



PROVINCIA DI PESARO E URBINO

SERVIZIO 2 – DIREZIONE GENERALE
POSIZIONE ORGANIZZATIVA 2.7 PROGRAMMAZIONE
DELLE OPERE PUBBLICHE – SICUREZZA SUI LUOGHI
DI LAVORO – SUPPORTO AI SERVIZI TECNICI

S.P. 424 Cesanense
PROGETTO DI VARIANTE DELLA S.P. 424, IN
CORRISPONDENZA DEL CENTRO ABITATO DI
S.LORENZO IN CAMPO.

Progetto Esecutivo
II° STRALCIO FUNZIONALE

RELAZIONE DI VALUTAZIONE DI IMPATTO ACUSTICO



Progettista

Ing. LUIGI FARINA

Responsabile del procedimento

Arch. GIUSEPPE ROMBINI

Data

OTT/18

Scala

Redazione

Rev.

0

Elaborato

IISF EG 03 GEN RE

INDICE

1 PREMESSA..... 2

1 PREMESSA

Il presente progetto esecutivo costituisce il II° stralcio funzionale del tratto di variante alla S.P. 424 (ex S.S. 424) "Cesanense" in corrispondenza del centro abitato di San Lorenzo in Campo e prevede il completamento del tratto di strada provinciale in variante per il by-pass completo del centro abitato di San Lorenzo in Campo.

Il nuovo tracciato è stato redatto secondo le prescrizioni ed indicazioni impartite dal Servizio Ambiente della Regione Marche con Decreto n. 289/2002/AMB del 09/09/2002. (La Regione Marche si era a suo tempo espressa sulla base del progetto preliminare generale depositato in data 20.02.2001 per la richiesta di avvio del procedimento di verifica art. 10 del DPR 12.04.1996, di rilascio della dichiarazione di compatibilità ambientale art. 45 delle N.T.A. del P.P.A.R. e dell'autorizzazione paesaggistica art. 151 del D. Lgs. n. 490/1999).

In merito all'impatto acustico si allega di seguito la relazione di valutazione di impatto acustico redatta nel 2001 sul progetto preliminare generale richiesto dalla Regione Marche al fine di poter esprimere un parere in merito all'esclusione del progetto dal procedimento di V.I.A. regionale.

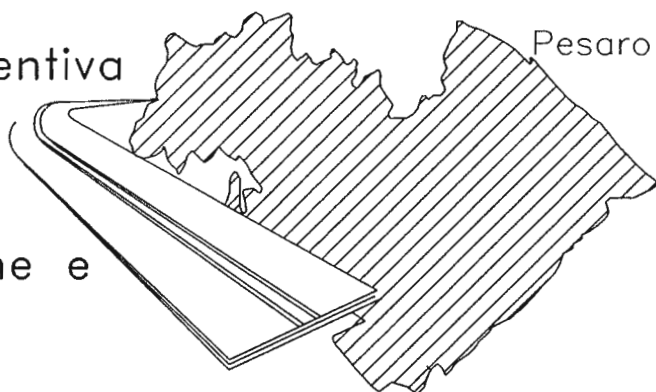
Allegato 1: Relazione di valutazione impatto acustico del 26/06/2002



PROVINCIA DI PESARO E URBINO

Area Tecnico Manutentiva
Viabilità - Trasporti
Protezione Civile

Servizio Progettazione e
Direzione Lavori



S.S. 424 Cesanense

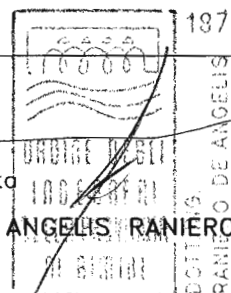
PROGETTO DI VARIANTE DELLA S.S. 424, IN
CORRISPONDENZA DEL CENTRO ABITATO DI
S.LORENZO IN CAMPO.

Progetto Preliminare

DOCUMENTAZIONE INTEGRATIVA
RICHIESTA DALLA REGIONE MARCHE
SERVIZIO TUTELA E RISANAMENTO AMBIENTALE
(NOTA PROT. 6240 DEL 15/5/2001)

RELAZIONE DI VALUTAZIONE IMPATTO ACUSTICO

Progettista
ing. DE ANGELIS RANIERO



GRUPPO
SEA
SEA STUDIO ECOLOGICO SRL
Via Gozzi, 29 - Fano (PU)

Dott. GianPaolo Pretelli
Per. Ind. Francesco Lucarelli

Dirigente d'Area LL PP-Contratti
ing. DE ANGELIS RANIERO

Responsabile del procedimento
ing. CAMERINI PAOLO



Data

Scala

Disegnatori

Aggiornam.

Tavola

26 GIU. 2002

EI 04

1. INDICATORI ASSUNTI PER LA CARATERIZZAZIONE DELLA COMPONENTE RUMORE

1.1 Introduzione

Il continuo aumento dei rumori prodotti dalla civiltà moderna è giunto ad un punto tale da interagire con lo stato di salute dell'uomo. Fanno parte dell'esperienza quotidiana i rumori dovuti al sempre più intenso traffico stradale ed aereo, i rumori delle industrie, il rumore dovuto alla formazione di agglomerati urbani di sempre maggiori dimensioni, con elevata densità di popolazione e conseguente addensamento delle sorgenti di rumore; inoltre l'attuale tecnica edilizia ha, di norma, caratteristiche acustiche nettamente svantaggiose, in paragone con quell'antica, perché favorisce grandemente la propagazione di rumori e vibrazioni.

Tutte queste sorgenti di rumore contribuiscono ad una forma di inquinamento ambientale, che ha raggiunto ormai vaste proporzioni.

E' interessante osservare che per il rumore prodotto dall'attività umana non sembra esserci adattamento biologico, al contrario di quello prodotto da fenomeni naturali, come il vento, la pioggia, il tuono, le cascate d'acqua. Da una ricerca condotta dalla CEE emerge che il rumore è considerato il secondo problema più importante fra gli inquinanti di vario tipo. Infatti il degrado acustico aggredisce direttamente (analogamente all'inquinamento dell'aria) la salute, con l'aggravante che l'uomo non dispone di difese dal rumore a causa dell'impossibilità di bloccare la funzione uditiva.

La **sensazione uditiva** è provocata da onde di pressione agenti sulla membrana timpanica, aventi:

→ oscillazioni modeste rispetto alla pressione atmosferica p_A :

$2 \cdot 10^{-5}$ Pa soglia uditiva (a 1000 Hz)

$2 \cdot 10^3$ Pa soglia del dolore (a 1000 Hz)

→ frequenze comprese tra 16 e 20000 Hz:

< 16 Hz infrasuoni

> 20000 Hz ultrasuoni

1.2 Il rumore

Il rumore possiamo definirlo come un suono indesiderato, disturbante, o meglio, “una somma di oscillazioni irregolari, intermittenti o staticamente casuali” (M.Cosa), che disturba il benessere dell’uomo con effetti vari che dipendono da fattori quali il tempo di esposizione, la potenza sonora e la sensibilità dei soggetti interessati. Il danno da inquinamento acustico aumenta con il tempo di esposizione, ma non in modo proporzionale, inoltre colpisce maggiormente i soggetti in condizioni di minor resistenza e quelli in età non lavorativa. Non è quindi riscontrabile statisticamente una correlazione tra fenomeno fisico e sensazione soggettiva.

Per quanto riguarda le sorgenti di rumore, esse sono caratterizzate dalla potenza emessa, dallo spettro di emissione e dalla distribuzione della potenza emessa nelle varie direzioni. Un'idea della intensità acustica prodotta da varie sorgenti si può ricavare dalla tabella 1, ove i valori sono espressi rispetto ad un valore di soglia pari a 1 pW/m^2 (int. relat. =1).

Le sorgenti di rumore possono essere interne all'ambiente disturbato (indoor), oppure esterne all'ambiente (outdoor).

Tabella 1. Intensità acustica di vari rumori.

SORGENTE	INTENSITÀ	LIVELLO (DB)
Soglia di udibilità	1	0
Respiro normale	10	10 (appena udibile)
Stormire di foglie	10^2	20
Voce bisbigliata	10^3	30 (molto quieto)
Ristorante tranquillo	10^4	40
Ufficio silenzioso	10^5	50
Conversazione tra due persone	10^6	60
Interno di ufficio rumoroso	10^7	70 (disturbante)
Traffico stradale rumoroso	10^8	80
Autotreno (a 15 m)	10^9	90 (pericolo per esposizioni prolungate)
Cascate del Niagara	10^9	90
Metropolitana	10^{10}	100
Complesso rock	10^{11}	110

Martello pneumatico	10^{12}	120 (soglia del dolore)
Fuoco di mitragliatrice	10^{13}	130
Decollo di un piccolo aereo	10^{14}	140
Galleria aerodinamica	10^{15}	150
Decollo di un grande aereo	10^{17}	170
Decollo del missile Saturno	10^{19}	190

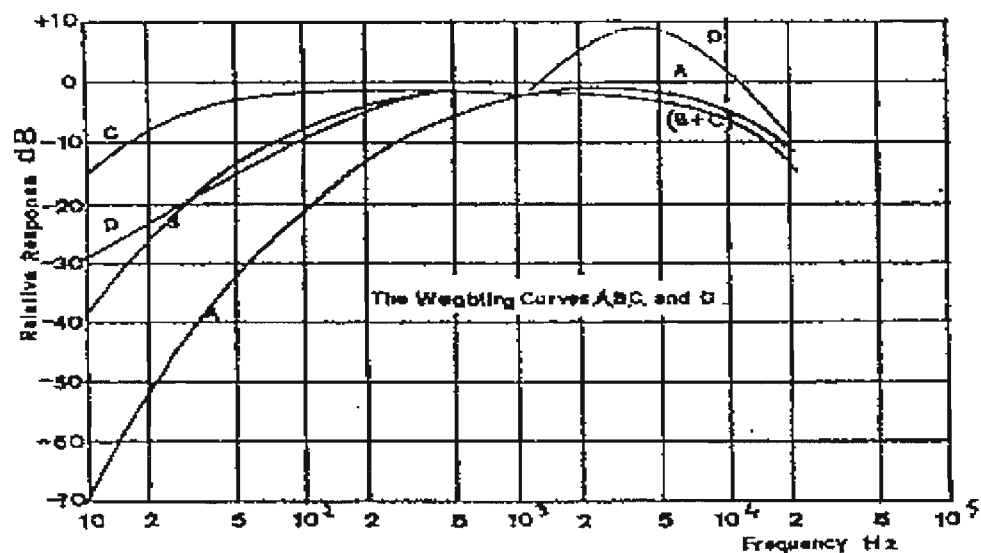
L'elaborazione di metodi atti a valutare gli effetti di disturbo dovuto ai rumori è stata da tempo oggetto di studi sperimentali e critici, fin da quando Fletcher propose la scala dei decibel e, poco dopo, quella dei phon per valutare l'intensità di sensazione uditiva generata da suoni e rumori. Da allora i criteri di valutazione successivamente proposti sono stati numerosi, senza che alcuno di essi si sia finora dimostrato del tutto soddisfacente. Questo è dovuto all'intrinseca complessità e delicatezza delle situazioni da analizzare, per loro natura influenzate da una quantità di fattori diversi, sia oggettivi che soggettivi.

1.3 Indici di valutazione

Per le ragioni suddette sono stati proposti numerosi indici di valutazione del disturbo da rumore, basati o sulla composizione spettrale, o sull'analisi statistica dei livelli, o sulla valutazione dell'energia totale ricevuta in un determinato intervallo di tempo dai soggetti sottoposti al rumore. Fra i numerosi indici proposti verranno presi in esame solo quelli di più largo impiego.

a) Il livello sonoro ponderato

L'uso del livello sonoro ponderato si è rapidamente diffuso da quando ci si è resi conto che, nel caso dei rumori a larga banda privi di componenti tonali dominanti, esiste generalmente una buona correlazione fra i valori di livello espressi in dBA e l'entità del disturbo soggettivo associato al rumore.



Le tre curve di ponderazione A, B, C, rappresentano quindi la risposta dell'orecchio umano rispettivamente ai bassi (sino a circa 40 dB), medi (fino a circa 70 dB) ed alti livelli sonori (fino a circa 100 dB); di fatto si fa riferimento alla media pesata con curva di ponderazione A. Osservando l'andamento della suddetta curva, in funzione della frequenza, si può constatare che viene attribuito un peso preponderante alle componenti centrali dello spettro, che vengono considerate maggiormente disturbanti, rispetto alle basse frequenze, alle quali viene attribuito un peso via via decrescente fino a raggiungere -30 dB a 50 Hz. L'uso del livello sonoro A si è ormai largamente generalizzato e anche quando si utilizzano indici di valutazione più complessi, questi sono quasi sempre basati sul livello sonoro A.

b) Il livello equivalente continuo

Viene introdotto per tenere conto della variazione nel tempo del livello sonoro L il quale viene definito come:

$$L = 10 \log J/J_0$$

dove J rappresenta l'intensità sonora e J_0 un valore di riferimento pari a $1pW=10^{-12}W$.

Possiamo ora introdurre il livello continuo equivalente Leq :

$$Leq = 10\log[1/T \int_0^T 10^{L(t)/10} dt]$$

Analoga definizione si applica alla media ponderata A , introducendo L_{Aeq} a partire da L_A .

L'uso del livello equivalente continuo, calcolato sui livelli sonori espressi in dBA, si è ormai largamente diffuso come indice di valutazione del disturbo arrecato alla comunità da sorgenti di rumore aleatorio, come il traffico stradale, o per la valutazione della dose di rumore negli ambienti di lavoro. Secondo questo procedimento viene considerato preponderante il contributo dell'energia media percepita rispetto ai valori della potenza istantanea. La misura del livello equivalente, oltre che mediante l'elaborazione numerica dei dati temporali registrati, può essere effettuata in tempo reale mediante misuratori di livello i quali sono dotati di appositi circuiti integratori ("integrating sound level meter").

c) Analisi statistica dei livelli

Nei casi di rumori statisticamente variabili nel tempo (traffico stradale, rumore negli ambienti di lavoro, ecc.) la conoscenza del valore medio del livello sonoro può non essere sufficiente a descrivere completamente il fenomeno acustico in esame. Risulta utile, allora, individuare la legge di distribuzione dei livelli sonori in un determinato intervallo di tempo di osservazione; livelli che, solitamente, si intende siano ponderati secondo la curva A . L'analisi si effettua o per mezzo di appositi analizzatori, o mediante un accessorio del misuratore di livello sonoro oppure, ancora, utilizzando un elaboratore elettronico dotato di opportuni programmi.

Il risultato dell'elaborazione statistica dei dati può essere rappresentato da curve od istogrammi i quali raffigurano la distribuzione statistica dei livelli del segnale.

In Acustica è molto usata la rappresentazione della distribuzione cumulativa dei livelli; essa individua in ordinate la percentuale di tempo, rispetto all'intero intervallo di misura, in cui ciascun livello, indicato in ascisse, è stato superato.

In base alla curva di distribuzione cumulativa è immediato leggere il valore dei livelli superati per una determinata percentuale di tempo; in questo senso evidenziamo i livelli statistici L_{10} , L_{50} , L_{90} , che corrispondono rispettivamente ai valori del livello superato per il 10%, il 50% ed il 90% del tempo di osservazione. L' L_{50} viene comunemente detto

livello mediano (da non confondere con il livello energetico medio), mentre l' L_{90} può essere riguardato come il livello del "rumore di fondo", infine l' L_{10} individua gli eventi che si manifestano durante i "picchi" del rumore. Nel caso del rumore da traffico liberamente scorrevole è stato provato che il livello statistico L_{28} assume un valore pari al livello equivalente continuo con un errore inferiore ad una frazione di dB.

d) Rumori ripetitivi dovuti a singoli eventi

In alcuni casi è necessario valutare il disturbo arrecato alla comunità da eventi rumorosi di durata limitata nel tempo, ma che si verificano ripetutamente nel corso di una giornata. Si parla allora di singolo evento, il quale produce un rumore di breve durata, ma chiaramente identificabile rispetto al rumore di fondo, (ad esempio il passaggio di un treno) , il livello sonoro sale rispetto al rumore di fondo all'avvicinarsi del treno, raggiungendo un valore massimo, la cui durata dipende dalla lunghezza del convoglio, per poi decrescere fino ad assestarsi nuovamente attorno ai valori tipici del rumore di fondo esistente nel luogo.

Il livello riferito al singolo evento ("Single Event Noise Exposure Level") è definito come il livello sonoro ponderato A, che, mantenuto costante per un periodo di tempo pari ad 1 secondo, è associato ad una energia totale pari a quella relativa all'evento sonoro reale.

Questa grandezza viene denominata **SEL** ("Sound exposure level") secondo la normativa ANSI ovvero L_{AX} secondo la ISO, e viene definito come:

$$SEL = L_{AX} = 10 \log_{10} \frac{1}{t_0} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt$$

dove $p_A(t)$ è la pressione acustica istantanea ponderata A; p_0 è la pressione acustica di riferimento pari a 20 μ Pa; t_0 è l'intervallo di tempo di riferimento pari ad 1 s.

In pratica, è spesso usata la seguente formula alternativa:

$$SEL = L_{AX} = 10 \log_{10} \frac{1}{t_0} \int_{t_1}^{t_2} 10^{L_A(t)/10} dt$$

dove $L_A(t)$ è il livello sonoro istantaneo ponderato A; t_1 e t_2 individuano l'intervallo di tempo durante il quale $L_A(t)$ non scende più di 10 dB al di sotto del livello massimo raggiunto dall'evento.

Il SEL di per sé non costituisce un indice di valutazione, ma rappresenta una tappa per il calcolo di indici basati sull'energia media cui risulta sottoposta la comunità disturbata. Questi possono essere il livello equivalente continuo, il livello sonoro diurno-notturno ("Day-Night Sound Level") e altri indici simili.

e) Il livello equivalente diurno-notturno

Il livello equivalente diurno-notturno L_{dn} , (DNL, "Day-Night Average Sound Level") è basato sulla ragionevole convinzione che il disturbo legato ad eventi rumorosi che si svolgono nell'arco di tempo di 24 ore risulti più elevato, a parità di livello, durante le ore notturne. Definito allora il periodo diurno come l'intervallo di tempo compreso fra le ore 6.00 e le 22.00 e, conseguentemente, il periodo notturno fra le 22.00 e le 6.00, i livelli di rumore che si riscontrano nel periodo notturno vengono considerati più elevati di 10 dB rispetto ai valori reali. Il calcolo di L_{dn} si basa perciò sulla seguente espressione:

$$L_{dn} = 10 \log_{10} \frac{1}{24} [15(10^{L_d/10}) + 9(10^{L_n/10})]$$

dove L_d ed L_n , rappresentano rispettivamente i livelli equivalenti (ponderati in curva A) diurno e notturno (corretto di +10 dB). Nel caso in cui per valutare i livelli equivalenti sia necessario tenere conto di eventi rumorosi intermittenti, si potrà valutare il livello equivalente mediante i relativi livelli L_{AX} .

f) Il "Noise Pollution Level" (NPL)

Questo indice, proposto da Robinson nel 1969, si basa sulla considerazione, abbastanza intuitiva, che il disturbo associato ad un rumore che perdura per un determinato intervallo di tempo, oltre che dal suo livello energetico medio dipenda anche da altre caratteristiche peculiari del rumore stesso, quali la presenza di fluttuazioni, più o meno ampie, ed il livello sonoro nell'intervallo di tempo considerato. Analiticamente lo possiamo definire come segue:

$$L_{NP} = L_{eq} + k\sigma,$$

dove L_{eq} è il livello energetico medio nell'intervallo di tempo considerato, e σ è la deviazione standard dei livelli istantanei, considerati come una serie temporale statistica relativa allo stesso intervallo di tempo in cui è calcolato L_{eq} . In base a numerose correlazioni con dati oggettivi e risposte soggettivi, il valore della costante k è stato assunto pari a 2,56. Il periodo temporale sul quale calcolare L_{NP} deve essere ragionevolmente omogeneo, sia con il verificarsi degli eventi rumorosi sia con l'attività svolta dai soggetti disturbati. Ad esempio, si può fare riferimento al periodo diurno e al periodo notturno. Il livello L_{eq} deve essere misurato in una scala correlata al disturbo (quasi sempre ci si riferisce al livello sonoro ponderato secondo la curva A). In molti

casi di inquinamento urbano da traffico stradale si possono usare le seguenti espressioni alternative:

$$L_{NP} = L_{eq} + (L_{10} - L_{90})$$

$$L_{NP} = L_{50} + (L_{10} - L_{90}) + \frac{(L_{10} - L_{90})^2}{60}$$

dove i livelli L_{10} , L_{50} e L_{90} sono quelli già definiti precedentemente.

I risultati ottenibili con le due formule alternative possono tuttavia differire notevolmente da quelli ottenibili tramite la formula di definizione quando la distribuzione dei livelli si allontana molto dal comportamento gaussiano. Ad esempio in prossimità di strade percorse ad intermittenza da veicoli pesanti, l'innalzamento sporadico dei livelli dà luogo ad una curva di distribuzione statistica fortemente asimmetrica.

L'indice L_{NP} si presta poco ad un calcolo in tempo reale, poiché per valutare la deviazione standard è necessario acquisire preventivamente tutti i campioni che cadono nell'intervallo temporale scelto; inoltre, esso risulta sensibile all'ampiezza delle fluttuazioni ma non alla variazione della loro rapidità nel tempo, parametro che, in base a prove soggettive, sembra giocare un ruolo non trascurabile nei confronti del disturbo prodotto. Per questi motivi, sono stati effettuati ulteriori tentativi tesi a realizzare indici basati sempre sulla valutazione di due contributi, uno legato alla energia media del segnale e l'altro basato sulle fluttuazioni, tenendo conto delle osservazioni sopra esposte. Uno degli indici di questo tipo, proposto da Cannelli e Santoboni, è denominato L_{DI} ("Noise Disturbance Level"): Questo, ancora in fase di sviluppo per quanto riguarda i confronti con prove soggettive di ascolto, sembra offrire buone prestazioni soprattutto nella valutazione del disturbo associato ai rumori impulsivi.

1.4 Rumore prodotto dal traffico stradale

La rumorosità prodotta dai veicoli ha origine da diverse componenti, in particolare: motore, resistenza all'aria, rotolamento dei pneumatici, motorizzazioni accessorie (impianto di condizionamento, ventola radiatore, ecc.), nonché l'azionamento dei freni. Il motore è sede di compressioni, scoppi e decompressioni che producono una quantità di rumore in funzione diretta del numero di giri. Il rotolamento dei pneumatici sull'asfalto è fonte di rumore a seguito dell'intrappolamento e successivo rilascio di aria dalle cavità, nonché di vibrazioni sulla carrozzeria. Il rumore derivante dalla resistenza dell'aria si rileva in genere solo a velocità molto elevate, quindi in un campo estraneo al

normale flusso del traffico stradale urbano. Infine l'azione dei freni che si manifesta attraverso lo sfregamento fra ferodo e disco; se la pressione fra i due elementi è elevata si può provocare il trascinarsi del pneumatico sull'asfalto, l'azione combinata dei due fenomeni è causa di elevati livelli di rumorosità. Il rumore prodotto dal motore degli autoveicoli risulta, alle basse velocità, superiore a quello prodotto dal rotolamento dei pneumatici sull'asfalto. Mano a mano che la velocità cresce la rumorosità di rotolamento si fa più intensa fino a prevalere su quella prodotta dal motore. Diversamente per quanto riguarda i mezzi pesanti, la componente motore predomina sempre sulla componente pneumatici.

La rumorosità dei sistemi di trasporto stradali, hanno una evoluzione non soltanto temporale, ma anche spaziale; ossia il fenomeno acustico ha una evoluzione nel tempo e nello spazio diversa dalla evoluzione di una sorgente fissa. I veicoli in transito in un determinato contesto spaziale, interessano una porzione di territorio più o meno ampia in relazione agli ostacoli ed alla orografia del territorio. La rumorosità indotta in un sito dal traffico stradale dipende principalmente da: distribuzione temporale dei veicoli (nelle varie ore del giorno o secondo il giorno della settimana) e dalle caratteristiche di circolazione del luogo (rettilineo, curva, presenza di incroci o semafori, pendenza della strada, ecc.). In altre parole il Livello Equivalente è strettamente correlato alla portata oraria della strada e alla velocità media dei veicoli. Inoltre per ogni tipo di strada esiste una correlazione fra velocità e portata oraria: la velocità generalmente decresce con la portata oraria fino alla saturazione (portata massima) dopodiché si verifica una proporzionalità diretta fra portata e velocità (in queste condizioni la distanza fra i veicoli rimane costante).

Diversi sono i parametri che influenzano la propagazione del rumore all'aperto: tipo di campo sonoro, distanza, presenza di pioggia, neve, nebbia, vegetazione, gradienti termici, vento, ecc. La propagazione avviene in campo sferico ogni qualvolta la sorgente sonora ha tutte le sue dimensioni nettamente inferiori alla distanza fra la sorgente e l'ascoltatore, se la sorgente è appoggiata su di un piano riflettente si ha il caso di campo emisferico. Nello studio di fonoinquinamento da traffico molto importanti sono i casi di sorgenti lineari, in queste condizioni la propagazione avviene approssimativamente in campo semicilindrico dato che i veicoli sono appoggiati su di un piano. Studi sperimentali hanno dimostrato che l'attenuazione dell'energia sonora per divergenza d'onda, dovuta al fatto che il fronte d'onda ha una superficie che aumenta con la distanza, è pari a 3 dB per il raddoppio della distanza. L'attenuazione "in eccesso" (con questo termine si intende l'attenuazione che non compete alla divergenza d'onda),

dipende da diversi fattori tra i quali gli effetti meteorologici. In modo particolare i gradienti di temperatura e di vento determinano una variazione nella velocità di propagazione del suono e dunque un fenomeno di graduale rifrazione che si traduce in un incurvamento dei raggi sonori verso l'alto e verso il basso:

- curvatura verso l'alto: gradiente positivo, favorevole alla propagazione;
- curvatura verso il basso: gradiente negativo, sfavorevole alla propagazione.

Studi hanno rilevato che gli effetti meteorologici divengono importanti a distanze superiori ad un centinaio di metri.

Gli indici atti alla descrizione del traffico veicolare sono i seguenti:

♦ *Traffic Noise Index (TNI)*

Proposto da Griffiths e Langdon e da essi utilizzato per la valutazione dell'inquinamento acustico della città di Londra (1968). L'indice è basato sull'analisi statistica dei livelli sonori, ponderati secondo la curva A, su un periodo temporale di 24 h.

La sua definizione è la seguente:

$$TNI = 4(L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30.$$

Il primo termine definisce l'estensione del "clima di rumore" ("noise climate") e quantifica la variabilità del rumore, il secondo rappresenta il livello del rumore di fondo, il terzo è una costante empirica utile per ottenere valori numerici più convenienti.

La grande influenza del primo termine consente di applicare il TNI solo in particolari condizioni e cioè in prossimità di strade urbane a traffico fluente; per un campo di valori di TNI fra 70 e 90 e per medie orarie su un periodo di tempo d'osservazione di 24 h.

♦ *Noise Pollution Level (NPL)*

Già descritto precedentemente.

2. Normativa di riferimento

2.1 Normativa di riferimento

Le prime direttive in merito all'inquinamento acustico sono state adottate nel 1970, le quali fissano per la prima volta livelli massimi di rumore permessi da alcuni autoveicoli, e determinano per ogni altra fonte, i metodi di misurazione. Successivamente ci si rifaceva anche ad alcuni articoli del Codice Penale, non sempre specifici.

Emerge nel complesso la mancanza di una disciplina e di una organicità normativa, che si raggiunge solo con il D.P.C.M. del 1 Marzo 1991, il quale stabilisce i limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno. Finalmente il rumore viene visto come possibile causa di degrado ambientale.

I limiti massimi fissati, però, non garantiscono un ambiente acusticamente perfetto, ma separano l'inquinamento intollerabile da quello tollerabile. Inoltre vengono introdotti degli standard di accettabilità che tutelano la salute umana e che tengono presenti la situazione esistente e le esigenze economiche.

Una novità del DPCM è la suddivisione del territorio in sei classi di aree secondo parametri indicanti la densità di residenza, le attività commerciali, industriali, artigianali e relativo traffico; assegnando ad ognuna i limiti massimi di livelli sonori equivalenti.

Tabella 21. Limiti massimi del livello sonoro equivalente ($L_{eq} A_{indB(A)}$) relativi alle classi di destinazioni d'uso.

CLASSI DI DESTINAZIONE D'USO DEL TERRITORIO	TEMPI DI RIFERIMENTO	
	DIURNO	NOTTURNO
I Aree particolarmente protette	50	40
II Aree prevalentemente residenziali	55	45
III Aree di tipo misto	60	50
IV Aree di intensa attività umana	65	55
V Aree prevalentemente industriali	70	60
VI Aree esclusivamente industriali	70	70

La ripartizione del territorio è attribuita alla competenza dei Comuni, ai quali tuttavia non viene assegnato nessun termine per l'attuazione.

L'art. 6 dispone che, in attesa della suddivisione del territorio nelle aree previste, vengano applicati per le sorgenti sonore fisse i seguenti limiti di accettabilità:

Tabella 22. Limiti di accettabilità per le sorgenti sonore fisse (art.6 DPCM 1/3/1991)

ZONIZZAZIONE	LIMITE Leq(A) DIURNO	LIMITE Leq(A) NOTTURNO
Tutto il territorio nazionale	70	60
Zona A (centri storici)	65	55
Zona B (aree residenziali)	60	50
Zona esclusivamente industriale	70	70

LEGGE 26 OTTOBRE 1995 N. 447

Legge quadro sull'inquinamento acustico. (Gazzetta Ufficiale 30 ottobre 1995,n.254, S.O.)

E' la prima legge organica italiana in materia di inquinamento acustico volta a sopperire ai vuoti normativi presenti a livello nazionale.

Finalità della legge:

1. La presente legge stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico, ai sensi e per gli effetti dell'articolo 117 della Costituzione.
2. I principi generali desumibili dalla presente legge costituiscono per le regioni a statuto speciale e per le province autonome di Trento e di Bolzano norme fondamentali di riforma economico-sociale della Repubblica.

Successivamente sono stati emanati alcuni Decreti attuativi, primo dei quali il **Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 14 Novembre 1997**. Questo porta delle novità sia per quanto riguarda i valori limite di emissione od immissione, sia di qualità, ossia i valori di rumore da conseguire nel breve, nel medio e nel lungo periodo con le tecnologie e le metodiche di risanamento disponibili, per realizzare gli obbiettivi di

tutela previsti dalla legge, rispetto al DPCM del 1991. Riporto di seguito le tabelle con i relativi valori:

Tabella 23: Valori limite di emissione - Leq in dB(A) (art. 2)

CLASSI DI DESTINAZIONE D'USO DEL TERRITORIO	TEMPI DI RIFERIMENTO	
	DIURNO (06.00-22.00)	NOTTURNO (22.00-06.00)
I – Aree particolarmente protette	45	35
II-Aree prevalentemente residenziali	50	40
III-Aree di tipo misto	55	45
IV-Aree di intensa attività umana	60	50
V-Aree prevalentemente industriali	65	55
VI-Aree esclusivamente industriali	65	65

Tabella 24: Valori limite assoluti di immissione - Leq in dB (A) (art.3)

CLASSI DI DESTINAZIONE D'USO DEL TERRITORIO	TEMPI DI RIFERIMENTO	
	DIURNO (06.00-22.00)	NOTTURNO (22.00-06.00)
I – Aree particolarmente protette	50	40
II-Aree prevalentemente residenziali	55	45
III-Aree di tipo misto	60	50
IV-Aree di intensa attività umana	65	55
V-Aree prevalentemente industriali	70	60
VI-Aree esclusivamente industriali	70	70

Tabella 25: Valori di qualità - Leq in dB (A) (art.7)

CLASSI DI DESTINAZIONE D'USO DEL TERRITORIO	TEMPI DI RIFERIMENTO	
	DIURNO) (06.00-22.00)	NOTTURNO (22.00-06.00)
I – Aree particolarmente protette	47	37
II-Aree prevalentemente residenziali	52	42
III-Aree di tipo misto	57	47
IV-Aree di intensa attività umana	62	52
V-Aree prevalentemente industriali	67	57
VI-Aree esclusivamente industriali	70	70

Altro **Decreto** è quello del **16 marzo 1998** (in GU n. 76 del 1/4/98), il quale, vista la necessità di armonizzare le tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico, decreta le tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico. Vengono riportati di seguito solo i punti relativi a misure in esterno, o meglio al rumore stradale.

Misure in esterno

Nel caso di edifici con facciata a filo della sede stradale, il microfono deve essere collocato a 1 m dalla facciata stessa. Nel caso di edifici con distacco dalla sede stradale o di spazi liberi, il microfono deve essere collocato nell'interno dello spazio fruibile da persone o comunità e, comunque, a non meno di 1 m dalla facciata dell'edificio. L'altezza del microfono sia per misure in aree edificate che per misure in altri siti, deve essere scelta in accordo con la reale o ipotizzata posizione del ricettore.

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. La catena di misura deve essere compatibile con le condizioni meteorologiche del periodo in cui si effettuano le misurazioni e comunque in accordo con le norme CEI 29-10 ed EN 60804/1994.

Metodologia di misura del rumore stradale

Essendo il traffico stradale un fenomeno avente carattere di casualità o pseudocausalità, il monitoraggio del rumore da esso prodotto deve essere eseguito per un tempo di misura non inferiore ad una settimana.

In tale periodo deve essere rilevato il livello continuo equivalente ponderato "A" per ogni ora su tutto l'arco delle 24 h: dai singoli dati di livello continuo orario equivalente ponderato "A" ottenuti si calcola:

- a) Per ogni giorno della settimana I livelli equivalenti diurni e notturni;
- b) I valori medi settimanali diurni e notturni.

Il microfono deve essere posto ad una distanza di 1 m dalle facciate di edifici esposti ai livelli di rumore più elevati e la quota da terra del punto di misura deve essere pari a 4 m.

In assenza di edifici il microfono deve essere posto in corrispondenza della posizione occupata dai recettori sensibili.

I valori di cui al punto b) devono essere confrontati con i livelli massimi di immissione stabiliti con il regolamento di esecuzione previsto dall'art. 11 della Legge 26 ottobre 1997 n. 447.

Occorre inoltre ricordare che siamo ancora in attesa del decreto, ai sensi dell'art. 11 della legge 26.10.95, n. 447, che attribuirà le fasce di pertinenza delle infrastrutture stradali all'interno delle quali i limiti che verranno applicati differiranno da quelli attualmente in vigore.

LA VALUTAZIONE DI IMPATTO ACUSTICO

La valutazione di impatto acustico è prevista all'interno della legislazione nazionale che regola la valutazione di impatto ambientale inerente alla realizzazione di opere di vario genere, e precisamente il **DPCM del 27.12.1988** definisce:

- i contenuti degli studi di impatto ambientale;
- le componenti ed i fattori ambientali;
- la caratterizzazione delle componenti e dei fattori ambientali;
- i criteri peculiari da applicare nella redazione degli studi in relazione alla specifica tipologia di ciascuna categoria di opere;
- le procedure da applicare per i progetti di centrali termoelettriche e turbogas.

Per quanto concerne la caratterizzazione della componente (nel caso specifico rumore), la normativa prevede lo svolgimento di rilevazioni e l'uso di adeguati modelli previsionali. La determinazione della qualità dell'ambiente in relazione al rumore dovrà consentire di definire le modifiche introdotte dall'opera, verificarne la compatibilità con gli standards esistenti, con gli equilibri naturali, la salute pubblica da salvaguardare e

con lo svolgimento delle attività antropiche nelle aree interessate attraverso la definizione della mappa di rumorosità e la stima delle modificazioni a seguito della realizzazione dell'opera.

3. Descrizione della situazione “ante-operam”

3.1 Condizioni attuali

Il progetto del tracciato della variante della S.S. 424 Cesanense in corrispondenza del centro abitato di S. Lorenzo in Campo, ha una lunghezza di circa 3.2 Km e corre lungo il lato sinistro dell'alveo del fiume Cesano. La quota di progetto iniziale, in direzione Marotta, è di 162 m, mentre quella finale è di 182.6 m. Dal punto di vista morfologico l'area interessata dal passaggio della strada, risulta essere prevalentemente pianeggiante, i terreni sono per gran parte coltivati e la presenza di abitazioni, ad una distanza di 200 metri dall'asse stradale, è abbastanza scarsa e caratterizzata da singoli edifici isolati, alcuni dei quali disabitati, o da piccoli nuclei abitativi. L'attività antropica principale è quella agricola, i terreni sono infatti adibiti a coltivazioni di diverso tipo, la vegetazione ad alto fusto è abbastanza scarsa e concentrata principalmente lungo l'alveo del fiume, non sono presenti insediamenti industriali od artigianali. La rete viaria principale è costituita dalla S.S. 424 Cesanense e dalla S.P. 59, oltre alla presenza di strade secondarie di servizio.

3.2 Indagini, misure ed accertamenti effettuati

Per una valutazione il più possibile oggettiva dell'impatto acustico che l'opera in progetto avrà sull'area interessata dal suo passaggio, occorre avere una visione della situazione ante-operam dettagliata. A tale scopo la determinazione del clima acustico attuale diventa lo strumento primario da utilizzare come parametro di confronto nella stesura delle considerazioni finali sull'entità dell'impatto provocato dalla variante.

Tenendo in considerazione gli argomenti relativi al rumore da traffico veicolare, i parametri di valutazione del fenomeno acustico, nonché l'analisi delle norme tecniche, si è studiato il tracciato in progetto della variante della S.S. 424 Cesanense ed un suo intorno significativo (il corridoio d'indagine è stato assunto di ampiezza almeno pari a 400 metri), concentrando l'attenzione sui seguenti aspetti:

- analisi del tracciato stradale dal punto di vista geometrico e funzionale;
- destinazioni d'uso del suolo, indicate negli strumenti urbanistici comunali, lungo il tracciato;
- distanza degli insediamenti abitativi dal tracciato;
- presenza di insediamenti industriali ed artigianali nell'area in oggetto;

- distanza del tracciato da particolari situazioni territoriali, e da particolari ricettori sensibili per categoria d'uso quali scuole, ospedali, aree verdi, aree protette dal punto di vista paesaggistico, storico e culturale;
- attività antropica presente e futura dell'area interessata dal tracciato della strada;
- destinazioni del PRG e programmi di sviluppo nell'area;
- Presenza di particolari sorgenti rumorose.

Questa fase d'analisi ha portato all'individuazione di otto siti rappresentativi dell'area, sui quali sono state eseguite le valutazioni strumentali. Tali siti corrispondono a:

STAZIONE A

Sita all'inizio del tratto in variante, direzione Marotta, - Edificio residenziale di due piani, ubicato ad una distanza dal tracciato in progetto di circa 16 metri e a 6 metri dall'attuale tracciato della statale.

STAZIONE B

Nel sito sono state effettuate due misure distanziate di 50 m, la prima postazione è situata a 3 metri dal ciglio stradale.

STAZIONE C

Edificio residenziale ubicato ad una distanza dal tracciato di circa 40 metri.

STAZIONE D

Insedimento ad uso abitativo, ubicato ad una distanza dal tracciato della variante di circa 44 metri.

STAZIONE E

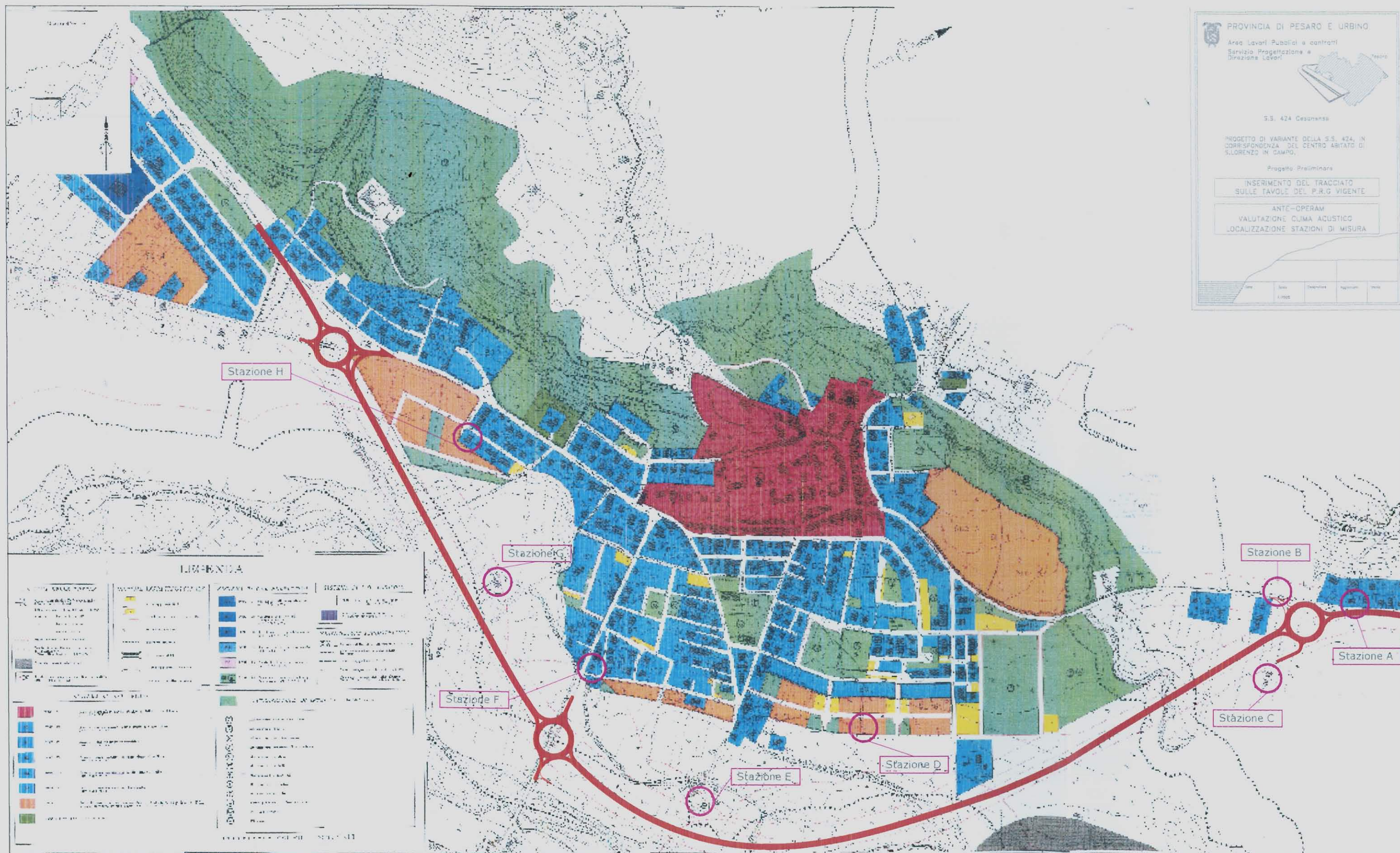
Edificio residenziale ubicato ad una distanza dal tracciato in progetto di circa 50 metri.

STAZIONE F

Edificio ad uso abitativo, ubicato ad una distanza dalla variante di circa 120 metri.

STAZIONE G

Casa colonica sita ad una distanza dal tracciato di circa 50 metri.



LEGENDA

SISTEMA DELLE TUTELE

P.A. S.A. Fascia morfologica Pedesapenninica (P.A.) Subappenninica (S.A.)

Delimitazione ambiti definitivi di tutela

▲ ▲ ▲ Tutela integrale

▲ ▲ ▲ Tutela orientata

▲ ▲ ▲ Tutela diffusa

Delimitazione vincoli speciali

Fascia di rispetto degli impianti di depurazione (Disp. Min. LL.PP. 04/02/1977)

Area di vincolo chilimentrale

★ 00

Edificio sottoposto a specifica normativa (Rif. Tabella II N.T.A.)

SISTEMA INFRASTRUTTURALE

P Parcheggi esistenti

P Strade e parcheggi di progetto

Percorsi pedonali

Percorsi ciclabili

Sottopasso viario

Ponte pedonale e ciclabile

Fasce di rispetto stradale

SISTEMA DI USO PRODUTTIVO

D1 ZONE D1: Secondario di completamento (art. 6.6.1 N.T.A.)

D2 ZONE D2: Turistico-Ricettivo di completamento (art. 6.6.2 N.T.A.)

D3 ZONE D3: Direzionale di completamento (art. 6.6.3 N.T.A.)

D4 ZONE D4: Secondario di nuovo impianto (art. 6.6.2 N.T.A.)

D5 ZONE D5: Terziario di nuovo impianto (art. 6.7.2 N.T.A.)

D6 ZONE D6: Turistico di nuovo impianto Campeggio (art. 6.7.3 N.T.A.)

SISTEMA DI USO AGRICOLO

ZONE R: Zone ad uso agricolo (art. 6.8 N.T.A.)

Zone per industrie insubietti di completamento (art. 6.9.3 N.T.A.)

NOMENCLATURE PERIMETRAZIONI

XX.1 Nomenclatura area (riferimento Tab. A)

Zone assoggettate a convenzione in corso

Zone assoggettate a S.U.E.

Zone sottoposte a piano di recupero

Fascia di limitazione delle altezze Zone B3 mt. 100 - (art. 6.4.4. N.T.A.)

SISTEMA DI USO URBANO

ZONE A: Zone di particolare pregio storico-artistico ed ambientale (art. 6.3.1 N.T.A.)

ZONE B0: Zone di completamento assoggettate a convenzione (art. 6.4.1 N.T.A.)

ZONE B1: Zone di conservazione volumetrica (art. 6.4.2 N.T.A.)

ZONE B2: Zone di completamento a bassa densità edilizia (art. 6.4.3 N.T.A.)

ZONE B3: Zone di completamento a media densità edilizia (art. 6.4.4 N.T.A.)

ZONE B4: Zone con ampliamento regolamentato (art. 6.4.1 N.T.A.)

ZONE C: Zone di espansione già assoggettate a S.U.E. (art. 6.5.2 Tab. 'A' N.T.A.) e zone di nuovo impianto (art. 6.5.2 - Tab. 'A' N.T.A.)

Zone a verde privato (art. 6.11 N.T.A.)

ATTREZZATURE DI INTERESSE GENERALE

Attrezzature civiche e culturali

Attrezzature religiose

Attrezzature per l'istruzione

Attrezzature assistenziali e sanitarie

Attrezzature militari

Attrezzature postali

Attrezzature elmiteriali

Attrezzature ricreative

Attrezzature sportive

Verde pubblico di rilevante valore

Parchi attrezzati

Elipporto

CONFINI COMUNALI

Stazione B

Stazione A

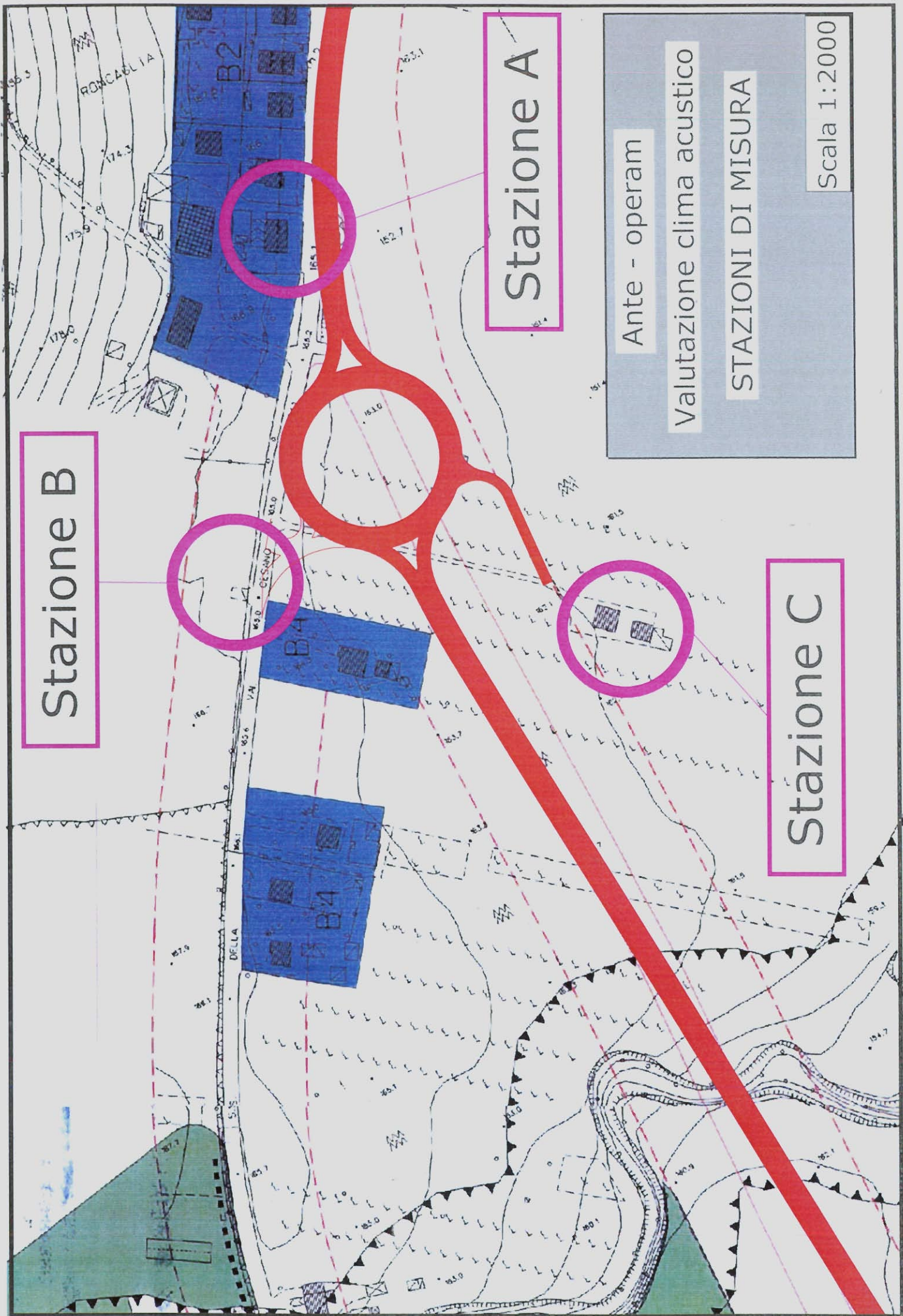
Stazione C

Ante - operam

Valutazione clima acustico

STAZIONI DI MISURA

Scala 1:2000



Stazione D

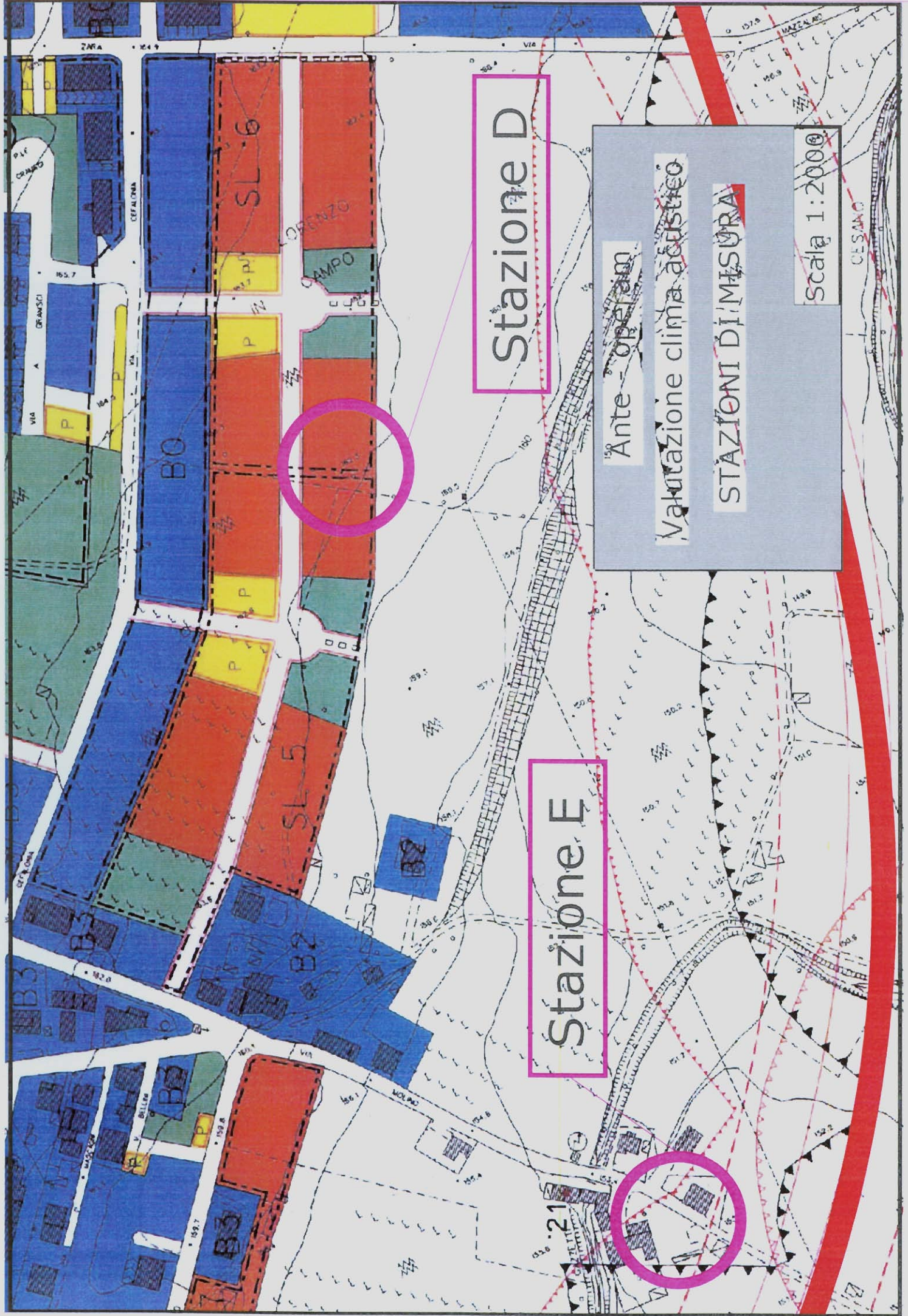
Ante - operam

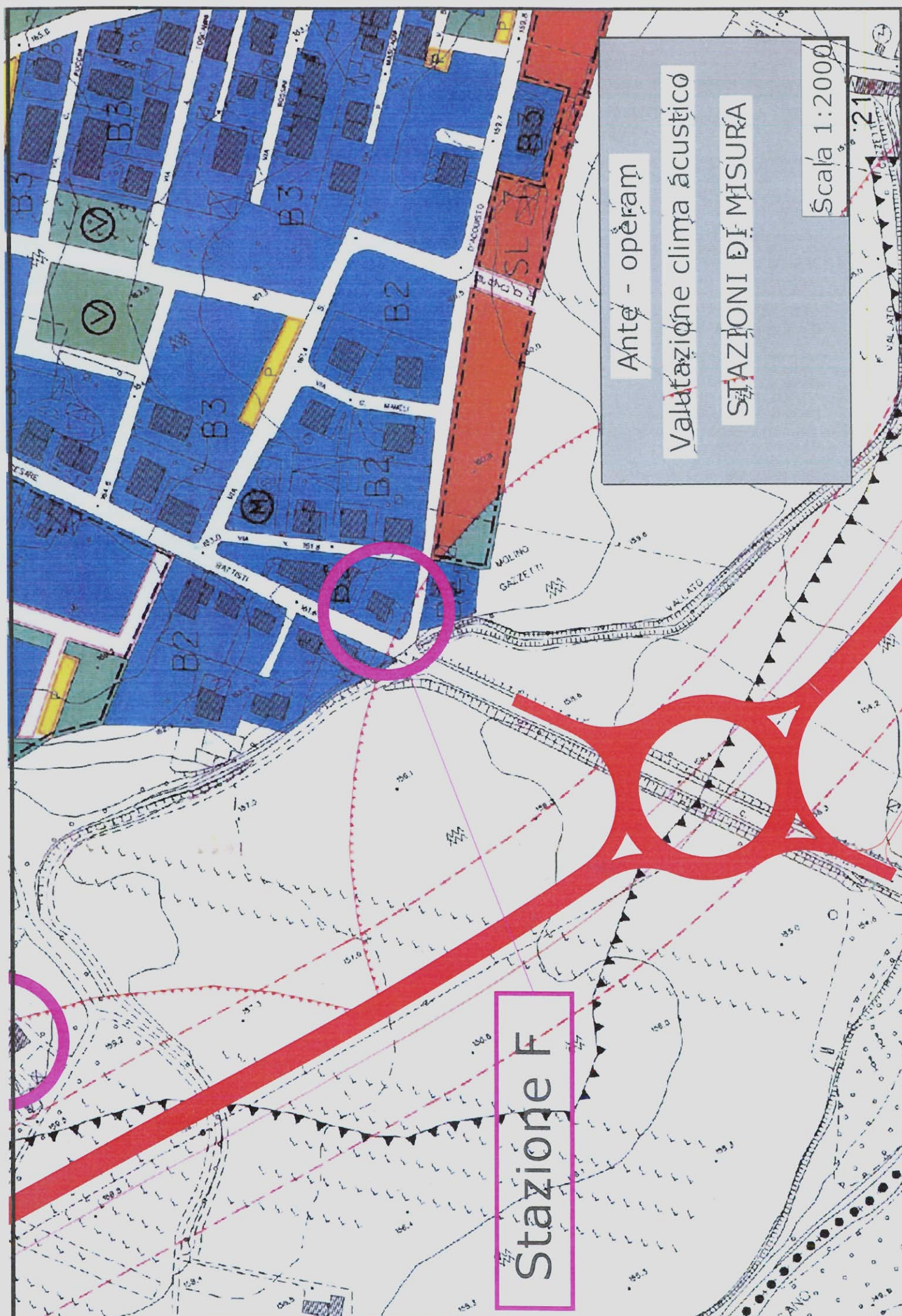
Valutazione clima acustico

STAZIONI DI MISURA

Scala 1:2000

Stazione E





Ante - operam

Valutazione clima acustico

STAZIONI DI MISURA

Scala 1:2000

Stazione F

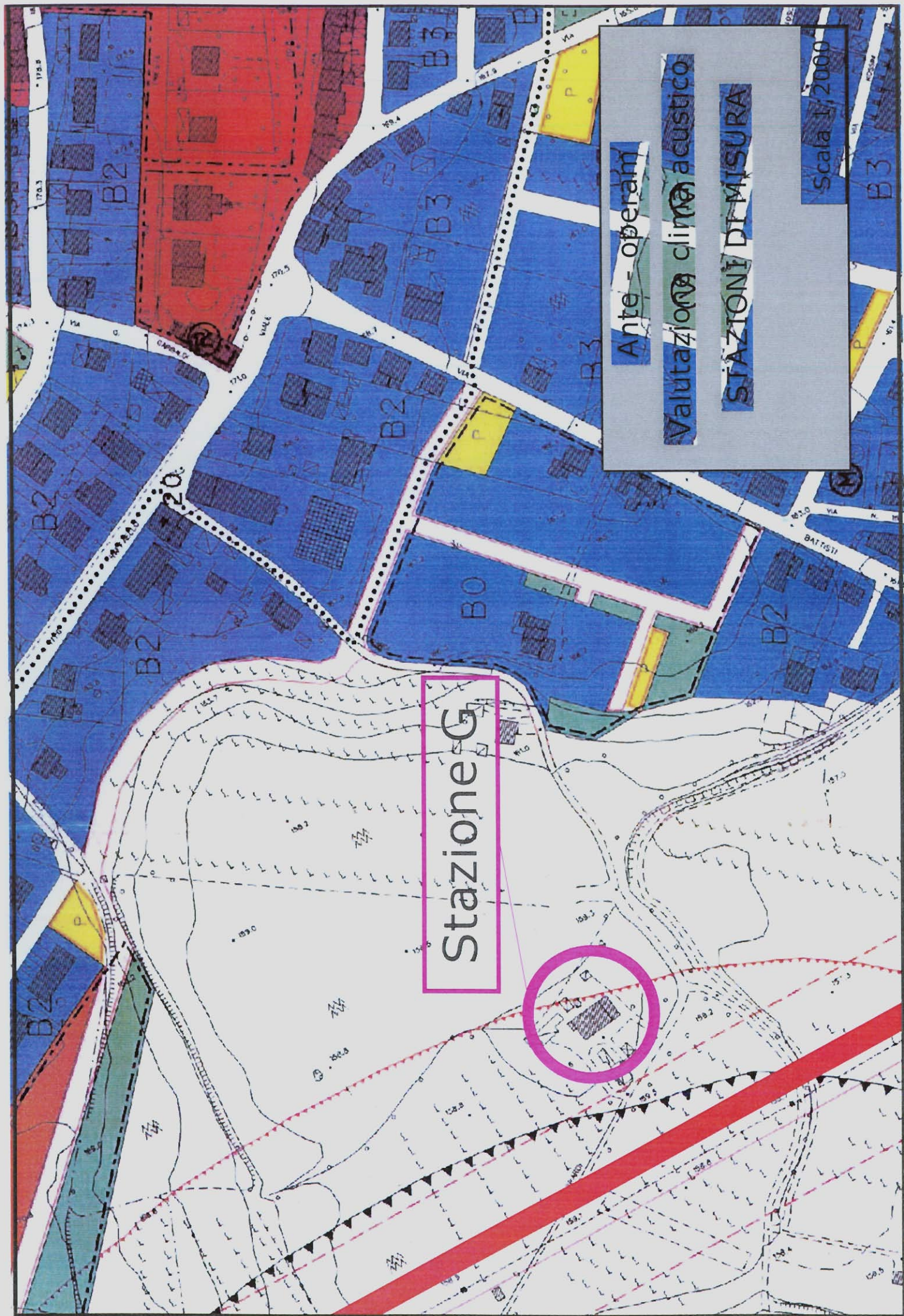
Stazione G

Ante - operam

Valutazione clima acustico

STAZIONI DI MISURA

Scala 1:2000



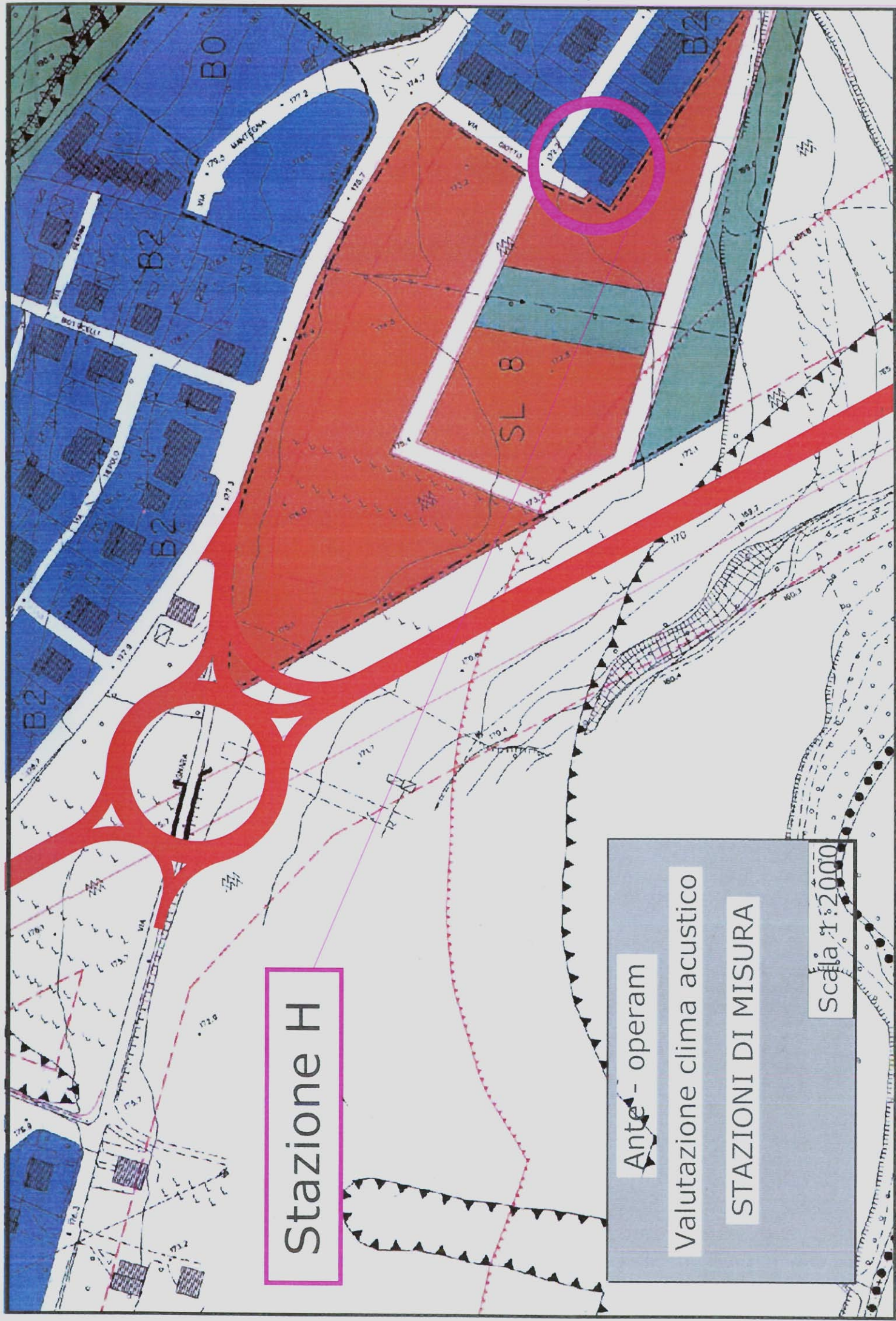
Stazione H

Ante - operam

Valutazione clima acustico

STAZIONI DI MISURA

Scala 1:2000



3.3 Misure

Una volta individuati i punti di criticità lungo il tracciato, sulla base dei parametri sopra indicati, si è passati alla fase di indagine e rilevamento conducendo una campagna di misurazioni fonometriche.

3.3.1 Strumentazione utilizzata

Per le misurazioni dei parametri acustici descrittivi, si è utilizzata la strumentazione, sotto riportata, conforme alle norme di cui al Decreto 16 marzo 1998 art. 2 comma 1, 2, 3, 4.

Per l'effettuazione delle misure fonometriche ai sensi della Legge 447/95 e successivi decreti, è stata impiegata la seguente strumentazione:

- **Analizzatore sonoro modulare di precisione "2260 Investigator" Brüel & Kjaer, n° 2180636**

Conforme con:

- CEI 60651 (1979) Classe 1 più emendamento 1
- CEI 60804 (1985) Classe 1 più emendamento 2
- CEI 61260 (1995) Bande di ottava e di 1/3 di ottava, Classe 0
- ANSI S1.4 (1983) Tipo 1
- ANSI S1.43-199X Tipo 1
- ANSI S1.11-1986 Bande d'ottava e di 1/3 di ottava, Ordine 4, Tipo 0-B, Gamma opzionale

- **Microfono da 1/2" prepolarizzato per campo libero 4189 Brüel & Kjaer, n° 2146215**

- Tipo: condensatore prepolarizzato
- Sensibilità nominale: -26 dB \pm 1.5 dB rif. 1 V/Pa
- Capacitanza: 14 pF (a 250 Hz)

- **Fonometro integratore di precisione tipo "2236" della Brüel & Kjaer n° 2015106,**

Conforme agli Standards:

- I.E.C. (International Electrotechnical Commission) n° 651 (1979) e 804 (1985) classe 1, ed ANSI S1.4 – 1983 e proposta S1.43 del 6/9/1992 classe 1 S
- **Microfono da 1/2" prepolarizzato per campo libero 4188 Brüel & Kjaer, n° 2008293**
- **Calibratore tipo 4231 Brüel & Kjaer, n° 2191001**

Per la fase di post-elaborazione è stato utilizzato il software **“Evaluator” tipo 7820 della Brüel & Kjaer**



CERTIFICATE OF CALIBRATION
No.: CA991603 Page 1 of 2

CALIBRATION OF:

Sound Level Meter:	2260	No:	2180636
Microphone:	41 89	No:	2146215
Identification:			
Date of receipt :	22.Nov.1999		

CLIENT:

S.E.A.Studio Ecologico SRL Via Gozzi 29
(Resid.Flamino) 61032 Fano
Italy

Order No.

CALIBRATION CONDITIONS:

Preconditioning:	12 hours at 23 °C.		
Environment conditions	Air temperature :	23 °C	$\pm 3^{\circ}\text{C}$
	Air pressure :	101.3 kPa	$\pm 3 \text{ kPa}$
	Relative Humidity	50 % RH	$\pm 20\% \text{RH}$

SPECIFICATIONS:

The Sound Level Meter has been calibrated in accordance with the requirements as specified in IEC 651 and
IEC 804 ⁱ and vendor specific procedures.

PROCEDURE:

The incasurcinents have been perfonned with the assi~ce of : Brüel
& Kjan's Sound Level Meter Calibration System B&K 9600

CAL-SLM Version 03.1

995

RESULTS:

A list of the performed (sub)tegs is stated on page 2 of this ceffificate. A~ measmements are documented on
worksheets.
Tbc uncertantics of the references used and the test methods are registered al the DANAK (Dansk Akiae&tering)
and available on request, and all mwsurements and statements are based on a 95% confidence leva.

Date of Calibration 24.11 .1 999

Cerúfclate issued: 24. 1 1 .1 999

Approved signatory:

Greta Koch

Calibrati-on Teciuúcian.

Peter Gaardsdal

Reproduction of the complete cedificate is allowed Parts of the certificate may only be reproduced after writton permússion.

SIT

SERVIZIO DI TARATURA IN ITALIA Calibration Service in Italy



Il SIT è uno dei firmatari dell'Accordo Multilaterale della European co-operation for Accreditation (EA) per il mutuo riconoscimento dei certificati di taratura.
SIT is one of the signatories to the Multilateral Agreement of EA for the mutual recognition of calibration certificates.

CENTRO DI TARATURA N. 71/E
Calibration Centre

istituito da
established by

Brüel & Kjær

Divisione della SPECTRIS ITALIA S.r.l.

Via Trebbia 1
20090 Opera (MI)

Tel.: 02 - 5768061
Fax.: 02 - 57604524

Pagina 1 di 17
Page 1 of

CERTIFICATO DI TARATURA N. 00-1503-F Certificate of Calibration No.

Data di emissione 26/06/2000
date of issue
- destinatario SEA STUDIO ECOLOGICO S.r.l.
addressee FANO PS
- richiesta DdT N. 6
application
- in data
date
Si riferisce a:
referring to
- oggetto FONOMETRO INTEGRATORE
item
- costruttore BRUEL & KJAER
manufacturer
- modello 2236* + microfono 4188
model
- matricola 2015106 + 2008293
serial number
- data delle misure 26.06.2000
date of measurements
- registro di laboratorio FD 2000/18
laboratory reference

Il presente certificato di taratura è rilasciato in base all'accreditamento SIT N. 71/E concesso dall'Istituto Metrologico Primario competente in attuazione della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). Tale Istituto, nei campi di misura ed entro le incertezze precisate nell'accreditamento stesso, garantisce:
- il mantenimento della riferibilità degli apparecchi usati dal Centro a campioni nazionali delle unità del Sistema Internazionale delle Unità (SI);
- la correttezza metrologica delle procedure di misura adottate dal Centro.

This certificate of calibration is issued in accordance with the accreditation SIT No. 71/E guaranteed by the relevant Primary Metrological Institute in enforcement of the law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. The Institute, for the measurement ranges and within the uncertainties stated in the approval, guarantees:
- the maintenance of the traceability of the apparatus used by the Centre to national standards of the International System of Units (SI);
- the metrological correctness of the measurement procedures adopted by the Centre.

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure riportate alla pagina seguente insieme ai campioni di prima linea che iniziano la catena di riferibilità e ai rispettivi certificati validi di taratura.
The measurement results reported in this Certificate were obtained following the procedures reported in the following page together with the first line standards which begin the traceability chain and their valid certificates of calibration.

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono espresse come due volte lo scarto tipo (corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%).

The measurement uncertainties stated in this document are estimated at the level of twice the standard deviation (corresponding, in the case of normal distribution, to a confidence level of about 95%).

Il Responsabile del Centro
Head of the Centre

Massimo GROSSI

La riproduzione del presente documento è ammessa in copia conforme integrale. La riproduzione conforme parziale è ammessa soltanto a seguito di autorizzazioni scritte dell'Istituto Metrologico Primario competente e del Centro di Taratura, da riportare con i relativi numeri di protocollo in testa alla riproduzione medesima.

This document may be reproduced only in full. It may be partially reproduced only by written approvals of the relevant Primary Metrological Institute and of the Calibration Centre, together with the quotation of the reference numbers of the same written approvals.

Brüel & Kjaer

Skodsborgvej 307
DK-2850 Nørrebro, Denmark
Telephone: +4577412000
Web site a&h-ess:hwil~.bk-dkl
Fax: +4577412027



DANAK

Reg.Nr. 307

CERTIFICATE OF CALIBRATION

No.: CA991622

Page 1 of 2

CALIBRATION OF:

Sound level calibrator 4231

Ser.No: 2191001

Identification :

Date of receipt : 22.Nov.1999

CLIENT:

S.E.A. Studio Ecologico SRL Via Gozzi 29 (Resid.
Flaminio) 61032 Fano
Italy

CALIBRATION CONDITIONS:

Preconditioning:

4 hours at **23 °C. \pm 3°C**

Environment conditions

Air temperature :

23 °C \pm 3°C

Air pressure

101.3 kPa \pm 5 kPa 50%

Relative Humidity

50%RH \pm 25% RH

PROCEDURE:

The apparatus has been calibrated in accordance with the requirements as specified by vendor, using Calibration Procedure No. P423 1A03

RESULT:

Initial calibration

Calibration prior to repair/adjustment

Recalibration without repair/adjustment

Calibration after repair/adjustment

The uncertainties of the references used and the test methods are registered at the DANAK (Dansk Akkreditering) and available on request, all measurement uncertainties are based on a 95% confidence level.

Results marked by asterisk (*) are outside our scope of accreditation.

Date of Calibration

30.Nov.1999


Certificate issued:

30.Nov.1999

-Nils Johansen

Calibration Technician

Approved signatory:


Nils

Reproduction of the complete certificate is allowed. Part of the certificate may only be reproduced after written permission.

3.3.2 Metodologia di misura

Le misurazioni fonometriche sono state condotte secondo quanto riportato nel D.P.C.M. 14 novembre 1997 *“Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore”* e nel Decreto 16 marzo 1998 in GU n. 76 del 1/4/98 *“Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico”*. Al fine di caratterizzare l'attuale clima acustico presente nell'area oggetto dell'attraversamento della variante, sono state eseguite misure strumentali in sei postazioni significative. Due siti sono invece stati scelti per misure utilizzate al fine di tarare il modello previsionale Mithra. Nelle stazioni A, D, F e G sono state eseguite misure in continuo per 24 ore, mentre nelle rimanenti sono state eseguite misure con tecnica di campionamento Maog. Infatti in letteratura molti autori concordano nell'indicare un tempo sufficiente di misura di dieci minuti, che è rappresentativo dell'ora e del tempo di riferimento scelto. Questa tecnica è riportata nella pubblicazione di G. Brambilla, Caretti – Magione, *“Caratterizzazione del rumore ambientale: importanza del campionamento nel tempo” atti del XXI Convegno Nazionale di Brambilla, Cipelletti. Valutazione degli errori associati a tecniche di campionamento nel tempo per il rilievo del rumore ambientale”*.

Su ciascuna postazione sono stati rilevati gli indicatori acustici principali per campioni significativi di almeno dieci minuti consecutivi scelti nell'ambito di alcune fasce orarie di cui è costituito il tempo di riferimento, limitatamente ad un solo giorno. Le fasce orarie nelle quali sono stati eseguiti i singoli intervalli di misura sono:

- 08-11
- 11-14
- 14-17
- 17-22
- 22-06

Va sottolineato che, nella scelta delle stazioni di misura, si è tenuto conto della necessità di collegare in continuo gli analizzatori all'alimentazione elettrica e di tenere gli stessi in posizione protetta da agenti meteorici particolari, nonché di garantire il massimo grado di sicurezza e di affidabilità delle misure.

3.3.3. Schede di misura

Di seguito sono inserite le Scheda di Stazione ognuna delle quali contiene:

- ☐ fotografia del sito
- ☐ descrizione della Stazione di Misura
- ☐ condizioni meteorologiche durante l'effettuazione delle misure
- ☐ dati generali sulla misura
- ☐ parametri misurati
- ☐ grafici sull'andamento dei parametri di misura
- ☐ tabelle riassuntive

STAZIONE A



DESCRIZIONE DEL SITO

Abitazione civile di due piani, a circa 6 metri dall'attuale tracciato della SS 424 e a 16 metri dal tracciato della variante in progetto. L'area è caratterizzata dalla presenza di un nucleo di abitazioni civili e circondata da campi coltivati. La strada statale risulta essere la fonte di rumorosità maggiore.

DATI GENERALI DEL RILEVAMENTO

In questo sito è stata eseguita una misura di 24 ore.

Giorno: 25.09.01

Durata misura: 24 ore

CONDIZIONI METEOREOLOGICHE

Temperatura media: 22°C

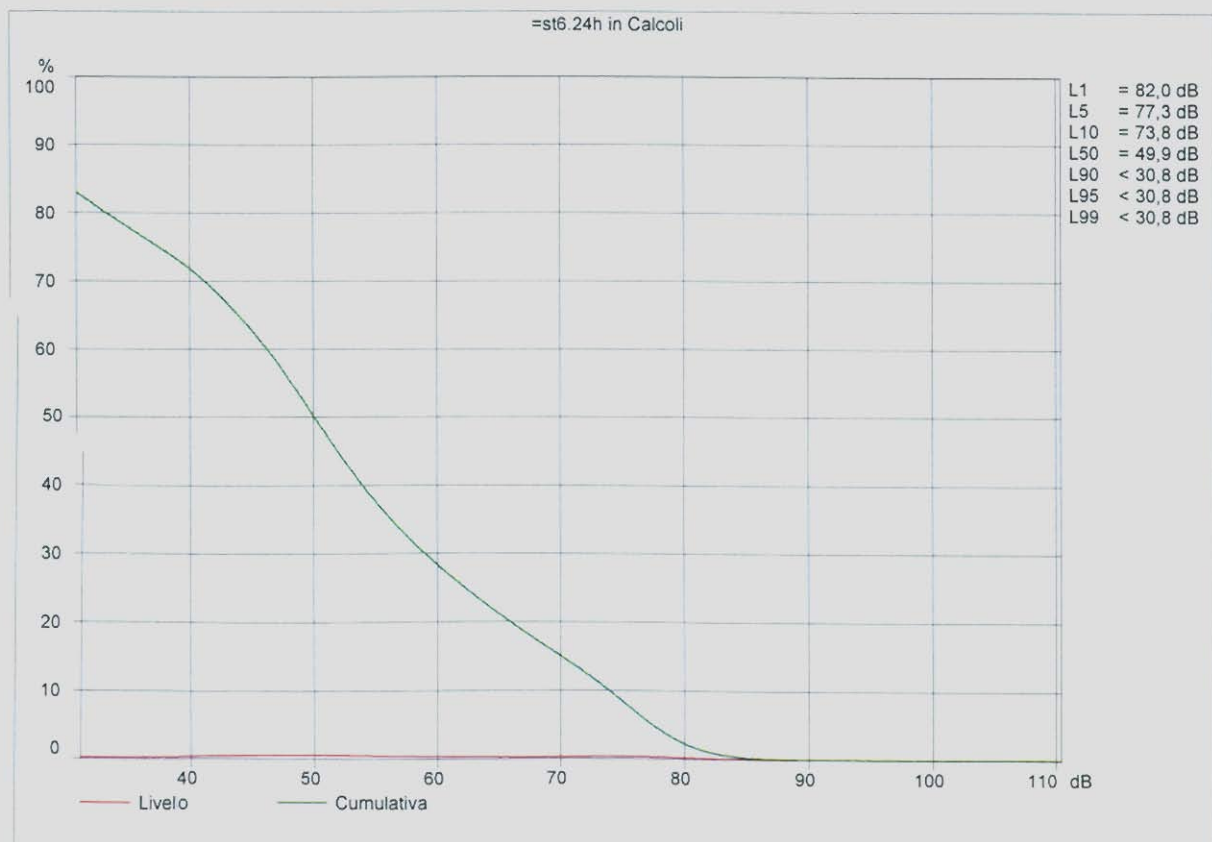
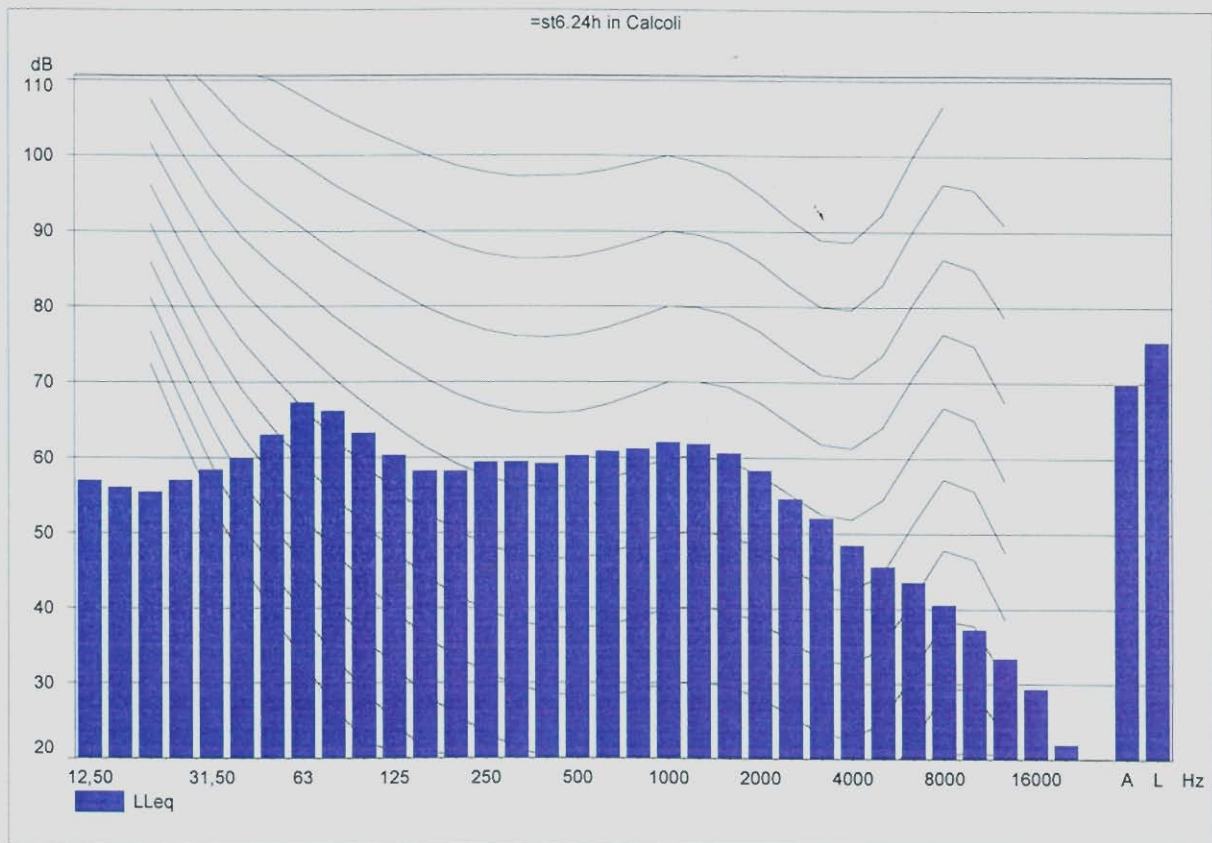
Vento: debole

Precipitazioni: assenti

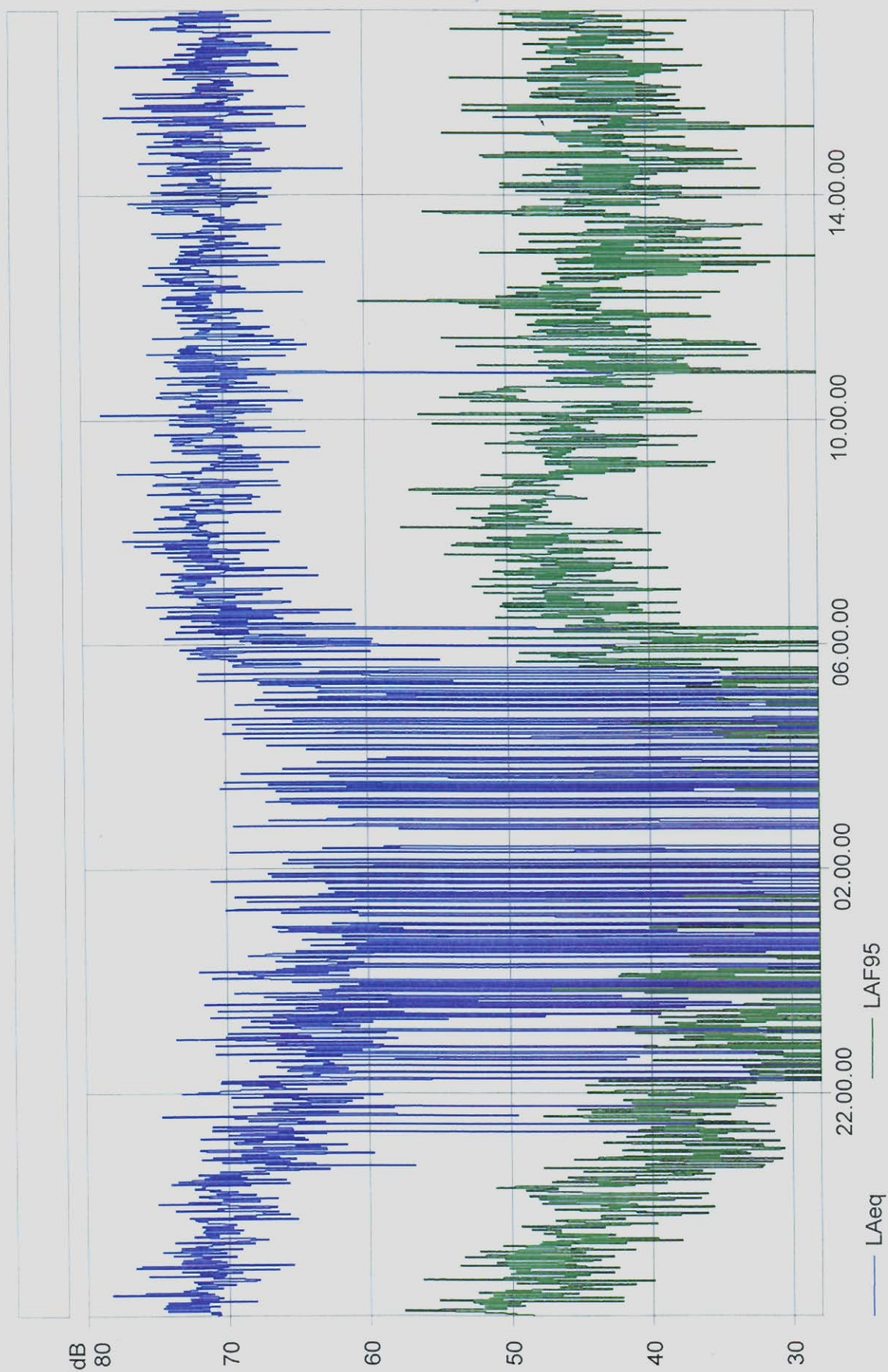
Cielo: variabile

STAZIONE A (24 ore)

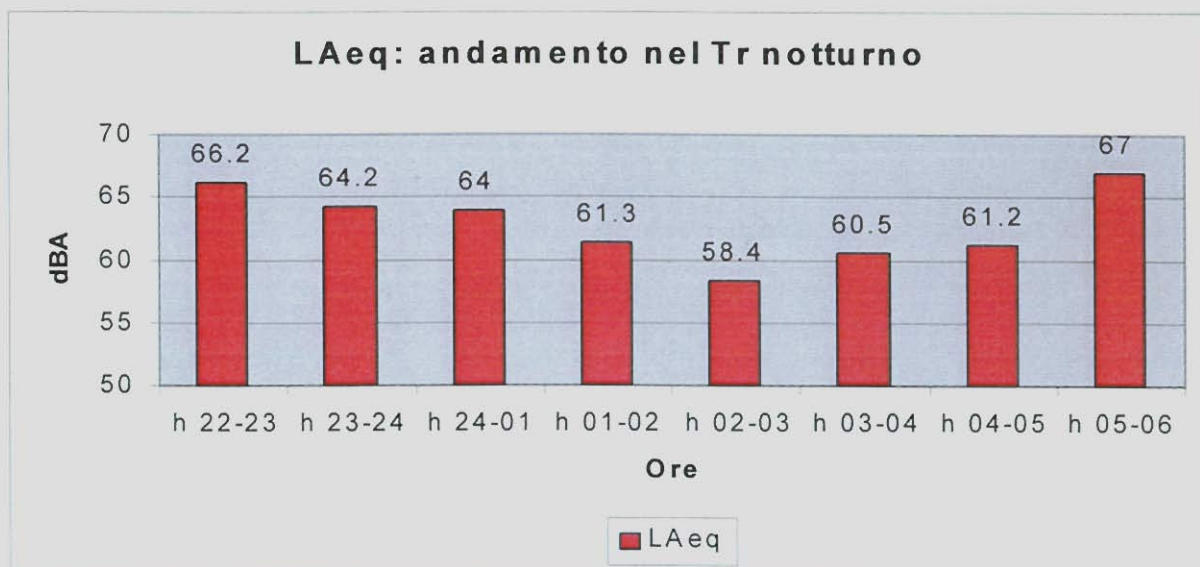
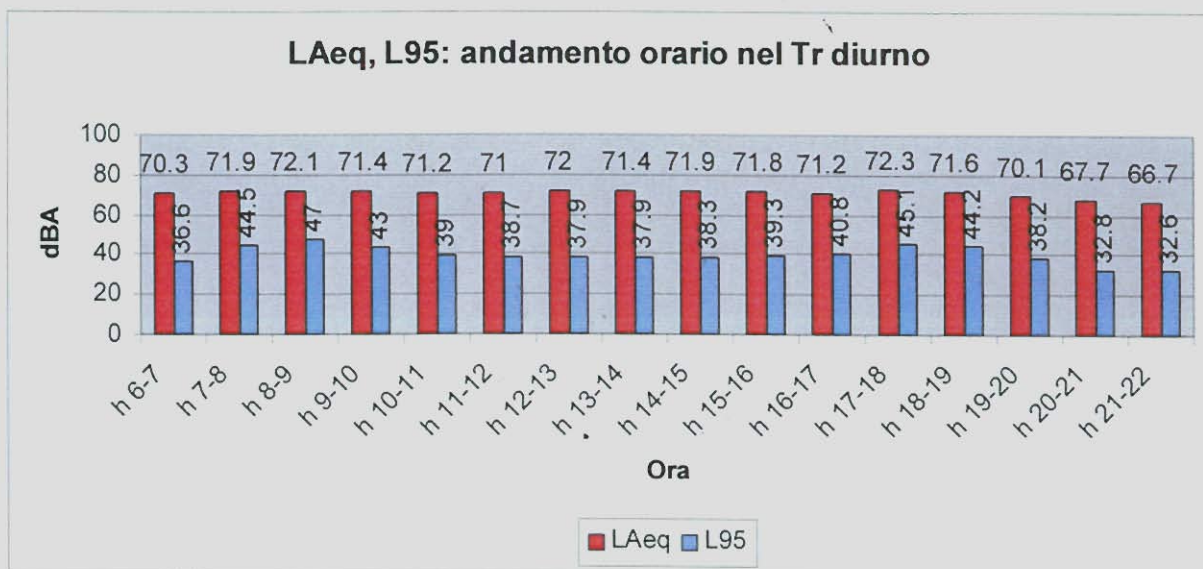
SCHEDA DI MISURA	
Data	25.09.2001
Ora inizio	18.03
Luogo	Di fronte all'abitazione
Tempo di riferimento	Diurno/notturno
Tempo di osservazione	24h
Tempo di misura	24h
LAeq	69.8
L _{Amax}	97.0
L _{Amin}	30.7
L _{Apk} (maxP)	113.6
L ₁₀	73.8
L ₅₀	49.9
L ₉₀	<30
L₉₅ (rumore di fondo)	<30



=st6.24h



STAZIONE A: confronto tra LAeq e L95



STAZIONE B



DESCRIZIONE DEL SITO

La misura è stata eseguita al fine di tarare il modello di calcolo previsionale, durante l'esecuzione del rilevamento sono transitati 235 mezzi di cui 26 pesanti. Sono state utilizzate due postazioni all'interno di un campo agricolo privo di vegetazione, la prima a circa tre metri dal ciglio stradale, mentre la seconda è stata posizionata a cinquanta metri dalla prima ad una quota leggermente superiore.

DATI GENERALI DEL RILEVAMENTO

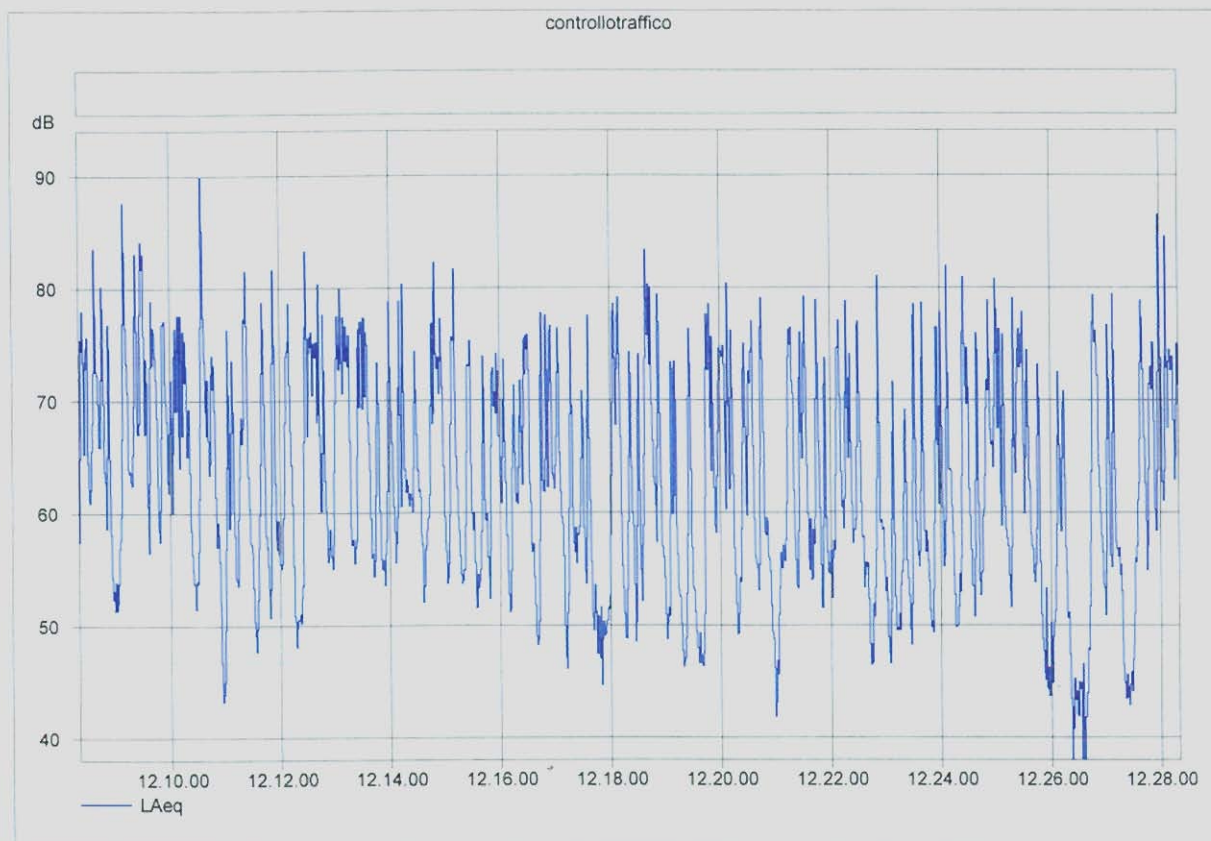
Giorno:	19.009.01
Ora inizio:	12.08
Durata:	20'

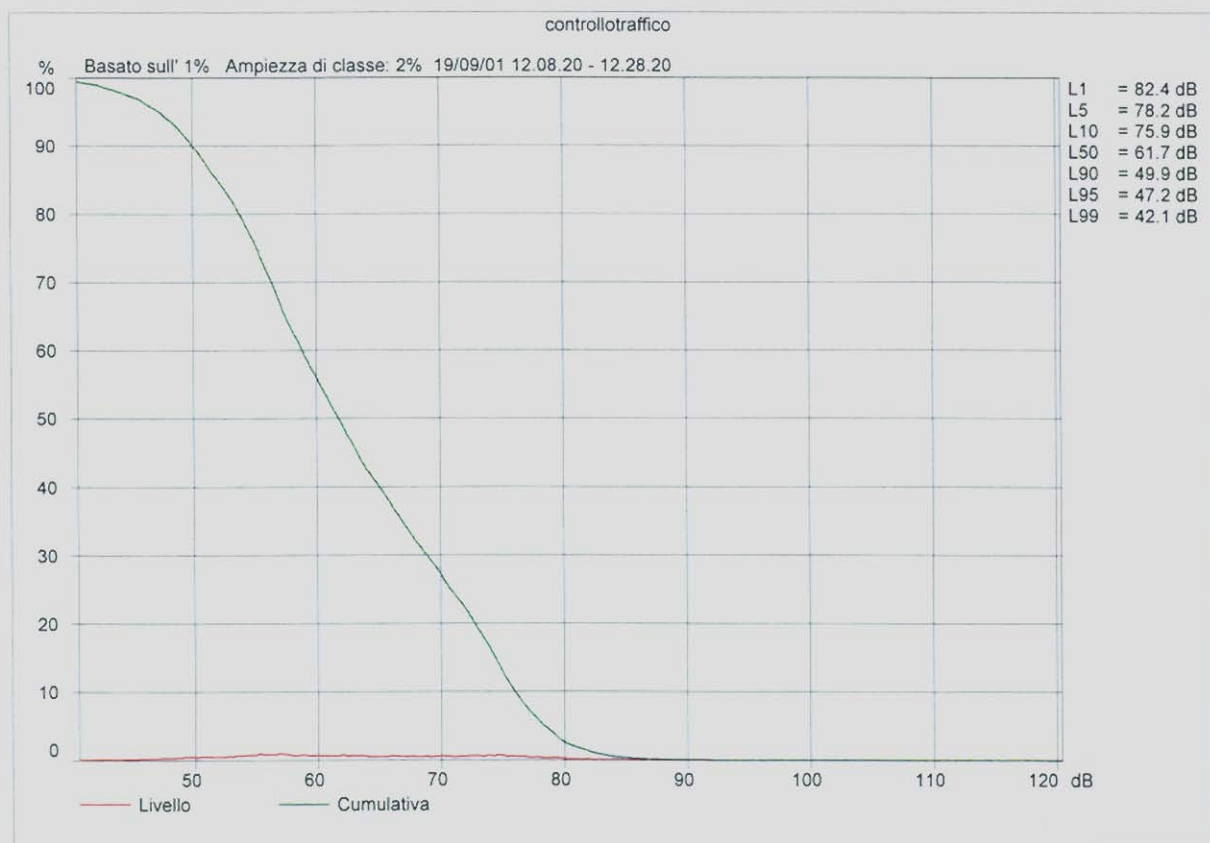
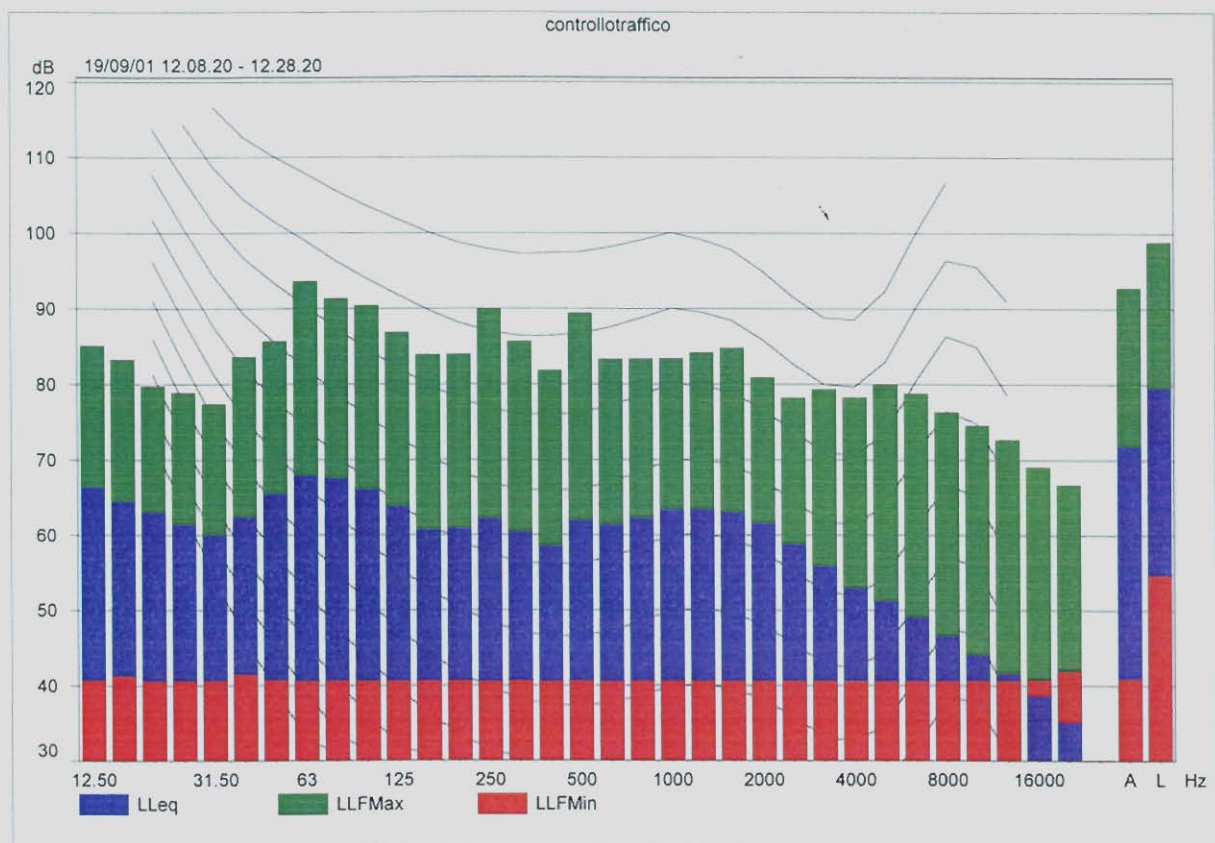
CONDIZIONI METEOREOLOGICHE

Temperatura media:	24°C
Vento:	debole
Precipitazioni:	assenti
Cielo:	variabile

STAZIONE **B**

SCHEDA DI MISURA 1	
Data	19.09.2001
Ora inizio	12.08
Luogo	A 3 metri dal ciglio della strada
Tempo di riferimento	Diurno
Tempo di osservazione	11.00-14.00
Tempo di misura	20'
LAeq	71.8
LAmx	92.8
LAmin	40.9
LApk (maxP)	105.2
L ₁₀	75.9
L ₅₀	61.7
L ₉₀	49.9
L ₉₅	47.2





STAZIONE C



DESCRIZIONE DEL SITO

Palazzina ad uso di civile abitazione di due piani, a circa 140 metri dall'attuale tracciato della SS 424 ed a 44 metri dal tracciato in progetto. La zona completamente pianeggiante è adibita a coltivazioni varie, non sono presenti particolari sorgenti di rumore a parte la rumorosità prodotta dal traffico veicolare della vicina strada statale.

DATI GENERALI DEL RILEVAMENTO

In questo sito è stata utilizzata la tecnica di campionamento Maog.

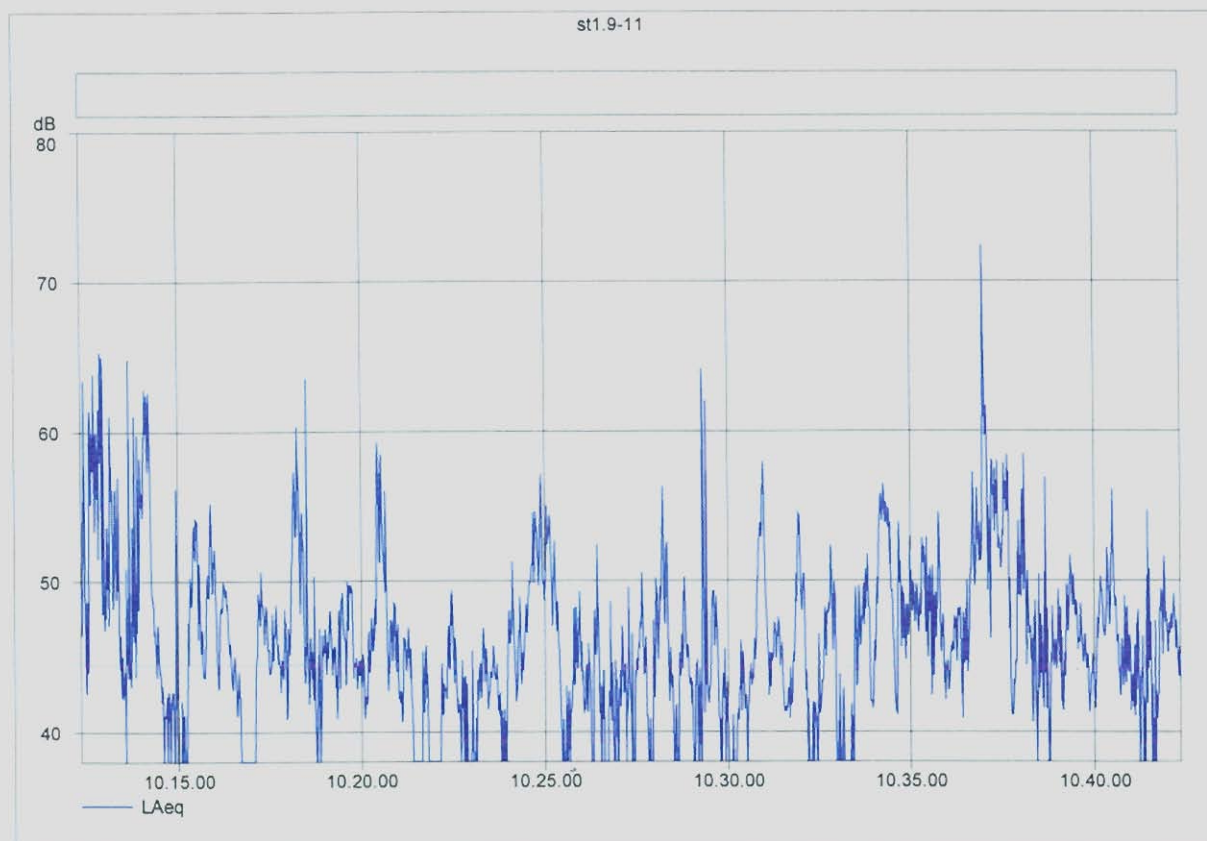
Giorno:	19.09.01
Durata misura 8-11:	30'
Durata misura 11-14:	30'
Durata misura 14-17:	20'
Durata misura 17-20:	15'
Notturmo 22-06:	5.24'

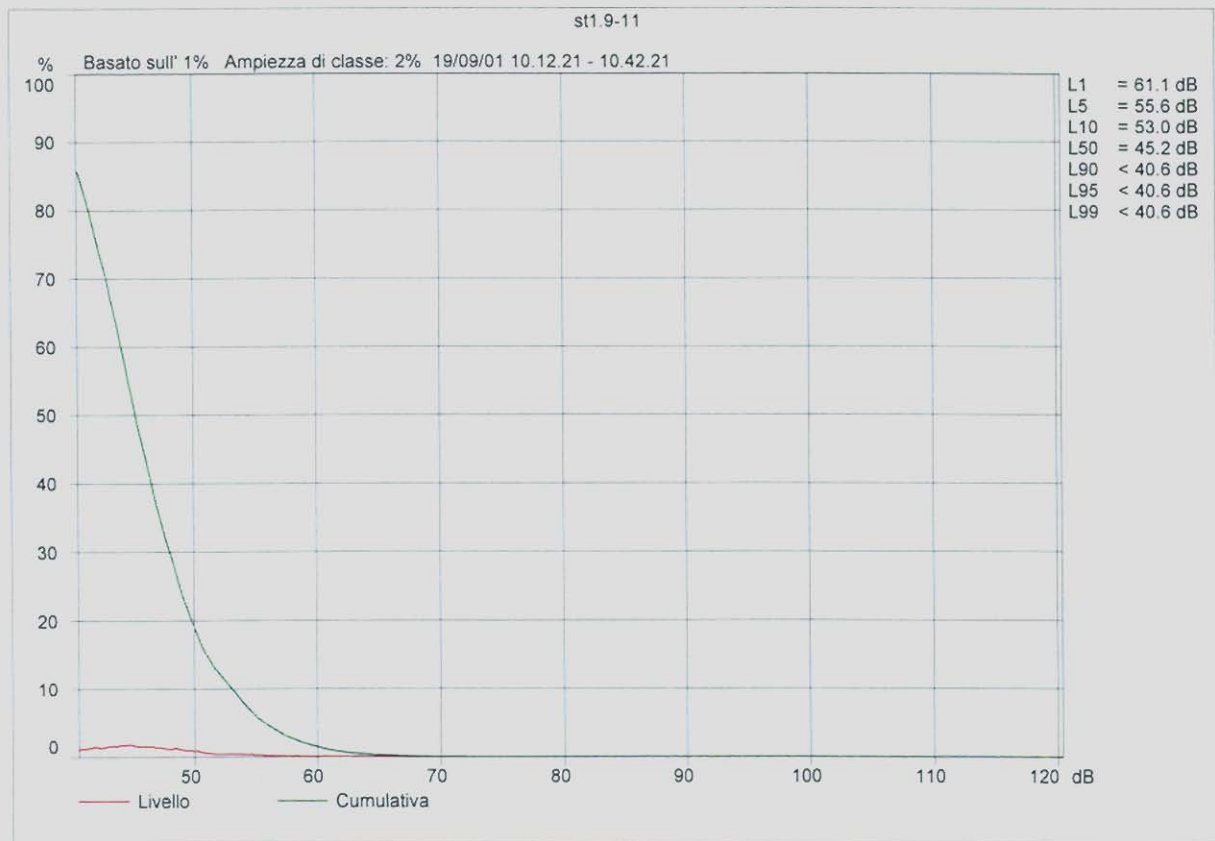
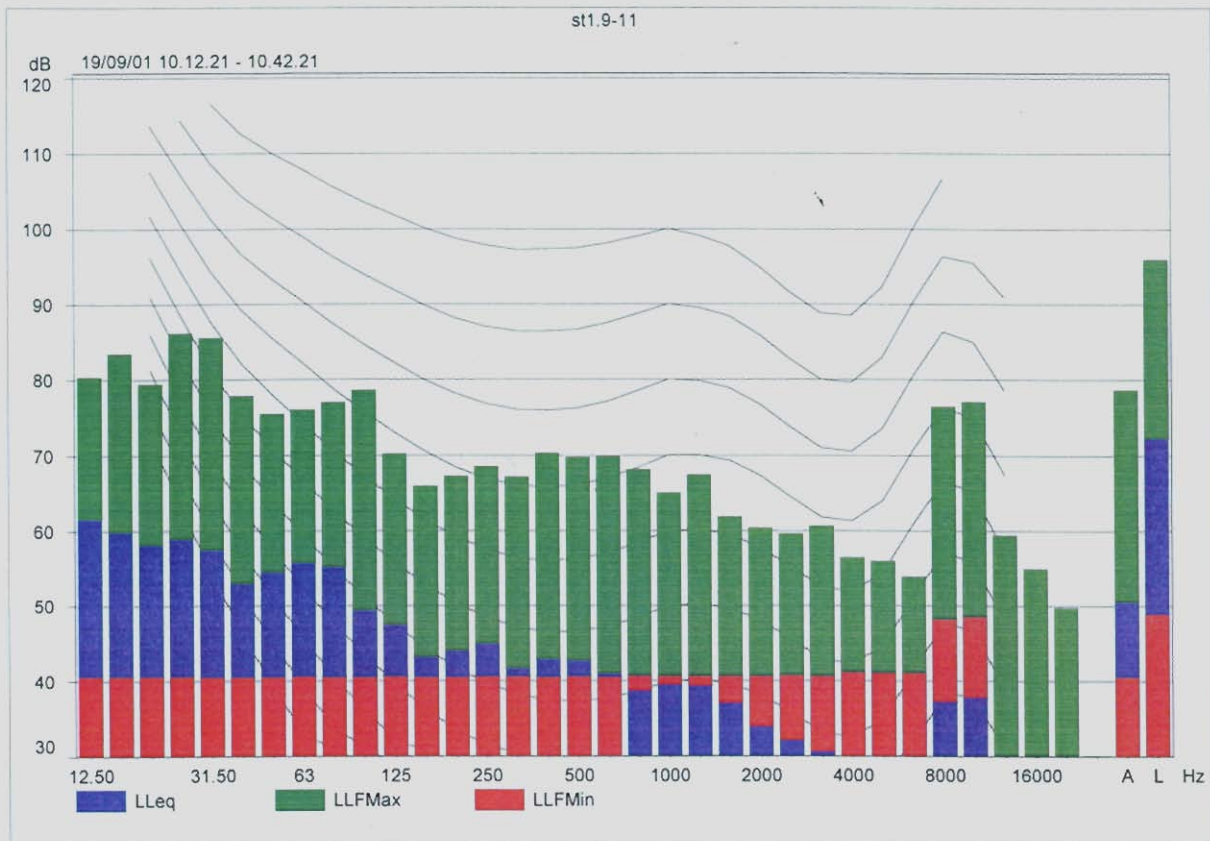
CONDIZIONI METEOREOLOGICHE

Temperatura:	20°C
Vento:	debole
Precipitazioni:	assenti
Cielo:	variabile

STAZIONE C – Fascia oraria 08.00-11.00

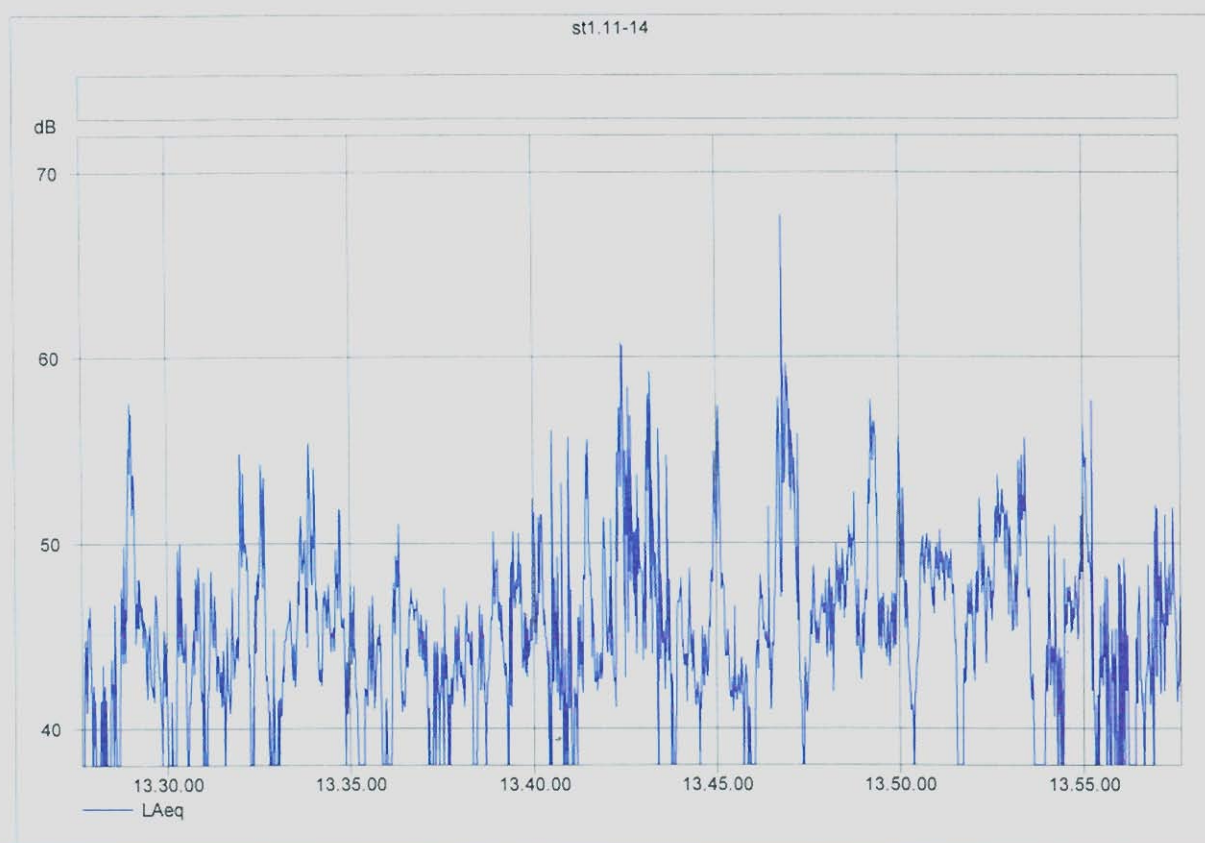
SCHEDA DI MISURA	
Data	19.09.2001
Ora inizio	10.12
Luogo	Di fronte all'abitazione
Tempo di riferimento	Diurno
Tempo di osservazione	08-11.00
Tempo di misura	30'
LAeq	50.6
LAm _{ax}	78.7
LAm _{in}	40.6
LAp _k (maxP)	93.6
L ₁₀	53.0
L ₅₀	45.2
L ₉₀	<40
L₉₅ (rumore di fondo)	<40

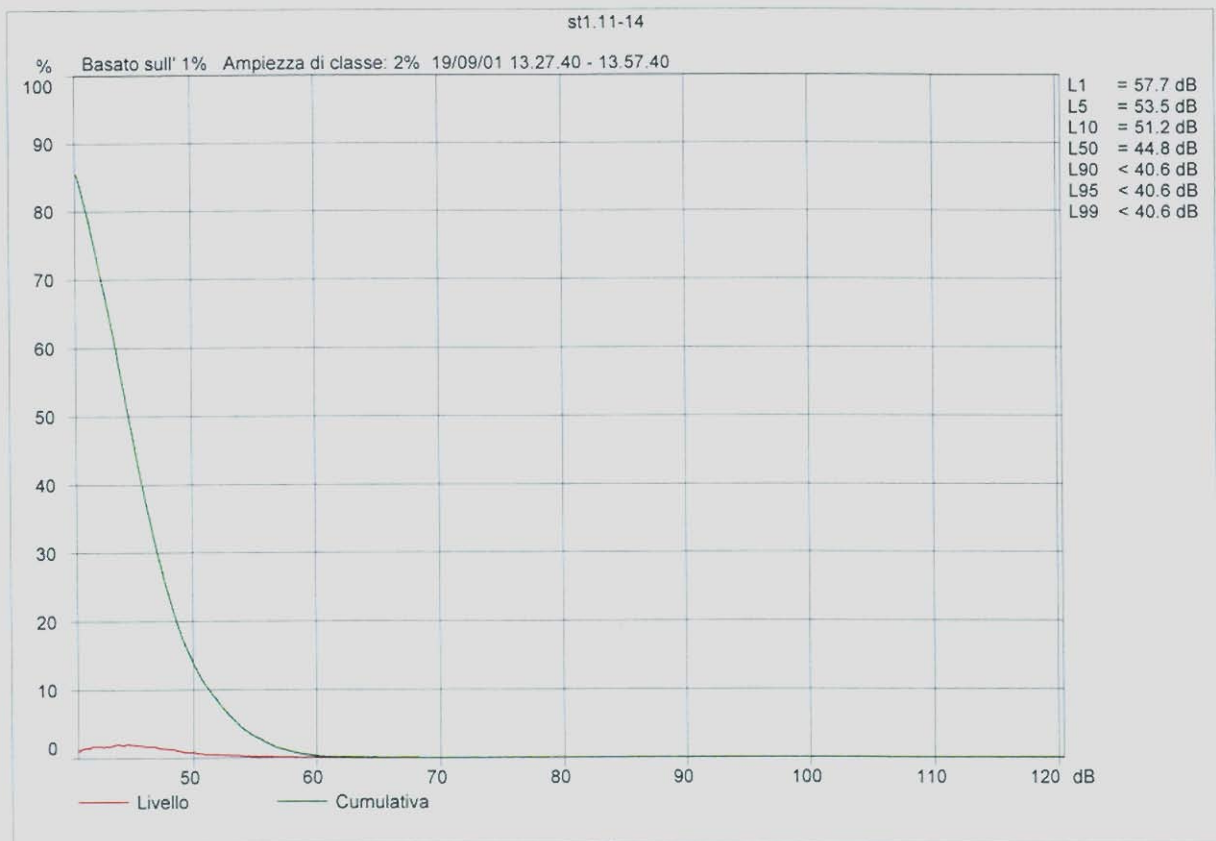
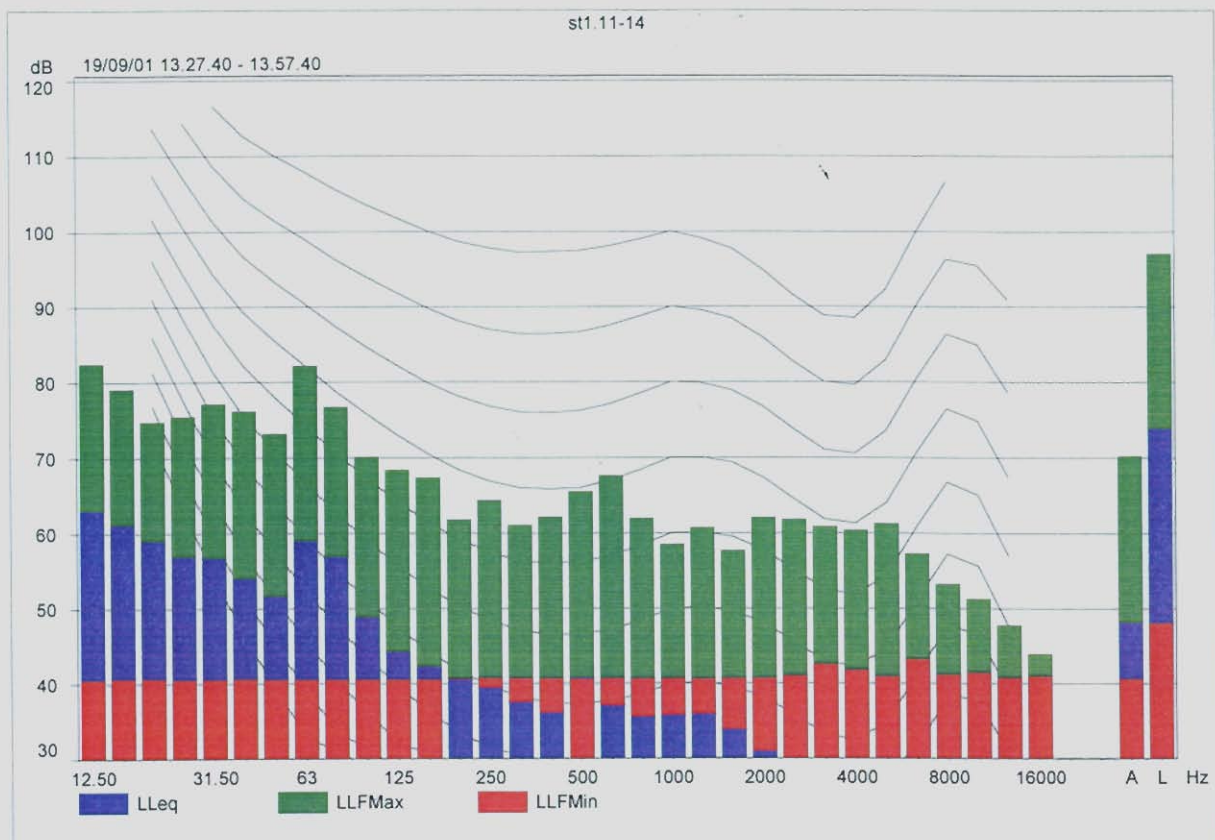




STAZIONE C – Fascia oraria 11.00-14.00

SCHEDA DI MISURA	
Data	19.09.2001
Ora inizio	13.27
Luogo	Di fronte all'abitazione
Tempo di riferimento	Diurno
Tempo di osservazione	11.00-14.00
Tempo di misura	30'
LAeq	48.1
L _{Amax}	70.2
L _{Amin}	40.6
L _{Apk} (maxP)	89.3
L ₁₀	51.2
L ₅₀	44.8
L ₉₀	<40
L₉₅ (rumore di fondo)	<40





STAZIONE C – Fascia oraria 14.00-17.00

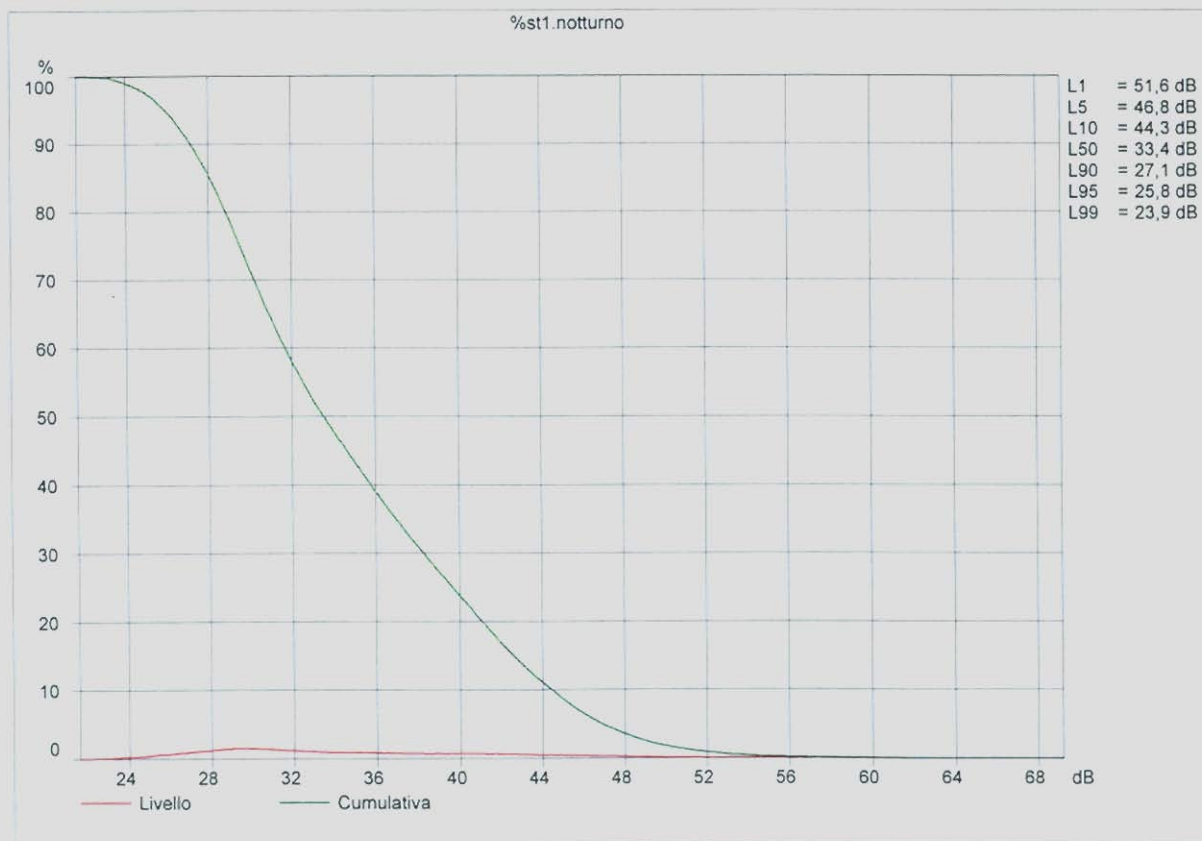
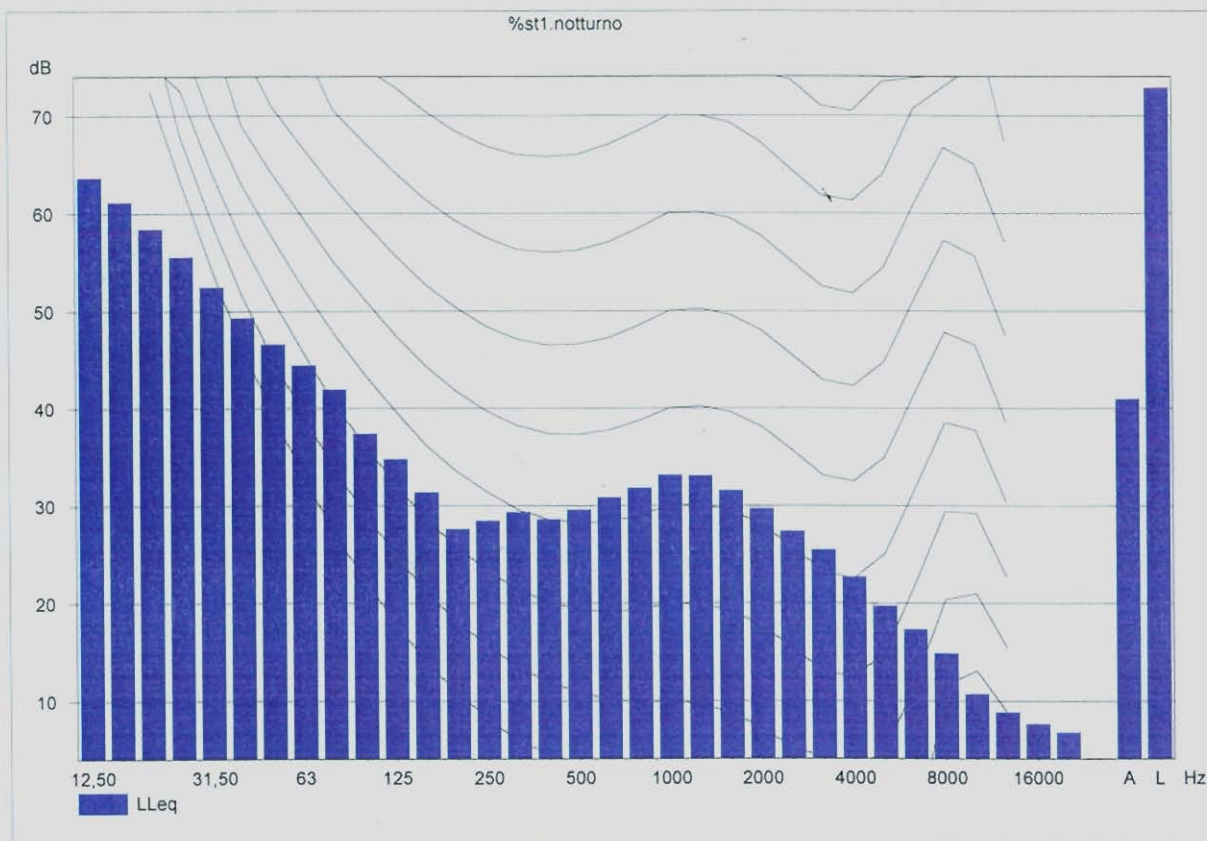
SCHEDA DI MISURA	
Data	19.09.2001
Ora inizio	16.35
Luogo	Di fronte all'abitazione
Tempo di riferimento	Diurno
Tempo di osservazione	17.00-20.00
Tempo di misura	20'
LAeq	49.8
LAm _{ax}	69.2
LAm _{in}	33.8
LAp _k (maxP)	93.6
L ₁₀	53.0
L ₅₀	44.5
L₉₀ (rumore d fondo)	40

STAZIONE C – Fascia oraria 17.00-22.00

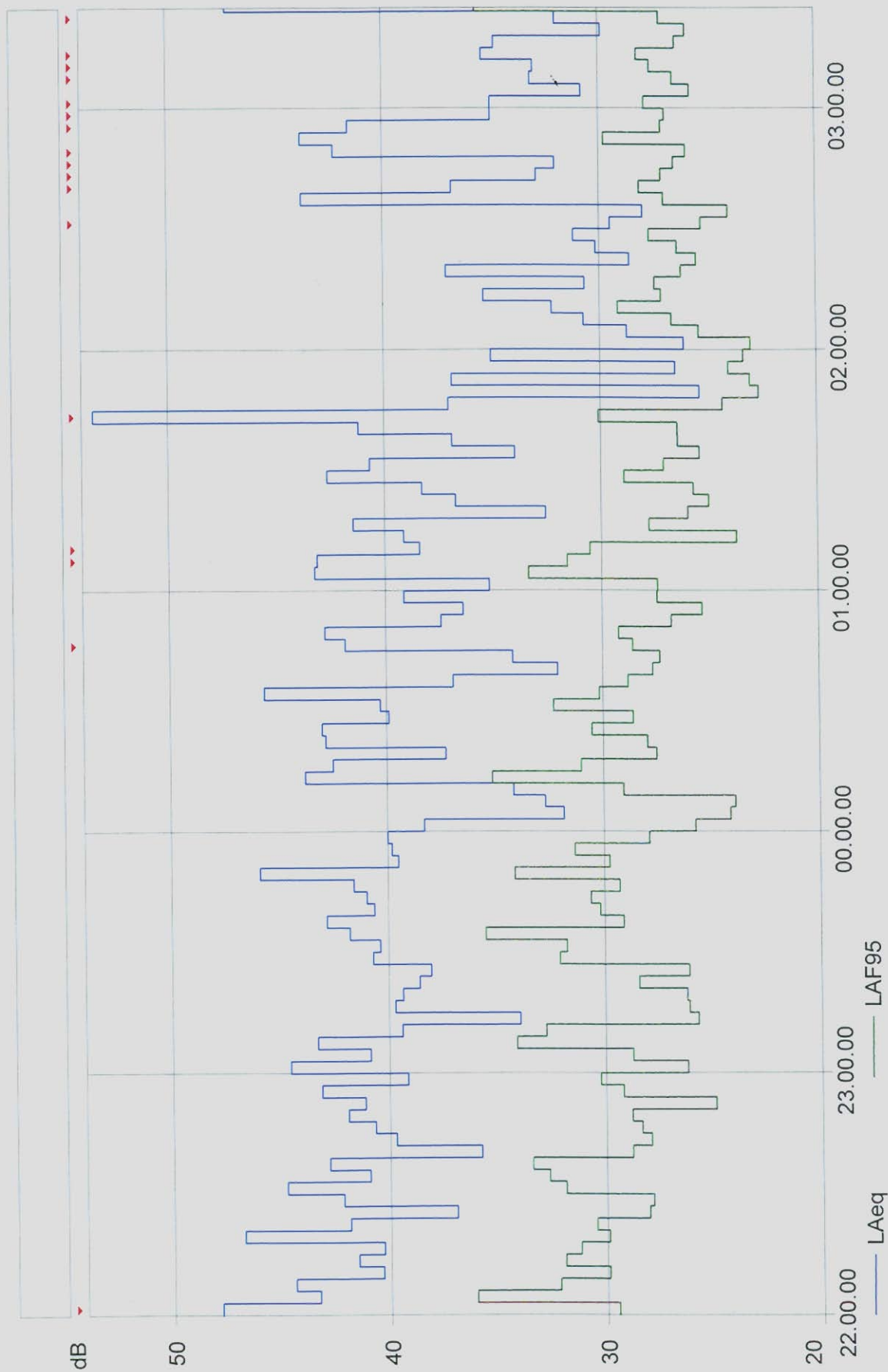
SCHEDA DI MISURA	
Data	19.09.2001
Ora inizio	18.45
Luogo	Di fronte all'abitazione
Tempo di riferimento	Diurno
Tempo di osservazione	17.00-22.00
Tempo di misura	15'
LAeq	53.3
L _{Amax}	77.7
L _{Amin}	96.9
L _{Apk} (maxP)	99.8
L ₁₀	54.5
L ₅₀	46.0
L₉₀ (rumore di fondo)	41.5

STAZIONE C – T_r notturno

SCHEDA DI MISURA	
Data	10.10.2001
Ora inizio	22.00
Luogo	Di fronte all'abitazione
Tempo di riferimento	notturno
Tempo di osservazione	22.00-06.00
Tempo di misura	5h.24'
LAeq	41.0
L _{Amax}	69.1
L _{Amin}	21.6
L _{Apk} (maxP)	93.6
L ₁₀	44.3
L ₅₀	33.4
L ₉₀	27.1
L₉₅ (rumore di fondo)	25.8



%st1.notturmo



Calcolo del valore del LAeq medio:

	T_R Diurno				T_R Notturmo
Data	19.09.2001	19.09.2001	19.09.2001	19.09.2001	
Fascia oraria	08-11	11-14	14-17	17-22	22-06
Ora	10.12	13.27	16.35	18.45	
LAeq	50.6	48.1	49.8	53.3	
LAeq medio	50.5				41.0

STAZIONE D



DESCRIZIONE DEL SITO

Palazzina di due piani sita in via Cefalonia, a circa 240 metri dal tracciato della variante in progetto. La zona è caratterizzata dalla presenza di diverse abitazioni circondate da terreni agricoli. Non si segnala la presenza di particolari sorgenti disturbanti.

DATI GENERALI DEL RILEVAMENTO

In questo sito è stata eseguita una misura di 24 ore.

Giorno: 11.10.01

Durata misura: 24 ore

CONDIZIONI METEOROLOGICHE

Temperatura media: 20°C

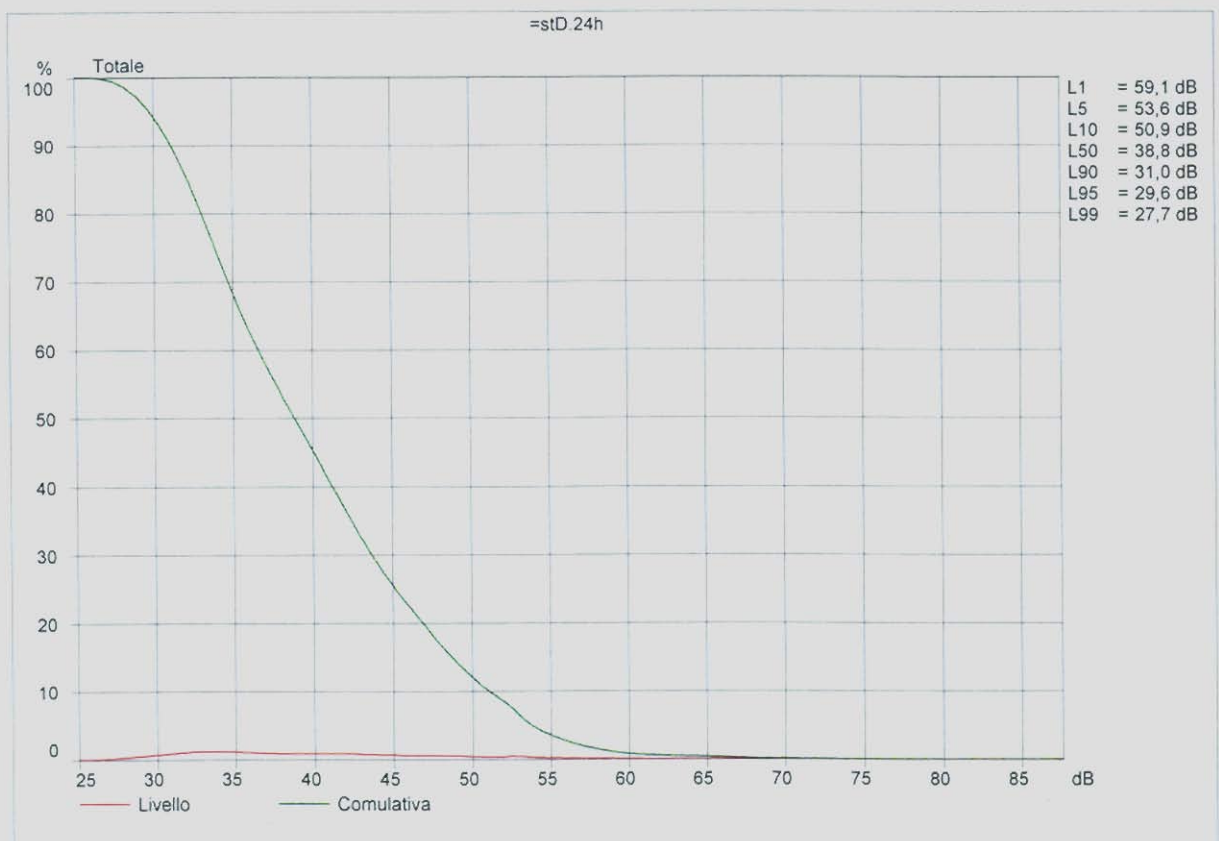
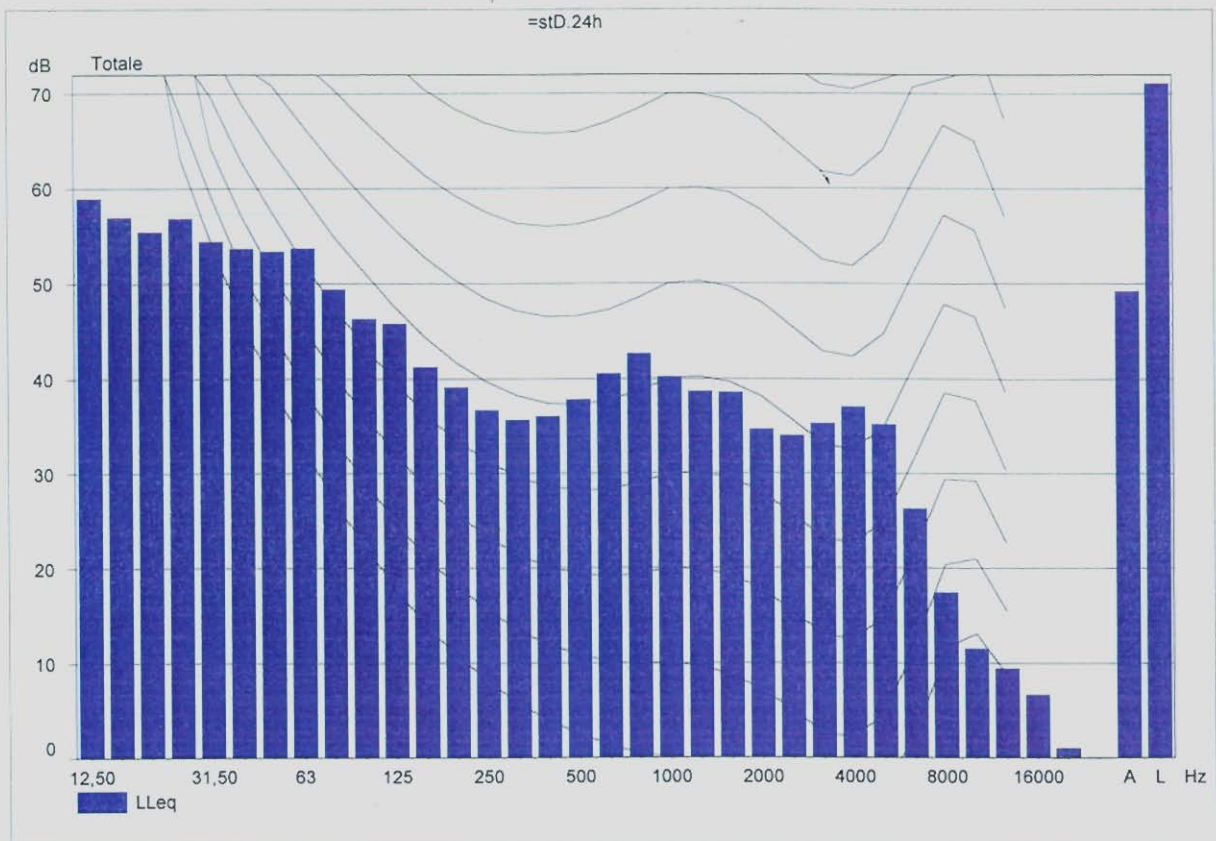
Vento: debole

Precipitazioni: assenti

Cielo: sereno

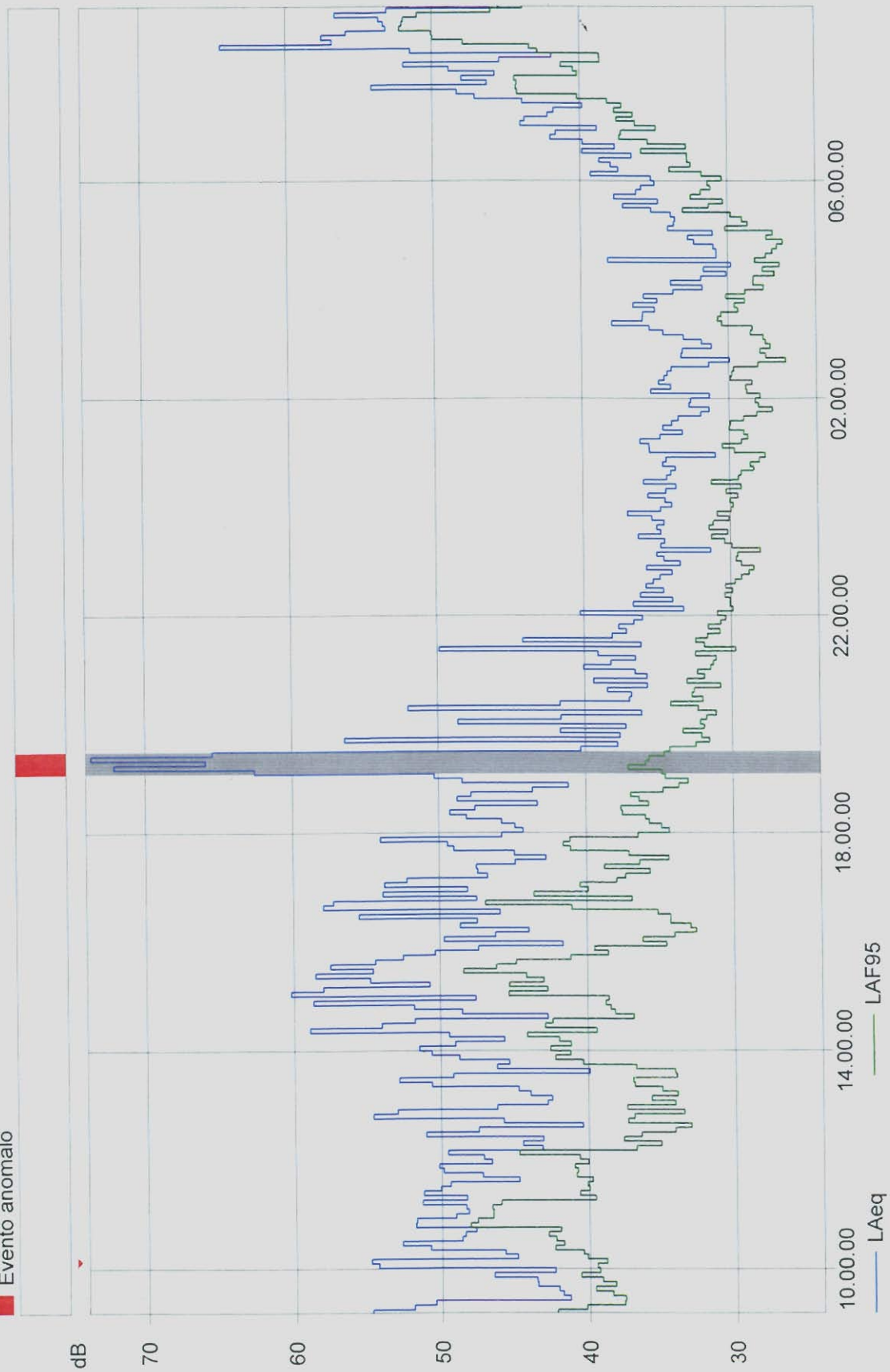
STAZIONE D (24 ore)

SCHEDA DI MISURA	
Data	11.10.2001
Ora inizio	09.11
Luogo	Di fronte all'abitazione
Tempo di riferimento	Diurno/notturno
Tempo di osservazione	24h
Tempo di misura	24h
LAeq	49.2
LAm _{ax}	87.4
LAm _{in}	25.0
LAp _k (maxP)	103.6
L ₁₀	50.9
L ₅₀	38.8
L ₉₀	31.0
L₉₅ (rumore di fondo)	29.6

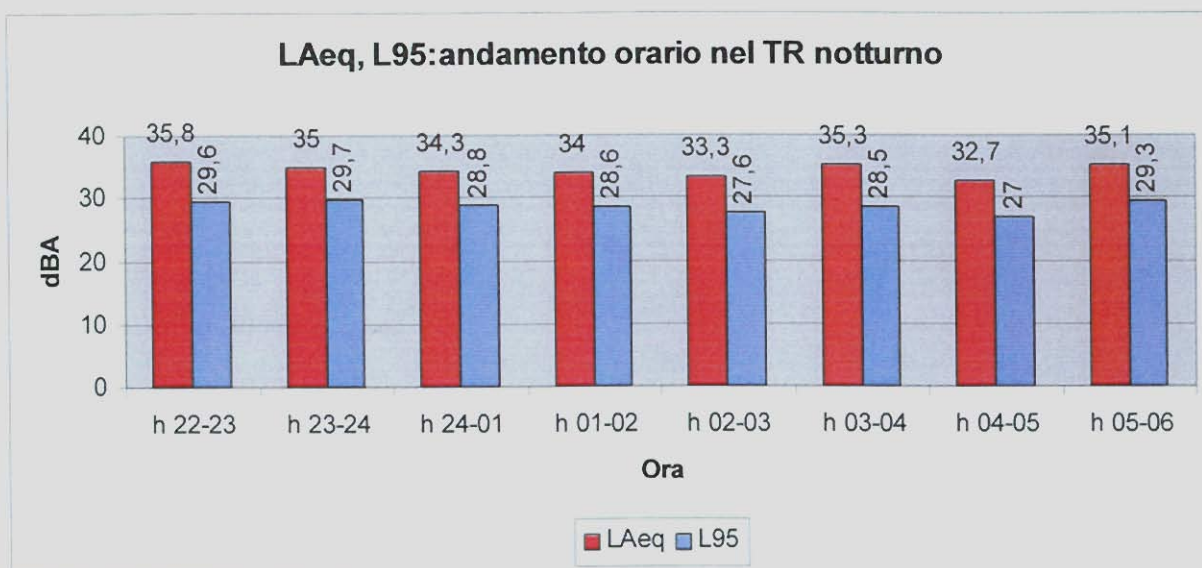
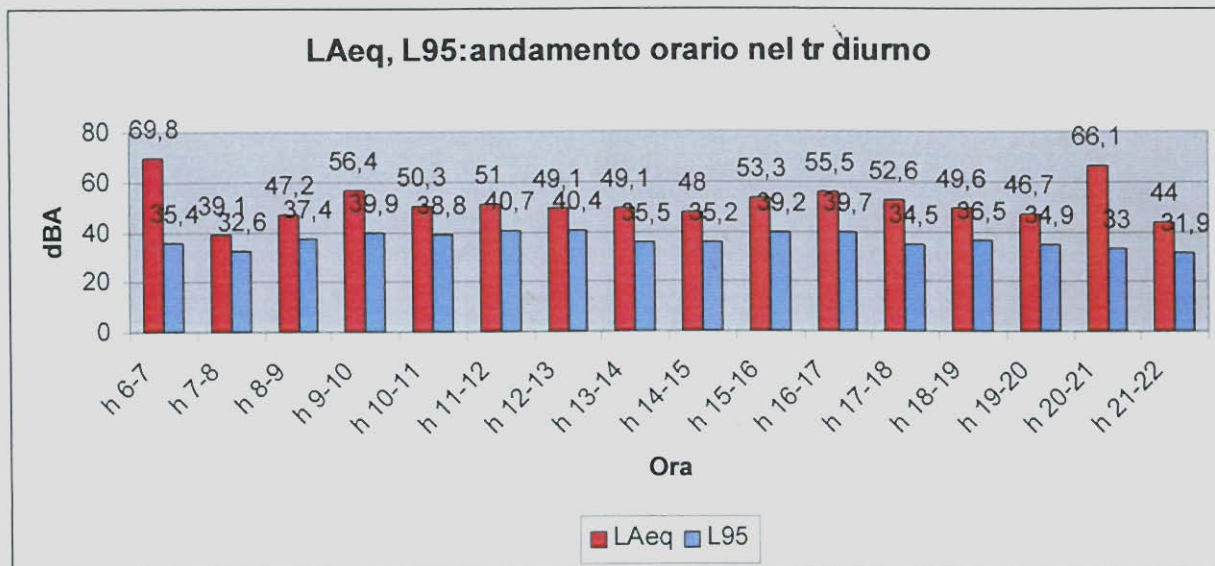


=stD.24h in Calcoli

■ Evento anomalo



STAZIONE D: confronto tra LAeq e L95



STAZIONE E



DESCRIZIONE DEL SITO

Abitazione di due piani a circa 50 metri dal tracciato della variante in progetto. L'area si trova in prossimità del fiume Cesano ed è caratterizzata da coltivazioni agricole e presenza di vegetazione arborea. Il nucleo abitativo è composto da quattro stabili di cui uno è costituito da un vecchio mulino ad acqua. La zona risulta essere esente da particolari sorgenti disturbanti, la strada che passa tra le abitazioni infatti è scarsamente trafficata mentre la presenza della S.P. 59 a circa 300 metri, non influenza il clima acustico dell'area.

DATI GENERALI DEL RILEVAMENTO

In questo sito è stata utilizzata la tecnica di campionamento Maog.

Giorno:	19.09.01
Durata misura 8-11:	20'
Durata misura 11-14:	20'
Durata misura 14-17:	22'
Durata misura 17-20:	15'
Notturmo 22-6:	8h

CONDIZIONI METEREologiche

Temperatura media:	20°C
Vento:	debole
Precipitazioni:	assenti
Cielo:	variabile

STAZIONE E – Fascia oraria 08.00-11.00

SCHEDA DI MISURA	
Data	19.09.2001
Ora inizio	10.26
Luogo	Di fronte all'abitazione
Tempo di riferimento	Diurno
Tempo di osservazione	08-11.00
Tempo di misura	20'
LAeq	46.1
LAm _{ax}	71.5
LAm _{in}	33.0
LAp _k (maxP)	94.8
L ₁₀	45.0
L ₅₀	39.5
L₉₀ (rumore di fondo)	36.0

STAZIONE E – Fascia oraria 11.00-14.00

SCHEDA DI MISURA	
Data	19.09.2001
Ora inizio	13.36
Luogo	Di fronte all'abitazione
Tempo di riferimento	Diurno
Tempo di osservazione	11.00-14.00
Tempo di misura	20'
LAeq	40.0
L _{Amax}	61.4
L _{Amin}	33.5
L _{Apk} (maxP)	92.5
L ₁₀	42.0
L ₅₀	38.5
L₉₀ (rumore di fondo)	36.0

STAZIONE E – Fascia oraria 14.00-17.00

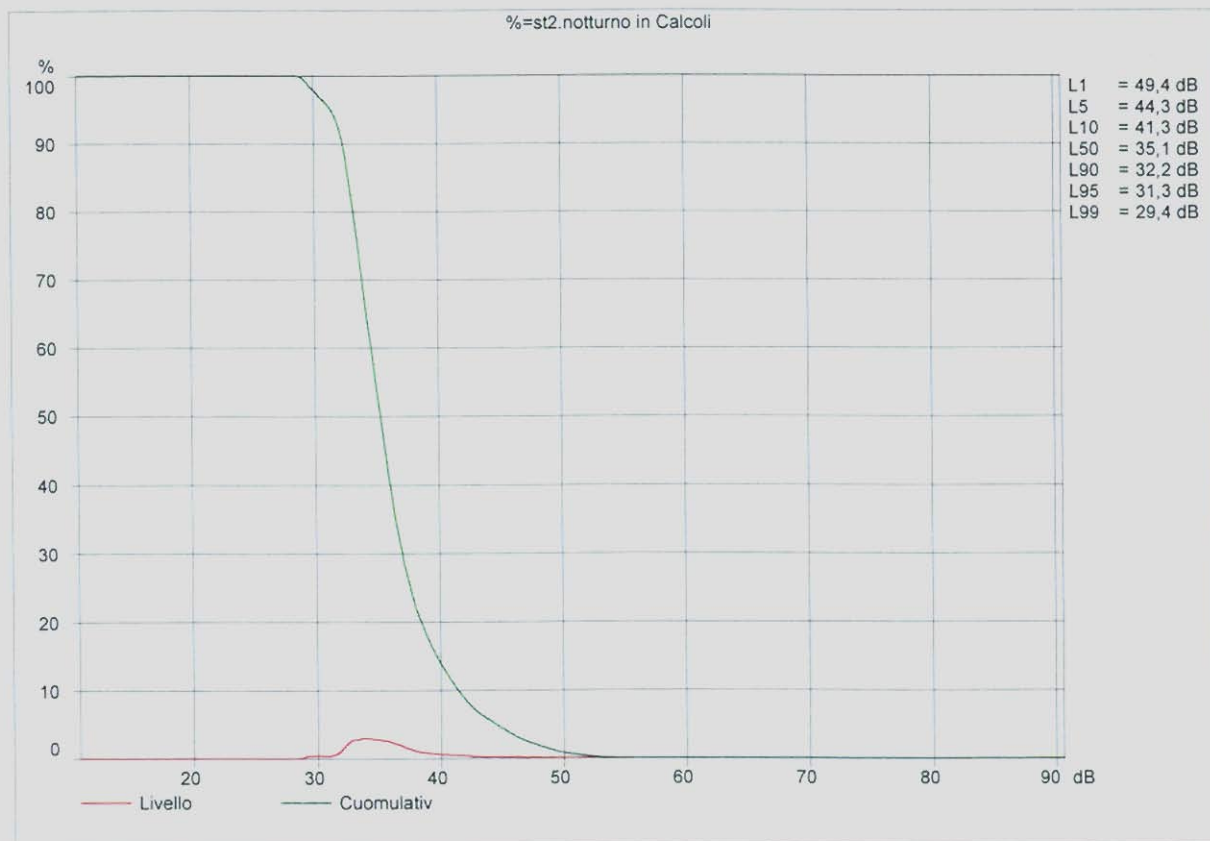
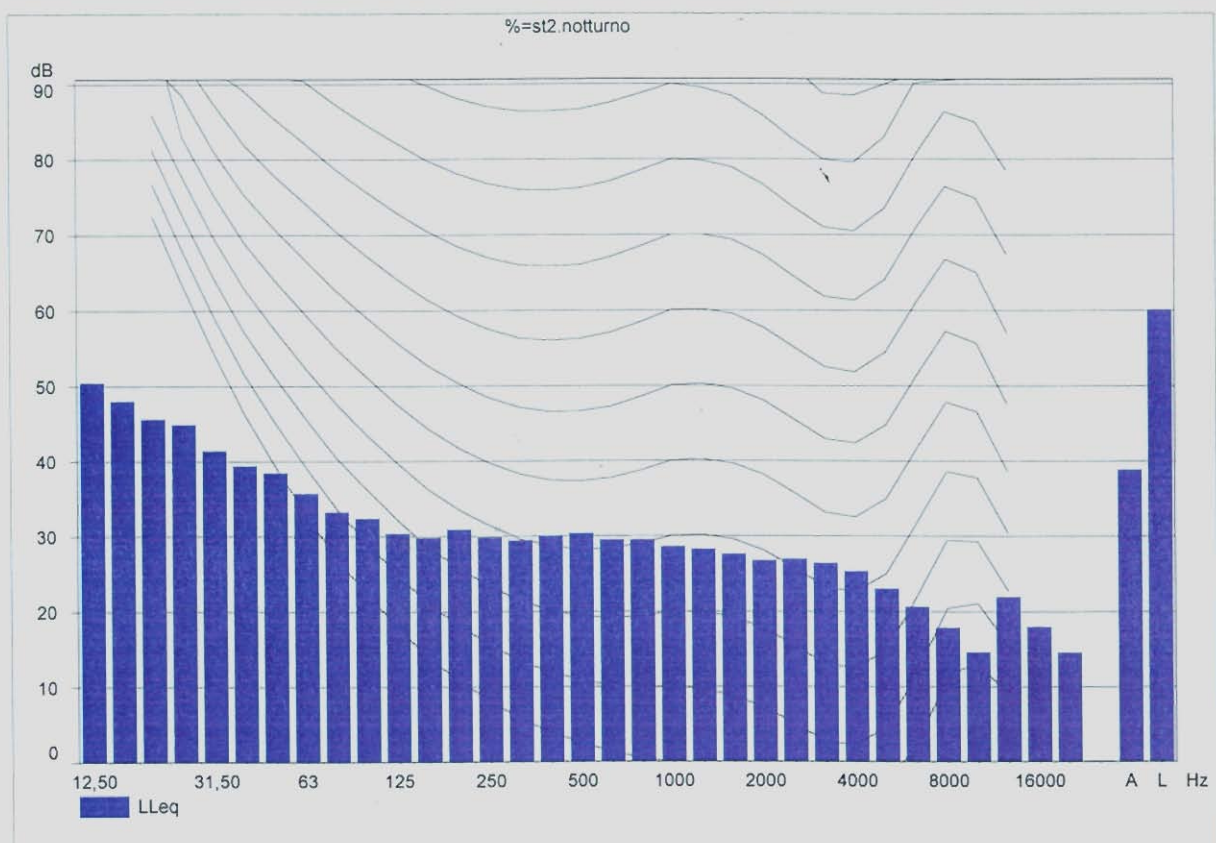
SCHEDA DI MISURA	
Data	19.09.2001
Ora inizio	15.45
Luogo	Di fronte all'abitazione
Tempo di riferimento	Diurno
Tempo di osservazione	14.00-17.00
Tempo di misura	22'
LAeq	48.8
LAmx	73.9
LAmin	32.7
LApk (maxP)	94.4
L ₁₀	45.0
L ₅₀	39.0
L₉₀ (rumore di fondo)	45.0

STAZIONE E – Fascia oraria 17.00-22.00

SCHEDA DI MISURA	
Data	19.09.2001
Ora inizio	18.20
Luogo	Di fronte all'abitazione
Tempo di riferimento	Diurno
Tempo di osservazione	17.00-22.00
Tempo di misura	15'
LAeq	50.1
L _{Amax}	72.2
L _{Amin}	32.7
L _{Apk} (maxP)	90.8
L ₁₀	48.5
L ₅₀	42.5
L₉₀ (rumore di fondo)	36.0

STAZIONE E – T_r notturno

SCHEDA DI MISURA	
Data	20.09.2001
Ora inizio	22.00
Luogo	Di fronte all'abitazione
Tempo di riferimento	Notturno
Tempo di osservazione	22.00-06.00
Tempo di misura	8h
LAeq	38.9
L _{Amax}	62.7
L _{Amin}	28.1
L _{Apk} (maxP)	93.6
L ₁₀	41.3
L ₅₀	42.5
L ₉₀	32.2
L₉₅ (rumore di fondo)	31.3



%=st2.notturmo

temporale

dB

70

60

50

40

30

22.00.00

23.00.00

00.00.00

01.00.00

02.00.00

03.00.00

04.00.00

05.00.00

06.00.00

LAeq — LAF95

Calcolo del valore del LAeq medio:

	T_R Diurno				T_R Notturmo
Data	19.09.2001	19.09.2001	19.09.2001	19.09.2001	20.09.2001
Fascia oraria	08-11	11-14	14-17	17-22	22-06
Ora	10.26	13.36	15.45	18.20	
LAeq	46.1	40.0	48.8	50.1	
LAeq medio	46.2				38.9

STAZIONE F



DESCRIZIONE DEL SITO

Palazzina ad uso di civile abitazione di due piani a circa 120 metri dalla variante, posta lungo via Battisti. Il sito è caratterizzato dalla presenza di abitazioni, sia lungo la strada principale che nelle zone retrostanti. L'area declina leggermente verso l'alveo del fiume Cesano, in prossimità del quale sono presenti diversi campi coltivati. La rumorosità dell'area è prodotta principalmente dal traffico veicolare transitante su via C. Battisti.

DATI GENERALI DEL RILEVAMENTO

In questo sito è stata eseguita una misura di 24 ore.

Giorno: 20.09.01

Durata misura: 24 ore

CONDIZIONI METEOREOLOGICHE

Temperatura media: 20°C

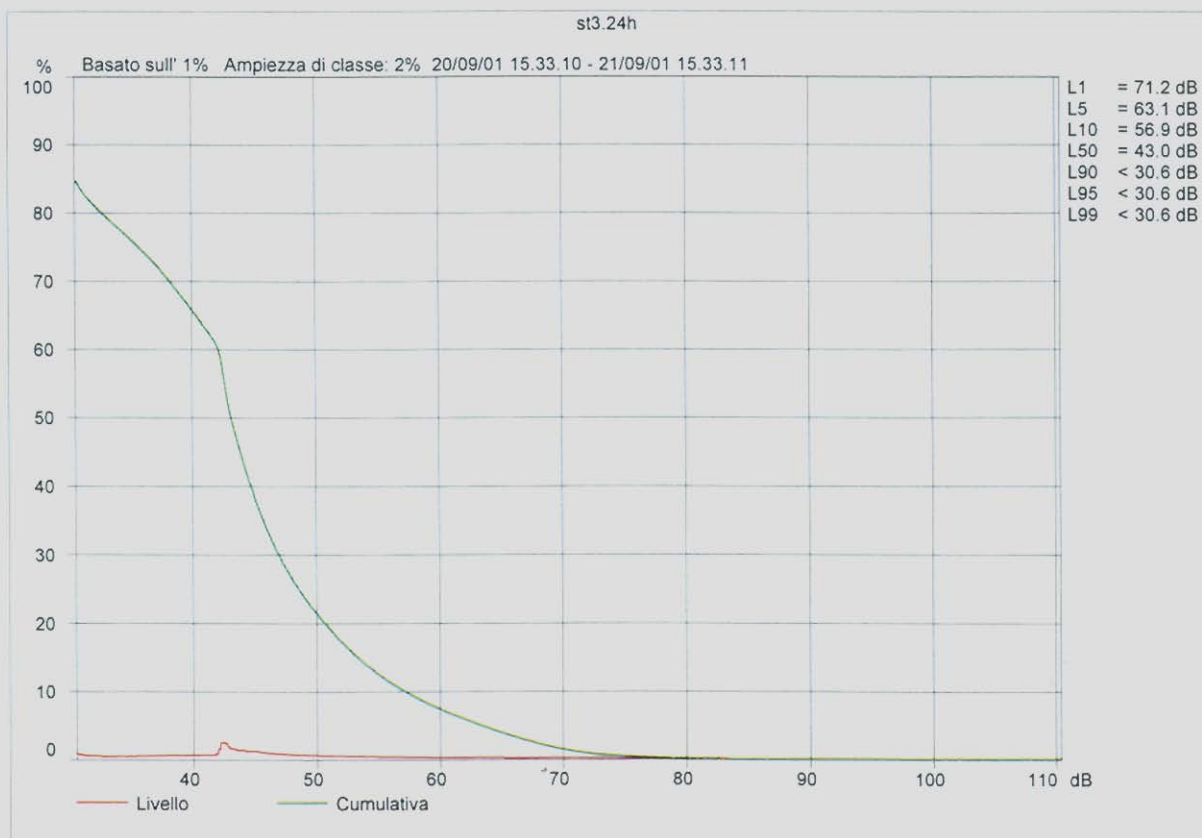
Vento: debole

Precipitazioni: assenti

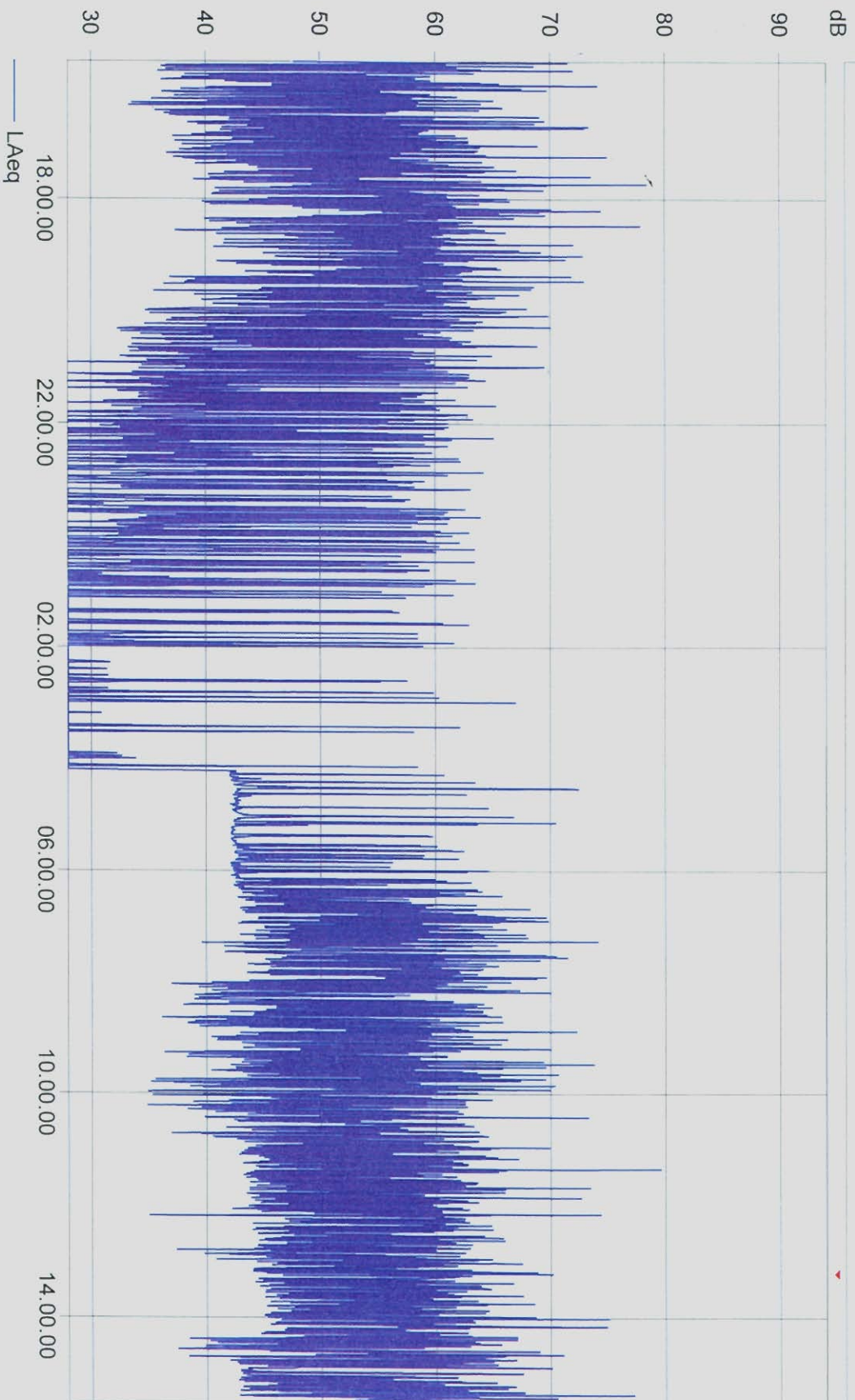
Cielo: nuvoloso

STAZIONE **F** (24 ore)

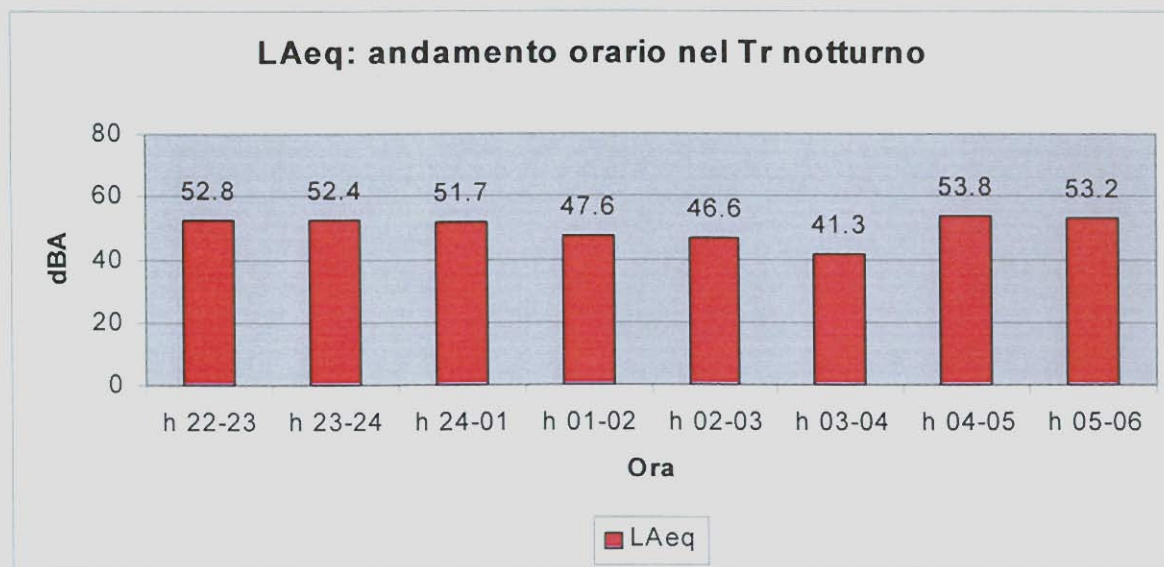
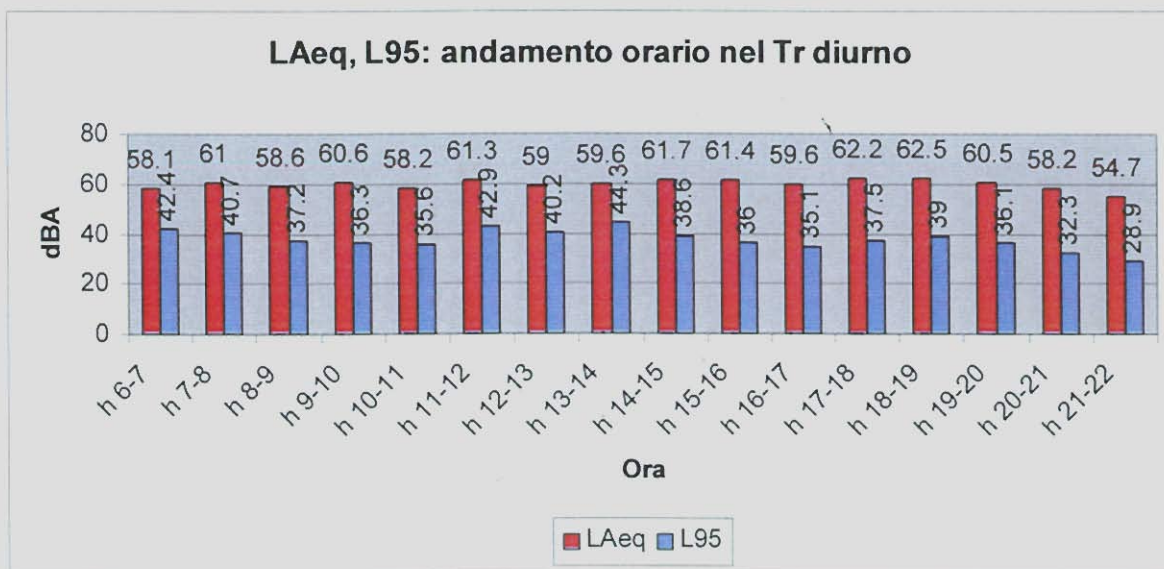
SCHEDA DI MISURA	
Data	20.09.2001
Ora inizio	15.33
Luogo	Di fronte all'abitazione
Tempo di riferimento	Diurno/notturno
Tempo di osservazione	24h
Tempo di misura	24h
LAeq	58.7
LAmx	91.2
LAmin	30.6
LApk (maxP)	112.0
L ₁₀	56.9
L ₅₀	43.0
L ₉₀	<30
L₉₅ (rumore di fondo)	<30



st3.24h



STAZIONE F: confronto tra LAeq e L95



STAZIONE G



DESCRIZIONE DEL SITO

Casa rurale di due piani sita a circa 50 metri dal tracciato della variante in progetto. La zona è pianeggiante e adibita ad uso agricolo. Non si segnala la presenza di particolari sorgenti disturbanti.

DATI GENERALI DEL RILEVAMENTO

In questo sito è stata eseguita una misura di 24 ore.

Giorno: 19.09.01

Durata misura: 24 ore

CONDIZIONI METEOREOLOGICHE

Temperatura media: 20°C

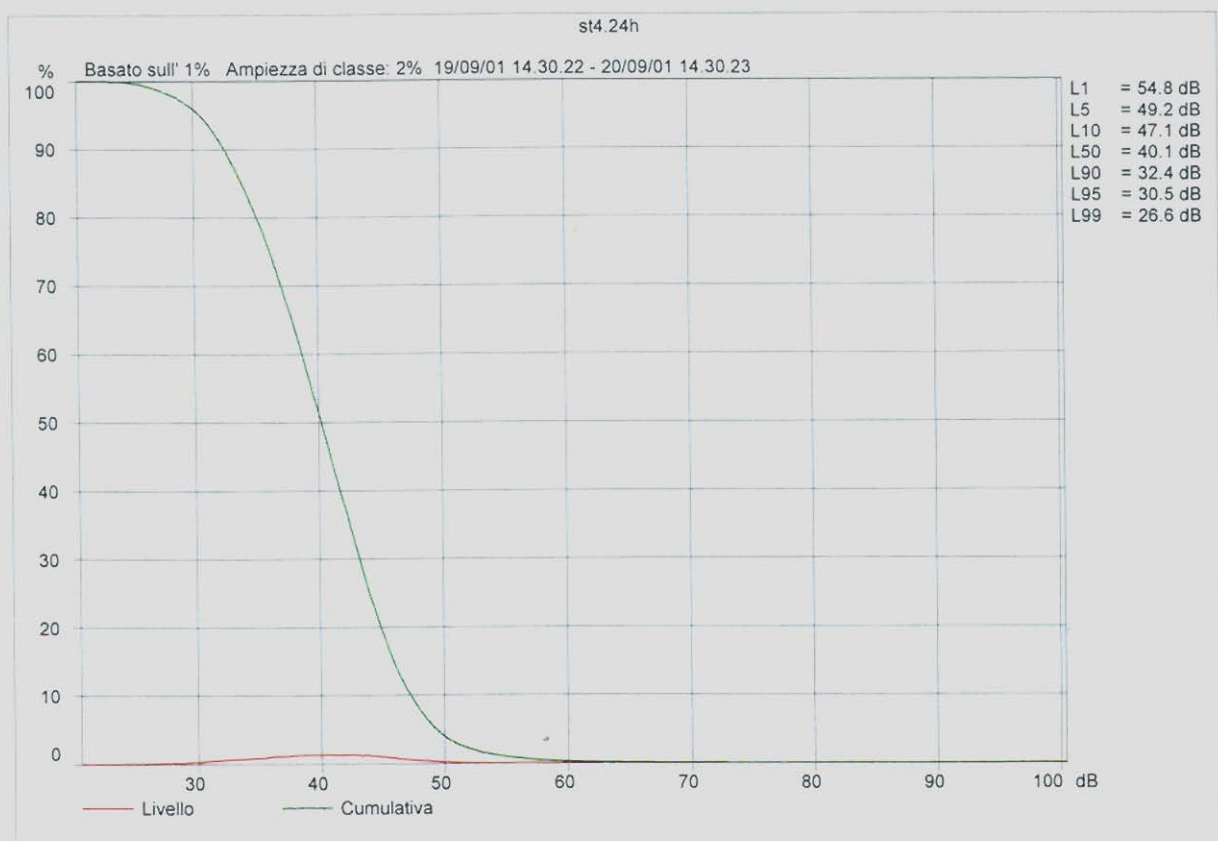
Vento: debole

Precipitazioni: assenti

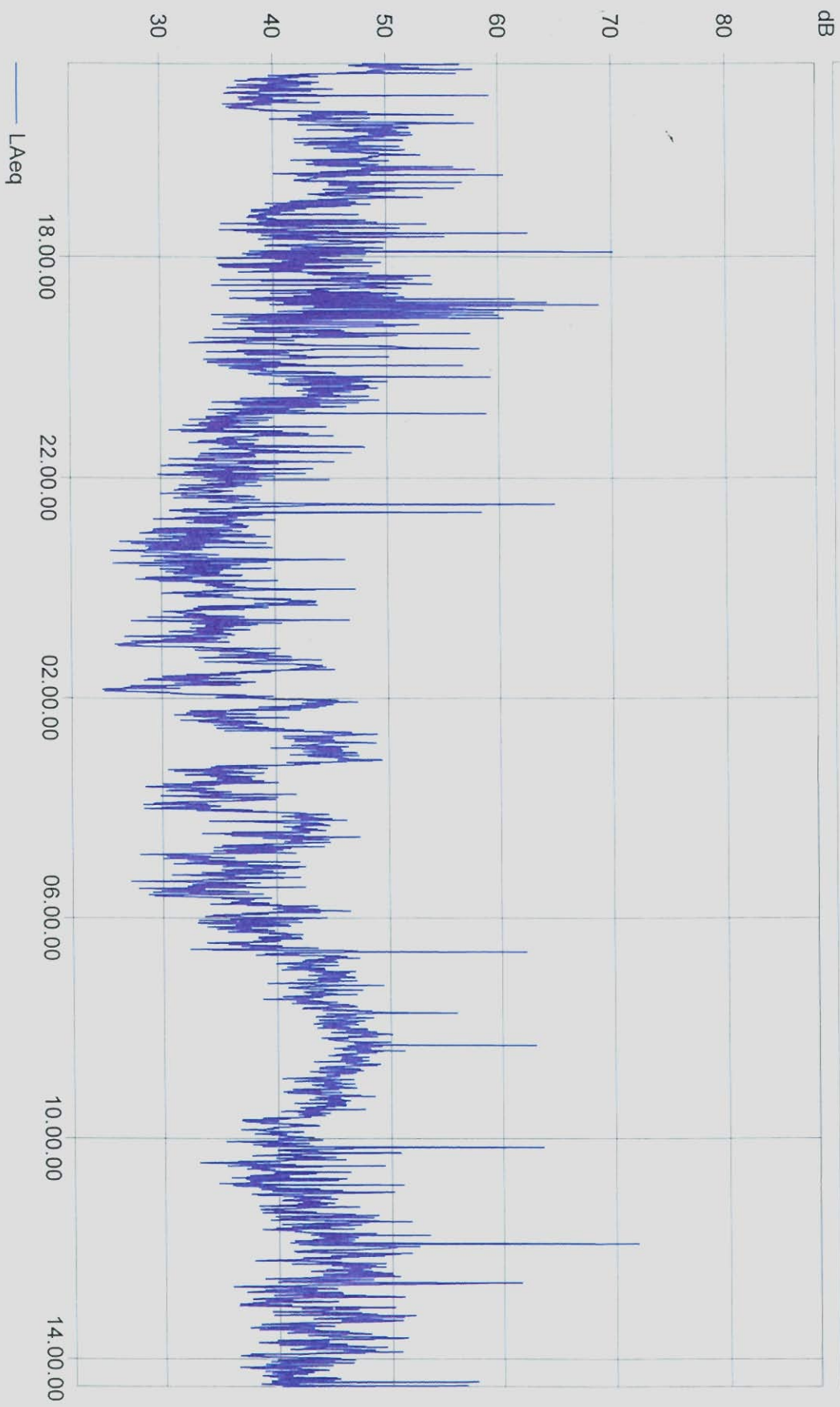
Cielo: variabile

STAZIONE **G** (24 ore)

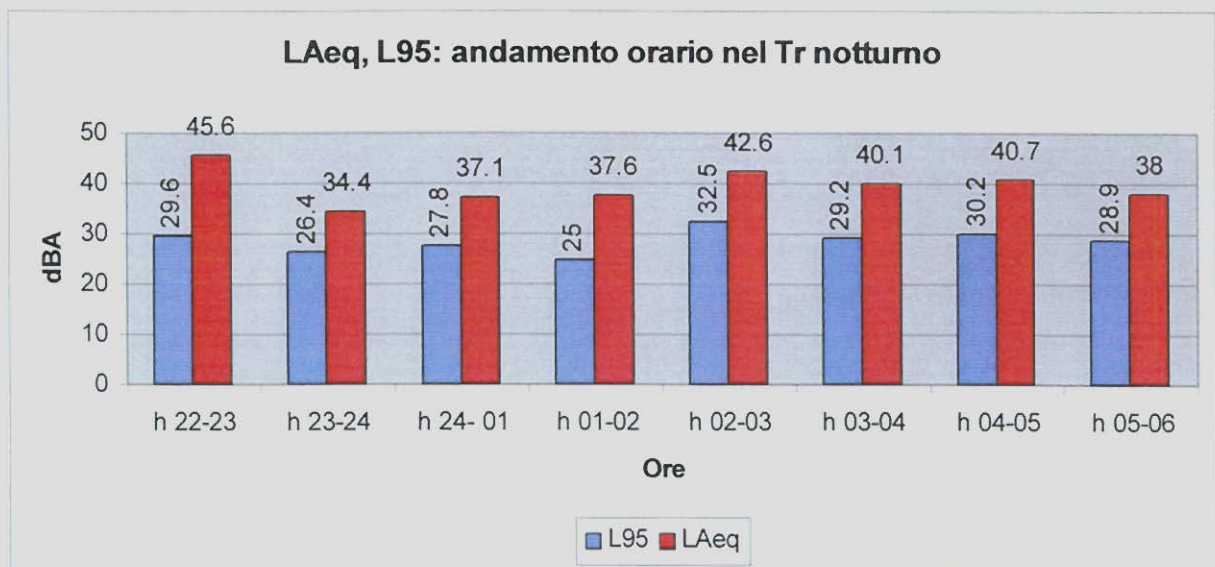
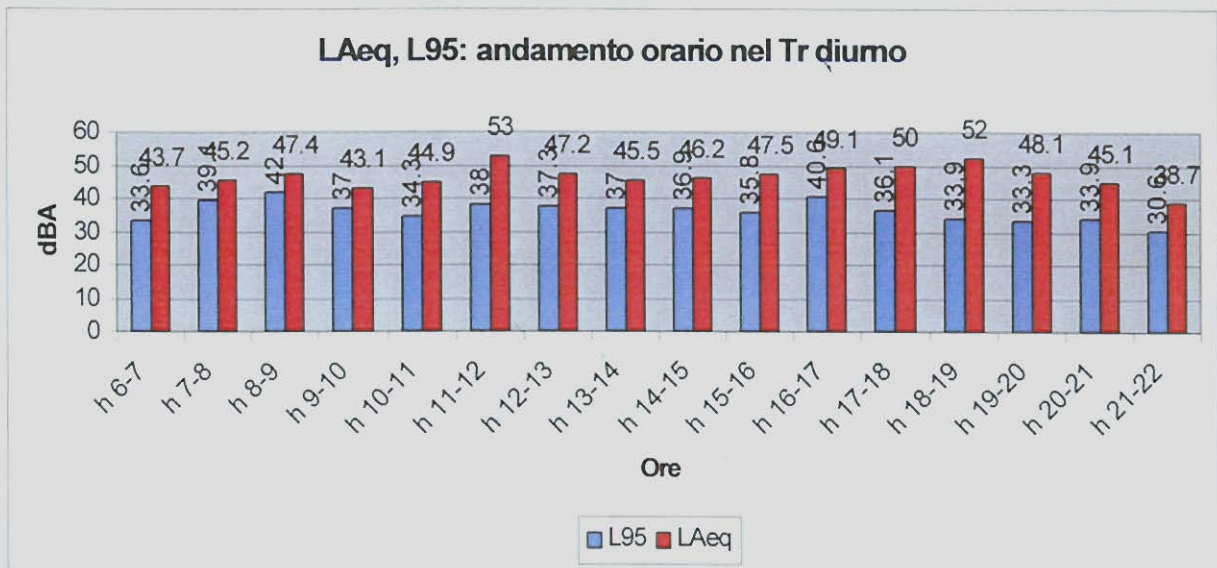
SCHEDA DI MISURA	
Data	19.09.2001
Ora inizio	14.30
Luogo	Di fronte all'abitazione
Tempo di riferimento	Diurno/notturno
Tempo di osservazione	24h
Tempo di misura	24h
LAeq	46.6
LAmaz	87.0
LAmín	21.4
LApk (maxP)	103.6
L ₁₀	47.1
L ₅₀	40.1
L ₉₀	32.4
L₉₅ (rumore di fondo)	30.5



sta. 24h



STAZIONE G: confronto tra LAeq e L95



STAZIONE H



DESCRIZIONE DEL SITO

Abitazione di recente costruzione facente parte di un nuovo nucleo abitativo distante circa 130 metri dalla variante e 70 metri dalla SS 424 Cesanense. Anche quest'area oltre che da abitazioni è caratterizzata dalla presenza di terreni agricoli e vegetazione l'ungo l'alveo del fiume Cesano. La rumorosità maggiore è prodotta dal traffico veicolare della statale, non sono presenti altre sorgenti importanti.

DATI GENERALI DEL RILEVAMENTO

In questo sito è stata utilizzata la tecnica di campionamento Maog.

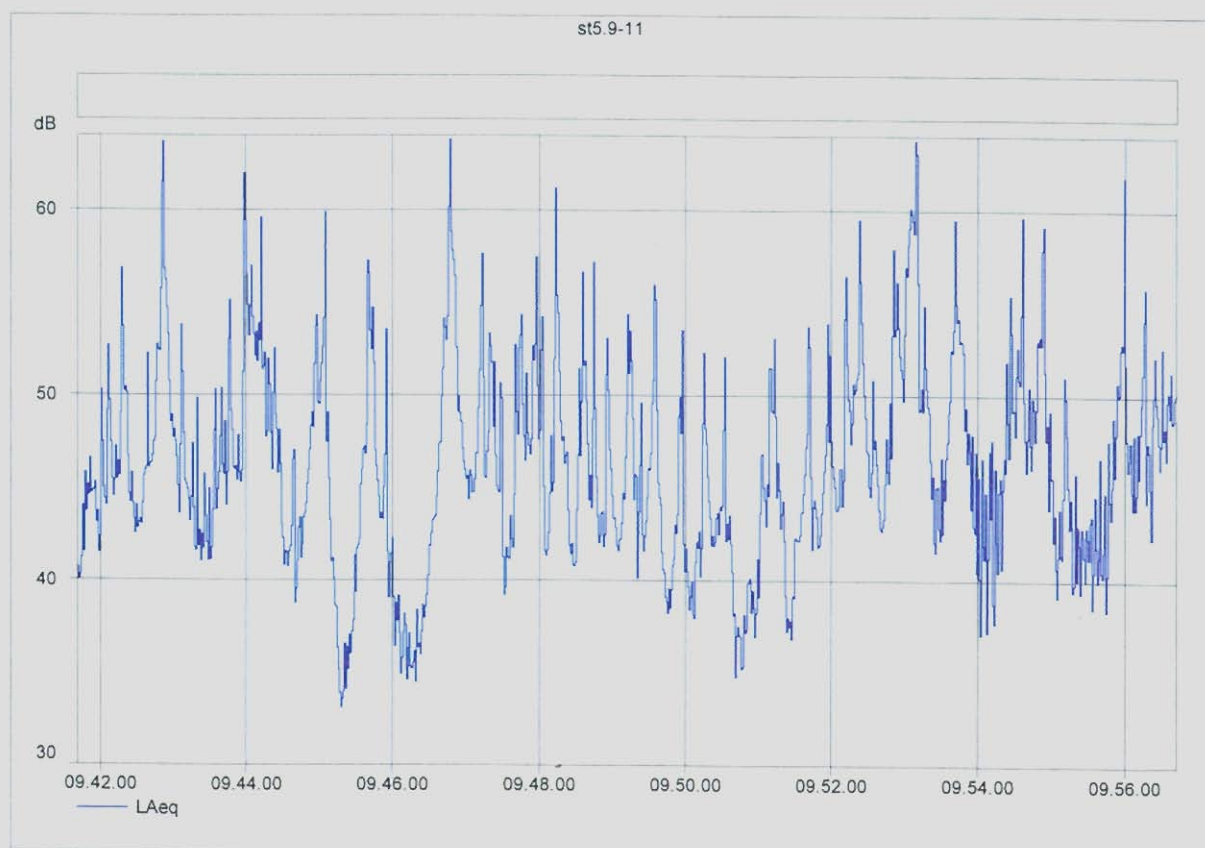
Giorno:	19.09.01
Durata misura 8-11:	15'
Durata misura 11-14:	16'
Durata misura 14-17:	30'
Durata misura 17-20:	20'
Notturmo 22-6:	20'

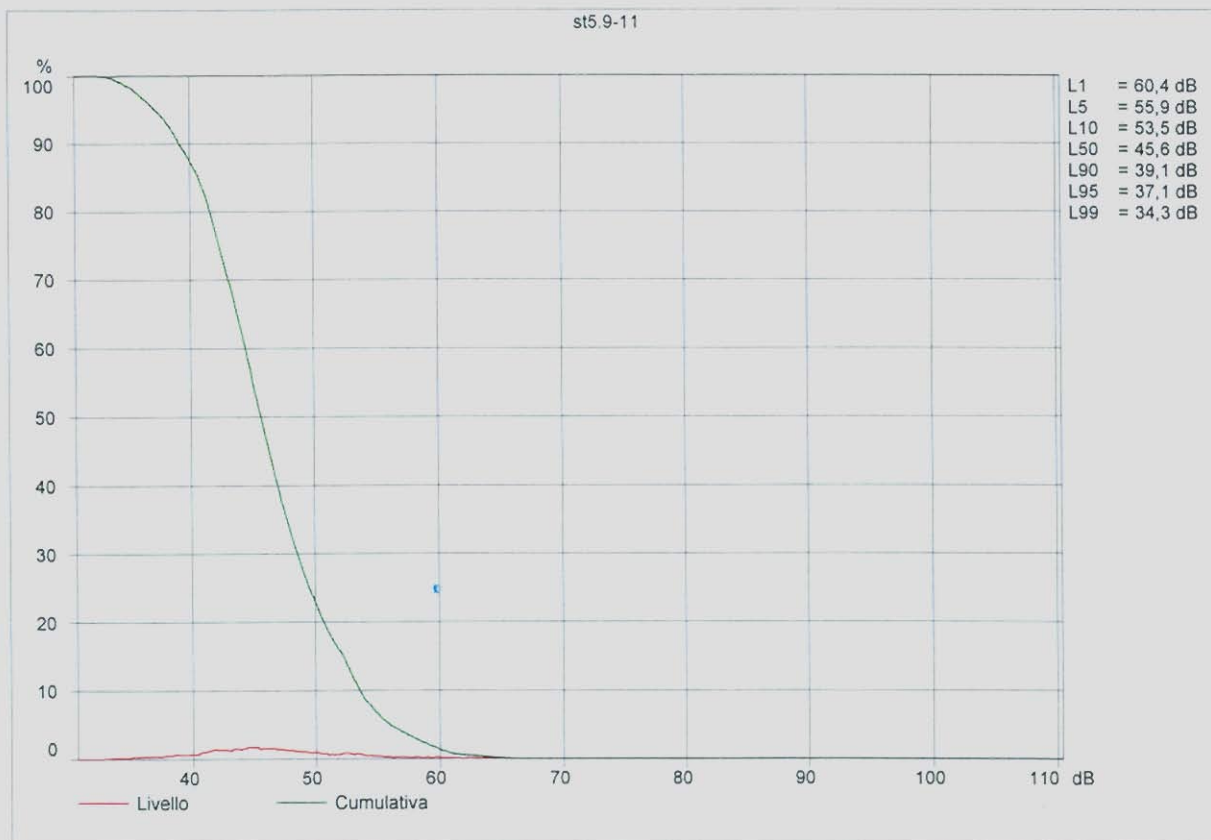
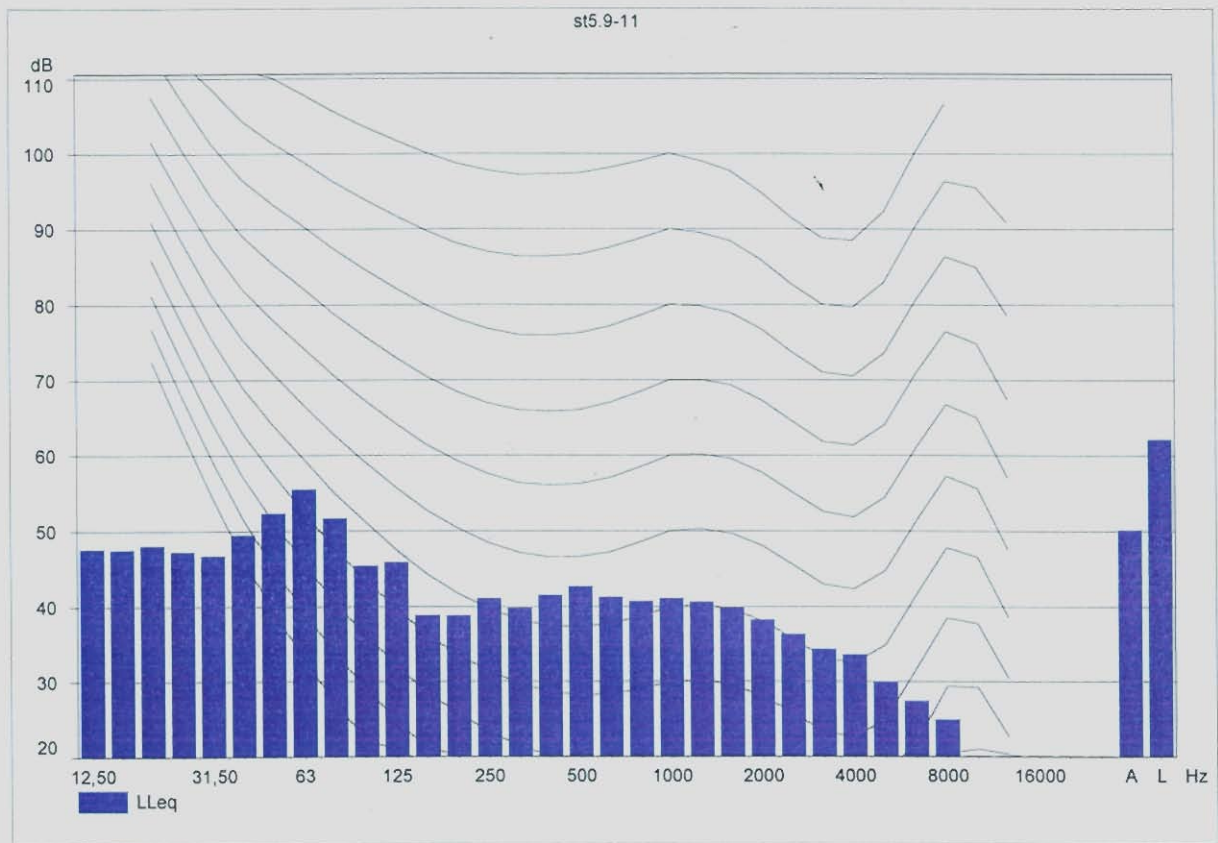
CONDIZIONI METEREOLOGICHE

Temperatura media:	20°C
Vento:	debole
Precipitazioni:	assenti
Cielo:	variabile

STAZIONE **H** – Fascia oraria 8.00-11.00

SCHEDA DI MISURA	
Data	19.09.2001
Ora inizio	9.41
Luogo	Di fronte all'abitazione
Tempo di riferimento	Diurno
Tempo di osservazione	9.00-11.00
Tempo di misura	15'
LAeq	50.2
LAmx	66.1
LAmin	32.0
LApk (maxP)	80.2
L ₁₀	53.5
L ₅₀	45.6
L ₉₀	39.1
L₉₅ (rumore di fondo)	37.1





STAZIONE H – Fascia oraria 11.00-14.00

SCHEDA DI MISURA	
Data	19.09.2001
Ora inizio	11.29
Luogo	Di fronte all'abitazione
Tempo di riferimento	Diurno
Tempo di osservazione	11.00-14.00
Tempo di misura	16'
LAeq	52.9
LAmx	78.5
LAmin	38.4
LApk (maxP)	91.7
L ₁₀	54.0
L ₅₀	47.0
L₉₀ (rumore di fondo)	42.5

STAZIONE H -Fascia oraria 14.00-17.00

SCHEDA DI MISURA	
Data	19.09.2001
Ora inizio	14.14
Luogo	Di fronte all'abitazione
Tempo di riferimento	Diurno
Tempo di osservazione	14.00-17.00
Tempo di misura	30'
LAeq	50.2
L _{Amax}	70.0
L _{Amin}	34.7
L _{Apk} (maxP)	72.6
L ₁₀	53.0
L ₅₀	46.5
L₉₀ (rumore d fondo)	42.0

STAZIONE H Fascia oraria 17.00-22.00

SCHEDA DI MISURA	
Data	19.09.2001
Ora inizio	17.30
Luogo	Di fronte all'abitazione
Tempo di riferimento	Diurno
Tempo di osservazione	17.00-22.00
Tempo di misura	20'
LAeq	49.5
LAm _{ax}	71.5
LAm _{in}	34.1
LAp _k (maxP)	92.3
L ₁₀	52.0
L ₅₀	44.5
L₉₀ (rumore di fondo)	40.5

STAZIONE H T_R notturno

SCHEDA DI MISURA	
Data	25.09.2001
Ora inizio	23.30
Luogo	Di fronte all'abitazione
Tempo di riferimento	Notturmo
Tempo di osservazione	22.00-06.00
Tempo di misura	20'
LAeq	42.6
L _{Amax}	70.5
L _{Amin}	29.1
L _{Apk} (maxP)	92.0
L ₁₀	43.0
L ₅₀	37.5
L₉₀ (rumore di fondo)	25.8

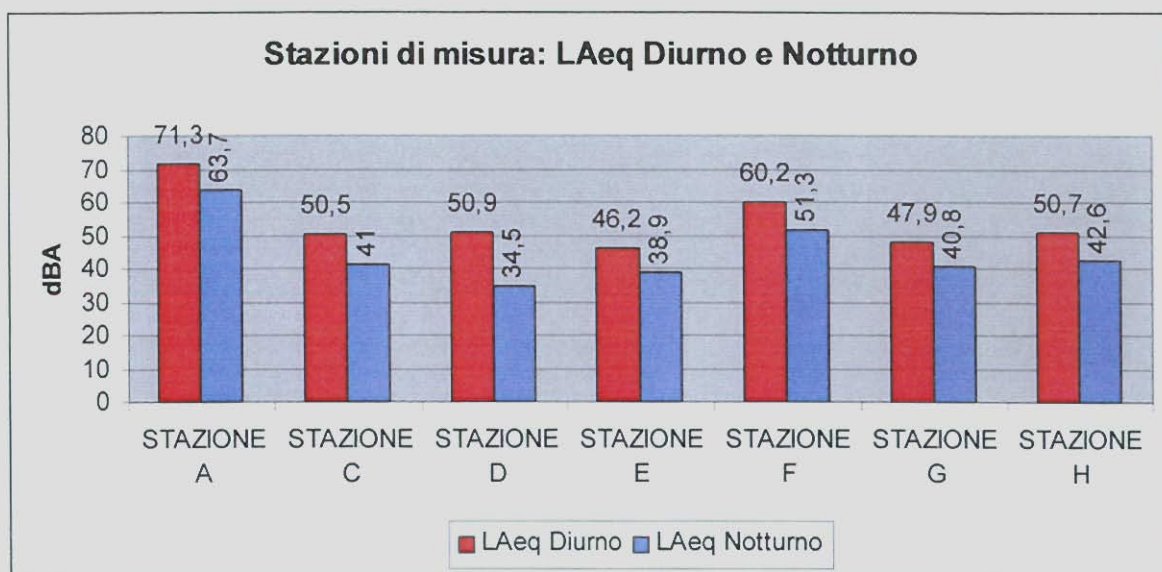
Calcolo del valore del LAeq medio:

	T _R Diurno				T _R Notturmo
Data	19.09.2001	19.09.2001	19.09.2001	19.09.2001	20.09.2001
Fascia oraria	08-11	11-14	14-17	17-22	22-06
Ora	09.41	11.29	14.14	17.30	
LAeq	50.2	52.9	50.2	49.5	
LAeq medio	50.7				42.6

TABELLE RIASSUNTIVE

Valori di LAeq diurni e notturni rilevati in ogni stazione di misura

	Periodo diurno	Periodo notturno
	LAeq	LAeq
STAZIONE A	71.3	63.7
STAZIONE C	50.5	41.0
STAZIONE D	50.9	34.5
STAZIONE E	46.2	38.9
STAZIONE F	60.2	51.3
STAZIONE G	47.9	40.8
STAZIONE H	50.7	42.6
<i>valore medio</i>	53.9	44.6



3.4 Giudizio sintetico sullo stato attuale della componente

I risultati della rete di monitoraggio sono stati messi a confronto con i limiti previsti dalla normativa vigente. A tal fine ad ogni stazione di misura è stata attribuita una classe di appartenenza, secondo quanto previsto dal DPCM 01.03.91 e dal DPCM 14.11.97, basandosi sulle destinazioni d'uso dal PRG comunale di S. Lorenzo in Campo. L'attribuzione delle stazioni ad una certa classe è come premessa del giudizio sullo stato attuale, ed è stata effettuata, in mancanza della zonizzazione acustica del territorio comunale, basandosi sulla tabella 1 del DPCM 01.03.91, inoltre occorre di nuovo sottolineare che l'emanazione del decreto "strade", ai sensi dell'art. 11 della legge 447/95 ridefinirà i limiti inerenti alle fasce di pertinenza stradale. Nella tabella seguente ai risultati delle misure vengono affiancati i limiti previsti per la classe di appartenenza e la differenza numerica tra il valore limite e quello rilevato strumentalmente.

	Classe di destinazione d'uso attribuite	LAeq rilevato		Limiti assoluti di Immissione di cui al DPCM 1/3/91e		Differenza tra LAeq rilevati e Limiti di Legge	
		Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo
STAZIONE A	Zona B (decreto ministeriale n. 1444/68)	71.3	63.7	60	50	+11.3	+13.7
STAZIONE C	Tutto il territorio nazionale	50.5	41.0	70	60	-19.5	-19
STAZIONE D	Zona B (decreto ministeriale n. 1444/68)	50.9	34.5	60	50	-9.1	-15.5
STAZIONE E	Tutto il territorio nazionale	46.2	38.9	70	60	-23.8	-21.1
STAZIONE F	Zona B (decreto ministeriale n. 1444/68)	60.2	51.3	60	50	+0.2	+1.3
STAZIONE G	Tutto il territorio nazionale	47.9	40.8	70	60	-22.1	-19.2
STAZIONE H	Zona B (decreto ministeriale n. 1444/68)	50.7	42.6	60	50	-9.3	-7.4

Appare evidente che attualmente le uniche aree nelle quali sono stati rilevati valori superiori a quelli ammissibili sono quelle nelle immediate vicinanze di tracciati stradali, le quali per quanto detto sopra, saranno inserite nelle nuove fasce di pertinenza stradale. I siti A ed F sono infatti affacciati sulle due vie di comunicazione principali presenti nell'area, e questo testimonia una volta di più come il traffico veicolare sia, in mancanza di insediamenti produttivi o altre sorgenti particolari, la principale causa di disturbo per

la popolazione. Le stazioni D e H sono situate in zone costituite da piccoli insediamenti abitativi attraversati da strade di servizio locali, mentre i punti E e G rappresentano aree rurali servite da una unica strada. I valori rilevati in questi siti e nella stazione C, sono indice di una qualità acustica ancora abbastanza elevata, conseguenza di una antropizzazione non eccessiva, ed in parte legata alle attività agricole, eccezione fatta come rimarcato in precedenza, per i ricettori situati nelle immediate vicinanze delle principali vie di comunicazioni.

4. Situazione “post operam”

4.1 Dati previsionali del volume di traffico

Per la valutazione previsionale d'impatto acustico della variante dell'abitato di San Lorenzo in Campo, oltre ai fattori dimensionali di progetto, è necessario conoscere il volume del flusso di traffico a cui sarà soggetta la strada, in quanto il livello di pressione sonora generato dall'infrastruttura è dovuto principalmente al numero di veicoli che la attraversa, alla velocità di percorrenza e alla percentuale di mezzi pesanti.

Per questo studio si fa riferimento ai dati forniti dall'A.N.A.S., Ufficio Circolazione e Traffico, Compartimento di Ancona, che riguardano statistiche di T.G.M. stilate nel 1980, 1985 e 1990, sulla base di censimenti effettuati al Km 3+300 in località Centocroci e al Km 36+300 località Pergola sulla S.S. 424 Cesanense. I dati, seppure largamente insufficienti, sono stati elaborati al fine di ottenere il valore di T.G.M. ad oggi e all'anno 2020:

Tab. 4.1-Incremento anno 1980-1985

Anno	T.G.M.	Veicoli Diurno	Veicoli notturno
1980	7913	5725	1961
1985	10387	7233	3154
Incremento	+2474	+1508	+1193
Incremento %	31%	26%	60%

Tab. 4.2-Incremento anno 1985-1990

Anno	T.G.M.	Veicoli Diurno	Veicoli notturno
1985	10387	7233	3154
1990	14203	10189	4014
Incremento	+3816	+2956	+860
Incremento %	36%	40%	27%

Tab. 4.3-Incremento anno 1980-1990

Anno	T.G.M.	Veicoli Diurno	Veicoli notturno
1980	7913	5725	1961
1990	14203	10189	4014
Incremento	+6290	+4464	+2053
Incremento %	79%	77%	104%

Sulla base dei dati precedenti, sul fatto che per la Statale Cesanense sono previsti degli interventi che ne andranno a migliorare la viabilità (oltre alla variante di S. Lorenzo in Campo è infatti in progetto la costruzione della variante di Pergola), anche in previsione dell'incremento delle attività produttive nell'area della Valcesano, si è ipotizzato, in mancanza di dati significativi, un incremento di traffico veicolare dal 1990 ad oggi e dal 2001 al 2020 del 30%:

Tab. 4.4-Incremento anno 1990-2001

	Anno 1990	+ 30%	Anno 2001
T.G.M.	14203	4261	18464
Veicoli Diurno	10189	3056	13245
Veicoli notturno	4014	1204	5218

Tab. 4.5-Incremento anno 2001-2020

	Anno 2001	+ 30%	Anno 2020
T.G.M.	18464	5539	24003
Veicoli Diurno	13245	3973	17218
Veicoli notturno	5218	1565	6783

Questi dati sono evidentemente riferiti al flusso totale che andrà ad interessare l'opera in progetto, e non forniscono un'indicazione precisa di quello che sarà il volume di traffico che realmente passerà sul tratto in variante, ma in mancanza di indicazioni più precise sono stati utilizzati come input per il modello previsionale.

Dalle elaborazioni precedenti si è poi dovuto ricalcolare il flusso di traffico diurno e notturno secondo quanto previsto dalla normativa vigente, che prevede un tempo di riferimento diurno dalle 06 alle 22 ed uno notturno dalle 22 alle 06, in contrasto con le suddivisioni eseguite dall' A.N.A.S. che prevedono rilevamenti di traffico diurno dalle 07 alle 19 e notturno dalle 19 alle 07:

Tab. 4.6-Traffico medio diurno (6-22) e notturno (22-6)

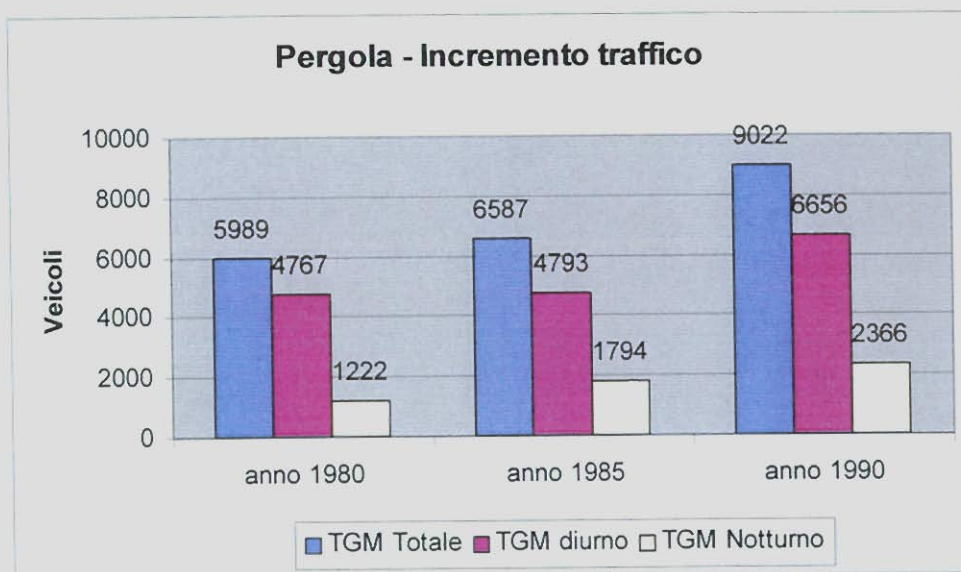
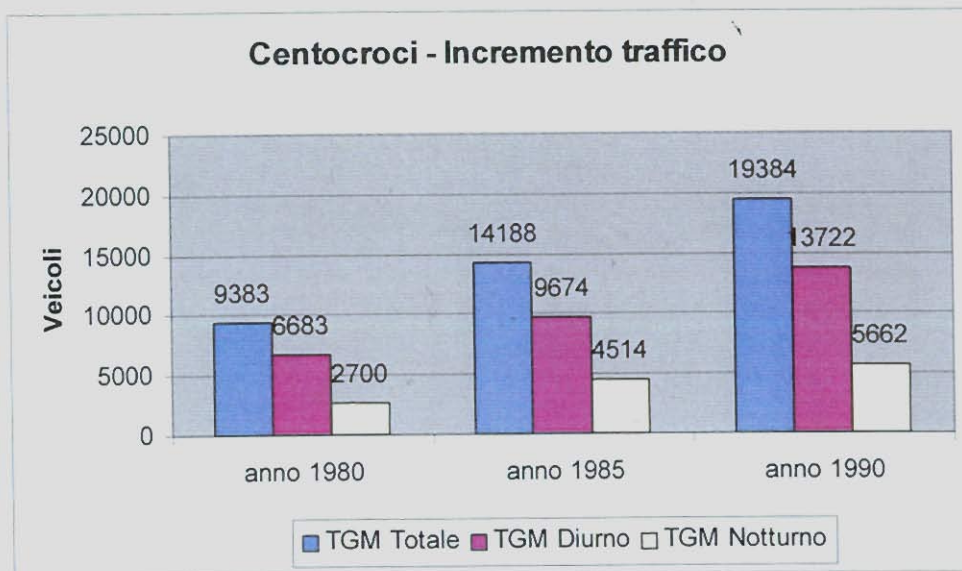
	Anno 2001	Anno 2020
Veicoli/ora Diurno	936	1216
Veicoli/ora notturno	435	565

L'ultima fase di elaborazione ha riguardato la determinazione delle percentuali di mezzi pesanti per i rispettivi tempi di riferimento:

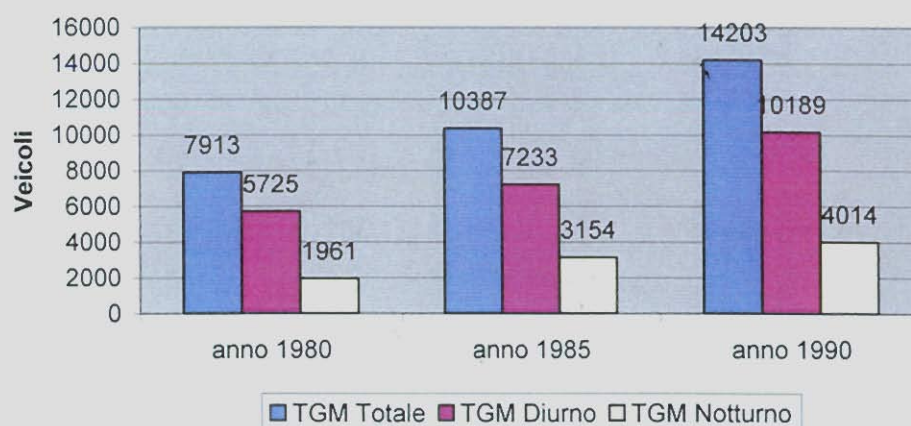
Tab. 4.7-Percentuale mezzi pesanti

	Anno 2001	Anno 2020
Pesanti Diurno	14%	18%
Pesanti notturno	20%	25%

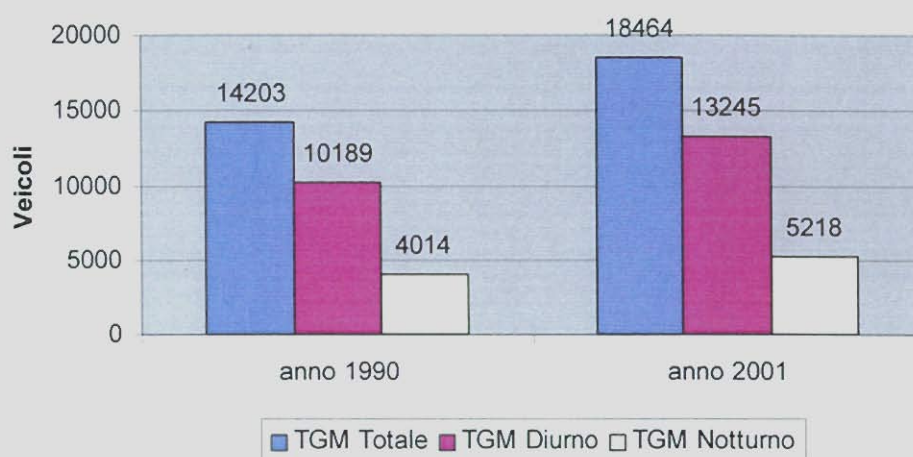
I seguenti grafici visualizzano l'andamento degli incrementi di traffico in passato e quelli ipotizzati per il futuro:



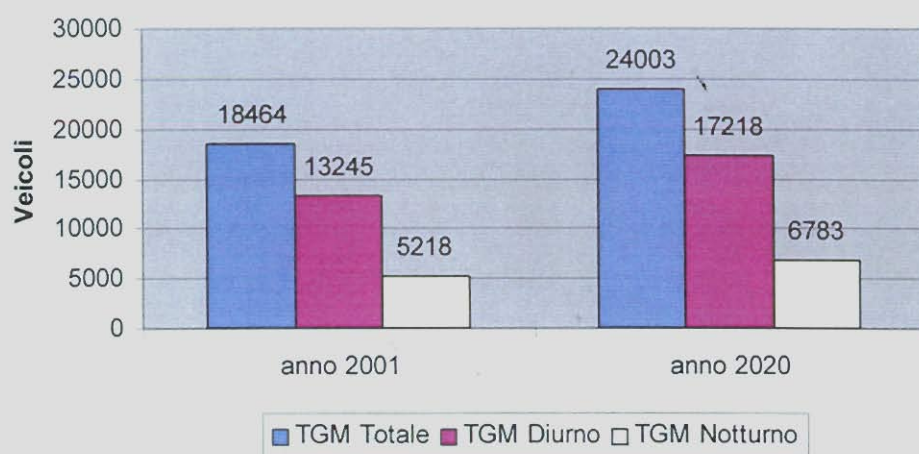
Incremento traffico medio (Pergola + Centocroci)



Ipotesi di incremento (30%) dal 1990 al 2001



Ipotesi di incremento (30%) dal 2001 al 2020



4.2 Modulo di calcolo

Per la verifica e la valutazione della situazione post-operam, si è utilizzato un modulo di calcolo previsionale che utilizza la tecnica dell'Inverse Ray Tracing.

Trattasi del MITRHA, strumento dedicato al rumore da traffico che è stato sviluppato dal CSTB francese. Tale modulo risulta un valido strumento per la simulazione della propagazione in ambiente esterno del rumore e l'algoritmo di calcolo si basa sulla ISO 9613-2.

Di fatto, si è ricostruito il modello 3D del tracciato in progetto e di un suo intorno significativo, immettendovi fedelmente tutti i ricettori sensibili costituiti dalle case, e dalle strutture immobiliari presenti in ogni sito di stazione.

I valori di rumore previsionali, sono stati riferiti nella stessa posizione microfonica della campagna di misurazioni fonometriche e sono chiaramente stati calcolati i valori di previsione sia in periodo diurno che in periodo notturno.

In definitiva il modulo previsionale è stato lanciato per ogni stazione con i seguenti input:

- ◆ modello 3D fisico del tracciato in progetto e di un suo intorno significativo;
- ◆ flusso del traffico, secondo i dati forniti dall'ANAS, diurno e notturno (tabella 4.6) e percentuale dei mezzi pesanti (tabella 4.7);
- ◆ velocità di percorrenza della strada, in questo caso si è utilizzata la velocità massima consentita (situazione cautelativa) che per il tipo di infrastruttura in oggetto che è di 90 Km/h;
- ◆ coefficienti in ottave per il terreno, le abitazioni, gli edifici industriali e commerciali, i rilevati e gli sterrati, le scarpate ed i manti delle strade secondarie;
- ◆ per il manto della variante alla S.S. 424 sono stati inseriti i coefficienti α Sabine per la tipologia di asfalto poroso.

Ai sensi del Decreto 16/3/1998 Allegato C Art. 2, il piano di plottaggio dei dati acustici è stato impostato ad una altezza di 4 metri dal piano della strada.

4.3 Risultati del calcolo previsionale

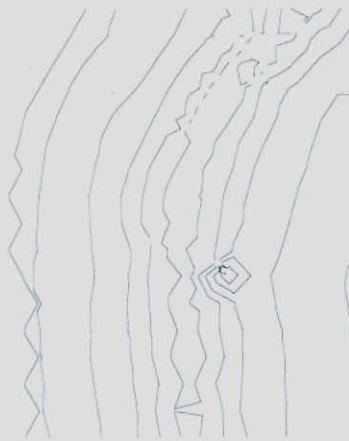
Nelle pagine che seguono si riportano:

- Mappe delle isofoniche per il periodo di riferimento diurno e notturno all'anno 2001;
- Mappe delle isofoniche per il periodo di riferimento diurno e notturno all'anno 2020;

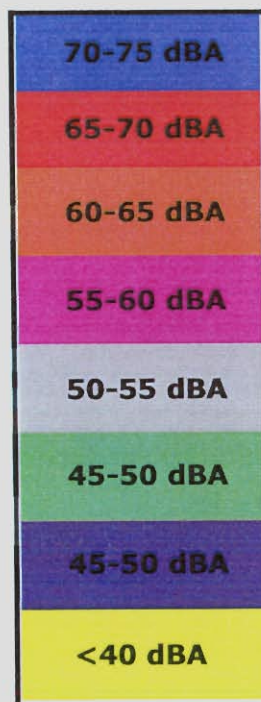
Le mappe riportano il valore previsionale del parametro descrittore L_{Aeq} per fasce continue di 5 dBA, come dalle linee guida dell'Agenzia Nazionale per l'Ambiente.

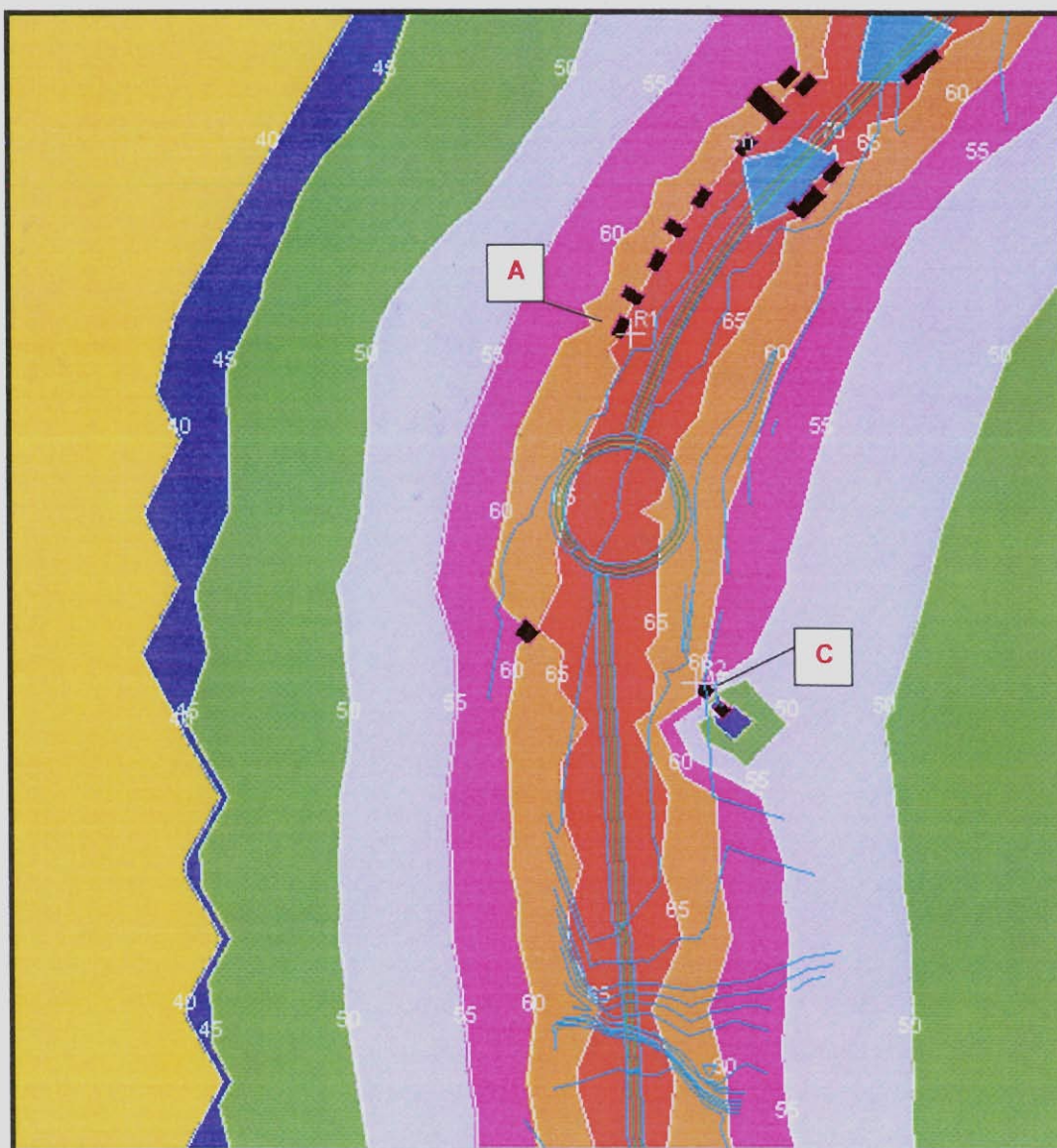
Ai sensi del Decreto 16.03.98 Allegato C Art. 2, il piano di plottaggio dei dati acustici è stato impostato ad un'altezza di 4 metri dal piano della strada.

MAPPE DELLE ISOFONICHE PER L'ANNO 2001



LEGENDA:



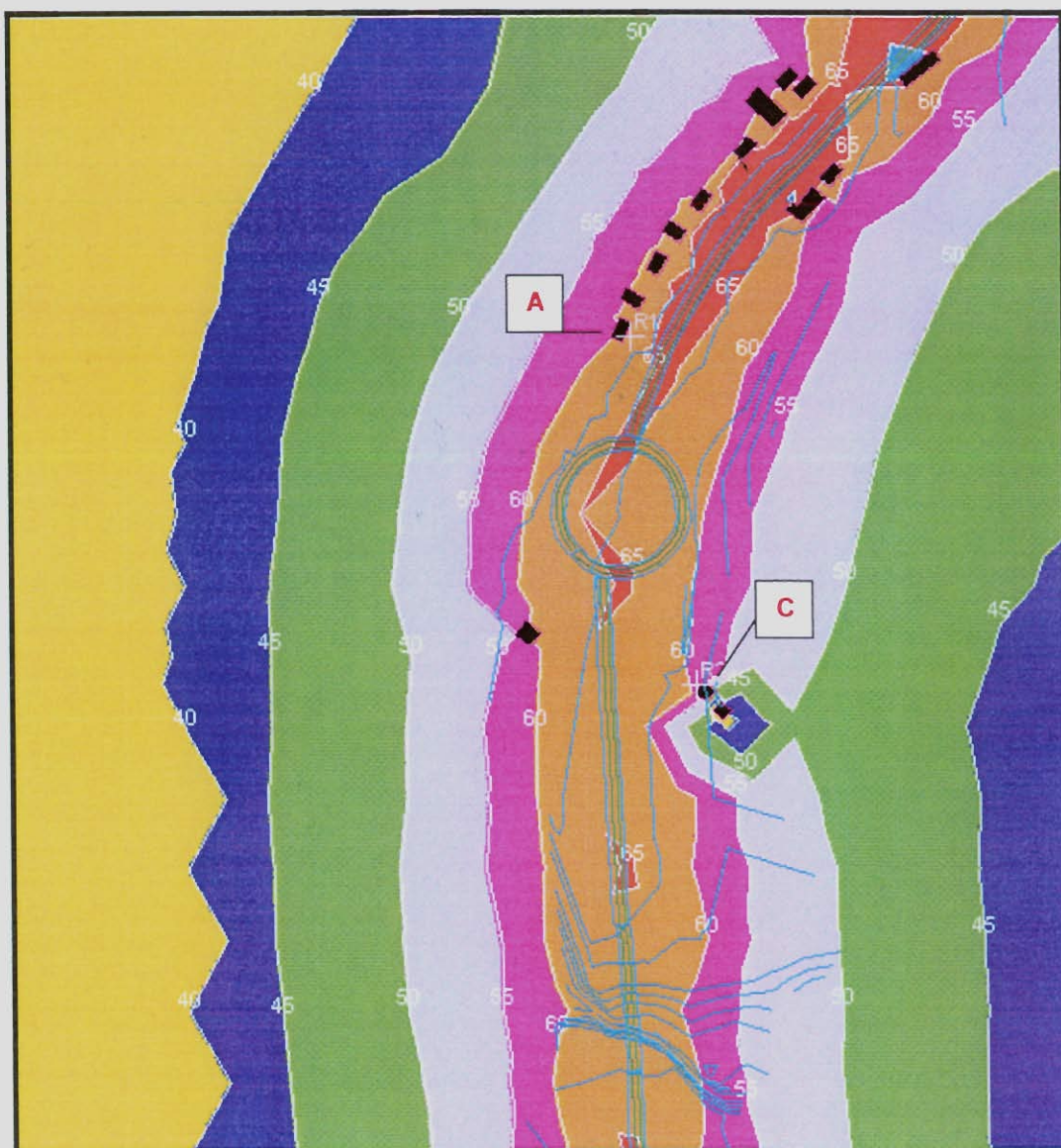


MAPPA DELLE ISOFONICHE

LAeq NEL TEMPO DI RIFERIMENTO DIURNO

STAZIONI: A-C

PREVISIONE ANNO 2001



MAPPA DELLE ISOFONICHE

LAeq NEL TEMPO DI RIFERIMENTO NOTTURNO

STAZIONI: A-C

PREVISIONE ANNO 2001



MAPPA DELLE ISOFONICHE

L_{Aeq} NEL TEMPO DI RIFERIMENTO DIURNO

STAZIONE: D

PREVISIONE ANNO 2001

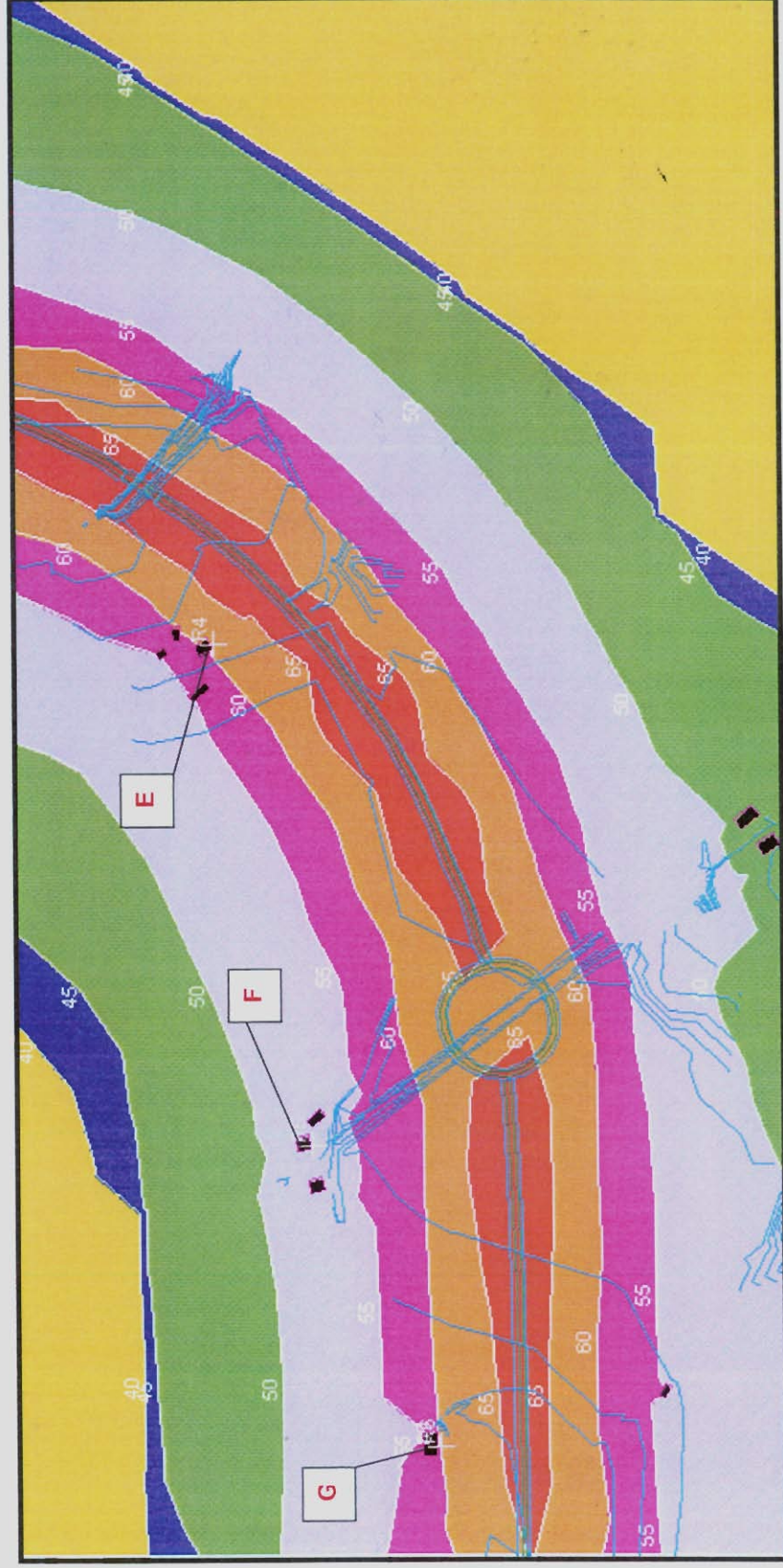


MAPPA DELLE ISOFONICHE

LAeq NEL TEMPO DI RIFERIMENTO NOTTURNO

STAZIONE: D

PREVISIONE ANNO 2001

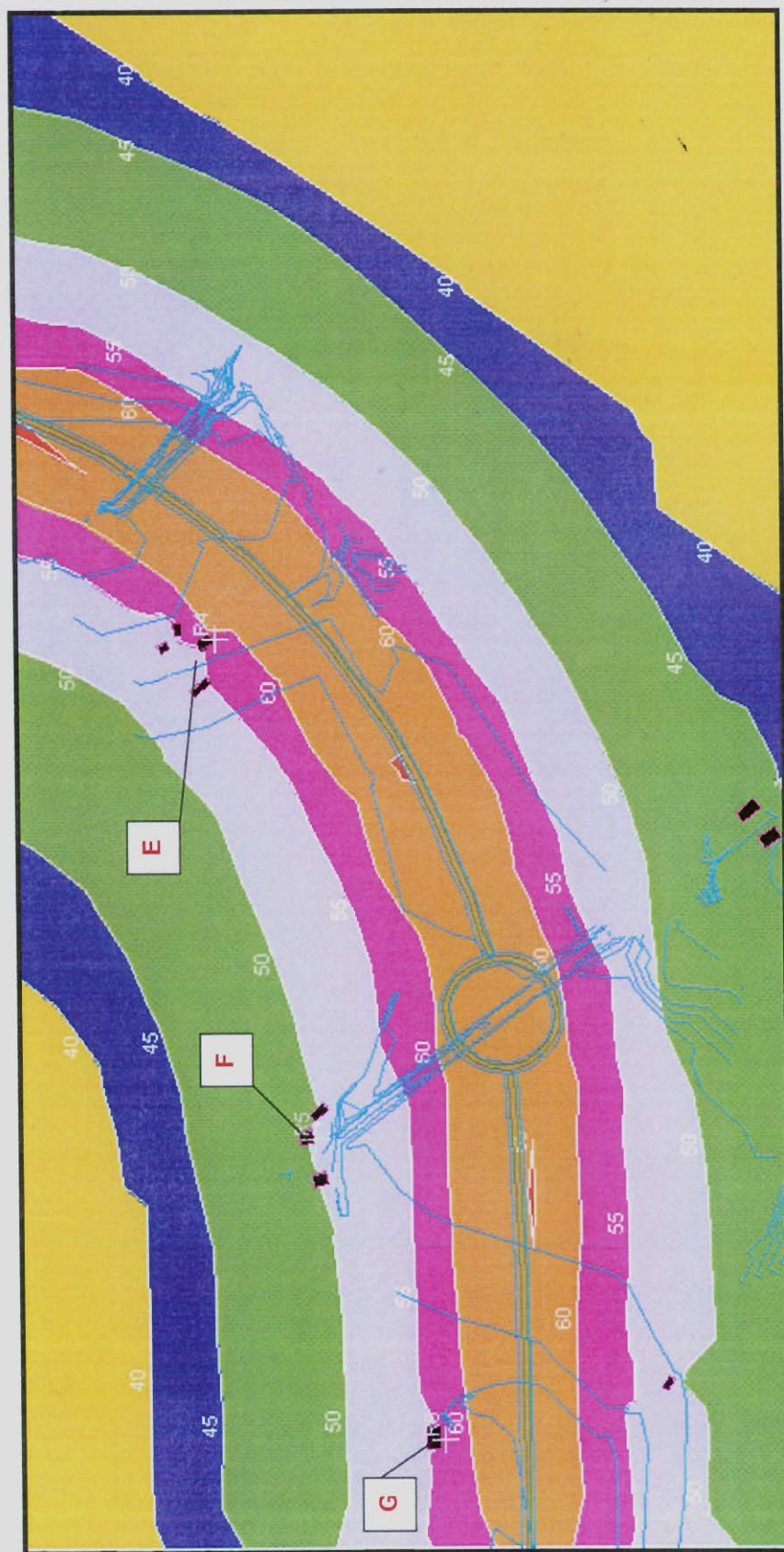


MAPPA DELLE ISOFONICHE

L_{Aeq} NEL TEMPO DI RIFERIMENTO DIURNO

STAZIONI: **E-F-G**

PREVISIONE ANNO 2001

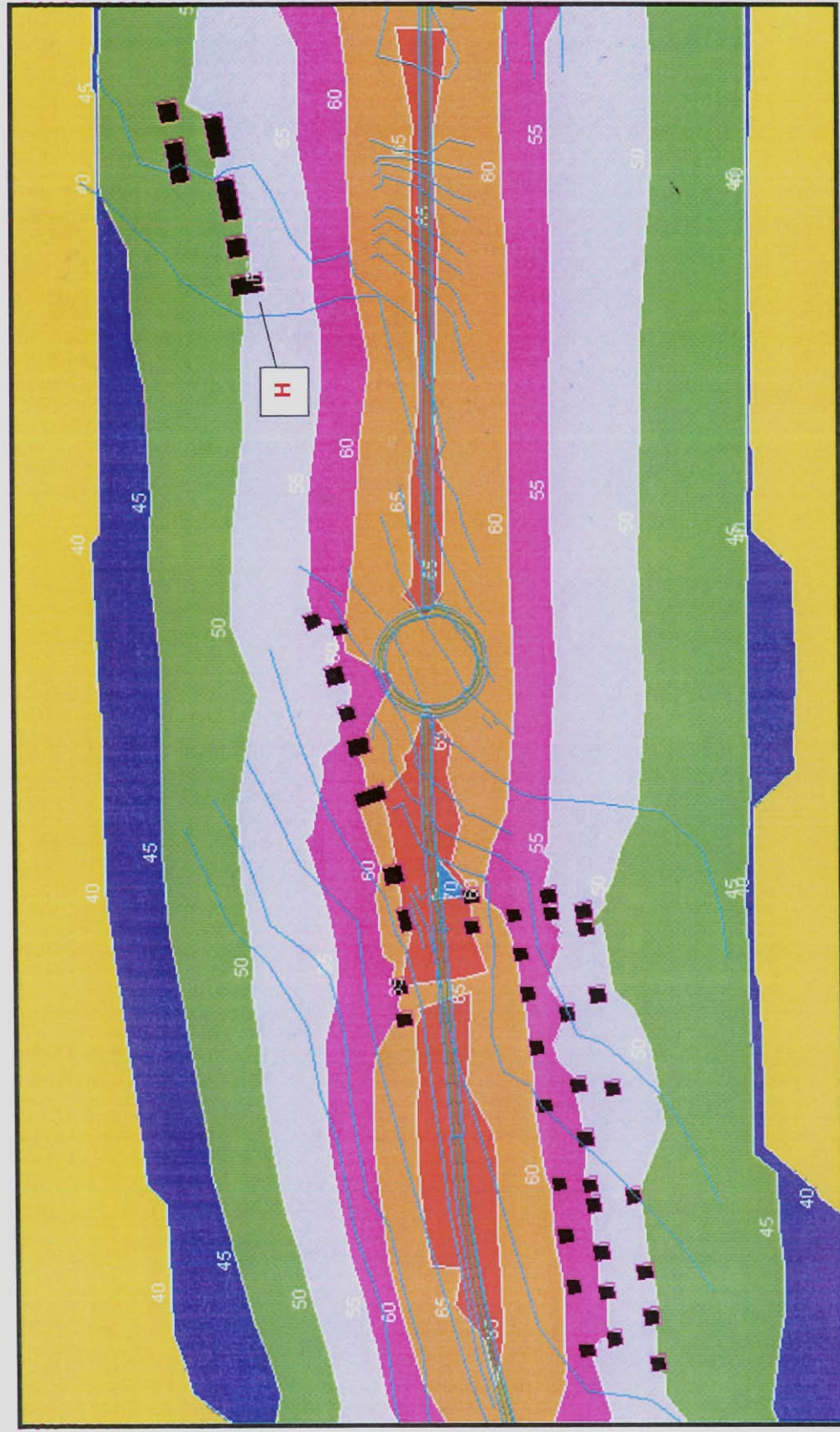


MAPPA DELLE ISOFONICHE

LAeq NEL TEMPO DI RIFERIMENTO NOTTURNO

STAZIONI: **E-F-G**

PREVISIONE ANNO 2001

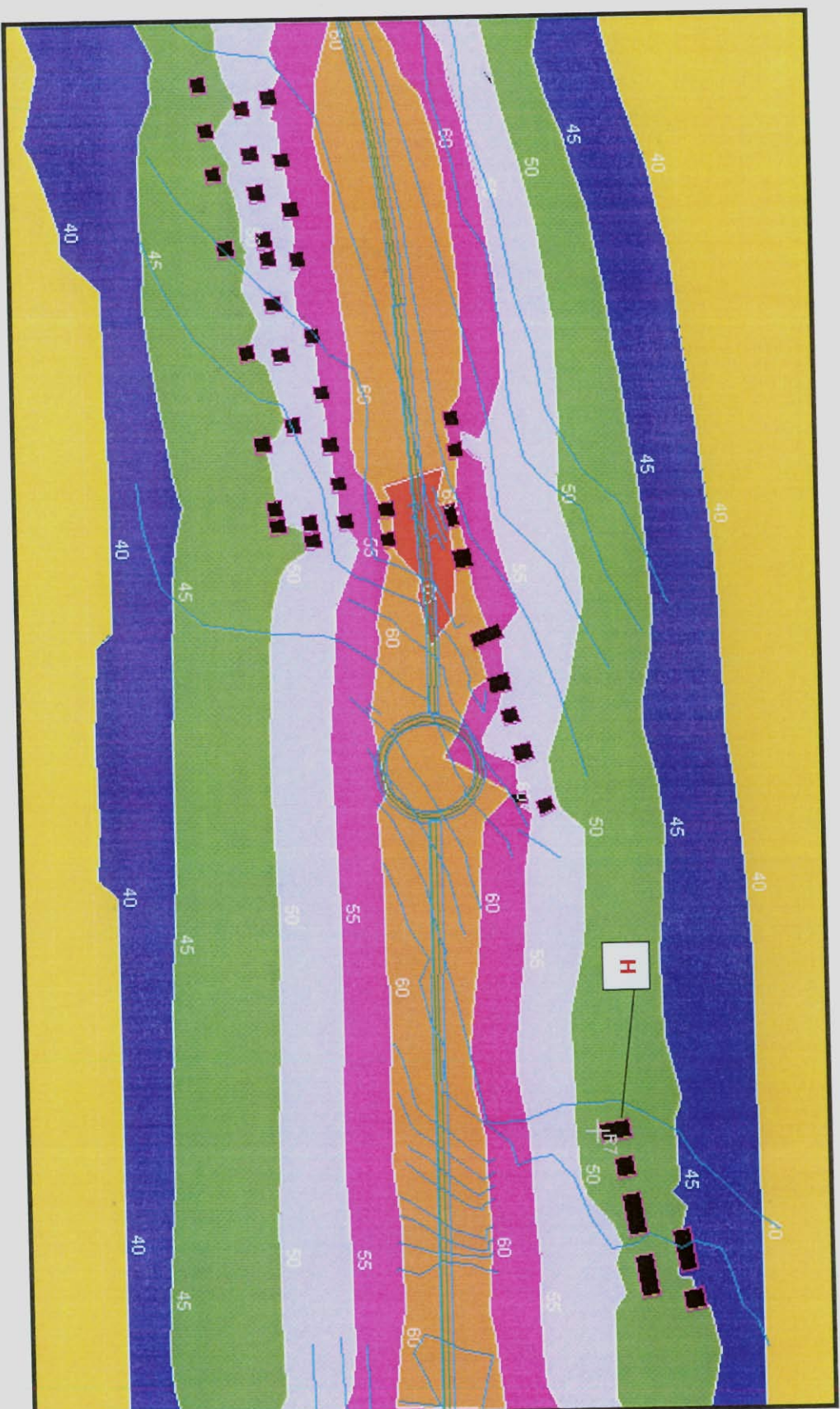


MAPPA DELLE ISOFONICHE

L_{Aeq} NEL TEMPO DI RIFERIMENTO DIURNO

STAZIONE: **H**

PREVISIONE ANNO 2001



MAPPA DELLE ISOFONICHE

L_{Aeq} NEL TEMPO DI RIFERIMENTO NOTTURNO

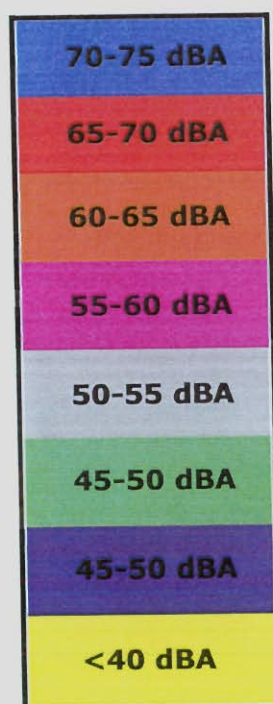
STAZIONE: **H**

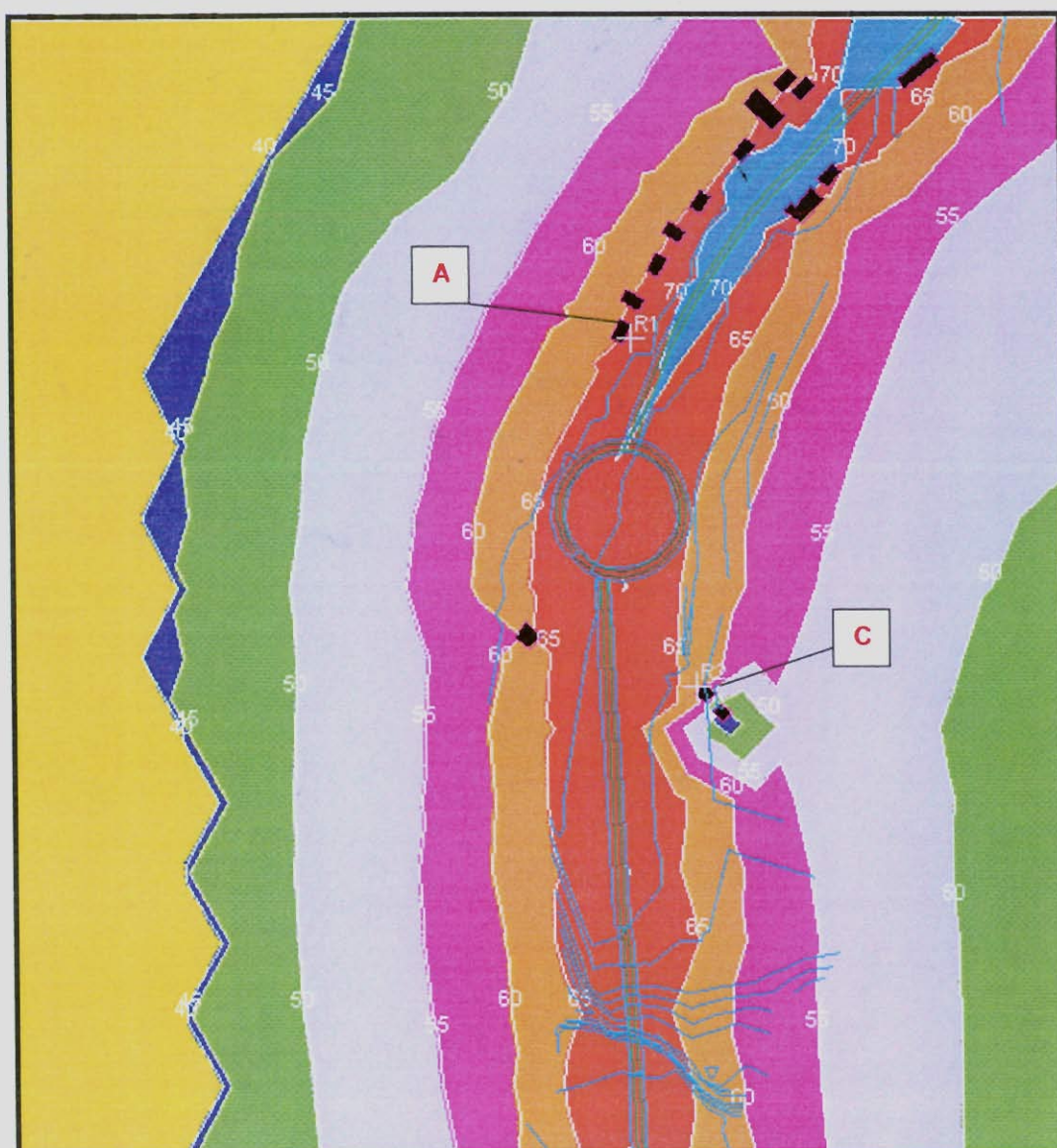
PREVISIONE ANNO 2001

MAPPE DELLE ISOFONICHE PER L'ANNO 2020



LEGENDA:





MAPPA DELLE ISOFONICHE

LAeq NEL TEMPO DI RIFERIMENTO DIURNO

STAZIONI: A-C

PREVISIONE ANNO 2020

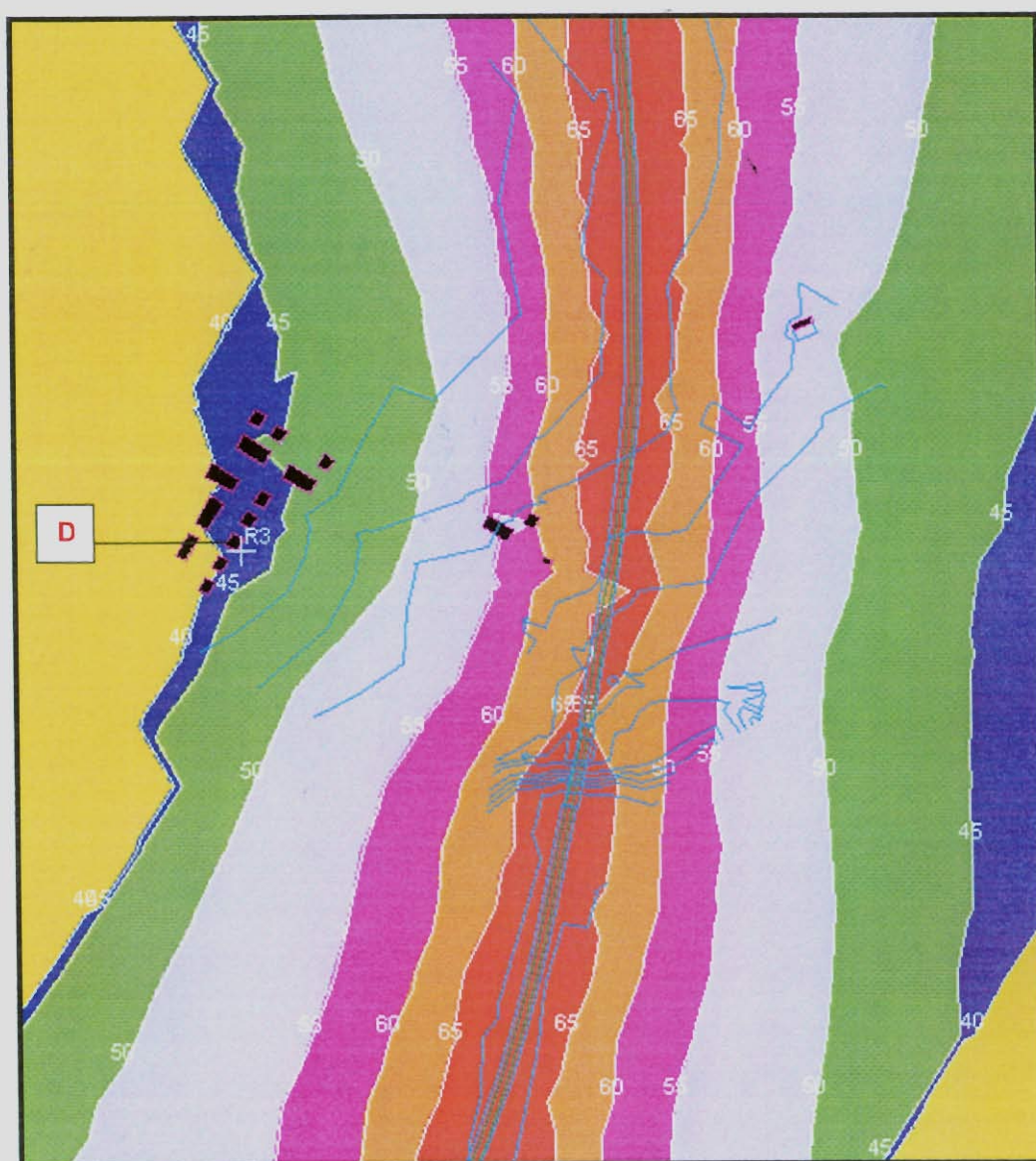


MAPPA DELLE ISOFONICHE

LAeq NEL TEMPO DI RIFERIMENTO NOTTURNO

STAZIONI: **A-C**

PREVISIONE ANNO 2020



MAPPA DELLE ISOFONICHE

L_{Aeq} NEL TEMPO DI RIFERIMENTO DIURNO

STAZIONE: D

PREVISIONE ANNO 2020

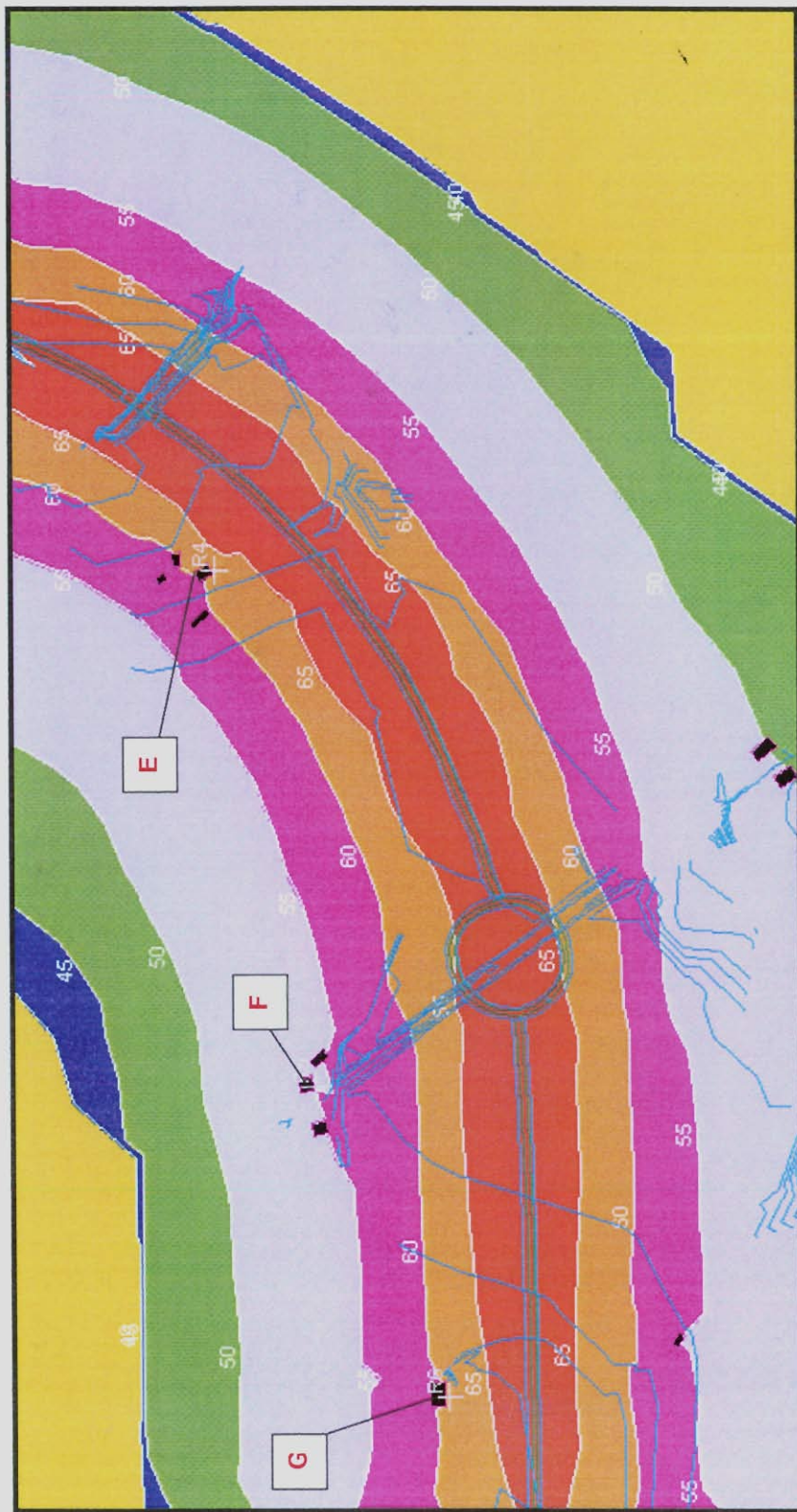


MAPPA DELLE ISOFONICHE

LAeq NEL TEMPO DI RIFERIMENTO NOTTURNO

STAZIONE: D

PREVISIONE ANNO 2020

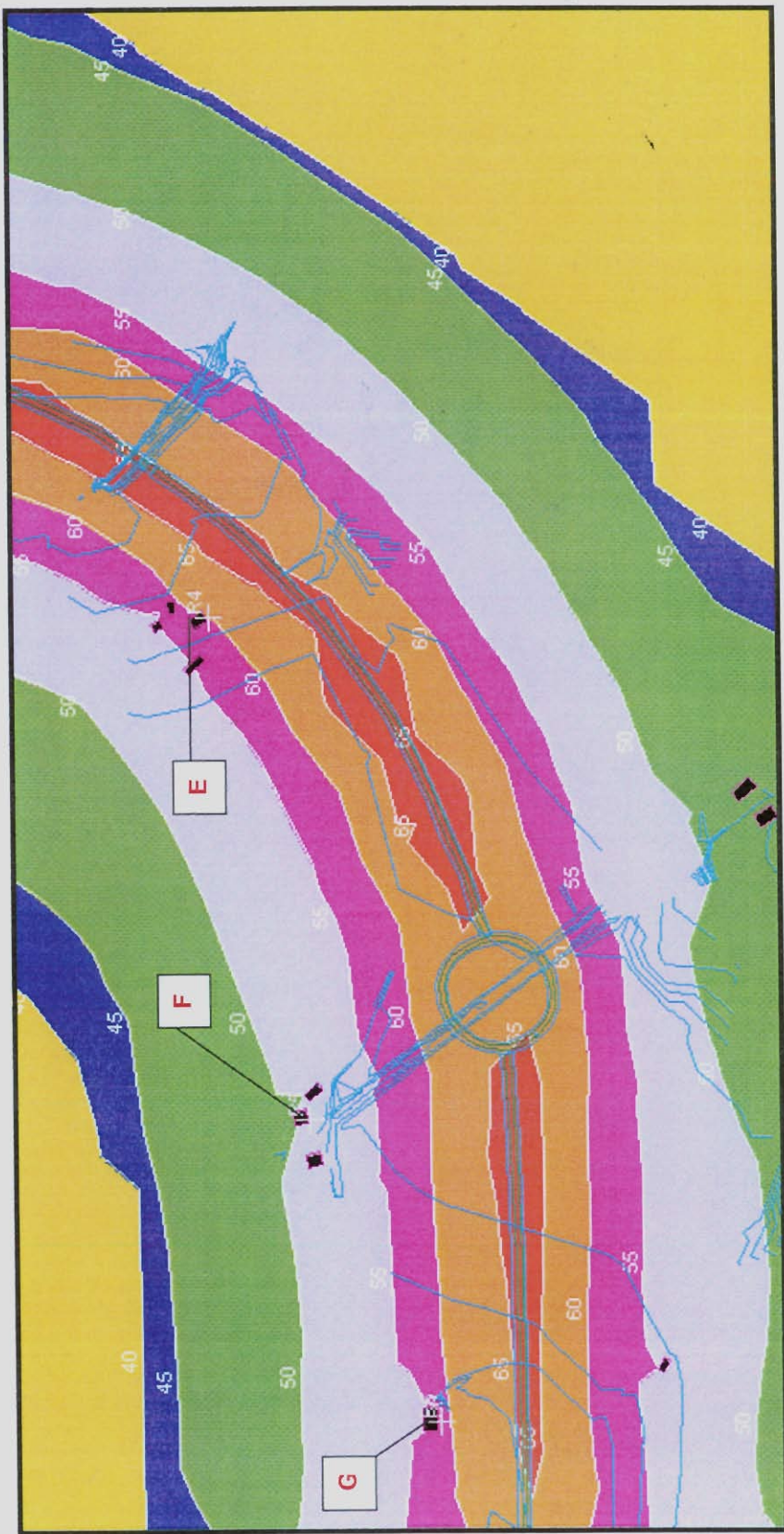


MAPPA DELLE ISOFONICHE

LAeq NEL TEMPO DI RIFERIMENTO DIURNO

STAZIONI: **E-F-G**

PREVISIONE ANNO 2020

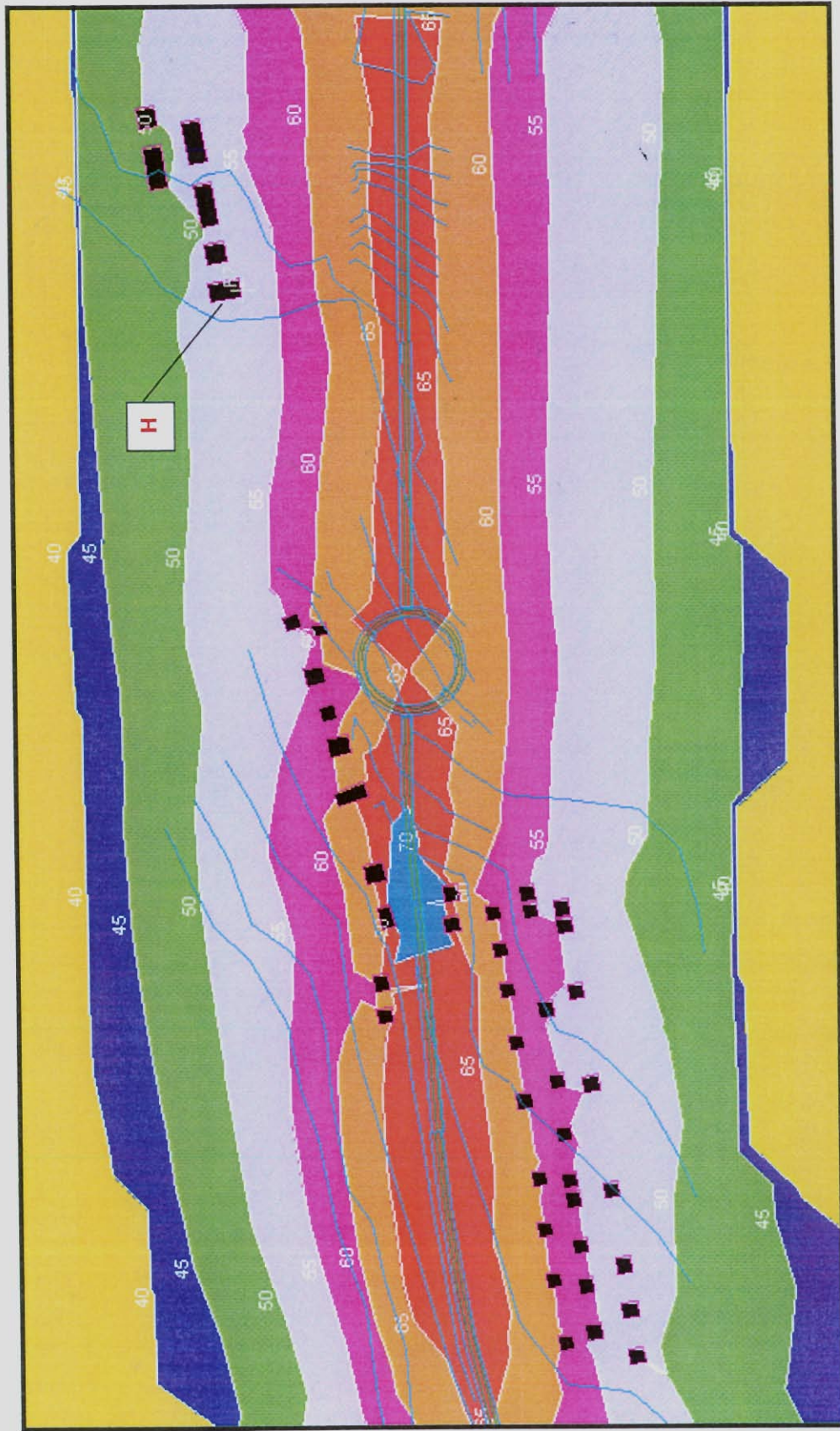


MAPPA DELLE ISOFONICHE

Laeq NEL TEMPO DI RIFERIMENTO NOTTURNO

STAZIONI: **E-F-G**

PREVISIONE ANNO 2020

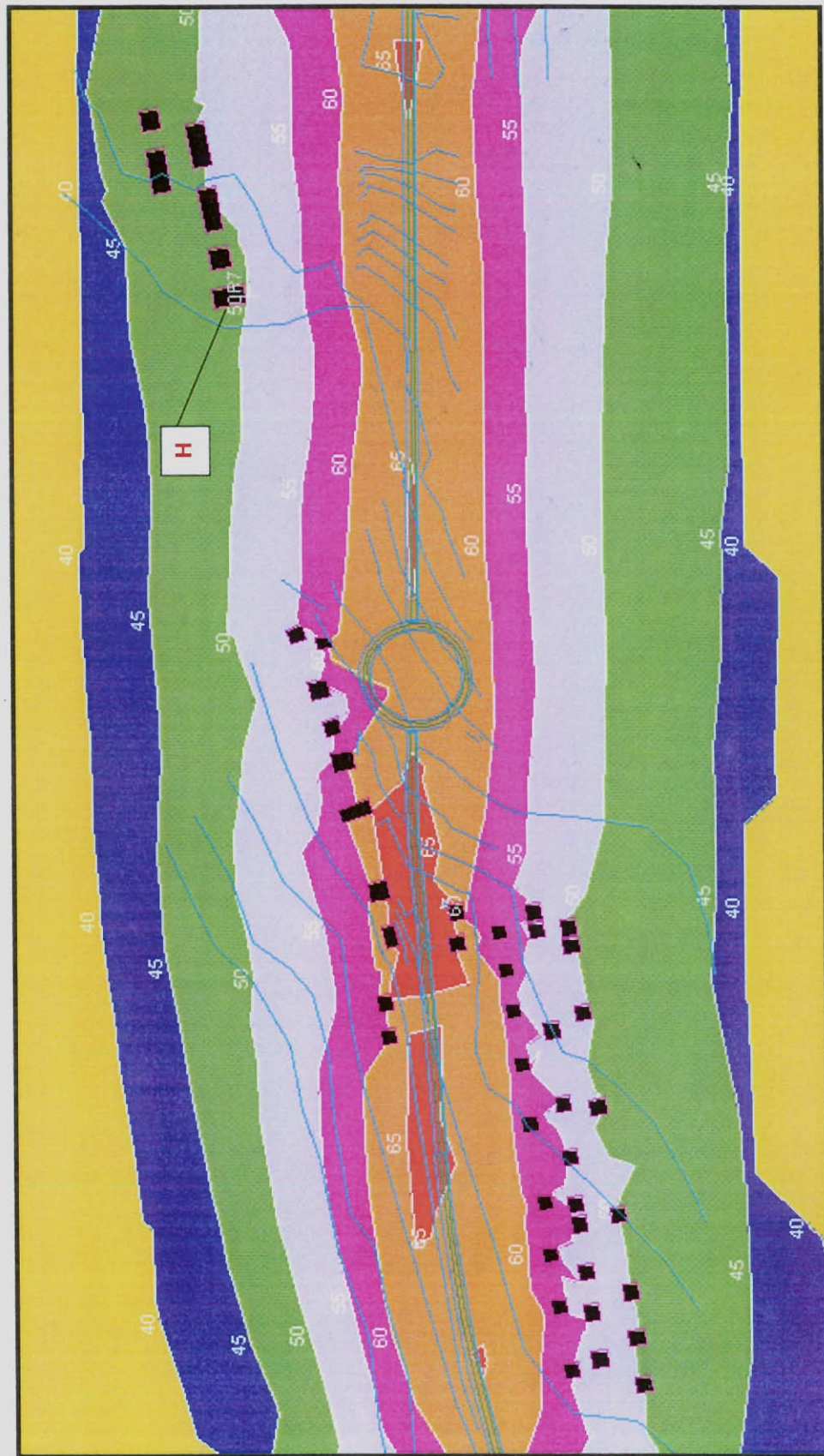


MAPPA DELLE ISOFONICHE

Laeq NEL TEMPO DI RIFERIMENTO DIURNO

STAZIONE: **H**

PREVISIONE ANNO 2001



MAPPA DELLE ISOFONICHE

LAeq NEL TEMPO DI RIFERIMENTO NOTTURNO

STAZIONE: **H**

PREVISIONE ANNO 2001

Nella tabella seguente vengono riportati i risultati previsionali relativi all a quota 1.8 metri dal suolo e a quota 4 metri (la stessa utilizzata per la rappresentazione grafica delle isofoniche):

Stazione	Piani	Diurno 2001 LAeq	Diurno 2020 LAeq	Notturmo 2001 LAeq	Notturmo 2020 LAeq
A	Ground floor (1.8 m)	66.7	68.4	64.1	65.8
	First floor (4.0 m)	68.7	70.3	66.1	67.8
C	Ground floor (1.8 m)	60.2	61.9	57.6	59.3
	First floor (4.0 m)	62.5	64.2	59.9	61.6
D	Ground floor (1.8 m)	43.9	45.5	41.3	42.9
	First floor (4.0 m)	46.6	48.2	44.0	45.6
E	Ground floor (1.8 m)	59.8	61.5	57.2	58.9
	First floor (4.0 m)	63.0	64.6	60.3	62.0
F	Ground floor (1.8 m)	54.5	56.2	51.9	53.6
	First floor (4.0 m)	55.4	57.1	52.8	54.5
G	Ground floor (1.8 m)	59.7	61.3	57.1	58.7
	First floor (4.0 m)	61.9	63.5	59.3	61.0
H	Ground floor (1.8 m)	49.9	51.5	47.3	49.0
	First floor (4.0 m)	52.2	53.8	49.6	51.3

Nelle tabelle seguenti sono messi a confronto i risultati delle simulazioni ottenute con il modulo MITHRA, con i livelli della situazione ante-operam ed i livelli previsti dalla normativa tecnica in vigore:

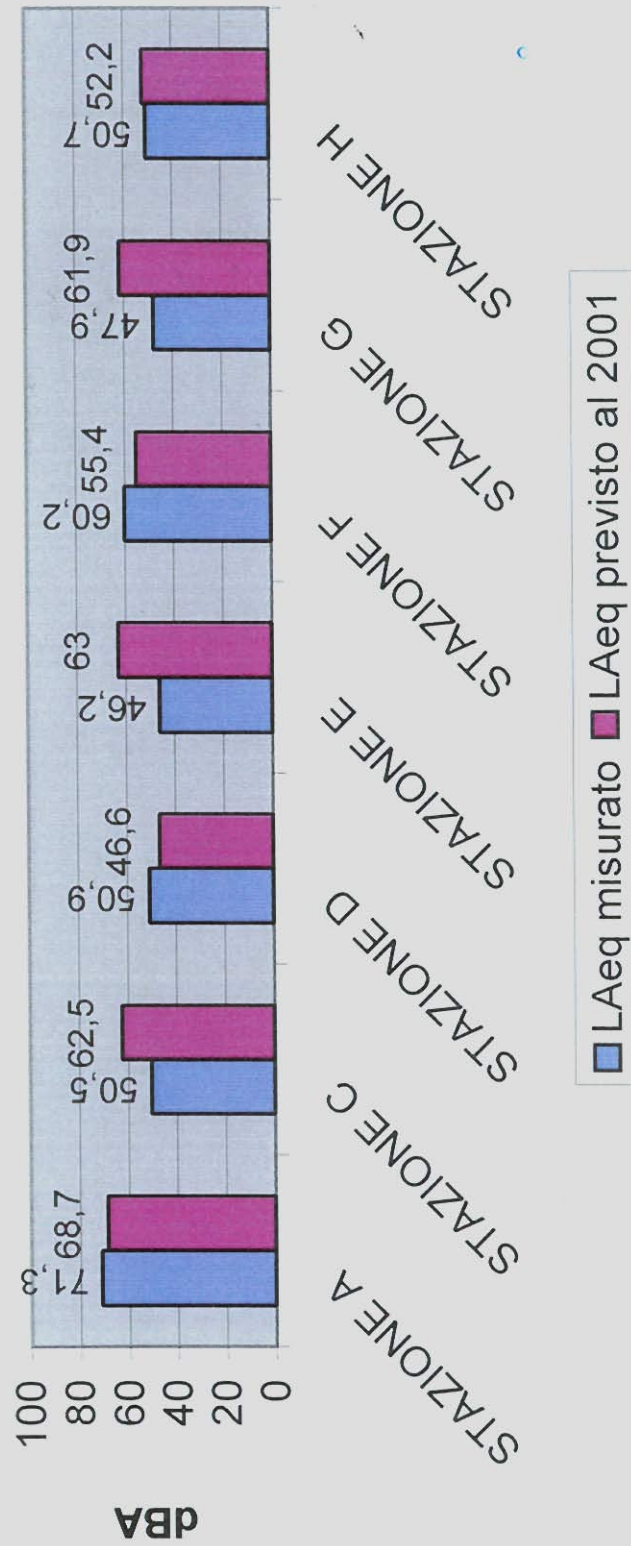
Classi di LAeq per la situazione post operam all'anno **2001** (le aree in rosso indicano il superamento dei limiti in vigore).

	Classe di destinazione d'uso attribuite	LAeq rilevato		Limiti assoluti di Immissione di cui al DPCM 1/3/91		Classi di LAeq previste per la situazione post-operam	
		Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo
STAZIONE A	Zona B (decreto ministeriale n. 1444/68)	71.3	63.7	60	50	65-70	65-70
STAZIONE C	Tutto il territorio nazionale	50.5	41.0	70	60	60-65	55-60
STAZIONE D	Zona B (decreto ministeriale n. 1444/68)	50.9	34.5	60	50	45-50	40-45
STAZIONE E	Tutto il territorio nazionale	46.2	38.9	70	60	60-65	60-65
STAZIONE F	Zona B (decreto ministeriale n. 1444/68)	60.2	51.3	60	50	55-60	50-55
STAZIONE G	Tutto il territorio nazionale	47.9	40.8	70	60	60-65	55-60
STAZIONE H	Zona B (decreto ministeriale n. 1444/68)	50.7	42.6	60	50	50-55	45-50

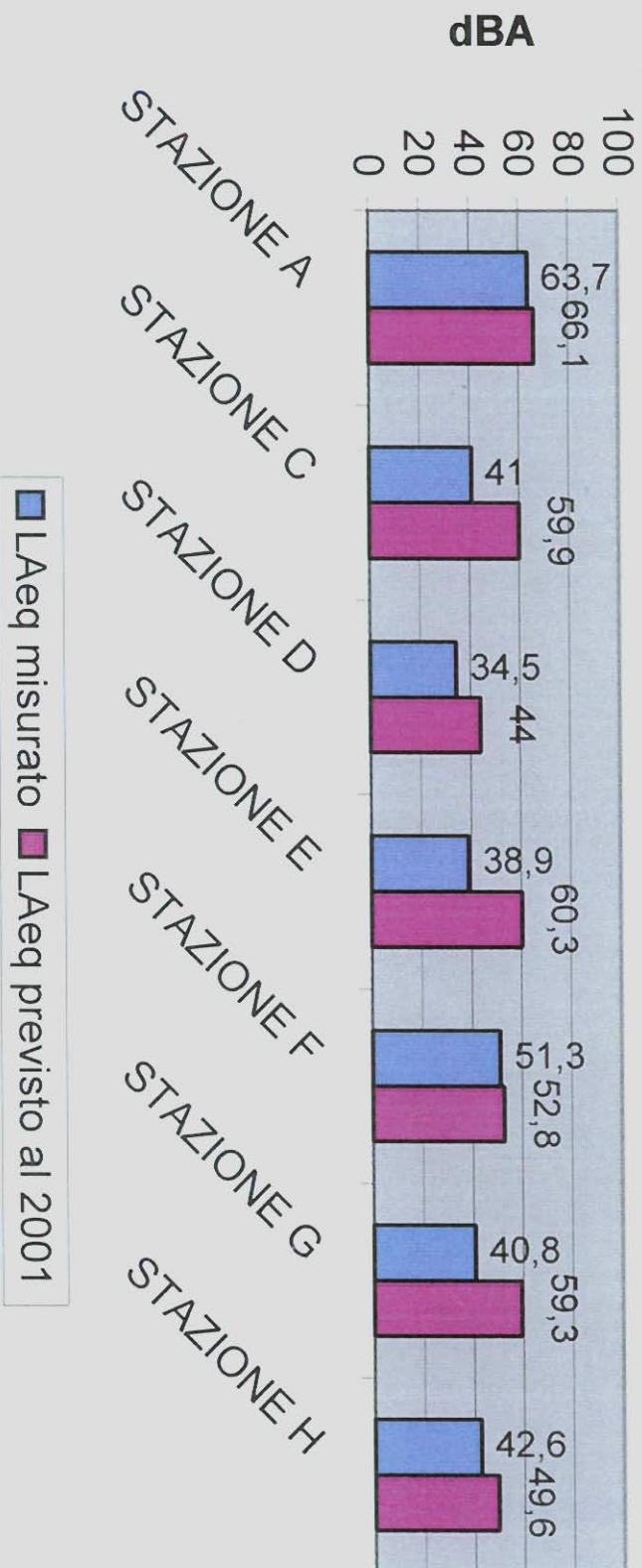
Classi di LAeq per la situazione post operam all'anno **2020** (le aree in rosso indicano il superamento dei limiti in vigore).

	Classe di destinazione d'uso attribuite	LAeq rilevato		Limiti assoluti di Immissione di cui al DPCM 1/3/91		Classi di LAeq previste per la situazione post-operam	
		Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo
STAZIONE A	Zona B (decreto ministeriale n. 1444/68)	71.3	63.7	60	50	70-75	65-70
STAZIONE C	Tutto il territorio nazionale	50.5	41.0	70	60	60-65	60-65
STAZIONE D	Zona B (decreto ministeriale n. 1444/68)	50.9	34.5	60	50	45-50	45-50
STAZIONE E	Tutto il territorio nazionale	46.2	38.9	70	60	60-65	60-65
STAZIONE F	Zona B (decreto ministeriale n. 1444/68)	60.2	51.3	60	50	55-60	50-55
STAZIONE G	Tutto il territorio nazionale	47.9	40.8	70	60	60-65	60-65
STAZIONE H	Zona B (decreto ministeriale n. 1444/68)	50.7	42.6	60	50	50-55	50-55

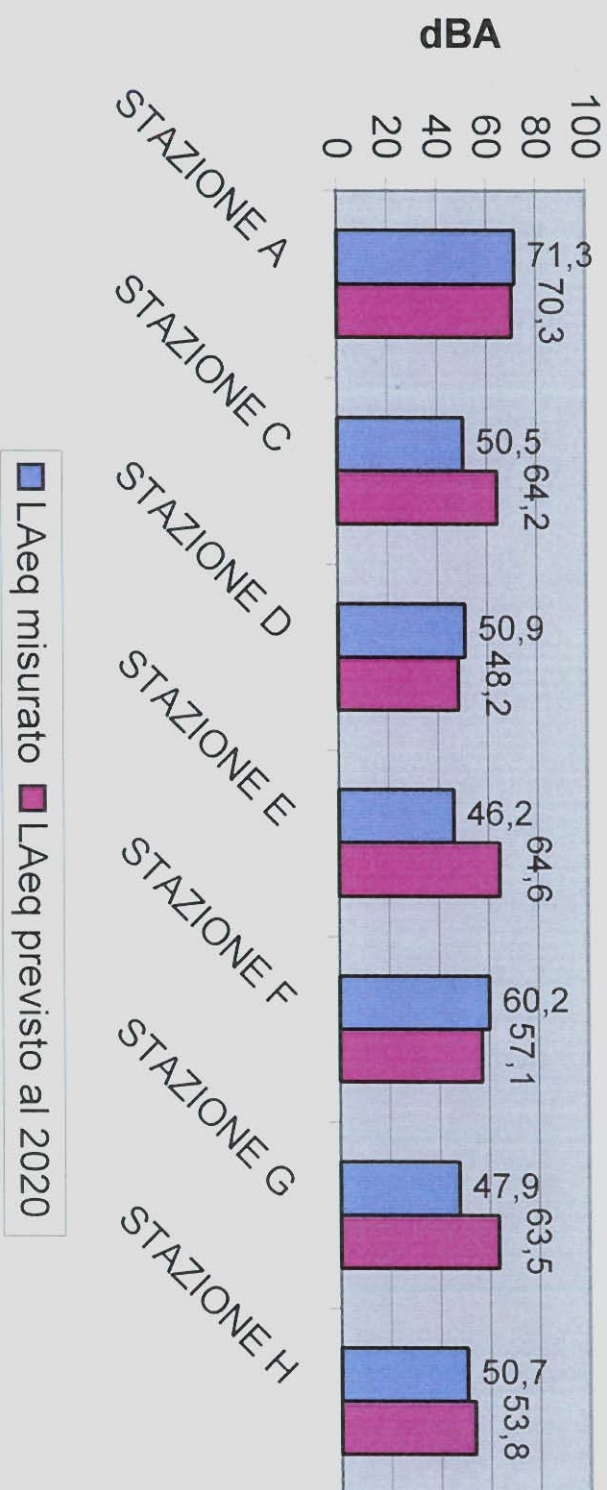
Confronto tra LAeq misurato e quello previsto al 2001



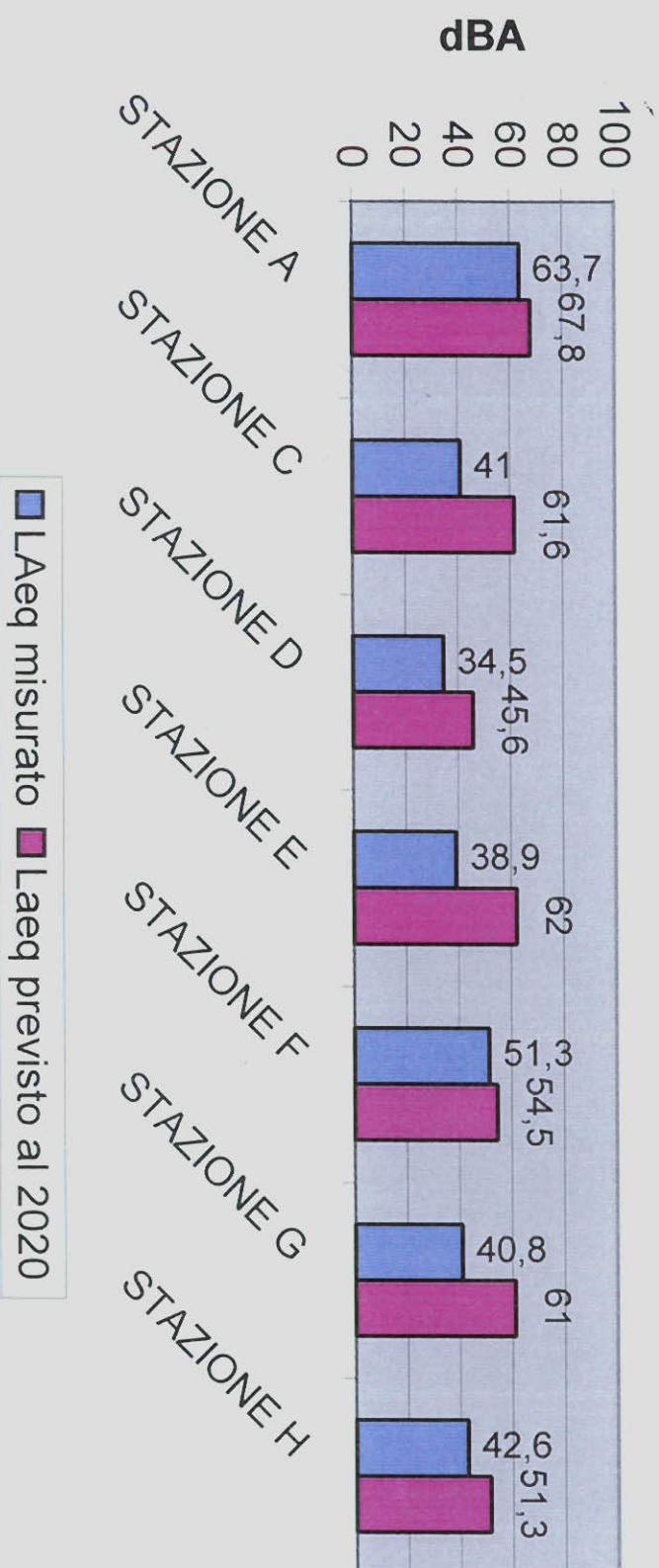
Confronto tra il LAeq rilevato e quello previsto al 2001



Confronto tra il LAeq misurato e quello previsto al 2020



Confronto tra il LAeq misurato e quello previsto al 2020



4.4 Giudizio sullo stato "post operam" della componente

Stazione A:

Questa risulta essere una di quelle aree che trarranno un beneficio dalla costruzione della nuova variante. La strada passerà ad una distanza maggiore dalle abitazioni, rispetto all'attuale tracciato della S.S. 424, il che provocherà una diminuzione del livello sonoro anche in previsione di un aumento del flusso veicolare. In definitiva, considerando che i livelli rilevati ad oggi risultano essere maggiori di quelli previsti per il 2001 ed il 2020, l'opera non produrrà impatto acustico negativo.

Stazione C

In questo caso la variante passerà a soli 50 metri dall'abitazione, che al momento non risente in maniera importante del traffico transitante sull'attuale Statale, apportando un elevato incremento di livello sonoro che pur rimando al disotto dei limiti in vigore per l'area, modifica pesantemente il clima acustico dell'area soprattutto per il periodo notturno.

Stazione D

La notevole distanza dal tracciato della nuova variante fa sì che l'area risulti scarsamente influenzabile dal rumore prodotto dal traffico veicolare. I livelli attuali risultano infatti essere superiori a quelli previsti tranne che per il periodo notturno dove sono previsti incrementi di circa 10 dBA rispetto a quelli misurati. L'impatto acustico in questo caso risulta essere modesto.

Stazione E

Il sito risulta essere uno dei più delicati considerate le caratteristiche del luogo praticamente esente da fenomeni di disturbo provocato da rumore. Le misurazioni hanno rilevato dei livelli estremamente bassi in netto contrasto con quelli previsti dal modulo previsionale, gli incrementi sono intorno ai 20 dBA sufficienti a superare il limite notturno previsto per la zona di appartenenza.

Stazione F

La situazione dell'area è analoga a quella della stazione A, anche in questo caso infatti siamo in presenza di una strada nelle vicinanze delle abitazioni che caratterizza il clima acustico attuale, e sicuramente la costruzione della variante provocherà come conseguenza una netta diminuzione del traffico veicolare lungo via Battisti e dunque un beneficio acustico almeno per il tempo di riferimento diurno, mentre per il periodo notturno gli incrementi di rumorosità sono praticamente nulli pur risultando dei valori leggermente superiori al limite di zona.

Stazione G

Situazione del tutto simile a quella riscontrata alla stazione E, dove a valori misurati molto bassi si contrappone una previsione con livelli di rumorosità che superano anche di 20 dBA quelli precedenti provocando un superamento del limite notturno per quanto concerne la proiezione al 2020.

Stazione H

L'area trovandosi ad una distanza maggiore di 100 metri dal tracciato in progetto ed in considerazione del fatto che è già disturbata dalla presenza della S.S. 424, non risentirà in modo pesante della realizzazione dell'opera. Nel periodo diurno vengono registrati incrementi molto contenuti, mentre per il notturno l'aumento di quasi 10 dBA del livello rispetto a quello misurato porta al superamento dei limiti previsti dalla normativa vigente.

4.5 Conclusioni

La costruzione della variante presso l'abitato di S. Lorenzo in Campo avrà ripercussioni acustiche significative per un intorno non superiore ai 200 metri dall'asse stradale. Considerato il numero di ricettori sensibili, intesi come abitazioni, presenti all'interno della suddetta fascia e conseguentemente il numero di cittadini potenzialmente disturbati dal passaggio della strada, si deduce che i benefici apportati dall'opera coinvolgeranno una popolazione molto maggiore rispetto a quella che subirà un "danno" dalla realizzazione di tale infrastruttura.

Resta il fatto che all'interno dell'area interessata, in alcuni casi l'impatto risulta essere significativo soprattutto per il periodo di massimo disturbo che naturalmente viene identificato con le ore notturne di riposo, all'interno di questo intervallo di tempo le proiezioni future hanno indicato incrementi dell'ordine di 20 dBA. Questo avviene in special modo per quei siti che verranno a trovarsi a poche decine di metri dalla strada e che attualmente non sono interessati da nessun fenomeno acustico di rilievo (aree analoghe alle stazioni E e G). In riferimento alle "Zone di espansione" previste dal P.R.G. di S. Lorenzo in Campo, l'unica area a "rischio" risulta essere quella in corrispondenza dell'ultima rotatoria in direzione Pergola, dove si produrranno livelli sonori maggiori di 65 dBA in una fascia superiore ai 20 metri (per il periodo notturno 2020), fascia nella quale sono previsti edifici residenziali. Al fine di prevenire situazioni sgradevoli per la popolazione, risulterebbe opportuno valutare in questa fase preliminare un incremento della distanza tra il tracciato stradale e la "zona di espansione" suddetta.

5. OPERE DI MITIGAZIONE

5.1 Barriere Antirumore

Le barriere antirumore sono forse il più conosciuto dei rimedi contro l'inquinamento acustico ed il loro impiego è molto diffuso per contenere la rumorosità di ferrovie, autostrade e viabilità importanti in aree extraurbane. Per la loro natura trovano invece possibilità di applicazione molto limitate in area urbana.

In ogni caso occorre tenere presente che l'efficacia di una barriera è limitata ai soli edifici in ombra rispetto alla sorgente: ciò significa in pratica che l'efficacia delle barriere è limitata a quelle abitazioni alle quali lo schermo toglie la vista degli autoveicoli in transito. Di norma, l'altezza di una barriera antirumore è dell'ordine dei 2÷4 m ed in alcune realizzazioni più estreme può raggiungere i 5÷6 m, pertanto in tutte le strade costeggiate da abitazioni non è possibile prevedere soluzioni efficaci oltre il primo piano. La protezione di edifici più alti, ma prossimi alle linee di traffico, specialmente per carreggiate molto larghe, richiederebbe la realizzazione di imponenti tunnel afoni (barriere più tetto a baffles fonoisolanti - fonoassorbenti) di costo elevatissimo e di dubbia tollerabilità architettonica e paesaggistica, mentre in situazioni extraurbane con edifici posti su un solo lato, della strada è possibile ricorrere a semi-gallerie artificiali simili ai ripari antivalanghe utilizzati nella viabilità di alta montagna. In particolare, nell'adozione di questi provvedimenti nell'ambito della strategia complessiva per la riduzione dell'inquinamento acustico, vanno tenute presenti alcune controindicazioni che ne sconsigliano l'adozione indiscriminata:

1. il costo elevato; infatti, l'installazione di una barriera antirumore prevede spese dell'ordine del milione di lire per metro lineare di barriera;
2. modifica della accessibilità pedonale o ciclabile degli spazi: solo con accorgimenti opportuni è possibile prevedere alcuni varchi delimitati all'interno di una barriera senza pregiudicarne l'efficacia. Pertanto l'accessibilità alla strada e la sua attraversabilità risultano fortemente modificate dall'installazione della barriera.

In ambito extraurbano le barriere sono quindi una soluzione in quei casi in cui la morfologia del terreno e l'altezza degli edifici consentono un buon mascheramento di importanti arterie di traffico. Risultano particolarmente efficaci quindi nei casi in cui strade o ferrovie corrono in rilevato o in viadotti (in quest'ultimo caso però possono sorgere serie limitazioni alla loro applicabilità: per esempio, insufficiente resistenza delle strutture al maggior carico derivante dalla spinta del vento).

In linea generale è sensato invece ipotizzare l'utilizzo di barriere in ambito urbano limitatamente ai seguenti scopi:

- ♦ protezione di aree a fruizione pedonale (parchi pubblici, spazi giochi, zone pedonali);
- ♦ protezione di aree di particolare pregio, di aree destinate allo svolgimento di attività all'aperto;
- ♦ protezione di piste ciclabili;
- ♦ protezione di abitazioni terra-tetto collocate arretrate rispetto alla sede stradale;
- ♦ mitigazione dell'inquinamento prodotto da tratti autostradali o circonvallazioni periferiche, viadotti e cavalcavia, previa verifica di collocazione opportuna rispetto alle abitazioni disturbate.

Per quanto riguarda l'utilizzo extraurbano, e soprattutto per i primi tre punti di quello urbano, non va trascurata la possibilità di realizzare le protezioni con dune in terra opportunamente piantumate o con veri e propri "biomuri", integrando così nella barriera anche una funzione di arredo a verde e una di trattamento fonoassorbente per mitigare gli effetti di amplificazione sonora dovuti a riflessioni multiple.

L'attenuazione dell'onda sonora che attraversa lo schermo della barriera è determinata dalla struttura rigida dello schermo ed in massima parte imputabile alla variazione di densità tra lo schermo e l'aria che produce una riflessione di gran parte dell'onda sonora. Nella zona retrostante lo schermo si ha quindi una sovrapposizione tra l'onda trasmessa, attenuata, e l'onda diffratta che aggira il bordo superiore e quelli laterali della barriera. Quest'ultima è di norma la componente di gran lunga prevalente (il fatto che l'onda trasmessa sia trascurabile rispetto a quella diffratta è considerato un obiettivo irrinunciabile di una buona progettazione e realizzazione dell'opera). Il livello sonoro dell'onda diffratta è calcolabile esattamente a partire dalla teoria ondulatoria della propagazione delle onde elastiche, in pratica però vi sono due effetti che rendono il calcolo dell'attenuazione ottenuta con le barriere meno rigoroso e che conducono all'utilizzo di formule più o meno empiriche: il primo è il fatto che l'inserimento della barriera modifica (riduce) anche l'effetto suolo, che a sua volta produce un'attenuazione dei livelli sonori in maniera dipendente da molti fattori di cui è difficile tenere conto in maniera esatta; il secondo è il fatto che nella propagazione su distanze dell'ordine di qualche centinaio di metri alcune condizioni meteorologiche (ad esempio l'inversione termica) producono una propagazione non rettilinea dell'onda sonora che modifica anche sensibilmente le perdite per inserzione conseguite con la barriera. L'attenuazione della

barriera andrà quindi riferita in generale a specifiche condizioni del terreno su cui avviene la propagazione e a condizioni meteo determinate.

Nella realizzazione delle barriere è necessario tenere conto degli effetti prodotti dall'onda riflessa sulla barriera stessa. Questi sono in genere effetti negativi che si possono sostanzialmente sintetizzare in tre tipi:

- 1) L'onda riflessa incrementa il livello sonoro in ricettori posti dalla parte opposta della barriera;
- 2) si creano riflessioni multiple tra le barriere contrapposte sui due lati della strada che riducono l'efficacia del provvedimento (alcuni dB di minor attenuazione);
- 3) si creano riflessioni multiple tra la barriera e le fiancate rigide dei grossi veicoli (treni, autobus e camion) che riducono l'attenuazione della rumorosità di questo tipo di sorgenti.

A questi eventuali problemi si può ovviare utilizzando barriere con il lato rivolto verso la sorgente trattato con materiale fonoassorbente o barriere inclinate rispetto alla verticale. Entrambe le soluzioni hanno come controindicazioni problemi di minor resistenza agli agenti meteorologici e di maggiori costi di realizzazione. La versione fonoassorbente esclude inoltre che la barriera possa essere trasparente, che è invece un requisito talvolta necessario per un migliore inserimento paesaggistico.

I risultati ottenibili con le barriere hanno un limite pratico di attenuazione di circa 15÷20 dB oltre il quale difficilmente ci si può spingere; nelle situazioni concrete spesso i ricettori guadagnano dai 3÷4 dB ai 7÷10 dB a secondo della posizione e dell'altezza rispetto alla infrastruttura.

I costi della realizzazione delle barriere dipendono dal tipo di materiale scelto e dalla complessità delle opere di fondazione richieste dal contesto su cui si erige la barriera, ma si può grossolanamente dare un ordine di grandezza dei costi intorno alle £ 300.000 per metro quadrato.

LE BARRIERE VEGETALI

Le barriere verdi vengono distinte in due grosse tipologie:

1. Fasce vegetali (siepi, fasce boscate, alberate ecc.): composte da piantagioni semplici od associazioni complesse di specie arboree, arbustive ed erbacee (foto1).
2. Schermi a struttura mista: derivanti dalla combinazione di manufatti artificiali e piante, progettati per l'integrazione sinergica delle diverse componenti. Questi ultimi comprendono a loro volta:
 - *Terre armate rinforzate* (t.a.r.): rilevati in terra e pietrame a sezione trapezoidale "retinati" con apposite geogriglie e ricoperti con vegetazione da coltivo (foto 2, 3).
 - *Muri vegetati*: manufatti artificiali opportunamente trattati e materiale vegetale sostenuto ed alimentato da sofisticati substrati (muri cellulari, strutture composite, strutture a gabbia) (foto 4, 5, 6).

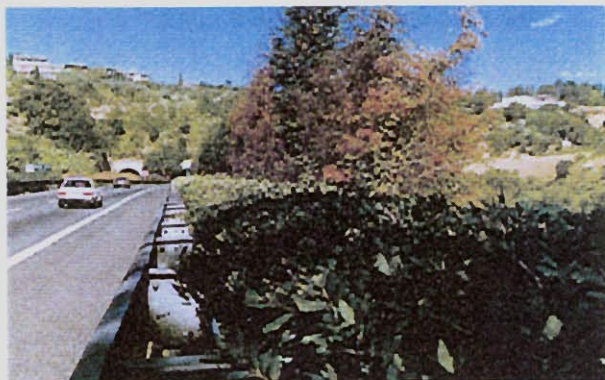


Figura 1: Quinta vegetativa multispecifica.



Figura 2: Rilevato inerbito.



Figura 3: T.a.r. ad uso antirumore.



Figura 4: Muro cellulare con funzione antirumore.



Figura 5: Muro vegetato a struttura composita in elementi prefabbricati.

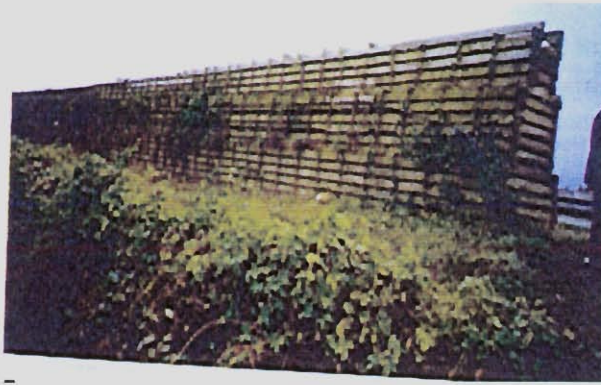


Figura 6: Struttura a gabbia con elementi in legno.

Fascia vegetale

L'attenuazione del rumore da parte della vegetazione avviene:

- mediante assorbimento e successiva trasformazione dell'energia sonora in energia termica in seguito al movimento dell'energia stessa sulle superfici delle foglie, rami e tronchi ed ai conseguenti moti oscillatori smorzati;
- mediante deviazione dell'energia sonora ad opera del fogliame.

La capacità di assorbimento di una barriera "naturale" è funzione di vari fattori come il tipo di specie botanica utilizzato (piante o arbusti), loro eventuali combinazioni (solo piante, solo arbusti o combinazione tra loro), lunghezza e spessore adottati; fattori importanti sono anche la morfologia del terreno ospitante e il corpo stradale (a raso, in trincea ecc.).

Schermi a struttura mista

Trattandosi di un manufatto artificiale rivestito a verde, l'abbattimento del rumore avviene con modalità abbastanza diversificate a seconda della tipologia della barriera.

Sostanzialmente, l'abbattimento del rumore avviene ad opera:

- ◆ della vegetazione, in base al principio descritto in precedenza;
- ◆ della frantumazione dell'onda, legata alla geometria della barriera (inclinazione delle pareti) o alla forma dei suoi singoli componenti;
- ◆ dell'azione di assorbimento svolta dalla terra vegetale di riempimento.

Vantaggi

- ◆ Numerosi sono i pregi di questi sistemi verdi:
- ◆ riduzione dell'emissione sonora;
- ◆ depurazione chimica dell'atmosfera;
- ◆ emissione di vapor acqueo e conseguente regolazione igrotermica dell'ambiente;
- ◆ azione drenante del terreno e protezione del suolo dai fenomeni meteorici eccessivi;
- ◆ ottima accettabilità dell'opera da parte delle popolazioni;
- ◆ miglioramento sostanziale del paesaggio e della qualità estetica dei luoghi soprattutto nel caso di fasce alberate.

Svantaggi

- ◆ Elevati spazi necessari per l'installazione:
- ◆ Fasce vegetali: spazio superiore ai 2-3 metri;
- ◆ Terre armate rinforzate: spazio superiore ai 2 metri;
- ◆ Muri vegetati: spazio superiore o uguale a 60-70 cm;
- ◆ Maggiori costi per l'installazione:
- ◆ Terre armate rinforzate: £ 275.000 - 300.000 / mq;
- ◆ Muri vegetati: £ 300.000-500.000/mq;
- ◆ costi supplementari per la manutenzione e l'irrigazione.

Resa acustica di una barriera verde

La resa acustica di una barriera antirumore può essere evidenziata mediante diverse procedure: misure in laboratorio, misure in campo aperto e misure in situ. Mentre le misure in laboratorio consentono di ricavare le caratteristiche intrinseche delle barriere, le misure in un campo prova hanno lo scopo di valutare l'attenuazione globale offerta dalla barriera in condizioni standard; le misure in situ, invece, consentono di valutare l'efficacia del manufatto in relazione ai ricettori da proteggere.

5.2 Asfalti Drenanti

È noto che al crescere della velocità dei veicoli su strada aumenta la componente del rumore dovuta al rotolamento e, pertanto, tenuto conto delle progressive restrizioni imposte dalle norme comunitarie sul livello sonoro emesso dagli autoveicoli (75 dBA per le auto e 80 per i mezzi pesanti), che imporranno alle industrie produttrici di ridurre il rumore di origine meccanica prodotto dai veicoli, ci si deve attendere un sostanziale aumento del contributo del rotolamento (contatto pneumatico - sede stradale) sul livello globale emesso dai veicoli in circolazione. Diverrà dunque sempre più importante la sperimentazione di asfalti le cui caratteristiche permettano di ridurre quanto più possibile la generazione di rumore dovuto al rotolamento. Tale generazione di rumore viene a determinarsi per il concorso dei seguenti fenomeni:

- rumori di shock: sono originati dalla messa in vibrazione degli elementi del pneumatico che viene ad urtare la strada a grande velocità durante lo spostamento. Questo rumore è tanto più elevato quanto più la superficie stradale è irregolare (forte macro e mega tessitura);
- il fenomeno dell'air-pumping: può essere spiegato come la messa in vibrazione dell'aria prossima alla superficie del pneumatico sotto l'azione di deformazione del pneumatico stesso quando quest'ultimo si approssima al contatto con la strada o quando l'abbandona. Tali compressioni e rilasci dell'aria si traducono in emissione acustica ad alta frequenza;
- il fenomeno dello slip and stick: quando il pneumatico entra in contatto con la sede stradale si deforma e si crea un'adesione tra la gomma e il granigliato, quasi assimilabile ad un effetto ventosa. In uscita dal contatto la gomma è sottoposta ad una successione di aderenze seguita da una rottura delle aderenze che spiega la generazione di rumore.

Ancora non si conoscono i contributi parziali di questi diversi fenomeni sui differenti tipi di manti stradali. L'ottimizzazione di un manto stradale per contenere l'emissione di rumore deve considerare necessità contraddittorie e per certi aspetti in contrapposizione. Si sa, ad esempio, che i rumori di shock sono dovuti alla trama del battistrada del pneumatico che urta sul granigliato della strada (inerti). Più gli inerti sono grossi (macro-tessitura elevata) più il pneumatico sarà messo in vibrazione ed irradierà energia sonora. Al contrario, questa rilevante macro-tessitura diminuisce la generazione del rumore dovuto al fenomeno dello slip and stick, rispetto ad un manto a debole macro-tessitura. Le esperienze sin qui condotte hanno indicato il ruolo favorevole della

porosità di un conglomerato bituminoso sulla generazione e l'assorbimento del rumore risultante dai fenomeni prima citati.

Lo sviluppo delle ricerche sul comportamento dei conglomerati bituminosi drenanti è legato in principal modo ai problemi di sicurezza durante la guida. Tra i problemi che si manifestano sugli asfalti lisci tradizionali vanno ricordati il ristagno d'acqua sulle carreggiate, che provoca l'aquaplaning, ed inoltre i getti d'acqua sollevati dai veicoli che riducono la visibilità. Tutto ciò è causa di numerosi incidenti.

L'applicazione degli asfalti porosi riduce drasticamente gli effetti del ristagno d'acqua, consente il mantenimento di una eccellente aderenza e permette di ridurre la rumorosità emessa.

Questi conglomerati sono generalmente costituiti da una miscela di bitume (anche modificato con l'aggiunta di polimeri o polverino di gomma e l'eventuale arricchimento di fibre) e di inerti (ghiaietto) ad alta resistenza, con pezzature (granulometria) comprese mediamente tra 6 e 12 mm.

Questa amalgama determina, all'interno della struttura, una presenza di vuoti, che deve essere di norma non inferiore al 20%; grazie a questi vuoti avviene il fenomeno dissipativo del rumore. Le molecole d'aria contenute nelle cavità vengono messe in vibrazione e sfregando contro le pareti degli inerti danno origine ad una trasformazione di energia acustica in energia termica per effetto joule. È il classico fenomeno di assorbimento acustico dei materiali porosi. In linea di massima si può ritenere che un asfalto drenante dimezzi l'energia acustica globalmente emessa (riduzione di 3 dBA in Leq). La concezione di uno strato superficiale drenante non deve però soddisfare solo la necessità di ridurre il rumore emesso dal traffico. In effetti deve essere rispettato il miglior compromesso delle performance richieste, vale a dire: la permeabilità, la resistenza meccanica, l'aderenza e il rumore.

Per quanto attiene ad esempio alla pezzatura degli inerti, un'analisi multicriterio ha indicato che i migliori risultati sono ottenibili con:

Granulometria: $0 \div 10$ mm.

Discontinuità: $2 \div 6$ mm.

Spessore medio dello strato: 4 cm.

L'entità dell'assorbimento acustico (α) e le frequenze alle quali tale assorbimento principalmente si verifica sono funzione di alcuni parametri tipici di un rivestimento poroso:

- ◆ la resistenza al flusso d'aria;
- ◆ lo spessore dello strato;

- ◆ la percentuale dei vuoti;
- ◆ la granulometria degli inerti;
- ◆ il fattore di struttura.

Da un punto di vista applicativo questi asfalti porosi trovano a tutt'oggi largo utilizzo sulle autostrade o sui tratti veloci delle grandi arterie extra-urbane. Purtroppo ciò che limita ancora una loro applicazione nei centri urbani, laddove il beneficio acustico gioverebbe al maggior numero di popolazione esposta, è riconducibile alla rapida sporcabilità del manto per effetto della penetrazione di materiale corpuscolare di varia natura. Ciò provoca l'intasamento progressivo delle cavità dell'asfalto poroso e pregiudica fortemente la capacità fonoassorbente dello stesso.

A tal riguardo alcuni studi hanno messo in evidenza che per un manto di 4-5 cm di spessore, steso in ambito urbano, a fronte di una riduzione iniziale di 3-3.5 dBA, a bordo strada, rispetto ad un asfalto tradizionale, dopo circa un anno tale riduzione si annulla quasi completamente (0.5-0.7 dBA). Tale sporcabilità è dunque il principale fattore che riduce la vita utile dei conglomerati drenanti-fonoassorbenti in quanto il manto perde sensibilmente anche la sua conduttività idraulica.

La riduzione della permeabilità risulta essere molto consistente nei primi mesi dopo la posa in opera e resta contenuta nei periodi successivi. Inoltre, la tecnica del ripristino delle cavità richiede macchine per un lavaggio-aspirazione di non facile reperibilità e soprattutto di elevati costi di utilizzo. Un elemento incoraggiante in tal senso pare essere il comportamento di un manto a doppio strato con diversa porosità e granulometria degli inerti nei due strati.

Questa soluzione pare consenta una penetrazione molto limitata delle impurità, mantenendo in tal modo per lungo tempo inalterata la capacità fonoassorbente e la capacità drenante del manto.

Le nuove prospettive: il doppio strato drenante.

Come detto, sembra che una soluzione al grosso problema del progressivo intasamento della porosità superficiale di uno strato di asfalto drenante sia costituita dall'impiego dei cosiddetti manti a doppio strato.

Queste nuove soluzioni sono costituite da uno strato sottostante (3.5 ÷ 4 cm di spessore), composto da aggregati più grossolani di natura calcarea, e da un secondo strato superiore (di norma 1.5 ÷ 2 cm) costituito da inerti più piccoli e di natura basaltica.

Rispetto ai drenanti "monostrato", queste nuove concezioni permettono la cosiddetta funzione "filtro".

La maggior parte delle particelle (pulviscolo, usura dei pneumatici, ecc.) è trattenuta dallo strato superiore ed in questo caso le proprietà autopulenti dei veicoli sono migliorate anche a bassa velocità.

Il fatto che i due strati siano contraddistinti da una diversa granulometria degli inerti ($4 \div 8$ mm per lo strato superiore e $11 \div 16$ mm per quello inferiore) permette una maggior capacità drenante e dunque consente di mantenere efficiente nel tempo la porosità anche in termini di dissipazione della energia sonora.

Inoltre, nel caso del doppio strato, le pratiche di pulizia dei drenanti risultano molto più efficaci in quanto solo un piccolo strato in superficie risulta ostruirsi.

In caso poi di rifacimento del manto, si può rinnovare solo lo strato superficiale; le esperienze hanno infatti dimostrato che, così facendo, tutto il manto stradale ripristina intatte le proprietà originali.

6. LOCALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI DI MITIGAZIONE

Come descritto nelle considerazioni conclusive del presente studio, l'infrastruttura in progetto non presenta particolari situazioni di criticità, tuttavia per alcuni dei radi ricettori presenti lungo il tracciato il modello di simulazione ha mostrato dei valori di rumorosità, in fase di esercizio, che superano i livelli previsti dalle vigenti norme. Al fine di valutare l'efficacia di eventuali opere di mitigazione presso i suddetti ricettori sono state eseguite delle simulazioni utilizzando il modulo "Screen" presente all'interno del programma di previsione "Mithra", che consente di dimensionare barriere antirumore, in base al livello di rumorosità da conseguire.

Siti per i quali è proposto l'intervento di mitigazione:

Stazione	Piani	Diurno 2020 LAeq	Notturno 2020 LAeq	Limiti assoluti di Immissione di cui al DPCM 1/3/91	
				Diurno	Notturno
C	Ground floor (1.8 m)	61.9	59.3	70	60
	First floor (4.0 m)	64.2	61.6		
E	Ground floor (1.8 m)	61.5	58.9	70	60
	First floor (4.0 m)	64.6	62.0		
G	Ground floor (1.8 m)	61.3	58.7	70	60
	First floor (4.0 m)	63.5	61.0		
H	Ground floor (1.8 m)	51.5	49.0	70	60
	First floor (4.0 m)	53.8	51.3		

Risultati del modulo di simulazione "Screen":

STAZIONE C					
Configurazione	Barriera			Valori ottenuti per notturno 2020	
	Altezza	Lunghezza	Superficie	Piano Primo	Piano Secondo
1	3m	63m	190mq	56.2 dBA	58.3 dBA
2	4m	47m	190mq	56.9 dBA	59.1 dBA

STAZIONE E*					
Configurazione	Barriera			Valori ottenuti per notturno 2020	
	Altezza	Lunghezza	Superficie	Piano Primo	Piano Secondo
1	3m	47m	142mq	57.0 dBA	59.7 dBA
2	4m	47m	189mq	56.9 dBA	59.6 dBA

*-Il calcolo è stato eseguito considerando il tracciato stradale a raso e non in rilevato come previsto da progetto preliminare.

STAZIONE G					
Configurazione	Barriera			Valori ottenuti per notturno 2020	
	Altezza	Lunghezza	Superficie	Piano Primo	Piano Secondo
1	3m	63m	188mq	57.0 dBA	59.5 dBA
2	4m	47m	188mq	56.9 dBA	59.5 dBA

STAZIONE H					
Configurazione	Barriera			Valori ottenuti per notturno 2020	
	Altezza	Lunghezza	Superficie	Piano Primo	Piano Secondo
1	4m	115m	461mq	47.1 dBA	49.7 dBA

In sintesi:

Stazione	Piani	Notturmo 2020 - Senza barriera LAeq	Notturmo 2020 - Con barriera LAeq	
C	Ground floor (1.8 m)	59.3	56.5	Limite: 60dBA
	First floor (4.0 m)	61.6	58.7	
E	Ground floor (1.8 m)	58.9	56.9	Limite: 60dBA
	First floor (4.0 m)	62.0	59.6	
G	Ground floor (1.8 m)	58.7	56.9	Limite: 60dBA
	First floor (4.0 m)	61.0	59.5	
H	Ground floor (1.8 m)	49.0	47.1	Limite: 50dBA
	First floor (4.0 m)	51.3	49.7	

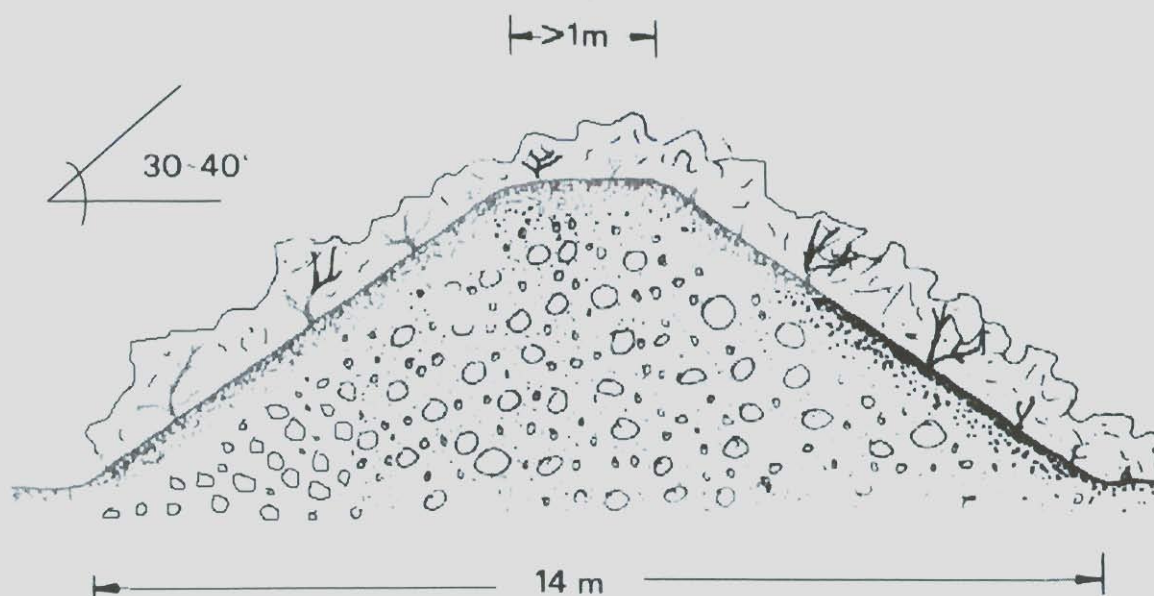
Presso i ricettori evidenziati in precedenza l'installazione di barriere antirumore può creare notevoli problemi di impatto visivo e di inserimento ambientale, bisogna dunque considerare questo aspetto al fine di evitare di sostituire un disagio di tipo acustico con uno di tipo estetico. Per questo motivo appare inopportuno installare le classiche barriere stradali che male si adattano al paesaggio, ma meglio sarebbe utilizzare una struttura a terrapieno. Questo tipo di barriere oltre a fornire buone prestazioni acustiche, hanno un ottimo inserimento paesaggistico per il fatto che sono composte da elementi naturali come terra e humus e possono poi essere ricoperte da vegetazione che in più fornisce maggiore stabilità alla struttura.

Le strutture a terrapieno possono essere di tre tipi:

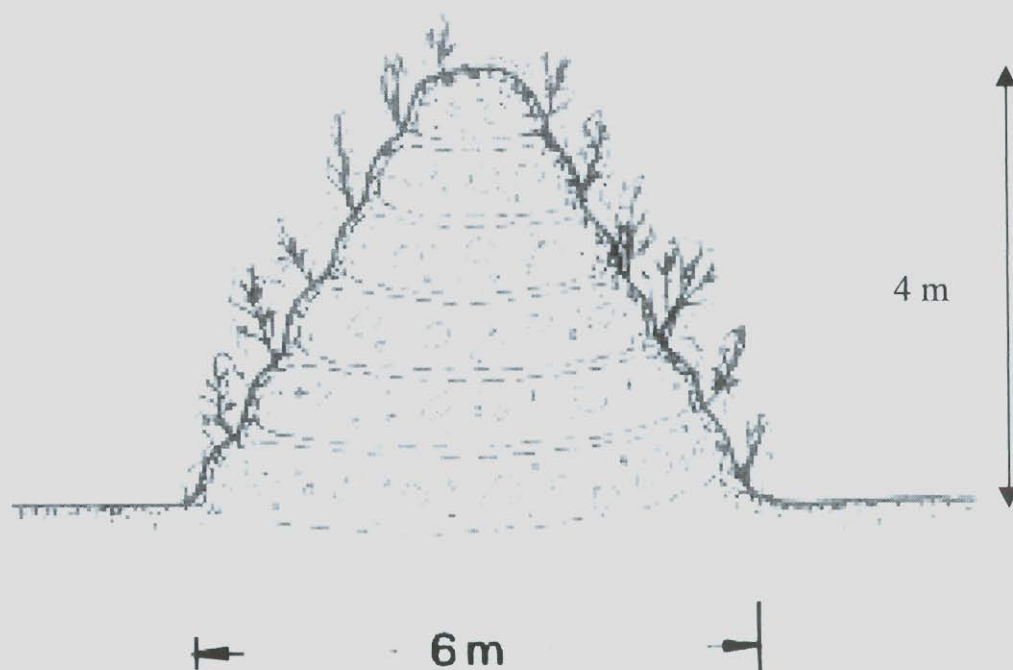
1. *A pendenza naturale*, presentano lo svantaggio di occupare molto spazio in pianta e richiedono una notevole quantità di materiale;
2. *Compressi*, i problemi di spazio vengono in parte risolti utilizzando materiali inerti e naturali;
3. *A muro verde*, in questo caso le funzioni di sostegno vengono assolve da strutture in calcestruzzo, qui la vegetazione ha il compito di assorbire il suono che altrimenti verrebbe in buona parte riflesso dalle strutture.

Una barriera con caratteristiche differenti ma che si integra anch'essa bene con il paesaggio è quella "vegetativa", dove le funzioni statiche vengono svolte da una struttura in acciaio collegata a reti metalliche che reggono stuoie contenenti il materiale naturale. Questo sistema offre il vantaggio di trasportabilità e spostabilità mediante gru, occupazione di suolo limitata, manutenzione del verde limitata. Le strutture metalliche di sostegno vengono completamente mascherate da erba ed arbusti che trasformano la struttura in una vera siepe.

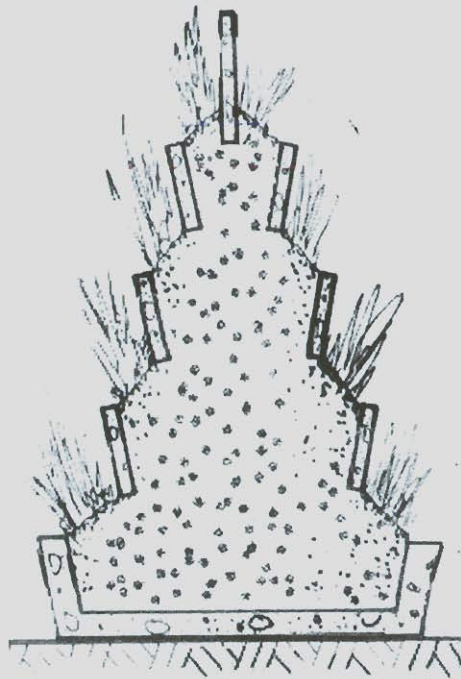
L'utilizzo di tali strutture va verificata nelle fasi preliminari di progettazione, in quanto occupano molto spazio in pianta e richiedono una notevole quantità di materiali.



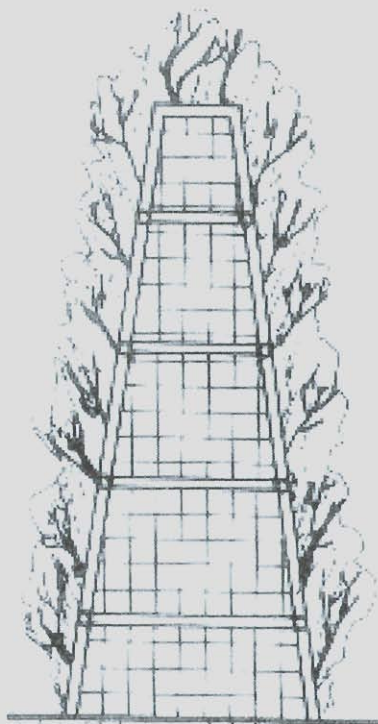
TERRAPIENO A PENDENZA NATURALE



TERRAPIENO COMPRESSO



TERRAPIENO A MURO VERDE



BARRIERA VEGETATIVA