

di Bruno Rattini – P.zza Matteotti n° 22 – 46044 Goito (MN)  
Email: ekoplanacustica@gmail.com – Tel: 3388743712  
P.Iva 02432540207 – C.F. RTTBRN86E31E897T

Spett.le  
**Sig.ra Santorum Nadia**  
Via Marconi, 52  
25010 – Pozzolengo (BS)  
C.F.: STN NDA 69H51 E897Y  
c/o Arch. Nicola Salami

Goito (MN), lì 12 Marzo 2024  
**Prot. 881/24 V.P.C.A.**

**RELAZIONE TECNICA INERENTE LA PREVISIONE DI CLIMA ACUSTICO AI SENSI  
DELLA LEGGE 447/95 – PIANO DI RECUPERO SANTA MARIA  
RISTRUTTURAZIONE URBANISTICA sito in via Santa Maria, Pozzolengo (BS)**

La presente Relazione consta di 22 pagine compreso la presente e 9 allegati

## **1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO E CRITERI UTILIZZATI**

### **Norme di riferimento:**

- ⇒ D.P.C.M. 01/03/1991 - "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno" in G.U. n°57 del 08/03/1991
- ⇒ Legge 26/10/1995 n° 447 - "Legge quadro sull'inquinamento acustico" in G.U. n°254 del 30/10/1995
- ⇒ D.P.C.M. 14/11/1997 - "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore" in G.U. n°280 del 01/12/1997
- ⇒ D.P.C.M. 05/12/1997 – "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici" in G.U. n°280 del 22/12/1997
- ⇒ D.M. Ambiente 16/03/1998 - "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico" in G.U. n°76 del 01/04/1998
- ⇒ D.P.C.M. 31/03/1998 – "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'" in G.U. n°120 del 26/05/1998
- ⇒ D.P.R. 18/11/1998 n° 459 - "Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario" in G.U. n°2 del 04/01/1999
- ⇒ D.P.R. 30/03/2004 n°142 – "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'art. 11 della legge 26 Ottobre 1995, n° 127 del 01/06/2004
- ⇒ L.R. 10/08/2001 n°13 – " Norme in materia di inquinamento acustico" in B.U. Regione Lombardia 13/08/2001 n°33, 1° suppl. ord.
- ⇒ D.G.R. n°VIII/8313 del 08/03/2002 – "Modalità e criteri di redazione della documentazione di previsione di impatto acustico e di valutazione previsionale di clima acustico"
- ⇒ D.G.R. n°VII/9776 del 02/07/2002 – "Criteri tecnici di dettaglio per la redazione della classificazione acustica del territorio comunale"

La valutazione previsionale di Clima Acustico contenuta nella presente relazione tecnica riguarda il progetto per il Piano di Recupero denominato "Santa Maria" sito in Via Santa Maria nel Comune di Pozzolengo (BS).

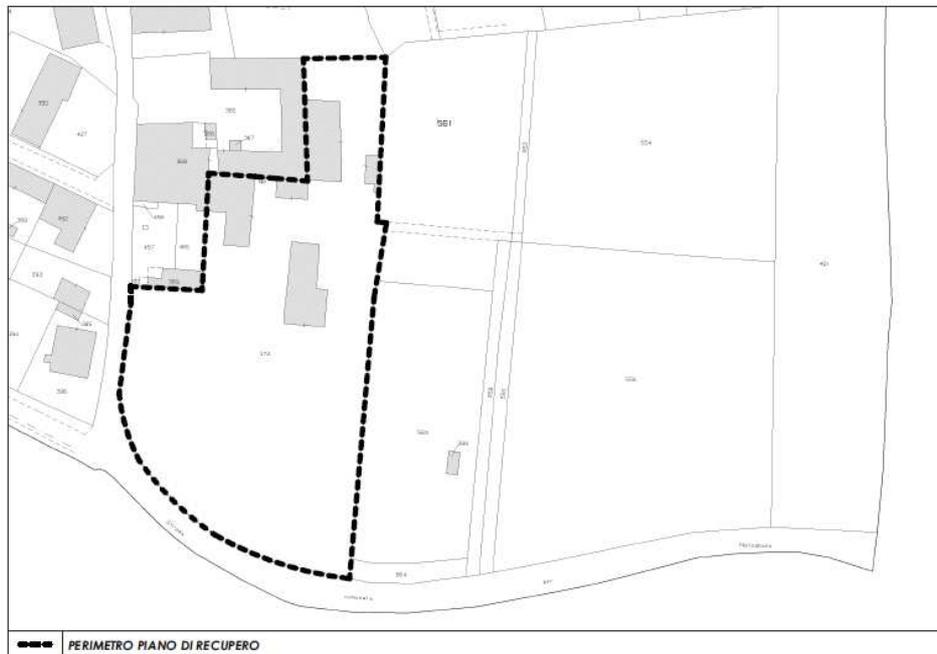
L'analisi eseguita prende in considerazione entrambi i periodi di riferimento.

Essa è stata condotta tarando il modello previsionale sui rilievi fonometrici e di traffico veicolare effettuati in situ, identificando la tipologia ed il numero di costruzioni previste ed esistenti e il traffico giornaliero delle vicine reti stradali.

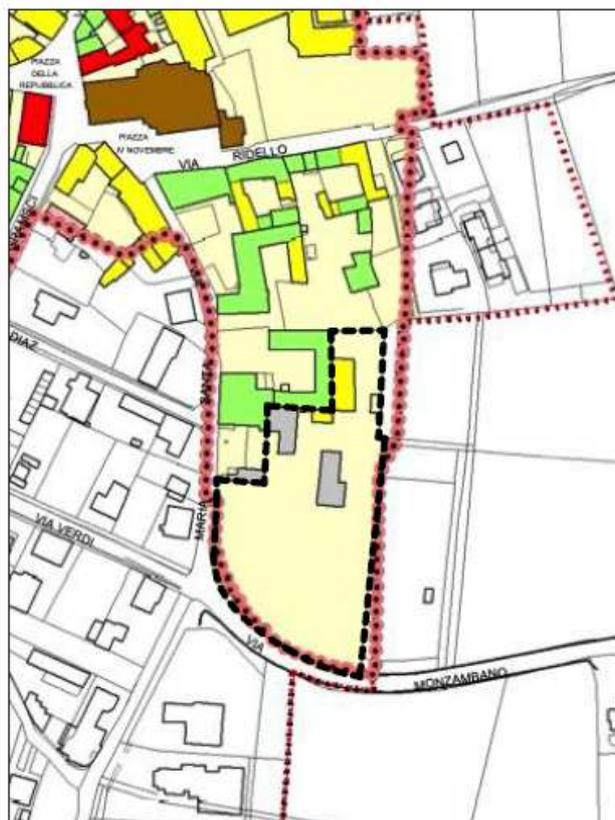
## 2 INQUADRAMENTO URBANISTICO

Il lotto oggetto di intervento, sito in Comune di Pozzolengo Via Santa Maria, è identificato dal P.G.T. Comunale come “CS – Centro Storico” ed è individuato al catasto terreni al Foglio n° 16, Mappali n° 372 + parte dei 561-563-564.

Estratto di Mappa  
Scala 1:1.000



Estratto da Piano delle Regole - Zoom sul centro storico  
Scala 1:2.000



### 3 INQUADRAMENTO ACUSTICO E INDIVIDUAZIONE DEI VALORI LIMITE

Nel Comune di Pozzolengo (BS) è attualmente in vigore la classificazione acustica del territorio ai sensi dell'art.2, comma 1, del D.P.C.M. 01/03/1991, più recentemente citata fra le competenze di cui all'art.6, comma 1, lettera a), della Legge 26/10/1995 n° 447. L'area in oggetto è stata zonizzata in parte in classe III ("Aree di tipo misto") e in parte classe II ("Aree prevalentemente residenziali")

Il DPCM 14/11/1997 fissa per la classe III i seguenti limiti:

- valore limite assoluto di immissione diurno/notturno:  $L_{Aeq,TR} = 60 \text{ dB(A)} / 50 \text{ dB(A)}$
- valore limite differenziale diurno:  $L_D 5 \text{ dB(A)}$
- valore limite differenziale notturno:  $L_D 3 \text{ dB(A)}$

Il DPCM 14/11/1997 fissa per la classe II i seguenti limiti:

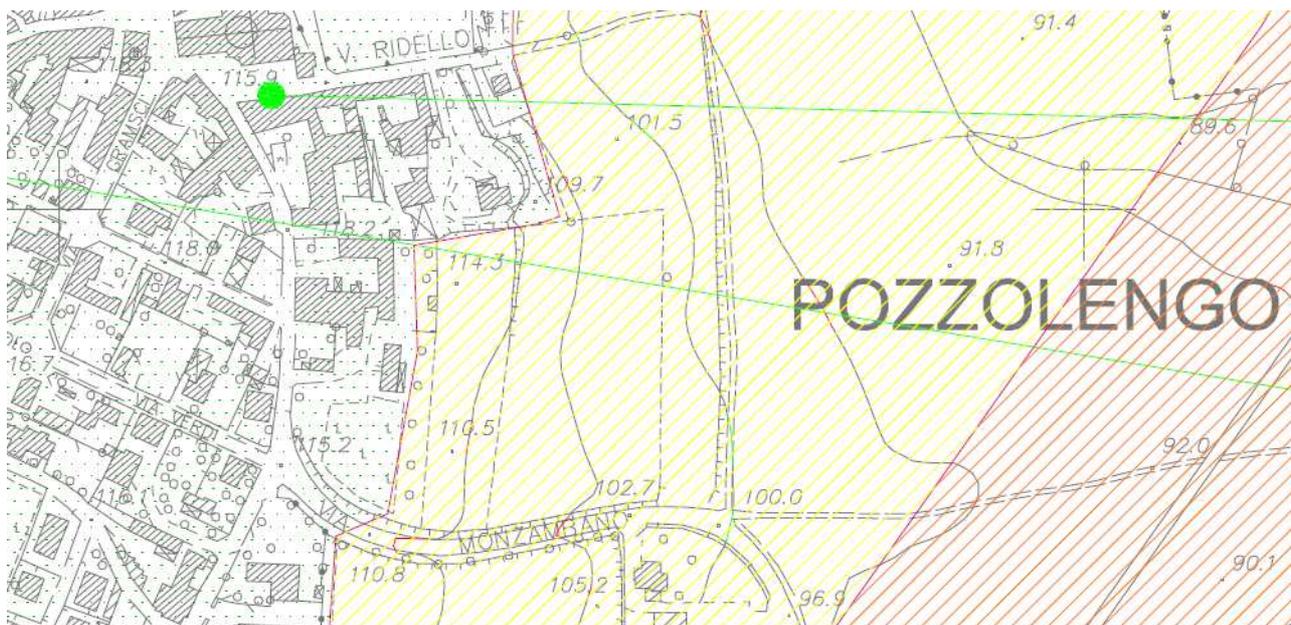
- valore limite assoluto di immissione diurno/notturno:  $L_{Aeq,TR} = 55 \text{ dB(A)} / 45 \text{ dB(A)}$
- valore limite differenziale diurno:  $L_D 5 \text{ dB(A)}$
- valore limite differenziale notturno:  $L_D 3 \text{ dB(A)}$

I ricettori sensibili, più prossimi all'intervento sono tutti ubicati in classe II.

I valori limite assoluti di immissione di cui sopra non si applicano alle infrastrutture stradali, ferroviarie, marittime, aeroportuali, all'interno delle rispettive fasce di pertinenza, determinate dagli appositi decreti applicativi della Legge n. 447/1995, così come non sono validi nel caso di altre sorgenti sonore di cui all' art.11, comma 1, della L.447/95.

Parte dell'area interessata dall'intervento previsto ed alcuni ricettori citati nel proseguo della trattazione rientrano nelle ipotetiche fasce di pertinenza acustica di 30 metri dalle vicine infrastrutture presenti ivi presenti, tutte presumibilmente identificabili come "F – Locali" ai sensi del D.P.R. 30/03/2004.

Si rammenta che per tempo di riferimento diurno la normativa intende il periodo compreso fra le ore 06 e le ore 22, mentre per tempo di riferimento notturno si considera il periodo che intercorre fra le ore 22 e le ore 06.



## **4 DESCRIZIONE DELL'OPERA E DELLE SORGENTI DI RUMORE**

### **4.1 Localizzazione e tipologia del sito**

La zona interessata nella quale ricade il comparto oggetto di piano di recupero tramite ristrutturazione urbanistica, è posta in zona centrale in prossimità dell'accesso a ovest del capoluogo.

Essa è posta in fregio alla Strada di accesso al paese sulla strada che proviene da Monzambano e dall'area artigianale di Pozzolengo.

Il contesto circostante, lo si può definire di tipo misto fra la zona di campagna periurbana entro la tangenziale a est, la presenza di alcune piccole realtà commerciali e l'inizio verso il centro storico di una cortina edilizia di abitazioni di 2 piani fuori terra.

L'ambito in cui vengono identificati gli immobili oggetto di recupero urbanistico risulta caratterizzato da uno stato di abbandono nonché di innegabile degrado generale, la condizione stessa degli edifici e della vegetazione esistente in loco è ormai di tipo ruderale, con perdita nel caso di un immobile dell'intera copertura. Il resto dei fabbricati risulta pertanto inagibile e genericamente di dubbia idoneità statica, sia per gli orizzontamenti che per le murature perimetrali portanti.

La tipologia dei fabbricati oggetti di recupero è la classica degli edifici anni 60/70 ormai dismessi, con l'assoluta mancanza di richiami stilistici o composizioni architettoniche degne di nota.

L'area è caratterizzata da un declivio che porta dall'accesso sulla via pubblica fino all'area agricola a est con dislivello di circa 5 metri.

Sulla strada pubblica di accesso al paese, sono già presenti i sottoservizi primari, quali: rete fognaria, rete idrica, rete gas, rete telefonica e rete elettrica, delle quali ne beneficia l'area in oggetto.

Il piano attuativo dettaglia solo l'ubicazione degli edifici: la disposizione definitiva, conforme alle normative vigenti e di piano, sarà proposta in sede di presentazione di progetto finalizzato al rilascio del permesso di costruire per ogni singola unità abitativa facente parte del complesso. Contestualmente dovrà essere allegata al progetto la specifica relazione inerente la previsione dei requisiti acustici passivi delle singole unità abitative ed eventuale studio delle sorgenti di rumore durante le operazioni di cantiere.

### **4.2 Tipologia di intervento**

Il nuovo progetto allegato alla presente, propone di riprendere in esame l'area che costituisce l'intero comparto.

La proposta progettuale non modifica l'impronta e la struttura di quanto già approvato, mantenendo in essere la volumetria e l'accesso all'area.

Il Piano in istanza propone quindi il recupero totale della volumetria esistente, pari a mc. 4.600 ripartiti su un area di mq. 6.715, ed il riutilizzo totale di detta volumetria sul medesimo comparto, dislocando e diversificando la dotazione volumetrica acquisita previo formazione di n. 7 nuovi edifici tutti a carattere residenziale oltre che ad accessori pertinenziali, i fabbricati esistenti saranno totalmente demoliti in quanto staticamente non recuperabili.

Il comparto esistente risulta attualmente caratterizzato da una servitù di passaggio presso il mappale n. 563 del N.C.T. di Pozzolengo, pertanto il progetto proposto terrà in considerazione di detto vincolo previo formazione di una nuova strada privata che attraverserà il comparto edificatorio sulle quali saranno appunto ripartiti 4.600 mc di volumetria residenziale recuperata. Nello specifico detta volumetria sarà utilizzata per l'indicativa formazione di n. 5 ville unifamiliari, e da n. 2 blocchi edilizi di 4 appartamenti tutte ricondotte a specifici lotti pertinenziali.

#### 4.3 Tipologia delle sorgenti di rumore

In questa fase dello studio, allo stato attuale del progetto, si è caratterizzato il rumore ambientale prodotto dalle infrastrutture stradali esistenti attualmente e dopo la realizzazione del progetto. Tutto ciò allo scopo di individuare la preliminare compatibilità acustica dell'insediamento con la zona oggetto di indagine.

Le sorgenti di rumore di una certa rilevanza attualmente presenti, e previste in futuro, nella zona in oggetto di indagine sono costituite dal traffico veicolare presente lungo Via Monzambano e dal futuro traffico veicolare interno al piano di recupero.

Al fine di implementare l'algoritmo del modello previsionale, sono state caratterizzate le singole sorgenti di rumore così come indicato nella tabella sottostante.

I dati riportati per le singole infrastrutture esistenti sono state desunte dall'osservazione diretta del flusso di veicoli, nonché dall'analisi dei dati pubblicati all'interno di relazioni tecniche relative a sorgenti equiparabili o piani di lottizzazione confinanti.

Le informazioni riportate sono state desunte dall'osservazione diretta del flusso dei veicoli, nonché dall'analisi dei dati storici relativi a sorgenti equiparabili.

Tabella 1- Caratteristiche delle sorgenti di rumore stradale

	Str. di PL		Via Monzambano	
	giorno	notte	giorno	notte
numero veicoli leggeri	50	5	2700	50
velocità veicoli leggeri (Km/h)	40	40	50	50
numero veicoli pesanti	-	-	20	-
velocità veicoli pesanti (Km/h)	-	-	50	50

## **Figura 1 – Aerofotogrammetria della zona oggetto di intervento.**

Estratto da Ortofoto



### **5 DEFINIZIONI TECNICHE**

Si riportano di seguito, non citate testualmente, alcune definizioni tecniche tratte dalla Legge 26/10/1995 n°447 che sono state utilizzate durante la presente valutazione:

- *Valore limite di emissione*: il valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità della sorgente stessa;
- *Valore limite di immissione*: il valore massimo di rumore che può essere immesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno, misurato in prossimità dei ricettori. I valori limite di immissione sono 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.

Il descrittore utilizzato per caratterizzare l'impatto acustico dell'attività interessata è il livello equivalente  $L_{Aeq,TR}$  relativo al tempo di riferimento  $T_R$ . Si riportano, a fini esplicativi, alcune definizioni specificate dal D.M. Ambiente 16/03/1998:

- *Livello di rumore ambientale ( $L_A$ )*: è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A", prodotto da tutte le sorgenti di rumore esistenti in un dato luogo e durante un determinato tempo. Il rumore ambientale è costituito dall'insieme del rumore residuo e da quello prodotto dalle specifiche sorgenti disturbanti, con l'esclusione degli eventi sonori singolarmente identificabili di natura eccezionale rispetto al valore ambientale della zona. E' il livello che si confronta con i limiti massimi di esposizione:

- a) nel caso dei limiti differenziali, è riferito a  $T_M$  ;
- b) nel caso di limiti assoluti è riferito a  $T_R$  ;

- *Livello di rumore residuo ( $L_R$ )*: è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A", che si rileva quando si esclude la specifica sorgente disturbante. Deve essere misurato con le identiche modalità impiegate per la misura del rumore ambientale e non deve contenere eventi sonori atipici;

- *Livello differenziale di rumore ( $L_D$ )*: differenza tra il livello di rumore ambientale ( $L_A$ ) e quello di rumore residuo ( $L_R$ ):  $L_D=(L_A-L_R)$ ;

- *Tempo di osservazione ( $T_O$ )*: è un periodo di tempo compreso in  $T_R$  nel quale si verificano le condizioni di rumorosità che si intendono valutare;

- *Tempo di riferimento ( $T_R$ )*: rappresenta il periodo della giornata all'interno del quale si eseguono le misure. La durata della giornata è articolata in due tempi di riferimento: quello diurno, compreso tra le ore 06:00 e le ore 22:00, e quello notturno, compreso tra le ore 22:00 e le ore 06:00;

- *Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" ( $L_{Aeq}$ )*: valore del livello di pressione sonora ponderata "A" di un suono costante che, nel corso di un periodo specificato  $T$ , ha la medesima pressione quadratica media di un suono considerato, il cui livello varia in funzione del tempo:

$$L_{Aeq, T} = 10 \log \left[ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_0^T \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right] dB (A)$$

dove  $L_{Aeq}$  è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" considerato in un intervallo di tempo che inizia all'istante  $t_1$  e termina all'istante  $t_2$ ;  $p_A(t)$  è il valore istantaneo della pressione sonora ponderata "A" del segnale acustico in Pascal (Pa);  $p_0 = 20 \mu Pa$  è la pressione sonora di riferimento;

- *Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" relativo al tempo di riferimento  $T_R$  ( $L_{Aeq,TR}$ )*: la misura dei livelli continui equivalenti di pressione sonora ponderata "A" nel periodo di riferimento ( $L_{Aeq,TR}$ ):

$$T_R = \sum_{i=1}^n (T_O)_i$$

può essere eseguita:

a) per integrazione continua: il valore di  $L_{Aeq,TR}$  viene ottenuto misurando il rumore ambientale durante l'intero periodo di riferimento, con l'esclusione eventuale degli interventi in cui si verificano condizioni anomale non rappresentative dell'area in esame;

b) con tecnica di campionamento: il valore  $L_{Aeq,TR}$  viene calcolato come media dei valori del livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" relativo agli intervalli del tempo di osservazione  $(T_0)_i$ . Il valore di  $L_{Aeq,TR}$  è dato dalla relazione:

$$L_{Aeq, TR} = 10 \log \left[ \frac{1}{T_R} \sum_{i=1}^n (T_0)_i 10^{0.1 \cdot L_{Aeq, (T_0)_i}} \right] dB (A)$$

## 6 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Le misure fonometriche sono state eseguite utilizzando la seguente strumentazione di classe 1 conforme alla norme IEC 804:

- Fonometro integratore Larson Davis mod. 824 SN 3385, data di taratura 22-05-2023 c/o SKY-Lab s.r.l. di Arcore (MI) (N° certificato 29925-A)
- Microfono a condensatore Larson Davis mod. 2541 SN 8208, data di taratura 22-05-2023 c/o SKY-Lab s.r.l. di Arcore (MI) (N° certificato 29926-A)
- Calibratore Larson Davis mod. CA 250 SN 1878, data di taratura 22-05-2023 c/o SKY-Lab s.r.l. di Arcore (MI) (N° certificato 29924-A)
- Cavalletti, adattatori, amplificatori, diffusori.

**Calibrazione:** è stata effettuata in loco la calibrazione della strumentazione prima e dopo l'esecuzione di ciascuna successione di misure. Poiché lo scarto, rispetto ai valori nominali, è risultato inferiore a  $\pm 0.5$  dB, le prove sono da considerarsi valide.

Durante tutta la sessione di misure le condizioni meteorologiche sono state normali, con assenza di precipitazioni atmosferiche e vento di velocità inferiore ai 5 m/s.

## 7 RISULTATI DELLE MISURE FONOMETRICHE

Tutte le misurazioni estemporanee sono state effettuate utilizzando la tecnica di campionamento descritta nel paragrafo 5. In nessun caso sono state riscontrate componenti tonali, a bassa frequenza o impulsive.

Allo scopo di verificare gli attuali livelli di clima acustico esistenti nell'area oggetto di indagine, sono state eseguite in data 06-07/03/2024 alcune misurazioni fonometriche allo scopo di caratterizzare acusticamente la zona indagata in periodo diurno e in periodo notturno.

**Figura 2 – Individuazione delle postazioni di misura P1 – P2 – P3**



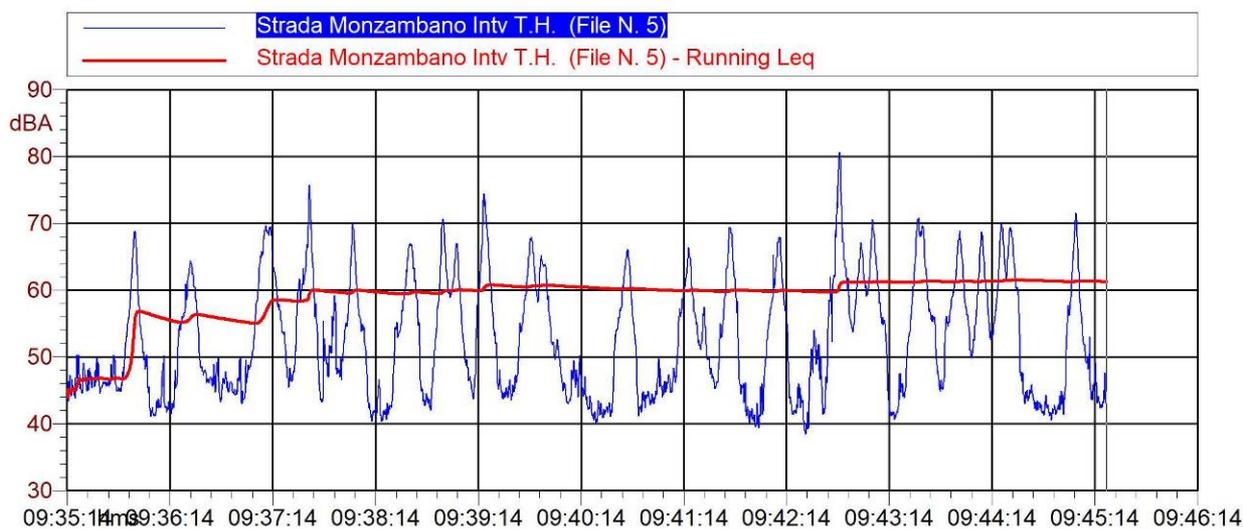
## Tabella 2 – Misurazioni effettuate presso la posizione P1 diurno

**Nome misura:** Strada Monzambano Intv T.H. (File N. 5)  
**Località:** Pozzolengo (BS)  
**Strumentazione:** Larson David 824  
**Nome operatore:** Bruno Rattini Ekoplan Acustica  
**Data, ora misura:** 06/03/2024 09:35:14

### Annotazioni:

**Leq = 61.3 dBA**

L1: 71.4 dB(A)	L5: 68.0 dB(A)
L10: 65.5 dB(A)	L50: 50.6 dB(A)
L90: 42.4 dB(A)	L95: 41.7 dB(A)



Strada Monzambano Intv T.H. (File N. 5)			
Nome	Inizio	Durata	Leq
<i>Totale</i>	09:35:14	00:10:06.750	61.3 dB(A)
<i>Non Mascherato</i>	09:35:14	00:10:06.750	61.3 dB(A)
<i>Mascherato</i>		00:00:00	0.0 dB(A)

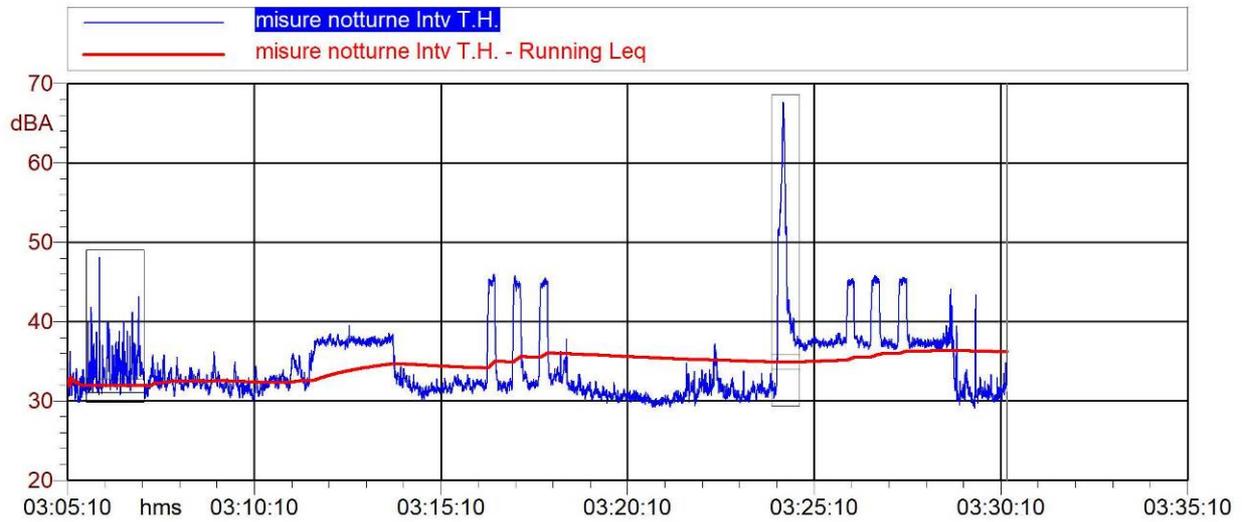
**Tabella 3 – Misurazioni effettuate presso la posizione P1 notturno**

Nome misura: misure notturne Intv T.H.  
 Località: Pozzolengo  
 Strumentazione: Larson David 824  
 Nome operatore: Bruno Rattini Ekoplan Acustica  
 Data, ora misura: 07/03/2024 03:05:10

Annotazioni: Note

**Leq = 36.2 dBA**

L1: 45.3 dB(A)	L5: 43.4 dB(A)
L10: 37.8 dB(A)	L50: 32.4 dB(A)
L90: 30.5 dB(A)	L95: 30.2 dB(A)



misure notturne Intv T.H.			
Nome	Inizio	Durata	Leq
Totale	03:05:10	00:25:10.250	41.7 dB(A)
Non Mascherato	03:05:10	00:22:53.250	36.2 dB(A)
Mascherato	03:05:40	00:02:17	50.8 dB(A)
rumori operatore inizio misura	03:05:40	00:01:32.250	35.0 dB(A)
transito auto	03:24:02	00:00:44.750	55.6 dB(A)

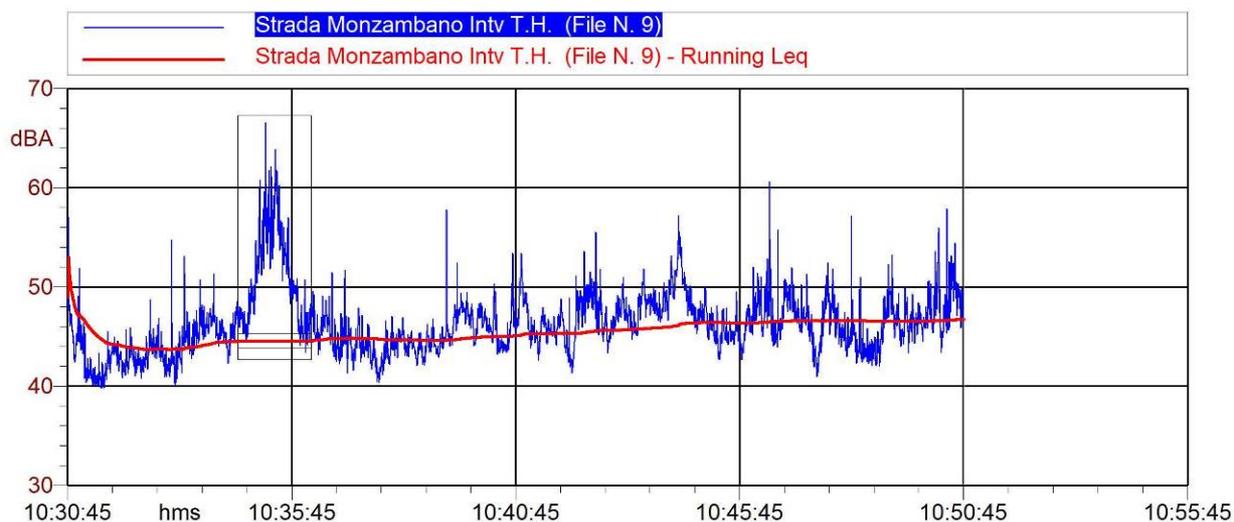
## Tabella 4 – Misurazioni effettuate presso la posizione P2 diurno

**Nome misura:** Strada Monzambano Intv T.H. (File N. 9)  
**Località:** Pozzolengo (BS)  
**Strumentazione:** Larson David 824  
**Nome operatore:** Bruno Rattini Ekoplan Acustica  
**Data, ora misura:** 06/03/2024 10:30:45

Annotazioni:

**Leq = 46.7 dBA**

L1: 53.2 dB(A)      L5: 50.3 dB(A)  
 L10: 49.1 dB(A)    L50: 45.7 dB(A)  
 L90: 42.7 dB(A)    L95: 41.9 dB(A)



Strada Monzambano Intv T.H. (File N. 9)			
Nome	Inizio	Durata	Leq
Totale	10:30:45	00:20:00.250	48.1 dB(A)
Non Mascherato	10:30:45	00:18:22	46.7 dB(A)
Mascherato	10:34:33	00:01:38.250	54.2 dB(A)
passaggio elicottero	10:34:33	00:01:38.250	54.2 dB(A)

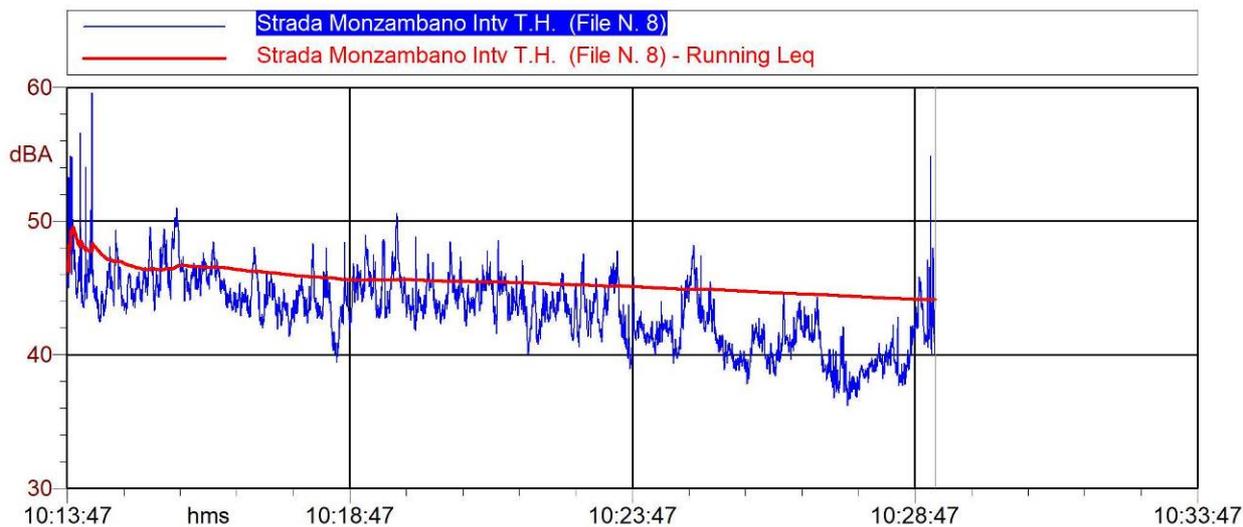
## Tabella 5 – Misurazioni effettuate presso la posizione P3 diurno

**Nome misura:** Strada Monzambano Intv T.H. (File N. 8)  
**Località:** Pozzolengo (BS)  
**Strumentazione:** Larson David 824  
**Nome operatore:** Bruno Rattini Ekoplan Acustica  
**Data, ora misura:** 06/03/2024 10:13:47

### Annotazioni:

**Leq = 44.2 dBA**

L1: 49.4 dB(A)	L5: 47.3 dB(A)
L10: 46.4 dB(A)	L50: 43.6 dB(A)
L90: 39.5 dB(A)	L95: 38.8 dB(A)



Strada Monzambano Intv T.H. (File N. 8)			
Nome	Inizio	Durata	Leq
<i>Totale</i>	10:13:47	00:15:21.500	44.2 dB(A)
<i>Non Mascherato</i>	10:13:47	00:15:21.500	44.2 dB(A)
<i>Mascherato</i>		00:00:00	0.0 dB(A)

**Figura 3 – Immagini delle postazioni di misura P1 – P2 – P3**

*Postazione P1*



*Postazione P2*



*Postazione P3*



## 8 METODI DI PREVISIONE

### 8.1 Modello utilizzato

Allo scopo di prevedere il clima acustico esistente nella zona interessata dall'indagine, dopo la realizzazione del progetto, è stato utilizzato un software largamente diffuso nel campo dell'acustica: SoundPLAN. Questo programma, progettato in ambiente Windows, è composto dai seguenti moduli complementari tra loro:

#### *MODULO INDUSTRIALE - INDUSTRY NOISE PROP.*

per il calcolo e la previsione del rumore da insediamenti industriali, secondo le seguenti normative internazionali:

<b>Austria :</b>	OAL 28
<b>Germania :</b>	VDI 2714/2720, TA-Larm, DIN 18005, WDI-Standard
<b>ISO :</b>	ISO 9613 Part 1,2 (modello Europeo)
<b>Scandinavia :</b>	General Prediction method
<b>Svezia :</b>	NORDIC 2000
<b>UK :</b>	BS 5228
<b>Giappone :</b>	Construction Noise Propagation of noise from petroleum and petrochemical complexes to neighboring communities
<b>CONCAWE :</b>	
<b>Assorbimento dell'aria:</b>	ISO 3891, ISO 9613, ANSI 126

#### *MODULO STRADALE - ROAD NOISE PROP.*

per il calcolo e la previsione del rumore da traffico veicolare sia urbano che extraurbano e autostradale, secondo le seguenti normative internazionali:

<b>Austria:</b>	RVS 3.02
<b>Germania:</b>	DIN 18005, RLS 90
<b>Scandinavia:</b>	Statens Planverk Report 48:1980
<b>Nordic:</b>	RTN - Nordic Road Prediction Method:1996
<b>Svizzera:</b>	Model Designed by EMPA
<b>UK :</b>	Calculation of Road Traffic Noise
<b>USA :</b>	Federal Highway Model (FHWA:1978)
<b>ASJ :</b>	Model B:1998
<b>Francia :</b>	NMPB – routes 96 (modello Europeo)
<b>Italia :</b>	ENEA
<b>Giappone :</b>	ASJ RTN-Model B:1998
<b>Assorbimento dell'aria:</b>	ISO 3891, ISO 9613, ANSI 126

#### *MODULO FERROVIARIO - RAIL NOISE PROP.*

per il calcolo e la previsione del rumore da traffico ferroviario secondo le seguenti normative internazionali:

<b>Austria:</b>	ONORM S5011
<b>Svizzera :</b>	SEMIBEL
<b>Germania :</b>	DIN 18005, Schall03, Transrapid
<b>Scandinavia :</b>	Nordic Prediction Method for Train Noise:1996; Nordic Rail prediction method (Kilde Rep. 130)
<b>UK :</b>	Calculation of Railway Noise:1996
<b>Olanda :</b>	SRM II:2002 (modello Europeo)
<b>Giappone :</b>	Japan Narrow-Gauge Railways
<b>Assorbimento dell'aria:</b>	ISO 3891, ISO 9613, ANSI 126

## 8.2 Algoritmi di calcolo

Questo paragrafo è ben lungi dall'esaurire un argomento così complesso come la descrizione degli algoritmi che stanno alla base del Ray-Tracing. Ci si limiterà, pertanto, ad alcuni cenni inerenti gli aspetti teorici fondamentali.

Il Ray-Tracing è un procedimento che genera in modo bidimensionale un ambiente tridimensionale, descritto mediante funzioni cosiddette primitive, come triangoli, cubi, sfere e coni, con una qualità descrittiva elevata, mediante la simulazione dell'interazione fra onda sonora ed oggetti. Ogni oggetto appartenente all'ambiente modellato viene individuato univocamente nello spazio dall'insieme di coordinate cartesiane X, Y e Z, definite rispetto ad un punto di riferimento, detto origine degli assi. Ad esso vengono poi associate altre proprietà relative alle sue caratteristiche fisiche reali, per adattarlo alle proprie esigenze.

Il tracciamento dei raggi avviene seguendo le usuali ipotesi dell'acustica geometrica: quelle della riflessione speculare all'impatto con una superficie,. Dopo ogni riflessione si provvede a costruire la posizione della sorgente immagine rispetto alla superficie impattata, e si prosegue il tracciamento del raggio a partire da tale nuova sorgente virtuale.

La verifica dell'impatto sui ricevitori avviene quando uno di essi si trova all'interno di un fascio che si sta tracciando. Questo fatto viene verificato ritracciando sulla superficie della sorgente immagine la congiungente sorgente-ricevitore, e verificando che tale punto sia interno del fascio costruito. Se si verifica la condizione di arrivo di energia sul ricevitore, il contributo ricevuto viene memorizzato in una opportuna matrice; il valore memorizzato è una "intensità sonora scalare", ottenuto dalla relazione:

$$I = \frac{Q}{4\pi \cdot d^2} \cdot \prod_i (1 - \alpha_i)$$

dove:

Q = direttività nella direzione considerata;

d = distanza fra la sorgente virtuale ed il ricevitore;

$\alpha_i$  = coefficienti di assorbimento delle superfici su cui il raggio ha impattato.

Il tracciamento dei fasci viene proseguito fino ad ordini elevatissimi (anche se è possibile limitarlo ad un livello prefissato), in modo da ricostruire l'intera coda sonora presso ciascun punto ricevitore.

## 8.3 Digitalizzazione della zona oggetto dell'indagine

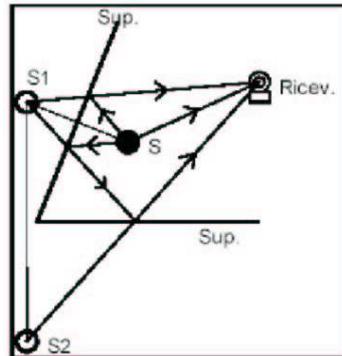
Sulla base della planimetria fornita dal committente è stata ricostruita, mediante l'utilizzo del software SoundPLAN, la digitalizzazione della zona interessata in formato tridimensionale.

Le infrastrutture stradali sono state considerate come sorgenti lineari posizionate alla loro quota di appartenenza.

## 8.4 Ray-Tracing e generazioni delle curve di isolivello

Completata la definizione delle sorgenti di rumore e della geometria dell'area interessata, si è utilizzato il processo matematico ray-tracing, descritto precedentemente, per la descrizione dei diversi scenari, diurno e notturno. Scopo della ricerca verificare la variazione della distribuzione delle curve di isolivello presso i ricettori sensibili già individuati.

La figura seguente illustra la costruzione di una sorgente del primo ordine, ed a partire da questa, di una sorgente del 2° ordine (riflessione doppia):



Una volta individuata la posizione di una sorgente immagine, si calcola il contributo al campo sonoro nel punto ricevente considerando la stessa come sorgente in campo libero alla distanza effettiva fra sorgente immagine e ricevitore, con potenza sonora ridotta per effetto dell'assorbimento di energia da parte delle pareti su cui l'onda ha impattato, ed impiegando dunque la relazione seguente:

$$L_p = L_w + 10 \cdot \lg \left( \frac{Q_v \cdot \prod_j (1 - \alpha_j)}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \right)$$

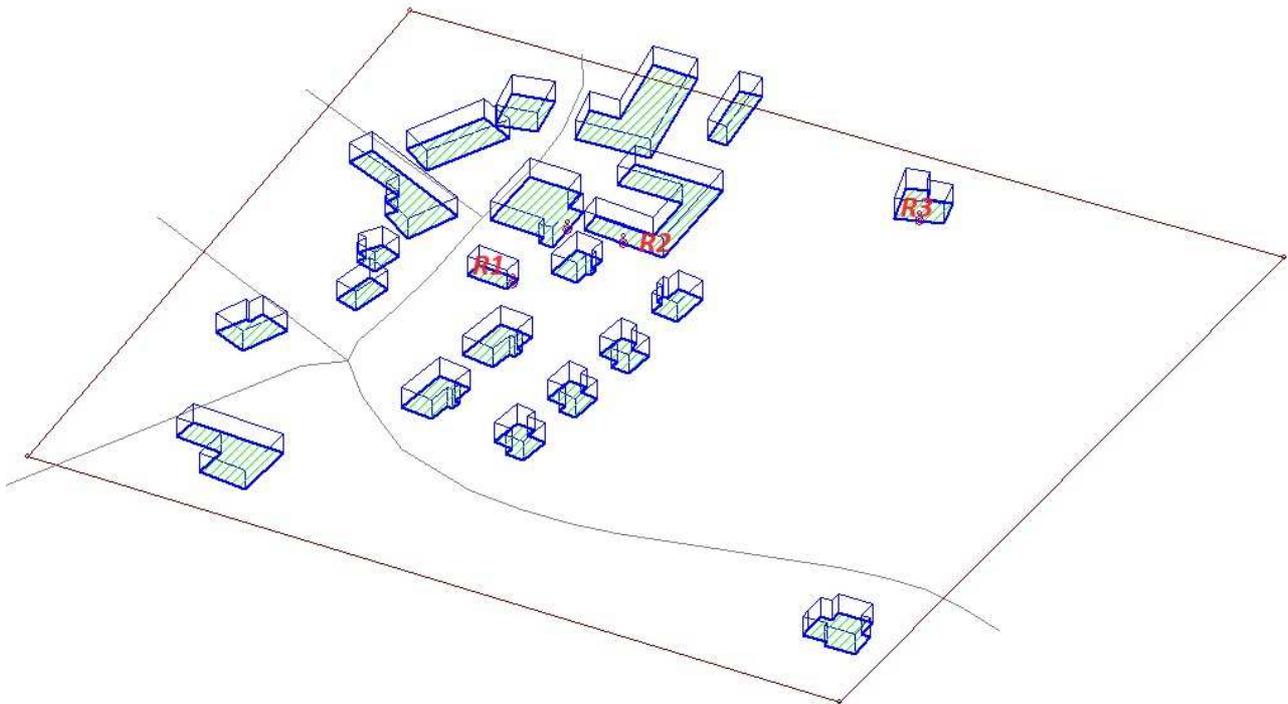
La costruzione può essere iterata fino ad ordini molto elevati, ma procedendo in tal modo il numero di sorgenti immagine create cresce a dismisura. Quando la geometria è più complicata, è necessario operare un test di visibilità fra ciascuna sorgente immagine e ciascun ricevitore, per essere sicuri che il raggio riflesso colpisca il piano di ciascuna parete interessata dalle riflessioni in un punto interno all'elemento di superficie stesso. Si scopre che in tal caso, pur venendo generate centinaia di migliaia di sorgenti immagine (il numero è impressionante in ambienti di forma molto irregolare), solo una piccolissima percentuale delle stesse supera i test di visibilità e tutte le altre non contribuiscono al campo sonoro nel ricevitore considerato.

Le impostazioni con cui il software ha operato le iterazioni sono fondamentali per l'accuratezza dei risultati finali.

## 8.5 Risultati della modellazione

Gli esiti delle elaborazioni matematiche eseguite mediante l'utilizzo del modello sono indicate in forma grafica nelle tavole allegate, rappresentanti le isolinee determinate nelle diverse condizioni sperimentali in periodo diurno e notturno.

### Figura 4 – Modellazione 3d dell'intervento



### Calcoli dei livelli differenziali presso i ricettori:

Resoconto valori differenziali presso i ricettori sensibili in periodo diurno

Ricettore	Limite normativo	Livello residuo	Livello Ambientale	$L_D$
	dB	dB	dB	dB
R1 diurno	55	45,1	48,0	2,9
R2 diurno	55	43,9	44,2	0,3
R3 diurno	55	45,2	45,2	0,0

Resoconto valori differenziali presso i ricettori sensibili in periodo notturno

<b>Ricettore</b>	<b>Limite normativo</b>	<b>Livello residuo</b>	<b>Livello Ambientale</b>	<b><math>L_D</math></b>
	<b>dB</b>	<b>dB</b>	<b>dB</b>	<b>dB</b>
<b>R1 notturno</b>	45	32,5	35,3	2,8
<b>R2 notturno</b>	45	32,4	32,5	0,1
<b>R3 notturno</b>	45	32,6	32,8	0,2

Viste le ipotesi preliminari di progetto per la realizzazione di fabbricati ad uso residenziale, nelle rielaborazioni grafiche si è ipotizzata la predisposizione di una pompa di calore esterna per ogni corpo di fabbrica affermando di conseguenza come visibile dalle tabelle sopraindicate e dalle mappe rumore allegate, che i valori differenziali diurni pari a 5 dB e notturni pari a 3 dB, verranno rispettati presso i ricettori sensibili identificati.

## **9 CONFRONTO TRA I VALORI STIMATI E I LIMITI DI RIFERIMENTO**

I risultati illustrati nelle tabelle precedenti e nelle tavole allegate alla presente relazione tecnica, in riferimento ai limiti già individuati nel paragrafo 3, mostrano che:

- I limiti assoluti, nelle condizioni più sfavorevoli, riferiti alla zonizzazione nei pressi dell'intervento in esame, vengono sempre rispettati.
- Il rispetto dei valori differenziali in entrambi i periodi di riferimento, secondo quanto stabilito dal D.P.C.M. 14 Novembre 1997 Articolo 4, comma 2, non è considerato poiché secondo la modellazione, il rumore interno ai ricettori sensibili, risulta inferiore alla soglia minima di applicabilità del criterio differenziale. Ciononostante dalle verifiche eseguite all'interno del paragrafo 8.5, tali valori verranno ugualmente rispettati.

## **10 CONCLUSIONI**

Si afferma che i limiti assoluti di immissione di zonizzazione acustica verranno sempre rispettati lungo tutto il piano di recupero in esame. Sarà comunque indispensabile assoggettare la progettazione definitiva delle singole abitazioni alla valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi al fine di garantire un confort acustico ottimale e il pieno e totale rispetto dei limiti imposti dal D.P.C.M. 05/12/1997 e dalla Legge 447/95.

Vista la futura destinazione urbanistica residenziale, si può affermare che i valori di clima acustico nei pressi delle abitazioni esistenti, non subiranno particolari modifiche.

## 11 COLLAUDATORE

Le misurazioni e la relazione sono state eseguite dal Tecnico Competente in Acustica Ambientale Bruno Rattini iscritto al D.P.G.R. n° 5874 del 10/06/2010 della Regione Lombardia e all'elenco nazionale dei Tecnici Acustici con n° 2094 del 10/12/2018.

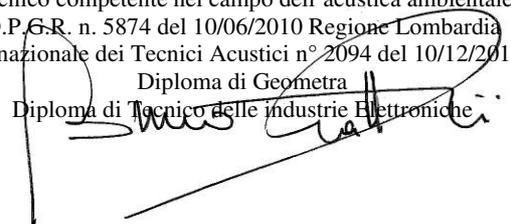
## 12 ELENCO ALLEGATI

1. stratto di mappa e P.G.T.
2. Estratto zonizzazione acustica
3. Ipotesi di progetto
4. Curve di isolivello del periodo diurno ante-operam
5. Curve di isolivello del periodo diurno post-operam
6. Curve di isolivello del periodo notturno ante-operam
7. Curve di isolivello del periodo notturno post-operam
8. Certificato di taratura del fonometro e del microfono
9. Certificato di taratura del calibratore

Goito (MN), 12 Marzo 2024

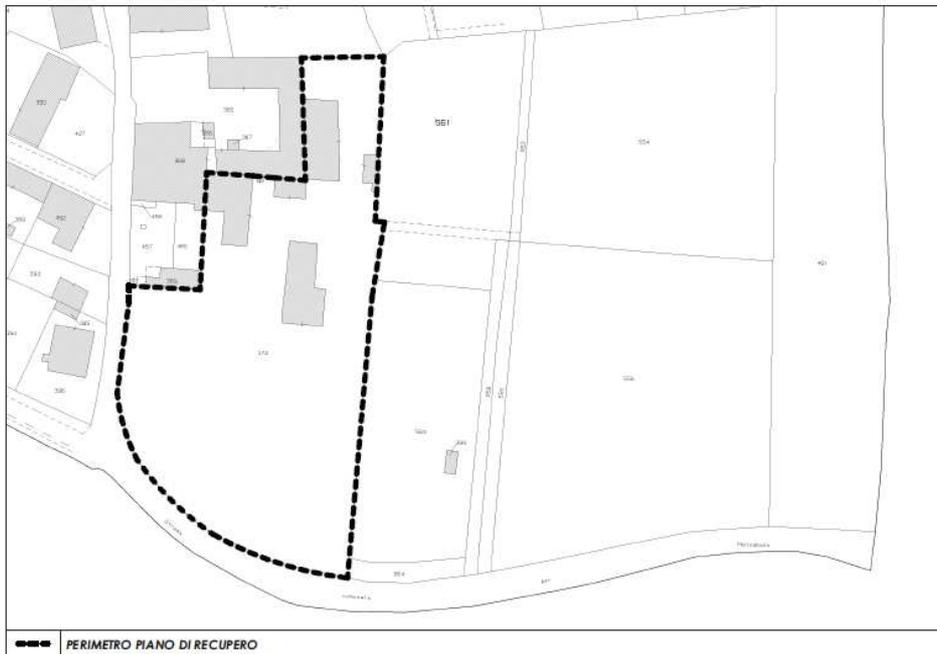
### **Tec. Bruno Rattini**

Tecnico competente nel campo dell'acustica ambientale  
D.P.G.R. n. 5874 del 10/06/2010 Regione Lombardia  
Elenco nazionale dei Tecnici Acustici n° 2094 del 10/12/2018  
Diploma di Geometra  
Diploma di Tecnico delle industrie Elettroniche



# Allegato 1 – Estratto di mappa e P.G.T.

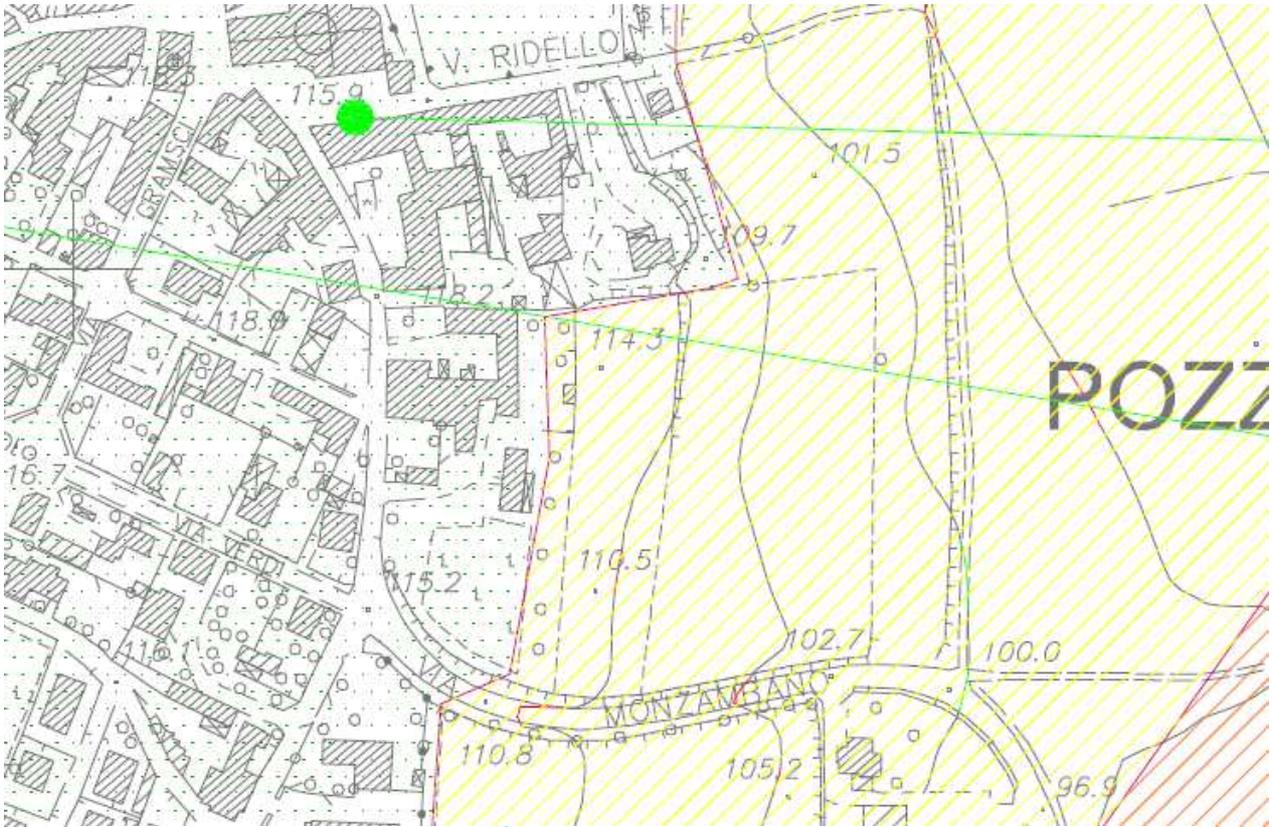
Estratto di Mappa  
Scala 1:1.000



Estratto da Piano delle Regole - Zoom sul centro storico  
Scala 1:2.000



## Allegato 2 – Estratto zonizzazione acustica



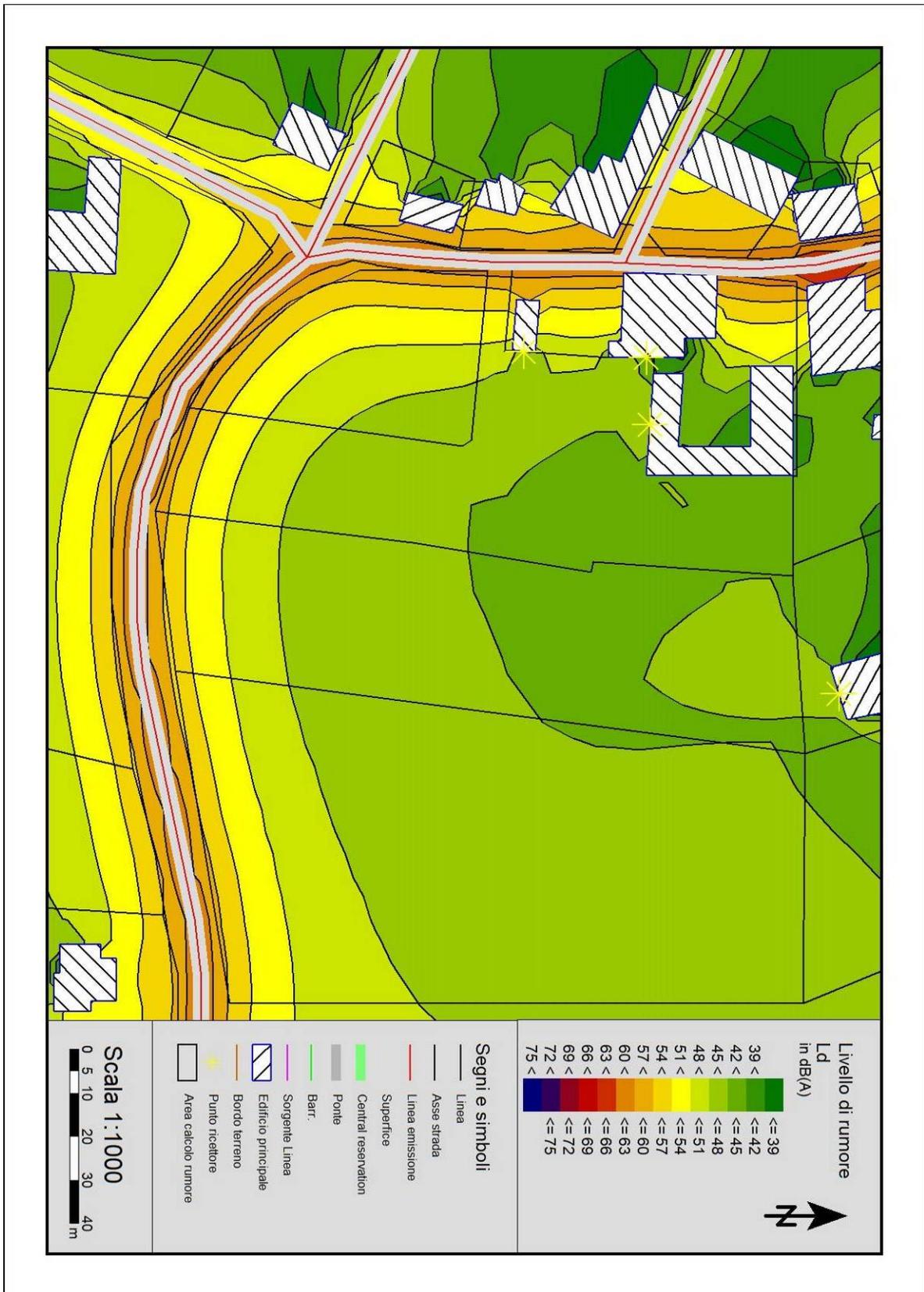
LEGENDA							
		Livelli Calibrati Giorno	Notturno		Livelli Calibrati Giorno	Notturno	
	Classe I	Aree pertinenze protette		50	40		
	Classe II	Aree ad uso residenziale		55	45		
	Classe III	Aree di tipo misto		60	50		
	Classe IV	Aree di intensa attività urbana		65	55		
	Classe V	Aree prevalentemente industriali		70	60		
	Classe VI	Aree esclusivamente industriali		70	70		
	Confine Comunale						

<b>COMUNE DI POZZOLENGO</b>	del	Maggio 2024	ECOSTUDIO s.r.l. Via Caspucchi 19 - 21028 Verolanova (BS)
	di	UNICA	
	scala	1:5000	
Piano di zonizzazione acustica dell'intero territorio			

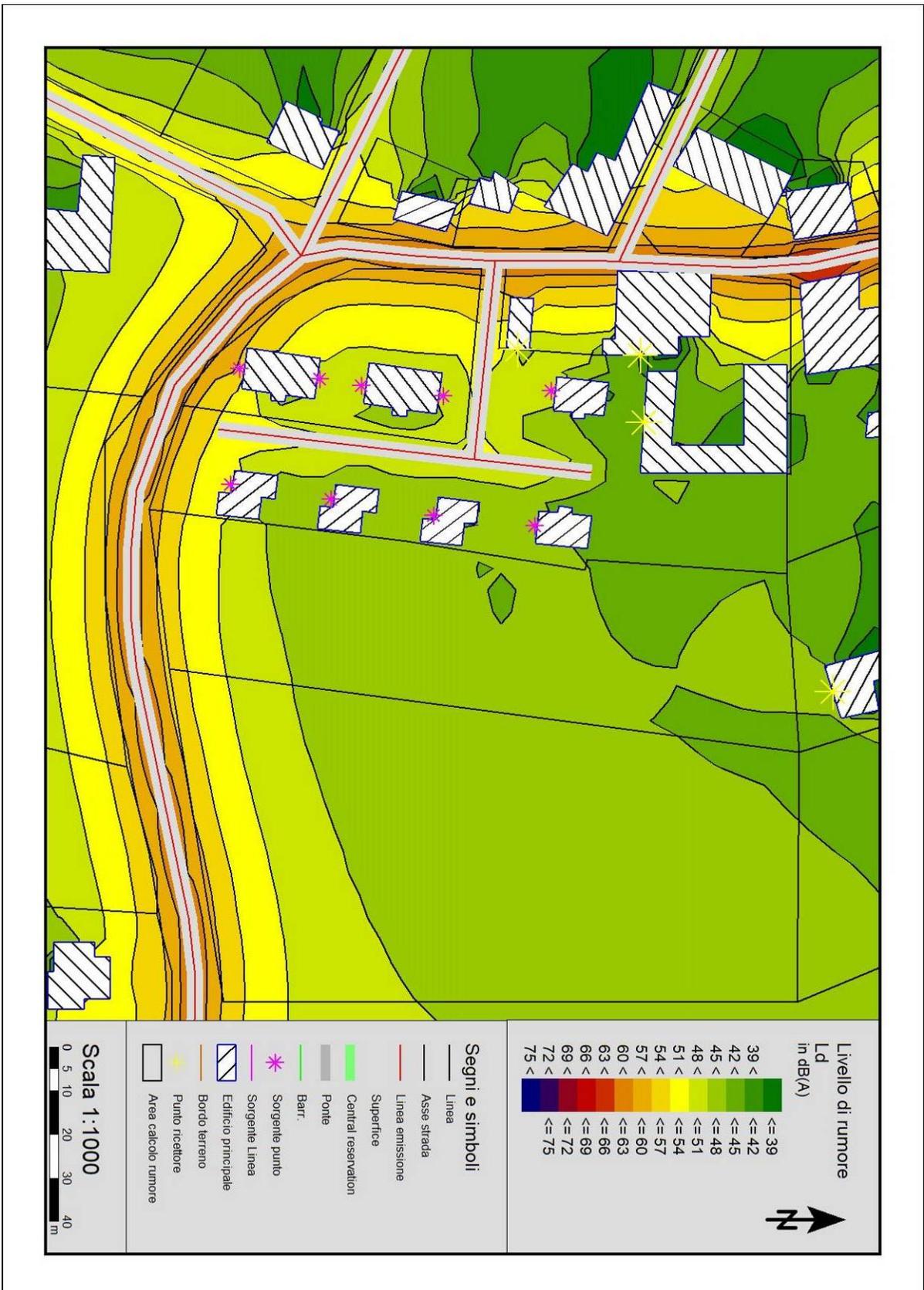
# Allegato 3 – Ipotesi di progetto



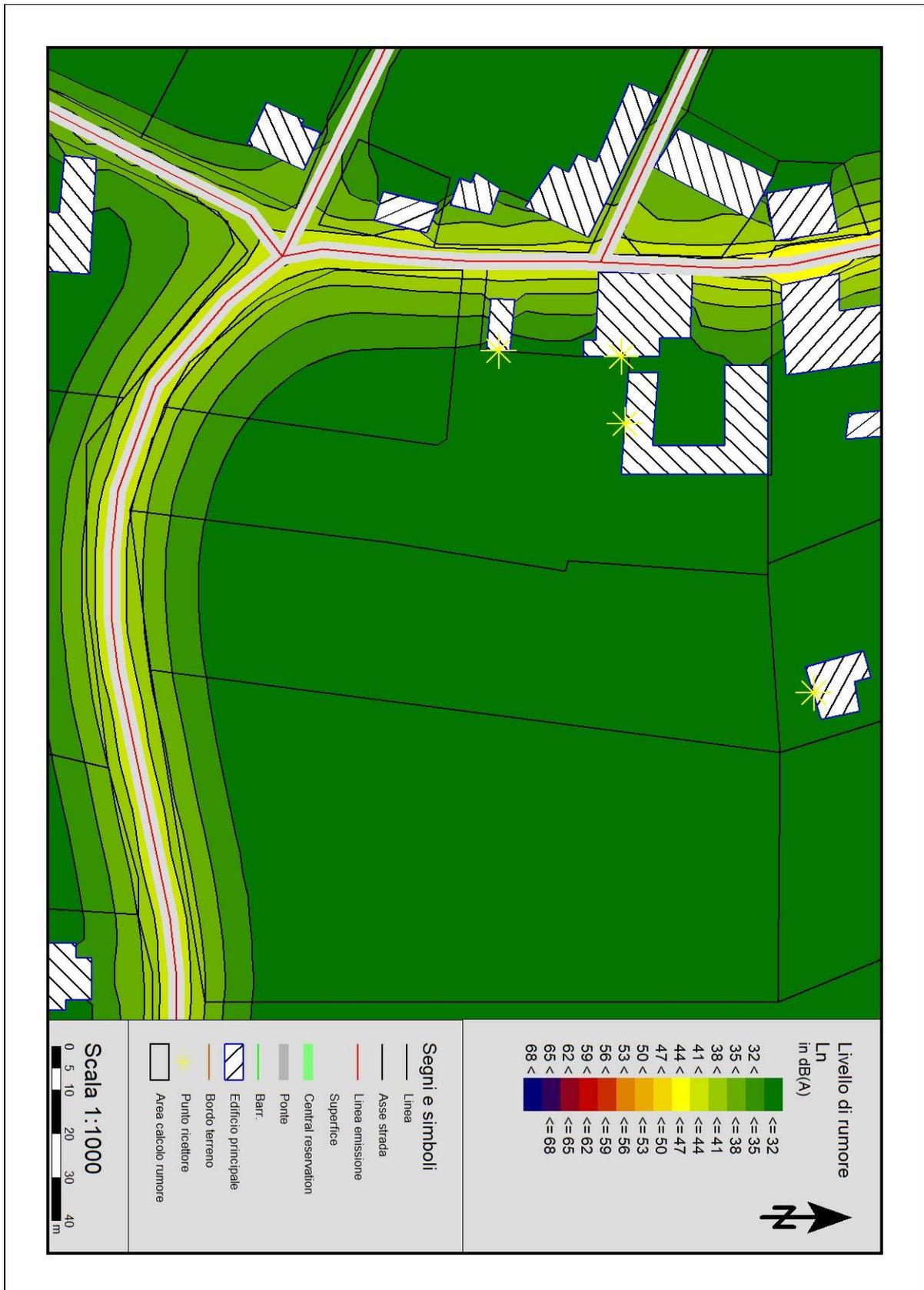
Allegato 4 – Curve di isolivello del periodo diurno ante-operam



# Allegato 5 – Curve di isolivello del periodo diurno post-operam



Allegato 6 – Curve di isolivello del periodo notturno ante-operam



Allegato 7 – Curve di isolivello del periodo notturno post-operam



## Allegato 8 – Certificato di taratura del fonometro e del microfono



**Sky-lab S.r.l.**  
Area Laboratori  
Via Belvedere, 42 Arcore (MB)  
Tel. 039 5783463  
skylab.tarature@outlook.it

Centro di Taratura LAT N° 163  
Calibration Centre  
Laboratorio Accreditato di Taratura  
Accredited Calibration Laboratory



LAT N° 163

Pagina 1 di 9  
Page 1 of 9

### CERTIFICATO DI TARATURA LAT 163 29925-A Certificate of Calibration LAT 163 29925-A

- data di emissione date of issue	2023-05-22
- cliente customer	EKOPLAN ACUSTICA 46100 - GOITO (MN)
- destinatario receiver	EKOPLAN ACUSTICA 46100 - GOITO (MN)

<u>Si riferisce a</u> Referring to	
- oggetto item	Fonometro
- costruttore manufacturer	Larson & Davis
- modello model	824
- matricola serial number	3385
- data di ricevimento oggetto date of receipt of item	2023-05-19
- data delle misure date of measurements	2023-05-22
- registro di laboratorio laboratory reference	Reg. 03

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento LAT N° 163 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° 163 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.*

Direzione Tecnica  
(Approving Officer)

Firmato digitalmente da:  
Emilio Giovanni Caglio  
Data: 22/05/2023 11:08:28

## Allegato 9 – Certificato taratura calibratore



**Sky-lab S.r.l.**

Area Laboratori  
Via Belvedere, 42 Arcore (MB)  
Tel. 039 5783463  
skylab.taratura@outlook.it

Centro di Taratura LAT N° 163  
Calibration Centre  
Laboratorio Accreditato di Taratura  
Accredited Calibration Laboratory



LAT N° 163

Pagina 1 di 4

Page 1 of 4

### CERTIFICATO DI TARATURA LAT 163 29924-A Certificate of Calibration LAT 163 29924-A

- data di emissione  
date of issue 2023-05-22  
- cliente  
customer EKOPLAN ACUSTICA  
46100 - GOITO (MN)  
- destinatario  
receiver EKOPLAN ACUSTICA  
46100 - GOITO (MN)

#### Si riferisce a

Referring to  
- oggetto  
item Calibratore  
- costruttore  
manufacturer Larson & Davis  
- modello  
model CA250  
- matricola  
serial number 1878  
- data di ricevimento oggetto  
date of receipt of item 2023-05-19  
- data delle misure  
date of measurements 2023-05-22  
- registro di laboratorio  
laboratory reference Reg. 03

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento LAT N° 163 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° 163 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.*

Direzione Tecnica  
(Approving Officer)

Firmato digitalmente da:  
Emilio Giovanni Caglio  
Data: 22/05/2023 11:08:08