 0.0224 | 1.2236 | 0.0064 |

Scenario di massimo impatto di traffico di cantiere (mese 10)

Le simulazioni vogliono valutare l'impatto della modifica temporanea della viabilità a causa della presenza del cantiere dell'opera in esame. I risultati proposti in questo paragrafo riguardano i valori di concentrazione degli inquinanti in aria ambiente stimati dal codice di calcolo CALPUFF per le emissioni derivanti dallo scenario di traffico valutato nella condizione operativa di cantiere più gravosa, corrispondente al mese con massimi flussi di traffico nel periodo di cantiere considerato- **MESE 10**

| Rec | PM10 | | NO2 | | BENZENE |
|-----|---|---|---|--|---|
| | Media su periodo di cantiere M10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 90.4° delle medie giornaliere su periodo di cantiere M10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Media su periodo di cantiere M10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 99.8° percentile delle medie orarie su periodo di cantiere M10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Media su periodo di cantiere M10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
| R1 | 0.00400 | 0.00638 | 0.04155 | 0.16695 | 0.00026 |
| R2 | 0.11502 | 0.18368 | 1.19542 | 4.80293 | 0.00739 |



Comune
di Firenze

PROGETTO DEFINITIVO PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI
COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

| Rec | PM10 | | NO2 | | BENZENE |
|-----|---|--|---|--|---|
| | Media su periodo di cantiere M10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 90.4° delle medie giornaliere su periodo di cantiere M10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Media su periodo di cantiere M10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 99.8° percentile delle medie orarie su periodo di cantiere M10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Media su periodo di cantiere M10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
| R3 | 1.20500 | 1.92426 | 12.52351 | 50.31661 | 0.07740 |
| R4 | 0.02915 | 0.04655 | 0.30299 | 1.21734 | 0.00187 |
| R5 | 0.03444 | 0.05500 | 0.35796 | 1.43819 | 0.00221 |
| R6 | 0.00029 | 0.00046 | 0.00299 | 0.01200 | 0.00002 |
| R7 | 0.00012 | 0.00019 | 0.00121 | 0.00487 | 0.00001 |
| R8 | 0.59603 | 0.95179 | 6.19447 | 24.88799 | 0.03828 |
| R9 | 1.00623 | 1.60684 | 10.45771 | 42.01673 | 0.06463 |
| R10 | 0.43510 | 0.69480 | 4.52192 | 18.16804 | 0.02795 |
| R11 | 0.12766 | 0.20386 | 1.32677 | 5.33068 | 0.00820 |
| R12 | 0.00435 | 0.00694 | 0.04520 | 0.18159 | 0.00028 |
| R13 | 0.00056 | 0.00089 | 0.00578 | 0.02323 | 0.00004 |
| R14 | 0.06251 | 0.09983 | 0.64969 | 2.61031 | 0.00402 |
| R15 | 0.00690 | 0.01102 | 0.07174 | 0.28825 | 0.00044 |
| R16 | 1.20540 | 1.92489 | 12.52761 | 50.33310 | 0.07742 |
| R17 | 0.73952 | 1.18093 | 7.68578 | 30.87971 | 0.04750 |
| R18 | 1.17902 | 1.88276 | 12.25342 | 49.23148 | 0.07573 |
| R19 | 3.32274 | 5.30604 | 34.35122 | 121.16187 | 0.21229 |
| R20 | 0.01185 | 0.01892 | 0.12314 | 0.49474 | 0.00076 |
| R21 | < 0.00001 | < 0.00001 | 0.00002 | 0.00009 | < 0.00001 |
| R22 | 0.00021 | 0.00034 | 0.00221 | 0.00888 | 0.00001 |
| R23 | < 0.00001 | < 0.00001 | 0.00001 | 0.00005 | < 0.00001 |
| R24 | 0.04346 | 0.06939 | 0.45163 | 1.81456 | 0.00279 |
| R25 | 1.77833 | 2.83979 | 18.48199 | 74.25645 | 0.11422 |



Comune
di Firenze

PROGETTO DEFINITIVO PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI
COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

| Rec | PM10 | 90.4° | NO2 | 99.8° | BENZENE |
|-----|---|---|---|--|--|
| | Media su periodo cantiere M10 (µg/m³) | delle medie di giornaliere su periodo cantiere M10 (µg/m³) | Media su periodo di di cantiere M10 (µg/m³) | percentile delle medie orarie su periodo di cantiere M10 (µg/m³) | Media su periodo di cantiere M10 (µg/m³) |
| R26 | < 0.00001 | < 0.00001 | < 0.00001 | 0.00001 | < 0.00001 |
| R27 | 0.00001 | 0.00002 | 0.00014 | 0.00057 | < 0.00001 |
| R28 | 0.00740 | 0.01182 | 0.07696 | 0.30920 | 0.00048 |
| R29 | 0.01850 | 0.02955 | 0.19230 | 0.77264 | 0.00119 |
| R30 | 1.01769 | 1.62513 | 10.57672 | 42.49488 | 0.06536 |
| R31 | 0.00216 | 0.00345 | 0.02247 | 0.09028 | 0.00014 |
| R32 | 2.26496 | 3.61689 | 23.55283 | 97.51412 | 0.14556 |
| R33 | 0.16490 | 0.26332 | 1.71376 | 6.88549 | 0.01059 |
| R34 | 0.04898 | 0.07821 | 0.50901 | 2.04509 | 0.00315 |
| R35 | 0.91123 | 1.45514 | 9.47036 | 38.04978 | 0.05853 |
| R36 | 0.00010 | 0.00015 | 0.00100 | 0.00404 | 0.00001 |
| R37 | 0.00053 | 0.00085 | 0.00550 | 0.02211 | 0.00003 |
| R38 | 0.00007 | 0.00011 | 0.00074 | 0.00296 | < 0.00001 |
| R39 | 0.00335 | 0.00535 | 0.03485 | 0.14001 | 0.00022 |
| R40 | 0.00213 | 0.00341 | 0.02218 | 0.08913 | 0.00014 |
| R41 | 0.00084 | 0.00134 | 0.00874 | 0.03510 | 0.00005 |
| R42 | 0.00110 | 0.00176 | 0.01146 | 0.04603 | 0.00007 |
| R43 | 0.00176 | 0.00282 | 0.01833 | 0.07365 | 0.00011 |
| R44 | 0.00005 | 0.00007 | 0.00048 | 0.00194 | < 0.00001 |
| R45 | 0.00060 | 0.00096 | 0.00628 | 0.02523 | 0.00004 |
| R46 | 0.00001 | 0.00002 | 0.00010 | 0.00040 | < 0.00001 |
| R47 | 0.00015 | 0.00024 | 0.00153 | 0.00615 | 0.00001 |
| R48 | < 0.00001 | 0.00001 | 0.00004 | 0.00018 | < 0.00001 |

| Rec | PM10 | 90.4° | NO2 | 99.8° | BENZENE |
|-----|--|---|--|--|--|
| | Media su periodo di cantiere M10 (µg/m³) | delle medie giornaliere su periodo di cantiere M10 (µg/m³) | Media su periodo di cantiere M10 (µg/m³) | percentile delle medie orarie su periodo di cantiere M10 (µg/m³) | Media su periodo di cantiere M10 (µg/m³) |
| R49 | 0.02048 | 0.03270 | 0.21284 | 0.85513 | 0.00132 |
| R50 | 0.00783 | 0.01251 | 0.08142 | 0.32714 | 0.00050 |
| R51 | 0.00005 | 0.00008 | 0.00051 | 0.00205 | < 0.00001 |
| R52 | 0.00008 | 0.00013 | 0.00082 | 0.00328 | 0.00001 |
| R53 | 3.91160 | 6.24638 | 39.66197 | 129.53520 | 0.24511 |

Conclusioni fase di cantiere

Secondo quanto emerso anche dai paragrafi precedenti, le simulazioni effettuate nella presente fase di progettazione, hanno restituito per tutti i parametri, inquinanti dei livelli di concentrazione inferiori ai limiti di legge.

Si sottolinea che le curve di isoconcentrazione prodotte rappresentano esclusivamente il contributo sull'atmosfera legato alle attività di cantiere e agli archi viari considerati, e non tengono conto del livello di qualità dell'aria ante operam.

Nella seguente tabella sono descritte le concentrazioni massime stimate ai ricettori per le simulazioni eseguite per il mese 10 di massima contemporaneità dei cantieri.

CANTIERE MESE 10

Tabella 48 Biossido di azoto (NO₂) espresso in [µg/m³]

| Valore massimo sui recettori | CALPUFF | | Stazione ARPAT QA Urbane traffico 2021 - NO ₂ | |
|-------------------------------|---------------------------------|--|---|--|
| | Media su periodo cantiere | di 99.8° percentile delle media oraria | Media Annuale (V.L.40 µg/m ³) | N° medie orarie >200 µg/m ³ (V.L.18 µg/m ³) |
| CANTIERE | 2.4523 | 38.1570 | 30-45 | 0 |
| SCENARIO TRAFFICO di cantiere | 39.66197 | 129.53520 | | |

Tabella 49 Particolato (PM₁₀) espresso in [µg/m³]

| Valore massimo sui recettori | CALPUFF | | Stazione ARPAT QA Urbane traffico 2021 PM10 | |
|-------------------------------|---------------------------------|--|---|--|
| | Media su periodo cantiere | di 90.4° percentile della media giornaliera | Media annuale (V.L.40 µg/m ³) | N° medie giornaliere > 50µg/m ³ (V.L.35) |
| CANTIERE | 2.5230 | 6.1737 | 21 - 22 | 7-8 |
| SCENARIO TRAFFICO di cantiere | 3.91160 | 6.24638 | | |

Tabella 50 BENZENE (C₆H₆) espresso in [µg/m³]

| | CALPUFF | Stazione ARPAT QA Urbane traffico 2021 BENZENE |
|-------------------------------|---------------------------------|---|
| | Media su periodo di cantiere | Media annuale (V.L.5 µg/m ³) |
| CANTIERE | 0.6980 | 2.0 |
| SCENARIO TRAFFICO di cantiere | 0.24511 | |

7.5.5 Definizione e valutazione degli impatti in fase di esercizio

In questo paragrafo si riporta lo studio modellistico atmosferico per la fase di esercizio della linea oggetto di studio. Come anticipato nel paragrafo sulla modellistica per la valutazione dell'impatto sulla qualità dell'aria del traffico in fase di esercizio dell'opera si è utilizzato il modello CALINE.

Scopo della presente sezione è quello di poter valutare le modificazioni positive e/o negative introdotte dallo stato di progetto (scenario futuro) rispetto allo stato di gestione attuale (scenari attuale), in termini di impatto atmosferico sulla qualità dell'aria, per le aree adiacenti a quelle interessate dagli interventi di realizzazione della linea tramviaria.

Per la valutazione delle modificazioni sulla qualità dell'aria viene scelto un approccio quantitativo mediante applicazione modellistica diffusionale atmosferica, in grado di riprodurre, nelle condizioni meteorologiche tipiche dell'area, lo stato di dispersione degli inquinanti emessi dai veicoli circolanti sui tratti di strade interessati dalla modificazione progettuale.

Al fine di implementare correttamente il modello di calcolo CALINE4 si è provveduto a svolgere delle simulazioni preliminari che permettessero di individuare la curva di dispersione dei vari inquinanti allo studio quali PM10, NOx, CO e Benzene per tipologia di strada. In particolare, si è suddiviso lo scenario di studio costituito da circa 1300 archi viari per i tre scenari di simulazione per tipologia di strada in funzione delle caratteristiche fornite dagli sviluppatori dello studio trasportistico. Nella seguente tabella la descrizione della classificazione degli scenari.

In particolare, tre sono gli scenari presi a riferimento:

- SR2019: Scenario attuale (2019):
- SR2025: Scenario di riferimento 2025 tendenziale:
- Cba2025 progetto: Scenario di progetto 2025 con realizzazione del progetto

| scenario | Numero di archi viari interni al dominio | Classificazione met. | Tipologia |
|----------|--|----------------------|-----------|
|----------|--|----------------------|-----------|

| | | | |
|---------|-----|------------------------------------|-------------|
| SR2019 | 504 | locale principale secondaria | extraurbana |
| SR2025 | 568 | | urbana |
| CBa2025 | 566 | | viali |

Il dominio di calcolo individuato è compreso in un'area di 5.5 km x 5.5.

Le emissioni totali sono state calcolate prendendo a riferimento tutti i tronchi/archi viari considerati nello studio citato e compresi nel dominio di calcolo individuato. In questo modo, è stato possibile stimare le emissioni totali da traffico nel dominio in esame che sono state successivamente utilizzate nella configurazione del codice CALINE per la valutazione dell'impatto di queste sulla qualità dell'aria.

I dati per tutte le sezioni individuate ed i relativi tronchi viari sono rappresentati in base ai parametri di volume di traffico nell'Ora di Punta (ODP) e come traffico medio giornaliero TGM. Per ognuno degli archi viari sono disponibili le classi di veicoli AUTO, VEICOLI LEGGERI, VEICOLI PESANTI. Tutte le valutazioni saranno quindi svolte in base a questa classificazione.

Per la valutazione delle emissioni, sono stati utilizzati i fattori di emissione medi disponibili nella base di dati ISPRA – APAT, e quelli del progetto COPERT 5.1 disponibili per l'anno 2017.

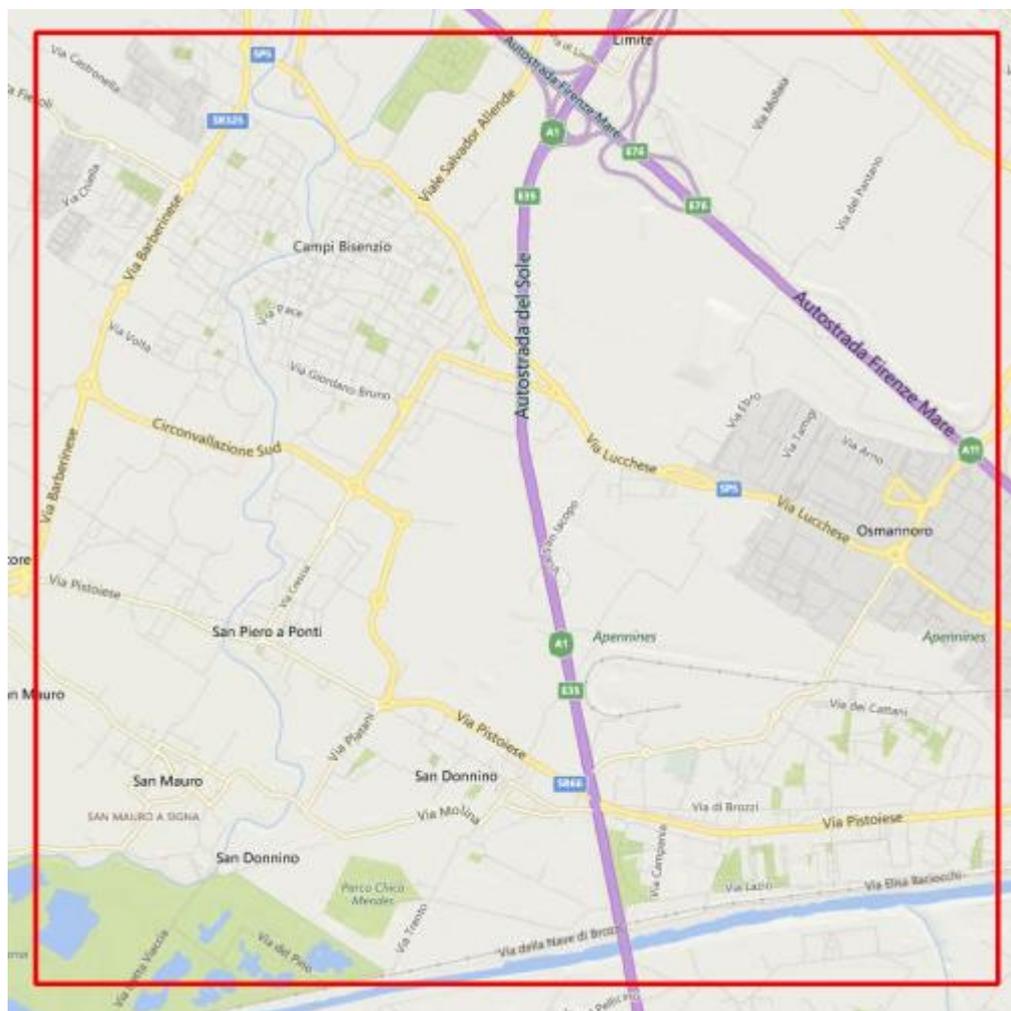


Figura 54 dominio di calcolo

L'analisi del database prodotto per i vari scenari dallo studio trasportistico ha permesso di valutare anche la velocità media di percorrenza dei singoli tratti stradali presenti nel dominio di calcolo, tali valori di velocità sono stati considerati per la successiva valutazione dei fattori di emissione dei parametri emissivi.

Partendo da questa base di dati, nel presente studio modellistico è stata considerata la disaggregazione dei flussi di traffico così come individuata nel paragrafo precedente e sono stati calcolati i fattori di emissione caratteristici delle sole classi di veicoli disponibili nello studio trasportistico.

I fattori di emissione utilizzati per le simulazioni sono stati acquisiti dalla banca dati nazionale di ISPRA SINANET [<http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/fetransp>] dal file fe2017.xls dove sono contenuti i fattori di emissione per tipologia di veicolo e inquinante.

Sulla base delle informazioni disponibili si sono desunti i seguenti fattori di emissione in coerenza con lo studio trasportistico che divide i veicoli in transito nei vari scenari tra: autoveicoli, veicoli leggeri e veicoli pesanti.

Tabella 51 fattori di emissione per tipologia di veicolo e parametro estratti da FE2017.xlsx di SINANET ISPRA.

| Tipologia di Veicolo Parametro | CO g/veic*km | NOx g/veic*km | Benzene mg/veic*km | PM ₁₀ g/veic*km |
|-----------------------------------|-----------------|------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Autoveicoli | 0.7092 | 0.4047 | 2.4843 | 0.0338 |
| Veicoli Leggeri | 0.4228 | 1.0711 | 1.1897 | 0.0729 |
| Veicoli pesanti | 1.1570 | 4.2974 | 0.1139 | 0.1861 |

Per i tre scenari di simulazione sviluppati nello studio trasportistico si è calcolato il totale delle emissioni relativamente all'ora di punta interne al dominio di calcolo per tutti i parametri. Nella tabella seguente i risultati.

Tabella 52 emissioni totali per l'ora di punta all'interno del dominio di calcolo

| Emissioni Ora di Punta Scenario | PM ₁₀ (kg/h) | NOx (kg/h) | Benzene (kg/h) | CO (kg/h) |
|---------------------------------------|----------------------------|---------------|-------------------|--------------|
| SR2019 | 5.747 | 92.164 | 0.243 | 81.514 |
| SR2025 | 5.985 | 96.424 | 0.251 | 84.319 |
| CBa2025 | 5.920 | 95.369 | 0.248 | 83.380 |

Dominio di calcolo

Il dominio di calcolo scelto per la simulazione modellistica in fase di esercizio è stato individuato a partire dall'analisi dello studio trasportistico, analizzando quindi gli archi

viari soggetti a maggiore variazione in termini di flusso di traffico tra lo scenario con e senza progetto dell'anno 2025 per il tratto estensione di Campi Bisenzio.

Tabella 53 Domini di calcolo per la dispersione

| | Estensione del dominio | |
|---------------------|--|---------------|
| | UTM WGS84 | Passo griglia |
| | FUSO 32 [m] | |
| Dominio simulazione | E 670000 E 675500 N 4850000 N 4855500 | 10 m |

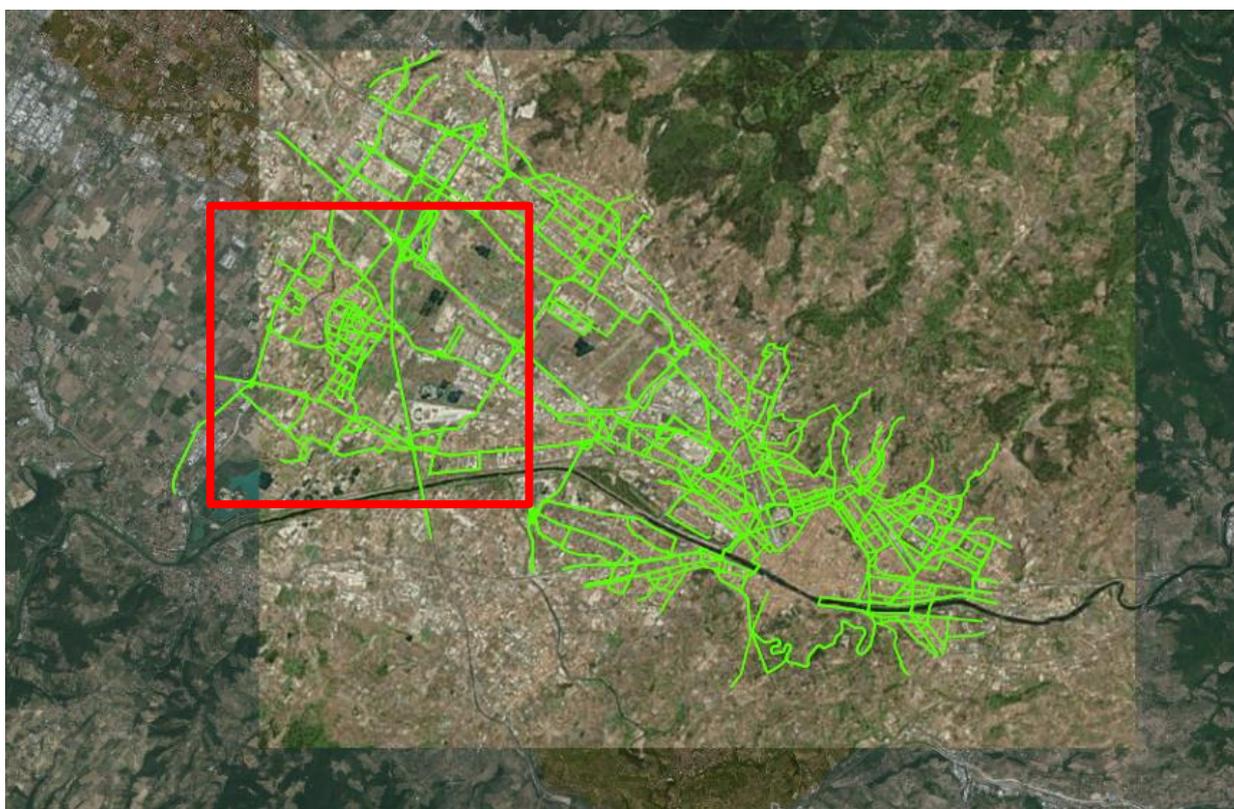


Figura 55 dominio di calcolo

Recettori discreti

Le mappe di isconcentrazione sviluppate con la risoluzione spaziale di 10 metri, sono state utilizzate come base per l'estrazione dei valori nei singoli recettori puntuali di seguito elencati in tabella.

Tabella 54 Recettori discreti individuati nel dominio di calcolo

| ID | descrizione | X [E] | Y [N] |
|-----|----------------|-----------------------|-----------------------|
| | | UTM WGS84 FUSO 32 [m] | UTM WGS84 FUSO 32 [m] |
| R1 | abitazione | 674774.70 | 4854985.00 |
| R2 | abitazione | 675261.80 | 4855317.40 |
| R3 | abitazione | 674167.80 | 4854762.90 |
| R4 | abitazione | 674512.60 | 4853629.80 |
| R5 | abitazione | 673726.10 | 4853084.00 |
| R6 | abitazione | 674385.10 | 4852562.50 |
| R7 | abitazione | 674746.10 | 4852642.70 |
| R8 | abitazione | 674650.10 | 4853907.70 |
| R9 | abitazione | 673773.30 | 4851400.70 |
| R10 | Campi Bisenzio | 672652.30 | 4853805.40 |
| R11 | abitazione | 672327.00 | 4853317.00 |
| R12 | abitazione | 674183.10 | 4851904.90 |
| R13 | abitazione | 671877.60 | 4853779.60 |
| R14 | abitazione | 671879.70 | 4852320.30 |
| R15 | abitazione | 675217.40 | 4852521.00 |
| R16 | abitazione | 673802.00 | 4850985.20 |
| R17 | abitazione | 675403.60 | 4853337.60 |
| R18 | abitazione | 673213.50 | 4851302.10 |
| R19 | abitazione | 673433.10 | 4852296.70 |
| R20 | abitazione | 674337.80 | 4851240.20 |
| R21 | abitazione | 675079.90 | 4851604.10 |
| R22 | abitazione | 674713.10 | 4851747.40 |
| R23 | abitazione | 675102.80 | 4851930.70 |
| R24 | abitazione | 675145.80 | 4851174.30 |

| ID | descrizione | X [E] | Y [N] |
|-----|-------------|-----------------------|-----------------------|
| | | UTM WGS84 FUSO 32 [m] | UTM WGS84 FUSO 32 [m] |
| R25 | abitazione | 673301.00 | 4853537.80 |
| R26 | abitazione | 675492.50 | 4851810.40 |
| R27 | abitazione | 675423.70 | 4851512.40 |
| R28 | abitazione | 675065.50 | 4852922.10 |
| R29 | abitazione | 674781.90 | 4853300.30 |
| R30 | abitazione | 672738.40 | 4855482.50 |
| R31 | abitazione | 672094.80 | 4854500.30 |
| R32 | abitazione | 673508.60 | 4855266.40 |
| R33 | abitazione | 673424.40 | 4854045.70 |
| R34 | abitazione | 673839.70 | 4854169.20 |
| R35 | abitazione | 674019.30 | 4854416.10 |
| R36 | abitazione | 675016.50 | 4855284.90 |
| R37 | Area Verde | 674722.10 | 4855318.60 |
| R38 | abitazione | 671442.00 | 4854968.90 |
| R39 | abitazione | 672595.28 | 4851470.32 |
| R40 | abitazione | 672100.37 | 4851759.00 |
| R41 | abitazione | 671089.11 | 4851213.70 |
| R42 | abitazione | 672461.26 | 4851020.18 |
| R43 | abitazione | 670990.95 | 4852199.36 |
| R44 | abitazione | 671146.26 | 4851605.99 |
| R45 | abitazione | 671530.12 | 4852363.96 |
| R46 | abitazione | 671003.46 | 4852584.86 |
| R47 | abitazione | 671709.22 | 4853021.69 |
| R48 | abitazione | 671320.09 | 4853776.33 |
| R49 | abitazione | 672341.80 | 4853685.52 |
| R50 | abitazione | 672235.92 | 4854313.44 |
| R51 | abitazione | 671276.73 | 4854372.38 |
| R52 | abitazione | 671651.87 | 4854158.82 |
| R53 | abitazione | 672879.28 | 4854771.01 |

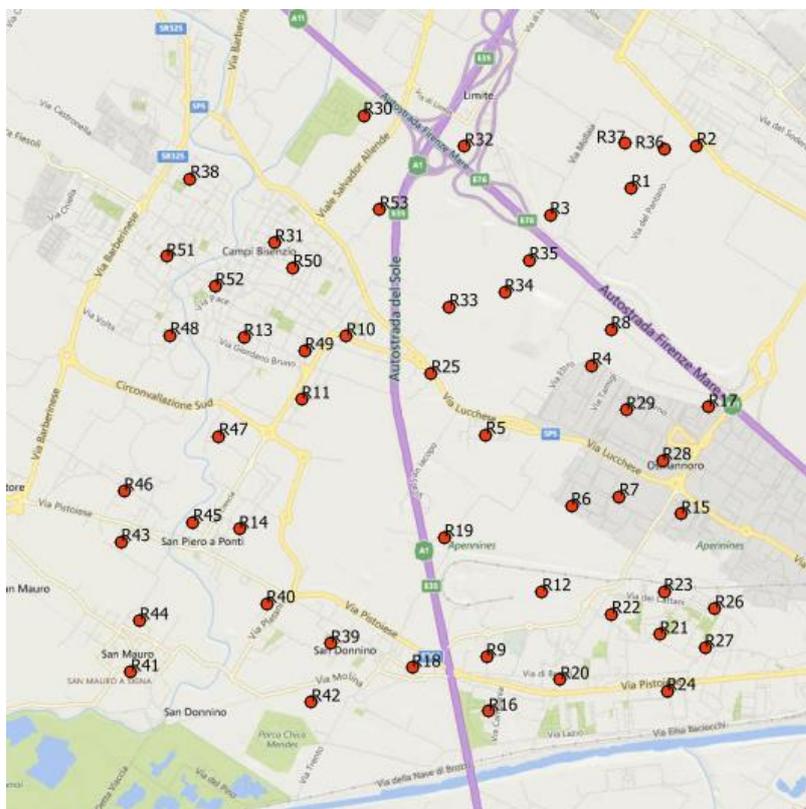


Figura 56 localizzazione dei recettori discreti all'interno del dominio di calcolo

Ricettori discreti – fase di esercizio

I risultati proposti in questo paragrafo riguardano i valori di concentrazione degli inquinanti in aria ambiente stimati dal codice di calcolo CALPUFF per le emissioni derivanti dallo scenario attuale 2019, scenario 2025 tendenziale e scenario 2025 con progetto.

I risultati delle mappe diffusionali relative alla fase di esercizio sono riportati negli elaborati-
Componente atmosfera Mappe diffusionali di esercizio.

Tabella 55 Scenario attuale 2019 – SR2019

| Rec | PM ₁₀ | NO ₂ | | BENZENE | |
|-----|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
| | Media Anno (µg/m ³) | 90.4° delle medie giornaliere (µg/m ³) | Media Anno (µg/m ³) | 99.8° percentile delle medie orarie (µg/m ³) | Media Anno (µg/m ³) |
| R1 | 0.00411 | 0.00657 | 0.04273 | 0.17168 | 0.00026 |
| R2 | 0.06620 | 0.10571 | 0.68797 | 2.76411 | 0.00425 |
| R3 | 1.21779 | 1.94468 | 12.65641 | 50.85060 | 0.07822 |
| R4 | 0.03240 | 0.05174 | 0.33676 | 1.35304 | 0.00208 |
| R5 | 0.03077 | 0.04913 | 0.31976 | 1.28474 | 0.00198 |
| R6 | 0.00028 | 0.00045 | 0.00291 | 0.01167 | 0.00002 |
| R7 | 0.00088 | 0.00141 | 0.00917 | 0.03682 | 0.00006 |
| R8 | 0.59049 | 0.94294 | 6.13688 | 24.65658 | 0.03793 |
| R9 | 0.88575 | 1.41445 | 9.20555 | 36.98581 | 0.05689 |
| R10 | 0.70730 | 1.12948 | 7.35089 | 29.53423 | 0.04543 |
| R11 | 0.12561 | 0.20059 | 1.30550 | 5.24520 | 0.00807 |
| R12 | 0.00385 | 0.00614 | 0.03998 | 0.16062 | 0.00025 |
| R13 | 0.00043 | 0.00068 | 0.00443 | 0.01778 | 0.00003 |
| R14 | 0.04013 | 0.06408 | 0.41707 | 1.67568 | 0.00258 |
| R15 | 0.01241 | 0.01982 | 0.12899 | 0.51823 | 0.00080 |
| R16 | 1.07415 | 1.71529 | 11.16353 | 44.85253 | 0.06899 |
| R17 | 1.07944 | 1.72374 | 11.21850 | 45.07338 | 0.06933 |
| R18 | 1.03396 | 1.65112 | 10.74587 | 43.17449 | 0.06641 |
| R19 | 2.97701 | 4.75394 | 30.95487 | 114.75362 | 0.19130 |
| R20 | 0.01166 | 0.01862 | 0.12118 | 0.48688 | 0.00075 |
| R21 | < 0.00001 | < 0.00001 | 0.00002 | 0.00009 | < 0.00001 |
| R22 | 0.00017 | 0.00027 | 0.00178 | 0.00717 | 0.00001 |
| R23 | 0.00001 | 0.00002 | 0.00015 | 0.00059 | < 0.00001 |
| R24 | 0.04558 | 0.07279 | 0.47374 | 1.90336 | 0.00293 |
| R25 | 1.42135 | 2.26974 | 14.77202 | 59.35065 | 0.09129 |



Comune
di Firenze

PROGETTO DEFINITIVO PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI
COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

| Rec | PM ₁₀ | NO ₂ | BENZENE | | |
|-----|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
| | Media Anno (µg/m ³) | 90.4° delle medie giornaliere (µg/m ³) | Media Anno (µg/m ³) | 99.8° percentile delle medie orarie (µg/m ³) | Media Anno (µg/m ³) |
| R26 | < 0.00001 | 0.00001 | 0.00005 | 0.00021 | < 0.00001 |
| R27 | 0.00001 | 0.00002 | 0.00010 | 0.00041 | < 0.00001 |
| R28 | 0.05627 | 0.08986 | 0.58481 | 2.34962 | 0.00361 |
| R29 | 0.02266 | 0.03618 | 0.23547 | 0.94605 | 0.00146 |
| R30 | 0.97827 | 1.56219 | 10.16712 | 40.84920 | 0.06283 |
| R31 | 0.00196 | 0.00313 | 0.02038 | 0.08190 | 0.00013 |
| R32 | 2.35796 | 3.76540 | 24.53076 | 100.09769 | 0.15160 |
| R33 | 0.14700 | 0.23475 | 1.52781 | 6.13839 | 0.00944 |
| R34 | 0.05183 | 0.08276 | 0.53864 | 2.16415 | 0.00333 |
| R35 | 0.97327 | 1.55421 | 10.11515 | 40.64037 | 0.06251 |
| R36 | 0.00010 | 0.00016 | 0.00103 | 0.00414 | 0.00001 |
| R37 | 0.00057 | 0.00092 | 0.00596 | 0.02394 | 0.00004 |
| R38 | 0.00009 | 0.00015 | 0.00096 | 0.00385 | 0.00001 |
| R39 | 0.00298 | 0.00476 | 0.03097 | 0.12444 | 0.00019 |
| R40 | 0.00291 | 0.00465 | 0.03026 | 0.12160 | 0.00019 |
| R41 | 0.00067 | 0.00107 | 0.00696 | 0.02795 | 0.00004 |
| R42 | 0.00094 | 0.00150 | 0.00979 | 0.03935 | 0.00006 |
| R43 | 0.00197 | 0.00315 | 0.02049 | 0.08233 | 0.00013 |
| R44 | 0.00004 | 0.00006 | 0.00042 | 0.00169 | < 0.00001 |
| R45 | 0.00047 | 0.00074 | 0.00484 | 0.01945 | 0.00003 |
| R46 | 0.00001 | 0.00002 | 0.00011 | 0.00045 | < 0.00001 |
| R47 | 0.00004 | 0.00006 | 0.00037 | 0.00148 | < 0.00001 |
| R48 | < 0.00001 | 0.00001 | 0.00004 | 0.00017 | < 0.00001 |
| R49 | 0.02202 | 0.03516 | 0.22886 | 0.91950 | 0.00141 |
| R50 | 0.00705 | 0.01126 | 0.07327 | 0.29439 | 0.00045 |
| R51 | 0.00005 | 0.00007 | 0.00047 | 0.00189 | < 0.00001 |



Comune
di Firenze

PROGETTO DEFINITIVO PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI
COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

| Rec | PM ₁₀ | NO ₂ | BENZENE | | |
|-----|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
| | Media Anno (µg/m ³) | 90.4° delle medie giornaliere (µg/m ³) | Media Anno (µg/m ³) | 99.8° percentile delle medie orarie (µg/m ³) | Media Anno (µg/m ³) |
| R52 | 0.00006 | 0.00009 | 0.00060 | 0.00239 | < 0.00001 |
| R53 | 3.54696 | 5.66410 | 36.44500 | 124.70546 | 0.22523 |

Tabella 56 SCENARIO 2025 tendenziale – SR2025

| Rec | PM ₁₀ | NO ₂ | BENZENE | | |
|-----|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
| | Media Anno (µg/m ³) | 90.4° delle medie giornaliere (µg/m ³) | Media Anno (µg/m ³) | 99.8° percentile delle medie orarie (µg/m ³) | Media Anno (µg/m ³) |
| R1 | 0.00395 | 0.00631 | 0.04105 | 0.16495 | 0.00025 |
| R2 | 0.08168 | 0.13043 | 0.84890 | 3.41067 | 0.00525 |
| R3 | 1.16780 | 1.86485 | 12.13689 | 48.76326 | 0.07501 |
| R4 | 0.03074 | 0.04910 | 0.31953 | 1.28379 | 0.00197 |
| R5 | 0.03285 | 0.05246 | 0.34139 | 1.37165 | 0.00211 |
| R6 | 0.00027 | 0.00044 | 0.00285 | 0.01144 | 0.00002 |
| R7 | 0.00012 | 0.00019 | 0.00122 | 0.00489 | 0.00001 |
| R8 | 0.56671 | 0.90497 | 5.88978 | 23.66378 | 0.03640 |
| R9 | 0.95212 | 1.52043 | 9.89533 | 39.75719 | 0.06115 |
| R10 | 0.42796 | 0.68340 | 4.44774 | 17.87001 | 0.02749 |
| R11 | 0.10304 | 0.16455 | 1.07090 | 4.30264 | 0.00662 |
| R12 | 0.00413 | 0.00660 | 0.04292 | 0.17245 | 0.00027 |
| R13 | 0.00055 | 0.00088 | 0.00574 | 0.02307 | 0.00004 |
| R14 | 0.06307 | 0.10071 | 0.65545 | 2.63346 | 0.00405 |
| R15 | 0.00714 | 0.01141 | 0.07425 | 0.29831 | 0.00046 |
| R16 | 1.15796 | 1.84913 | 12.03456 | 48.35214 | 0.07437 |
| R17 | 0.68543 | 1.09455 | 7.12359 | 28.62098 | 0.04402 |



Comune
di Firenze

PROGETTO DEFINITIVO PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI
COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

| Rec | PM10 | | NO2 | | BENZENE |
|-----|--------------------------|--|--------------------------|--|--------------------------|
| | Media Anno (µg/m3) | 90.4° delle medie giornaliere (µg/m3) | Media Anno (µg/m3) | 99.8° percentile delle medie orarie (µg/m3) | Media Anno (µg/m3) |
| R18 | 1.11833 | 1.78585 | 11.62275 | 46.69757 | 0.07183 |
| R19 | 3.14153 | 5.01666 | 32.62109 | 117.95155 | 0.20160 |
| R20 | 0.01175 | 0.01877 | 0.12213 | 0.49070 | 0.00075 |
| R21 | < 0.00001 | < 0.00001 | 0.00002 | 0.00008 | < 0.00001 |
| R22 | 0.00017 | 0.00027 | 0.00175 | 0.00703 | 0.00001 |
| R23 | < 0.00001 | < 0.00001 | 0.00001 | 0.00005 | < 0.00001 |
| R24 | 0.04435 | 0.07082 | 0.46094 | 1.85196 | 0.00285 |
| R25 | 1.40003 | 2.23569 | 14.55038 | 58.46012 | 0.08992 |
| R26 | < 0.00001 | < 0.00001 | < 0.00001 | 0.00001 | < 0.00001 |
| R27 | 0.00001 | 0.00002 | 0.00010 | 0.00040 | < 0.00001 |
| R28 | 0.00742 | 0.01185 | 0.07715 | 0.30996 | 0.00048 |
| R29 | 0.01844 | 0.02945 | 0.19166 | 0.77006 | 0.00118 |
| R30 | 1.01761 | 1.62500 | 10.57590 | 42.49159 | 0.06536 |
| R31 | 0.00210 | 0.00335 | 0.02183 | 0.08771 | 0.00013 |
| R32 | 2.24838 | 3.59042 | 23.38162 | 97.04261 | 0.14450 |
| R33 | 0.15738 | 0.25131 | 1.63561 | 6.57151 | 0.01011 |
| R34 | 0.04975 | 0.07945 | 0.51708 | 2.07753 | 0.00320 |
| R35 | 0.93029 | 1.48556 | 9.66839 | 38.84540 | 0.05975 |
| R36 | 0.00010 | 0.00015 | 0.00100 | 0.00404 | 0.00001 |
| R37 | 0.00055 | 0.00088 | 0.00570 | 0.02291 | 0.00004 |
| R38 | 0.00007 | 0.00011 | 0.00074 | 0.00296 | < 0.00001 |
| R39 | 0.00319 | 0.00509 | 0.03312 | 0.13309 | 0.00020 |
| R40 | 0.00253 | 0.00404 | 0.02632 | 0.10574 | 0.00016 |
| R41 | 0.00084 | 0.00135 | 0.00876 | 0.03520 | 0.00005 |
| R42 | 0.00106 | 0.00169 | 0.01097 | 0.04406 | 0.00007 |
| R43 | 0.00187 | 0.00298 | 0.01941 | 0.07800 | 0.00012 |

| Rec | PM10 | | NO2 | | BENZENE |
|-----|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
| | Media Anno (µg/m ³) | 90.4° delle medie giornaliere (µg/m ³) | Media Anno (µg/m ³) | 99.8° percentile delle medie orarie (µg/m ³) | Media Anno (µg/m ³) |
| R44 | 0.00004 | 0.00006 | 0.00040 | 0.00160 | < 0.00001 |
| R45 | 0.00060 | 0.00096 | 0.00622 | 0.02500 | 0.00004 |
| R46 | 0.00001 | 0.00002 | 0.00010 | 0.00042 | < 0.00001 |
| R47 | 0.00015 | 0.00023 | 0.00151 | 0.00608 | 0.00001 |
| R48 | < 0.00001 | 0.00001 | 0.00004 | 0.00018 | < 0.00001 |
| R49 | 0.01953 | 0.03120 | 0.20303 | 0.81571 | 0.00125 |
| R50 | 0.00763 | 0.01219 | 0.07932 | 0.31870 | 0.00049 |
| R51 | 0.00005 | 0.00008 | 0.00051 | 0.00204 | < 0.00001 |
| R52 | 0.00008 | 0.00012 | 0.00081 | 0.00325 | 0.00001 |
| R53 | 3.75161 | 5.99090 | 38.25248 | 127.55154 | 0.23640 |

Tabella 57 SCENARIO 2025 con progetto CBa2025

| Rec. | PM ₁₀ | | NO ₂ | | BENZENE |
|------|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
| | Media Anno (µg/m ³) | 90.4° delle medie giornaliere (µg/m ³) | Media Anno (µg/m ³) | 99.8° percentile delle medie orarie (µg/m ³) | Media Anno (µg/m ³) |
| R1 | 0.00401 | 0.00640 | 0.04165 | 0.16735 | 0.00026 |
| R2 | 0.07802 | 0.12460 | 0.81090 | 3.25801 | 0.00501 |
| R3 | 1.18543 | 1.89300 | 12.32012 | 49.49945 | 0.07614 |
| R4 | 0.03109 | 0.04964 | 0.32310 | 1.29814 | 0.00200 |
| R5 | 0.03245 | 0.05183 | 0.33729 | 1.35516 | 0.00208 |
| R6 | 0.00027 | 0.00043 | 0.00283 | 0.01135 | 0.00002 |
| R7 | 0.00012 | 0.00019 | 0.00122 | 0.00489 | 0.00001 |
| R8 | 0.57327 | 0.91545 | 5.95798 | 23.93783 | 0.03682 |
| R9 | 0.94585 | 1.51041 | 9.83011 | 39.49517 | 0.06075 |

| Rec. | PM ₁₀ | NO ₂ | | BENZENE | |
|------|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
| | Media Anno (µg/m ³) | 90.4° delle medie giornaliere (µg/m ³) | Media Anno (µg/m ³) | 99.8° percentile delle medie orarie (µg/m ³) | Media Anno (µg/m ³) |
| R10 | 0.41056 | 0.65562 | 4.26695 | 17.14364 | 0.02637 |
| R11 | 0.09236 | 0.14749 | 0.95988 | 3.85659 | 0.00593 |
| R12 | 0.00410 | 0.00655 | 0.04264 | 0.17130 | 0.00026 |
| R13 | 0.00059 | 0.00094 | 0.00612 | 0.02458 | 0.00004 |
| R14 | 0.06863 | 0.10960 | 0.71330 | 2.86588 | 0.00441 |
| R15 | 0.00683 | 0.01091 | 0.07097 | 0.28516 | 0.00044 |
| R16 | 1.15005 | 1.83649 | 11.95233 | 48.02178 | 0.07387 |
| R17 | 0.68775 | 1.09826 | 7.14774 | 28.71799 | 0.04417 |
| R18 | 1.11362 | 1.77832 | 11.57375 | 46.50072 | 0.07153 |
| R19 | 3.13551 | 5.00706 | 32.55122 | 117.83944 | 0.20117 |
| R20 | 0.01162 | 0.01855 | 0.12072 | 0.48501 | 0.00075 |
| R21 | < 0.00001 | < 0.00001 | 0.00002 | 0.00008 | < 0.00001 |
| R22 | 0.00016 | 0.00026 | 0.00171 | 0.00686 | 0.00001 |
| R23 | < 0.00001 | < 0.00001 | 0.00001 | 0.00005 | < 0.00001 |
| R24 | 0.04203 | 0.06712 | 0.43682 | 1.75503 | 0.00270 |
| R25 | 1.36449 | 2.17893 | 14.18100 | 56.97606 | 0.08764 |
| R26 | < 0.00001 | < 0.00001 | < 0.00001 | 0.00001 | < 0.00001 |
| R27 | 0.00001 | 0.00001 | 0.00009 | 0.00038 | < 0.00001 |
| R28 | 0.00742 | 0.01185 | 0.07714 | 0.30991 | 0.00048 |
| R29 | 0.01860 | 0.02970 | 0.19329 | 0.77659 | 0.00119 |
| R30 | 1.01075 | 1.61405 | 10.50462 | 42.20518 | 0.06492 |
| R31 | 0.00207 | 0.00330 | 0.02148 | 0.08630 | 0.00013 |
| R32 | 2.25573 | 3.60215 | 23.45752 | 97.25203 | 0.14497 |
| R33 | 0.15586 | 0.24889 | 1.61984 | 6.50813 | 0.01001 |
| R34 | 0.05038 | 0.08044 | 0.52355 | 2.10349 | 0.00324 |
| R35 | 0.94298 | 1.50583 | 9.80029 | 39.37535 | 0.06057 |

| Rec. | PM ₁₀ | NO ₂ | | BENZENE | |
|------|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
| | Media Anno (µg/m ³) | 90.4° delle medie giornaliere (µg/m ³) | Media Anno (µg/m ³) | 99.8° percentile delle medie orarie (µg/m ³) | Media Anno (µg/m ³) |
| R36 | 0.00010 | 0.00015 | 0.00101 | 0.00405 | 0.00001 |
| R37 | 0.00056 | 0.00089 | 0.00578 | 0.02323 | 0.00004 |
| R38 | 0.00007 | 0.00011 | 0.00072 | 0.00289 | < 0.00001 |
| R39 | 0.00312 | 0.00498 | 0.03239 | 0.13014 | 0.00020 |
| R40 | 0.00305 | 0.00487 | 0.03167 | 0.12725 | 0.00020 |
| R41 | 0.00091 | 0.00145 | 0.00946 | 0.03800 | 0.00006 |
| R42 | 0.00101 | 0.00162 | 0.01054 | 0.04234 | 0.00007 |
| R43 | 0.00198 | 0.00316 | 0.02056 | 0.08259 | 0.00013 |
| R44 | 0.00004 | 0.00007 | 0.00046 | 0.00186 | < 0.00001 |
| R45 | 0.00058 | 0.00093 | 0.00606 | 0.02434 | 0.00004 |
| R46 | 0.00001 | 0.00002 | 0.00011 | 0.00044 | < 0.00001 |
| R47 | 0.00017 | 0.00028 | 0.00181 | 0.00726 | 0.00001 |
| R48 | < 0.00001 | 0.00001 | 0.00004 | 0.00018 | < 0.00001 |
| R49 | 0.01856 | 0.02964 | 0.19293 | 0.77515 | 0.00119 |
| R50 | 0.00751 | 0.01200 | 0.07810 | 0.31379 | 0.00048 |
| R51 | 0.00005 | 0.00008 | 0.00050 | 0.00202 | < 0.00001 |
| R52 | 0.00008 | 0.00013 | 0.00082 | 0.00331 | 0.00001 |
| R53 | 3.72117 | 5.94229 | 37.99342 | 127.15062 | 0.23480 |

Conclusioni Fase di esercizio

Le curve di isoconcentrazione prodotte rappresentano esclusivamente il contributo sull'atmosfera legato alle attività di cantiere e agli archi viari considerati, e non tengono conto del livello di qualità dell'aria ante operam, per l'estensione di Campi Bisenzio.

Nella seguente tabella sono descritte le concentrazioni stimate ai ricettori per le simulazioni eseguite per la fase di esercizio secondo gli standard di qualità dell'aria.

Come si desume dalle tabelle sottostanti lo scenario 2025 con progetto riporta valori di concentrazione inferiori rispetto allo scenario 2025 senza progetto. Tali risultati sono perfettamente coerenti con gli obiettivi del presente progetto, e conformi con quanto risulta dallo studio trasportistico; su tutta la rete urbana, si registra infatti un effetto di diminuzione della pressione veicolare.

ESERCIZIO

Tabella 58 Biossido di azoto (NO₂) espresso in [µg/m³]

| Valore massimo tra i recettori | PREVISIONE MODELLISTICA | | Stazione ARPAT QA Urbane traffico 2018 - NO ₂ | |
|---|-------------------------|---|---|--|
| | Media Annuale | 99.8° percentile della media oraria | Media Annuale (V.L.40 µg/m ³) | N° medie orarie >200 µg/m ³ (V.L.18 µg/m ³) |
| SR2019 SCENARIO 2019 | 36.44500 | 124.70546 | 8 – 60 | 0 |
| SR2025 SCENARIO 2025 SENZA PROGETTO | 38.25248 | 127.55154 | | |
| CBa2025 SCENARIO 2025 SENZA PROGETTO | 37.99342 | 127.15062 | | |

Tabella 59 Particolato (PM₁₀) espresso in [µg/m³]

| Valore massimo tra i recettori | PREVISIONE MODELLISTICA | | Stazione ARPAT QA Urbane traffico 2019 PM10 | |
|--------------------------------|-------------------------|--|---|--|
| | Media annuale | 90.4° percentile della media giornaliera | Media annuale (V.L.40 µg/m ³) | N° medie giornaliere > 50µg/m ³ (V.L.35) |
| SR2019 SCENARIO 2019 | 3.54696 | 5.66410 | 18-30 | 2-22 |
| SR2025 | 3.75161 | 5.99090 | | |

| Valore massimo tra i recettori | PREVISIONE MODELLISTICA | | Stazione ARPAT QA Urbane traffico 2019 PM10 | |
|---|-------------------------|---|--|--|
| | Media annuale | 90.4° percentile della media giornaliera | Media annuale (V.L.40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) | N° medie giornaliere > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (V.L.35) |
| SCENARIO 2025 SENZA PROGETTO | | | | |
| CBa2025 SCENARIO 2025 SENZA PROGETTO | 3.72117 | 5.94229 | | |

Tabella 60 Benzene (C_6H_6 espresso in $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$)

| Valore massimo tra i recettori | PREVISIONE MODELLISTICA | Stazione ARPAT QA Urbane traffico 2019 BENZENE |
|---|-------------------------|---|
| | Media annuale | Media annuale (V.L.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
| SR2019 SCENARIO 2019 | 0.22523 | 1.3 - 2.5 |
| SR2025 SCENARIO 2025 SENZA PROGETTO | 0.23640 | |
| CBa2025 SCENARIO 2025 SENZA PROGETTO | 0.23480 | |

Al fine di esplicitare in modo più approfondito i risultati delle simulazioni dello scenario 2025 con e senza progetto, si riporta di seguito una tabella di raffronto. Tale tabella riporta il valore percentuale di riduzione delle emissioni tra i due scenari analizzati.

**Tabella 61 % = (2025_con progetto (CBa2025) -2025 senza progetto (SR2025)) / 2025 senza progetto
(SR2025)**

| Recettore | RAFFRONTO SCENARI |
|-----------|-------------------|
| | Media anno |
| R1 | 1.5% |
| R2 | -4.5% |
| R3 | 1.5% |
| R4 | 1.1% |
| R5 | -1.2% |
| R6 | -0.8% |
| R7 | 0.0% |
| R8 | 1.2% |
| R9 | -0.7% |
| R10 | -4.1% |
| R11 | -10.4% |
| R12 | -0.7% |
| R13 | 6.5% |
| R14 | 8.8% |
| R15 | -4.4% |
| R16 | -0.7% |
| R17 | 0.3% |
| R18 | -0.4% |
| R19 | -0.2% |
| R20 | -1.2% |
| R21 | 0.0% |
| R22 | -2.4% |
| R23 | 0.0% |
| R24 | -5.2% |
| R25 | -2.5% |
| R26 | 0.0% |
| R27 | -4.3% |

| Recettore | RAFFRONTO SCENARI |
|-----------|-------------------|
| | Media anno |
| R28 | 0.0% |
| R29 | 0.8% |
| R30 | -0.7% |
| R31 | -1.6% |
| R32 | 0.3% |
| R33 | -1.0% |
| R34 | 1.2% |
| R35 | 1.4% |
| R36 | 0.2% |
| R37 | 1.4% |
| R38 | -2.3% |
| R39 | -2.2% |
| R40 | 20.3% |
| R41 | 8.0% |
| R42 | -3.9% |
| R43 | 5.9% |
| R44 | 16.1% |
| R45 | -2.6% |
| R46 | 4.1% |
| R47 | 19.4% |
| R48 | 0.0% |
| R49 | -5.0% |
| R50 | -1.5% |
| R51 | -0.8% |
| R52 | 1.9% |
| R53 | -0.7% |

7.6 VEGETAZIONE, FLORA E FAUNA

L'analisi della componente *vegetazione, flora e fauna* ha lo scopo di definire lo stato dell'ambiente in cui si inserisce la nuova infrastruttura al fine di individuare le interferenze connesse con la progettazione. La presente sezione è volta all'individuazione delle tematiche che rivestono un ruolo centrale nel rapporto *Opera – Vegetazione, Flora e Fauna*.

7.6.1 Caratterizzazione dello stato attuale

Con il termine *Piana fiorentina* si indica tutta quella vasta pianura in riva destra dell'Arno che da Firenze si estende fino a Prato e Pistoia. L'area interessata dall'intervento si caratterizza per la presenza di alcune zone oggetto di tutela ambientale. Si tratta di un territorio di pianura formato in prevalenza da una tessitura diffusa e compatta di appezzamenti, con una fitta rete di fossetti e scoline dei campi, segno di uno sfruttamento legato a pratiche agricole di tipo tradizionale. Negli ultimi decenni il paesaggio è stato notevolmente modificato a causa della fortissima pressione antropica dell'area metropolitana.

Nell'ambito della piana sono ancora presenti, seppur isolati dalle infrastrutture lineari e dagli insediamenti, *vaste aree agricole che ospitano alcuni elementi di interesse ecologico* legati all'habitat tipico della pianura alluvionale: si tratta delle **zone umide**, le quali già dal 1946 fanno parte di un diffuso sistema di aree progettate e gestite per la conservazione della biodiversità attraverso l'azione del WWF in accordo con le amministrazioni pubbliche e altri enti competenti sul territorio. Vi sono, inoltre, alcuni *elementi interessanti anche dal punto di vista storico-agricolo con una notevole valenza ecologica*: le **siepi campestri**. All'interno delle aree agricole sono comunque anche presenti delle situazioni in grado di mettere a rischio la conservazione della biodiversità; diversi appezzamenti allagati sono ad esempio impiegati a scopo venatorio che, sia per l'attività specifica che vi viene svolta sia per la gestione ambientale (disseccamento e

lavorazione dei terreni durante il periodo di nidificazione ad esempio), dal punto di vista ecologico vengono considerati “*non-habitat*” in quanto assumono la funzione di trappola ecologica: ossia i cambiamenti ambientali inducono gli organismi a preferire di stabilirsi in questi habitat, di scarsa qualità, in quanto mancano input ambientali affidabili. All’interno di questo sistema discontinuo si è instaurata una vegetazione anch’essa discontinua, sia di carattere arboreo che igrofilo. Infatti, nonostante lo scarso valore naturalistico dei suoi vari elementi, presi singolarmente, *l’importanza ecologica dell’area va inquadrata in un contesto di rete ecologica, i cui nodi primari, secondari e potenziali concorrono a formare un’unica unità funzionale molto importante per la riproduzione e la migrazione degli uccelli*. Per questo è stata inserita nella rete europea delle **I.B.A.** (*Important Bird Areas*) e riveste un ruolo di importanza nazionale per lo svernamento di Tuffetto (*Tachybaptus ruficollis*), Airone guardabuoi (*Bubulcus ibis*), Sgarza ciuffetto (*Ardeola ralloides*), Gallinella d’acqua (*Gallinula chloropus*) e di importanza regionale per l’Airone cenerino (*Ardea cinerea*).

Per quanto riguarda la *vegetazione*, recenti indagini paleoambientali, evidenziano la presenza di un paesaggio vegetale formato da boschi planiziali mesoigrofili, che sembra essere stato presente fino al XV secolo. Le specie che formavano lo strato arboreo erano rappresentate dalla farnia, dal frassino a foglie strette, dall’ontano, da numerosi salici, dal carpino bianco, dall’olmo, dall’alno nero, dall’acero campestre e da molte altre specie meno appariscenti. Di questa originaria formazione rimangono oggi lembi sparsi lungo la direttrice Firenze-Prato-Pistoia come: il “Parco delle Cascine” di Firenze, il bosco delle “Cascine di Tavola” a Prato, il “Bosco della Magia” a Quarrata, oltre a nuclei puntiformi di pochi alberi. Tali ricerche hanno inoltre messo in evidenza che le specie erbacee erano rappresentate da piante igrofile appartenenti alle seguenti famiglie: *Typhaceae*, *Alismataceae*, *Potamogetonaceae*, *Lemnaceae*, *Juncaceae*, *Cyperaceae*, *Rubiaceae*, ecc.

Numerose zone di questa pianura sono divenute, nel tempo, anche SIR (Sito di Importanza Regionale) e rientrando anche nella **Rete Natura 2000** come **ZSC** (Zona Speciale di Conservazione) e **ZPS** (Zona di Protezione Speciale) "**Stagni della Piana Fiorentina e pratese**" con codice **IT5140011**. Il sistema è comunque sottoposto a differenti regimi di tutela (ANPIL "Stagni di Focognano", ANPIL "Podere La Querciola", SIR/SIC/ZPS "Stagni della Piana Fiorentina e Pratese", ANPIL "Cascine di Tavola").

La ZSC/ZPS "Stagni della Piana Fiorentina e Pratese" è una vasta area protetta di 1902 ha; ha la particolarità di essere composto da un insieme di porzioni fra loro separate anche da notevoli distanze, risultando frammentato e distribuito sul territorio.



Figura 57. In verde la ZSC/ZPS IT5140011 "Stagni della Piana Fiorentina e Pratese". In rosso l'intervento in esame

Facendo riferimento alle direttive comunitarie per la Rete Natura 2000, si segnalano:

- 12 habitat, ai sensi dell'allegato I della Direttiva "Habitat";

- complessivamente 70 specie di uccelli, di cui 36 soggette al massimo livello di protezione dalla Direttiva Uccelli (allegato I);
- 16 specie animali di interesse comunitario, di cui 7 definite prioritarie (allegato II della Direttiva Habitat).

La copertura del suolo della ZPS/ZSC risulta prevalentemente occupata da terreni agricoli, seguite da ambienti boschivi e macchie prevalentemente di carattere igrofilo o mesofilo. Non trascurabili e fortemente interessanti sono gli ambienti umidi, sia di acqua ferma che di acqua corrente, che ricoprono circa un quinto del Sito. I centri urbani e le altre aree a uso antropico risultano comunque consistenti nel sito.

Sebbene il Sito Natura 2000 non presenti **alcuna specie vegetale** inserita in Direttiva Habitat si riscontrano comunque un buon numero di specie di elevato valore floristico per lo più legati ad ambienti acquatici o palustri. La regressione sul territorio nazionale ed europeo di questi habitat rende sempre più rare e meritevoli di conservazione le specie legate più o meno esclusivamente a questi ambienti.

Sono segnalate all'interno del Sito Natura 2000 un ampio numero di **invertebrati** legati per lo più agli ambienti umidi e alla presenza d'acqua.

Nonostante la percentuale coperta da superfici d'acqua, ferme o correnti, superi il 20% del Sito Natura 2000 l'unica **specie ittica** riportata è lo spinarello. La crisi dell'ittiofauna autoctona d'acqua dolce che colpisce l'intero territorio nazionale e dovuta principalmente alla riduzione delle aree umide, all'immissione di specie esotiche, e al peggioramento della qualità delle acque, può essere la causa dell'assenza di un consistente numero di specie autoctone di interesse naturalistico.

L'area occupata dal Sito risulta particolarmente adatta alla presenza di **anfibi**. Difatti, essendo l'acqua un elemento necessario almeno nel periodo larvale alla totalità delle specie di anfibi italiani, la possibilità di trovare numerosi tipi di habitat allagati

permanentemente o periodicamente, la ZSC/ZPS è usata frequentemente come area riproduttiva da diverse specie.

La **componente avifaunistica** del Sito Natura 2000 si presenta molto ricca e complessa, per lo più composta da specie legate ad ambienti umidi, ma con presenza di numerosi migratori di passo e specie legate ad agroecosistemi di buona qualità.

Importante è anche la presenza di varie specie di rapaci diurni, sia di passo che stanziali, che frequentano sia le aree lacustri che le campagne circostanti.

Nel formulario standard del Sito sono riportate 5 differenti specie di **chiroteri**, elencate come specie di interesse conservazionistico a livello comunitario. Difatti queste specie, che occupano una nicchia ecologica molto peculiare, godono di maggiore interesse conservazionistico rispetto alla comune teriofauna più o meno generalista che frequenta le campagne e i boschi della Regione. È inoltre segnalata la presenza della talpa europea insettivora difficile da contattare a causa delle sue abitudini fossorie.

Il progetto della Linea attraversa aree interne alla ZSC/ZPS "**Stagni della Piana Fiorentina e pratese**" IT5140011, ed esattamente nel punto compreso tra Via Pistoiese e Via Liberto Roti; tale interferenza di tipo "diretto" andrà a comportare una sottrazione nel parco periurbano derivato da una cassa idraulica, denominato casse d'espansione di San Donnino, e nelle aree agricole limitrofe, nonché nelle aree agricole a Nord Ovest di esso, in località Prunaia. L'estensione dei cantieri all'interno del Sito risulta essere di circa 6,5 ha mentre la realizzazione di opere di compensazione idraulica all'interno del Sito risulta essere di circa 12,5 ha.



Figura 58. Area interessata dalla sottrazione diretta di suolo. In rosso: tracciato di progetto della Linea tramviaria e parcheggi previsti; in verde: la ZSC/ZPS "Stagni della Piana Fiorentina e Pratese"

7.6.2 Identificazione dei potenziali impatti

In linea generale, le principali fonti dei possibili impatti negativi nei confronti della ZPS/ZSC "Stagni della Piana Fiorentina e Pratese" risultano per lo più legate alla diffusa urbanizzazione dell'area. Difatti, la presenza di sentieri, strade e autostrade, rete ferroviaria ed elettrica, nonché l'aeroporto e discariche di inerti vengono segnalate come "impatti elevati" sul Sito Natura 2000. Proprio a causa dell'urbanizzazione risultano elementi di criticità sia *l'inquinamento acustico* che *l'inquinamento luminoso*. Essendo il Sito Natura 2000 rappresentato da molti ambienti umidi anche lo *sfruttamento delle acque freatiche* nonché la *gestione dei corpi idrici* rappresentato fattori di criticità per lo stesso. In aggiunta si segnalano, sempre come elementi di criticità generali del Sito tutelato, gli impatti diretti a carico delle specie più sensibili dovuti a *predazione e competizione con specie esotiche invasive*. Si rinvencono inoltre impatti positivi dovuti

alla gestione del livello della falda freatica, alla gestione delle inondazioni e al pascolamento. Premesso ciò, si sottolinea come *nessuno fra i principali elementi di criticità del Sito e dell'habitat 9340 citati dalla DGR 537/2017 è in alcun modo correlato alla realizzazione dell'opera in progetto che è situata esternamente alla ZSC in un'area ad oggi già utilizzata come piazzale interno all'impianto di GNL.*

Si riporta la tabella riassuntiva dei **potenziali impatti individuati** dall'intervento nei confronti della vegetazione, flora e fauna.

| Tipo di incidenza | Impatto potenziale in fase di cantiere | Impatto potenziale in fase di esercizio |
|---|--|--|
| Alterazione di habitat | Trascurabile, previa installazione di reti antipolvere | Trascurabile |
| Emissioni in atmosfera | Trascurabile, previa installazione di reti antipolvere | Positivo |
| Alterazione della qualità dell'acqua | Trascurabile, previa buona gestione delle AMDC (Acque Meteoriche Dilavanti Contaminate) | Assente |
| Disturbo della fauna (impatto visivo) | Potenzialmente significativo | Potenzialmente significativo |
| Disturbo della fauna (impatto acustico) | Non valutato | Trascurabile |
| Disturbo della fauna (perdita di aree di grande importanza per la conservazione delle specie) | Potenzialmente significativo per l'area di San Donnino e le siepi e i filari campestri Trascurabile previa installazione di recinzione anti-intrusione per il Laghetto delle Piagge | Potenzialmente significativo per l'area di San Donnino e le siepi e i filari campestri Trascurabile previa installazione di recinzione anti-intrusione per il Laghetto delle Piagge |
| Abbattimento della fauna (attività di cantiere) | Trascurabile, previa assenza di ristagni d'acqua all'interno del cantiere | Positivo, previa adeguata realizzazione delle casse d'espansione |
| Abbattimento della fauna (esercizio dell'opera) | Assente | Trascurabile, previa installazione di barriere antiattraversamento |
| Abbattimento della fauna (ricerca ordigni bellici) | Trascurabile, previo rispetto delle procedure specificate al par. 2.3.2.5 | Assente |
| Interruzione corridoi ecologici (siepi e filari campestri) | Potenzialmente significativo | Potenzialmente significativo |
| Interruzione corridoi ecologici (zone umide) | Potenzialmente significativo | Potenzialmente significativo |

Figura 59. Potenziali impatti

Non si ravvisano impatti negativi in relazione alle alterazioni degli habitat, all'alterazione della qualità dell'acqua, alle emissioni in atmosfera, al disturbo della fauna derivante dall'impatto acustico in fase di cantiere ed all'abbattimento della fauna.

Viceversa, **impatti potenzialmente significativi** appaiono essere quelli connessi al disturbo della fauna dovuto a disturbo visivo e a perdita di aree di grande importanza per la conservazione delle specie e all'interruzione di corridoi ecologici.

Non sono invece stati valutati impatti in relazione al disturbo della fauna dovuto a impatto acustico in fase di cantiere.

In ragione delle risultanze è stato svolto **un ulteriore approfondimento** nei confronti dei potenziali impatti ritenuti significativi, ossia: *Disturbo alla fauna da impatto visivo, disturbo alla fauna da perdita di aree di grande importanza per la conservazione delle specie, interruzione dei corridoi ecologici.*

- Disturbi alla fauna da impatti visivi: è stato necessario individuare le aree soggette tramite l'analisi della morfologia dell'area e delle strutture di schermatura visiva. Gli ambienti sensibili al disturbo visivo sono prevalentemente le zone umide prossimali all'opera, la cui fauna non gode dell'acclimatazione al passaggio dei mezzi delle aree agricole limitrofe; è necessario verificare se realmente tale tipologia d'impatto sia presente o se risulta schermata da barriere o dalla morfologia del terreno. Delle tre casse d'espansione presenti all'interno dell'area solo la n. 1 presenta un effettivo impatto di tipo visivo. Ciò si può dedurre dal fatto che l'opera si spinga all'interno dell'area depressa mantenendosi a diretto contatto con essa. Per quanto riguarda invece la cassa d'espansione 2 il tracciato non comporta un impatto visivo poiché l'area si presenta depressa mentre la tramvia si pone all'altezza del livello stradale. La cassa d'espansione 3 invece si presenta a distanza tale da non prevedere un impatto visivo.



Figura 60. Dettaglio dell'area di studio con evidenza delle zone depresse (in blu) e delle barriere visive (in giallo) prossime all'opera (in rosso)

Possiamo osservare dal sopralluogo fotografico realizzato in data 07/11/2019 che, a differenza della cassa d'espansione 2 e 3, la n. 1 non presenta alcun tipo d'intervento di qualificazione ecologica. Si presenta infatti come un ambiente prativo che, a causa della posizione depressa, può temporaneamente accumulare acqua in periodi particolarmente piovosi. L'accumulo d'acqua risulta comunque temporalmente limitato, e ciò è dimostrato dall'assenza di specie tipicamente igrofile, e dalla presenza di pochi individui di specie tolleranti l'allagamento. Questo tipo d'ambiente non è particolarmente indicato per la fauna, in quanto si presenta aperto, con scarsa vegetazione e con limitati periodi di allagamento, eccezion fatta per lo sporadico utilizzo dell'area da parte di anfibi riproduttori, fauna però poco sensibile all'impatto visivo. A causa di ciò l'impatto derivante da disturbo visivo è quindi da considerarsi non significativo in quanto va a disturbare un'area per sua costituzione poco adatta ad ospitare popolazioni di fauna sensibile.



Figura 61. Cassa di espansione 1



Figura 62. Cassa di espansione 2



Figura 63. Cassa di espansione 3

- Disturbo della fauna da perdita di aree di grande importanza per la conservazione delle specie: La tipologia d'impatto potenziale stimata è quella ascrivibile alla perdita di aree di nidificazione e di foraggiamento per passeriformi individuate come i complessi di siepi campestri e filari presenti nella matrice agricola della Piana Fiorentina. Le siepi campestri e i complessi di siepi interessati anche solo parzialmente da tracciato dell'opera sono il complesso di siepi n. 160 (Scoccianti, 2009) e le siepi campestre n. 186 (Scoccianti, 2019, in pubblicazione). Il complesso di siepi n. 160, è interessato quasi interamente, ed è composto da un serie di siepi di acero campestre maritate a vite ormai sfuggite alla conformazione iniziale che hanno assunto un aspetto di un giovane bosco diradato. La siepe campestre n. 186 è anch'essa interessata interamente dall'attività di cantiere ed è costituita varie

essenze, fra cui principalmente il prugnolo e olmo minore. Tale siepe presenta evidenti danneggiamenti dovuti ad incendio ma si presenta in ripresa vegetativa. Per quanto riguarda la siepe campestre n. 185, invece, essendo presente all'interno di un'area dedicata alla realizzazione di una cassa d'espansione come misura di compensazione idraulica, non deve essere previsto un suo traslocamento, ma deve essere strutturata morfologicamente la cassa d'espansione in modo da mantenere intatta la siepe. L'impatto derivante da perdita di aree importante per la biologia delle specie sopracitate è quindi da considerarsi potenzialmente significativo poiché si considerano siepi e filari campestri come elementi di chiara importanza per le popolazioni di averla capirosa e averla piccola.

- Interruzione corridoi ecologici: All'interno della fase di screening l'incidenza individuata come potenzialmente significativa è legata alla perdita di aree che possono fungere da punti di appoggio, all'interno della ZPS/ZSC "Stagni della Piana Fiorentina e Pratese". Fra le varie tipologie d'ambiente presenti all'interno o nei pressi del Sito sono state individuate le zone umide e le siepi e filari campestri all'interno degli agroecosistemi. La significatività dell'impatto segue le medesime conclusioni del precedente punto trattato, in quanto la perdita di siepi e filari campestri è considerabile un impatto significativo sia per la perdita di aree importanti per la biologia delle specie sia per l'interruzione di corridoi ecologici. Per quanto riguarda invece il coinvolgimento di zone umide, al fine di valutare l'effettivo impatto dell'opera sono stati analizzati le effettive perdite di suolo all'interno della ZPS/ZSC, andando a valutare le tipologie di ambienti interessate e quantificare le perdite degli stessi.

Dalla tabella sottostante possiamo osservare come ci sia una perdita non significativa di ambienti umidi né di altri ambienti naturali di pregio in quanto gli unici ambienti di pregio interessati per un'estensione inferiore a 0,01 ha. È però necessario ricordare che la

perdita di suolo vegetato, per quanto di limitata valenza ecologica, comporta un impatto sulla funzionalità anche delle aree circostanti.

Tabella 62. Perdita di suolo di ambienti all'interno della ZPS/ZSC

| Tipologia d'ambiente | Perdita di suolo causa tracciato dell'opera (ha)* | Perdita di suolo causa compensazione idraulica (ha)* | Colore in fig. 28 |
|--|---|--|-------------------|
| Rete stradale | 0,73 | - | Grigio |
| Aree agricole | 2,46 | 12,86 | Giallo |
| Parco periurbano con ripiantumazioni | 2,96 | - | Verde chiaro |
| Ambiente prativo depresso | 1,54 | - | Verde scuro |
| Mosaico di vegetazione dei greti ciottolosi o degli argini melmosi | <0,01 | - | Blu |

*le metrature riportate sono estrapolate dai dati di progetto.

In considerazioni di quanto sopra, tale impatto è considerato potenzialmente significativo per quanto riguarda la zona umida delle casse d'espansione di San Donnino, a causa della perdita di suolo vegetato importante per la sua funzionalità ecologica correlata alla zona umida.

Di seguito si riassumono le risultanze delle analisi sopra esposte.

Tabella 63. Valutazione complessiva degli impatti riferiti alle componenti ambientali indagate

| Tipo di incidenza | Impatto potenziale in fase di cantiere | Impatto potenziale in fase d'esercizio |
|---|--|--|
| Disturbo della fauna (impatto visivo) | Non significativo | Non significativo |
| Disturbo della fauna (perdita di aree di grande importanza per la conservazione delle specie) | Potenzialmente significativo limitatamente al complesso di siepi 160 e alle siepi campestri 186 | Potenzialmente significativo limitatamente al complesso di siepi 160 e alle siepi campestri 186 |
| Interruzione corridoi ecologici | Potenzialmente significativo limitatamente alle siepi campestri e alle casse d'espansione di San Donnino | Potenzialmente significativo limitatamente alle siepi campestri e alle casse d'espansione di San Donnino |

7.6.3 Misure di mitigazione

Nella presente sezione sono riportate le misure di mitigazione necessarie per attenuare le valenze degli impatti descritti. Tali misure sono valutate a seconda degli effetti negativi che il progetto può provocare (isolatamente o in congiunzione con altri progetti/piani) in relazione alle singole componenti ambientali interferite, fermo restando il principio di evitare gli effetti il più vicino possibile alla fonte.

Si elencano di seguito le misure proposte, specificando per ciascuna di queste in che modo consenta di scongiurare o mitigare gli effetti negativi previsti per la componente ambientale bersaglio. Per ciascuna misura è dettagliato il modo in cui questa sarà realizzata.

- Mitigazione del disturbo a causa di perdite di aree di grande importanza per la conservazione delle specie: Queste misure servono a mitigare il disturbo determinato dalla perdita di aree di nidificazione, aree di foraggiamento e altre aree importanti per le popolazioni di passeriformi, di cui di particolare rilevanza le popolazioni di averla capirossa e di averla piccola. Tali aree sono identificate con il complesso di siepi campestri 160 e la siepe campestre 185. Questo impatto è stato considerato significativo sia in fase di cantiere che in fase d'esercizio d'opera, poiché vi è un impatto diretto che comporta il coinvolgimento delle suddette siepi. Per evitare la perdita di queste interruzioni del paesaggio agricolo deve essere prevista una traslocazione degli individui che compongono queste siepi. La traslocazione deve prevedere l'individuazione di aree adatte a ospitare le siepi in base alle esigenze edafiche e ambientali delle specie coinvolte, e che presenti un'estensione tale da permettere la traslocazione dell'intera struttura mantenendo le distanze fra gli individui attuali. Sebbene il complesso di siepi 160 si trovi all'esterno del Sito, è necessario scegliere le aree di traslocazione all'interno della ZPS/ZSC poiché esse possano godere di maggiore tutela in futuro, tutela necessaria dato l'importanza

ecologica di tali strutture. È inoltre necessario scegliere aree il più possibile prossime alla posizione iniziale delle siepi, o che comunque possano svolgere la medesima funzione di *stepping stones* all'interno dell'intero sistema frammentato rappresentato dalla ZPS/ZSC "Stagni della Piana Fiorentina e Pratese". Si rimanda alla fase esecutiva della progettazione le specifiche tecniche per effettuare la traslocazione degli individui che compongono le siepi.

- Mitigazione dell'interruzione dei corridoi ecologici: Per mitigare l'impatto dovuto all'interruzione di corridoi ecologici si prevedono due tipi di misure: una per attenuare l'impatto sui complessi di siepi campestri, e una per attenuare l'impatto sulla zona umida delle casse d'espansione di San Donnino. Al fine di mitigare l'impatto sui complessi di siepi campestri si rimanda a quanto già esposto in precedenza, poiché il traslocamento delle siepi campestri tiene conto sia dell'importanza delle siepi come aree importanti per la biologia dei passeriformi, sia dell'importanza delle stesse come *stepping stones* in ambiente agricolo. Al fine di mitigare l'impatto sulla zona umida delle casse d'espansione di San Donnino si prevede invece un intervento di rivalorizzazione ambientale, che vada a compensare la perdita di suolo all'interno della ZPS/ZSC. La direttiva europea (Direttiva 92/43/CEE, art. 6) prevede che le misure di compensazione siano accessibili al proponente solo una volta valutate le possibili alternative (Fase III), qualora fra esse non vi fossero alternative che limitino gli impatti rendendoli non significativi, e solamente in caso l'opera abbia motivi imperativi di rilevante interesse pubblico. In questo documento la seguente misura compensativa viene considerata come equivalente ad una misura di mitigazione, poiché essa s'inserisce in un processo mitigatorio generale. Difatti l'impatto va ad incidere sull'integrità del Sito, andando a inficiare sulla funzionalità dell'area delle casse d'espansione di San Donnino: tale incidenza relativa alla funzionalità dell'area può essere mitigata attraverso azioni e opere che provvedano a migliorare la funzionalità

ecologica dell'area, rendendola più appetibile alla frequentazione da parte della fauna protetta. A livello metodologico, queste misure mirano a mantenere la funzionalità dell'area delle casse di San Donnino. Per questo, la misura proposta risulta ascrivibile ad un'opera di compensazione ambientale in senso lato, pur essendo inquadrata come misura di mitigazione ai sensi della Direttiva Habitat nell'ambito del presente procedimento analitico. Si specifica inoltre che la presenza di opere di compensazione idraulica, ovvero di casse d'espansione, nonostante sia ascrivibile ad una perdita di suolo all'interno del Sito, risulta in realtà un possibile fattore di rivalorizzazione ambientale. Entrambe le casse idrauliche previste all'interno della ZPS/ZSC saranno ubicate in aree attualmente occupate da aree agricole. Il valore ecologico degli ambienti umidi, specialmente in un'area caratterizzata da una ricca avifauna acquatica e dalla presenza di molti anfibi come la ZPS/ZSC "*Stagni della Piana Fiorentina e Pratese*", risulta essere molto maggiore rispetto alle agricole, indipendentemente dalla modalità di coltivazione. Pertanto, la realizzazione di interventi che vadano a migliorare il valore ecologico delle opere di mitigazione idraulica è da intendersi come un intervento di mitigazione degli impatti che insistono sull'area delle casse d'espansione di San Donnino.

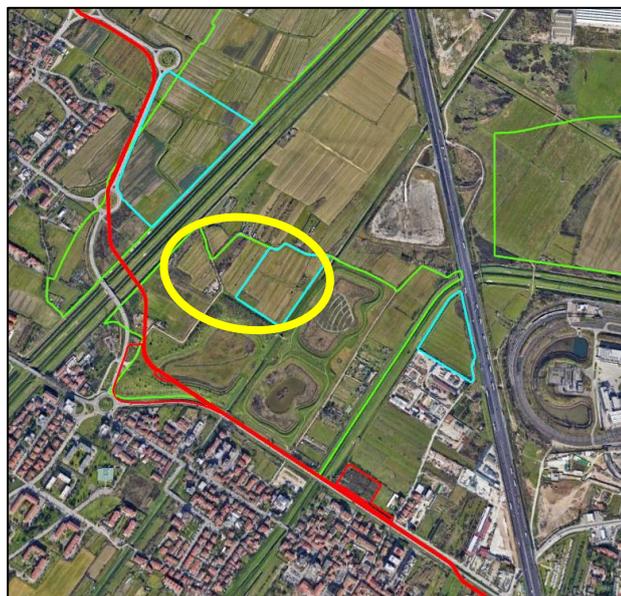


Figura 64. Individuazione dell'area con le migliori caratteristiche per gli interventi di rivalorizzazione ambientale (in giallo). In verde il confine della ZPS/ZSC, in rosso il tracciato dell'opera, in azzurro le opere di compensazione idraulica

L'area che presenta le migliori caratteristiche per interventi di rivalorizzazione ambientale è quella evidenziata in giallo, a Nord Ovest delle casse d'espansione di San Donnino, poiché presenta le seguenti caratteristiche:

- È interna alla ZPS/ZSC "Stagni della Piana Fiorentina e Pratese".
- È contigua alla zona umida delle casse d'espansione di San Donnino.
- Presenta al proprio interno la struttura di valore ecologico rilevante costituita dal complesso di siepi n.140.
- Presenta al proprio interno la nuova cassa d'espansione che è una potenziale struttura di valore ecologico rilevante.

Le tipologie d'interventi che possono portare a una rivalorizzazione ambientale sono svariate e devono essere adeguatamente pianificate in base alle esigenze sito-specifiche. Tali specifiche tecniche vengono demandate alla fase esecutiva della progettazione; di

seguito si riportano, a mero titolo esemplificativo, alcune delle tipologie di intervento potenzialmente applicabili al contesto in esame:

- Progettazione e realizzazione della nuova cassa d'espansione garantendo un valore ecologico rilevante, cercando di privilegiare strutture naturaliformi.
- Recintazione e/o regolamentazione dell'accesso alle aree frequentate dalla fauna.
- Realizzazione di opere a verde al fine di costituire aree appetibili dall'avifauna e dalla fauna terrestre come aree di nidificazione o di foraggiamento.
- Istituzione di percorsi didattici atti a sensibilizzare la popolazione locale sul valore ecologico dell'area.

Si specifica come il calcolo delle metrature di ambienti coinvolti nella perdita di suolo deve essere considerato al fine di valutare l'intensità degli interventi prescritti: non si ritiene tuttavia necessario indicare un vincolo proporzionale fra tali metrature e le superfici da acquisire per la realizzazione di tali interventi. Si sottolinea difatti come il criterio di selezione delle misure di cui sopra è quello di preservare l'attuale funzionalità ecologica della zona umida delle casse di San Donnino: pertanto si ritiene necessaria e sufficiente l'esecuzione di interventi mirati a implementare tale funzionalità anche a piccola scala, in modo da ripristinare i necessari nodi ecologici, in una logica di stepping stones funzionali che, d'altra parte, caratterizza anche altre aree del Sito di particolare interesse conservazionistico.