

**PROVINCIA DI PISA**

**VIABILITA' NORD DI PISA**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**Lotto 10-12**

**Aggiornamento del 15 settembre 2020**

**Relazione Tecnico-illustrativa**

**Componente acustica e studio delle mitigazioni**

## INDICE

AGGIORNAMENTO DEL 15 SETTEMBRE 2020 .....	1
1 <b>PREMESSA</b> .....	3
2 <b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b> .....	5
2.1   Legge Quadro sull'inquinamento acustico 447/95 .....	6
2.2   Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 14 Novembre 1997 .....	6
2.3   Decreto del Presidente della Repubblica 30 Marzo 2004, n. 142 .....	9
2.4   Decreto del Presidente della Repubblica 18 Novembre 1998, n. 459 .....	11
2.5   Decreto del Ministero dell'Ambiente 16 Marzo 1998 .....	11
2.6   Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 31 Marzo 1998 .....	14
2.7   Disposizioni della Regione Toscana - Legge Regionale 89/1998 e relative Norme attuative .....	15
3 <b>ZONIZZAZIONI ACUSTICHE DEI COMUNI INTERESSATI</b> .....	17
4 <b>ANALISI PREVISIONALE E STUDIO DELLE MITIGAZIONI</b> .....	20
4.1   Metodologia di studio .....	20
4.2   Il modello matematico .....	21
4.3   Taratura dello scenario di simulazione sullo stato attuale (ante operam) .....	23
4.3.1 <i>Misure sperimentali di riferimento allo stato attuale</i> .....	23
4.3.2 <i>Modello concettuale per lo scenario allo stato attuale (ante operam)</i> .....	27
4.3.3 <i>Verifica di accuratezza del codice di calcolo</i> .....	35
4.3.4 <i>Simulazioni acustiche per lo scenario attuale</i> .....	36
4.4   Simulazioni per lo scenario di progetto (post operam) .....	40
4.4.1 <i>Modello concettuale per lo scenario di progetto (post operam)</i> .....	40
4.4.2 <i>Previsione degli effetti generati dall'esercizio della nuova infrastruttura stradale</i> .....	49
4.5   Individuazione ed ottimizzazione degli interventi di mitigazione .....	52
4.6   Previsione degli effetti generati dall'esercizio della nuova infrastruttura stradale in configurazione mitigata .....	59
4.7   Ingegnerizzazione dei sistemi di mitigazione .....	63
4.8   Scenario transitorio .....	65
5 <b>VALUTAZIONI ACUSTICHE PRELIMINARI PER LA FASE DI CANTIERE</b> .....	74
5.1   Misure di mitigazione acustica per la fase di cantiere .....	85
ALLEGATO 1 .....	88
ALLEGATO 2 .....	93
ALLEGATO 3 .....	114
ALLEGATO 4 .....	118

## 1 PREMESSA

Come noto, ogni nuovo impianto o opera ed ogni loro eventuale modifica, necessita di una valutazione dell'impatto acustico che esso/a può produrre sui recettori eventualmente interessati dalle emissioni prodotte. In particolare, per il progetto stradale di cui si tratta, è necessario procedere ad una stima previsionale delle potenziali emissioni acustiche generate dalla futura infrastruttura in reali condizioni di esercizio a regime, ovvero prodotte dai volumi di traffico che potranno interessare la nuova infrastruttura stessa, come previsti/proiettati al necessario orizzonte temporale, fissato all'anno 2038. L'obiettivo finale del procedimento di studio previsionale delle emissioni acustiche generate dall'esercizio a regime della nuova infrastruttura è ovviamente quello di garantire il rispetto dei limiti di emissione/immissione fissati dalla vigente legislazione e, in particolare, dalle locali classificazioni acustiche comunali, strumento urbanistico di base per la salvaguardia dell'ambiente dall'agente fisico rumore.

La stima previsionale delle emissioni/immissioni viene normalmente effettuata utilizzando codici numerici di simulazione, che tuttavia possono garantire la necessaria affidabilità solo previo un procedimento di taratura su uno scenario reale: le previsioni generate da un codice di simulazione non possono infatti essere considerate attendibili, o comunque sufficientemente accurate, se non si dimostra preventivamente che lo stesso codice è in grado, mediante un opportuno procedimento di taratura, di ricostruire correttamente, ovvero con una accuratezza entro certi limiti, uno scenario caratterizzato sperimentalmente, generalmente costituito dallo stato acustico attuale (ante operam) dell'area di interesse. Il primo punto da affrontare è quindi l'esecuzione di una campagna sperimentale per la caratterizzazione del clima acustico presente, allo stato attuale, entro il territorio limitrofo a quello interessato dal progetto: le misure dovranno essere effettuate in riferimento ad una caratterizzazione allo stato attuale sia delle emissioni prodotte dalla sorgente, nel caso specifico, stradale (misure sorgente-orientate), sia delle immissioni indotte dalla stessa sorgente ai recettori (misure recettore-orientate). I dati ottenuti dovranno quindi poter essere ricostruiti dal codice di calcolo, mediante un opportuno procedimento di taratura, entro adeguati livelli di accuratezza, per i quali si fa normalmente riferimento a quanto indicato nella norma UNI 11143-1:2005 "Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti - Parte 1: Generalità".

Nel caso in cui le previsioni dovessero mostrare superamenti dei valori limite, è infine necessario procedere allo studio delle mitigazioni acustiche che permettano di ridurre a conformità tali superamenti, in modo tale da garantire ai recettori esposti un clima acustico adeguato allo specifico utilizzo degli spazi presenti presso i recettori stessi (residenziale, commerciale, ecc.).

Il presente documento è stato redatto, come previsto dalla vigente normativa (L. 447/95 e D.P.C.M. 31/03/1998), da Dott. Giuseppe Quaglia in qualità di Tecnico Competente in Acustica Ambientale riconosciuto dalla Regione Piemonte con Determinazione Dirigenziale n. 231 del 24 Aprile 2001 ed iscritto all'Elenco Nazionale dei TECNICI Competenti in Acustica, ENTECA. In Allegato 1 si riporta la Determinazione Dirigenziale di cui sopra e l'estratto dell'iscrizione all'ENTECA.

Nel seguito di questo documento, data per scontata la conoscenza sia dell'area geografica complessivamente interessata dal progetto in esame, sia del progetto stesso della nuova infrastruttura stradale di cui si tratta (parzialmente nuova realizzazione e parzialmente riqualificazione in sede storica senza significative variazioni di tracciato), per i quali si può fare riferimento ad altra parte della documentazione di progetto, si provvederà quindi ad illustrare preliminarmente i vincoli legislativi di interesse per la componente acustica dello studio di impatto/mitigazione (§ capitolo 2), comprendendo in essa anche l'analisi degli strumenti urbanistici comunali pertinenti e, in particolare, della zonizzazione acustica del Comune interessato dal progetto (San Giuliano Terme) (§ capitolo 3). Successivamente, nell'ambito delle attività previsionali e di studio delle mitigazioni vere e proprie (§ capitolo 4), dopo una breve presentazione della metodologia di studio adottata (§ paragrafo 4.1) e degli strumenti previsionali utilizzati (codice di simulazione, § paragrafo 4.2), verrà illustrata dapprima una breve sintesi dei risultati dei rilievi sperimentali condotti allo stato attuale (§ paragrafo 4.3.1) e poi la discretizzazione matematica del dominio di interesse, finalizzata alla fase di taratura delle simulazioni sullo stato attuale, come caratterizzato sperimentalmente (modello concettuale allo stato ante operam, § paragrafo 4.3.2), per giungere alla fine alla presentazione sia dei risultati, in termini di accuratezza di simulazione, derivanti da tale fase di taratura (§ paragrafo 4.3.3), sia dei livelli previsti per lo scenario ante operam presso tutti i recettori individuati (§ paragrafo 4.3.4); infine si provvederà ad illustrare la discretizzazione del dominio in esame nella futura configurazione di esercizio del nuovo tratto viario in progetto (modello concettuale allo stato post operam, § paragrafo 4.4.1), ed i risultati inerenti la previsione dei livelli di pressione acustica in condizioni di esercizio della nuova infrastruttura (flussi di traffico previsto al 2038 per l'ora di punta) senza (§ paragrafo 4.4.2) e con (§ paragrafo 4.6) i sistemi di

mitigazione acustica che si ritiene necessario porre in opera (§ paragrafo 4.5) al fine di prevenire non conformità ai limiti di legge ed essenzialmente costituiti da barriere acustiche posizionate a bordo strada. Tali barriere saranno poi sottoposte ad un procedimento di ingegnerizzazione (§ paragrafo 0) per ottimizzarne la realizzazione, eventualmente evitando di porre in opera sistemi potenzialmente eccessivi e/o ridondanti ai fini della protezione acustica dei recettori ed evitare quindi inopportune discontinuità sia planimetriche che in altezza dei vari elementi di barriera.

Tenuto inoltre conto del fatto che il lotto 10-12 di cui si tratta comprende un nodo terminale dell'intera infrastruttura stradale in progetto (nodo 10), e che la prosecuzione della progettazione della tangenziale di Pisa a Nord ed a Ovest di tale nodo terminale, per gli eventuali lotti 5-10 di cui al progetto preliminare, sarà oggetto di altra procedura ed altra attività progettuale, si ritiene opportuno studiare anche uno scenario previsionale supplementare relativo ad uno stato transitorio (§ paragrafo 4.8), ovvero alla situazione trasportistica con completa realizzazione dei lotti infrastrutturali dal nodo 10 al nodo 12, ma senza la prosecuzione dell'opera prima del nodo terminale 10, prevista per un distinto appalto progettuale; in tale situazione transitoria, i flussi di traffico che andrebbero complessivamente ad interessare il nodo 10 della futura nuova tangenziale di Pisa sarebbero chiaramente differenti rispetto a quelli prevedibili per la fase a regime finale, con l'intera infrastruttura realizzata; inoltre i flussi in uscita dal nodo 10 verso Nord e lungo i lotti 5-10, non ancora effettivamente realizzati e/o progettati, verrebbero ridiretti, in uscita dalla città di Pisa, lungo altre direttrici (Via Puccini e S.P. Vicarese). In pratica, tenuto conto che per i tratti compresi tra il nodo 7 ed il nodo 10, la nuova tangenziale costituisce, nell'area ad Ovest del nodo terminale 10, una sorta di variante a Via Puccini ed alla S.P. 2 Vicarese, lungo la quale l'utenza trasportistica certamente porrebbe una preferenza d'utilizzo a causa della maggiore fluidità di scorrimento, lo scenario transitorio si ridurrebbe allo stato trasportistico attuale, mentre la realizzazione del tronco 10-11 della tangenziale si configurerebbe come una variante a Via di Cisanello, il cui utilizzo da parte dell'utenza stradale risulterebbe naturalmente disincentivato per effetto dell'inferiore capacità della stessa. In questo senso lo scenario transitorio risulterebbe quindi molto simile, in riferimento ai flussi di traffico che potranno interessare i tronchi stradali in esame, alla configurazione allo stato attuale.

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Qui di seguito si fornisce un riepilogo schematico della normativa in campo acustico ad oggi vigente a scala nazionale e regionale, mentre nei paragrafi successivi si approfondirà la trattazione di quelle norme di legge che si reputano maggiormente significative per il caso in esame.

### La normativa nazionale

#### *Legge quadro*

- Legge 26 ottobre 1995, n. 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico"

#### *Limiti massimi di esposizione al rumore*

- D.P.C.M. 1 marzo 1991 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno"

#### *Valori limite delle sorgenti sonore*

- D.P.C.M. 14/11/1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"

#### *Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico*

- D.M. 16/3/1998 "Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico"

#### *Rumore da traffico ferroviario*

- D.P.R. 18/11/1998, n. 459 "Regolamento recante norme in esecuzione dell'art. 11 della legge 26 ottobre 1995 n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario"

#### *Infrastrutture di trasporto*

- D.M. 29/11/2000 "Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore"
- D.M. 23/11/2001 "Modifiche all'allegato 2 del decreto ministeriale 29 novembre 2000 - Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore, in G.U. n. 288 del 12/12/2001."

#### *Rumore da traffico veicolare*

- D.P.R. 30/03/2004, n. 142 "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante da traffico veicolare, a norma dell'art. 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447"

#### *Rumore aeroportuale*

- D.M. 31/10/1997 "Metodologia di misura del rumore aeroportuale"
- D.P.R. 11/12/1997, n. 496 "Regolamento recante norme per la riduzione dell'inquinamento acustico prodotto dagli aeromobili civili"
- D.M. 20/5/1999 "Criteri per la progettazione dei sistemi di monitoraggio per il controllo dei livelli di inquinamento acustico in prossimità degli aeroporti nonché criteri per la classificazione degli aeroporti in relazione al livello di inquinamento acustico"
- D.P.R. 9/11/99, n. 476 "Regolamento recante modificazioni al decreto del Presidente della Repubblica 11 dicembre 1997, n.496, concernente il divieto di voli notturni"
- D.M. 3/12/99 "Procedure antirumore e zone di rispetto negli aeroporti"

#### *Luoghi di intrattenimento danzante e di pubblico spettacolo*

- D.P.C.M. 18/9/1997 "Determinazione dei requisiti delle sorgenti sonore nei luoghi di intrattenimento danzante"
- D.P.C.M. 19/12/1997 "Proroga dei termini per l'acquisizione delle apparecchiature di controllo e registrazione nei luoghi di intrattenimento danzante e di pubblico spettacolo di cui al decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 18 settembre 1997"
- D.P.C.M. 16/4/1999, n. 215 "Regolamento recante norme per la determinazione dei requisiti acustici delle sorgenti sonore nei luoghi di intrattenimento danzante e di pubblico spettacolo e nei pubblici esercizi"

#### *Impianti a ciclo continuo*

- D.M. 11/12/1996 "Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo"

#### *Requisiti acustici passivi degli edifici*

- D.P.C.M. 5/12/1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici"

#### *Tecnico competente in acustica*

- D.P.C.M. 31/3/1998 "Atto di indirizzo e coordinamento recante criteri generali per l'esercizio dell'attività del tecnico competente in acustica, ai sensi dell'art. 3 comma 1 lettera b) e dell'art. 2 commi 6, 7 e 8 della legge 26 ottobre 1995 n. 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico"

### La normativa regionale

- Legge Regionale 1 dicembre 1998, n. 89 "Norme in materia di inquinamento acustico"
- Delibera C.R. 22 febbraio 2000, n. 77 "Definizione dei criteri e degli indirizzi della pianificazione degli enti locali ai sensi dell'art. 2, della L.R. n. 89/98 "Norme in materia di inquinamento acustico"
- Legge Regionale 29 novembre 2004, n. 67 "Modifiche alla legge regionale 1 dicembre 1998, n. 89 (Norme in materia di inquinamento acustico)"
- Legge Regionale 5 agosto 2011, n. 39 "Modifiche alla legge regionale 1 dicembre 1998, n. 89 (Norme in materia di inquinamento acustico) e alla legge regionale 1 dicembre 1998, n. 88 (Attribuzione agli Enti locali e disciplina generale delle funzioni amministrative e dei compiti in materia di urbanistica e pianificazione territoriale, protezione della natura e dell'ambiente, tutela dell'ambiente dagli inquinamenti e gestione dei rifiuti, risorse idriche e difesa del suolo, energia e risorse geotermiche, opere pubbliche, viabilità e trasporti conferite alla Regione dal D. Lgs. 31 marzo 1998, n. 112)"
- Deliberazione della Giunta Regionale 21 ottobre 2013, n. 856 "Individuazione delle attività di competenza delle Aziende unità sanitarie locali e dell'Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana (ARPAT) in materia di tutela dall'inquinamento acustico ai sensi dell'art. 2, comma 2, lettera b), della Legge Regionale n. 98/98"
- Deliberazione della Giunta Regionale 21 ottobre 2013, n. 857 "Definizione dei criteri per la redazione della documentazione di impatto acustico e della relazione previsionale di clima acustico ai sensi dell'art. 12, comma 2 e 3 della Legge Regionale n. 89/98"
- Decreto del Presidente della Giunta Regionale 8 gennaio 2014, n. 2/R "Regolamento regionale di attuazione ai sensi dell'articolo 2, comma 1, della legge regionale 1 dicembre 1998, n. 89 (Norme in materia di inquinamento acustico)"

## 2.1 Legge Quadro sull'inquinamento acustico 447/95

La "Legge quadro sull'inquinamento acustico" del 26/10/1995 n° 447, pubblicata in Gazzetta Ufficiale del 30/10/1995, n. 254, stabilisce (art.1, comma 1) "i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico", e definisce le competenze, gli impegni e le risorse dell'amministrazione centrale e periferica dello Stato relativamente alla materia in questione.

In particolare, fra gli aspetti esaminati dalla legge quadro e relativi decreti attuativi, quelli di maggiore interesse nel caso presente sono i seguenti:

- 1 L'obbligo di produrre la **documentazione di previsione di impatto acustico**, redatta secondo le indicazioni contenute in apposite leggi regionali, in sede di presentazione delle domande per il rilascio di concessione edilizia e di licenza o autorizzazione all'esercizio per nuovi impianti ed infrastrutture adibiti ad attività produttive, sportive/ricreative e commerciali polifunzionali.
- 2 La determinazione, nel **D.P.C.M. 14/11/1997**, "**Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore**", pubblicato in Gazzetta Ufficiale, Serie Generale n° 280 del 1/12/1997, in attuazione dell'art. 3, comma 1, lettera a) della legge 26 ottobre 1995, n. 447, dei valori limite di **emissione**, dei valori limite di **immissione**, dei valori di **attenzione** e dei valori di **qualità**, di cui all'art. 2, comma 1, lettere e), f), g) ed h); comma 2; comma 3, lettere a) e b), della stessa legge.

## 2.2 Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 14 Novembre 1997

Nel **D.P.C.M. 14/11/1997**, "**Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore**", pubblicato in Gazzetta Ufficiale, Serie Generale n° 280 del 1 Dicembre 1997, in attuazione dell'art. 3, comma 1, lettera a) della legge 26 ottobre 1995, n. 447, vengono fissati i valori limite di **emissione**, i valori limite di **immissione** (distinti in: a) valori limite **assoluti**, determinati con riferimento al livello equivalente di rumore ambientale; b) valori limite **differenziali**, determinati con riferimento alla differenza tra il livello equivalente di rumore ambientale ed il rumore residuo), i valori di **attenzione** ed i valori di **qualità**, di cui all'art. 2, comma 1, lettere e), f), g) ed h); comma 2; comma 3, lettere a) e b), della stessa legge quadro. I valori di cui sopra sono riferiti alle classi di destinazione d'uso del territorio riportate nella **Tabella A** allegata al D.P.C.M. 14/11/1997 ed

adottate dai comuni ai sensi e per gli effetti dell'art. 4, comma 1, lettera a) e dell'art. 6, comma 1, lettera a), della legge 26 ottobre 1995, n. 447.

**TABELLA A: classificazione del territorio comunale**

<p>CLASSE I - aree particolarmente protette: rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione: aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo ed allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc.</p> <p>CLASSE II - aree destinate ad uso prevalentemente residenziale: rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali e artigianali</p> <p>CLASSE III - aree di tipo misto: rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici</p> <p>CLASSE IV - aree di intensa attività umana: rientrano in questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali e uffici, con presenza di attività artigianali; le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie; le aree portuali, le aree con limitata presenza di piccole industrie.</p> <p>CLASSE V - aree prevalentemente industriali: rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.</p> <p>CLASSE VI - aree esclusivamente industriali: rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi</p>
--

I **valori limite di emissione**, definiti all'art. 2, comma 1, lettera e), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, sono riferiti alle sorgenti fisse ed alle sorgenti mobili. I valori limite di emissione delle singole sorgenti fisse di cui all'art. 2, comma 1, lettera c), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, sono quelli indicati nella Tabella B allegata al D.P.C.M. 14/11/1997 e si applicano a tutte le aree del territorio ad esse circostanti, secondo la rispettiva classificazione in zone. I rilevamenti e le verifiche sono effettuati in corrispondenza degli spazi utilizzati da persone e comunità. I valori limite di emissione del rumore delle sorgenti sonore mobili di cui all'art. 2, comma 1, lettera d), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, e dei singoli macchinari costituenti le sorgenti sonore fisse, laddove previsto, sono altresì regolamentati dalle norme di omologazione e certificazione delle stesse.

**TABELLA B: valori limite di emissione - Leq in dB(A)**

Classi di destinazione d'uso del territorio	tempi di riferimento	
	diurno (06.00-22.00)	notturno (22.00-06.00)
I aree particolarmente protette	45	35
II aree prevalentemente residenziali	50	40
III aree di tipo misto	55	45
IV aree di intensa attività umana	60	50
V aree prevalentemente industriali	65	55
VI aree esclusivamente industriali	65	65

I **valori limite assoluti di immissione** come definiti all'art. 2, comma 3, lettera a), della legge 26 ottobre 1995, n. 447 riferiti al rumore immesso nell'ambiente esterno dall'insieme di tutte le sorgenti, sono quelli indicati nella Tabella C allegata al D.P.C.M. 14/11/1997.

**TABELLA C: valori limite assoluti di immissione - Leq in dB (A)**

Classi di destinazione d'uso del territorio	tempi di riferimento	
	Diurno (06.00-22.00)	notturno (22.00-06.00)
I aree particolarmente protette	50	40
II aree prevalentemente residenziali	55	45
III aree di tipo misto	60	50
IV aree di intensa attività umana	65	55
V aree prevalentemente industriali	70	60
VI aree esclusivamente industriali	70	70

I **valori limite differenziali di immissione**, definiti all'art. 2, comma 3, lettera b), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, sono: 5 dB(A) per il periodo diurno e 3 dB(A) per il periodo notturno, all'interno degli ambienti abitativi. Tali valori non si applicano nelle aree classificate nella classe VI della Tabella A allegata al decreto. Le disposizioni di cui sopra non si applicano inoltre nei seguenti casi, in quanto ogni effetto del rumore è da ritenersi trascurabile:

- a. se il rumore misurato a finestre aperte sia inferiore a 50 dB(A) durante il periodo diurno e 40 dB(A) durante il periodo notturno;
- b. se il livello del rumore ambientale misurato a finestre chiuse sia inferiore a 35 dB(A) durante il periodo diurno e 25 dB(A) durante il periodo notturno.

Le disposizioni di cui sopra **non si applicano alla rumorosità prodotta: dalle infrastrutture stradali, ferroviarie, aeroportuali e marittime**; da attività e comportamenti non connessi con esigenze produttive, commerciali e professionali; da servizi e impianti fissi dell'edificio adibiti ad uso comune, limitatamente al disturbo provocato all'interno dello stesso.

I **valori di attenzione**, espressi come livelli continui equivalenti di pressione sonora ponderata "A", riferiti al tempo a lungo termine (TL), sono:

- se riferiti ad un'ora, i valori della Tabella C allegata al D.P.C.M. 14/11/1997, aumentati di 10 dB(A) per il periodo diurno e di 5 dB(A) per il periodo notturno;
- se relativi ai tempi di riferimento, i valori di cui alla Tabella C allegata al D.P.C.M. 14/11/1997.

Il tempo a lungo termine (TL) rappresenta il tempo all'interno del quale si vuole avere la caratterizzazione del territorio dal punto di vista della rumorosità ambientale. La lunghezza di questo intervallo di tempo è correlata alle variazioni dei fattori che influenzano tale rumorosità nel lungo termine. Il valore TL, multiplo intero del periodo di riferimento, è un periodo di tempo prestabilito riguardante i periodi che consentono la valutazione di realtà specifiche locali. Per l'adozione dei piani di risanamento di cui all'art. 7 della legge 26 ottobre 1995, n. 447, è sufficiente il superamento di uno dei due valori di cui ai punti a) o b) precedenti, ad eccezione delle aree esclusivamente industriali in cui i piani di risanamento devono essere adottati in caso di superamento dei valori di cui alla lettera b) precedente.

I valori di attenzione non si applicano alle fasce territoriali di pertinenza delle infrastrutture stradali, ferroviarie, marittime ed aeroportuali.

I **valori di qualità** di cui all'art. 2, comma 1, lettera h), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, sono indicati nella Tabella D allegata al D.P.C.M. 14/11/1997 (Tabella D).

#### TABELLA D: valori di qualità - Leq in dB (A)

Classi di destinazione d'uso del territorio	tempi di riferimento	
	diurno (06.00-22.00)	notturno (22.00-06.00)
I aree particolarmente protette	47	37
II aree prevalentemente residenziali	52	42
III aree di tipo misto	57	47
IV aree di intensa attività umana	62	52
V aree prevalentemente industriali	67	57
VI aree esclusivamente industriali	70	70

In attesa della suddivisione del territorio comunale nelle zone di cui alla Tabella A del D.P.C.M. 14/11/1997, si applicano per le sorgenti sonore fisse i seguenti limiti di accettabilità (D.P.C.M. 1/03/91, Art. 6):

Zonizzazione	tempi di riferimento	
	Limite diurno $L_{eq}(A)$	Limite notturno $L_{eq}(A)$
Tutto il territorio nazionale	70	60
Zona A (DM n.1444/68) (*)	65	55
Zona B (DM n.1444/68) (*)	60	50
Zona esclusivamente industriale	70	70

(\*) zone di cui all'art.2 del D.M. n.1444/68

### 2.3 Decreto del Presidente della Repubblica 30 Marzo 2004, n. 142

In presenza di infrastrutture viarie è inoltre necessario tener presente quanto previsto dal **D.P.R. 30 Marzo 2004, n. 142**, recante **“Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della Legge 26 ottobre 1995, n. 447”**, pubblicato in Gazzetta Ufficiale, Serie Generale n° 127 del 1 Giugno 2004. In esso vengono fissate le ampiezze delle “fasce territoriali di pertinenza acustica” dell'infrastruttura viaria, come determinate all'art. 3, comma 1 e dall'Allegato 1, tabelle 1 e 2. Inoltre, in deroga a quanto previsto dal D.P.C.M. 14/11/1997, si fissano i “Limiti di immissione per infrastrutture stradali di nuova realizzazione” (art. 4, comma 3 ed Allegato 1, tabella 1) ed i “Limiti di immissione per infrastrutture stradali esistenti” (art. 5, comma 5 ed Allegato 1, tabella 2).

**TABELLA 1 STRADE DI NUOVA REALIZZAZIONE**

Allegato 1 (previsto dall'art. 3 comma 1)

Tipo di strada (secondo codice della strada)	Sottotipi ai fini acustici (secondo D.M. 5.11.2001 – Norme funz. e geom. per la costruzione delle strade)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica (m)	Scuole, Ospedali, Case di cura e di riposo		Altri ricettori	
			Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)	Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)
A - Autostrada		250	50	40	65	55
B – Extraurbana principale		250	50	40	65	55
C – Extraurbana secondaria	C1	250	50	40	65	55
	C2	150	50	40	65	55
D – Urbana di scorrimento		100	50	40	65	55
E – Urbana di quartiere		30	Definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al DPCM 14/11/97, e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane così prevista dall'art. 6, comma 1, lettera a), della Legge Quadro n. 447 del 26/10/95.			
F - Locale		30				

**TABELLA 2 STRADE ESISTENTI ED ASSIMILABILI (ampliamenti in sede, affiancamenti e varianti)**

Allegato 1 (previsto dall'art. 3 comma 1)

Tipo di strada (secondo codice della strada)	Sottotipi ai fini acustici (secondo Norma CNR 1980 e direttive PUT)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica (m)	Scuole, Ospedali, Case di cura e di riposo		Altri ricettori	
			Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)	Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)
A - Autostrada		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
B – Extraurbana principale		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
C – Extraurbana secondaria	Ca (strade a carreggiate separate e tipo IV CNR 1980)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
	Cb (tutte le altre strade extraurbane secondarie)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		50 (fascia B)			65	55
D – Urbana di scorrimento	Da (strade a carreggiate separate e	100	50	40	70	60
	Db (tutte le altre strade urbane di scorrimento)	100			65	55
E – Urbana di quartiere		30	Definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al DPCM 14/11/97, e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane così prevista dall'art. 6, comma 1, lettera a), della Legge Quadro n. 447 del 26/10/95.			
F - Locale		30				

## 2.4 Decreto del Presidente della Repubblica 18 Novembre 1998, n. 459

Come per le infrastrutture stradali, anche per quelle ferroviarie esiste una specifica norma di legge, il **Decreto del Presidente della Repubblica 18 Novembre 1998, n. 459**, recante **"Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario"**, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale, Serie generale n. 2, del 4 gennaio 1999. Come per infrastrutture stradali, anche per quelle ferroviarie vengono definite "fasce territoriali di pertinenza delle infrastrutture" (art. 3, comma 1), differenti per tipologia di infrastruttura e velocità di percorrenza dei convogli. La larghezza delle fasce di pertinenza è:

- m 250 per le infrastrutture di cui all'articolo 2, comma 2, lettera a) (ovvero per infrastrutture esistenti, loro varianti ed infrastrutture di nuova realizzazione in affiancamento a quelle esistenti) e per le infrastrutture di nuova realizzazione di cui all'articolo 2, comma 2, lettera b) (ovvero infrastrutture di nuova realizzazione), con velocità di progetto non superiore a 200 km/h. Tale fascia viene suddivisa in due parti: la prima, più vicina all'infrastruttura, della larghezza di m 100, denominata fascia A; la seconda, più distante dall'infrastruttura, della larghezza di m 150, denominata fascia B
- m 250 per le infrastrutture di cui all'articolo 2, comma 2, lettera b) (ovvero infrastrutture di nuova realizzazione), con velocità di progetto superiore a 200 km/h

Per quanto riguarda le **"Infrastrutture di nuova realizzazione con velocità di progetto superiore a 200 km/h"** (art. 4), all'interno della fascia di 250 m, cui all'articolo 3, comma 1, lettera b), i valori limite assoluti di immissione del rumore prodotto da tali infrastrutture sono i seguenti:

- a. 50 dB(A)  $L_{eq}$  diurno, 40 dB(A)  $L_{eq}$  notturno per scuole, ospedali, case di cura e case di riposo; per le scuole vale il solo limite diurno
- b. 65 dB(A)  $L_{eq}$  diurno, 55 dB(A)  $L_{eq}$  notturno per gli altri ricettori

Invece per le **"Infrastrutture esistenti e di nuova realizzazione con velocità di progetto non superiore a 200 km/h"** (art. 5), incluse le varianti e le nuove realizzazioni in affiancamento alle esistenti, all'interno della fascia di 250 m di cui all'articolo 3, comma 1, lettera a), i valori limite assoluti di immissione del rumore prodotto dall'infrastruttura sono i seguenti:

- a. 50 dB(A)  $L_{eq}$  diurno, 40 dB(A)  $L_{eq}$  notturno per scuole, ospedali, case di cura e case di riposo; per le scuole vale il solo limite diurno
- b. 70 dB(A)  $L_{eq}$  diurno, 60 dB(A)  $L_{eq}$  notturno per gli altri ricettori all'interno della fascia A (ampiezza 100 m) di cui all'articolo 3, comma 1, lettera a)
- c. 65 dB(A)  $L_{eq}$  diurno, 55 dB(A)  $L_{eq}$  notturno per gli altri ricettori all'interno della fascia B (ampiezza 150 m) di cui all'articolo 3, comma 1, lettera a)

I valori sopra indicati risultano in deroga a quanto stabilito dal D.P.C.M. 14/11/1997 (art. 2, comma 3), ma, al di fuori delle fasce di pertinenza, restano vincolanti i limiti di immissione fissati dallo stesso D.P.C.M. 14/11/1997 alla Tabella C.

Si tenga tuttavia presente che (art. 4, comma 5 ed art 6, comma 3), qualora i valori fissati dall'art. 4, comma 3 (per le infrastrutture di nuova realizzazione con velocità di progetto superiore a 200 km/h) o dall'art. 5, comma 1 (per le infrastrutture esistenti e di nuova realizzazione con velocità di progetto non superiore a 200 km/h), o, al di fuori delle fasce di pertinenza, i valori stabiliti nella tabella C del D.P.C.M. 14/11/1997, non siano tecnicamente conseguibili, è possibile, qualora se ne evidenzii l'opportunità, procedere ad interventi diretti sui ricettori esposti in modo tale da garantire loro il rispetto dei seguenti limiti:

- 35 dB(A)  $L_{eq}$  notturno per ospedali, case di cura e case di riposo
- 40 dB(A)  $L_{eq}$  notturno per tutti gli altri ricettori
- 45 dB(A)  $L_{eq}$  diurno per le scuole

## 2.5 Decreto del Ministero dell'Ambiente 16 Marzo 1998

L'esecuzione delle misure e dei rilievi sperimentali è regolata dal **Decreto del Ministero dell'Ambiente 16 Marzo 1998, "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico"**, pubblicato in Gazzetta Ufficiale n° 76 del 1 Aprile 1998. Esso, in attuazione dell'art. 3, comma 1 lettera c) della Legge 26 ottobre 1995 n. 447, stabilisce le tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento da rumore definendo le caratteristiche tecniche e tecnologiche della strumentazione da utilizzare per i rilievi (Articolo 2 – Strumentazione di misura) ed i criteri di esecuzione delle misure (Articolo 3 – Modalità di misura del rumore). In particolare, **all'art. 2, comma 1**, si sancisce che il sistema di misura deve soddisfare le specifiche di cui alla **classe 1** delle norme **EN 60651/1994** e **EN 60804/1994**, ivi compresi i vincoli per la determinazione del livello equivalente. La catena di registrazione deve inoltre avere una risposta in

frequenza conforme a quella richiesta per la classe 1 della EN 60651/1994 e una dinamica adeguata al rilievo del fenomeno in esame. Al **comma 2 dell'art.3** del D.M. 16 Marzo 1998, si fissano le caratteristiche di filtri e di microfoni, che devono essere conformi rispettivamente, alle norme **EN 61260/1995** (IEC 1260) e **EN 61094-1/1994**, **EN 61094-2/1993**, **EN 61094-3/1995**, **EN 61094-4/1995**. Prima e dopo ogni ciclo di misura (art. 3, comma 3), la risposta della catena strumentale deve essere controllata con un calibratore di classe 1, secondo la norma **IEC 942/1988**; il rilievo sperimentale è valido solo se le calibrazioni effettuate prima e dopo ogni ciclo di misura, differiscono al massimo di **0,5 dB**. Infine (**art. 3, comma 4**), gli strumenti ed i sistemi di misura devono essere provvisti di **certificato di taratura** e controllati almeno **ogni due anni** per la verifica della conformità alle specifiche tecniche. Il controllo periodico deve essere eseguito presso laboratori accreditati da un servizio di taratura nazionale ai sensi della legge 11 agosto 1991, n. 273. All'**art. 3, comma 1** del D.M. 16 Marzo 1998, rimandando all'**Allegato B**, si definiscono i **criteri e le modalità di esecuzione delle misure**: nell'Allegato si sancisce anzitutto la possibilità di rilevare i livelli continui equivalenti di pressione sonora ponderata "A" nel periodo di riferimento ( $L_{Aeq,TR}$ ) (definito in Allegato A, punto 8) secondo due metodologie distinte:

- per integrazione continua, ovvero ottenendo il valore di  $L_{Aeq,TR}$  misurando il rumore ambientale durante l'intero periodo di riferimento (definito in Allegato A, punto 3), con l'eventuale esclusione degli intervalli in cui si verificano condizioni anomale non rappresentative del clima acustico dell'area in esame;
- con tecnica di campionamento, ovvero calcolando il valore  $L_{Aeq,TR}$  come media dei valori del livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" relativo agli intervalli del tempo di osservazione ( $T_O$ ); (definito in Allegato A, punto 4). Il valore di  $L_{Aeq,TR}$  è quindi dato dalla relazione:

$$L_{Aeq,TR} = 10 \log \left[ \frac{1}{T_R} \sum_{i=1}^n (T_O)_i 10^{\frac{L_{Aeq,(T_O)_i}}{10}} \right] dB(A)$$

La metodologia di misura deve essere orientata alla rilevazione dei valori di  $L_{Aeq,TR}$  rappresentativi del rumore ambientale nel periodo di riferimento, della zona in esame, della tipologia della sorgente e della propagazione dell'emissione sonora. Tutte le misure devono infine essere **arrotondate a 0.5 dB**.

Per quanto riguarda il microfono, esso deve essere del tipo da campo libero ed orientato quindi verso la sorgente di rumore; nel caso in cui la specifica sorgente non sia localizzabile o siano presenti più sorgenti disturbanti deve essere usato un microfono per incidenza casuale. Comunque il microfono deve essere montato su apposito sostegno e collegato al fonometro con cavo di lunghezza tale da consentire agli operatori di porsi alla distanza non inferiore a 3 m dal microfono stesso.

Il posizionamento del microfono deve essere tale che eventuali strutture non mobile non interferiscano con il campo acustico che si intende caratterizzare, ovvero mantenendo una distanza di almeno 1 metro dagli edifici più vicini. Inoltre i rilievi vanno effettuati **collocando il microfono negli spazi fruibili da persone o comunità** ad un'altezza scelta in accordo con la reale o ipotizzata posizione dell'eventuale recettore.

Le misurazioni devono essere eseguite, a norma del punto 7 dell'Allegato B, in assenza di precipitazioni atmosferiche, di nebbia e/o neve; la velocità del vento deve essere non superiore a 5 m/s. Il microfono deve essere comunque munito di cuffia antivento.

Nel corso dei rilievi deve essere verificata anche la presenza di specifiche componenti, ovvero:

- ✓ **Componenti impulsive.** Ai fini del riconoscimento dell'impulsività di un evento, devono essere eseguiti i rilevamenti dei livelli  $L_{Almax}$  e  $L_{ASmax}$  per un tempo di misura adeguato. Il rumore è considerato avente componenti impulsive quando sono verificate le seguenti condizioni:
  - l'evento è ripetitivo;
  - la differenza tra  $L_{Almax}$  ed  $L_{ASmax}$  è superiore a 6 dB;
  - la durata dell'evento a -10 dB dal valore  $L_{AFmax}$  è inferiore a 1 s.

L'evento sonoro impulsivo si considera inoltre ripetitivo quando si verifica almeno 10 volte nell'arco di un'ora nel periodo diurno ed almeno 2 volte nell'arco di un'ora nel periodo notturno. L'accertata presenza di componenti impulsive nel rumore implica che il valore rilevato di  $L_{Aeq,TR}$  debba essere incrementato di un fattore correttivo  $K_1$  così come definito al punto 15 dell'allegato A.

- ✓ **Componenti tonali.** L'individuazione delle componenti tonali (CT) nel rumore va effettuata mediante analisi spettrale per bande normalizzate di 1/3 di ottava. La CT, per essere considerata tale, deve avere caratteristiche di stazionarietà sia nel dominio del tempo che in quello delle frequenze. Se la misura viene effettuata mediante filtri sequenziali, deve essere determinato il minimo di ciascuna banda con costante di tempo Fast, mentre se si utilizzano filtri paralleli, il livello dello spettro stazionario è evidenziato dal livello minimo in ciascuna banda. Per evidenziare CT che si trovano

alla frequenza di incrocio di due filtri ad 1/3 di ottava, possono essere usati filtri con maggiore potere selettivo o frequenze di incrocio alternative. L'analisi deve essere svolta nell'intervallo di frequenza compreso tra 20 Hz e 20 kHz. Si è in presenza di una CT se il livello minimo di una banda supera i livelli minimi delle bande adiacenti per almeno 5 dB. Il fattore di correzione  $K_T$  da applicare al valore rilevato di  $L_{Aeq,TR}$  come definito al punto 15 dell'allegato A, va sommato soltanto nel caso in cui la CT tocca una isofonica eguale o superiore a quella più elevata raggiunta dalle altre componenti dello spettro. In questo caso si fa riferimento alla normativa tecnica ISO 226:1987.

- ✓ **Componenti spettrali in bassa frequenza.** Se l'analisi in frequenza svolta con le modalità di cui al punto precedente, rivela la presenza di CT tali da consentire l'applicazione del fattore correttivo  $K_T$  nell'intervallo di frequenze compreso fra 20 Hz e 200 Hz, si applica anche l'ulteriore correzione  $K_B$  così come definita al punto 15 dell'allegato A, esclusivamente nel tempo di riferimento notturno.

Si tenga presente che i fattori correttivi introdotti per tener conto della presenza di componenti impulsive, tonali o in bassa frequenza sono definiti dall'Allegato A, punto 15 come di seguito illustrato:

- Per la presenza di componenti impulsive  $K_I = 3$  dB
- Per la presenza di componenti tonali  $K_T = 3$  dB
- Per la presenza di componenti in bassa frequenza  $K_B = 3$  dB

Tali correzioni non devono essere applicate al rumore prodotto dalle infrastrutture dei trasporti

A seguito della definizione dei fattori correttivi  $K_I$ ,  $K_T$  e  $K_B$ , il **Livello di rumore corretto ( $L_C$ )** (definito in Allegato A, punto 17) viene determinato, a partire dal livello di rumore ambientale ( $L_A$ ) (definito in Allegato A, punto 11), secondo la seguente relazione:

$$L_C = L_A + K_I + K_T + K_B$$

I criteri e le modalità di misura del **rumore stradale** e del **rumore ferroviario** sono invece indicati nell'**Allegato C** del D.M. 16 Marzo 1998, cui rimanda l'**art. 3, comma 2**.

- **Rilievo del rumore ferroviario.** Oltre che nelle condizioni meteorologiche adeguate (Allegato B, punto 7), le misure devono essere eseguite in condizioni di normale circolazione del traffico ferroviario, con il microfono dotato di cuffia antivento (Allegato B, punto 7), orientato verso la sorgente di rumore (Allegato B, punto 4), posto ad una distanza di 1 m dalle facciate di edifici esposti ai livelli sonori più elevati (Allegato B, punto 6) e ad una quota da terra pari a 4 m. Il misuratore di livello sonoro deve essere predisposto per l'acquisizione dei livelli di pressione sonora con costante di tempo "**Fast**" e consentire la determinazione dell'orario di inizio, del valore del livello di esposizione sonora  $L_{AE}$  e del profilo temporale  $L_{AF}(t)$  dei singoli transiti dei convogli. Per una corretta determinazione dei livelli di esposizione, occorre che i valori di  $L_{AFmax}$  **siano almeno 10 dB(A)** superiori al **livello sonoro residuo**. Il tempo di misura  $T_M$  deve essere **non inferiore a 24 ore**. La determinazione dei valori  $L_{Aeq,TR}$  deve essere effettuata in base alla relazione seguente:

$$L_{Aeq,TR} = 10 \log \sum_{i=1}^n (T_O) 10^{\frac{(L_{AE})_i}{10}} - k$$

- dove
- $T_R$  è il periodo di riferimento diurno o notturno
  - $n$  è il numero di transiti avvenuti nel periodo  $T_R$
  - $k$  = 47.6 dB(A) nel periodo diurno (6.00 – 22.00)  
= 44.6 dB(A) nel periodo notturno (22.00 – 6.00)

Dall'analisi dei profili temporali dei transiti si determinano gli eventi anomali, ovvero caratterizzati dalla presenza di fenomeni accidentali, e si sostituiscono con il valore medio aritmetico di  $L_{AE}$  calcolato su tutti i restanti transiti. Il dato di  $L_{Aeq,TR}$  determinato a partire dai vari  $L_{AE}$  validati, per mezzo della precedente relazione, viene considerato valido solo se il numero di eventi scartati **non supera il 10 %** del totale  $n$  dei transiti rilevati. Qualora il rumore residuo non consenta la corretta determinazione dei valori di  $L_{AE}$  nel punto di misurazione, ovvero se il numero di transiti invalidati è superiore al 10% del numero totale  $n$ , si deve applicare una metodologia basata sulla misurazione in un punto di riferimento  $P_R$  posto in prossimità dell'infrastruttura ferroviaria e in condizioni di campo sonoro libero. Nel punto  $P_R$  le misurazioni devono avvenire su un tempo  $T_M$  **non inferiore a 24 ore** ed i valori di  $L_{AE}$  misurati in  $P_R$  devono essere correlati ai corrispondenti valori misurati nel punto di ricezione per almeno 10 transiti per ognuno dei binari presenti. Per ciascun binario sarà determinata la media aritmetica delle differenze dei valori  $L_{AE}$  misurati in  $P_R$  e nel punto di ricezione. Tale valore medio, per ottenere il corrispondente valore nel punto di ricezione, deve essere sottratto al valore  $L_{Aeq,TR}$  determinato nel punto  $P_R$ . Il livello equivalente continuo complessivo nel punto di ricezione si determina quindi mediante la relazione:

$$L_{Aeq,TR} = 10 \log \left[ \frac{1}{T_R} \sum_{k=1}^m 10^{\frac{(L_{Aeq,TR})_k}{10}} \right] dB(A)$$

essendo m il numero dei binari

- **Rilievo del rumore stradale.** Essendo il traffico stradale un fenomeno avente carattere di casualità o pseudocasualità, il monitoraggio del rumore da esso prodotto deve essere eseguito per un tempo di misura non inferiore ad **una settimana**. In tale periodo deve essere rilevato il **livello continuo equivalente ponderato "A" per ogni ora** su tutto l'arco delle 24 ore. Dai singoli dati di livello continuo orario equivalente ponderato "A" ottenuti, si calcola quindi:
  - a) per ogni giorno della settimana i **livelli equivalenti diurni e notturni**;
  - b) i **valori medi** settimanali diurni e notturni.

Il microfono deve essere posto ad una distanza di 1 m dalle facciate di edifici esposti ai livelli di rumore più elevati e la quota da terra del punto di misura deve essere pari a **4 m**. In assenza di edifici il microfono deve essere posto in corrispondenza della posizione occupata dai recettori. I valori di cui al punto b) devono essere confrontati con i livelli massimi di immissione stabiliti con il regolamento di esecuzione previsto dall'art. 11, comma 1 della Legge 26 ottobre 1997 n. 447, ovvero secondo il **D.P.R. 30 Marzo 2004, n. 142**, recante **"Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della Legge 26 ottobre 1995, n. 447"** di cui al precedente paragrafo 3.4.

Infine, l'**art. 3, comma 3** del D.M. 16 Marzo 1998 richiama l'**Allegato D** per quanto riguarda le **modalità di presentazione dei risultati** delle misure ed i contenuti minimi della relazione di presentazione.

## 2.6 Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 31 Marzo 1998

A norma dell'art. 2, comma 6 della Legge Quadro sull'inquinamento acustico, "... la figura professionale idonea ad effettuare le misurazioni, verificare l'ottemperanza ai valori definiti dalle vigenti norme, redigere i piani di risanamento acustico, svolgere le relative attività di controllo ..." è il **Tecnico Competente in Acustica Ambientale**. La sua attività ed il riconoscimento della qualifica di Tecnico Competente in Acustica Ambientale viene normato dal **Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 31 Marzo 1998**, pubblicato in Gazzetta Ufficiale, Serie Generale n° 120 del 26 Maggio 1998, recante **"Atto di indirizzo e coordinamento recante criteri generali per l'esercizio dell'attività del tecnico competente in acustica, ai sensi dell'art. 3, comma 1, lettera b), e dell'art. 2, commi 6, 7 e 8, della legge 26 ottobre 1995, n. 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico"."**

Appurato che le misure e le verifiche nel campo dell'acustica ambientale devono essere effettuate da un Tecnico Competente, come sancito dalla stessa Legge Quadro 447/95 (art. 2, comma 6), il citato D.P.C.M. 31/03/1998, fissa (art. 1, comma 1), per i soggetti in possesso dei requisiti previsti dall'art. 2, commi 6, 7 e 8 della Legge 447/95, i metodi di presentazione della domanda per lo svolgimento dell'attività di Tecnico Competente ed i soggetti preposti al riconoscimento di tale qualifica, individuati negli **Assessorati preposti all'ambiente delle Regioni** di residenza del richiedente. Le specifiche modalità di presentazione della domanda di riconoscimento (art. 1, comma 2), sono determinate mediante appositi provvedimenti regionali. Gli Assessorati preposti all'ambiente esaminano le richieste avanzate secondo quanto prescritto dall'art. 2 - Esame delle domande del D.P.C.M. 31/03/1998 e rilasciano un'**attestazione** del riconoscimento **valida e riconosciuta da ogni altra Amministrazione Regione** (art. 2, comma 6). Il Tecnico Competente in Acustica Ambientale può quindi operare con pieno titolo anche in Regioni diverse da quella in cui il suo titolo è stato riconosciuto. L'art. 3 del D.P.C.M. 31/03/1998 riconosce inoltre Tecnici Competenti gli operatori presso le strutture pubbliche solo nell'ambito della struttura di appartenenza: se essi volessero esercitare l'attività al di fuori della struttura istituzionale di appartenenza, devono comunque rispettare gli obblighi previsti dall'art. 2, commi 6 e 7 della Legge 447/95 e del D.P.C.M. 31/03/1998. Infine è necessario che l'aspirante Tecnico Competente segua uno specifico percorso formativo di **due** (per laureati) o **quattro** (per diplomati) **anni** presso un altro Tecnico Competente già riconosciuto (art. 4, comma 1) e che quest'ultimo certifichi le capacità acquisite dall'aspirante Tecnico Competente (art. 4, comma 2).

## 2.7 Disposizioni della Regione Toscana - Legge Regionale 89/1998 e relative Norme attuative

In Italia la disciplina dell'inquinamento acustico ambientale fa capo alla Legge 26 ottobre 1995, n. 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico" ed ai relativi regolamenti attuativi. Tale legge definisce le competenze statali, regionali e degli Enti Locali. La Regione Toscana con la Legge Regionale 1 dicembre 1998, n. 89 "Norme in materia di inquinamento acustico", e ss.mm.ii., ha dato attuazione ai disposti della Legge Quadro e con il Decreto del Presidente della Giunta Regionale n. 2/R dell' 8 gennaio 2014 "Regolamento regionale di attuazione ai sensi dell'articolo 2, comma 1, della legge regionale 1 dicembre 1998, n. 89 (Norme in materia di inquinamento acustico)" ha recentemente aggiornato e innovato i criteri e gli indirizzi della pianificazione degli Enti Locali, definiti nella precedente Delibera del Consiglio Regionale n°77 del 22 ottobre 2000, sostituendola ai fini dell'applicazione della stessa legge.

Tra le principali competenze della Regione Toscana, rientrano quelle di definire i criteri tecnici e gli indirizzi ai quali i comuni sono tenuti ad attenersi per la redazione dei Piani Comunali di Classificazione Acustica (PCCA) e Piani Comunali di Risanamento Acustico (PCRA), identificare le priorità temporali degli interventi di bonifica acustica, definire le modalità di redazione della documentazione di valutazione d'impatto acustico e di clima acustico, le modalità di rilascio delle autorizzazioni comunali in deroga per attività temporanee e/o all'aperto. Tale obbligo è stato portato ad adempimento dalla regione con l'emanazione del già citato Decreto del Presidente della Giunta Regionale n. 2/R dell' 8 gennaio 2014 "Regolamento regionale di attuazione ai sensi dell'articolo 2, comma 1, della legge regionale 1 dicembre 1998, n. 89 (Norme in materia di inquinamento acustico)" e della Deliberazione della Giunta Regionale 21 ottobre 2013, n. 857 "Definizione dei criteri per la redazione della documentazione di impatto acustico e della relazione previsionale di clima acustico ai sensi dell'art. 12, comma 2 e 3 della Legge Regionale n. 89/98"

La Regione ha inoltre competenza sui seguenti argomenti:

- approvare, anche per stralci, piani pluriennali per il contenimento delle emissioni sonore prodotte dalle infrastrutture di trasporto: ferrovie, metropolitane, autostrade e strade statali, regionali e provinciali.
- rilasciare le osservazioni sulla conformità dei PCCA e dei PCRA ai criteri regionali;
- intervenire con proprio atto in caso di conflitto di PCCA tra comuni diversi;
- esercitare i poteri sostitutivi qualora i comuni non provvedano all'approvazione dei PCCA o dei PCRA necessari;
- approvare un programma triennale di intervento per la bonifica acustica dei PCRA presentati dai comuni e dei piani di azione presentati dalle province con concessione di contributi sia per attuare l'intervento stesso che per effettuare il monitoraggio;
- verifica dei piani territoriali di coordinamento (PTC), indicando e coordinando gli obiettivi da perseguire nell'ambito del territorio ai fini della tutela ambientale e della prevenzione dall'inquinamento acustico;
- predisporre piani di interventi di contenimento e abbattimento del rumore ai sensi del D.M. 29/11/2000 "Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore" per le strade di propria competenza;
- caratterizzare i dati degli assi stradali principali con traffico medio annuale superiore ai 3 milioni di veicoli e elaborare la mappatura acustica e il relativo piano di azione ai sensi e nei tempi del Decreto Legislativo 194/2005 "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale";
- istituire e gestire l'elenco regionale dei tecnici competenti in acustica ambientale sulla base di quanto dispone la vigente normativa, attuando le procedure per il riconoscimento della figura del tecnico competente;
- individuare gli agglomerati urbani con più di 100.000 abitanti ai sensi del Decreto Legislativo 194/2005;
- rilasciare il contributo istruttorio per verifiche e valutazioni di impatto ambientale;
- svolgere attività di controllo.

La L.R. 89/1998 definisce le competenze in materia di inquinamento acustico anche per gli altri enti pubblici. I Comuni, in particolare, hanno il compito di:

- predisporre, adottare e approvare il piano di classificazione acustica del proprio territorio;
- comunicare alla Giunta Regionale e Provinciale la classificazione acustica già approvata ai sensi del DPCM 1 marzo 1991 adeguandola se non risponde ai nuovi criteri;

- adeguare gli strumenti urbanistici con il piano di classificazione acustica;
- predisporre la relazione biennale sullo stato di inquinamento acustico per i Comuni con più di 50.000 abitanti;
- individuare, approvare e realizzare i piani di risanamento acustico;
- predisporre i piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore ai sensi del D.M. 29/11/2000 per le strade di propria competenza (tale compito rientra in quello di cui al punto precedente);
- per i soli Comuni classificati dalla Regione come agglomerati urbani con più di 100.000 abitanti (Firenze, Livorno e Prato), deve essere effettuata e trasmessa alla Regione la mappa acustica strategica e il relativo piano di azione ai sensi del Decreto Legislativo 194/2005;
- svolgere le attività di controllo.

L' ARPAT ha invece il compito di:

- supporto a Comuni e Regione per i controlli;
- trasmettere i dati delle attività di rilevamento e controllo alle Amministrazioni interessate e alle AUSL competenti per territorio;
- inviare annualmente alla Giunta Regionale una relazione contenente il resoconto delle attività svolte e il quadro conoscitivo del clima acustico rilevato;
- segnalare tempestivamente al Comune, alle Province e alla Giunta Regionale, la presenza di condizioni che determinano l'obbligo di predisposizione del piano comunale di risanamento acustico;
- trasmettere alle Autorità competenti le segnalazioni per l'adozione di eventuali ordinanze contingibili e urgenti;
- rilasciare al comune il parere sui PCCA e sui PCRA (L.R. n. 89/98 art. 5, comma 9).

L' AUSL, da parte sua, ha poi il compito di:

- rilasciare al comune il parere sui PCCA e sui PCRA (L.R. n. 89/98 art. 5, comma 9);
- rilasciare al comune il parere sulle deroghe ai limiti acustici (D.P.G.R. n. 2/R/2014);
- fornire supporto ai Comuni per i controlli.

Vengono infine fissati anche gli obblighi a carico dei soggetti non pubblici. Le imprese esercenti attività produttive o commerciali rumorose al fine del graduale raggiungimento degli obiettivi di qualità fissati dal piano di classificazione acustica, dovranno presentare l'eventuale piano di risanamento acustico entro 6 mesi dalla approvazione del PCCA da parte del Comune.

Le società e gli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture devono:

- predisporre e inviare alla regione i piani di interventi di contenimento e abbattimento del rumore per quanto di competenza ai sensi e nei tempi del D.M. 29/11/2000.
- elaborare predisporre e inviare alla Regione la mappatura acustica e i relativi piani di azione ai sensi e nei tempi del decreto legislativo 194/2005.

### 3 ZONIZZAZIONI ACUSTICHE DEI COMUNI INTERESSATI

In attuazione dell'art. 6, comma 1, lettera a) della Legge 447/95, e dell'art. 4 della Legge Regionale Toscana 1 Dicembre 1998, n. 89, ciascun Comune del territorio toscano deve provvedere all'approvazione della classificazione acustica del territorio di sua competenza secondo le procedure previste nella stessa L.R. 89/98 agli artt. 5, 6 e 7. Secondo quanto sancito dall'art. 2, comma 1 della L.R. 89/98, la Giunta Regionale provvede all'emanazione di un documento recante i criteri tecnici di dettaglio per la redazione della classificazione acustica comunale; tale impegno è stato ottemperato con la pubblicazione del Decreto del Presidente della Giunta Regionale 8 gennaio 2014, n. 2/R, recante "Regolamento regionale di attuazione ai sensi dell'articolo 2, comma 1, della legge regionale 1 dicembre 1998, n. 89 (Norme in materia di inquinamento acustico)"

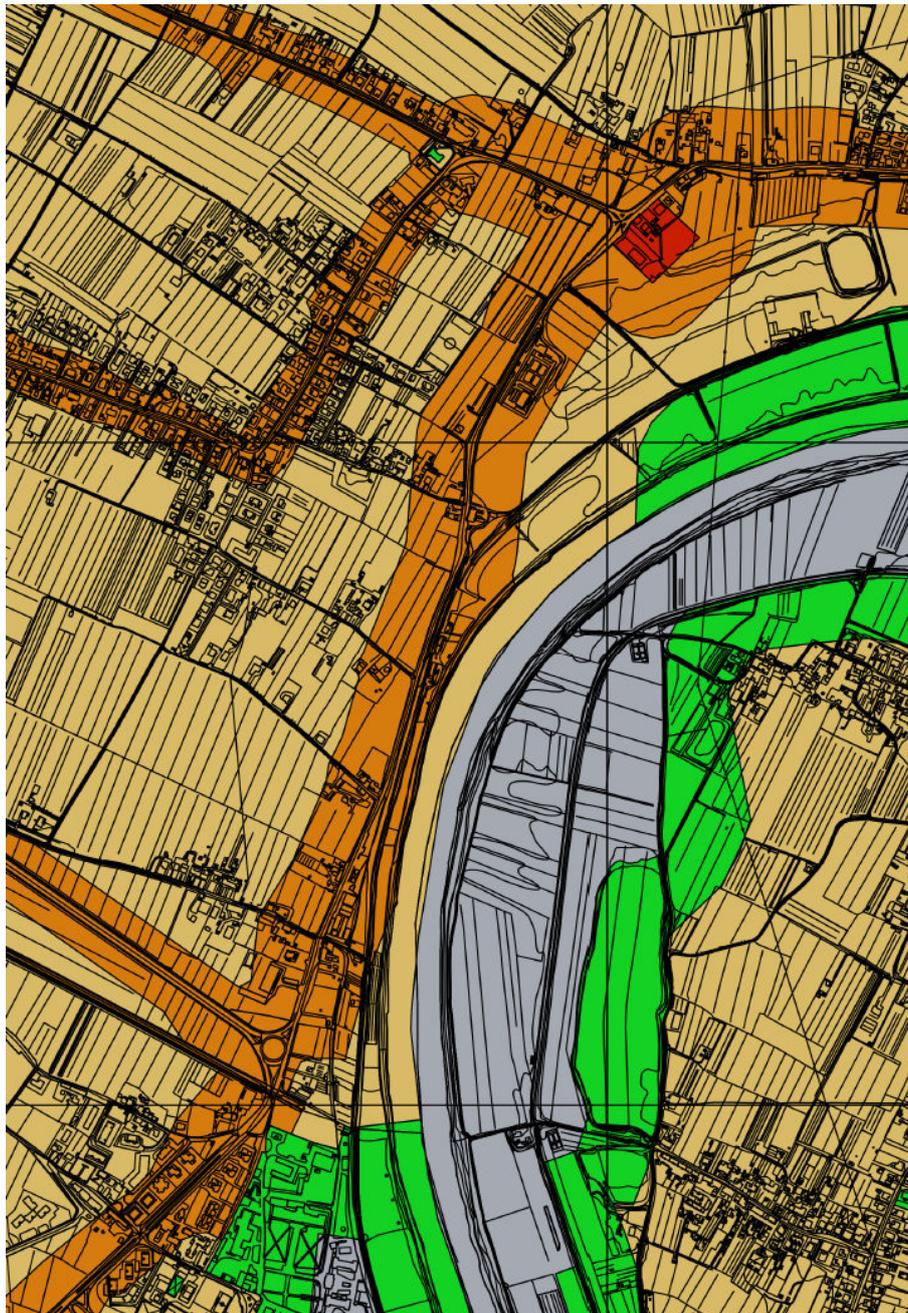
Senza entrare nei dettagli delle metodologie e dei criteri tecnici che ogni Comune deve rispettare per la redazione della classificazione acustica comunale, in questa sede basta sottolineare che la classificazione acustica comunale deve provvedere a suddividere il territorio in zone acustiche omogenee così come individuate dalla tabella A allegata al Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 14 novembre 1997 (Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore) (§ precedente paragrafo 2.2). Inoltre, a ciascuna zona acusticamente omogenea in cui è stato suddiviso il territorio comunale devono essere assegnati i valori limite di emissione, di immissione, i valori di attenzione, i valori di qualità stabiliti dal Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 14 novembre 1997 e dalle disposizioni statali emanate in attuazione della legge 447/95 (§ precedente paragrafo 2.2).

Nel caso del Comune di San Giuliano Terme, interessato dal progetto in esame, la zonizzazione acustica del territorio di loro competenza è già stata predisposta, adottata ed approvata definitivamente con Deliberazione del Consiglio Comunale n. 65 del 1 Agosto 2005. La redazione della zonizzazione è stata condotta facendo riferimento alla normativa nazionale, ai criteri individuati dal Decreto del Presidente della Giunta Regionale 8 gennaio 2014, n. 2/R, alle norme generali della L.R. 1 Dicembre 1998, n. 89 ed alle linee guida pubblicate dall'A.N.P.A.. La seguente Figura 1 mostra un estratto della zonizzazione acustica di San Giuliano Terme relativa all'area immediatamente circostante quella di interesse. La mappa è stata prodotta utilizzando le coperture GIS distribuite pubblicamente e gratuitamente dalla Regione Toscana, disponibili all'indirizzo <http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/cartoteca.html>, presso il portale cartografico regionale denominato "Geoscopio".

Per le aree che saranno impegnate per la realizzazione del nuovo tracciato stradale, o per la riqualificazione dell'esistente (Via di Cisanello), che costituiranno il lotto dal nodo 10 al nodo 12 della circonvallazione Nord-Est di Pisa, la vigente zonizzazione acustica comunale di San Giuliano Terme prevede l'assegnazione in classe IV (aree di intensa attività umana) e III (aree miste): nel tronco compreso tra i nodi 10 e 11 il nuovo tracciato correrà circa in corrispondenza del limite tra classe III, ad Ovest dello stesso, e classe IV, ad Est, mentre tra i nodi 11 e 12 la nuova infrastruttura si raccorderà, riqualificandolo, all'originario tracciato di Via di Cisanello, attraversando aree già oggi in classe IV. Per la tipologia di aree citate i limiti assoluti di immissione acustica risultano fissati, rispettivamente per i periodi diurno e notturno, a 65/60 dB(A) (rispettivamente classe IV e III) e 55/50 dB(A) (rispettivamente classe IV e III). I limiti di emissione sono 5 dB(A) inferiori a quelli di emissione.

Si osservi che, nelle vicinanze dell'area di interesse, ad Est dell'alveo dell'Arno, è presente una zona di particolare protezione acustica (classe I), costituita dalla golenale dell'Arno. Tale area è tuttavia sufficientemente lontana dall'area di progetto da permettere di escludere un suo significativo interessamento nell'ambito dello studio di impatto acustico relativo all'infrastruttura di cui si tratta.

In prossimità del tracciato della nuova infrastruttura stradale di cui si tratta, o di Via di Cisanello, oggetto di riqualificazione, non sono presenti ulteriori aree soggette ad elevata protezione acustica (classe I o classe II), a meno della zona a Sud del nodo 12, anch'essa già sufficientemente lontana dall'area di progetto.



**Figura 1 Estratto della zonizzazione acustica comunale di San Giuliano Terme per l'area immediatamente circostante quella di interesse**

A norma del D.P.R. 142/2004 (§ precedente paragrafo 2.3), i limiti fissati dalle vigenti zonizzazioni acustiche comunali devono essere ritenuti applicabili solo per sorgenti non connesse alle infrastrutture stradali: secondo quanto riportato nella Tabella 1 dell'Allegato 1, relativa a strade di nuova realizzazione, per infrastrutture di tipo C1 – strade extraurbane secondarie (secondo D.M. 5.11.2001), come appunto il tronco in progetto tra i nodi 10 e 11, entro una fascia di 250 m dal ciglio stradale i limiti assoluti di immissione per il solo rumore di origine stradale, in assenza di recettori sensibili, possono infatti essere fissati, rispettivamente per i periodi diurno e notturno, a 65 e 55 dB(A). Nel caso fossero invece presenti recettori sensibili, si dovrebbero rispettare limiti pari a 50 e 40 dB(A), sempre per i due periodi di riferimento diurno e notturno. In pratica i limiti di immissione per il rumore derivante dall'esercizio di infrastrutture stradali coincidono numericamente con quanto fissato dalle norme di zonizzazione per le aree di classe IV che, come visto, circondano in parte il futuro sedime del tronco stradale in progetto.

Per quanto riguarda invece il tracciato di Via di Cisanello, oggetto di parziale riqualificazione in sede nel tronco tra i nodi 11 e 12, e delle Vie Puccini (S.P. 2), Lazzeri, Selmi, Grandi e Alfieri, che intersecano l'infrastruttura in progetto al nodo 10 (Via Puccini/S.P. 2) e lungo i tracciati nuovo (Via Lazzeri) e riqualificato (Vie Selmi, Grandi e Alfieri), esse possono certamente essere classificate come strade esistenti di tipo Cb (strada extraurbana secondaria a carreggiate non separate) o E (strada urbana di quartiere), a seconda dei casi. Per comodità, ed a maggior tutela dei possibili recettori, i limiti assoluti di immissione da sorgenti stradali entro le relative fasce di pertinenza, fissati dal D.P.R. 142/2004, saranno individuati nei valori più restrittivi tra quelli riferiti alle due citate tipologie, ovvero quelli riferiti a strade urbane di quartiere (tipo E): in questo caso, in assenza di recettori sensibili, entro una fascia di pertinenza acustica di ampiezza pari a 30 m, i limiti di legge risultano definiti conformemente a quanto previsto dalla vigente zonizzazione acustica comunale, ovvero, per le zone inserite in classe III (aree miste), 50/60 dB(A), rispettivamente per il periodo notturno e diurno, e per quelle inserite in classe IV (aree di intensa attività umana), 55/65 dB(A), sempre per i periodi notturno/diurno.

Lo studio condotto tiene nella debita considerazione i vincoli fissati dalla vigente classificazione acustica comunale, in quanto, a seguito della sua approvazione definitiva, avvenuta con Deliberazione del Consiglio Comunale n. 65 del 1 Agosto 2005, essa costituisce un vigente strumento urbanistico.

## 4 ANALISI PREVISIONALE E STUDIO DELLE MITIGAZIONI

Una volta chiarito il contesto legislativo generale in cui ci si trova ad operare nell'ambito del progetto in esame e, in particolare, i vincoli fissati dalla vigente zonizzazione acustica comunale di San Giuliano Terme e dai relativi apparati legislativi accessori (D.P.R. 142/2004), è possibile passare all'analisi vera e propria dell'impatto che si prevede produca la nuova infrastruttura stradale in progetto sui recettori ad essa limitrofi e le eventuali variazioni del clima acustico indotte dalla realizzazione dell'opera sui recettori originariamente interessati dalle emissioni degli attuali tracciati di Via di Cisanello e delle vie ad essa afferenti (in particolare Via Puccini/S.P. 2).

Nel seguito si presenterà quindi inizialmente la metodologia generale di analisi adottata per il presente studio (§ successivo paragrafo 4.1), con la successiva descrizione degli strumenti previsionali utilizzati, essenzialmente costituiti da un codice numerico di simulazione (§ seguente paragrafo 4.2); a seguire (§ paragrafo 4.3) verranno presentati i risultati del procedimento di taratura delle simulazioni sugli attuali tracciati di Via di Cisanello e sulle vie ad essa afferenti (in particolare la S.P. 2), in configurazione ante operam, per poi passare (§ paragrafo 4.4 (scenario non mitigato) e 4.6 (scenario mitigato)) ai risultati ottenuti per la configurazione post operam della nuova viabilità entro l'intera area in esame, anche in termini di ottimizzazione dei sistemi di mitigazione acustica (barriere a bordo strada) che si dovesse rendere necessario adottare (§ paragrafo 4.5). Infine, si procederà a perfezionare la progettazione planimetrica e di altezza dei singoli elementi di barriera precedentemente ottimizzati (§ paragrafo 0) al fine di evitare la realizzazione di sistemi di mitigazione eccessivamente ridondanti per la protezione di recettori solo lievemente/marginalmente esposti e, contemporaneamente, evitare possibili inutili discontinuità planimetriche nel posizionamento delle barriere stesse, che certamente possono ridurre l'efficacia complessiva del progetto di mitigazione. Da ultimo, si verificherà in dettaglio il rispetto dei limiti di legge per lo scenario realizzativo transitorio della tangenziale Nord-Est di Pisa (§ paragrafo 4.8), ovvero per la configurazione viabilistica in assenza dei lotti 5-10, previsti nell'ambito di una prossima fase progettuale.

### 4.1 Metodologia di studio

Per permettere un'ottimizzazione degli interventi di mitigazione che si dovessero rendere necessari per ridurre a conformità eventuali superamenti dei limiti di legge, è necessario preliminarmente individuare, se ve ne sono, quelle aree dove si prevede possano avvenire tali superamenti. Questo obiettivo è reso possibile utilizzando procedimenti di simulazione matematica con opportuni codici numerici di calcolo, che tuttavia devono essere preliminarmente tarati su di uno scenario reale, meglio se caratterizzato sperimentalmente. Di conseguenza, la prima operazione da effettuare è lo sviluppo di uno scenario di simulazione, ante operam, per il quale siano stati sperimentalmente caratterizzati sia i livelli di pressione acustica indotti in specifici punti di monitoraggio (punti sorgente-orientati, in prossimità delle sorgenti emmissive, e recettore-orientati, in corrispondenza dei recettori interessati dalle emissioni), sia le caratteristiche emmissive generali delle sorgenti che influenzano il clima acustico nei punti monitorati (nel caso in esame, per gli attuali tracciati di Via di Cisanello e della S.P. 2 (Via Puccini), i passaggi di automezzi leggeri e pesanti). Il codice di calcolo previsionale, sulla base dei dati emissivi generali delle sorgenti utilizzate (strutture stradali), dovrà essere tarato in modo tale da poter ricostruire i livelli misurati mediante tuning dei parametri di simulazione, ovvero dei parametri di caratterizzazione specifica della sorgente simulata (ricostruzione dei livelli ai punti di monitoraggio sorgente-orientati) e di propagazione delle emissioni verso i recettori (ricostruzione dei livelli ai punti di monitoraggio recettore-orientati). Questa procedura preliminare e la conseguente valutazione dell'accuratezza delle simulazioni, verrà presentata nel paragrafo 4.3.3, a valle della fase di discretizzazione del dominio allo stato attuale, ovvero ante operam, con i tracciati originari della viabilità che intersecherà la futura tangenziale Nord-Est di Pisa tra i nodi 10 e 12 (§ paragrafo 4.3.2). Infine, nel paragrafo 4.3.4, saranno presentati i risultati della previsione dei livelli di pressione acustica in configurazione ante operam per tutto il dominio di interesse.

Utilizzando, per il codice di simulazione, le stesse impostazioni di taratura precedentemente messe a punto per la viabilità attuale, a parte la predisposizione del modello concettuale per la configurazione post operam (§ paragrafo 4.4.1), si provvederà poi alla realizzazione della mappatura previsionale dei livelli di pressione acustica generati, entro tutta l'area limitrofa all'opera in progetto, dalle emissioni prodotte dall'esercizio della nuova infrastruttura stradale nelle sue effettive future condizioni di carico di traffico autoveicolare, come previsto, per l'ora di punta del mattino (tra le 7.00 e le 9.00), all'orizzonte temporale di riferimento del 2038 (§

paragrafo 4.4.2). Contestualmente sarà anche possibile valutare le variazioni dei livelli di pressione acustica indotti sui recettori posti lungo Via di Cisanello e lungo la S.P. 2 (Via Puccini).

Una volta chiarito il quadro immissivo complessivo dell'area di interesse, si può quindi passare alla definizione preliminare dei punti ove risulta necessario prevedere interventi di mitigazione (§ paragrafo 4.5). In questa fase si provvederà al virtuale posizionamento preliminare (traccia al suolo) delle barriere acustiche a protezione dei recettori ove, nella precedente fase, si sono rilevati superamenti dei limiti di legge, per passare poi alla progettazione effettiva delle barriere stesse ed alla loro ottimizzazione, in termini di posizionamento ed altezze specifiche tratto per tratto. Alla fine di questo procedimento sarà possibile definire in dettaglio i tronchi ove tali barriere devono essere posizionate e le relative altezze tratto per tratto, per raggiungere i prefissati obiettivi di protezione dei recettori, espressi in termini di massimo livello di pressione acustica da raggiungere.

Infine si procederà alla discretizzazione ed all'inserimento nel modello concettuale per lo scenario di simulazione post operam delle strutture di mitigazione (barriere acustiche a bordo strada e/o ulteriori altri interventi) al fine di permettere una successiva nuova esecuzione del calcolo previsionale di mappatura dei livelli previsti in configurazione mitigata dell'infrastruttura stradale in progetto, in modo da verificare la reale efficacia ed ottimizzazione dei previsti interventi di mitigazione (§ paragrafo 4.6).

Sempre con la stessa configurazione, sarà poi anche necessario sviluppare un ulteriore scenario di simulazione per la cosiddetta "fase transitoria" (§ paragrafo 4.8), ovvero quella di esercizio della tangenziale Nord-Est di Pisa in configurazione parziale, senza i lotti di collegamento tra il nodo 5 ed il nodo 10, che saranno oggetto di una progettazione distinta da quella degli attuali lotti. Per tale scenario, i flussi di traffico che andrebbero complessivamente ad interessare il nodo 10 della futura nuova tangenziale di Pisa sarebbero chiaramente differenti rispetto a quelli prevedibili per la fase a regime finale, con l'intera infrastruttura realizzata; inoltre i flussi in uscita dal nodo 10 verso Nord ed Ovest e lungo i lotti 5-10, non ancora effettivamente realizzati e/o progettati, verrebbero ridiretti in uscita dalla città di Pisa, lungo altre direttrici (Via Puccini e S.P. Vicarese).

Tutto il procedimento avverrà attraverso l'utilizzo di un codice matematico di tipo Ray-Tracing per la simulazione previsionale dei livelli di pressione acustica che utilizza in input i livelli emissivi delle sorgenti di interesse, determinati a loro volta sulla base dei flussi di traffico attuali, per il tracciato di Via di Cisanello e della S.P. 2 (Via Puccini), nello scenario ante operam, e previsti al 2038, nell'ora di punta, per la nuova configurazione viabilistica dell'intera area di interesse (scenario post operam).

## 4.2 Il modello matematico

Il modello matematico di calcolo utilizzato per l'analisi previsionale è SoundPlan versione 8.2. Tale modello implementa diversi standard di calcolo per i vari settori dell'acustica (stradale, ferroviaria, industriale, ecc.). Per gli scopi del presente studio si è fatto riferimento agli standard internazionali per la trattazione del rumore generato da sorgenti stradali, ovvero la norma NMPB 96 e successive modifiche ed integrazioni. Tale norma è adottata ad interim anche in riferimento al territorio dello stato italiano. L'implementazione in SoundPlan 8.2 di tale norma è basata sulla formulazione descritta nel seguito.

Il livello di pressione acustica al recettore  $L_{eq}$  risulta dalla somma delle varie componenti spettrali che lo compongono, oppure può essere considerato significativo utilizzare un'unica frequenza giudicata caratteristica per le specifiche sorgenti considerate (generalmente 500 Hz).

Per la singola frequenza (o per la frequenza di 500 Hz) il livello di pressione acustica al recettore viene calcolato secondo la seguente formulazione:

$$L_s = [ L_w + D_l + K_0 ] - [ D_s + \Sigma D ]$$

dove:

- $L_s$  è il livello di pressione acustica per singola frequenza
- $L_w$  è il livello di potenza acustica emessa dalla sorgente
- $D_l$  è il fattore di direzionalità della sorgente
- $K_0$  è il modello sferico, determinato dalla seguente relazione

$$K_0 = 10 * \text{Log} (4 * \pi / \Omega) \quad \text{espresso in dB(A)}$$

Si tenga presente che:

$K_0 = 0$ dB(A)	nel caso di propagazione sferica
$K_0 = + 3$ dB(A)	nel caso di propagazione emisferica su piano
$K_0 = + 6$ dB(A)	nel caso di propagazione su quarto di sfera
$K_0 = + 9$ dB(A)	nel caso di propagazione su ottavo di sfera

- $D_s$  rende conto della dispersione acustica delle sorgenti puntuali in funzione della distanza ed è determinato secondo la seguente formulazione:

$$D_s = 20 * \text{Log} ( r ) + 11 \text{ dB(A)}$$

con  $r$  = distanza dalla sorgente al recettore

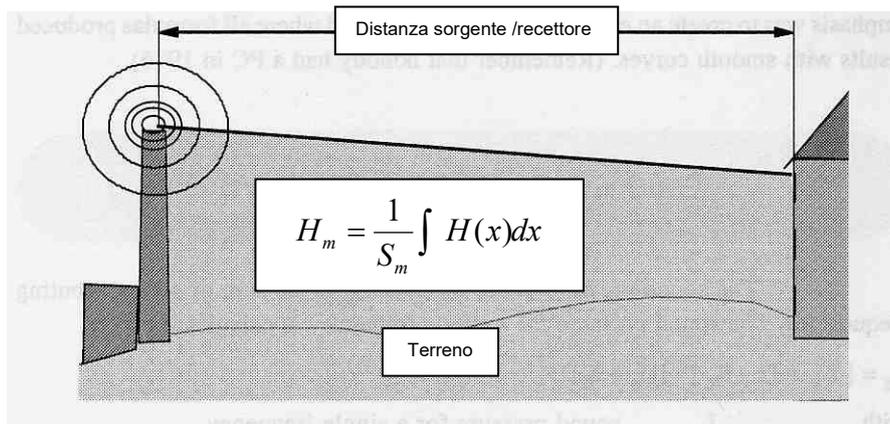
➤  $\Sigma D$  è la somma dei seguenti contributi:

- Assorbimento dell'aria in accordo con la norma ISO 9613 o ISO 1913 parte 1
- Assorbimento del terreno ed effetti meteorologici  $D_{BM}$  (vedi oltre)
- Assorbimento dovuto al tipo di volume (vedi oltre)
- Contributo di schermatura  $C_{screening}$  (vedi oltre)

Il coefficiente di attenuazione meteorologico e del terreno  $D_{BM}$  a sua volta dipende dall'altezza media sul terreno della linea visiva che congiunge sorgente e recettore ( $H_m$ ) e dalla distanza dalla sorgente al recettore ( $S_m$ ), secondo la seguente formulazione:

$$D_{BM} = [ 4.8 - 2 * H_m/S_m * ( 17 + 300/S_m ) ] \quad \text{espresso in dB ( > 0 dB)}$$

La seguente Figura 2 aiuta a meglio visualizzare i due parametri che compaiono nella precedente formula.



**Figura 2 Definizione dell'altezza media della linea di vista sorgente-recettore**

L'altezza media  $H_m$  della linea visiva tra sorgente e recettore è in pratica l'integrale dell'altezza puntuale della linea visiva stessa tra i due estremi costituiti dalla sorgente e dal recettore, diviso la distanza tra sorgente e recettore ( $S_m$ ).

L'assorbimento dovuto al tipo di volume rende conto del fatto che un'onda sonora che passa attraverso una serie di ostacoli fisici, subisce una certa attenuazione per assorbimento, indipendentemente dal tipo di ostacolo; più è lungo il tragitto tra sorgente e recettore, maggiore può essere la perdita per attenuazione dovuta ad ostacoli, perchè maggiori possono essere gli ostacoli. Dato che la propagazione del suono in ambiente reale avviene non in linea esattamente rettilinea, ma curva, l'attenuazione del suono dipenderà dalla rettificazione del percorso acustico nell'area di propagazione. Se, lungo la sua propagazione, l'onda acustica trova un ostacolo solido, l'arco che descrive la propagazione viene modificato per tener conto dell'altezza dell'ostacolo e solo la parte di tragitto acustico che passa attraverso l'ostacolo viene attenuata. Il coefficiente di attenuazione viene determinato in funzione dell'attenuazione specifica (dB/m) dei singoli ostacoli, inserita in fase di discretizzazione del dominio di calcolo da utilizzare nel codice di simulazione.

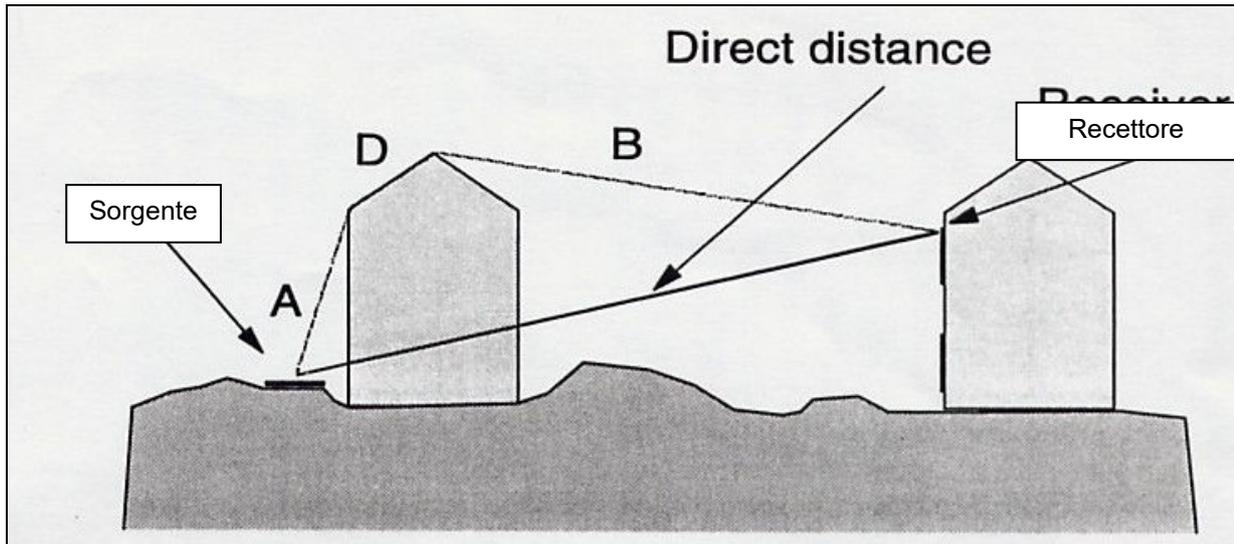
Infine il contributo di schermatura viene determinato in funzione del percorso supplementare che l'onda acustica deve compiere per raggiungere il recettore. La formulazione utilizzata dal SoundPlan 7.4 è la seguente:

$$C_{screening} = 10 \log(3 + 80 (A + B + D - (direct\ distance))) C_{met}$$

con:  $A, B, D$  e (*direct distance*) come riportato nella seguente Figura 3

$C_{met}$  è il termine di correzione meteorologica dato dalla relazione:

$$C_{met} = \exp\{-1 / 2000 [(A B (direct\ distance)) / (2 (A + B + D - (direct\ distance)))]\}$$



**Figura 3** Definizione di “direct distance”

In aggiunta a quanto sopra descritto in riferimento alla previsione del rumore prodotto da sorgenti stradali, il modello di calcolo SoundPlan 8.2 consente, noti valori di potenza acustica  $L_w$ , di simulare sorgenti di tipo areale e lineare, tra cui anche sorgenti industriali.

### 4.3 Taratura dello scenario di simulazione sullo stato attuale (ante operam)

In questo paragrafo, dopo la presentazione dei risultati delle misure sperimentali in termini di livello di pressione acustica essenzialmente solo nei punti sorgente-orientati e dei contestuali conteggi di passaggi autoveicolari (leggeri e pesanti) lungo gli attuali tracciati viabilistici considerati (§ seguente paragrafo 4.3.1), sulla base del modello concettuale per lo stato ante operam illustrato nel successivo paragrafo 4.3.2, si presenteranno i risultati del procedimento di taratura del codice di simulazione utilizzato (§ paragrafo 4.3.3), valutandone, nel contempo, la relativa accuratezza in termini di capacità di ricostruzione del dato sperimentale reale. Per la configurazione ante operam, si procederà poi anche alla simulazione, sia in termini di livelli di pressione acustica ai recettori individuati, sia con una rappresentazione in forma di mappa delle linee di isolivello, del clima acustico che interessa l'area immediatamente limitrofa all'attuale tracciato stradale di penetrazione urbana in Pisa costituito da Via di Cisanello, che, secondo il progetto di cui si tratta, verrà in parte riquilibrato in sede (tratto compreso tra i nodi 11 e 12) (§ paragrafo 4.3.4).

#### 4.3.1 Misure sperimentali di riferimento allo stato attuale

Ottemperando alla prescrizione contenuta al punto 18, capitolo 5.7 - Rumore del Rapporto istruttorio che costituisce l'Allegato A della Determinazione Dirigenziale del Servizio Ambiente della Provincia di Pisa, n. 4037 del 21.08.2013, avente ad oggetto “L.R. 79.98 e L.R. 10.10 Esclusione dalla procedura di VIA Progetto Viabilità nord comuni Pisa e S.G.T. Proponente Provincia di Pisa Servizio Viabilità”, che prevedeva l'esclusione del progetto in esame dalla procedura di VIA con alcune prescrizioni, nel seguito si illustrano i risultati della campagna sperimentale condotta con lo scopo di raccogliere i dati necessari alla conduzione della fase di taratura delle simulazioni per lo scenario attuale (ante operam), ovvero per la ricostruzione dei livelli di pressione acustica cui possono essere interessati i recettori presenti lungo Via di Cisanello e la S.P. 2/Via Puccini, in prossimità della futura localizzazione del nodo 10 della tangenziale, come indotti dalle emissioni generate dal traffico autoveicolare (leggero e pesante) contestualmente in transito su di esse, nella loro attuale configurazione viabilistica.

Le misure sono state effettuate nei giorni 22, 25 e 26 Maggio 2020 provvedendo alla registrazione sia dei dati acustici (essenzialmente livello equivalente in ponderazione A) che dei contestuali flussi di traffico in transito lungo l'attuale viabilità prospiciente i punti di misura. Le misure sono state effettuate dal TCA Agr. Dott.ssa Irene Menichini, Iscritta al Collegio Nazionale degli Agrotecnici e degli Agr. Laureati al numero 393 dal 03/09/2018, Iscritta nell'Elenco Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica al numero 8368 dal 10/12/2018 (provvedimento: Decreto Regione Toscana n. 2261 del 24 febbraio 2017). In Allegato 2 si riporta

integralmente la relazione di misura, con tutti dati raccolti ed il dettaglio del posizionamento dei punti di misura utilizzati per la caratterizzazione sperimentale delle aree lungo tutto il tracciato della viabilità Nord-Est della tangenziale di Pisa (lotti funzionali 1-2, 2-3, 3-5 e 10-12).

Le seguenti immagini (Figura 4) mostrano il posizionamento dei punti di misura utilizzati nel corso della campagna di monitoraggio per il lotto 10-12 della tangenziale Nord-Est di Pisa. La successiva Tabella 1 presenta invece una sintesi dei dati rilevati sperimentalmente in termini di livelli acustici equivalenti e di contestuali flussi di traffico, distinti per tipologia di mezzi leggeri e pesanti.

Come si può notare, i punti di misura sono stati individuati in modo tale da permettere una precisa caratterizzazione delle emissioni della specifica sorgente stradale in esame (tracciati storici di Via di Cisanello e della S.P. 2/Via Puccini).

Il TGM allo stato attuale, sulla base dei dati rilevati sperimentalmente e considerando semplicemente i movimenti autoveicolari complessivi bidirezionali (mezzi leggeri e pesanti equiparati, senza pesatura), può essere stimato in circa 14000 passaggi al giorno lungo Via di Cisanello nel tratto compreso tra l'attuale derivazione dalla S.P. 2 e l'incrocio con Via Lazzeri di Ghezzano (punto di misura di ViaLazzeri c/o cimitero), ed in circa 17000 passaggi al giorno sia per la S.P. 2 che per il tratto di Via Di Cisanello a Sud dell'innesto di Via Lazzeri (punto di misura di Via Grandi).



**Figura 4 Localizzazione di dettaglio dei punti di misura utilizzati per la caratterizzazione sperimentale allo stato attuale (ante operam) lungo i tracciati storici delle Vie Puccini (S.P. 2), Labriola, Lazzeri/di Cisanello (cimitero) e Grandi**

**Tabella 1 Riepilogo dei risultati della campagna sperimentale per la caratterizzazione allo stato attuale (ante operam) del clima acustico e dei contestuali flussi di traffico lungo i tracciati storici delle Vie Puccini (S.P. 2), Labriola, Lazzeri/di Cisanello (cimitero) e Grandi**

Punto di misura	Ora inizio rilievi	Durata rilievi	Flussi di traffico				Leq(A) misurato dB(A)
			Mezzi leggeri	Mezzi pesanti	Mezzi a 2 ruote	% mezzi pesanti	
Punto S.P. 2 (V Puccini)	14:16	37 min	503	2	60	0.4	60.9
Punto Via Labriola (1)	12:13	45 min	--	--	--	--	55.6
Punto Via di Cisanello/ Lazzeri c/o cimitero (3)	15:11	42 min	491	3	33	0.6	67.6
Punto Via Grandi	16:08	34 min	492	2	38	0.4	65.5(2)

- (1) Misura di clima acustico
- (2) Alcuni tratti della misura sono stati disturbati dalla presenza di un tagliaerba
- (3) Postazione di misura sopraelevata rispetto alla viabilità

#### **4.3.2 Modello concettuale per lo scenario allo stato attuale (ante operam)**

Per la messa a punto dello scenario tarato di simulazione sullo stato attuale è stato predisposto il modello concettuale di seguito illustrato.

##### **Orografia**

La definizione del modello digitale di elevazione del terreno è stata condotta utilizzando la cartografia liberamente disponibile on line nel sito della Regione Toscana, all'indirizzo <http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/cartoteca.html>, presso il portale cartografico regionale denominato "Geoscopio". In particolare sono state utilizzate le coperture, in formato shape file, delle curve di livello e dei punti quotati, che hanno permesso di descrivere in estremo dettaglio le variazioni altimetriche dell'area di interesse. Le curve di livello sono rappresentate ad intervalli altimetrici di 2 m una dall'altra, mentre per ciascun punto quotato il livello è espresso in metri, con precisione alla seconda cifra decimale (centimetri).

Per il dominio di interesse, le coperture delle curve di livello e dei punti quotati sono state poi convertite in formato di interscambio di AutoCAD (file .DXF) per permetterne l'importazione diretta nel modulo cartografico del codice di calcolo.

La seguente Figura 5 (non riportata in scala) mostra la ricostruzione del modello digitale del terreno effettuata utilizzando appunto il modulo cartografico del codice di simulazione SoundPlan 8.2.

Come si può immediatamente notare, i dislivelli altimetrici che interessano la maggior parte dell'area in esame sono limitati a pochi metri (2-4 m), benchè siano ben evidenti le tracce dell'argine Ovest dell'Arno, che raggiunge quote dell'ordine fino anche ad 8-10 m sul livello del mare. Tale argine risulta molto vicino all'alveo del fiume ed è quindi abbastanza ripido lungo il suo lato occidentale, quello verso Via di Cisanello che, tra l'altro, nel tratto che sarà sottoposto a riqualificazione, corre molto vicina all'argine stesso.

Alla luce dei limitati dislivelli altimetrici rilevati entro la zona occidentale dell'area di interesse, si possono già ritenere pressoché trascurabili eventuali fenomeni di schermatura da parte della locale orografia; nella parte verso l'Arno invece, il suo argine ripariale può costituire un significativo schermo acustico, specialmente nei confronti dei possibili recettore in sponda orografica sinistra del fiume.

In Figura 5 sono evidenziate anche le tracce dei principali edifici presenti entro l'area di interesse che invece possono costituire potenziali schermature acustiche.

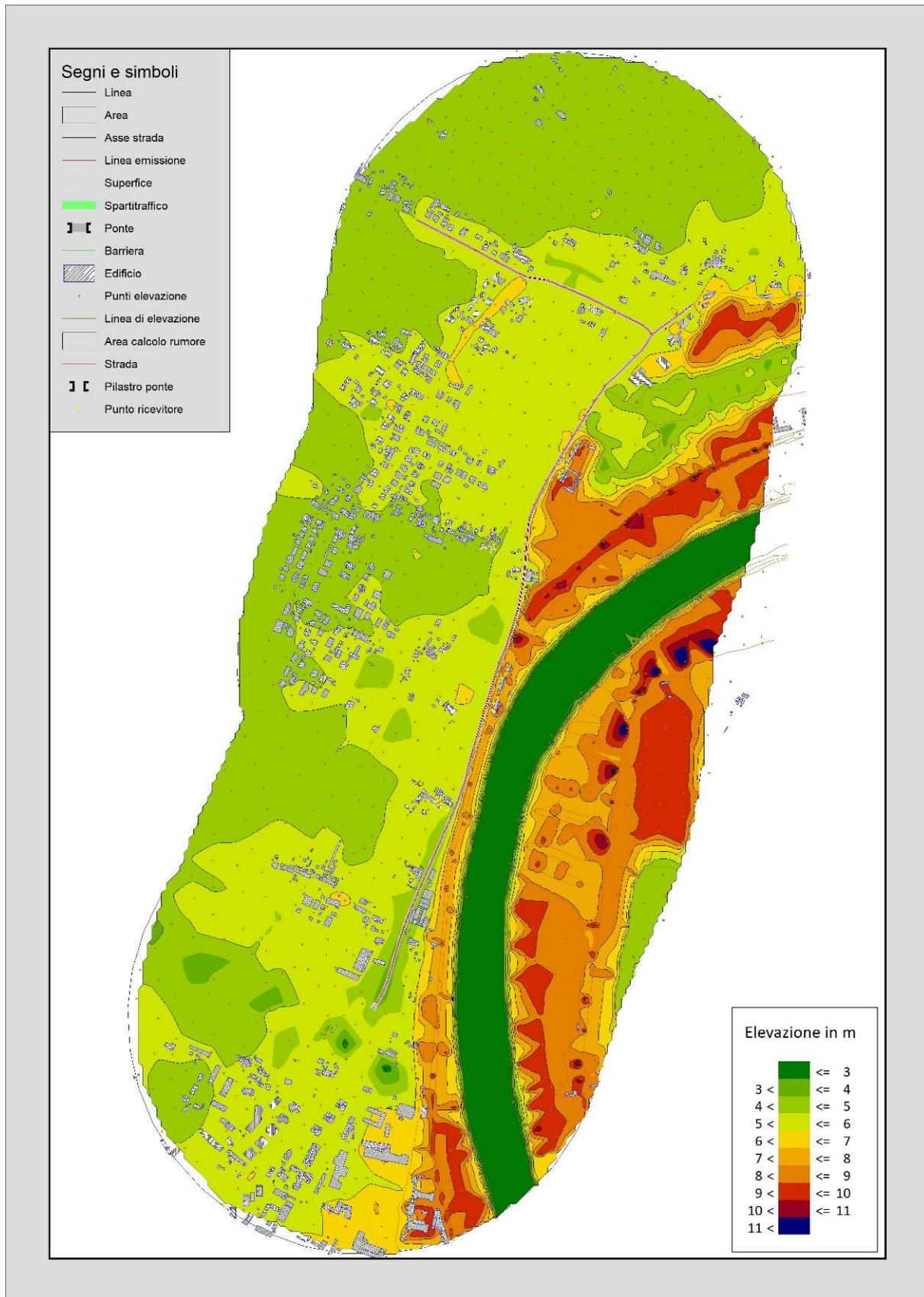


Figura 5 Ricostruzione dell'orografia del dominio di calcolo allo stato attuale

## Edifici

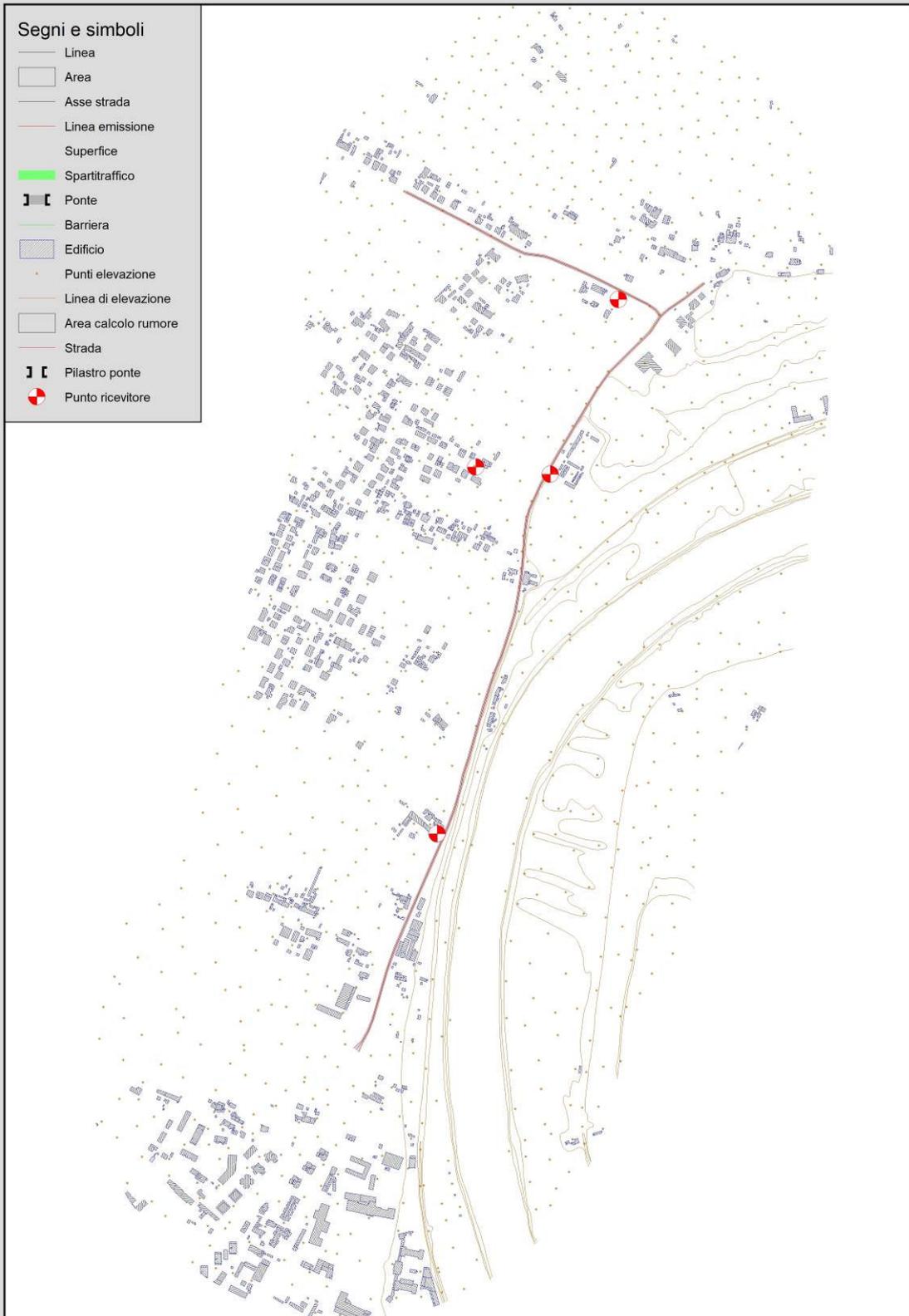
Anche in riferimento alla discretizzazione degli edifici presenti entro l'ara di interesse, già illustrati nella precedente Figura 5, si è fatto ricorso alla cartografia on line disponibile, sempre in formato shape file, presso il sito web della Regione Toscana, al già citato portale cartografico ("Geoscopio"). Dalle coperture originarie scaricate dal sito regionale, sono stati selezionati, ed inseriti nel modello concettuale di simulazione, tutti gli edifici presenti entro una distanza di 500 m, da ambo i lati, del tracciato della nuova infrastruttura stradale in progetto. Nel DataBase associato alle coperture degli edifici sono inoltre presenti le informazioni relative alla quota altimetrica della base e del colmo di ciascuna feature della copertura: da tali informazioni è stato possibile ricavare, per semplice differenza, la reale altezza dei singoli edifici. Come per la traccia al suolo, anche il dato di altezza degli edifici è stato poi convertito in formato di interscambio di AutoCAD per la successiva importazione nel modulo cartografico del codice di simulazione (SoundPlan 8.2). In definitiva tutti gli edifici presenti entro l'area di interesse sono stati quindi discretizzati, con le relative altezze reali, ed inseriti nel modello concettuale utilizzato dal codice di simulazione.

Onde evitare eventuali incoerenze e/o disallineamenti, le informazioni sull'edificato locale e sulle relative altezze, derivanti dalla cartografia ufficiale scaricata dal portale regionale, aggiornata al 2002, sono state infine verificate sulla base delle immagini più recenti rese disponibili dagli applicativi web cartografici (GoogleEarth/map, BingMaps e Ortofoto disponibili presso il portale cartografico della Regione Toscana in forma di WMS Server).

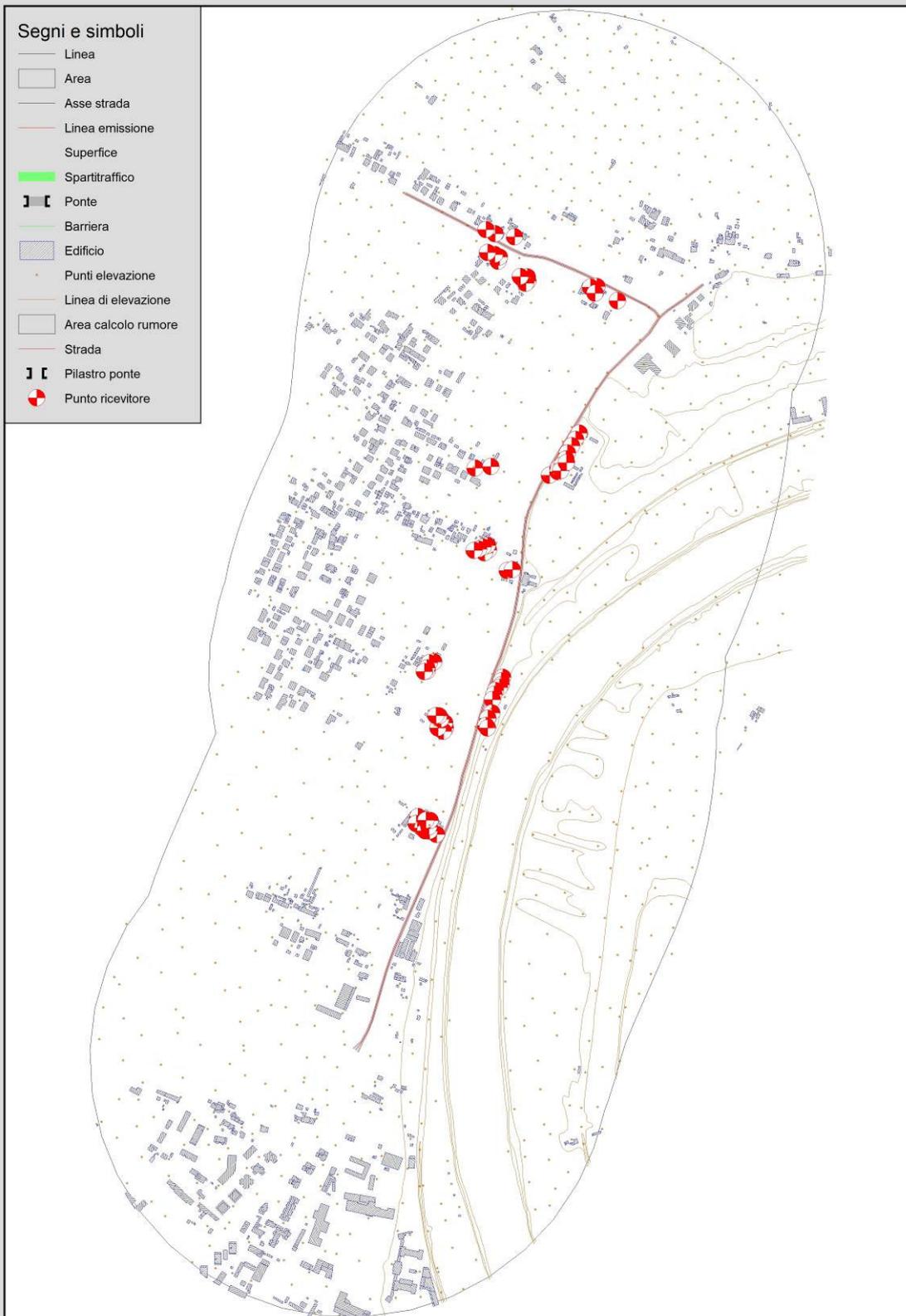
## Recettori

Il posizionamento dei recettori puntuali di calcolo è stato eseguito con una duplice finalità: alcuni recettori sono stati infatti posizionati esattamente in corrispondenza dei punti di monitoraggio sperimentale, al fine di permettere lo svolgimento, nel modo più accurato possibile, della fase di taratura del modello di simulazione, ovvero della fase di ricostruzione del dato sperimentalmente rilevato mediante tuning dei parametri di simulazione. I run modellistici di taratura per la ricostruzione dello stato attuale hanno utilizzato solo questi primi recettori di misura, mentre per la previsione dei livelli puntuali per tutta l'area immediatamente limitrofa ai tracciati di Via di Cisanello e della S.P. 2 in prossimità dell'area di futura realizzazione del nodo 10 della tangenziale Nord-Est di Pisa, sono stati posizionati ulteriori complessivi 119 recettori puntuali sulle diverse facciate ed ai diversi piani di tutti gli edifici prospicienti i tracciati stradali in esame. Questa serie di recettori ha permesso di valutare i livelli di pressione acustica indotti dall'esercizio della corrente rete stradale nelle attuali condizioni viabilistiche, ovvero gravata dei flussi di traffico caratterizzati sperimentalmente in occasione dei rilievi acustici effettuati.

La seguente Figura 6 mostra il posizionamento dei recettori utilizzati per la fase di taratura delle simulazioni, mentre la successiva Figura 7 presenta la disposizione dei recettori puntuali di facciata che sono stati utilizzati per la verifica del rispetto dei limiti di legge per lo scenario ante operam, entro tutto il dominio di interesse.



**Figura 6 Posizionamento dei recettori per la fase di taratura delle simulazioni**



**Figura 7** Posizionamenti dei recettori di facciata per la previsione del clima acustico attuale

### Sorgenti acustiche allo stato attuale

Uno dei punti maggiormente delicati per l'esecuzione di simulazioni acustiche è la corretta impostazione delle sorgenti emissive e, in particolare, del livello di pressione/potenza acustica caratteristico delle singole sorgenti. Nel caso in esame, le sorgenti utilizzate sono tutte di tipo stradale e la loro caratterizzazione emissiva può quindi avvenire per mezzo dell'impostazione dei flussi di traffico leggero/pesante che interessano i singoli tronchi stradali nei due periodi di riferimento (diurno e notturno) e delle relative velocità di percorrenza. Sulla base di tali dati di input, il codice di calcolo SoundPlan 8.2 è in grado di determinare i livelli di potenza acustica emissiva dei singoli tronchi stradali utilizzando il metodo ufficiale francese "NMPB-Routes-96" (CERTU, Bruit des infrastructures routières – Méthode de calcul incluant les effets météorologiques – NMPB – Routes – 96 – Janvier 1997), espressamente previsto "ad interim" per i paesi, come l'Italia, sprovvisti di un proprio metodo nazionale (a meno del protocollo Cnossos, per il quale tuttavia è ancora in corso la fase di sperimentazione). Il metodo implementato in SoundPlan 8.2 deduce poi il dato di pendenza stradale, anch'esso richiesto in input dalla normativa di riferimento (NMPB Route 96), sulla base della discretizzazione orografica preliminarmente implementata. Ovviamente il metodo deve essere oggetto di taratura per la verifica della corretta ricostruzione di uno scenario reale caratterizzato sperimentalmente mediante tuning dei parametri di calcolo; non sarebbe certamente accettabile che un codice di simulazione possa infatti essere utilizzato per la previsione degli effetti acustici indotti da uno scenario futuro se non è già almeno in grado di ricostruire correttamente, ovvero entro accettabili limiti di accuratezza, uno scenario acusticamente noto e ben caratterizzato, lo stato attuale.

Per il caso in esame, i flussi di traffico utilizzati per le simulazioni acustiche allo stato ante operam lungo i tracciati di Via Di Cisanello e della S.P. 2/Via Puccini, derivano dall'indagine sperimentale i cui risultati sono già stati illustrati nel precedente paragrafo 4.3.1. In particolare, per ciascuno dei tronchi stradali prospicienti i punti di monitoraggio sperimentale, sono stati impostati gli effettivi flussi bidirezionali di veicoli leggeri e pesanti rilevati contestualmente alle misure di rumore, provvedendo ad impostare anche una velocità di percorrenza di 50 km/h sia per i veicoli leggeri che per quelli pesanti, coincidente con il vigente limite di velocità. A valle del procedimento di taratura delle simulazioni sullo scenario sperimentale, i parametri emissivi caratteristici della sorgente stradale non sono più stati modificati.

La tipologia di asfalto di Via di Cisanello e della S.P. 2/Via Puccini è stata anche essa oggetto di calibrazione, ma adottando un'impostazione di asfalto standard, senza particolari caratteristiche acustiche, come si vedrà più in dettaglio nel prossimo paragrafo 4.3.3, si è già potuto ottenere un buon accordo con i dati sperimentali.

Per quanto riguarda il valore dei flussi di traffico in periodo notturno, non avendo a disposizione specifiche indicazioni sperimentali, si è scelto di utilizzare le indicazioni "qualitative" riportate nel Decreto del Presidente della Giunta Regionale della Toscana del 8 Gennaio 2014, n. 2/R, "Regolamento regionale di attuazione ai sensi dell'articolo 2, comma 1, della legge regionale 1 dicembre 1998, n. 89 (Norme in materia di inquinamento acustico).", Allegato 1 "Linee guida applicative per la predisposizione dei piani comunali di classificazione acustica", Appendice B "Procedure di misura per l'indagine qualitativa del rumore ambientale", Punto B2 "Infrastrutture stradali" – B2.1 "Criteri temporali", Tabella B1, che, per completezza, viene riportata qui di seguito (Figura 8).

Tipologia strada	Giorni di misura	Orario di misura	Correzione per $L_{Aeq}$ notturno *
Urbana o locale a basso traffico senza mezzi pesanti.	da lun. a sab.	dalle 9:00 alle 11:00	8 dB(A)
Di attraversamento o extraurbane con traffico medio con bassa percentuale di mezzi pesanti.	da lun. a sab.	dalle 10:00 alle 12:00	6 dB(A)
Extraurbane principali ad intenso traffico sia leggero che pesante, superstrade e autostrade.	da mar. a ven.	dalle 12:00 alle 15:00	5 dB(A)

Nota \*: L'ultima colonna riporta il fattore correttivo per ricavare il livello sonoro notturno da quello diurno misurato.

Tabella B1: Giorni e fascia oraria per lo svolgimento di misure acustiche qualitative, su diverse tipologie di strada.

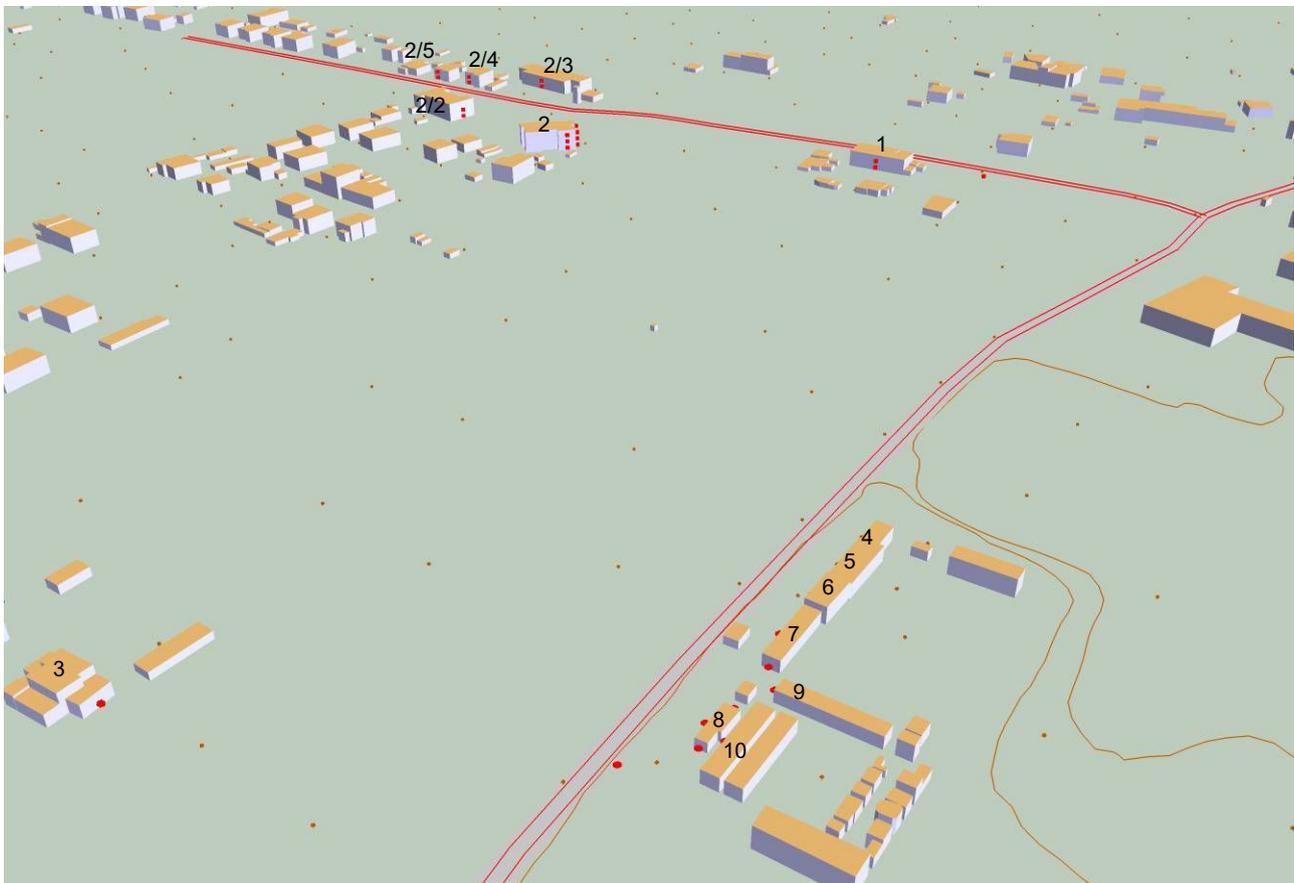
**Figura 8 DPGR Toscana 08/01/2014, n. 2/R, Tabella B1 – indicazione "qualitativa" della differenza di livello di pressione acustica di periodo diurno/notturno per differenti tipologie di strada e di traffico**

Da essa si può dedurre che, sulla base dei risultati di diverse analisi condotte su un gran numero di rilevamenti in continuo sul tempo a lungo termine in siti corrispondenti a varie categorie di infrastrutture, il

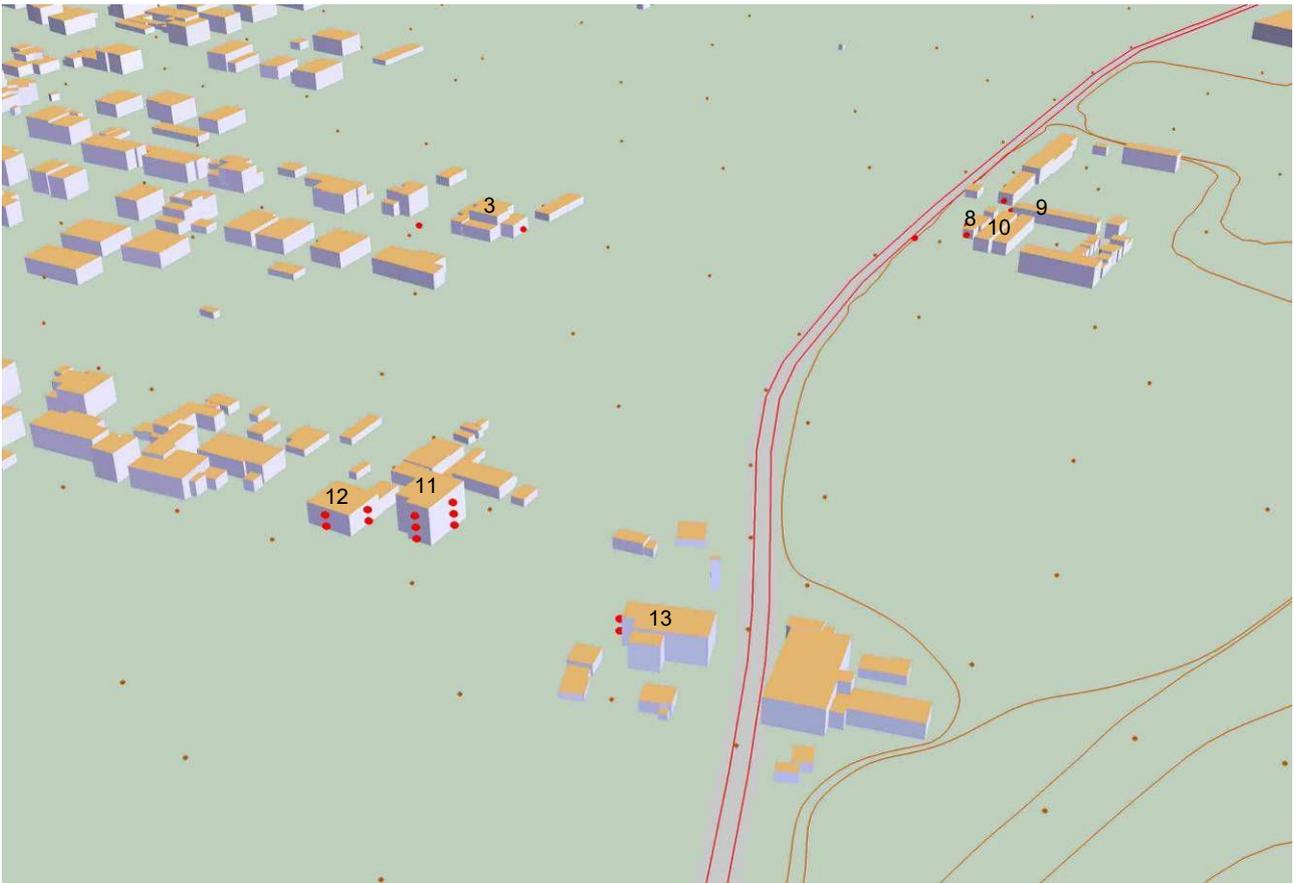
livello equivalente di rumore di periodo notturno  $L_{Aeq,TL,notte}$  può essere dedotto “qualitativamente” da quello diurno  $L_{Aeq,TL,giorno}$ , come misurato sperimentalmente, applicando i fattori correttivi, in diminuzione, riportati nell’ultima colonna della Tabella B1, a seconda della tipologia di strada e della composizione del traffico che la interessa.

Nel caso specifico di Via di Cisanello e della S.P. 2/Via Puccini (strade urbane o locali), interessate da traffico locale con limitata presenza di mezzi pesanti, è possibile ipotizzare “qualitativamente” che il livello equivalente di periodo notturno sia 8 dB(A) inferiore a quello rilevato sperimentalmente in periodo diurno. Tale riduzione corrisponde matematicamente ad una variazione percentuale del traffico di periodo notturno del 15.8% rispetto a quello di periodo diurno.

In definitiva l’analisi dell’area di interesse e delle sue caratteristiche urbanistiche ed orografiche, ha portato alla rappresentazione del dominio di simulazione (modello concettuale), per lo scenario di taratura ed ante operam, rappresentato in una simulazione 3D nelle seguenti Figura 9, Figura 10 e Figura 11. In tali figure è anche indicata la nomenclatura degli edifici recettori al fine di facilitare la lettura delle tabelle finali di simulazione per i recettori puntuali di facciata ed ai vari piani degli edifici stessi.



**Figura 9 Rappresentazione 3D della parte settentrionale del dominio di simulazione (nodo 10 – Via di Cisanello e S.P. 2/Via Puccini)**



**Figura 10** Rappresentazione 3D della parte centrale del dominio di simulazione (in prossimità del nodo 11 - Via Lazzeri – Via Labriola)



**Figura 11 Rappresentazione 3D della parte meridionale del dominio di simulazione (in prossimità del nodo 11 e più a Sud - Via Grandi)**

Nel seguito, ora che si sono completamente definiti i dettagli del dominio e delle impostazioni di simulazione per lo scenario ante operam, si presenteranno dapprima i risultati della fase di taratura del codice di simulazione, onde raggiungere una sufficiente accuratezza nella ricostruzione dei dati di  $L_{eq}$  rilevati sperimentalmente e, successivamente, si procederà all'esecuzione di un run modellistico per la caratterizzazione, sia in termini di livello ai recettori (ogni piano di ciascuna facciata di tutti gli edifici residenziali individuati entro l'area di interesse) che di mappatura delle curve di isolivello, del clima acustico che attualmente interessa i recettori presenti in prossimità dell'area ove verrà realizzato il lotto 10-12 della tangenziale Nord-Est di Pisa.

### **4.3.3 Verifica di accuratezza del codice di calcolo**

Sulla base del modello concettuale descritto nel precedente paragrafo 4.3.2, è stata condotta l'attività di taratura del codice di simulazione sullo scenario attuale, come caratterizzato sperimentalmente in termini sia di livelli acustici ai recettori (punti di misura), sia di flussi di traffico in transito lungo i tracciati di Via di Cisanello e della S.P. 2/Via Puccini, rilevati contestualmente alle misure di rumore nei punti già illustrati nella precedente Figura 6.

La messa a punto di alcuni parametri di calcolo, costituiti essenzialmente dalla velocità di percorrenza dei mezzi leggeri e pesanti lungo i vari tratti stradali prospicienti i diversi punti di monitoraggio, ha permesso di arrivare ad una soddisfacente ricostruzione, da parte del codice di calcolo, dei livelli acustici rilevati sperimentalmente nei vari punti di monitoraggio (§ precedente Figura 6 e Tabella 1), pur lasciando inalterati i flussi di traffico, impostati sui valori rilevati sperimentalmente sia per i mezzi leggeri che per quelli pesanti (§ ancora precedente Tabella 1). La seguente Tabella 2 mostra il confronto tra i dati rilevati sperimentalmente e quelli ricostruiti dal codice di calcolo a valle della procedura di calibrazione, unitamente alla differenza tra i due livelli.

Le impostazioni definitive dei parametri di calcolo sono già state illustrate nell'ambito della descrizione del modello concettuale di discretizzazione del dominio di simulazione (§ precedente paragrafo 4.3.2).

**Tabella 2 Fase di taratura del codice di calcolo sullo stato attuale – Confronto misurato/simulato**

Punto di misura	Livelli simulati		Livelli misurati	Differenza
	Periodo diurno	Periodo notturno		
Punto S.P. 2 (V Puccini)	62.4	54.6	60.9	1.5
Punto Via Labriola (1)	46.0	38.2	55.6	-9.6
Punto Via di Cisanello/ Lazzeri c/o cimitero (3)	66.7	58.9	67.6	-0.9
Punto Via Grandi	64.9	57.1	65.5 (2)	-0.6

- (1) Misura di clima acustico  
 (2) Alcuni tratti della misura sono stati disturbati dalla presenza di un tagliaerba  
 (3) Postazione di misura sopraelevata rispetto alla viabilità

Come si può osservare, il fitting simulato/misurato appare già soddisfacente pur considerando una lieve sovrastima del modello di simulazione per il punto di monitoraggio posto lungo la S.P. 2/Via Puccini e le sottostime per i punti di Via di Cisanello presso il cimitero e di Via Grandi. In questi due ultimi casi va anche sottolineato che il posizionamento del punto di misura presso il cimitero lungo Via di Cisanello è sopraelevato rispetto al piano strada, mentre nel corso dei rilievi sperimentali eseguiti circa all'incrocio tra Via di Cisanello e Via Grandi si è verificato un significativo disturbo (tagliaerba) che non ha permesso di ottenere una migliore ricostruzione modellistica per effetto del solo rumore stradale considerato nelle simulazioni.

Il codice di calcolo così tarato può quindi essere comunque ritenuto adeguato per la simulazione, entro accettabili livelli di accuratezza, dei livelli di pressione acustica indotti ai recettori nella configurazione ante operam per tutto il dominio di interesse.

#### **4.3.4 Simulazioni acustiche per lo scenario attuale**

Utilizzando, senza ulteriori modifiche ai parametri di calcolo, il codice di simulazione così tarato, è stato quindi possibile passare alla fase di previsione dei livelli di pressione acustica che interessano i 119 recettori individuati per ciascun piano, di ciascuna facciata esposta, dei vari edifici prospicienti gli attuali tracciati di Via di Cisanello e della S.P. 2/Via Puccini (§ precedente Figura 7 per il posizionamento planimetrico dei recettori e da Figura 9 a Figura 11 per la relativa nomenclatura).

Per quanto riguarda la discretizzazione del dominio (quote altimetriche/orografia ed edifici) e la caratterizzazione delle sorgenti (volumi di traffico e velocità di percorrenza dei tratti), come pure per la ricostruzione del modello digitale del terreno (§ precedente Figura 5), si può fare riferimento a quanto già esposto nel precedente paragrafo 4.3.2.

Si tenga presente che le simulazioni effettuate trascurano completamente gli effetti di ogni altra sorgente eventualmente presente entro l'area di indagine diversa da quella connessa all'esercizio, nelle attuali condizioni di traffico come rilevate sperimentalmente, dei tracciati di Via di Cisanello e della S.P. 2/Via Puccini. Conseguentemente i livelli simulati possono essere confrontati direttamente con i limiti di immissione previsti dal D.P.R. 142/2004 per il rumore generato da infrastrutture stradali esistenti di tipo Cb o E (strada extraurbana secondaria a carreggiate non separate, oppure strada urbana di quartiere) a seconda del tratto considerato. Per comodità, tali limiti saranno individuati nei valori più restrittivi tra quelli relativi alle due tipologie, ovvero quelli riferiti a strade urbane di quartiere (tipo E): in questo caso, in assenza di recettori sensibili, entro una fascia di pertinenza acustica di ampiezza pari a 30 m, all'interno della quale sorgono molti degli edifici recettori individuati, i limiti risultano definiti conformemente a quanto previsto dalla vigente zonizzazione acustica comunale, ovvero per la classe IV di intensa attività umana (55/65 dB(A) rispettivamente per il periodo notturno e diurno), che contorna tutte le arterie stradali simulate (§ precedente Figura 1).

Le seguenti mappe (Figura 12 e Figura 13) (non riportate in scala) mostrano l'andamento delle isolinee di livello di pressione acustica rispettivamente per i periodi di riferimento diurno e notturno, come risultanti dalle simulazioni eseguite per lo scenario ante operam, lungo l'attuale tracciato di via di Cisanello e della S.P. 2/Via Puccini.

In Allegato 3 si riporta invece la tabella complessiva dei livelli di pressione acustica previsti per i vari piani, delle differenti facciate esposte, di tutti i recettori presi in considerazione; per la localizzazione planimetrica degli edifici recettore si può fare riferimento alla precedente Figura 7, mentre la nomenclatura è illustrata nelle immagini da Figura 9 a Figura 11. Facendo riferimento ai limiti di legge poco sopra citati (ex D.P.R. 142/2004 e/o vigente zonizzazione), i livelli evidenziati in rosso rappresentano i superamenti dei limiti stessi.

Si osservi che solo alcuni degli edifici residenziali tra tutti quelli discretizzati sono interessati da livelli di pressione acustica prevista superiori a 65 dB(A), per il periodo diurno, ed a 55 dB(A), per quello notturno, corrispondenti, in assenza di recettori sensibili, ai limiti assoluti di immissione per rumore stradale previsti dal D.P.R. 142/2004 entro la fascia di pertinenza (ampiezza pari a 30 m dal ciglio stradale, da ambo i lati) di infrastrutture stradali di tipologia E - strade urbane di quartiere, ovvero per la classificazione di Via di Cisanello che prevede limiti di immissione maggiormente restrittivi; in questo caso i limiti risultano quindi conformi a quelli previsti dalla vigente zonizzazione acustica che, per le zone di interesse, classifica il territorio come aree di intensa attività umana (classe IV).

I recettori per i quali si rilevano superamenti dei limiti di legge sia per il periodo diurno che per quello notturno, sono concentrati essenzialmente in due distinti gruppi: nel primo rientrano i recettori presenti lungo la S.P. 2 Vicarese e Via Puccini e comprendono in particolare il recettore 1, che sorge immediatamente a ridosso del lato meridionale della S.P. 2 Vicarese, circa a metà tra la derivazione di Via Puccini, ad Ovest, e l'innesto di Via di Cisanello Ghezzano, ad Est, e per il quale i superamenti previsti per la sua facciata Nord-Orientale sono compresi tra 1.5 e 2 dB(A) di giorno e tra 3.7 e 4.2 dB(A) di notte, ed i recettori 2 quater e quinquies, localizzati lungo Via Puccini, ad Ovest della derivazione verso Sud della S.P. 2 Vicarese, e rappresentativi anche di tutti i restanti recettori presenti lungo il tracciato di Via Puccini stessa, con superamenti previsti per le facciate Sud-Orientali compresi tra 0.1 e 1.8 dB(A) in periodo diurno e tra 2.3 e 4 dB(A) in periodo notturno. I superamenti evidenziati sono ovviamente imputabili all'estrema vicinanza dei recettori al tracciato della S.P. 2 Vicarese. Il secondo gruppo comprende invece i recettori 16, 17, 18 e 19, per i quali al primo piano delle facciate Nord-Occidentali si rilevano superamenti compresi tra 0.2 e 2.4 dB(A) di giorno e tra 2.3 e 4.5 dB(A) di notte, derivanti dall'esposizione diretta dei recettori stessi alle emissioni generate dal traffico autoveicolare in transito lungo il tracciato di Via di Cisanello appena a Nord dell'innesto di Via Selmi. La situazione espositiva al rumore indotto dal traffico autoveicolare in transito lungo Via di Cisanello per questi ultimi recettori risulta, tra l'altro, aggravata dal fatto che essi sorgono esattamente in corrispondenza del punto più alto dell'argine dell'Arno, in posizione rialzata rispetto al piano stradale.

Ulteriori superamenti dei limiti di legge, ma, in questo caso solo per il periodo notturno, possono infine essere rilevati per le facciate Nord-Occidentali dei recettori 4 e 7 (superamenti rispettivamente di 1.6 e 0.3 dB(A)), entrambi facenti parte del complesso cimiteriale di Ghezzano, e per il solo primo piano della facciata Nord-Orientale del recettore 13 (superamento di 0.3 dB(A)), in corrispondenza dell'immissione di Via Lazzeri su Via di Cisanello. In tutti questi casi i superamenti sono chiaramente imputabili all'estrema vicinanza del tracciato stradale di Via di Cisanello.

Al di fuori della fascia di pertinenza stradale, alcuni recettori si trovano anche in aree miste (classe III), ma in questo caso non si rilevano significativi superamenti dei limiti di legge.

La situazione acustica dei recettori limitrofi agli attuali tracciati di Via di Cisanello e della S.P. 2 Vicarese/Via Puccini, nella zona ove si prevede di realizzare il lotto 10-12 della tangenziale Nord-Est di Pisa, appare quindi sostanzialmente congrua agli usi del territorio attualmente in essere, a meno di alcune situazioni di effettiva sofferenza, con anche significativi superamenti dei limiti di legge, rilevabili in corrispondenza di recettori particolarmente vicini ai tracciati stradali presi in considerazione per l'esecuzione delle simulazioni (essenzialmente lungo la S.P. 2 Vicarese/Via Puccini).

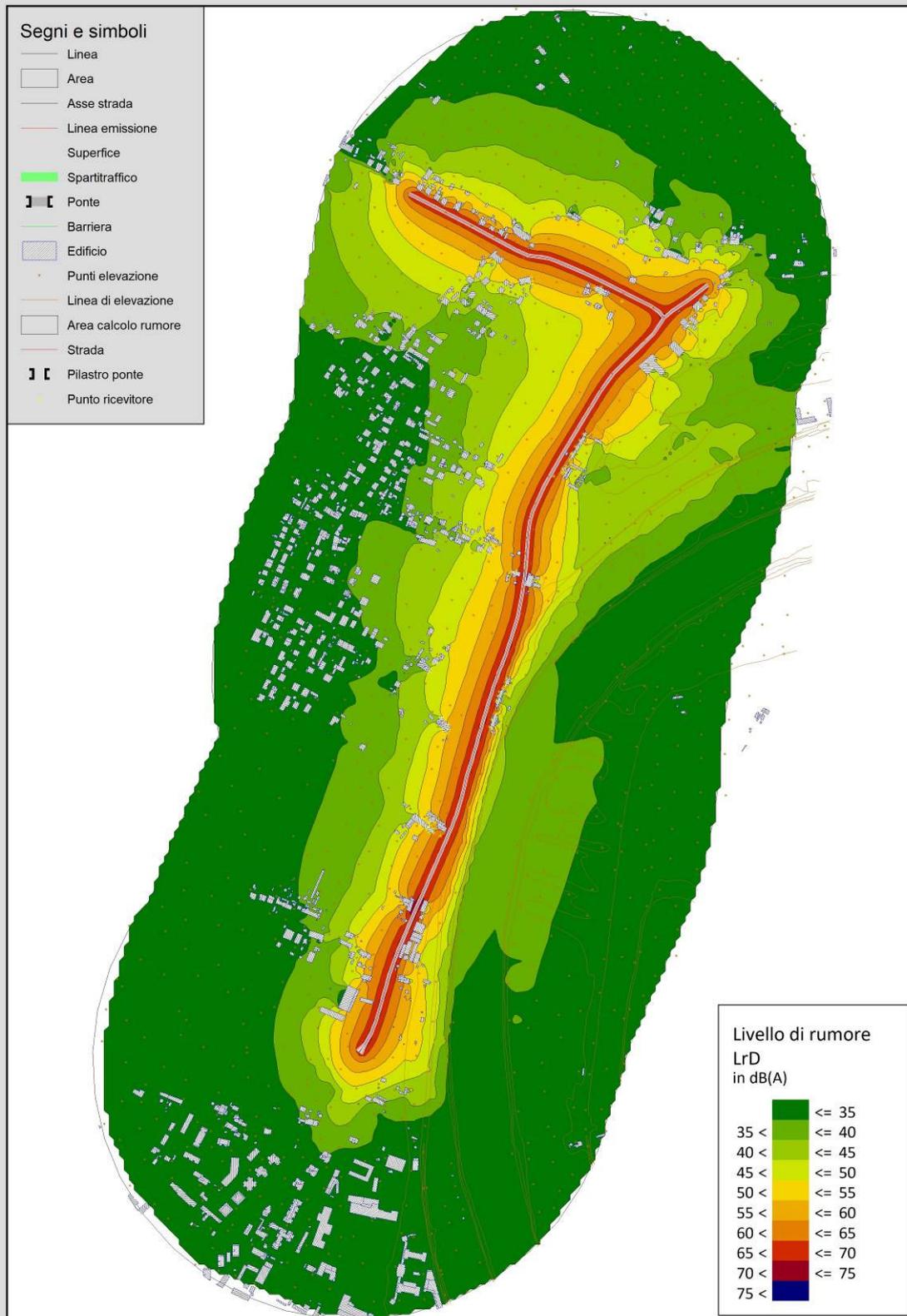


Figura 12 Mappa di previsione delle curve di isolivello per lo scenario ante operam in periodo diurno

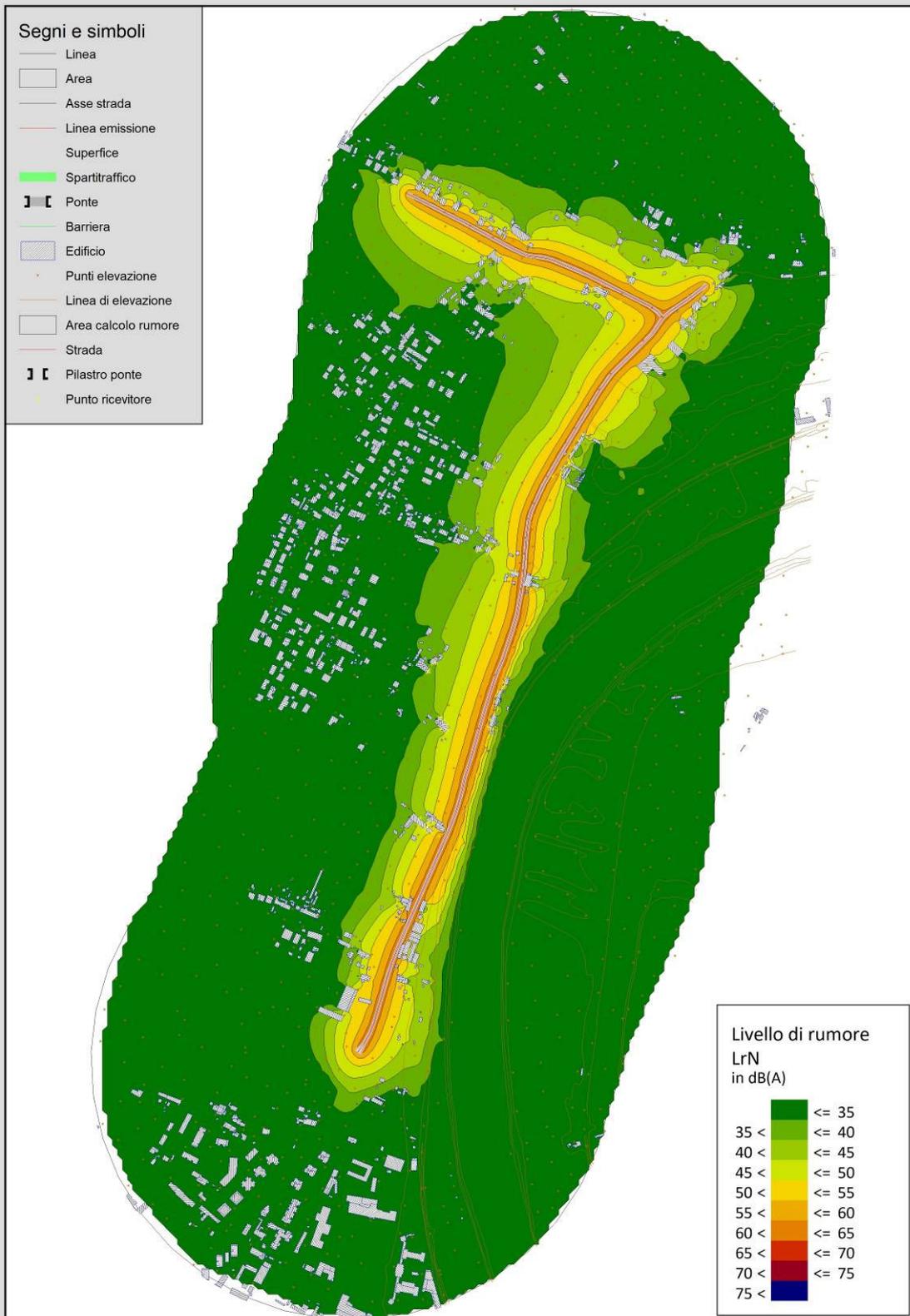


Figura 13 Mappa di previsione delle curve di isolivello per lo scenario ante operam in periodo notturno

## 4.4 Simulazioni per lo scenario di progetto (post operam)

In questo paragrafo, sulla base del modello concettuale per lo stato post operam illustrato nel successivo paragrafo 4.4.1, si procederà alla presentazione dei risultati delle simulazioni, effettuate in termini di livelli di pressione acustica ai recettori individuati, e con una rappresentazione in forma di mappa delle linee di isolivello, del clima acustico che interessa sia le aree immediatamente limitrofe agli attuali tracciati di Via di Cisanello e della S.P. 2/Via Puccini, che intersecheranno la nuova viabilità in progetto o si innesteranno su di essa, sia le zone circostanti il nuovo tracciato, di cui si tratta, del lotto 10-12 della tangenziale Nord-Est di Pisa, che, in questa zona, comprende un tronco, dal nodo 10 al nodo 11, di nuova realizzazione ed un altro, dal nodo 11 al nodo 12, in riqualificazione dell'attuale tracciato di Via di Cisanello (§ paragrafo 4.4.2).

La mappatura dei livelli acustici così prodotta permetterà di individuare le aree dove si possono eventualmente prevedere superamenti dei limiti di legge e per le quali dovrà quindi essere predisposto uno specifico studio di mitigazione (§ successivo paragrafo 4.5).

### 4.4.1 Modello concettuale per lo scenario di progetto (post operam)

Per la rappresentazione matematica del dominio di calcolo in configurazione post operam, si è fatto ricorso alla seguente schematizzazione.

#### Orografia

La definizione del modello digitale di elevazione del terreno è stata condotta utilizzando la cartografia liberamente disponibile on line nel sito della Regione Toscana, all'indirizzo <http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/cartoteca.html>, presso il portale cartografico regionale denominato "Geoscopio". In particolare sono state utilizzate le coperture, in formato shape file, delle curve di livello e dei punti quotati, che hanno permesso di descrivere in estremo dettaglio le variazioni altimetriche dell'area immediatamente circostante quella che sarà occupata dalla nuova infrastruttura stradale di cui si tratta. Le curve di livello sono rappresentate ad intervalli altimetrici di 2 m una dall'altra, mentre per ciascun punto quotato il livello è espresso in metri, con precisione alla seconda cifra decimale (centimetri).

Per il dominio di interesse, limitato ad un'area ampia 500 m da ambo i lati della nuova infrastruttura stradale, le coperture delle curve di livello e dei punti quotati sono state poi convertite in formato di interscambio di AutoCAD (file .DXF) per permetterne l'importazione diretta nel modulo cartografico del codice di calcolo.

La seguente Figura 14 (non riportata in scala) mostra la ricostruzione del modello digitale del terreno effettuata utilizzando appunto il modulo cartografico del codice di simulazione SoundPlan 8.2.

Come si può immediatamente notare, i dislivelli altimetrici che interessano la maggior parte dell'area in esame sono limitati a pochi metri (2-4 m), benchè siano ben evidenti le tracce dell'argine Ovest dell'Arno, che raggiunge quote dell'ordine fino anche a 8-10 m sul livello del mare. Tale argine risulta molto vicino all'alveo del fiume ed è quindi abbastanza ripido lungo il suo lato occidentale, quello verso Via di Cisanello che, tra l'altro, nel tratto che sarà sottoposto a riqualificazione, corre molto vicina all'argine stesso.

Il progetto della nuova infrastruttura stradale, da realizzarsi praticamente a raso rispetto al piano campagna, è riportato in sovrapposizione alla ricostruzione dell'orografia in Figura 14 e, come già accennato, prevede la realizzazione di un nuovo sedime stradale nel tratto compreso tra le rotatorie 10 e 11, mentre più a Sud, tra le rotatorie 11 e 12, si provvederà alla semplice riqualificazione in sede dell'attuale Via di Cisanello.

Alla luce dei limitati dislivelli altimetrici rilevati entro la zona occidentale dell'area di interesse, si possono già ritenere pressoché trascurabili eventuali fenomeni di schermatura da parte della locale orografia; nella parte verso l'Arno invece, il suo argine ripariale può costituire un significativo schermo acustico, specialmente nei confronti dei possibili recettore in sponda orografica sinistra del fiume.

In Figura 14 sono evidenziate anche le tracce dei principali edifici presenti entro l'area di interesse che invece possono genericamente costituire potenziali schermature acustiche.

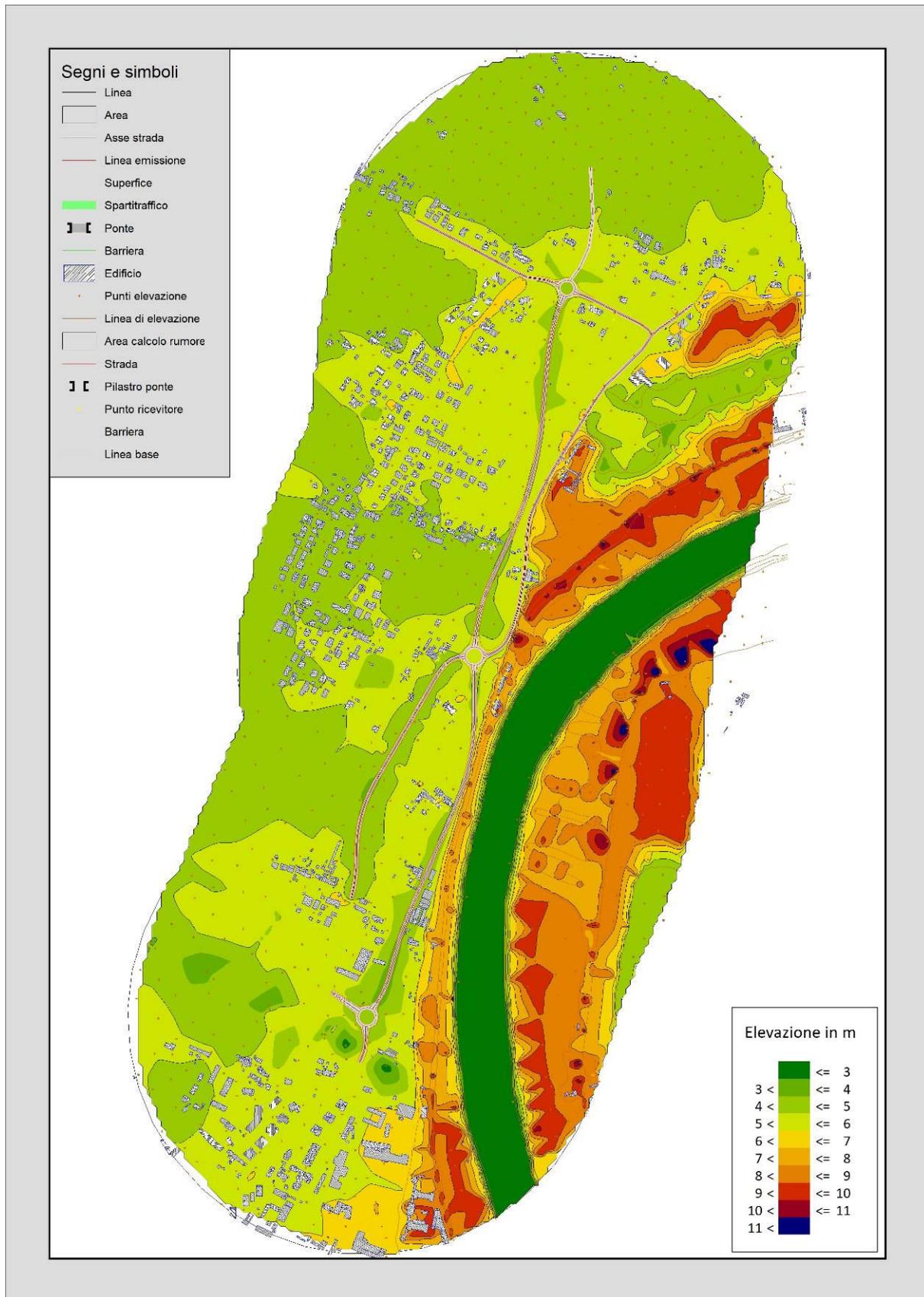


Figura 14 Ricostruzione dell'orografia del dominio di calcolo per lo scenario di progetto

## Edifici

Anche in riferimento alla discretizzazione degli edifici presenti entro l'ara di interesse, già illustrati nella precedente Figura 14, si è fatto ricorso alla cartografia on line disponibile, sempre in formato shape file, presso il sito web della Regione Toscana, al già citato portale cartografico ("Geoscopio"). Dalle coperture originarie scaricate dal sito regionale, sono stati selezionati, ed inseriti nel modello concettuale di simulazione, tutti gli edifici presenti entro una distanza di 500 m, da ambo i lati, del tracciato della nuova infrastruttura stradale in progetto. Nel DataBase associato alle coperture degli edifici sono inoltre presenti le informazioni relative alla quota altimetrica della base e del colmo di ciascuna feature della copertura: da tali informazioni è stato possibile ricavare, per semplice differenza, la reale altezza dei singoli edifici. Come per la traccia al suolo, anche il dato di altezza degli edifici è stato poi convertito in formato di interscambio di AutoCAD per la successiva importazione nel modulo cartografico del codice di simulazione (SoundPlan 8.2). In definitiva tutti gli edifici presenti entro l'area di interesse sono stati quindi discretizzati, con le relative altezze reali, ed inseriti nel modello concettuale utilizzato dal codice di simulazione.

Onde evitare eventuali incoerenze e/o disallineamenti, le informazioni sull'edificato locale e sulle relative altezze, derivanti dalla cartografia ufficiale scaricata dal portale regionale, aggiornata al 2002, sono state infine verificate sulla base delle immagini più recenti rese disponibili dagli applicativi web cartografici (GoogleEarth/map, BingMaps e Ortofoto disponibili presso il portale cartografico della Regione Toscana in forma di WMS Server).

## Recettori

Per lo scenario di simulazione post operam, è stato ritenuto significativo utilizzare esattamente gli stessi recettori già individuati in precedenza per lo scenario ante operam (§ precedente paragrafo 4.3.2 e Figura 7). Tale scelta permette di ottenere un duplice vantaggio: anzitutto è possibile effettuare un confronto diretto tra le configurazioni ante operam e post operam, ovvero valutare le variazioni di clima acustico indotte dalla realizzazione del progetto del lotto 10-12 della nuova tangenziale Nord-Est di Pisa.

Inoltre, a valle della preliminare ricostruzione della mappa dei livelli di pressione acustica generati dal futuro esercizio della nuova infrastruttura stradale in esame, in assenza di opere di mitigazione, ovvero dopo la preliminare esecuzione del run modellistico i cui risultati sono illustrati nel successivo paragrafo 4.4.2, questi stessi recettori si sono rivelati quelli maggiormente esposti alle emissioni stradali indotte sia dagli attuali tracciati di Via di Cisanello e della S.P. 2/Via Puccini, che del nuovo tracciato del lotto 10-12 della tangenziale Nord-Est di Pisa, potendo quindi essere comodamente utilizzati anche per la successiva eventuale procedura di ottimizzazione delle opere di mitigazione, essenzialmente costituite da barriere acustiche stradali.

La necessità del posizionamento dei recettori puntuali deriva, nel caso in esame, dal fatto che il procedimento previsionale iterativo utilizzato per l'ottimizzazione del posizionamento e dell'altezza, tronco per tronco, delle barriere acustiche necessita l'individuazione di punti ove verificare il raggiungimento del livello di pressione acustica obiettivo, ovvero per predisporre l'arresto del procedimento iterativo di calcolo al raggiungimento del rispetto dei limiti di legge per tutti i recettori puntuali presi in considerazione.

## Tracciato di progetto

Il tracciato effettivo della nuova infrastruttura stradale di cui si tratta è stato derivato dagli elaborati progettuali ed è stato importato direttamente nel sistema SoudPlan per mezzo di un file di interscambio di AutoCAD (.DXF) appositamente predisposto.

## Sorgenti acustiche connesse all'esercizio della nuova infrastruttura

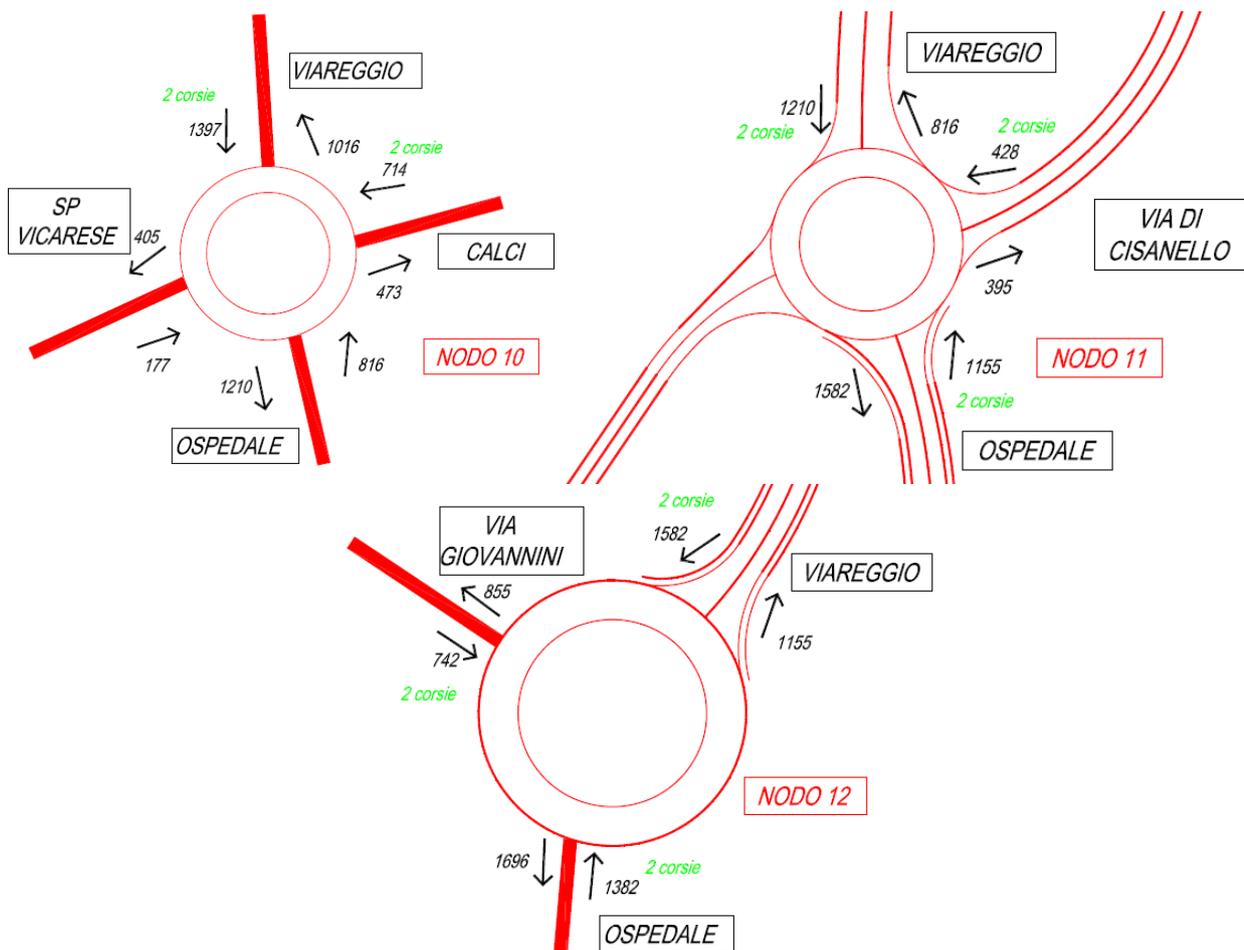
Uno dei punti maggiormente delicati per l'esecuzione di simulazioni acustiche è la corretta impostazione delle sorgenti emmissive e, in particolare, del livello di pressione/potenza acustica caratteristico delle singole sorgenti. Nel caso in esame, le sorgenti utilizzate sono tutte di tipo stradale e la loro caratterizzazione emissiva può quindi avvenire per mezzo dell'impostazione dei flussi di traffico leggero/pesante che interessano i singoli tronchi stradali nei due periodi di riferimento (diurno e notturno) e delle relative velocità di percorrenza. Sulla base di tali dati di input, il codice di calcolo SoundPlan 8.2 è in grado di determinare i livelli di potenza acustica emissiva dei singoli tronchi stradali utilizzando il metodo ufficiale francese "NMPB-Routes-96" (CERTU, Bruit des infrastructures routières – Méthode de calcul incluant les effets météorologiques – NMPB – Routes – 96 – Janvier 1997), espressamente previsto "ad interim" per i paesi, come l'Italia, sprovvisti di un proprio metodo nazionale (a meno del protocollo Cnossos, per il quale tuttavia è ancora in corso la fase di sperimentazione). Il metodo implementato in SoundPlan 8.2 deduce poi il dato di

pendenza stradale, anch'esso richiesto in input dalla normativa di riferimento (NMPB Route 96), sulla base della discretizzazione orografica preliminarmente implementata.

Per il caso in esame, i flussi di traffico utilizzati per le simulazioni acustiche derivano da uno specifico studio viabilistico che ha permesso di ottenere, per ciascun tronco/rotatoria in progetto, il numero di veicoli trasportisticamente equivalenti che interessa il tracciato nell'ora di punta (tra le 7.00 e le 9.00 del mattino). Dato che l'approccio acustico normalmente adottato per la definizione del peso relativo dei veicoli pesanti rispetto a quelli leggeri nella determinazione del numero di veicoli equivalenti è significativamente differente da quello adottato nel campo della modellistica dei sistemi di trasporto (1 veicolo pesante = 2 veicoli leggeri), in questo studio si è scelto di considerare il dato equivalente originariamente fornito dallo studio viabilistico come flusso di traffico complessivo e cautelativamente ipotizzare che una frazione pari al 5% di esso sia costituito da veicoli pesanti. Pur costituendo una sovrastima, un simile approccio permette di mantenere un margine di sicurezza a favore dei recettori esposti. Inoltre la percentuale adottata di mezzi pesanti rispetto al totale, appare anch'essa moderatamente sovrastimata rispetto a quanto rilevato sperimentalmente nel corso del monitoraggio acustico e contestuale conteggio del traffico eseguito per la fase di taratura del codice di calcolo: i conteggi sperimentali condotti nel corso del mese di Maggio 2020 mostrano infatti una frazione di mezzi pesanti generalmente inferiore all'1%, che tuttavia potrebbe essere anche significativamente inferiore al dato caratteristico d'area a causa della fase di parziale limitazione dei trasporti causata dall'emergenza COVID-19 in vigore nel periodo dei rilievi.

La previsione dei volumi equivalenti di traffico utilizzata è proiettata all'anno 2038, ipotizzando un tempo di vita dell'infrastruttura di almeno 20 anni dall'avvio della sua realizzazione.

La seguente Figura 15 mostra le portate alle rotatorie, da cui, moltiplicando per 0,9, possono essere determinati i flussi di traffico veicolare equivalente proiettato al 2038 per l'ora di punta (tra le 7.00 e le 9.00 del mattino) derivanti dallo studio viabilistico di riferimento per il progetto in esame.



**Figura 15** Flussi diurni di traffico (in veicoli equivalenti) che interessano i tronchi stradali e le rotatorie in esame

Si osservi che, sulla base delle indicazioni contenute nello studio del traffico, il coefficiente di ragguaglio tra il valore di flussi di traffico dell'ora di punta ed il TGM è approssimabile a 0.11, permettendo quindi la determinazione di un TGM compreso tra circa 16500 (dati relativi al tronco nodo 10/nodo 11) e 22000 (dati relativi al tronco nodo 11/nodo 12) passaggi/giorno sulla nuova viabilità.

Per quanto riguarda il valore dei flussi di traffico in periodo notturno che potranno interessare il nuovo tracciato della tangenziale Nord-Est di Pisa, non avendo a disposizione specifiche indicazioni previsionali dallo studio trasportistico, sulla base di informazioni di letteratura esso è stato stimato in un valore pari al 30 % dei flussi diurni.

Per Via di Cisanello ed il tratto di interesse della S.P. 2/Via Puccini (strade urbane o locali), caratterizzate da traffico locale con limitata presenza di mezzi pesanti, i flussi di traffico di periodo notturno, in assenza di specifiche indicazioni, sono stati invece stimati adottando lo stesso approccio già illustrato nel precedente paragrafo 4.3.2, in riferimento alla caratterizzazione delle sorgenti stradali per lo scenario ante operam, ovvero ipotizzando "qualitativamente" (ex DPGR Toscana 08/01/2014, n. 2/R, Tabella B1, § precedente Figura 8) che il livello equivalente di periodo notturno sia ancora 8 dB(A) inferiore rispetto a quello prevedibile in periodo diurno. Anche in questo caso si è quindi adottata una riduzione percentuale del traffico di periodo notturno pari al 15.8% rispetto al periodo diurno.

Dal punto di vista della definizione delle caratteristiche fonoassorbenti dell'asfalto che si prevede di utilizzare per la realizzazione dell'opera di cui si tratta, si è ipotizzato che sia per la nuova viabilità che per la riqualificazione di Via di Cisanello si adotti un materiale di rotolamento con buone caratteristiche sia drenanti che acustiche, al passo con quanto attualmente disponibile sul mercato. Tuttavia, a fronte di indicazioni dei fornitori riguardo abbattimenti acustici dei migliori prodotti fino a valori dell'ordine di 5-6 dB, si è scelto di impostare a 3 dB il livello di fono assorbimento del materiale di finitura del manto stradale, anche tenendo conto del fatto che, come indicato da diversi studi di settore, col passare del tempo, le caratteristiche acustiche dei materiali più prestazionali tendono a degradare, portando quindi ad un riallineamento delle relative prestazioni acustiche a livello dei materiali più commerciali.

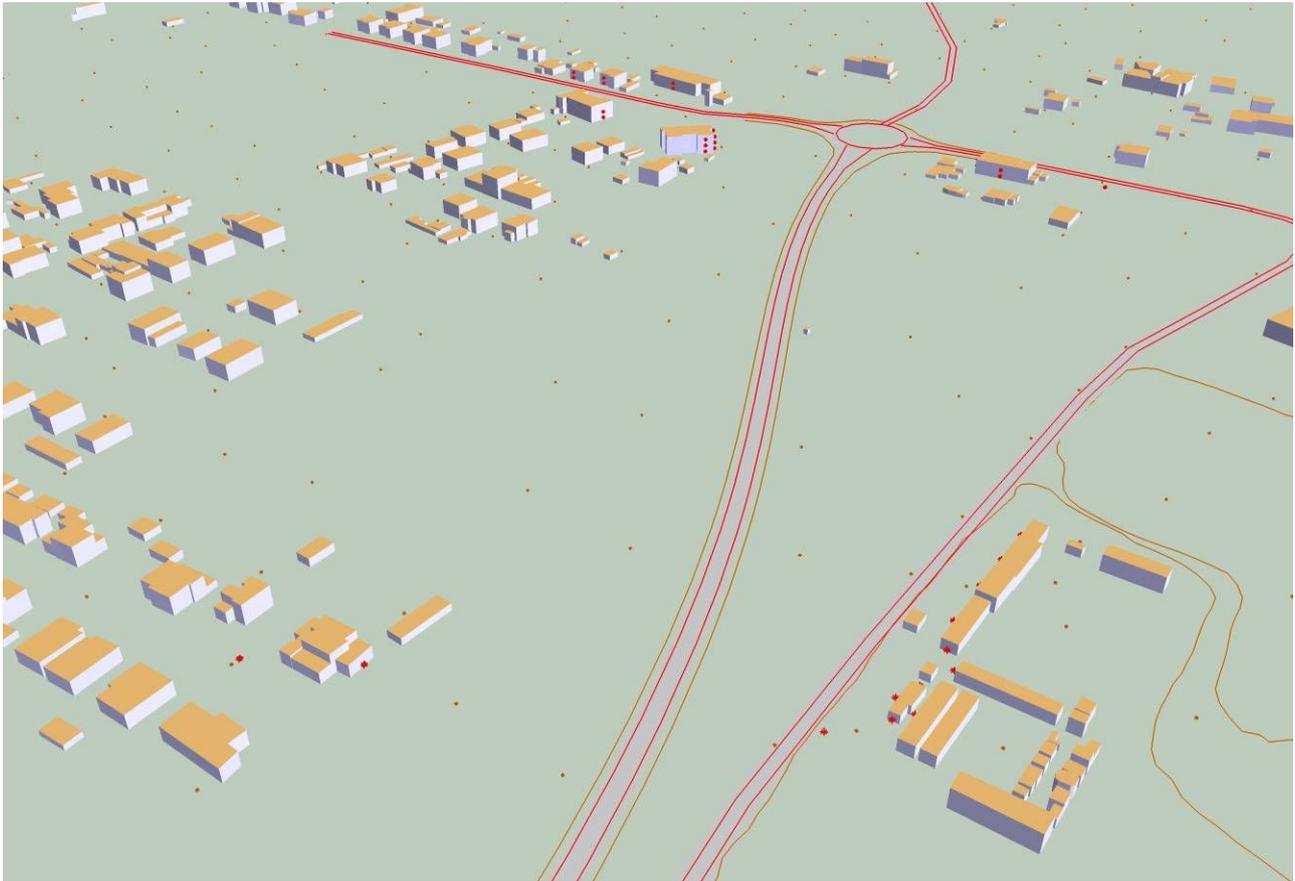
Per la viabilità locale preesistente ed afferente il nodo 10 (S.P. 2 Vicarese e Via Puccini), le vie che si innestano sul tracciato nuovo (tronco nodo 10/nodo 11, Via Lazzeri) o riqualificato (tronco nodo 11/nodo 12, Vie Selmi, Grandi e Alfieri), oltre a tutta la viabilità locale interferita dal progetto della tangenziale (tratto non riqualificato di Via di Cisanello a Nord dell'innesto sulla rotonda del nodo 11 e fino all'immissione sulla S.P. 2 Vicarese), si sono invece mantenute le stesse impostazioni di tipologia di asfalto già utilizzate per le simulazioni nello scenario ante operam, ovvero normale asfalto in conglomerato bituminoso senza particolari caratteristiche acustiche.

Le velocità di percorrenza dei singoli tronchi/rotatorie, sono state infine fissate in funzione dei limiti imposti dal codice della strada o da ipotesi di buon senso, ovvero:

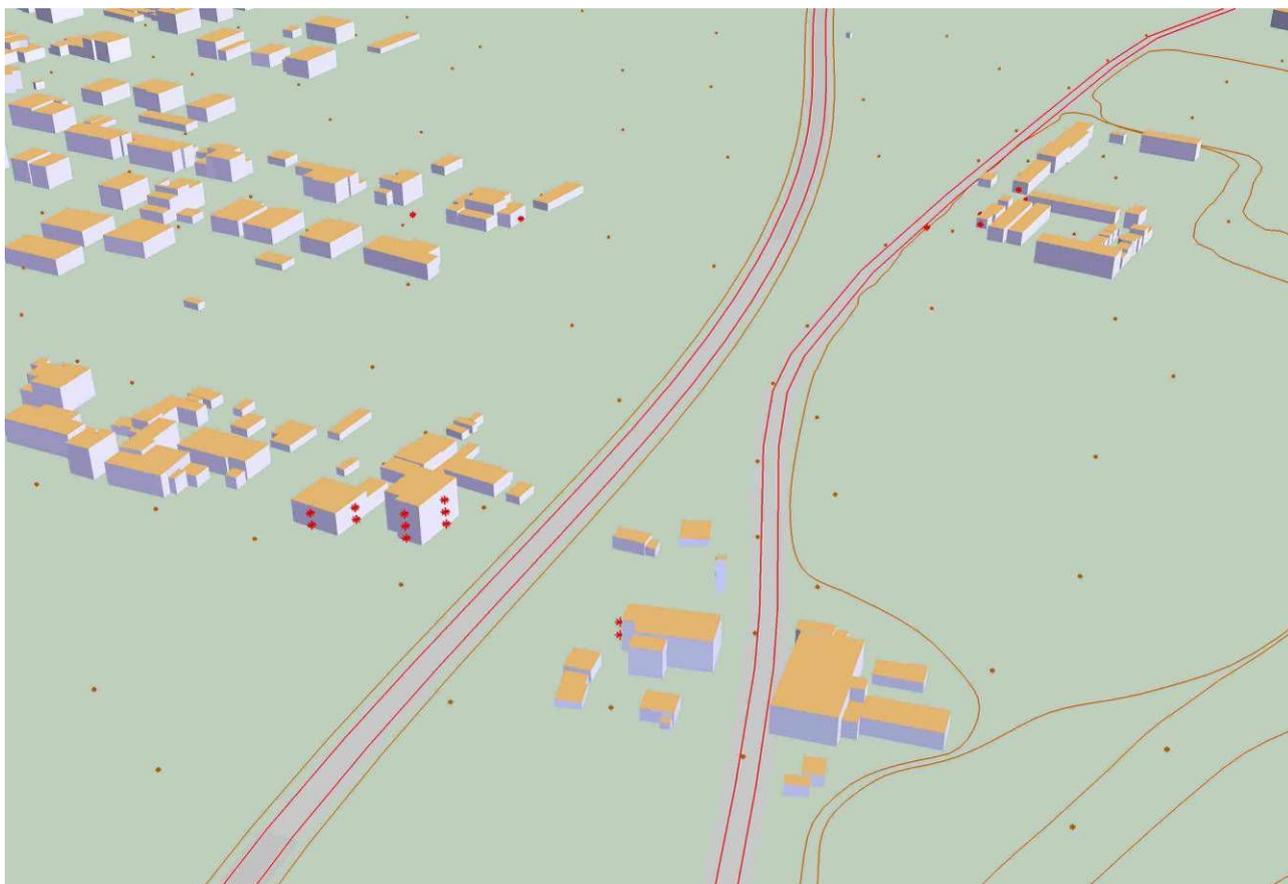
- Per tutte le rotatorie: 50/30 km/h per mezzi leggeri/pesanti (circolazione antioraria a senso unico)
- Per i primi 50 m in prossimità di ciascun imbocco di tutte le rotatorie: 50/30 km/h, per mezzi leggeri/pesanti
- Per il tratto compreso tra 50 e 100 m dall'imbocco delle rotatorie: 70/50 km/h, per mezzi leggeri/pesanti
- Per tutti gli altri tratti stradali: 90/70 km/h, per mezzi leggeri/pesanti

In definitiva l'analisi dell'area di interesse e delle sue caratteristiche urbanistiche ed orografiche, ha portato alla rappresentazione del dominio di simulazione (modello concettuale) per lo scenario post operam illustrato in una simulazione 3D nelle seguenti Figura 16, Figura 17 e Figura 18. Per la nomenclatura degli edifici recettori si può fare riferimento alle precedenti immagini da Figura 9 a Figura 11.

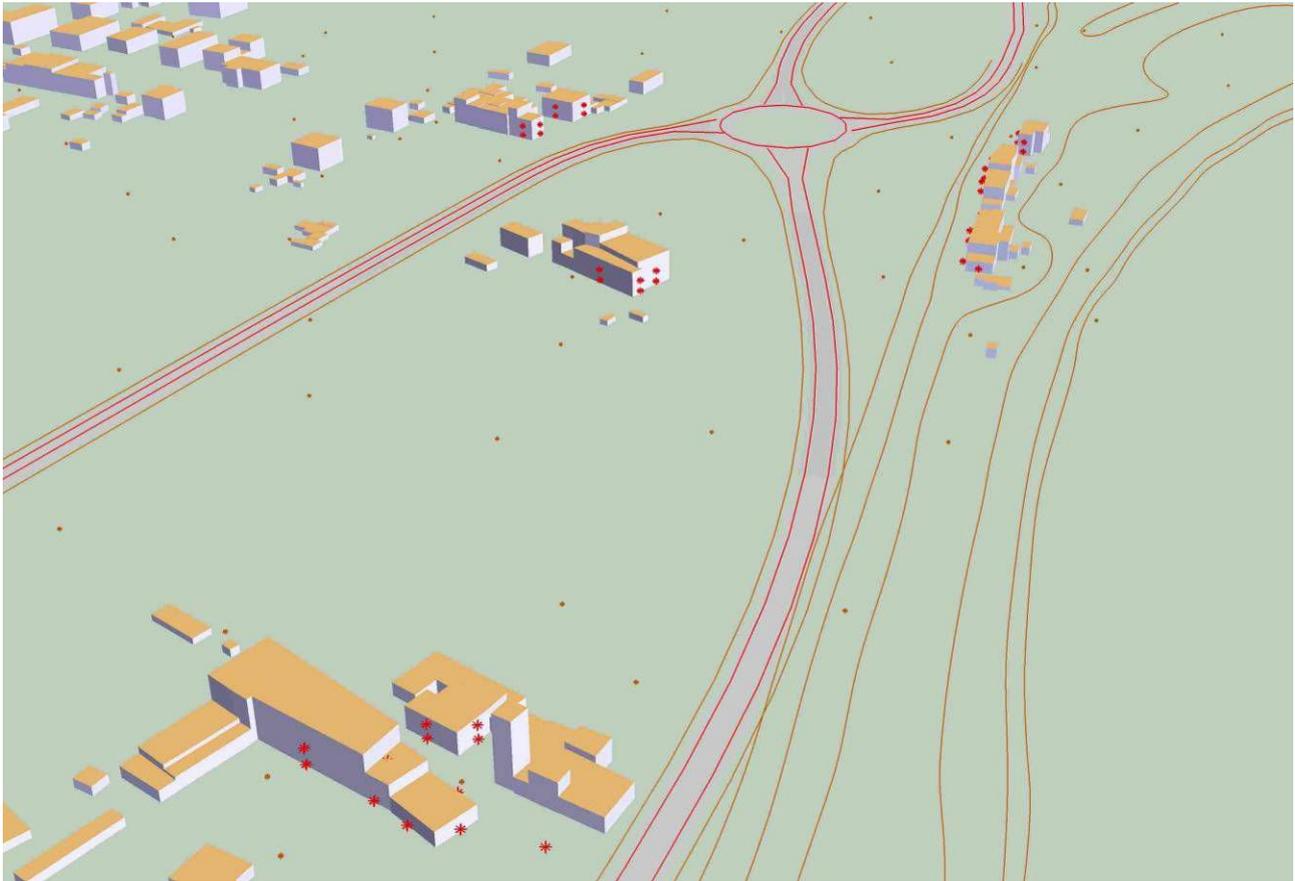
La successiva Figura 19 illustra invece la discretizzazione del modello concettuale in planimetria nello scenario post operam, con sovrapposto il progetto in CAD e la cartografia di base riportante i dettagli dell'area di indagine.



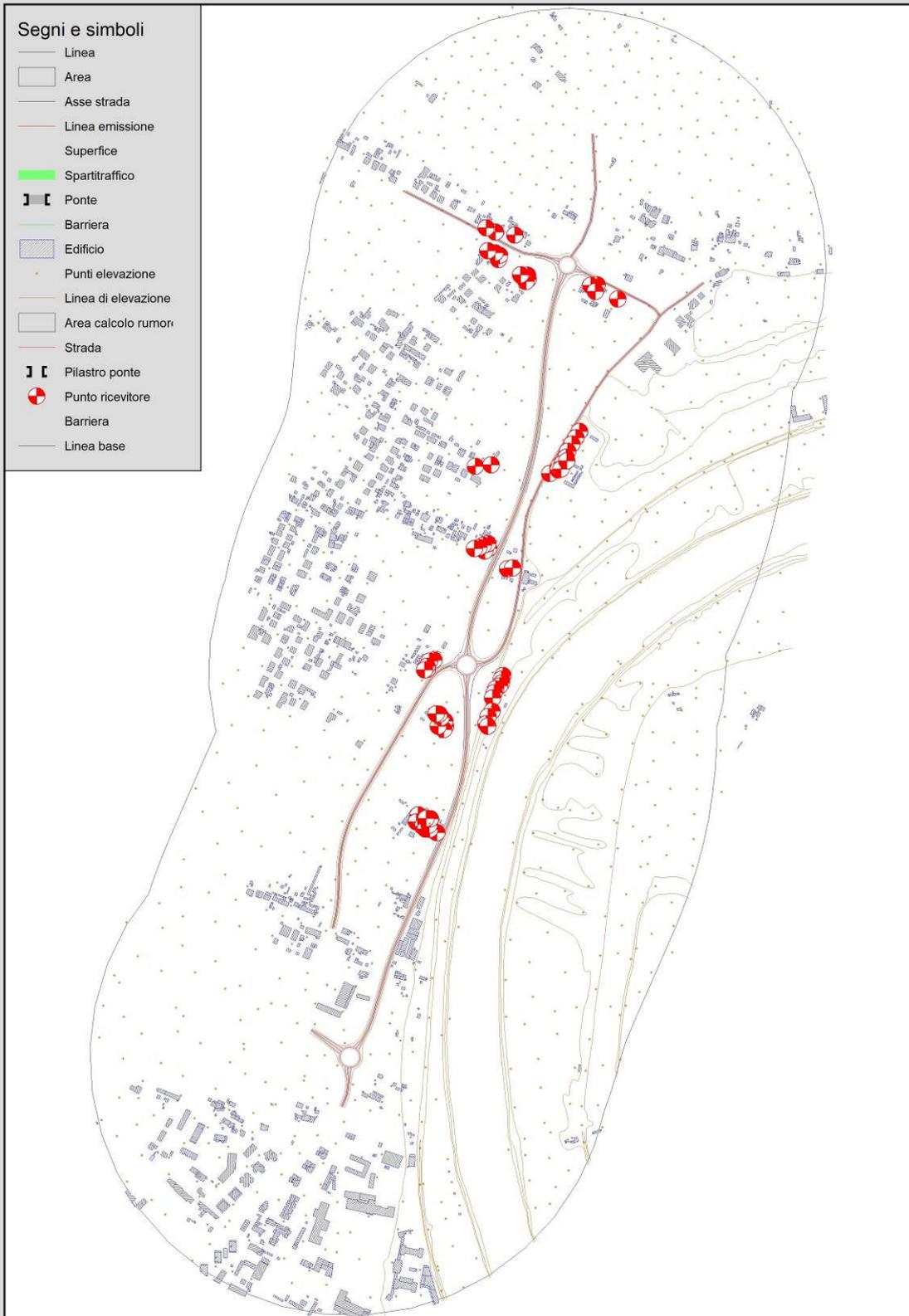
**Figura 16 Rappresentazione 3D della parte settentrionale del dominio di simulazione post operam (nodo 10 – Via di Cisanello e S.P. 2/Via Puccini)**



**Figura 17** Rappresentazione 3D della parte centrale del dominio di simulazione post operam (poco a Nord del nodo 11 - Via Lazzeri – Via Labriola)



**Figura 18 Rappresentazione 3D della parte meridionale del dominio di simulazione post operam (nodo 11 e più a Sud - Via Grandi)**



**Figura 19 Discretizzazione del dominio di calcolo per lo scenario post operam sovrapposta al progetto ed alla cartografia di base**

Nel seguito, ora che si sono completamente definiti i dettagli del dominio e delle impostazioni di simulazione per lo scenario post operam, si presenterà dapprima la ricostruzione modellistica di mappa per le previste condizioni acustiche nella futura configurazione di reale esercizio della nuova infrastruttura stradale in esame (flussi di traffico previsti al 2038, per l'ora di punta del mattino), ma in assenza di mitigazioni acustiche, al fine di poter individuare le aree ove si possono rilevare superamenti dei limiti fissati dalla vigente legislazione. Successivamente (§ paragrafo 4.5) si procederà alla descrizione della definizione preliminare dei presidi di mitigazione in termini di posizionamento planimetrico ed alla successiva presentazione dei risultati della procedura di ottimizzazione del posizionamento e delle altezze delle barriere acustiche che si renderà necessario porre in opera per ridurre a conformità tutti i superamenti dei limiti di legge precedentemente individuati. Infine (§ paragrafo 4.6) si presenteranno i risultati della riesecuzione delle simulazioni di mappa in condizioni post mitigazione, al fine di verificare l'effettiva efficacia ed ottimizzazione delle barriere previste.

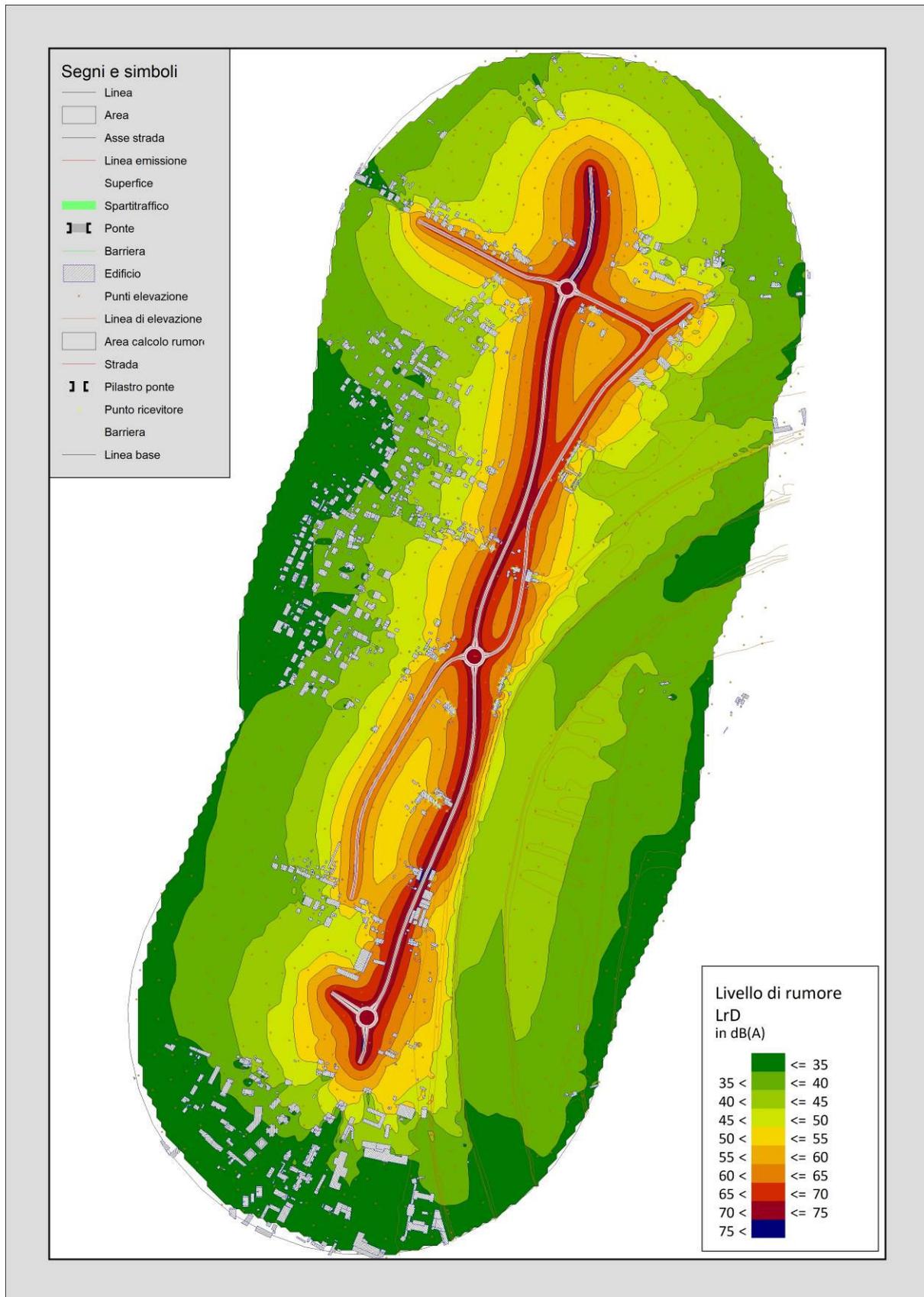
#### **4.4.2 Previsione degli effetti generati dall'esercizio della nuova infrastruttura stradale**

In questo paragrafo si descrivono i risultati dell'attività di modellizzazione matematica del sistema in esame nello scenario di esercizio a regime della nuova infrastruttura stradale in progetto, costituita dal lotto 10-12, e dei tracciati storici di Via di Cisanello e della S.P. 2/Via Puccini, gravati dei flussi di traffico previsti all'orizzonte temporale del 2038, per l'ora di punta del mattino. Per quanto riguarda la discretizzazione del dominio (quote altimetriche/orografia ed edifici) e la caratterizzazione delle sorgenti (volumi di traffico e velocità di percorrenza dei tratti), come pure per la ricostruzione del modello digitale del terreno (§ precedente Figura 14), si può fare riferimento a quanto già esposto nel precedente paragrafo 4.4.1.

Si tenga presente che le simulazioni effettuate trascurano completamente gli effetti di ogni altra sorgente eventualmente presente entro l'area di indagine diversa da quelle connesse al futuro esercizio sia del lotto 10-12 della nuova circonvallazione Nord di Pisa, compresa tra le rotatorie 10 e 12, sia degli attuali tracciati di Via di Cisanello e della S.P. 2/Via Puccini, tutti gravati dei flussi di traffico previsto al 2038 per l'ora di punta del mattino. Conseguentemente i livelli simulati possono essere confrontati direttamente con i limiti di immissione previsti dal D.P.R. 142/2004 per il rumore generato da infrastrutture stradali di nuova realizzazione, nel caso del nuovo tracciato tra le rotatorie 10 e 11 (65/55 dB(A) per i periodi diurno/notturno, entro la fascia di pertinenza acustica, di ampiezza 250 m dal bordo strada (infrastruttura di tipo C1)), o di infrastrutture esistenti, in riferimento al tronco compreso tra le rotatorie 11 e 12, ovvero il tratto di Via di Cisanello oggetto di riqualificazione, a Via di Cisanello stessa ed alla S.P. 2/Via Puccini (nelle condizioni maggiormente restrittive (infrastruttura di tipo E), 65/55 dB(A) per i periodi diurno/notturno (rif. vigente zonizzazione, classe IV)), entro una fascia di pertinenza acustica, di ampiezza 30 m dal bordo strada).

Le seguenti mappe (Figura 20 e Figura 21) (non riportate in scala) mostrano l'andamento delle isolinee di livello di pressione acustica rispettivamente per i periodi di riferimento diurno e notturno, come risultanti dalle simulazioni eseguite in configurazione di effettivo esercizio della nuova infrastruttura (e dei tracciati storici della viabilità d'area) ed in assenza di mitigazioni, ovvero senza alcuna barriera acustica a protezione dei recettori presenti nelle immediate vicinanze del nuovo sedime stradale e/o dei tracciati della viabilità esistente interferita.

In Allegato 3 si riporta inoltre la tabella complessiva dei livelli di pressione acustica previsti per i vari piani, delle differenti facciate esposte, di tutti gli edifici recettore presi in considerazione, per lo scenario post operam (ora di punta del mattino, proiezione al 2038), in affiancamento ai livelli già previsti per lo stato ante operam (§ precedente paragrafo 4.3.4); per la localizzazione planimetrica generale degli edifici recettore si può fare riferimento alla precedente Figura 7 (o Figura 19) ed alle immagini da Figura 16 a Figura 18, mentre la nomenclatura è illustrata nelle precedenti immagini da Figura 9 a Figura 11. Facendo riferimento ai limiti di legge poco sopra citati (ex D.P.R. 142/2004), i livelli evidenziati in rosso rappresentano i superamenti dei limiti stessi.



**Figura 20** Mappa di previsione delle curve di isolivello per lo scenario post operam in periodo diurno in assenza di mitigazioni acustiche

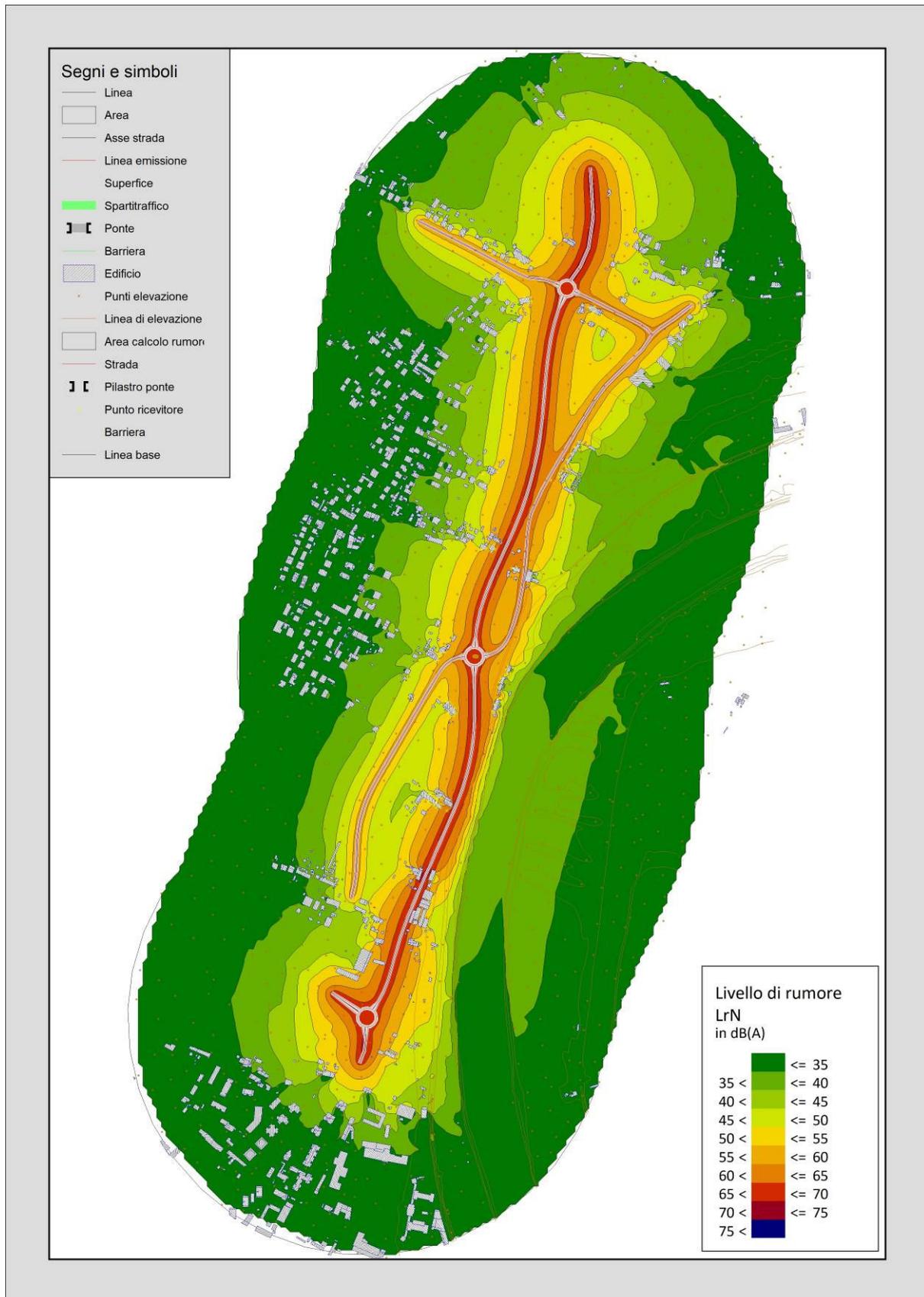


Figura 21 Mappa di previsione delle curve di isolivello per lo scenario post operam in periodo notturno in assenza di mitigazioni acustiche

Si osservi che, già anche solo dall'analisi dell'andamento delle curve di isolivello, diversi edifici residenziali tra tutti quelli discretizzati risultano interessati da livelli di pressione acustica superiori ai limiti previsti dal D.P.R. 142/2004 sia in riferimento alla fascia di pertinenza (ampiezza pari a 250 m dal ciglio stradale, da ambo i lati) di nuove infrastrutture stradali di tipologia C1 – strade extraurbane secondarie, come il tronco 10-11 di nuova progettazione (65/55 dB(A) rispettivamente per i periodo diurno e notturno, in assenza di recettori sensibili), sia in riferimento alla singola fascia di pertinenza, di ampiezza pari a 30 m, di infrastrutture stradali di tipo E – strade urbane di quartiere (tracciato storico di Via di Cisanello e S.P. 2/Via Puccini) o di riqualificazione delle stesse (tronco tra le rotatorie 11 e 12) (limiti conformi alla vigente zonizzazione acustica per classe III (60/50 dB(A) per i periodi notturno/diurno) o IV (65/55 dB(A) per i periodi notturno/diurno)).

Dall'esame dei valori numerici di livello di pressione acustica previsti per lo scenario post operam, per l'ora di punta del mattino ed all'orizzonte temporale del 2038 (§ tabella dell'Allegato 3), è immediatamente possibile evidenziare un significativo miglioramento delle condizioni di esposizione al rumore per i recettori presenti lungo Via Puccini, interessata, passando dallo scenario ante operam a quello post operam, da una riduzione dei flussi di traffico: le previste non conformità ai limiti di legge per i recettori 2 quater e quinquies nello scenario ante operam, evidenziate sia per il periodo diurno che per quello notturno, si attenuano infatti significativamente, portando a prevedere, per lo scenario post operam, superamenti del solo limite di periodo notturno compresi tra 1.1 e 1.4 dB(A). La realizzazione della nuova tangenziale Nord-Est di Pisa induce quindi certamente un miglioramento del clima acustico per tutti gli edifici residenziali presenti lungo Via Puccini, nel tratto ad Ovest della derivazione a Sud della S.P. 2 Vicarese.

A fronte di questo miglioramento, per lo scenario post operam dell'ora di punta del mattino, all'orizzonte temporale del 2038, si rilevano invece incrementi dei livelli previsti in diversi altri recettori, compresi praticamente tutti quelli interessati da non conformità ai limiti di legge già allo stato ante operam, le cui condizioni espositive tendono quindi a peggiorare. La situazione ora descritta si evidenzia in particolare, sia per il periodo diurno che per quello notturno, in corrispondenza dei recettori più vicini al tracciato del lotto 10-12 della nuova tangenziale, costituiti essenzialmente da alcuni piccoli raggruppamenti di edifici a destinazione prevalentemente residenziale presenti sia ad Est che ad Ovest del tracciato stesso.

Una situazione particolare si evidenzia infine per il gruppo di recettori 16, 17, 18 e 19, per i quali, a fronte di superamenti dei limiti ricostruiti per lo scenario ante operam sia in periodo diurno che notturno, nelle previsioni per lo scenario post operam dell'ora di punta del mattino, all'orizzonte temporale del 2038, i superamenti vengono previsti per il solo periodo notturno, benché più diffusi (anche altre facciate interessate rispetto allo stato ante operam) e numericamente più significativi; in periodo diurno lo stato espositivo dei recettori migliora invece fino a 3 dB(A), rientrando entro i limiti di legge (tranne il recettore 19 che mantiene praticamente gli stessi valori). Questo comportamento può essere spiegato dal fatto che, mentre per lo scenario ante operam i recettori risultano esposti alle sole emissioni generate dal traffico autoveicolare in transito sul vicino tracciato di Via di Cisanello, per lo scenario post operam essi risultano maggiormente influenzati anche dalle emissioni del tronco 10-11 della nuova tangenziale, con una distribuzione dei flussi di traffico diurni/notturni differente rispetto a quella di Via di Cisanello, che, da parte sua, mostra inoltre una significativa riduzione dei flussi di traffico che la interessano (disincentivazione dell'utilizzo da parte dell'utenza trasportistica per effetto della realizzazione di un tracciato in variante più efficiente e scorrevole).

A questo punto appare quindi necessario procedere alla predisposizione degli opportuni interventi di mitigazione, al fine di ridurre a conformità di legge i livelli di pressione acustica previsti ai recettori. Tale fase progettuale sarà illustrata nel seguente paragrafo 4.5.

## **4.5 Individuazione ed ottimizzazione degli interventi di mitigazione**

Come evidenziato nel precedente paragrafo, l'esercizio della nuova infrastruttura stradale in progetto tra i nodi 10 e 11 della tangenziale Nord-Est di Pisa, e le conseguenti variazioni dei flussi di traffico lungo l'originario tracciato di Via di Cisanello, oggetto di riqualificazione a costituire il tratto compreso tra i nodi 11 e 12 della nuova infrastruttura, e lungo la S.P. 2/Via Puccini, afferente la nuova viabilità, può indurre, presso alcuni recettori, superamenti dei limiti di immissione fissati dalla vigente legislazione e, in particolare, in riferimento esclusivamente al rumore stradale, dalle prescrizioni del D.P.R. 142/2004 per le fasce di pertinenza di nuove infrastrutture stradali di tipo C1 – strade extraurbane secondarie (ampiezza 250 m dal ciglio strada da ambo i lati) (tronco 10-11 della nuova tangenziale di Pisa) o esistenti/riqualificate di tipo E – strade urbane di quartiere (ampiezza 30 m dal ciglio strada da ambo i lati) (tronco 11-12 della tangenziale, tracciato storico di Via di Cisanello e S.P. 2/Via Puccini, nelle condizioni maggiormente restrittive).

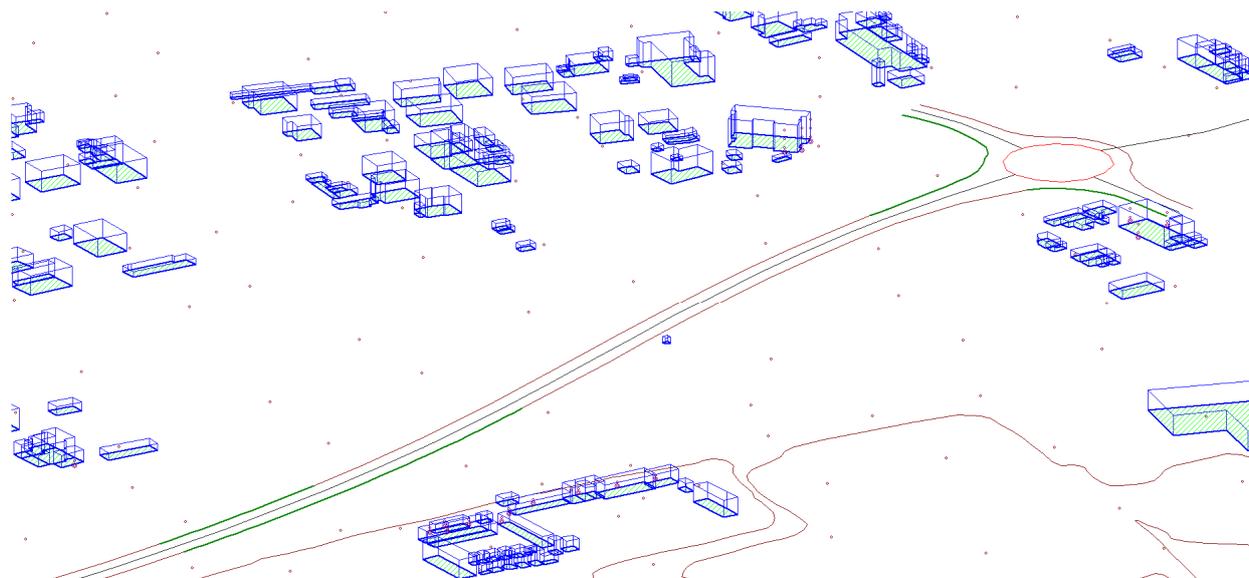
Benchè alcuni dei superamenti evidenziati per lo scenario post operam (traffico dell'ora di punta del mattino, proiettato al 2038) vengano rilevati presso recettori già allo stato ante operam interessati da livelli oltre i limiti di legge, ma con superamenti di minore entità, ad essi si aggiungo diversi altri casi di mancato rispetto dei limiti di legge per ulteriori recettori non solo lungo o in prossimità del nuovo tracciato stradale, ma anche lungo la viabilità afferente la nuova tangenziale Nord-Est di Pisa e, in particolare, in prossimità del nodo 10; ovviamente questo aumento sia numerico dei superamenti dei limiti di legge che di entità del superamento stesso, sono determinati dalle previste variazioni dei flussi di traffico anche su Via di Cisanello e sulla S.P. 2 Vicarese/Via Puccini

Una simile situazione porta necessariamente a dover prevedere la messa in opera di opportuni sistemi di mitigazione acustica a protezione dei recettori esposti, ovvero alla progettazione di barriere acustiche ottimizzate sia dal punto di vista del loro posizionamento planimetrico che da quello delle relative altezze dei moduli schermanti sul piano campagna. A tale scopo è stato utilizzato uno dei moduli di calcolo del sistema SoundPlan 8.2, il WallDesign, che, una volta individuati i recettori esposti e la traccia planimetrica del sistema di barriere che si intende ottimizzare, inclusa la definizione delle quote al piede dei moduli di barriera sul piano campagna, permette di ottimizzare l'altezza dei moduli stessi dei sistemi schermanti sulla base di un valore obiettivo di livello di pressione acustica da raggiungere al recettore esposto, in condizioni post ottimizzazione delle barriere.

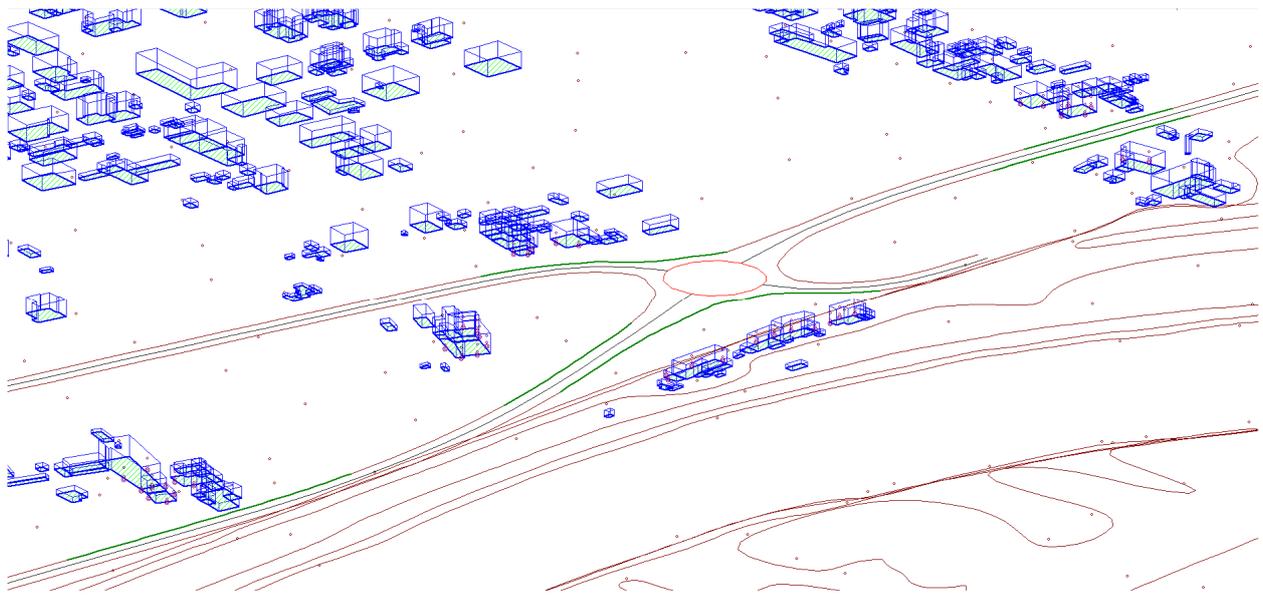
Nel caso in esame, adottando, in assenza di recettori sensibili esposti, un valore obiettivo diurno (65 dB(A), ex D.P.R. 142/2004 per fascia di pertinenza di infrastrutture stradali di tipo C1 o di classe IV di zonizzazione per infrastrutture stradali di tipo E) o notturno (55 dB(A)) a seconda delle necessità di protezione dei recettori esposti, già individuati al precedente paragrafo, si è proceduto ad ottimizzare le altezze delle barriere con una suddivisione in moduli schermanti di lunghezza pari a 5 m.

In particolare, per tutti i recettori residenziali ove sono stati rilevati superamenti del limite di immissione fissato dal D.P.R. 142/2004 entro le fasce di pertinenza stradali, si è ritenuto necessario adottare comunque il massimo livello di ottimizzazione dei sistemi schermanti, con impostazione del minimo valore obiettivo di immissione al recettore, quello riferito al periodo notturno (55 dB(A)).

Le seguenti Figura 22 e Figura 23 mostrano, in una vista tridimensionale non in scala, la traccia al suolo delle barriere (in verde) ed il posizionamento dei vari recettori presenti entro l'area limitrofa al lotto 10-12 della nuova infrastruttura stradale in esame, per alcuni dei quali, sulla base delle risultanze dell'analisi delle mappe di isolivelli ottenute per lo scenario post operam, sono stati previsti superamenti dei limiti di legge e che saranno conseguentemente utilizzati nella fase di ottimizzazione delle barriere. Tutti i recettori sono stati posizionati sulle diverse facciate degli edifici esposti ai vari piani ove si trovano i locali residenziali, posizionando il recettore stesso alla quota di 1.5 m al di sopra della superficie di calpestio di ciascun piano.



**Figura 22** Tracce al suolo delle barriere di mitigazione e posizionamento dei recettori – nodo 10 e tronco 10-11



**Figura 23** Tracce al suolo delle barriere di mitigazione e posizionamento dei recettori – nodo 11

Le precedenti immagini da Figura 9 a Figura 11 possono essere ancora utilizzate come riferimento per la nomenclatura degli edifici recettore, utile come chiave di lettura anche della tabella dell'Allegato 4, dove si riporta il riepilogo dei livelli di pressione acustica previsti, in assenza di presidi di mitigazione, ai vari piani, delle diverse facciate esposte, di tutti i recettori analizzati, unitamente ai livelli per essi previsti a valle del procedimento di ottimizzazione del posizionamento planimetrico e dell'altezza delle barriere, e degli eventuali ulteriori interventi di mitigazione che si dovessero rendere necessari per la riduzione a conformità dei limiti di legge in tutti i casi di interesse (si veda in merito più avanti in questo stesso paragrafo).

Ovviamente, in assenza di interessamento di recettori sensibili, i livelli obiettivo di riferimento per i singoli recettori utilizzati nel corso della fase di ottimizzazione delle barriere, sono stati fissati al valore limite di legge, tenendo conto della differente tipologia di strada esistente (tracciato riqualificato di Via di Cisanello (tronco tra i nodi 11 e 12 della tangenziale), suo tracciato storico e S.P. 2/Via Puccini) o di nuova realizzazione (tratto compreso tra i nodi 10 e 11 della nuova tangenziale, tipo C1). Casualmente, i limiti di riferimento come fissati dal D.P.R. 142/2004 o, nel caso di strade di tipo E, dalla vigente zonizzazione acustica comunale (classe IV), per la maggior parte dei casi coincidono numericamente.

Uno dei recettori individuati in prossimità del nodo 10 (recettore 1, § precedente Figura 9) non è tuttavia stato preso in considerazione per il procedimento di ottimizzazione delle barriere, in quanto influenzato esclusivamente dalle emissioni acustiche generate dal traffico previsto (ora di punta del mattino, proiettato al 2038) in transito lungo il tracciato della S.P. 2/Via Puccini, ad Est della rotatoria di derivazione della nuova tangenziale; l'S.P. 2 Vicarese non è infatti interessata da riqualificazione e su di essa non sono stati quindi previsti interventi di mitigazione.

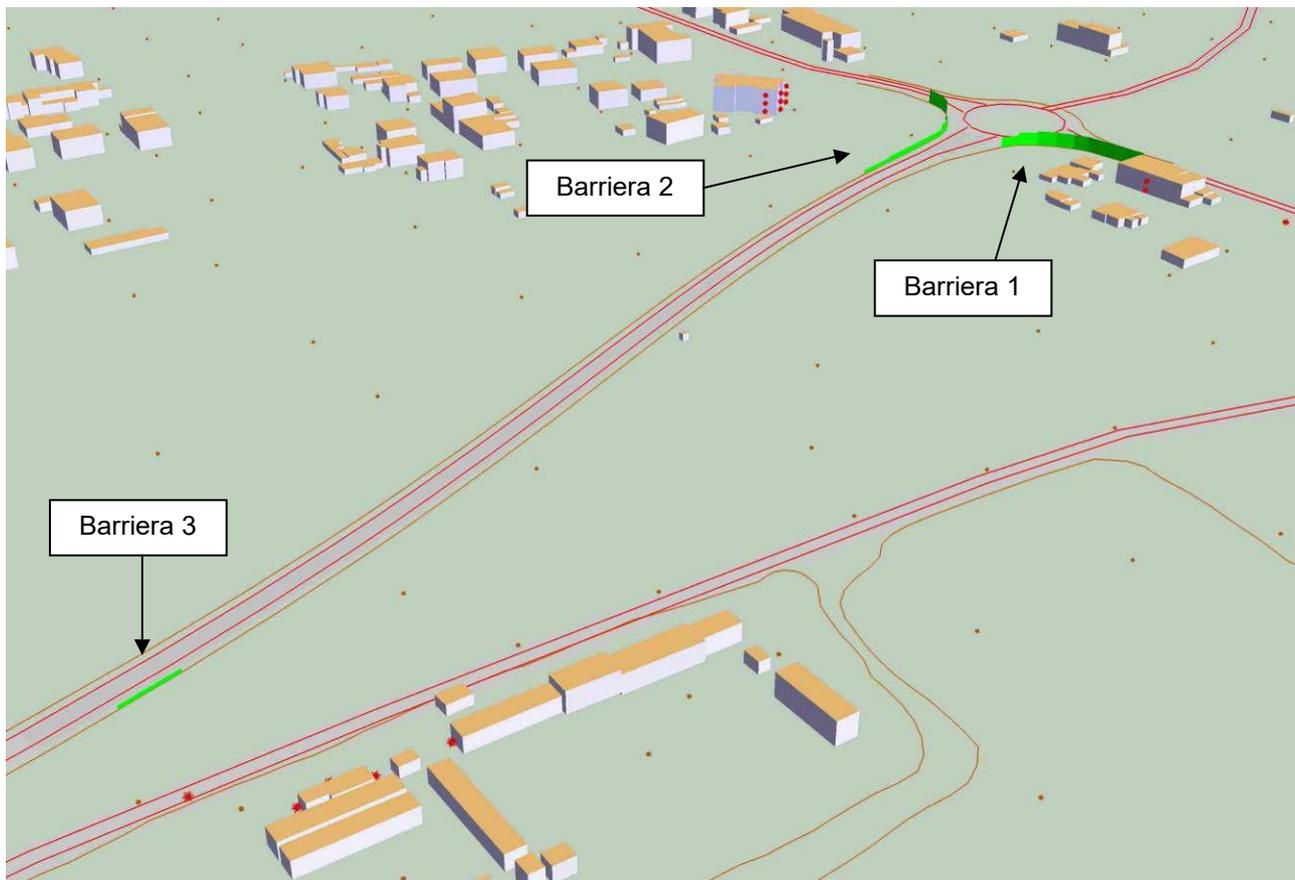
Analogamente, non sono stati presi in considerazione anche i recettori del primo e del secondo piano dell'edificio 11 (§ precedente Figura 10) in quanto l'estrema vicinanza al tracciato stradale ed il fatto che si trovino in posizione sopraelevata rispetto alla sorgente, non permette di ottenere significative schermature (mancata convergenza del procedimento iterativo di ottimizzazione delle barriere), a meno di aumentare le altezze delle barriere oltre i 5 m, considerati il limite massimo per evitare ulteriori problemi di stabilità delle strutture e di inaccettabile impatto estetico-vedutistico. Gli eventuali superamenti residui che potranno rendersi sperimentalmente evidenti presso tali recettori nel corso della già prevista fase di monitoraggio ambientale post realizzazione, con la nuova tangenziale già in normale regime di esercizio, non potendo essere ricondotti a norma in modo economicamente e tecnicamente accettabile mediante interventi alla sorgente o lungo la via di propagazione, dovranno essere affrontati progettando specifici interventi diretti al recettore (interventi passivi), per i quali si provvederà a mantenere una riserva economica in progetto.

Dai dati riportati nella tabella dell'Allegato 4, relativi ai recettori direttamente interessati dalle emissioni generate dal traffico auto veicolare in transito lungo il lotto 10-12 della nuova tangenziale Nord-Est di Pisa, escludendo quindi tutti quelli non esplicitamente utilizzati nel corso del procedimento di ottimizzazione condotto (recettori presenti essenzialmente lungo la viabilità afferente (S.P. 2 Vicarese) o per i quali non è materialmente possibile raggiungere la conformità ai limiti di legge), è possibile rilevare che, a valle di tale

procedimento, il sistema di barriere acustiche messo a punto permette di raggiungere significativi abbattimenti dei livelli di pressione acustica indotti, riportando a conformità di legge le previsioni in configurazione post mitigazioni per quasi tutti i recettori considerati.

Permangono tuttavia alcuni residui superamenti per recettori prevalentemente influenzati dalle emissioni dei tronchi stradali esistenti piuttosto che della nuova infrastruttura in progetto: si tenga infatti presente che il procedimento di ottimizzazione del sistema di barriere messo a punto è stato basato sulla necessità di mitigare gli effetti acustici indotti dall'esercizio della nuova infrastruttura (incluso il tratto riqualificato di Via di Cisanello), non prevedendo invece interventi sulla viabilità limitrofa, già oggi esistente ed in esercizio. In pratica, i casi di residuo superamento dei limiti di legge per alcuni recettori sono determinati congiuntamente, ed in diversa misura, dalle emissioni sia dell'infrastruttura in progetto che del resto della viabilità d'area: mentre per la prima, come visto, gli effetti possono essere almeno parzialmente mitigati, per l'altra non si prevedono interventi, con la conseguenza che i limiti di legge potrebbero ancora essere superati, benché in misura più o meno significativa. In particolare, si può evidenziare che, in periodo notturno, l'esposizione al rumore cresce, rispetto allo stato ante operam, per i recettori presenti in prossimità del cimitero di Ghezzano (recettori dal 4 all'8), chiaramente non classificabili come residenziali, mentre in riferimento al recettore 1, localizzato lungo il lato meridionale della S.P. 2 Vicarese, i livelli previsti per la configurazione post operam mitigata, con i flussi di traffico previsti per l'ora di punta del mattino, all'orizzonte temporale del 2038, risultano molto prossimi a quanto già ricostruito per lo scenario ante operam (§ precedente paragrafo 4.3.4). Le seguenti immagini da Figura 24 a Figura 26 mostrano, per i recettori residenziali presenti entro l'area limitrofa al lotto 10-12 della nuova infrastruttura stradale in esame, le viste tridimensionali (non in scala) della disposizione relativa di dettaglio dei recettori presi in considerazione (marker rossi) e delle barriere acustiche ottimizzate planimetricamente ed in altezza dei singoli tratti, applicando il procedimento sopra descritto.

La rappresentazione delle barriere, in verde, permette di valutare bene la variabilità longitudinale delle altezze dei moduli schermanti, ciascuno di lunghezza pari a circa 5 m, come derivante dal procedimento di ottimizzazione adottato.



**Figura 24** Disposizione planimetrica, altezza dei segmenti di barriere ottimizzate e relativo posizionamento dei recettori utilizzati nell'area limitrofa al nodo 10

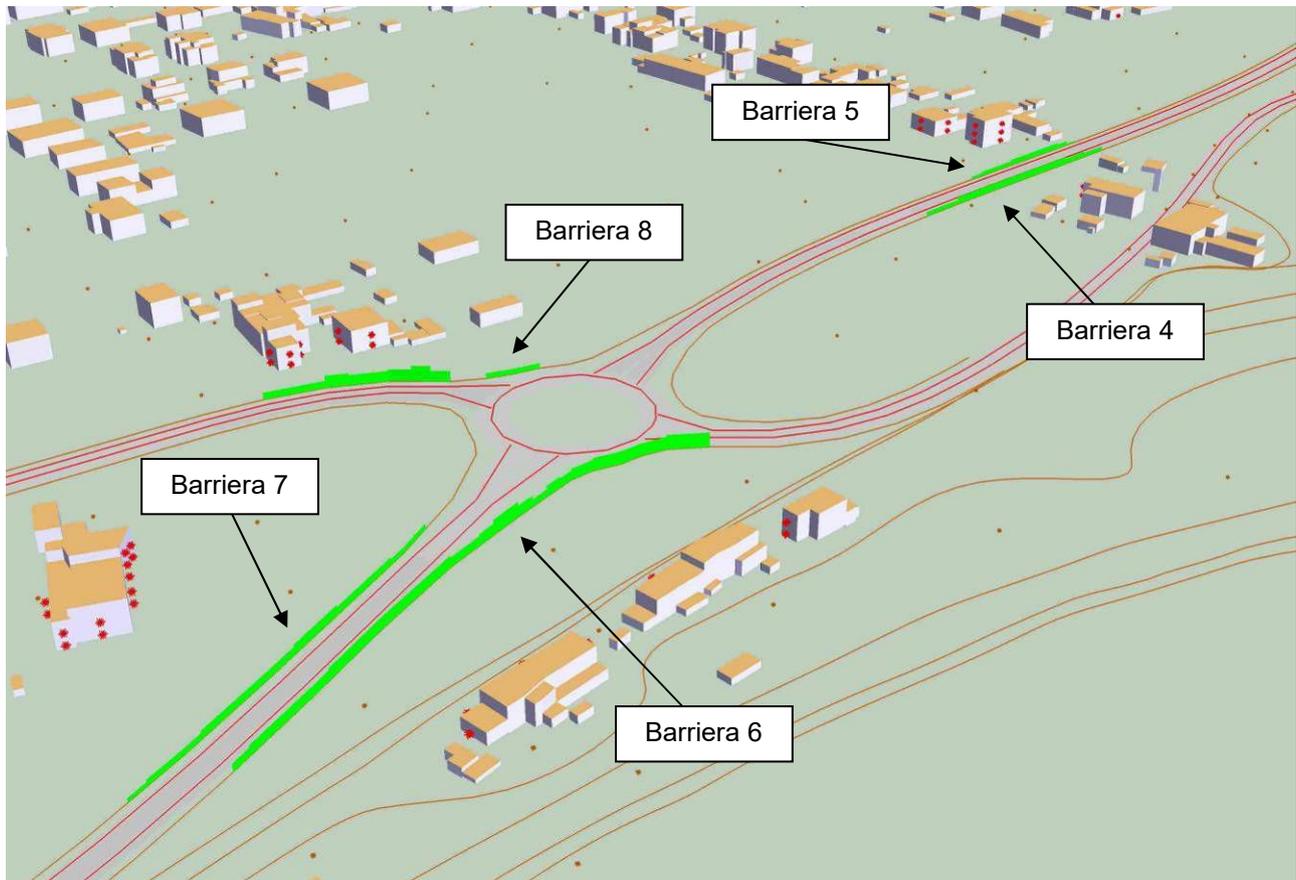
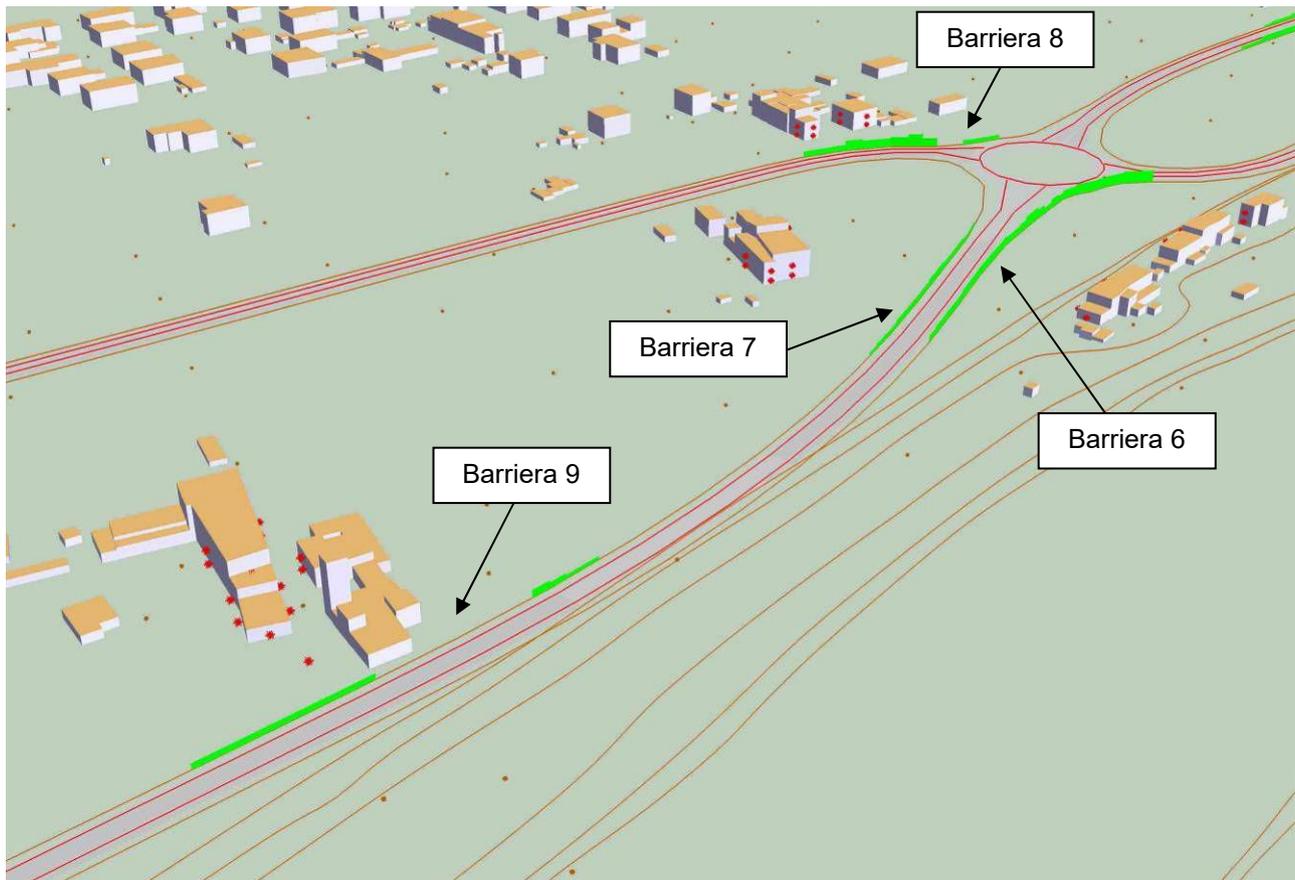


Figura 25 Disposizione planimetrica, altezza dei segmenti di barriere ottimizzate e relativo posizionamento dei recettori utilizzati nell'area limitrofa al nodo 11



**Figura 26** Disposizione planimetrica, altezza dei segmenti di barriere ottimizzate e relativo posizionamento dei recettori utilizzati nell'area a Sud del nodo 11

La seguente Tabella 3 presenta inoltre le caratteristiche dimensionali (quota altimetrica alla base, altezza e lunghezza), ottimizzate secondo il procedimento sopra illustrato, dei moduli da utilizzare per la progettazione delle barriere acustiche a protezione dei recettori individuati come esposti e necessariamente oggetto di risanamento.

Il posizionamento delle barriere è stato esportato e fornito ai progettisti in formato AutoCAD georeferenziato, in modo tale da poterlo immediatamente sovrapporre al progetto generale della nuova infrastruttura.

**Tabella 3** Caratteristiche dimensionali ottimizzate delle barriere (dimensioni in m)

Barriera 1 (innesto al nodo 10 da Est, da rotonda verso Est)							
Progressivo	Quota base	Lunghezza	Altezza	Progressivo	Quota base	Lunghezza	Altezza
0,00	5,00	6,52	3,50	30,48	5,25	5,00	5,00
6,52	5,00	6,49	4,50	35,48	5,35	6,98	5,00
13,01	5,00	6,39	5,00	42,46	5,50	5,00	5,00
19,40	5,00	5,86	5,00	47,46	5,58	5,00	5,00
25,26	5,00	5,22	5,00	52,46	5,67	5,00	3,50

**Barriera 2 (innesto al nodo 10 da Ovest, da rotatoria verso Sud)**

Progressivo	Quota base	Lunghezza	Altezza	Progressivo	Quota base	Lunghezza	Altezza
0,00	5,25	7,20	5,00	43,09	4,94	5,00	2,00
7,20	5,00	6,17	5,00	48,09	4,89	6,86	2,00
13,37	5,00	4,90	1,50	54,95	4,81	5,00	2,00
18,27	5,00	4,31	1,50	59,95	4,79	5,00	2,00
22,58	5,00	5,00	3,00	64,95	4,78	5,00	2,00
27,58	5,00	2,79	4,00	69,95	4,76	5,00	1,50
30,37	5,00	5,00	3,50	74,95	4,75	5,00	1,50
35,37	5,00	2,72	2,00	79,95	4,73	4,81	1,50
38,09	5,00	5,00	2,00				

**Barriera 3 (tratto nodo 10/nodo 11, fronte cimitero, da Nord)**

Progressivo	Quota base	Lunghezza	Altezza	Progressivo	Quota base	Lunghezza	Altezza
0,00	5,23	5,00	1,00	10,00	5,23	5,00	1,00
5,00	5,23	5,00	1,00				

**Barriera 4 (lato Est incrocio Via Lazzeri, da Nord)**

Progressivo	Quota base	Lunghezza	Altezza	Progressivo	Quota base	Lunghezza	Altezza
0,00	4,89	5,00	1,50	45,05	4,76	5,00	2,50
5,00	4,87	5,00	1,50	50,05	4,75	5,00	2,50
10,00	4,86	5,05	2,00	55,05	4,73	5,00	2,50
15,05	4,84	5,00	2,00	60,05	4,72	4,94	2,50
20,05	4,83	5,00	2,50	64,99	4,71	5,00	2,50
25,05	4,81	5,00	2,50	69,99	4,70	5,00	2,50
30,05	4,80	5,00	2,50	74,99	4,70	5,00	1,50
35,05	4,78	5,00	2,50	79,99	4,69	5,00	1,50
40,05	4,77	5,00	2,50	84,99	4,69	4,87	1,50

**Barriera 5 (lato Ovest incrocio Via Lazzeri, da Nord)**

Progressivo	Quota base	Lunghezza	Altezza	Progressivo	Quota base	Lunghezza	Altezza
0,00	4,89	5,00	0,50	29,95	4,80	5,00	2,00
5,00	4,87	5,00	1,50	34,95	4,78	4,99	1,50
10,00	4,86	4,95	2,00	39,94	4,77	5,00	1,50
14,95	4,84	5,00	2,00	44,94	4,76	5,00	1,50
19,95	4,83	5,00	2,00	49,94	4,75	5,00	1,00
24,95	4,81	5,00	2,00				

**Barriera 6 (rotatoria 11 e uscita verso Sud lato Est, da Sud)**

Progressivo	Quota base	Lunghezza	Altezza	Progressivo	Quota base	Lunghezza	Altezza
0,00	5,05	5,00	2,00	74,46	4,70	5,00	2,50
5,00	5,03	5,00	2,50	79,46	4,71	5,00	2,50
10,00	5,01	5,00	2,50	84,46	4,71	5,00	3,00
15,00	4,99	5,00	2,50	89,46	4,72	5,00	4,00
20,00	4,97	5,16	2,50	94,46	4,72	4,16	4,00
25,16	4,95	5,00	2,50	98,62	4,73	5,00	3,00
30,16	4,92	5,00	3,00	103,62	4,85	5,00	2,00
35,16	4,90	5,00	3,00	108,62	4,98	5,00	3,00
40,16	4,87	5,00	3,00	113,62	5,10	3,94	2,50
45,16	4,84	4,09	3,00	117,56	5,20	6,54	3,00
49,25	4,82	5,00	3,00	124,10	5,20	6,76	3,50
54,25	4,80	5,00	3,00	130,86	5,20	6,60	3,50
59,25	4,77	5,00	3,00	137,46	5,20	6,64	3,50
64,25	4,75	5,00	3,00	144,10	5,20	5,00	4,00
69,25	4,72	5,21	3,00	149,10	5,20	5,34	4,00

**Barriera 7 (raccordo Sud rotatoria 11, lato Ovest, da Nord)**

Progressivo	Quota base	Lunghezza	Altezza	Progressivo	Quota base	Lunghezza	Altezza
0,00	4,68	5,34	1,50	51,1	4,90	5,00	2,00
5,34	4,69	5,16	1,50	56,1	4,93	3,98	2,00
10,5	4,70	5,00	1,50	60,08	4,95	5,00	2,00
15,5	4,72	5,00	2,00	65,08	4,97	5,00	2,00
20,5	4,75	5,00	2,00	70,08	4,99	5,00	2,00
25,5	4,77	5,00	2,00	75,08	5,01	5,00	2,00
30,5	4,79	5,60	2,00	80,08	5,03	4,83	1,50
36,1	4,82	5,00	2,50	84,91	5,05	5,00	1,50
41,1	4,85	5,00	2,50	89,91	5,06	5,00	1,50
46,1	4,87	5,00	2,50	94,91	5,08	5,00	1,00

**Barriera 8 (lato Ovest rotatoria 11, da Nord)**

Progressivo	Quota base	Lunghezza	Altezza	Progressivo	Quota base	Lunghezza	Altezza
0,00	5,20	7,36	1,50	39,79	4,48	5,00	3,00
7,36	5,20	7,38	1,50	44,79	4,41	5,00	3,00
14,74	5,20	4,99	0,00	49,79	4,33	6,11	3,50
19,73	4,97	4,07	0,00	55,90	4,24	5,00	2,00
23,80	4,78	5,00	3,00	60,90	4,20	5,00	2,00
28,80	4,69	5,00	4,50	65,90	4,16	5,97	2,00
33,80	4,59	5,99	3,50				

**Barriera 9 (lato Ovest incrocio Via Grandi, da Nord)**

Progressivo	Quota base	Lunghezza	Altezza	Progressivo	Quota base	Lunghezza	Altezza
0,00	5,10	5,00	1,00	49,45	4,92	5,00	0,00
5,00	5,09	5,00	1,00	54,45	4,89	5,00	0,00
10,00	5,07	4,72	1,50	59,45	4,87	4,85	1,50
14,72	5,06	5,00	2,00	64,3	4,84	5,00	1,50
19,72	5,04	5,00	0,00	69,3	4,81	5,00	1,50
24,72	5,02	5,00	0,00	74,3	4,78	5,00	1,50
29,72	5,01	5,00	0,00	79,3	4,76	5,00	1,50
34,72	4,99	4,73	0,00	84,3	4,73	4,98	1,50
39,45	4,97	5,00	0,00	89,28	4,70	5,00	1,50
44,45	4,94	5,00	0,00	94,28	4,67	5,00	1,50

A questo punto è opportuno che le simulazione precedentemente illustrate in assenza di sistemi di mitigazione (§ precedente paragrafo 4.4.2) per lo scenario di traffico dell'ora di punta del mattino previsto al 2038 (scenario post operam non mitigato), siano rieseguite per verificare la reale efficacia schermante delle previste barriere acustiche nei confronti di tutti i recettori precedentemente risultati esposti a livelli oltre i limiti di legge.

#### 4.6 Previsione degli effetti generati dall'esercizio della nuova infrastruttura stradale in configurazione mitigata

In questo paragrafo si descrivono i risultati dell'attività di modellizzazione matematica del sistema in esame nello scenario di esercizio a regime della nuova infrastruttura stradale in progetto, gravata dei flussi di traffico previsti per l'ora di punta del mattino (tra le 7.00 e le 9.00) all'orizzonte temporale del 2038, con le opere di mitigazione (barriere acustiche a bordo strada del lotto 10-12 della nuova tangenziale Nord-Est di Pisa) ottimizzate secondo il procedimento illustrato nel precedente paragrafo 4.5.

Rispetto alle simulazioni di mappa condotte in assenza di sistemi di mitigazione (§ precedente paragrafo 4.4.2), restano immutate tutte le impostazioni di calcolo relative, in particolare, alla discretizzazione del dominio (quote altimetriche/orografia ed edifici), alla caratterizzazione delle sorgenti (volumi di traffico e velocità di percorrenza dei tratti) ed alla ricostruzione del modello digitale del terreno (§ precedente Figura 14) (per ulteriori dettagli si può fare riferimento a quanto esposto nel precedente paragrafo 4.4.1), ma è stata aggiunta la discretizzazione delle barriere in configurazione ottimizzata.

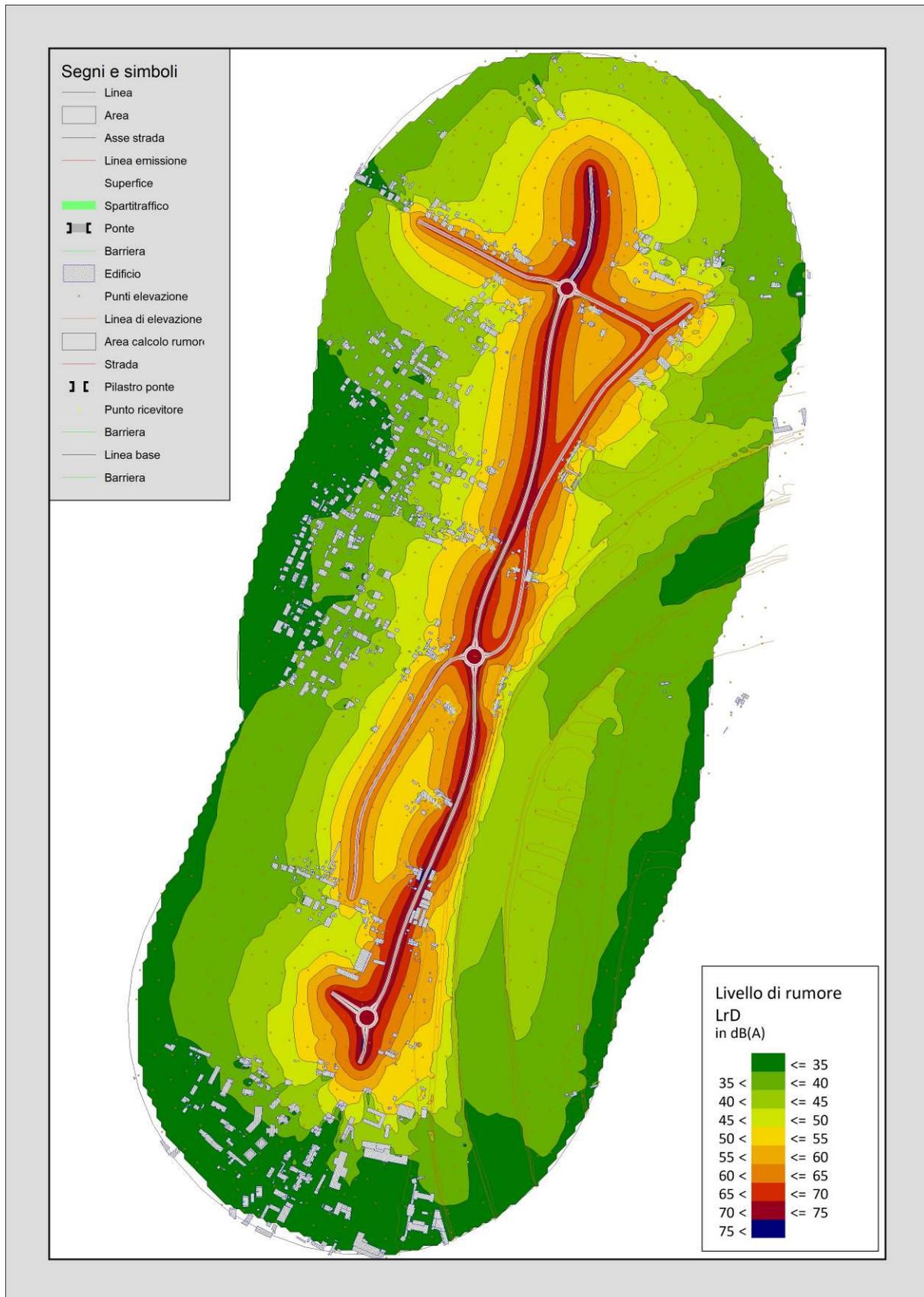
Si tenga presente che, anche in questo caso, le simulazioni effettuate trascurano completamente gli effetti di ogni altra sorgente eventualmente presente entro l'area di indagine diversa da quelle connesse al futuro

esercizio sia del lotto 10-12 della nuova circonvallazione Nord-Est di Pisa, compresa tra le rotatorie 10 e 12, sia degli attuali tracciati di Via di Cisanello e della S.P. 2 Vicarese/Via Puccini, tutte gravate dei flussi di traffico previsto al 2038 per l'ora di punta del mattino. Conseguentemente i livelli simulati possono essere confrontati direttamente con i limiti di immissione previsti dal D.P.R. 142/2004 per il rumore generato da infrastrutture stradali di nuova realizzazione, nel caso del nuovo tracciato tra le rotatorie 10 e 11 (65/55 dB(A) per i periodi diurno/notturno, entro la fascia di pertinenza acustica, di ampiezza 250 m dal bordo strada (infrastruttura di tipo C1)), o di infrastrutture esistenti, in riferimento al tronco compreso tra le rotatorie 11 e 12, ovvero il tratto di Via di Cisanello oggetto di riqualificazione, a Via di Cisanello stessa ed alla S.P. 2 Vicarese/Via Puccini (nelle condizioni maggiormente restrittive (infrastruttura di tipo E), 65/55 dB(A) per i periodi diurno/notturno (rif. vigente zonizzazione, classe IV)), entro una fascia di pertinenza acustica, di ampiezza 30 m dal bordo strada).

Le seguenti mappe (Figura 27 e Figura 28) (non riportate in scala) mostrano l'andamento delle isolinee di livello di pressione acustica rispettivamente per i periodi di riferimento diurno e notturno, come risultanti dalle simulazioni eseguite in configurazione di effettivo esercizio della nuova infrastruttura (e dei tracciati storici della viabilità d'area) ed in presenza di mitigazioni, ovvero con le barriere acustiche, ottimizzate in altezza e posizionamento planimetrico (§ precedente paragrafo 4.5), a protezione dei recettori presenti nelle immediate vicinanze del nuovo sedime stradale e/o dei tracciati della viabilità esistente riqualificata e/o interferita.

Come già precedentemente accennato, i livelli di pressione acustica previsti puntualmente ai recettori (tutti i piani e tutte le facciate esposte) sono riportati nella tabella dell'Allegato 4, che permette un confronto diretto tra i dati già presentati in riferimento allo scenario post operam non mitigato (§ precedente paragrafo 4.4.2 e Allegato 3), e quelli previsti invece a valle del procedimento di ottimizzazione del posizionamento planimetrico e dell'altezza delle barriere.

Al solito, per la localizzazione planimetrica generale degli edifici recettore si può fare riferimento alla precedente Figura 7 (o Figura 19) ed alle immagini da Figura 16 a Figura 18 (o da Figura 24 a Figura 26 con il posizionamento anche delle barriere), mentre la nomenclatura è illustrata nelle precedenti immagini da Figura 9 a Figura 11. Facendo riferimento ai limiti di legge poco sopra citati (ex D.P.R. 142/2004), i livelli evidenziati in rosso rappresentano i superamenti dei limiti stessi.



**Figura 27** Mappa di previsione delle curve di isolivello per il periodo diurno in presenza di mitigazioni acustiche

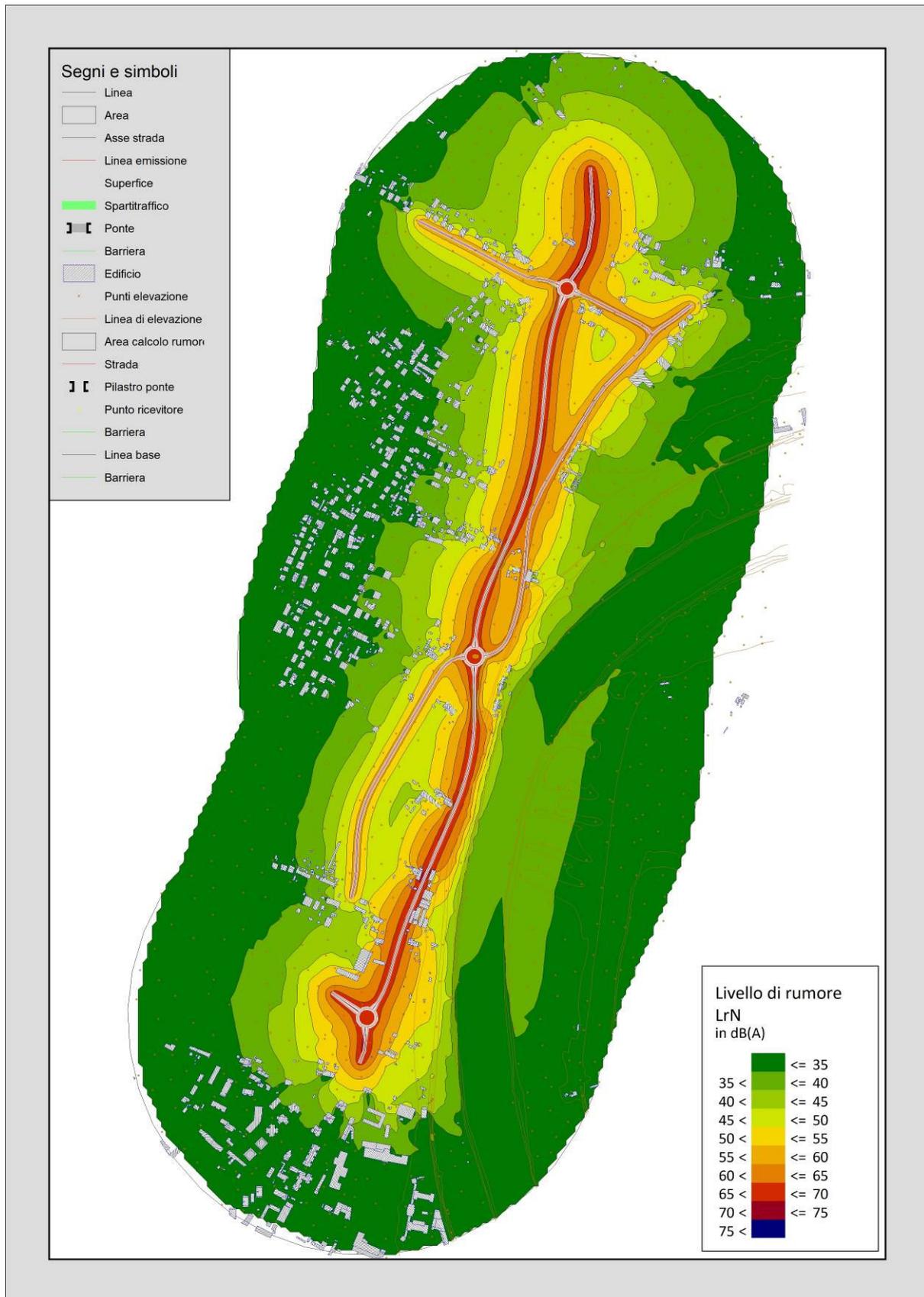


Figura 28 Mappa di previsione delle curve di isolivello per il periodo notturno in presenza di mitigazioni acustiche

Per la configurazione acusticamente ottimizzata delle opere di mitigazione messa a punto nel corso di questo studio, le mappe ad isolinee di livello di pressione acustica (§ precedente Figura 27 e Figura 28) e le tabelle dei relativi valori numerici puntuali ai recettori (§ Allegato 4), permettono di evidenziare che buona parte dei recettori residenziali presenti nelle immediate vicinanze del nuovo sedime stradale o del tronco riqualificato di Via di Cisanello, risultano interessati da livelli di pressione acustica conformi ai limiti di legge; anche diversi dei recettori per i quali si prevedevano originariamente, in assenza di opere di mitigazione, livelli di pressione acustica particolarmente elevati, risultano ora, in presenza delle barriere ottimizzate, essere caratterizzati da un clima acustico adeguato ad un utilizzo residenziale degli spazi.

In questo contesto preme anzitutto sottolineare che le previste riduzioni dei flussi di traffico per lo scenario post operam (ora di punta del mattino, all'orizzonte temporale del 2038), rispetto all'ante operam, lungo il tracciato di Via Puccini e di parte della S.P. 2 Vicarese, in immediata adiacenza al nodo 10 della nuova tangenziale, ed a Ovest di esso, determinano una rilevante riduzione dei livelli di pressione acustica previsti per i recettori presenti lungo i due citati tracciati stradali (recettori 2bis, 2ter, 2quater e 2quinqes): la realizzazione della nuova tangenziale, i cui tronchi dal nodo 7 al nodo 10 assorbirebbero buona parte del traffico auto veicolare attualmente in transito sul tracciato storico di Via Puccini, porta quindi certamente un miglioramento delle condizioni espositive di un'importante area recettiva.

Nonostante ciò, pur in presenza di opere di mitigazione, si prevede che per alcuni recettori del dominio di interesse possano essere ancora superati i limiti di legge: ad esempio, come già precedentemente sottolineato, per i recettori del primo e del secondo piano dell'edificio 11 (§ precedente Figura 10), già esclusi dal procedimento di ottimizzazione delle barriere (§ precedente paragrafo 4.5), l'estrema vicinanza al nuovo tracciato stradale (tronco 10-11) ed il fatto che essi si trovino in posizione sopraelevata rispetto alla sorgente, non permette di ottenere significative schermature per effetto della realizzazione di barriere acustiche con altezze accettabili. In questo caso i previsti superamenti residui dovranno quindi essere approfonditi e trattati nel corso della già programmata fase di monitoraggio ambientale post realizzazione, eventualmente mettendo a punto interventi passivi di mitigazione al recettore.

Inoltre, alcuni recettori risultano prevalentemente influenzati dalle emissioni dei tronchi stradali esistenti piuttosto che della nuova infrastruttura in progetto: il procedimento di ottimizzazione del sistema di barriere messo a punto è stato infatti basato sulla necessità di mitigare gli effetti acustici indotti dall'esercizio della nuova infrastruttura (incluso il tratto riqualificato di Via di Cisanello), non prevedendo invece, in generale, interventi sulla viabilità limitrofa; diversi casi di residuo superamento dei limiti di legge risultano quindi determinati congiuntamente, ed in diversa misura, dalle emissioni sia dell'infrastruttura in progetto, oggetto di mitigazione, che del resto della viabilità d'area, per la quale non si prevedono interventi.

In particolare l'esposizione al rumore cresce, in periodo notturno, rispetto allo stato ante operam, per i recettori localizzati in prossimità del cimitero di Ghezzano (recettori dal 4 all'8), chiaramente non classificabili come residenziali, mentre in riferimento al recettore 1, localizzato lungo il fronte meridionale della S.P. 2 Vicarese, poco ad Est del nodo 10 della tangenziale, i livelli previsti per la configurazione post operam mitigata, con i flussi di traffico previsti per l'ora di punta del mattino, all'orizzonte temporale del 2038, risultano molto prossimi a quanto già ricostruito per lo scenario ante operam (§ precedente paragrafo 4.3.4).

## 4.7 Ingenerizzazione dei sistemi di mitigazione

Il procedimento adottato per l'ottimizzazione della dislocazione planimetrica e delle altezze dei singoli tronchi di barriera, di cui al precedente paragrafo 4.5, ha portato alla definizione di un sistema mitigativo completo, ma che non tiene conto di eventuali ulteriori limitazioni e/o vincoli. In particolare, uno dei presupposti fondamentali per la posa in opera delle barriere è costituito dalla necessità di mantenere un ridotto impatto vedutistico d'insieme, non alterando troppo la possibilità di spaziare visivamente attorno all'infrastruttura in esame: una barriera a bordo strada ovviamente impedisce la libera fruizione della visibilità dei luoghi circostanti. Inoltre è necessario mantenere il libero accesso alle aree limitrofe al tracciato stradale lungo il quale si prevede di realizzare i sistemi di mitigazione acustica.

D'altra parte è anche necessario sottolineare che, per altezze dei moduli di barriera inferiori a 2 m, non appare significativo procedere alla realizzazione del sistema schermante: tenendo conto che le simulazioni sono state condotte per uno scenario massimale, ovvero in riferimento all'ora di punta del traffico, e quindi cautelativo nei confronti di ogni eventuale recettore (specialmente per il periodo notturno, per il quale i flussi di traffico lungo la nuova tangenziale sono stati impostati forfettariamente al 30% di quelli diurni), la realizzazione di barriere così basse potrebbe risultare, all'atto pratico, inutile, anche perché i potenziali limitati superamenti dei limiti di legge che rendono necessaria la realizzazione delle stesse, potrebbero essere stati previsti sono a causa delle approssimazioni cautelative utilizzate.

Infine è necessario anche limitare l'eccessiva frammentazione dei sistemi di mitigazione, prevedendo comunque l'unione dei tronchi di barriere, come derivanti dal procedimento iterativo di ottimizzazione delle altezze, la cui separazione sia inferiore a circa 10 m.

In particolare la barriera 1, a protezione di un edificio recettore già oggi presente in immediata adiacenza al tracciato della S.P. 2 Vicarese/Via Puccini (§ precedente Figura 24), risulta difficilmente realizzabile perché impatterebbe in modo inaccettabile sull'esposizione del recettore ed impedirebbe, in pratica, il libero accesso alle aree private; inoltre attenuerebbe le emissioni solo di un tratto preesistente della viabilità d'area non rientrante nel progetto di cui si tratta, ma che costituisce semplicemente un tronco stradale da cui la nuova tangenziale di Pisa si dirama. Di conseguenza le sue eventuali opere di mitigazione non rientrano negli obiettivi di questo progetto e la barriera può quindi non essere realizzata.

Analogamente la barriera 2 (§ ancora precedente Figura 24) assume importanza per la protezione del recettore retrostante solo in riferimento al tronco della S.P. 2 Vicarese che si innesta da Ovest sul nodo 10 della tangenziale, mentre i moduli schermanti lungo la nuova infrastruttura risultano piuttosto bassi. Anche in questo caso la barriera può non essere realizzata senza indurre gravi pregiudizi al rispetto dei limiti di legge. Se, nel corso della già prevista fase di monitoraggio ambientale post operam, dovesse rendersi evidente la presenza di criticità acustiche, potranno essere introdotti interventi mitigatori direttamente ai recettori (interventi di tipo passivo al recettore), non potendo efficacemente e economicamente intervenire in modo diverso né alla sorgente, né lungo il percorso di propagazione. A tale scopo si provvederà a mantenere una riserva economica di progetto.

Per quanto riguarda le barriere 3 e 9 (§ precedente Tabella 3 e Figura 24 e Figura 26), non presentando altezze superiori ai 2 m, possono tranquillamente non essere realizzate senza indurre previsioni di importanti peggioramenti del clima acustico ai recettori.

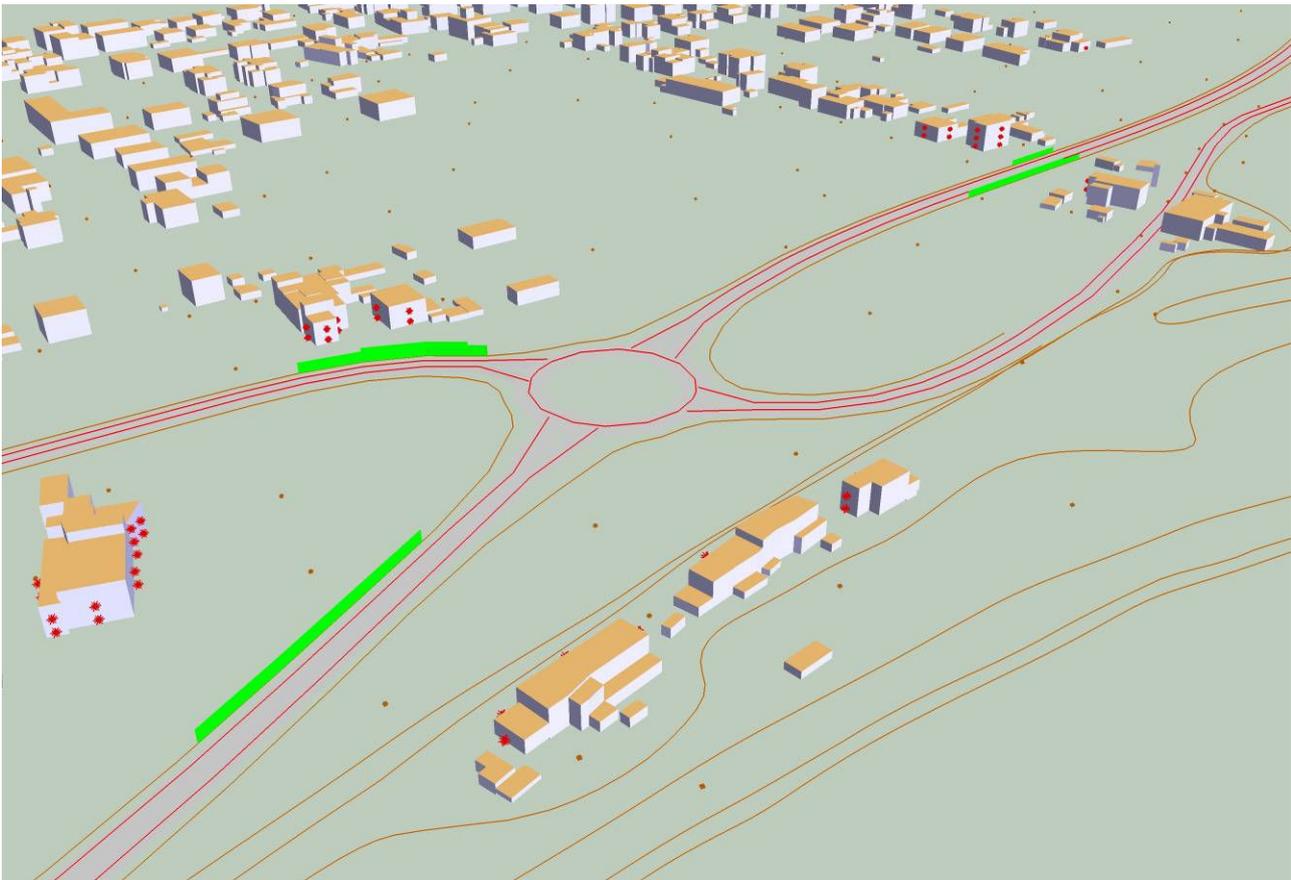
Le due barriere presenti lungo il lato Est (barriera 4) ed Ovest (barriera 5) della nuova infrastruttura in progetto, in corrispondenza dell'incrocio con Via Lazzeri, possono invece essere ingegnerizzate parzialmente: per quella a lato Est della nuova strada (§ precedente Tabella 3 e Figura 25) se ne può prevedere la realizzazione a partire dalla progressiva 10 m, quando le altezze dei moduli schermanti toccano i 2 m, e proseguire per i successivi 65 m con un'altezza costante di 3 m, fino al punto in cui le altezze ottimizzate ridiscendono al di sotto dei 2 m (ultimi 3 elementi); per la barriera lato Ovest della nuova strada (§ ancora precedente Tabella 3 e Figura 25), è invece opportuno prevedere la realizzazione della struttura con un'altezza costante di 3 m a partire dalla progressiva 10 m e fino all'incrocio con Via Lazzeri, circa 22 m a Sud.

La realizzazione della barriera 6 (§ precedente Tabella 3 e Figura 25) interferirebbe invece pesantemente con la libera fruizione, anche vedutistica, dell'area verde in progetto nella zona compresa tra la nuova rotonda 11 ed il tracciato storico di Via di Cisanello, lungo l'argine dell'Arno, che, in questo tratto, verrà dismesso e dedicato ad un utilizzo ciclabile. In questo caso non appare quindi opportuno realizzare un sistema di mitigazione acustica con barriere che limiterebbero la libera visuale delle aree circostanti.

Resta invece importante prevedere la realizzazione delle barriere 7 e 8 (§ precedente Tabella 3 e Figura 25): la prima è infatti a protezione degli edifici che sorgono entro l'area immediatamente limitrofa al tracciato del tratto tra i nodi 11 e 12 che costituisce il raccordo tra la nuova viabilità (rotonda 11) ed il tracciato di Via di Cisanello oggetto di riqualificazione; la seconda invece scherma i recettori presenti immediatamente ad Ovest della rotonda 11 dalle emissioni acustiche da essa generate. Queste due barriere possono comunque essere realizzate in modo maggiormente aderente ai precedentemente citati principi generali di riduzione dell'impatto vedutistico: appare infatti opportuno realizzare la barriera 7 con una lunghezza complessiva di 64 m, con altezza costante pari a 3 m, a partire dalla progressiva 15 m, mentre la barriera 8 potrà invece essere realizzata a partire dalla progressiva 24 m per una lunghezza complessiva di 48 m e con altezze comprese tra 3 e 4 m.

La seguente Figura 29 mostra la disposizione planimetrica e di altezze della configurazione minima di barriere che si ritiene necessario porre in opera per garantire un'adeguata protezione acustica dei luoghi di interesse.

Per ulteriori dettagli sull'effettiva ingegnerizzazione dei sistemi di mitigazione messi a punto si può fare riferimento alla specifica tavola progettuale (elaborato 10.1.2).



**Figura 29 Ingegnerezzi dei sistemi di mitigazione – Area in prossimità del nodo 11 -  
Disposizione planimetrica ed altezza dei segmenti di barriere ottimizzate**

#### **4.8 Scenario transitorio**

La realizzazione della progettazione dell'intero tracciato della tangenziale Nord-Est di Pisa è stata suddivisa in diversi lotti funzionali, di cui solo alcuni (lotto stralcio 1-2, lotto 1-3, lotto 3-5 e lotto 10-12) sono compresi nella procedura di cui si tratta in questo documento. I tempi di completamento del progetto per i vari lotti sono inoltre diversificati, come pure saranno diversi i cronoprogrammi esecutivi ed i tempi di effettiva realizzazione delle opere.

Tenuto inoltre conto del fatto che il lotto 10-12 di cui si tratta comprende un nodo terminale dell'intera infrastruttura stradale in progetto (nodo 10), e che la prosecuzione della progettazione della tangenziale di Pisa a Nord ed a Ovest di tale nodo terminale, per gli eventuali lotti 5-10 di cui al progetto preliminare, sarà oggetto di altra procedura ed altra attività progettuale, si ritiene opportuno studiare anche uno scenario previsionale supplementare relativo ad uno stato transitorio, ovvero alla situazione trasportistica con completa realizzazione dei lotti infrastrutturali dal nodo 10 al nodo 12, ma senza la prosecuzione dell'opera oltre il nodo terminale 10, prevista per un distinto appalto progettuale; in tale situazione transitoria, i flussi di traffico che andrebbero complessivamente ad interessare il nodo 10 della futura nuova tangenziale di Pisa, mancando l'immissione da Nord proveniente dal tracciato dei lotti 5-10, sarebbero chiaramente differenti rispetto a quelli prevedibili per la fase a regime finale, con l'intera infrastruttura realizzata; inoltre i flussi in uscita dal nodo 10 verso Nord e lungo i lotti 5-10, non ancora effettivamente realizzati e/o progettati, verrebbero ridiretti, in uscita dalla città di Pisa, lungo altre direttrici (Via Puccini e S.P. 2 Vicarese). In pratica, tenuto conto che per i tratti compresi tra il nodo 7 ed il nodo 10, la nuova tangenziale costituisce, nell'area ad Ovest del nodo terminale 10, una sorta di variante al tracciato di Via Puccini e della S.P. 2 Vicarese, lungo la quale l'utenza trasportistica certamente porrebbe una preferenza d'utilizzo a causa della maggiore fluidità di scorrimento, lo scenario transitorio si riduce, in tale zona, allo stato trasportistico attuale, mentre la realizzazione del tronco 10-11 della tangenziale si configura come una variante a Via di Cisanello; l'utilizzo di quest'ultima da parte dell'utenza stradale risulterebbe inoltre naturalmente disincentivato per effetto della

sua inferiore capacità portante. In questo senso lo scenario transitorio risulta quindi strutturalmente molto simile alla configurazione viabilistica generale allo stato attuale, ma con flussi di traffico differenti rispetto a quelli adottati per la ricostruzione dello scenario allo stato ante operam (§ precedente paragrafo 4.3.4), mutuati direttamente dal conteggio dei passaggi auto veicolari rilevati contemporaneamente ai rilievi acustici sperimentali effettuati per la caratterizzazione acustica allo stato attuale (§ precedente Tabella 1).

In questo paragrafo si descrivono infatti i risultati dell'attività di modellizzazione matematica del sistema in esame nello scenario di esercizio in fase transitoria, come sopra descritta nelle sue linee generali, della nuova infrastruttura stradale in progetto, gravata dei flussi di traffico previsti per l'ora di punta del mattino (tra le 7.00 e le 9.00), all'orizzonte temporale del 2038, con le opere di mitigazione (barriere acustiche a bordo strada del lotto 10-12 della nuova tangenziale Nord-Est di Pisa) ottimizzate secondo il procedimento illustrato nel precedente paragrafo 4.5. In particolare, rispetto allo scenario allo stato attuale già precedentemente discusso (§ precedente paragrafo 4.3.4), risultano modificati i flussi di traffico che, oltre a riferirsi in generale all'ora di punta del mattino ed essere proiettati all'orizzonte temporale del 2038, descrivono da un lato il superiore carico trasportistico (analogo all'attuale) che, in questo scenario, dovranno sopportare la S.P. 2 Vicarese e Via Puccini, per le quali non si prevede l'utilizzo alternativo dei lotti funzionali dal nodo 7 al nodo 10 della nuova tangenziale che ne costituiscono sostanzialmente una variante, e, dall'altro, l'inferiore carico di traffico in transito lungo Via di Cisanello, il cui utilizzo da parte dell'utenza sarebbe disincentivato per effetto della presenza del lotto 10-11 che rappresenta un collegamento alternativo (variante) molto più efficiente dal punto di vista della fluidità di scorrimento.

In funzione dei risultati ottenuti si potranno inoltre prevedere eventuali ulteriori interventi di mitigazione, che permettano di mantenere sotto controllo l'esposizione dei recettori anche per la fase di esercizio della nuova tangenziale in assenza dei lotti funzionali dal nodo 5 al nodo 10 (fase transitoria).

Rispetto alle simulazioni di mappa condotte per lo scenario post operam a completa realizzazione dell'intera tangenziale di Pisa ed in presenza di sistemi di mitigazione (§ precedente paragrafo 4.6), restano immutate tutte le impostazioni di calcolo relative, in particolare, alla discretizzazione del dominio (quote altimetriche/orografia ed edifici) e delle barriere in configurazione ottimizzata (§ precedente paragrafo 4.5) ed alla ricostruzione del modello digitale del terreno (§ precedente Figura 14) (per ulteriori dettagli si può fare riferimento a quanto esposto nel precedente paragrafo 4.4.1); analogamente, si sono mantenute immutate le velocità di percorrenza di tutti i vari tratti stradali, mentre i flussi di traffico che interessano sia il tronco principale della nuova tangenziale di Pisa (in particolare il tronco 10-11) che il tracciato della S.P. 2 Vicarese/Via Puccini, che si innesta sulla tangenziale stessa in corrispondenza della rotatoria del nodo 10, sono stati determinati sulla base delle risultanze di uno specifico scenario di simulazione del modello trasportistico che prevede l'assenza dell'innesto Nord della rotatoria 10 terminale dell'intervento in progetto, verso i lotti funzionali 5-10. I risultati di tale studio sono riassunti nella seguente Tabella 4.

**Tabella 4 Scenario transitorio – Flussi di traffico alla rotatoria del nodo 10 per l'ora di punta del mattino (tra le 7.00 e le 9.00) all'orizzonte temporale del 2038**

Direttrice	Flussi di traffico bidirezionali (Veicoli/ora)
Tangenziale Nord-Est di Pisa, direzione Nord	0
S.P. 2 Vicarese/Via Puccini, direzione Ovest	1813
Tangenziale Nord-Est di Pisa, direzione Sud	1679
S.P. 2 Vicarese, direzione Calci (Est)	1706

Come si può notare, i volumi di traffico che interessano la S.P. 2 Vicarese/Via Puccini nel tratto ad Est ed a Ovest della rotatoria del nodo 10, rispettivamente in direzione di Calci e di Pisa/Ghezzano, risultano, per l'ora di punta del mattino ed all'orizzonte temporale del 2038, significativamente superiori rispetto a quanto previsto per lo scenario a completa realizzazione della tangenziale (§ precedente Figura 15), passando rispettivamente da 1068/524 a 1706/1813 passaggi/ora. Lievemente inferiori si prevedono invece i flussi veicolari lungo il tronco 10-11 della nuova tangenziale di Pisa, passando da 1823 passaggi/ora dello scenario a regime completo (§ precedente Figura 15) ai 1679 dello scenario transitorio.

Per quanto riguarda il tracciato di Via di Cisanello, sono invece stati mantenuti i flussi di traffico previsti per lo scenario post operam mitigato (§ precedente paragrafo 4.4.1).

Inoltre, sulla base delle indicazioni qualitative di cui alla già precedentemente citata DPGR Toscana 08/01/2014, n. 2/R, Tabella B1 (§ precedente Figura 8), si è ritenuto opportuno modificare, per i tracciati

della S.P. 2 Vicarese e di Via Puccini, la distribuzione percentuale dei flussi di traffico diurni/notturni per lo scenario transitorio di cui si tratta, adottando le indicazioni riportate nella DPGR stessa per strade “di attraversamento o extraurbane con traffico medio con bassa percentuale di mezzi pesanti” e non più in riferimento a strade “urbane o locali a basso traffico senza mezzi pesanti”, come fatto per lo scenario post operam mitigato (§ ancora precedente paragrafo 4.4.1). In questo caso, il livello equivalente di periodo notturno può essere qualitativamente stimato come 6 dB(A) inferiore rispetto a quello prevedibile/rilevabile in periodo diurno; si è quindi adottata una conseguente riduzione percentuale del traffico di periodo notturno pari al 25% rispetto al periodo diurno.

Si tenga infine presente che, anche in questo caso, le simulazioni effettuate trascurano completamente gli effetti di ogni altra sorgente eventualmente presente entro l’area di indagine diversa da quelle connesse al futuro esercizio sia del lotto 10-12 della nuova circonvallazione Nord-Est di Pisa, compresa tra le rotatorie 10 e 12 e comunque in regime transitorio, ovvero senza la sua naturale prosecuzione lungo i lotti 5-10, sia degli attuali tracciati di Via di Cisanello e della S.P. 2 Vicarese/Via Puccini, tutte gravate dei flussi di traffico previsto al 2038 per l’ora di punta del mattino, nello scenario transitorio (assenza dei lotti 5-10). Conseguentemente i livelli simulati possono essere confrontati direttamente con i limiti di immissione previsti dal D.P.R. 142/2004 per il rumore generato da infrastrutture stradali di nuova realizzazione, nel caso del nuovo tracciato tra le rotatorie 10 e 11 (65/55 dB(A) per i periodi diurno/notturno, entro la fascia di pertinenza acustica, di ampiezza 250 m dal bordo strada (infrastruttura di tipo C1)), o di infrastrutture esistenti, in riferimento al tronco compreso tra le rotatorie 11 e 12, ovvero il tratto di Via di Cisanello oggetto di riqualificazione, a Via di Cisanello stessa ed alla S.P. 2 Vicarese/Via Puccini (nelle condizioni maggiormente restrittive (infrastruttura di tipo E), 65/55 dB(A) per i periodi diurno/notturno (rif. vigente zonizzazione, classe IV)), entro una fascia di pertinenza acustica, di ampiezza 30 m dal bordo strada).

I risultati preliminari delle simulazioni per lo scenario transitorio, nell’ora di punta del mattino ed all’orizzonte temporale del 2038, mostrano tuttavia la presenza di diversi casi di superamento dei limiti di legge, in parte già evidenziati anche per lo scenario ante operam (§ precedente paragrafo 4.3.4), in riferimento ai recettori presenti lungo la S.P. 2 Vicarese e Via Puccini, ovviamente imputabili all’incremento dei flussi di traffico che, rispetto alla situazione viabilistica a regime completo della tangenziale, potranno interessare (e, per certi versi, interessano tutt’ora) la viabilità storica afferente il nodo 10 in assenza del completamento della tangenziale stessa (senza i lotti funzionali 5-10). Una simile situazione permette di evidenziare la necessità, o quanto meno l’opportunità, già allo stato attuale, di prevedere interventi di mitigazione per la protezione dei recettori presenti lungo i tracciati della S.P. 2 Vicarese e di Via Puccini, evitando tuttavia, la realizzazione di barriere, intervento controindicato in presenza, come effettivamente avviene per il caso in esame, di recettori molto vicini ai tracciati stradali. Un’alternativa può essere l’utilizzo di manti stradali di finitura dotati di elevate caratteristiche fonoassorbenti, intervento, questo, conseguentemente previsto nelle simulazioni per lo scenario transitorio, impostando, per i tracciati della S.P. 2 e di Via Puccini, un coefficiente di attenuazione delle emissioni acustiche stradali pari a 3 dB(A), ovvero simulando la stesura di manti bituminosi dotati di caratteristiche fonoassorbenti standard.

Le seguenti mappe (Figura 30 e Figura 31) (non riportate in scala) mostrano l’andamento delle isolinee di livello di pressione acustica rispettivamente per i periodi di riferimento diurno e notturno, come risultanti dalle simulazioni eseguite in configurazione di esercizio della nuova infrastruttura (e dei tracciati storici della viabilità d’area) in regime transitorio (assenza della prosecuzione della tangenziale Nord-Est di Pisa per i lotti funzionali 5-10), per l’ora di punta del mattino ed all’orizzonte temporale del 2038, in presenza di mitigazioni, ovvero con le barriere acustiche, ottimizzate in altezza e posizionamento planimetrico (§ precedente paragrafo 4.5), a protezione dei recettori presenti nelle immediate vicinanze del nuovo sedime stradale e prevedendo la stesura di asfalto fonoassorbente lungo i tracciati della S.P. 2 Vicarese e di Via Puccini (attenuazione – 3 dB(A)) nel tratto ad Est ed a Ovest della rotatoria del nodo 10 della nuova tangenziale di Pisa.

Le successive Figura 32 e Figura 33 presentano, rispettivamente per il periodo diurno e per quello notturno, un ingrandimento dell’area interessata dalle variazioni indotte dall’esercizio in regime transitorio della tangenziale Nord-Est di Pisa, ovvero in assenza dei lotti funzionali 5-10 e sempre in riferimento all’ora di punta del mattino all’orizzonte temporale del 2038.

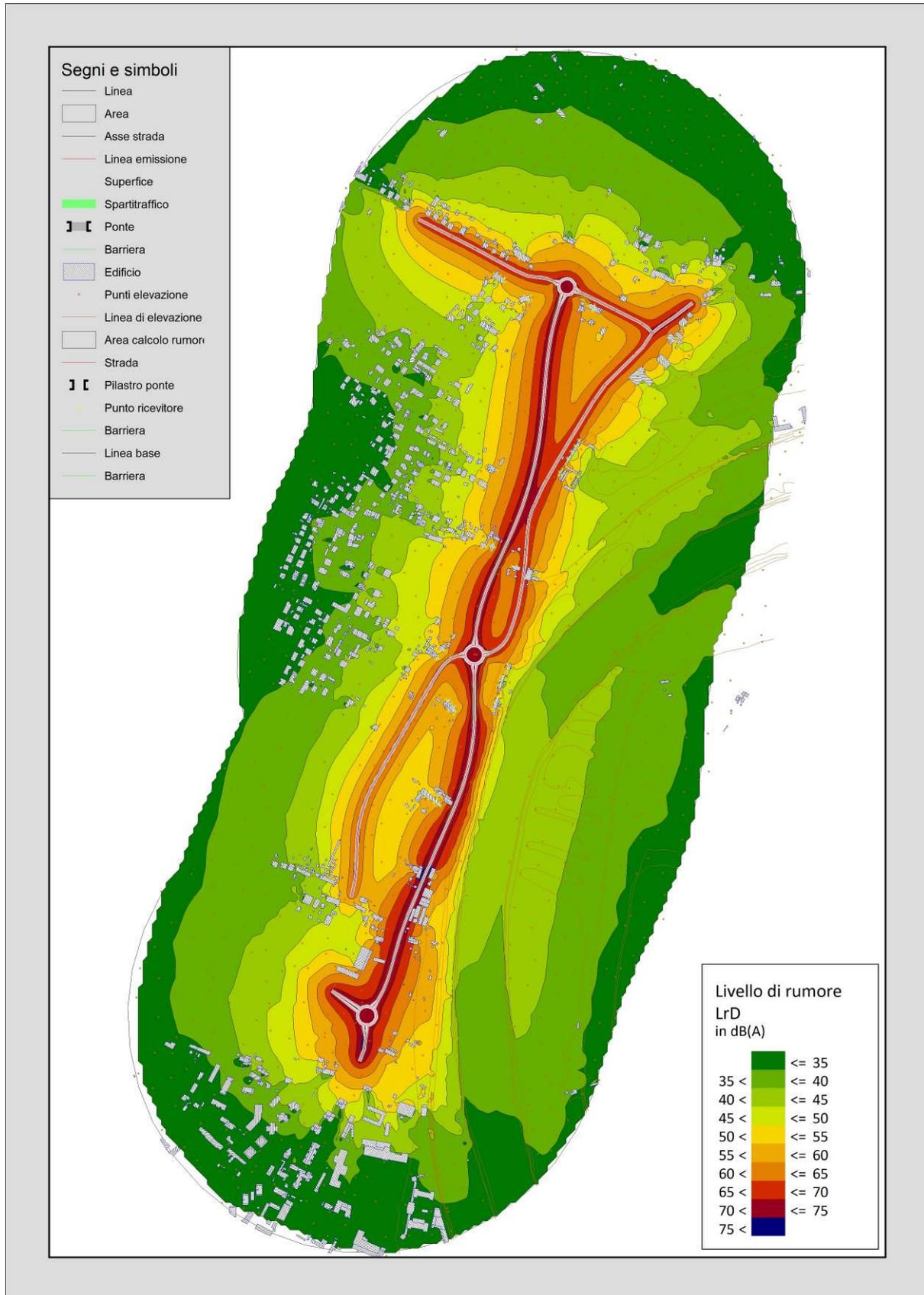


Figura 30 Mappa di previsione delle curve di isolivello in fase transitoria per il periodo diurno in presenza di mitigazioni acustiche (ora di punta del mattino, proiezione al 2038)

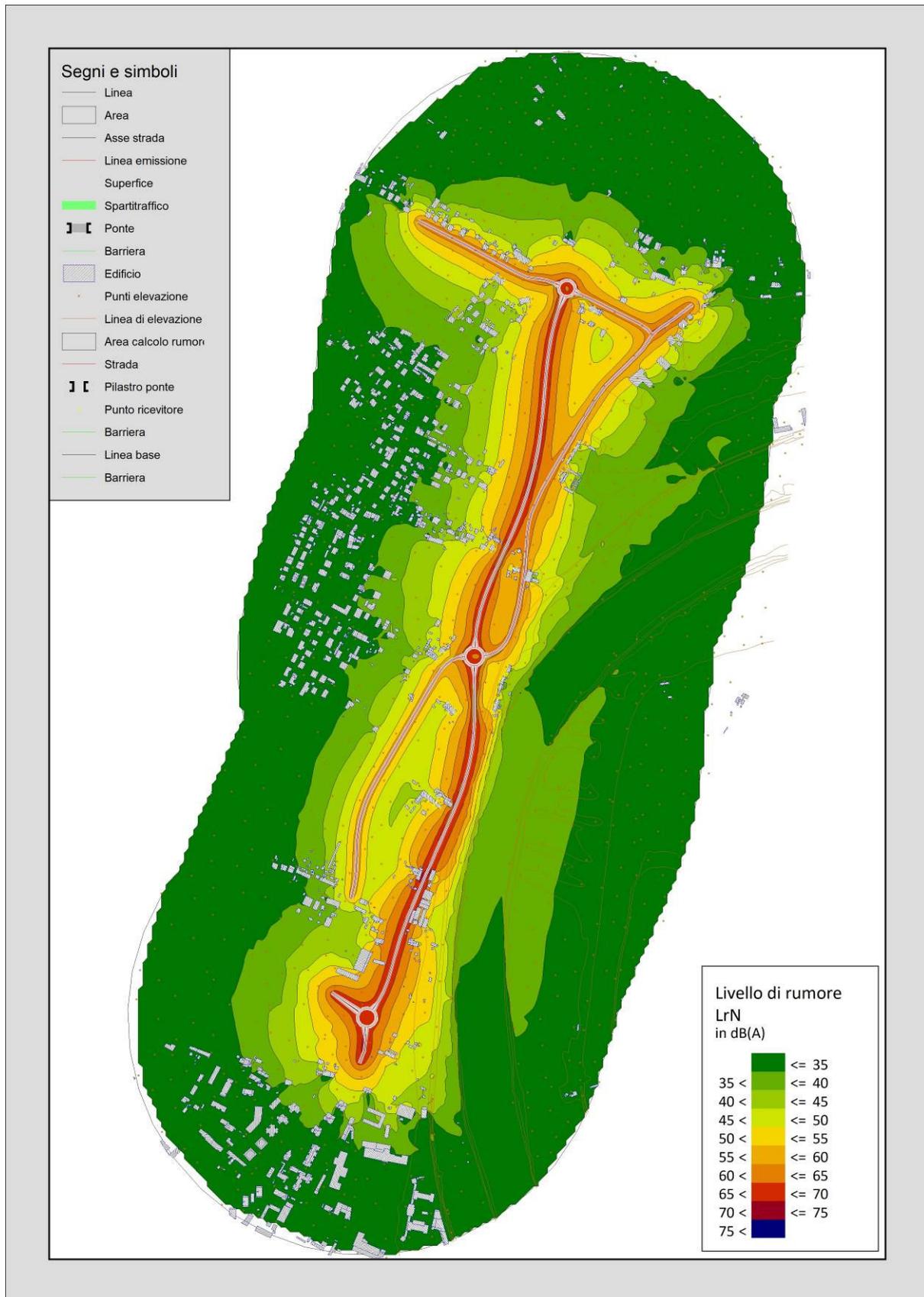
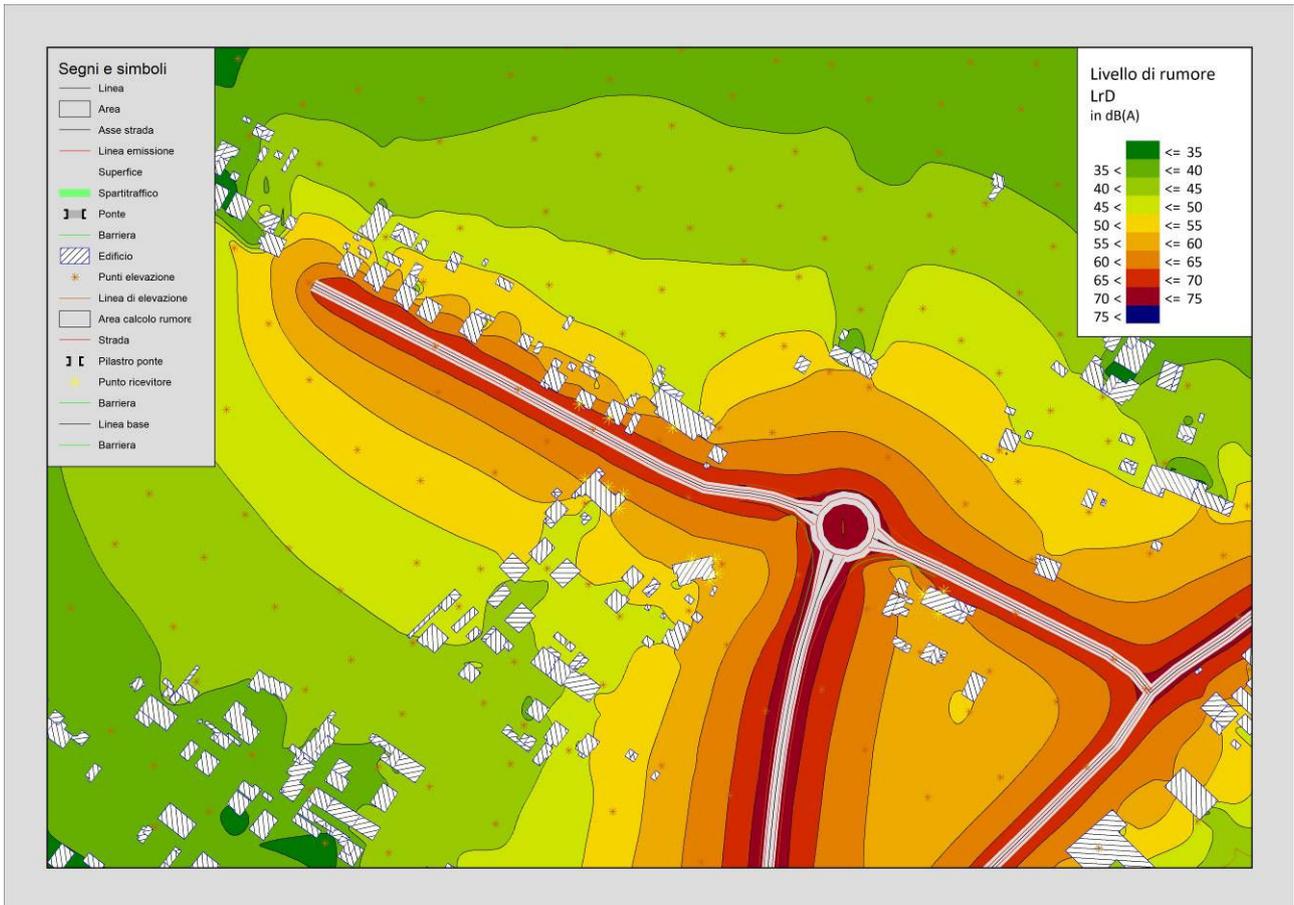
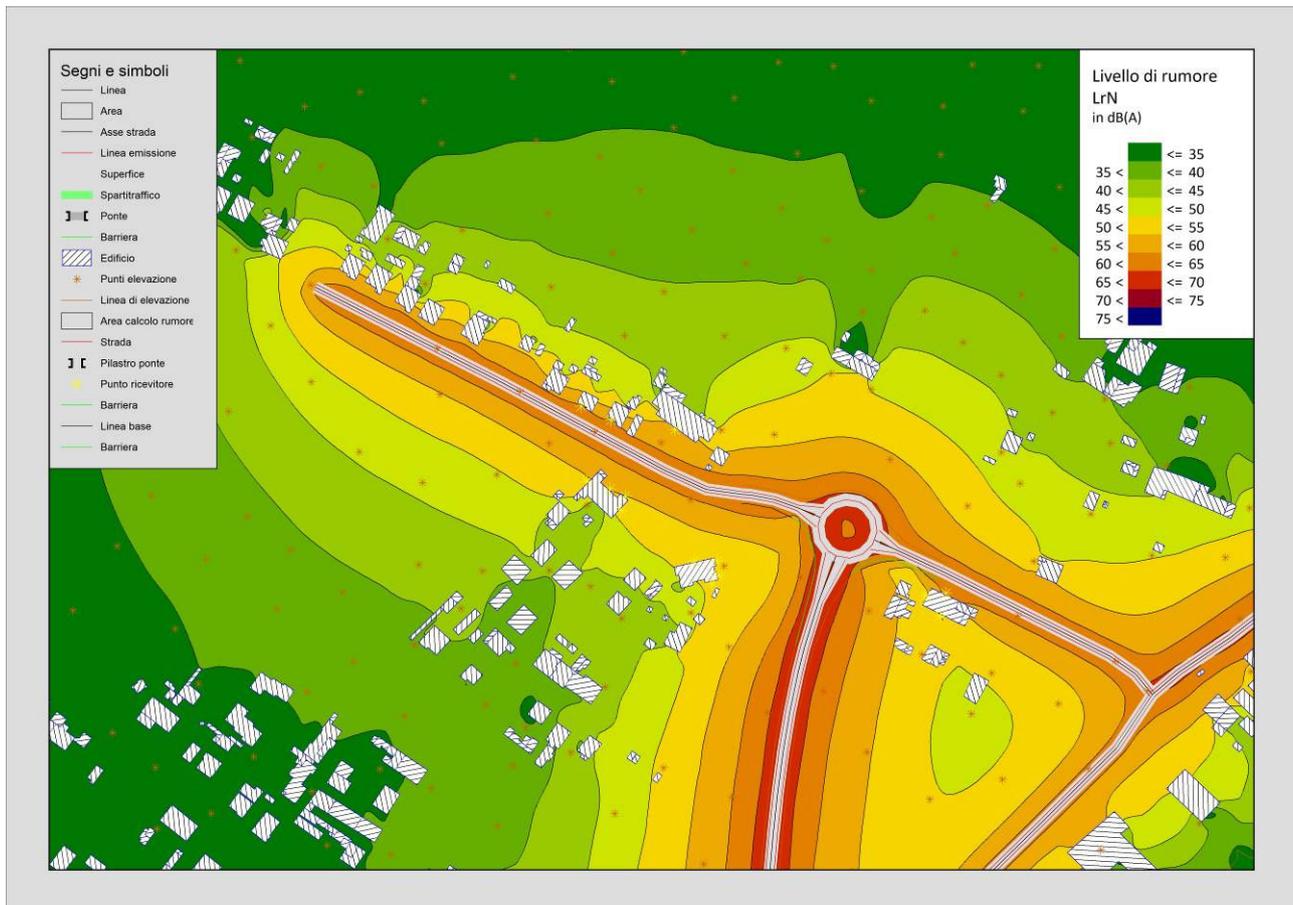


Figura 31 Mappa di previsione delle curve di isolivello in fase transitoria per il periodo notturno in presenza di mitigazioni acustiche (ora di punta del mattino, proiezione al 2038)



**Figura 32** Mappa di previsione delle curve di isolivello in fase transitoria per il periodo diurno in presenza di mitigazioni acustiche per la S.P. 2 Vicarese e Via Puccini (ora di punta del mattino, proiezione al 2038)



**Figura 33** Mappa di previsione delle curve di isolivello in fase transitoria per il periodo notturno in presenza di mitigazioni acustiche per la S.P. 2 Vicarese e Via Puccini (ora di punta del mattino, proiezione al 2038)

L'analisi dei risultati delle simulazioni per lo scenario transitorio ora illustrate, mostra una significativa variazione del clima acustico in corrispondenza degli edifici residenziali limitrofi al tracciato di Via Puccini e della S.P. 2 Vicarese a partire dal loro innesto sulla rotatoria 10 e rispettivamente in direzione Ovest ed Est. L'effetto rilevato è, d'altra parte, facilmente prevedibile a causa del naturale ricarico, per lo scenario transitorio, dei flussi veicolari lungo la S.P. 2 Vicarese e Via Puccini, derivante dalla mancata realizzazione dei lotti funzionali dal nodo 7 al nodo 10 della tangenziale di Pisa; questi costituirebbero infatti una naturale variante alla S.P. 2 stessa, cui l'utenza certamente darebbe la sua preferenza a seguito maggiore scorrevolezza e fruibilità della nuova viabilità. Lungo il tronco 10-11 della tangenziale si rilevano invece lievi riduzioni dei livelli di pressione acustica previsti ai recettori, indotti ovviamente dalla lieve riduzione del carico di traffico previsto, per lo scenario transitorio, per tale nuova viabilità in configurazione dell'ora di punta al 2038.

Per lo scenario di simulazioni allo stato transitorio, ora in esame, sono disponibili anche i valori puntuali di livello di pressione acustica previsti ai recettori residenziali interessati da variazioni del clima acustico, ovvero essenzialmente quelli presenti lungo la S.P. 2 e Via Puccini: la seguente Tabella 5 mostra tali livelli, raffrontati a quelli previsti per la configurazione di tangenziale a regime, ovvero con tracciato completo, compresi lotti 5-10, come già descritti nel precedente paragrafo 4.6 (scenario post operam mitigato) (in rosso i superamenti dei limiti di legge).

**Tabella 5 Confronto tra i livelli di pressione acustica previsti per i recettori esposti nello scenario post operam con mitigazioni ed in fase transitoria**

Ricevitore	Piano	Direzione	Post operam mitigato		Fase transitoria mitigato	
			LrD dB(A)	LrN dB(A)	LrD dB(A)	LrN dB(A)
1 NE	piano terra	NE	66,3	58,5	65,4	59,4
1 NE	piano 1	NE	66,9	59,4	65,8	59,8
1 NO	piano terra	NW	51,8	46,3	51,1	45,6
1 NO	piano 1	NW	60,3	55,0	59,4	54,1
1 SO	piano terra	SW	50,3	44,5	50,0	44,4
1 SO	piano 1	SW	57,6	52,2	57,3	51,9
2 NE-N	piano terra	E	54,2	48,3	54,6	48,9
2 NE-N	piano 1	E	59,0	52,9	59,5	53,7
2 NE-N	piano 2	E	60,9	55,0	60,8	55,2
2 NE-S	piano terra	E	54,1	48,4	54,1	48,5
2 NE-S	piano 1	E	58,5	52,8	58,7	53,2
2 NE-S	piano 2	E	60,6	55,0	60,4	54,9
2 NO	piano terra	N	50,9	44,3	51,5	45,5
2 NO	piano 1	N	57,2	50,4	58,3	52,3
2 NO	piano 2	N	58,9	52,3	59,5	53,5
2 SE	piano terra	S	51,7	46,3	51,4	46,1
2 SE	piano 1	S	56,8	51,5	56,5	51,2
2 SE	piano 2	S	59,1	53,8	58,9	53,6
2 bis NE-N	piano terra	NE	56,1	48,4	58,5	52,5
2 bis NE-N	piano 1	NE	59,8	52,1	62,1	56,1
2 bis NE-S	piano terra	NE	56,6	48,9	58,9	52,9
2 bis NE-S	piano 1	NE	60,5	53,0	62,7	56,7
2 bis NO	piano terra	NW	55,1	47,2	57,7	51,7
2 bis NO	piano 1	NW	58,0	50,0	60,6	54,6
2 bis SE	piano terra	SE	49,6	42,8	50,8	44,9
2 bis SE	piano 1	SE	55,9	49,0	57,0	51,1
2 ter SO	piano terra	SW	57,0	49,2	59,4	53,4
2 ter SO	piano 1	SW	59,9	52,0	62,3	56,3
2 quater SO	piano terra	SW	62,6	54,6	65,0	59,0
2 quater SO	piano 1	SW	63,8	55,9	66,4	60,4
2 quinqués SO	piano terra	SW	62,9	54,9	65,3	59,3
2 quinqués SO	piano 1	SW	64,4	56,4	66,8	60,8

Rispetto allo scenario post operam mitigato, nello scenario transitorio, con l'ulteriore intervento di mitigazione costituito dalla stesura di asfalto fonoassorbente, i recettori presenti lungo il tratto della S.P. 2 ad Est della rotatoria del nodo 10 (essenzialmente recettore 1), mostrano una riduzione dei previsti livelli di pressione acustica, nonostante un incremento dei flussi di traffico gravanti su tale tronco dell'ordine del 60 %, rispetto allo scenario post operam con configurazione completa della tangenziale (in entrambi i casi, ora di punta del mattino ed all'orizzonte temporale del 2038). Anche rispetto allo scenario ante operam, illustrato nel

precedente paragrafo 4.3.4 (dati di traffico derivanti dalla caratterizzazione sperimentale) (§ tabella dell'Allegato 3), si conferma un miglioramento delle condizioni acustiche dei recettori presenti lungo il tronco della S.P. 2 ad Est del nodo 10.

Permangono invece superamenti dei limiti di legge per i recettori presenti lungo Via Puccini, ad Ovest del nodo 10 (recettori del gruppo 2), per i quali, nonostante l'introduzione di ulteriori mitigazioni (asfalto fonoassorbente), i livelli acustici previsti risultano superiori sia a quelli rilevati per lo scenario post operam, anch'essi riferiti all'ora di punta mattutina del traffico ed all'orizzonte temporale del 2038 (flussi di traffico minori rispetto allo scenario transitorio e dell'ordine del 30 % di essi), sia, benché di poco, anche ai livelli previsti per lo scenario ante operam (flussi di traffico sperimentali) (§ tabella in Allegato 3).

## 5 VALUTAZIONI ACUSTICHE PRELIMINARI PER LA FASE DI CANTIERE

Una volta verificato, a livello previsionale, che il progetto dell'opera in esame risulta, allo stato post operam ed eventualmente con i necessari presidi di mitigazione, compatibile con l'ambiente circostante e rispettoso dei limiti acustici di immissione e di emissione fissati dalla vigente normativa, è necessario anche verificare che, nel corso della fase realizzativa dell'opera stessa (fase di cantiere), si possa mantenere un livello acustico emissivo/immissivo entro limiti di accettabilità o eventualmente entro i limiti che potranno essere fissati, per le attività temporanee di cantiere, in deroga rispetto a quelli previsti dalla vigente zonizzazione acustica comunale.

Nel caso specifico del lotto 10-12 della circonvallazione Nord di Pisa, è già stato a suo tempo predisposto uno studio di impatto acustico per la fase di cantiere, a firma di Ing. Edoardo Montella (Relazione Tecnica di Previsione di Impatto Acustico Ambientale – Cantieri - TRATTA MADONNA DELL'ACQUA – CISANELLO - viabilità di raccordo tra il polo ospedaliero, la S.S. n.12 Del Brennero, la S.S. n.1 Aurelia e la S.P. n.2 Vicarese, Pisa, aprile 2009); tale studio è stato presentato agli Enti competenti nell'ambito del procedimento di richiesta di autorizzazione per l'opera e, nel corso delle varie conferenze di servizi che si sono succedute per raggiungere la definitiva approvazione del progetto in esame, è stato valutato positivamente e senza particolari osservazioni o prescrizioni.

Nella Determinazione Dirigenziale n. 4037 del 21.08.2013 del Servizio Ambiente della Provincia di Pisa, si esprime infatti parere favorevole all'esclusione dal procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale per il progetto "Viabilità di raccordo nord tra il nuovo polo ospedaliero, la S.S. n. 12 del Brennero, la S.S. n. 1 Aurelia e la S.P. n. 2 Vicarese. Tratta Madonna dell'Acqua – Cisanello" nei territori comunali di Pisa e di San Giuliano Terme, proposto dal Servizio Viabilità della Provincia di Pisa. Nella D.D. si avanzano tuttavia alcune prescrizioni/raccomandazioni, una delle quali (Allegato A, Paragrafo 5, sottoparagrafo 5.7, punto 16) riguarda l'acustica in fase di cantiere: si richiede infatti l'individuazione delle aree e dei periodi per i quali le emissioni generate a seguito dell'operatività di cantiere possano produrre superamenti dei limiti di legge e, conseguentemente, rendano necessaria la richiesta di deroga a tali limiti, nei termini e nei modi previsti dai vari regolamenti locali e normative vigenti.

La normativa nazionale, regionale e comunale (per i Comuni di Pisa e di San Giuliano Terme) di riferimento è già stata ampiamente illustrata nell'originaria documentazione di impatto acustico di cantiere a suo tempo prodotta nell'ambito della richiesta di autorizzazione del progetto in esame (Montella E., 2009) ed a tale documentazione si rimanda per ulteriori indicazioni. Da essa si può desumere che, di solito, i vincoli ed i metodi per la richiesta delle deroghe al rispetto di limiti di legge vengono individuati nei vigenti regolamenti comunali acustici o, più genericamente, di igiene e prevedono comunque un valore limite di immissione dell'ordine di 70 dB(A).

Analogamente si può fare riferimento all'originaria documentazione di impatto acustico per la fase di cantiere in riferimento ai livelli di potenza/pressione acustica generati dalle singole macchine operatrici e poi utilizzati nelle valutazioni, all'individuazione delle specifiche fasi di cantiere e della relativa rumorosità complessiva, ed al modello utilizzato per la previsione, ai recettori, dei livelli prodotti dalle specifiche fasi operative di cantiere (essenzialmente propagazione libera e quindi particolarmente cautelativo).

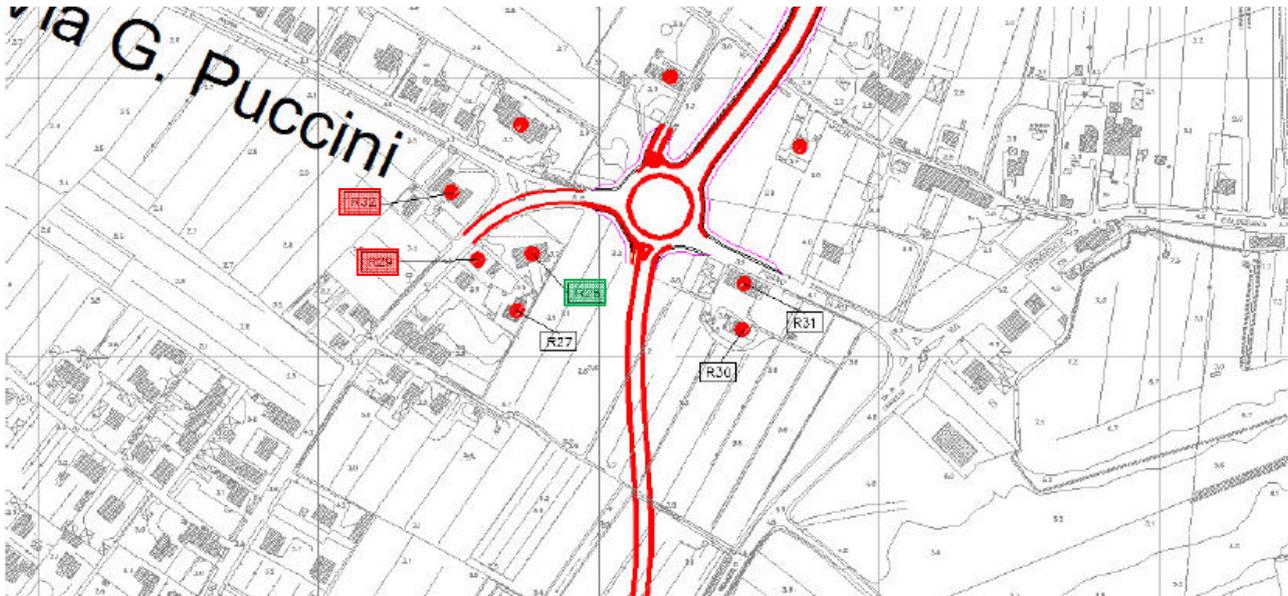
Per quanto riguarda i limiti di immissione ai recettori, essi possono invece essere individuati sulla base della zonizzazione acustica comunale di San Giuliano Terme, già illustrate nel precedente paragrafo 3.

Nel seguito di questo paragrafo si presenterà quindi in dettaglio l'elenco delle aree e delle fasi di cantiere per le quali si rilevano superamenti dei limiti di legge e per le quali risulta quindi necessario richiedere deroghe ai limiti acustici di zonizzazione. L'individuazione dei punti e delle fasi avverrà sulla base dei livelli di pressione acustica previsti ai recettori e riportati nelle tabelle di calcolo dell'originaria documentazione di impatto in fase di cantiere. Tali livelli vengono specificati fase per fase e sarà quindi possibile anche indicare il periodo temporale per il quale è necessario richiedere la deroga, esprimendolo in termini di lavorazione in corso.

Per quanto riguarda il lotto del progetto in esame, si può rilevare che i recettori esposti alle emissioni generate in fase di realizzazione dell'opera rientrano generalmente in aree classificate come di intensa attività umana (classe IV) (occasionalmente in aree miste (classe III)), per le quali valgono i seguenti limiti assoluti di immissione: 65 dB(A) (60 per classe III) per il periodo diurno e 55 dB(A) (50 per classe III) per quello notturno. I limiti di emissione sono 5 dB(A) inferiori rispetto a quelli assoluti di immissione. Tuttavia, per tutte le fasi di cantiere, non si prevedono operatività specifiche in periodo notturno e quindi il rispetto dei limiti per il periodo dalle 22.00 alle 6.00 del giorno dopo non risulta pertinente nel caso in esame.

Nel paragrafo successivo saranno illustrati esempi di barriere antirumore da utilizzare in cantiere, a parziale mitigazione dei livelli sonori emessi.

Il seguente elenco individua le aree e le relative fasi di cantiere per le quali si ritiene necessario, sulla base dei dati di previsione dei livelli contenuti nell'originaria documentazione di impatto (Montella E., 2009), predisporre adeguate richieste di deroga al rispetto dei limiti di zonizzazione per attività temporanee (di cantiere). Si tenga presente che i livelli evidenziati in rosso mostrano superamenti dei limiti assoluti di immissione, mentre quelli evidenziati in verde indicano i superamenti dei soli limiti di emissione.



### Recettore 28

Tabella:

Limiti acustici di immissione e di emissione di zona diurna da rispettare 65/60 dB(A)		Fase 1a	Fase 1b	Fase 2	Fase 3	Fase 4 e 5
Ricettore 28	Distanza ricettore	54	54	54	25	25
	Rumore alla sorgente	90	90	90	90	90
	Rumore al ricettore	55,4	55,4	55,4	62,0	62,0

Nota: assenza di contemporaneità nelle fasi lavorative riportate

### Recettore 29

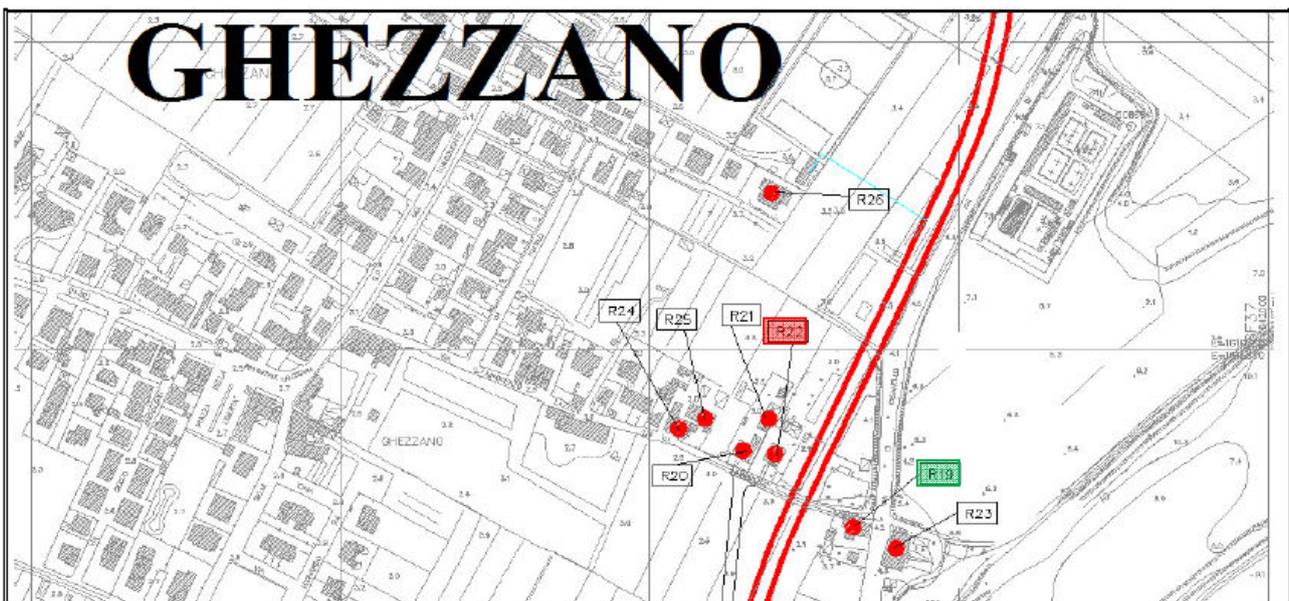
Limiti acustici di immissione e di emissione di zona diurni da rispettare 65/60 dB(A)		Fase 1a	Fase 1b	Fase 2	Fase 3	Fase 4 e 5
Ricettore 29	Distanza ricettore	102	102	102	6	6
	Rumore alla sorgente	90	90	90	90	90
	Rumore al ricettore	49,8	49,8	49,8	74,4	74,4

Nota: assenza di contemporaneità nelle fasi lavorative riportate

### Recettore 32

Limiti acustici di immissione e di emissione di zona diurni da rispettare 65/60 dB(A)		Fase 1a	Fase 1b	Fase 2	Fase 3	Fase 4 e 5
Ricettore 32 (scuola in disuso)	Distanza ricettore	108	108	108	17	17
	Rumore alla sorgente	90	90	90	90	90
	Rumore al ricettore	49,3	49,3	49,3	65,4	65,4

Nota: assenza di contemporaneità nelle fasi lavorative riportate



### Recettore 19

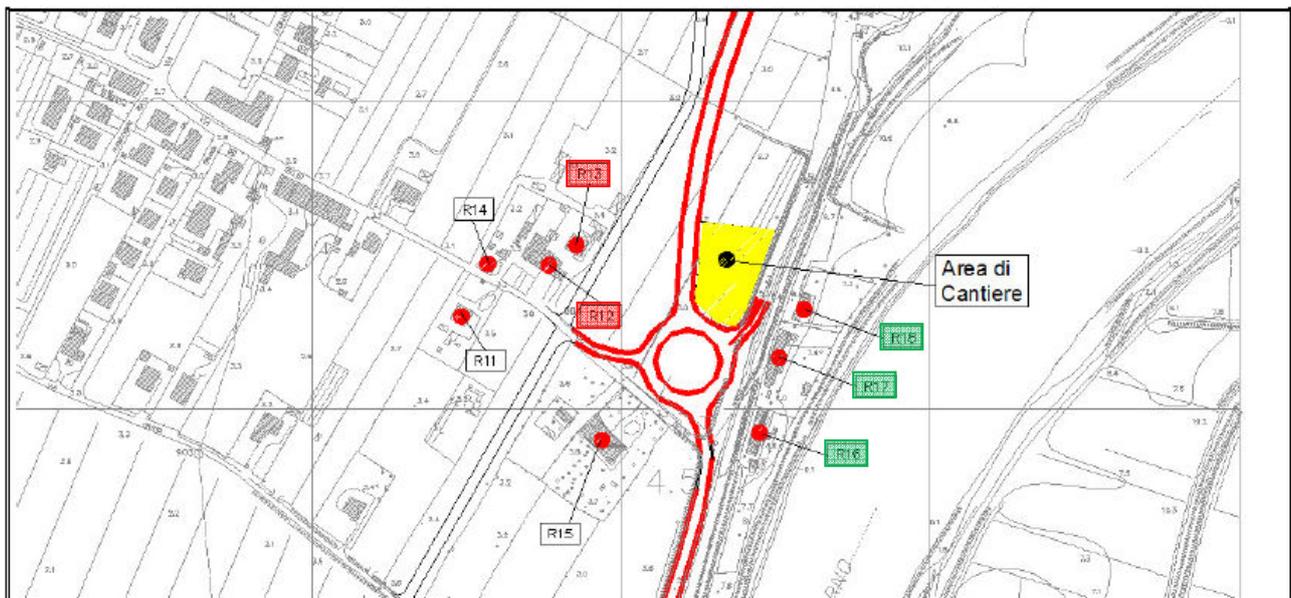
Limiti acustici di immissione e di emissione di zona diurni da rispettare 65/60 dB(A)		Fase 1a	Fase 1b	Fase 2	Fase 3	Fase 4 e 5
Ricettore 19	Distanza ricettore	26	26	26	26	26
	Rumore alla sorgente	90	90	90	90	90
	Rumore al ricettore	61,7	61,7	61,7	61,7	61,7

Nota: assenza di contemporaneità nelle fasi lavorative riportate

### Recettore 22

Limiti acustici di immissione e di emissione di zona diurni da rispettare 65/60 dB(A)		Fase 1a	Fase 1b	Fase 2	Fase 3	Fase 4 e 5
Ricettore 22	Distanza ricettore	16	16	16	16	16
	Rumore alla sorgente	90	90	90	90	90
	Rumore al ricettore	65,9	65,9	65,9	65,9	65,9

Nota: assenza di contemporaneità nelle fasi lavorative riportate



**Recettore 12**

Tabella:							
Limiti acustici di immissione e di emissione di zona diurni da rispettare 65/60 dB(A)		Fase 1a	Fase 1b	Fase 2	Fase 3	Fase 4 e 5	
Ricettore 12	Distanza ricettore	12	12	12	12	12	
	Rumore alla sorgente	90	90	90	90	90	
	Rumore al ricettore	68,4	68,4	68,4	68,4	68,4	
Nota: assenza di contemporaneità nelle fasi lavorative riportate							

**Recettore 13**

Tabella:							
Limiti acustici di immissione e di emissione di zona diurni da rispettare 65/60 dB(A)		Fase 1a	Fase 1b	Fase 2	Fase 3	Fase 4 e 5	
Ricettore 13	Distanza ricettore	10	10	10	10	10	
	Rumore alla sorgente	90	90	90	90	90	
	Rumore al ricettore	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	
Nota: assenza di contemporaneità nelle fasi lavorative riportate							

**Recettore 16**

Tabella:							
Limiti acustici di immissione e di emissione di zona diurni da rispettare 65/60 dB(A)		Fase 1a	Fase 1b	Fase 2	Fase 3	Fase 4 e 5	
Ricettore 16	Distanza ricettore	30	30	30	30	30	
	Rumore alla sorgente	90	90	90	90	90	
	Rumore al ricettore	60,5	60,5	60,5	60,5	60,5	
Nota: assenza di contemporaneità nelle fasi lavorative riportate							

### Recettore 17

Tabella:

Limiti acustici di immissione e di emissione di zona diurni da rispettare 65/60 dB(A)		Fase 1a	Fase 1b	Fase 2	Fase 3	Fase 4 e 5
Ricettore 17	Distanza ricettore	20	20	20	20	20
	Rumore alla sorgente	90	90	90	90	90
	Rumore al ricettore	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0

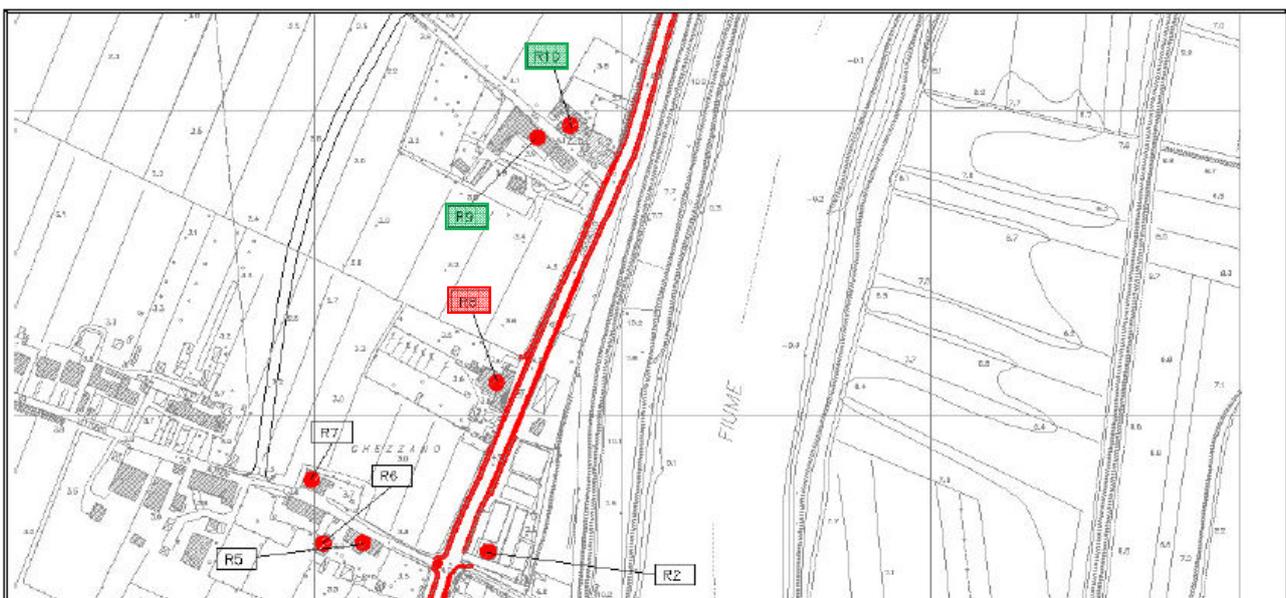
Nota: assenza di contemporaneità nelle fasi lavorative riportate

### Recettore 18

Tabella:

Limiti acustici di immissione e di emissione di zona diurni da rispettare 65/60 dB(A)		Fase 1a	Fase 1b	Fase 2	Fase 3	Fase 4 e 5
Ricettore 18	Distanza ricettore	19	19	19	19	19
	Rumore alla sorgente	90	90	90	90	90
	Rumore al ricettore	64,4	64,4	64,4	64,4	64,4

Nota: assenza di contemporaneità nelle fasi lavorative riportate



**Recettore 8**

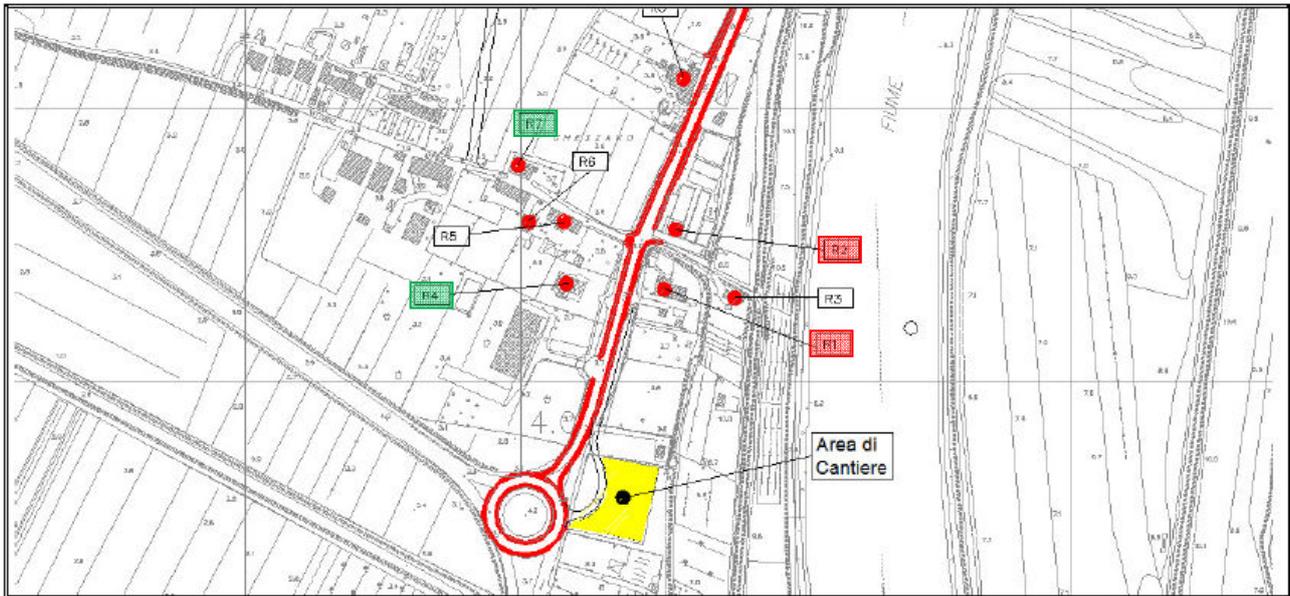
Tabella:							
Limiti acustici di immissione e di emissione di zona diurni da rispettare 65/60 dB(A)		Fase 1a	Fase 1b	Fase 2	Fase 3	Fase 4 e 5	
Ricettore 8	Distanza ricettore	136	136	136	3	3	
	Rumore alla sorgente	90	90	90	90	90	
	Rumore al ricettore	47,3	47,3	47,3	80,5	80,5	
Nota: assenza di contemporaneità nelle fasi lavorative riportate							

**Recettore 9**

Tabella:							
Limiti acustici di immissione e di emissione di zona diurni da rispettare 65/60 dB(A)		Fase 1a	Fase 1b	Fase 2	Fase 3	Fase 4 e 5	
Ricettore 9 (abitazione in ristrutturazione totale)	Distanza ricettore	93	93	93	23	23	
	Rumore alla sorgente	90	90	90	90	90	
	Rumore al ricettore	50,6	50,6	50,6	62,8	62,8	
Nota: assenza di contemporaneità nelle fasi lavorative riportate							

**Recettore 10**

Tabella:							
Limiti acustici di immissione e di emissione di zona diurni da rispettare 65/60 dB(A)		Fase 1a	Fase 1b	Fase 2	Fase 3	Fase 4 e 5	
Ricettore 10 (casa del parroco di Ghezzano)	Distanza ricettore	117	117	117	23	23	
	Rumore alla sorgente	90	90	90	90	90	
	Rumore al ricettore	48,6	48,6	48,6	62,8	62,8	
Nota: assenza di contemporaneità nelle fasi lavorative riportate							



### Recettore 1

Tabella:							
Limiti acustici di immissione e di emissione di zona diurni da rispettare 65/60 dB(A)		Fase 1a	Fase 1b	Fase 2	Fase 3	Fase 4 e 5	
Ricettore 1	Distanza ricettore	167	167	167	16	16	
	Rumore alla sorgente	90	90	90	90	90	
	Rumore al ricettore	45,5	45,5	45,5	65,9	65,9	
Nota: assenza di contemporaneità nelle fasi lavorative riportate							

### Recettore 2

Tabella:							
Limiti acustici di immissione e di emissione di zona diurni da rispettare 65/60 dB(A)		Fase 1a	Fase 1b	Fase 2	Fase 3	Fase 4 e 5	
Ricettore 2	Distanza ricettore	148	148	148	10	10	
	Rumore alla sorgente	90	90	90	90	90	
	Rumore al ricettore	46,6	46,6	46,6	70,0	70,0	
Nota: assenza di contemporaneità nelle fasi lavorative riportate							

#### Recettore 4

Tabella:							
Limiti acustici di immissione e di emissione di zona diurni da rispettare 65/60 dB(A)		Fase 1a	Fase 1b	Fase 2	Fase 3	Fase 4 e 5	
Ricettore 4	Distanza ricettore	102	102	102	30	30	
	Rumore alla sorgente	90	90	90	90	90	
	Rumore al ricettore	49,8	49,8	49,8	60,5	60,5	
Nota: assenza di contemporaneità nelle fasi lavorative riportate							

#### Recettore 7

Tabella:							
Limiti acustici di immissione e di emissione di zona diurni da rispettare 65/60 dB(A)		Fase 1a	Fase 1b	Fase 2	Fase 3	Fase 4 e 5	
Ricettore 7	Distanza ricettore	25	25	25	25	25	
	Rumore alla sorgente	90	90	90	90	90	
	Rumore al ricettore	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0	
Nota: assenza di contemporaneità nelle fasi lavorative riportate							

Di seguito si riportano le fasi di cantiere per le quali sono stati individuati superamenti ai recettori dei limiti di emissione o assoluti di immissione.

<b>FASE 1a: BONIFICA PIANO DI POSA DEI RILEVATI STRADALI CON STABILIZZAZIONE DELLE TERRE</b> (Numero medio di mezzi operanti contemporaneamente in cantiere = 3)				
N°	Mezzo Utilizzati	Funzione	Fase Lavorativa	LAeq dB(A)
1	ESCAVATORE	operazioni di scavo	Scavo del piano di posa del rilevato per una profondità media di 80~100cm	90-95
2	CAMION	trasporto materiali	Trasporto del materiale di risulta in area di stoccaggio interna al cantiere o a discarica autorizzata	80
			Trasporto del materiale da rilevato in cantiere per le successive operazioni di riempimento dello scavo	
3	RUSPA	movimentazione e stesa materiali	Movimentazione e stesa dei materiali terrosi depositati in cantiere all'interno dello scavo	85 -90
4/6	FRESA O MISCELATRICE	frantumazione terreno da rilevato / miscelazione calce terreno	Frantumazione del terreno da rilevato steso con la ruspa	
			Miscelazione terreno frantumato con la calce stesa	
5	SPANDICALCE	stesa della calce sul terreno	Stesa della calce sul terreno da rilevato steso e frantumato	
7	RULLO COMPRESSORE VIBRANTE	compattazione dei materiali	compattazione dei materiali terrosi depositati in cantiere e movimentati	90-95

<b>FASE 1b: FORMAZIONE DI RILEVATO STRADALE MEDIANTE STABILIZZAZIONE</b> (Numero medio di mezzi operanti contemporaneamente in cantiere = 3)				
N°	Mezzo Utilizzati	Funzione	Fase Lavorativa	LAeq dB(A)
1	CAMION	trasporto materiali	Trasporto del materiale da rilevato in cantiere per le successive operazioni	80
2	RUSPA	movimentazione e stesa materiali	Movimentazione e stesa dei materiali terrosi depositati in cantiere	85-90
3/5	FRESA O MISCELATRICE	frantumazione terreno da rilevato / miscelazione calce terreno	Frantumazione del terreno da rilevato steso con la ruspa	
			Miscelazione terreno frantumato con la calce stesa	
4	SPANDICALCE	stesa della calce sul terreno	Stesa della calce sul terreno da rilevato steso e frantumato	
6	RULLO COMPRESSORE VIBRANTE	compattazione dei materiali	compattazione dei materiali terrosi depositati in cantiere e movimentati	90-95
7	LIVELLATRICE MOTOGRADER	livellazione piani	Livellazione del piano di testa del rilevato	
8	ESCAVATORE	operazioni di scavo	Profilatura scarpata	90-95

<b>FASE 2: FORMAZIONE DI FONDAZIONE STRADALE</b>				
<b>(Numero medio di mezzi operanti in cantiere = 3)</b>				
N°	Mezzo Utilizzati	Funzione	Fase Lavorativa	LAeq dB(A)
1	CAMION	trasporto materiali	Trasporto del materiale da rilevato in cantiere per le successive operazioni	80
2	RUSPA	movimentazione e stesa materiali	Movimentazione e stesa dei materiali terrosi depositati in cantiere	85-90
3	RULLO COMPRESSORE VIBRANTE	compattazione dei materiali	compattazione dei materiali terrosi depositati in cantiere e movimentati	90-95
4	LIVELLATRICE MOTOGRADER	livellazione piani	Livellazione del piano di testa del rilevato	
5	ESCAVATORE	operazioni di scavo	Profilatura scarpata del rilevato	90-95

<b>FASE 3: FORMAZIONE DI MANTI BITUMINOSI BASE/BINDER/USURA</b>				
<b>(Numero medio di mezzi operanti in cantiere = 3)</b>				
N°	Mezzo Utilizzati	Funzione	Fase Lavorativa	LAeq dB(A)
1	CAMION	trasporto materiali	Trasporto del materiale da stendere e scarico graduale durante tutto il tempo di esecuzione della lavorazione	80
2	VIBROFINITRICE	stesa e livellamento del manto bituminoso	Stesa e contemporaneo livellamento in piano orizzontale o inclinato del materiale scaricato dal camion	90-95
3	RULLO COMPRESSORE NON VIBRANTE	compattazione del manto	compattazione del manto bituminoso steso e livellato	80-85

<b>FASE 4 e 5: INSTALLAZIONE DI BARRIERE DI RITENUTA</b>				
<b>(Numero medio di mezzi operanti in cantiere = 2)</b>				
N°	Mezzo Utilizzati	Funzione	Fase Lavorativa	LAeq dB(A)
1	CAMION	trasporto materiali	Trasporto delle barriere smontate	80
2	BATTIPALO	infissione pali	Infissione montanti barriere	95-100
3	MARTELLO ED ATTREZZERIA MINUTA IN GENERE	assemblaggio barriera	Montaggio della barriera metallica sui montanti infissi	80

Come precedentemente anticipato, sulla base delle indicazioni deducibili dal crono programma definitivo delle attività di cantiere, che sarà reso disponibile in sede di progetto esecutivo dell'opera, sarà necessario richiedere, per specifici periodi di tempo, deroghe ai limiti di emissione o assoluti di immissione fissati dalla vigente legislazione per le aree ove ricadono i recettori sopra identificati come esposti a livelli di pressione acustica oltre i limiti di legge.

Parallelamente, in fase di cantiere, sarà opportuno prevedere anche soluzioni temporanee idonee al contenimento della pressione sonora sviluppata, quali barriere antirumore mobili o recinzioni fisse antirumore, di cui si danno indicazioni ed ipotesi nel paragrafo successivo (al proposito si veda anche Piano di cantierizzazione-Relazione descrittiva).

## 5.1 Misure di mitigazione acustica per la fase di cantiere

Per la perimetrazione delle aree di cantiere si prevede di utilizzare strutture che possano anche assolvere la funzione di barriere antirumore, specialmente nei tratti più vicini a recettori sensibili o residenziali. In merito, il mercato offre oggi numerose possibili soluzioni: si va da barriere mobili standard a barriere integrate a sistemi di protezione stradale tipo new Jersey, particolarmente adatte per i tratti in immediata prossimità al sedime stradale.



Esistono anche barriere mobili da zavorrare mediante Big Bass: le seguenti immagini mostrano alcune installazioni di tale tipo, anche in riferimento ad opere stradali ed a grandi cantieri cittadini.

Le loro caratteristiche di facile rilocazione e di buona efficienza di abbattimento, anche perché generalmente posizionate molto vicine alle sorgenti potenzialmente disturbanti, rendono tali barriere particolarmente indicate per la schermatura acustica delle attività di cantiere: benché si preveda normalmente la richiesta di apposite deroghe al rispetto dei limiti acustici di zona per attività temporanee, a maggior tutela dei possibili recettori esposti è ormai prassi standard utilizzare sistemi di barriere acustiche perimetrali del tipo indicato.

Le caratteristiche acustiche dei sistemi di barriere di cantiere, variano molto da produttore a produttore e per esse ci si riferisce normalmente ai fogli tecnici forniti dai produttori stessi che riportano spesso i valori spettrali di assorbimento ottenuti secondo le metodiche standard fissate da specifiche norme (UNI EN ISO 354:2003 e/o UNI EN 1793-1:1999).



Il presente documento è stato redatto, in qualità di Tecnico Competente in Acustica Ambientale, da:

➤ Dott. Giuseppe Quaglia




**ORDINE INTERREGIONALE DEI CHIMICI E DEI FISICI DEL PIEMONTE E DELLA VALLE D'AOSTA**

Ente Pubblico sotto la vigilanza del



NOMINATIVO	DATA DI ISCRIZIONE	NUMERO DI ISCRIZIONE
QUAGLIA Giuseppe	13/05/2019	2569/F

In Allegato 1 si riporta la Determinazione Dirigenziale n° 231 del 24/04/2001 Direzione Tutela e Risanamento Ambientale - Programmazione Gestione Rifiuti Settore Risanamento Acustico ed Atmosferico, della Regione Piemonte, con la quale l'autore è stato riconosciuto Tecnico Competente in Acustica Ambientale e l'estratto della scheda personale della banca dati dell'Elenco Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica, ENTECA.

## **ALLEGATO 1**

**Tecnico competente in acustica ambientale**

**Regione Piemonte**

**Direzione Tutela e Risanamento Ambientale - Programmazione Gestione Rifiuti**

**Settore Risanamento Acustico ed Atmosferico**

**Determinazione dirigenziale n° 231 del 24/04/2001**

**ENTECA – Elenco Nazionale dei TEcnici Competenti in Acustica**



**REGIONE PIEMONTE**

Direzione TUTELA E RISANAMENTO AMBIENTALE - PROGRAMMAZIONE GESTIONE RIFIUTI

Settore Risanamento acustico ed atmosferico

DETERMINAZIONE NUMERO: 231

DEL: 24/04/2001

Codice Direzione: 22

Codice Settore: 22.4

Legislatura: 7

Anno: 2001

**Oggetto**

Legge 447/1995, art. 2, commi 6 e 7. Accoglimento e rigetto domande per lo svolgimento dell'attività di tecnico competente in acustica ambientale. Domande dal n. A354 al n. A365.

Visto l'art. 2, commi 6 e 7, della legge 26/10/1995, n. 447, con cui si stabilisce che per svolgere attività di tecnico competente in acustica ambientale deve essere presentata apposita domanda all'Assessorato regionale competente in materia, corredata da idonea documentazione comprovante l'aver svolto attività, in modo non occasionale, nel campo dell'acustica ambientale, da almeno quattro anni per i richiedenti in possesso del diploma di scuola media superiore ad indirizzo tecnico, o da almeno due anni per coloro che sono in possesso di laurea o diploma universitario ad indirizzo scientifico;

vista la deliberazione n. 81-6591 del giorno 4/3/1996, con cui la Giunta Regionale ha stabilito le modalità di presentazione e di valutazione delle domande per lo svolgimento dell'attività di tecnico competente in acustica ambientale, che recepisce fra l'altro la risoluzione, assunta in data 25/1/1996 dai Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome di Trento e Bolzano, concernente indicazioni applicative generali, finalizzate ad un'attuazione omogenea della norma in tutte le Regioni;

visto l'atto di indirizzo e coordinamento recante criteri generali per l'esercizio dell'attività del tecnico competente in acustica, emanato con D.P.C.M. 31/3/1998;

Direzione 22 Settore 22.4 Segue Testo Determinazione Numero 231 / Anno 2017 Pagina 2 di 2

visti gli ordini di servizio n. 5210/RIF del 24/4/96 e n. 7539/RIF del 3/7/97 con cui il Responsabile del Settore smaltimento rifiuti e risanamento atmosferico, ha istituito apposito Gruppo di lavoro per la valutazione delle domande stesse, come previsto dalla deliberazione sopra richiamata;

vista la propria determinazione n. 355/22.4 del giorno 9/12/1998, con cui, al fine di recepire le disposizioni per la semplificazione del procedimento amministrativo, si è approvato un nuovo modello di domanda per lo svolgimento dell'attività in oggetto e si è confermato quanto stabilito dalla Giunta Regionale con la citata deliberazione n. 81-6591/1996, per quanto non in contrasto con la determinazione stessa;

visto il verbale n. 32 della seduta del Gruppo di lavoro tenutasi il giorno 19/4/2001, nonché le relative schede personali ad esso allegate, numerate progressivamente dal n. A354 al n. A365, conservato agli atti del Settore;

visti gli articoli 3 e 16 del D. Lgs. n. 29/1993, come modificato dal D. Lgs. n. 470/1993;

visto l'art. 22 della legge regionale n. 51/1997;

in conformità con gli indirizzi e i criteri disposti nella materia del presente provvedimento dalla Giunta Regionale con deliberazione n. 81-6591 del 4/3/1996,

il Dirigente Responsabile del Settore Risanamento Acustico e Atmosferico

#### **DETERMINA**

1. di accogliere le domande per lo svolgimento dell'attività di tecnico competente in acustica ambientale presentate da parte dei richiedenti elencati nell'allegato A, parte integrante della presente determinazione;

Avverso il presente provvedimento è ammesso ricorso innanzi al TAR Piemonte entro il termine di 60 giorni dalla notificazione.

La presente determinazione sarà pubblicata sul B.U. della Regione Piemonte ai sensi dell'art. 65 dello Statuto.

DR/CR

Il Dirigente Responsabile  
Carla CONTARDI

ID: TCARN22 2633-448-14336

Direzione 22 Settore 22.4 Allegato Numero 1 di 1

Pagina 1 di 1

**Allegato A - Domande accolte (22° elenco)**

All. n.	Cognome e Nome	Luogo e data di nascita
A/362	ARNAUDO Maurizio	Cuneo 19/5/1967
A/357	ERRICO Luigi	Napoli 27/7/1971
A/360	FASSIO Mario	Biella (BI) 20/8/1965
A/364	GILLI Luciano	Ferrara 28/7/1964
A/358	LASAGNA Giovanni	Asti 12/9/1948
A/356	MAZZUCATO Alberto	Torino 29/12/1965
A/355	PAPAIANNI Domenico	Spilinga (VV) 16/10/1941
A/361	PREGLIASCO Mario	Mondovì (CN) 24/3/1962
A/363	QUAGLIA Giuseppe	Novara 7/10/1964
A/354	SANNA-CHERCHI Clelia	Cuneo 19/5/1965
A/365	STELLA Gianmario	Costigliole d'Asti (AT) 25/8/1960
A/359	ZANETTA Gian Antonio	Premosello Chiovenda (VB) 2/3/1955

Legge 447/1995, art. 2, commi 5 e 7. Accoglimento e rigetto domande per lo svolgimento dell'attività di tecnico competente in acustica ambientale. Domanda della n. A/354 al 17/05/2015.

Visto l'art. 2, commi 5 e 7, della legge 28/10/1995, n. 447, con cui si stabilisce che per svolgere attività di tecnico competente in acustica ambientale deve essere presentata apposita domanda all'Assessorato regionale competente in materia, corredata da idonea documentazione comprovante l'aver svolto attività, in modo non occasionale, nel campo dell'acustica ambientale, da almeno quattro anni per i richiedenti in possesso del diploma di scuola media superiore ad indirizzo tecnico, o da almeno due anni per coloro che sono in possesso di laurea o diploma universitario ad indirizzo scientifico.

Visto la Circolare n. 41/2004 del giorno 14/11/2004, con cui la Giunta Regionale ha stabilito le modalità di presentazione e di valutazione delle domande per lo svolgimento dell'attività di tecnico competente in acustica ambientale, che recepisce tra l'altro la risoluzione, assunta in data 25/1/1995 dai Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome di Trento e Bolzano, concernente indicazioni applicative generali, finalizzate ad un'attuazione omogenea delle norme in tutte le Regioni.

Visto l'atto di indirizzo e coordinamento recante criteri generali per l'esercizio dell'attività del tecnico competente in acustica, emanato con D.P.C.M. 31/3/1998;

536-85-13312

# ENTECA Elenco Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica

[Home \(home.php\)](#)

[Tecnici Competenti in Acustica \(tecnic\\_i\\_viewlist.php\)](#)

[Corsi](#)

[Login \(login.php\)](#)



[\(index.php\)](#)

/ [Tecnici Competenti in Acustica](#)

(tecnic\_i\_viewlist.php)

/ [Vista](#)

<b>Numero Iscrizione Elenco Nazionale</b>	4863
<b>Regione</b>	Piemonte
<b>Numero Iscrizione Elenco Regionale</b>	13.90.20/TC/316/2018A
<b>Cognome</b>	QUAGLIA
<b>Nome</b>	Giuseppe
<b>Titolo studio</b>	Laurea in Fisica
<b>Estremi provvedimento</b>	D.D 231 del 24 aprile 2001
<b>Luogo nascita</b>	Novara
<b>Data nascita</b>	07/10/1964
<b>Codice fiscale</b>	QGLGPP64R07F952Q
<b>Regione</b>	Piemonte
<b>Provincia</b>	NO
<b>Comune</b>	Novara
<b>Via</b>	Via Andrea Costa
<b>Cap</b>	28100
<b>Civico</b>	3/a
<b>Nazionalità</b>	IT
<b>Dati contatto</b>	NOVARA Envitech - Ambiente e Tecnologie S.r.l. - Via G. Bonomelli, 1/f - 28100 NOVARA
<b>Data pubblicazione in elenco</b>	10/12/2018

## **ALLEGATO 2**

Rapporto tecnico del monitoraggio acustico  
effettuato nell'area interessata dal progetto  
della circonvallazione Nord-Est di Pisa  
lotti funzionali 1-2, 2-3, 3-5 e 10-12

## RAPPORTO DI PROVA DELLE MISURAZIONI EFFETTUATE RISULTATI OTTENUTI DAI RILIEVI DEI FLUSSI VEICOLARI

**Agr. Dott.ssa Irene Menichini**

Iscritta al Collegio Nazionale degli Agronomi e degli Agr. Laureati al numero 393 dal 03/09/2018

Iscritta nell'Elenco Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica al numero 8368 dal 10/12/2018

(provvedimento: Decreto Regione Toscana n. 2261 del 24 febbraio 2017)

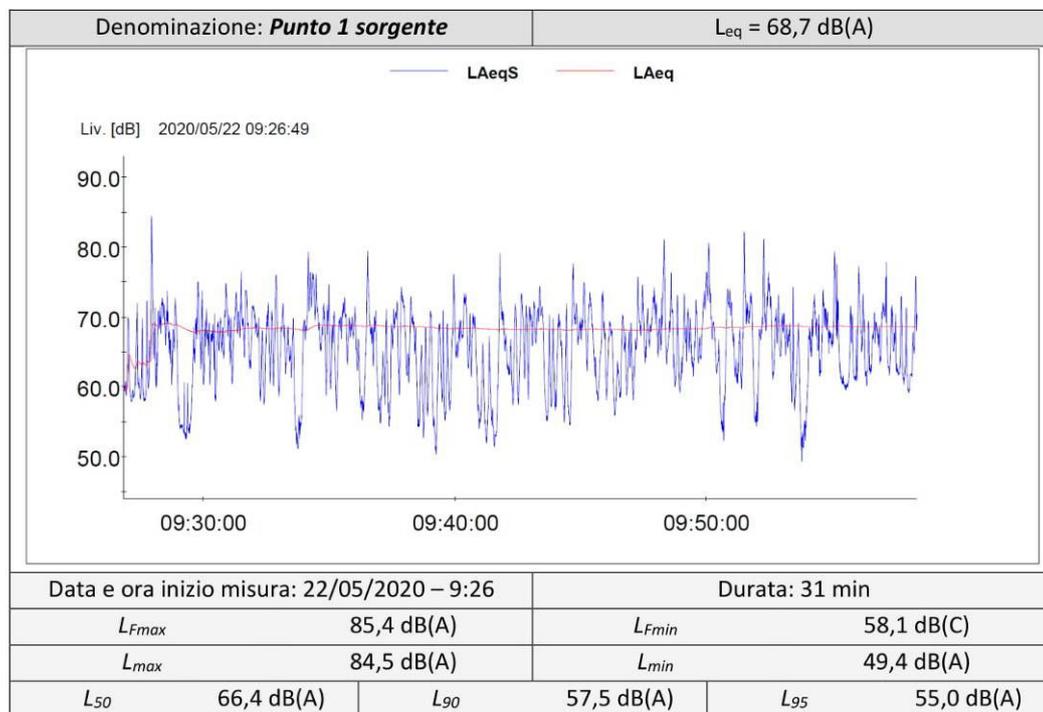
Pisa, 28/05/2020

### Prima campagna di misura del 22/05/2020



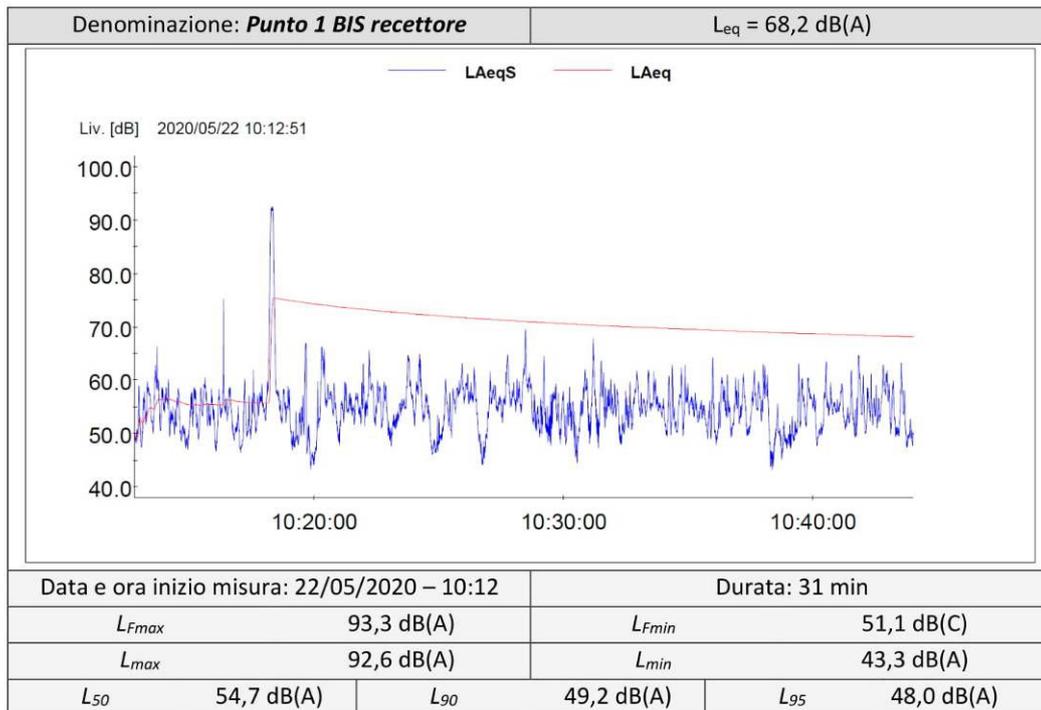
Punti di misura indagati lungo la Via Aurelia SS1, il giorno 22/05/2020, periodo diurno.

I punti sono denominati come accordato; la loro localizzazione esatta è rappresentata nelle fotografie aeree allegate in cui è indicata anche (approssimativamente) la distanza dalla viabilità.



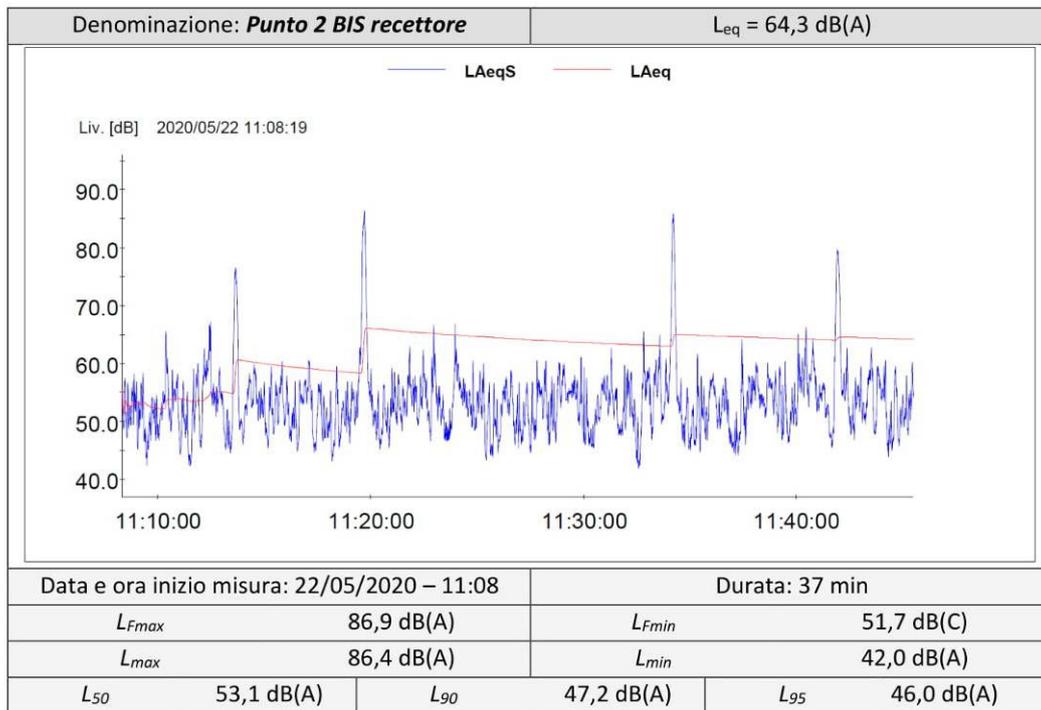
Flussi veicolari rilevati				
Direzione Pisa		Direzione Viareggio/mare		Totale
Autovetture	255	Autovetture	196	451
Autocarri leggeri	10	Autocarri leggeri	31	41
Autocarri pesanti	15	Autocarri pesanti	14	29
Autobus	2	Autobus	2	4
Ciclomotori	18	Ciclomotori	8	26
Veicoli speciali	0	Veicoli speciali	0	0

Passaggi treni	0	Passaggi aerei	2
----------------	---	----------------	---



Flussi veicolari rilevati				
Direzione Pisa		Direzione Viareggio/mare		Totale
Autovetture	205	Autovetture	241	446
Autocarri leggeri	17	Autocarri leggeri	18	35
Autocarri pesanti	10	Autocarri pesanti	15	25
Autobus	0	Autobus	2	2
Ciclomotori	20	Ciclomotori	16	36
Veicoli speciali	1	Veicoli speciali	1	2

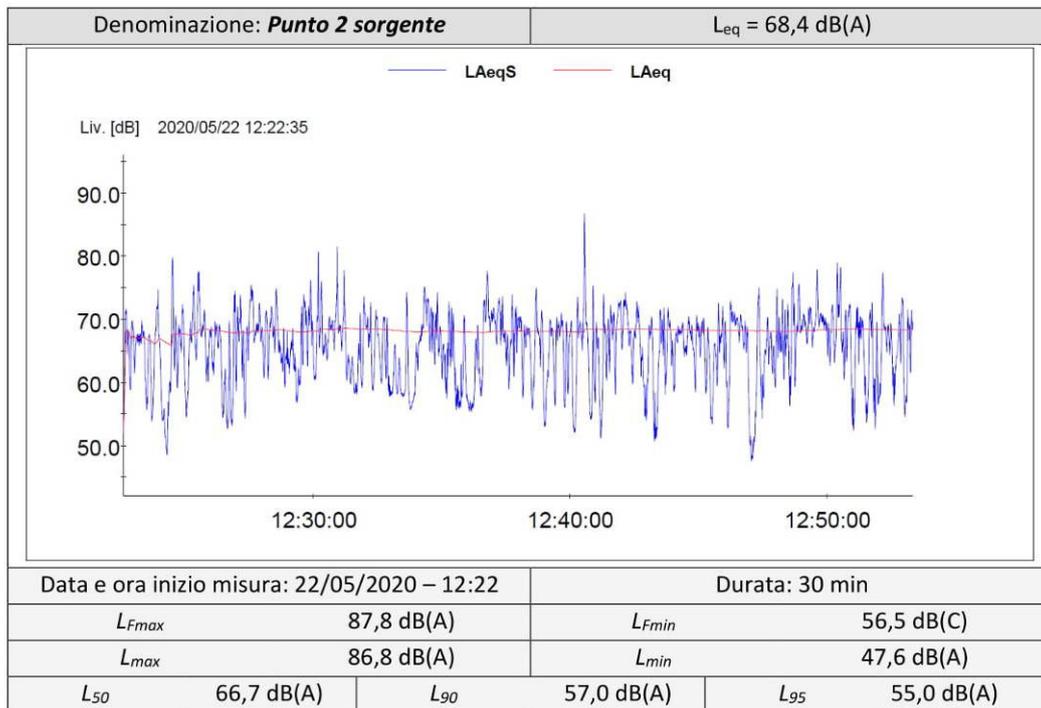
Passaggi treni	1	Passaggi aerei	1
----------------	---	----------------	---



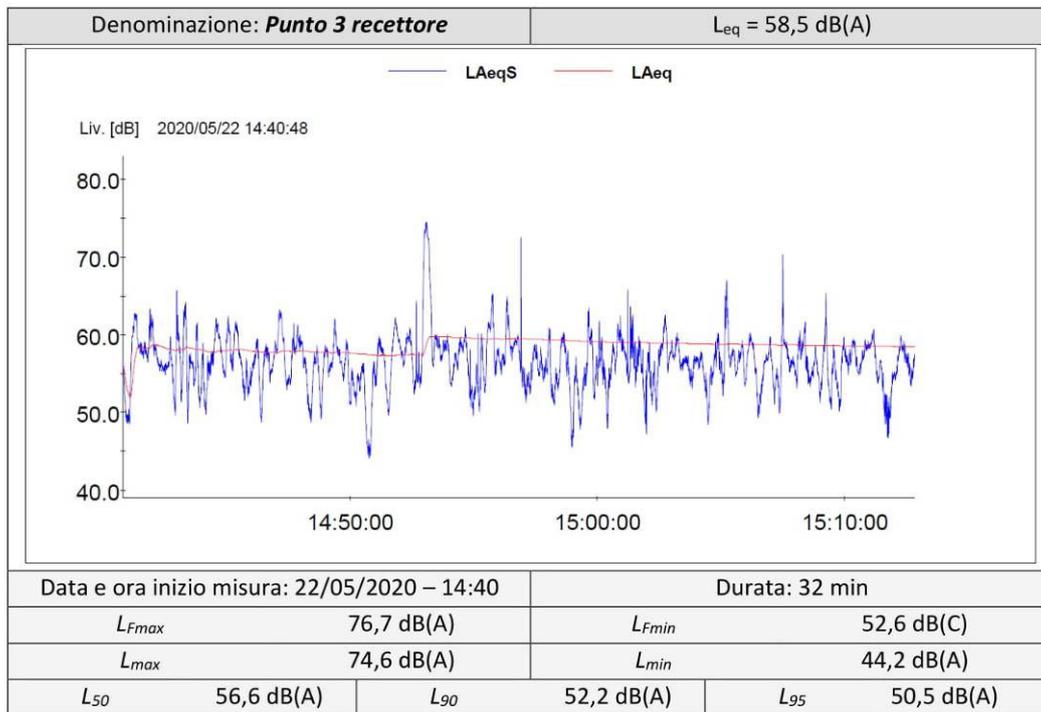
<i>Flussi veicolari rilevati</i>				
<i>Direzione Pisa</i>		<i>Direzione Viareggio/mare</i>		<i>Totale</i>
Autovetture	213	Autovetture	253	466
Autocarri leggeri	20	Autocarri leggeri	24	44
Autocarri pesanti	11	Autocarri pesanti	16	27
Autobus	1	Autobus	1	2
Ciclomotori	15	Ciclomotori	29	44
Veicoli speciali	0	Veicoli speciali	0	0

Passaggi treni	4	Passaggi aerei	1
----------------	---	----------------	---

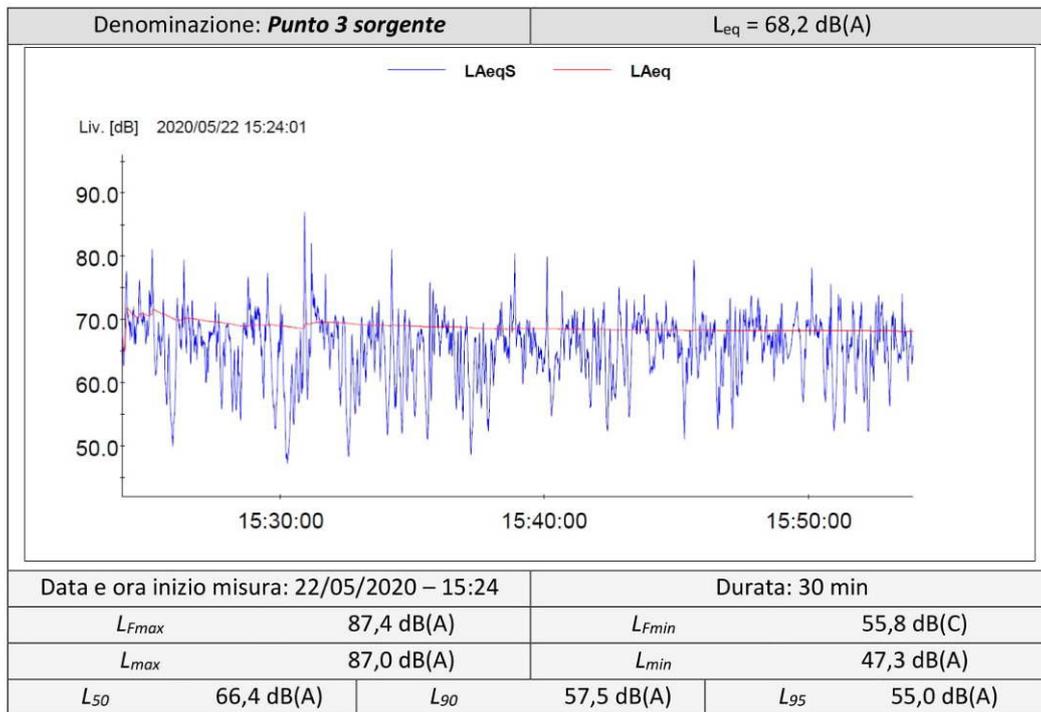


<i>Flussi veicolari rilevati</i>				
<i>Direzione Pisa</i>		<i>Direzione Viareggio/mare</i>		<i>Totale</i>
Autovetture	210	Autovetture	265	475
Autocarri leggeri	8	Autocarri leggeri	10	18
Autocarri pesanti	8	Autocarri pesanti	12	20
Autobus	1	Autobus	4	5
Ciclomotori	14	Ciclomotori	27	41
Veicoli speciali	0	Veicoli speciali	0	0
Passaggi treni	1	Passaggi aerei	0	



Flussi veicolari rilevati				
Direzione Pisa		Direzione Viareggio/mare		Totale
Autovetture	248	Autovetture	232	480
Autocarri leggeri	14	Autocarri leggeri	11	25
Autocarri pesanti	15	Autocarri pesanti	7	22
Autobus	1	Autobus	1	2
Ciclomotori	32	Ciclomotori	36	68
Veicoli speciali	0	Veicoli speciali	0	0

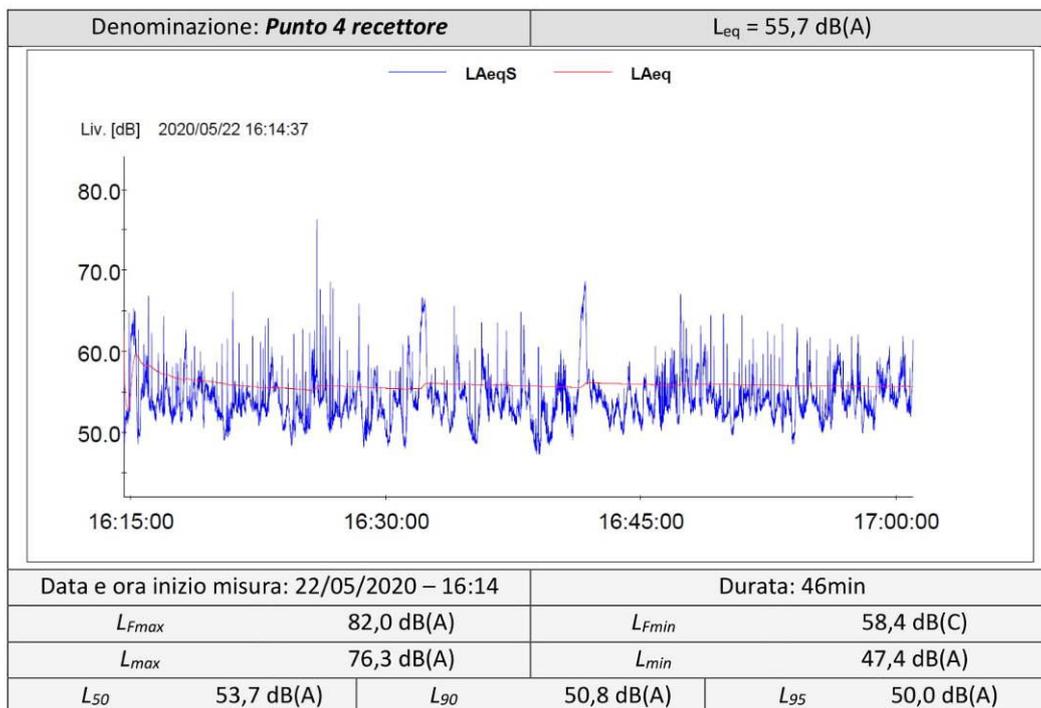
Passaggi treni	1	Passaggi aerei	1
----------------	---	----------------	---



Flussi veicolari rilevati				
Direzione Pisa		Direzione Viareggio/mare		Totale
Autovetture	258	Autovetture	255	513
Autocarri leggeri	13	Autocarri leggeri	10	23
Autocarri pesanti	8	Autocarri pesanti	9	17
Autobus	2	Autobus	1	3
Ciclomotori	15	Ciclomotori	24	39
Veicoli speciali	0	Veicoli speciali	1	1

Passaggi treni	3	Passaggi aerei	0
----------------	---	----------------	---



<i>Flussi veicolari rilevati</i>				
<i>Direzione Pisa</i>		<i>Direzione Viareggio/mare</i>		<i>Totale</i>
Autovetture	366	Autovetture	389	755
Autocarri leggeri	10	Autocarri leggeri	7	17
Autocarri pesanti	11	Autocarri pesanti	14	25
Autobus	0	Autobus	0	0
Ciclomotori	32	Ciclomotori	27	59
Veicoli speciali	1	Veicoli speciali	0	1

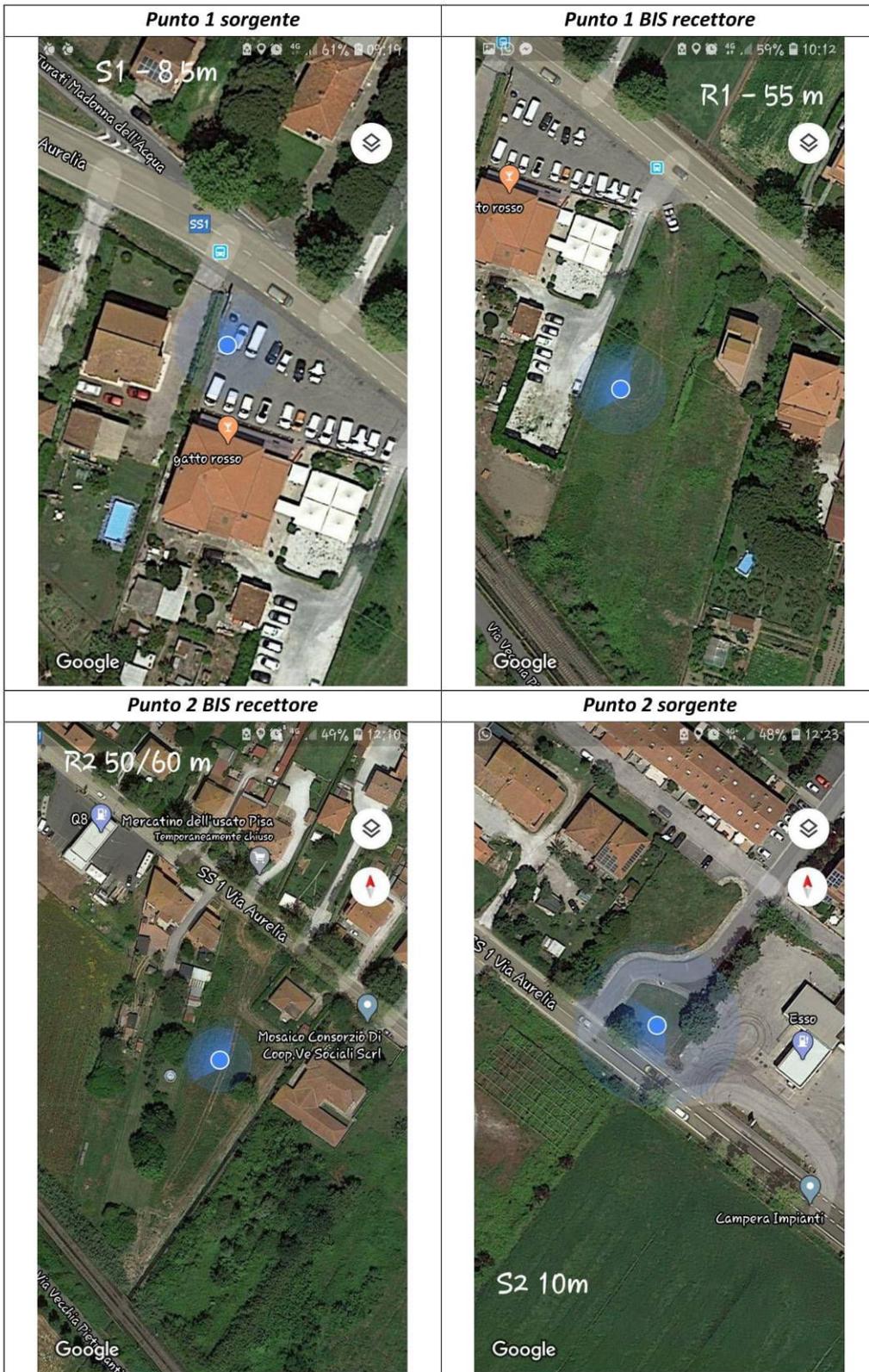
Passaggi treni	3	Passaggi aerei	0
----------------	---	----------------	---

**Note relative ai rilievi**

Per tutti i punti di misura indagati il 22/05/2020 le condizioni meteorologiche sono state: cielo sereno, vento assente o comunque < 5 m/s.

Per questa prima campagna così come per le successive, il microfono del fonometro integratore è stato posizionato ad un'altezza di 4 m dal piano di calpestio, su apposita asta e ad almeno 1 metro da pareti ed altri ostacoli interferenti. Il microfono era inoltre provvisto di cuffia antivento ed era orientato verso la sorgente indagata (viabilità). I rilievi del rumore sono stati effettuati con strumentazione e metodiche di misura conformi alle disposizioni del D.M. 16/03/1998.

Prima e dopo il ciclo di misure, la strumentazione è stata controllata con un calibratore di classe 1; le calibrazioni di inizio e fine ciclo di misura si sono discostate di circa 0,1 dB.



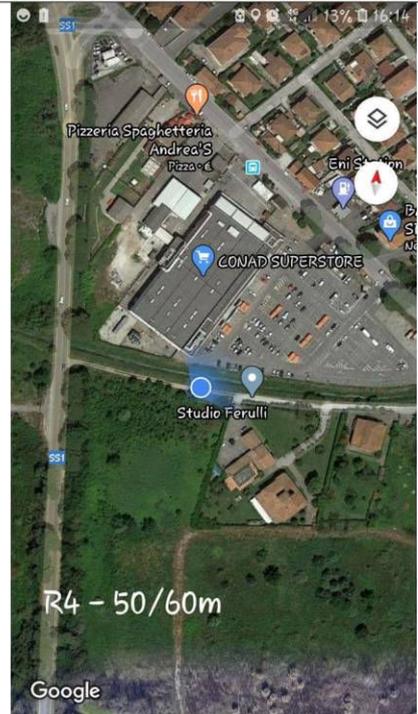
**Punto 3 recettore**



**Punto 3 sorgente**



**Punto 4 recettore**

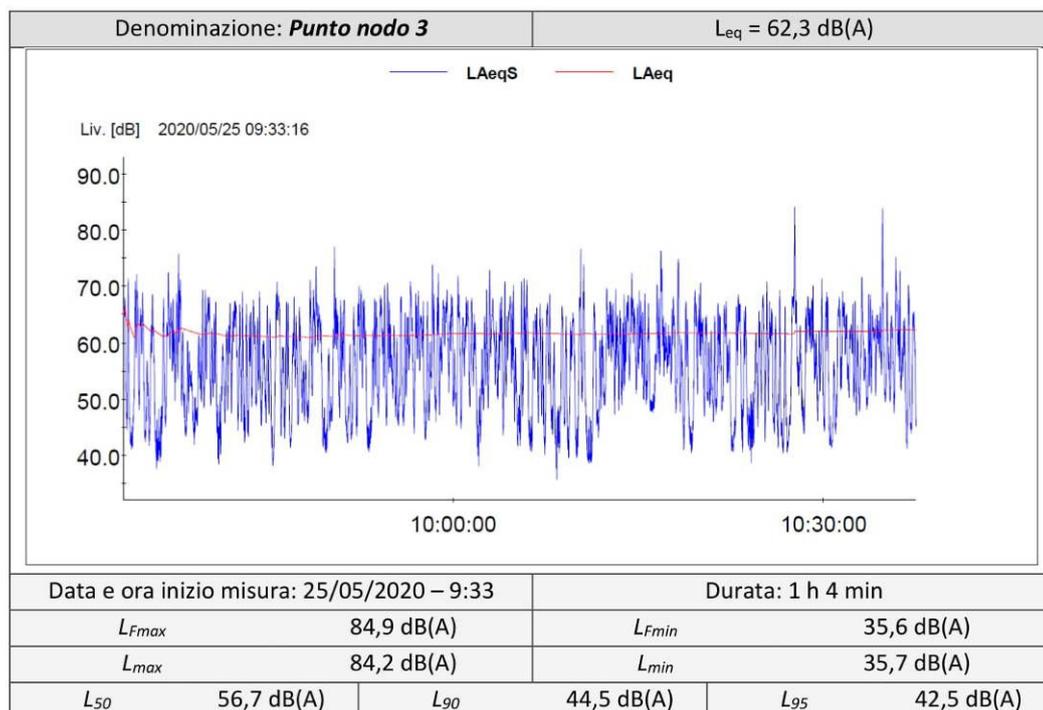


## RISULTATI OTTENUTI DAI RILIEVI DEI FLUSSI VEICOLARI

### Seconda campagna di misura del 25/05/2020

Punti di misura indagati il giorno 25/05/2020, periodo diurno.

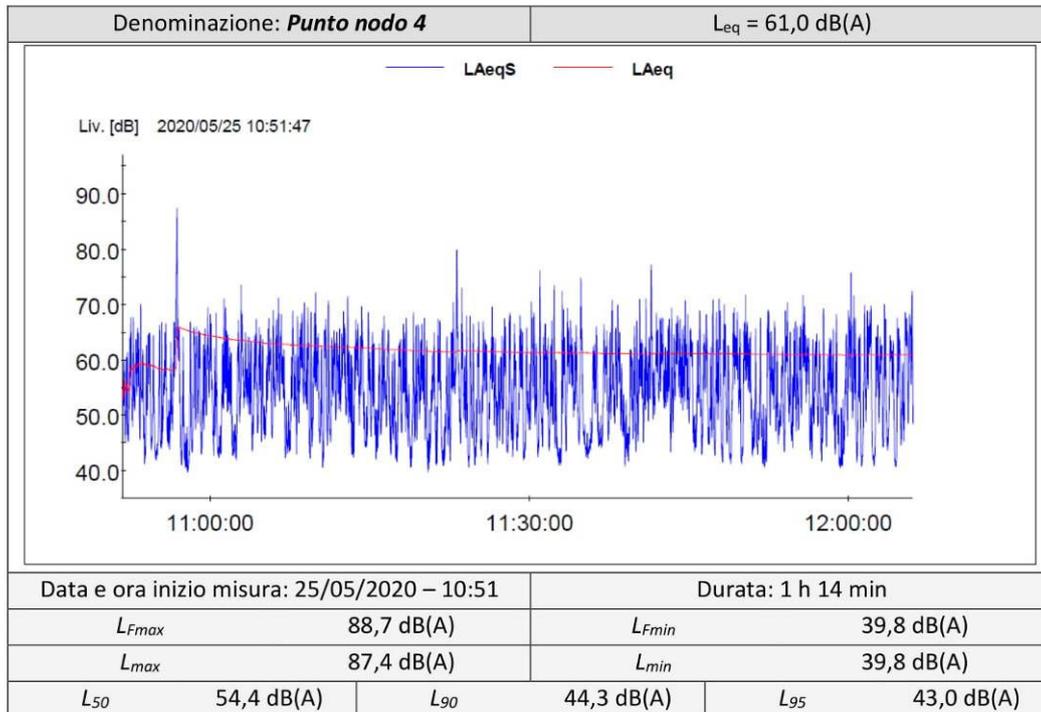
I punti sono denominati come accordato; la loro localizzazione esatta è rappresentata nelle fotografie aeree allegate in cui è indicata anche (approssimativamente) la distanza dalla viabilità.



<i>Flussi veicolari rilevati</i>				
<i>Direzione Pisa</i>		<i>Direzione Madonna dell'Acqua</i>		<i>Totale</i>
Autovetture	220	Autovetture	204	424
Autocarri leggeri	9	Autocarri leggeri	14	23
Autocarri pesanti	3	Autocarri pesanti	1	4
Autobus	2	Autobus	11	13
Ciclomotori	34	Ciclomotori	25	59
Veicoli speciali	0	Veicoli speciali	0	0

Passaggi treni (lontano)	1	Passaggi aerei	0
--------------------------	---	----------------	---

Condizioni meteo: sereno, con vento < 5 m/s

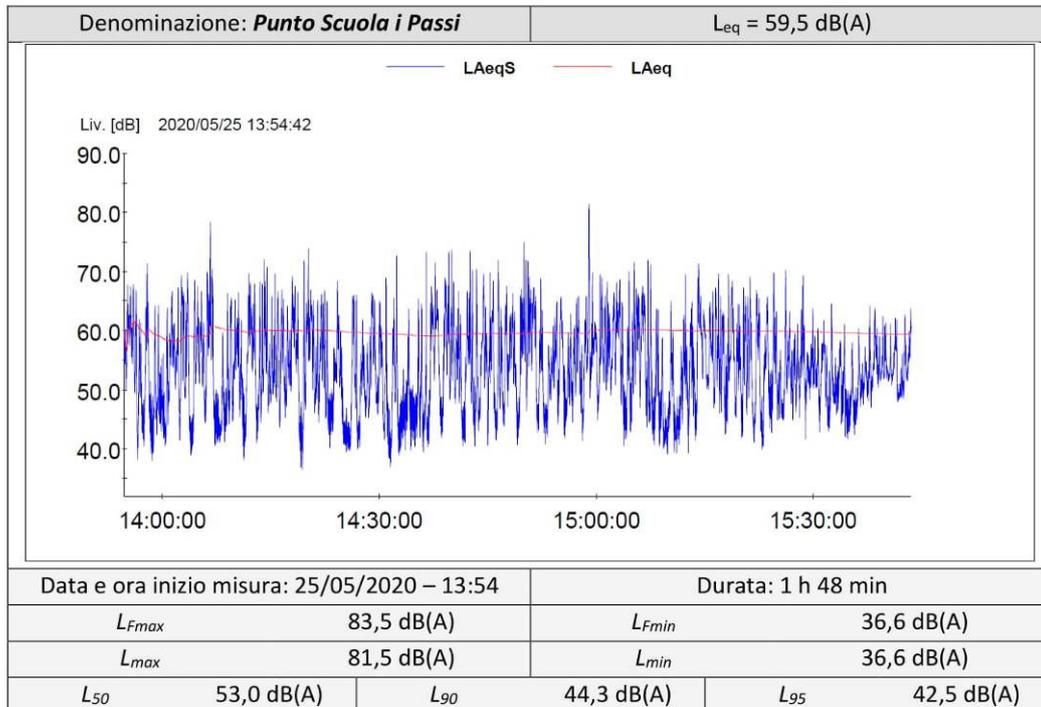


<i>Flussi veicolari rilevati</i>				
<i>Direzione Pisa</i>		<i>Direzione Pontasserchio</i>		<i>Totale</i>
Autovetture	227	Autovetture	242	469
Autocarri leggeri	5	Autocarri leggeri	11	16
Autocarri pesanti	3	Autocarri pesanti	1	4
Autobus	7	Autobus	0	7
Ciclomotori	35	Ciclomotori	37	72
Veicoli speciali	0	Veicoli speciali	1*	1

\*il veicolo speciale passato è un'ambulanza

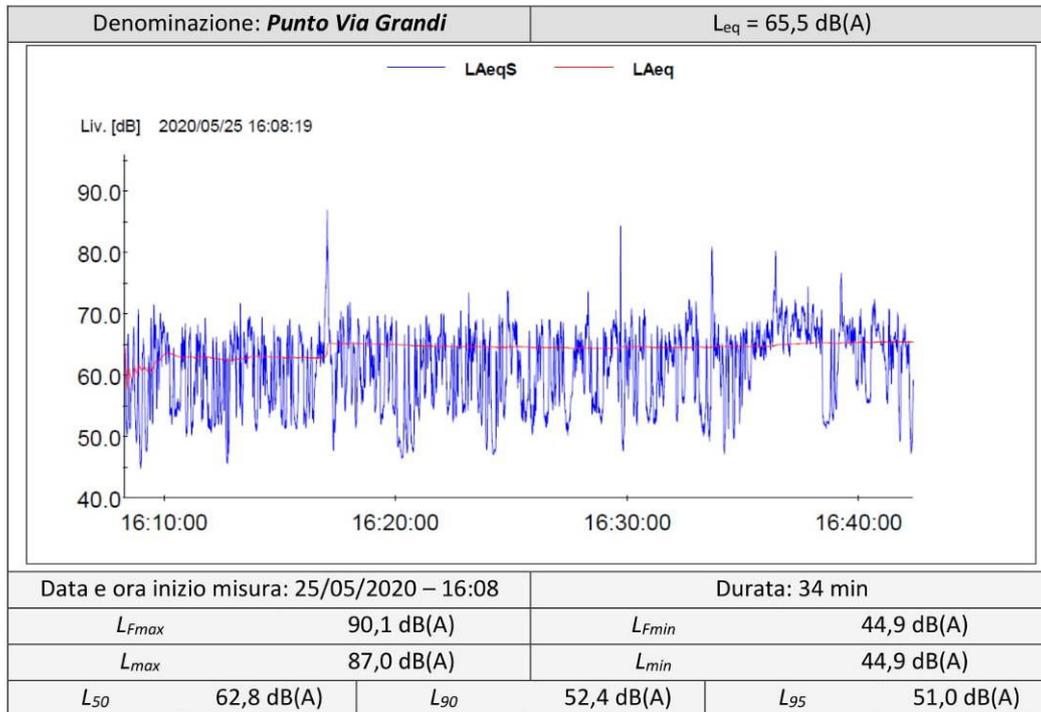
Passaggi treni	0	Passaggi aerei	0
----------------	---	----------------	---

Condizioni meteo: sereno, con vento circa 5 m/s



Flussi veicolari rilevati				
Direzione Pisa		Direzione Pontasserchio		Totale
Autovetture	207	Autovetture	166	373
Autocarri leggeri	9	Autocarri leggeri	5	14
Autocarri pesanti	0	Autocarri pesanti	0	0
Autobus	5	Autobus	5	10
Ciclomotori	54	Ciclomotori	38	92
Veicoli speciali	0	Veicoli speciali	0	0
Passaggi treni	3	Passaggi aerei		0

Condizioni meteo: sereno, con vento < 5 m/s (quasi assente)



Flussi veicolari rilevati				
Direzione Pisa		Direzione Ghezzano		Totale
Autovetture	228	Autovetture	254	482
Autocarri leggeri	4	Autocarri leggeri	6	10
Autocarri pesanti	1	Autocarri pesanti	1	2
Autobus	0	Autobus	0	0
Ciclomotori	15	Ciclomotori	23	38
Veicoli speciali	0	Veicoli speciali	2	2

Passaggi treni	0	Passaggi aerei	0
----------------	---	----------------	---

Il picco delle 16:30 nel grafico temporale è dovuto al rintocco della campana della chiesa.  
Alcuni tratti della misura sono stati disturbati dalla presenza di un tagliaerba.  
Condizioni meteo: sereno, con vento circa 5 m/s

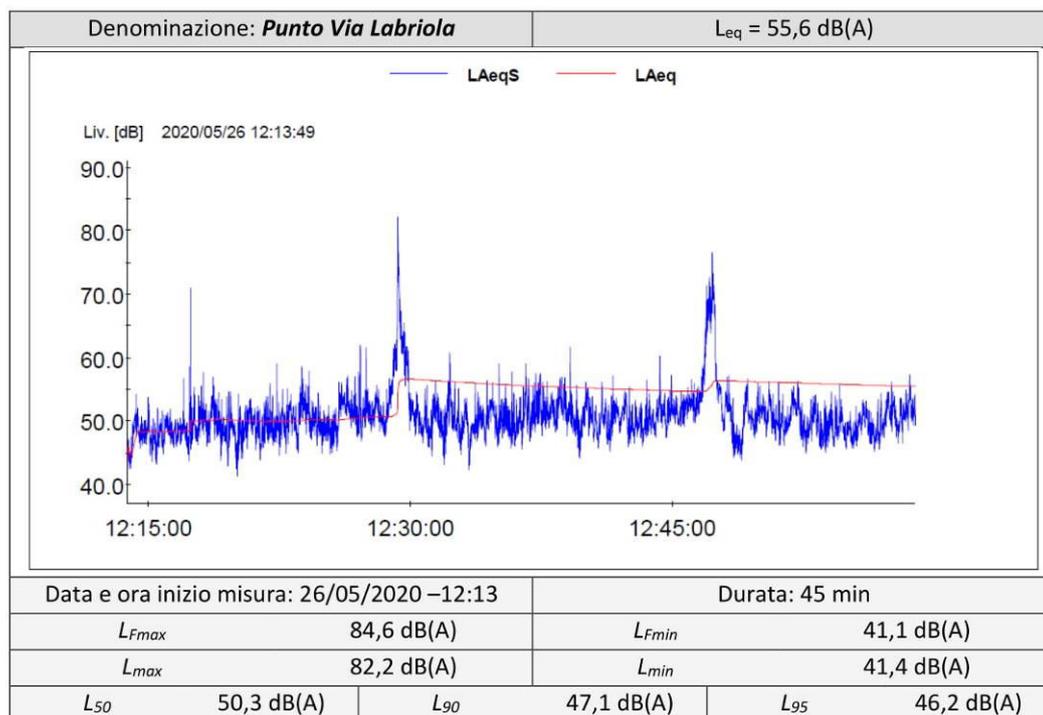
<p><b>Punto nodo 3</b></p> <p>Google</p>	<p><b>Punto nodo 4</b></p> <p>Google</p>
<p><b>Punto scuola i Passi</b></p> <p>Google</p>	<p><b>Punto Via Grandi</b></p> <p>Google</p>

## RISULTATI OTTENUTI DAI RILIEVI DEI FLUSSI VEICOLARI

### Terza campagna di misura del 26/05/2020

Punti di misura indagati il giorno 26/05/2020, periodo diurno.

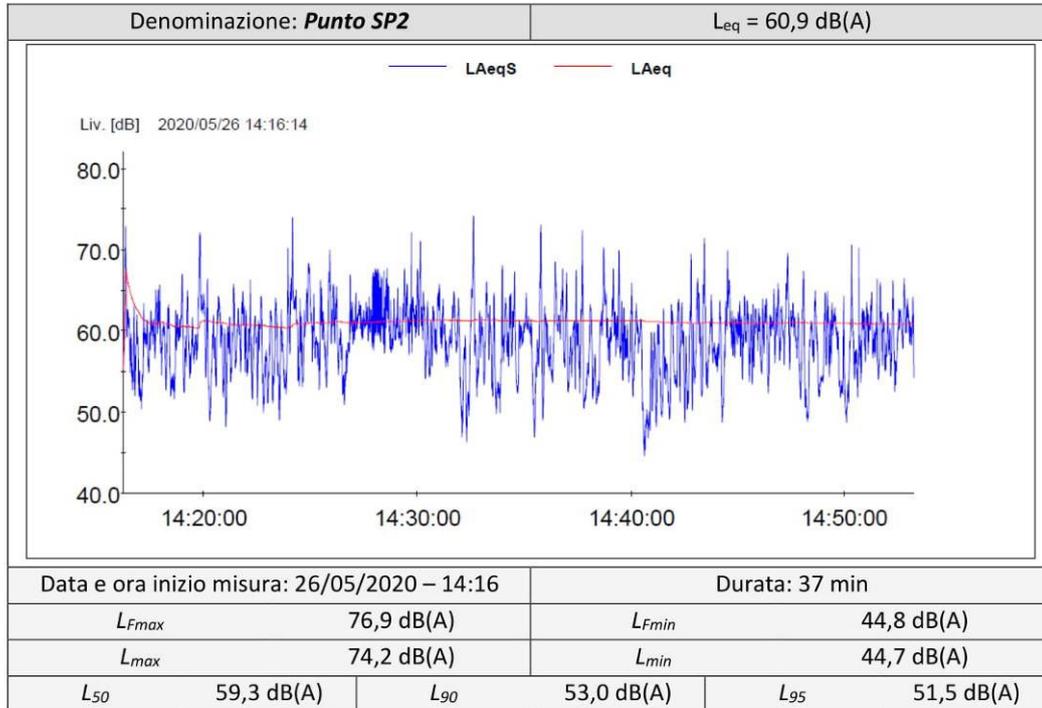
I punti sono denominati come accordato; la loro localizzazione esatta è rappresentata nelle fotografie aeree allegate in cui è indicata anche (approssimativamente) la distanza dalla viabilità.



Nessuna visibilità sulla viabilità: misurazione di clima acustico

Condizioni meteo: sereno, con vento circa 5 m/s

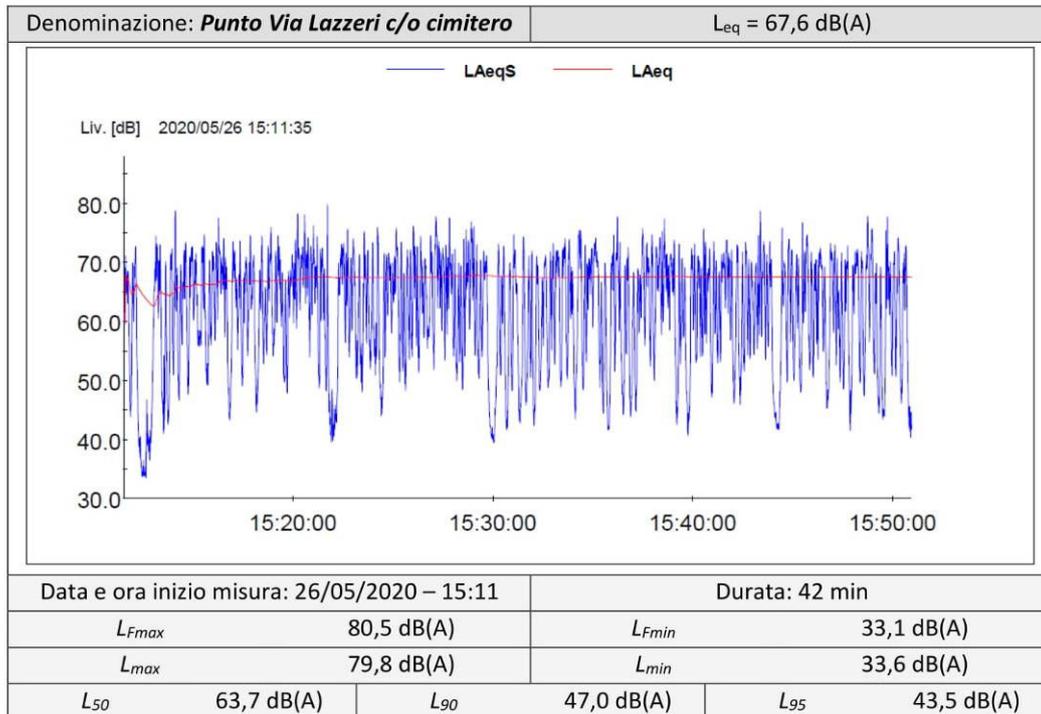
I due picchi corrispondono a due ambulanze di passaggio lungo Via Cisanello



<i>Flussi veicolari rilevati</i>				
<i>Direzione Ghezzano</i>		<i>Direzione San Giuliano</i>		<i>Totale</i>
Autovetture	254	Autovetture	228	482
Autocarri leggeri	12	Autocarri leggeri	9	21
Autocarri pesanti	0	Autocarri pesanti	0	0
Autobus	1	Autobus	1	2
Ciclomotori	36	Ciclomotori	24	60
Veicoli speciali	0	Veicoli speciali	1	1
Passaggi treni	0	Passaggi aerei		0

Condizioni meteo: sereno, con vento circa 5 m/s

Per qualche minuto è stato presente un veicolo fermo, con motore acceso, vicino al punto di misura



Flussi veicolari rilevati				
Direzione Pisa		Direzione Ghezzano/San Giuliano		Totale
Autovetture	218	Autovetture	251	469
Autocarri leggeri	17	Autocarri leggeri	5	22
Autocarri pesanti	2	Autocarri pesanti	1	3
Autobus	0	Autobus	0	0
Ciclomotori	11	Ciclomotori	22	33
Veicoli speciali	0	Veicoli speciali	0	0

Passaggi treni	0	Passaggi aerei	0
----------------	---	----------------	---

Condizioni meteo: parzialmente nuvoloso, con vento circa 5 m/s  
Postazione di misura sopraelevata rispetto alla viabilità





**PRO  
ITER**  
Progetto  
Infrastrutture  
Territorio s.r.l.

**SMART  
ENGINEERING**



**CREALINK** Srl  
INGEGNERIA & CONSULENZA



**Nuova viabilità nord di Pisa  
Progetto Definitivo  
Lotto 10-12**

**Delta OHM**

Member of GHM GROUP

**Delta OHM S.r.l. a socio unico**

Via Marconi, 5  
35030 Caselle di Selvazzano (PD)  
Tel. 0039-0498977150  
Fax 0039-049635596  
e-mail: info@deltaohm.com  
Web Site: www.deltaohm.com

Laboratorio Misure di Elettroacustica

Centro di Taratura LAT N° 124  
Calibration Centre

Laboratorio Accreditato  
di Taratura



LAT N° 124

Pagina 1 di 8  
Page 1 of 8

**CERTIFICATO DI TARATURA LAT 124 19000940**  
*Certificate of Calibration*

- data di emissione  
*date of issue* 2019-03-21

- cliente  
*customer* Test S.r.l. - Strada Battifoglia, 14/N -  
06132 S. Andrea delle Fratte (PG)

- destinatario  
*receiver* Irene Menichini - Via Valdera, 136 -  
56038 Ponsacco (PI)

- richiesta  
*application* 529\_REV2

- in data  
*date* 2019-03-19

Si riferisce a  
Referring to

- oggetto  
*item* Fonometro

- costruttore  
*manufacturer* Delta Ohm S.r.l.

- modello  
*model* HD2110L

- matricola  
*serial number* 12121433025

- data delle misure  
*date of measurements* 2019/3/20

- registro di laboratorio  
*laboratory reference* 39200

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accREDITAMENTO LAT N° 124 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI). Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

*This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 124 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI). This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.*

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

*The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.*

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura  $k$  corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore  $k$  vale 2.

*The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor  $k$  corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor  $k$  is 2.*

Il Responsabile del Centro  
Head of the Centre  
Pierantonio Benvenuti



**PRO  
ITER**  
Progetto  
Infrastrutture  
Territorio s.r.l.

**SMART  
ENGINEERING**  
s.r.l.



**CREALINK** Srl  
INGEGNERIA & CONSULENZA



**ARCHFO**  
SISTEMI

Nuova viabilità nord di Pisa  
Progetto Definitivo  
Lotto 10-12



**Delta OHM S.r.l. a socio unico**  
Member of GHM GROUP  
Via Marconi, 5  
35030 Caselle di Selvazzano (PD)  
Tel. 0039-0498977150  
Fax 0039-049635596  
e-mail: info@deltaohm.com  
Web Site: www.deltaohm.com

Centro di Taratura LAT N° 124  
Calibration Centre

Laboratorio Accreditato  
di Taratura



LAT N° 124

**Laboratorio Misure di Elettroacustica**  
**Electroacoustic Measurement Laboratory**

Pagina 1 di 5  
Page 1 of 5

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 124 19000941  
Certificate of Calibration

- data di emissione <i>date of issue</i>	2019-03-21
- cliente <i>customer</i>	Test S.r.l. - Strada Battifoglia, 14/N - 06132 S. Andrea delle Fratte (PG)
- destinatario <i>receiver</i>	Irene Menichini - Via Valdera, 136 - 56038 Ponsacco (PI)
- richiesta <i>application</i>	529_REV2
- in data <i>date</i>	2019-03-19
<b>Si riferisce a</b> <i>Referring to</i>	
- oggetto <i>item</i>	Calibratore
- costruttore <i>manufacturer</i>	Delta Ohm S.r.l.
- modello <i>model</i>	HD2020
- matricola <i>serial number</i>	12029657
- data delle misure <i>date of measurements</i>	2019/3/20
- registro di laboratorio <i>laboratory reference</i>	39199

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento LAT N° 124 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI). Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

*This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 124 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI). This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.*

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

*The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.*

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura  $k$  corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore  $k$  vale 2.

*The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor  $k$  corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor  $k$  is 2.*

Il Responsabile del Centro  
Head of the Centre  
Pierantonio Benvenuti

## ALLEGATO 3

Tabella dei livelli previsti ai recettori di facciata entro l'area limitrofa al tracciato del lotto 10-12 della futura tangenziale di Pisa e lungo Via di Cisanello e la S.P. 2/Via Puccini per la configurazione ante operam e post operam

NB: in rosso i superamenti dei limiti di legge come di seguito specificato

- Ante operam      Strada E, classe IV: 65/55 dB(A) (diurno/notturno)  
                            Strada E, classe III: 60/50 dB(A) (diurno/notturno)
- Post operam      Strada C1: 65/55 (diurno/notturno) entro 250 m  
                            Strada E, classe IV: 65/55 dB(A) (diurno/notturno)  
                            Strada E, classe III: 60/50 dB(A) (diurno/notturno)

Ricevitore	Piano	Direzione	ante operam		post operam	
			LrD dB(A)	LrN dB(A)	LrD dB(A)	LrN dB(A)
1 NE	piano terra	NE	66,5	58,7	66,9	59,3
1 NE	piano 1	NE	67,0	59,2	67,8	60,6
1 NO	piano terra	NW	61,1	53,3	61,5	55,1
1 NO	piano 1	NW	62,6	54,7	65,5	59,7
1 SO	piano terra	SW	44,8	37,0	50,5	44,8
1 SO	piano 1	SW	48,5	40,7	58,0	52,6
2 NE-N	piano terra	E	53,4	45,6	57,1	51,4
2 NE-N	piano 1	E	58,3	50,5	62,7	57,0
2 NE-N	piano 2	E	59,3	51,5	64,2	58,6
2 NE-S	piano terra	E	51,8	44,0	57,4	51,9
2 NE-S	piano 1	E	56,6	48,8	62,7	57,3
2 NE-S	piano 2	E	57,9	50,1	64,3	58,8
2 NO	piano terra	N	51,3	43,5	51,9	45,6
2 NO	piano 1	N	58,3	50,5	58,5	52,1
2 NO	piano 2	N	59,5	51,7	60,2	54,0
2 SE	piano terra	S	43,8	36,0	54,9	49,6
2 SE	piano 1	S	47,8	40,0	60,4	55,1
2 SE	piano 2	S	50,1	42,3	62,1	56,8
2 bis NE-N	piano terra	NE	58,4	50,7	56,3	48,5
2 bis NE-N	piano 1	NE	62,0	54,3	60,1	52,5
2 bis NE-S	piano terra	NE	58,8	51,1	56,7	49,0
2 bis NE-S	piano 1	NE	62,6	54,9	60,8	53,3
2 bis NO	piano terra	NW	57,7	49,9	55,3	47,3
2 bis NO	piano 1	NW	60,6	52,8	58,2	50,2
2 bis SE	piano terra	SE	50,4	42,6	49,8	43,0
2 bis SE	piano 1	SE	56,8	49,0	56,4	49,6
2 ter SO	piano terra	SW	59,4	51,6	57,2	49,3
2 ter SO	piano 1	SW	62,2	54,4	60,1	52,3
2 quater SO	piano terra	SW	65,1	57,3	62,7	54,7
2 quater SO	piano 1	SW	66,4	58,6	64,0	56,1
2 quinqués SO	piano terra	SW	65,3	57,5	62,9	54,9
2 quinqués SO	piano 1	SW	66,8	59,0	64,4	56,4
3 SE	piano terra	SE	47,3	39,4	53,9	48,3
4 NO	piano terra	NW	64,5	56,6	64,3	56,9
5 NO	piano terra	NW	62,7	54,8	63,4	56,4
6 NO	piano terra	NW	62,4	54,6	63,8	57,1
7 NO	piano terra	NW	63,1	55,3	64,1	57,3
7 SO	piano terra	SW	61,2	53,4	62,8	56,2
8 NE	piano terra	NE	60,9	53,1	62,0	55,2

8 NO	piano terra	NW	62,2	54,3	64,1	57,6
8 SO	piano terra	SW	54,6	46,8	58,8	52,9
9 NO	piano terra	NW	58,9	51,1	60,6	54,0
10 NO	piano terra	NW	50,7	42,9	54,3	48,2
11 NE	piano terra	NE	46,1	38,2	61,4	56,1
11 NE	piano 1	NE	53,2	45,4	64,5	59,1
11 NE	piano 2	NE	55,6	47,7	66,4	61,0
11 NO	piano terra	NW	39,8	32,0	51,8	46,4
11 NO	piano 1	NW	42,7	34,9	57,6	52,3
11 NO	piano 2	NW	38,8	31,0	50,8	45,4
11 SE	piano terra	SE	49,2	41,4	67,0	61,7
11 SE	piano 1	SE	54,9	47,1	69,5	64,2
11 SE	piano 2	SE	57,0	49,2	69,9	64,5
11 SUD SO	piano terra	SW	44,5	36,7	62,5	57,2
11 SUD SO	piano 1	SW	49,3	41,4	65,7	60,4
11 SUD SO	piano 2	SW	51,7	43,9	66,0	60,7
12 SE	piano terra	SE	43,7	35,9	57,8	52,5
12 SE	piano 1	SE	47,9	40,1	62,8	57,5
12 SO	piano terra	SW	43,0	35,2	56,0	50,7
12 SO	piano 1	SW	46,8	39,0	61,3	56,0
13 NE	piano terra	N	61,9	54,1	63,6	56,9
13 NE	piano 1	N	63,1	55,3	65,9	59,7
13 NO	piano terra	W	46,1	38,3	64,4	59,1
13 NO	piano 1	W	50,8	43,0	67,2	62,0
14 SE	piano terra	SE	45,8	38,0	59,7	53,4
14 SE	piano 1	SE	50,0	42,2	63,6	57,6
14 SO	piano terra	SW	38,7	30,9	54,3	47,0
14 SO	piano 1	SW	42,3	34,4	58,1	51,3
15 NE	piano terra	NE	41,5	33,6	57,4	51,1
15 NE	piano 1	NE	48,5	40,6	61,9	56,0
15 SE	piano terra	SE	42,8	34,9	59,7	52,7
15 SE	piano 1	SE	48,2	40,3	63,1	56,6
15 SO	piano terra	SW	37,6	29,8	53,4	46,0
15 SO	piano 1	SW	40,2	32,4	58,4	50,9
16 NO	piano terra	W	56,9	49,0	60,5	55,1
16 NO	piano 1	W	65,2	57,3	64,0	58,2
16 NORD NO	piano terra	W	55,9	48,1	59,2	53,4
16 SO	piano terra	S	53,8	46,0	58,3	52,9
16 SO	piano 1	S	60,5	52,6	61,0	55,6
17 NO-N	piano terra	NW	59,3	51,4	61,0	55,6
17 NO-N	piano 1	NW	67,0	59,2	64,4	58,9
17 NORD NE	piano terra	N	53,1	45,2	56,6	51,1

17 NO-S	piano terra	W	59,8	52,0	61,5	56,2
17 NO-S	piano 1	W	67,4	59,5	64,6	59,3
18 NO	piano terra	W	59,9	52,1	61,8	56,5
18 NO	piano 1	W	67,3	59,4	64,9	59,6
19 N	piano terra	N	53,6	45,8	58,7	53,4
19 N	piano 1	N	62,2	54,3	61,5	56,2
19 NO	piano terra	W	61,4	53,5	64,2	58,9
19 NO	piano 1	W	66,8	59,0	66,3	61,0
20 NO	piano terra	W	62,5	54,6	64,9	59,6
20 SO	piano terra	S	56,3	48,5	61,0	55,7
21 NE	piano terra	NE	50,0	42,1	60,4	55,2
21 NE	piano 1	NE	56,3	48,5	64,9	59,7
21 SE	piano terra	SE	52,3	44,4	61,4	56,2
21 SE	piano 1	SE	57,9	50,1	65,4	60,1
22 SE	piano terra	SE	51,8	44,0	60,3	55,1
22 SE	piano 1	SE	57,4	49,6	64,6	59,4
22 SO	piano terra	SW	43,2	35,4	50,9	45,2
22 SO	piano 1	SW	49,6	41,7	56,4	50,7
23 NE	piano terra	NE	48,2	40,3	58,1	52,8
23 NE	piano 1	NE	55,0	47,1	63,7	58,4
23 NE	piano 2	NE	57,0	49,1	64,8	59,5
24 NE	piano terra	NE	47,7	39,8	56,6	51,2
24 NE	piano 1	NE	54,4	46,5	63,0	57,7
24 NO	piano terra	NW	38,0	30,1	52,2	45,8
24 NO	piano 1	NW	43,9	36,1	57,9	51,5
25 NE	piano terra	NE	54,6	46,8	59,9	54,6
25 SE	piano terra	SE	59,6	51,7	65,0	59,8
25 SO	piano terra	SW	53,7	45,9	58,9	53,6
26 NE	piano terra	NE	49,1	41,3	54,5	49,3
26 SO	piano terra	SW	52,3	44,4	57,4	52,2
27 NE	piano terra	NE	43,7	35,8	48,6	43,3
27 NE	piano 1	NE	52,8	45,0	57,7	52,4
27 SO	piano terra	SW	48,4	40,6	53,6	48,3
27 SO	piano 1	SW	54,1	46,2	59,2	54,0
28 SE	piano terra	SE	49,1	41,3	54,6	49,4
28 SE	piano 1	SE	57,2	49,4	62,2	57,0
28 SO	piano terra	SW	48,7	40,9	54,0	48,8
28 SO	piano 1	SW	54,7	46,9	59,9	54,7

## ALLEGATO 4

Tabella dei livelli previsti ai recettori di facciata entro l'area limitrofa al tracciato del lotto 10-12 della futura tangenziale di Pisa e lungo Via di Cisanello e la S.P. 2/Via Puccini utilizzati per la fase di ottimizzazione delle barriere per la configurazione ante e post mitigazioni

NB: in rosso i superamenti dei limiti di legge ex D.P.R. 142/2004 riferiti ad infrastrutture di nuova realizzazione di tipologia C1 (65/55 dB(A) per la fascia di pertinenza di 250 m, periodi diurno/notturno) o esistenti/riqualificate di tipologia E (conforme a zonizzazione, classe IV, 65/55 dB(A) per la fascia di pertinenza di 30 m, periodo diurno/notturno), tranne:

- (\*) recettore non utilizzato nel calcolo

Ricevitore	Piano	Direzione	ante mitigazioni		post mitigazioni	
			LrD dB(A)	LrN dB(A)	LrD dB(A)	LrN dB(A)
1 NE (*)	piano terra	NE	66,9	59,3	66,3	58,5
1 NE (*)	piano 1	NE	67,8	60,6	66,9	59,4
1 NO	piano terra	NW	61,5	55,1	51,8	46,3
1 NO	piano 1	NW	65,5	59,7	60,3	55,0
1 SO	piano terra	SW	50,5	44,8	50,3	44,5
1 SO	piano 1	SW	58,0	52,6	57,6	52,2
2 NE-N	piano terra	E	57,1	51,4	54,2	48,3
2 NE-N	piano 1	E	62,7	57,0	59,0	52,9
2 NE-N	piano 2	E	64,2	58,6	60,9	55,0
2 NE-S	piano terra	E	57,4	51,9	54,1	48,4
2 NE-S	piano 1	E	62,7	57,3	58,5	52,8
2 NE-S	piano 2	E	64,3	58,8	60,6	55,0
2 NO	piano terra	N	51,9	45,6	50,9	44,3
2 NO	piano 1	N	58,5	52,1	57,2	50,4
2 NO	piano 2	N	60,2	54,0	58,9	52,3
2 SE	piano terra	S	54,9	49,6	51,7	46,3
2 SE	piano 1	S	60,4	55,1	56,8	51,5
2 SE	piano 2	S	62,1	56,8	59,1	53,8
2 bis NE-N	piano terra	NE	56,3	48,5	56,1	48,4
2 bis NE-N	piano 1	NE	60,1	52,5	59,8	52,1
2 bis NE-S	piano terra	NE	56,7	49,0	56,6	48,9
2 bis NE-S	piano 1	NE	60,8	53,3	60,5	53,0
2 bis NO	piano terra	NW	55,3	47,3	55,1	47,2
2 bis NO	piano 1	NW	58,2	50,2	58,0	50,0
2 bis SE	piano terra	SE	49,8	43,0	49,6	42,8
2 bis SE	piano 1	SE	56,4	49,6	55,9	49,0
2 ter SO	piano terra	SW	57,2	49,3	57,0	49,2
2 ter SO	piano 1	SW	60,1	52,3	59,9	52,0
2 quater SO	piano terra	SW	62,7	54,7	62,6	54,6
2 quater SO	piano 1	SW	64,0	56,1	63,8	55,9
2 quinqués SO	piano terra	SW	62,9	54,9	62,9	54,9
2 quinqués SO	piano 1	SW	64,4	56,4	64,4	56,4
3 SE	piano terra	SE	53,9	48,3	53,9	48,2
4 NO	piano terra	NW	64,3	56,9	64,3	56,9
5 NO	piano terra	NW	63,4	56,4	63,3	56,3
6 NO	piano terra	NW	63,8	57,1	63,7	57,0
7 NO	piano terra	NW	64,1	57,3	63,9	57,0
7 SO	piano terra	SW	62,8	56,2	62,5	55,8
8 NE	piano terra	NE	62,0	55,2	61,7	54,8

8 NO	piano terra	NW	64,1	57,6	63,8	57,2
8 SO	piano terra	SW	58,8	52,9	58,4	52,4
9 NO	piano terra	NW	60,6	54,0	60,1	53,5
10 NO	piano terra	NW	54,3	48,2	53,4	47,3
11 NE	piano terra	NE	61,4	56,1	55,0	49,5
11 NE (*)	piano 1	NE	64,5	59,1	61,7	56,1
11 NE (*)	piano 2	NE	66,4	61,0	65,5	60,0
11 NO	piano terra	NW	51,8	46,4	48,7	43,4
11 NO	piano 1	NW	57,6	52,3	53,9	48,6
11 NO	piano 2	NW	50,8	45,4	50,4	45,1
11 SE	piano terra	SE	67,0	61,7	60,4	55,1
11 SE (*)	piano 1	SE	69,5	64,2	65,8	60,4
11 SE (*)	piano 2	SE	69,9	64,5	68,4	63,0
11 SUD SO	piano terra	SW	62,5	57,2	58,0	52,8
11 SUD SO (*)	piano 1	SW	65,7	60,4	62,4	57,1
11 SUD SO (*)	piano 2	SW	66,0	60,7	64,6	59,2
12 SE	piano terra	SE	57,8	52,5	55,6	50,3
12 SE	piano 1	SE	62,8	57,5	60,4	55,0
12 SO	piano terra	SW	56,0	50,7	55,0	49,6
12 SO	piano 1	SW	61,3	56,0	59,5	54,2
13 NE	piano terra	N	63,6	56,9	61,8	54,2
13 NE	piano 1	N	65,9	59,7	63,4	56,2
13 NO	piano terra	W	64,4	59,1	55,4	50,0
13 NO	piano 1	W	67,2	62,0	60,5	55,1
14 SE	piano terra	SE	59,7	53,4	55,0	49,3
14 SE	piano 1	SE	63,6	57,6	60,4	54,7
14 SO	piano terra	SW	54,3	47,0	48,6	42,4
14 SO	piano 1	SW	58,1	51,3	54,3	48,1
15 NE	piano terra	NE	57,4	51,1	52,2	46,7
15 NE	piano 1	NE	61,9	56,0	58,2	52,7
15 SE	piano terra	SE	59,7	52,7	54,3	47,9
15 SE	piano 1	SE	63,1	56,6	60,3	54,1
15 SO	piano terra	SW	53,4	46,0	50,5	43,4
15 SO	piano 1	SW	58,4	50,9	56,8	49,5
16 NO	piano terra	W	60,5	55,1	55,6	49,8
16 NO	piano 1	W	64,0	58,2	60,7	54,4
16 NORD NO	piano terra	W	59,2	53,4	57,8	51,7
16 SO	piano terra	S	58,3	52,9	51,2	45,7
16 SO	piano 1	S	61,0	55,6	54,5	48,9
17 NO-N	piano terra	NW	61,0	55,6	55,1	49,5
17 NO-N	piano 1	NW	64,4	58,9	59,1	53,1
17 NORD NE	piano terra	N	56,6	51,1	52,6	47,0

17 NO-S	piano terra	W	61,5	56,2	54,9	49,5
17 NO-S	piano 1	W	64,6	59,3	58,8	53,1
18 NO	piano terra	W	61,8	56,5	54,9	49,5
18 NO	piano 1	W	64,9	59,6	58,7	53,1
19 N	piano terra	N	58,7	53,4	52,0	46,7
19 N	piano 1	N	61,5	56,2	55,4	49,9
19 NO	piano terra	W	64,2	58,9	56,5	51,2
19 NO	piano 1	W	66,3	61,0	60,3	55,0
20 NO	piano terra	W	64,9	59,6	58,3	53,1
20 SO	piano terra	S	61,0	55,7	56,5	51,2
21 NE	piano terra	NE	60,4	55,2	53,9	48,6
21 NE	piano 1	NE	64,9	59,7	58,5	53,1
21 SE	piano terra	SE	61,4	56,2	56,0	50,7
21 SE	piano 1	SE	65,4	60,1	59,9	54,7
22 SE	piano terra	SE	60,3	55,1	55,9	50,7
22 SE	piano 1	SE	64,6	59,4	60,0	54,8
22 SO	piano terra	SW	50,9	45,2	50,8	45,1
22 SO	piano 1	SW	56,4	50,7	56,4	50,7
23 NE	piano terra	NE	58,1	52,8	53,3	47,9
23 NE	piano 1	NE	63,7	58,4	58,2	52,8
23 NE	piano 2	NE	64,8	59,5	60,4	54,9
24 NE	piano terra	NE	56,6	51,2	53,6	48,1
24 NE	piano 1	NE	63,0	57,7	58,5	53,0
24 NO	piano terra	NW	52,2	45,8	52,0	45,7
24 NO	piano 1	NW	57,9	51,5	57,6	51,2
25 NE	piano terra	NE	59,9	54,6	54,1	48,9
25 SE	piano terra	SE	65,0	59,8	60,2	55,0
25 SO	piano terra	SW	58,9	53,6	56,7	51,5
26 NE	piano terra	NE	54,5	49,3	49,8	44,5
26 SO	piano terra	SW	57,4	52,2	55,9	50,7
27 NE	piano terra	NE	48,6	43,3	47,7	42,4
27 NE	piano 1	NE	57,7	52,4	55,7	50,4
27 SO	piano terra	SW	53,6	48,3	52,3	47,1
27 SO	piano 1	SW	59,2	54,0	57,6	52,3
28 SE	piano terra	SE	54,6	49,4	51,6	46,4
28 SE	piano 1	SE	62,2	57,0	60,2	54,9
28 SO	piano terra	SW	54,0	48,8	49,6	44,4
28 SO	piano 1	SW	59,9	54,7	55,2	50,0