

Parco Eolico “La Regina”

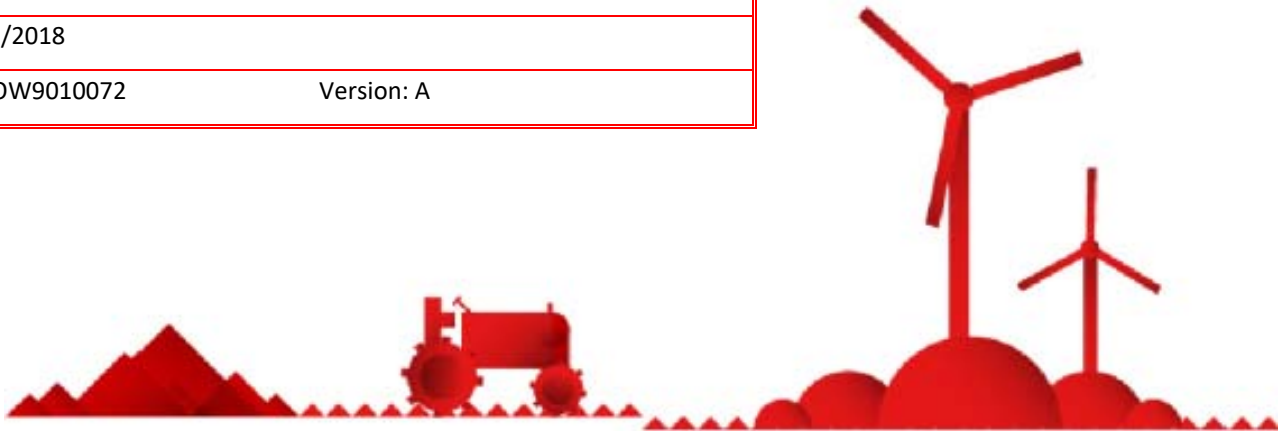
A.6 – Studio di fattibilità acustica

Banzi (Potenza)

15/11/2018

REF.:OW9010072

Version: A



Edp Renewables Italia Holding S.r.l.

Via Lepetit 8/10

20124 - Milano

Direttore Tecnico

Ing. Giovanni Di Santo

Tecnico competente in acustica

Ing. Giuseppe Manzi



Via Nazario Sauro 112

85100 – Potenza

Piva 01822640767

Tel.: 0971-1944797

Fax: 0971-55452



Sommario

1	Introduzione	3
2	Quadro normativo di riferimento	5
3	La misura del rumore	7
4	Definizioni tecniche	8
5	Cenni di inquinamento acustico	12
6	Strumentazione utilizzata	16
7	Inquadramento territoriale	17
8	Rapporto tecnico	20
8.1	Rilievi fonometrici ante operam	20
8.2	Risultati delle misure ante-operam a breve termine	24
9	Valutazione previsionale di impatto acustico	26
9.1	Modello di calcolo	26
9.2	Schematizzazione delle sorgenti sonore	27
9.3	Risultati delle simulazioni numeriche – contributo delle sorgenti disturbanti	33
9.4	Analisi dei risultati e verifica dei limiti normativi	34
10	Conclusioni	40
	Allegati	42
	All.1 Rapporti di misura	



- All.2 Mappa previsionale del rumore ambientale post operam (Mode PO1-0S)**
- All.3 Mappa previsionale del rumore ambientale post operam (Mode PO1)**
- All.4 Nomina tecnico competente in acustica ambientale**
- All.5 Certificati di taratura strumentazione impiegata**



1 Introduzione

La presente relazione riporta i criteri di valutazione ed i risultati relativi allo Studio previsionale di impatto acustico determinato dalla realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica, denominato "La Regina", da realizzarsi nel territorio comunale di Banzi in Provincia di Potenza, da parte della società **EDP Renewables Italia Holding srl** (EDPR) con sede legale in Via R. Lepetit 8/10 Milano, in qualità di proponente. Lo studio è stato redatto in ottemperanza all'art. 8 comma 4 della l. 447/1995 "*legge quadro sull'inquinamento acustico*"

La società proponente rappresenta uno dei principali operatori in Italia e all'estero nel settore dell'energia, particolarmente impegnato nel campo dell'energia derivante da fonte eolica. In particolare, EDPR è un leader globale nel settore delle energie rinnovabili e rappresenta il quarto produttore al mondo di energia eolica. Con una solida base di sviluppo, risorse di prima classe e capacità operativa leader del mercato, ha avuto uno sviluppo eccezionale negli ultimi anni ed è attualmente presente da leader in 13 mercati. EDPR è entrata nel mercato italiano nel 2010 attraverso l'acquisizione di un portafoglio di progetti eolici in fase di sviluppo nel sud del paese. La sede centrale italiana si trova a Milano e un secondo ufficio a Bari gioca un importante ruolo logistico nella gestione del portafoglio della regione Puglia e delle aree circostanti. Nel 2017 risultavano installati oltre 140 MW di eolico per una produzione di oltre 337 GWh di energia verde.

Il progetto proposto ricade al punto 2 dell'elenco di cui all'allegato II alla Parte Seconda del d.lgs. n. 152/2006 e s.m.i., come modificato dal d.lgs. n. 104/2017, "*impianti eolici per la produzione di energia elettrica sulla terraferma con potenza complessiva superiore a 30 MW*", pertanto risulta soggetto al procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale per il quale il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare di concerto con il ministero dei beni e delle attività culturali e del turismo, svolge il ruolo di autorità competente in materia. Il presente elaborato, allegato allo Studio di impatto ambientale, costituisce studio specialistico in materia di inquinamento acustico.

Il parco in oggetto sarà costituito da 8 aerogeneratori di potenza unitaria pari a 4.2 MW, per una potenza complessiva di 33.6 MW. Il comune di Banzi sarà inoltre interessato dalla realizzazione di una Sottostazione Elettrica di Trasformazione (SET) per la connessione dell'impianto eolico alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN). Al giorno d'oggi, il continuo sviluppo tecnologico delle turbine eoliche permette di realizzare macchine sempre più silenziose, tuttavia il rumore prodotto e la sua conseguente immissione nell'ambiente circostante costituiscono un elemento di verifica nella progettazione di un impianto eolico.

Al fine di procedere alla caratterizzazione dal punto di vista acustico dell'intervento oggetto di studio, si è effettuata una verifica preliminare dei riferimenti normativi nazionali, regionali e comunali applicabili e si è determinato il clima acustico ante operam dell'area attraverso una serie di rilievi in situ.

Successivamente, mediante l'applicazione di un apposito modello previsionale di propagazione del rumore, si è proceduto alla valutazione dell'impatto acustico post operam a seguito dell'entrata in esercizio dell'impianto eolico, e alla verifica del rispetto dei limiti normativi. Per lo studio della compatibilità acustica dell'impianto in oggetto, che considera le sole emissioni correlate alla fase di esercizio dello stesso, si è posta particolare attenzione all'individuazione dei potenziali ricettori sensibili presenti nell'area in cui si intende realizzare l'intervento.



Il codice di calcolo impiegato per la previsione di impatto acustico presso i potenziali ricettori censiti è basato su un modello matematico relativo al decadimento del livello sonoro per divergenza geometrica. Il codice utilizzato ha consentito il calcolo del livello sonoro emesso dall'intero parco eolico (layout composto da 8 aerogeneratori) presso ciascun ricettore indagato. Il presente calcolo previsionale di impatto acustico è basato sulla norma ISO 9613-2 "*Attenuation of sound during propagation outdoors*".

La presente valutazione è stata effettuata dall'ing. Giuseppe Manzi, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Potenza al n. 1975 e riconosciuto Tecnico Competente in Acustica Ambientale dalla Regione Basilicata con D.G.R. n 570 del 08/04/2010.



2 Quadro normativo di riferimento

Lo scopo del presente studio, richiesto dalla società proponente, è stato quello di valutare tramite uno screening "ante operam" gli eventuali impatti di natura acustica derivanti dall'esercizio del parco eolico in progetto, con riferimento alla normativa nazionale sull'inquinamento acustico attualmente in vigore.

La normativa in materia di rumore è comparsa sul panorama nazionale con l'entrata in vigore del DPCM 1 marzo 1991 "Limiti di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno" che ha costituito il primo testo organico di limitazione dei livelli di rumorosità delle sorgenti sonore, a tutela della popolazione esposta.

Dal 1991 ad oggi vi è stato un incessante fermento, grazie soprattutto alle numerose direttive europee, che ha determinato l'emanazione della norma che attualmente rappresenta il punto di riferimento in materia di rumore, ossia la Legge 26 ottobre 1995, n. 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico". L'art. 2 della Legge 447/1995 definisce l'inquinamento acustico come "l'introduzione di rumore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno tale da provocare fastidio o disturbo al riposo ed alle attività umane, pericolo per la salute umana, deterioramento degli ecosistemi, dei beni materiali, dei monumenti, dell'ambiente abitativo o dell'ambiente esterno o tale da interferire con le legittime funzioni degli ambienti stessi". Da ciò ne consegue che non è sufficiente la semplice emissione sonora per essere in presenza di "inquinamento acustico", ma è necessario che la stessa sia in grado di produrre determinate conseguenze negative sull'uomo o sull'ambiente. Di seguito sono riportati i principali riferimenti legislativi e norme tecniche considerati per l'elaborazione della presente Valutazione Previsionale:

Riferimenti Legislativi Nazionali

- **DPCM 1 marzo 1991:** "Limiti di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno".
- **Legge n. 447/1995:** "Legge quadro sull'inquinamento acustico".
- **DM 11 novembre 1996:** "Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo".
- **DPCM 14 novembre 1997:** "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore".
- **DM 16 marzo 1998:** "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico".
- **DPCM 31 marzo 1998:** "Atto di indirizzo e coordinamento recante criteri generali per l'esercizio dell'attività del Tecnico competente in acustica, ai sensi dell'art. 3, comma 1, lettera b), e dell'art. 2 commi 6,7 e 8 della Legge 26 ottobre 1995 n. 447".

Riferimenti Legislativi Regionali

- **DGR Basilicata n. 2337 del 23/12/2003:** approvazione DDL "norme di tutela per l'inquinamento da rumore e per la valorizzazione acustica degli ambienti naturali".
- **LR Basilicata n. 8 del 27 aprile 2004:** Modifiche ed integrazioni alle leggi regionali 4 novembre 1986 n. 23 (Norme per la tutela contro l'Inquinamento Atmosferico e Acustico) e 13 giugno 1994 n. 24 (Modifica e Sostituzione dell'art. 8 della L.R. 4.11.1986 N. 23)".



- **LR Basilicata n. 24 del 13 giugno 1994:** Modifica e sostituzione dell'art. 8 della LR 4/11/1986, n. 23.

Altri riferimenti normativi

- **DM 2 aprile 1968, n. 1444:** "Limiti inderogabili di densità edilizia, di altezza, di distanza fra i fabbricati e rapporti massimi tra spazi destinati agli insediamenti residenziali e produttivi e spazi pubblici o riservati alle attività collettive, al verde pubblico o a parcheggi da osservare ai fini della formazione dei nuovi strumenti urbanistici o della revisione di quelli esistenti, ai sensi dell'art. 17 della legge 6 agosto 1967, n. 765".
- **Circolare del 6 settembre 2004 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio:** Interpretazione in materia di inquinamento acustico: criterio differenziale e applicabilità dei valori limite differenziali.

Norme Tecniche di riferimento

- **UNI ISO 9613-1** - "Acustica - Attenuazione sonora nella propagazione all'aperto - Calcolo dell'assorbimento atmosferico".
- **UNI ISO 9613-2** - "Acustica - Attenuazione sonora nella propagazione all'aperto - Metodo generale di calcolo".
- **UNI 11143** - "Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti".

Tali disposizioni nel loro complesso forniscono sia i metodi di misura che i limiti da rispettare in funzione della destinazione d'uso dell'area interessata dall'intervento in oggetto. La valutazione dell'immissione sonora in ambiente esterno avviene, al momento attuale, attraverso il confronto dei valori di livello equivalente ponderato A (Leq dB(A)), calcolati e/o misurati con i limiti stabiliti:

- dal D.P.C.M. 1 marzo 1991, se nel Comune di appartenenza del sito in esame non è ancora operativa la "zonizzazione acustica";
- dal D.P.C.M. 14 novembre 1997, se nel Comune di appartenenza del sito in esame è stato approvato il "piano di zonizzazione acustica".



3 La misura del rumore

Il rumore appartiene alla categoria degli inquinamenti "diffusi", cioè determinati da un numero elevato di punti di emissione ampiamente distribuiti sul territorio. Il propagarsi di un'onda sonora in un mezzo provoca una serie di depressioni e compressioni, quindi delle variazioni di pressione sonora che possono essere rilevate con apposite strumentazioni ed espresse in Pascal (Pa). Una persona di udito medio riesce a percepire suoni in un arco molto esteso di pressione, compreso fra i 20 micropascal e i 100 Pascal.

Utilizzare la misura in Pascal della pressione sonora per descrivere l'ampiezza di un'onda sonora è molto scomodo, poiché i valori interesserebbero troppi ordini di grandezza (ampia dinamica). Per cui è stata definita una grandezza, il decibel appunto (dB), che essendo di natura logaritmica ed esprimendo un rapporto con una pressione sonora di riferimento, supera la difficoltà suddetta. Il dB non rappresenta quindi l'unità di misura della pressione sonora, ma solo un modo più comodo che esprime il valore della pressione sonora stessa. Quindi, al fine di esprimere in dB il livello di pressione sonora di un fenomeno acustico, ci si serve della seguente relazione: $L_p = 10 \log p^2/p_0^2$, dove p è la pressione sonora misurata in Pascal e P_0 è la pressione di riferimento che si assume uguale a 20 micropascal. La scala logaritmica dei dB fa sì che a un raddoppio dell'energia sonora emessa da una sorgente corrisponde un aumento del livello sonoro di tre dB. L'orecchio umano presenta per sua natura una differente sensibilità alle varie frequenze: alle frequenze medie ed elevate la soglia uditiva risulta essere più bassa, cioè si sentono anche suoni aventi una bassa pressione. Per tenere conto di queste diverse sensibilità dell'orecchio, s'introducono delle correzioni al livello sonoro, utilizzando delle curve di ponderazione che mettono in relazione frequenze e livelli sonori. Sono curve normalizzate contraddistinte dalle lettere A, B, C, D: nella maggiore parte dei casi si usa la curva A e i livelli di pressione sonora ponderati con questa curva vengono allora indicati con dB(A).

Un altro aspetto importante nel valutare il rumore è la sua variazione nel tempo. Quasi sempre il livello sonoro non è costante, ma oscilla in modo continuo fra un valore massimo e uno minimo. All'andamento variabile del livello sonoro si sostituisce allora un *livello equivalente*, cioè un livello costante di pressione sonora che emetta una quantità di energia equivalente a quella del corrispondente livello variabile. Tale livello equivalente viene indicato con l'espressione L_{Aeq} .



4 Definizioni tecniche

Di seguito si riportano alcune importanti definizioni tratte dalla normativa sopra citata.

rumore: qualunque emissione sonora che provochi sull'uomo effetti indesiderati, disturbanti o dannosi o che determini un qualsiasi deterioramento qualitativo dell'ambiente;

inquinamento acustico: l'introduzione di rumore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno tale da provocare fastidio o disturbo al riposo e alle attività umane, pericolo per la salute umana, deterioramento degli ecosistemi, dei beni materiali, dei monumenti, dell'ambiente abitativo o dell'ambiente esterno o tale da interferire con le legittime fruizioni degli ambienti stessi;

ambiente abitativo: ogni ambiente interno a un edificio destinato alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzato per le diverse attività umane, fatta eccezione per gli ambienti destinati ad attività produttive per i quali resta ferma la disciplina di cui al Decreto Legislativo 15 agosto 1991, n. 277, salvo per quanto concerne l'immissione di rumore da sorgenti sonore esterne ai locali in cui si svolgono le attività produttive;

ambiente di lavoro: è un ambiente confinato in cui operano uno o più lavoratori subordinati, alle dipendenze sotto l'altrui direzione, anche al solo scopo di apprendere un'arte, un mestiere od una professione. Sono equiparati a lavoratori subordinati i soci di enti cooperativi, anche di fatto, e gli allievi di istituti di istruzione o laboratori-scuola;

sorgenti sonore fisse: gli impianti tecnici degli edifici e le altre installazioni unite agli immobili anche in via transitoria il cui uso produca emissioni sonore; le infrastrutture stradali, ferroviarie, aeroportuali, marittime, industriali, artigianali, commerciali e agricole; i parcheggi; le aree adibite a stabilimenti di movimentazione merci; i depositi dei mezzi di trasporto di persone e merci; le aree adibite a attività sportive e ricreative;

sorgenti sonore mobili: tutte le sorgenti sonore non comprese nel punto precedente;

sorgente sonora specifica: sorgente sonora selettivamente identificabile che costituisce la causa del potenziale inquinamento acustico;

valore di emissione: il valore di rumore emesso da una sorgente sonora;

valore di immissione: il valore di rumore immesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno;

valore limite di emissione: il valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora. Il livello di emissione deve essere confrontato con i valori limite di emissione riferiti tuttavia all'intero periodo di riferimento. Secondo quanto indicato dal D.P.C.M. 14 novembre 1997 i valori limite devono essere rispettati in corrispondenza dei luoghi o spazi utilizzati da persone o comunità;

valore limite di immissione: il valore massimo di rumore che può essere immesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo e nell'ambiente esterno, misurato in prossimità dei ricettori. Questi sono suddivisi in valori limite assoluti (quando determinati con riferimento al livello equivalente di rumore ambientale) ed in valori limite differenziali (quando determinati con riferimento alla differenza tra il livello equivalente di rumore ambientale e il rumore residuo). Il livello di immissione assoluto deve essere confrontato con i valori limite di immissione riferiti tuttavia all'intero periodo di riferimento. Il livello di immissione differenziale deve essere confrontato con i valori limite di immissione differenziale riferiti tuttavia al periodo di misura in cui si verifica il fenomeno da rispettare;

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

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

tempo di misura (T_M): all'interno di ciascun tempo di osservazione, si individuano uno o più tempi di misura (T_M) di durata pari o minore del tempo di osservazione, in funzione delle caratteristiche di variabilità del rumore ed in modo tale che la misura sia rappresentativa del fenomeno;

tempo a lungo termine (T_L): rappresenta un insieme sufficientemente ampio di T_R all'interno del quale si valutano i valori di attenzione. La durata di T_L è correlata alle variazioni dei fattori che influenzano la rumorosità a lungo periodo;

livelli dei valori efficaci di pressione sonora ponderata "A": L_{AS} , L_{AF} , L_{AI} esprimono i valori efficaci in media logaritmica della pressione sonora ponderata "A" L_{pA} secondo le costanti di tempo "slow", "fast" e "impulse".

livelli dei valori massimi di pressione sonora: L_{ASMAX} , L_{AFMAX} , L_{AIMAX} esprimono i valori massimi della pressione sonora ponderata in curva "A" e costanti di tempo "slow", "fast" e "impulse".

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

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

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

livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" relativo al tempo a lungo termine T_L : è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" relativo al tempo a lungo termine $L_{Aeq,TL}$, può essere riferito:

- al valore medio su tutto il periodo, con riferimento al livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" relativo a tutto il tempo T_L , espresso dalla relazione

$$L_{Aeq,TL} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1(L_{Aeq,Tr})} \right] \text{ dB(A)}$$

essendo N i tempi di riferimento considerati;

- al singolo intervallo orario nei T_R . In questo caso si individua un T_M di 1 ora all'interno del T_O nel quale si svolge il fenomeno in esame. $L_{Aeq,TL}$ rappresenta il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" risultante dalla somma degli M tempi di misura T_M , espresso dalla seguente relazione:

$$L_{Aeq,TL} = 10 \log \left[\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M 10^{0.1(L_{Aeq,TM})} \right] \text{ dB(A)}$$

dove i è il singolo intervallo di 1 ora nell' i -esimo T_R .

È il livello che si confronta con i limiti di attenzione.

Livello sonoro di un singolo evento L_{AE} (SEL): è il livello sonoro misurato in un intervallo di tempo sufficientemente lungo da comprendere l'evento. È dato dalla formula

$$SEL = L_{AE} = 10 \log \left[\frac{1}{t_0} \int_{t_1}^{t_2} \frac{P_A^2(t)}{P_0^2} dt \right] \text{ dB(A)}$$

dove: $t_2 - t_1$ è un intervallo di tempo sufficientemente lungo da comprendere l'evento e t_0 è la durata di riferimento (1 s);

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

- nel caso dei limiti differenziali, è riferito a T_M
- nel caso di limiti assoluti è riferito a T_R

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

livello differenziale di rumore (L_D): differenza tra livello di rumore ambientale (L_A) e quello di rumore residuo (L_R), in base al quale, negli ambienti abitativi non deve essere superato un ΔL_{eqA} di +5 dB(A) nel periodo diurno o +3 dB(A) in quello notturno;

livello di emissione: è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A", dovuto alla sorgente specifica. È il livello che si confronta con i limiti di emissione;

livello di immissione: è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A", che può essere immesso da una o più sorgenti sonore, misurato in prossimità dei ricettori;

fattore correttivo (K_i): è la correzione in dB(A) introdotta per tener conto della presenza di rumori con componenti impulsive, tonali o di bassa frequenza il cui valore è di seguito indicato (i fattori correttivi non si applicano alle infrastrutture dei trasporti):

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

rumore con componenti impulsive: emissione sonora nella quale sono chiaramente udibili e strumentalmente rilevabili eventi sonori di durata inferiore al secondo. In particolare, il rumore è considerato avere componenti impulsive quando sono verificate le seguenti condizioni:

- l'evento risulta ripetitivo;
- la differenza tra L_{AIMAX} ed L_{ASMAX} è superiore a 6 dB;
- la durata dell'evento a -10 dB dal valore L_{AFMAX} è inferiore ad 1 s.

L'evento sonoro impulsivo si considera ripetitivo quando si verifica almeno 10 volte nell'arco di un'ora nel periodo diurno ed almeno 2 volte nell'arco di un'ora nel periodo notturno.

rumore con componenti tonali: emissioni sonore all'interno delle quali siano evidenziabili suoni corrispondenti ad un tono puro o contenuti entro 1/3 d'ottava e che siano chiaramente udibili (confronto con curva di Loudness ISO 226) e strumentalmente rilevabili. Quindi, al fine di individuare la presenza di componenti tonali nel rumore è necessario effettuare un'analisi



spettrale in bande di 1/3 di ottava. L'analisi deve essere condotta nell'intervallo di frequenza compreso tra 20 Hz e 20 kHz (con pesatura lineare). Si è in presenza di una componente tonale se il livello minimo di una banda supera i livelli minimi delle bande adiacenti di almeno 5 dB. Si applica il fattore correttivo K_T solo se la componente tonale individuata tocca un'isofonica uguale o superiore a quella più elevata raggiunta dalle altre componenti dello spettro.

rumore con componenti spettrali in bassa frequenza: se l'analisi in frequenza svolta con le modalità indicate al punto precedente rivela la presenza di componenti tonali tali da consentire l'applicazione del fattore correttivo K_T nell'intervallo di frequenza compreso tra 20 Hz e 200 Hz, si applica anche la correzione K_B esclusivamente nel tempo di riferimento notturno.

presenza di rumore a tempo parziale: esclusivamente durante il tempo di riferimento relativo al periodo diurno, si prende in considerazione la presenza di rumore a tempo parziale, nel caso di persistenza del rumore stesso per un tempo totale non superiore ad un'ora. Qualora il tempo parziale sia compreso in 1 ora il valore del rumore ambientale, misurato in L_{Aeq} deve essere diminuito di 3 dB(A); qualora sia inferiore a 15 minuti il L_{Aeq} deve essere diminuito di 5 dB(A);

livello di rumore corretto (L_C): è definito dalla relazione: $L_C = L_A + K_1 + K_T + K_B$ dB(A).

5 Cenni di inquinamento acustico

Come accennato, si definisce rumore qualunque emissione sonora che provochi sull'uomo effetti indesiderati, disturbati o dannosi o che determini un qualsiasi deterioramento qualitativo dell'ambiente. Il rumore è ormai riconosciuto come uno dei principali problemi ambientali e, anche se ritenuto meno rilevante rispetto alle "tradizionali" forme di inquinamento, come quello atmosferico o idrico, suscita un interesse crescente in quanto viene attualmente indicato come una delle principali cause del peggioramento della qualità della vita. I dati disponibili sull'esposizione al rumore, se paragonati a quelli relativi ad altri fattori di inquinamento, sono piuttosto scarsi e inoltre poco confrontabili tra di loro a seguito delle diverse metodologie di rilevamento applicate.

L'esposizione al rumore in ambiente di vita può solo eccezionalmente causare danni di tipo specifico (otopatia da rumore), mentre invece sono assai diffusi gli effetti di tipo extrauditivo, che non sono affatto trascurabili. Parliamo di effetti di tipo psicosomatico sul sistema cardiovascolare, sull'apparato digerente, sull'apparato respiratorio, sull'apparato visivo, sull'apparato riproduttivo, sull'apparato cutaneo e nel sistema ematico. Esistono poi degli effetti di tipo psicosociale che riguardano la trasmissione e la comprensione della parola, l'efficienza il rendimento lavorativo e il sonno, su quest'ultimo in particolare esiste una relazione tra l'aumento del rumore e gli effetti prodotti come indicato nella seguente tabella.

Tabella 1 - Effetti del rumore sul sonno

Livelli [dB(A)]	Effetti
35 ÷ 45	Allungamento del tempo di addormentamento di almeno 20 minuti. Risvegli nel 10% dei soggetti esposti
45 ÷ 50	Disturbi nell'architettura del sonno e reazioni neurovegetative
50 ÷ 60	Tempo di addormentamento prolungato sino ad 1,5 ora o più. Si svegliano i bambini
60 ÷ 70	Gravi alterazioni della qualità e della durata del sonno. Frequenti risvegli
70 ÷ 75	La maggior parte dei soggetti esposti si sveglia molto frequentemente. Forte riduzione delle fasi IV e REM del sonno

La legge n. 447 del 26 ottobre 1995 ha come finalità la tutela dell'ambiente esterno e abitativo dall'inquinamento acustico e ha introdotto nuovi criteri di definizione dei valori di rumore che vengono distinti in: limite, attenzione e qualità a cui corrispondono, rispettivamente, un inquinamento acustico, un rischio di inquinamento e un equilibrio acustico.

Il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 14 novembre 1997 rappresenta la norma di riferimento in materia di limiti di rumorosità per le sorgenti sonore fisse, sia in relazione ai valori limite assoluti, riferiti all'ambiente esterno, sia a quelli differenziali, riferiti all'ambiente abitativo interno. I valori assoluti indicano il valore limite di rumorosità per l'ambiente esterno, in relazione a quanto disposto dalla classificazione acustica del territorio comunale, e sono verificati attraverso la misura del livello continuo equivalente di pressione sonora LAeq nel periodo di riferimento diurno e/o notturno. I limiti assoluti si distinguono in limiti di emissione, di immissione, di attenzione e qualità. Il D.P.C.M. sopra citato, individua anche le classi di destinazione d'uso del territorio comunale dalla I alla VI, definendo per ciascuna di esse i valori limite di emissione, di



immissione, di attenzione e di qualità. La normativa vigente fornisce, a seconda della destinazione d'uso delle aree oggetto di disturbo e del periodo di riferimento, i valori limite del Leq in dB(A) per la rumorosità indotta, come di seguito riportato (se il Comune ha approvato la zonizzazione acustica del territorio):

Tabella 2: valori limite di emissione, art. 2 DPCM 14/11/1997 (in tal caso valgono i limiti riportati nella tabella B [valori limite di emissione] dell'allegato al DPCM 14/11/1997)

Classi di destinazione d'uso del territorio	Periodi di riferimento Leq [dB(A)]	
	Diurno (06:00-22:00)	Notturmo (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 3: valori limite assoluti di immissione, art. 3 DPCM 14/11/1997 (in tal caso valgono i limiti riportati nella tabella C [valori limite assoluti di immissione] dell'allegato al DPCM 14/11/1997)

Classi di destinazione d'uso del territorio	Periodi di riferimento Leq [dB(A)]	
	Diurno (06:00-22:00)	Notturmo (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 4: valori di qualità, art. 7 DPCM 14/11/1997 (in tal caso valgono i limiti riportati nella tabella D [valori di qualità] dell'allegato al DPCM 14/11/1997)

Classi di destinazione d'uso del territorio	Periodi di riferimento Leq [dB(A)]	
	Diurno (06:00-22:00)	Notturmo (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

Il suddetto Decreto prevede che i Comuni provvedano alla suddivisione del territorio comunale in classi di destinazione d'uso, per le quali siano fissati i rispettivi limiti massimi dei livelli sonori equivalenti.

Nella seguente tabella si riportano i limiti assoluti di immissione, in assenza di zonizzazione acustica comunale.

Tabella 5: limiti assoluti di immissione se nel Comune manca la zonizzazione acustica del territorio (in tal caso valgono i limiti provvisori definiti dall'art. 6 del DPCM 1 marzo 1991)

Classi di destinazione d'uso del territorio	Periodi di riferimento Leq [dB(A)]	
	Diurno (06:00-22:00)	Notturno (22:00-06:00)
Tutto il territorio nazionale	70	60
Zona A	65	55
Zona B	60	50
Zona esclusivamente industriale	70	70

I valori limite differenziali di immissione, come definiti dalla più volte citata l. n. 447/1995, sono di 5 dB per il periodo diurno e di 3 dB per quello notturno. Il rumore ambientale, pertanto, non deve superare di oltre 5 dB il livello sonoro del rumore residuo in periodo diurno e di 3 dB in periodo notturno, **all'interno degli ambienti abitativi**. Tali limiti non si applicano nelle aree esclusivamente industriali e nei seguenti casi:

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

I limiti differenziali si applicano sia in caso di zonizzazione acustica comunale che in sua assenza (Circolare del Ministero dell'Ambiente del 6 settembre 2004). Le metodologie di misura sono sempre quelle descritte dal D.M. 16 marzo 1998.

Presenza di rumore impulsivo

Il rumore è considerato avere componenti impulsive quando sono verificate le seguenti condizioni:

- l'evento risulta ripetitivo;
- la differenza tra LA_{max} ed LAS_{max} è superiore a 6 dB;
- la durata dell'evento a -10 dB dal valore LAF_{max} è inferiore ad 1 s.

l'evento sonoro impulsivo si considera ripetitivo quando si verifica almeno 10 volte nell'arco di un'ora nel periodo diurno ed almeno 2 volte nell'arco di un'ora nel periodo notturno. In queste condizioni si ha una penalizzazione di 3 dB su ogni lettura registrata (KI = 3 dB).

Presenza di componenti tonali

Al fine di individuare la presenza di componenti tonali nel rumore è necessario effettuare un'analisi spettrale in bande di 1/3 di ottava. L'analisi deve essere condotta nell'intervallo di frequenza compreso tra 20 Hz e 20 kHz (con pesatura lineare).

Si è in presenza di una componente tonale se il livello minimo di una banda supera i livelli minimi delle bande adiacenti di almeno 5 dB. Si applica il fattore correttivo KT come definito al punto 15 dell'allegato A solo se la componente tonale individuata tocca un'isofonica uguale o superiore a quella più elevata raggiunta dalle altre componenti dello spettro.



Presenza di componenti spettrali in bassa frequenza

Se l'analisi in frequenza svolta con le modalità indicate al punto precedente rivela la presenza di componenti tonali tali da consentire l'applicazione del fattore correttivo KT nell'intervallo di frequenza compreso tra 20 Hz e 200 Hz, si applica anche la correzione KB così come definita al punto 15 dell'allegato A, esclusivamente nel tempo di riferimento notturno.

6 Strumentazione utilizzata

Il sistema di misura utilizzato per i rilievi acustici, soddisfa le specifiche di cui alla classe 1 delle norme IEC 60651/2000 - IEC 60804/2000. La catena di misura è stata controllata prima e dopo ogni ciclo di misura con calibratore di classe 1 secondo la Norma IEC 942:1988. L'elenco degli strumenti utilizzati è il seguente:

Strumento	Tipo	Matricola
Fonometro Integratore CESVA	SC310	T236151
Microfono CESVA	C130	PA13-3530
Calibratore Acustico NTG Instruments	DS1	N680736

Il fonometro è stato tarato il 20/12/2017 con certificato di taratura n. LAT 171 A2071217. Il calibratore è stato tarato il 20/12/2017 con certificato di taratura n. LAT 171 A2061217, mentre i filtri 1/3 d'ottava sono stati tarati il 20/12/2017 con certificato di taratura n. LAT 171 A2081217. È stata effettuata la calibrazione della strumentazione di misura utilizzata prima e dopo ogni ciclo di misura. I risultati non differivano mai più di 0.5 dB.

Per l'elaborazione dei dati è stato utilizzato il software Noise&Vibration Works (NWWin) conforme ai requisiti richiesti dal DM del 16.03.1998.

Preliminarmente all'esecuzione delle indagini fonometriche sono state acquisite tutte le informazioni atte a fornire un quadro completo delle attività sotto indagine.

Per la valutazione previsionale del rumore immesso nell'ambiente esterno dagli aerogeneratori del parco eolico oggetto di studio è stato utilizzato il Software Predictor-LIMA Type 7810-I ver.12.1 della Softnoise GmbH.

7 Inquadramento territoriale

L'area individuata per la realizzazione della presente proposta progettuale ricade quasi completamente nel territorio comunale di Banzi (PZ) se si esclude un breve tratto di caviodotto interrato che interessa il territorio comunale di Palazzo San Gervasio sempre in provincia di Potenza. Il parco eolico, costituito da 8 aerogeneratori di potenza unitaria pari a 4.2 MW, per una potenza complessiva di 33.6 MW, interesserà una fascia altimetrica compresa tra i 550 ed i 600 m s.l.m. nel settore nord orientale del territorio comunale, destinata principalmente a seminativo con colture stagionali.

La futura Sottostazione Elettrica di Trasformazione (SET) per la connessione dell'impianto eolico alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) sarà realizzata nel territorio di Banzi (PZ). Il modello di aerogeneratore attualmente previsto dalla presente proposta progettuale è il Vestas V150, caratterizzato da un diametro massimo del rotore pari a 150 m e da un'altezza della torre al mozzo di 105 m, quindi si tratterà di macchine di grande taglia.

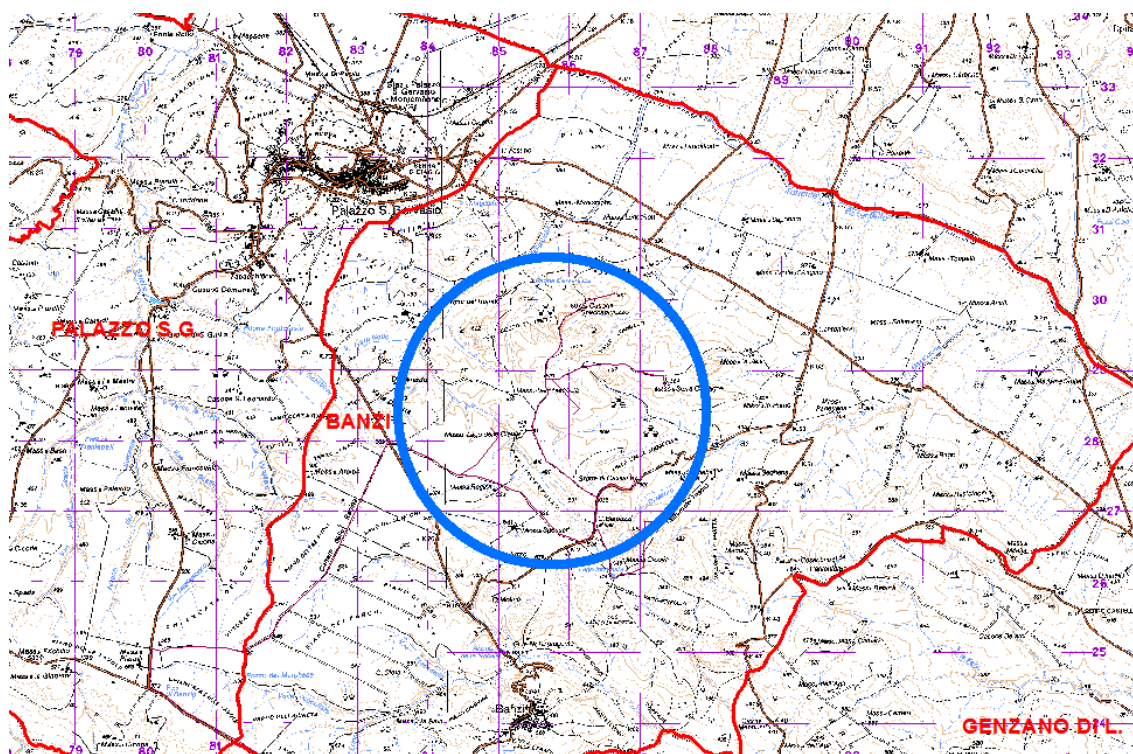


Figura 1: inquadramento territoriale su base IGM 1:50000 con indicazione dell'area di intervento

Il paesaggio naturale che contraddistingue il sito di intervento è caratterizzato dall'alternarsi di coltivi ed aree a vegetazione spontanea tipica della macchia mediterranea, da pochi alberi sparsi alternati ad aree costituite da pascoli, e da un sistema di viabilità comunale/interpodereale di collegamento alle aziende agricole e alle abitazioni della zona.

L'area del parco eolico ricade in zona agricola (zona E) del Piano Regolatore Generale del comune Banzi. I manufatti architettonici presenti nelle vicinanze del parco eolico di progetto, sono costituiti in prevalenza da aziende agricole solo in parte abitate, da magazzini e depositi per macchine e attrezzi legati all'agricoltura e da abitazioni, queste ultime, di numero esiguo. Inoltre, essi distano oltre 450 m dagli aerogeneratori, nel pieno rispetto delle linee guida contenute

nell'Appendice A del PIEAR (che prescrivono una distanza delle torri dalle abitazioni maggiore di 2.5 volte l'altezza massima dell'aerogeneratore stesso), per cui non subiranno turbamenti dovuti alla presenza delle pale eoliche.

La scelta dell'ubicazione delle pale eoliche ha tenuto conto, principalmente, delle condizioni di ventosità dell'area (direzione, intensità e durata), della natura geologica del terreno oltre che del suo andamento piano - altimetrico. Naturalmente tale scelta è stata subordinata anche alla valutazione del contesto paesaggistico ambientale interessato, oltre al rispetto dei vincoli di tutela del territorio ed alla disponibilità dei suoli.

Nella figura di seguito riportata è possibile visualizzare il lay-out del parco in oggetto su base ortofoto insieme ai potenziali ricettori sensibili.

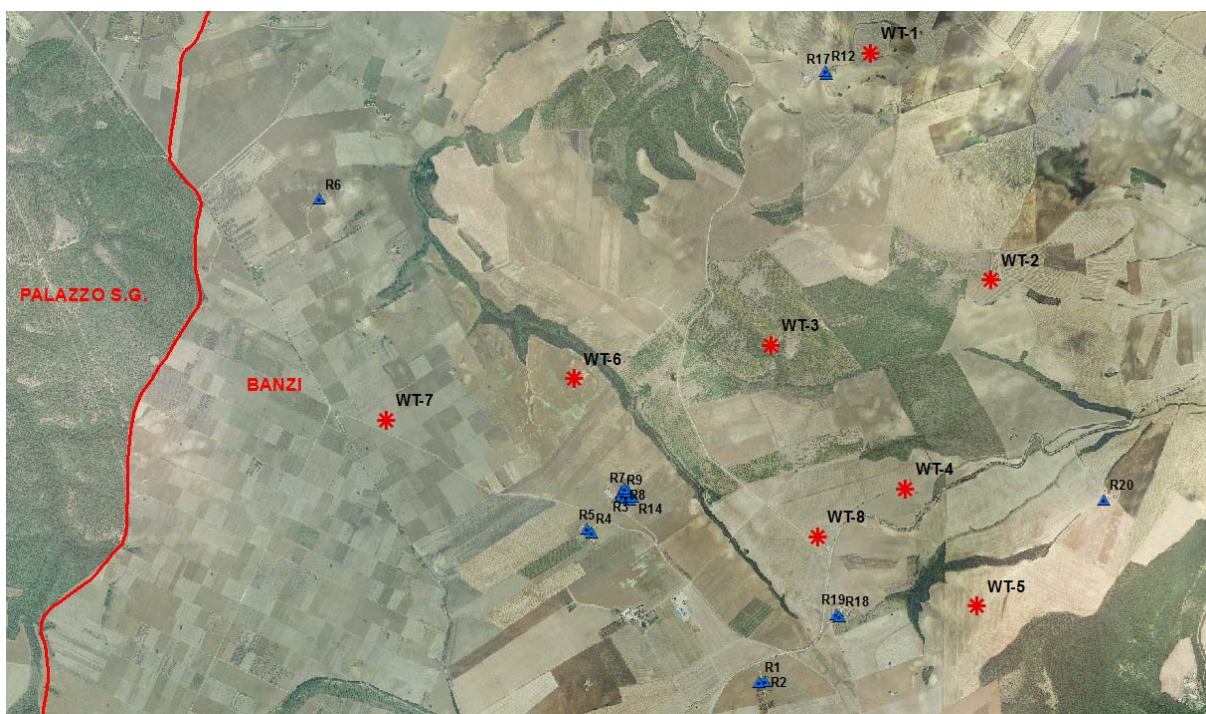


Figura 2: localizzazione degli aerogeneratori (WT-i) e dei potenziali ricettori sensibili considerati (Ri)

Tabella 6: coordinate aerogeneratori

WTG	Coordinate UTM-WGS84 fuso 33	
	Est	Nord
WT-1	586567	4529907
WT-2	587278	4528571
WT-3	585982	4528185
WT-4	586774	4527338
WT-5	587195	4526649
WT-6	584815	4527987
WT-7	583704	4527743
WT-8	586253	4527076

Si rimanda agli elaborati di progetto per gli approfondimenti relativi ai dettagli tecnici dell'opera proposta.

Si fa osservare che il Comune di Banzi non ha provveduto agli adempimenti previsti dall'art. 6 comma 1, lettera a) della Legge quadro n. 447 del 26/11/1995, ovvero alla predisposizione di un Piano di Zonizzazione Acustica.



Come sopra anticipato, il DPCM 1 marzo 1991, alla tabella I, suddivideva il territorio nazionale in sei classi di destinazione d'uso dal punto di vista acustico, e, per ciascuna di esse fissava anche i limiti massimi del livello sonoro equivalente ponderato A (LeqA), distinguendo, inoltre, tra tempo di riferimento diurno e tempo di riferimento notturno. In attesa che i comuni provvedessero alla suddivisione del territorio nelle zone di cui alla tabella I del Decreto, venne introdotto dall'art. 6 un regime transitorio relativo alle sorgenti fisse, riportato nella precedente Tabella 2.

Dal momento che la totalità delle aree in esame è classificata come agricola, occorre rispettare i limiti di accettabilità fissati per la classe "**Tutto il territorio nazionale**" come da precedente Tabella 5. Inoltre, per le aree non esclusivamente industriali, è necessario rispettare, presso i ricettori acustici, oltre i suddetti limiti assoluti, anche i valori limite differenziali di immissione, ovvero la differenza tra il **rumore ambientale** (livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato in scala "A" prodotto da tutte le sorgenti esistenti in un dato luogo e durante un determinato tempo. Il rumore ambientale è costituito dall'insieme del rumore residuo e da quello prodotto dalle specifiche sorgenti disturbanti.) ed il cosiddetto **rumore residuo** (livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato in scala "A" che si rileva quando si escludono le specifiche sorgenti disturbanti.), che non deve essere maggiore di:

- 5 dB(A) per il periodo diurno;
- 3 dB(A) per il periodo notturno.

8 Rapporto tecnico

Al fine di valutare in via previsionale l'impatto acustico generato in fase di esercizio dall'impianto eolico oggetto di studio, si è proceduto attraverso:

- l'effettuazione di una campagna di misure ante-operam finalizzata alla caratterizzazione del clima acustico dell'area interessata dalla realizzazione dell'intervento;
- l'applicazione di un modello previsionale al fine di stimare l'alterazione del clima acustico dell'area a seguito dell'entrata in esercizio dell'impianto eolico;
- il confronto dei risultati ottenuti a valle della simulazione di propagazione del rumore con i limiti normativi di riferimento sia assoluti che differenziali.

Prima dell'inizio della campagna di misure sono state acquisite tutte le informazioni utili a definire il metodo, i tempi e le posizioni di misura più idonee considerando la presenza di ricettori o di sorgenti specifiche che contribuissero al livello di rumore dell'area.

Si specifica che, in relazione alla specifica localizzazione dell'opera, sono stati considerati ricettori sensibili, in ottemperanza a quanto previsto dal disciplinare regionale, soltanto gli edifici accatastati, la cui classificazione catastale è risultata essere appartenente al Gruppo A (da A/1 ad A/11), ovvero abitazioni, oppure alla categoria D10 (Fabbricati per funzioni produttive connesse alle attività agricole).

In particolare, si è proceduto ad effettuare 7 rilievi acustici nell'area in esame, sia nel periodo di riferimento diurno che in quello notturno, ritenendo tali misure rappresentative del clima acustico relativo ai ricettori individuati in prossimità dei singoli punti di misura. Tale approccio, in merito alla scelta dei punti di indagine fonometrica ante operam, ha consentito di effettuare i rilievi in prossimità dei ricettori individuati senza la necessità di sconfinare all'interno di proprietà private in assenza di specifiche autorizzazioni.

8.1 Rilievi fonometrici ante operam

Una serie di sopralluoghi sul territorio in esame ha evidenziato, come sopra accennato, la presenza di un certo numero di manufatti di varia natura: edifici rurali, stalle, numerosi ruderi e fabbricati in rovina. Nel presente studio, come sopra riportato, sono stati presi in esame i fabbricati ritenuti significativi, vale a dire quelli accatastati ed appartenenti al Gruppo A (da A/1 ad A/11), ovvero abitazioni, oppure alla categoria D10 (Fabbricati per funzioni produttive connesse alle attività agricole).

In accordo con la Committenza si è deciso di effettuare una valutazione del livello di rumore residuo ante - operam, ovvero prima della realizzazione dell'impianto eolico in esame, presso 7 postazioni di misura sia nel periodo di riferimento diurno che in quello notturno. Nello specifico, i rilievi a breve termine sono stati realizzati tra il 19 ed il 20 settembre 2018 presso le postazioni riportate nel seguente stralcio planimetrico insieme alla posizione dei potenziali ricettori sensibili individuati.

Per quanto riguarda i descrittori acustici, il D.P.C.M. 01.03.1991 indica il livello di pressione sonora come il valore della pressione acustica di un fenomeno sonoro espresso mediante la scala logaritmica dei decibel (dB) e dato dalla seguente espressione:

$$L_p = 10\log(p^2/p_0^2)$$

dove p è il valore efficace della pressione sonora misurata in Pascal (Pa) e p_0 è la pressione di riferimento che si assume uguale a 20 micropascal in condizioni standard. Inoltre, e in accordo con quanto ormai internazionalmente accettato, tutte le normative esaminate prescrivono che la misura della rumorosità ambientale venga effettuata attraverso la valutazione del *livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A"*, anch'esso espresso in decibel.

Nel corso delle misurazioni sono stati adottati tutti gli accorgimenti necessari per evitare interferenze nel campo sonoro quali:

- esecuzione delle misure ad almeno un metro di distanza da superfici interferenti;
- mantenimento del microfono ad una altezza di 1,5 metri dal suolo;
- mantenimento dell'osservatore a sufficiente distanza dal microfono (almeno 3 m).

Le rilevazioni sono state eseguite in assenza di precipitazioni atmosferiche, nebbia e/o neve; la velocità del vento nel corso delle rilevazioni è stata sempre inferiore a 1 - 2 m/s (il microfono dello strumento è stato comunque dotato di cuffia antivento come prescritto dalla normativa). Riguardo al posizionamento del microfono, sono state rispettate le disposizioni di cui all'allegato B del DM 16.03.1998.

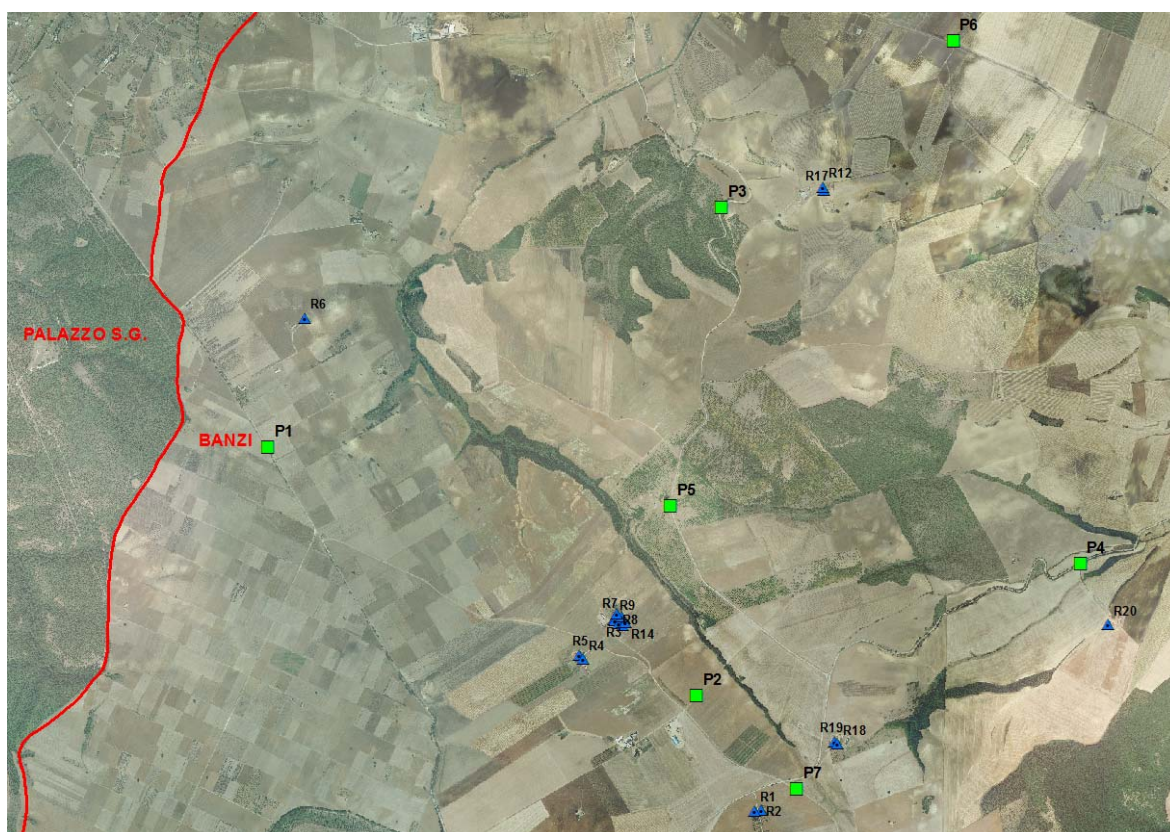


Figura 3: localizzazione delle postazioni di misura (Pi) in relazione ai potenziali ricettori sensibili individuati



Tabella 7 – Postazioni interessate dal rilievo acustico

Postazione di misura	Coordinate UTM-WGS 84 fuso 33		Ricettori associati al rilievo
	Est	Nord	
P1	583095	4528297	R6
P2	585570	4526867	R4, R5, R11, R13, R14, R15
P3	585714	4529684	R12, R17
P4	587783	4527627	R20
P5	585420	4527961	R3, R7, R8, R9, R10, R16
P6	587049	4530644	-
P7	586145	4526327	R1, R2, R18, R19

Tabella 8 – Ricettori acustici considerati

Ricettore	Coordinate UTM-WGS 84 fuso 33		Categoria catastale	Limiti applicabili
	Est	Nord		
R1	585904	4526199	D/10	Tutto il territorio nazionale
R2	585939	4526205	D/10	Tutto il territorio nazionale
R3	585099	4527308	D/10	Tutto il territorio nazionale
R4	584914	4527076	A/3	Tutto il territorio nazionale
R5	584889	4527101	D/10	Tutto il territorio nazionale
R6	583308	4529046	sub. 2 D/10	Tutto il territorio nazionale
R7	585094	4527317	D/10	Tutto il territorio nazionale
R8	585108	4527298	D/10	Tutto il territorio nazionale
R9	585090	4527307	D/10	Tutto il territorio nazionale
R10	585094	4527297	D/10	Tutto il territorio nazionale
R11	585117	4527285	D/10	Tutto il territorio nazionale
R12	586294	4529801	D/10	Tutto il territorio nazionale
R13	585139	4527273	D/10	Tutto il territorio nazionale
R14	585154	4527288	D/10	Tutto il territorio nazionale
R15	585136	4527320	D/10	Tutto il territorio nazionale
R16	585108	4527339	D/10	Tutto il territorio nazionale
R17	586302	4529783	D/10	Tutto il territorio nazionale
R18	586380	4526587	Sub.1 D/10, sub.2 A/2	Tutto il territorio nazionale
R19	586360	4526600	Sub.1 D/10, sub.2 A/4	Tutto il territorio nazionale
R20	587941	4527276	A/3	Tutto il territorio nazionale



P1



P2



P3



P4



P5



P6



P7

Figura 4: ripresa fotografica delle postazioni di misura

Lo strumento impiegato rileva e memorizza i livelli sonori con tutte le costanti di tempo normalizzate (Fast, Slow, Impulse, Picco, Massimo e Minimo), consentendo una lettura diretta del livello equivalente (L_{eq}) non solo come valore globale pesato (A), ma anche come traccia del suo



andamento temporale e di quello relativo ad ogni banda di 1/3 d'ottava. I rilievi sono stati acquisiti nella memoria interna del fonometro e successivamente scaricati su personal computer e analizzati con l'ausilio di software specifici, con i quali è possibile "depurare" le rilevazioni dagli eventi sonori occasionali estranei ai fenomeni acustici in esame.

Per i dettagli relativi ai singoli rilievi si rimanda ai rapporti allegati al presente Studio Previsionale (Allegato 1).

8.2 Risultati delle misure ante-operam a breve termine

Si ritiene che le condizioni acustiche del territorio in esame osservate durante il tempo di misura siano risultate rappresentative per la stima del clima acustico ante operam in quanto, durante il tempo di misura, non si sono verificati eventi sonori atipici (rispetto al traffico veicolare, alle normali attività agricole e zootecniche ed alla presenza di qualche cane). Nella seguente tabella si riassumono i risultati delle misurazioni effettuate, sia per il periodo diurno che per il periodo notturno.

Tabella 9 – Valori del rumore residuo in ambito diurno

Ricettore	Orario rilievo	Leq diurno dB(A)	Leq corretto e arrotondato ¹ dB(A)	Limite diurno dB(A)	LMin dB(A)	LMax dB(A)	LA95 dB(A)
R1	08:08	48.0	48.0	70	23.0	72.6	23.8
R2	08:08	48.0	48.0	70	23.0	72.6	23.8
R3	10:18	37.5	37.5	70	29.9	61.7	31.2
R4	08:24	48.9	49.0	70	30.2	72.1	36.5
R5	08:24	48.9	49.0	70	30.2	72.1	36.5
R6	08:41	51.1	51.0	70	22.9	77.8	24.6
R7	10:18	37.5	37.5	70	29.9	61.7	31.2
R8	10:18	37.5	37.5	70	29.9	61.7	31.2
R9	10:18	37.5	37.5	70	29.9	61.7	31.2
R10	10:18	37.5	37.5	70	29.9	61.7	31.2
R11	08:24	48.9	49.0	70	30.2	72.1	36.5
R12	09:58	42.9	43.0	70	24.4	65.9	26.1
R13	08:24	48.9	49.0	70	30.2	72.1	36.5
R14	08:24	48.9	49.0	70	30.2	72.1	36.5
R15	08:24	48.9	49.0	70	30.2	72.1	36.5
R16	10:18	37.5	37.5	70	29.9	61.7	31.2
R17	09:58	42.9	43.0	70	24.4	65.9	26.1
R18	08:08	48.0	48.0	70	23.0	72.6	23.8
R19	08:08	48.0	48.0	70	23.0	72.6	23.8
R20	10:37	43.7	43.5	70	27.3	68.9	29.1

1: valori arrotondati a 0,5 dB come previsto dall'allegato B al DM 16/03/1998

Tabella 10 – Valori del rumore residuo in ambito notturno

Ricettore	Orario rilievo	Leq notturno dB(A)	Leq corretto e arrotondato ¹ dB(A)	Limite notturno dB(A)	LMin dB(A)	LMax dB(A)	LA95 dB(A)
R1	22:20	36.5	36.5	60	28.0	50.5	29.6
R2	22:20	36.5	36.5	60	28.0	50.5	29.6
R3	03:13	37.5	37.5	60	28.0	50.3	29.2
R4	01:44	36.1	36.0	60	27.3	50.7	28.7



R5	01:44	36.1	36.0	60	27.3	50.7	28.7
R6	00:14	32.7	32.5	60	27.7	46.1	29.1
R7	03:13	37.5	37.5	60	28.0	50.3	29.2
R8	03:13	37.5	37.5	60	28.0	50.3	29.2
R9	03:13	37.5	37.5	60	28.0	50.3	29.2
R10	03:13	37.5	37.5	60	28.0	50.3	29.2
R11	01:44	36.1	36.0	60	27.3	50.7	28.7
R12	03:31	37.5	37.5	60	26.7	57.4	29.0
R13	01:44	36.1	36.0	60	27.3	50.7	28.7
R14	01:44	36.1	36.0	60	27.3	50.7	28.7
R15	01:44	36.1	36.0	60	27.3	50.7	28.7
R16	03:13	37.5	37.5	60	28.0	50.3	29.2
R17	03:31	37.5	37.5	60	26.7	57.4	29.0
R18	22:20	36.5	36.5	60	28.0	50.5	29.6
R19	22:20	36.5	36.5	60	28.0	50.5	29.6
R20	02:48	35.6	35.6	60	26.7	48.8	29.7

1: valori arrotondati a 0,5 dB come previsto dall'allegato B al DM 16/03/1998

Dalle risultanze delle misure effettuate è riscontrabile, allo stato attuale, il rispetto dei limiti di zona in tutte le postazioni analizzate, sia per le misure eseguite nel periodo di riferimento diurno che in quello notturno.

9 Valutazione previsionale di impatto acustico

Tra i fattori ambientali su cui di norma vengono effettuate analisi di impatto ambientale, il fattore rumore viene spesso trascurato, nonostante esso rappresenti una potenziale origine di disturbo alla quiete o all'espletamento di attività lavorative che richiedono concentrazione.

Il rumore di fondo attualmente presente in situ costituisce per definizione il *rumore residuo* in contrapposizione al *rumore ambientale* ovvero al rumore complessivo che vedrà come contributo quello specifico emesso dal parco eolico oggetto di indagine. In pratica, il livello residuo è il livello di pressione sonora presente nell'area senza il contributo sonoro delle sorgenti di rumore disturbanti.

L'impatto acustico causato da un impianto eolico dipende da numerosi fattori di natura meccanica ed aerodinamica. È noto che la percezione fisiologica del rumore è parzialmente soggettiva, tuttavia, al di sotto di un certo livello, la percezione del rumore proveniente da un impianto eolico, come da ogni altro emettitore, tende a confondersi con il rumore generale di fondo. È quindi buona norma progettuale verificare che presso eventuali ricettori sensibili (abitazioni, luoghi di lavoro o zone ad intensa attività umana) i livelli di rumore immessi si mantengano al di sotto di detti limiti.

Lo scopo del presente studio è quello di mettere in relazione una misura di rumore "*residuo*", in corrispondenza dei ricettori sensibili, con un valore di rumore "*immesso*", ovvero connesso alla presenza degli aerogeneratori ad una certa distanza dagli stessi.

Il rumore "*immesso*", proveniente dagli aerogeneratori, è la diretta conseguenza di quello propriamente "*emesso*" dagli stessi, il quale, a sua volta, dipende dalla velocità del vento che investe il rotore (vento a quota mozzo).

Il rumore "*residuo*" risulta, invece, influenzato dalla velocità del vento nell'ambiente circostante il ricettore. Ovviamente, le velocità del vento nell'ambiente all'altezza mozzo, in corrispondenza degli aerogeneratori, non potranno mai coincidere perfettamente a causa della distanza tra i punti in esame e per effetto della naturale aleatorietà del fenomeno.

Per i nostri scopi è sempre preferibile fare riferimento al vento al mozzo, dal momento che rappresenta la causa alla base dell'emissione acustica della sorgente in esame.

Il clima acustico nelle aree sottoposte ad indagine risulta correlato principalmente alle attività agricole, al traffico veicolare locale ed alla presenza di sorgenti di rumore associabili ad impianti eolici già in esercizio.

9.1 Modello di calcolo

La valutazione di impatto acustico previsionale dell'impatto prodotto dal nuovo impianto eolico è stata condotta ai sensi della legge 447/1995 e s.m.i. impiegando il codice di modellazione acustica Predictor-LIMA Type 7810-I ver.12.1 per la stima della propagazione del rumore in ambiente esterno, prodotto da Softnoise GmbH e commercializzato in Italia da Brüel&Kjær.

L'algoritmo di calcolo utilizzato dal software per le stime previsionali è quello proposto dalla norma tecnica ISO 9613-2, secondo la quale il calcolo dell'attenuazione acustica del suono emesso da una determinata sorgente deve tenere conto dei seguenti aspetti:

- divergenza geometrica;
- assorbimento atmosferico;



- effetto del terreno;
- riflessioni da parte di superfici di vario genere;
- effetto schermante di ostacoli;
- effetto della vegetazione e di altre tipiche presenze (case, siti industriali ecc...).

I principali parametri di calcolo in ingresso al software sono riportati nella seguente tabella.

Parametro	Valore
Temperatura	15 °C
Umidità relativa	70%
Coefficiente di attenuazione meteorologico - C_{met}^1	0
Assorbimento acustico medio dell'area - G^2	0
Massima raggio di ricerca delle sorgenti sonore	5000 metri

Secondo gli standard utilizzati per la diffusione del rumore in ambiente esterno (Norma ISO 9613-2) il livello di pressione sonora presso il potenziale ricettore, per ogni singola banda di frequenza, è quantificabile in generale mediante la seguente relazione:

$$L_5 = [L_W + D_i + K_0] - [D_s + \Sigma D] \text{ dB(A)}$$

dove:

- L_5 è il livello di pressione sonora;
- L_W è il livello di potenza sonora della sorgente;
- D_i è la direttività della sorgente;
- K_0 è il modello di propagazione sferica = $10 \log (4\pi/\Omega)$, con Ω angolo solido;
- D_s rappresenta il termine di diffusione = $20 \log r + 11$
- D rappresenta i vari contributi di assorbimento (suolo, aria, schermature ecc...) o di schermatura.

In ingresso al software sono state, inoltre, inserite informazioni in merito all'orografia dell'area in esame per ottenere una rappresentazione realistica del territorio oggetto di studio. Al fine di determinare l'impatto acustico generato dall'entrata in esercizio dell'Impianto eolico, è stato poi introdotto il contributo sonoro apportato da ciascuna sorgente ipotizzando lo scenario di funzionamento nominale. I risultati della presente valutazione sono visualizzati graficamente in forma di isofoniche (superfici di isolivello) sovrapposte ad una ortofoto dell'area di studio.

9.2 Schematizzazione delle sorgenti sonore

Le sorgenti sonore trattate dalla norma ISO 9613-2 sono sorgenti puntiformi descritte tramite i valori di direttività e di potenza sonora in banda d'ottava (dB). In particolare:

- la potenza sonora in banda d'ottava (dB) è convenzionalmente specificata in relazione ad una potenza sonora di riferimento di un picowatt; i valori vanno inseriti per ogni banda d'ottava (62,5Hz ; 125Hz; 250Hz; 500Hz; 1kHz; 2kHz; 4kHz; 8kHz);

¹ coefficiente che considera l'influenza delle condizioni meteorologiche sulla propagazione del suono.

² Ground factor, fattore che descrive le proprietà acustiche del terreno compreso tra 0 (Hard Ground) e 1 (Porous Ground).

- la direttività (dB) è un termine che dipende dalla frequenza e dalla direzione e rappresenta la deviazione del livello equivalente di pressione sonora (SPL) in una specifica direzione rispetto al livello prodotto da una sorgente omnidirezionale.

La norma specifica, inoltre, la possibilità di descrivere sorgenti estese, anche in movimento, rappresentandole con set di sorgenti puntiformi ognuna con le proprie caratteristiche emmissive. A questo proposito la ISO 9613-2 specifica che una sorgente estesa, o una parte di una sorgente estesa, può essere rappresentata da una sorgente puntiforme posta nel suo centro se:

- esistono le stesse condizioni di propagazione tra le varie parti della sorgente estesa e la sorgente puntiforme ed il ricettore;
- la distanza tra la sorgente puntiforme equivalente ed il ricettore è maggiore del doppio della dimensione maggiore della sorgente estesa.

Come accennato sopra, nella schematizzazione delle condizioni di propagazione del rumore è stato considerato l'effettivo andamento orografico del territorio in esame, attraverso l'impiego di un modello digitale del terreno (DTM) con risoluzione verticale pari ad 1 m. Il codice di calcolo impiegato, in presenza di dati altimetrici, tiene conto dell'effettiva distanza sorgente – ricettore e non, come nel caso generale, della proiezione sul piano orizzontale della suddetta distanza.

Attraverso l'applicazione del modello previsionale di propagazione del rumore si è stimato il contributo sonoro dovuto alla sola presenza dell'impianto eolico (escludendo quello di qualsiasi sorgente estranea al progetto dell'opera in esame), quindi, in tal modo, i livelli di pressione sonora calcolati dal codice numerico sono da considerarsi rappresentativi dell'impianto in esame, ovvero dell'impatto acustico generato dalle sole sorgenti indagate. Tutto ciò, unitamente alla conoscenza del clima acustico ante operam, ha consentito la determinazione del livello di pressione sonora totale post operam. La formula utilizzata è stata la seguente:

$$L_{pt} = 10 \log \left(10^{\frac{L_{p1}}{10}} + 10^{\frac{L_{p2}}{10}} \right)$$

dove:

L_{p1} è il livello di pressione sonora ante operam, L_{p2} il livello di pressione sonora dovuto alla sola presenza degli aerogeneratori previsti in progetto e L_{pt} il livello di pressione sonora post operam.

Si precisa che, il calcolo del livello di pressione sonora post operam (L_{pt}) è stato effettuato utilizzando, come livello di pressione sonora dovuto alla sola presenza dell'impianto eolico (L_{p2}), il valore restituito dal software presso un punto di ricezione posto ad una quota di 4 metri di altezza dal suolo in corrispondenza dei punti della griglia di calcolo.

Le turbine eoliche rappresenteranno le principali sorgenti di emissione sonora del parco in fase di progettazione. La tipologia di macchina che si intende installare è un aerogeneratore di grande taglia con potenza nominale di 4.2 MW, modello **Vestas V150**. Le principali caratteristiche tecniche sono un diametro del rotore tripala di 150 m e altezza mozzo di 105 m.

L'aerogeneratore è una macchina che sfrutta l'energia cinetica del vento, per la produzione di energia elettrica. Le pale sono realizzate in fibra di vetro rinforzata con resina epossidica e fibre di carbonio. Ogni pala consta di due gusci che circondano una trave portante. Le pale sono progettate per offrire caratteristiche ottimali in termini di potenza di uscita, riduzione al minimo della rumorosità e riflessione della luce. Il design dell'aerogeneratore selezionato consente di ridurre al minimo i carichi meccanici applicati alle diverse componenti. Ogni pala è dotata di un



sistema di protezione contro le scariche atmosferiche costituito da appositi recettori dei fulmini all'estremità della stessa e da un conduttore in rame al suo interno.

Tutte le funzioni dell'aerogeneratore sono monitorate e controllate da diverse unità di controllo basate su microprocessori. L'unità di controllo assolve a numerose funzioni, tra cui il controllo della rumorosità della macchina attraverso l'impostazione di diverse modalità (Mode) di funzionamento della macchina.

In molti paesi il rumore causato dagli impianti eolici rappresenta uno degli ostacoli principali alla loro diffusione. Le moderne turbine eoliche sono di gran lunga più silenziose delle versioni precedenti, infatti, alcuni studi hanno dimostrato che, negli ultimi anni, i livelli di rumore prodotto durante il loro funzionamento si sono notevolmente abbassati registrando una riduzione media di circa 10 dB.

Preme sottolineare, in questa sede, che numerosi studi hanno dimostrato l'accettabilità del livello acustico del rumore dovuto al moto di rotazione del rotore, in quanto, il più delle volte viene confuso con il rumore di fondo dovuto al vento ed ai suoi effetti sulla vegetazione, le strutture ed in generale tutti gli elementi presenti in un dato territorio. In generale, la tecnologia attuale consente di ottenere, nei pressi di un aerogeneratore, livelli di rumore alquanto contenuti, tali da non modificare quasi il rumore di fondo, che, a sua volta, è fortemente influenzato dal vento stesso, con il risultato di "mascherare" ancor di più il contributo della macchina.

In generale, le emissioni sonore prodotte dalle turbine eoliche possono avere due origini diverse: rumore meccanico e rumore di tipo aerodinamico³. Il rumore del primo tipo è generato principalmente dalle parti meccaniche in movimento quali, in particolare, il moltiplicatore di giri, il generatore oltre ai sistemi ausiliari presenti nella navicella (sistemi di raffreddamento ecc..). Questa tipologia non ha una grande rilevanza nelle turbine di ultima generazione grazie ai miglioramenti tecnici introdotti dai produttori. Sistemi molto diffusi per ridurre questo tipo di emissione sonora comprendono l'uso di supporti e giunti per lo smorzamento delle vibrazioni della struttura e degli organi in movimento.

Per quanto riguarda la seconda tipologia, essa è prodotta da una serie di fenomeni aerodinamici: la turbolenza presente nel flusso d'aria che investe il rotore da origine ad un rumore a banda larga (fino a 1000 Hz) percepito come un fruscio allorché le pale interagiscono con i vortici presenti nella corrente. Questo fenomeno è influenzato dalla velocità di rotazione delle pale, dalla sezione del profilo oltre che dall'intensità della turbolenza⁴ ed ad oggi non risulta completamente compreso dal punto di vista teorico. Le moderne turbine di grande diametro hanno una velocità di rotazione molto bassa proprio per minimizzare l'intensità di tale effetto.

Altro tipo di fenomeno acustico di natura aerodinamica è associato al profilo in se delle pale, anche in condizioni di assenza di flusso turbolento. È quest'ultimo un rumore tipicamente a banda larga ed è prodotto da fenomeni quali:

- rumore del bordo d'uscita: percepito come un fruscio a frequenze comprese nel range 750 – 2000 Hz; è causato dall'interazione della pala con lo strato limite turbolento in prossimità del *trailing edge* (bordo d'uscita di un profilo alare) ed è causa di una importante componente di rumore ad alta frequenza. Un bordo d'uscita non perfettamente affilato può generare una scia vorticoso causa di rumori con componenti tonali molto accentuate;

³ Introduction to wind energy systems – basics technology and operation (Springer – Verlag 2009), *Hermann-Josef Wagner, Jyotirmay Mathur*.

⁴ Wind Turbine Noise (Springer 1996), *Siegfried Wagner, Rainer Bareiß, Gianfranco Guidati*



- rumore di estremità alare: la maggior parte dell'emissione acustica così come la maggior parte della potenza di una turbina eolica è generata dalla porzione di estremità della pala in quanto in tale area è prodotta la gran parte della coppia;
- rumore da stallo: fenomeni di stallo generano flusso non stazionario intorno al profilo alare con conseguente irradiazione di rumore a banda larga;
- imperfezioni superficiali, come quelle causate da danni durante il montaggio o da fulmini diretti, possono essere causa di rumori con accentuate componenti tonali.

L'approccio più ovvio per ridurre il rumore di origine aerodinamica, oltre ad una progettazione accurata del profilo alare, è quello di diminuire il regime di rotazione della macchina, alternativamente si potrebbe pensare di ridurre l'angolo di attacco delle pale. Entrambe le soluzioni comportano, però, una certa perdita di energia.

Oltre che da due origini diverse, il rumore generato dalle macchine eoliche è caratterizzato da due componenti ben distinguibili in prossimità del rotore ed assai meno ad alcune decine di metri di distanza. La prima componente è continua, ad alta frequenza, di natura prevalentemente aerodinamica o meccanica, mentre la seconda è di tipo pulsante, a bassa frequenza, ed è dovuta, essenzialmente, al disturbo aerodinamico generato dal passaggio delle pale davanti alla torre di sostegno. Quest'ultima componente tende ad essere dominante nelle immediate vicinanze dell'aerogeneratore per effetto della stretta interazione tra torre e pale del rotore, infatti lo spettro è dominato dalla cosiddetta "*blade passing frequency*"⁵ (tipicamente fino a 3 Hz) e dalle sue armoniche (fino a 150 Hz). Un filtro con ponderazione in curva A attenua moltissimo queste frequenze e quindi tale tipologia di rumore non contribuisce in sostanza all'impatto acustico. Allontanandosi dalla macchina le componenti continue del rumore di natura meccanica o aerodinamica acquisiscono un maggior peso facendo in pratica scomparire la componente pulsante.

Due distinte grandezze vengono impiegate per descrivere il rumore associato ad una turbina eolica (ed in generale ad una generica sorgente). Esse sono: il livello di potenza sonora L_w (associato ad una sorgente, nel nostro caso la macchina eolica) ed il livello di pressione sonora L_p misurato in prossimità di un ricettore. Le potenze e le intensità sonore associate ai fenomeni che l'orecchio dell'uomo può percepire hanno un'ampia dinamica:

- 1 pW/m^2 (soglia dell'udibile) $\div 1 \text{ W/m}^2$ (soglia del dolore);
- $20 \text{ }\mu\text{Pa}$ (soglia dell'udibile) $\div 20 \text{ Pa}$ (soglia del dolore)

per questo motivo, come già accennato, si fa uso di una scala logaritmica, nella quale, al valore della grandezza in esame, si fa corrispondere il logaritmo del rapporto tra quello stesso valore ed un valore prefissato di "riferimento" (soglia dell'udibile). Il vantaggio che deriva dall'uso della scala del decibel consiste nella evidente riduzione del campo di variabilità ovvero nella riduzione della dinamica.

Il livello di potenza sonora emesso da un aerogeneratore è normalmente determinato, dai principali costruttori, attraverso misure sperimentali sul campo. Le modalità e la strumentazione da impiegare sono stati, originariamente, specificati nella *IEA Recommended Practice* (International Energy Agency, 1994) e successivamente trasferiti nella principale norma tecnica di settore, ovvero la IEC 61400-11 (*International Electrotechnical Commission 61400-11*) – Standard: Wind turbine generation systems – Part 11: Acoustics noise measurement techniques (IEC, 2001). Obiettivo delle misure è quello di definire lo spettro di potenza sonora L_w , la direttività ed eventuali componenti tonali.

⁵ Wind Energy Handbook (John Wiley & Sons Ltd. 2001), Tony Burton, David Sharpe, Nick Jenkins, Ervin Bossanyi

Le misure sul campo sono necessarie sia per le dimensioni dei sistemi eolici, sia per la necessità di determinare le prestazioni acustiche durante il reale funzionamento. La determinazione del livello di potenza sonora avviene in modo indiretto attraverso una serie di misurazioni dei livelli di pressione sonora attorno all'aerogeneratore in corrispondenza di diverse velocità del vento (tra 6 e 10 m/s ad intervalli di 1 m/s e misurate a 10 m di quota), compresa quella di riferimento corrispondente ad 8 m/s. Tale tecnica non separa la componente meccanica da quella aerodinamica del rumore.

Le misurazioni vengono effettuate ad una distanza R_0 dalla turbina pari a: $H + D/2$, dove H è l'altezza del mozzo e D il diametro del rotore; questa distanza è un compromesso per garantire da un lato un'adeguata distanza dalla sorgente, e, dall'altro per evitare una eccessiva influenza del suolo, delle condizioni atmosferiche e del rumore indotto dal vento stesso.

Infatti, il principale fattore di mascheramento dell'emissione sonora di un generatore eolico è rappresentato dal rumore residuo del vento stesso; inoltre, quest'ultimo è fortemente influenzato dall'orografia e dalla posizione del ricettore.

Come mostrato nella seguente figura sono impiegati quattro microfoni posti al livello del terreno in modo da tener conto dell'effetto del suolo sulle componenti tonali. Il microfono nella posizione 1 (sottovento) misura il livello di pressione sonora, mentre gli altri tre servono essenzialmente a determinare la direttività della sorgente.

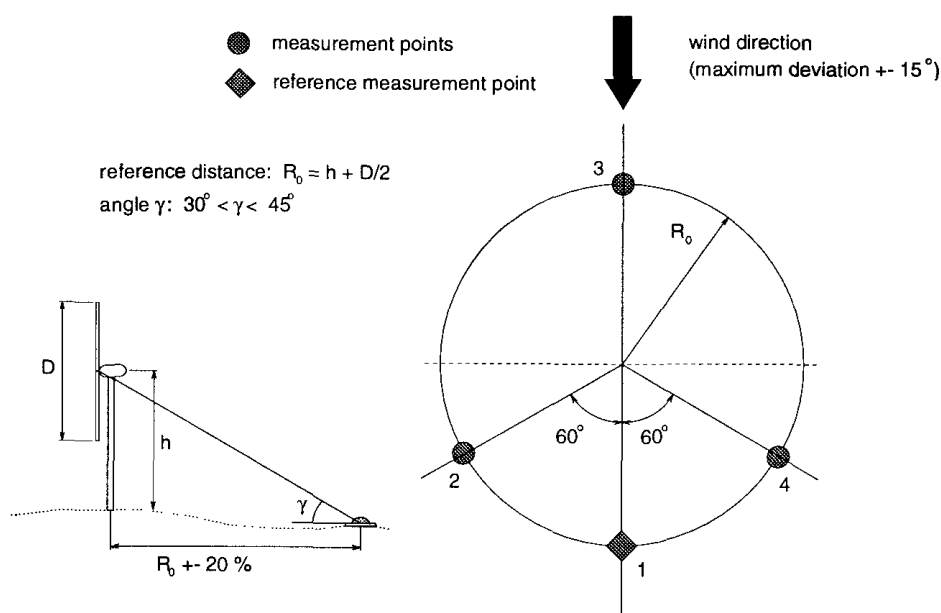


Figura 5: schema di misura del livello di potenza sonora

Gli aerogeneratori in progetto sono stati schematizzati come sorgenti puntuali senza specifica direttività (omnidirezionali), poste a un'altezza dal p.c. pari all'altezza reale di installazione (altezza mozzo di 105 m).

Per quanto riguarda le emissioni acustiche, nel caso specifico in esame sono disponibili i dati forniti dal costruttore (cfr tabella seguente).

Al fine di determinare l'impatto acustico generato dall'entrata in esercizio dell'impianto eolico, è stato poi introdotto il contributo sonoro apportato da ciascun aerogeneratore ipotizzando in maniera cautelativa lo **scenario di funzionamento** più gravoso in termini emissivi

ovvero quello relativo alla massima potenza sonora $L_w(A)$, pari a 108.0 dB(A), emessa dagli aerogeneratori in esame (corrispondente a velocità del vento al mozzo superiori a 9 m/s) senza dispositivi destinati a ridurre le emissioni acustiche. I risultati della presente valutazione sono stati visualizzati graficamente in forma di isofoniche (superfici di isolivello) sovrapposte ad una ripresa aerofotogrammetrica dell'area di studio.

Tabella 11: specifiche aerogeneratore di riferimento

Modello	Vestas V150	
Potenza [MW]	4.2	
Diametro rotore [m]	150	
Altezza mozzo [m]	105	
Velocità del vento ad altezza hub [m/s]	$L_w(A)^6$ [dBA] Mode PO1	$L_w(A)^7$ [dBA] Mode PO1-0S
3	91.1	93.4
4	91.3	94.0
5	93.2	97.1
6	96.4	100.5
7	99.9	103.8
8	103.3	106.6
9	104.9	108.0
10	104.9	108.0
11	104.9	108.0
12	104.9	108.0
13	104.9	108.0
14	104.9	108.0
15	104.9	108.0
16	104.9	108.0
17	104.9	108.0
18	104.9	108.0
19	104.9	108.0
20	104.9	108.0

In particolare, i dati riportati nella precedente tabella sono relativi alle modalità di settaggio della macchina eolica denominate "Mode PO1" e "Mode PO1-0S", corrispondenti, rispettivamente, alla configurazione di massima producibilità con e senza dispositivi di riduzione delle emissioni acustiche generate dalla stessa (bordo di uscita delle pale seghettato)⁸; in tal modo la simulazione è stata condotta nelle ipotesi più gravose (dal punto di vista dell'eventuale impatto

⁶ Livello di potenza sonora, con ponderazione A, dichiarato dal costruttore a quota mozzo (hub). Il dato è riferito al cosiddetto "mode PO1" (Power Optimized 1), ovvero alle condizioni di massima producibilità della macchina, considerando pale con bordo d'uscita seghettato al fine di ridurre le emissioni acustiche.

⁷ Livello di potenza sonora, con ponderazione A, dichiarato dal costruttore a quota mozzo (hub). Il dato è riferito al cosiddetto "mode PO1-0S" (Power Optimized 1-0S), ovvero alle condizioni di massima producibilità della macchina, considerando pale senza bordo d'uscita seghettato e quindi senza riduzione delle emissioni acustiche.

⁸ Il modello Vestas V150 dispone di ulteriori due modalità di funzionamento denominate "mode SO1" ($L_w(A)$ max 103.4 dB), "mode SO2" ($L_w(A)$ max 102.0 dB) e "mode SO3" ($L_w(A)$ max 99.5 dB), ovvero Sound Optimized Modes, che, a scapito della producibilità, riducono notevolmente le emissioni acustiche associate all'esercizio della macchina.

acustico dell'opera in oggetto) per il rispetto dei limiti differenziali, dal momento che il rumore residuo generato dal vento al suolo, seppur presente, non è di intensità tale da coprire o mascherare parzialmente il rumore immesso dalle macchine, come accadrebbe in condizioni tipiche di funzionamento con più alti valori di velocità del vento.

9.3 Risultati delle simulazioni numeriche – contributo delle sorgenti disturbanti

Attraverso l'applicazione del modello previsionale di propagazione del rumore si è stimato il contributo sonoro dovuto alla sola presenza degli aerogeneratori; il valore restituito dal software è relativo ad un punto di ricezione posto ad una quota di 4 metri di altezza dal suolo in corrispondenza dei nodi della griglia di calcolo, oltre che in corrispondenza dei ricettori potenzialmente sensibili considerati. Tali valori sono stati impiegati per il confronto con i limiti di legge assoluti di immissione e differenziali, presso le posizioni corrispondenti ai ricettori individuati nell'area. Nella seguente tabella si riportano i valori di emissione di rumore dell'impianto eolico restituiti dal software di calcolo in corrispondenza dei ricettori considerati (valori che saranno utilizzati per la verifica dei limiti assoluti e cautelativamente anche di quelli differenziali).

Tabella 12: valori di emissione restituiti dal software di simulazione presso i ricettori considerati (configurazione Mode PO1-0S, $L_w(A)$ 108.0 dB)

Ricettore	Valore di emissione dell'impianto dB(A)	Leq (dBA) ¹
R1	38.8	39.0
R2	39.1	39.0
R3	41.4	41.5
R4	39.4	39.5
R5	39.6	39.5
R6	33.2	33.0
R7	41.5	41.5
R8	41.3	41.5
R9	41.4	41.5
R10	41.3	41.5
R11	41.2	41.0
R12	48.1	48.0
R13	41.1	41.0
R14	41.3	41.5
R15	41.5	41.5
R16	41.7	42.0
R17	48.1	48.0
R18	45.2	45.0
R19	45.4	45.5
R20	39.0	39.0

1: valori arrotondati a 0.5 dB come previsto dall'allegato B al DM 16/03/1998

Nell'immagine seguente è riportato uno stralcio della mappa previsionale del rumore ambientale post operam (superfici isofoniche dei livelli sonori di immissione) generato dal solo esercizio dell'impianto eolico in oggetto (cfr Allegato 2) nello scenario analizzato. La mappa è calcolata alla quota di 4 m dal suolo per l'area oggetto di studio.

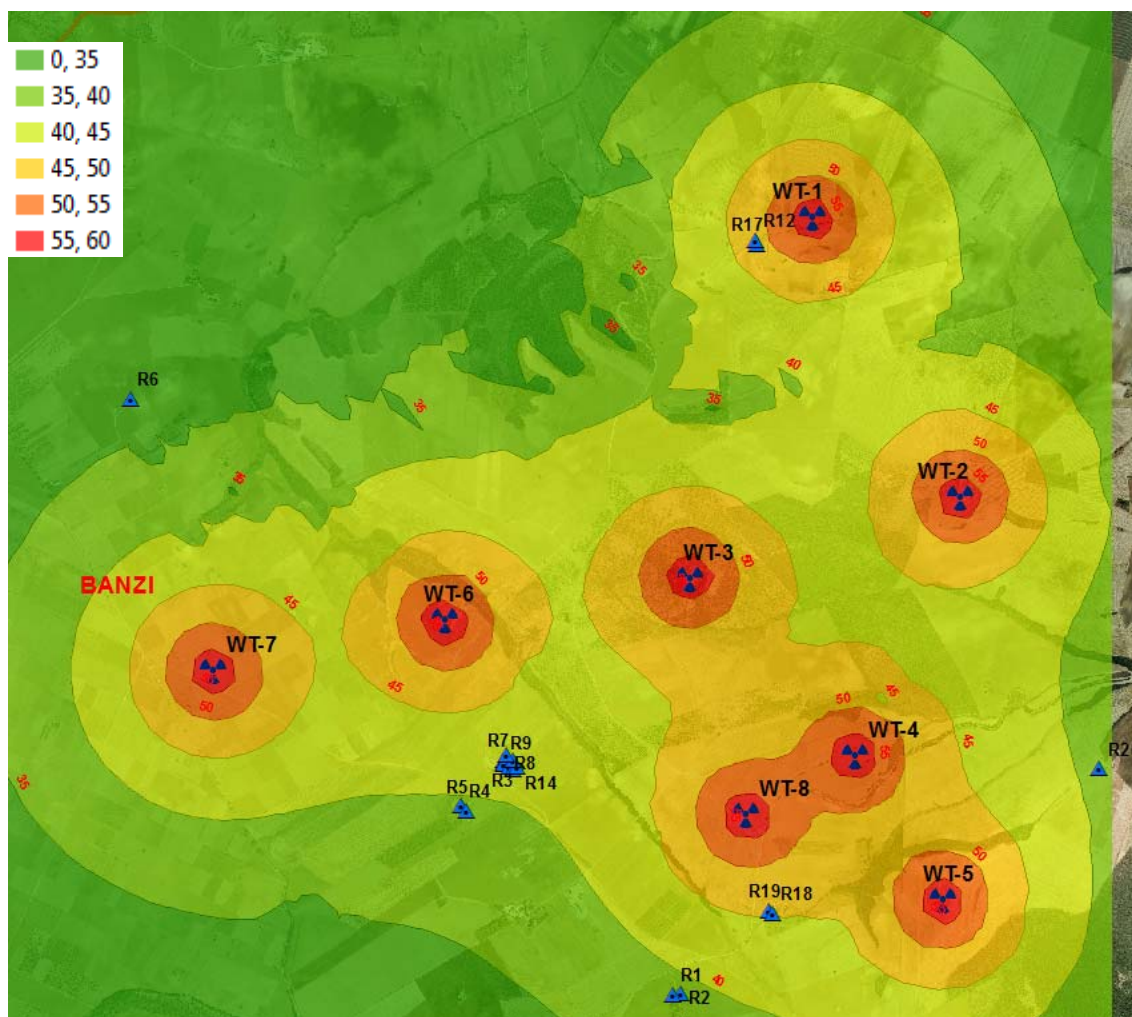


Figura 6: stralcio della mappa previsionale del rumore ambientale post operam ($L_w(A)$ 108.0 dB); Ri: ricettori, WT-i: aerogeneratori

9.4 Analisi dei risultati e verifica dei limiti normativi

Nella presente sezione si riportano i confronti con i limiti normativi dei risultati ottenuti a valle delle simulazioni, sia per il periodo di riferimento diurno che per quello di riferimento notturno. In particolare, attraverso l'applicazione del modello previsionale di propagazione del rumore si è stimato il contributo sonoro dovuto alla sola presenza degli aerogeneratori presso un punto di ricezione posto in prossimità della facciata dell'edificio, per il confronto sia con i limiti assoluti di immissione, come previsto dal D.M. 16 marzo del 1998 per le misure in esterno, che per la verifica dei limiti differenziali.

Relativamente all'applicazione del criterio differenziale si precisa che la normativa impone la verifica del rispetto dei limiti negli ambienti abitativi interni⁹. Tuttavia, per ragioni di accessibilità alle singole abitazioni, i rilievi fonometrici sono stati condotti, come già specificato sopra, presso

⁹ In virtù della presenza di attività antropiche connesse alle sole aziende agricole presenti nell'area di progetto del parco eolico, si è ritenuto applicare il "criterio della posizione acusticamente analoga", ovvero si è considerato il livello acustico equivalente riscontrato presso un'area geograficamente più prossima e ambientalmente simile. Tale criterio risulta in accordo con le metodologie di misura riportate dalla norma internazionale UNI 10855 (cfr. Spagnolo, "Manuale di acustica applicata", 2008).



sette postazioni prossime ai ricettori sensibili ritenute rappresentative del clima acustico presso gli stessi; la stima del contributo sonoro dei soli aerogeneratori è stata calcolata dal software in prossimità della facciata degli edifici, come rappresentativo del valore misurato all'interno dell'edificio a finestre aperte. Tale approccio, seppur soggetto ad approssimazioni di calcolo, è da considerarsi cautelativo per i ricettori in quanto è plausibile ritenere che i valori così ottenuti siano più alti di quelli che si misurerebbero all'interno delle abitazioni a finestre aperte.

A supporto di quanto affermato si ritiene opportuno citare alcuni studi volti a valutare la differenza tra il livello equivalente esterno ed il livello equivalente interno a finestre aperte:

- Documento *British Standard Code of Practice CP3* del 1960, nel quale l'attenuazione di una finestra aperta è riportata pari a 5 Phon (circa 5 dB);
- Articolo "*Attenuazione del rumore ambientale attraverso una finestra aperta*" di G. Iannace e L. Maffei, pubblicato al Vol. 1/1995 della Rivista Italiana di Acustica, nel quale risulta che, in genere, la differenza tra il livello equivalente esterno e il livello equivalente interno in dBA (a finestre aperte) assume un valore medio di 6.2 dBA e un valore mediano di 6 dB;
- Articolo "*Problematiche di rumore immesso in ambiente esterno da impianti di climatizzazione centralizzati*" di Antonino di Bella ed altri, Dipartimento di Fisica Tecnica dell'Università di Padova, riguardante rilievi sperimentali che mostrano l'andamento in frequenza della differenza tra il livello di pressione sonora, misurato in prossimità della faccia esterna di un fabbricato, e quello interno a finestre aperte e chiuse, prefissata una specifica sorgente sonora. Il valore medio di attenuazione tra esterno e interno (differenza di livello di pressione sonora) nel caso di finestre aperte risulta compreso tra 5 e 6 dB.

Pertanto, alla luce di quanto detto si può concludere con ragionevole certezza che i differenziali all'interno degli ambienti abitativi saranno più bassi rispetto a quelli risultanti nel presente studio.

In particolare, nelle tabelle seguenti è indicato, per entrambi i periodi di riferimento, il confronto del Livello di rumore Ambientale post operam con i valori limite assoluti di immissione di cui all'art. 6 del dpcm 1.03.1991 validi per "Tutto il territorio nazionale". I risultati sono arrotondati a 0.5 dB come previsto nel dm 16.03.1998.

Tabella 13: confronto del Livello di rumore ambientale diurno post-operam con i valori limite assoluti
(configurazione Mode PO1-0S, $L_w(A)$ 108.0 dB)

Ricettore	Livello ambientale diurno ante-operam Leq dB(A)	Livello ambientale diurno post-operam Leq dB(A)	Limite assoluto diurno dB(A)	Confronto
R1	48.0	48.5	70	RISPETTATO
R2	48.0	48.5	70	RISPETTATO
R3	37.5	43.0	70	RISPETTATO
R4	49.0	49.5	70	RISPETTATO
R5	49.0	49.5	70	RISPETTATO
R6	51.0	51.1	70	RISPETTATO
R7	37.5	43.0	70	RISPETTATO
R8	37.5	43.0	70	RISPETTATO
R9	37.5	43.0	70	RISPETTATO
R10	37.5	43.0	70	RISPETTATO
R11	49.0	49.6	70	RISPETTATO



R12	43.0	49.2	70	RISPETTATO
R13	49.0	49.6	70	RISPETTATO
R14	49.0	49.7	70	RISPETTATO
R15	49.0	49.7	70	RISPETTATO
R16	37.5	43.3	70	RISPETTATO
R17	43.0	49.2	70	RISPETTATO
R18	48.0	49.8	70	RISPETTATO
R19	48.0	49.9	70	RISPETTATO
R20	43.5	44.8	70	RISPETTATO

Tabella 14: confronto del Livello di rumore ambientale notturno post-operam con i valori limite assoluti
(configurazione Mode PO1-0S, $L_w(A)$ 108.0 dB)

Ricettore	Livello ambientale notturno ante-operam Leq dB(A)	Livello ambientale notturno post-operam Leq dB(A)	Limite assoluto notturno dB(A)	Confronto
R1	36.5	40.9	60	RISPETTATO
R2	36.5	40.9	60	RISPETTATO
R3	37.5	43.0	60	RISPETTATO
R4	36.0	41.1	60	RISPETTATO
R5	36.0	41.1	60	RISPETTATO
R6	32.5	36.0	60	RISPETTATO
R7	37.5	43.0	60	RISPETTATO
R8	37.5	43.0	60	RISPETTATO
R9	37.5	43.0	60	RISPETTATO
R10	37.5	43.0	60	RISPETTATO
R11	36.0	42.2	60	RISPETTATO
R12	37.5	48.4	60	RISPETTATO
R13	36.0	42.2	60	RISPETTATO
R14	36.0	42.6	60	RISPETTATO
R15	36.0	42.6	60	RISPETTATO
R16	37.5	43.3	60	RISPETTATO
R17	37.5	48.4	60	RISPETTATO
R18	36.5	45.6	60	RISPETTATO
R19	36.5	46.0	60	RISPETTATO
R20	35.6	40.6	60	RISPETTATO

Nelle tabelle a seguire si riportano, invece, per entrambi i periodi di riferimento la verifica del rispetto dei limiti differenziali; i risultati sono arrotondati a 0.5 dB come previsto nel dm 16/03/1998. Si ricorda nuovamente che i limiti di immissione in ambiente abitativo (differenziali) non si applicano, ai sensi dell'art. 4 del dpcm 14.11.97, quando il rumore misurato a finestre aperte è inferiore a 50 dB(A) durante il periodo diurno e 40 dB(A) durante il periodo notturno e quando il rumore misurato a finestre chiuse è inferiore a 35 dB(A) durante il periodo diurno e 25 dB(A) durante il periodo notturno. Considerando che la condizione a finestre aperte risulta essere la più critica, tutti i calcoli seguenti sono stati effettuati prendendo come riferimento tale condizione.

Tabella 15: confronto del Livello di rumore ambientale diurno post-operam con i valori limite differenziali
(configurazione Mode PO1-0S, $L_w(A)$ 108.0 dB)

Ricettore	Livello ambientale diurno ante-operam Leq dB(A)	Livello ambientale diurno post-operam Leq dB(A)	Differenziale diurno dB(A)	Confronto con il differenziale diurno (5 dB(A))
R1	48.0	48.5	-	NON APPLICABILE



R2	48.0	48.5	-	NON APPLICABILE
R3	37.5	43.0	-	NON APPLICABILE
R4	49.0	49.5	-	NON APPLICABILE
R5	49.0	49.5	-	NON APPLICABILE
R6	51.0	51.1	0.1	RISPETTATO
R7	37.5	43.0	-	NON APPLICABILE
R8	37.5	43.0	-	NON APPLICABILE
R9	37.5	43.0	-	NON APPLICABILE
R10	37.5	43.0	-	NON APPLICABILE
R11	49.0	49.6	-	NON APPLICABILE
R12	43.0	49.2	-	NON APPLICABILE
R13	49.0	49.6	-	NON APPLICABILE
R14	49.0	49.7	-	NON APPLICABILE
R15	49.0	49.7	-	NON APPLICABILE
R16	37.5	43.3	-	NON APPLICABILE
R17	43.0	49.2	-	NON APPLICABILE
R18	48.0	49.8	-	NON APPLICABILE
R19	48.0	49.9	-	NON APPLICABILE
R20	43.5	44.8	-	NON APPLICABILE

Tabella 16: confronto del Livello di rumore ambientale notturno post-operam con i valori limite differenziali
 (configurazione Mode PO1-0S, L_w(A) 108.0 dB)

Ricettore	Livello ambientale notturno ante-operam Leq dB(A)	Livello ambientale notturno post-operam Leq dB(A)	Differenziale notturno dB(A)	Confronto con il differenziale notturno (3 dB(A))	Categoria catastale
R1	36.5	40.9	-	NA	D/10
R2	36.5	40.9	-	NA	D/10
R3	37.5	43.0	-	NA	D/10
R4	36.0	41.1	5.1	NON RISPETTATO	A/3
R5	36.0	41.1	-	NA	D/10
R6	32.5	36.0	NA	NON APPLICABILE	D/10
R7	37.5	43.0	-	NA	D/10
R8	37.5	43.0	-	NA	D/10
R9	37.5	43.0	-	NA	D/10
R10	37.5	43.0	-	NA	D/10
R11	36.0	42.2	-	NA	D/10
R12	37.5	48.4	-	NA	D/10
R13	36.0	42.2	-	NA	D/10
R14	36.0	42.6	-	NA	D/10
R15	36.0	42.6	-	NA	D/10
R16	37.5	43.3	-	NA	D/10
R17	37.5	48.4	-	NA	D/10
R18	36.5	45.6	9.1	NON RISPETTATO	Sub.1 D/10, sub.2 A/2
R19	36.5	46.0	9.5	NON RISPETTATO	Sub.1 D/10, sub.2 A/4
R20	35.6	40.6	5.1	NON RISPETTATO	A/3

Dall'analisi della precedente tabella si evince quanto segue:



- il limite differenziale notturno è stato considerato non applicabile presso quei ricettori classificati catastalmente come D/10, ovvero *fabbricati per funzioni produttive connesse alle attività agricole*, in quanto si ritiene plausibile che non siano edifici stabilmente occupati nelle ore notturne;
- il limite differenziale notturno non risulta rispettato presso 4 ricettori sensibili individuati dalle sigle R4, R18, R18 ed R20, nelle condizioni di emissione degli aerogeneratori corrispondenti al caso più penalizzante in termini acustici.

Alla luce di quanto riportato nella parte iniziale del presente paragrafo in merito alla valutazione della differenza tra il livello equivalente esterno ed il livello equivalente interno a finestre aperte è possibile decurtare al differenziale notturno scaturito dai risultati della simulazione un valore pari a circa 6 dB. Considerando, inoltre, la modalità di funzionamento degli aerogeneratori denominata "Mode PO1", corrispondente alla configurazione con dispositivo di riduzione delle emissioni acustiche (L_w(A) max pari a 104.9 dB) a scapito di una lieve riduzione di producibilità si ottengono, dalle simulazioni effettuate, i risultati riportati nella seguente tabella, limitatamente al confronto del livello di rumore ambientale notturno post-operam con i valori limite differenziali.

Tabella 17: confronto del Livello di rumore ambientale notturno post-operam con i valori limite differenziali
(configurazione Mode PO1, L_w(A) 104.9 dB)

Ricettore	Livello ambientale notturno ante-operam Leq dB(A)	Livello ambientale notturno post-operam Leq dB(A)	Differenziale notturno dB(A)	Confronto con il differenziale notturno (3 dB(A))	Categoria catastale
R1	36.5	39.3	NA	NON APPLICABILE	D/10
R2	36.5	39.5	NA	NON APPLICABILE	D/10
R3	37.5	41.0	-	NA	D/10
R4	36.0	39.3	NA	NON APPLICABILE	A/3
R5	36.0	39.5	NA	NON APPLICABILE	D/10
R6	32.5	34.9	NA	NON APPLICABILE	D/10
R7	37.5	41.0	-	NA	D/10
R8	37.5	41.0	-	NA	D/10
R9	37.5	41.0	-	NA	D/10
R10	37.5	41.0	-	NA	D/10
R11	36.0	40.4	-	NA	D/10
R12	37.5	46.1	-	NA	D/10
R13	36.0	40.4	-	NA	D/10
R14	36.0	40.4	-	NA	D/10
R15	36.0	40.4	-	NA	D/10
R16	37.5	41.3	-	NA	D/10
R17	37.5	46.1	-	NA	D/10
R18	36.5	43.5	7.0	NON RISPETTATO	Sub.1 D/10, sub.2 A/2
R19	36.5	43.5	7.0	NON RISPETTATO	Sub.1 D/10, sub.2 A/4
R20	35.6	38.8	NA	NON APPLICABILE	A/3

Tenendo in conto anche la decurtazione pari a 6 dB sopra citata **si può concludere che il limite differenziale notturno risulta rispettato presso tutti i ricettori potenzialmente sensibili.**

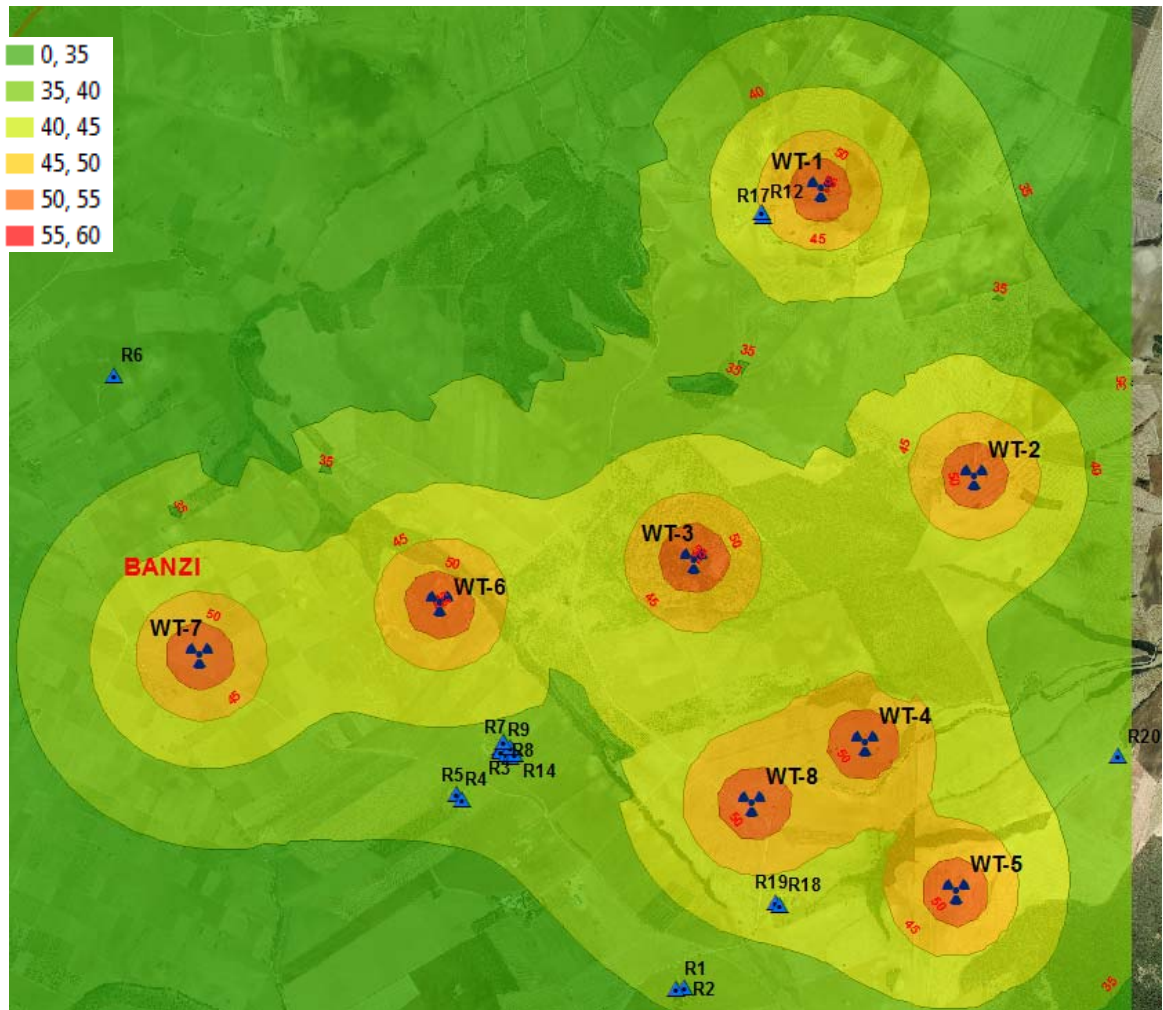


Figura 7: stralcio della mappa previsionale del rumore ambientale post operam ($L_w(A)$ 104.9 dB); Ri: ricettori, WT-i: aerogeneratori

10 Conclusioni

In base alle valutazioni effettuate nel presente studio previsionale di impatto acustico, ipotizzando lo scenario di funzionamento più gravoso dal punto di vista delle emissioni di rumore del parco eolico "La Regina" (livello di potenza sonora L_{WA} pari a 108 dB) si evince che i limiti assoluti di immissione di cui all'art. 6 dpcm 1.03.1991, validi per "Tutto il territorio nazionale", risultano sempre ampiamente rispettati, sia per il periodo di riferimento diurno che per quello notturno.

Relativamente ai limiti differenziali, di cui all'art. 2, comma 2 del citato dpcm, che in genere costituiscono la principale criticità per la compatibilità acustica di impianti di questo tipo, si riscontra, alla luce delle considerazioni sopra effettuate, anche per essi, il rispetto sia per il periodo di riferimento diurno che per quello di riferimento notturno per tutti i ricettori potenzialmente sensibili considerati nell'analisi.

Per quanto concerne in particolare il limite differenziale è opportuno comunque effettuare le seguenti precisazioni:

- la caratterizzazione del clima acustico notturno ante operam è stata effettuata con una velocità del vento sempre inferiore a 1 m/s (la normativa prevede che, al fine di ottenere delle misure rappresentative, i rilievi debbano essere effettuati ad una velocità del vento inferiore ai 5 m/s), registrando livelli di rumore di fondo inferiori rispetto a quelli che si otterrebbero durante le condizioni di esercizio ipotizzate per l'impianto eolico in oggetto (velocità del vento al mozzo superiori a 9 m/s). Pertanto, i risultati che si sono ottenuti tutelano i ricettori sensibili anche alla luce di numerosi studi in materia, che evidenziano come all'aumentare della velocità del vento il rumore di fondo tende a mascherare completamente il livello di pressione sonora generato dal parco eolico;
- la normativa impone la verifica del rispetto dei limiti differenziali negli ambienti abitativi interni ma, tuttavia, per ragioni di accessibilità ai singoli edifici, i rilievi fonometrici sono stati condotti in prossimità dei ricettori sensibili, presso postazioni ritenute rappresentative del clima acustico dei singoli ricettori individuati. Pertanto, la verifica del criterio differenziale è stata effettuata utilizzando quale contributo sonoro dei soli aerogeneratori il valore restituito dal modello numerico di simulazione in prossimità della facciata degli edifici, ritenuto rappresentativo del valore misurato all'interno dell'edificio a finestre aperte. Tale approccio nell'applicazione del criterio differenziale è cautelativo per i ricettori sensibili, in quanto è plausibile ritenere che i valori così ottenuti siano sensibilmente più alti di quelli che si misurerebbero all'interno delle abitazioni a finestre aperte.
- le caratteristiche tecniche degli aerogeneratori da impiegarsi nel parco eolico in esame consentono agli stessi di adeguare i livelli di pressione sonora emessi (a scapito di un decremento dell'efficienza e quindi della producibilità) nel caso di scenari di funzionamento critici (in corrispondenza di velocità del vento ad altezza mozzo maggiori di 9 m/s) riducendone così, anche sensibilmente, l'impatto acustico.

Alla luce delle suddette considerazioni, è possibile concludere che, in fase di esercizio, anche nello scenario emissivo più gravoso, il parco eolico oggetto del presente studio sarà compatibile con il clima acustico dell'area interessata.

In ogni caso, al fine di tutelare ulteriormente i ricettori individuati e di convalidare i risultati stimati dalla presente valutazione di impatto acustico, si ritiene opportuno prevedere, in fase di



avvio del parco eolico, un monitoraggio post operam dei livelli di rumore generati dall'impianto stesso in condizioni di reale operatività. Qualora, in fase di collaudo, le previsioni si rivelassero non corrispondenti alle ipotesi di progetto e quindi i limiti normativi non fossero rispettati, si provvederà ad attenuare i livelli sonori prodotti mediante opportune soluzioni di bonifica acustica al fine di rientrare nei limiti imposti.

Le valutazioni espresse nella presente relazione tecnica mantengono validità finché permangono invariate sia le caratteristiche dell'impianto sorgente che le condizioni acustiche caratteristiche dell'area in esame.



Allegati



All.1 Rapporti di misura

**All.2 Mappa previsionale del rumore ambientale post operam
(Mode PO1-0S)**

**All.3 Mappa previsionale del rumore ambientale post operam
(Mode PO1)**

All.4 Nomina tecnico competente in acustica ambientale

All.5 Certificati di taratura strumentazione impiegata

Valori acustici principali [dB(A)]

Lmin(A): 22.9 Lmax(A): 77.8

Leq(A) : 51.1

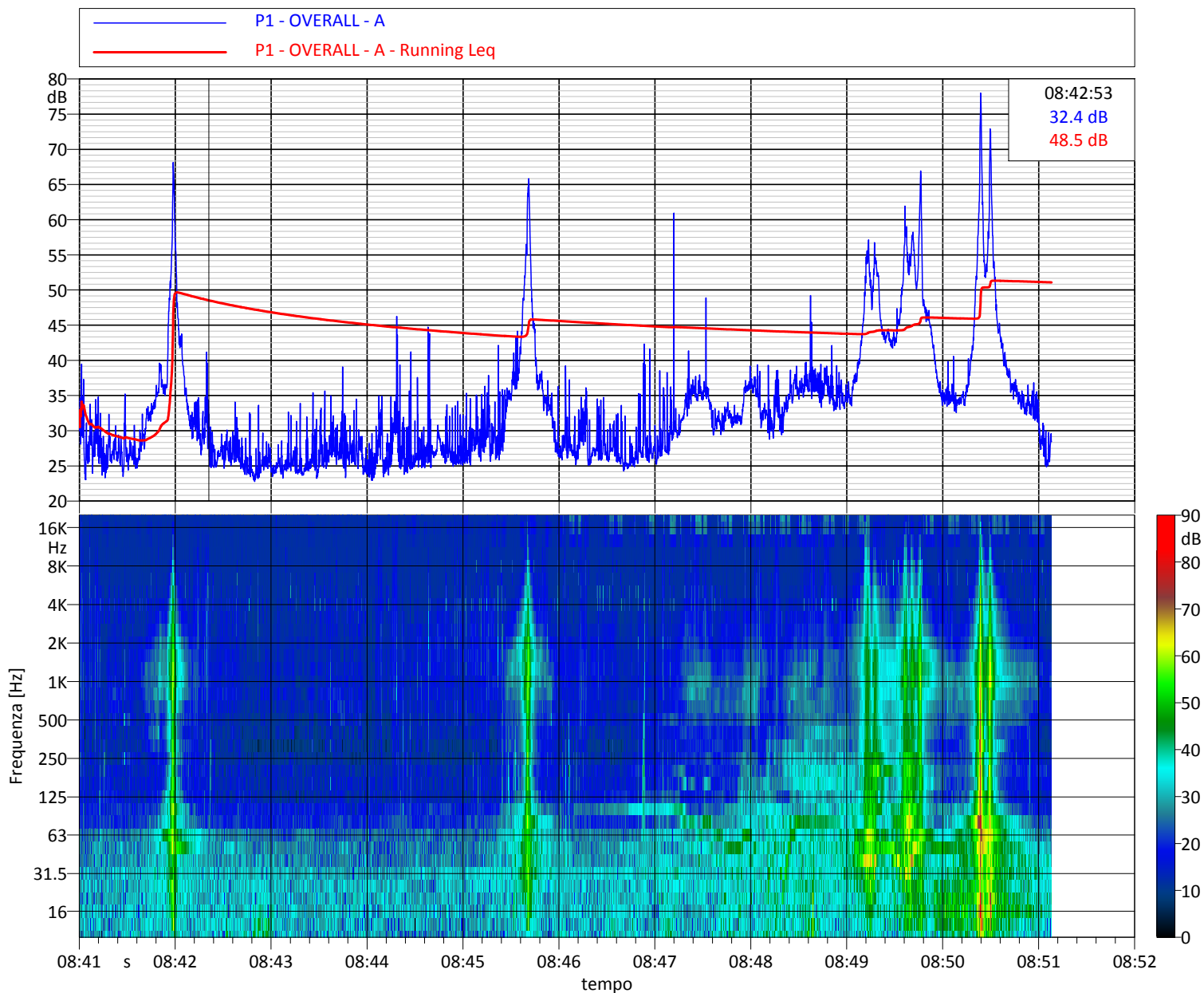
L1: 62.6 L5: 52.5 L10: 44.9

L50: 31.0 L90: 25.3 L95: 24.6 L99: 23.7

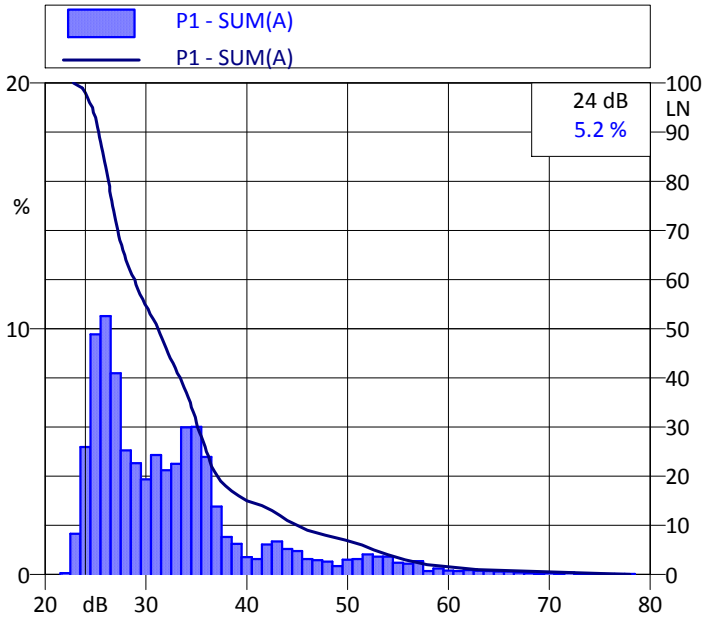
Note:

passaggi di auto e mezzi agricoli

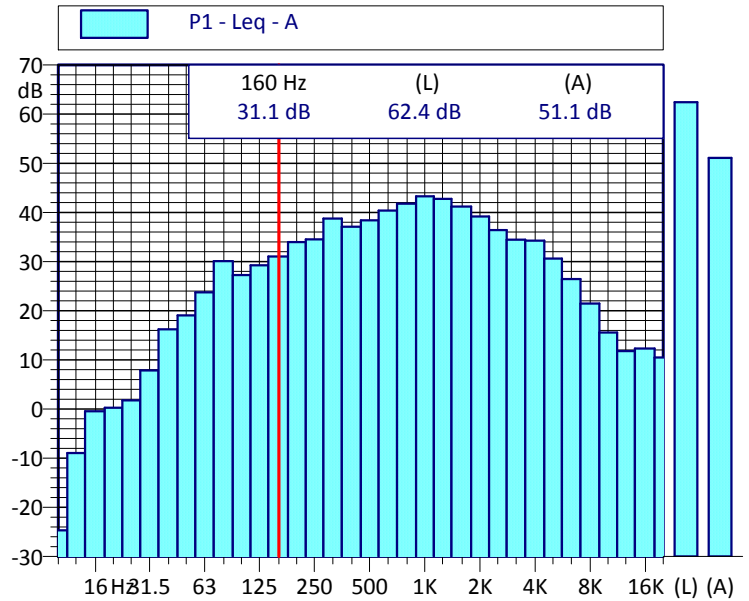
Andamento temporale dei livelli pesati A e dello spettro



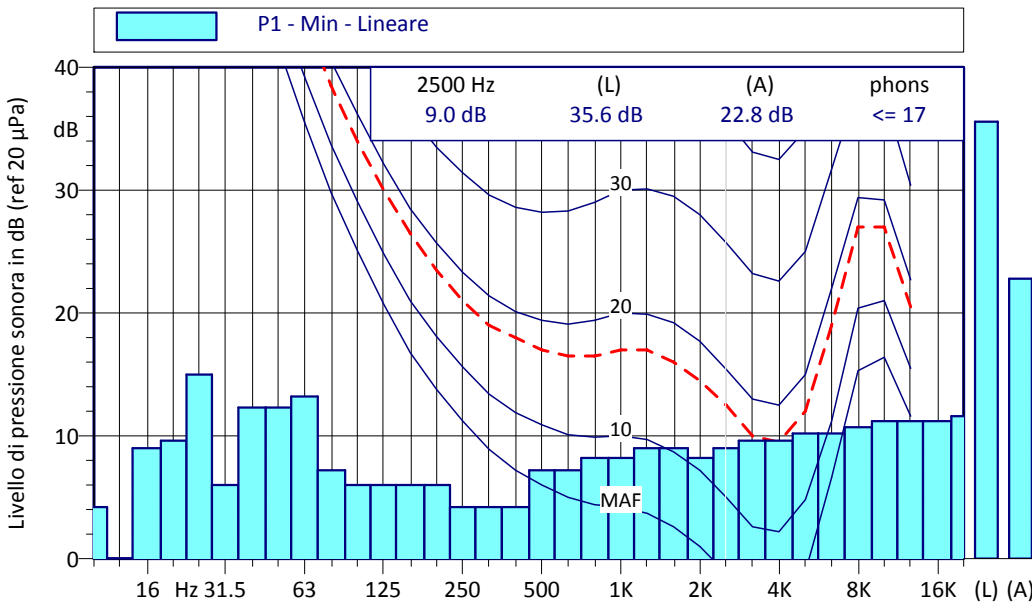
Curva cumulativa e distributiva dei livelli sonori



Spettro in frequenza della misura



Spettro dei minimi (ricerca componenti tonali)



P1 Min - Lineare			
Hz	dB	Hz	dB
10 Hz	4.2 dB	12.5 Hz	0.0 dB
16 Hz	9.0 dB	20 Hz	9.6 dB
25 Hz	15.0 dB	31.5 Hz	6.0 dB
40 Hz	12.3 dB	50 Hz	12.3 dB
63 Hz	13.2 dB	80 Hz	7.2 dB
100 Hz	6.0 dB	125 Hz	6.0 dB
160 Hz	6.0 dB	200 Hz	6.0 dB
250 Hz	4.2 dB	315 Hz	4.2 dB
400 Hz	4.2 dB	500 Hz	7.2 dB
630 Hz	7.2 dB	800 Hz	8.2 dB
1000 Hz	8.2 dB	1250 Hz	9.0 dB
1600 Hz	9.0 dB	2000 Hz	8.2 dB
2500 Hz	9.0 dB	3150 Hz	9.6 dB
4000 Hz	9.6 dB	5000 Hz	10.2 dB
6300 Hz	10.2 dB	8000 Hz	10.7 dB
10000 Hz	11.2 dB	12500 Hz	11.2 dB
16000 Hz	11.2 dB	20000 Hz	11.6 dB

Valori acustici principali [dB(A)]

Lmin(A): 30.2 Lmax(A): 72.1

Leq(A) : 48.9

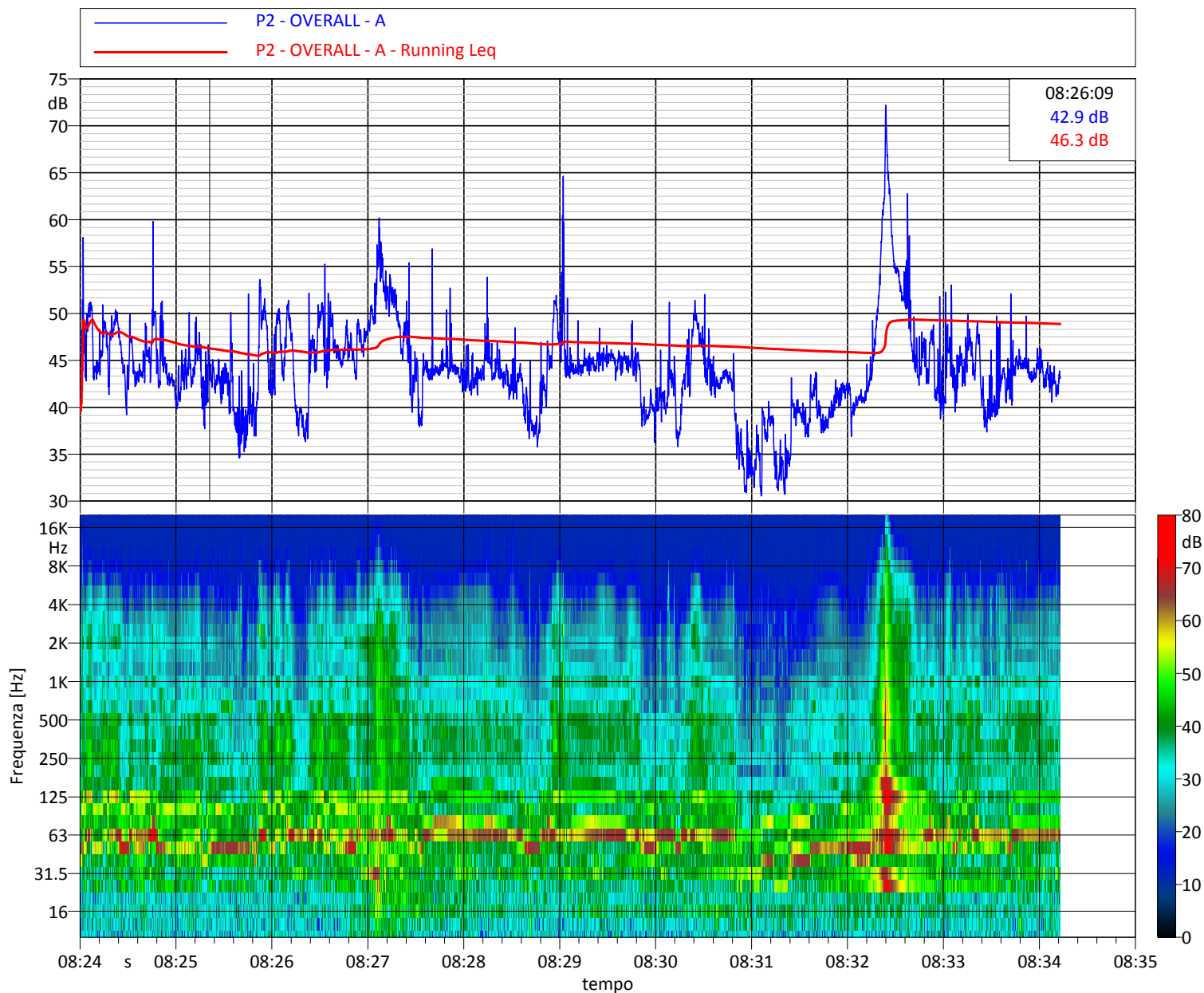
L1: 59.8 L5: 51.6 L10: 49.4

L50: 43.7 L90: 38.2 L95: 36.5 L99: 32.3

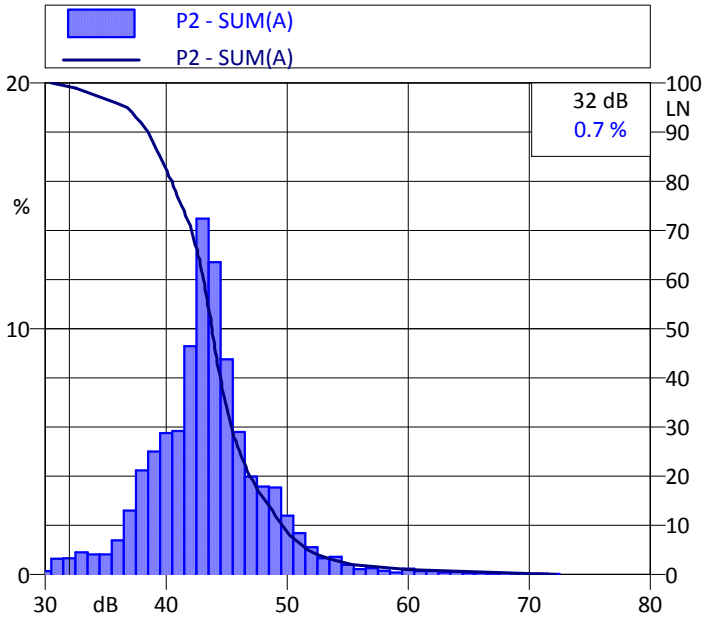
Note:

attività agricole, movimentazione balle di fieno, quad

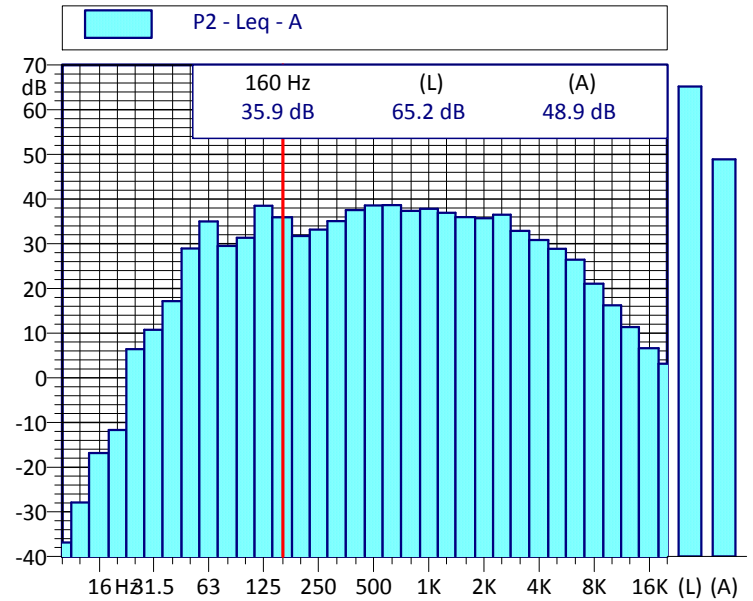
Andamento temporale dei livelli pesati A e dello spettro



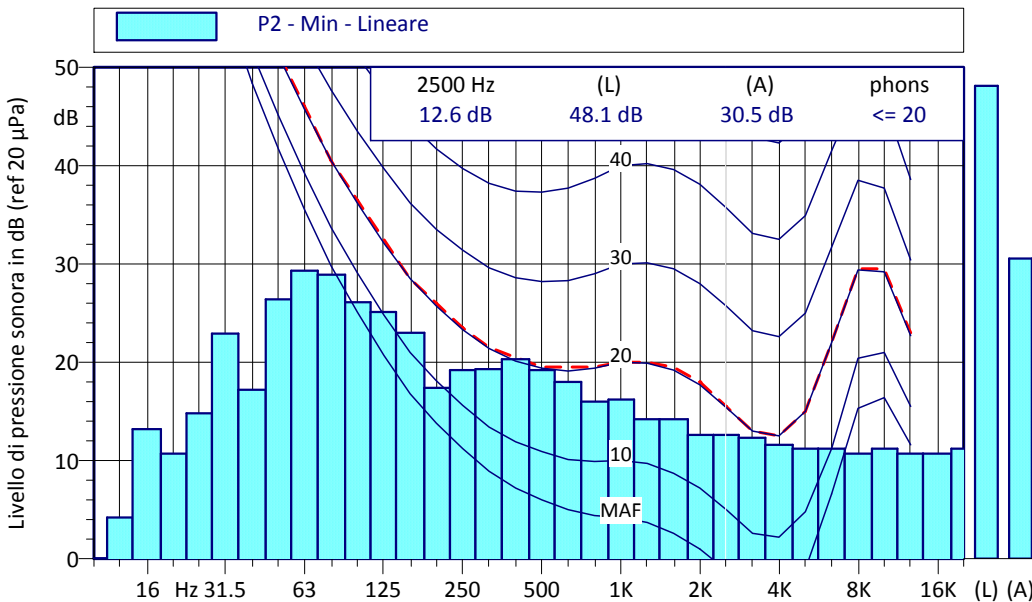
Curva cumulativa e distributiva dei livelli sonori



Spettro in frequenza della misura



Spettro dei minimi (ricerca componenti tonali)



P2 Min - Lineare			
Hz	dB	Hz	dB
10 Hz	0.0 dB	12.5 Hz	4.2 dB
16 Hz	13.2 dB	20 Hz	10.7 dB
25 Hz	14.8 dB	31.5 Hz	22.9 dB
40 Hz	17.2 dB	50 Hz	26.4 dB
63 Hz	29.3 dB	80 Hz	28.9 dB
100 Hz	26.1 dB	125 Hz	25.1 dB
160 Hz	23.0 dB	200 Hz	17.4 dB
250 Hz	19.2 dB	315 Hz	19.3 dB
400 Hz	20.3 dB	500 Hz	19.2 dB
630 Hz	18.0 dB	800 Hz	16.0 dB
1000 Hz	16.2 dB	1250 Hz	14.2 dB
1600 Hz	14.2 dB	2000 Hz	12.6 dB
2500 Hz	12.6 dB	3150 Hz	12.3 dB
4000 Hz	11.6 dB	5000 Hz	11.2 dB
6300 Hz	11.2 dB	8000 Hz	10.7 dB
10000 Hz	11.2 dB	12500 Hz	10.7 dB
16000 Hz	10.7 dB	20000 Hz	11.2 dB

Valori acustici principali [dB(A)]

Lmin(A): 24.4 Lmax(A): 65.9

Leq(A) : 42.9

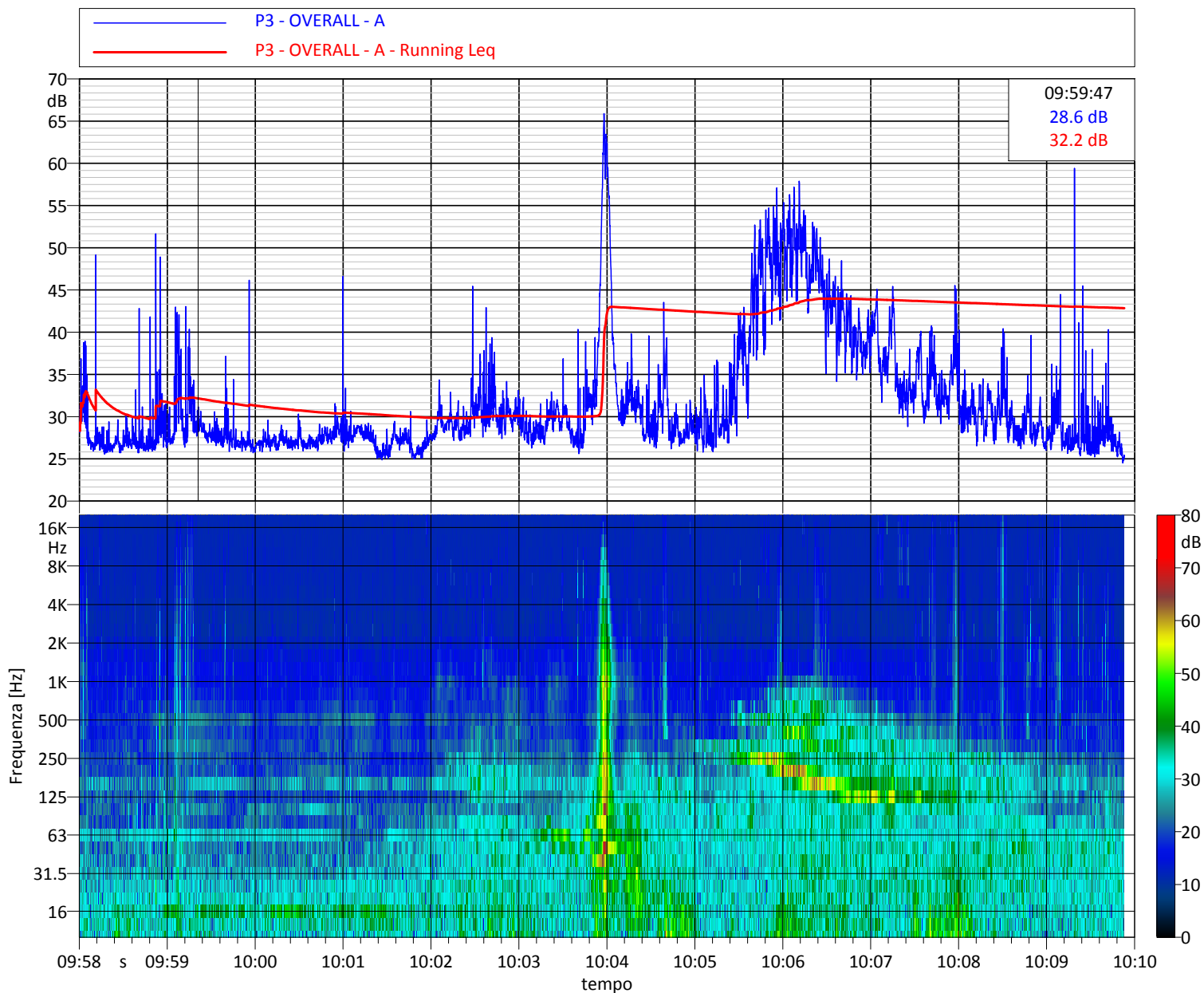
L1: 54.7 L5: 48.2 L10: 42.3

L50: 28.8 L90: 26.5 L95: 26.1 L99: 25.5

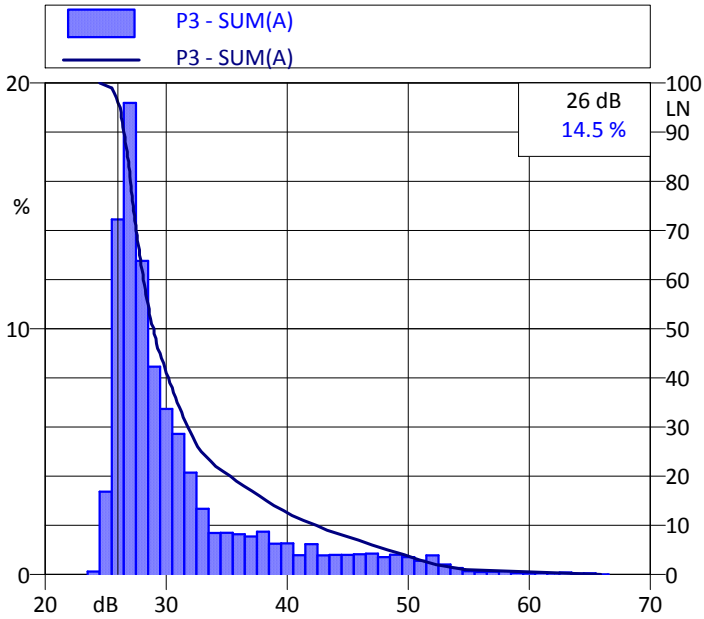
Note:

auto, mezzi agricoli

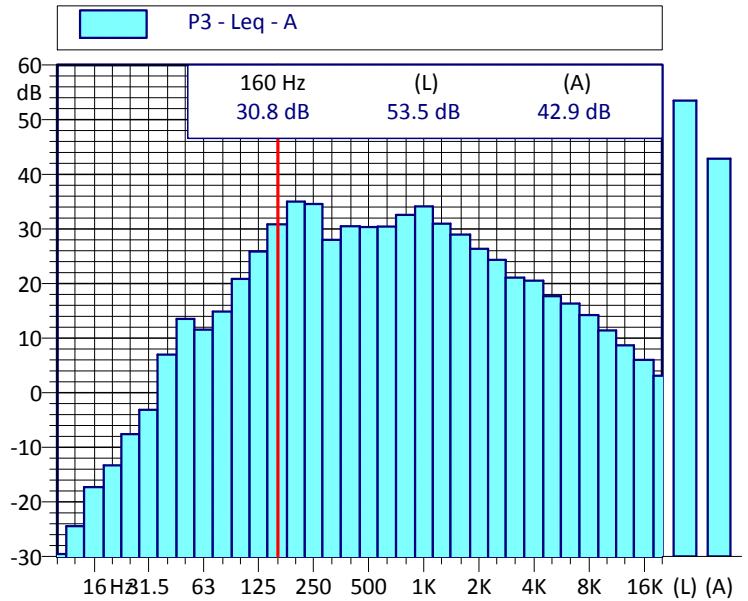
Andamento temporale dei livelli pesati A e dello spettro



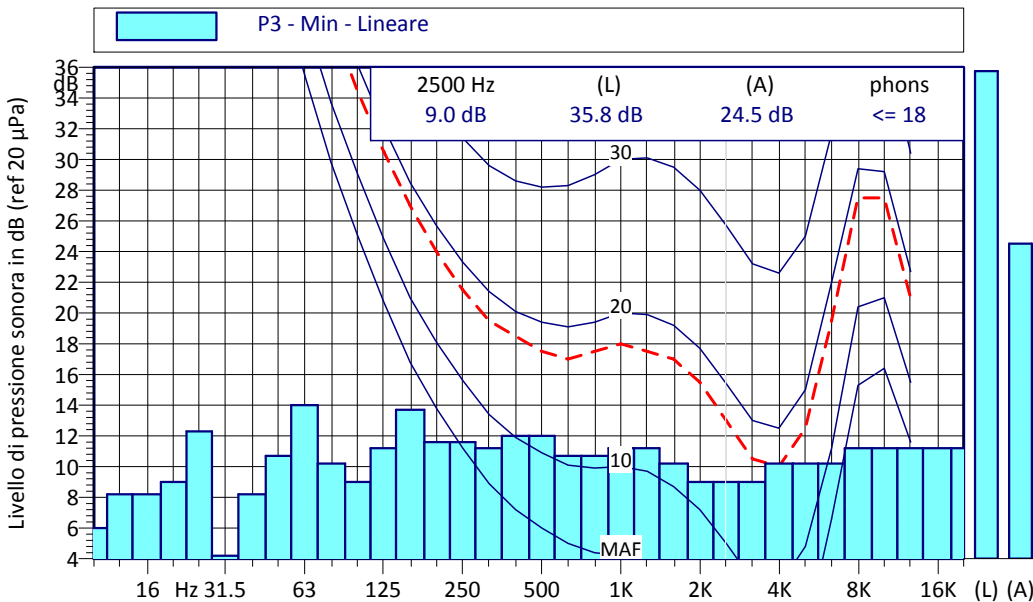
Curva cumulativa e distributiva dei livelli sonori



Spettro in frequenza della misura



Spettro dei minimi (ricerca componenti tonali)



P3 Min - Lineare			
Hz	dB	Hz	dB
10 Hz	6.0 dB	12.5 Hz	8.2 dB
16 Hz	8.2 dB	20 Hz	9.0 dB
25 Hz	12.3 dB	31.5 Hz	4.2 dB
40 Hz	8.2 dB	50 Hz	10.7 dB
63 Hz	14.0 dB	80 Hz	10.2 dB
100 Hz	9.0 dB	125 Hz	11.2 dB
160 Hz	13.7 dB	200 Hz	11.6 dB
250 Hz	11.6 dB	315 Hz	11.2 dB
400 Hz	12.0 dB	500 Hz	12.0 dB
630 Hz	10.7 dB	800 Hz	10.7 dB
1000 Hz	11.2 dB	1250 Hz	11.2 dB
1600 Hz	10.2 dB	2000 Hz	9.0 dB
2500 Hz	9.0 dB	3150 Hz	9.0 dB
4000 Hz	10.2 dB	5000 Hz	10.2 dB
6300 Hz	10.2 dB	8000 Hz	11.2 dB
10000 Hz	11.2 dB	12500 Hz	11.2 dB
16000 Hz	11.2 dB	20000 Hz	11.2 dB

Valori acustici principali [dB(A)]

Lmin(A): 27.3 Lmax(A): 68.9

Leq(A) : 43.7

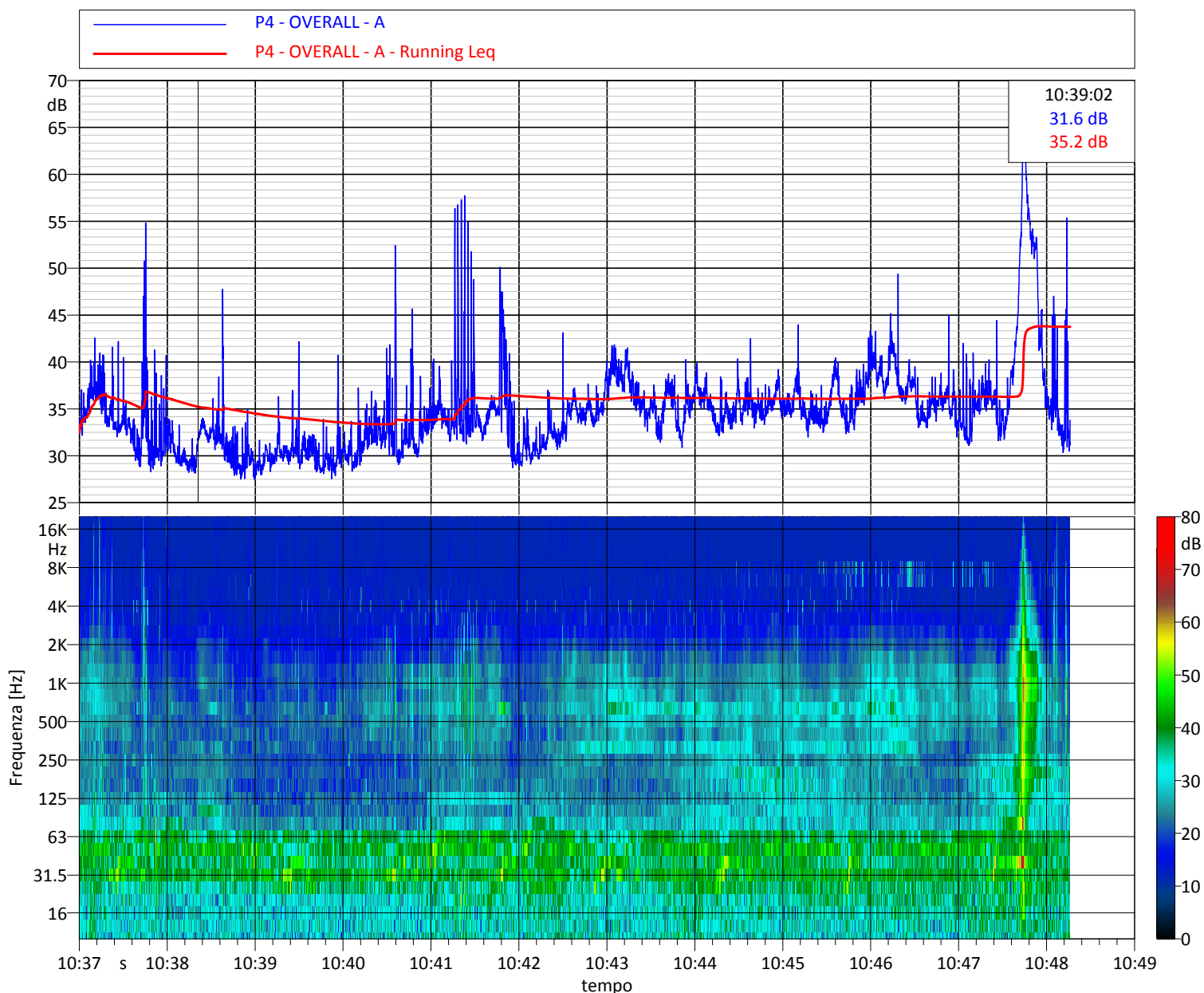
L1: 54.1 L5: 41.2 L10: 38.6

L50: 34.0 L90: 29.6 L95: 29.1 L99: 28.3

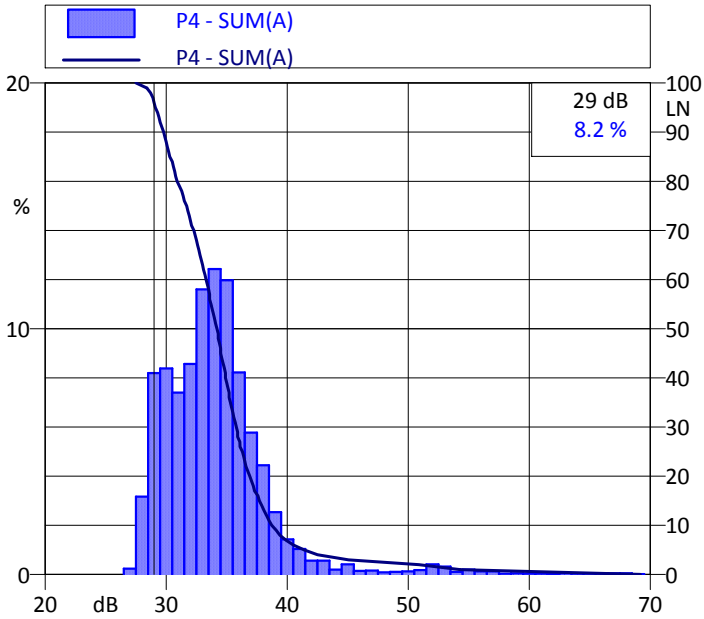
Note:

passaggi di auto, cantiere a distanza

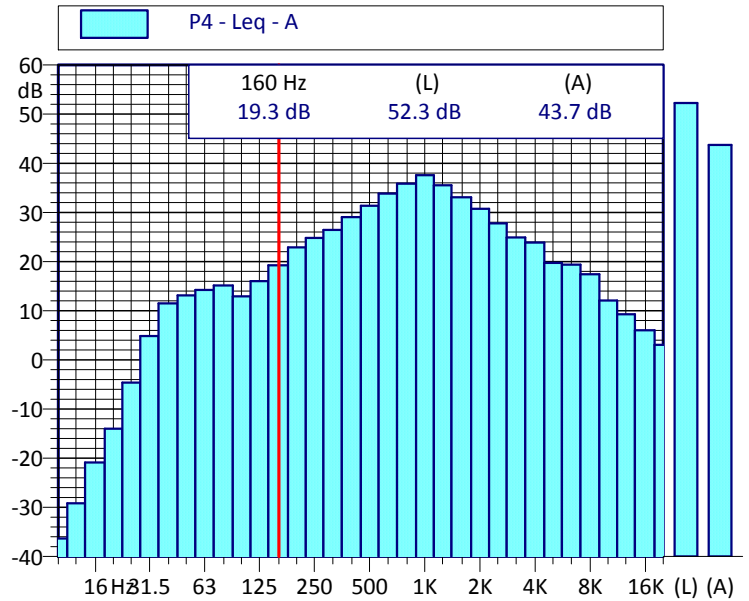
Andamento temporale dei livelli pesati A e dello spettro



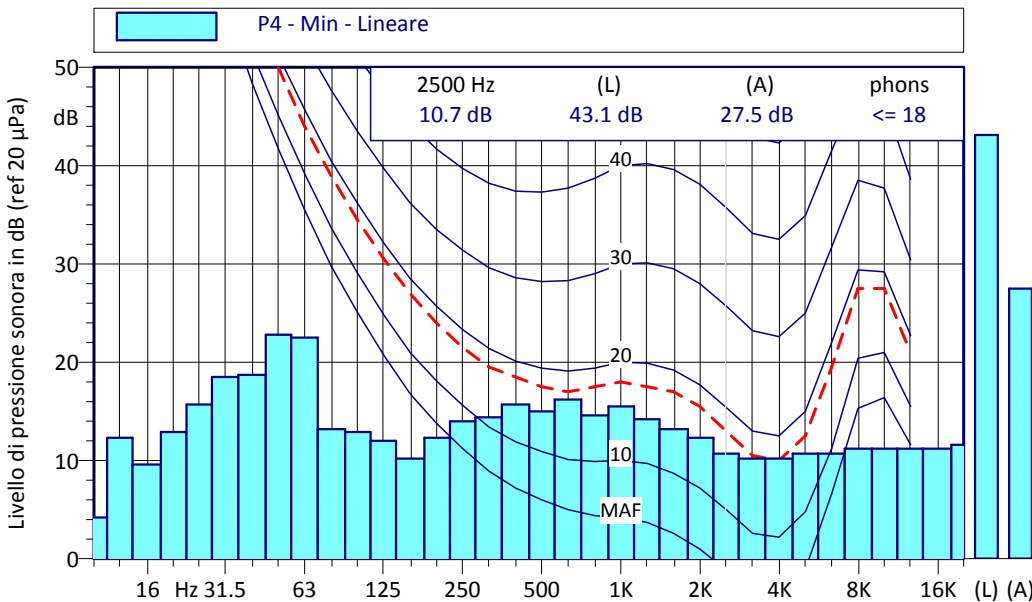
Curva cumulativa e distributiva dei livelli sonori



Spettro in frequenza della misura



Spettro dei minimi (ricerca componenti tonali)



P4 Min - Lineare			
Hz	dB	Hz	dB
10 Hz	4.2 dB	12.5 Hz	12.3 dB
16 Hz	9.6 dB	20 Hz	12.9 dB
25 Hz	15.7 dB	31.5 Hz	18.5 dB
40 Hz	18.7 dB	50 Hz	22.8 dB
63 Hz	22.5 dB	80 Hz	13.2 dB
100 Hz	12.9 dB	125 Hz	12.0 dB
160 Hz	10.2 dB	200 Hz	12.3 dB
250 Hz	14.0 dB	315 Hz	14.4 dB
400 Hz	15.7 dB	500 Hz	15.0 dB
630 Hz	16.2 dB	800 Hz	14.6 dB
1000 Hz	15.5 dB	1250 Hz	14.2 dB
1600 Hz	13.2 dB	2000 Hz	12.3 dB
2500 Hz	10.7 dB	3150 Hz	10.2 dB
4000 Hz	10.2 dB	5000 Hz	10.7 dB
6300 Hz	10.7 dB	8000 Hz	11.2 dB
10000 Hz	11.2 dB	12500 Hz	11.2 dB
16000 Hz	11.2 dB	20000 Hz	11.6 dB

Valori acustici principali [dB(A)]

Lmin(A): 29.9 Lmax(A): 61.7

Leq(A) : 37.5

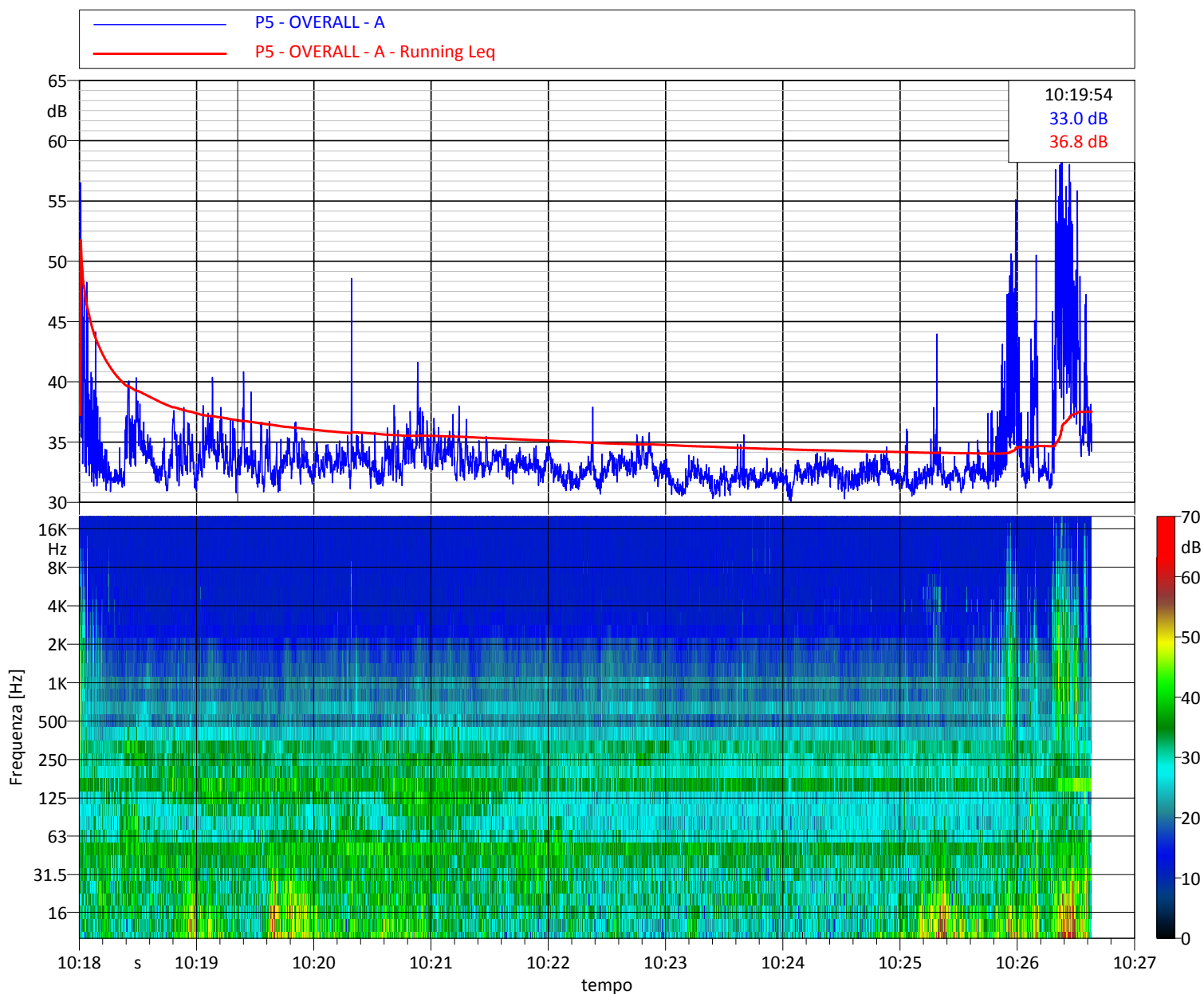
L1: 48.2 L5: 37.8 L10: 35.6

L50: 32.8 L90: 31.5 L95: 31.2 L99: 30.7

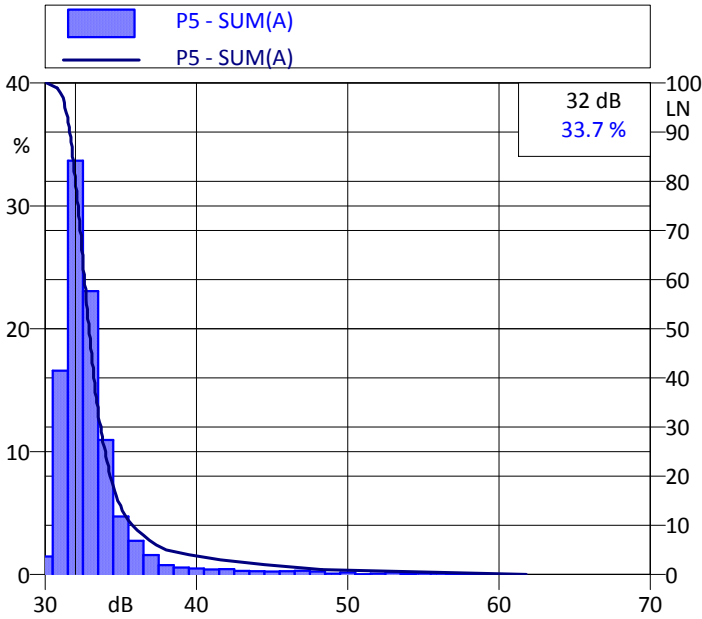
Note:

gregge di pecore, mezzi agricoli nei campi

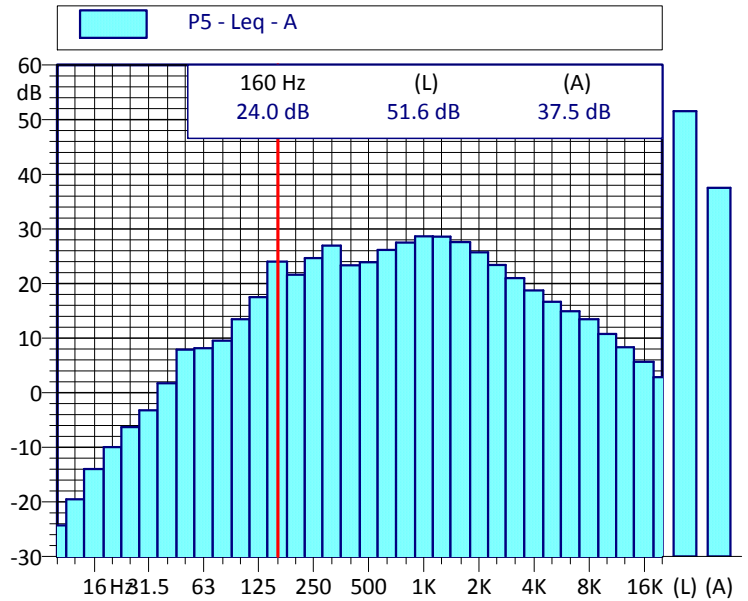
Andamento temporale dei livelli pesati A e dello spettro



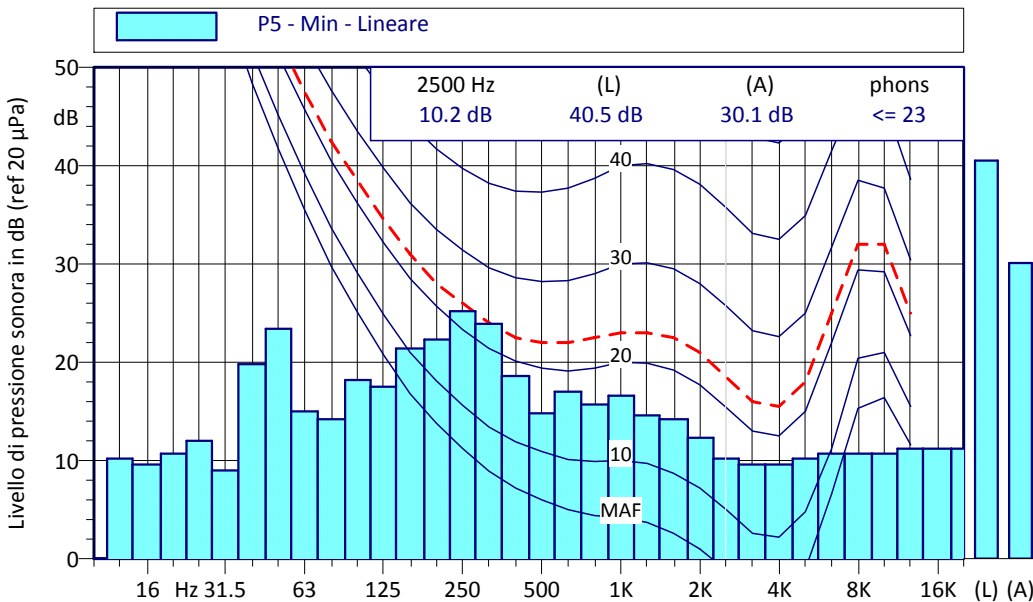
Curva cumulativa e distributiva dei livelli sonori



Spettro in frequenza della misura



Spettro dei minimi (ricerca componenti tonali)



P5 Min - Lineare			
Hz	dB	Hz	dB
10 Hz	0.0 dB	12.5 Hz	10.2 dB
16 Hz	9.6 dB	20 Hz	10.7 dB
25 Hz	12.0 dB	31.5 Hz	9.0 dB
40 Hz	19.8 dB	50 Hz	23.4 dB
63 Hz	15.0 dB	80 Hz	14.2 dB
100 Hz	18.2 dB	125 Hz	17.5 dB
160 Hz	21.4 dB	200 Hz	22.3 dB
250 Hz	25.2 dB	315 Hz	23.9 dB
400 Hz	18.6 dB	500 Hz	14.8 dB
630 Hz	17.0 dB	800 Hz	15.7 dB
1000 Hz	16.6 dB	1250 Hz	14.6 dB
1600 Hz	14.2 dB	2000 Hz	12.3 dB
2500 Hz	10.2 dB	3150 Hz	9.6 dB
4000 Hz	9.6 dB	5000 Hz	10.2 dB
6300 Hz	10.7 dB	8000 Hz	10.7 dB
10000 Hz	10.7 dB	12500 Hz	11.2 dB
16000 Hz	11.2 dB	20000 Hz	11.2 dB

Valori acustici principali [dB(A)]

Lmin(A): 24.7 Lmax(A): 77.5

Leq(A) : 54.9

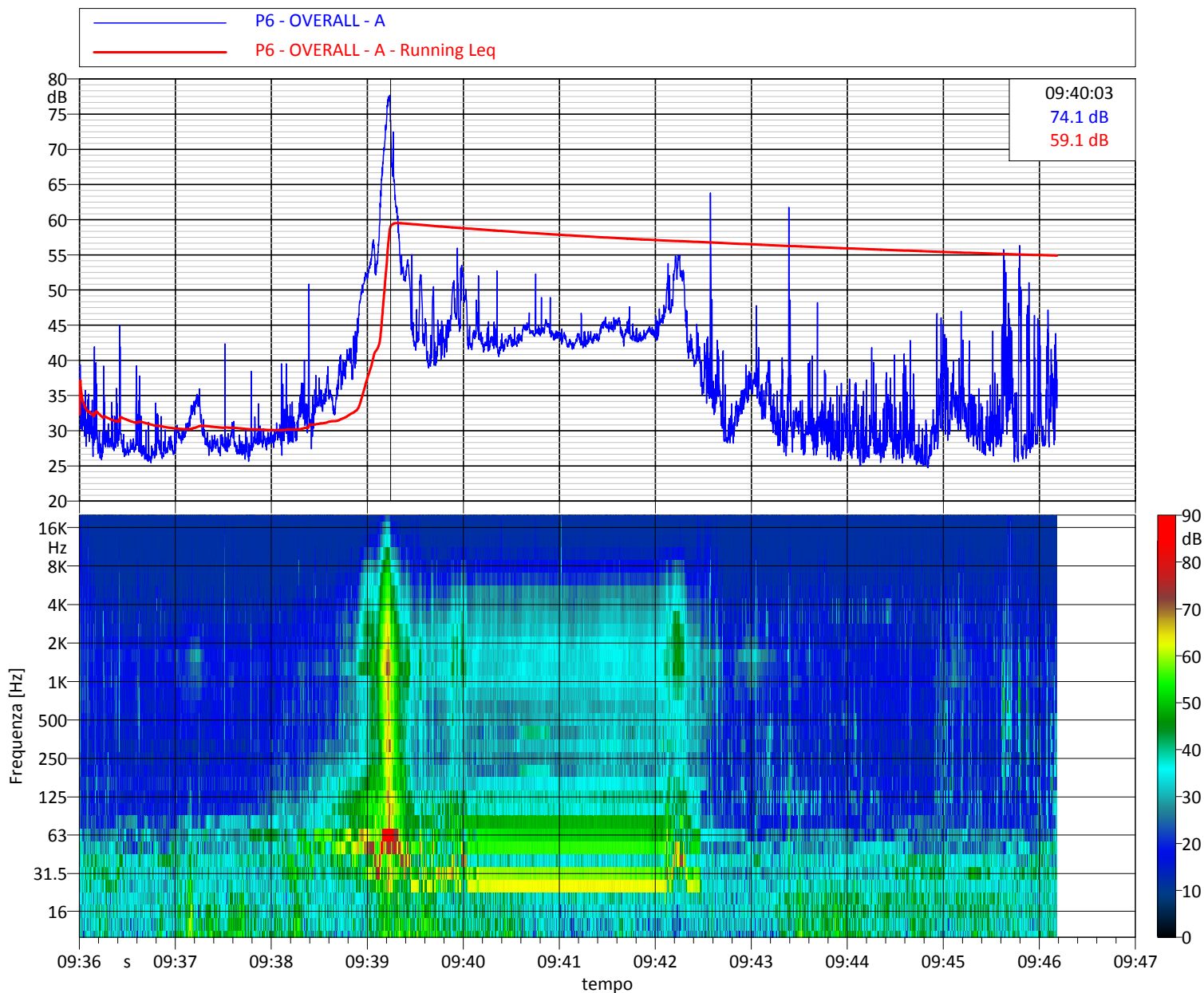
L1: 67.4 L5: 52.3 L10: 46.9

L50: 33.9 L90: 27.3 L95: 26.7 L99: 25.8

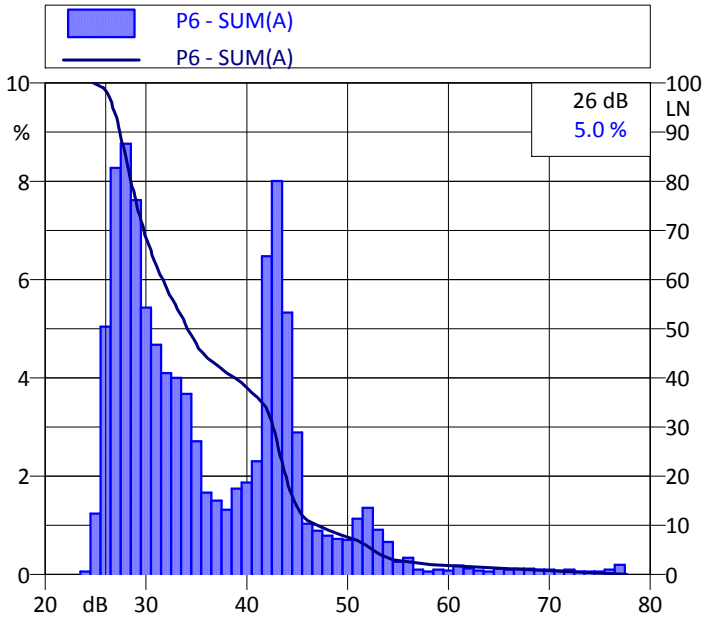
Note:

trattore, scarico materiali da mezzi agricoli

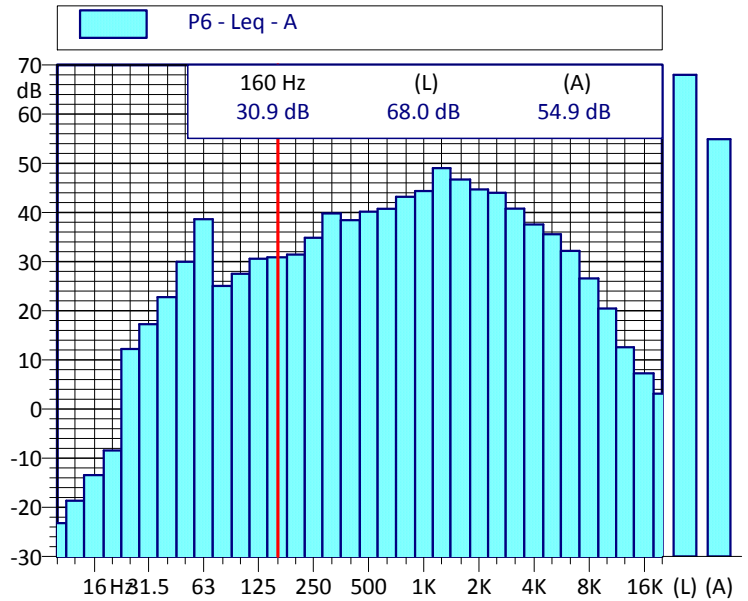
Andamento temporale dei livelli pesati A e dello spettro



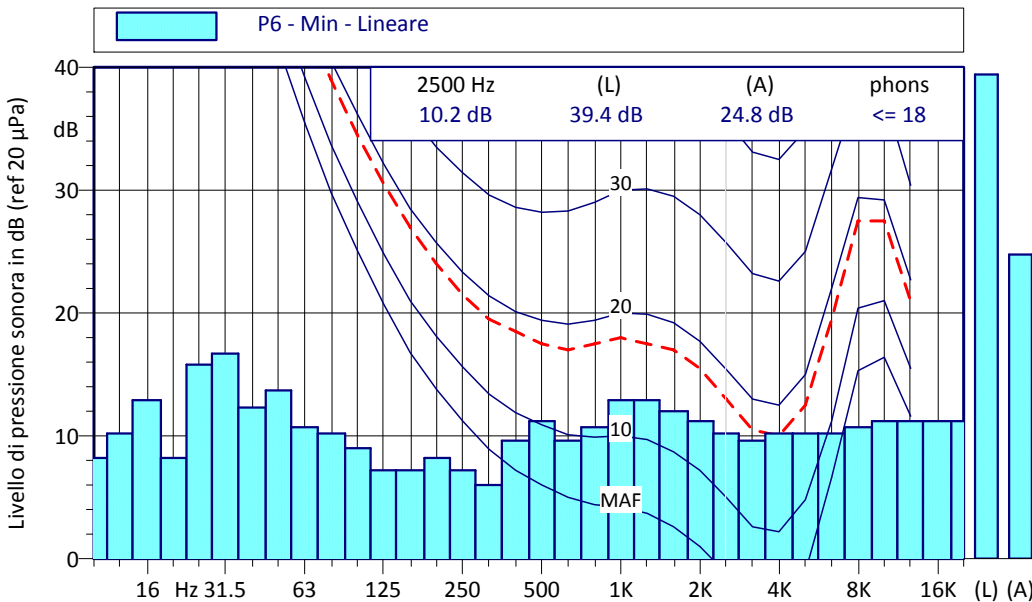
Curva cumulativa e distributiva dei livelli sonori



Spettro in frequenza della misura



Spettro dei minimi (ricerca componenti tonali)



P6 Min - Lineare			
Hz	dB	Hz	dB
10 Hz	8.2 dB	12.5 Hz	10.2 dB
16 Hz	12.9 dB	20 Hz	8.2 dB
25 Hz	15.8 dB	31.5 Hz	16.7 dB
40 Hz	12.3 dB	50 Hz	13.7 dB
63 Hz	10.7 dB	80 Hz	10.2 dB
100 Hz	9.0 dB	125 Hz	7.2 dB
160 Hz	7.2 dB	200 Hz	8.2 dB
250 Hz	7.2 dB	315 Hz	6.0 dB
400 Hz	9.6 dB	500 Hz	11.2 dB
630 Hz	9.6 dB	800 Hz	10.7 dB
1000 Hz	12.9 dB	1250 Hz	12.9 dB
1600 Hz	12.0 dB	2000 Hz	11.2 dB
2500 Hz	10.2 dB	3150 Hz	9.6 dB
4000 Hz	10.2 dB	5000 Hz	10.2 dB
6300 Hz	10.2 dB	8000 Hz	10.7 dB
10000 Hz	11.2 dB	12500 Hz	11.2 dB
16000 Hz	11.2 dB	20000 Hz	11.2 dB

Valori acustici principali [dB(A)]

Lmin(A): 23.0 Lmax(A): 72.6

Leq(A) : 48.0

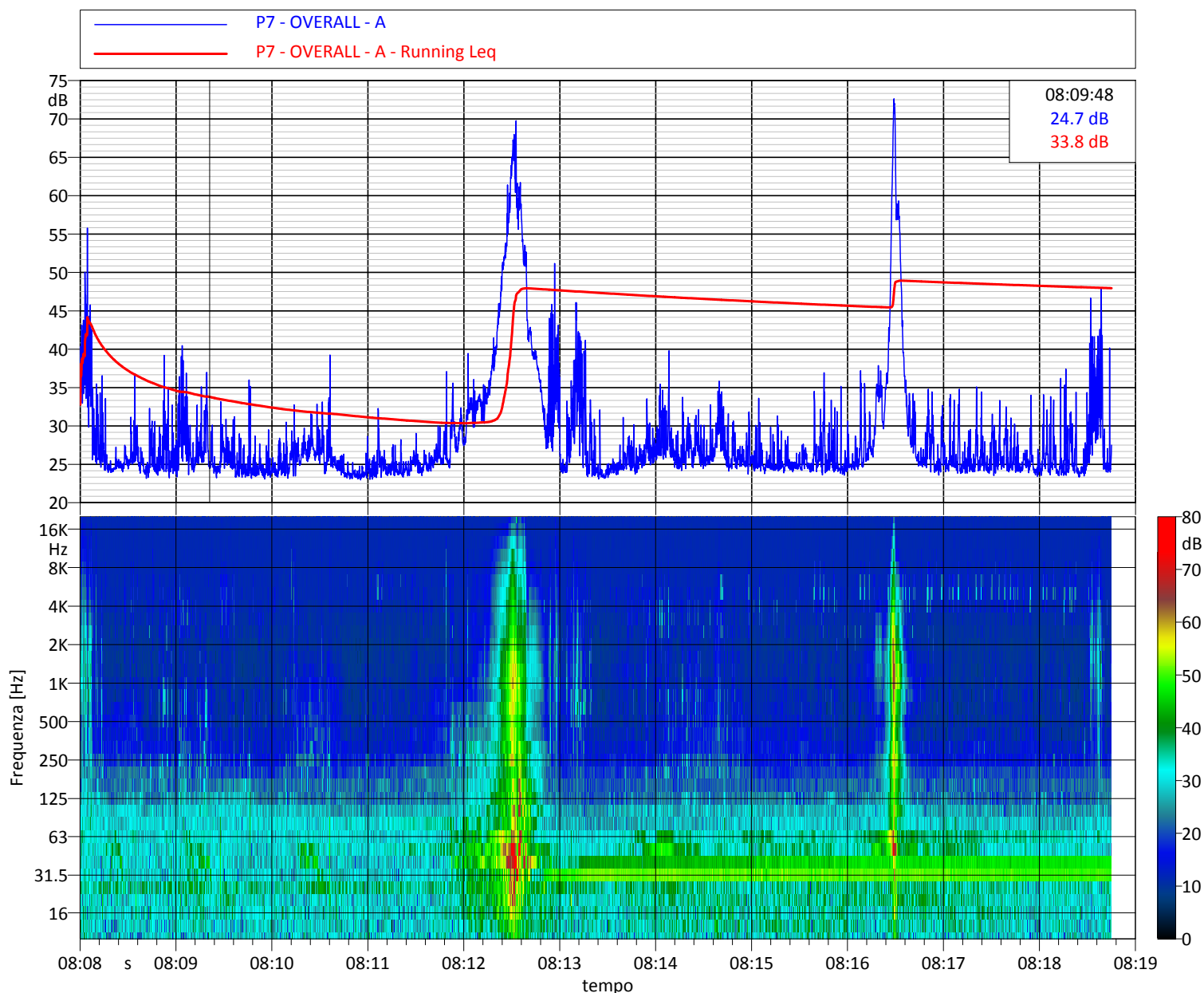
L1: 60.8 L5: 42.2 L10: 35.0

L50: 25.7 L90: 24.1 L95: 23.8 L99: 23.4

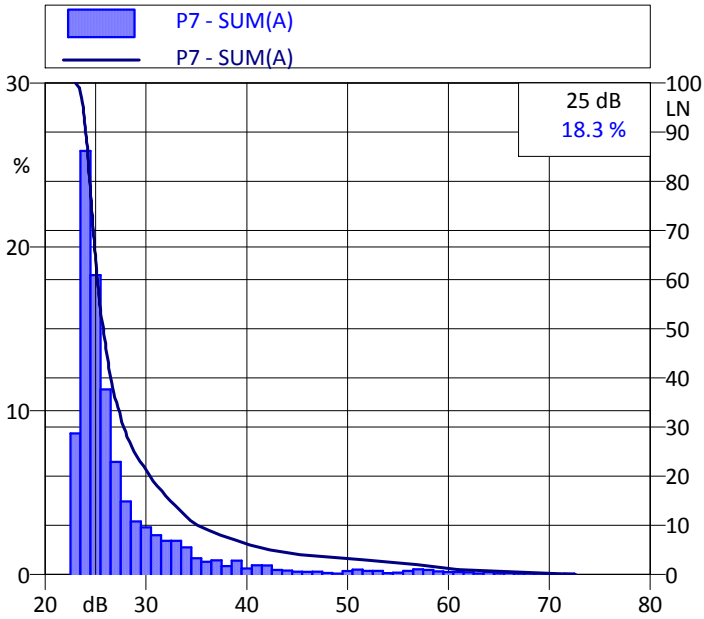
Note:

passaggi auto

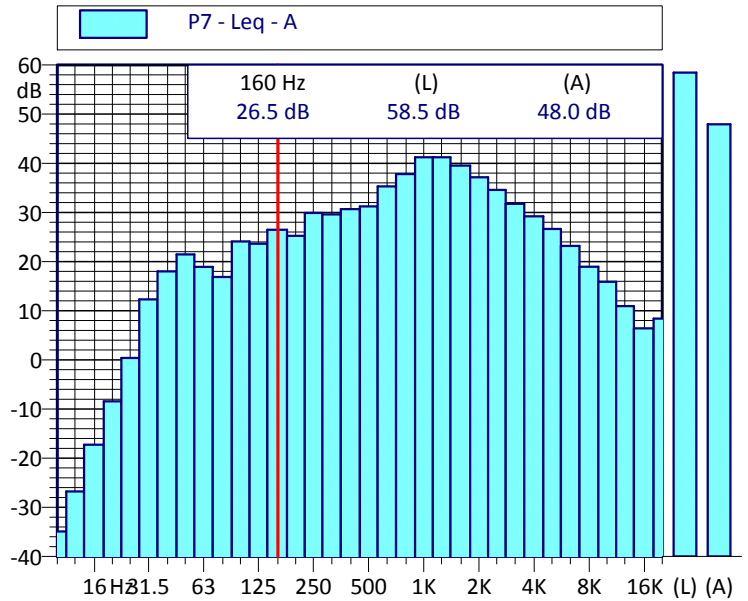
Andamento temporale dei livelli pesati A e dello spettro



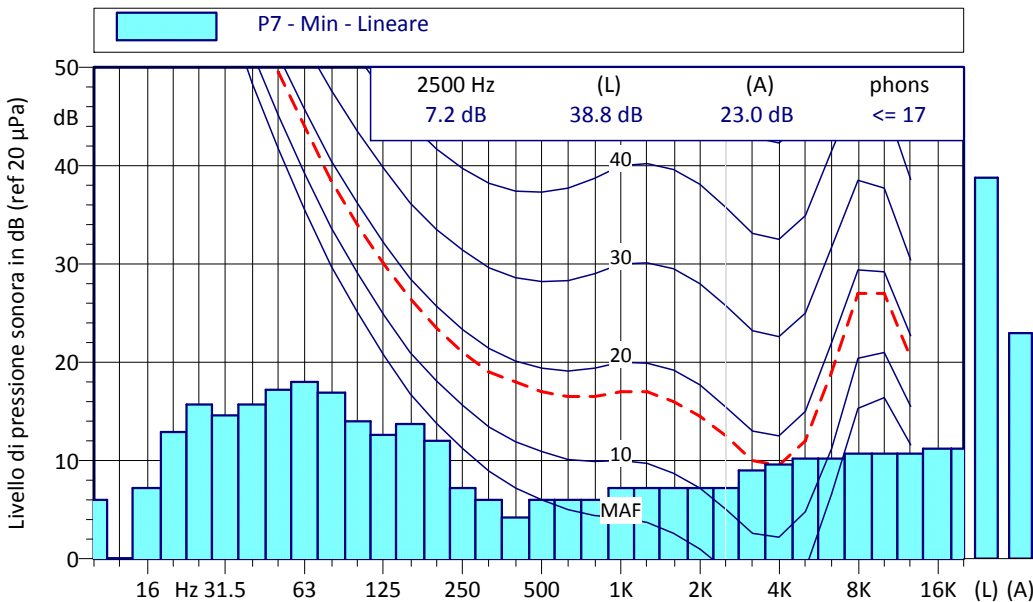
Curva cumulativa e distributiva dei livelli sonori



Spettro in frequenza della misura



Spettro dei minimi (ricerca componenti tonali)



P7 Min - Lineare			
Hz	dB	Hz	dB
10 Hz	6.0 dB	12.5 Hz	0.0 dB
16 Hz	7.2 dB	20 Hz	12.9 dB
25 Hz	15.7 dB	31.5 Hz	14.6 dB
40 Hz	15.7 dB	50 Hz	17.2 dB
63 Hz	18.0 dB	80 Hz	16.9 dB
100 Hz	14.0 dB	125 Hz	12.6 dB
160 Hz	13.7 dB	200 Hz	12.0 dB
250 Hz	7.2 dB	315 Hz	6.0 dB
400 Hz	4.2 dB	500 Hz	6.0 dB
630 Hz	6.0 dB	800 Hz	6.0 dB
1000 Hz	7.2 dB	1250 Hz	7.2 dB
1600 Hz	7.2 dB	2000 Hz	7.2 dB
2500 Hz	7.2 dB	3150 Hz	9.0 dB
4000 Hz	9.6 dB	5000 Hz	10.2 dB
6300 Hz	10.2 dB	8000 Hz	10.7 dB
10000 Hz	10.7 dB	12500 Hz	10.7 dB
16000 Hz	11.2 dB	20000 Hz	11.2 dB

Valori acustici principali [dB(A)]

Lmin(A): 27.7 Lmax(A): 46.1

Leq(A) : 32.7

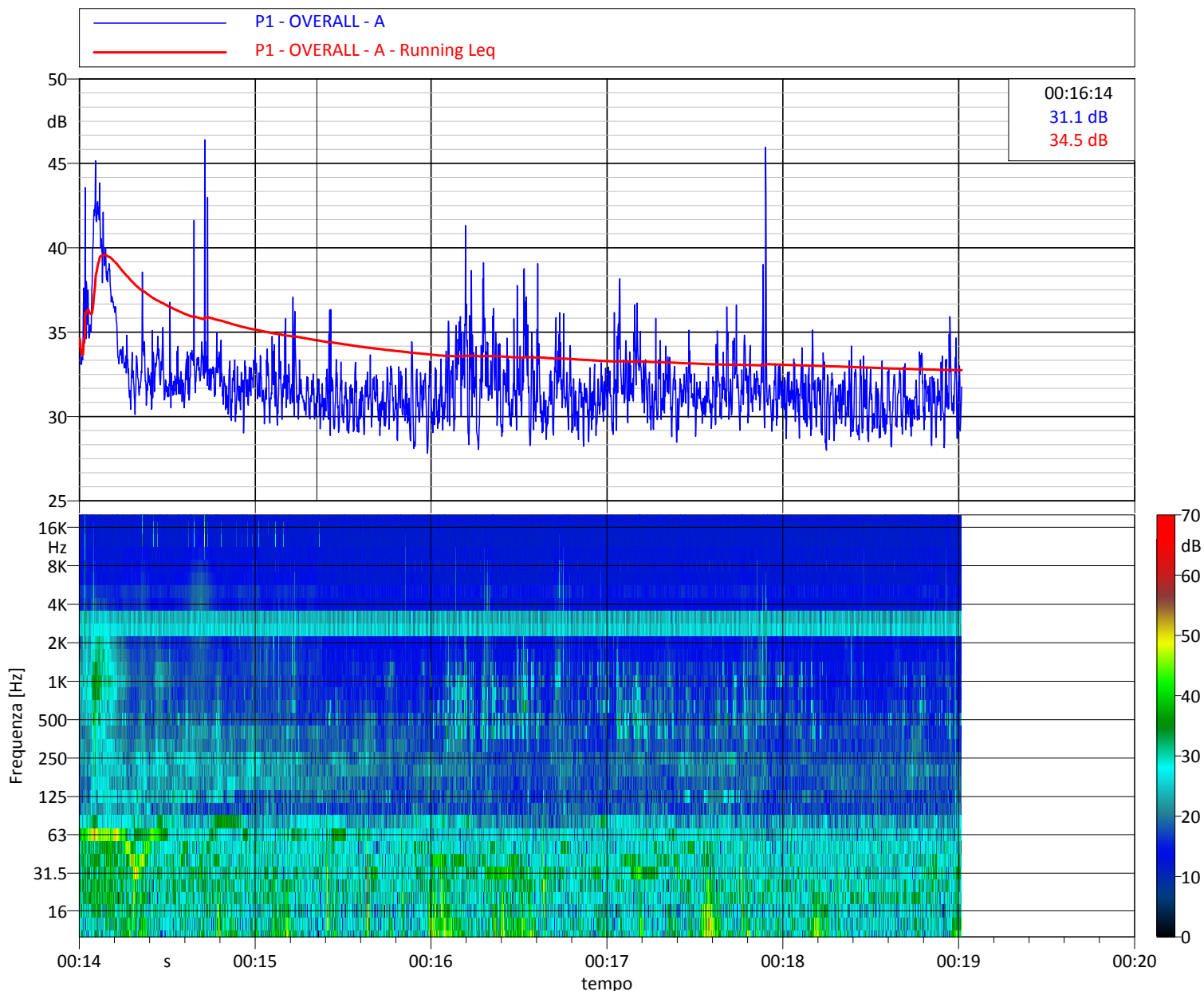
L1: 41.1 L5: 35.7 L10: 33.9

L50: 31.4 L90: 29.5 L95: 29.1 L99: 28.5

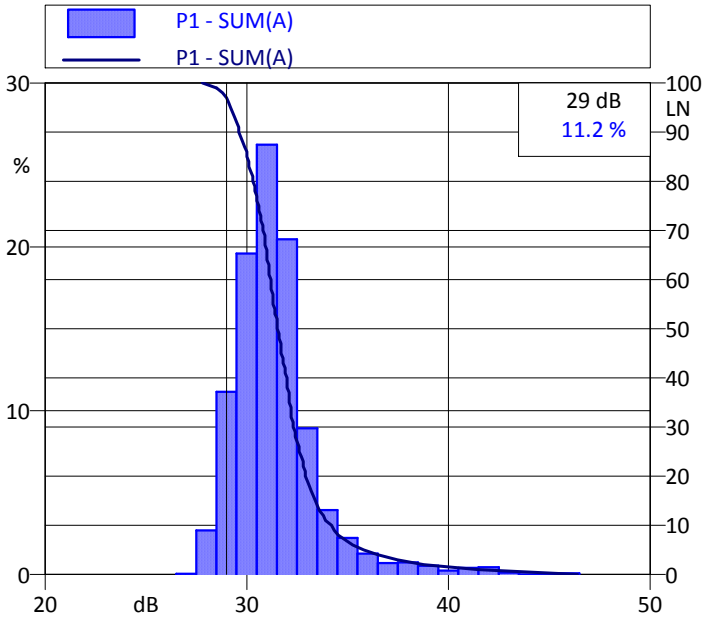
Note:

-

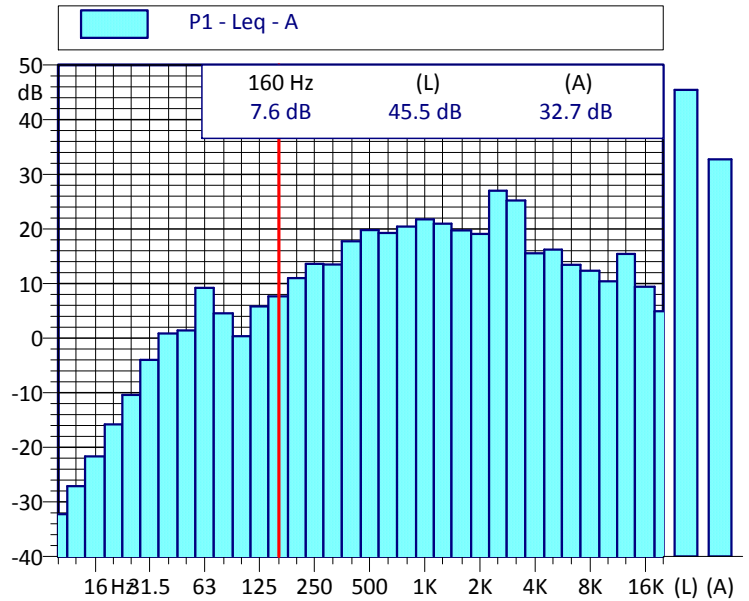
Andamento temporale dei livelli pesati A e dello spettro



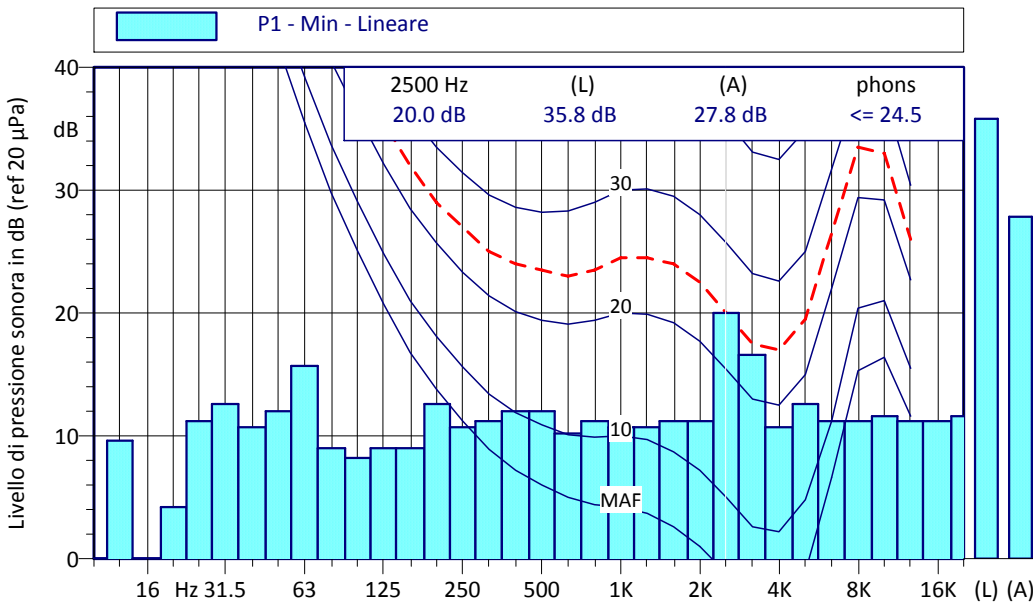
Curva cumulativa e distributiva dei livelli sonori



Spettro in frequenza della misura



Spettro dei minimi (ricerca componenti tonali)



P1 Min - Lineare			
Hz	dB	Hz	dB
10 Hz	0.0 dB	12.5 Hz	9.6 dB
16 Hz	0.0 dB	20 Hz	4.2 dB
25 Hz	11.2 dB	31.5 Hz	12.6 dB
40 Hz	10.7 dB	50 Hz	12.0 dB
63 Hz	15.7 dB	80 Hz	9.0 dB
100 Hz	8.2 dB	125 Hz	9.0 dB
160 Hz	9.0 dB	200 Hz	12.6 dB
250 Hz	10.7 dB	315 Hz	11.2 dB
400 Hz	12.0 dB	500 Hz	12.0 dB
630 Hz	10.2 dB	800 Hz	11.2 dB
1000 Hz	10.7 dB	1250 Hz	10.7 dB
1600 Hz	11.2 dB	2000 Hz	11.2 dB
2500 Hz	20.0 dB	3150 Hz	16.6 dB
4000 Hz	10.7 dB	5000 Hz	12.6 dB
6300 Hz	11.2 dB	8000 Hz	11.2 dB
10000 Hz	11.6 dB	12500 Hz	11.2 dB
16000 Hz	11.2 dB	20000 Hz	11.6 dB

Valori acustici principali [dB(A)]

Lmin(A): 27.3 Lmax(A): 50.7

Leq(A) : 36.1

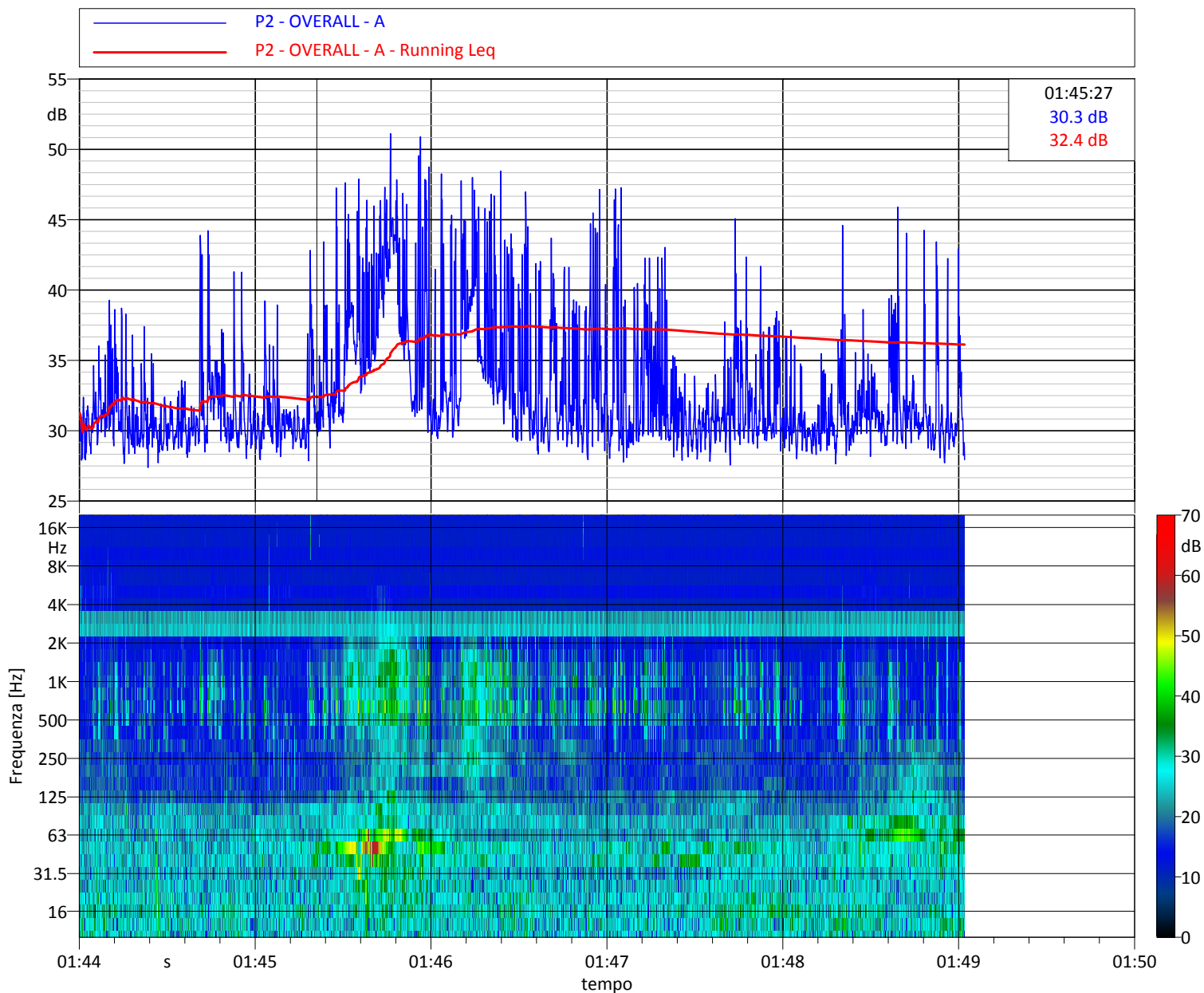
L1: 46.7 L5: 42.5 L10: 39.3

L50: 31.2 L90: 29.1 L95: 28.7 L99: 28.0

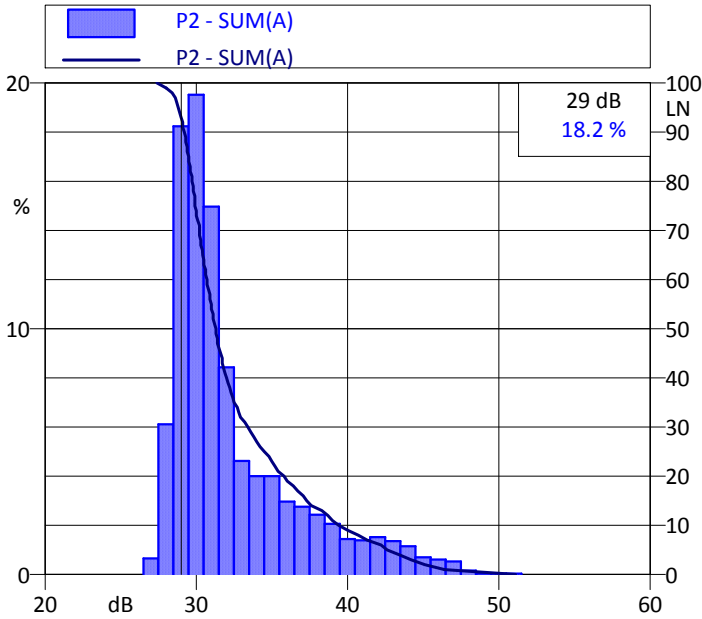
Note:

passaggi di auto in lontananza, cani

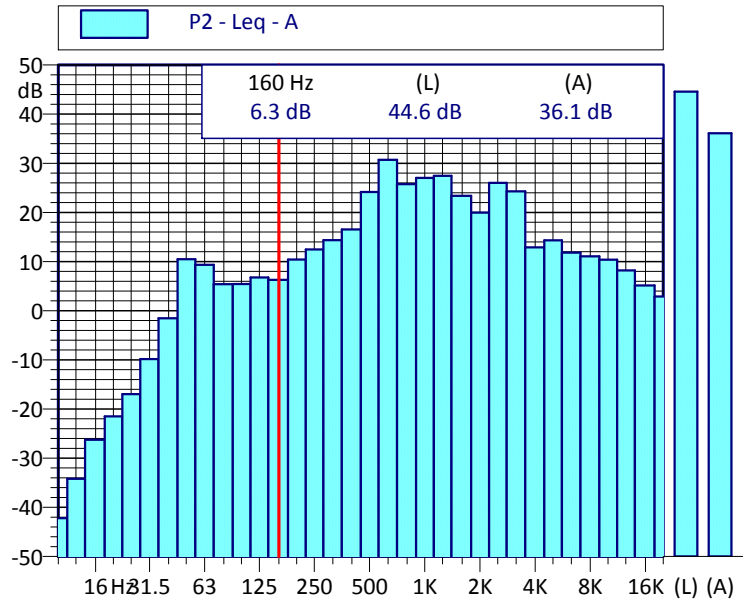
Andamento temporale dei livelli pesati A e dello spettro



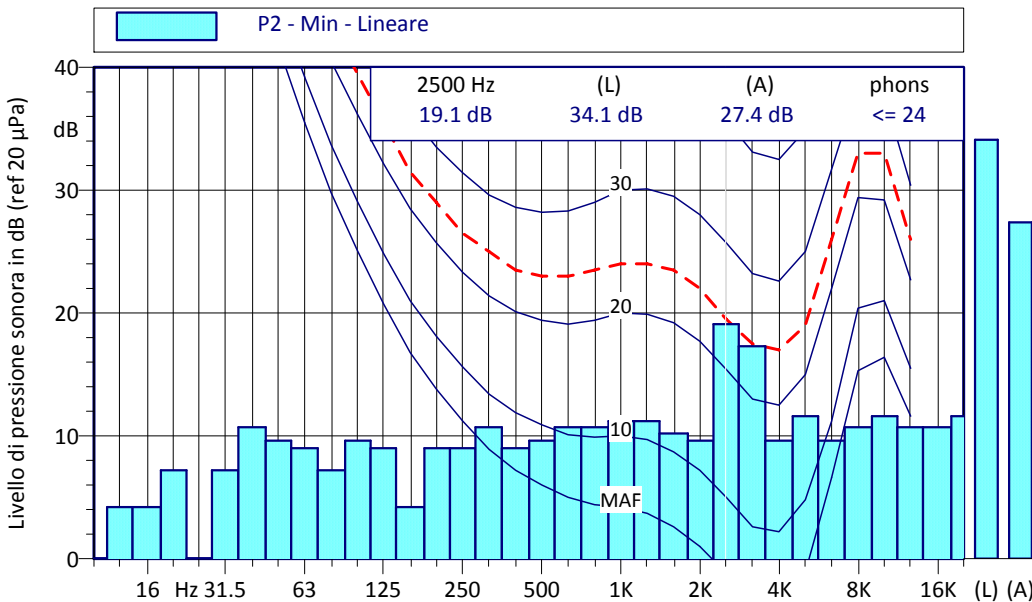
Curva cumulativa e distributiva dei livelli sonori



Spettro in frequenza della misura



Spettro dei minimi (ricerca componenti tonali)



P2 Min - Lineare			
Hz	dB	Hz	dB
10 Hz	0.0 dB	12.5 Hz	4.2 dB
16 Hz	4.2 dB	20 Hz	7.2 dB
25 Hz	0.0 dB	31.5 Hz	7.2 dB
40 Hz	10.7 dB	50 Hz	9.6 dB
63 Hz	9.0 dB	80 Hz	7.2 dB
100 Hz	9.6 dB	125 Hz	9.0 dB
160 Hz	4.2 dB	200 Hz	9.0 dB
250 Hz	9.0 dB	315 Hz	10.7 dB
400 Hz	9.0 dB	500 Hz	9.6 dB
630 Hz	10.7 dB	800 Hz	10.7 dB
1000 Hz	11.2 dB	1250 Hz	11.2 dB
1600 Hz	10.2 dB	2000 Hz	9.6 dB
2500 Hz	19.1 dB	3150 Hz	17.3 dB
4000 Hz	9.6 dB	5000 Hz	11.6 dB
6300 Hz	9.6 dB	8000 Hz	10.7 dB
10000 Hz	11.6 dB	12500 Hz	10.7 dB
16000 Hz	10.7 dB	20000 Hz	11.6 dB

Valori acustici principali [dB(A)]

Lmin(A): 26.7 Lmax(A): 57.4

Leq(A) : 37.5

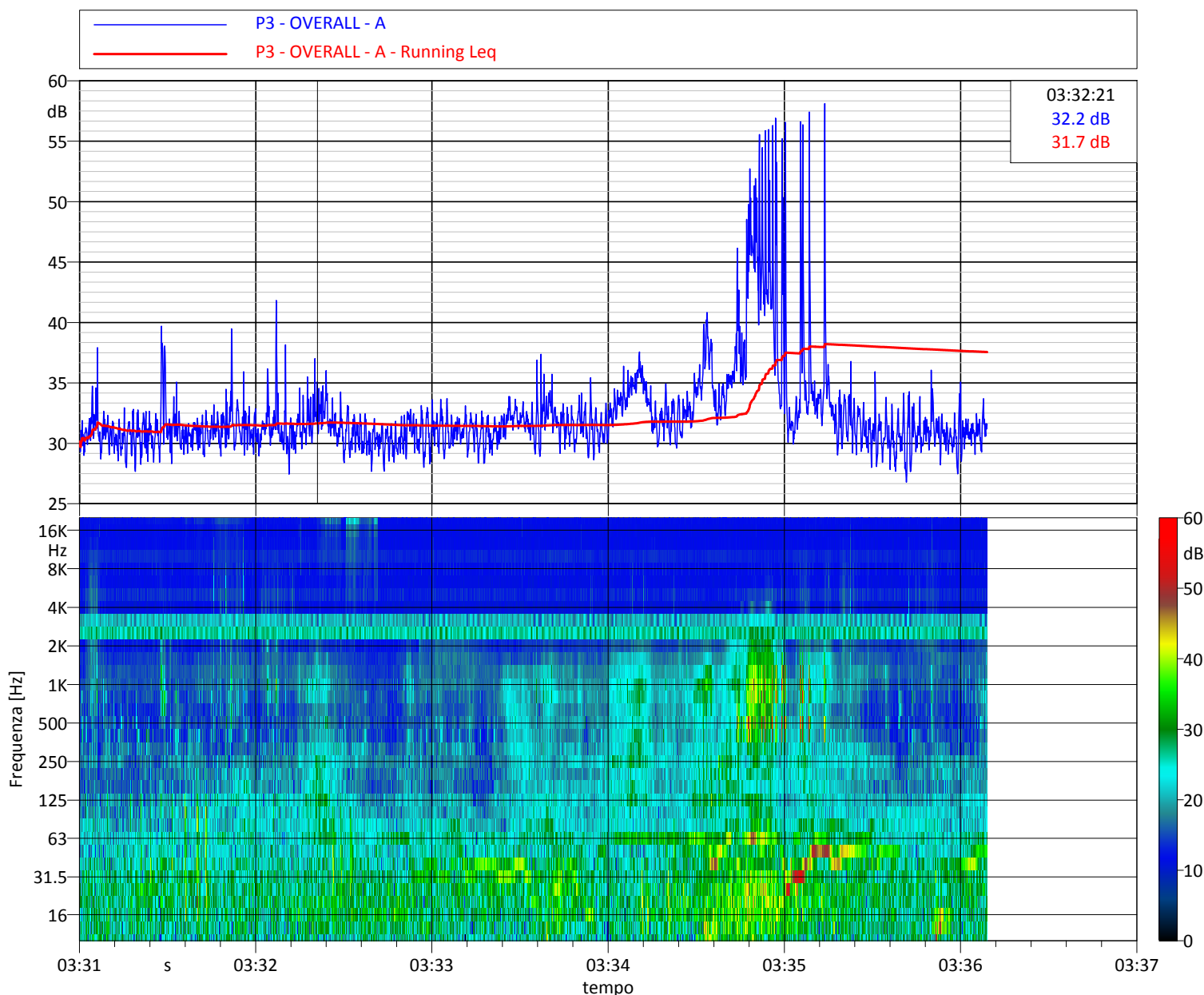
L1: 50.4 L5: 38.5 L10: 35.1

L50: 31.3 L90: 29.4 L95: 29.0 L99: 28.0

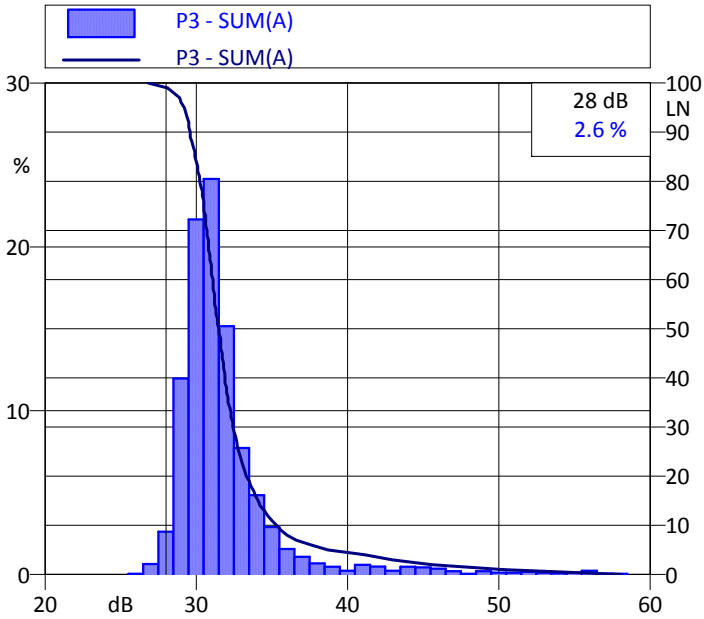
Note:

cani, auto, grilli

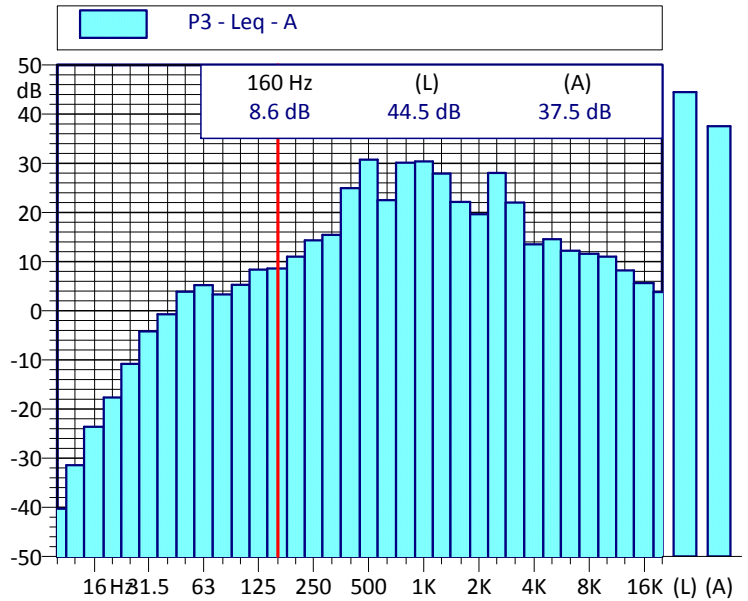
Andamento temporale dei livelli pesati A e dello spettro



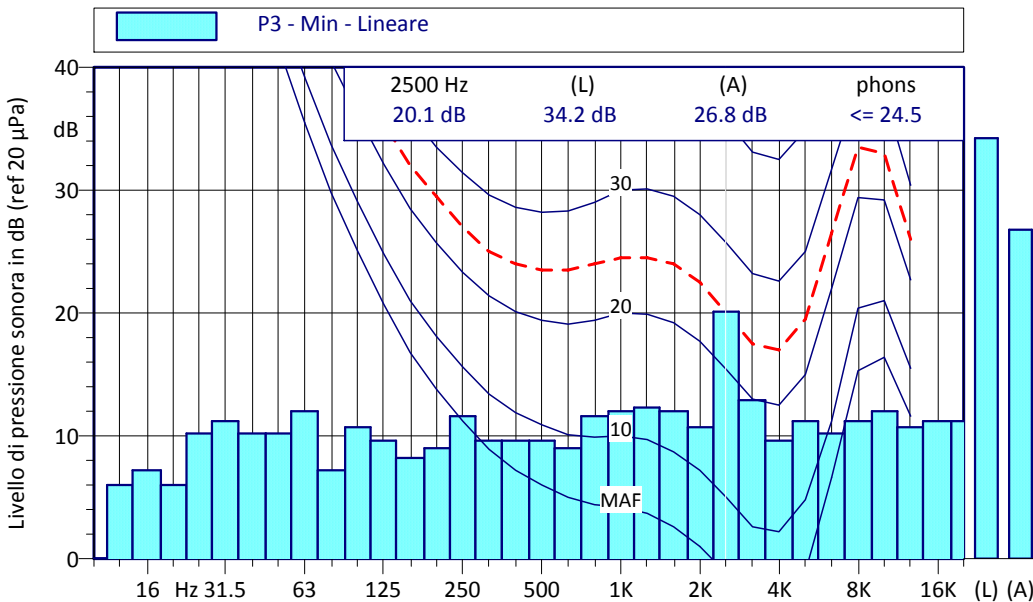
Curva cumulativa e distributiva dei livelli sonori



Spettro in frequenza della misura



Spettro dei minimi (ricerca componenti tonali)



P3 Min - Lineare			
Hz	dB	Hz	dB
10 Hz	0.0 dB	12.5 Hz	6.0 dB
16 Hz	7.2 dB	20 Hz	6.0 dB
25 Hz	10.2 dB	31.5 Hz	11.2 dB
40 Hz	10.2 dB	50 Hz	10.2 dB
63 Hz	12.0 dB	80 Hz	7.2 dB
100 Hz	10.7 dB	125 Hz	9.6 dB
160 Hz	8.2 dB	200 Hz	9.0 dB
250 Hz	11.6 dB	315 Hz	9.6 dB
400 Hz	9.6 dB	500 Hz	9.6 dB
630 Hz	9.0 dB	800 Hz	11.6 dB
1000 Hz	12.0 dB	1250 Hz	12.3 dB
1600 Hz	12.0 dB	2000 Hz	10.7 dB
2500 Hz	20.1 dB	3150 Hz	12.9 dB
4000 Hz	9.6 dB	5000 Hz	11.2 dB
6300 Hz	10.2 dB	8000 Hz	11.2 dB
10000 Hz	12.0 dB	12500 Hz	10.7 dB
16000 Hz	11.2 dB	20000 Hz	11.2 dB

Valori acustici principali [dB(A)]

Lmin(A): 26.7 Lmax(A): 48.8

Leq(A) : 35.6

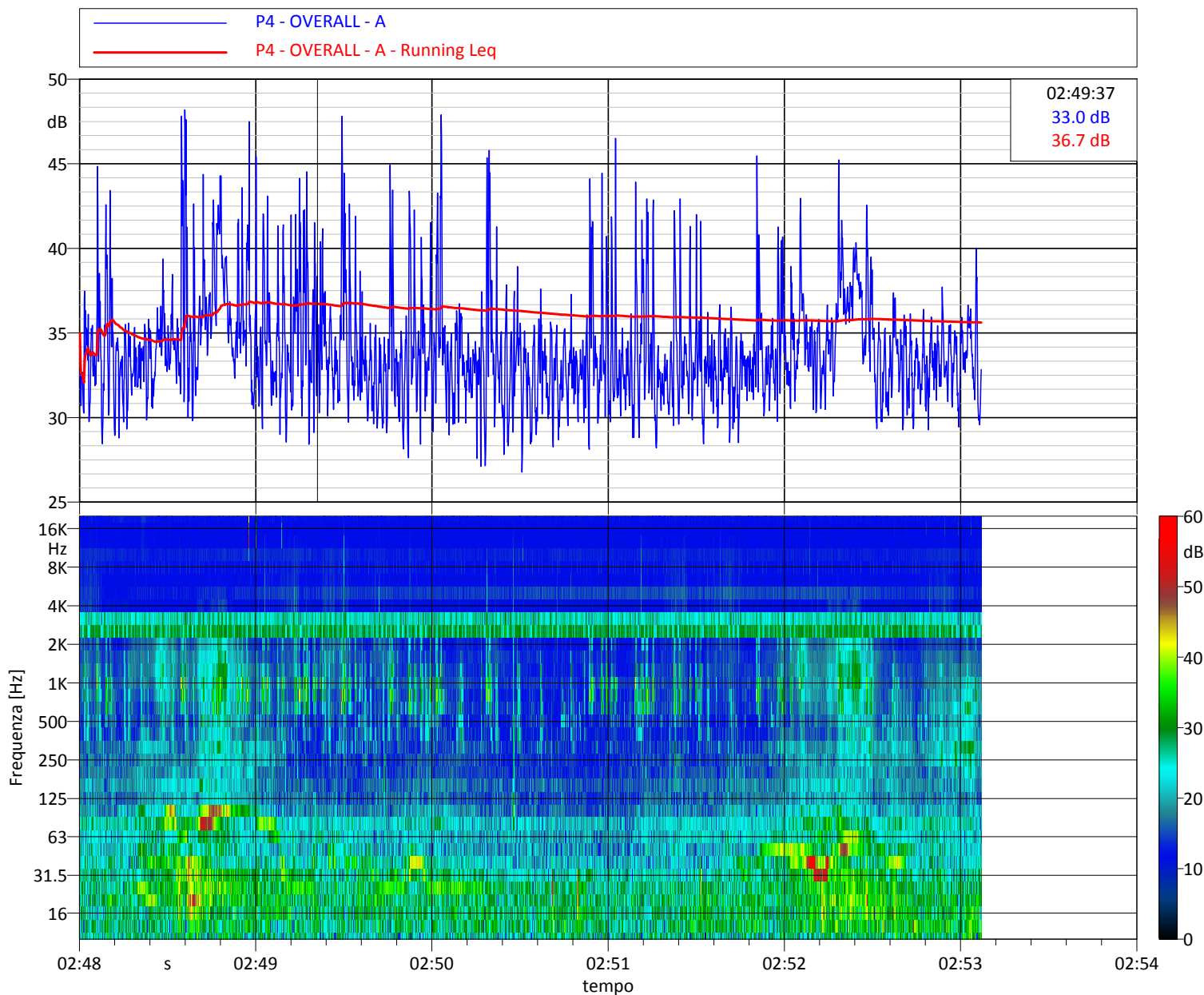
L1: 44.1 L5: 40.3 L10: 38.2

L50: 33.4 L90: 30.5 L95: 29.7 L99: 28.4

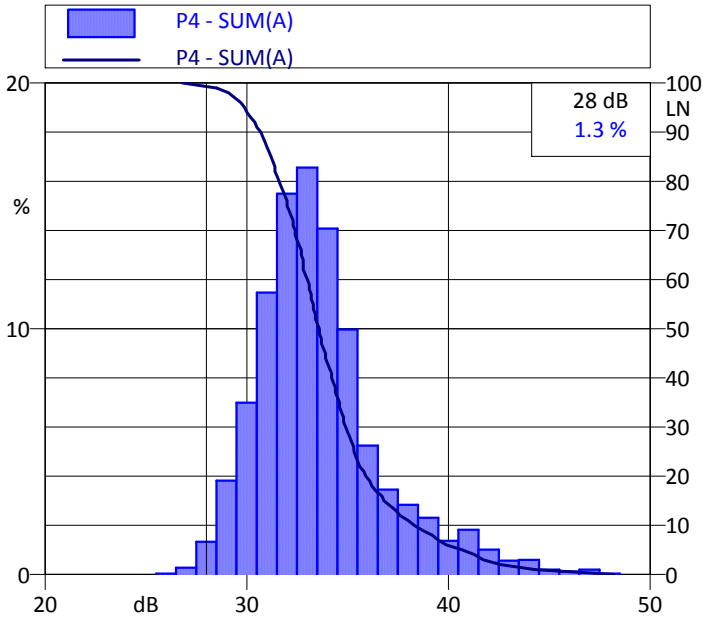
Note:

cani

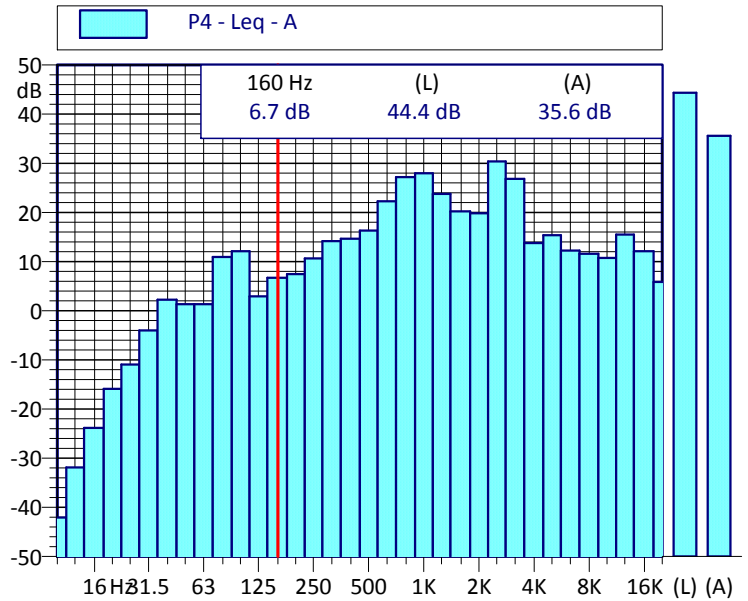
Andamento temporale dei livelli pesati A e dello spettro



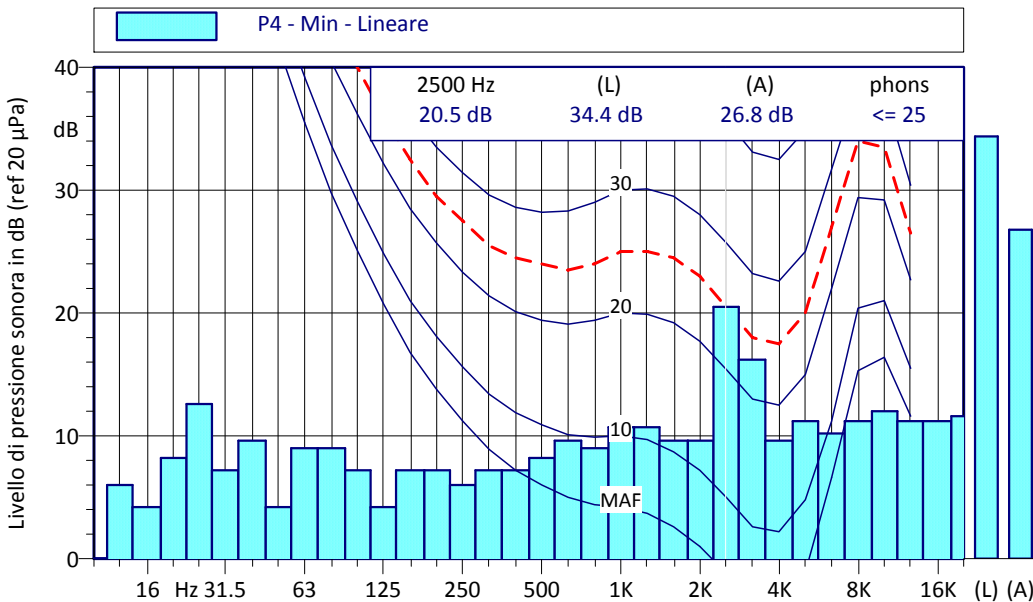
Curva cumulativa e distributiva dei livelli sonori



Spettro in frequenza della misura



Spettro dei minimi (ricerca componenti tonali)



P4 Min - Lineare			
Hz	dB	Hz	dB
10 Hz	0.0 dB	12.5 Hz	6.0 dB
16 Hz	4.2 dB	20 Hz	8.2 dB
25 Hz	12.6 dB	31.5 Hz	7.2 dB
40 Hz	9.6 dB	50 Hz	4.2 dB
63 Hz	9.0 dB	80 Hz	9.0 dB
100 Hz	7.2 dB	125 Hz	4.2 dB
160 Hz	7.2 dB	200 Hz	7.2 dB
250 Hz	6.0 dB	315 Hz	7.2 dB
400 Hz	7.2 dB	500 Hz	8.2 dB
630 Hz	9.6 dB	800 Hz	9.0 dB
1000 Hz	10.7 dB	1250 Hz	10.7 dB
1600 Hz	9.6 dB	2000 Hz	9.6 dB
2500 Hz	20.5 dB	3150 Hz	16.2 dB
4000 Hz	9.6 dB	5000 Hz	11.2 dB
6300 Hz	10.2 dB	8000 Hz	11.2 dB
10000 Hz	12.0 dB	12500 Hz	11.2 dB
16000 Hz	11.2 dB	20000 Hz	11.6 dB

Valori acustici principali [dB(A)]

Lmin(A): 28.0 Lmax(A): 50.3

Leq(A) : 37.5

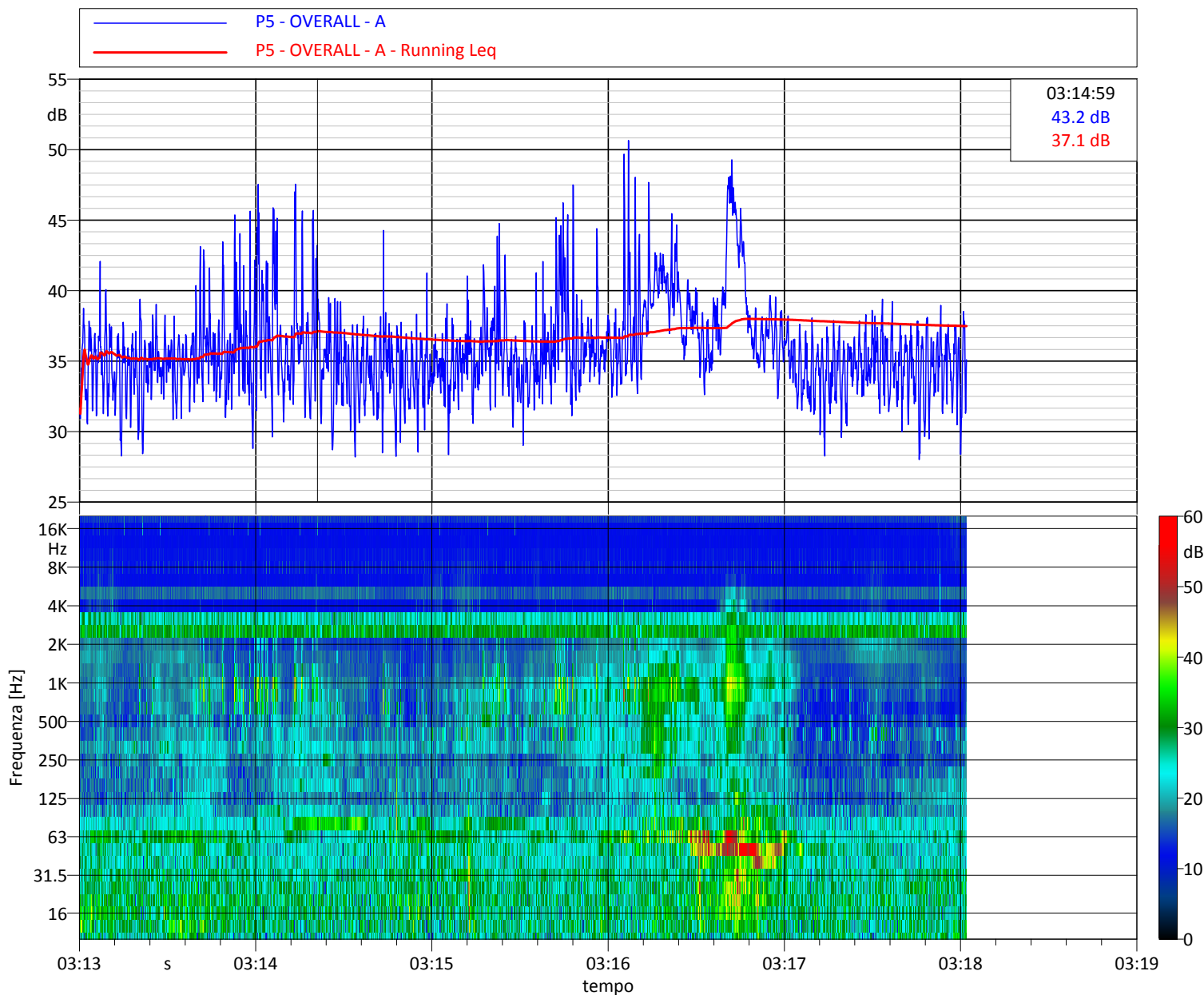
L1: 46.7 L5: 42.2 L10: 39.6

L50: 35.3 L90: 32.1 L95: 31.2 L99: 29.2

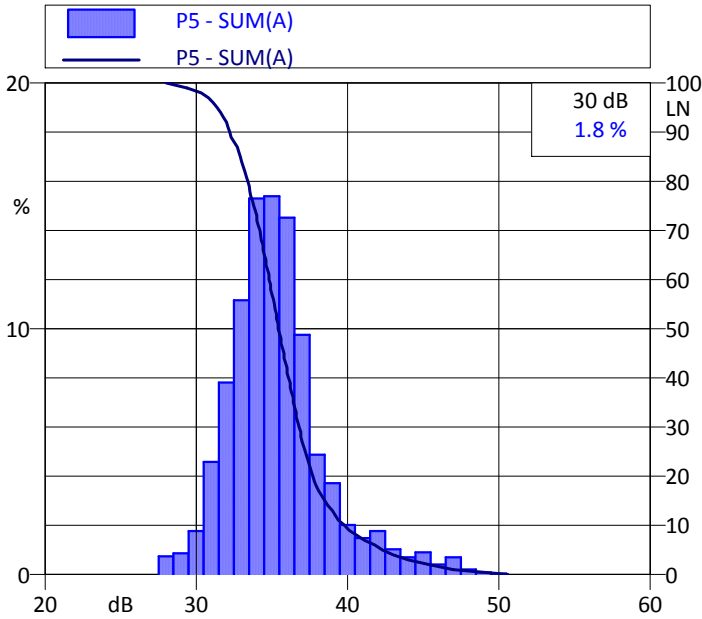
Note:

grilli, auto

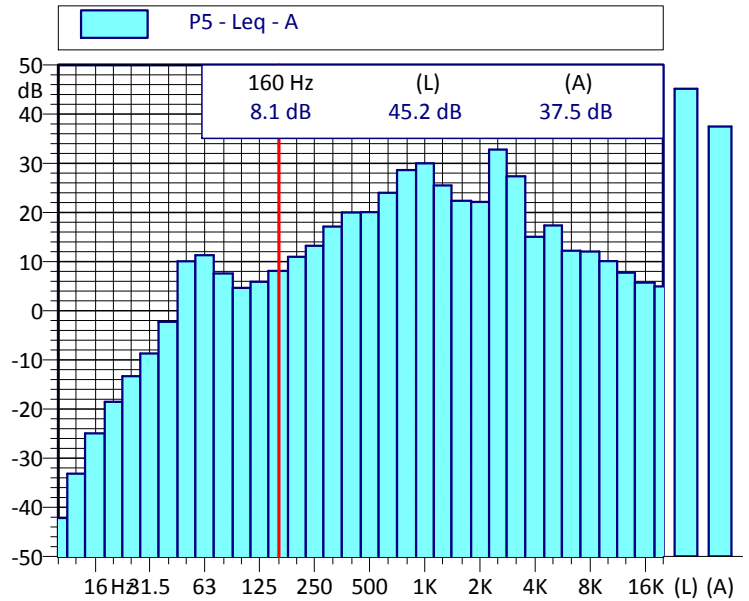
Andamento temporale dei livelli pesati A e dello spettro



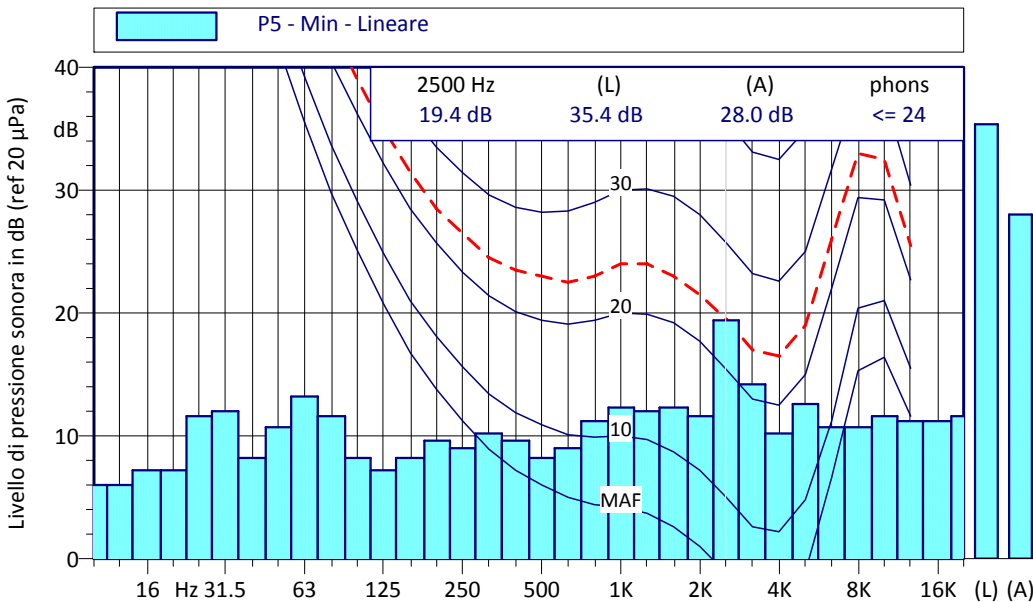
Curva cumulativa e distributiva dei livelli sonori



Spettro in frequenza della misura



Spettro dei minimi (ricerca componenti tonali)



P5 Min - Lineare			
Hz	dB	Hz	dB
10 Hz	6.0 dB	12.5 Hz	6.0 dB
16 Hz	7.2 dB	20 Hz	7.2 dB
25 Hz	11.6 dB	31.5 Hz	12.0 dB
40 Hz	8.2 dB	50 Hz	10.7 dB
63 Hz	13.2 dB	80 Hz	11.6 dB
100 Hz	8.2 dB	125 Hz	7.2 dB
160 Hz	8.2 dB	200 Hz	9.6 dB
250 Hz	9.0 dB	315 Hz	10.2 dB
400 Hz	9.6 dB	500 Hz	8.2 dB
630 Hz	9.0 dB	800 Hz	11.2 dB
1000 Hz	12.3 dB	1250 Hz	12.0 dB
1600 Hz	12.3 dB	2000 Hz	11.6 dB
2500 Hz	19.4 dB	3150 Hz	14.2 dB
4000 Hz	10.2 dB	5000 Hz	12.6 dB
6300 Hz	10.7 dB	8000 Hz	10.7 dB
10000 Hz	11.6 dB	12500 Hz	11.2 dB
16000 Hz	11.2 dB	20000 Hz	11.6 dB

Valori acustici principali [dB(A)]

Lmin(A): 27.2 Lmax(A): 46.9

Leq(A) : 31.6

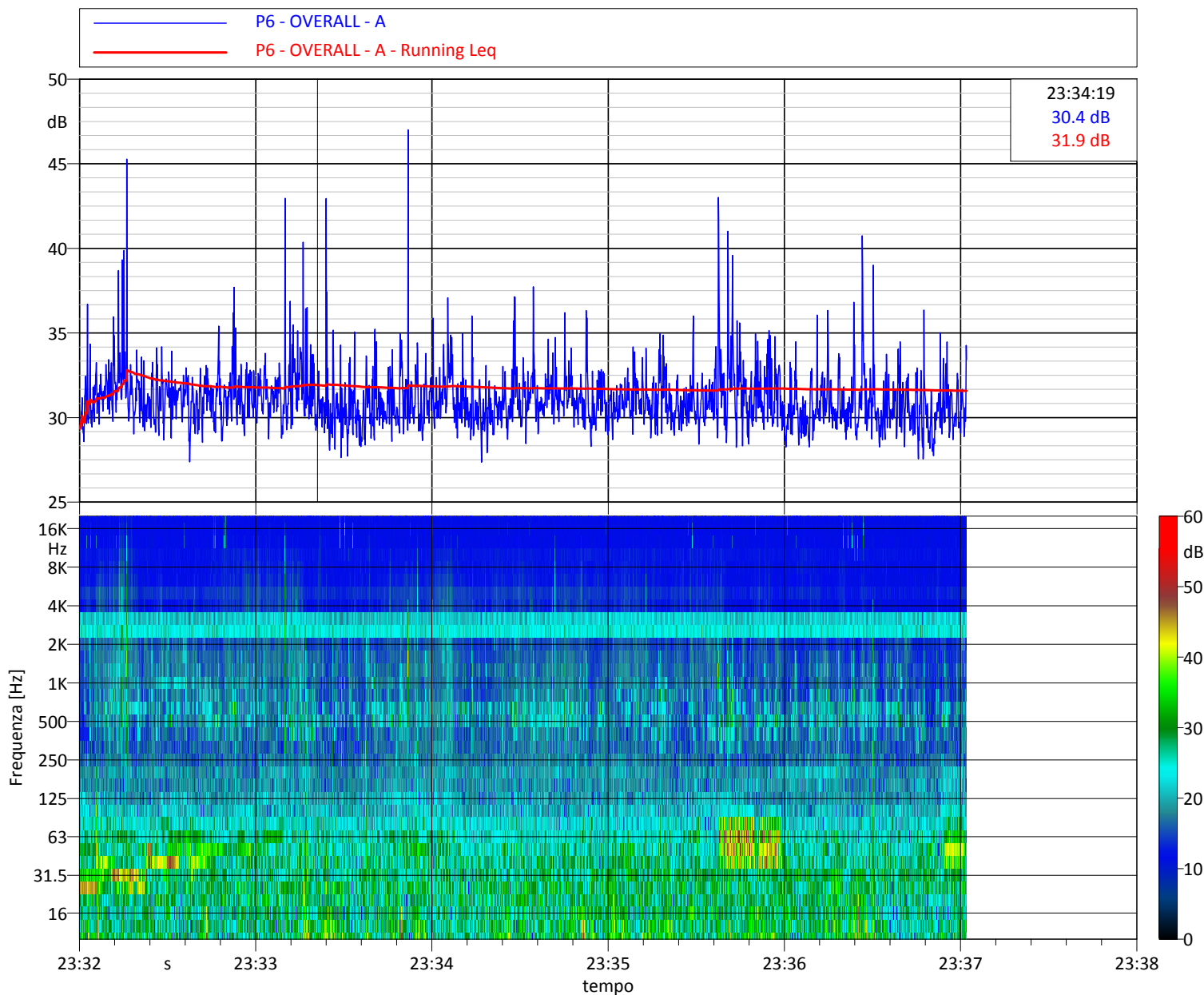
L1: 36.7 L5: 33.7 L10: 32.7

L50: 30.7 L90: 29.3 L95: 28.9 L99: 28.3

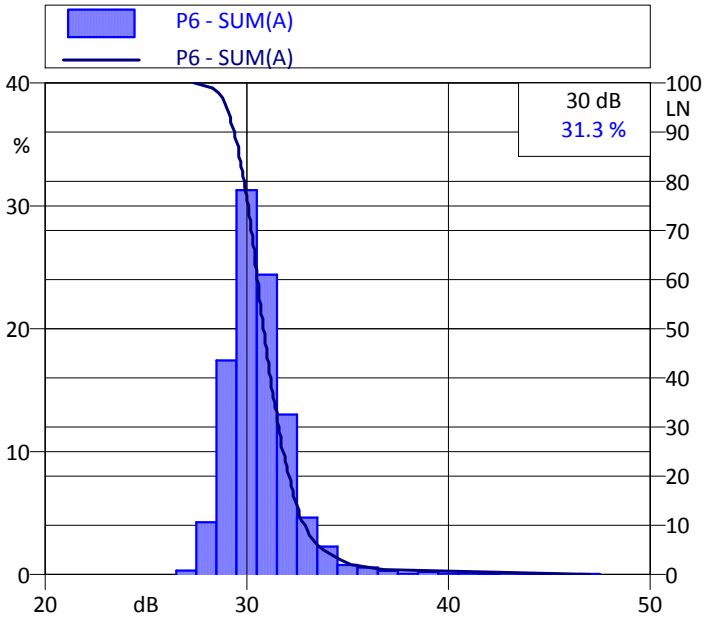
Note:

cani, grilli

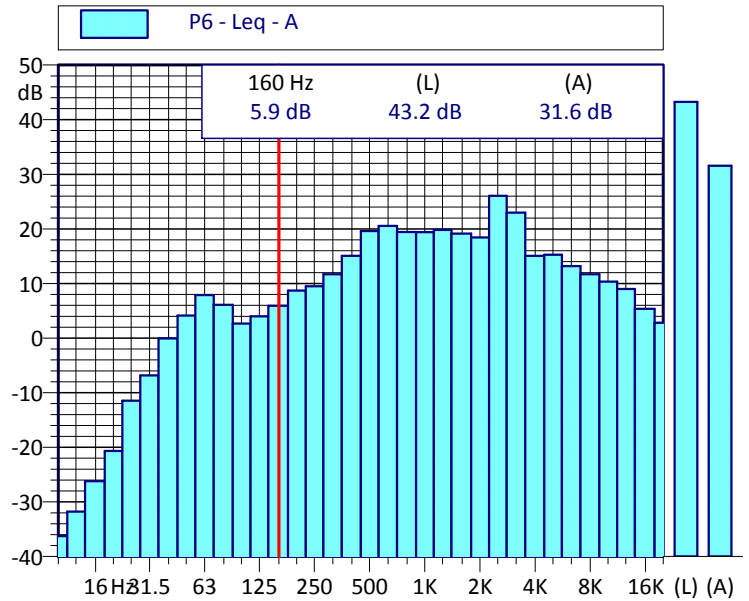
Andamento temporale dei livelli pesati A e dello spettro



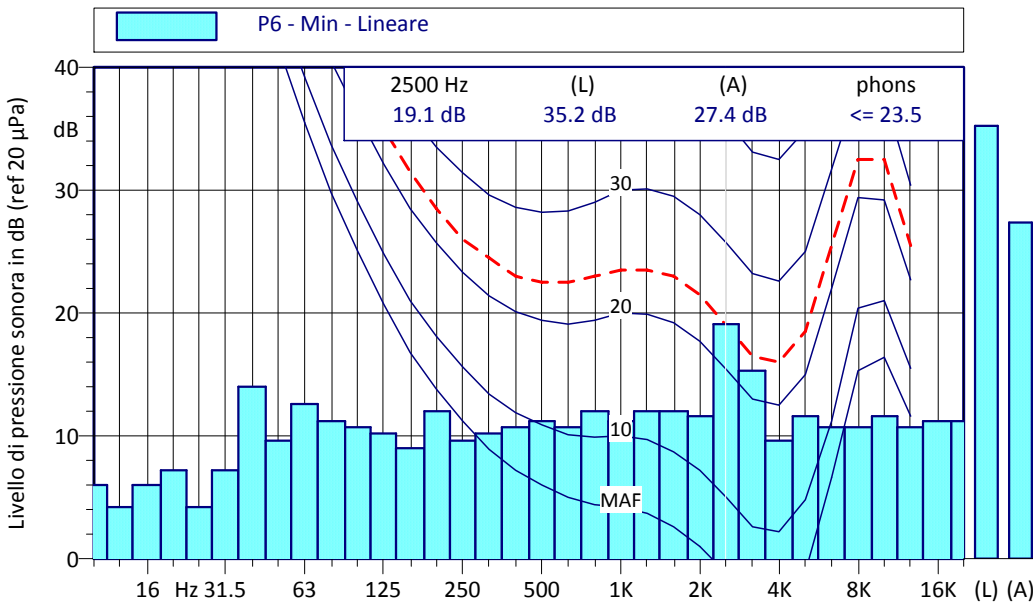
Curva cumulativa e distributiva dei livelli sonori



Spettro in frequenza della misura



Spettro dei minimi (ricerca componenti tonali)



P6 Min - Lineare			
Hz	dB	Hz	dB
10 Hz	6.0 dB	12.5 Hz	4.2 dB
16 Hz	6.0 dB	20 Hz	7.2 dB
25 Hz	4.2 dB	31.5 Hz	7.2 dB
40 Hz	14.0 dB	50 Hz	9.6 dB
63 Hz	12.6 dB	80 Hz	11.2 dB
100 Hz	10.7 dB	125 Hz	10.2 dB
160 Hz	9.0 dB	200 Hz	12.0 dB
250 Hz	9.6 dB	315 Hz	10.2 dB
400 Hz	10.7 dB	500 Hz	11.2 dB
630 Hz	10.7 dB	800 Hz	12.0 dB
1000 Hz	11.2 dB	1250 Hz	12.0 dB
1600 Hz	12.0 dB	2000 Hz	11.6 dB
2500 Hz	19.1 dB	3150 Hz	15.3 dB
4000 Hz	9.6 dB	5000 Hz	11.6 dB
6300 Hz	10.7 dB	8000 Hz	10.7 dB
10000 Hz	11.6 dB	12500 Hz	10.7 dB
16000 Hz	11.2 dB	20000 Hz	11.2 dB

Valori acustici principali [dB(A)]

Lmin(A): 28.0 Lmax(A): 50.5

Leq(A) : 36.5

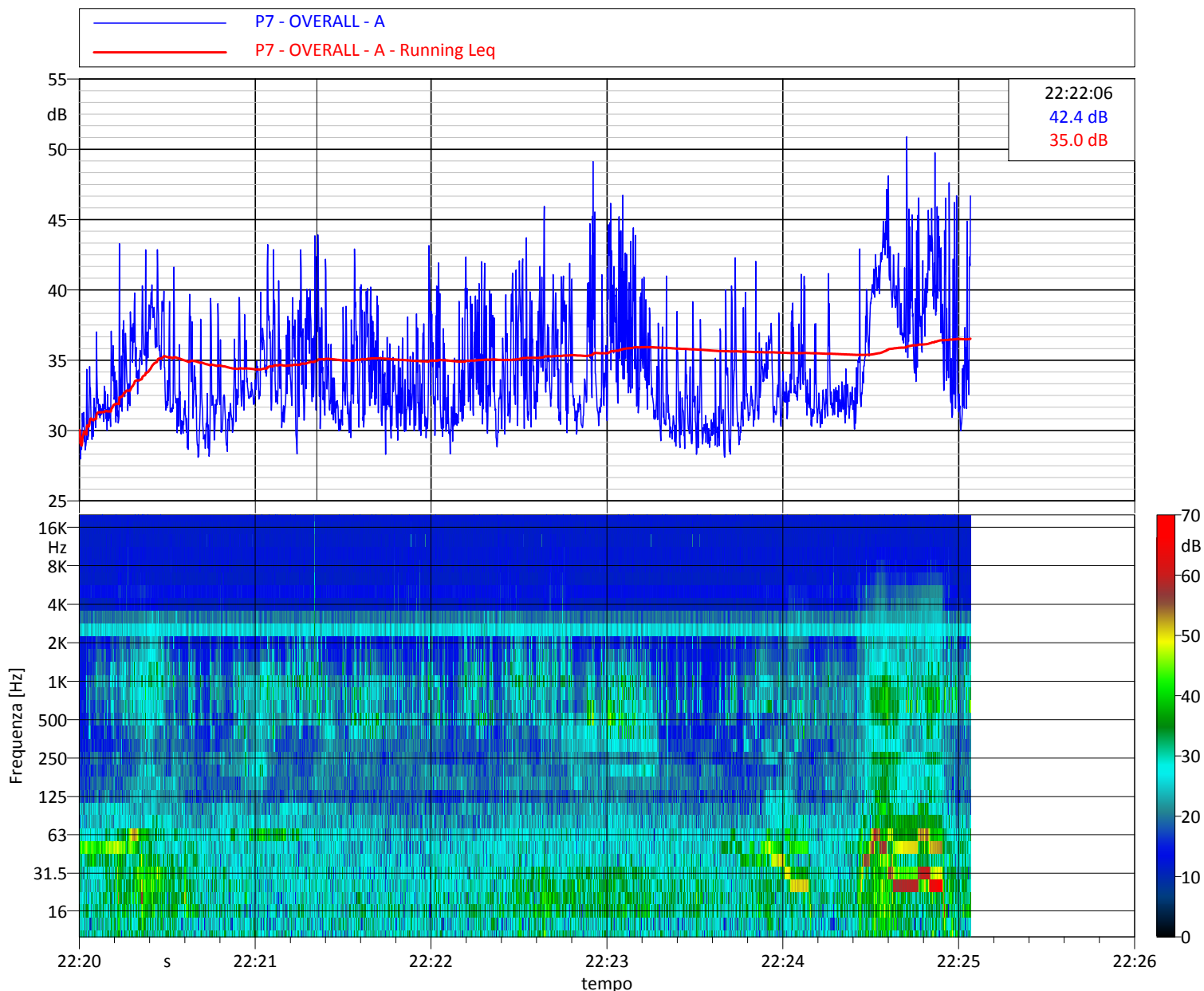
L1: 44.9 L5: 41.8 L10: 39.7

L50: 33.1 L90: 30.2 L95: 29.6 L99: 28.6

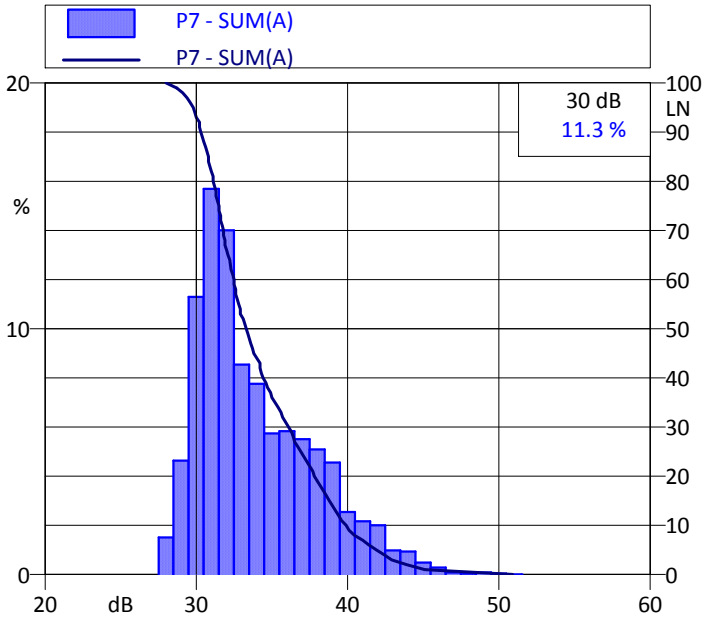
Note:

cani e passaggi auto in lontananza

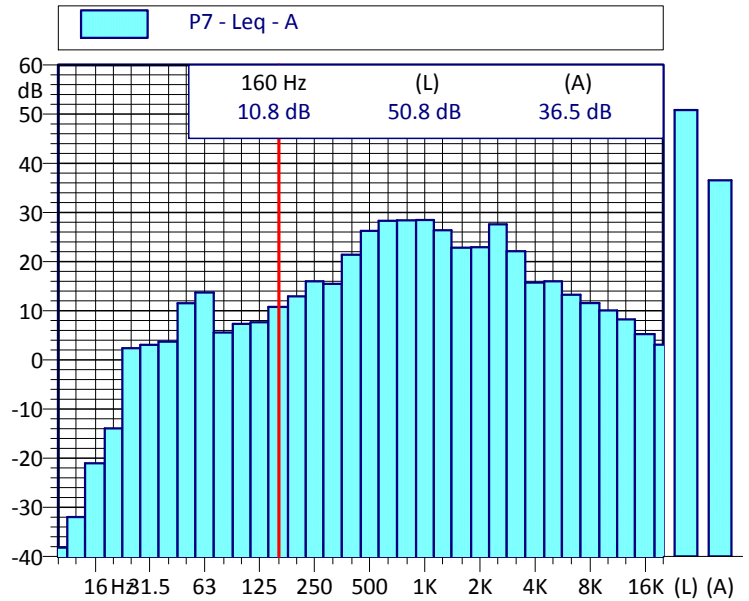
Andamento temporale dei livelli pesati A e dello spettro



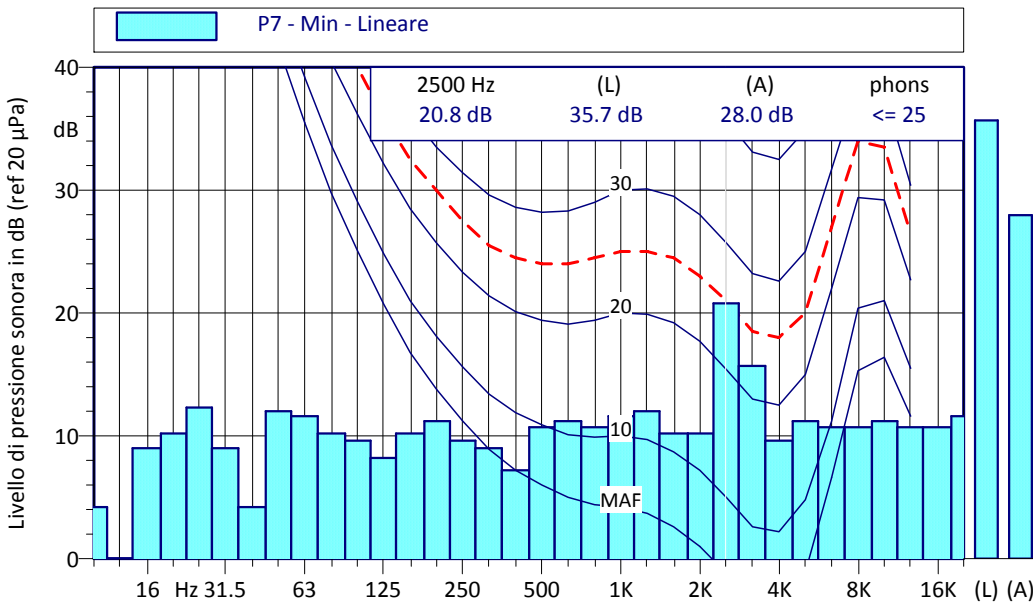
Curva cumulativa e distributiva dei livelli sonori



Spettro in frequenza della misura

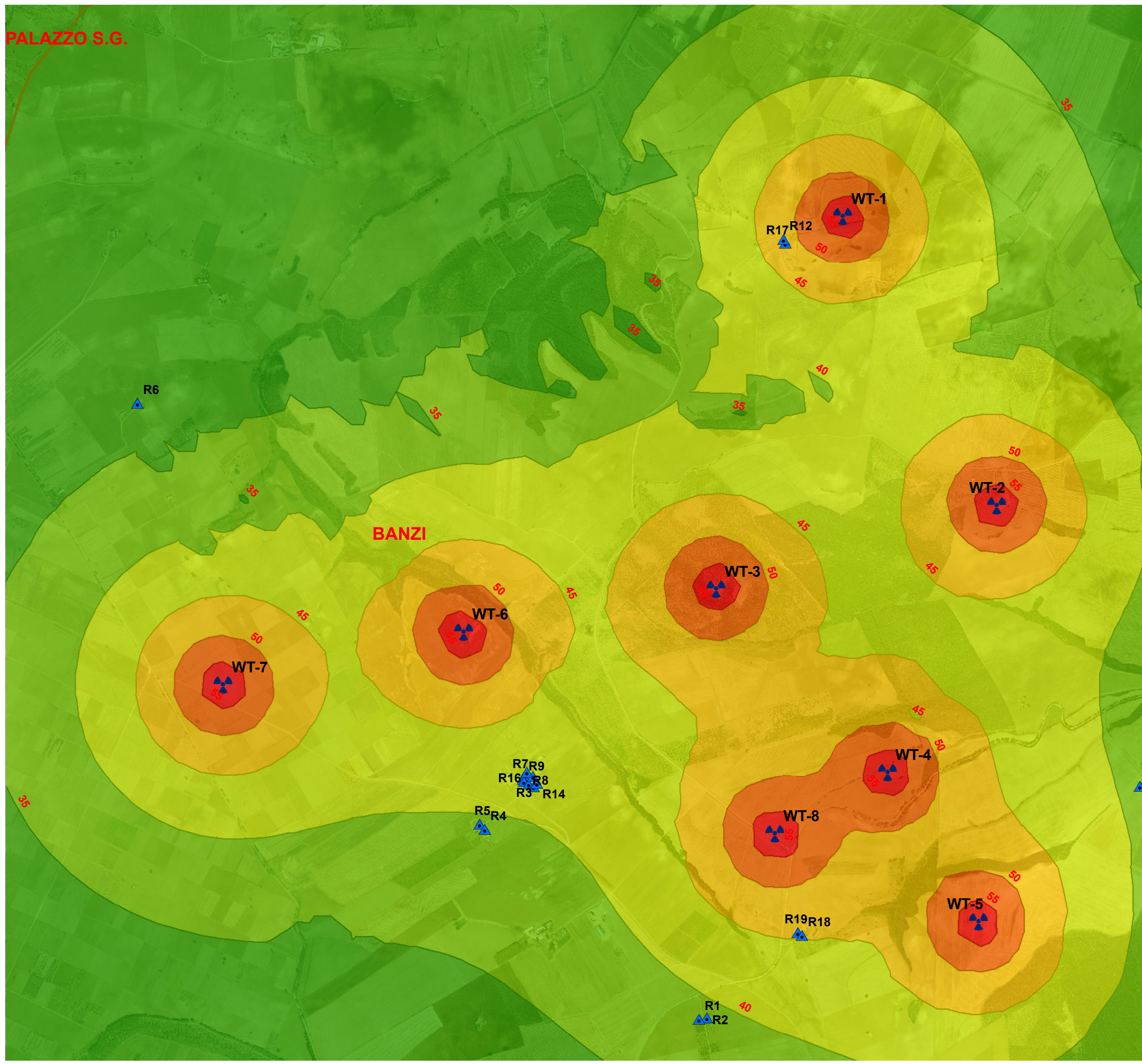


Spettro dei minimi (ricerca componenti tonali)





P7 Min - Lineare			
Hz	dB	Hz	dB
10 Hz	4.2 dB	12.5 Hz	0.0 dB
16 Hz	9.0 dB	20 Hz	10.2 dB
25 Hz	12.3 dB	31.5 Hz	9.0 dB
40 Hz	4.2 dB	50 Hz	12.0 dB
63 Hz	11.6 dB	80 Hz	10.2 dB
100 Hz	9.6 dB	125 Hz	8.2 dB
160 Hz	10.2 dB	200 Hz	11.2 dB
250 Hz	9.6 dB	315 Hz	9.0 dB
400 Hz	7.2 dB	500 Hz	10.7 dB
630 Hz	11.2 dB	800 Hz	10.7 dB
1000 Hz	11.6 dB	1250 Hz	12.0 dB
1600 Hz	10.2 dB	2000 Hz	10.2 dB
2500 Hz	20.8 dB	3150 Hz	15.7 dB
4000 Hz	9.6 dB	5000 Hz	11.2 dB
6300 Hz	10.7 dB	8000 Hz	10.7 dB
10000 Hz	11.2 dB	12500 Hz	10.7 dB
16000 Hz	10.7 dB	20000 Hz	11.6 dB







PALAZZO S.G.



Legenda
Rumore ambientale post operam
[LwA 108.0 dB]



-  WTG
-  Ricettori

Superfici isofoniche [dB]







	0, 35
	35, 40
	40, 45
	45, 50
	50, 55
	55, 60



Legenda
Rumore ambientale post operam
[LwA 104.9 dB]

-  WTG
-  Ricettori

Superfici isofoniche [dB]

	0, 35
	35, 40
	40, 45
	45, 50
	50, 55
	55, 60

