



COMUNE DI MORBEGNO
PROVINCIA DI SONDRIO

MAPPATURA ACUSTICA

RETE STRADALE COMUNALE

ai sensi della Direttiva 2002/49/CE e del D.lgs. 194/2005



Oggetto

Asse stradale

Committente

Emissione

RELAZIONE TECNICA

Via Forestale

Comune di Morbegno

Servizio Lavori Pubblici Manutenzione e Ambientale – Resp. Ing. Mauro Orlandi

Servizio Urbanistico – Resp. Arch. Cristina Tarca

26 giugno 2017

INDICE

Premessa	2
Quadro normativo di riferimento	4
Descrizione dell'infrastruttura stradale	6
Flussi di traffico	10
Caratterizzazione dell'area di indagine e relativi recettori	11
Popolazione residente	12
Metodi di Calcolo e modelli applicati	13
Mappatura acustica	15
Considerazioni preliminari	15
Software di simulazione	15
Taratura del modello e misurazioni di riferimento	16
Calcolo della popolazione esposta	18
Risultati	19
ALLEGATO – A (attestato tecnico acustico)	21
ALLEGATO – B (taratura fonometro)	23
ALLEGATO – C (taratura calibratore)	24
ALLEGATO – D (grafico rilievi fonometrici)	25

Premessa

L'inquinamento acustico generato dal transito di auto è considerato uno dei maggiori problemi ambientali, con elevato e diffuso impatto sulla popolazione e sull'ambiente. Gli effetti dell'inquinamento acustico, in termini di disturbo e deterioramento della qualità della vita, sono ampiamente documentati e i più recenti studi a cura dell'Organizzazione Mondiale della Sanità riconoscono che gli effetti sulla salute umana costituiscono un serio problema e indicano che l'esposizione al rumore ambientale registra in Europa una tendenza in crescita rispetto ad altri fattori di stress.

Tali condizioni hanno indotto la Commissione Europea a perseguire, quale obiettivo prioritario, la riduzione del numero di persone esposte al rumore, intraprendendo una serie di politiche in materia di mitigazione del rumore e la direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale 2002/49/CE è stata adottata per definire un approccio comune a tutti gli stati della comunità Europea. La direttiva europea 2002/49/CE si pone l'obiettivo primario di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi dell'esposizione al rumore ambientale, attraverso la determinazione dell'esposizione al rumore per mezzo di una mappatura acustica realizzata sulla base di metodi comuni agli Stati membri dell'Unione.

Il decreto legislativo n.194 del 19/08/2005 "*Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale*" è il recepimento italiano della direttiva europea: esso definisce le competenze e procedure per l'elaborazione della mappatura acustica, mappe acustiche strategiche e dei piani d'azione.

I principali strumenti introdotti dalla Direttiva per raggiungere i propri obiettivi sono:

- la determinazione dell'esposizione al rumore ambientale della popolazione mediante la mappatura acustica delle principali sorgenti di rumore presenti sul territorio, mappatura da realizzarsi sulla base di descrittori acustici e metodi di calcolo condivisi e comuni a tutti gli Stati Membri;
- l'informazione e la partecipazione del pubblico in merito al rumore ambientale e ai relativi effetti per garantire un processo democratico e condiviso di lotta al rumore;
- la predisposizione di piani d'azione per contenere e/o ridurre il rumore ambientale e per evitare aumenti di rumore nelle zone silenziose.

La direttiva individua due contesti territoriali in cui è prevista l'elaborazione delle mappe acustiche:

- agglomerati urbani con più di 100.000 abitanti (non è il caso del territorio comunale di Morbegno);
- aree esterne agli agglomerati interessate dal rumore delle principali infrastrutture di trasporto.

Nel caso delle infrastrutture stradali, la mappatura acustica deve interessare gli "*assi stradali principali*", cioè quelle strade dove transitano ogni anno più di 3.000.000 di veicoli. La mappatura deve essere ripetuta e aggiornata ogni 5 anni. Quest'ultima è definita come: "*la rappresentazione di dati relativi ad una situazione di rumore esistente o prevista in una zona, relativa ad una determinata sorgente, in funzione di un descrittore acustico che indichi il superamento di pertinenti valori limite vigenti, il numero di persone esposte o il numero di abitazioni esposte a determinati valori di rumore*".

In base al Decreto Legislativo n. 194/2005 spetta ai proprietari e/o gestori eseguire la mappatura acustica del rumore prodotto dalle proprie infrastrutture.

L'Amministrazione Comunale di Morbegno ha avviato il procedimento per la mappatura acustica dell'asse stradale Via Forestale, da essa gestita, avente un traffico superiore ai 3 000 000 di veicoli/anno.

L'attività di mappatura acustica è stata effettuata utilizzando come riferimenti metodologici e operativi le Linee Guida per l'elaborazione delle mappe acustiche relative alle strade provinciali ed agli agglomerati del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (10 marzo 2017).

L'obiettivo dello studio è quello di calcolare, all'interno del territorio di pertinenza dell'asse stradale principale con traffico veicolare superiore ai 3 milioni/anno, le seguenti grandezze:

- il numero totale stimato, arrotondato al centinaio, di persone che occupano abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di L_{den} in dB(A) a 4 m di altezza e sulla facciata più esposta: 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75;
- il numero totale stimato, arrotondato al centinaio, di persone che occupano abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di L_{night} in dB(A) a 4 m di altezza sulla facciata più esposta: 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70;
- la superficie totale, in km^2 , il numero totale stimato di abitazioni, arrotondato al centinaio, e il numero totale stimato di persone, arrotondato al centinaio, esposte a livelli di L_{den} rispettivamente superiori a 55, 65 e 75 dB(A).

Alla generazione dei livelli sonori ambientali concorrono le infrastrutture di trasporto, le attività industriali e le attività commerciali/terziarie. Nella presente relazione sono state prese in considerazione solo le infrastrutture di trasporto. L'assoluta variabilità ed imprevedibilità del rumore generato dalle attività, tra cui quello di tipo antropico per il settore commerciale e terziario, rende assai complessa una descrizione o previsione attendibile dei relativi contributi. A seguito di analisi del territorio comunale è stato accertato che in prossimità dell'asse stradale oggetto di indagine non è presente nessun insediamento industriale ed altre attività che possono condizionare il clima acustico locale.

Quadro normativo di riferimento

Normativa europea

- Direttiva 2002/49/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 25 giugno 2002 relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale.

In modo particolare, la direttiva pone l'attenzione sul rumore ambientale cui è sottoposto l'uomo nelle zone edificate, nei parchi pubblici, nelle zone silenziose (sia esse attigue ad agglomerati che in aperta campagna), nei pressi di scuole, ospedali e altri edifici ritenuti sensibili all'esposizione al rumore, escludendo, parallelamente, il rumore generato dalle persone stesse o dalle normali attività domestiche.

Per la stesura e la revisione della mappatura acustica, gli Stati membri sono tenuti ad utilizzare gli stessi descrittori acustici (L_{den} e L_{night}).

$$L_{den} = 10 \lg \frac{1}{24} \left(14 \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 2 \cdot 10^{\frac{L_{evening} + 5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{night} + 10}{10}} \right)$$

L_{day} è il livello sonoro medio a lungo termine ponderato «A», definito alla norma ISO 1996-2: 1987, determinato sull'insieme dei periodi diurni di un anno;

$L_{evening}$ è il livello sonoro medio a lungo termine ponderato «A», definito alla norma ISO 1996-2: 1987, determinato sull'insieme dei periodi serali di un anno;

L_{night} è il livello sonoro medio a lungo termine ponderato «A», definito alla norma ISO 1996-2: 1987, determinato sull'insieme dei periodi notturni di un anno.

Periodo diurno: dalle 06.00 alle 20.00

Periodo serale: dalle 20.00 alle 22.00

Periodo notturno: dalle 22.00 alle 06.00

Normativa nazionale

- D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 194 "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione ed alla gestione del rumore ambientale"
- Documento redatto dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare denominato "Specifiche tecniche per la predisposizione e consegna della documentazione digitale relativa alle Mappature acustiche e Mappe acustiche strategiche (D.Lgs. 194/05)" (Versione: 2.0, seconda bozza del 18 Maggio 2012)

A seguito del recepimento della Direttiva Europea 2002/49/CE lo Stato Italiano, con l'emanazione del D.Lgs. 19 agosto 2005, n.194, si è impegnato a fornire alla Commissione Europea, nei tempi in essa stabiliti, una caratterizzazione acustica del territorio nazionale, attraverso l'elaborazione di mappe acustiche e mappe acustiche strategiche ed a sviluppare dei piani d'azione coordinati per il contenimento del rumore ambientale sulla base di criteri comuni ai diversi stati membri.

Le mappe acustiche e mappe acustiche strategiche costituiscono la base su cui redigere i piani di azione, ossia i piani destinati a gestire i problemi di inquinamento acustico ed i relativi effetti, compresa, se necessario, la sua riduzione, nei modi e nei tempi stabiliti dalle autorità competenti.

Il recepimento della Direttiva da parte dello stato Italiano ha come conseguenza l'adeguamento della normativa nazionale vigente ai principi comunitari da essa individuati e rappresenta il primo passo verso un più complesso processo di armonizzazione, che prevede l'emanazione di una serie di decreti attuativi attraverso cui provvedere nel tempo all'adeguamento dei regolamenti vigenti, anche in relazione alle future indicazioni e raccomandazioni della Commissione.

Descrizione dell'infrastruttura stradale

VIA FORESTALE

Strada urbana di quartiere ad unica carreggiata con due corsie, banchine pavimentate e marciapiedi.

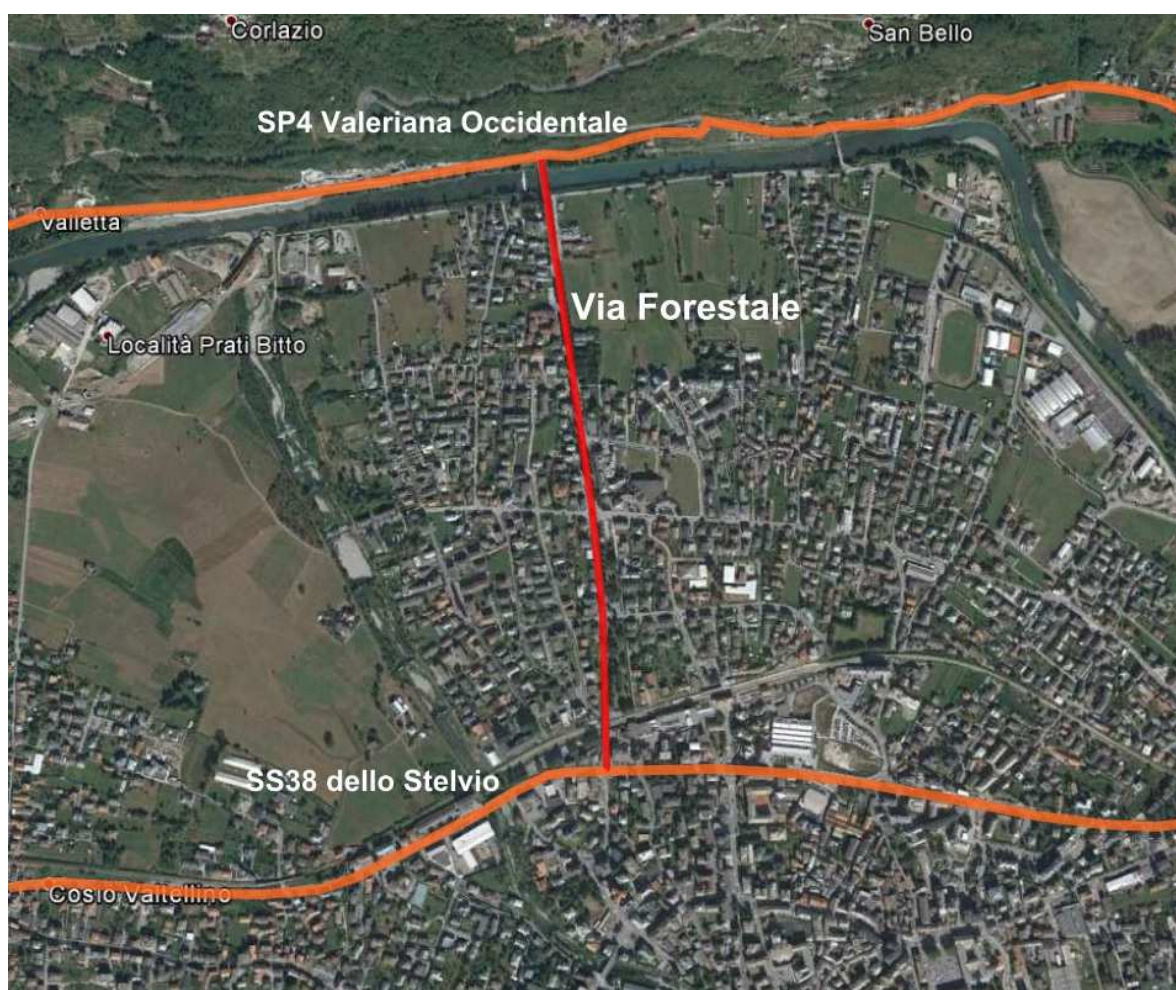
Funzione di collegamento tra la zona nord e sud del Comune di Morbegno:

(Nord) - SP4 Valeriana occidentale Dubino-Paniga

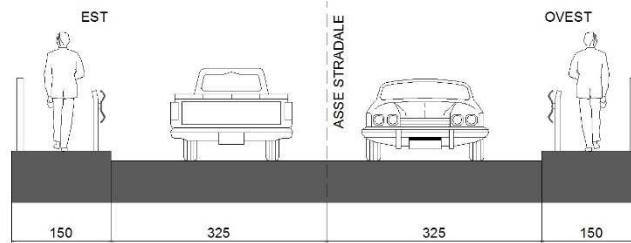
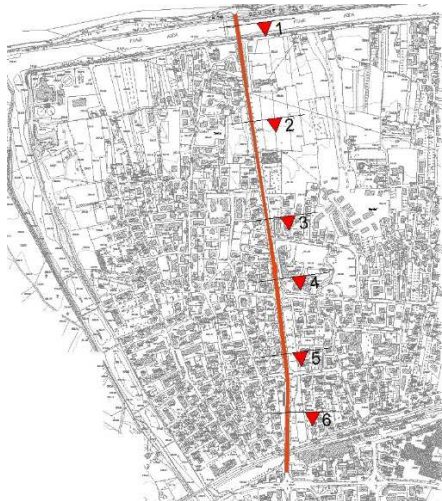
(Sud) - SS38 dello Stelvio

CATEGORIA	GEOMETRIA					
Strada Urbana	Velocità (km/h)	Carreggiate	N° corsie per senso di marcia	Larghezza corsia (m)	Larghezza banchina (m)	Larghezza Marciapiede (m)
(E) QUARTIRE	50	unica	1	3.25-3.75	0.5	1.5-2.0-2.5
SUPERFICIE STRADALE						
Asfalto liscio con strato di usura parzialmente danneggiato in alcuni tratti.						
Recentemente è stato ripristinato lo strato di usura in prossimità dell'incrocio con Via Matteo Olmo						

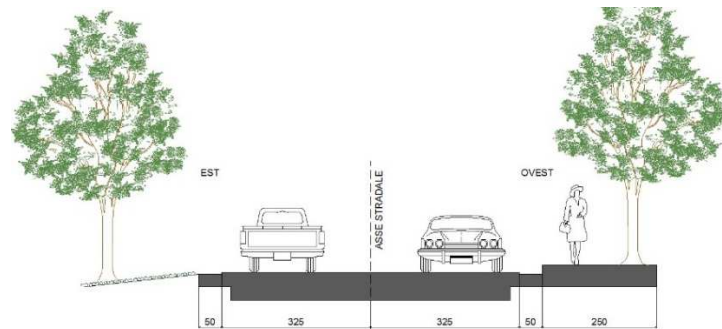
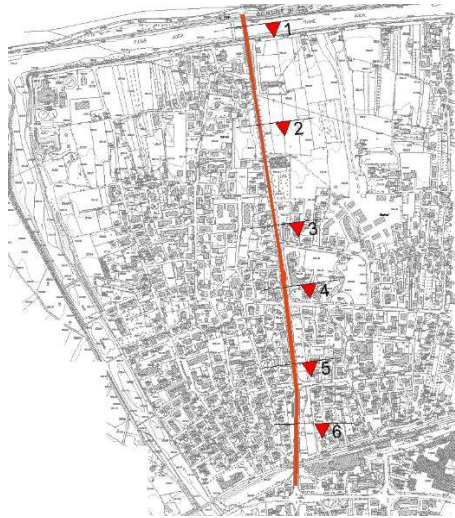
Figura 1 – Ubicazione Via Forestale



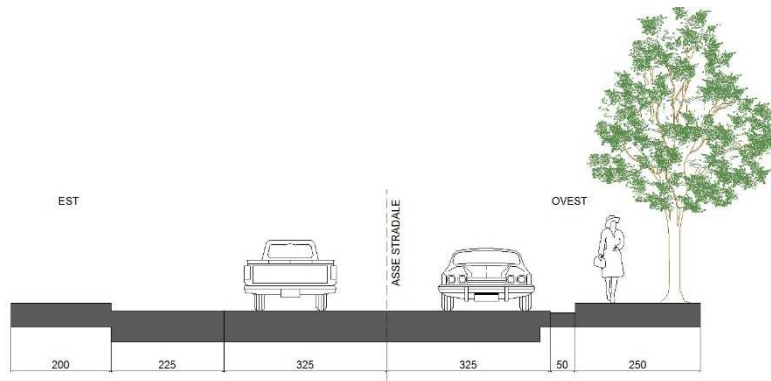
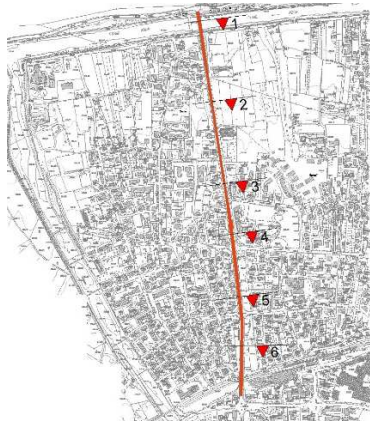
Punto 1 – Via Forestale (Ponte sull’Adda)



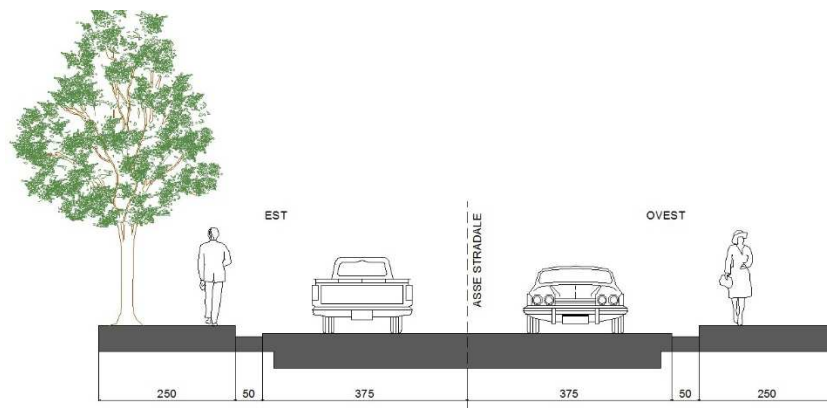
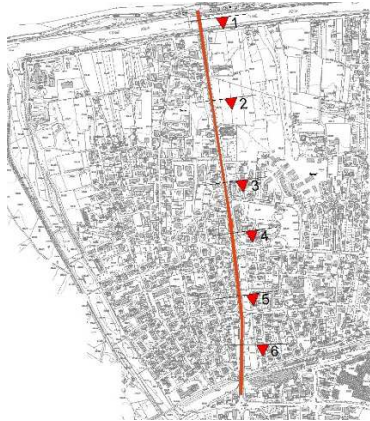
Punto 2 – Via Forestale



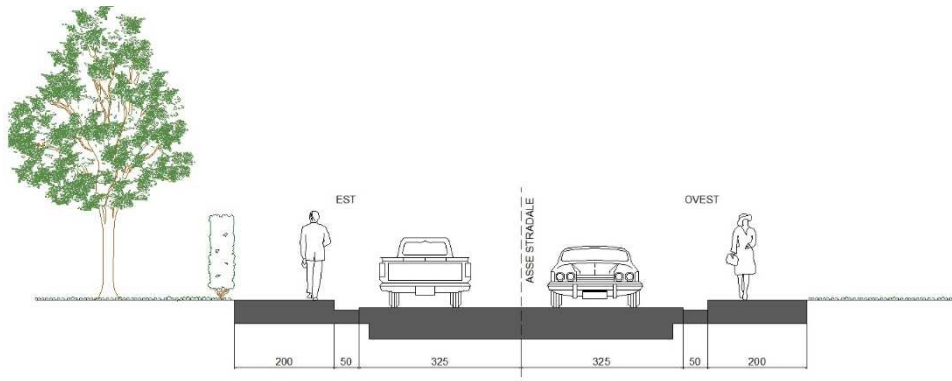
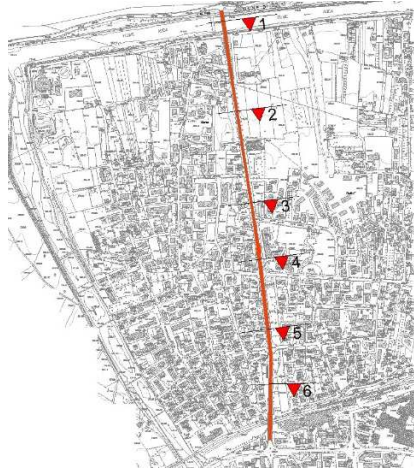
Punto 3 – Via Forestale (incrocio Via D.Monsignore)



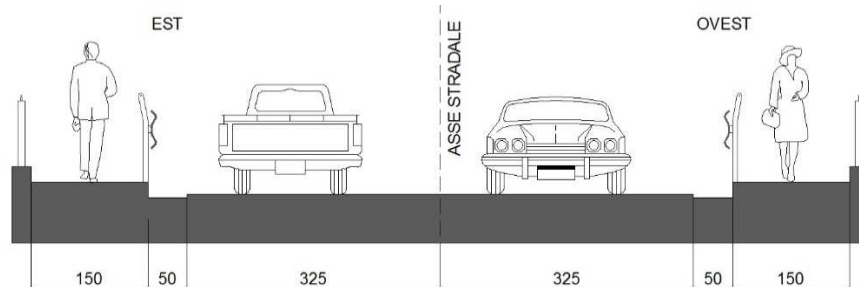
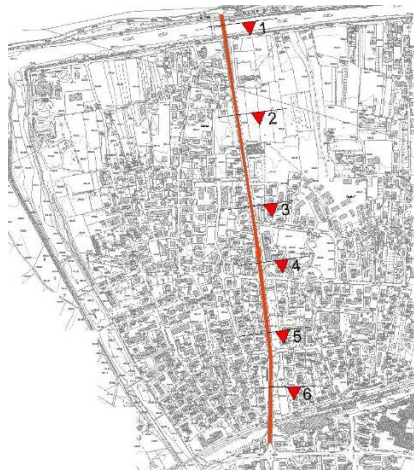
Punto 4 – Via Forestale (incrocio Via 5° Alpini)



Punto 5 – Via Forestale (incrocio Via Olmo)



Punto 6 – Via Forestale (cavalcavia)



Flussi di traffico

I dati del traffico sulla Via Forestale sono stati forniti dalla Polizia Municipale del Comune di Morbegno, che svolge regolarmente censimenti puntuali del traffico attraverso delle telecamere poste in corrispondenza del semaforo presente all'incrocio Via Forestale – Via XXVII Gennaio.

I conteggi del traffico disponibili, non sono tutti riferiti al precedente anno solare come richiesto dal D.L.gs 194/2005.

Il livello di emissione di rumore dell'infrastruttura è dipendente da parametri quali il numero di veicoli, la velocità di transito e la ripartizione tra veicoli leggeri (autovetture e furgoni) e pesanti (camion, autoveicoli, pullman...).

Il software di calcolo utilizzato per la mappatura richiede per ogni arco stradale omogeneo il numero medio orario di transiti nei tre periodi:

- giorno (day, 06:00 – 20:00);
- sera (evening, 20:00 – 22:00);
- notte (night, 22:00 – 06:00).

Per ogni periodo è inoltre necessario definire la percentuale di veicoli pesanti sul numero complessivo di transiti. Nella presente mappatura, sono considerati leggeri i veicoli di lunghezza compresa tra 0 e 7,5 metri (motocicli, autovetture e veicoli commerciali leggeri) e pesanti i veicoli di lunghezza superiore ai 7,5 metri (veicoli commerciali pesanti, autobus, autoarticolati, autotreni e veicoli eccezionali).

Per quanto riguarda le velocità, in coerenza con le indicazioni del software di simulazione adottato, sono stati attribuiti alla strada i valori massimi permessi dal codice della strada (50 km/h per le strade di Tipo E).

Si tratta di una scelta cautelativa, che può portare a situazione paradossali, in particolare ad attribuire velocità di percorrenza irrealistiche a svincoli o rotatorie.

Sulla base delle informazioni raccolte, la Via Forestale presenta un numero di transiti di veicoli differenti tra periodo festivo e periodo feriale.

Durante i gironi feriali il flusso veicolare registra una media di 12500 transiti con un picco il venerdì con circa 13800 transiti.

Durante i gironi festivi (domenica) il flusso veicolare registra una media di 8000 transiti.

Giorni Feriali ($N^{\circ}_{transiti} = 12500$)

Strada	2016					
	TMd	%Pd	TMe	%Pe	TMn	%Pn
Via Forestale	777	10	400	4	102	3
TMd – Numero medio di transiti orari durante il periodo diurno (06.00-20.00) TMe – Numero medio di transiti orari durante il periodo serale (20.00-22.00) TMn – Numero medio di transiti orari durante il periodo notturno (22.00-06.00) %P –percentuale di veicoli pesanti durante ogni singolo periodo						

Giorni Festivi ($N^{\circ}_{transiti} = 8000$)

Strada	2016					
	TMd	%Pd	TMe	%Pe	TMn	%Pn
Via Forestale	473	7	326	2	89	2
TMd – Numero medio di transiti orari durante il periodo diurno (06.00-20.00) TMe – Numero medio di transiti orari durante il periodo serale (20.00-22.00) TMn – Numero medio di transiti orari durante il periodo notturno (22.00-06.00) %P –percentuale di veicoli pesanti durante ogni singolo periodo						

Caratterizzazione dell'area di indagine e relativi recettori

L'area in esame è situata a nord del centro storico del Comune di Morbegno.

L'asse stradale oggetto di indagine (Via Forestale) attraversa una zona prettamente residenziale con l'assenza di attività industriali o artigianali.

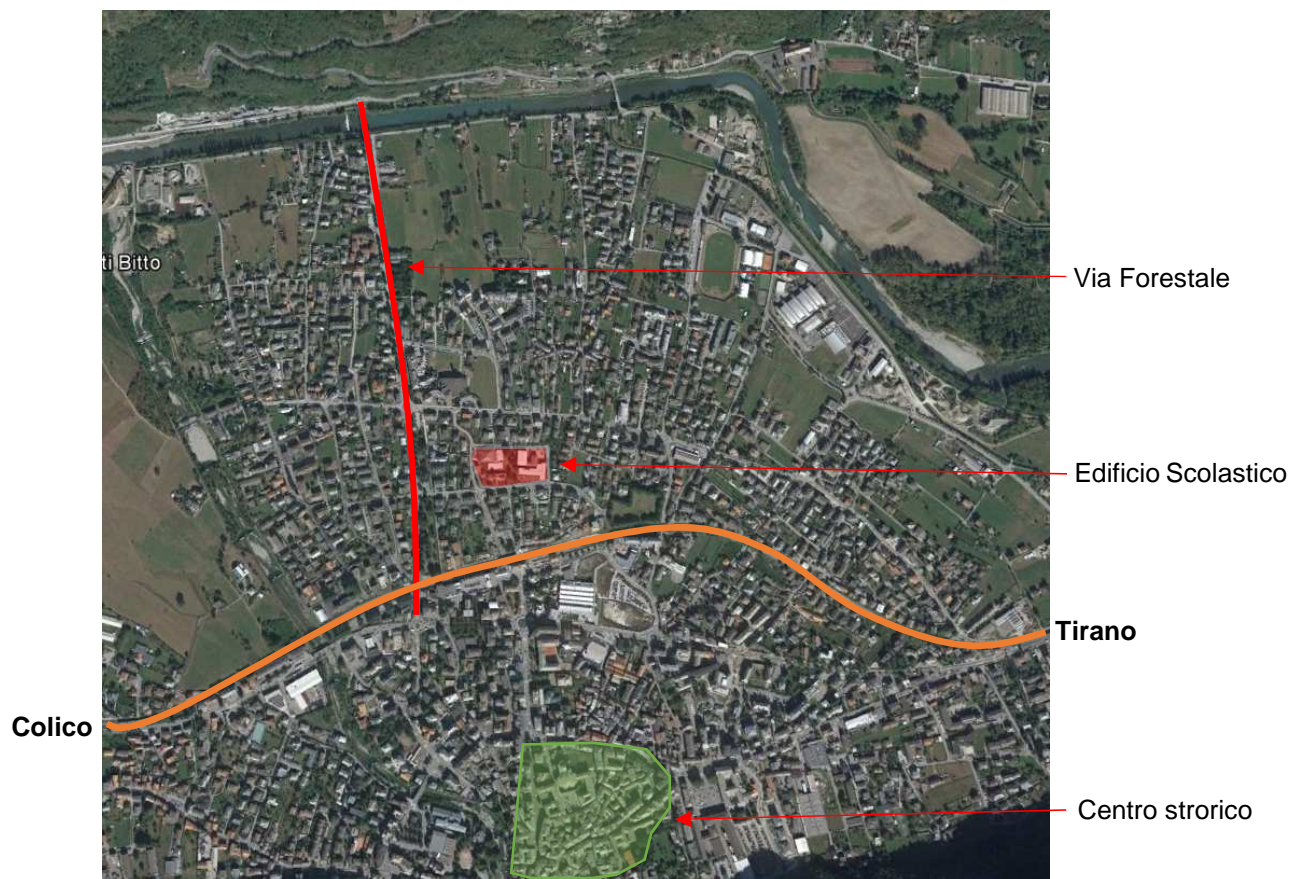
Dal punto di vista altimetrico l'area è pressoché pianeggiante con l'asse stradale che decresce leggermente da sud a nord con una pendenza indicativa del 1.5%.

All'incrocio con l'asse ferroviario Colico-Tirano è presente un cavalcavia che mette in comunicazione la Via Forestale con la SS38.

Figura 2 – Vista Morbegno

In rosso Via Forestale

In giallo linea ferroviaria Colico-Tirano



Il clima acustico attuale del sito è caratterizzato dal rumore da traffico sull'asse stradale (Via Forestale) e sulle altre vie Comunali.

Altri fenomeni che contribuiscono al clima acustico sono:

- attività antropiche;
- rumori di origine naturale.

I recettori sensibili a ridosso dell'asse stradale sono edifici residenziali di due tre piani, di non recente costruzione e con dei valori di isolamento acustico di facciata difficilmente corrispondenti ai parametri di legge previsti dal DPCM 5/12/97.

Ad est della Via Forestale, ad una distanza di circa 140m, è presente un complesso scolastico.

Le emissioni sonore generate dal traffico stradale risultano mitigate dagli edifici che si interpongono tra l'asse stradale e il plesso scolastico.

Il DPR n. 142 del 30 marzo 2004, che fissa i limiti per il rumore delle infrastrutture stradali, prevede che i limiti siano ridotti di 15 dB(A) per scuole, ospedali e case di riposo ricadenti all'interno delle fasce di pertinenza dell'infrastruttura. Nel caso delle scuole la riduzione del limite vale solo per il periodo diurno (dalle 6:00 alle 22:00). Ai fini della valutazione dei risultati del modello di propagazione del rumore, è quindi importante localizzare tali strutture, genericamente indicate col nome di "recettori sensibili".

Si ricorda che il DPR n. 142/2004 non reca una definizione dettagliata di "scuole, ospedali, case di riposo".

Popolazione residente

Un calcolo esatto della popolazione esposta richiederebbe di conoscere il numero di residenti di ogni unità abitativa e la disposizione delle singole unità all'interno di ogni edificio.

Con queste informazioni, sarebbe possibile differenziare il livello dell'esposizione a cui sono soggetti gli abitanti degli appartamenti collocati in corrispondenza della facciata più esposta da quelli degli appartamenti più interni, che beneficiano della schermatura offerta dall'edificio stesso.

Un livello d'informazione così dettagliato allo stato attuale non è disponibile. Esso, tuttavia, ha senso solo in presenza di edifici grandi e articolati, per i quali attribuire a tutto l'edificio il valore della facciata più esposta costituisce un errore significativo.

Nel caso del territorio di Morbegno, in cui si ha prevalenza di villette mono o bifamiliari, già considerare il numero complessivo di abitanti per edificio può costituire un livello di approssimazione accettabile.

Il metodo adottato per ricavare tale informazione è stato l'incrocio tra l'indirizzo stradale di ogni edificio (via e numero civico) e i dati dell'anagrafe comunale relativi all'ultimo censimento.

Metodi di Calcolo e modelli applicati

Le mappe acustiche possono essere elaborate attraverso modelli di calcolo in grado di determinare i valori dei descrittori a lungo termine nei tre periodi di riferimento diurno, serale e notturno, tenendo conto degli effetti meteorologici e delle fluttuazioni dell'emissione acustica delle sorgenti nell'anno di osservazione, su tutta l'area da mappare. Nell'ambito della modellizzazione acustica i rilievi strumentali possono essere utilizzati per validare i risultati prodotti dal modello (taratura del modello).

Gli Stati Membri che non dispongono di metodi di calcolo nazionali da adattare alle specifiche della Direttiva sono tenuti ad eseguire le mappature acustiche utilizzando i modelli di calcolo ad interim raccomandati.

Allo stato attuale l'Italia, non disponendo di modelli di calcolo nazionali, fino alla pubblicazione del metodo di calcolo europeo (CNOSSOS-EU), ovvero alla modifica dell'Allegato II della Direttiva Europea, è tenuta ad utilizzare i modelli ad interim.

Il modello di simulazione utilizzato è conforme al metodo di calcolo ufficiale della Unione Europea indicato dalla Raccomandazione della Commissione del 6 agosto 2003 (2003/613/CE) e dall'all. 2 del d.lg. 194/2005 (metodo NMPB – Routes 96 (SETRA – CERTU – LCPC – CSTB) citato nell' "arrêté du 5 mai 1995 relatif du bruit des infrastructures routieres, journal officiel du 10 mai 1995, artiche 6" e nella norma francese "XPS 31-133").

Il modello contempla la suddivisione temporale secondo i periodi diurno, serale e notturno permettendo il calcolo delle mappe acustiche e dei livelli in facciata agli edifici L_{day} , $L_{evening}$ ed L_{night} e la derivazione automatica da questi del valore del descrittore acustico L_{den} secondo la formula riportata nel Paragrafo 3.3, in forma di mappa acustica o puntuale.

L'area di indagine è stata estesa ai lati della infrastruttura stradale oggetto di studio fino al raggiungimento del valore $L_{den} = 55$ dB(A).

Per la determinazione dei livelli L_{day} , $L_{evening}$, L_{night} ed L_{den} in facciata degli edifici il modello è stato impostato con l'esclusione della componente riflessa della facciata retrostante.

Il coefficiente di assorbimento del terreno è stato impostato con un valore medio di 0,5 per le zone residenziali, introducendo aree con valore pari a 1 nelle zone (campi, boschi, parchi) senza presenza di edifici.

Gli edifici sono stati modellizzati come elementi completamente riflettenti, con coefficiente di riflessione 1.

Come dati di temperatura ed umidità sono stati utilizzati valori medi considerati per l'area oggetto di studio.

Dati climatici:

Anno 2016			
Mese	T media	Umidità	Vento medio
Gennaio	3.5°	71.5%	8km/h
Febbraio	6.5°	77.2%	9km/h
Marzo	9.0°	68.4%	9km/h
Aprile	14.0°	63.9%	9km/h
Maggio	16.1°	64.4%	8.5km/h
Giugno	20.6°	65.1%	9.3km/h
Luglio	24.3°	59.2%	9.2km/h
Agosto	22.5°	63.3%	8.7km/h
Settembre	20.8°	62.2%	8.6km/h
Ottobre	12.8°	76.4%	7.5km/h
Novembre	8.2°	79.7%	6.4km/h
Dicembre	4.2°	74.0%	6.4km/h

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 sono ovviamente sito specifiche. Il loro valore dovrebbe essere ottenuto dall'elaborazione di serie meteorologiche registrate su un arco di tempo almeno trentennale.

Nel nostro caso non si dispongono di sufficienti informazioni per inserire nel modello una simulazione accurata delle condizioni meteorologiche per ogni strada da mappare. In questo caso, la linea guida europea suggerisce di assumere le seguenti percentuali, uguali per tutte le sedici direzioni della rosa dei venti:

- | | |
|--|------|
| – Periodo diurno - percentuali di giorni con condizioni favorevoli | 50 % |
| – Periodo serale - percentuale di giorni con condizioni favorevoli | 75 % |
| – Periodo notturno - percentuale di giorni con condizioni favorevoli | 100% |

Il calcolo è stato impostato con i seguenti principali parametri:

- Quota sul livello del terreno del grigliato di calcolo 4m
- Semiampiezza del corridoio di analisi tale da raggiungere L_{den} 55 dB(A)
- Numero di riflessioni 1
- Passo griglia orizzontale 5m

Il modello di simulazione utilizzato è stato elaborato appositamente in modo da poter essere implementato e quindi utilizzato anche nella futura fase di redazione dei piani d'azione. Inoltre, essendo uno strumento sostanzialmente "aperto", fornisce la possibilità di aggiornare il processo di elaborazione in qualunque momento ciò si renda necessario.

Mappatura acustica

Considerazioni preliminari

I modelli basati su algoritmi matematici per il calcolo della propagazione sonora consentono di prevedere il livello di rumore in uno o più punti (recettori) in funzione del numero delle sorgenti, delle caratteristiche delle sorgenti, della natura dei luoghi e della posizione relativa fra ogni recettore ed ogni sorgente.

Una modellizzazione può quindi essere vista come l'insieme di tre componenti: l'input (ovvero l'insieme dei dati necessari alle elaborazioni), l'algoritmo di elaborazione e l'output (i risultati delle elaborazioni).

Il contesto normativo introdotto dal D.Lgs 194/2005 consente l'utilizzo di modelli di simulazione della rumorosità ad integrazione o addirittura in sostituzione delle tecniche di monitoraggio "storicamente" consolidate.

La maggior parte di questi modelli è implementata all'interno di applicativi software commerciali o pubblici, che ne rendono agevole l'utilizzo, la presentazione dei risultati e l'esportazione dei dati.

In attesa della definizione di un modello unificato europeo per la stima del rumore prodotto dal traffico stradale, la direttiva 2002/49/CE sul rumore ambientale ha adottato il modello francese predisposto nel 1996:

Nouvelle Méthode de Prevision du Bruit des Routes (NMPB-Routes-96).

Nel modello NMPB-Routes-96 il territorio attorno alla sorgente è considerato come una griglia regolare di celle quadrate di punti recettori. La sorgente stradale è invece suddivisa in tratti elementari, aventi identiche caratteristiche di emissione sonora.

Per ogni punto recettore, il livello d'esposizione è dato dalla sommatoria del contributo di rumore proveniente da ogni tratto elementare in cui è stata suddivisa la 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 recettore possono infatti esistere più percorsi, dovuti alla presenza di ostacoli, tra cui il terreno, sui quali il suono può riflettersi o essere assorbito.

In questo modello 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 per la stima della propagazione del suono nell'intorno della sorgente.

Software di simulazione

La modellazione dell'asse stradale è avvenuta utilizzando un apposito programma denominato CadnaA versione 2017, 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 definire la propagazione del rumore sia su grandi aree, fornendone la mappatura, sia per singoli punti, fornendo i livelli globali e la loro scomposizione lungo i diversi percorsi di propagazione. Nel calcolo della propagazione il programma tiene conto degli ostacoli (edifici, barriere, terrapieni), delle loro dimensioni e del terreno.

Per quanto riguarda le strade, nel software sono stati impostati i principali parametri morfologici e strutturali: il numero di corsie, pari a due per carreggiata, la larghezza di ogni corsia, le caratteristiche del manto stradale.

Il risultato della simulazione è costituito da una griglia a maglie quadrate di lato 5 metri, posta a 4 metri dal suolo, che copre tutta l'area d'interesse.

L'area da "mappare" è stata individuata in una fascia larga circa 20 metri per entrambi i lati della Via Forestale. Tenuto conto delle caratteristiche di traffico, dei rilievi strumentali eseguiti, quest'ampiezza è stata ritenuta sufficiente a rappresentare in modo idoneo il territorio interessato dal rumore stradale.

Taratura del modello e misurazioni di riferimento

Al fine di ottimizzare la resa del modello di calcolo è stato verificato che i livelli acustici calcolati per mezzo dell'algoritmo siano coerenti con quanto avviene nella realtà e si avvicinino il più possibile ai livelli che si misurerebbero con un fonometro. La procedura di taratura permette di ridurre notevolmente l'incertezza di un modello di calcolo e di evitare gli eventuali errori casuali in cui è possibile incorrere.

Pertanto, in ogni specifica situazione è necessario individuare tutti i fattori che contribuiscono all'incertezza del risultato finale, in modo da cercare di limitare il più possibile il contributo di ognuno di essi e di ottenere la miglior aderenza possibile alla realtà da parte del modello.

Fino ad emanazione della norma specifica sulla taratura dei modelli di calcolo, si rimanda alla procedura indicata nell'Appendice E della norma UNI 11143-1:2005.

Un modello di calcolo viene considerato opportunamente tarato se conduce ad ottenere uno scarto tra valori misurati e valori calcolati inferiore a 3 dB su tutti i punti di verifica.

Ovviamente tale scarto dipende in maniera significativa dalla complessità della situazione analizzata: in casi studio con poche e semplici sorgenti e di ridotte dimensioni è bene che lo scarto massimo tra valori misurati e calcolati risulti inferiore a 1,5/2 dB.

Le misure di riferimento sono state effettuate a giugno 2017, due rilievi di lunga durata (24h).

Lo strumento impiegato per le misure è un fonometro integratore di precisione idoneo alla misura del rumore secondo gli standard I.E.C 60651, I.E.C 60804 I.E.C. 61672 relativamente alla classe 1.

Fonometro integratore Delta Ohm, modello HD 2010, matricola 10020142135

Preamplificatore Delta Ohm, modello HD2010PN, matricola 09019107

Microfono MTG, modello MK 221, matricola 33034

Prima e dopo la serie di misurazioni la strumentazione è stata calibrata mediante calibratore:

Delta Ohm, modello HD 9101, matricola 09018560

Il fonometro è stato sottoposto a taratura presso il centro accreditato Delta Ohm srl di Via Marconi, 5 -35030 Caselle di Selvazzano (PD) in data 16.02.2017 (*in allegato certificato di taratura*).

Il calibratore è stato sottoposto a taratura presso il centro accreditato Delta Ohm srl di Via Marconi, 5 -35030 Caselle di Selvazzano (PD) in data 09.02.2016 (*in allegato certificati di taratura*)

Durante i rilievi le condizioni meteorologiche sono risultate buone con assenza di pioggia e vento.

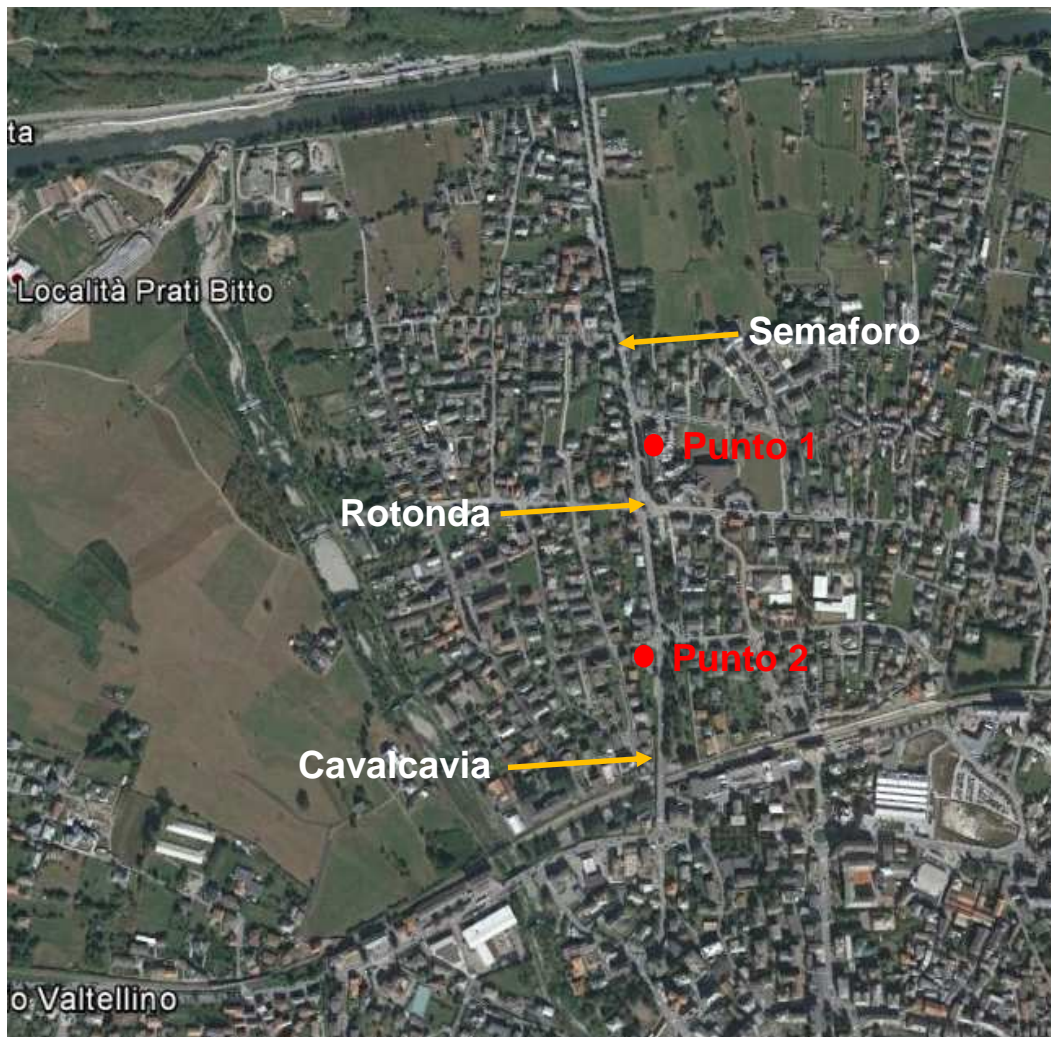
Le condizioni meteorologiche sono state conformi a quanto stabilito dal **D.M. 16 marzo 1998** "Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico" secondo l'allegato B art.7 "*Le misurazioni devono essere eseguite in assenza di precipitazioni atmosferiche, di nebbia e/o neve; la velocità del vento deve essere non superiore a 5 m/s. Il microfono deve essere comunque munito di cuffia antivento*". Condizioni che hanno permesso di non invalidare i rilevamenti.

Durante le misure il microfono del fonometro integratore Delta ohm modello HD2010 è stato posto a circa 4 metri di altezza dal suolo e in direzione della sorgente disturbante.

Al fine di ottenere una maggiore comprensione del clima acustico in esame si è proceduto all'acquisizione, ad intervalli di 10 secondi. Tra i diversi valori memorizzati sono stati successivamente analizzati l'andamento dei livelli percentili L_5 , L_{95} e naturalmente il livello sonoro equivalente di pressione sonora ponderato A (LA_{eq}).

Di seguito vengono riportati i due punti di misura per la caratterizzazione del clima acustico

Figura 3 – Ubicazione punti di misura



Punto 1 – tratto stradale tra il semaforo (incrocio Via XXVII Gennaio) e della rotonda (incrocio Via V° Alpini)

Punto 2 – tratto stradale tra la rotonda (incrocio Via V° Alpini) ed il cavalcavia

Punto di misura	Valori Misurati			
	LAeq _{diurno}	LAeq _{serale}	LAeq _{notturno}	Lden
P1 (12/13-06-2017)	68.0	65.0	54.0	66.0
P2 (19/20-06-2017)	67.0	63.0	53.0	65.0

I dati di input del modello sono stati variati in modo da rendere non superiore a ± 2.0 dBA la differenza tra i valori calcolati con il modello ed i valori misurati nei punti di calibrazione

Strada	2016					
	TMd	%Pd	TMe	%Pe	TMn	%Pn
Via Forestale dati rilevati dalla Polizia Comunale	777	10	400	4	102	3
Via Forestale dati inseriti nel software di calcolo	700	10	400	4	80	3
TMd – Numero medio di transiti orari durante il periodo diurno (06.00-20.00) TMe – Numero medio di transiti orari durante il periodo serale (20.00-22.00) TMn – Numero medio di transiti orari durante il periodo notturno (22.00-06.00) %P – percentuale di veicoli pesanti durante ogni singolo periodo						

Punto di misura	Valori Calcolati			
	LAeq _{diurno}	LAeq _{serale}	LAeq _{notturno}	Lden
P1	68.0	64.0	56.0	68.0
P2	67.0	62.0	55.0	66.0

Lo scarto tra valori misurati e valori calcolati risulta inferiore a 3 dB su due punti di verifica.

Calcolo della popolazione esposta

Il “criterio della facciata più esposta” prevede il calcolo del valore del rumore prodotto dal traffico veicolare su tutte le facciate dell'edificio e in tutti i punti della facciata. Il valore massimo tra quelli calcolati viene attribuito all'intero edificio.

Per il Comune di Morbegno, il criterio della facciata più esposta non comporta rilevanti errori di stima.

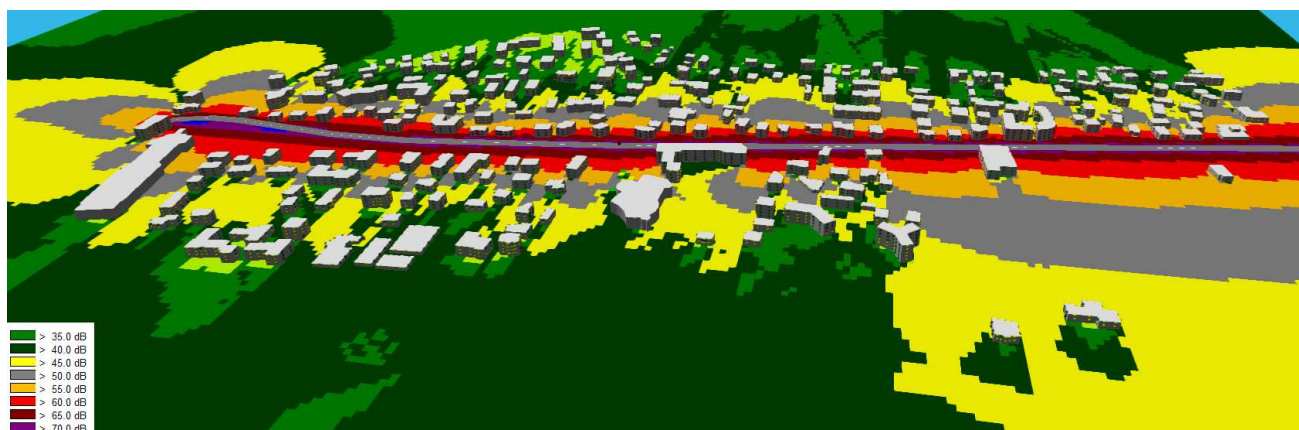
Gli edifici presenti lungo l'asse principale sono generalmente costituiti da ville a schiera e/o da ville mono o bifamiliari. Una volta assegnato a ogni edificio il valore della facciata più esposta, gli edifici possono essere raggruppati per intervalli di livello dei descrittori acustici. Conoscendo la distribuzione dei residenti nei diversi edifici si può ottenere il numero di persone che occupa edifici esposti a ciascuno dei seguenti intervalli di livello L_{den}: 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75 e che occupa edifici esposti a ciascuno dei seguenti intervalli di livello L_{night}: 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70.

Risultati

Si premette che tali risultati sono restituiti in due modalità:

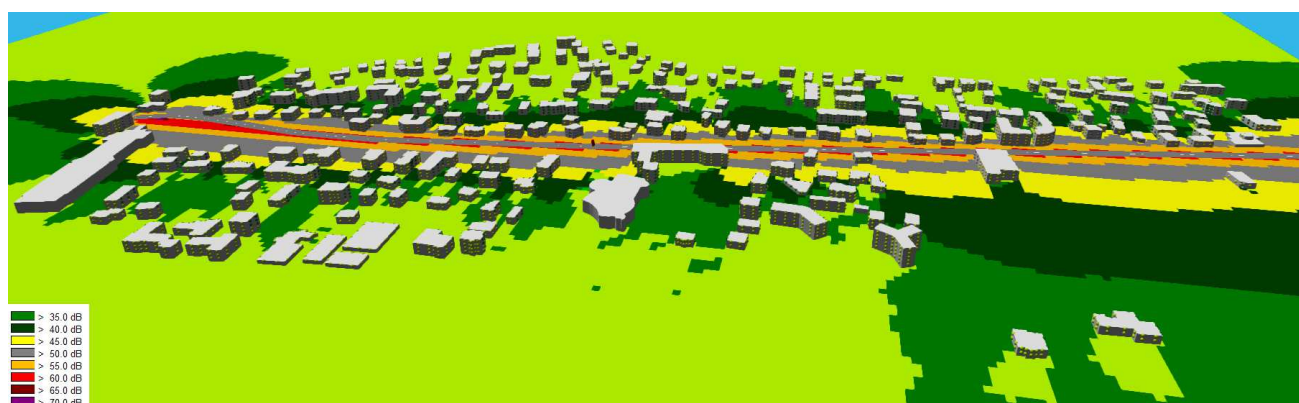
- in forma tabellare per quanto riguarda la stima di superfici, il numero di edifici e il numero di residenti esposti al rumore.
- in forma grafica per quanto riguarda le linee d'isolivello dei descrittori acustici L_{den} e L_{night} .

Risultati di mappatura acustica – descrittore acustico Livello giorno-sera-notte (L_{den})



Intervalli L_{den}	Numero edifici	Numero abitanti	Recettori sensibili
55-59 dB(A)	34	310	0
60-64 dB(A)	27	147	0
65-69 dB(A)	30	222	0
70-75 dB(A)	0	0	0
>75 dB(A)	0	0	0

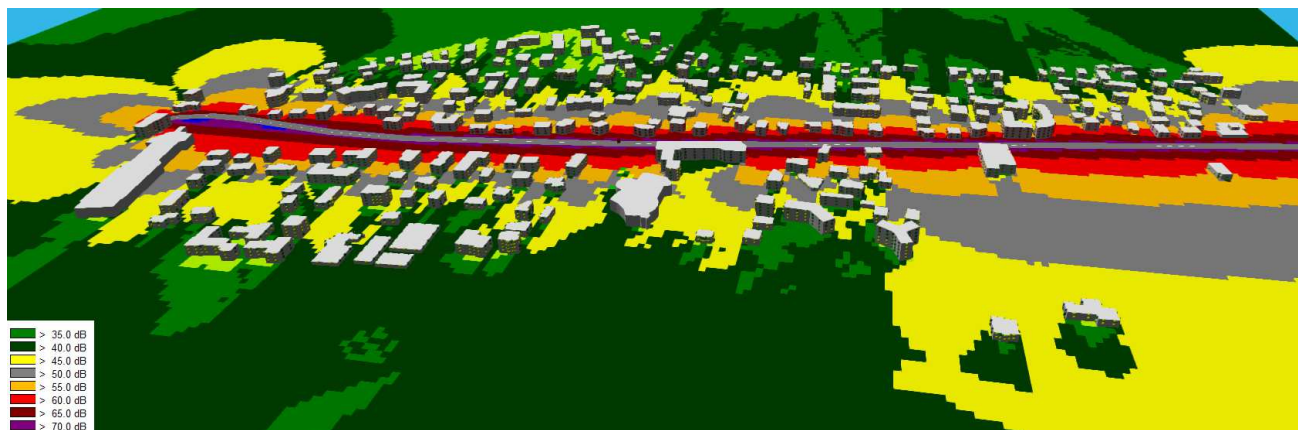
Risultati di mappatura acustica – descrittore acustico Livello notte (L_{night})



Intervalli L_{night}	Numero edifici	Numero abitanti	Recettori sensibili
50-54 dB(A)	24	144	0
55-59 dB(A)	28	211	0

60-64 dB(A)	0	0	0
65-69 dB(A)	0	0	0
>70 dB(A)	0	0	0

Risultati di mappatura acustica – descrittore acustico Livello giorno-sera-notte (L_{den})



Intervalli L_{den}	Superficie m ²	Superficie km ²	Numero edifici	Abitanti
55-64 dB(A)	11650	0.011	61	457
65-74 dB(A)	7817	0.0078	30	222
>75 dB(A)	0	0	0	0

In allegato:

Rappresentazione grafica Mappatura acustica L_{den}

Rappresentazione grafica Mappatura acustica L_{night}

Grafici rilievi fonometrici punto P1 e P2

Relazione redatta dall' Ing. Paolo Gallo

Tecnico competente in acustica ambientale legge 447/95

Regione Lombardia Decreto n.5874 del 10/06/2010



ALLEGATO – A (attestato tecnico acustico)

Ing. Paolo Gallo iscritto all'ordine degli ingegneri di Sondrio n.605 e abilitato dalla regione Lombardia come tecnico competente in acustica con D.R n° 5874 del 10/06/2010.



Regione Lombardia

SI RILASCIATA SENZA BOLLO PER
GLI USI CONSENTITI DALLA LEGGE

DECRETO N°

005874

Del 10 GIU. 2010

Identificativo Atto n. 305

DIREZIONE GENERALE AMBIENTE, ENERGIA E RETI

Oggetto

VALUTAZIONE DELLE DOMANDE PRESENTATE ALLA REGIONE LOMBARDA PER IL RICONOSCIMENTO DELLA FIGURA PROFESSIONALE DI "TECNICO COMPETENTE" NEL CAMPO DELL'ACUSTICA AMBIENTALE, AI SENSI DELL'ARTICOLO 2, COMMI 6 E 7, DELLA LEGGE 447/95.



L'atto si compone di _____ pagine
di cui _____ pagine di allegati,
parte integrante

Regione Lombardia
La presente copia, composta di n. 4.....
fogli, è conforme all'originale depositata
agli atti di questa Direzione Generale.
Milano, 10.06.10
f. Spina



Regione Lombardia

Giunta Regionale
DIREZIONE GENERALE AMBIENTE, ENERGIA E RETI
PREVENZIONE INQUINAMENTO ATMOSFERICO
PROTEZIONE ARIA E PREVENZIONE INQUINAMENTI FISICI

Protocollo T1.2010.0011631 del 16/06/2010
Firmato digitalmente da GIAN LUCA GURRIERI

Egr. Sig.
GALLO PAOLO
Via Marcora, 1
23017 MORBEGNO (SO)

TC 1244

Oggetto : Decreto del 10 giugno 2010, n. 5874, avente per oggetto: Valutazione delle domande presentate alla Regione Lombardia per il riconoscimento della figura professionale di "tecnico competente" nel campo dell'acustica ambientale, ai sensi dell'articolo 2, commi 6 e 7, della Legge 447/95.

Si trasmette, in allegato, copia conforme all'originale del decreto indicato in oggetto, con il quale Lei è stato riconosciuto "tecnico competente" in acustica ambientale.

Distinti saluti.

IL DIRIGENTE

GIAN LUCA GURRIERI

Allegati:

decreto "tecnico competente"

Firma autografa sostituita con indicazione a stampa del nominativo del soggetto responsabile ai sensi del D.Lgs. 39/93 art. 3 c. 2.

Referente per l'istruttoria della pratica: ENRICO POZZI - Tel. 02/6765.5067

PROTEZIONE ARIA E PREVENZIONE INQUINAMENTI FISICI
Via Taramelli, 12 – 20124 Milano – e-mail: ambiente@pec.regione.lombardia.it
Tel. 02/6765.5461 Fax. 02/6765.4406

ALLEGATO – B (taratura fonometro)



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

Laboratorio Misure di Elettroacustica

Centro di Taratura LAT N° 124
Calibration Centre

Laboratorio Accreditato
di Taratura



LAT N° 124

Pagina 1 di 8
Page 1 of 8

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 124 17000507
Certificate of Calibration

- data di emissione <i>date of issue</i>	2017-02-16
- cliente <i>customer</i>	Orione di Bistulfi S.r.l. – Via Moscova, 27 - 20121 Milano (MI)
- destinatario <i>receiver</i>	Ing. Paolo Gallo – Via Fabiani, 33 - 23017 Morbegno (SO)
- richiesta <i>application</i>	072/17
- in data <i>date</i>	2017-02-09
<u>Si riferisce a</u> <i>Referring to</i>	
- oggetto <i>item</i>	Fonometro
- costruttore <i>manufacturer</i>	Delta Ohm S.r.l.
- modello <i>model</i>	HD2010
- matricola <i>serial number</i>	10020142135
- data delle misure <i>date of measurements</i>	2017/2/15
- registro di laboratorio <i>laboratory reference</i>	35184

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

This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 124 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI).

This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.

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

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

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

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

Il Responsabile del Centro
Head of the Centre
Pierantonio Benvenuti

ALLEGATO – C (taratura calibratore)



DELTA OHM S.r.l.

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

Laboratorio Misure di Elettroacustica

Centro di Taratura LAT N° 124
Calibration Centre

Laboratorio Accreditato
di Taratura



LAT N° 124

Pagina 1 di 4
Page 1 of 4

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 124 16000511
Certificate of Calibration

- data di emissione <i>date of issue</i>	2016-02-09
- cliente <i>customer</i>	Orione di Bistulfi S.r.l. – Via Moscova, 27 - 20121 Milano (MI)
- destinatario <i>receiver</i>	Ing. Paolo Gallo – Via Fabiani, 33 - 23017 Morbegno (SO)
- richiesta <i>application</i>	075/16
- in data <i>date</i>	2016-02-03

Si riferisce aReferring to

- oggetto <i>item</i>	Calibratore
- costruttore <i>manufacturer</i>	Delta Ohm S.r.l.
- modello <i>model</i>	HD9101A
- matricola <i>serial number</i>	09018560
- data delle misure <i>date of measurements</i>	2016/2/8
- registro di laboratorio <i>laboratory reference</i>	33077

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

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

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

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

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

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

Il Responsabile del Centro
Head of the Centre
Pierantonio Benvenuti

ALLEGATO – D (grafico rilievi fonometrici)

Punto di Misura P1
Giorni 12/13 giugno 2017
Temp.max 32° Temp.min 22°

Punto di Misura P2
Giorni 19/20 giugno 2017
Temp.max 31° Temp.min 20°

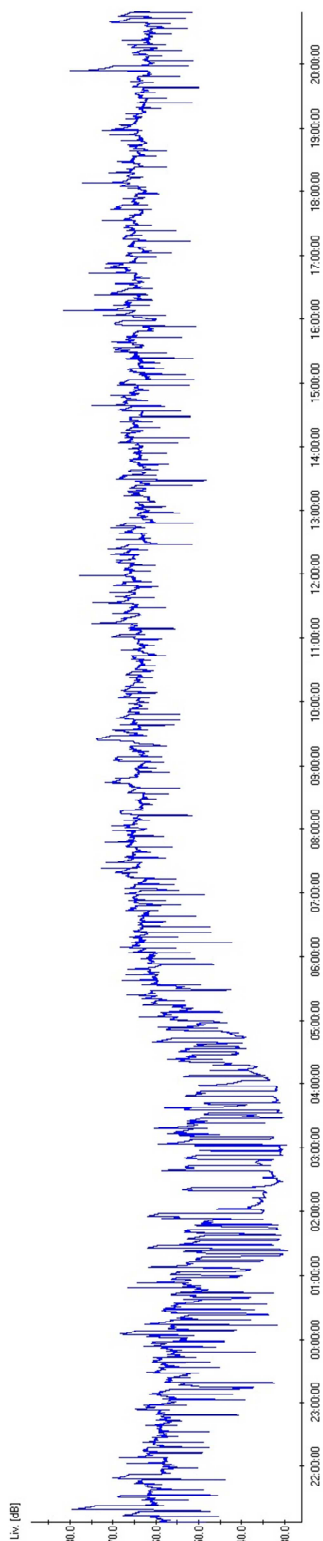


Grafico LAeq

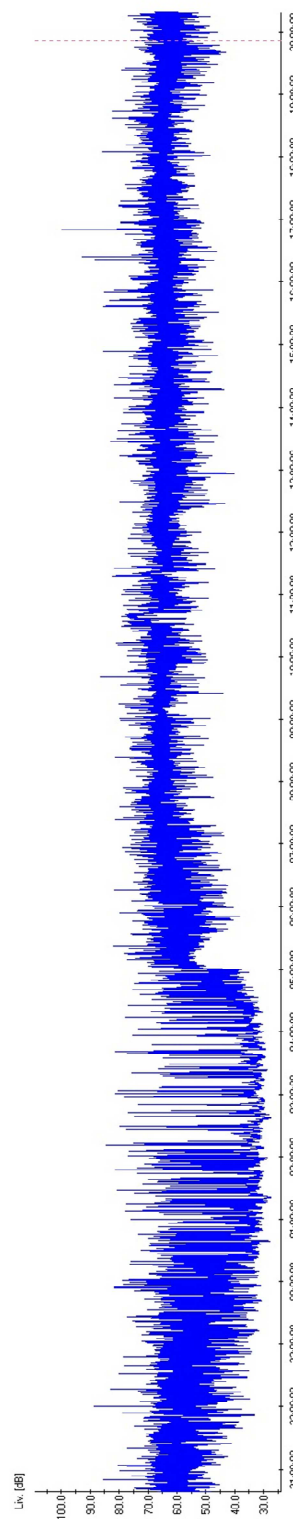


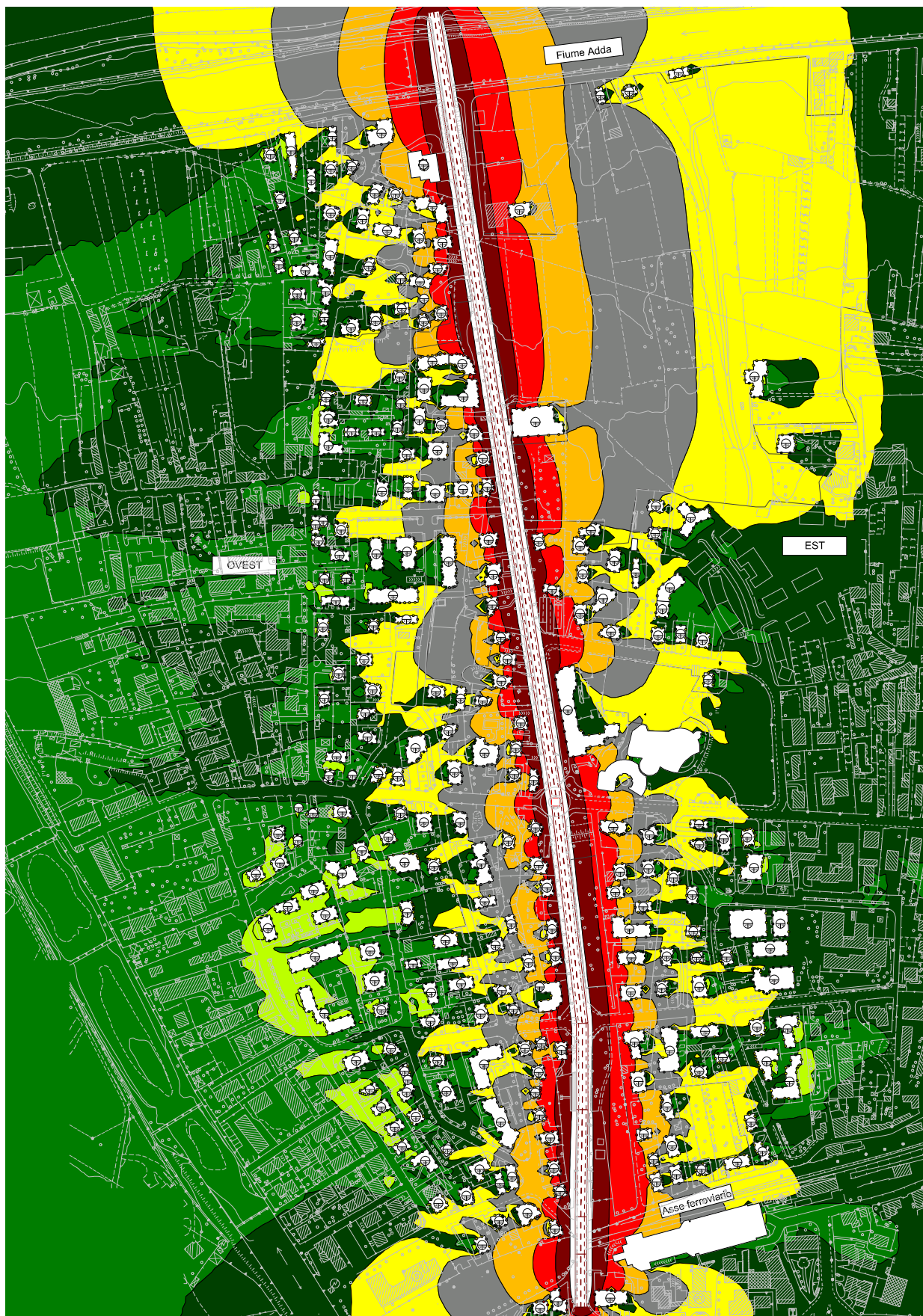
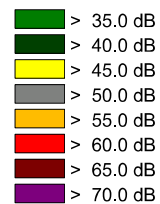
Grafico LAeq

Mappatura Acustica - Comune di Morbegno

Asse stradale: VIA FORESTALE

Mappatura Acustica Lden

Scala: 1-3500



Mappatura Acustica - Comune di Morbegno

Asse stradale: VIA FORESTALE

Mappatura Acustica Night

Scala: 1-3500

