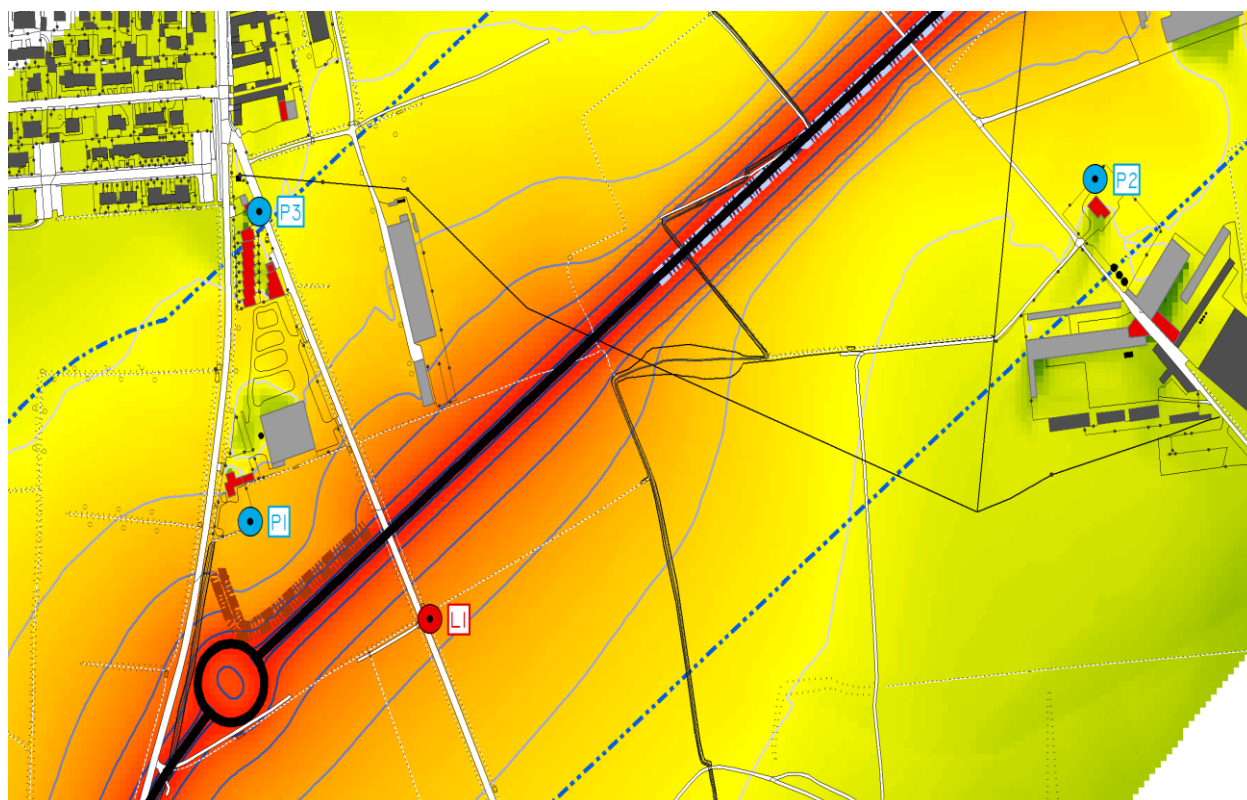


Monitoraggio acustico post operam della nuova circonvallazione di Montodine (CR)



A cura di

- Alessandro Loda
- Laura Cottica
- Mattia Guastaldi
- Stefano Polenghi

Ver. 2.0 - Ottobre 2013

PAGINA 1 DI 36

Monitoraggio acustico post operam della nuova circonvallazione di Montodine (CR)

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	3
2	QUADRO LEGISLATIVO DI RIFERIMENTO SUL RUMORE STRADALE.....	4
2.1	Legge n. 447/1995: “Legge quadro sull’inquinamento acustico”.....	4
2.2	DM Ambiente 16/3/1998: “Tecniche di rilevamento e di misurazione dell’inquinamento acustico” .5	
2.2.1	Metodologia di misura del traffico stradale (Allegato C, punto 2).....	5
2.2.2	Presentazione dei risultati (Allegato D).....	5
2.3	DPR 30/03/2004 n. 142: “Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell’inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare”.....	6
2.2.3	Limiti da considerare per la nuova circonvallazione di Montodine.....	8
3	METODI.....	9
3.1	Caratterizzazione della sorgente e suo inserimento territoriale.....	9
3.2	Programma di monitoraggio acustico	10
3.3	L’infrastruttura informativa	13
3.4	Modello di diffusione.....	16
4	RISULTATI MISURE	18
5	RISULTATI MODELLO.....	24
6	CONCLUSIONI.....	27
7	CERTIFICATI DI TARATURA DELLA STRUMENTAZIONE DI MISURA.....	28
8	TAVOLE CARTOGRAFICHE.....	33

1 INTRODUZIONE

L'Amministrazione della Provincia di Cremona ha affidato al Dipartimento di Cremona dell'ARPA Lombardia la realizzazione di un monitoraggio post operam relativo alla costruzione della nuova circonvallazione di Montodine, variante della tratto terminale della CR SP n. 14¹.

L'obiettivo dell'incarico era quello di verificare gli obiettivi di tutela definiti nel decreto con cui la Regione ha escluso la circonvallazione di Montodine dalla procedura di valutazione di impatto ambientale². In particolare, il monitoraggio doveva:

- verificare la compatibilità della nuova situazione acustica prodotta dall'esercizio dell'infrastruttura con i limiti normativi vigenti, anche in funzione della destinazione d'uso dei recettori presenti nel suo intorno;
- verificare la necessità e quindi il dimensionamento di eventuali ulteriori opere di mitigazione in tratti o punti singolari non previsti dal progetto originario.

Si è predisposto pertanto un programma di monitoraggio che contemplava sia misure puntuali di rumore di medio e lungo periodo presso i ricettori più esposti, sia l'applicazione di un modello di diffusione del rumore esteso a tutto il tratto della nuova infrastruttura. In questo modo è stato possibile verificare l'impatto dell'infrastruttura e l'efficacia delle mitigazioni sul territorio circostante.

Il programma è stato articolato e svolto in tre fasi.

Nella prima fase si sono verificate, completate e aggiornate le informazioni territoriali trasmesse dalla Provincia e/o recuperate in proprio. Le informazioni sono state strutturate all'interno di un Sistema Informativo Geografico (GIS), in modo da poter essere utilizzate per individuare i recettori più esposti e per applicare il modello di diffusione acustica. La struttura informativa così realizzata è stata utilizzata anche per la predisposizione della cartografia di restituzione dei risultati.

La seconda fase è stata l'esecuzione della campagna di rilievi strumentali. La campagna è avvenuta nel mese di aprile 2012. Nella campagna sono state eseguite una misura settimanale e tre misure di almeno 48 ore in tre punti posti nell'intorno all'infrastruttura. I punti sono stati opportunamente scelti in modo da verificare l'impatto della circonvallazione sui recettori più esposti e l'efficacia delle opere di mitigazione.

Nella terza fase si è applicato il modello di diffusione sonora. Da un punto di vista prettamente fisico, il calcolo della propagazione è stato eseguito utilizzando il modello francese «NMPB-Routes-96 (SETRACERTU-LCPC-CSTB)». L'uso del modello NMPB-Routes-96 è avvenuto all'interno del pacchetto commerciale "CadnaA" per la simulazione del rumore ambientale, che combina la simulazione della produzione e propagazione del rumore prodotto dalle strade con le informazioni territoriali opportunamente preparate.

I risultati delle misure sono restituiti in forma tabellare e grafica, quelli del modello in forma cartografica. Nei punti di misura, i valori forniti dal modello sono risultati decisamente superiori ai valori misurati. Le ragioni di questa differenza sono da ricercarsi nelle assunzioni cautelative usate nel modello (velocità di transito pari a 90 km/h) e nelle condizioni di traffico presenti, decisamente inferiori a quelle assunte in ipotesi.

Entrambi gli approcci utilizzati hanno verificato la piena compatibilità delle emissioni rumorose della nuova circonvallazione di Montodine con i limiti di legge e con i criteri contenuti nella deliberazione di VIA. I risultati evidenziano la bontà dell'intervento realizzato, in grado di sostenere senza problemi d'inquinamento acustico futuri significativi incrementi di traffico.

¹ Incarico affidato dalla Provincia al Dipartimento ARPA di Cremona con Determinazione Dirigenziale n. 938 del 16 dicembre 2011, prot. n. 143138.

² Decreto Dirigenziale Struttura Valutazione Impatto Ambientale n. 62 del 5 gennaio 2006 - Direzione generale Territorio ed Urbanistica della Giunta Regione Lombardia.

2 QUADRO LEGISLATIVO DI RIFERIMENTO SUL RUMORE STRADALE

Nella legislazione nazionale, la prevenzione e il controllo del rumore sono delegati alla legge n. 447 del 26 ottobre 1995: “*Legge quadro sull'inquinamento acustico*”, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 254 del 30 ottobre 1995. La legge n. 447/95 contiene le definizioni e fissa i principi fondamentali, gli ambiti d'intervento e le sanzioni, mentre il trattamento dei singoli aspetti e i dettagli tecnici sono rimandati all'emanazione di numerosi provvedimenti legislativi e regolamentari di livello nazionale, regionale e comunale.

Nel seguito i contenuti della legge quadro saranno solo richiamati, riservando un'analisi più approfondita ai provvedimenti collegati direttamente alla disciplina del controllo e della misura del rumore prodotto dalle infrastrutture del trasporto stradale. Pertanto, oltre alla legge quadro n. 447/95, saranno presi in considerazione:

- Decreto del Ministero dell'Ambiente (DM) 16 marzo 1998: “*Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico*”, (G.U. n. 76 del 1/4/1998).
- Decreto del Presidente della Repubblica (DPR) 30 marzo 2004 n. 142: “*Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare*”, (G.U. n. 127 del 1/06/2004).

Negli ultimi anni alla legislazione di origine nazionale sul rumore delle strade, si è affiancato il Decreto Legislativo (DL.vo) n. 194 del 19/08/2005: “*Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione ed alla gestione del rumore ambientale*”, che ha recepito nell'ordinamento italiano la Direttiva 2002/49/CE: “*Determinazione e gestione del rumore ambientale*”. La direttiva nasce dalla necessità di mettere a punto misure ed iniziative specifiche per il contenimento dell'inquinamento acustico, a fronte di un contesto europeo che lamenta l'assenza di dati affidabili e comparabili relativi alle diverse sorgenti di rumore. L'obiettivo della direttiva è quello di far sì che i livelli di inquinamento acustico siano rilevati, ordinati e presentati da tutti gli Stati secondo criteri confrontabili (mappatura acustica).

Nel nostro caso le indicazioni della direttiva sono state prese soprattutto come riferimento per la scelta e l'applicazione del modello di simulazione acustica usato nella valutazione del rumore emesso dalla nuova circoscrizione di Montodine.

2.1 Legge n. 447/1995: “*Legge quadro sull'inquinamento acustico*”

La legge n. 447/95 stabilisce che il controllo dell'inquinamento acustico avvenga attraverso la definizione di opportuni limiti per le diverse sorgenti di rumore. I limiti per le sorgenti fisse hanno natura “territoriale” essendo differenziati da zona a zona sulla base dell'intensità e del tipo di attività umane presenti.

Spetta ai Comuni realizzare la “classificazione acustica”, assegnando le zone acusticamente omogenee del proprio territorio ad una specifica classe acustica. Spetta allo Stato, con lo strumento dei decreti governativi, definire i limiti delle classi, mentre spetta alle Regioni fissare modi e tempi della classificazione con proprie leggi e regolamenti.

Il comma c) dell'art. 2 della legge 447/95 individua le infrastrutture del trasporto stradale quali sorgenti fisse. Pertanto il livello di rumore prodotto da una strada non deve essere valutato considerando il rumore prodotto dal transito dei singoli veicoli, ma il rumore complessivo medio prodotto dal traffico nel suo insieme. Tuttavia, i limiti della classificazione acustica si applicano in modo molto limitato alle infrastrutture del trasporto stradale. L'articolo 11 della legge 447/95 prevede che il rumore di questo tipo di sorgenti debba essere regolamentato con specifici Regolamenti governativi d'esecuzione.

2.2 DM Ambiente 16/3/1998: “Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico”

Il decreto stabilisce le caratteristiche della strumentazione e le tecniche da adottare per la misura dell'inquinamento acustico sia in ambiente abitativo che in ambiente esterno.

Secondo l'articolo 2, la strumentazione di misura deve rispondere ai seguenti standard:

- Sistema di misura: norme EN 60651/1994 ed EN 60804/1994;
- Fonometro: norme EN 60651/1994 ed EN 60804/1994;
- Microfono: norme EN 61260/1995 ed EN 61094-1/1994;
- Calibratore: norma CEI 29-4.

La strumentazione e/o la catena di misura devono essere controllate prima e dopo ogni ciclo di misure con un calibratore di classe 1. I valori delle calibrazioni effettuate prima e dopo ogni ciclo di misura devono differire al massimo di 0.5 dB(A). Gli strumenti della catena 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 dal servizio di taratura nazionale.

L'articolo 3 rimanda per i dettagli più tecnici ai successivi allegati contenuti nel decreto stesso. In particolare: l'Allegato A contiene le principali definizioni, l'Allegato B definisce la tecnica d'esecuzione delle misure, mentre l'Allegato C fissa le modalità di misura del rumore ferroviario e stradale, l'Allegato D stabilisce le modalità di presentazione dei risultati. Ci limiteremo a una descrizione dettagliata del punto 2 dell'Allegato C e ai contenuti dell'Allegato D.

2.2.1 Metodologia di misura del traffico stradale (Allegato C, punto 2)

Secondo il DM 16/03/1998 la misura del rumore stradale deve essere eseguita in condizioni di normale circolazione del traffico. Essendo il traffico stradale un fenomeno con carattere di casualità o pseudocasualità, il monitoraggio del rumore 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 (Leq(A)) per ogni ora su tutto l'arco delle 24 ore. Dai singoli dati di livello continuo orario equivalente così ottenuti, si calcolano:

- per ogni giorno della settimana, i livelli equivalenti diurni e notturni;
- i valori medi settimanali diurni e notturni.

Durante i rilievi, il microfono deve essere posto ad una distanza di almeno un metro dalle facciate degli edifici più esposti. La quota da terra del microfono, dotato di cuffia antivento, deve essere di 4 metri. In assenza di edifici, il microfono deve essere posto in corrispondenza della posizione occupata da persone o comunità. I valori medi settimanali diurni e notturni, devono essere confrontati con i livelli del DPR 30/03/2004 n. 142: “Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare”.

2.2.2 Presentazione dei risultati (Allegato D)

I risultati di tutti i rilievi di rumore devono essere trascritti in un rapporto che contenga almeno i seguenti dati:

- data, ora e luogo del rilevamento, condizioni meteorologiche, velocità e direzione del vento;
- tempo di riferimento, di osservazione e di misura;
- catena di misura completa, precisando la strumentazione impiegata e relativo grado di precisione, allegando relativo certificato di taratura;
- livelli di rumore rilevati, arrotondati a 0.5 dB(A);
- classe di destinazione d'uso alla quale appartiene il luogo di misura;
- conclusioni;
- elenco nominativo degli osservatori che hanno presenziato alla misurazione;
- identificativo e firma leggibile del “tecnico competente” che ha eseguito le misure.

2.3 DPR 30/03/2004 n. 142: *"Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare"*

Il DPR 30/03/2004 n. 142 è il decreto che fissa i limiti di immissione del rumore prodotto dalle infrastrutture del trasporto stradale. I limiti non valgono per tutto il territorio, ma solo per un'area di territorio posta a cavallo delle infrastrutture, detta fascia di pertinenza. La fascia di pertinenza è definita al punto n) dell'Articolo 1 del DPR 142/04 come: *"Striscia di terreno misurata in proiezione orizzontale, per ciascun lato dell'infrastruttura, a partire dal confine stradale, per la quale il presente decreto stabilisce i criteri di immissione del rumore"*.

All'interno delle fasce di pertinenza, l'infrastruttura è soggetta ai soli limiti fissati nel Decreto. In questa superficie il rumore dell'infrastruttura deve essere misurato separatamente dal rumore delle sorgenti d'altra natura eventualmente presenti. I limiti per il rumore delle infrastrutture stradali sono differenziati sulla base del tipo di strada considerato e a seconda che le strade siano di nuova realizzazione oppure già esistenti o assimilabili alle esistenti. Ulteriore articolazione è prevista qualora siano presenti all'interno della fascia di pertinenza scuole, ospedali, case di cura e riposo..., individuati quali recettori più sensibili, che, in quanto tali, necessitano di specifica tutela.

Lo schema dei limiti previsto dal DPR per le infrastrutture esistenti è riportato nella successiva Tabella 1, per le infrastrutture di nuova realizzazione nella Tabella 2.

Per il DPR 142/2004, al rumore delle infrastrutture stradali non si applicano, né dentro né fuori la fascia di pertinenza, il limite d'immissione differenziale e i limiti di qualità ed accettabilità di cui al DPCM 14/11/1997: *"Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"*. All'esterno delle fasce di pertinenza, il rumore immesso dalla strada deve rispettare, sommato al rumore di tutte le altre sorgenti esistenti, i limiti d'immissione assoluti definiti dalla classe acustica localmente assegnata dalla classificazione acustica comunale.

Nel caso si riscontri il superamento dei limiti di cui al presente decreto, per i necessari interventi di mitigazione devono essere individuate e adottate preferibilmente opere di mitigazione sull'emissione della sorgente e solo in seconda battuta lungo la via di propagazione del rumore (barriere). La scelta della soluzione più idonea deve avvenire adottando le migliori tecnologie disponibili e tenendo conto delle implicazioni di carattere tecnico-economico.

Qualora i valori limite di cui sopra non siano tecnicamente conseguibili, ovvero qualora in base a valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale si evidenzino l'opportunità di procedere a interventi diretti sui ricettori, l'intervento deve essere tale da assicurare il rispetto dei limiti di cui alla successiva Tabella 3. Per la verifica, i valori di cui alla precedente Tabella devono essere misurati a centro stanza, a finestre chiuse, all'altezza di 1.5 metri dal pavimento.

Per l'importanza che riveste ai fini dell'individuazione dei punti di misura per la verifica dei limiti e della predisposizione e dimensionamento degli interventi di mitigazione, si riporta la definizione di recettore data alla lettera l) dell'Articolo 1 del DPR n. 142: *"Recettore: qualsiasi edificio adibito ad ambiente abitativo comprese le relative aree esterne di pertinenza o ad attività lavorativa o ricreativa, aree naturalistiche vincolate, parchi pubblici ed aree esterne destinate ad attività ricreative ed allo svolgimento della vita sociale della collettività; aree territoriali edificabili già individuate dai piani regolatori generali e loro varianti generali, vigenti al momento della presentazione dei progetti di massima relativi alla costruzione delle infrastrutture [...]"*.

Si ricorda infine che ai sensi del DM Ambiente 16/3/1998, la verifica del rispetto dei limiti di cui al DPR n. 142 deve avvenire con misure dalla durata di almeno 7 giorni consecutivi.

TIPO di STRADA	Sottotipo	Ampiezza fascia di pertinenza acustica	Scuole ¹⁾ , ospedali, case di cura e di riposo		Altri ricettori	
			Periodo diurno	Periodo notturno	Periodo diurno	Periodo notturno
A – autostrada		250 m	50 dB(A)	40 dB(A)	65 dB(A)	55 dB(A)
B – extraurbana principale		250 m	50 dB(A)	40 dB(A)	65 dB(A)	55 dB(A)
C - extraurbana secondaria	C1	250 m	50 dB(A)	40 dB(A)	65 dB(A)	55 dB(A)
	C2	150 m	50 dB(A)	40 dB(A)	65 dB(A)	55 dB(A)
D - urbana di scorrimento		100 m	50 dB(A)	40 dB(A)	65 dB(A)	55 dB(A)
E – urbana di quartiere		30 m	Limiti definiti dai comuni in modo conforme alle classi della classificazione acustica.			
F – locale		30 m				

¹⁾ Per le scuole vale solo il limite diurno

Tabella 1. Limiti per il rumore emesso dalle infrastrutture stradali di nuova realizzazione.

TIPO di STRADA	Sottotipo	Ampiezza fascia di pertinenza acustica	Scuole ¹⁾ , ospedali, case di cura e di riposo		Altri ricettori	
			Periodo diurno	Periodo notturno	Periodo diurno	Periodo notturno
A - autostrada		100 m (fascia A)	50 dB(A)	40 dB(A)	70 dB(A)	60 dB(A)
		150 m (fascia B)			65 dB(A)	55 dB(A)
B – extraurbana principale		100 m (fascia A)	50 dB(A)	40 dB(A)	70 dB(A)	60 dB(A)
		150 m (fascia B)			65 dB(A)	55 dB(A)
C – extraurbana secondaria	Ca	100 m (fascia A)	50 dB(A)	40 dB(A)	70 dB(A)	60 dB(A)
		150 m (fascia B)			65 dB(A)	55 dB(A)
	Cb	100 m (fascia A)	50 dB(A)	40 dB(A)	70 dB(A)	60 dB(A)
		50 m (fascia B)			65 dB(A)	55 dB(A)
D - urbana di scorrimento	Da	100 m	50 dB(A)	40 dB(A)	70 dB(A)	60 dB(A)
	Db	100m	50 dB(A)	40 dB(A)	65 dB(A)	55 dB(A)
E – urbana di quartiere		30 m	Limiti definiti dai comuni in modo conforme alle classi della classificazione acustica.			
F – locale		30 m				

¹⁾ Per le scuole vale solo il limite diurno

Tabella 2. Limiti per il rumore emesso dalle infrastrutture stradali esistenti o assimilabili ad esistenti; sono considerate assimilabili gli ampliamenti in sede, affiancamenti e varianti limitate.

Recettore	Periodo	Limite periodo
Ospedali, case di cura e case di riposo	notturno	35 dB(A)
Altri recettori di carattere abitativo	notturno	40 dB(A)
Scuole	diurno	45 dB(A)

Tabella 3. Limiti di livello equivalente (misurato sulla durata di riferimento del periodo) che devono essere garantiti negli ambienti dagli interventi di risanamento effettuati sui ricettori.

2.2.3 Limiti da considerare per la nuova circonvallazione di Montodine

Sulla base delle definizioni di cui all'Articolo 1 del DPR n. 142, la circonvallazione di Montodine deve essere considerata "infrastruttura stradale di nuova realizzazione", soggetta ai limiti indicati nella precedente Tabella 1.

La Provincia ha dichiarato che le caratteristiche costruttive dell'opera sono tali da farla rientrare nella tipologia "Strada extraurbana di Tipo C1". A questa tipologia di strade la Tabella 1 assegna un'unica fascia di pertinenza acustica, larga 250 metri, all'interno della quale si applicano per i recettori sensibili (scuole, ospedali, case di riposo...) il limite diurno di 50 dB(A) e il limite notturno di 40 dB(A), mentre per tutti gli altri recettori i limiti sono 65 dB(A) nel periodo diurno e 55 dB(A) in quello notturno.

La nuova circonvallazione attraversa sia il territorio di Montodine che quello di Ripalta Arpina. Entrambi i Comuni hanno approvato la classificazione acustica del proprio territorio. Il mosaico parziale delle due classificazioni è riportato in Figura 1.

La classificazione di Ripalta Arpina non ha ancora recepito la nuova variante della SP n. 14. Per il vecchio tracciato, ora declassificato a strada comunale, era prevista una fascia in classe IV di 50 m per lato; all'esterno di questa fascia il territorio agricolo è classificato in classe III.

Il nuovo tratto di circonvallazione di Ripalta Arina attraversa ancora territorio agricolo in classe III. Pertanto si può concludere che, all'esterno della fascia di pertinenza acustica stradale di 250 metri, il rumore della circonvallazione dovrà rispettare i limiti di immissione assoluta della classe III, pari a 60 dB(A) durante il periodo diurno e a 50 dB(A) nel periodo notturno. All'interno della fascia di pertinenza non sono presenti edifici.

La classificazione di Montodine ha invece già previsto l'inserimento della nuova strada. Anche in questo la classificazione prevede una fascia di 50 m in classe IV in aderenza all'infrastruttura e l'attribuzione della classe III a tutto il restante territorio, sia agricolo che residenziale, compreso nei 250 metri della fascia di pertinenza e nell'immediato esterno. Pertanto, fuori dalla fascia di pertinenza, il rumore emesso dalla circonvallazione dovrà rispettare i limiti della classe III.

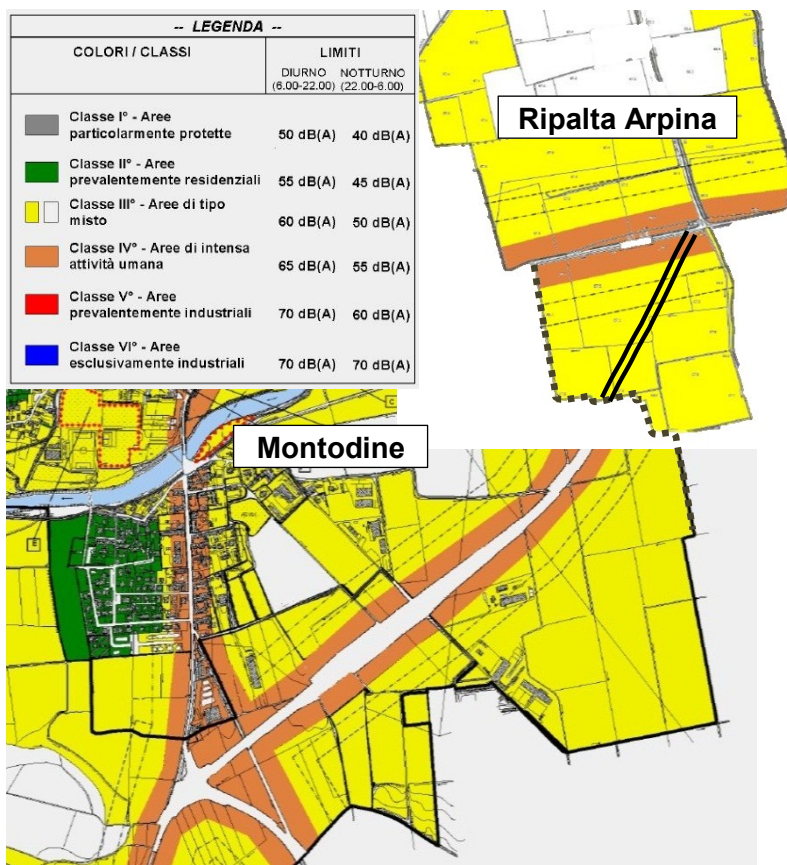


Figura 1. Mosaico delle classificazioni acustiche comunali di Montodine e Ripalta Arpina, con indicazione del tracciato della nuova circonvallazione.

3 METODI

La valutazione delle emissioni post operam della nuova circonvallazione di Montodine è stata svolta combinando due approcci: nei punti potenzialmente più esposti sono state realizzate misure fonometriche dirette, mentre l'impatto complessivo della strada sul territorio è stato valutato utilizzando un modello matematico di simulazione di produzione e diffusione del rumore stradale.

Per quanto riguarda le misure strumentali, queste sono state condotte sulla base dei riferimenti di legge attualmente in vigore: il DPR 30/03/2004 n. 142 per quanto riguarda i limiti di riferimento, e il DM Ambiente 16/3/1998 per quanto riguarda la tecniche di misura e le modalità di costruzione degli indicatori acustici.

Per la verifica dell'impatto territoriale dell'infrastruttura, sono state seguite le indicazioni procedurali e tecniche del D.lgs. n. 194/2005: "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione ed alla gestione del rumore ambientale" e delle relative linee guida.

3.1 Caratterizzazione della sorgente e suo inserimento territoriale

La nuova circonvallazione di Montodine è una variante della parte terminale della CR SP n. 14 e della CR SP ex SS n. 591. La circonvallazione aggira la parte di centro abitato collocato in sponda sinistra del fiume Serio, spostando il punto d'intersezione con la CR SP ex SS n. 591 più a sud (Figura 2). Poiché l'innesto con la CR SP ex SS n. 591 avviene in prossimità della sua intersezione con la CR SP n. 13, l'intersezione delle tre strade è stata risolta con una nuova rotatoria a raso.



Figura 2. Inserimento territoriale della nuova circonvallazione di Montodine (in rosso). In giallo i tratti di CR SP n. 14 (tratteggio grosso) e di CR SP n.13 (tratteggio fine) declassificati e trasferiti alla gestione comunale e/o alla viabilità podereale.

La nuova strada inizia al livello del piano fondamentale della Pianura Padana, ad una quota di circa 69 m s.l.m. e termina all'interno della valle del Serio alla quota di 59 metri s.l.m. La differenza di circa 10 metri tra le due quote, causata dalla presenza di una ripida scarpata morfologica di origine fluviale, è superata con un tratto in trincea. La lunghezza complessiva della circonvallazione è di circa 1,95 km.

La Provincia ha fornito il tracciato della nuova opera e le sue sezioni progressive quotate in formato DXF (software Autocad). Utilizzando le funzioni di conversione e di editing del software ArcGis, il tracciato e le opere di mitigazione sono state georeferenziate sulla base cartografica del DataBase topografico del Comune di Montodine e salvate in formato shapefile, come successivamente dettagliato. Nel file sono state inserite anche le quote assolute ricavate dalle sezioni dei manufatti e del terreno circostante. In questo modo è stato possibile ricostruire il profilo altimetrico del tracciato e inserirlo correttamente rispetto all'orografia del territorio.

Quale area d'indagine è stata individuata una porzione di territorio posta a cavallo del tracciato dell'opera ampia 1000 metri (fascia di indagine). La profondità della fascia è stata scelta cautelativamente pari a 500 metri su ogni lato della strada, il doppio della profondità della fascia di pertinenza acustica (ampiezza 250 m) prevista dal DPR n. 142/2004 per le nuove infrastrutture stradali.

Con l'impiego di ArcGis e delle basi cartografiche disponibili, è stata eseguita la ricognizione dell'uso del suolo, degli edifici, delle residenze e degli eventuali recettori sensibili presenti all'interno dell'area d'indagine. La ricognizione cartografica ha permesso di verificare come il tracciato stradale si sviluppi in gran parte attraverso aree agricole, lontano da aree produttive e residenziali. All'interno o in prossimità della fascia di pertinenza acustica, infatti, non sono presenti aree di intensa urbanizzazione o recettori sensibili. Sono presenti solo alcuni edifici residenziali isolati, per i quali lo stesso progetto dell'opera aveva già previsto specifiche opere di mitigazione acustica e presso i quali sono stati individuati i punti del monitoraggio strumentale.

Partendo da ovest, dalla rotonda d'innesto dell'opera con la CR SP n. 13 e la CR SP ex SS n. 591, il primo edificio residenziale vicino all'infrastruttura, e anche quello più vicino in assoluto, si trova a nord, in via Garibaldi n. 37, a una distanza di circa 85 m dal ciglio stradale. Tale immobile risente anche del rumore generato dal traffico della SP CR ex SS n. 591 che passa a lato. L'edificio è stato protetto acusticamente realizzando una duna in terra lunga circa 200 metri e alta 3.

Proseguendo lungo la circonvallazione verso est si trovano, all'altezza del ponte di via Roma, dei fabbricati rurali e delle abitazioni sia a sud che a nord del tracciato. L'abitazione più vicina è quella presso la Cascina Saragozza, posta a circa 190 m (in pianta) dal ciglio stradale. In questa zona la strada corre in trincea, più bassa del piano di campagna, per cui la diffusione del rumore è ostacolata dalla conformazione del terreno stesso.

Da un punto di vista dell'esposizione complessiva dell'abitato di Montodine, l'area urbanizzata più vicina è quella degli edifici residenziali di via Garibaldi, posti a cavallo del limite della fascia di pertinenza di 250 metri. Questi edifici sono stati avvantaggiati dalla costruzione della circonvallazione, in quanto ora questo tratto di via Garibaldi è una strada chiusa, con solo traffico locale, corrispondente al tratto di CR SP n. 13 declassificato.

L'insieme e la coerenza delle informazioni cartografiche sono state infine constatate con un sopralluogo in data 12 marzo 2012, nel quale si è verificata la correttezza dei punti di misura, la loro accessibilità e sono stati presi i contatti con i proprietari per la posa degli strumenti.

3.2 Programma di monitoraggio acustico

Sulla base delle caratteristiche fisiche e territoriali della nuova infrastruttura si è proceduto a definire il programma di monitoraggio acustico, atto a misurare il rumore emesso dall'infrastruttura nel territorio circostante e a verificare in modo esaustivo gli obiettivi di monitoraggio fissati dal Decreto Dirigenziale della Struttura Valutazione Impatto Ambientale di Regione Lombardia n. 62 del 5 gennaio 2006.

Il programma ha individuato 4 punti in cui eseguire le misure, nei quali sono state adottate 2 tecniche differenti di rilievo: misure settimanali e misure di medio periodo.

Misure settimanali

Le misure settimanali sono misure in continuo non presidiate di almeno 7 giorni consecutivi in postazione fissa. I rilievi sono realizzati posizionando strumentazione dotata di alimentazione autonoma e memoria sufficiente a coprire il periodo di misura. I rilievi settimanali forniscono l'andamento del livello del rumore in un punto nelle 24 ore, permettendo quindi di calcolare il livello equivalente notturno e diurno. Oltre a indicare le differenze di livello tra giorno e notte, questi rilievi permettono di conoscere la differenza tra giorni feriali e festivi e di evidenziare l'effetto di attività periodiche settimanali (es. mercati, manifestazioni sportive...).

Proprio a fronte di queste possibili e probabili diversità, il DM Ambiente del 16/3/1998 prescrive che il livello del rumore emesso dalle infrastrutture stradali, da confrontare con i limiti di cui al DPR 142/2004, sia un valore medio, ottenuto da almeno 7 giorni consecutivi di misura.

Per questo genere di misure ARPA dispone di un laboratorio mobile che permette di posizionare liberamente il punto di misura ed è allestito in modo da garantire alimentazione alla strumentazione per tutto il periodo di misura. Il laboratorio mobile di ARPA è allestito in un furgone Iveco Daily, attrezzato e coibentato per le misure in esterno e la protezione della strumentazione di misura da atti vandalici. Il laboratorio è dotato di un palo estensibile per l'alloggiamento della microfonia per esterni e delle eventuali sonde meteo, che permette di posizionare agevolmente la capsula microfonica all'altezza di 4 metri dal suolo.

All'interno del mezzo è collocata la strumentazione per il rilievo e la registrazione del rumore ed il sistema di alimentazione autonomo, ricaricabile anche con pannelli solari. Con questa configurazione il laboratorio è in grado di funzionare in continuo per più settimane, anche in assenza di alimentazione elettrica diretta da rete. In conseguenza dell'elevata autonomia energetica il laboratorio gode di un'elevata libertà di ubicazione che permette di ottimizzarne la posizione sul territorio.

La catena di misura installata nel laboratorio è composta da un analizzatore statistico Larson Davis 870 collegato a un preamplificatore per esterni Larson Davis 2100 e a un microfono Larson Davis 2541. Prima e dopo ogni sessione di rilievi, la bontà della catena di misura è controllata sul posto con un calibratore (Larson Davis CA250). Le calibrazioni hanno sempre fornito scostamenti dal valore nominale compresi entro 0.5 dB(A).

Con cadenza biennale le catene di misura e il calibratore in dotazione sono tarati regolarmente presso un laboratorio accreditato SIT. Si riporta in allegato l'ultimo certificato di taratura della strumentazione utilizzata.

Misure di medio periodo

Le misure di medio periodo sono misure continue di durata superiore alle 24 ore eseguite con un fonometro dotato di analizzatore di spettro in tempo reale a terzi di ottava. Queste misure restituiscono l'andamento del rumore almeno nelle 24 ore di una giornata o anche oltre. Questa tecnica è stata utilizzata per verificare l'efficacia delle opere di mitigazione acustica realizzate e l'eventuale necessità di ulteriori interventi in tratti o punti particolari come quelli dovuti alla presenza di edifici residenziali.

Per le misure di medio periodo sono stati utilizzati due fonometri Bruel&Kjaer, mod. 2260, dotati di microfono Bruel&Kjaer, mod 4189. Prima e dopo ogni sessione di rilievi, la bontà della catena di misura è stata controllata sul posto con un calibratore (Larson Davis CA250). Le calibrazioni hanno sempre fornito scostamenti dal valore nominale compresi entro 0.5 dB(A).

Con cadenza biennale le catene di misura e il calibratore in dotazione sono tarati regolarmente presso un laboratorio accreditato SIT. Si riporta in allegato l'ultimo certificato di taratura della strumentazione utilizzata.

Se le misure di medio periodo sono eseguite in parallelo a quelle settimanali e non ci sono altre sorgenti significative, oltre a quella indagata, ad influenzare il rumore nei punti di misura, le misure settimanali possono essere utilizzate per estendere l'andamento dei valori giornalieri delle misure di breve periodo anche agli altri giorni della settimana.



Figura 3. Operazione di calibrazione della catena fonometrica dell'analizzatore statistico Larson & Davis 870 montato sul laboratorio mobile di ARPA Lombardia.

Infatti, la differenza tra i livelli misurati allo stesso istante nei diversi punti è data solo dal loro differente grado di esposizione alla medesima sorgente; grado di esposizione a sua volta riconducibile unicamente a fattori fisici fissi quali distanza, presenza di ostacoli, riflessioni... In queste condizioni, lo scarto medio tra i valori di $Leq(A)$ misurati nello stesso periodo tra due punti è una costante e la misura del livello in uno dei due punti permette di calcolare, con una certa confidenza, il livello presente nell'altro.

Tipo e luogo dei punti di misura

In considerazione della natura della sorgente, dello stato dei luoghi e dell'elenco dei recettori presenti, il programma di monitoraggio ha quindi previsto di eseguire:

- N. 1 misura settimanale (L1) a sud dell'abitato di Montodine, in prossimità dell'innesto della nuova circonvallazione sulle CR SP ex SS n. 591 e CR SP n. 13. Il punto è stato scelto a sud della circonvallazione, lungo il tratto dismesso della CR SP n. 13, in modo da rilevare solo il rumore proveniente dalla nuova strada. A causa della simmetria di propagazione del rumore intorno all'asse stradale, i valori misurati in questo punto possono essere attribuiti a ogni punto posto alla stessa distanza dall'asse stradale, anche se posto sul lato opposto. In questo modo è possibile valutare l'effetto del terrapieno sull'edificio più esposto di via Garibaldi n. 37, dove è stata prevista la postazione di un fonometro (P1).
- N. 3 misure di medio periodo in concomitanza con il posizionamento del laboratorio in 3 punti nell'intorno dell'infrastruttura. Eseguendo rilievi di medio periodo in punti diversi e confrontando i livelli misurati con i livelli registrati simultaneamente dal laboratorio mobile, è possibile ricostruire, in termini statistici, la differenza media (delta) tra i livelli presenti nelle diverse posizioni di misura.

I primi due punti per la misura di medio periodo P1 e P2, sono stati localizzati presso i recettori protetti dalle opere di mitigazione, in modo da verificarne l'efficacia. In entrambi i casi si tratta di edifici isolati, collocati relativamente vicino alla sorgente stradale.

Il Punto P3 è stato individuato in prossimità dell'inizio dell'area urbanizzata di Montodine, in modo da verificare l'impatto della nuova infrastruttura sull'abitato.

Punto	Localizzazione	Distanza strada	Tipo misura	Obiettivo
L1	Tratto dismesso CR SP n. 13	75 m	Settimana	Verifica limite emissioni a norma di legge
P1	Giardino dell'abitazione del Sig. Bianchi Gian Maria - Villa Stella, Via Garibaldi n.37	85 m	Medio periodo	Verifica presso l'edificio più esposto, efficacia opere di mitigazione (terrapieno).
P2	Pertinenza esterna dell'abitazione del Sig. Filippini Massimo - Cascina Saragozza n. 1	190 m	Medio periodo	Verifica edificio più esposto, efficacia opere di mitigazione (trincea).
P3	Pertinenza esterna dell'abitazione del Sig. Bianchi Zefiro, Via Garibaldi, n. 31	260 m	Medio periodo	Verifica impatto sull'abitato di Montodine

Tabella 4. Elenco dei punti di misura utilizzati per la verifica del rumore della nuova tangenziale di Montodine.

Parametri di misura

Tutte le misure sono state eseguite in esterno, posizionando il microfono a 4 metri d'altezza e ad almeno un metro da edifici o altre superfici riflettenti verticali.

Durante il monitoraggio, i tre strumenti sono stati impostati in moda da sincronizzare gli orologi interni e memorizzare lo stesso descrittore acustico: il livello equivalente ponderato A, Leq(A), su intervalli di 20 minuti. Per ogni intervallo sono stati registrati anche il livello istantaneo minimo e massimo (L_{max} e L_{min}) e 4 livelli percentile: L(5), L(10), L(90) e L(95).

Nelle misure di medio periodo si è anche proceduto alla misura dello spettro al fine di poter valutare la presenza di componenti impulsive, componenti tonali e componenti tonali di bassa frequenza (secondo le modalità previste dal richiamato DM 16/03/1998) e la necessità di applicare i fattori correttivi previsti per legge al livello ambientale misurato.

Le tecniche di misure appena descritte hanno permesso solo una descrizione puntuale dei livelli di rumore presenti nell'intorno dell'infrastruttura nel tempo. Al fine di conoscere l'effetto del rumore su tutta l'area attraversata dall'infrastruttura è stato necessario usare modelli di diffusione del rumore.

3.3 L'infrastruttura informativa

L'applicazione di un modello di diffusione del rumore a scala media, come nel caso della nuova tangenziale di Montodine, richiede di raccogliere ed organizzare in un formato adeguato differenti tipi d'informazione. Oltre ai dati sulla sorgente di rumore, bisogna definire le condizioni fisiche, presenti in un intorno ragionevole dell'asse stradale, che determinano e modulano la propagazione del rumore: andamento plano-altimetrico dell'opera e del territorio circostante, dati climatici, copertura del suolo, natura e caratteristiche acustiche degli ostacoli presenti: edifici, vegetazione, schermi, terrapieni... Queste informazioni devono essere raccolte e ordinate per tutta la lunghezza della strada oggetto di modellizzazione; è quindi necessario dotarsi di strumenti per l'organizzazione razionale e la manipolazione efficiente di tutte le informazioni necessarie al progetto.

La necessità di combinare informazioni diverse localizzate sul territorio trova nei Sistemi Informativi Territoriali (SIT), detti anche GIS dall'acronimo di Geographics Information Systems, uno strumento tecnico di lavoro insostituibile. I GIS sono programmi informatici che permettono di associare ai dati archiviati elettronicamente informazioni relative alla loro collocazione spaziale sulla superficie terrestre (georeferenziazione). Le elaborazioni sui dati possono quindi estendersi ai loro attributi spaziali e i risultati essere rappresentati in formato cartografico.

Per la realizzazione e/o predisposizione delle coperture informative necessarie al modello, si è utilizzato il software d'elaborazione cartografica ArcGis, versione 9.2, prodotto dalla ditta ESRI di Redlands, California (USA). ArcGis 9.2 è un pacchetto personale per l'ambiente Windows, autosufficiente e completo per la creazione, la gestione, la visualizzazione e l'analisi di dati geografici. ArcGis consente l'archiviazione e l'esportazione delle informazioni geografiche in diversi formati. Si è utilizzato il formato "shapefile", un formato definito da ESRI stessa, ma molto diffuso tanto da essere diventato di fatto uno standard di mercato, tale da garantire la piena interoperabilità e lo scambio dei dati con il pacchetto software CadnaA utilizzato per l'applicazione del modello d'emissione del rumore.

La predisposizione delle informazioni necessarie è partita dalla cartografia di base più recente. Negli ultimi anni la Regione Lombardia ha avviato la costruzione di una nuova base cartografica digitale, direttamente in formato vettoriale, denominata Database Topografico (DbT).

In aderenza al principio cardine della direttiva europea "INSPIRE"³, in cui si afferma che il "dato deve essere gestito dove nasce", la Regione ha definito le specifiche tecniche e organizzative per la realizzazione del DbT, lasciando liberi gli Enti Locali di provvedere alla realizzazione del sistema secondo scelte tecnologiche e organizzative autonome, operando in un'ottica d'interoperabilità e di libertà di mercato.

Nella Provincia di Cremona, la realizzazione del Database Topografico ha visto la costituzione di due Soggetti, entrambi con la partecipazione dell'Amministrazione Provinciale. Il consorzio SCRP ha aggregato i Comuni del cremasco, mentre la società CASTEL S.p.A, quelli del cremonese e del casalasco. L'unico Comune che non ha aderito ad alcun consorzio è stato quello di Cremona, che per dimensioni e competenze ha preferito adeguare il proprio sistema informativo territoriale alle specifiche del DbT topografico per conto proprio.

Il sistema dei DbT provinciali è tuttora in fase di costruzione, per cui sono presenti ancora alcuni problemi, legati all'aggiornamento e alla correttezza dei dati raccolti.

Il Database Topografico è una base di dati informatizzata e georiferita contenente i dati geografici di base per la conoscenza del territorio, realizzata secondo criteri omogenei e facilmente aggiornabile. Il contenuto informativo del DbT corrisponde, in linea di principio, a quello delle Carte Tecniche Topografiche, in quanto rappresenta il nucleo di riferimento per molti dei dati e delle informazioni dei Sistemi Informativi di livello locale. I contenuti comprendono gli oggetti appartenenti alle seguenti aree tematiche: aree destinate alla circolazione e al trasporto, immobili e antropizzazioni, idrografia, vegetazione, altimetria e morfologia del terreno. La rappresentazione del territorio è arricchita con il riporto di dati "amministrativi" quali: ambiti territoriali di diversa natura (confini amministrativi, aree protette, parchi...), toponomastica e numerazione civica...

Le caratteristiche del nuovo sistema cartografico che più ci interessano sono:

- Adozione del sistema di riferimento WGS84, differente dal precedente sistema nazionale Gauss-Boaga, ma più adatto a interfacciarsi con i sistemi di posizionamento satellitare (GPS).
- Scala di riferimento 1:5000 fuori dai centri abitati e 1:2000 all'interno degli stessi.
- Rappresentazione vettoriale degli elementi cartografici, separati in strati informativi tematici.
- Rappresentazione tridimensionale: nel DbT i vertici degli elementi sono indicati non solo dalle coordinate x, y del piano cartografico, ma anche dalla loro quota z rispetto al livello del mare. In particolare per gli spigoli degli edifici è data sia la quota del punto d'intersezione con suolo, sia la quota della gronda. Con queste informazioni è possibile ricostruire tridimensionale l'andamento altimetrico della superficie del suolo e la volumetria degli oggetti
- Presenza di informazioni extra cartografiche, quali, a esempio, la destinazione d'uso degli edifici.

³ Direttiva europea 2007/2/CE per la realizzazione di un'infrastruttura europea dell'informazione territoriale

Il DbT del Comune di Montodine è stato predisposto dal consorzio SCRIP ed è stato messo a disposizione di ARPA dall'Amministrazione provinciale.

Per la corretta applicazione del modello è necessario conoscere la copertura del suolo in un intorno significativo dell'infrastruttura. Il tipo di copertura determina infatti i coefficienti di riflessione e/o assorbimento acustico del terreno. Questa informazione è stata desunta dalla carta d'uso del suolo predisposta da Regione Lombardia, denominata DUSAF (Destinazione d'Uso dei Suoli Agricoli e Forestali), che utilizza la legenda del progetto europeo "CORINE Land Cover".

La carta, disponibile in formato digitale vettoriale shapefile in scala 1:10 000, è periodicamente aggiornata sulla base di fotointerpretazione di immagini aeree. Si è utilizzato l'ultimo aggiornamento disponibile (DUSAF 3.0), prodotto sulla base delle ortofoto aeree a colori e all'infrarosso realizzate nell'ambito del volo IT2007 (realizzate da Blom CGR).

Ostacoli e propagazione

Gli ostacoli sono tutti gli oggetti del territorio che interferiscono e limitano la propagazione del suono. Gli ostacoli considerati nella mappatura sono stati gli edifici, il terreno, le barriere e i terrapieni. Questi ultimi sono stati appositamente realizzati dalla Provincia nell'intorno dell'infrastruttura stradale per schermare la propagazione del rumore prodotto dall'esercizio dell'infrastruttura.

Le informazioni relative agli edifici e all'andamento altimetrico del suolo sono state estratte dal Database Topografico. Nel DbT ogni edificio è composto da una o più unità volumetriche definite dalle coordinate tridimensionali (x,y e altezza sul livello del mare z) dei suoi vertici, ottenuti dall'intersezione del suo perimetro col suolo (piede) e dalla quota di gronda. Queste informazioni permettono di simulare in modo molto preciso l'effetto dell'ingombro degli edifici sulla propagazione del rumore.

Per ogni edificio il DbT restituisce inoltre gli attributi relativi alla destinazione d'uso (residenziale, produttivo, commerciale, servizio...). Queste informazioni possono essere utilizzate per il calcolo della popolazione esposta, in quanto permettono di sapere in modo ufficiale e preciso quali sono gli edifici a uso residenziale.

Dal DbT sono state tratte le quote assolute del suolo rispetto al livello del mare, utilizzate per ottenere la ricostruzione digitale dell'andamento del piano campagna nell'intorno dell'infrastruttura (modello digitale del terreno - DTM). In prossimità dell'infrastruttura queste informazioni sono state integrate con i dati desunti dalle sezioni quotate di progetto fornite dalla Provincia. In questo modo è stato possibile simulare in dettaglio l'andamento del rilevato stradale e delle pareti della trincea inserita per superare in modo graduale il dislivello del terrazzo morfologico attraversato dalla circonvallazione. Anche le informazioni relative al terrapieno realizzato quale opera di mitigazione sono state estratte dagli elaborati di progetto forniti dalla Provincia.

Queste informazioni sono state riportate all'interno di uno shapefile, in modo da essere trasferibili e utilizzabili all'interno di ArcGis e di CadnaA.

Per l'applicazione del modello di diffusione sonora si è fatto riferimento alle indicazioni delle Linee guida emanate dall'Unione Europea⁴ per la mappatura acustica strategica. In accordo con esse, in particolare, è stata svolta l'attribuzione dei parametri e dei coefficienti richiesti dal software CadnaA. Si riportano in Tabella 5 i coefficienti di assorbimento e/o riflessione delle onde sonore in funzione della copertura del suolo, attribuiti in accordo alle linee guida richiamate.

⁴ European Commission Working Group - Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN): "Good practice guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure (GPG)"; Vr. 2, 13 August 2007.

CLASSI CODIFICA CORINE	DEFINIZIONE LIVELLO CORINE	COEFF. ATT. (G)
1.0	Superfici artificiali	0
1.1.1	Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	0,5
2.0	Aree Agricole	1
3.0	Territori boscati ed ambienti semi naturali	1
3.3	Zone aperte con vegetazione rada o assente	0
4.0	Zone umide	1
5.0	Corpi idrici	0

Tabella 5. Attribuzione dei coefficienti di attenuazione superficiale alle diverse classi di uso del suolo previsti dalla legenda CORINE, utilizzata nella cartografia DUSAF di Regione Lombardia.

3.4 Modello di diffusione

La stima della propagazione acustica del rumore prodotto dalla nuova circonvallazione di Montodine è avvenuta sulla base di un modello matematico di diffusione certificato. In attesa della definizione di un modello unificato europeo per la stima del rumore prodotto dal traffico stradale, si è utilizzato il modello ufficiale francese «NMPB-Routes-96 (SETRACERTU-LCPC-CSTB)», identificato dalla direttiva 2002/49/CE⁵ quale modello obbligatorio per gli Stati che, come l'Italia, non hanno un proprio modello ufficiale.

La modalità di applicazione del modello è stata fatta in conformità alle prescrizioni tecniche nazionali e regionali di applicazione del D.lgs. n. 194/2005: *“Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione ed alla gestione del rumore ambientale”*.

Nel modello NMPB-Routes-96 il territorio attorno alla sorgente è considerato come una griglia regolare di celle quadrate di punti recettori. A loro volta la sorgente stradale è suddivisa in tratti elementari, aventi identiche caratteristiche di emissione. Il valore del livello di rumore presente in una cella della griglia è dato dalla sommatoria del contributo di rumore proveniente da ogni tratto elementare di sorgente. Il contributo è a sua volta ottenuto dalla somma di tutti i possibili percorsi di propagazione che congiungono ogni sorgente elementare al punto recettore considerato.

Tra sorgente e ricevitore possono infatti esistere più percorsi, dovuti alla presenza di ostacoli, tra cui il terreno, sui quali il suono può riflettersi. Gli ostacoli, compreso il terreno, sono visti come oggetti che interrompono la propagazione rettilinea del rumore assorbendo e/o riflettendo l'onda sonora. L'informazione geometrica degli ostacoli, la loro posizione nello spazio, le loro caratteristiche acustiche (coefficienti di riflessione e assorbimento), rappresentano gli elementi invarianti del territorio che definiscono le condizioni al contorno della propagazione del suono nell'intorno della sorgente.

Per quanto riguarda le caratteristiche della sorgente, il modello richiede i dati di traffico del giorno tipo annuo, ottenuti dai valori medi di calcolo calcolati su un periodo di 12 mesi. Il modello NMPB-Routes-96 richiede di conoscere il numero medio annuo di transiti orari e la percentuale media annua di transiti orari dei veicoli pesanti sul totale. La velocità di transito può essere assunta uguale per tutti i tipi di veicolo e per tutti i periodi di riferimento, oppure essere differenziata tra periodi diversi o tra veicoli pesanti e leggeri. Infatti, in molte strade, i limiti di velocità per le due classi di veicoli sono diversi.

Lungo i singoli raggi sonori, la perdita di energia è data da tre elementi: la divergenza geometrica, l'assorbimento sulla superficie degli ostacoli e l'assorbimento da parte dell'aria. L'entità di quest'ultimo fenomeno dipende dalle condizioni meteorologiche. Per tener conto dell'effetto di questi fattori, NMPB-Routes-96 considera come livello sul lungo periodo quello ottenuto combinando per ogni punto recettore i livelli di rumore ottenuti in condizioni di propagazione omogenea e neutra e in condizione di propagazione sfavorevole,

⁵ Direttiva 2002/49/CE: *“Determinazione e gestione del rumore ambientale”*.

quest'ultima definita da condizioni atmosferiche standard di gradiente di temperatura e intensità del vento. Condizioni favorevoli e contrarie sono mutualmente escludenti, per cui la somma della frequenza percentuale di accadimento è uguale a 1.

La frequenza con cui le condizioni di favorevole o sfavorevole si presentano nel corso dell'anno e i diversi valori reciproci che essa può assumere in funzione della direzione di propagazione prescelta dipendono ovviamente dal sito su cui si intende applicare il modello. Il valore corretto dovrebbe infatti essere ottenuto da un'elaborazione delle serie meteorologiche registrate su un arco di tempo almeno trentennale.

Poiché serie meteorologiche di tali caratteristiche non erano disponibili per il Comune di Montodine o per aree limitrofe, sono state seguite le indicazioni della pubblicazione *Good practice guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure*, che suggerisce le seguenti percentuali cautelative di condizioni favorevoli alla propagazione, uguali per tutte le 16 direzioni della rosa dei venti:

Periodo diurno (06:00-22:00)	percentuali di giorni con condizioni favorevoli:	50 %
Periodo notturno (22:00-06:00)	percentuale di giorni con condizioni favorevoli:	100%

Caratterizzazione della sorgente

La strada, intesa come sorgente di rumore, è stata caratterizzata da un punto di vista acustico definendo i parametri di seguito elencati:

- *Fondo stradale.* Il fondo stradale è composto da un normale tappetino in conglomerato bituminoso, privo di buche o altri segni di usura a causa della sua giovinezza.
- *Traffico.* La strada è di recente realizzazione, per cui la Provincia non disponeva di un censimento di traffico specifico. In accordo con le indicazioni dell'Amministrazione provinciale, sono stati utilizzati i dati di traffico del censimento effettuato nell'autunno 2011 dalla Provincia stessa sulla CR SP ex SS n. 498 nel punto di censimento codificato come EXSS49803, sito in Comune di Castelveverde. Dai dati di censimento orario sono stati ricavati i valori per il traffico del giorno medio riportati nella sottostante Tabella 6. I valori sono suddivisi per periodo e classe di veicoli, secondo le specifiche richieste da CadnaA.

Fascia oraria	06-20	20-22	22-06
Numero medio veicoli/ora	772	404	111
Percentuale veicoli pesanti	8%	2%	10%

Tabella 6. Valori di traffico medi utilizzati nel modello per il calcolo del rumore prodotto dall'esercizio della nuova circonvallazione di Montodine.

- *Velocità.* Per tutta la lunghezza della nuova circonvallazione di Montodine è stata assunta una velocità di percorrenza pari a 90 km/h. Si è trattato di una scelta cautelativa, che non tiene evidentemente conto dell'effetto di moderazione causato dalle rotonde presenti all'inizio e alla fine dell'infrastruttura stradale.

4 RISULTATI MISURE

La campagna di misura dei livelli di rumore presenti nell'area interessata dalla nuova infrastruttura è durata poco più di una settimana, dal 19 al 26 marzo 2012. Un rilievo non presidiato della durata di circa 8 giorni è stato eseguito posizionando il laboratorio mobile nel punto L1; nello stesso periodo sono stati eseguiti dei rilievi di medio periodo con due fonometri portatili in tre punti (punti P1, P2 e P3) posti nell'intorno dell'infrastruttura. La durata di ognuno di questi rilievi è stata di circa 48 ore.

Durante il periodo di osservazione non sono stati registrati fenomeni temporaleschi, per cui non sono evidenziabili fenomeni d'incremento anomalo dei livelli di rumore registrati imputabili a scrosci violenti di pioggia, venti impetuosi, tuoni...

Come illustrato in dettaglio nel capitolo precedente, i punti di misura sono stati individuati presso le abitazioni più vicine all'infrastruttura. La posizione e il relativo periodo di misura di ogni punto sono riassunti nella Tabella 7. Come si può osservare dalla tabella, le misure nei punti P2 e P3 sono avvenute in parallelo, utilizzando due fonometri differenti. Nel punto P1 le misure sono invece avvenute nei giorni successivi.

Per ragioni di alimentazione elettrica e prevenzione da atti vandalici, le postazioni di misura (costituite da stativo e fonometro) sono state allestite all'interno delle pertinenze esterne degli edifici selezionati per il monitoraggio, sempre però ad almeno un metro dalla loro facciata.

Punto	Caratteristiche punto di misura	Coord. x	Coord. Y	Periodo osservazione
L1	Tratto dismesso CR SP n. 13	555.973	5.013.828	19/03/2012 - 26/03/2012
P1	Giardino dell'abitazione del Sig. Bianchi Gian Maria - Villa Stella, Via Garibaldi n.37	555.806	5.013.868	21/03/2012 - 23/03/2012
P2	Pertinenza esterna dell'abitazione del Sig. Filippini Massimo - Cascina Saragozza n. 1	556.573	5.014.133	19/03/2012 - 21/03/2012
P3	Pertinenza esterna dell'abitazione del Sig. Bianchi Zefiro, Via Garibaldi, n. 31	555.832	5.014.099	19/03/2012 - 21/03/2012

Tabella 7. Punti di misura per la verifica del rumore della nuova circonvallazione di Montodine (Coordinate in UTM 32 WGS 84).

I risultati dei rilievi sono stati restituiti sia in forma tabellare sia in forma grafica. La descrizione sintetica dei risultati del monitoraggio è riportata in Tabella 8, nella quale sono riportati i valori medi giornalieri per il periodo diurno e notturno dei singoli punti di misura. Le medie giornaliere sono il risultato della somma dei Leq(A) rilevati su intervalli di 20 minuti, integrati tra loro per calcolare i valori orari e quindi quelli giornalieri. I valori medi della giornata di lunedì nel punto L1 sono stati ottenuti combinando le misure della mattinata di lunedì 26/03/2013 (dalle 0:00 alle 9:00) con quelle del pomeriggio di lunedì 19/03/2013 (dalle 10:00 alle 24:00). Per tale motivo, in Tabella 8, i valori di Leq(A) fanno riferimento al periodo 20/03/2013-26/03/2013.

Per i punti con misure di medio periodo, in tabella sono indicati solo i valori medi dei giorni in cui si hanno dati per tutte le 24 ore della giornata. Non sono quindi indicati i valori relativi ai giorni di posizionamento e ritiro della strumentazione, per i quali il rilievo giornaliero è ovviamente solo parziale.

I dati di Leq(A) orario registrati dal laboratorio mobile nel punto L1, utilizzati il calcolo delle medie di periodo giornaliero e dell'intera settimana, sono riportati nella Tabella 9.

Per il calcolo del valore notturno, si sono sommati i livelli misurati dalle 22:00 alle 24:00 di un giorno, con i livelli misurati dalle 00:00 alle 6:00 del giorno successivo. Il valore medio così ottenuto è quindi stato assegnato nominalmente al secondo giorno.

Punto	Periodo	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato	Domenica	Lunedì	Lun-Ven	Lun-Dom
L1	Data misure	20/03/12	21/03/12	22/03/12	23/03/12	24/03/12	25/03/12	26/03/12		
	Diurno	51.8	52.3	50.8	51.5	50.0	50.2	51.7	51.7	51.3
	Notturmo	45.3	44.0	44.5	44.0	44.9	44.6	45.6	44.7	44.7
P1	Diurno	57.8								
	Notturmo	51.6								
P2	Diurno	38.2								
	Notturmo	29.7								
P3	Diurno			45.2						
	Notturmo			38.3						

Tabella 8. Prospetto dei valori di Leq(A) giornalieri e medi, divisi tra i due periodi di riferimento, del monitoraggio svolto nei pressi del tracciato della circonvallazione di Montodine. Valori espressi in dB(A).

Ad esempio, il valore notturno del giorno giovedì 22/03/2012 è stato ottenuto mediando due ore della notte del mercoledì precedente (dalle 22:00 alle 24:00) con le ore della mattinata del giovedì (dalle 00:00 alle 6:00); le ore serali di giovedì invece sono state utilizzate per il calcolo del periodo notturno di venerdì 23/03/2012 e così via. Questa scelta permette di considerare assieme i valori registrati nella stessa nottata, mediando i valori di ore successive aventi condizioni di ambientali e di traffico omogenee.

Il metodo alternativo, che prevede la media delle ore mattutine (00:00 - 06:00) con le ore serali (22:00 - 24:00) dello stesso giorno è acusticamente meno significativo, in quanto combina livelli di rumore riferiti a situazioni tra loro separate da circa 16 ore.

Da un punto di vista strettamente normativo, la scelta del metodo è tuttavia indifferente. La grandezza d'interesse ai fini del controllo del rumore da traffico stradale è il livello settimanale medio, calcolato considerando tutti i giorni della settimana. Quindi devono essere confrontati con i limiti di cui al DPR 30 marzo 2004 n. 142: "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare", solo i valori riportati nella Tabella 8 all'interno delle celle con sfondo giallo.

Poiché i limiti per le strade di nuova realizzazione di Tipo C1 previsti dal DPR n.142/2004 (vedi anche Tabella 1) sono rispettivamente di 65 dB(A) per il periodo diurno e di 55 dB(A) per quello notturno, i suddetti limiti sono ampiamente rispettati in tutti i punti di misura.

Tra tutti i descrittori acustici rilevati, sono stati restituiti in forma grafica i valori di Leq(A) e del livello percentile L95, registrati a intervalli di ampiezza pari a 20 minuti, mentre in forma tabellare sono restituiti solo i valori del livello equivalente della misura settimanale. In quest'ultimo caso, come richiesto dalla normativa, sono riportati nella Tabella 9 solo i dati orari, ottenuti dalla media di tre intervalli consecutivi di 20 minuti.

Si ricorda che il livello equivalente, Leq(A), è il livello "medio" presente durante ogni intervallo, mentre L95 rappresenta il livello superato del rumore nel 95% del tempo dell'intervallo di misura. Quest'ultimo parametro è utile a descrivere il livello di fondo, depurato dal contributo dei rumori di livello elevato, ma di

breve durata. Ad esempio, con riferimento al rumore stradale, in presenza di traffico discontinuo L(95) fornisce un'indicazione del livello di rumore presente tra il passaggio di un veicolo e il successivo.

Nella Figura 4 si riporta il confronto tra l'andamento del Leq(A) rilevato durante il monitoraggio settimanale e quello delle tre misure di breve medio svoltesi in contemporanea. Sempre per lo stesso periodo di misura e per gli stessi punti di misura nella Figura 5 è rappresentato l'andamento di L(95).

L'analisi comparata della tabella e dei due grafici permette alcune osservazioni utili a caratterizzare il clima acustico dell'area.

- Per quanto riguarda la misura settimanale del punto L1, il grafico del Leq(A) ha il tipico andamento del rumore da traffico stradale: si notano, in particolare, la modulazione giorno/notte e, nei giorni feriali, la più lieve modulazione dovuta alla riduzione del traffico in coincidenza dell'intervallo di pranzo. I valori medi di Leq(A) nel periodo diurno dei giorni feriali non superano comunque mai i 55 dB(A), soglia che si presenta di poco sopra il valor medio del periodo. La relativa vicinanza dei valori medi tra loro e rispetto ai valori massimi indica un andamento del traffico decisamente regolare, privo di differenze significative tra giorni lavorativi e giorni feriali. Il rumore delle giornate di sabato e domenica, sebbene in valore assoluto sia molto simile a quello dei giorni feriali, è invece distribuito all'interno del giorno in modo più irregolare, con picchi di rumore casuali molto elevati e periodi di relativa quiete. Si osserva, infine, come la notte tra sabato e domenica risulti essere la più rumorosa della settimana. La causa di questo fatto è da ricercarsi nel generale aumento degli spostamenti privati per incontri e svago del sabato sera, traffico che si protrae fino a notte fonda.
- Come dimostrano i valori complessivi e il grafico del Leq(A), il punto P1, sebbene sia posto circa alla stessa distanza del punto L1 dall'asse stradale della nuova circonvallazione, presenta dei livelli di rumore più elevati. La causa è da ricercarsi nell'interferenza prodotta dal rumore proveniente da un insediamento produttivo (falegnameria) posto nelle vicinanze. Il contributo del rumore proveniente da quest'attività innalza l'andamento del Leq(A) solo durante il periodo diurno, mentre durante il periodo notturno i due andamenti si riavvicinano. Al contrario, i valori di L(95) di P1 e L1 presentano un andamento opposto. Sono simili durante il periodo diurno, mentre si allontanano nel periodo notturno. Questo vuol dire che durante il periodo diurno, in entrambi i punti, tra il passaggio di un veicolo e l'altro si misura lo stesso livello di fondo. Tuttavia, in un caso esso è prodotto dalle code del rumore dei transiti veicolari, mentre nell'altro dagli impianti della falegnameria. Di notte, quando la falegnameria è inattiva, il livello di fondo del punto P1 si abbassa significativamente, evidenziando l'abbattimento acustico della duna posta a protezione dell'abitazione che ospitava il punto di misura.
- Il punto P2 è il più silenzioso. Lontano da qualsiasi altra sorgente di rumore, risente solo del traffico presente sulla nuova circonvallazione. Il rumore prodotto è efficacemente schermato dal tratto in trincea prospiciente il punto di misura.
- Il punto P3 è quello più lontano dalla nuova infrastruttura. Il punto risente del contributo del traffico sulla nuova circonvallazione e della più vicina CR SP ex SS 591 (sebbene parzialmente schermata dalle abitazioni presenti). I livelli di Leq(A) si collocano tra quelli di P1 e P2, comunque sempre poco significativi. I risultati evidenziano, nonostante l'interferenza del rumore proveniente dalla CR SP ex SS 591, lo scarso effetto della nuova circonvallazione sul clima acustico del retrostante abitato di Montodine.

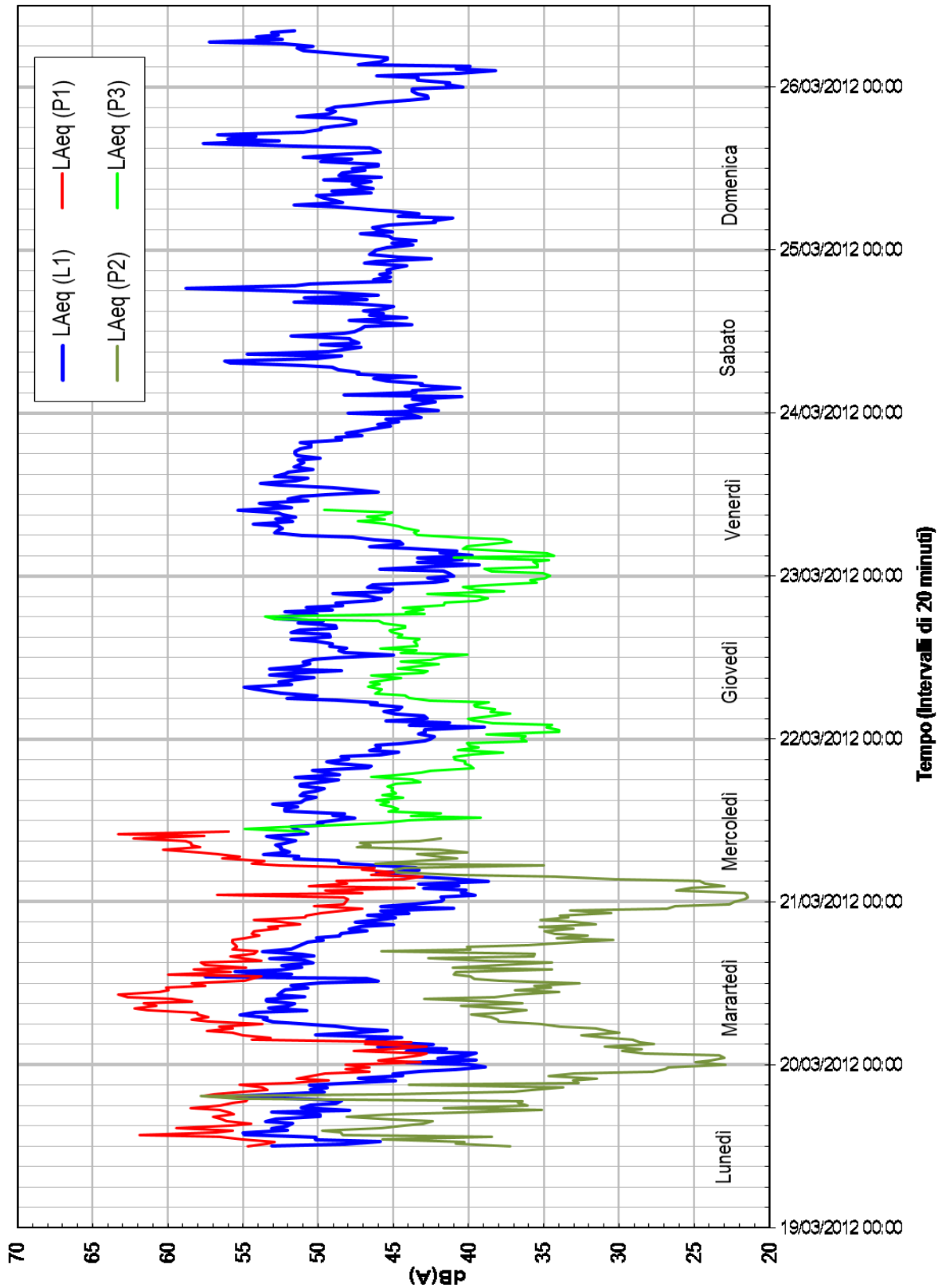


Figura 4. Confronto tra l'andamento del livello equivalente misurato su intervalli di 20 minuti nei quattro punti di misura.

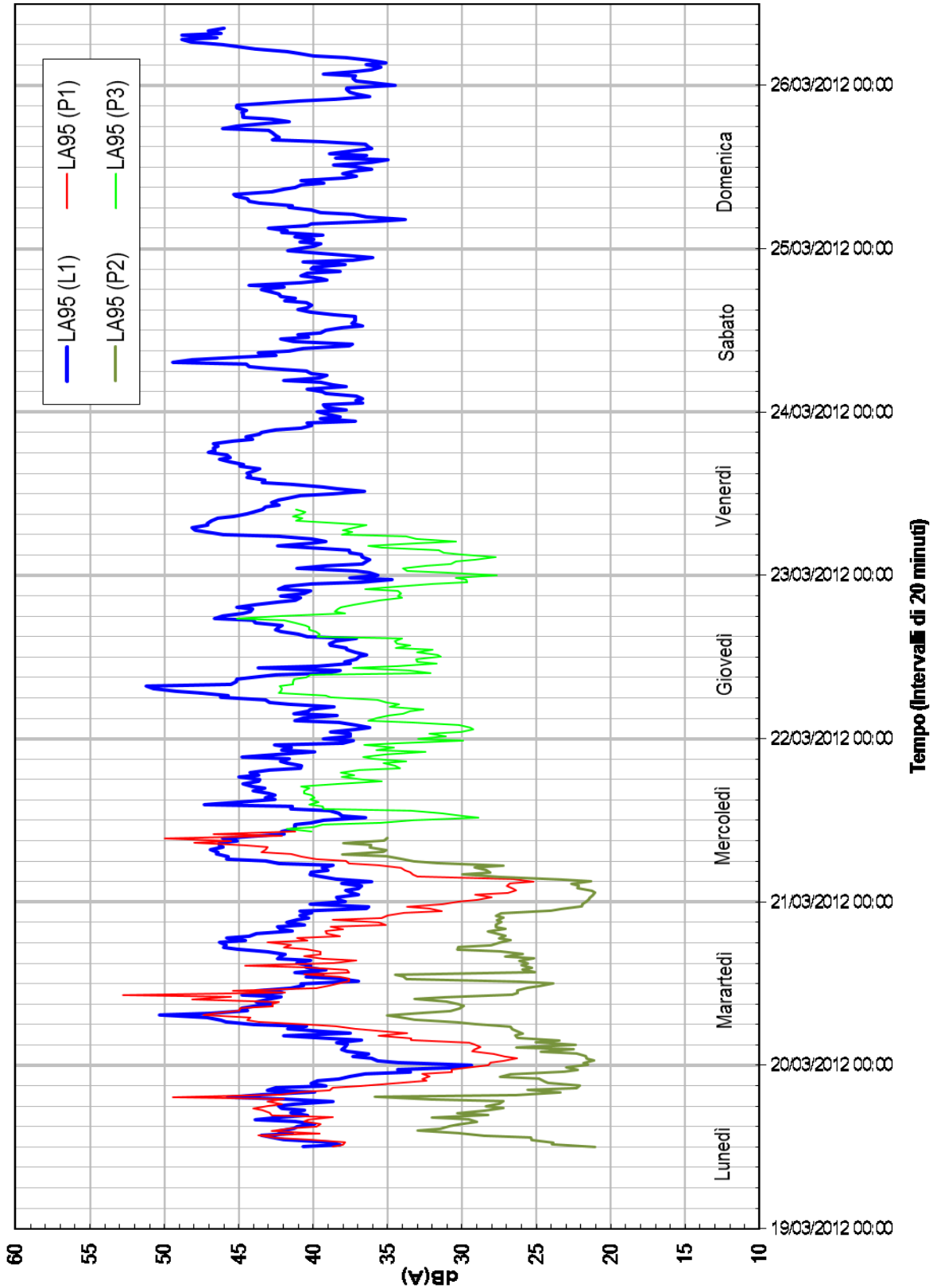


Figura 5. Confronto tra l'andamento del livello percentuale L95 misurato su intervalli di 20 minuti nei quattro punti di misura.

Tempo	Leq	Tempo	Leq	Tempo	Leq	Tempo	Leq
20/03/12 0.00	41.7	21/03/12 19.00	49.1	23/03/12 14.00	51.8	25/03/12 9.00	47.1
20/03/12 1.00	40.7	21/03/12 20.00	48.4	23/03/12 15.00	51.6	25/03/12 10.00	47.6
20/03/12 2.00	44.2	21/03/12 21.00	47.6	23/03/12 16.00	51.3	25/03/12 11.00	48.0
20/03/12 3.00	45.4	21/03/12 22.00	45.8	23/03/12 17.00	50.9	25/03/12 12.00	46.6
20/03/12 4.00	48.2	21/03/12 23.00	44.7	23/03/12 18.00	51.4	25/03/12 13.00	49.7
20/03/12 5.00	47.5	22/03/12 0.00	42.8	23/03/12 19.00	50.7	25/03/12 14.00	47.2
20/03/12 6.00	52.7	22/03/12 1.00	41.9	23/03/12 20.00	48.2	25/03/12 15.00	54.1
20/03/12 7.00	54.3	22/03/12 2.00	43.9	23/03/12 21.00	47.3	25/03/12 16.00	54.5
20/03/12 8.00	52.2	22/03/12 3.00	43.7	23/03/12 22.00	45.3	25/03/12 17.00	53.6
20/03/12 9.00	52.9	22/03/12 4.00	45.0	23/03/12 23.00	44.3	25/03/12 18.00	48.6
20/03/12 10.00	52.1	22/03/12 5.00	47.3	24/03/12 0.00	45.4	25/03/12 19.00	49.5
20/03/12 11.00	51.6	22/03/12 6.00	51.7	24/03/12 1.00	43.2	25/03/12 20.00	49.2
20/03/12 12.00	47.9	22/03/12 7.00	54.2	24/03/12 2.00	45.3	25/03/12 21.00	47.7
20/03/12 13.00	55.5	22/03/12 8.00	52.1	24/03/12 3.00	42.8	25/03/12 22.00	43.2
20/03/12 14.00	52.0	22/03/12 9.00	52.0	24/03/12 4.00	44.0	25/03/12 23.00	43.6
20/03/12 15.00	51.7	22/03/12 10.00	51.4	24/03/12 5.00	46.0	26/03/12 0.00	41.1
20/03/12 16.00	52.0	22/03/12 11.00	50.6	24/03/12 6.00	48.4	26/03/12 1.00	44.5
20/03/12 17.00	51.5	22/03/12 12.00	47.7	24/03/12 7.00	54.9	26/03/12 2.00	40.0
20/03/12 18.00	50.2	22/03/12 13.00	48.7	24/03/12 8.00	51.9	26/03/12 3.00	45.3
20/03/12 19.00	48.0	22/03/12 14.00	50.5	24/03/12 9.00	48.4	26/03/12 4.00	46.3
20/03/12 20.00	46.9	22/03/12 15.00	50.3	24/03/12 10.00	48.4	26/03/12 5.00	50.4
20/03/12 21.00	46.2	22/03/12 16.00	49.8	24/03/12 11.00	49.7	26/03/12 6.00	49.2
20/03/12 22.00	45.6	22/03/12 17.00	51.5	24/03/12 12.00	47.2	26/03/12 7.00	53.1
20/03/12 23.00	43.9	22/03/12 18.00	51.8	24/03/12 13.00	46.2	26/03/12 8.00	52.4
21/03/12 0.00	41.8	22/03/12 19.00	49.6	24/03/12 14.00	45.6	26/03/12 9.00	52.6
21/03/12 1.00	40.1	22/03/12 20.00	47.2	24/03/12 15.00	45.9	19/03/12 10.00	51.2
21/03/12 2.00	42.5	22/03/12 21.00	47.3	24/03/12 16.00	49.2	19/03/12 11.00	51.9
21/03/12 3.00	41.3	22/03/12 22.00	46.1	24/03/12 17.00	49.1	19/03/12 12.00	50.4
21/03/12 4.00	45.2	22/03/12 23.00	42.1	24/03/12 18.00	55.6	19/03/12 13.00	52.4
21/03/12 5.00	46.4	23/03/12 0.00	41.3	24/03/12 19.00	48.0	19/03/12 14.00	53.6
21/03/12 6.00	50.7	23/03/12 1.00	43.4	24/03/12 20.00	45.4	19/03/12 15.00	52.5
21/03/12 7.00	52.7	23/03/12 2.00	42.6	24/03/12 21.00	44.9	19/03/12 16.00	51.1
21/03/12 8.00	52.5	23/03/12 3.00	40.9	24/03/12 22.00	45.6	19/03/12 17.00	51.2
21/03/12 9.00	52.6	23/03/12 4.00	45.2	24/03/12 23.00	45.9	19/03/12 18.00	49.4
21/03/12 10.00	51.1	23/03/12 5.00	46.4	25/03/12 0.00	45.2	19/03/12 19.00	53.5
21/03/12 11.00	50.6	23/03/12 6.00	52.3	25/03/12 1.00	44.6	19/03/12 20.00	49.9
21/03/12 12.00	48.6	23/03/12 7.00	53.2	25/03/12 2.00	46.0	19/03/12 21.00	48.3
21/03/12 13.00	51.2	23/03/12 8.00	52.0	25/03/12 3.00	46.0	19/03/12 22.00	45.8
21/03/12 14.00	59.9	23/03/12 9.00	53.7	25/03/12 4.00	41.9	19/03/12 23.00	41.4
21/03/12 15.00	50.8	23/03/12 10.00	52.9	25/03/12 5.00	44.5		
21/03/12 16.00	50.3	23/03/12 11.00	51.3	25/03/12 6.00	49.5		
21/03/12 17.00	50.7	23/03/12 12.00	48.0	25/03/12 7.00	49.1		
21/03/12 18.00	49.8	23/03/12 13.00	52.2	25/03/12 8.00	48.8		

Tabella 9. Punto di misura L1 – Andamento settimanale livello equivalente orario pesato A, espresso in dB(A)

5 RISULTATI MODELLO

L'applicazione del modello NMPB-Routes-96 è avvenuta utilizzando un pacchetto commerciale predisposto per la simulazione acustica. Il programma utilizzato è stato CadnaA 3.7 (Computer Aided Noise Abatement), prodotto della ditta tedesca DataKustik e commercializzato in Italia da AESSE Misure s.r.l. di Trezzano sul Naviglio (MI).

La modellizzazione acustica di CadnaA è in grado di calcolare la propagazione del rumore sia su grandi aree, fornendone la mappatura, sia in un singolo punto, restituendo il contributo dei diversi raggi acustici e il valore del loro livello complessivo. Nel calcolo della propagazione, il programma tiene conto degli ostacoli (edifici, barriere, terrapieni), delle loro dimensioni e dell'andamento altimetrico del terreno. Il programma non ha limiti nel numero di oggetti e sorgenti inseribili, né limiti sulla dimensione dell'area trattabile.

Per la gestione delle informazioni territoriali CadnaA incorpora un semplice applicativo GIS tridimensionale, che può essere utilizzato per la costruzione diretta degli elementi territoriali o può essere alimentato importando file opportunamente predisposti in formato shapefile. Gli shapefile possono contenere informazioni relative alla sorgente e agli oggetti territoriali; il tipo e la nomenclatura degli attributi utilizzati devono comunque essere compatibili con le specifiche di CadnaA.

Dal DbT del Comune di Montodine sono state estratte le informazioni relative alla posizione e alla dimensione degli edifici e all'altezza dei punti quotati del suolo; questi ultimi dati sono stati utilizzati, insieme alle informazioni desunte dalle carte delle sezioni stradali fornite dalla Provincia, per costruire un modello digitale degli oggetti presenti in un intorno dell'infrastruttura e della superficie terrestre (DTM) su cui è stato "adagiato" il tracciato stradale.

Lo shapefile con il tracciato stradale e i relativi dati di traffico è stato importato in CadnaA. Il software richiede d'impostare i principali parametri morfologici e strutturali della strada: il numero di corsie è stato impostato pari a due, la larghezza di ogni corsia è stata impostata pari a 3,75 metri, mentre quale materiale per il tappetino d'usura è stato utilizzato il conglomerato bituminoso standard. Il software, in accordo alle indicazioni del modello NMPB-Routes-96, presuppone che l'altezza della sorgente sia posta a 0,5 metri dal piano stradale.

L'influenza del terreno sulla propagazione sonora è valutata in funzione dell'uso del suolo. Le classi di uso del suolo sono state ricavate dalla cartografia DUSAF 3.0, prodotta da Regione Lombardia. I coefficienti assegnati ad ogni classe sono stati illustrati nella precedente Tabella 5.

La griglia di calcolo è stata impostata con una maglia quadrata di lato 5 metri, in modo da ottenere una ricostruzione accurata dell'andamento del rumore in prossimità delle discontinuità fisiche. L'area di calcolo è stata impostata in modo da comprendere una fascia profonda 500 metri su entrambi i lati dell'infrastruttura. L'area di calcolo ha quindi una profondità doppia rispetto a quella della fascia di pertinenza acustica prevista dal DPR n. 142/2004, per la quale sono definiti i limiti acustici delle infrastrutture del trasporto.

La simulazione restituisce il valore dei descrittori acustici selezionati per il centro di ogni cella della griglia. Il modello è stato impostato al fine di calcolare i valori dei descrittori Livello equivalente diurno e Livello equivalente notturno, entrambi a 4 metri dal suolo.

Dai dati così calcolati sulla griglia, CadnaA è in grado di ricavare per interpolazione le curve di isolivello (isofoniche) relative a ogni descrittore acustico e il valore presente in facciata degli ostacoli verticali (barriere o edifici). Sia la griglia che le curve di isolivello possono essere esportate in formato shapefile ed essere così importate in ArcGis o in altri programmi di elaborazione cartografica digitale.

I risultati del modello sono presentati principalmente in forma grafica, come cartografia tematica o rappresentazione tridimensionale. Un esempio di rappresentazione tridimensionale è riportato nella sottostante Figura 6. La rappresentazione rende immediatamente visibile l'effetto della barriera e della modellizzazione territoriale sulla propagazione del rumore attorno alla circonvallazione.

La rappresentazione tridimensionale, sebbene suggestiva, risulta da un punto di vista tecnico poco pratica. Per questo si è preferita la rappresentazione cartografica.

Nella Tavola 2 è riportato il risultato della modellizzazione per quanto riguarda il $Leq(A)$ diurno. La base cartografica utilizzata è il Database Topografico del Comune di Montodine, del quale in rosso sono indicati gli edifici residenziali compresi o prossimi alla fascia di pertinenza acustica. Nella tavola, la distribuzione del rumore intorno all'infrastruttura è restituita in termini di sfumature di colore e di curve di isolivello. Si tratta di due modi diversi di rappresentare gli stessi valori: le curve sono infatti ricavate dai valori della griglia restituita dal calcolo di simulazione. Nell'immagine, in basso a sinistra, dove termina la zona colorata è possibile apprezzare la scalettatura dovuta alla dimensione definita per la griglia di calcolo.

La restituzione cartografica permette di apprezzare molto bene gli effetti della presenza di ostacoli sulla propagazione del rumore, sia che si tratti di barriere, di edifici o di brusche variazioni morfologiche del terreno.

Analoghe considerazioni possono essere fatte per la Tavola 3, in cui è rappresentato il risultato della simulazione acustica effettuata per il parametro $Leq(A)$ notturno.

Si osserva infine come le tavole contengano solo una porzione del territorio interessato dal rumore della circonvallazione. La modellizzazione ha interessato tutto il tratto della nuova strada, ma poiché gran parte del territorio è costituito da sole aree agricole prive di abitazioni o edifici sensibili, si è preferito rappresentarne una porzione ridotta, ma a una scala maggiore, in modo da rendere più evidente il dettaglio della propagazione del rumore.

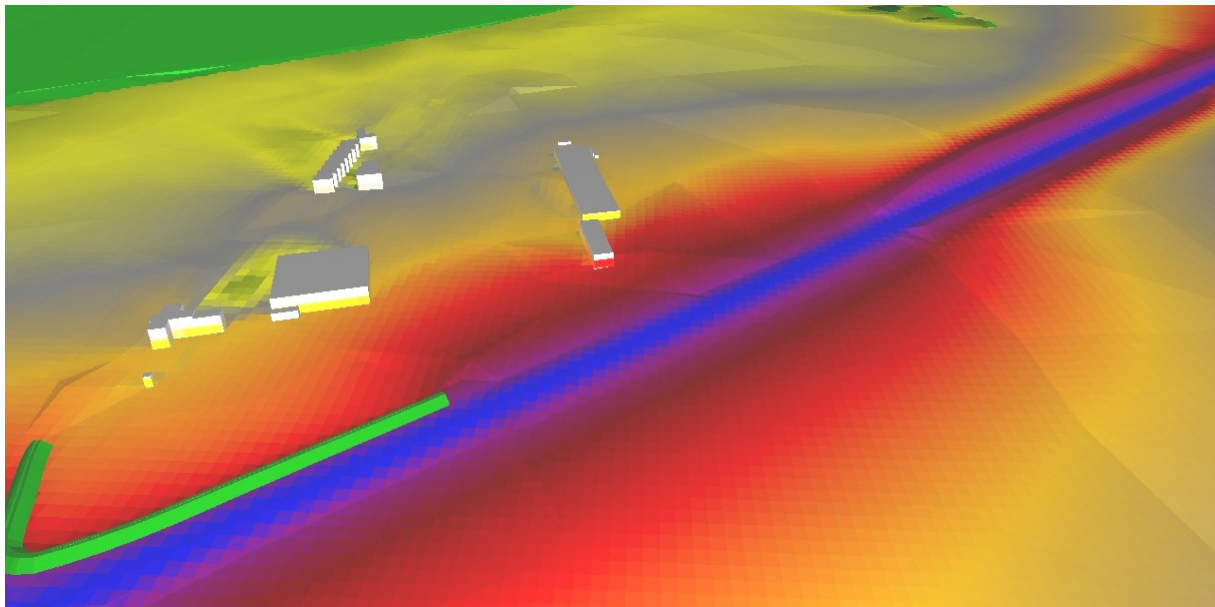


Figura 6. Mappatura acustica tridimensionale di un tratto (in blu) della circonvallazione di Montodine in cui si vedono degli edifici protetti da un terrapieno (in verde in basso a sinistra) e da un tratto di percorso in trincea (in alto a destra). Entrambe le situazioni sono state modellate grazie al dettaglio del terreno reso possibile dalla disponibilità delle informazioni del Database Topografico.

Al fine di confrontare i risultati ottenuti dalle misure sul campo con quelli forniti dalla simulazione modellistica, nella Tabella 10 sono riportati i valori medi ottenuti dal monitoraggio e quelli forniti dal modello negli stessi punti.

Si può anzitutto osservare come nei punti L1 e P2 il modello sovrastimi in misura significativa il rumore effettivamente presente. Questo è dovuto al fatto che, in questi due punti, il livello medio del rumore misurato è dovuto unicamente al rumore della strada e non risente della presenza di altre sorgenti significative. La differenza è pertanto giustificabile a ragione delle ipotesi cautelative utilizzate nell'applicazione del modello (es. velocità, traffico, ecc...).

Si può comunque notare come l'entità della differenza sia sostanzialmente identica sia raffrontando tra loro i due punti che raffrontando il periodo diurno con il periodo notturno. Questa evidenza corrobora la correttezza delle ipotesi modellistiche relative alle condizioni di propagazione, in quanto le differenze appaiono dipendenti in modo univoco dall'intensità e dalle caratteristiche della sorgente (es. velocità, traffico, ecc...), per le quali si richiamano le ipotesi cautelative illustrate in precedenza.

Nei punti P1 e P3, i livelli misurati risentono non solo del rumore proveniente dalla nuova circonvallazione, ma anche del rumore proveniente da altre sorgenti, in particolare dal traffico della CR SP ex SS n. 591 e dalle attività produttive presenti in zona. Non essendo state tali sorgenti integrate nel modello, il rumore misurato è sistematicamente maggiore di quello fornito dalla simulazione.

Punto	MISURE Periodo diurno	MODELLO Periodo diurno	Differenza	MISURE Periodo notturno	MODELLO Periodo notturno	Differenza
L1	51,2	58,6	-7,4	44,6	51,8	-7,2
P1	57,8	53,4	4,4	51,6	47,7	3,9
P2	38,2	45,3	-7,1	29,7	36,3	-6,6
P3	45,2	43,7	1,5	38,3	33,9	4,4

Tabella 10. Prospetto dei valori di Leq(A) giornalieri medi, divisi tra i due periodi di riferimento, del monitoraggio svolto nei pressi del tracciato della tangenziale di Montodine. Valori espressi in dB(A).

6 CONCLUSIONI

Il programma di monitoraggio messo in campo da ARPA Lombardia ha permesso di verificare come le emissioni rumorose prodotte dall'esercizio della nuova circonvallazione di Montodine non superino in nessun punto i limiti previsti dal DPR 30/03/2004 n. 142: *"Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare"* per le strade di nuova realizzazione. Questo risultato conferma l'efficacia, dal punto di vista dell'impatto acustico, del tracciato stradale e delle opere di mitigazione acustica progettate e realizzate con esso.

La verifica è avvenuta puntualmente per mezzo di misure strumentali di medio e lungo periodo. L'applicazione di un modello di diffusione sonora ha permesso di estendere i risultati del monitoraggio strumentale all'intera opera. In particolare, i risultati del modello hanno permesso di verificare come il rumore prodotto dall'esercizio dell'infrastruttura rispetti, all'esterno della fascia di pertinenza acustica stradale profonda 250 metri di cui al DPR 142/2004, i limiti della classificazione acustica dei Comuni di Montodine e Ripalta Arpina.

Si evidenzia come nei punti di misura "puri", cioè quelli il cui livello medio è influenzato solo dal rumore della nuova circonvallazione, i valori forniti dal modello siano risultati decisamente superiori ai livelli misurati. Lo scarto osservato è stato di circa 7 dB(A).

Le ragioni di questa differenza sono da ricercarsi principalmente nelle ipotesi utilizzate nel modello, in particolare l'attribuzione di una velocità di transito pari a 90 km/h lungo tutta l'infrastruttura stradale (rotatorie comprese) e l'assunzione di dati di traffico relativi alla più trafficata CR SP ex SS n. 498 "Soncinese". Si sottolinea come queste rappresentino assunzioni molto cautelative, assai lontane dalle reali condizioni di utilizzo attuale della circonvallazione di Montodine.

I valori restituiti dal modello sono comunque inferiori ai limiti di legge di cui al DPR 142/2004, nell'ordine di circa 6 dB(A) e 3 dB(A) (periodo notturno e periodo diurno rispettivamente).

Le attività di monitoraggio condotte hanno evidenziato la bontà dell'intervento realizzato e dimostrato come la nuova infrastruttura sia sicuramente in grado di sostenere eventuali incrementi di traffico veicolare senza ingenerare problemi d'inquinamento acustico.

7 CERTIFICATI DI TARATURA DELLA STRUMENTAZIONE DI MISURA



SIT SERVIZIO DI TARATURA IN ITALIA
Calibration Service in Italy

CENTRO DI TARATURA
Calibration Centre



L.C.E. S.r.l.

Via dei Platani, 79 - 20090 Opera (MI)
Telefono: 02-57602858, Fax: 02-57607234
<http://www.lce.it> - Email: info@lce.it

ESTRATTO DEL CERTIFICATO DI TARATURA N. 27943-A

Data emissione: 2011-04-18

Destinatario: ARPA LOMBARDIA SEDE DI CREMONA

Parametri ambientali

	Di riferimento	All'inizio delle misure	Alla fine delle misure
Temperatura [°C]	23.0	23.0	23.3
Umidità [%]	50.0	44.8	45.0
Pressione [hPa]	1013.3	1006.8	1006.9

Componenti analizzati

Strumento	Costruttore	Modello	Matricola
Fonometro	Briel & Kjaer	2260	2466963
Preamplificatore	Briel & Kjaer	ZC 0026	3247
Cavo di prolunga	Briel & Kjaer	AO0442	N.P.
Microfono	Briel & Kjaer	4189	2470533



SIT SERVIZIO DI TARATURA IN ITALIA
Calibration Service in Italy

CENTRO DI TARATURA
Calibration Centre



L.C.E. S.r.l.

Via dei Platani, 79 - 20090 Opera (MI)
Telefono: 02-57602858, Fax: 02-57607234
<http://www.lce.it> - Email: info@lce.it

ESTRATTO DEL CERTIFICATO DI TARATURA N. 27944-A

Data emissione: 2011-04-20

Destinatario: ARPA LOMBARDIA SEDE DI CREMONA

Parametri ambientali

	Di riferimento	All'inizio delle misure	Alla fine delle misure
Temperatura [°C]	23.0	23.2	23.3
Umidità [%]	50.0	45.3	45.5
Pressione [hPa]	1013.3	1006.8	1006.8

Componenti analizzati

Strumento	Costruttore	Modello	Matricola
Calibratore	Briel & Kjaer	4231	2465691





SIT SERVIZIO DI TARATURA IN ITALIA
Calibration Service in Italy

CENTRO DI TARATURA
Calibration Centre



L.C.E. S.r.l.
Via dei Platani, 7/9 - 20090 Opera (MI)
Telefono: 02-57602858, Fax: 02-57607234
<http://www.lce.it> - Email: info@lce.it

ESTRATTO DEL CERTIFICATO DI TARATURA N. 27941-A

Data emissione: 2011-04-20
Destinatario: ARPA LOMBARDIA SEDE DI CREMONA

Parametri ambientali

	Di riferimento	All'inizio delle misure	Alla fine delle misure
Temperatura [°C]	23.0	22.7	22.8
Umidità [%]	50.0	44.0	44.3
Pressione [hPa]	1013.3	1006.7	1006.6

Componenti analizzati

Strumento	Costruttore	Modello	Matricola
Fonometro	Brüel & Kjær	2260	2370536
Preamplificatore	Brüel & Kjær	ZC 0026	N.P.
Cavo di prolunga	Brüel & Kjær	AO0442	N.P.
Microfono	Brüel & Kjær	4189	2377715



SIT SERVIZIO DI TARATURA IN ITALIA
Calibration Service in Italy

CENTRO DI TARATURA
Calibration Centre



L.C.E. S.r.l.
Via dei Platani, 7/9 - 20090 Opera (MI)
Telefono: 02-57602858, Fax: 02-57607234
<http://www.lce.it> - Email: info@lce.it

ESTRATTO DEL CERTIFICATO DI TARATURA N. 27942-A

Data emissione: 2011-04-20
Destinatario: ARPA LOMBARDIA SEDE DI CREMONA

Parametri ambientali

	Di riferimento	All'inizio delle misure	Alla fine delle misure
Temperatura [°C]	23.0	22.6	22.5
Umidità [%]	50.0	44.1	44.2
Pressione [hPa]	1013.3	1006.7	1006.7

Componenti analizzati

Strumento	Costruttore	Modello	Matricola
Calibratore	Brüel & Kjær	4231	2376712





L.C.E. S.r.l.

Via dei Platani, 7/9 Opera (MI)
T. 02 57602858 - www.lce.it - info@lce.it

Centro di Taratura LAT N° 068
Calibration Centre
Laboratorio Accreditato di
Taratura



LAT N° 068

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento
EA, IAF e ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

Pagina 1 di 3

Page 1 of 3

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 068 28385-A
Certificate of Calibration LAT 068 28385-A

- data di emissione <i>date of issue</i>	2011-07-11
- cliente <i>customer</i>	INGEGNERIA BIOMEDICA SANTA LUCIA SPA 29010 - GRAGNANO TREBBIENSE (PC)
- destinatario <i>receiver</i>	ARPA LOMBARDIA SEDE DI CREMONA 26100 - CREMONA (CR)
- richiesta <i>application</i>	ARL0238/11
- in data <i>date</i>	2011-07-11
Si riferisce a <i>Referring to</i>	
- oggetto <i>item</i>	Calibratore
- costruttore <i>manufacturer</i>	Larson & Davis
- modello <i>model</i>	CA250
- matricola <i>serial number</i>	1729
- data di ricevimento oggetto <i>date of receipt of item</i>	2011-07-07
- data delle misure <i>date of measurements</i>	2011-07-11
- registro di laboratorio <i>laboratory reference</i>	Reg. 03

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accREDITAMENTO LAT N° 068 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° 068 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.



SIT

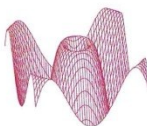
SERVIZIO DI TARATURA IN ITALIA

Calibration Service in Italy

Il SIT è uno dei firmatari degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA-MLA ed ILAC-MRA dei certificati di taratura.
SIT is one of the signatories to the Mutual Recognition Agreement EA-MLA and ILAC-MRA for the calibration certificates



CENTRO DI TARATURA
Calibration Centre



L.C.E. S.r.l.

Via dei Platani, 7/9 - 20090 Opera (MI)

Telefono: 02-57602858, Fax: 02-57607234

http://www.lce.it - Email: info@lce.it

Pagina 1 di 7
Page 1 of 7

CERTIFICATO DI TARATURA N. 26277-A
Certificate of Calibration No. 26277-A

- Data di emissione date of issue	2010-05-14
- destinatario addressee	ARPA LOMBARDIA SEDE DI CREMONA
- richiesta application	ARL0185/10
- in data date	2010-05-13
<u>Si riferisce a</u> referring to	
- oggetto item	Fonometro
- costruttore manufacturer	Larson & Davis
- modello model	870
- matricola serial number	0318
- data delle misure date of measurements	2010-05-14
- registro di laboratorio laboratory reference	Reg. 03

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento SIT N. 068 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). Il SIT garantisce le capacità di misura, 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 SIT No. 068 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. SIT attests the measurement capability and 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 citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni di prima linea da cui inizia 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.

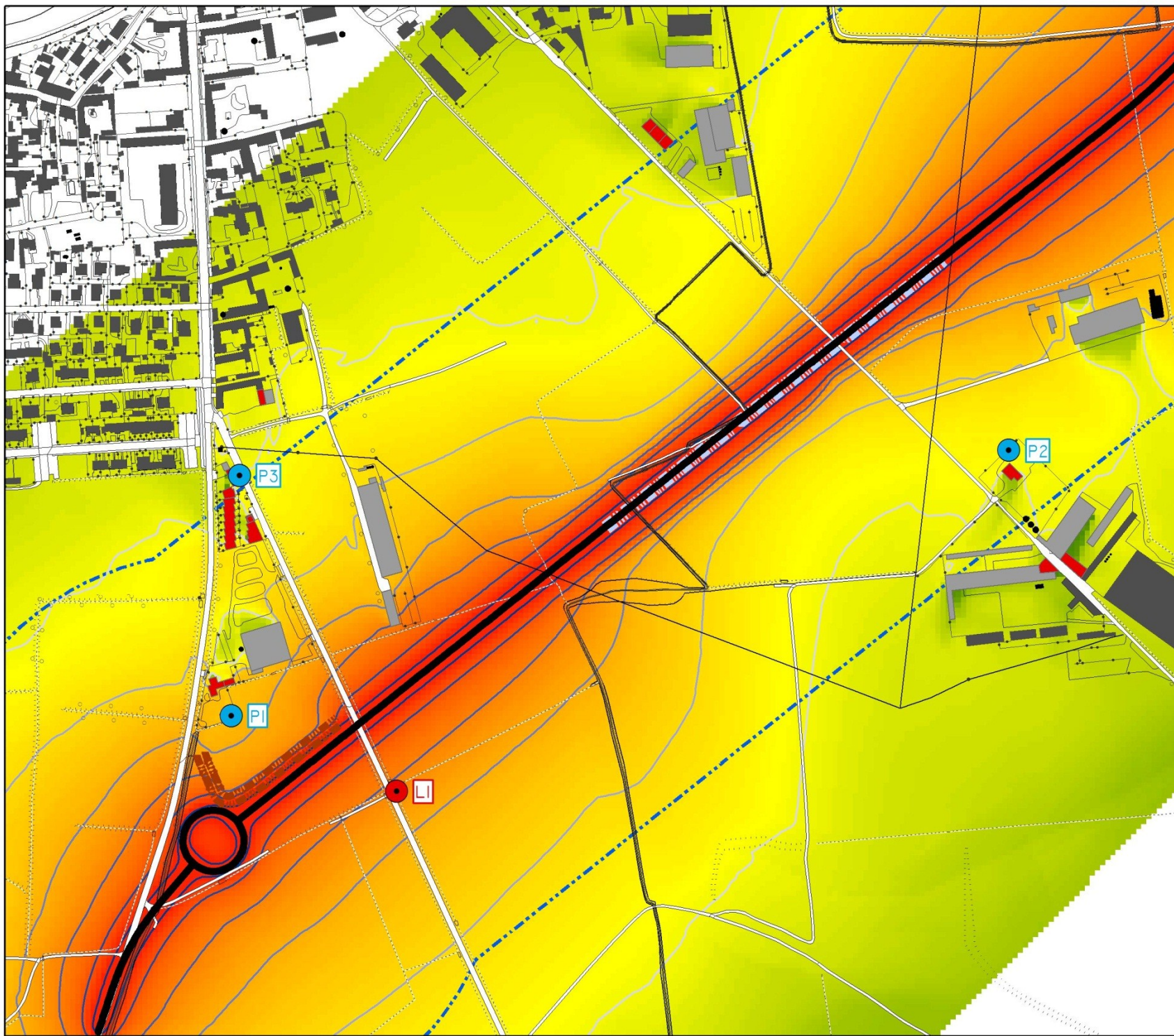
The measurement results reported in this Certificate were obtained following the procedures given in the following page, where the reference standards are indicated as well, from which starts the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in their course of validity. 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 al documento EA-4/02 e sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad 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 EA-4/02. They were 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
Sergenti Mureo

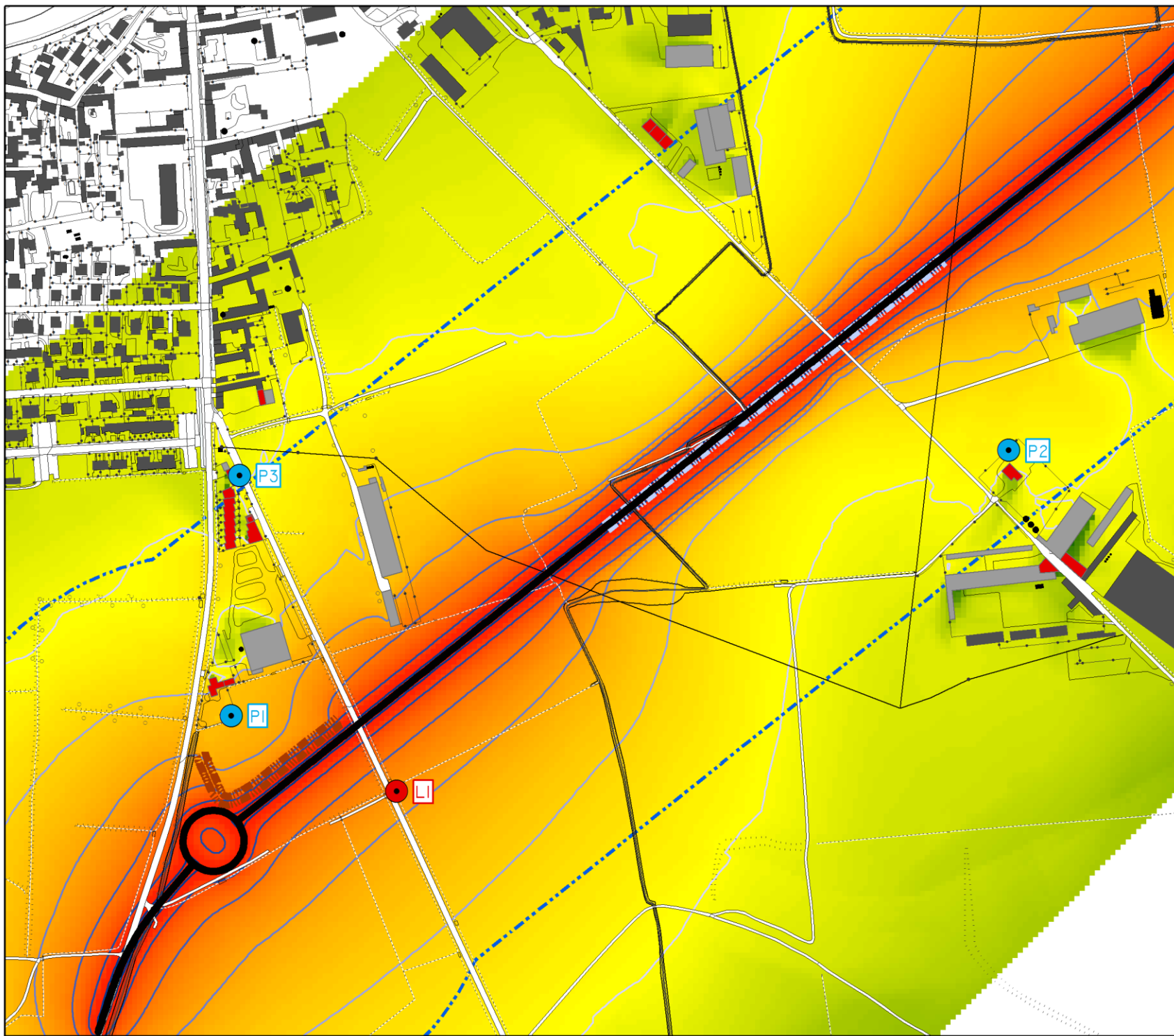
8 TAVOLE CARTOGRAFICHE



- CRSPEXSS591
- FASCIA D.P.R. 142/2004
- TRATTO IN TRINCEA
- DUNA FONDOASSORBENTE
- EDIFICATO**
- ALTRI USI
- RESIDENZIALE - ABITATIVA
- PUNTI DI MISURA**
- MISURA SETTIMANALE
- MISURE MEDIO PERIODO
- LEQ(A) - ISOFONICHE DIURNO**
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65
- 70
- LEQ(A) - DIURNO**
- MAX
- MIN

TAVOLA 2
LEQ(A) - DIURNO

SCALA 1:5000


















-  CR SPEXSS591
-  FASCIA D.P.R. 142/2004
-  TRATTO IN TRINCEA
-  DUNA FONDOASSORBENTE
- EDIFICATO**
-  ALTRI USI
-  RESIDENZIALE - ABITATIVA
- PUNTI DI MISURA**
-  MISURA SETTIMANALE
-  MISURE MEDIO PERIODO
- LEQ(A) - ISOFONICHE NOTTURNO**
-  40
-  45
-  50
-  55
-  60
-  65
- LEQ(A) - NOTTURNO**
-  MAX
MIN

TAVOLA 3
LEQ(A) - NOTTURNO

SCALA 1:5000