

PROPONENTE



# MASTER PLAN 2014-2029

## AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI FIRENZE

### STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE



**sede di CARRARA**  
Via Frassina, 21  
54033 CARRARA (MS)  
Tel. 0585.855624  
Fax 0585.855617

**sede di FIRENZE**  
Via di Soffiano, 15  
50143 FIRENZE (FI)  
Tel. 055.7399056  
Fax 055.713444

RESPONSABILE PROGETTO E COORDINATORE TECNICO:  
**Ing. Lorenzo TENERANI**

NOME ELABORATO

Quadro di riferimento Ambientale - Approfondimento impatto acustico in fase di decollo

CODICE ELABORATO

# SIA-AMB-04-REL-002

Codice elaborato				SIA-AMB-04-REL-002		Scala		
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato / Data
A	Emissione per VIA	M. Viscardi	Feb 2015	M. Viscardi	Feb 2015	L.Tenerani	Feb 2015	Adf - V. D'arienzo

## INDICE

1. PREMESSA	2
2. L'AREALE DI STUDIO	3
3. FENOMENI DI GENERAZIONE DEL RUMORE	6
3.1 Introduzione alla tematica	6
3.2 Sorgenti acustiche	6
3.2.1 Decollo	6
3.2.2 Atterraggio	7
3.2.3 Thrust reverse	8
3.3 Classificazione degli aeromobili	10
3.4 Il rumore durante gli eventi aeroportuali	11
3.5 Rumore generato durante il decollo	12
3.6 Rumore generato durante l'atterraggio	13
3.7 Reverse thrust noise	15
3.8 Jet blast	15
3.9 Trasmissione del rumore dalla sorgente al punto di misura	16
3.9.1 Diffusione	16
3.9.2 Effetto Doppler	16
3.9.3 Riflessione del suono	17
3.9.4 Vento	19
4. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	20
5. PROCEDURA DI ANALISI ADOPERATA	24
5.1 Generalità sulla procedura	25
5.2 Tool numerico di simulazione	25
5.3 Sviluppo di un modello numerico di previsione per l'attuale pista in esercizio	26
5.4 Campagna sperimentale per la taratura del modello acustico	30
5.5 Modello previsionale di Impatto acustico area Polo Scientifico	37
6. ANALISI DEI DATI E CONSIDERAZIONI SUL CLIMA ACUSTICO	45
7. Bibliografia	47

ALLEGATO 1 – Certificato di taratura del fonometro

ALLEGATO 2 – Risultati delle misure

ALLEGATO 3 – CV ing. Massimo Viscardi

## 1. PREMESSA

Nell'ambito delle analisi di impatto ambientale relative all'esercizio della futura nuova pista dell'aeroporto di Firenze si è inteso approfondire le eventuali implicazioni in termini di potenziali livelli acustici indotti agli edifici appartenenti al Polo Scientifico e Tecnologico di Sesto Fiorentino.

A tal fine si è inteso definire una procedura per l'analisi di tali parametri fisici sulla base delle caratteristiche operative del futuro aeroporto e delle caratteristiche geo-morfologiche dell'area oggetto di intervento. A tal fine, il presente documento costituisce il completamento di quanto già sviluppato all'interno del Quadro di Riferimento Ambientale dello Studio di Impatto Acustico. Lo stesso deve, quindi, essere analizzato unitamente alla relazione SIA AMB 04 REL 001 e alle annesse Tavole grafiche.

Il presente documento è stato elaborato con la collaborazione dell'ing. Massimo Viscardi, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli al n. 12580, ricercatore di costruzione e strutture aerospaziali presso l'Università di Napoli.

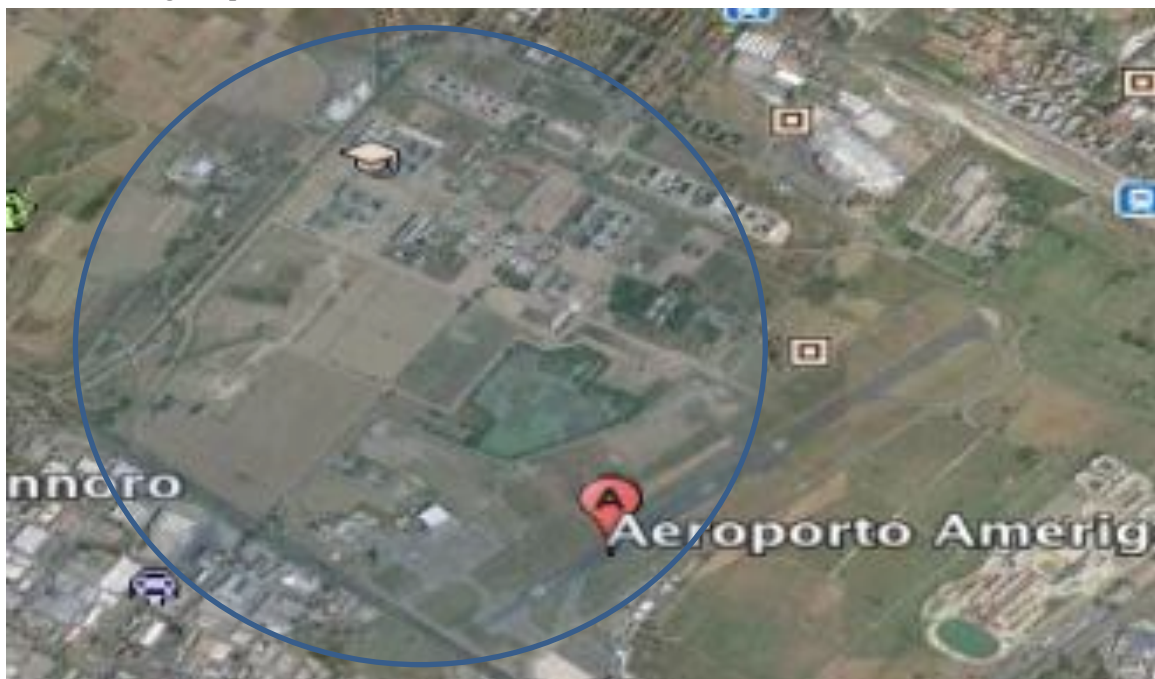
## 2. L'AREALE DI STUDIO

A seguito dell'approvazione dell'Integrazione al piano di indirizzo territoriale (PIT) per la definizione del Parco agricolo della Piana e per la qualificazione dell'aeroporto di Firenze, avvenuta il 16 luglio 2014, la società Aeroporto di Firenze (AdF) ha predisposto l'elaborazione del Master Plan aeroportuale in esame. All'interno del piano di sviluppo aeroportuale si prevede, in particolare, la realizzazione della nuova pista di volo, con orientazione 12/30 e sviluppo lineare pari a 2.400 metri, così come riportato in figura.



*Figura 1. Schematizzazione della nuova pista di volo*

Le successive immagini riportano una vista aerea dell'intera area.



*Figura 2. Individuazione dell'areale di intervento*

Immediatamente a nord del futuro sedime aeroportuale trova collocazione, all'interno del territorio comunale di Sesto Fiorentino, l'insediamento del Polo Scientifico e Tecnologico.

Detto insediamento risulta allo stato attuale parzialmente edificato rispetto alle future previsioni urbanistico e in funzione; in corrispondenza del medesimo comparto si riscontra, inoltre, la presenza di alcune attività estranee all'ambito didattico, sperimentale e scientifico, riconducibili in prevalenza al settore artigianale e produttivo.



*Figura 3. Vista del fronte meridionale del Polo Scientifico e Tecnologico di Sesto Fiorentino*

Il Polo Scientifico e Tecnologico dell'Università di Firenze ha iniziato la sua attività intorno all'anno 2000. Vi sono attualmente collocate le sedi del Dipartimento di Chimica e del Dipartimento di Fisica e Astronomia, nonché alcune delle sezioni del Dipartimento di Neuroscienze, Psicologia, Area del Farmaco e Salute del Bambino (NEUROF ARBA), del Dipartimento di Scienze delle Produzioni Agroalimentari e dell'Ambiente (DISPAA) e del Dipartimento di Biologia. Di particolare importanza il Centro Europeo per la Risonanza Magnetica nucleare (CERM) e il Laboratorio Europeo per la Spettroscopia Nonlineare (LENS), oltre al CISM, CRIST, GeneExpress, etc.

La frequenza dei decolli/atterraggi prevista dal Master Plan 2014-2029 (in incremento rispetto a quella attuale) e la futura giacitura della pista, prossima all'insediamento, hanno indotto a porsi il quesito circa l'impatto di tali eventi sulle attività didattiche e le attività di ricerca di tipo sperimentale, tali da poter prevedere sessioni di misura prolungate, della durata tipica da decine di minuti a varie ore.

Per quanto noto, questo avviene ad esempio durante misure di interazione luce-materia di vario tipo svolte in molti dei laboratori del Polo. Si possono portare esempi di misure di questo tipo tra quelle svolte presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia e presso il LENS, potenzialmente esposti agli effetti prodotti dall'esercizio delle operazioni aeroportuali. Analogamente, anche le misure che coinvolgono la microscopia ad alta risoluzione, presumibilmente in corso presso i laboratori INFN, ovvero quelle che riguardano la preparazione delle attrezzature per gli esperimenti sulle onde gravitazionali, ma anche le attività dell'acceleratore che utilizzano microfasci di ioni.

In termini di rumore medio atteso presso gli edifici del Polo Scientifico e Tecnologico, le simulazioni condotte con il software previsionale INM (Integrated Noise Model) sviluppato dalla Federal Aviation Administration (FAA) hanno evidenziato come, in entrambi gli scenari futuri analizzati (anni 2018 e 2029), il livello di rumore LVA prevedibile in facciata agli edifici sopra descritti risulti inferiore al valore di 60 dB(A). Si tratta, tuttavia, della stima del rumore aeroportuale misurato come media temporale sulle 24 ore che, seppur indicativo dell'impatto acustico correlabile ai futuri assetti aeroportuali e coerente con le indicazioni di cui alla vigente normativa di settore, rappresenta un dato che può risultare differente rispetto al rumore massimo percepibile in facciata e correlabile al singolo movimento aereo (decollo o atterraggio). Da qui la motivazione del presente approfondimento.

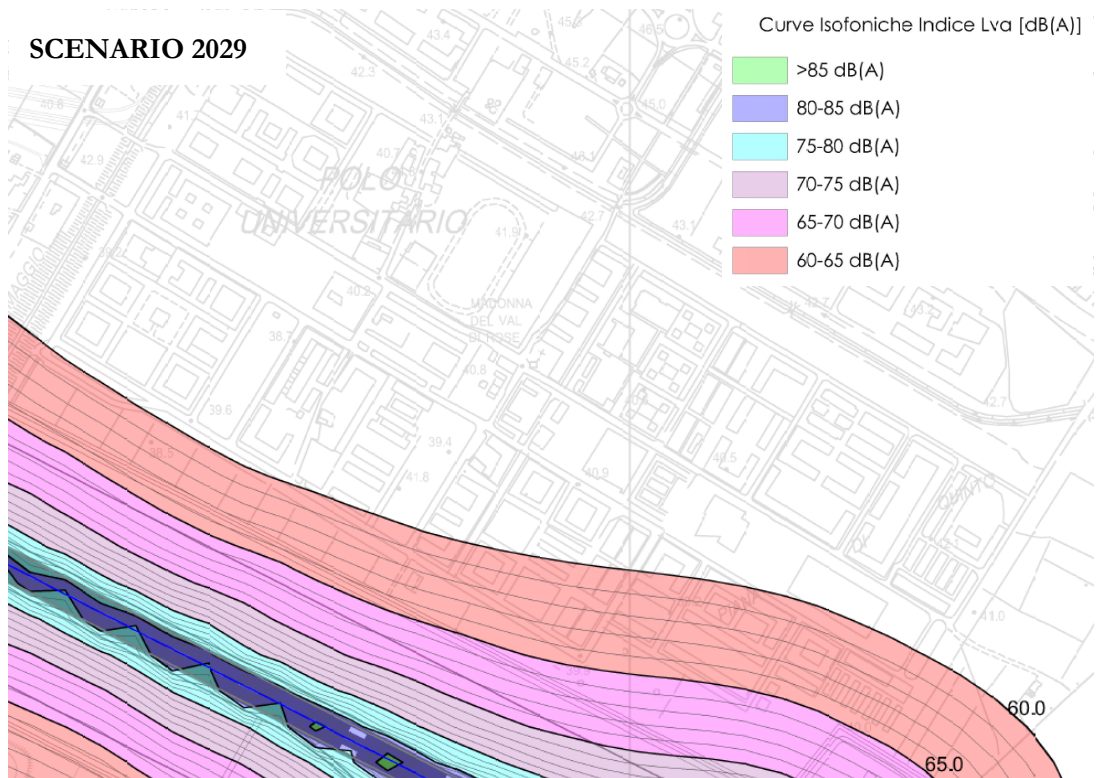
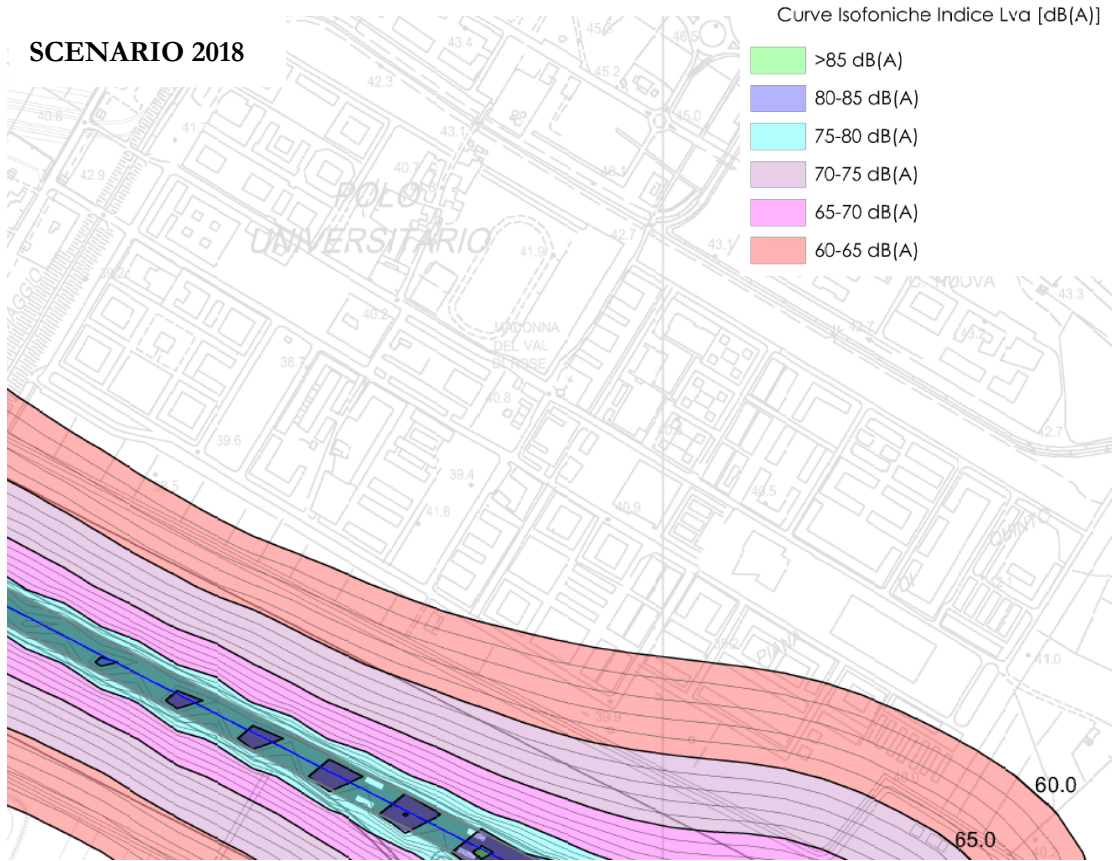


Figura 4. Mappe isofoniche LVA riferite agli scenari di Master Plan 2018 e 2029

### 3. FENOMENI DI GENERAZIONE DEL RUMORE

#### 3.1 INTRODUZIONE ALLA TEMATICA

Con la continua crescita del traffico aereo che va di pari passo con l'urbanizzazione attorno ai principali aeroporti, l'impatto del rumore aeronautico e delle emissioni sulla qualità della vita per le comunità vicine è diventato un'importante tematica con cui relazionarsi.

Nonostante la sostanziale riduzione del rumore emesso dagli aeromobili negli ultimi decenni, il loro impatto sull'inquinamento, cui le comunità situate nelle vicinanze degli aeroporti sono sottoposte, costituisce talvolta ancora un problema.

Numerosi aeroporti hanno già affrontato le questioni legate all'aumento della domanda di traffico e alla crescente pressione del pubblico per ridurre l'impatto ambientale. Nel nostro paese, in particolare, le caratteristiche morfologiche e orografiche, legate a una forte urbanizzazione del territorio, sono tali per cui queste infrastrutture spesso sono localizzate in aree limitrofe a centri urbani.

La crescita economica e la globalizzazione richiedono, inoltre, un incremento della mobilità di persone e di movimentazione di merci in tempi brevi; in tale contesto, il traffico aereo in Italia e in Europa ha mostrato nel tempo un progressivo e significativo aumento.

Contenere il rumore generato dalle operazioni aeronautiche, andando incontro alla crescente domanda del trasporto aereo, rappresenta un importante obiettivo per le autorità aeroportuali, gli enti pubblici e i vettori operanti. Molti sforzi sono stati compiuti in questa direzione, partendo dalla costruzione di aerei meno rumorosi, con l'introduzione di vincoli normativi sempre più stringenti per quanto riguarda gli aeromobili di vecchia generazione, limitazioni negli orari dei voli e tasse da applicare.

Grande attenzione è stata posta anche alla pianificazione territoriale e alle procedure operative che permettano di mantenere alta la capacità degli aeroporti e la sicurezza nelle fasi di volo più delicate e che rispettino al contempo i sempre più stringenti vincoli ambientali.

Le informazioni di seguito riportate sono in parte desunte dal lavoro di tesi "Riconoscimento oloacustico di eventi aeroportuali" di Davide Bianchi (A.A. 2011-2012, Politecnico di Milano)

#### 3.2 SORGENTI ACUSTICHE

Nell'ambito del trasporto aereo, le fasi che rappresentano la maggiore fonte di disturbo dal punto di vista acustico sono il decollo e l'atterraggio. Nel primo caso l'intervallo di interesse è compreso tra il momento in cui l'aeroplano avvia il rullaggio sulla pista fino all'inizio della salita, mentre nel secondo l'intervallo va dall'istante in cui l'aereo tocca la pista alla fase di arresto. In fase di atterraggio, un problema particolarmente rilevante è dato dal rumore provocato dall'inversore di spinta (*Reverse Thrust Noise*, RTN).

##### 3.2.1 Decollo

Le ali degli aerei sono la parte distintiva di questi mezzi di trasporto perché la capacità di alzarsi in volo è garantita dal gradiente di pressione che si forma sulla sezione trasversale del profilo alare. I propulsori permettono che nasca un moto relativo tra l'aereo e l'aria, la quale accelera lungo il dorso dell'ala e decelera lungo il ventre, in questo modo si formano contemporaneamente una depressione al di sopra e un aumento di pressione al di sotto.

A partire dal momento in cui l'aereo lascia il piazzale di sosta, il pilota percorre le vie di rullaggio che conducono ad una delle testate della piste; a questo punto le situazioni possono essere due: il traffico è minimo e il pilota riceve l'autorizzazione al decollo (*clearance*) prima di entrare in pista e può immediatamente accelerare, altrimenti l'aereo rimane in attesa sulla via di rullaggio prima di iniziare la corsa.

Normalmente la procedura di decollo percorre le seguenti fasi:

- condizione statica o di avanzamento ridotto (*rolling*) con motore al minimo (*idle*);
- lancio dei propulsori (circa 40 % della velocità di rotazione massima);
- stabilizzazione dei motori per un tempo di circa 2 secondi;
- aumento della potenza fino alla spinta massima.

Generalmente un aereo di medie dimensioni è pronto all'involo alla velocità di circa 80 m/s. Tipicamente il valore è influenzato dalle condizioni atmosferiche e, per evitare che delle folate di vento possano ridurre bruscamente la portanza in fase di salita, la pista viene percorsa per un tratto molto esteso, fino a raggiungere velocità superiori alla minima necessaria.

Per motivi di sicurezza l'involo deve avvenire entro un determinato limite poiché, qualora si verificasse un'avaria, deve essere disponibile spazio sufficiente all'arresto del mezzo.

### 3.2.2 Atterraggio

La procedura di atterraggio si compone di tre fasi sequenziali:

- tratto di volo;
- tratto a terra;
- decelerazione.

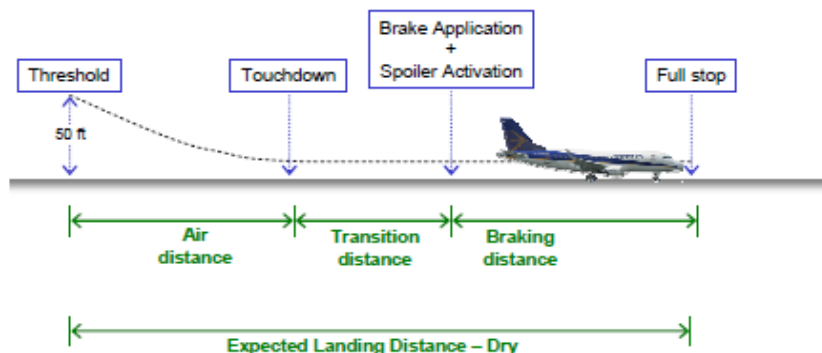


Figura 5. Schematizzazione della fase di atterraggio

Rispetto al volo, durante la fase di atterraggio l'aeroplano riduce gradualmente la quota, percorrendo tipicamente una traiettoria rettilinea inclinata di circa 3° rispetto all'orizzonte; durante questa procedura, nella maggior parte dei casi, viene seguita una traiettoria predefinita, chiamata radiosentiero, che guida l'aereo fino al suolo (*ILS*).

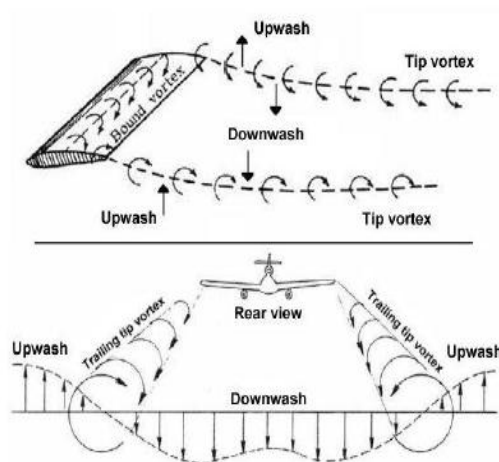
L'angolo di discesa è regolato affinché il velivolo possa atterrare con i motori al minimo o persino planare a motori spenti. La velocità di avvicinamento richiesta è infatti solamente il 30 % in più rispetto a quella di stallo in fase di atterraggio. Oltre alla riduzione della quantità di sostanze inquinanti, una spinta ridotta a bassa quota è volta a ridurre lo stress acustico a cui sono sottoposte le comunità risiedenti nella zona. In fase di atterraggio vengono comunque raggiunte velocità superiori rispetto a quelle che si hanno al decollo, intorno ai 100 m/s.

Durante la discesa vengono estesi i flap, espansioni regolabili delle ali che, aumentando l'angolo di deflessione, ne incrementano la portanza.

In questa parte entra in gioco l'effetto suolo, che descrive l'aumento di portanza e diminuzione di resistenza che si verifica quando un aereo si trova all'altezza dal suolo pari circa alla lunghezza dell'ala. È responsabile del galleggiamento dell'aereo durante la fase di atterraggio in modo direttamente proporzionale alla consistenza del terreno e alla quota dal suolo. Il terreno interrompe i vortici presenti sulle estremità delle ali formando una sorta di cuscino d'aria che contribuisce alla portanza del velivolo; la spinta dei motori viene ridotta ed il rumore



parzialmente attenuato.



**Figura 6. Aerodinamica della fase di atterraggio**

Nel passaggio alla fase successiva viene effettuata una manovra di collegamento (chiamata *flare*), mediante la quale la prua dell'aeroplano viene richiamata e la velocità ulteriormente ridotta; questa costituisce la velocità d'impatto con il suolo, ovvero il punto in cui il carrello principale entra in contatto con la pista (*touchdown*). Tale velocità viene comunque calcolata in base al peso dell'aereo, del combustibile e del carico.

Successivamente il carrello di prua viene abbassato e portato anch'esso a contatto col suolo, questa è un'operazione che si deve svolgere in tempi brevi, poiché gli aerei di dimensioni medio-grandi iniziano il rullaggio a velocità fino a 100 m/s. Tra l'altro, questa velocità è correlata in parte alle condizioni atmosferiche, in particolare al vento, rendendo necessario che, qualora presente, soffi a proravia per incrementare la resistenza aerodinamica e quindi ridurre lo spazio di arresto.

Una volta che l'aereo è entrato in contatto con la pista attraverso i carrelli posteriori e il carrello di prua vengono azionati dapprima gli spoiler sulle ali (aerofreni) e successivamente i freni a disco. Tutti questi dispositivi potrebbero, comunque, non essere ancora sufficienti ad arrestare il veicolo entro i termini imposti, richiedendo pertanto un surplus di spinta in direzione opposta al moto; questa azione viene espletata dall'inversore di spinta (*thrust reverser*, o TR) previsto nei motori aeronautici. Risulta altamente probabile l'utilizzo di questa tecnica quando la pista è corta e l'aereo pesante, altrimenti, alle volte, l'innescò del TR (innescato entro il primo chilometro dal *touchdown*) rappresenta semplicemente una scelta strategica volta alla riduzione dell'usura dei freni, dell'attrito volvente tra pneumatici e pista (con conseguente limitazione di operazioni di pulizia) o dello stress acustico. Quando l'aeroplano atterrato raggiunge la parte terminale della pista, se sono presenti delle abitazioni oltre il perimetro dell'aeroporto in tale direzione, potrebbero esistere dei disturbi (rumore) per la gente che vi abita; viene spesso valutata la possibilità di arrestare l'aeroplano con anticipo mediante un forte intervento dell'inversore di spinta che permette di anticipare l'uscita dell'aereo dalla pista e dirigersi nei sentieri che lo condurranno ai parcheggi. L'impatto acustico dato dall'inversore di spinta sulla storia acustica di un atterraggio è generalmente elevato.

### 3.2.3 Thrust reverse

I primi sistemi di propulsione aerea dotati di inversore di spinta sono stati introdotti nell'aviazione civile a partire dagli anni Cinquanta. Successivamente sono state raffinate le capacità, migliorate le caratteristiche tecniche, ma la loro struttura può essere ricondotta alle due classiche macro-categorie di motori: a turboelica e turbofan.

Per i motori turboelica è prevista l'inversione di spinta attraverso la rotazione delle pale rispetto al loro asse, nella fattispecie si ha che la riduzione del loro angolo di attacco provoca un aumento della resistenza aerodinamica e

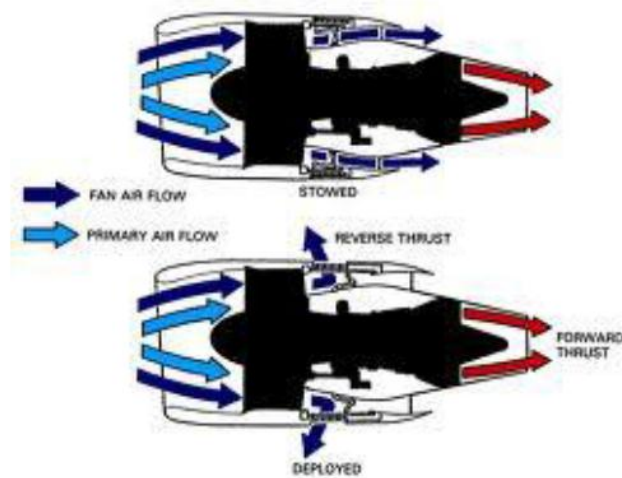
dunque della potenza frenante dell'aereo.

Si tratta di una soluzione caratteristica degli aerei più piccoli, che presentano una rumorosità relativamente elevata, ma nei quali è possibile ottenere il miglior effetto frenante.



*Figura 7. Meccanismo di thrust reverse in turboelica*

I motori turbofan sono sempre provvisti di una ventola di bypass, sono i più diffusi e dotati di elevati gradi di diluizione (rapporto aria/combusti nella scia di scarico); la gondola racchiude il fan e la rumorosità viene così ridotta.



*Figura 8. Meccanismo di thrust reverse in turbofan*

Per completezza di analisi, seppur non di diretto interesse per il caso in esame, si citano i motori a basso grado di diluizione, più caratteristici degli aerei militari, laddove un potente effetto di inversione di spinta è realizzato deviando non solamente la portata di by-pass ma anche parte dei gas combusti che attraversano il *core* (cioè il propulsore vero e proprio), causando un rombo estremamente intenso.

Nei propulsori aeronautici attuali il tipo di inversore è riconducibile a due schemi:

- scorrimento del *nacelle* (rivestimento del motore): un organo meccanico inserito nella gondola devia verso l'esterno del motore parte dell'aria di by-pass e delle griglie sagomate introducono la deflessione frontale;
- conchiglia esterna: la struttura terminale del motore è parzialmente orientabile, viene aperta in modo tale da costringere il flusso dei gas di scarico in direzione frontale.



*Figura 9. Inversore in turbofan*

Nei motori turbofan il sistema TR fornisce una spinta negativa nella fase di decelerazione del velivolo compresa normalmente tra il 20 e il 70 % della spinta in avanti. Nel primo tratto di pista l'aereo si trova ad una velocità ancora molto elevata e i motori vengono mantenuti a regime per ragioni di sicurezza, in questa parte l'effetto dell'inversore di spinta è maggiore. Nel proseguire la decelerazione la potenza dei motori viene ridotta (e di conseguenza la spinta inversa) anche per evitare che venga aspirato eventuale materiale presente a terra (*FOD – Foreign Object Debris ingestion*).

### 3.3 CLASSIFICAZIONE DEGLI AEROMOBILI

Un accordo internazionale suddivide gli aeromobili in “*Capitoli ICAO*” a seconda del loro livello di rumorosità:

- *Capitolo 1*: appartiene a questa categoria la prim generazione di motori degli anni Cinquanta e Sessanta (“turbogetto”), estremamente rumorosi e ritirati a partire dal 1990 dall'operatività negli aeroporti civili (aeromobili tipo Caravelle, B707);
- *Capitolo 2*: il motore di questa tipologia di aeromobili (“turbofan”) è reso meno rumoroso e maggiormente efficiente rispetto al turbogetto grazie ad una tecnologia di costruzione più avanzata (aeromobili del tipo B727, B737-200);
- *Capitolo 3*: i moderni motori sono meno rumorosi ed inquinanti grazie ad un maggiore utilizzo di materiale fonoassorbente e l'impiego di più turbine (aeromobili del tipo B747 e A320). Sono immatricolati in questa categoria anche gli aviogetti dotati di silenziatore ricertificati.
- *Capitolo 4*: Rappresentano i motori più recenti, in grado di rispettare il nuovo e più restrittivo standard ICAO, in vigore per gli aerei prodotti a partire dal 2006 (esempio B777).

A partire dal 1990, in Europa è stato proibito l'utilizzo degli aerei compresi nel Capitolo 1 e tutti gli aeromobili di nuova costruzione devono appartenere al Capitolo 3; dall'aprile 2002 è inoltre proibito l'utilizzo di aeromobili appartenenti al Capitolo 2, salvo deroghe per i paesi in via di sviluppo. Il progressivo ammodernamento delle flotte per adattarsi ai nuovi standard in vigore richiede un notevole sforzo economico da parte delle compagnie aeree. Per evitare il fallimento delle piccole compagnie, l'industria aeronautica ha prodotto un particolare tipo di silenziatore (“*Hush-kit*”) che, applicato ai motori di vecchia fabbricazione, è in grado di portare i livelli di rumorosità nei limiti richiesti per i Capitolo 3; in questo caso diminuisce la pressione acustica, mentre non cambia il carico inquinante in atmosfera che risulta maggiore negli aerei ricertificati rispetto a quello degli aeromobili di nuova immatricolazione appartenenti al Capitolo 3.

La quota di aeromobili rispondenti agli standard del Capitolo 3 ICAO (motori di produzione Capitolo 3 e motori appartenenti al Capitolo 2 ricertificati) della principale compagnia aerea italiana è passata dal 95% del 1996 al 100% del 2000; in tale contesto, inoltre, sono in via di sostituzione gli aviogetti ricertificati o Capitolo 3 di più vecchia concezione, con altri più recenti già rispondenti ai nuovi standard di rumorosità ICAO non ancora in vigore.

La strategia per la riduzione del rumore quindi, oltre a fissare nuovi standard di rumorosità per gli aerei di nuova produzione, deve prevedere sia la graduale eliminazione dei Capitolo 2 ricertificati, sia quella degli aeromobili più rumorosi del Capitolo 3 per far fronte e mitigare l'inquinamento acustico dovuto alla crescita di traffico aereo.

### 3.4 IL RUMORE DURANTE GLI EVENTI AEROPORTUALI

Il rumore prodotto dall'aeroplano non è dovuto ad una sorgente dominante, ma ad un gran numero di meccanismi competitivi e contemporanei. Se si volesse, pertanto, attenuare globalmente il rumore provocato da un aereo, si dovrebbe operare simultaneamente su tutte le sorgenti.

Sulla parte inferiore e superiore delle ali dell'aereo si sviluppa lo strato limite; questo genera rumore che, sommato a quello prodotto dal motore, fornisce il contributo udibile maggiore provocato dagli aeroplani nella zona aeroportuale.

Il rumore in banda larga prodotto dalla ventola è generato dall'interazione tra le varie sorgenti di turbolenza presenti all'interno del motore, nonché tra rotore e statore. Studi condotti da Gliebe hanno mostrato che il rumore in banda larga fornisce un importante contributo al disturbo globale percepito al passaggio dei velivoli; questo tipo di rumore nei propulsori è dovuto principalmente alla combustione. Il miglioramento degli impianti di combustione, in particolare le evoluzioni del liner, non hanno di fatto ridotto l'emissione acustica. L'efficienza dei motori a getto è determinata dalla temperatura di ingresso in turbina (TIT), il cui aumento è stato perseguito per molti anni. Le dimensioni e le proprietà acustiche della camera di combustione comportano la variazione di impedenza all'uscita influenzando l'entità delle fluttuazioni di pressione. Le proprietà acustiche della linea di adduzione del combustibile determinano le fluttuazioni nel flusso di combustibile agli ugelli, mentre la geometria del combustore influenza i modi di vibrare, a loro volta connessi con le condizioni acustiche sull'uscita. In tutto questo meccanismo la temperatura della fiamma svolge un ruolo centrale.

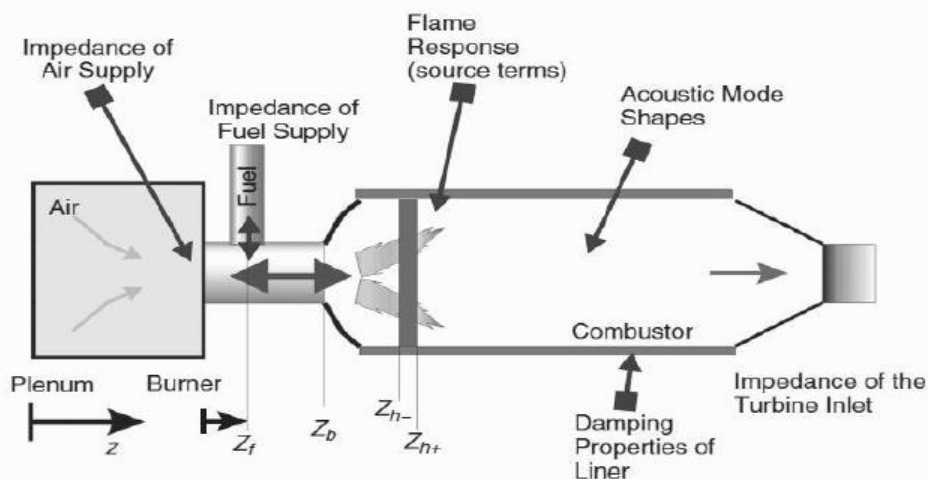


Figura 10. Schema di impianto di combustione

Il rumore provocato dai propulsori diffonde in maniera diversa in base alla direzione.

Anteriormente si evidenziano:

- aspirazione turbolenta di flussi d'aria nel motore;
- interazione turbolenta del flusso all'apice della pala con la parte interna della gondola.

Posteriormente invece si osservano:

- turbolenza generata dalla presenza di strati limite sulle pale;
- scie turbolente che interagiscono tra rotore e statore.

Il termine “*rumore del getto*” è spesso utilizzato per descrivere il rumore totale irradiato dal sistema di scarico del motore. È dominato dal rumore prodotto dalla miscelazione turbolenta dallo scarico dei gas e l'aria a valle dell'ugello di uscita; altre fonti che costituiscono il rumore del getto sono da rilevare nelle componenti a banda larga dovute all'espansione del flusso di gas di scarico. I turbofan rappresentano la categoria ottimale dal punto di vista acustico poiché il motore espelle aria a temperatura “poco” maggiore rispetto a quella ambiente, in funzione del grado di bypass, ovvero del rapporto di diluizione. Non esiste infatti una correlazione diretta tra rumore e dimensione del velivolo, poiché è il grado di bypass ad influenzare i fenomeni espansivi (e quindi il rumore) all'uscita.

La conformazione del canale che contorna la turbomacchina (*nacelle*) introduce ulteriori complicazioni nel campo acustico prodotto dal motore sia verso l'interno che verso l'esterno della struttura.

Il rumore dovuto al *core* (soprattutto lo stadio ad alta pressione) è propagato specialmente lungo l'asse della fusoliera; saranno perciò le abitazioni collocate frontalmente e posteriormente rispetto al senso di percorrenza del velivolo ad essere interessate da disturbi ad alta frequenza.

I propulsori aeronautici sono delle turbomacchine, che presentano schiere di rotori e statori, tipicamente suddivisi in due o tre alberi e la ventola frontale è collegata all'albero più lento (l'ultimo). Per effetto della rotazione si hanno componenti 1x giro, multiple (a bassa frequenza) e il rumore alla BPF (*blade passing frequency*), dovuto alla presenza dei vani tra le schiere.

### 3.5 RUMORE GENERATO DURANTE IL DECOLLO

Durante le condizioni di massimo carico è facile che siano raggiunte velocità supersoniche all'apice delle pale dei fan; questo accade, ad esempio, al decollo quando viene richiesta la massima spinta. Il rumore dell'aereo è qui dominato dai motori e i livelli di pressione sonora sono elevati; dalla letteratura emerge che questo tipo di rumore è particolarmente avvertito sia dai passeggeri a bordo dell'aereo, sia dalle persone a terra.

Poiché i motori degli aerei di linea sono dotati di elevati gradi di bypass, il carico sul fan è molto elevato, così come il rumore ad esso associato, maggiore rispetto al getto; in condizioni di massimo carico si generano elevatissimi gradienti di pressione a cavallo delle pale e tali differenze si devono annullare sul bordo di uscita. Si stagliano di conseguenza delle onde d'urto dalla parte frontale dei motori, le quali producono onde di pressione acustica a forma di dente di sega e vengono definite *buzz-saw*.

Questo effetto ha origine sull'aspirazione e dà vita ad un suono distinguibile e provvisto di elevata direttività (la propagazione è ristretta alla parte anteriore dell'aereo). L'analisi tempo-frequenza di una registrazione del decollo di un aeroplano di grandi dimensioni rende evidente il fenomeno risultando in una struttura in cui la spaziatura in frequenza è all'incirca di 70-100 Hz, il cui valore esatto è proporzionale al numero di pale e alla velocità di rotazione del fan, nonché correlato con le caratteristiche aerodinamiche dei profili alari.

Non appena la sorgente oltrepassa il ricevitore queste componenti spariscono. Le componenti 1x e multiple della rotazione del motore sono presenti in bassa frequenza.

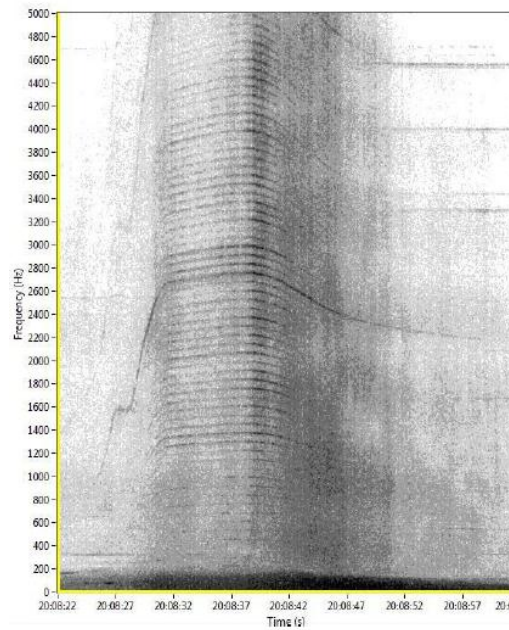


Figura 11. Spettro in frequenza del rumore generato al decollo

### 3.6 RUMORE GENERATO DURANTE L'ATTERRAGGIO

La Figura seguente mostra l'evoluzione temporale dello spettro del rumore prodotto da un aeroplano: indica come varia nel tempo, in funzione della frequenza, l'energia. Sono evidenziate le principali componenti del rumore prodotto dall'aereo così come viene percepito al suolo: alcune componenti tonali, rumore in banda larga ed uno schema di interferenza. Quest'ultimo in particolare è da imputare non tanto alla sorgente di rumore in sé quanto all'interazione tra il rumore diretto e quello riflesso dal terreno. Il passaggio dell'aereo si riconosce dal punto in cui si osservano le valli delle linee di interferenza; queste ultime sono principalmente causate dalle diverse sorgenti di rumore presenti nel motore, principalmente le pale delle turbine e dei compressori.

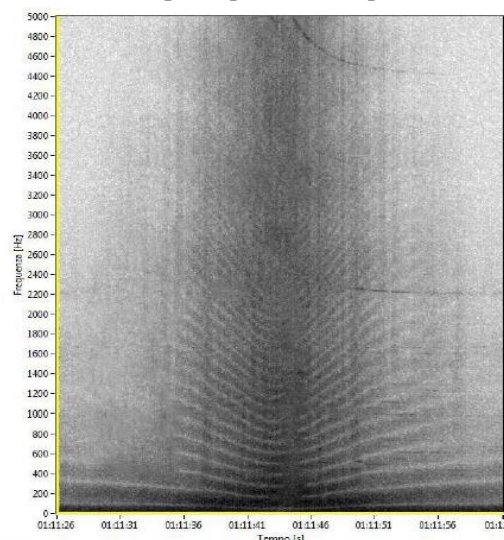
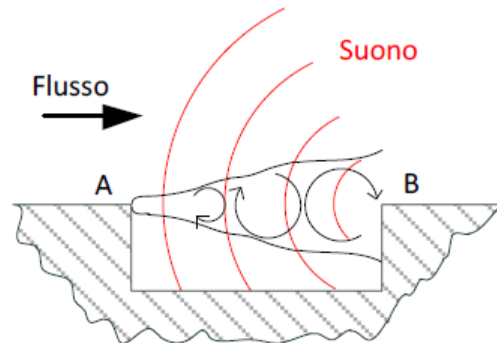


Figura 12. Spettro in frequenza del rumore generato in atterraggio

Inoltre possono nascere dei flussi d'aria generati dalle cavità presenti sulle componenti non aerodinamiche distribuite sulla superficie dell'aereo, come ad esempio sulle bocche ricavate sulle ali destinate al rifornimento del carburante o sulle fenditure nel punto di giunzione tra l'ala e i flap ma anche sulle parti che costituiscono il carrello, che è esteso all'atterraggio. Il passaggio dell'aria sulla cavità forma dei vortici (punto A) che seguono il flusso fin quando non raggiungono l'estremità opposta della cavità (punto B) creando

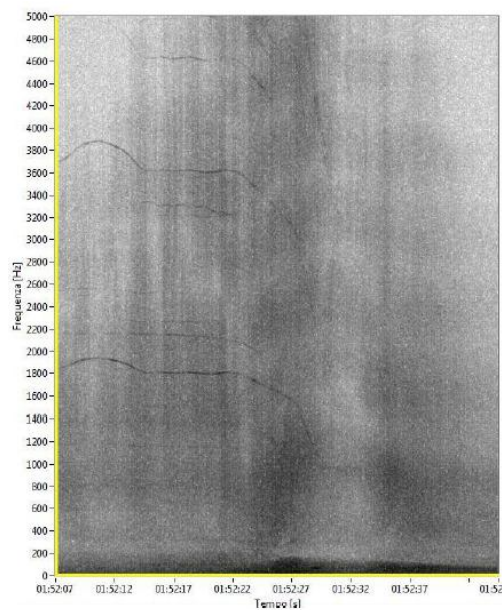
un forte rumore (in rosso) che si propaga in senso opposto al moto dell'aria. Quando le onde di pressione risalgono al punto A il fenomeno di formazione dei vortici viene rinforzato e in breve tempo si raggiungono livelli di pressione acustica elevati (in parte il fenomeno viene attenuato attraverso dei piccoli spoiler).



**Figura 13. Schema della generazione di rumore a causa di cavità sull'aereo**

Nella fase di atterraggio, a bassa quota, la struttura dell'aereo e il motore forniscono approssimativamente lo stesso contributo acustico; il moto turbolento e instabile dei flussi di aria sulle superfici producono rumore aerodinamico, mentre la vibrazione delle parti snelle, come ali e flap, introducono rumore di tipo strutturale.

Nella figura successiva è riportato lo spettrogramma del rumore prodotto da un aereo all'atterraggio in cui è assente lo schema di interferenza, ma in cui sono evidenti delle componenti tonali.



**Figura 14. Rumore prodotto all'atterraggio privo di schema di interferenza**

Nella fase di atterraggio o decollo i flap irradiano rumore, poiché vibrano e sono immersi in un fluido turbolento. In base alla letteratura, questo rumore si diffonde specialmente in direzione posteriore all'aereo e risulta essere particolarmente intenso. Il rumore del carrello è stato trascurato per lungo tempo nell'analisi del rumore prodotto da un aeroplano, in realtà però offre un indiscutibile contributo acustico.

Nell'ambito di alcuni studi sono state effettuate misurazioni all'interno della galleria del vento volte a raggiungere il corretto dettaglio di informazioni fisiche sul carrello e il corretto numero di Reynolds. In particolare, si ha che i piccoli componenti secondari, cioè il rivestimento, così come i bulloni, le giunture ed i componenti strutturali a spigoli vivi, offrono un importante sorgente di rumore ad alta frequenza.

### 3.7 REVERSE THRUST NOISE

Dopo pochi secondi dall'atterraggio dell'aereo, quando tutti i carrelli hanno preso contatto con la pista, i loro freni a disco e gli aerofreni sono stati attivati, può essere attivato l'inversore di spinta.

Normalmente il flusso d'aria che entra nei motori è equiverso rispetto alla corrente di gas di scarico, mentre l'inversore di spinta devia una parte del flusso d'aria in verso contrario rispetto all'aspirazione. Per via della turbolenza si origina un rumore a bassa frequenza (inferiore a 300 Hz) molto intenso il quale, pur considerando la ponderazione A, può risultare fastidioso e facilmente distinguibile tra le altre fonti di rumore. La durata di questo disturbo è breve (limitata a qualche secondo) ma rappresenta, lungo la storia acustica dell'atterraggio, un cospicuo contributo al livello di pressione medio.

Normalmente accade che in alcuni aeroporti l'inversore di spinta venga impedito, per ragioni dovute all'impatto acustico che ha sulle comunità limitrofe; in questi casi, siccome l'aereo dovrà percorrere una maggiore distanza lungo la pista si intensifica il rumore dovuto alle operazioni di *taxing*.

### 3.8 JET BLAST

Di particolare interesse risulta il fenomeno di jet blast, associato ad un rapido movimento d'aria prodotto dai motori jet degli aeromobili, soprattutto in fasi di decollo.

Aerei di grandi dimensioni sono, infatti, in grado di generare movimenti d'aria con velocità prossime anche a 200 km/h in un areale di 60 metri posto dietro al motore, anche al 40% della loro potenza.

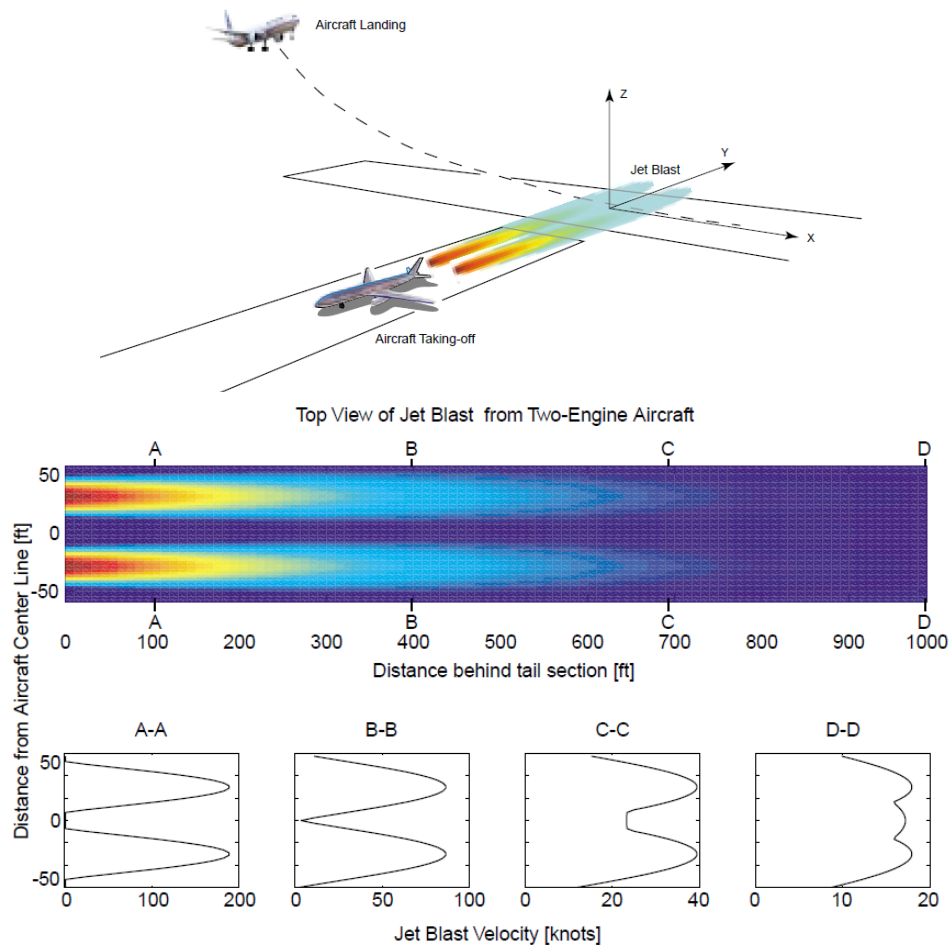


Figura 15. Caratterizzazione del jet blast



### 3.9 TRASMISSIONE DEL RUMORE DALLA SORGENTE AL PUNTO DI MISURA

Il rumore al punto di misura si differenzia da quello emesso dalla sorgente a causa della presenza dell'aria come mezzo di trasporto dell'energia sonora, del suolo come principale elemento riflettente, del movimento della sorgente e della presenza di vento. Verranno qui di seguito presentati i diversi fenomeni fisici responsabili dell'alterazione del suono tra sorgente e emettitore e le loro implicazioni nell'identificazione degli eventi.

#### 3.9.1 Diffusione

Conoscere la propagazione del suono all'esterno è importante per predire e controllare il rumore prodotto dal trasporto terrestre ed aereo, nonché da sorgenti industriali. Molti schemi per predire il suono in campo libero sono empirici e specifici per ogni sorgente. L'attenuazione del rumore ambientale è la somma delle riduzioni dovute alla diffusione geometrica, assorbimento in aria, interazione con il terreno, barriere, vegetazione e rifrazione atmosferica.

Nel particolare caso di interesse, per la propagazione in atmosfera è la sola distanza a determinare la diffusione del fronte d'onda; in un caso molto semplice il suono viene emesso da una fonte che irradia uniformemente in tutte le direzioni e l'intensità  $I$  ( $W/m^2$ ) ad una distanza  $r$  dalla sorgente di potenza  $W$  è data dalla:

$$I = \frac{W}{4\pi r^2}$$

Questa rappresenta la potenza per unità di area sul fronte d'onda sferico di raggio  $r$ .

Nella forma logaritmica la relazione tra il livello di pressione sonora e la sua potenza è:

$$L_p = L_w - 20 \log(r) - 11dB$$

Per una sorgente sonora puntiforme questo risulta in una riduzione di 6 dB per una distanza che raddoppia in tutte le direzioni. Molte sorgenti possono essere considerate puntiformi quando il ricevitore è posizionato lontano. Il vantaggio in questo senso è che una sorgente assimilabile a un singolo punto nello spazio può essere considerata omnidirezionale, trascurando così il termine del indice di direttività, il quale coinvolge a sua volta il fattore di direttività pari al rapporto delle intensità effettiva in una certa direzione rispetto all'intensità di una sorgente omnidirezionale di uguale potenza. Un semplicissimo caso in cui la componente di direttività entra in gioco è quello in cui la sorgente è collocata su un piano riflettente (ad esempio il suolo), la radiazione della sorgente in questo caso è ristretta ad un emisfero ed il fattore di direttività per una sorgente puntuale è pari a 2 e l'indice di direttività è di 3 dB.

Relativamente al caso in esame, gli aeroplani in volo avranno una radiazione acustica omnidirezionale, mentre gli aerei in fase di rullaggio o a terra emetteranno secondo una struttura semi-sferica.

Data la complessità sarebbe difficile tenerne conto nei calcoli, ma per completezza si pone un accento sul fatto che una parte dell'energia acustica viene convertita in calore durante la sua diffusione poiché esistono delle perdite per conduzione provocate dalla viscosità dell'aria. Inoltre l'effetto è dipendente dalla frequenza e dalla distanza così l'assorbimento diventa significativo alle alte frequenze e per ampie distanze, facendo sì che in questo caso l'aria si comporti marcatamente come un filtro passa-basso.

Inoltre, esaminando la propagazione del suono sulla sede aeroportuale è necessario considerare la presenza di variazioni di impedenza dovute alle diverse superfici incontrate lungo la linea di vista tra la sorgente e l'osservatore: quanto più la distanza cresce, tanto più varie saranno le categorie di superfici incontrate, con particolare concentrazione sulla forte discontinuità di impedenza tra erba ed asfalto.

La velocità di propagazione del suono in aria alla temperatura di 20 °C e in condizioni di pressione atmosferica standard è di 343 m/s e, quindi, una sorgente posta a 900 m di distanza dall'osservatore viene percepita con un ritardo di circa 2.5 secondi dall'avvio della perturbazione; inoltre il tono di un suono varia nel tempo se sorgente e ricevitore sono in movimento relativo. In tal caso i fenomeni vibratorii della pressione acustica che coinvolgono le particelle dell'aria sono influenzati dallo stesso movimento della sorgente: la fonte in moto verso l'ascoltatore produce una compressione delle onde acustiche e dunque l'incremento della frequenza del suono percepito, mentre nel caso di allontanamento è vero il viceversa.

Questo fenomeno è chiamato effetto Doppler:

$$f = \frac{c}{c + V_s \cos \theta} \cdot f_0$$

Come si può osservare dalla formula, la variazione di frequenza risulta proporzionale alla frequenza della sorgente. Inoltre è bene precisare che si avvertirebbe un tono costante, traslato in frequenza, solamente se la linea di vista coincidesse con la direzione della sorgente in movimento.

Ad esempio il rumore dei propulsori degli aerei rappresenta una componente tonale chiara ed identificabile, che si propaga a grande distanza e risulta soggetta alla variazione di frequenza per l'effetto Doppler e che tipicamente è funzione della posizione rispetto all'osservatore.

Considerando il caso di un aereo in cui il motore ruoti producendo una BPF (*Blade Passing Frequency*) di circa 1470 Hz, ossia alla velocità di rotazione di 3850 RPM per 22 pale, per via dell'effetto Doppler, prevedendo una velocità di avvicinamento di quasi 300 km/h, si ottiene la misurazione della frequenza del segnale a 1780 Hz per un angolo di circa -45° e di 1250 Hz a +45°.

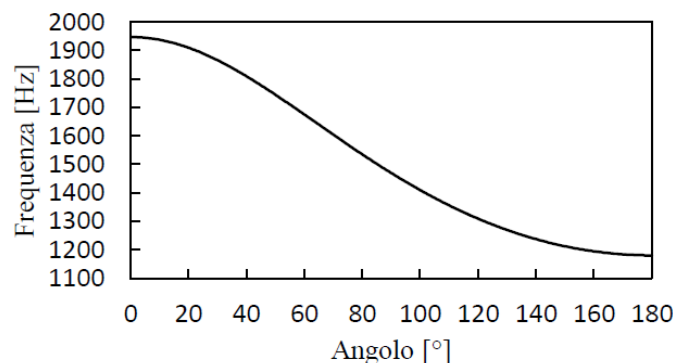


Figura 16. Variazione di frequenza del rumore provocato dai motori di un aereo per effetto Doppler

### 3.9.3 Riflessione del suono

Si parla di *effetto suolo* (in termini acustici) con riferimento alla variazione di livello di pressione acustica, sia negativa che positiva, a causa dell'intervento del suolo nella propagazione tra emittente e ricevitore. Si tratta di fenomeni acustici particolarmente complessi e difficilmente prevedibili in funzione delle caratteristiche della superficie, delle posizioni sorgente-ricevitore e dello spettro acustico.

Il terreno può essere considerato come un materiale poroso composto da una struttura rigida ed una elastica. La più importante caratteristica (dal punto di vista acustico) di un piano è la resistenza al flusso o permeabilità all'aria: misura la difficoltà che l'aria affronta nel muoversi al suo interno. La resistenza al flusso aumenta al diminuire della porosità, così un asfalto molto denso avrà un'alta resistenza al flusso.

Esistono due tipi di superfici: acusticamente dure ed acusticamente morbide.

Le superfici altamente riflettenti, in cui la fase dell'onda acustica viene sostanzialmente preservata, come acqua, asfalto e cemento, entrano nella prima categoria. Il terreno coperto da vegetazione o la

neve fresca costituiscono esempi di superfici morbide, in cui la fase dell'energia acustica risulta modificata dalla riflessione del suolo; una superficie acusticamente morbida (ad impedenza finita) può realizzare una significativa attenuazione lungo lo spettro acustico udibile (ad eccezione delle basse frequenze, le quali non penetrano nei pori).

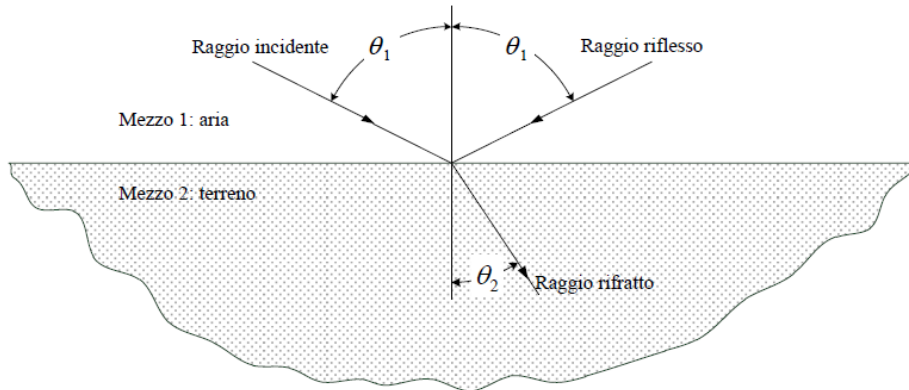


Figura 17. Riflessione e rifrazione delle onde sonore in un mezzo

Solitamente la velocità del suono nel terreno è molto lenta rispetto all'aria in quanto la propagazione, alternata tra parti solide e spazi vuoti, viene impedita dall'attrito viscoso tra le particelle.

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

La conseguenza di questo è che qualsiasi raggio acustico incidente sul terreno (superficie definita *reattiva*) in una certa quota penetra nel terreno stesso.

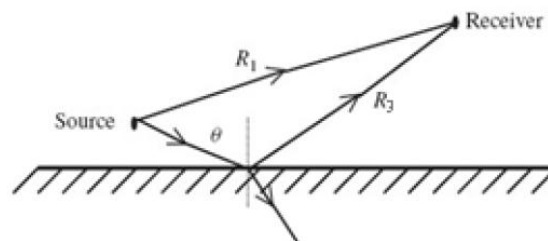


Figura 18. Propagazione sonora da una sorgente puntiforme ad un ricevitore posto a terra

Tra la sorgente di rumore e il ricevitore esiste un percorso diretto di lunghezza  $R_1$  ed un effetto di riflessione del terreno evidenziato dal percorso di lunghezza  $R_2$ .

Alcuni studi pionieristici sull'influenza combinata della superficie del terreno e delle condizioni meteorologiche furono condotte utilizzando un motore a reazione Rolls Royce con asse posizionato a 2 m dal terreno in un campo di aviazione ricoperto da manto erboso. Due microfoni hanno registrato i livelli di pressione sonora ad una distanza di 19 m e di 347 m dalla sorgente collocati all'altezza di 1,5 m da terra.

Nei due diversi casi si è tenuto in considerazione la diffusione sferica e l'assorbimento dell'aria. L'attenuazione risultava minima alle alte frequenze, inoltre furono possibili rilevazioni a seguito di abbondanti nevicate concedendo la possibilità di studiare l'influenza di diversi centimetri di neve, rilevando fortissimi attenuazioni del suono alle basse frequenze sino a 20 dB nella banda di terzi di ottava compresa tra i 63 e i 125 Hz.

Altre misurazioni del rumore furono compiute alla distanza di 3 km durante le accelerazioni dei propulsori degli aerei allo scopo di definire i contorni di rumore nelle vicinanze degli aeroporti. Misurazioni furono effettuate per un largo campo di eventi durante diversi giorni estivi sotto condizioni climatiche abbastanza calme.

Furono predisposte molteplici stazioni di misura e i risultati sono stati poi mediati. È logico attendere una riduzione di 30 dB rispetto a quanto si aspetterebbe di misurare al fronte d'onda

considerando solamente l'assorbimento dell'aria. Nello studio è emerso che le rilevazioni effettuate al di sotto dei 500 m suggerivano tassi di attenuazione comparabili con quanto atteso dai modelli di assorbimento del cemento oppure della diffusione sferica più l'assorbimento dell'aria. Oltre 700 m il tasso di attenuazione misurato era vicino alle previsioni adatte al manto erboso, questo risultava dal fatto che l'avviamento dei motori avviene a minima altezza da terra.

### 3.9.4 Vento

Anche il vento e la temperatura influenzano la propagazione del suono in ambiente. L'atmosfera è infatti in continuo movimento ed ogni moto turbolento di un fluido attraverso una superficie grezza genera uno strato limite. La regione di maggior interesse dal punto di vista della previsione acustica ambientale si focalizza sulla parte inferiore dello strato limite chiamato livello superficiale. In questa zona i flussi variano meno del 10% la loro intensità ma la velocità del vento e il gradiente di temperatura sono elevati. Durante il giorno lo strato superficiale si estende per 50-100 m mentre è più sottile di notte. Il suono cambia con l'altezza dal terreno.

Quando la sorgente è sottovento rispetto al ricevitore il suono deve propagarsi nella direzione opposta; quando l'altezza aumenta la velocità del vento aumenta e di conseguenza la quantità sottratta alla velocità del suono. Per effetto della variazione della velocità della propagazione si originano delle zone d'ombra in cui il suono risulta fortemente attenuato.

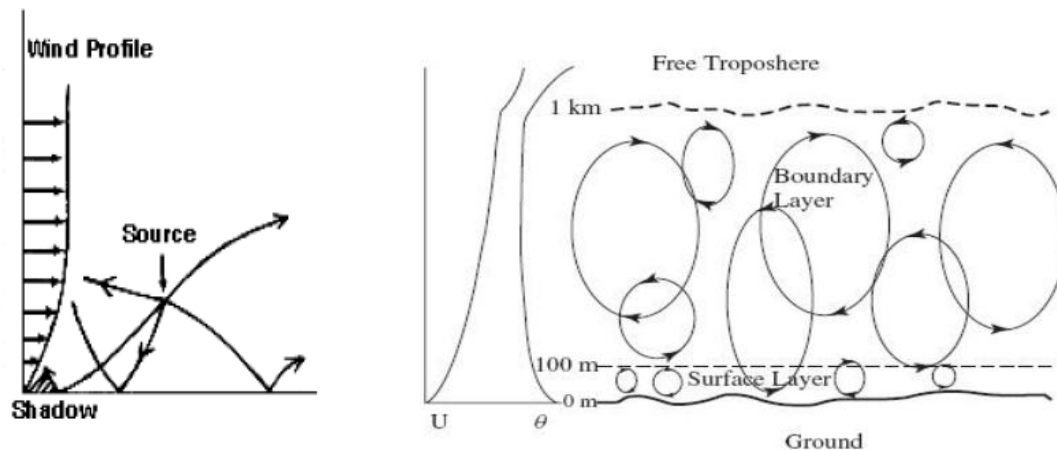


Figura 19. Effetto del vento sulla radiazione acustica di una sorgente ad una certa altezza dal suolo (a sinistra) e schematizzazione dello strato limite dell'atmosfera nel corso della giornata e strutture turbolente (a destra)

Inoltre, la turbolenza atmosferica tende ad annullare la coerenza tra la componente diretta del suono e quella riflessa dal terreno e, conseguentemente riduce l'effetto di interferenza. Si tratta comunque di un aspetto particolarmente complicato e difficilmente prevedibile.

#### 4. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Tra i recenti provvedimenti in materia di rumore vale sicuramente la pena citarne due, in particolare riferimento alle specifiche problematiche in oggetto.

Le norme qui considerate sono il D.P.C.M. 14 novembre 1997 “Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore” pubblicato nella G.U. 1/12/97, e il Decreto 16 marzo 1998 “Tecniche di rilevamento e di misurazione dell’inquinamento acustico” pubblicato nella G.U. 1/4/98.

Senza la pretesa di entrare dettagliatamente nel merito dei citati provvedimenti, ai quali si rimanda per una completa comprensione delle relative prescrizioni, di seguito viene riportata una breve sintesi di alcuni aspetti.

Il D.P.C.M. 14 novembre 1997 determina i valori limite di emissione e di immissione relativi alle sorgenti sonore, nonché i valori di attenzione ed i valori di qualità. Detti valori sono, in funzione delle classi di destinazione d’uso del territorio, diversificati per il periodo diurno e notturno. Oltre a quanto descritto vengono applicati anche, con eccezione di alcune situazioni, i valori limite differenziali di immissione (si ricorda che il criterio differenziale appena citato, fa riferimento alla differenza tra il livello di rumore ambientale ed il livello di rumore). Anche nell’applicazione del criterio differenziale valgono valori limite diversi, a seconda del periodo di considerazione, diurno o notturno (5 dB nel periodo diurno e 3 dB nel periodo notturno).

Classi di destinazione d'uso del territorio		Valori limite delle sorgenti sonore (DPCM 14/11/97)									
		emissione		immissione		qualità		attenzione			
		diurno	nott.	diurno	nott.	diurno	nott.	diurno	nott.	diurno orario	nott. orario
I	aree particolarmente protette	45	35	50	40	47	37	50	40	60	45
II	aree prevalentemente residenziali	50	40	55	45	52	42	55	45	65	50
III	aree di tipo misto	55	45	60	50	57	47	60	50	70	55
IV	aree di intensa attività umana	60	50	65	55	62	52	65	55	75	60
V	aree prevalentemente industriali	65	55	70	60	67	57	70	60	80	65
VI	aree esclusivamente industriali	65	65	70	70	70	70	70	70	80	75

Tabella 1. Valori limite prescritti dal DPCM 14.11.1997

Nelle aree ove non si sia ancora provveduto ad una zonizzazione acustica del territorio restano validi i limiti individuati dal DPCM 1 marzo 1991 che fa riferimento alle zone individuate all'art. 2 del decreto ministeriale 2 aprile 1968, n. 1444.

Il Decreto 16 marzo 1998 stabilisce le tecniche di rilevamento e di misurazione dell’inquinamento da rumore. Tra le diverse prescrizioni, vengono indicate la tipologia della strumentazione da utilizzarsi per eseguire le misure, i criteri e le modalità di esecuzione delle misure stesse e le modalità di presentazione dei risultati ottenuti. Nel decreto sono previsti diversi aspetti innovativi quali ad esempio la procedura da seguire per il riconoscimento dell’evento sonoro impulsivo. Un’altra novità riguarda l’applicazione dei fattori correttivi: il decreto contempla infatti tre fattori di penalizzazione da utilizzarsi, secondo determinate modalità, rispettivamente per tenere conto della presenza di componenti impulsive, di componenti tonali, e di componenti in bassa frequenza. La correzione dovuta alla presenza di componenti in bassa frequenza viene applicata, esclusivamente nel tempo di riferimento notturno, qualora l’analisi in frequenza svolta con le modalità indicate per il riconoscimento delle componenti tonali, rilevi la presenza di CT tali da consentire l’applicazione del fattore di correzione ad esse dovuto, nella porzione di spettro compresa tra 20 Hz e 200 Hz; la correzione dovuta alla presenza di componenti in bassa frequenza si applica in aggiunta a quella relativa alla presenza di componenti tonali.

La procedura da seguire per il riconoscimento di componenti tonali nel rumore è indicata nella norma, e prevede l’analisi spettrale per bande normalizzate di 1/3 di ottava nell’intervallo compreso tra 20 Hz e 20 kHz.

Il fattore di penalizzazione dovuto alla presenza di componenti tonali nel rumore, viene applicato soltanto nei casi in cui la componente tonale tocchi un'isofonica eguale o superiore alla più elevata raggiunta dalle altre componenti dello spettro. Quest'ultimo aspetto privilegia una valutazione maggiormente confrontabile con la sensazione sonora percepita dall'uomo. Infatti, con il decreto del 16 marzo 1998, la eventuale presenza di componenti tonali non determina automaticamente la penalizzazione citata ma, anzi, il sistema di valutazione adottato tiene conto della caratteristica sensibilità dell'orecchio umano alle varie frequenze ed ai diversi livelli, mediante il confronto con le citate isofoniche o curve di isosensazione. Al fine del loro riconoscimento, il decreto considera solamente le componenti tonali aventi carattere stazionario in tempo ed in frequenza. Inoltre, per evidenziare componenti tonali che si trovano alla frequenza di incrocio di due filtri in banda di un terzo di ottava, la norma consente l'utilizzo di filtri con maggiore potere selettivo o frequenze di incrocio alternative; con la normale analisi in banda di un terzo di ottava, non è infatti possibile evidenziare quelle componenti che, trovandosi presso la frequenza di incrocio di due filtri, comportano la distribuzione dell'energia su due bande adiacenti. Un altro aspetto considerato dal provvedimento è relativo alla eventuale presenza di rumore a tempo parziale.

Nomenclatura e definizioni delle grandezze contenute nel D.M. 16 marzo 1998.

1. *Sorgente specifica*: sorgente sonora selettivamente identificabile che costituisce la causa del potenziale inquinamento acustico
2. *Tempo a lungo termine (TL)*: rappresenta un insieme sufficientemente ampio di TR all'interno del quale si valutano i valori di attenzione. La durata di TL è correlata alle variazioni dei fattori che influenzano la rumorosità a lungo periodo.
3. *Tempo di riferimento (TR)*: 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 6,00 e le h 22,00 e quello notturno compreso tra le h 22,00 e le h 6,00.
4. *Tempo di osservazione (TO)*: è un periodo di tempo compreso in TR nel quale si verificano le condizioni di rumorosità che si intendono valutare.
5. *Tempo di misura (TM)*: all'interno di ciascun tempo di osservazione, si individuano uno o più tempi di misura (TM) 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
6. *Livelli dei valori efficaci* di pressione sonora ponderata "A": LAS, LAF, LAI: esprimono i valori efficaci in media logaritmica mobile della pressione sonora ponderata "A" LpA secondo le costanti di tempo "slow", "fast", "impulse".
7. *Livelli dei valori massimi* di pressione sonora LASmax, LAFmax, LAImax: esprimono i valori massimi della pressione sonora ponderata in curva "A" e costanti di tempo "slow", "fast", "impulse".
8. *Livello continuo equivalente* di pressione sonora ponderata "A": 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

$$L_{Aeq,T} = 10 \cdot \lg \left[ \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right]$$

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

9. *Livello continuo equivalente* di pressione sonora ponderata "A" relativo al tempo a lungo termine TL ( $L_{Aeq,TL}$ ): il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" relativo al tempo a lungo termine ( $L_{Aeq,TL}$ ) può essere riferito:

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

$$L_{Aeq,TL} = 10 \cdot 10 \lg \left[ \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N 10^{0.1(L_{Aeq,TR,i})} \right]$$

essendo N i tempi di riferimento considerati.

- b) al singolo intervallo orario nei TR. In questo caso si individua un TM di 1 ora all’interno del TO 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 TM, espresso dalla seguente relazione:

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

Dove  $i$  è il singolo intervallo di 1 ora nell’  $i$ -esimo TR.

E’ il livello che si confronta con i limiti di attenzione.

10. *Livello sonoro di un singolo evento*  $L_{AE}$ , (SEL): è dato dalla formula

$$SEL = L_{AE} = 10 \cdot 10 \lg \left[ \frac{1}{t_0} \cdot \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right]$$

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

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

- 1) nel caso dei limiti differenziali, è riferito a TM;
- 2) nel caso di limiti assoluti è riferito a TR.

12. *Livello di rumore residuo* (LR): 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.

13. *Livello differenziale di rumore* (LD): differenza tra livello di rumore ambientale (LA) e quello di rumore residuo (LR):

$$L_D = L_A - L_R$$

14. *Livello di emissione*: è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato “A”, dovuto alla sorgente specifica. E’ il livello che si confronta con i limiti di emissione.

15. *Fattore correttivo* (Ki): 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:

- per la presenza di componenti impulsive  $KI = 3$  dB
- per la presenza di componenti tonali  $KT = 3$  dB
- per la presenza di componenti in bassa frequenza  $KB = 3$  dB

I fattori di correzione non si applicano alle infrastrutture dei trasporti.

16. *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 h il valore del rumore ambientale, misurato in Leq(A) deve essere diminuito di 3 dB(A); qualora sia inferiore a 15 minuti il Leq(A) deve essere diminuito di 5 dB(A).

17. *Livello di rumore corretto (LC)*: è definito dalla relazione

$$L_C = L_A + K_I + K_T + K_B$$

Dall'analisi della normativa vigente in termini di classificazione acustica del territorio e di normativa specifica per il settore aeroportuale, sono inoltre da prendere in considerazione il DM 31/10/1997, il DM 3.12.98, il DPR 11.12.1997, il DM 20 maggio 1999, il Decreto Legislativo 19 agosto 2005 e il Decreto Legislativo 17 gennaio 2005.

Il D.M. 31/10/1997 "Metodologia di misura del rumore aeroportuale", oltre a precisare le tecniche e le modalità operative per l'esecuzione di rilievi acustici, individua i parametri di valutazione dell'inquinamento acustico di origine aeroportuale ed in particolare il Livello di Valutazione del rumore Aeroportuale (LVA), espresso in dB(A) e da calcolarsi in funzione del numero di eventi aeronautici, nonché del periodo di riferimento (diurno o notturno) e del livello sonoro (SEL) di ciascuno di essi (rif. Allegato A D.M. 31 ottobre 1997):

$$LVA = 10 \text{Log}_{10} \left( \frac{17}{24} 10^{LVA_d/10} + \frac{7}{20} 10^{LVA_n/10} \right)$$

essendo:

$$LVA_{,d} = 10 \text{Log}_{10} \left[ \frac{1}{Td} \sum_{j=1}^{Nd} 10^{SEL_j/10} \right] \quad (LVA \text{ periodo diurno})$$

$$LVA_{,n} = 10 \text{Log}_{10} \left[ \frac{1}{Tn} \sum_{j=1}^{Nn} 10^{SEL_j/10} \right] + 10 \quad (LVA \text{ periodo notturno})$$

$$SEL_{,i} = LA_{eq,i} + 10 \text{Log}_{10} \left( \frac{Ti}{T_0} \right) \quad (\text{livello sonoro dell'evento aeronautico } i\text{-esimo})$$

con:

$Td = 61200 \text{ s}$  (durata del periodo diurno)

$Tn = 25200 \text{ s}$  (durata del periodo notturno)

$Nd =$  numero dei movimenti in periodo diurno

$Nn =$  numero dei movimenti in periodo notturno

$T_0 = 1 \text{ s}$

$Ti =$  durata in secondi dell'evento aeronautico  $i$ -esimo, con riferimento al periodo in cui il livello sonoro generato dall'evento risulta superiore alla soglia  $LAF_{max} - 10 \text{ dB(A)}$  (Livello sonoro massimo FAST ponderato A ridotto di 10 dB(A)).

Si segnala che, contrariamente a quanto disposto per altre tipologie di sorgente sonora, i periodi di riferimento diurno e notturno sono qui diversamente proposti:

- periodo diurno: dalle ore 6.00 alle ore 23.00
- periodo notturno: dalle ore 23.00 alle ore 6.00

Gli stessi periodi sono infatti definiti con scadenza alle ore 6.00 ed alle ore 22.00 nel DM 16 marzo 1998, allegato A. Il decreto indica inoltre le caratteristiche e le modalità di definizione delle aree A, B, C di rispetto nell'intorno aeroportuale, tenuti in debito conto il Master Plan e gli strumenti di pianificazione urbanistica dei comuni territorialmente interessati.

*Intorno aeroportuale*: territorio circostante l'aeroporto in cui lo stato (acustico) dell'ambiente è influenzato dalle attività aeroportuali, corrispondente all'area in cui LVA assume valori superiori a 60 dB(A)

- Zona A: LVA inferiore a 65 dB(A)



- Zona B: LVA inferiore a 75 dB(A)
- Zona C: LVA può superare i 75 dB(A)

Il decreto infine incarica l'Ente Nazionale per l'Aviazione Civile (ENAC) di istituire per ogni aeroporto una Commissione presieduta dal competente Direttore della circoscrizione aeroportuale, avente quale duplice obiettivo la definizione di specifiche procedure antirumore da applicarsi alle attività aeroportuali e la definizione dei confini delle aree di rispetto A,B e C.

Il DM 3.12.98 "Procedure antirumore e zone di rispetto degli aeroporti" assume rilevanza in quanto ribadisce la competenza delle Commissioni di cui all'art 5, comma 1 del suddetto DM 31 ottobre 1997 in materia di definizione di procedure antirumore e di confini delle aree di rispetto A,B e C.

Il DPR 11.12.1997 n.496 "Regolamento recante norme per la riduzione dell'inquinamento acustico prodotto dagli aeromobili civili" sancisce, tra l'altro, il divieto di effettuare voli notturni, con eccezione dei voli postali, di Stato, sanitari e di emergenza.

Il DM 20 maggio 1999 "Criteri per la progettazione dei sistemi di monitoraggio per il controllo dei livelli di inquinamento acustico in prossimità degli aeroporti, nonché criteri per la classificazione degli aeroporti in relazione al livello di inquinamento acustico" costituisce riferimento per la progettazione e la realizzazione dei sistemi di monitoraggio a lungo termine in prossimità degli aeroporti.

Il Decreto legislativo del 19 agosto 2005, n. 194 – "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale" definisce competenze e procedure per l'elaborazione delle mappature acustiche delle infrastrutture di trasporto, fra cui sono annoverati anche gli aeroporti principali, e dei conseguenti piani di azione, destinati a gestire i problemi di inquinamento acustico e i relativi effetti.

Il Decreto legislativo del 17 gennaio 2005, n. 13 – "Attuazione della direttiva 2002/30/CE relativa all'introduzione di restrizioni operative ai fini del contenimento del rumore negli aeroporti comunitari" stabilisce condizioni e modalità per l'adozione, in ambito aeroportuale, di restrizioni operative volte a ridurre o vietare l'accesso di aeromobili in un determinato aeroporto, nonché di altre misure ritenute utili a favorire il raggiungimento di obiettivi di riduzione dell'inquinamento acustico tenuto conto, in particolare della popolazione esposta. In particolare si ricorda la definizione di "intorno aeroportuale" (DM 31/10/97), che costituisce la fascia di pertinenza aeroportuale: "territorio circostante l'aeroporto in cui lo stato acustico dell'ambiente è influenzato dalle attività aeroportuali, corrispondente all'area in cui LVA assume valori superiori a 60 dB(A)". L'intorno aeroportuale viene individuato dalla commissione aeroportuale, che ai sensi dell'art 6 del citato decreto provvede alla caratterizzazione acustica dell'intorno aeroportuale, tenuto conto del piano regolatore aeroportuale, degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica vigenti e delle procedure antirumore adottate, suddividendo il medesimo intorno aeroportuale in tre sottozone di rispetto: zona A, zona B, zona C. L'intorno aeroportuale, nonché le zone A, B, C sono definite dalle commissioni all'unanimità. Nel caso l'unanimità non sia raggiunta, il Ministero dei trasporti, ovvero le Regioni e le Province autonome, convoca un'apposita conferenza dei servizi, ai sensi dell'art 14 della legge 7 Agosto 1990, n 241, e successive modifiche ed integrazioni.

Alla definizione dell'intorno aeroportuale i piani regolatori generali dei Comuni interessati devono essere adeguati, fatte salve le attività e gli insediamenti esistenti al momento della data di entrata in vigore del presente decreto, tenendo conto delle seguenti indicazioni per gli usi del suolo:

- Zona A: non sono previste limitazioni
- Zona B: attività agricole ed allevamenti di bestiame, attività industriali ed assimilate, attività commerciali, attività di ufficio, terziario ed assimilate, previa adozione di adeguate misure di isolamento acustico
- Zona C: esclusivamente le attività funzionalmente connesse con l'uso ed i servizi delle infrastrutture aeroportuali.

## 5. PROCEDURA DI ANALISI ADOPERATA

## 5.1 GENERALITÀ SULLA PROCEDURA

In via generale la valutazione dei livelli di rumore indotti da una qualsiasi sorgente richiede la definizione dei seguenti parametri:

- la definizione delle caratteristiche della sorgente (inteso come andamento delle ampiezze nel tempo e il relativo spettro in frequenza), rilevate, quanto più è possibile, in prossimità della sorgente stessa;
- la definizione di una relazione di attenuazione che consenta di determinare il livello di rumore in prossimità dei ricettori;
- la valutazione del possibile impatto che il rumore in ingresso all'edificio può determinare in termini di livelli di rumore interni ai vari ambienti.

Al fine di arrivare alla determinazione di un modello di previsione affidabile, si è dunque deciso di adoperare una procedura di tipo numerico, validata per mezzo di rilievi sperimentali condotti nella zona dell'attuale aeroporto, al fine di valutare il livello di affidabilità dei valori numerici previsti.

In pratica si è inizialmente sviluppato un modello numerico della pista attualmente in funzione presso l'Aeroporto Amerigo Vespucci di Firenze; la stessa pista è stata oggetto di una campagna di misure sperimentali, durante la quale sono stati acquisiti i livelli di pressione acustica relazionati alle operazioni di decollo ed atterraggio di un'ampia classe di velivoli.

I risultati numerici e sperimentali sono stati confrontati al fine di "tarare" il modello numerico, garantendo la significatività degli eventi rumorosi simulati. Una volta appurata la validità del modello si è passati alla realizzazione di un modello numerico della nuova area oggetto di intervento, andando soprattutto a simulare la zona relativa al primo fronte di edifici del Polo Scientifico e Tecnologico esposto alla futura pista di volo.

I livelli di rumorosità attesi in facciata degli edifici sono stati, quindi, valutati nel loro effetto, in virtù delle caratteristiche costruttive degli edifici del Polo. Nei successivi paragrafi, verranno forniti i dettagli degli strumenti adoperati e dei differenti momenti della procedura; la successiva immagine illustra, invece, l'ubicazione delle due aree interessate alla simulazione/sperimentazione.

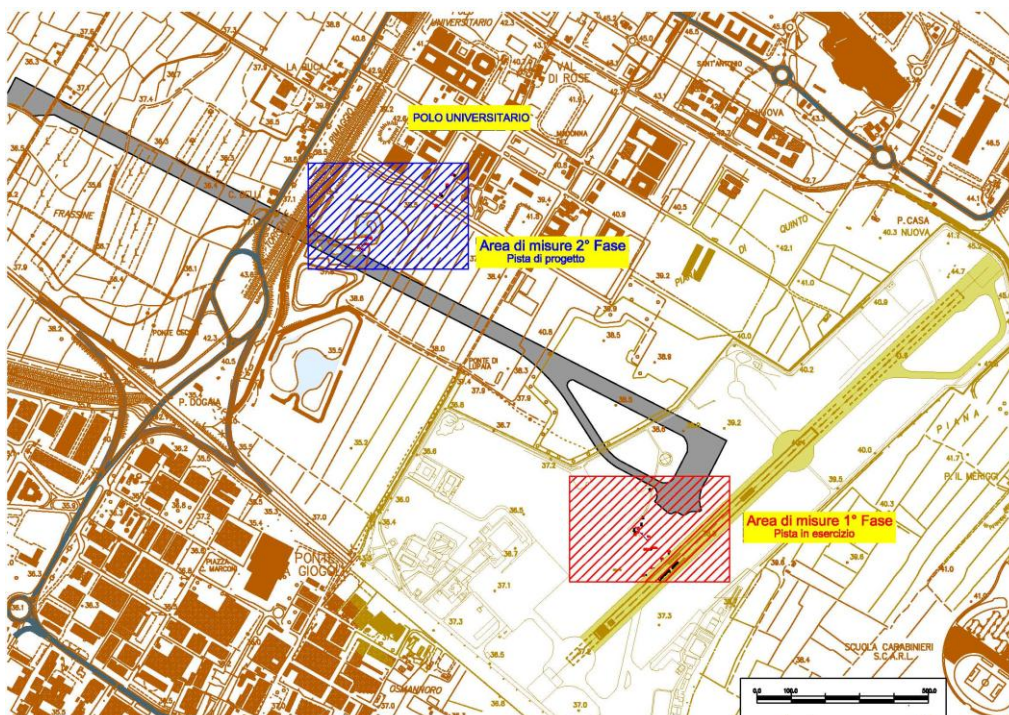


Figura 20. Aree di studio

## 5.2 TOOL NUMERICO DI SIMULAZIONE

L'analisi numerica è stata condotta in ambiente Terrain.

Il codice Terrain è un codice Ray Tracing, ovvero basato sul metodo dell'acustica geometrica, ed implementa algoritmi ottimizzati di fast solving di domini complessi.

Il codice consente di calcolare tutti i parametri del dominio acustico, tra tutte le funzioni all'impulso che possono essere anche esportate per successive operazioni di calcolo dinamico spazio/temporale ed auralizzazione del suono.

La valutazione previsionale di clima acustico in regime dinamico, sulla base delle funzioni all'impulso preliminarmente elaborate, sono state invece elaborate mediante l'utilizzo di codice proprietario basato sul metodo SRM (*Spatial Response Matrix*) ed implementato in ambiente virtuale Matlab.

### 5.3 SVILUPPO DI UN MODELLO NUMERICO DI PREVISIONE PER L'ATTUALE PISTA IN ESERCIZIO

Nella prima fase delle attività si è, dunque, preso in considerazione l'esercizio dell'attuale pista dell'Aeroporto Amerigo Vespucci, andando a costruire un modello numerico di previsione del rumore rilevato nel suo immediato intorno.



*Figura 21. Areale di misura – Prima fase di studio*

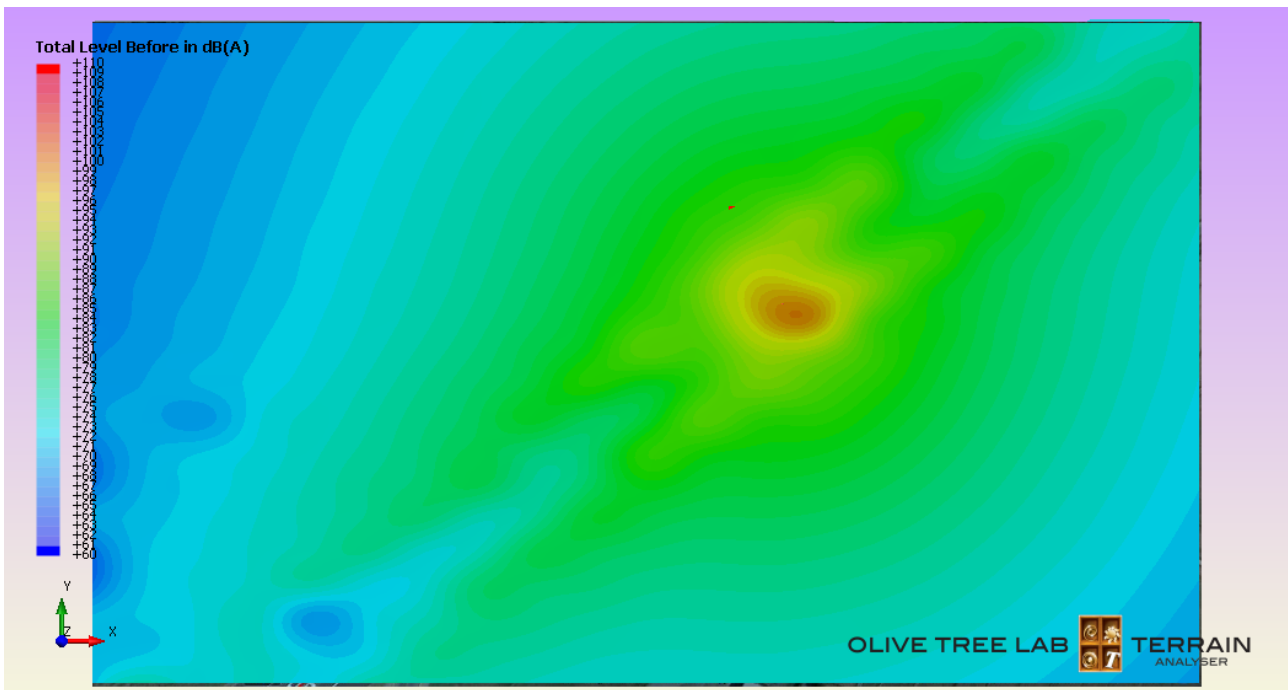
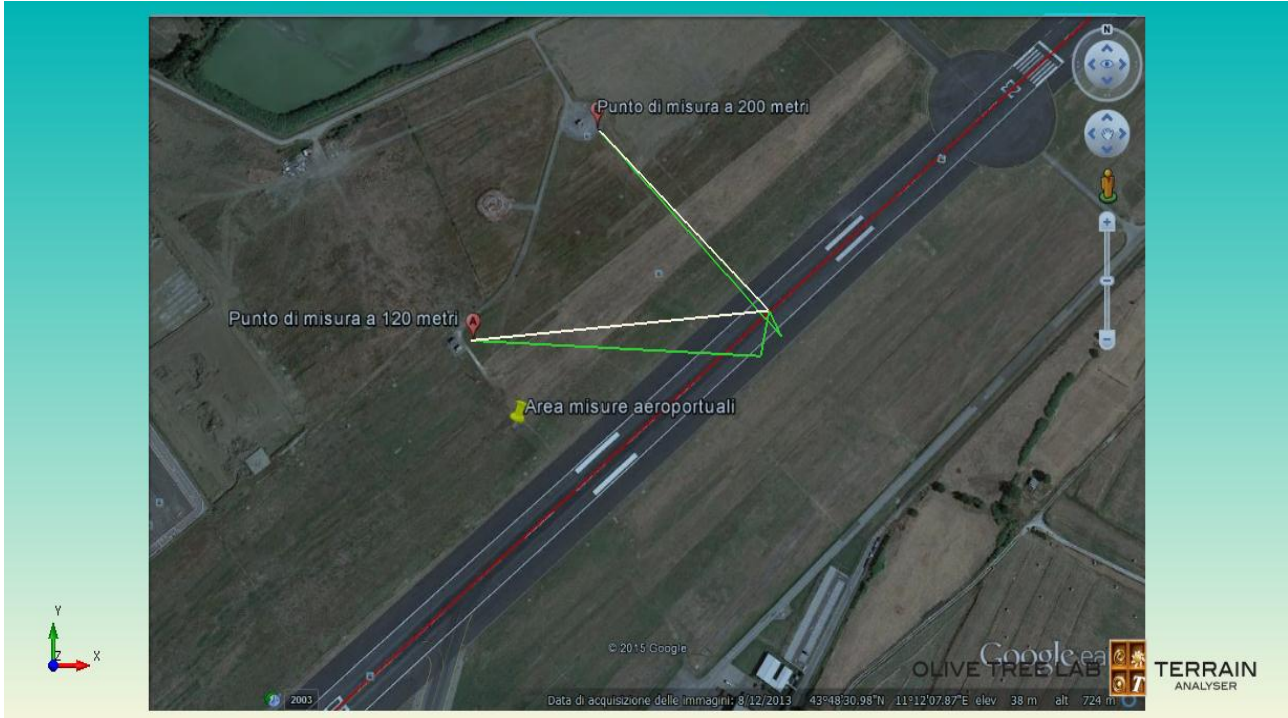
In particolare sono stati scelti due punti di osservazione “privilegiati”, in quanto oggetto della successiva campagna sperimentale di verifica; si è scelto, infatti, di osservare con particolare interesse una postazione posta a circa 120 metri dal bordo pista nella zona dove avviene la quasi totalità dei decolli e degli atterraggi, ed una postazione posta a circa 200 metri dal bordo pista, in direzione normale al tratto di pista caratterizzata dalla forza di massima spinta in fase di decollo ovvero di frenata in fase di atterraggio.

All'interno del software, a partire dalle immagini satellitari, si è proceduto alla costruzione del modello CAD completo delle informazioni relative ai materiali caratterizzanti tutte le superfici, che sono state introdotte attraverso i relativi coefficienti di assorbimento acustico.

Sono, quindi, stati posizionati due ricettori virtuali posti a 1,6 metri di altezza del terreno nelle postazioni precedentemente individuate e si è introdotta una sorgente di tipo lineare a quota variabile lungo la pista con le caratteristiche spettrali tipiche di un velivolo del tipo A318/A319, che è apparso essere quello maggiormente presente ed impattante dal punto di vista acustico (dati emersi durante le prove sperimentali che verranno descritte al successivo paragrafo).

Senza appesantire eccessivamente la trattazione con un eccessivo numero di immagini, si riportano in successione; uno sketch del software con evidenza dei principali cammini di

trasmissione, un'immagine "stazionaria" di emissione acustica (quindi immagine spaziale ad un istante singolo della fase di decollo), due diagrammi caratteristici della fase di decollo acquisiti nelle due postazioni di riferimento (che riportano il Livello di pressione in dB(A) come funzione della posizione del velivolo sulla pista e il relativo "waterfall").



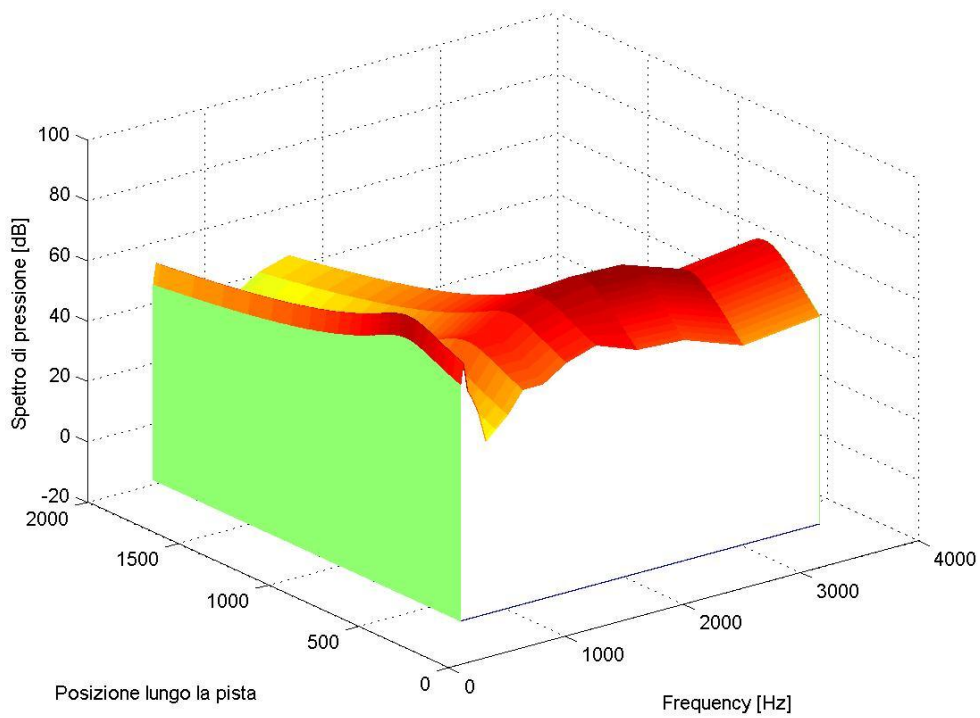
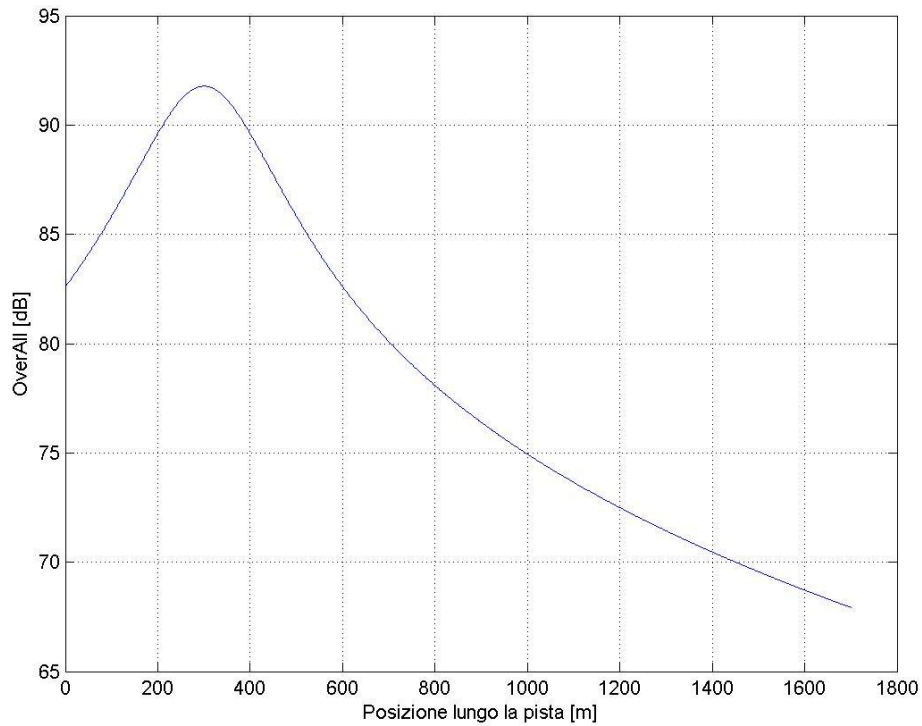


Figura 22. Dati relativi alla postazione sita a 120 metri di distanza dalla pista

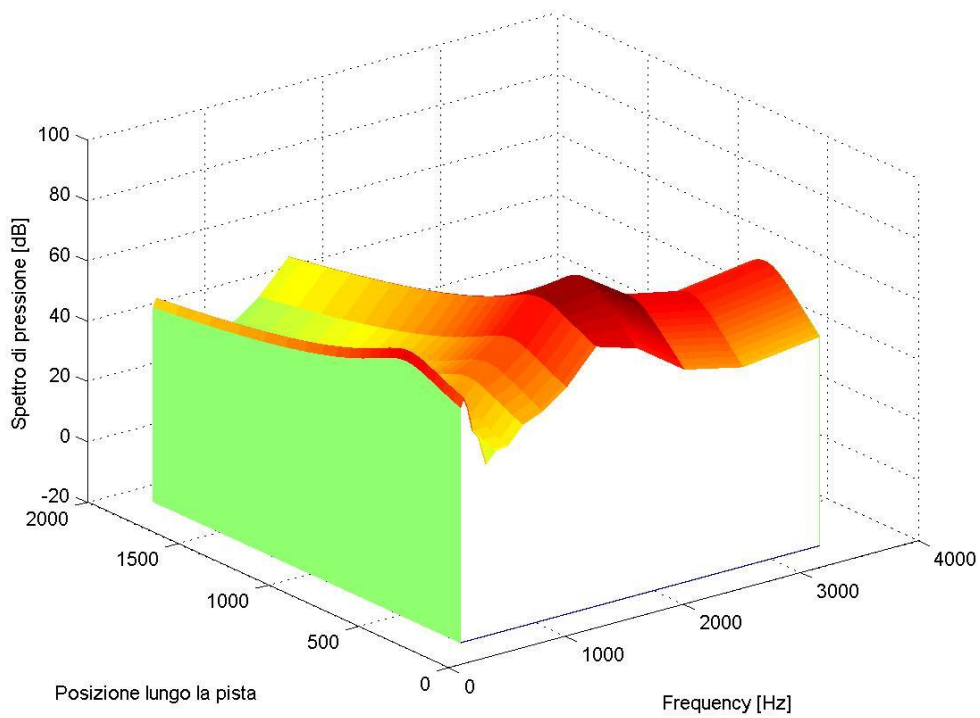
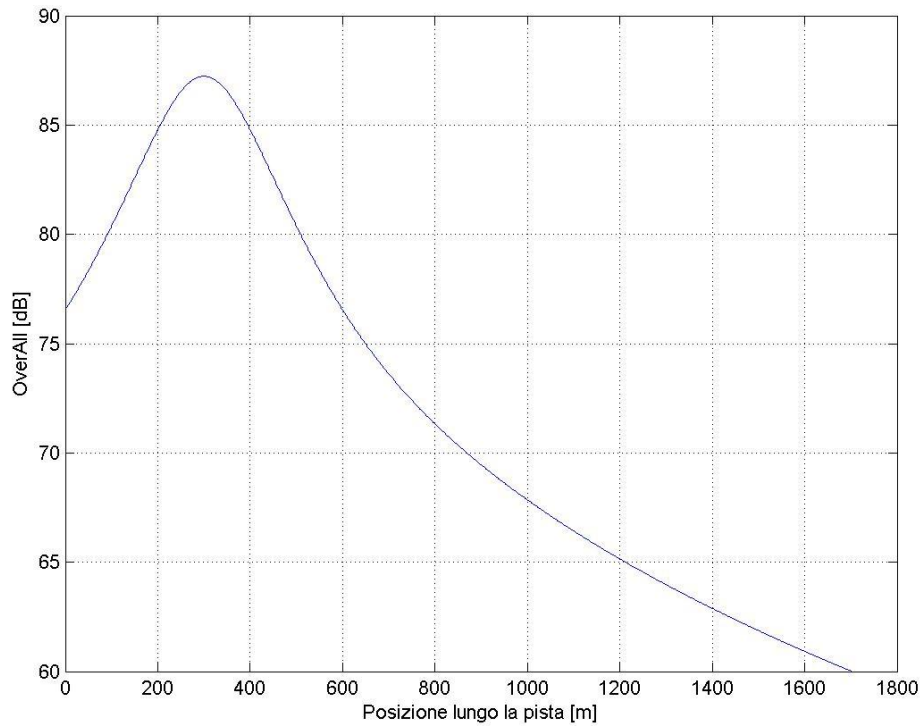


Figura 23. Dati relativi alla postazione sita a 200 metri di distanza dalla pista

#### 5.4 CAMPAGNA SPERIMENTALE PER LA TARATURA DEL MODELLO ACUSTICO

Come precedentemente descritto, al fine di tarare il modello numerico (e soprattutto per tarare le varie possibili sorgenti) si è proceduto ad una campagna di misure sperimentali durante il normale esercizio aeroportuale.

Sono state quindi individuate le due postazioni fonometriche di riferimento:

- la prima, ubicata nella zona generalmente interessata dal primo impatto durante la fase di atterraggio e dalla prima fase di climbing nella fase di decollo (postazione a 120 metri dal bordo pista);
- la seconda, ubicata a 200 metri dal bordo pista (circa 230 dal centro) in una zona generalmente destinata alla massima spinta (in fase di decollo) o all’inizio della fase di “thrust reverse” in atterraggio.

Le successive immagini illustrano l’area di misura e la disposizione dei sensori.

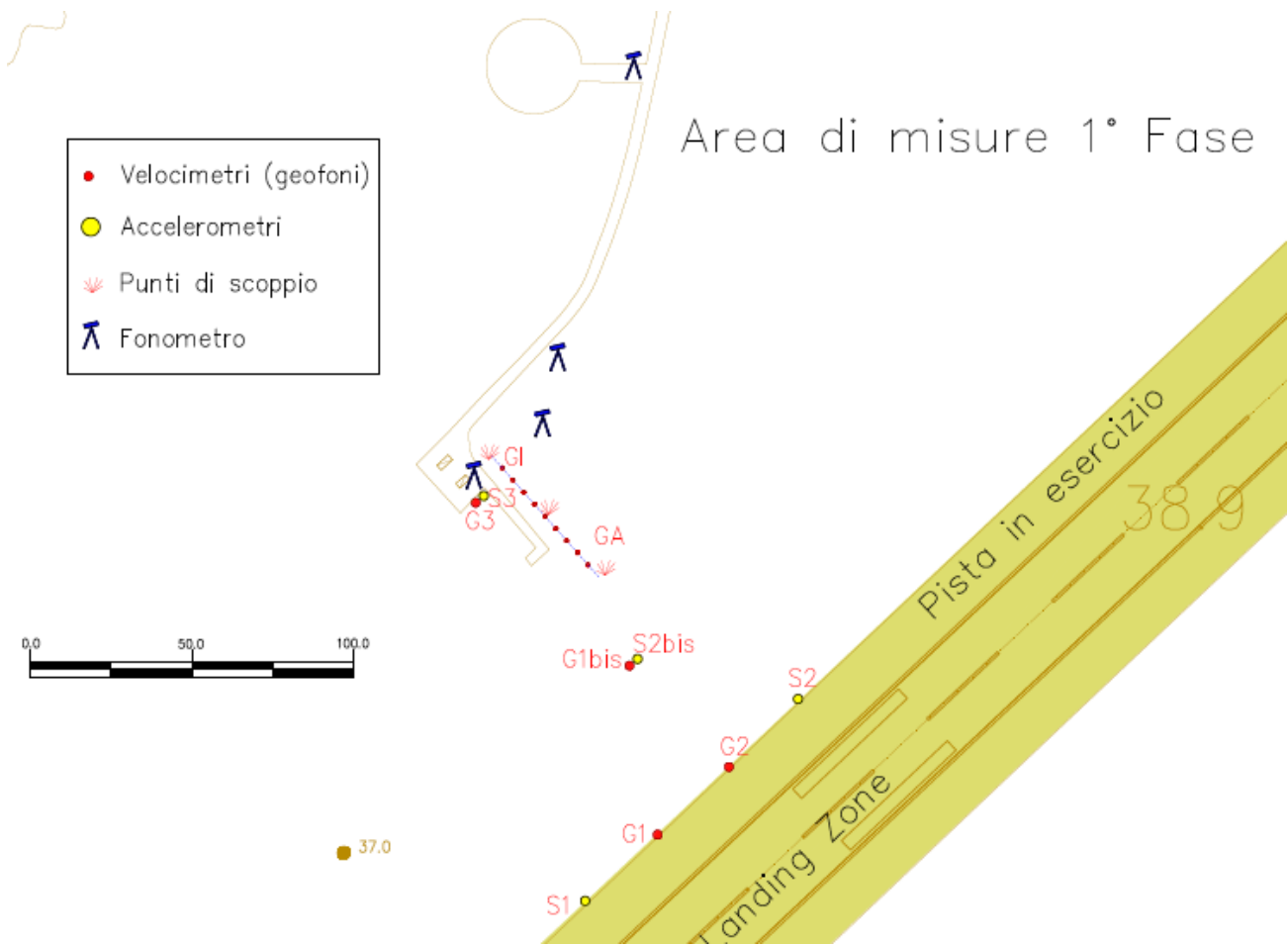


Figura 24. Schematizzazione del sistema di monitoraggio

Il 18 e 19 febbraio 2015 si è proceduto all’esecuzione delle prove in oggetto.

La strumentazione utilizzata per i rilievi fonometrici, conforme alle prescrizioni di legge, era costituita da:

- Fonometro Integratore di Classe I conforme alla IEC 651 gruppo 1 ed alla IEC 804 gruppo 1, modello Larson & Davis 824, numero di serie 3220;
- Capsula Microfonica modello Larson & Davis 2541;
- Calibratore Modello CAL200 numero di serie 4600.

In Allegato 1 sono riportati i certificati di taratura relativi alla strumentazione in esame eseguiti in data non superiore ad un anno dalla data di effettuazione delle prove descritte in questo documento.

Nelle successive immagini si riporta qualche immagine relativa alle postazioni di misura:







*Figura 25. Raffigurazione delle postazioni di misura*

Si è quindi proceduto alla registrazione dei livelli di rumore associati alle operazioni di atterraggio e decollo dei vari velivoli. Nelle successive immagini e tabelle si riporta qualche scatto ripreso durante le operazioni e l'elenco dei voli registrati.





Figura 26. Movimenti degli aeromobili oggetto di monitoraggio

Compagnia aerea	Numero di volo	Tipo di velivolo	Diretto a		Ora	File di misura	Distanza di rilevamento [m]
Swiss	LX01679	RJ1H	Zurich	Kloten	09:50		
Lufthansa	LH00309	E190	Frankfurt	Rhein/Main	09:50		
AirFrance	AF01067	A318	Paris	Charles De Gaulle	10:00	5	150
Alitalia	AZ08502	E190	London	London City Apt	10:45	6	150
Etihad	F700133	SB20	Zurich	Kloten	12:10		
Alitalia	AZ01678	A319	Roma	Leonardo da Vinci	12:10	10	150
KLM	KL01642	E90	Amsterdam	Schiphol	12:35*	12	250
AirFrance	AF01367	318	Paris	Charles De Gaulle	12:50*	18	250
AirDolomiti	EN08195	E95	Munich	F.J.Strauss	13:10		
CityJet	WX00280	AR8	London	London City Apt	13:20	16	150
Etihad	F700131	SB20	Geneva	Cointrin	13:45	17	150
Vueling	VY06206	A319	London	Gatwick	14:00	23	150
Lufthansa	LH00313	E90	Frankfurt	Rhein/Main	14:25	22	250
Swiss	LX01675	AR1	Zurich	Kloten	14:40*	27	150
British Airw.	BA03280	E70	London	London City Apt	15:00		
Vueling	VY01500	A319	Paris	Orly	15:10	24	150
Airfrance	AF01567	318	Paris	Charles De Gaulle	16:00	28	150

Tabella 2. Lista delle partenze

Compagnia aerea	Numero di volo	Tipo di velivolo	In partenza da		Ora	File di misura	Distanza di rilevamento [m]
AirFrance	AF01066	A318	Paris	Charles De Gaulle	09:15		
Swiss	LX01678	RJ1H	Zurich	Kloten	09:18		
Lufthansa	LH00308	E190	Frankfurt	Rhein/Main	08:58		
Alitalia	AZ08670	E190	Roma	Leonardo Da Vinci	10:05		
Alitalia	AZ01675	A319	Roma	LeonardO Da Vinci	11:00		
Etihad	F700132	SB20	Zurich	Kloten	11:40		
KLM	Kl01641	E90	Amsterdam	Schiphol	11:55	07/08	
AirFrance	AF01366	318	Paris	Charles De Gaulle	12:00	9	150
AirDolomiti	EN08194	E95	Munich	F.J.Strauss	12:35	11	150
CityJet	WX00281	AR8	London	London City Apt	12:40		
Etihad	F700130	SB20	Geneva	Cointrin	13:15	13	150
Lufthansa	LH00312	E90	Frankfurt	Rhein/Main	13:50	14	150
Swiss	LXZ1674	AR1	Zurich	Kloten	14:05	19	250
British Airw.	BA03279	E70	London	London City Atp	14:20	20/21	250
AirFrance	AF01566	318	Paris	Charles De Gaulle	15:10	25/26	150

**Tabella 3. Lista degli arrivi**

Per ognuno di questi eventi sono stati acquisiti i dati come precedentemente indicati.

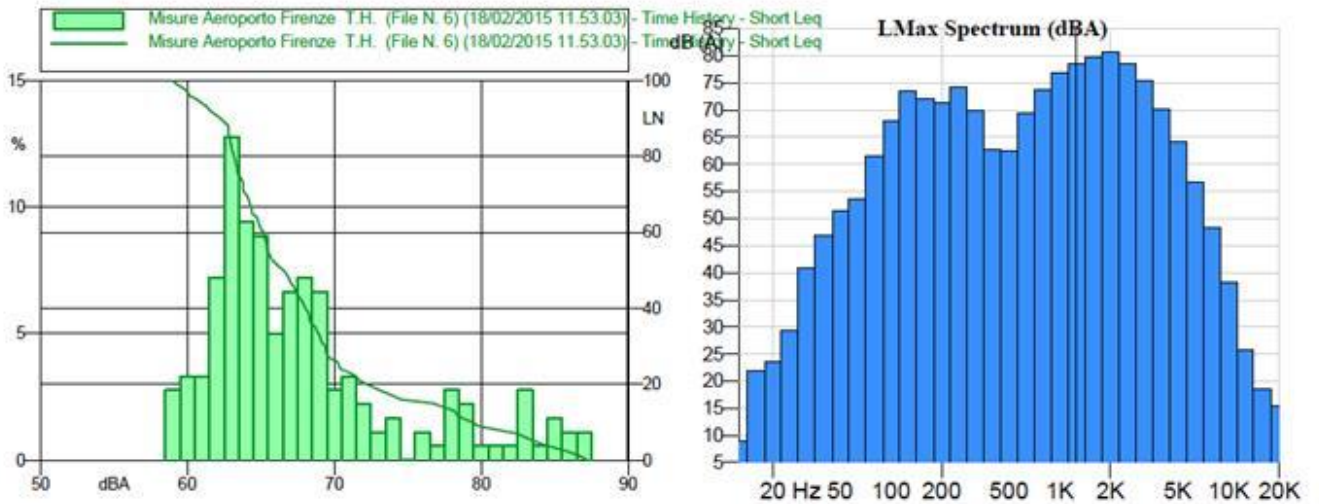
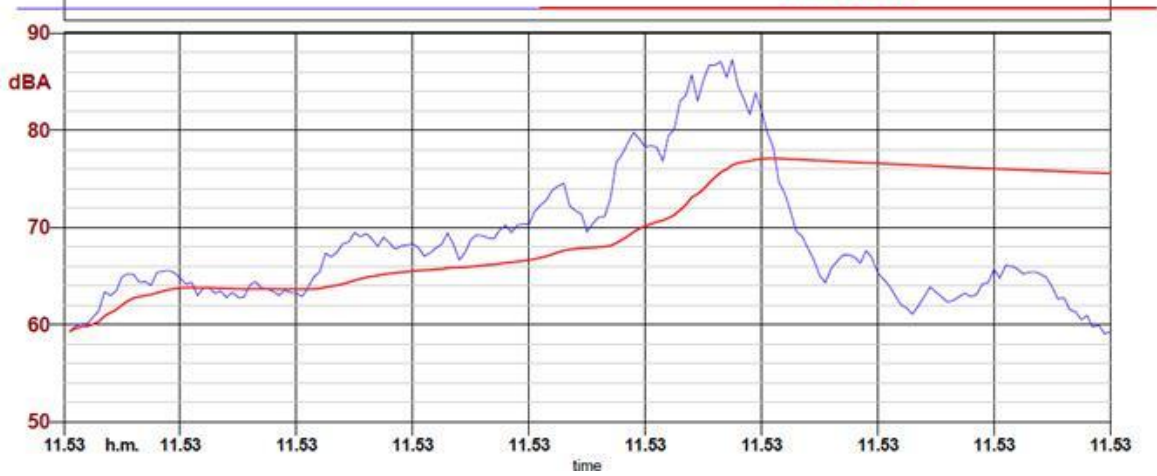
Particolare interesse riveste il confronto dei Livelli Equivalenti sull'intero periodo di evoluzione dell'evento ed i Livelli massimi registrati.

Di un certo interesse risulta anche l'analisi dei contenuti in frequenza di tali segnali, espressi per mezzo dei diagrammi in trezi di ottava riportati, come pure l'analisi statistica che rivela la persistenza di livelli superiori a determinati valori soglia.

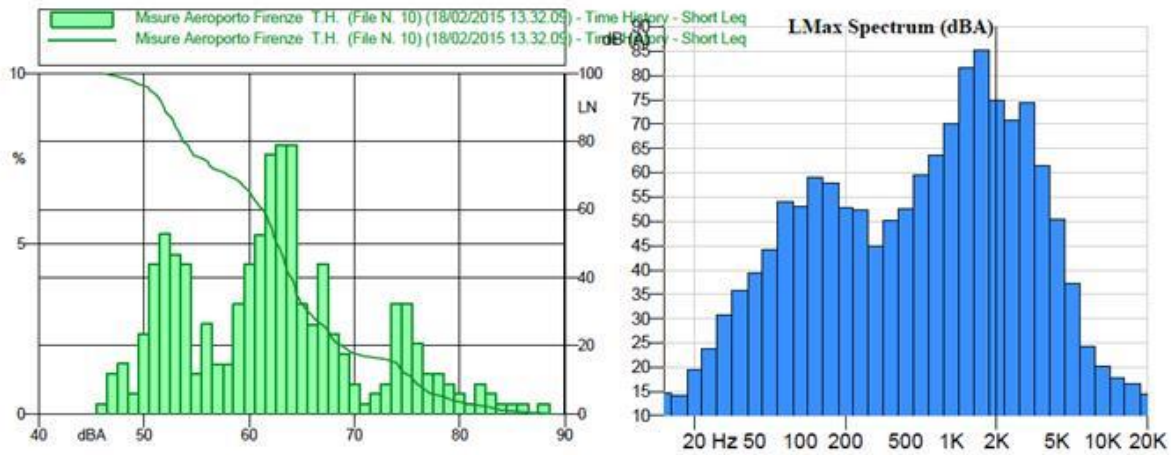
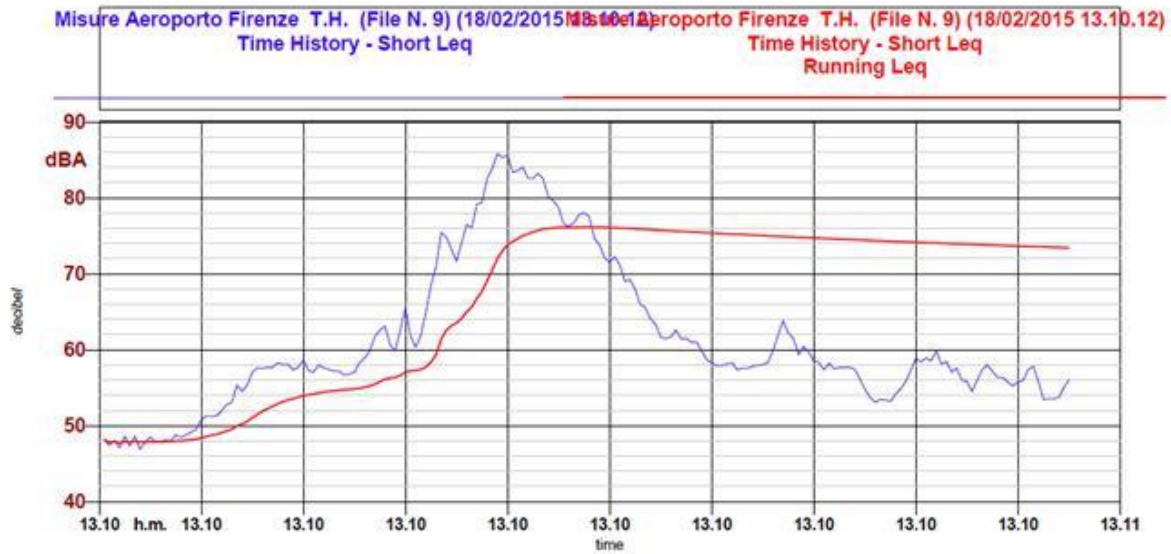
A titolo esemplificativo si riportano i dati per due degli eventi registrati, mentre nella successiva tabella si riporta una sintesi dei valori rilevati per tutti gli eventi.



Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 6) (18/02/2015 11.53.03) Time History - Short Leq  
 Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 6) (18/02/2015 11.53.03) Time History - Short Leq Running Leq



File n°	Evento	Aeromobile	Distanza	Overall Leq(A)	Lmax (A)
6	Partenza	E190	150	75,6	87,7



File n°	Evento	Aeromobile	Distanza	Overall Leq(A)	Lmax (A)
9	Arrivo	A318	150	73,5	85,8

File n°	Evento	Aeromobile	Distanza	Overall Leq(A)	Lmax (A)	D (Lmax-Leq)
5	Partenza	A318	150	77,4	90,4	13,0
6	Partenza	E190	150	75,6	87,7	12,1
7	Arrivo	E90	150	65,4	76,6	11,2
8	Arrivo	E90	150	64,2	73,2	9,0
9	Arrivo	A318	150	73,5	85,8	12,3
10	Partenza	A319	150	72,2	87,6	15,4
11	Arrivo	E95	150	65,5	73,5	8,0
12	Partenza	E90	230	67,6	76,1	8,5
13	Arrivo	SB20	150	57,4	66,5	9,1
14	Arrivo	E90	150	59,5	66,2	6,7
16	Partenza	AR8	150	74,2	87,7	13,5
17	Partenza	SB20	150	67,6	80,0	12,4

18	Partenza	A318	230	74,5	89,9	15,4
19	Partenza	AR1	230	57,6	64,2	6,6
20	Arrivo	E70	230	59,1	67,6	8,5
21	Taxing	E70	230	63,2	69,5	6,3
22	Partenza	E90	230	73,2	85,9	12,7
23	Partenza	A319	150	81,7	94,0	12,3
24	Partenza	A319	150	78,7	90,7	12,0
25	Arrivo	A318	150	77,0	88,4	11,4
26	Taxing	A318	150	68,8	73,7	4,9
27	Partenza	A319	150	76,2	86,8	10,6

**Tabella 4. Lista dei movimenti oggetto di monitoraggio**

L'analisi dei dati mostra, da un lato, una certa variabilità dei livelli massimi sperimentalmente acquisiti che sono certamente funzione del velivolo operante, ma anche di condizioni assolutamente specifiche del singolo evento (anche a parità di velivolo, si notano scostamenti dell'ordine dei 3- 5 dB(A)).

Il confronto tra i dati numerici e sperimentali mostra, invece, un buon livello di affidabilità del dato simulato, che si mostra sia in termini di livello massimo che di distribuzione temporale (Leq) molto vicino al dato sperimentale.

### 5.5 MODELLO PREVISIONALE DI IMPATTO ACUSTICO AREA POLO SCIENTIFICO

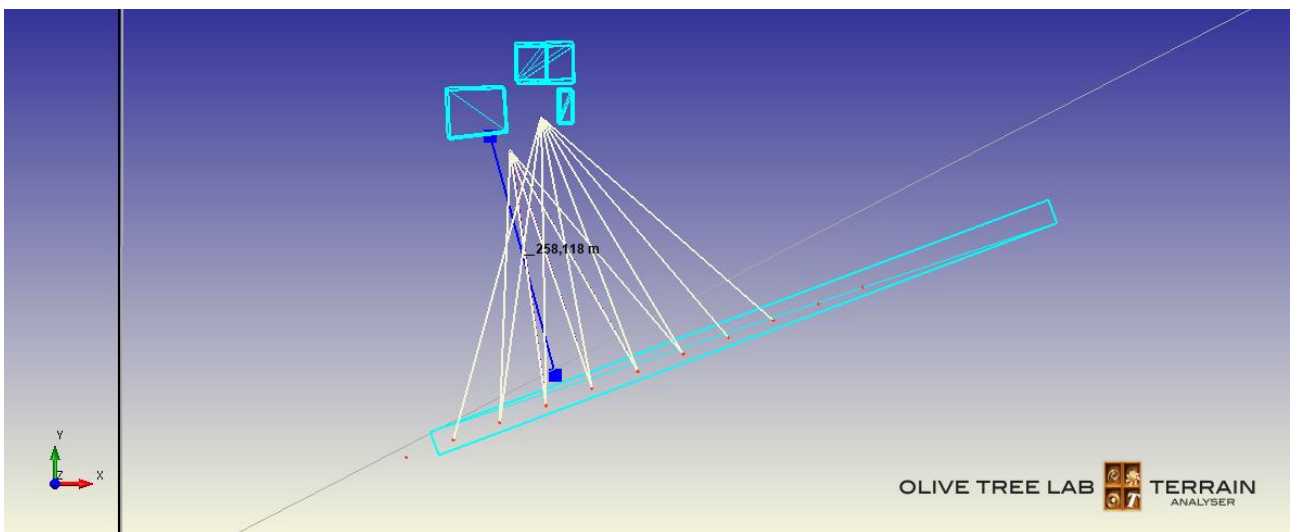
La seconda parte della attività è stata dedicata alla realizzazione del modello previsionale acustico relativo alla nuova pista oggetto del Master Plan, con particolare riferimento all'impatto acustico sugli edifici più prossimi alla pista. L'inquadramento di seguito riportato rende ben chiara la situazione di progetto e lascia identificare i punti di maggior interesse nell'ambito del presente studio.



**Figura 27. Identificazione dei ricettori potenzialmente più esposti**

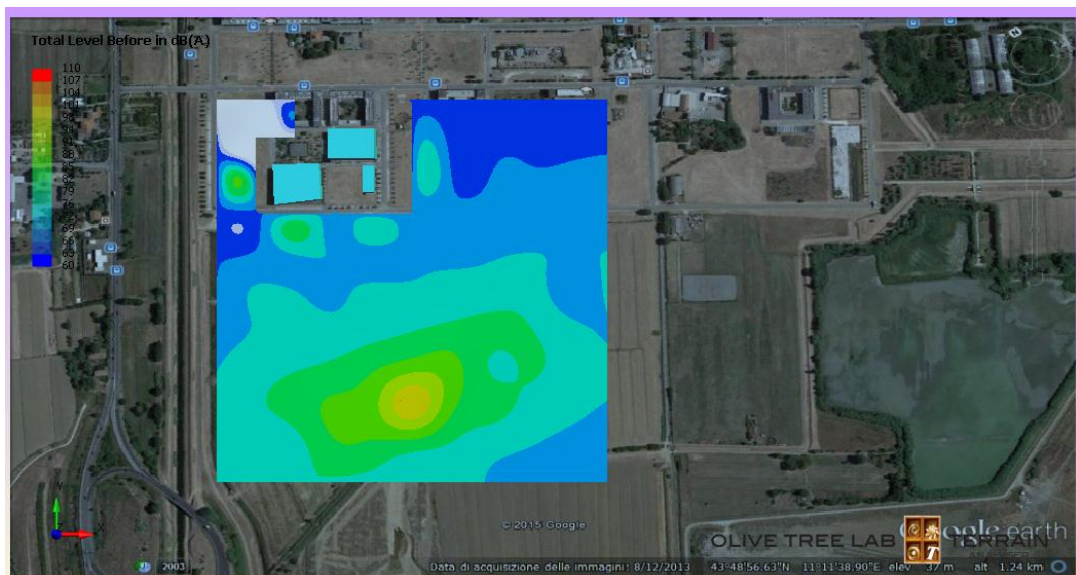
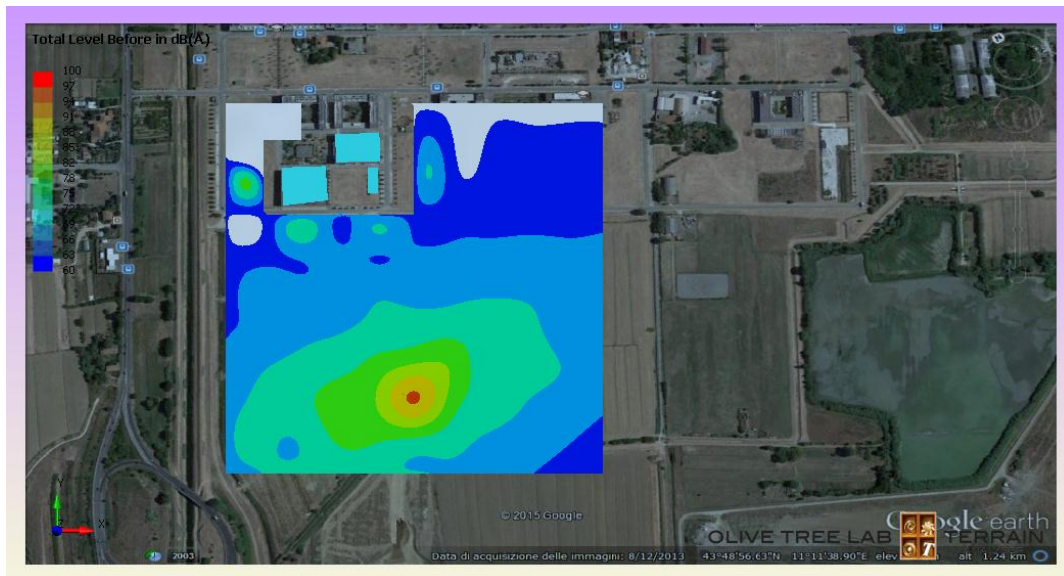
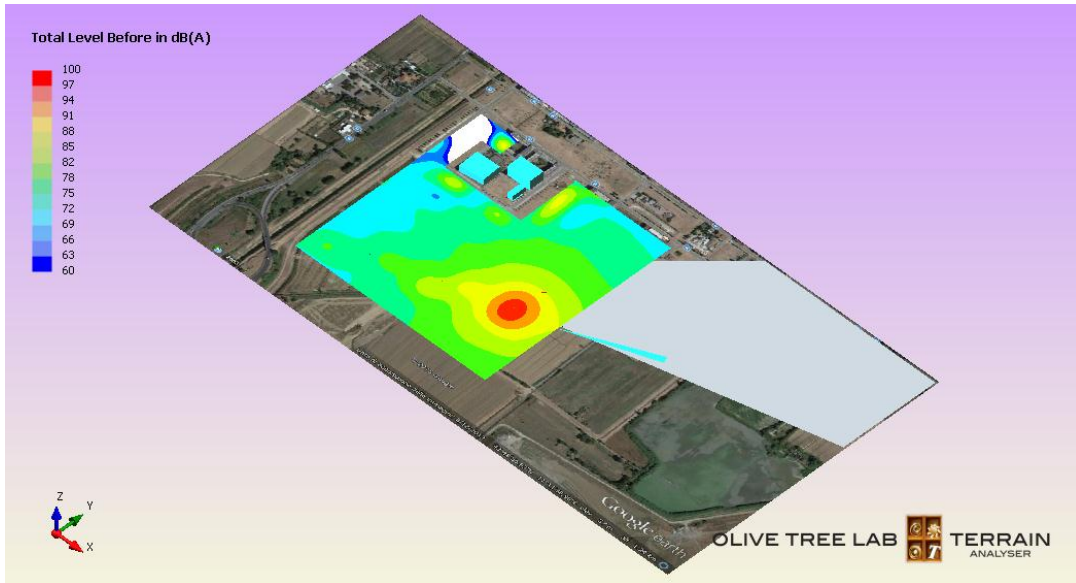
Come per l'attività di simulazione svolta nella prima parte del lavoro, si è proceduto alla definizione del modello CAD, ivi inclusi gli edifici di maggior interesse, l'assegnazione delle proprietà dei materiali, la definizione dei ricettori sensibili e della sorgente mobile lungo la pista, con proprietà spazio-altimetriche coerenti con i profili di decollo ed atterraggio che le dimensioni della pista rendono possibili.

Nelle due successive immagini due sketch del modello, con i principali "paths" di propagazione acustica utilizzati nel calcolo del modello *ray-tracing*.



**Figura 28. Percorsi di propagazione acustica**

Come per le precedenti simulazioni, si riportano alcune immagini relative alla distribuzione dei livelli sonori per alcune posizioni "statiche" della sorgente e successivamente il profilo temporale del Livello di Pressione espresso in dB(A) stimato nel ricettore sensibile più prossimo, per alcune delle operazioni di volo stimate (decolli ed atterraggi di velivoli campione), espresso in termini di posizione del velivolo sulla pista (o in approccio).





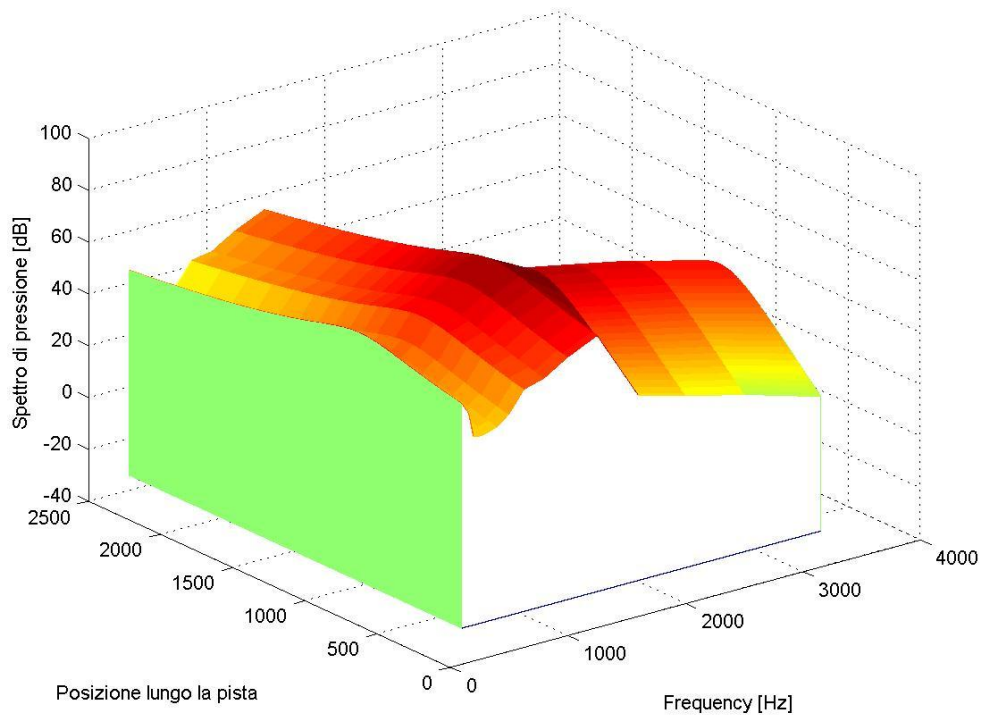
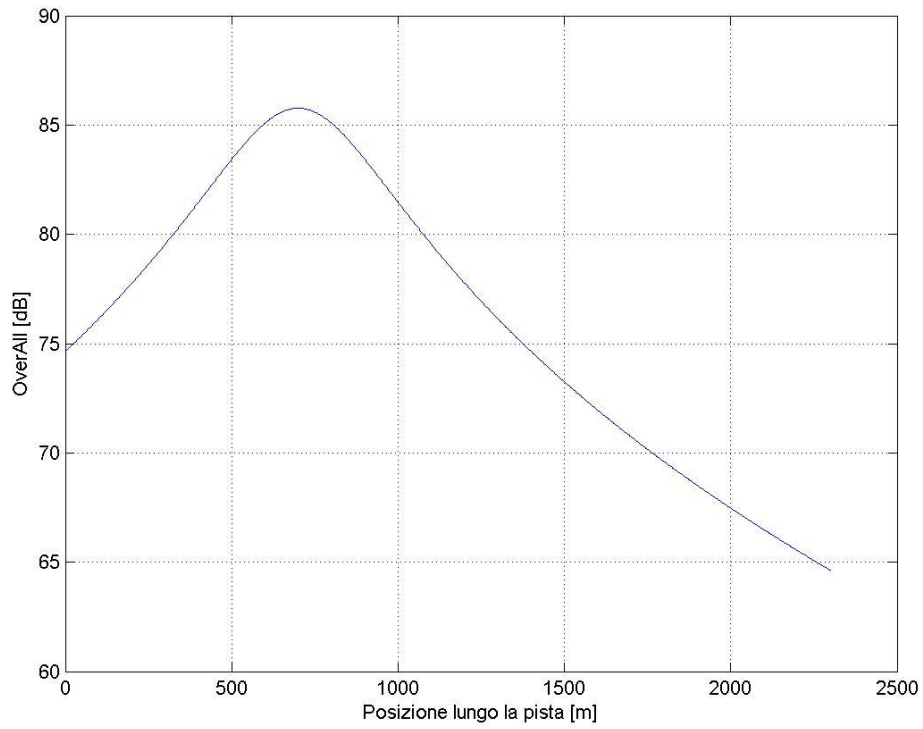


Figura 29. Atterraggio A318 –  $L_{eq} = 79,8 \text{ dB(A)}$

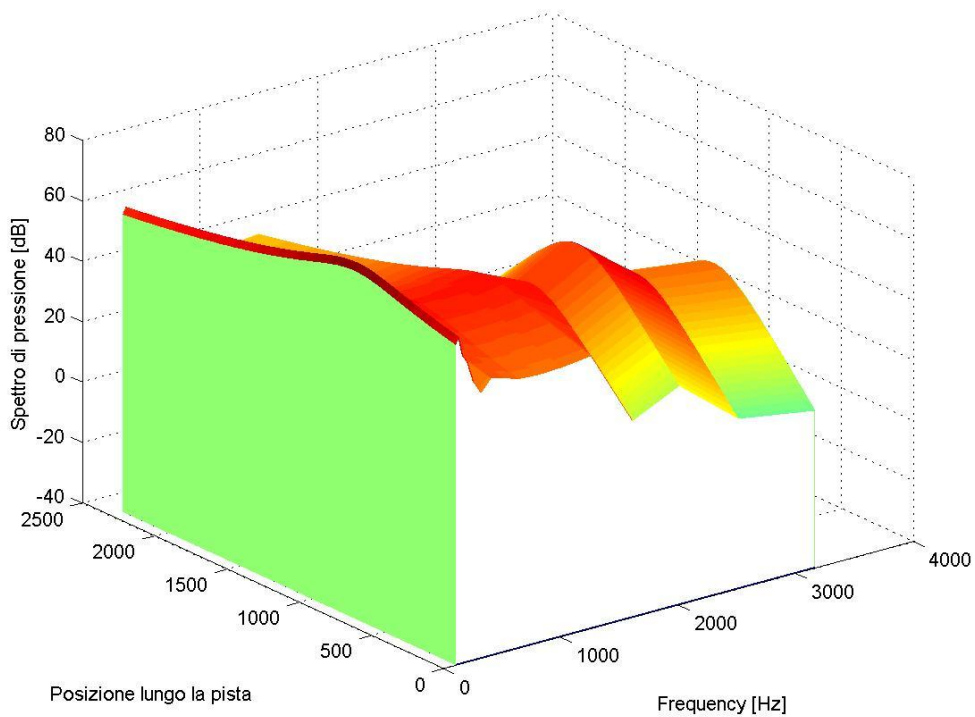
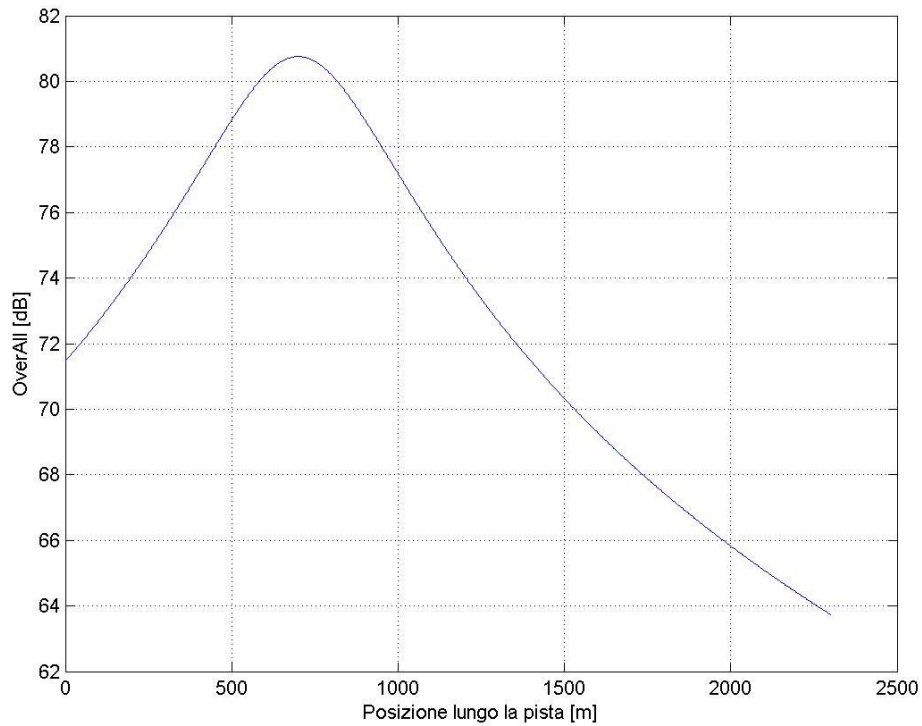


Figura 30. Atterraggio E90 –  $Leq = 75,5 \text{ dB(A)}$

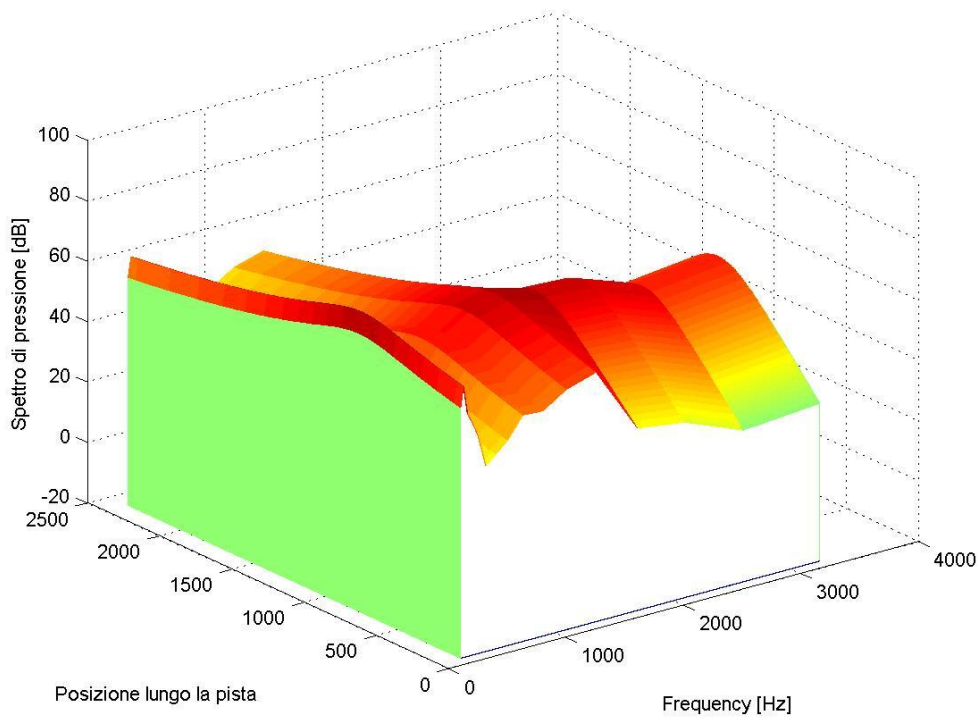
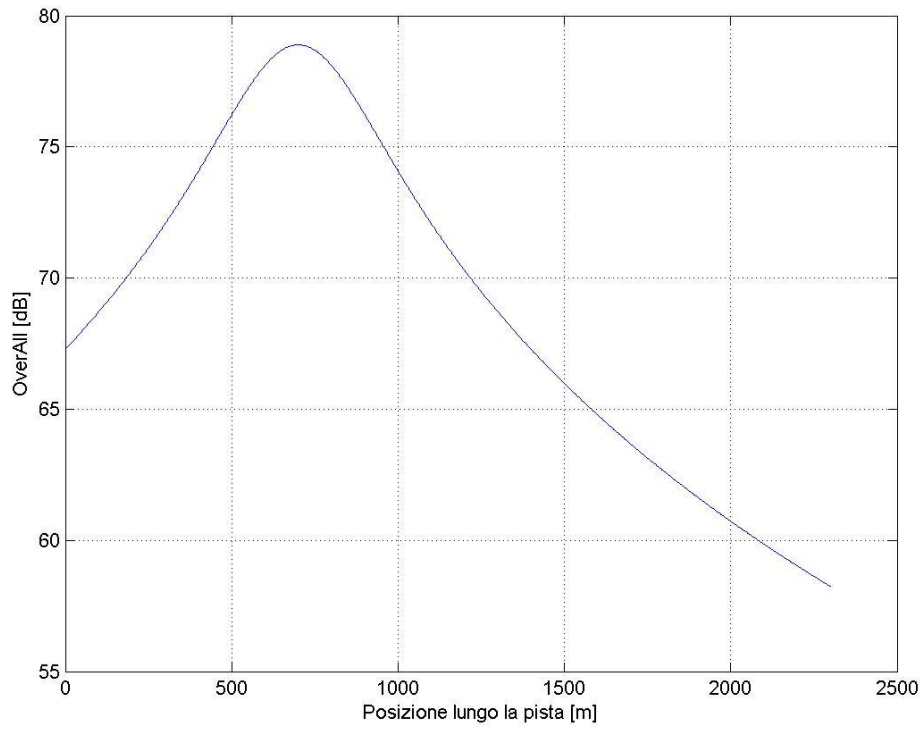


Figura 31. Decollo A319 con stacco più avanti –  $Leq = 73,0 \text{ dB(A)}$

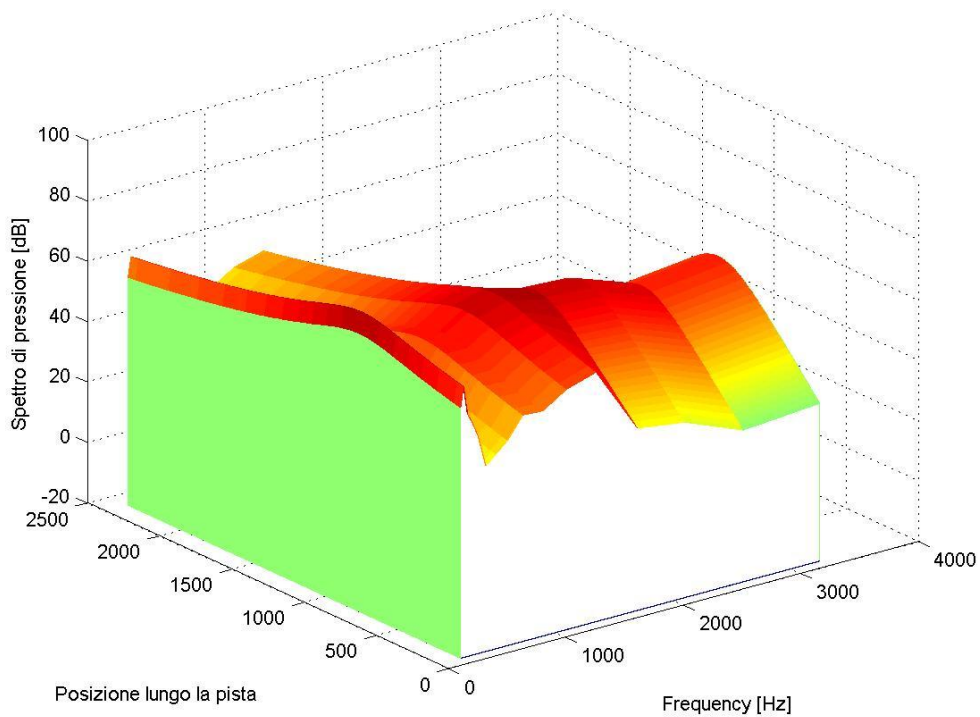
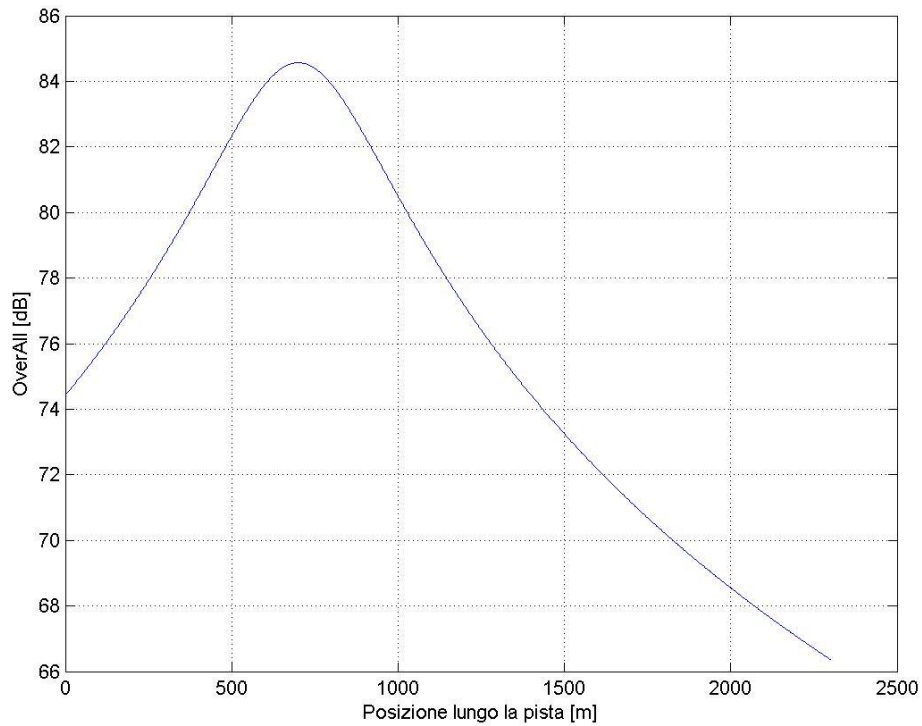


Figura 32. Decollo E190 –  $Leq = 78,8 \text{ dB(A)}$

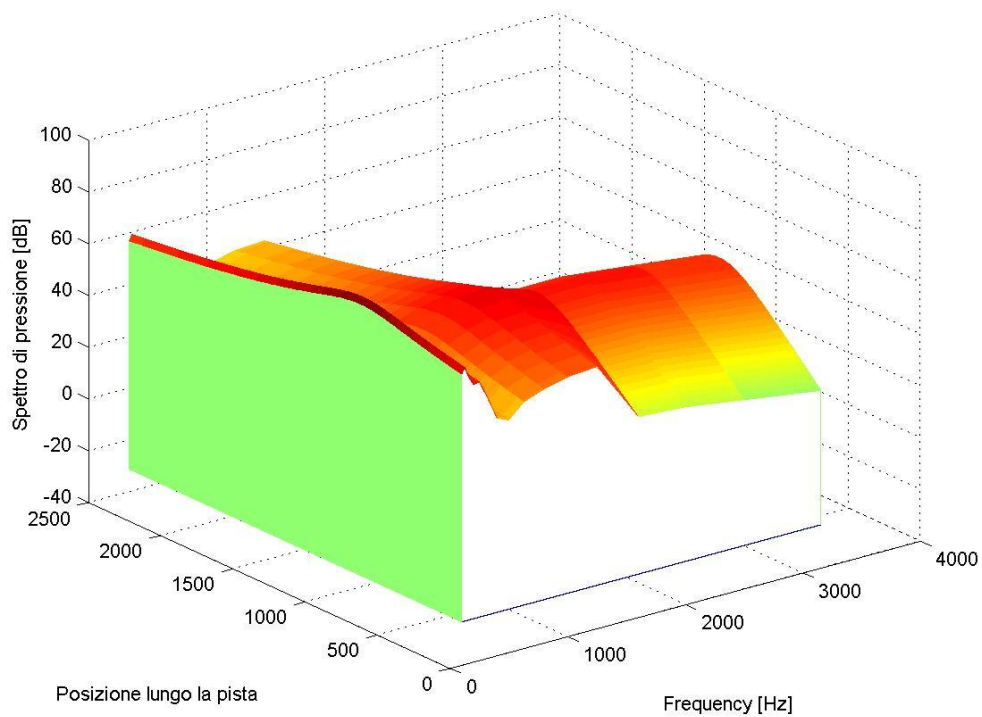
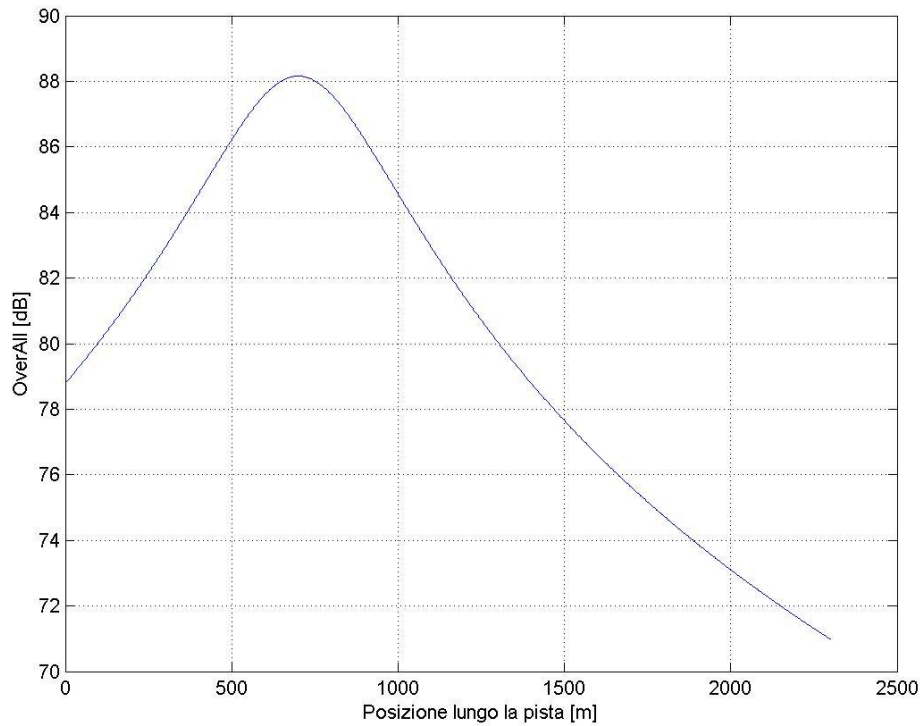


Figura 33. Decollo A318 –  $Leq = 82,87 \text{ dB(A)}$

## 6. ANALISI DEI DATI E CONSIDERAZIONI SUL CLIMA ACUSTICO

I dati appena illustrati mostrano che, nelle condizioni assolutamente più critiche (il modello è stato tarato considerando esclusivamente i rilievi più rumorosi a parità di classe di velivolo), il decollo ovvero l'atterraggio di un velivolo, potrà portare ad un innalzamento del rumore, presso il ricettore più esposto sito all'interno del Polo Scientifico e Tecnologico, a livelli compresi tra 70 e 80 dB(A) come Leq sul tempo di passaggio (inferiore a 10 secondi), con valori di picco di circa 10 dB(A) più alti, ma che perdurano per meno di 2 secondi.

Dette assunzioni devono, comunque, intendersi cautelative in quanto le procedure standard di atterraggio dei velivoli prevedono in realtà una distanza sensibilmente maggiore fra il ricettore più esposto e la zona di contatto (in atterraggio) fra l'aeromobile e la pista, comportando di fatto il passaggio dell'aeromobile di fronte a detto ricettore in condizioni pressochè già "frenate".

Dal punto di vista dell'**impatto in ambiente esterno sull'intero periodo diurno**, i suddetti valori risultano assolutamente di scarso impatto; a tal proposito si può, infatti, calcolare il  $L_{aeq}(A) Tr$ , così come definito dal DMCP 15/11/1997, tenendo in conto il numero di eventi presenti nell'intero intervallo di riferimento.

A tal proposito, si considera sia il caso rappresentativo del cosiddetto "giorno medio", per il quale risultano prevedibili circa 130 movimenti/giorno, sia il caso rappresentativo del cosiddetto "giorno critico", in corrispondenza del quale si può ipotizzare un coefficiente di punta pari a 1,25 e per il quale risultano prevedibili circa 165 movimenti/giorno (entrambi i dati vengono calcolati sullo scenario 2029 di Master Plan).

Si considera poi, cautelativamente, un tempo di passaggio pari a 20 secondi/movimento. Ne deriva un tempo di esposizione compreso fra 0,7 ore/giorno e 0,9 ore/giorno.

Attraverso la seguente formula:

$$L_{esp} = L_{eq,Te} + 10 \log (T_e/T_0),$$

dove:

$L_{esp}$  = livello di esposizione [dB(A)]

$L_{eq,Te}$  = livello di rumore relativo al periodo di esposizione [dB(A)], assunto pari a 77,7 dB(A)

$T_e$  = periodo di esposizione [ore]

$T_0$  = periodo di riferimento [ore], pari a 16 ore per il periodo diurno (06.00 – 22.00),

ne deriva:

- $L_{aeq}(A) Tr = 64,1$  dB(A), in caso di 130 mov/giorno;
- $L_{aeq}(A) Tr = 65,2$  dB(A), in caso di 165 mov/giorno.

In relazione allo scenario di Master Plan riferito al 2018, invece, considerando un numero di movimenti/giorno compreso fra 90 ("giorno medio") e 110 ("giorno di picco"), ne deriva:

- $L_{aeq}(A) Tr = 62,6$  dB(A), in caso di 90 mov/giorno;
- $L_{aeq}(A) Tr = 63,5$  dB(A), in caso di 110 mov/giorno.

Nel complesso, quindi, i valori attesi risultano compresi fra 62,6 e 65,2 dB(A), compatibili con aree a classe di destinazione IV, quale quella in oggetto.

Detti valori potrebbero, in vero, risultare ancora minori laddove venisse tenuta in opportuna considerazione la reale distanza fra il ricettore più esposto e la zona di contatto di cui alla fase di atterraggio.

Differente potrebbe essere il discorso in termini di **impatto in ambiente abitativo** e quindi di eventuale valutazione dei parametri di rumore in termini di livelli differenziali. Non si intende in questa sede valutare l'eventuale applicabilità di tale criterio all'area in oggetto (in quanto non si tratta di civile abitazione e di ricettore che ricadrebbe comunque in aree adiacenti al sedime aeroportuale) ma piuttosto provare a seguire un ragionamento in termini di reale fruizione dell'area e di possibile influenza di tali livelli sulla possibilità di proseguire nell'utilizzo della stessa con modalità inalterate.



In tal senso si ritiene che tutte le attività svolte all'interno del Polo, per propria natura (sia essa ricerca o didattica) avvengono in condizioni di ambiente “controllato” ovvero a finestre chiuse.

In tale ottica, considerando anche la tipologia costruttiva e il periodo di costruzione (quasi tutti a valle dell'emanazione del D.L. 14/12/1997 sui requisiti acustici passivi degli edifici) si ritiene ragionevole che i valori realmente percepibili all'interno degli edifici debbano essere almeno ridotti di 20-25 dB(A) rispetto a quelli in facciata.

Questo porterebbe alla percezione di valori di pressione acustica **massima** sempre inferiori a 63-68 dB(A) per durate massime di 2 secondi/evento, e di valori equivalenti sul passaggio sempre inferiori a 53-58 dB(A).

Ricordando che una persona che parla a tono normale di voce produce un livello di pressione sonora ad 1 metro pari a circa 65 dB(A), si ritiene che, anche se in ambienti particolarmente silenziosi, il momento di massima rumorosità potrà essere percepito come variazione della condizione di quiete; lo stesso è, comunque, ben lontano dal poter indurre reali azioni disturbo o impossibilità di svolgimento di alcuna mansione lavorativa.

Dall'analisi dei risultati delle simulazioni, corroborate dalle indagini sperimentali condotte, si può dedurre che l'impatto acustico relativo all'esercizio della nuova pista aeroportuale risulta compatibile con la destinazione d'uso dell'area, sia in termini di parametri ambientali, sia di parametri di igiene in ambiente di lavoro.

## 7. Bibliografia

- Philip R. Giebe. UHB engine fan broadband noise reduction study (1995)
- Malcolm J. Crocker. Handbook of noise and vibration control (2007)
- Zaporozhets O., Tokarev V., Attenborough K., Li KM. Aircraft noise model corrected by operational and propagation effects (1999)
- M.J.T. Smith. Aircraft Noise (1989)
- H.H. Hubbard. Aeroacoustics of flight vehicles (1994)
- Ur Kyiv. KIUCA. Method for computing noise levels from aircrafts around airports of civil aviation (1997)
- Tesi di laurea “Riconoscimento oloacustico di eventi aeroportuali”, Davide Bianchi, A.A. 2011-2012, Politecnico di Milano, relatore prof. Giovanni Moschioni, co-relatore prof. Marco Tarabini
- M. Heinonen-Guzejev. Self-report of transportation noise exposure, annoyance and noise sensitivity in relation to noise map information. Journal of Sound and Vibration 311 (2000)
- Ferdinand Grosveld, Brenda Sullivan, Stephen Rizzi. Temporal characterization of aircraft noise sources (2004)
- JW Frank Fahy. Advanced applications in acoustic, noise and vibration (2004)
- Jayson Bualoon. Noise Suppression Methods for turbofan engines (2006)
- Attenborough K. Ground parameter information for propagation modelling (1992)
- G. Moschioni, B. Saggin, M. Tarabini. Contribution of airports to noise in surrounding environment; identification and measurement of noise sources, INTER-NOISE 2007, 28-31 August 2007, Istanbul, Turkey
- D. Berckmansa, K. Janssensb, H. Van der Auweraerb, P. Sasa, W. Desmet. Model-based synthesis of aircraft noise to quantify human perception of sound quality and annoyance (2008)
- R Gutierrez, A Atchley, K Hodgdon. Characterization of aircraft noise during thrust reverser engagement (2005)
- Kathleen Hodgdon, Anthony Atchley. Vibration and rattle impact due to low frequency noise investigated at Dulles airport (2005)
- S White, D Beaton, J McMahon, Rhods, DP. UK Civil Aviation Authority. ERCD Report 1007. Noise measurements of Reverse Thrust at heathrow and Stansted Airports (2010)



## ALLEGATO 1

### CERTIFICATO DI TARATURA DEL FONOMETRO



# CENTRO DI TARATURA LAT N° 185

Calibration Centre

## Laboratorio Accreditato di Taratura

### Sonora Srl

Servizi di Ingegneria Acustica

Via dei Bersaglieri, 9

Tel 0823-351196 - Fax 0823-1872083

www.sonorasrl.com - sonora@sonorasrl.com



LAT N°185

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF ed ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

### CERTIFICATO DI TARATURA LAT 185/4351

Certificate of Calibration

Pagina 1 di 10

Page 1 of 10

- Data di Emissione: 2014/07/03  
*date of Issue*

- cliente SONORA  
*customer*  
Via dei Bersaglieri, 9  
81100 - Caserta (CE)

- destinatario SONORA  
*addressee*  
Via dei Bersaglieri, 9  
81100 - Caserta (CE)

- richiesta Interna  
*application*

- in data 2014/07/03  
*date*

- Si riferisce a:  
*Referring to*

- oggetto Fonometro  
*Item*

- costruttore LARSON DAVIS  
*manufacturer*

- modello L&D 824  
*model*

- matricola 3302  
*serial number*

- data delle misure 2014/07/03  
*date of measurements*

- registro di laboratorio -  
*laboratory reference*

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento LAT N. 185 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali ed internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI).

Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

*This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT No. 185 granted according to decrees connected with Italian Law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI).*

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

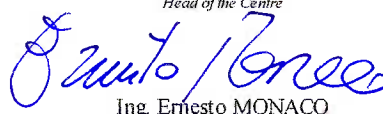
I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni di prima linea da cui inizia la catena di riferibilità del Centro ed i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi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

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

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

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

Il Responsabile del Centro  
*Head of the Centre*

  
Ing. Ernesto MONACO



# CENTRO DI TARATURA LAT N° 185

Calibration Centre

## Laboratorio Accreditato di Taratura

### Sonora Srl

Servizi di Ingegneria Acustica

Via dei Bersaglieri, 9

Tel 0823-351196 - Fax 0823-1872083

www.sonorasrl.com - sonora@sonorasrl.com



LAT N°185

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF ed ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

## CERTIFICATO DI TARATURA LAT 185/4351

Certificate of Calibration

Pagina 2 di 10

Page 2 of 10

Di seguito vengono riportate le seguenti informazioni:

- la descrizione dell'oggetto in taratura (se necessaria);
- l'identificazione delle procedure in base alle quali sono state eseguite le tarature;
- i campioni di prima linea da cui ha inizio la catena della riferibilità del Centro;
- gli estremi dei certificati di taratura di tali campioni e l'Ente che li ha emessi;
- luogo di taratura (se effettuata fuori dal laboratorio);
- condizioni ambientali e di taratura;

In the following information is reported about:

- description of the item to be calibrated (if necessary);
- technical procedures used for calibration performed;
- reference standards from which traceability chain is originated in the Centre;
- the relevant calibration certificates of those standards with the issuing Body;
- site of calibration (if different from the Laboratory);
- calibration and environmental conditions;
- calibration results and their expanded uncertainty.

### Strumenti sottoposti a verifica

Instrumentation under test

Strumento	Costruttore	Modello	Serie/Matricola	Classe
Fonometro	LARSON DAVIS	L&D 824	3302	Classe 1
Microfono	LARSON DAVIS	L&D 2541	8128	WS2F
Preamplificatore	LARSON DAVIS	L&D PRM902	3515	-

### Normative e prove utilizzate

Standards and used tests

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure: **Fonometri 60651 - PR 1 - Rev. 2/2012**

The measurement result reported in this Certificate were obtained following the Procedures:

Il gruppo di strumenti analizzato è stato verificato seguendo le normative: **IEC 60651/804 - IEC 60651/804 - CEI 29/30**

The devices under test was calibrated following the Standards:

### Catena di Riferibilità e Campioni di Prima Linea - Strumentazione utilizzata per la taratura

Traceability and First Line Standards - Instrumentation used for the measurements

Strumento	Linea	Marca e modello	N. Serie	Certificato N.	Data Emiss.	Ente validante
Microfono Campione	↑	B&K4 180	24 12860	14-0100-01	14/02/17	INRIM
Pistonofono Campione	↑	GRAS 42AA	439463	14-0100-02	14/02/26	INRIM
Multimetro	↑	Agilent 34401A	MY41043722	022-001	14/02/17	MCS
Barometro	↑	Druck DPI 142	2125275	0142/MP/2014	14/02/24	ASIT
Generatore	2°	Stanford Research DS360	61101	LAT 185/4138	14/04/03	SONORA - PR 6
Attenuatore	2°	ASIC 1001	C1001	LAT 185/4139	14/04/03	SONORA - PR 7
Analizzatore FFT	2°	NI4474	189545A-01	LAT 185/4143	14/04/04	SONORA - PR 3
Attuatore Elettrostatico	2°	Gras 14AA	33941	LAT 185/4141	14/04/04	SONORA - PR 9
Preamplificatore Insert Voltage	2°	Gras 26AG	26630	LAT 185/4142	14/04/04	SONORA - PR 10
Alimentatore Microfonico	2°	Gras 12AA	40264	LAT 185/4140	14/04/04	SONORA - PR 8
Termigrometro	↑	Testo 615	00857902	064/14	14/02/21	Univ. Studi Cassino

### Capacità metrologiche ed incertezze del Centro

Metrological abilities and uncertainties of the Centre

Grandezze	Strumento	Gamme Livelli	Gamme Frequenze	Incertezze
Livello di Pressione Sonora	Calibratore Multifrequenza	94 - 114 dB	315 - 16000 Hz	0.15 - 0.30 dB
Livello di Pressione Sonora	Calibratori Acustici	94 - 114 dB	250 - 1000 Hz	0.12 dB
Livello di Pressione Sonora	Filtri Bande 1/10ttava	25 - 140 dB	315 - 16000 Hz	0.28 - 2 dB
Livello di Pressione Sonora	Filtri Bande 1/3 Ottava	25 - 140 dB	20 - 20000 Hz	0.28 - 2 dB
Livello di Pressione Sonora	Fonometri	25 - 140 dB	315 - 12500 Hz	0.15 - 0.8 dB
Livello di Pressione Sonora	Fonometri	124 dB	250 Hz	0.15 dB
Livello di Pressione Sonora	Pistonofoni	124 dB	250 Hz	0.1dB
Sensibilità alla pressione acustica	Microfoni WS2	114 dB	250 Hz	0.15 dB
Sensibilità alla pressione acustica	Microfoni Campione da 1/2	114 dB	250 Hz	0.12 dB

### Condizioni ambientali durante la misura

Environmental parameters during measurements

Pressione Atmosferica	1010,5 hPa ± 0,5 hPa	(rif. 1013,3 hPa ± 20,0 hPa)
Temperatura	25,7 °C ± 1,0°C	(rif. 23,0 °C ± 3,0 °C)
Umidità Relativa	44,7 UR% ± 3 UR%	(rif. 50,0 UR% ± 10,0 UR%)

L' Operatore

Ing. Raffaele RICCARDO

Il Responsabile del Centro

Ing. Ernesto MONACO



# CENTRO DI TARATURA LAT N° 185

Calibration Centre

## Laboratorio Accreditato di Taratura

### Sonora Srl

Servizi di Ingegneria Acustica

Via dei Bersaglieri, 9

Tel 0823-351196 - Fax 0823-1872083

www.sonorasrl.com - sonora@sonorasrl.com



LAT N°185

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF ed ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

## CERTIFICATO DI TARATURA LAT 185/4351

Certificate of Calibration

Pagina 3 di 10

Page 3 of 10

### Modalità di esecuzione delle Prove

#### *Directions for the testings*

Sugli elementi sotto verifica vengono eseguite misure acustiche ed elettriche. Le prove acustiche vengono effettuate tenendo conto delle condizioni fisiche al contorno e dopo un adeguato tempo di acclimatamento e preriscaldamento degli strumenti. Le prove elettriche vengono invece eseguite utilizzando adattatori capacitivi di adeguata impedenza. Le unità di misura "dB" utilizzate nel presente certificato sono valori di pressione assoluta riferiti a 20 microPa.

### Elenco delle Prove effettuate

#### *Test List*

Nelle pagine successive sono descritte le singole prove nei loro dettagli esecutivi e vengono indicati i parametri di prova utilizzati, i risultati ottenuti, le deviazioni riscontrate, gli scostamenti e le tolleranze ammesse dalla normativa considerata.

Codice	Denominazione	Revisione	Categoria	Complesso	Incertezza	Esito
-	Ispezione Preliminare	2011-05	Generale	-	-	-
-	Rilevamento Ambiente di Misura	2011-05	Generale	-	-	-
PR 1.01	Regolazione della Sensibilità	2001-07	Acustica	FPM	0,15 dB	-
PR 1.02	Risposta Acustica in Frequenza AE	2001-07	Acustica	FPM	0,20..0,60 dB	-
PR 1.02	Risposta Acustica in Frequenza MF	2001-07	Acustica	FPM	0,16..0,50 dB	-
PR 1.03	Rumore Autogenerato	2001-07	Elettrica	FP	6,0 dB	-
PR 1.04	Selettore Campi di Misura	2001-07	Elettrica	FP	0,11 dB	-
PR 1.05	Linearità Campi di Misura	2001-07	Elettrica	FP	0,11..0,11 dB	-
PR 1.05	Linearità Campi di Misura (*)	2001-07	Elettrica	FP	0,11..0,11 dB	-
PR 1.06	Ponderazioni in Frequenza	2001-07	Elettrica	FP	0,11..0,11 dB	-
PR 1.07	Pesature Temporali (S,F,I)	2001-07	Elettrica	FP	0,11..0,11 dB	-
PR 1.08	Rivelatore del Valore Efficace	2001-07	Elettrica	FP	0,11 dB	-
PR 1.09	Rivelatore del Valore di Picco	2001-07	Elettrica	FP	0,12 dB	-
PR 1.10	Media Temporale	2001-07	Elettrica	FP	0,11..0,11 dB	-
PR 1.11	Campo Dinamico agli Impulsi	2001-07	Elettrica	FP	0,11 dB	-
PR 1.12	Indicatore di Sovraccarico	2001-07	Elettrica	FP	0,10 dB	-

L' Operatore

Ing. Raffaele RICCARDO

Il Responsabile del Centro

Ing. Ernesto MONACO



# CENTRO DI TARATURA LAT N° 185

Calibration Centre

## Laboratorio Accreditato di Taratura

### Sonora Srl

Servizi di Ingegneria Acustica

Via dei Bersaglieri, 9

Tel 0823-351196 - Fax 0823-1872083

www.sonorasrl.com - sonora@sonorasrl.com



LAT N°185

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF ed ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

## CERTIFICATO DI TARATURA LAT 185/4351

Certificate of Calibration

Pagina 4 di 10

Page 4 of 10

### - - Ispezione Preliminare

**Scopo** Verifica della integrità e della funzionalità del DUT.  
**Descrizione** Ispezione visiva e meccanica.  
**Impostazioni** Effettuazione del preriscaldamento del DUT come prescritto dalla casa costruttrice.  
**Lecture** Osservazione dei dettagli e verifica della conformità e del rispetto delle specifiche costruttive.  
**Note**

Controlli Effettuati	Risultato
Ispezione Visiva	superato
Integrità meccanica	superato
Integrità funzionale (comandi, indicatore)	superato
Stato delle batterie, sorgente alimentazione	superato
Stabilizzazione termica	superato
Integrità Accessori	superato
Marcatura (min. marca, modello, s/n)	superato
Manuale Istruzioni	superato
Stato Strumento	Condizioni Buone

### - - Rilevamento Ambiente di Misura

**Scopo** Rilevamento dei parametri fisici dell'ambiente di misura.  
**Descrizione** Lecture dei valori di Pressione Atmosferica Locale, Temperatura ed Umidità Relativa del laboratorio.  
**Impostazioni** Attivazione degli strumenti necessari per le misure.  
**Lecture** Lecture effettuate direttamente sugli strumenti (barometro, termometro ed igrometro).  
**Note**

Riferimenti: Limiti: Patm=1013,25±20,0hpa - T aria=23,0±3,0°C - UR=50,0±10,0%

Grandezza	Condizioni Iniziali	Condizioni Finali
Pressione Atmosferica	1010,5 hpa	1010,5 hpa
Temperatura	25,7 °C	25,9 °C
Umidità Relativa	44,7 UR%	49,6 UR%

### PR 1.01 - Regolazione della Sensibilità

**Scopo** Verifica e regolazione della sensibilità acustica del complesso fonometro-microfono. Calibrazione acustica della strumentazione.  
**Descrizione** La prova viene effettuata inviando al microfono un segnale sinusoidale di frequenza 1000 Hz o 250 Hz e di livello compreso tra 94 e 124 dB tramite un calibratore acustico di classe 0 o 1. Se necessario la sensibilità dello strumento deve essere regolata in modo da ottenere l'indicazione dello livello di pressione acustica generata dal calibratore.  
**Impostazioni** Ponderazione Lin (in alternativa A), Indicazione Lp (in alternativa Leq), Costante di tempo Fast (in alternativa Slow), Campo di Misura Principale.  
**Lecture** Lecture sull'indicatore del fonometro. Non sono previste tolleranze.  
**Note**

Parametri	Valore	Livello	Lettura
Frequenza Calibratore	249,97 Hz	Prima della Calibrazione	113,8 dB
Liv. Nominale del Calibratore	113,9 dB	Atteso Corretto	113,85 dB
		Finale di Calibrazione	113,9 dB

### PR 1.02 - Risposta Acustica in Frequenza MF

**Scopo** Verifica della risposta in frequenza del fonometro da 315 Hz a 12kHz in passi di 1/10ttava con il metodo del Calibratore Multifunzione.  
**Descrizione** Invio di segnali acustici sinusoidali di frequenza variabile in passi di ottava da 315 Hz a 12.5kHz tramite il Calibratore Multifunzione.  
**Impostazioni** Ponderazione Lin (in alternativa A), Indicazione Lp (in alternativa Leq), Costante di tempo Fast (in alternativa Slow), Campo di misura principale.  
**Lecture** Lecture dell'indicazione del fonometro, eventualmente corretta per ponderazione A.  
**Note**

L' Operatore

Ing. Raffaele RICCARDO

Il Responsabile del Centro

Ing. Ernesto MONACO



# CENTRO DI TARATURA LAT N° 185

Calibration Centre

## Laboratorio Accreditato di Taratura

### Sonora Srl

Servizi di Ingegneria Acustica

Via dei Bersaglieri, 9

Tel 0823-351196 - Fax 0823-1872083

www.sonorasrl.com - sonora@sonorasrl.com



LAT N°185

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF ed ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

## CERTIFICATO DI TARATURA LAT 185/4351

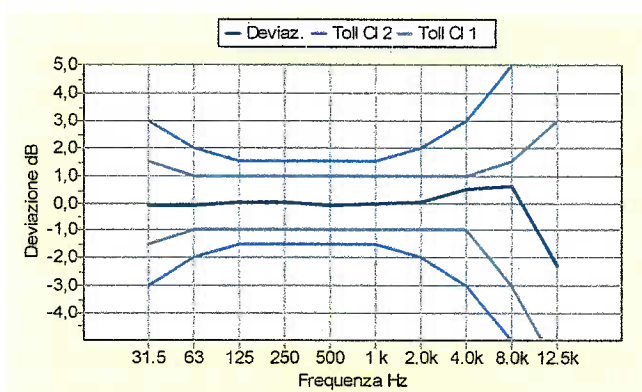
Certificate of Calibration

Pagina 5 di 10

Page 5 of 10

Metodo : Calibratore Multifunzione - Curva di Ponderazione: LIN - Freq. Normalizzazione: 1 kHz

Freq.	Let.	Pond.	FF-MF	Access.	Deviaz.	Toll.CI1	Toll.CI2
315 Hz	94,1dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	-0,1dB	±1,5 dB	±3,0 dB
63 Hz	94,1dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	-0,1dB	±1,0 dB	±2,0 dB
125 Hz	94,2 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	±1,0 dB	±1,5 dB
250 Hz	94,2 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	±1,0 dB	±1,5 dB
500 Hz	94,1dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	-0,1dB	±1,0 dB	±1,5 dB
1k Hz	94,1dB	0,0 dB	0,1dB	0,0 dB	0,0 dB	±1,0 dB	±1,5 dB
2.0k Hz	94,0 dB	0,0 dB	0,2 dB	0,0 dB	0,0 dB	±1,0 dB	±2,0 dB
4.0k Hz	93,8 dB	0,0 dB	0,9 dB	0,0 dB	0,5 dB	±1,0 dB	±3,0 dB
8.0k Hz	92,7 dB	0,0 dB	2,1dB	0,0 dB	0,6 dB	-3,0..+1,5 dB	±5,0 dB
12.5k Hz	86,9 dB	0,0 dB	5,0 dB	0,0 dB	-2,3 dB	-6,0..+3,0 dB	-INF..+5,0 dB



### PR 1.03 - Rumore Autogenerato

Scopo Misura del livello di rumore elettrico autogenerato dal fonometro.

Descrizione Si cortocircuita l'ingresso del fonometro con l'opportuno adattatore capacitivo montato sul preamplificatore microfonico. La capacità deve essere paragonabile a quella del microfono.

Impostazioni Ponderazione A (in alternativa Lin), Indicazione Leq (in alternativa Lp), Costante di tempo Slow, Campo di massima sensibilità.

Letture Lettura dell'indicatore del fonometro. Non sono previste tolleranze. Il valore letto deve essere riportato nel Rapporto di Prova.

Note

Ponderazione	Livello Sonoro, Lp	Media Temporale, Leq
Curva LIN	10,3 dB	10,3 dB
Curva A	5,1 dB	5,1 dB
Curva C	7,0 dB	7,0 dB

### PR 1.04 - Selettore Campi di Misura

Scopo Verifica del selettore dei campi di misura.

Descrizione Applicazione di un segnale continuo sinusoidale di 4kHz con un livello pari al livello di pressione acustica di riferimento, esaminando tutti i campi dello strumento in cui è possibile misurare il livello del segnale applicato.

Impostazioni Ponderazione A, Indicazione Lp, indicazione Leq, Costante di tempo Fast (in alternativa Slow), campo di misura Principale e campi Secondari.

Letture Le differenze tra l'indicazione del fonometro e il valore nominale del livello di segnale applicato devono rientrare nelle tolleranze.

Note

Metodo : Livello di Riferimento = 114,0 dB

Campo	Let.Lp	Dev. Lp	Let.Leq	Dev. Leq	Toll.CI1	Toll.CI2
Campo Principale	114,0 dB	0,0 dB	114,0 dB	0,0 dB	±0,5	±0,7

L' Operatore

Ing. Raffaele RICCIARDO

Il Responsabile del Centro

Ing. Ernesto MONACO



## CENTRO DI TARATURA LAT N° 185

Calibration Centre

### Laboratorio Accreditato di Taratura

#### Sonora Srl

Servizi di Ingegneria Acustica

Via dei Bersaglieri, 9

Tel 0823-351196 - Fax 0823-1872083

www.sonorasrl.com - sonora@sonorasrl.com



LAT N°185

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF ed ILAC

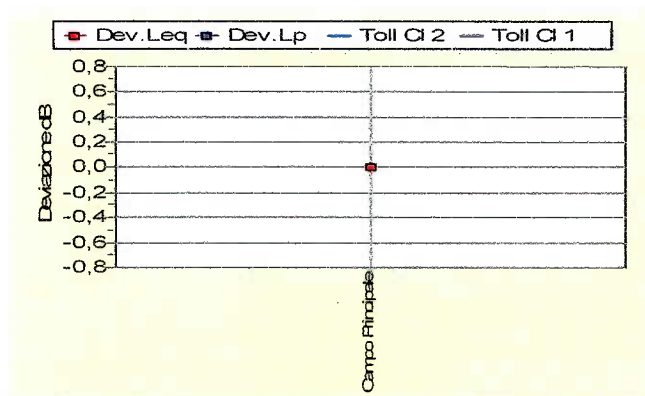
Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

### CERTIFICATO DI TARATURA LAT 185/4351

Certificate of Calibration

Pagina 6 di 10

Page 6 of 10



#### PR 1.05 - Linearità Campi di Misura

**Scopo** Si controllano le caratteristiche di linearità del fonometro nei campi di misura Principale e Secondari.

**Descrizione** Si invia un segnale sinusoidale di frequenza 4kHz e di ampiezza variabile in passi di 5dB ad eccezione degli estremi del campo, in cui la variazione è a passi di 1 dB.

**Impostazioni** Ponderazione A, Indicazione Leq (Lp se non è integratore), Costante di tempo Fast (in alternativa Slow)

**Lettura** Indicazione del fonometro. Lo strumento deve indicare il valore nominale inviato dal generatore entro le tolleranze indicate.

**Note**

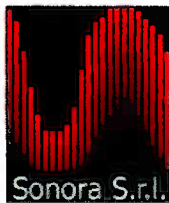
**Metodo:** Campo Principale con Liv. di Riferimento = 114,0 dB

L' Operatore

Ing. Raffaele RICCARDO

Il Responsabile del Centro

Ing. Ernesto MONACO



# CENTRO DI TARATURA LAT N° 185

Calibration Centre

Laboratorio Accreditato di Taratura

**Sonora Srl**

Servizi di Ingegneria Acustica

Via dei Bersaglieri, 9

Tel 0823-351196 - Fax 0823-1872083

www.sonorasrl.com - sonora@sonorasrl.com



LAT N°185

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF ed ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

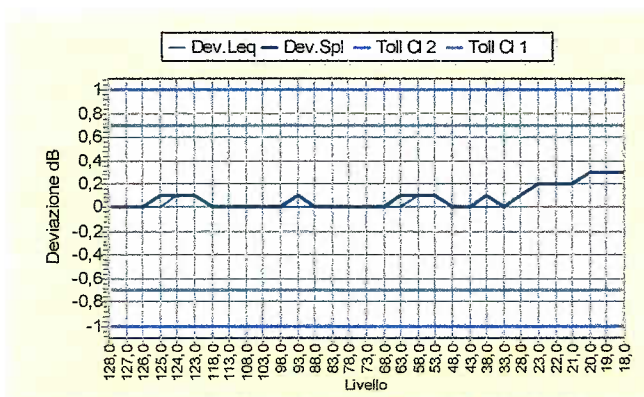
## CERTIFICATO DI TARATURA LAT 185/4351

Certificate of Calibration

Pagina 7 di 10

Page 7 of 10

LiveHo	Letf.Spl	Letf.Leq	Dev Spl	Dev Leq	Toll.C11	Toll.C12
18,0 dB	18,3 dB	18,3 dB	0,3 dB	0,3 dB	±0,7	±1,0
19,0 dB	19,3 dB	19,3 dB	0,3 dB	0,3 dB	±0,7	±1,0
20,0 dB	20,3 dB	20,3 dB	0,3 dB	0,3 dB	±0,7	±1,0
21,0 dB	21,2 dB	21,2 dB	0,2 dB	0,2 dB	±0,7	±1,0
22,0 dB	22,2 dB	22,2 dB	0,2 dB	0,2 dB	±0,7	±1,0
23,0 dB	23,2 dB	23,2 dB	0,2 dB	0,2 dB	±0,7	±1,0
28,0 dB	28,1 dB	28,1 dB	0,1 dB	0,1 dB	±0,7	±1,0
33,0 dB	33,0 dB	33,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	±0,7	±1,0
38,0 dB	38,1 dB	38,0 dB	0,1 dB	0,0 dB	±0,7	±1,0
43,0 dB	43,0 dB	43,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	±0,7	±1,0
48,0 dB	48,0 dB	48,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	±0,7	±1,0
53,0 dB	53,1 dB	53,1 dB	0,1 dB	0,1 dB	±0,7	±1,0
58,0 dB	58,1 dB	58,1 dB	0,1 dB	0,1 dB	±0,7	±1,0
63,0 dB	63,1 dB	63,0 dB	0,1 dB	0,0 dB	±0,7	±1,0
68,0 dB	68,0 dB	68,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	±0,7	±1,0
73,0 dB	73,0 dB	73,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	±0,7	±1,0
78,0 dB	78,0 dB	78,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	±0,7	±1,0
83,0 dB	83,0 dB	83,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	±0,7	±1,0
88,0 dB	88,0 dB	88,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	±0,7	±1,0
93,0 dB	93,1 dB	93,0 dB	0,1 dB	0,0 dB	±0,7	±1,0
98,0 dB	98,0 dB	98,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	±0,7	±1,0
103,0 dB	103,0 dB	103,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	±0,7	±1,0
108,0 dB	108,0 dB	108,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	±0,7	±1,0
113,0 dB	113,0 dB	113,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	±0,7	±1,0
118,0 dB	118,0 dB	118,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	±0,7	±1,0
123,0 dB	123,1 dB	123,1 dB	0,1 dB	0,1 dB	±0,7	±1,0
124,0 dB	124,1 dB	124,1 dB	0,1 dB	0,1 dB	±0,7	±1,0
125,0 dB	125,1 dB	125,0 dB	0,1 dB	0,0 dB	±0,7	±1,0
126,0 dB	126,0 dB	126,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	±0,7	±1,0
127,0 dB	127,0 dB	127,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	±0,7	±1,0
128,0 dB	128,0 dB	128,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	±0,7	±1,0



Metodo: Campi Secondari con Liv. di Riferimento = 114,0 dB

Campo	Riferime	Letf.Spl	Letf.Leq	Dev.Spl	Dev.Leq	Toll.C11	Toll.C12
19-108: MIN+2	24,0 dB	24,4 dB	24,4 dB	0,4 dB	0,4 dB	±0,7	±1,0
19-108: MAX-2	106,0 dB	106,0 dB	106,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	±0,7	±1,0

L' Operatore

*Ing. Raffaele RICCARDO*

Il Responsabile del Centro

*Ing. Ernesto MONACO*





# CENTRO DI TARATURA LAT N° 185

Calibration Centre

## Laboratorio Accreditato di Taratura

### Sonora Srl

Servizi di Ingegneria Acustica

Via dei Bersaglieri, 9

Tel 0823-351196 - Fax 0823-1872083

www.sonorasrl.com - sonora@sonorasrl.com



LAT N°185

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF ed ILAC

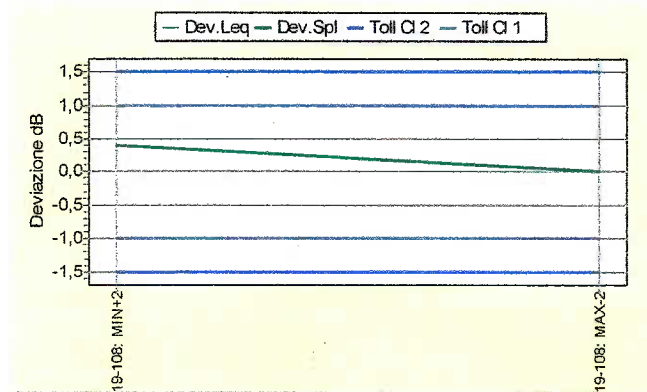
Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

## CERTIFICATO DI TARATURA LAT 185/4351

Certificate of Calibration

Pagina 8 di 10

Page 8 of 10



### PR 1.06 - Ponderazioni in Frequenza

**Scopo** Verifica della risposta in frequenza ponderata dello strumento nelle curve A,C e Lin (quando disponibili) nel campo da 31,5 Hz a 16000 Hz.

**Descrizione** La prova viene effettuata applicando un segnale da 31,5 Hz a 16000 Hz in passi di ottava con ampiezza variabile in modo opposto all'ampiezza dei filtri (a 1000 Hz: valore di fondo scala-40 dB).

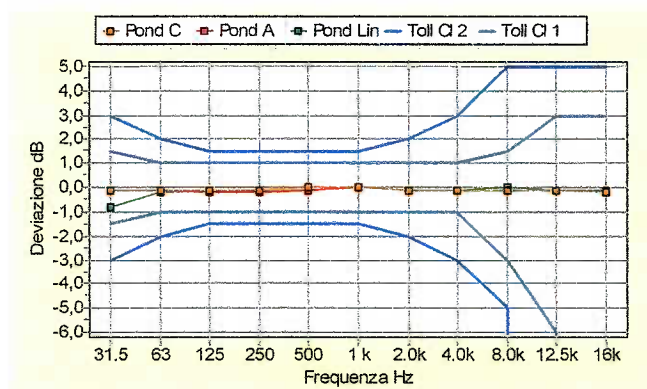
**Impostazioni** Indicazione Lp o Leq, Costante di tempo Fast (in alternativa Slow), Campo di Misura Principale.

**Letture** L'indicazione del fonometro corretta con la risposta del microfono e di eventuali accessori deve rientrare nelle tolleranze.

**Note**

**Metodo :** Livello Ponderazione F

Frequenza	Letto.Lin	Pond.Li	Dev. Lin	Letto.A	Pond.A	Dev. A	Letto.C	Pond.C	Dev. C	Toll.CI1	Toll.CI2
315 Hz	87,2 dB	0,0 dB	-0,8 dB	87,9 dB	-39,4 dB	-0,1dB	87,9 dB	-3,0 dB	-0,1dB	±1,5	±3,0
63 Hz	87,8 dB	0,0 dB	-0,2 dB	87,9 dB	-26,2 dB	-0,1dB	87,9 dB	-0,8 dB	-0,1dB	±1,0	±2,0
125 Hz	87,9 dB	0,0 dB	-0,1dB	87,8 dB	-16,1dB	-0,2 dB	87,9 dB	-0,2 dB	-0,1dB	±1,0	±1,5
250 Hz	87,9 dB	0,0 dB	-0,1dB	87,8 dB	-8,6 dB	-0,2 dB	87,9 dB	0,0 dB	-0,1dB	±1,0	±1,5
500 Hz	88,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	87,9 dB	-3,2 dB	-0,1dB	88,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	±1,0	±1,5
1k Hz	88,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	88,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	88,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	±1,0	±1,5
2.0k Hz	87,9 dB	0,0 dB	-0,1dB	87,9 dB	1,2 dB	-0,1dB	87,9 dB	-0,2 dB	-0,1dB	±1,0	±2,0
4.0k Hz	87,9 dB	0,0 dB	-0,1dB	87,9 dB	1,0 dB	-0,1dB	87,9 dB	-0,8 dB	-0,1dB	±1,0	±3,0
8.0k Hz	88,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	87,9 dB	-11dB	-0,1dB	87,9 dB	-3,0 dB	-0,1dB	-3,0..+1,5	±5,0
12.5k Hz	87,9 dB	0,0 dB	-0,1dB	87,9 dB	-4,3 dB	-0,1dB	87,9 dB	-6,2 dB	-0,1dB	-6,0..+3,0	-INF..+5,0
16k Hz	87,9 dB	0,0 dB	-0,1dB	87,8 dB	-6,6 dB	-0,2 dB	87,8 dB	-8,5 dB	-0,2 dB	-INF..+3,0	-INF..+5,0



L' Operatore

Ing. Raffaele RICCARDO

Il Responsabile del Centro

Ing. Ernesto MONACO



# CENTRO DI TARATURA LAT N° 185

Calibration Centre

Laboratorio Accreditato di Taratura

**Sonora Srl**

Servizi di Ingegneria Acustica

Via dei Bersaglieri, 9

Tel 0823-351196 - Fax 0823-1872083

www.sonorasrl.com - sonora@sonorasrl.com



LAT N°185

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF ed ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

## CERTIFICATO DI TARATURA LAT 185/4351

Certificate of Calibration

Pagina 9 di 10

Page 9 of 10

### PR1.07 - Pesature Temporali (S,F,I)

**Scopo** Verifica delle caratteristiche dinamiche di Risposta Temporale con le costanti di tempo S, F, I.

**Descrizione** Viene valutata la risposta dello strumento a singoli treni d'onda. Fase 1: si invia un segnale sinusoidale continuo a 2000 Hz con livello 4 dB inferiore al fondo scala per Slow e Fast, e pari al fondo scala per Impulse. Fase 2: Applicazione di treni d'onda sinusoidali a 2000 Hz con i livelli sopra indicati della durata rispettivamente di F=200ms, S=500ms.

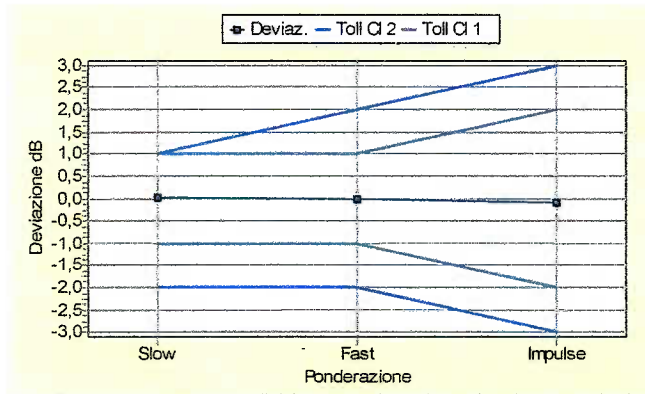
**Impostazioni** Ponderazione A, Indicazione Lp, Max-Hold (in alternativa Lp), Campo di Misura Principale.

**Letture** indicatore del fonometro. Le differenze tra le indicazioni relative al singolo treno d'onda ed al segnale continuo devono rientrare nelle tolleranze indicate.

**Note**

**Metodo :** Livello di Riferimento = 128,0 dB

Ponderazioni	Risposta	Continuo	Treno	Deviazione	Toll.C11	Toll.C12
Slow	-4,1 dB	124,0 dB	119,9 dB	0,0 dB	±1,0	-2,0..+1,0
Fast	-1,0 dB	124,0 dB	123,0 dB	0,0 dB	±1,0	±2,0
Impulse	-8,8 dB	128,0 dB	119,1 dB	-0,1 dB	±2,0	±3,0



### PR 1.08 - Rivelatore del Valore Efficace

**Scopo** Verifica delle caratteristiche del Rivelatore RMS.

**Descrizione** La prova viene effettuata comparando la risposta dello strumento a treni d'onda con Fattore di Cresta 3 con la risposta ad un segnale sinusoidale continuo avente lo stesso valore RMS. Fase 1: segnale sinusoidale continuo a 2000 Hz di ampiezza 2 dB inferiore al FS. Fase 2: 11 cicli di sinusoidale a 2000 Hz con frequenza di ripetizione di 40 Hz e di

**Impostazioni** Ponderazione A, Indicazione Lp (in alternativa Leq), Costante di tempo Slow (in alternativa Fast), Campo di Misura Principale.

**Letture** Lettura sull'indicatore dello strumento. Lo strumento deve sempre indicare il valore di riferimento nelle tolleranze indicate.

**Note**

**Metodo :** Livello Ponderazione F

Segnale	Livelli	Deviazione	Toll.C11	Toll.C12
Continuo	119,5 dB			
Ciclico	126,1 dB			
Letture	119,5 dB	0,0 dB	±0,5	±1,0

### PR 1.09 - Rivelatore del Valore di Picco

**Scopo** Verifica della caratteristica del rivelatore del valore di Picco.

**Descrizione** Viene paragonata la risposta dello strumento a due segnali rettangolari di uguale valore di picco (-1dB rispetto FS) e durata differente (10 ms e 100 us).

**Impostazioni** Ponderazione Lin, indicazione Lp, modalità Peak-Hold, Campo di Misura Principale.

**Letture** Lettura dell'indicazione del fonometro. Lo strumento deve indicare sempre lo stesso valore entro la tolleranza di 2 dB.

**Note**

**Metodo:** Liv. di Riferimento = 127,0 dB

L' Operatore

*Ing. Raffaele RICCARDO*

Il Responsabile del Centro

*Ing. Ernesto MONACO*



# CENTRO DI TARATURA LAT N° 185

Calibration Centre

## Laboratorio Accreditato di Taratura

### Sonora Srl

Servizi di Ingegneria Acustica

Via dei Bersaglieri, 9

Tel 0823-351196 - Fax 0823-1872083

www.sonorasrl.com - sonora@sonorasrl.com



LAT N°185

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF ed ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

## CERTIFICATO DI TARATURA LAT 185/4351

Certificate of Calibration

Pagina 10 di 10

Page 10 of 10

Segnale	Positivo	Negativo	ToH.C11	ToH.C12
Impulso 10mS	127,0 dB	127,0 dB		
Impulso 100uS	127,0 dB	127,0 dB		
Deviazione	0,0 dB	0,0 dB	±2,0	±2,0

### PR 1.10 - Media Temporale

**Scopo** Verifica del circuito integratore. La prova paragona la lettura relativa ad un segnale sinusoidale continuo con quelle relative a treni d'onda aventi lo stesso valore efficace e fattore di durata variabile.

**Descrizione** Viene inviato un segnale sinusoidale continuo a 4000 Hz e di ampiezza 20 dB superiore al limite inferiore del campo di misura Principale. Quindi si sostituisce a questo un segnale a treni d'onda con fattore di durata 1/1000 ed 1/10000 il cui livello equivalente sia identico a quello del segnale continuo.

**Impostazioni** Ponderazione A, Indicazione Leq, Campo di Misura Principale

**Lettura** Indicatore del fonometro. Lo strumento deve indicare sempre lo stesso valore entro le tolleranze stabilite.

#### Note

Segnale	Risposta	Liv.Treni	Letture	Deviazione	ToH.C11	ToH.C12
Continuo			38,0 dB			
Rapp. 1/1000	-30,0 dB	68,0 dB	38,0 dB	0,0 dB	±1,0	±1,5
Rapp. 1/10000	-40,0 dB	78,0 dB	37,9 dB	-0,1 dB	±1,0	±1,5

### PR 1.11 - Campo Dinamico agli Impulsi

**Scopo** Verifica del circuito integratore. La prova verifica la linearità del circuito con segnali impulsivi di ampiezza elevata. Un segnale continuo di livello basso evita l'eventuale intervento di dispositivi che disabilitano il circuito di integrazione.

**Descrizione** Viene applicato al fonometro un treno d'onda sinusoidale a 4000 Hz di durata 10 mS per un periodo di integrazione di 10 secondi. Il treno d'onda è sovrapposto a un segnale sinusoidale continuo di base avente ampiezza pari al limite inferiore del campo di misura Principale. Il livello di picco del treno d'onda deve superare il segnale continuo di base.

**Impostazioni** Ponderazione A, Indicazione Leq, Campo di Misura Principale

**Lettura** Lettura dell'indicazione sul fonometro. La lettura deve indicare il valore continuo teorico entro le tolleranze specificate.

#### Note

Segnale	Liv.Continuo	Liv.Teorico	Liv.Atteso	Letture	Deviazione	Tolleranze
Specifica Classe 1	18,0 dB	78,0 dB	48,0 dB	48,0 dB	0,0 dB	±1,7

### PR 1.12 - Indicatore di Sovraccarico

**Scopo** Verifica del corretto funzionamento dell'indicatore di sovraccarico.

**Descrizione** Fase 1: si invia un segnale costituito da treni d'onda di 11 cicli a 2000 Hz con frequenza di ripetizione di 40 Hz con fattore di cresta 3, incrementando l'ampiezza fino al raggiungimento della segnalazione di sovraccarico.

**Impostazioni** Ponderazione A, Indicazione Lp, Campo di Misura Principale, costante di tempo Slow.

**Lettura** Indicatore del fonometro. Lo scostamento della lettura rispetto al valore di riferimento deve essere di 3dB entro le tolleranze indicate.

#### Note

**Metodo :** Livello Ponderazione F

Fasi Verifica	Livello	Letture	Deviazione	ToH.C11	ToH.C12
Indic. Sovraccarico		122,5 dB			
Riferimento	121,5 dB	121,5 dB			
Verifica	118,5 dB	118,5 dB	0,0 dB	±0,4	±0,6

L' Operatore

Ing. Raffaele RICCARDO

Il Responsabile del Centro

Ing. Ernesto MONACO



# CENTRO DI TARATURA LAT N° 185

Calibration Centre

Laboratorio Accreditato di Taratura

**Sonora Srl**

Servizi di Ingegneria Acustica

Via dei Bersaglieri, 9

Tel 0823-351196 - Fax 0823-1872083

www.sonorasrl.com - sonora@sonorasrl.com



LAT N°185

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF ed ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

## CERTIFICATO DI TARATURA LAT 185/4374

Certificate of Calibration

Pagina 1 di 5

Page 1 of 5

- Data di Emissione: 2014/07/15  
*date of Issue*

- cliente SONORA  
*customer*  
Via dei Bersaglieri, 9  
81100 - Caserta (CE)

- destinatario SONORA  
*addressee*  
Via dei Bersaglieri, 9  
81100 - Caserta (CE)

- richiesta Interna  
*application*

- in data 2014/07/15  
*date*

- Si riferisce a:  
*Referring to*

- oggetto Calibratore  
*Item*

- costruttore LARSON DAVIS  
*manufacturer*

- modello L&D CAL 200  
*model*

- matricola 4600  
*serial number*

- data delle misure 2014/07/15  
*date of measurements*

- registro di laboratorio -  
*laboratory reference*

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accREDITAMENTO LAT N. 185 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali ed internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI).

Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

*This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT No. 185 granted according to decrees connected with Italian Law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI).*

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

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

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

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

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

Il Responsabile del Centro

Head of the Centre

Ing. Ernesto MONACO



# CENTRO DI TARATURA LAT N° 185

Calibration Centre

## Laboratorio Accreditato di Taratura

### Sonora Srl

Servizi di Ingegneria Acustica

Via dei Bersaglieri, 9

Tel 0823-351196 - Fax 0823-1872083

www.sonorasrl.com - sonora@sonorasrl.com



LAT N°185

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF ed ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

## CERTIFICATO DI TARATURA LAT 185/4374

Pagina 2 di 5

Certificate of Calibration

Page 2 of 5

Di seguito vengono riportate le seguenti informazioni:

- la descrizione dell'oggetto in taratura (se necessaria);
- l'identificazione delle procedure in base alle quali sono state eseguite le tarature;
- i campioni di prima linea da cui ha inizio la catena della riferibilità del Centro;
- gli estremi dei certificati di taratura di tali campioni e l'Ente che li ha emessi;
- luogo di taratura (se effettuata fuori dal laboratorio);
- condizioni ambientali e di taratura;

In the following information is reported about:

- description of the item to be calibrated (if necessary);
- technical procedures used for calibration performed;
- reference standards from which traceability chain is originated in the Centre;
- the relevant calibration certificates of those standards with the issuing Body;
- site of calibration (if different from the Laboratory);
- calibration and environmental conditions;
- calibration results and their expanded uncertainty.

### Strumenti sottoposti a verifica

Instrumentation under test

Strumento	Costruttore	Modello	Serie/Matricola	Classe
Calibratore	LARSON DAVIS	L&D CAL 200	4600	Classe 1

### Normative e prove utilizzate

Standards and used tests

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure: **Calibratori - PR 4 - Rev. 2/2012**

The measurement result reported in this Certificate were obtained following the Procedures:

Il gruppo di strumenti analizzato è stato verificato seguendo le normative: **IEC 60942 - IEC 60942 - CEI EN 60942**

The devices under test was calibrated following the Standards:

### Catena di Riferibilità e Campioni di Prima Linea - Strumentazione utilizzata per la taratura

Traceability and First Line Standards - Instrumentation used for the measurements

Strumento	Linea	Marca e modello	N. Serie	Certificato N.	Data Emiss.	Ente validante
Microfono Campione	†	B&K4 180	24 12860	14-0100-01	14/02/17	INRIM
Pistonofono Campione	†	GRAS 42AA	439463	14-0100-02	14/02/26	INRIM
Multimetro	†	Agilent 34401A	MY41043722	022-001	14/02/17	MCS
Barometro	†	Druck DPI 142	2125275	0142/MP/2014	14/02/24	ASIT
Generatore	2°	Stanford Research DS360	61101	LAT 185/4138	14/04/03	SONORA - PR 6
Attenuatore	2°	ASIC 1001	C1001	LAT 185/4139	14/04/03	SONORA - PR 7
Analizzatore FFT	2°	NI 4474	189545A-01	LAT 185/4143	14/04/04	SONORA - PR 13
Attuatore Elettrostatico	2°	Gras 14AA	33941	LAT 185/4141	14/04/04	SONORA - PR 9
Preamplificatore Insert Voltage	2°	Gras 26AG	26630	LAT 185/4142	14/04/04	SONORA - PR 10
Alimentatore Microfonico	2°	Gras 12AA	40284	LAT 185/4140	14/04/04	SONORA - PR 8
Termometro	†	Testo 615	00857902	064/14	14/02/21	Univ. Studi Cassino

### Capacità metrologiche ed incertezze del Centro

Metrological abilities and uncertainties of the Centre

Grandezze	Strumento	Gamme Livelli	Gamme Frequenze	Incertezze
Livello di Pressione Sonora	Calibratore Multifrequenza	94 - 114 dB	315 - 16000 Hz	0,15 - 0,30 dB
Livello di Pressione Sonora	Calibratori Acustici	94 - 114 dB	250 - 1000 Hz	0,12 dB
Livello di Pressione Sonora	Filtri Bande 1/1 Ottava	25 - 140 dB	315 - 16000 Hz	0,28 - 2 dB
Livello di Pressione Sonora	Filtri Bande 1/3 Ottava	25 - 140 dB	20 - 20000 Hz	0,28 - 2 dB
Livello di Pressione Sonora	Fonometri	25 - 140 dB	315 - 12500 Hz	0,15 - 0,8 dB
Livello di Pressione Sonora	Fonometri	124 dB	250 Hz	0,15 dB
Livello di Pressione Sonora	Pistonofoni	124 dB	250 Hz	0,1 dB
Sensibilità alla pressione acustica	Microfoni WS2	114 dB	250 Hz	0,15 dB
Sensibilità alla pressione acustica	Microfoni Campione da 1/2	114 dB	250 Hz	0,12 dB

### Condizioni ambientali durante la misura

Environmental parameters during measurements

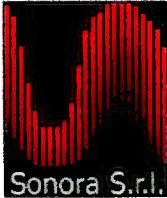
Pressione Atmosferica	1005,8 hPa ± 0,5 hPa	(rif. 1013,3 hPa ± 20,0 hPa)
Temperatura	25,8 °C ± 1,0 °C	(rif. 23,0 °C ± 3,0 °C)
Umidità Relativa	50,3 UR% ± 3 UR%	(rif. 50,0 UR% ± 10,0 UR%)

L' Operatore

Ing. Raffaele RICCABOO

Il Responsabile del Centro

Ing. Ernesto MONACO



**CENTRO DI TARATURA LAT N° 185**  
*Calibration Centre*  
**Laboratorio Accreditato di Taratura**

**Sonora Srl**  
Servizi di Ingegneria Acustica  
Via dei Bersaglieri, 9  
Tel 0823-351196 - Fax 0823-1872083  
www.sonorasrl.com - sonora@sonorasrl.com



LAT N°185

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF ed ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

**CERTIFICATO DI TARATURA LAT 185/4374**

*Certificate of Calibration*

Pagina 3 di 5

Page 3 of 5

**Modalità di esecuzione delle Prove**

*Directions for the testings*

Sugli elementi sotto verifica vengono eseguite misure acustiche ed elettriche. Le prove acustiche vengono effettuate tenendo conto delle condizioni fisiche al contorno e dopo un adeguato tempo di acclimatamento e preriscaldamento degli strumenti. Le prove elettriche vengono invece eseguite utilizzando adattatori capacitivi di adeguata impedenza. Le unità di misura "dB" utilizzate nel presente certificato sono valori di pressione assoluta riferiti a 20 microPa.

**Elenco delle Prove effettuate**

*Test List*

Nelle pagine successive sono descritte le singole prove nei loro dettagli esecutivi e vengono indicati i parametri di prova utilizzati, i risultati ottenuti, le deviazioni riscontrate, gli scostamenti e le tolleranze ammesse dalla normativa considerata.

Codice	Denominazione	Revisione	Categoria	Complesso	Incertezza	Esito
-	Ispezione Preliminare	2011-05	Generale	-	-	Superata
-	Rilevamento Ambiente di Misura	2011-05	Generale	-	-	Superata
PR 5.03	Verifica della Frequenza Generata 1/1	2004-03	Acustica	C	0,01..0,02 %	Classe 1
PR 5.01	Pressione Acustica Generata	2004-03	Acustica	C	0,00..0,12 dB	Classe 1
PR 5.05	Distorsione del Segnale Generato (THD+N)	2004-03	Acustica	C	0,42..0,42 %	Classe 1
10.8	Indice di Compatibilità (C/M)	2011-05	Acustica	C	-	Non utilizzata

**Dichiarazioni Specifiche per la Norma 60942:2003**

- Per l'esecuzione della verifica periodica sono state utilizzate le procedure della Norma IEC 60942:2004-03.
- Non esiste documentazione pubblica comprovante che il calibratore ha superato le prove di valutazione di Modello applicabili della IEC 60942:2003 Annex A.
- Il calibratore acustico ha dimostrato la conformità con le prescrizioni della Classe 1 per le prove periodiche descritte nell'Allegato B della IEC 60942:2003 per il/i livelli di pressione acustica e la/le frequenze indicate alle condizioni ambientali in cui sono state effettuate le prove. Tuttavia, non essendo disponibile una dichiarazione ufficiale di un organismo responsabile dell'approvazione del modello, per dimostrarne la conformità alle prescrizioni dell'Allegato A della IEC 60942:2003, non è possibile fare alcuna dichiarazione o trarre conclusioni relativamente alle prescrizioni della IEC 60942:2003.

L' Operatore

Ing. Raffaele RICCARDO

Il Responsabile del Centro

Ing. Ernesto MONACO



**CENTRO DI TARATURA LAT N° 185**  
*Calibration Centre*  
**Laboratorio Accreditato di Taratura**

**Sonora Srl**

Servizi di Ingegneria Acustica

Via dei Bersaglieri, 9

Tel 0823-351196 - Fax 0823-1872083

www.sonorasrl.com - sonora@sonorasrl.com



LAT N°185

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF ed ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

**CERTIFICATO DI TARATURA LAT 185/4374**

*Certificate of Calibration*

Pagina 4 di 5  
 Page 4 of 5

**- - Ispezione Preliminare**

**Scopo** Verifica della integrità e della funzionalità del DUT.

**Descrizione** Ispezione visiva e meccanica.

**Impostazioni** Effettuazione del preriscaldamento del DUT come prescritto dalla casa costruttrice.

**Lettura** Osservazione dei dettagli e verifica della conformità e del rispetto delle specifiche costruttive.

**Note**

Controlli Effettuati	Risultato
Ispezione Visiva	superato
Integrità meccanica	superato
Integrità funzionale (comandi, indicatore)	superato
Stato delle batterie, sorgente alimentazione	superato
Stabilizzazione termica	superato
Integrità Accessori	superato
Marchatura (min. marca, modello, s/n)	superato
Manuale Istruzioni	superato
Stato Strumento	Condizioni Buone

**- - Rilevamento Ambiente di Misura**

**Scopo** Rilevamento dei parametri fisici dell'ambiente di misura.

**Descrizione** Letture dei valori di Pressione Atmosferica Locale, Temperatura ed Umidità Relativa del laboratorio.

**Impostazioni** Attivazione degli strumenti necessari per le misure.

**Lettura** Letture effettuate direttamente sugli strumenti (barometro, termometro ed igrometro).

**Note**

**Riferimenti:** Limiti:  $P_{atm} = 1013,25 \pm 20,0 \text{ hpa}$  -  $T_{aria} = 23,0 \pm 3,0 \text{ °C}$  -  $UR = 50,0 \pm 10,0 \%$

Grandezza	Condizioni Iniziali	Condizioni Finali
Pressione Atmosferica	1005,8 hpa	1005,7 hpa
Temperatura	25,8 °C	25,9 °C
Umidità Relativa	50,3 UR%	50,8 UR%

**PR 5.03 - Verifica della Frequenza Generata 1/1**

**Scopo** Verifica della frequenza al livello di pressione acustica generato dal calibratore.

**Descrizione** Misurazione della frequenza del segnale proveniente dal microfono campione tramite il multimetro.

**Impostazioni** Collegamento della linea Microfono campione/preamplificatore/alimentatore microfonico al multimetro digitale.

**Lettura** Lettura diretta del valore della frequenza sul multimetro.

**Note**

**Metodo :** Frequenze Nominali

Freq.Nom.	Fq94dB	Deviaz.	Fq114dB	Deviaz.	Toll. C11	Toll. C12	Incert.	TollC1±Inc	TollC12±Inc
1k Hz	997,77 Hz	-0,22 %	997,77 Hz	-0,22 %	0,0..+1,0%	0,0..+2,0%	0,0%	0,0..+1,0%	0,0..+2,0%

**PR 5.01 - Pressione Acustica Generata**

**Scopo** Determinazione del livello di pressione acustica generato dal calibratore con il Metodo Insert Voltage.

**Descrizione** Fase 1: misura dell'ampiezza del segnale elettrico in uscita dalla linea Microfono campione/alimentatore a calibratore attivo. Fase 2: si inietta nel preamplificatore I.V. un segnale tramite il generatore tale da eguagliare quello letto nella fase 1.

**Impostazioni** Collegamento della linea Microfono campione/preamplificatore/alimentatore al multimetro digitale. Selezione manuale dell'Insert Voltage tramite switch.

**Lettura** Livelli di tensione sul multimetro digitale nelle 2 fasi. Calcolo della pressione acustica in dB usando la sensibilità del microfono Campione. Eventuale correzione del valore di pressione dovuta alla pressione atmosferica.

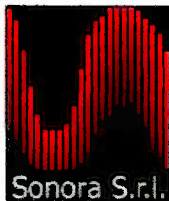
**Note**

L' Operatore

Ing. Raffaele RICCARDO

Il Responsabile del Centro

Ing. Ernesto MONACO



# CENTRO DI TARATURA LAT N° 185

Calibration Centre

## Laboratorio Accreditato di Taratura

### Sonora Srl

Servizi di Ingegneria Acustica

Via dei Bersaglieri, 9

Tel 0823-351196 - Fax 0823-1872083

www.sonorasrl.com - sonora@sonorasrl.com



LAT N°185

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF ed ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

## CERTIFICATO DI TARATURA LAT 185/4374

Certificate of Calibration

Pagina 5 di 5  
Page 5 of 5

**Metodo :** Insert Voltage - Correzione Totale: -0,261 dB

F Esatta	Liv94dB	Deviaz.	F Esatta	Liv114dB	Deviaz.	Incert.	Toll.C11	Toll.C12	Toll.C11+inc
997,77 Hz	93,93 dB	-0,07 dB	997,77 Hz	113,98 dB	-0,02 dB	0,12 dB	0,00..+0,40	0,00..+0,60	0,00..+0,28 dB

### PR 5.05 - Distorsione del Segnale Generato (THD+N)

**Scopo** Determinazione della Distorsione Armonica Totale (THD+N) al livello di pressione acustica generato dal calibratore.

**Descrizione** Tramite analizzatore di spettro si verifica che il rapporto tra la somma dei livelli delle bande laterali e delle armoniche con il livello del segnale principale sia inferiore alla tolleranza stabilita.

**Impostazioni** Selezione del livello e della frequenza sul calibratore. Collegamento della linea Microfono campione/preamplificatore/alimentatore all'analizzatore FFT.

**Letture** Campionamento degli spettri con l'analizzatore FFT e calcolo della THD.

**Note**

**Metodo :** Frequenze Rilevate

F.Nominali	F.Esatte	@94dB	F.Esatte	@114dB	Toll. C11	Toll. C12	Incert.	Toll.C11+inc
1k Hz	997,8 Hz	1,43 %	997,8 Hz	0,39 %	0,0..+3,0 %	0,0..+4,0 %	0,42 %	0,0..+2,6 %

L' Operatore

Ing. Raffaele RICCARDO

Il Responsabile del Centro

Ing. Ernesto MONACO



## ALLEGATO 2

### RISULTATI DELLE MISURE

Nome misura : Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 1) (18/02/2015 7.51.51)

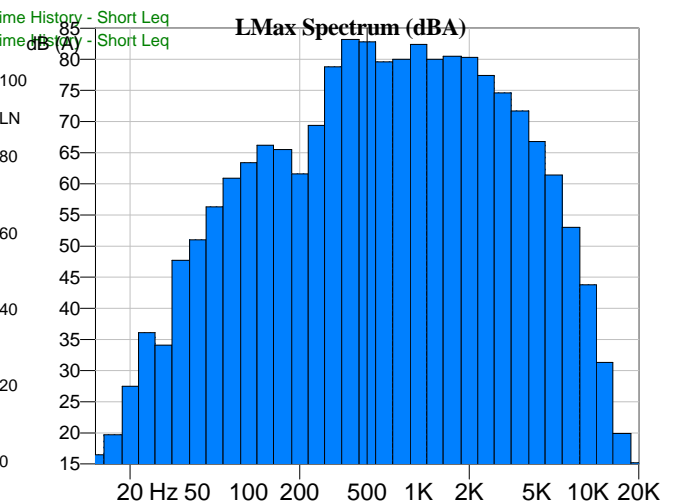
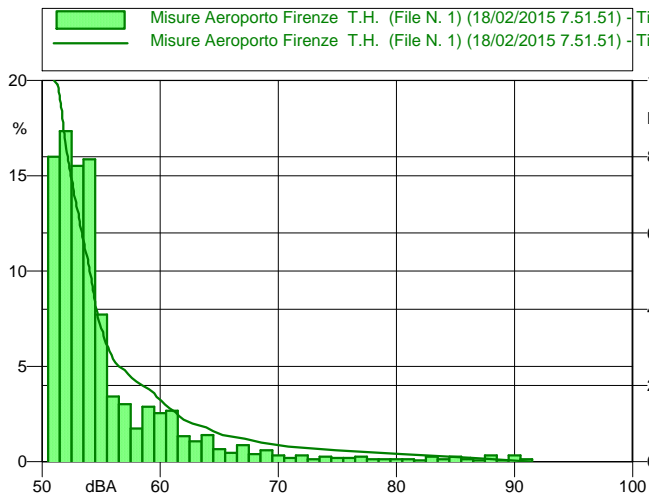
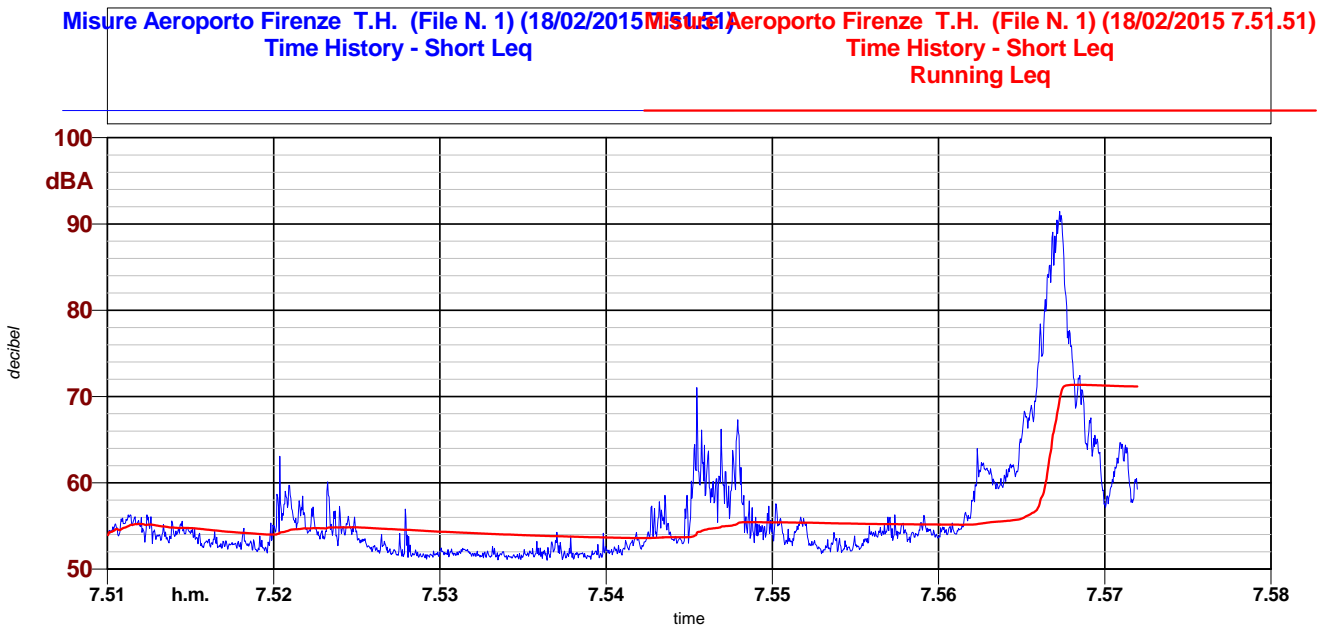
Località : Firenze

Strumentazione : Larson-Davis 824

Nome operatore : Massimo Viscardi

Data, ora misura : 18/02/2015 7.51.51

**Leq totale: 71.2 dBA**



Nome misura : Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 2) (18/02/2015 8.31.17)

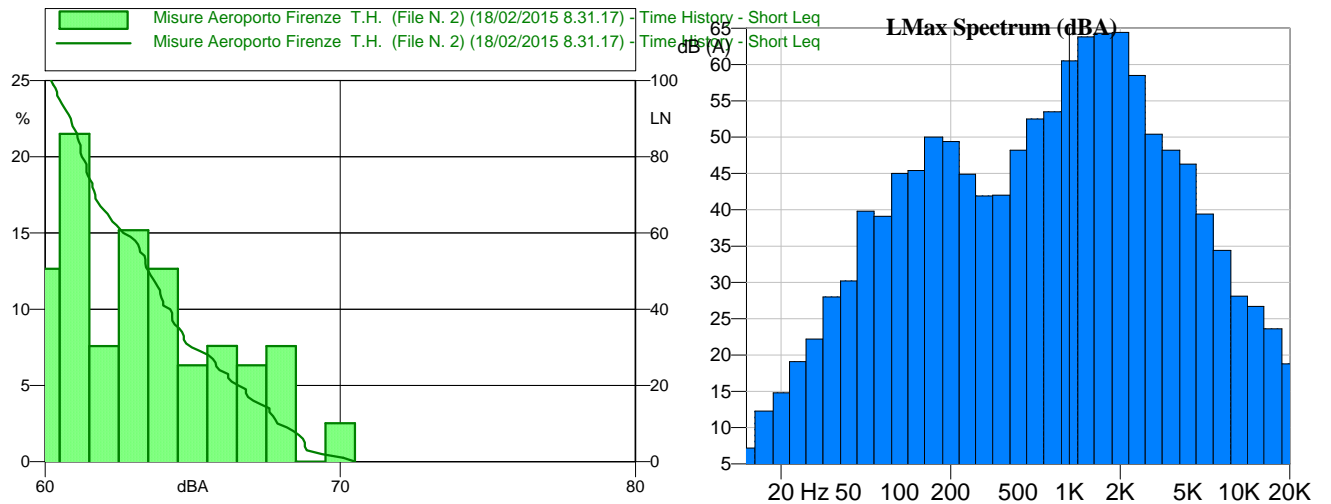
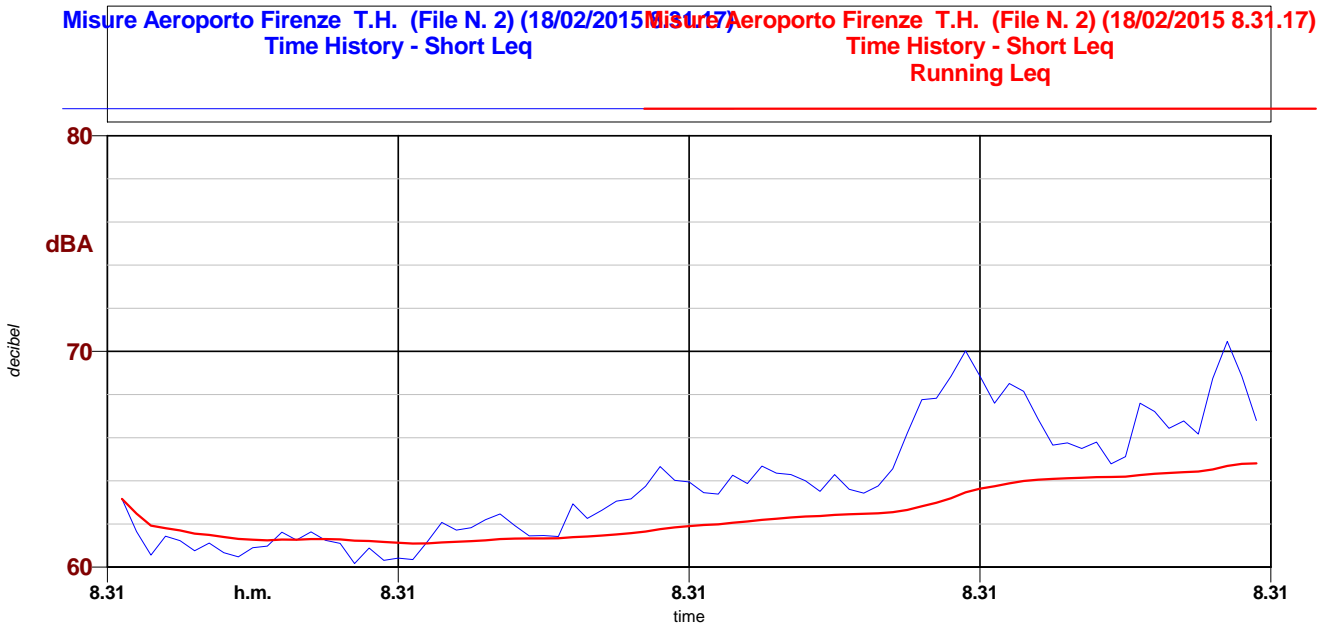
Località : Firenze

Strumentazione : Larson-Davis 824

Nome operatore : Massimo Viscardi

Data, ora misura : 18/02/2015 8.31.17

**Leq totale: 64.8 dBA**



Nome misura : Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 3) (18/02/2015 8.34.01)

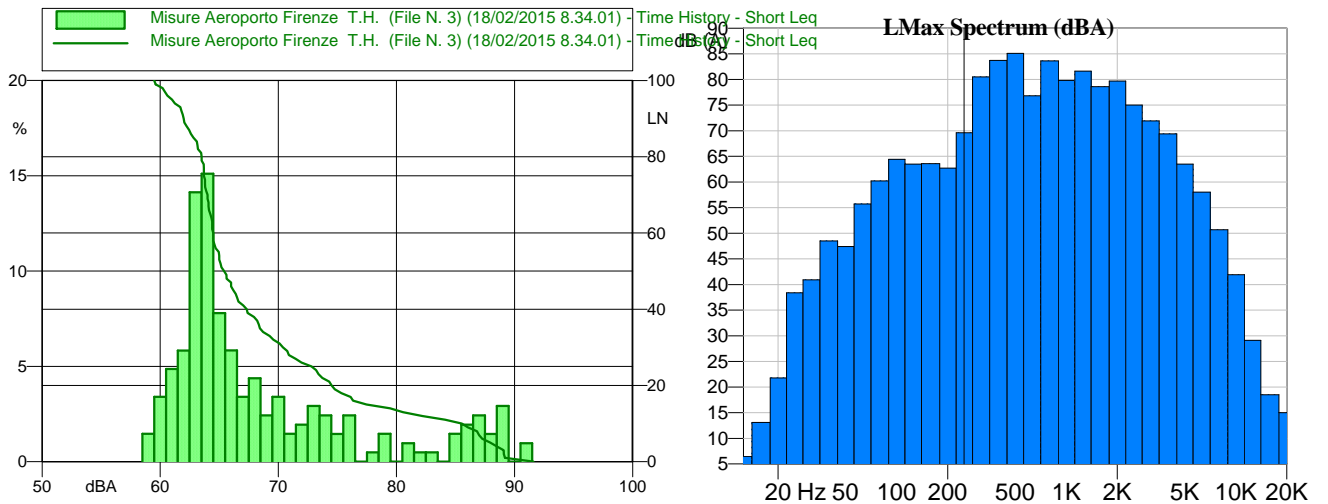
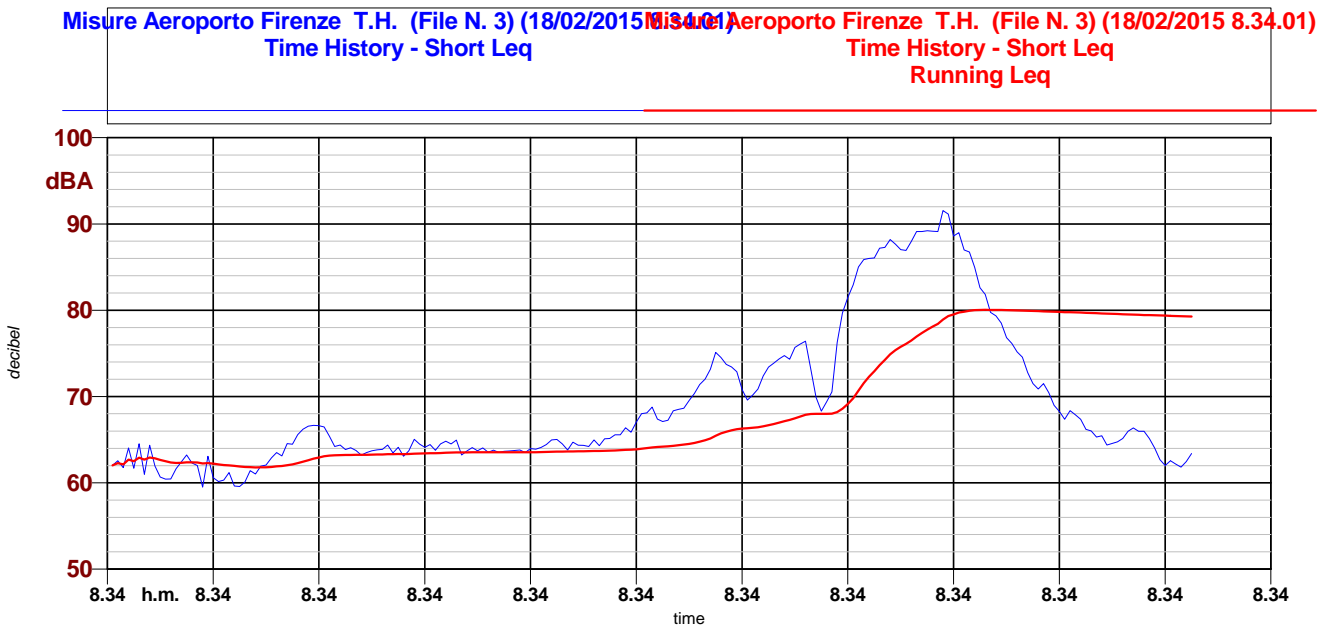
Località : Firenze

Strumentazione : Larson-Davis 824

Nome operatore : Massimo Viscardi

Data, ora misura : 18/02/2015 8.34.01

**Leq totale: 79.3 dBA**



Nome misura : Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 4) (18/02/2015 8.48.47)

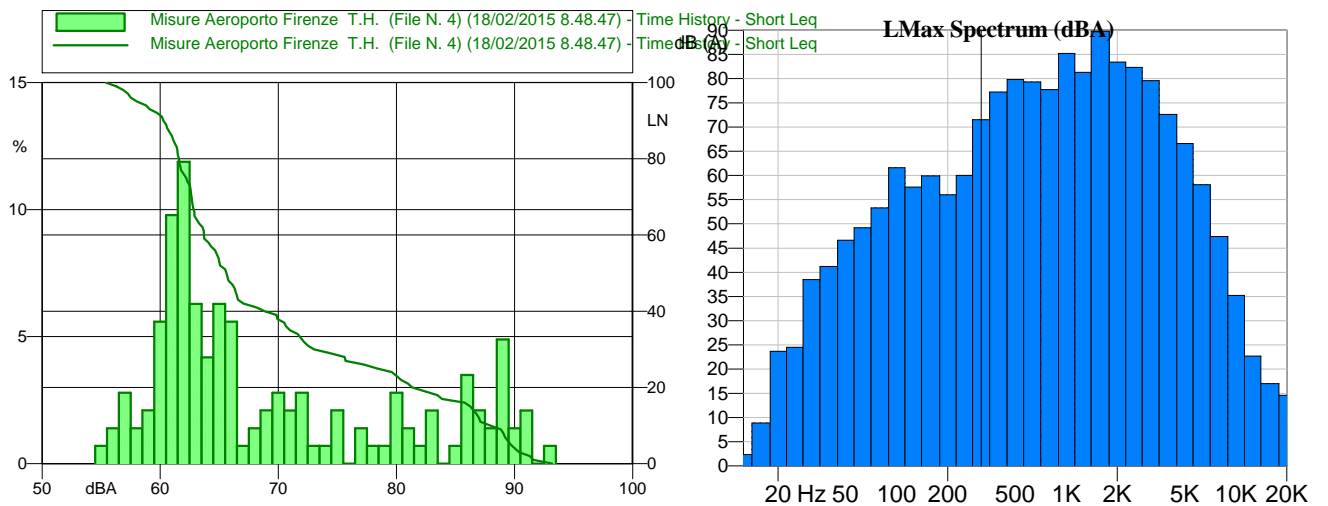
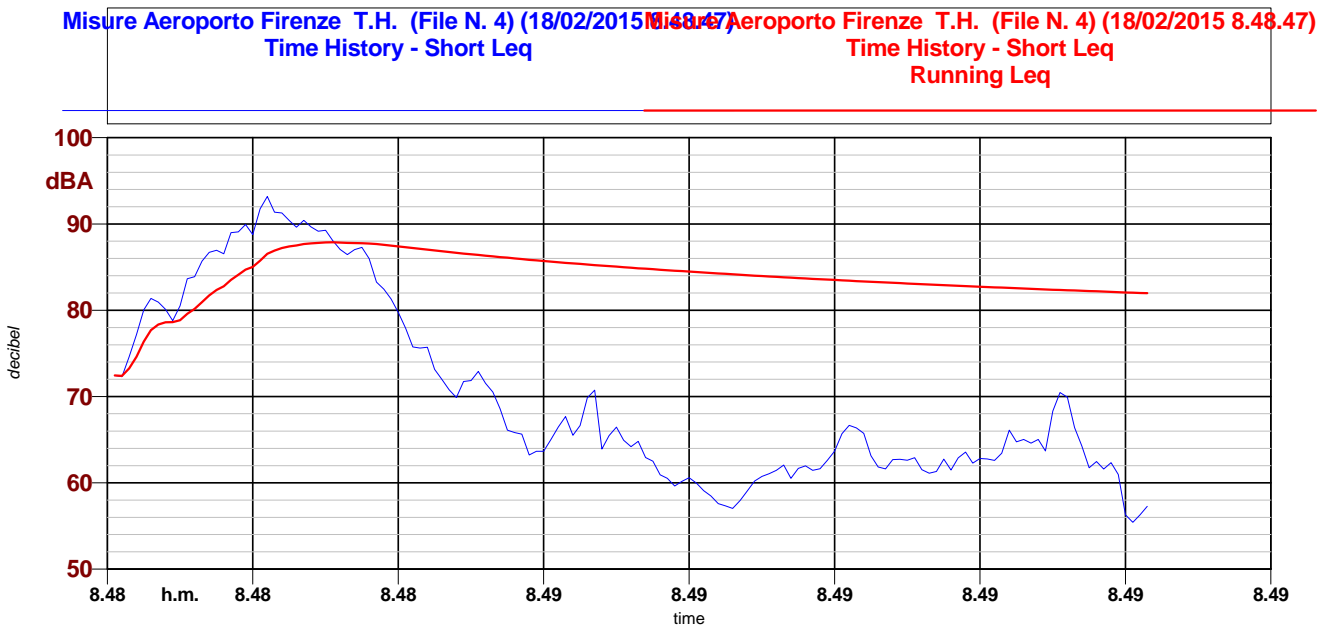
Località : Firenze

Strumentazione : Larson-Davis 824

Nome operatore : Massimo Viscardi

Data, ora misura : 18/02/2015 8.48.47

**Leq totale: 82.0 dBA**



Nome misura : Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 5) (18/02/2015 11.25.37)

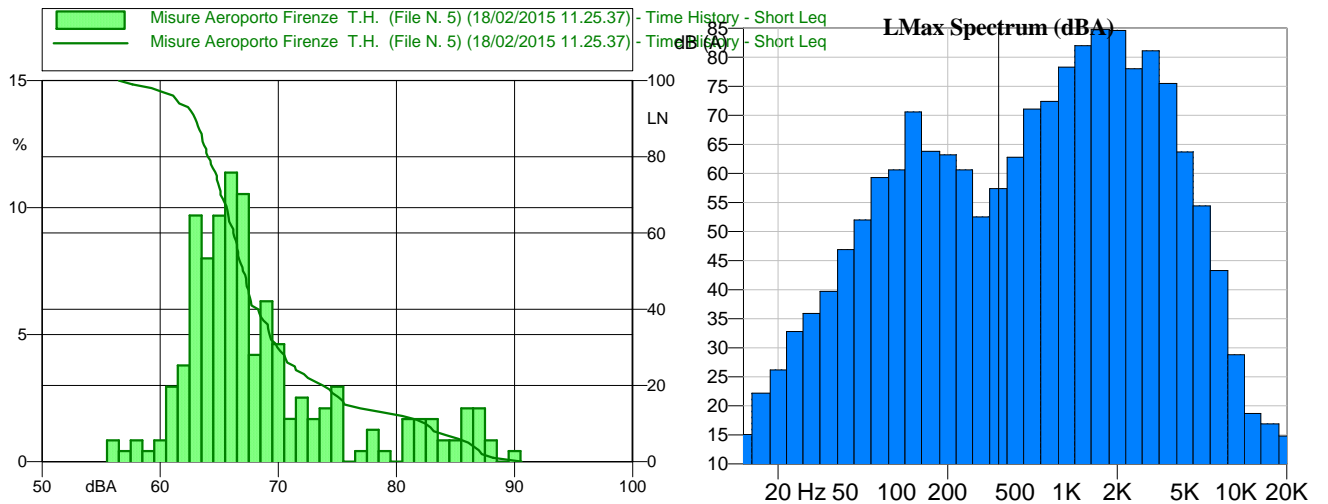
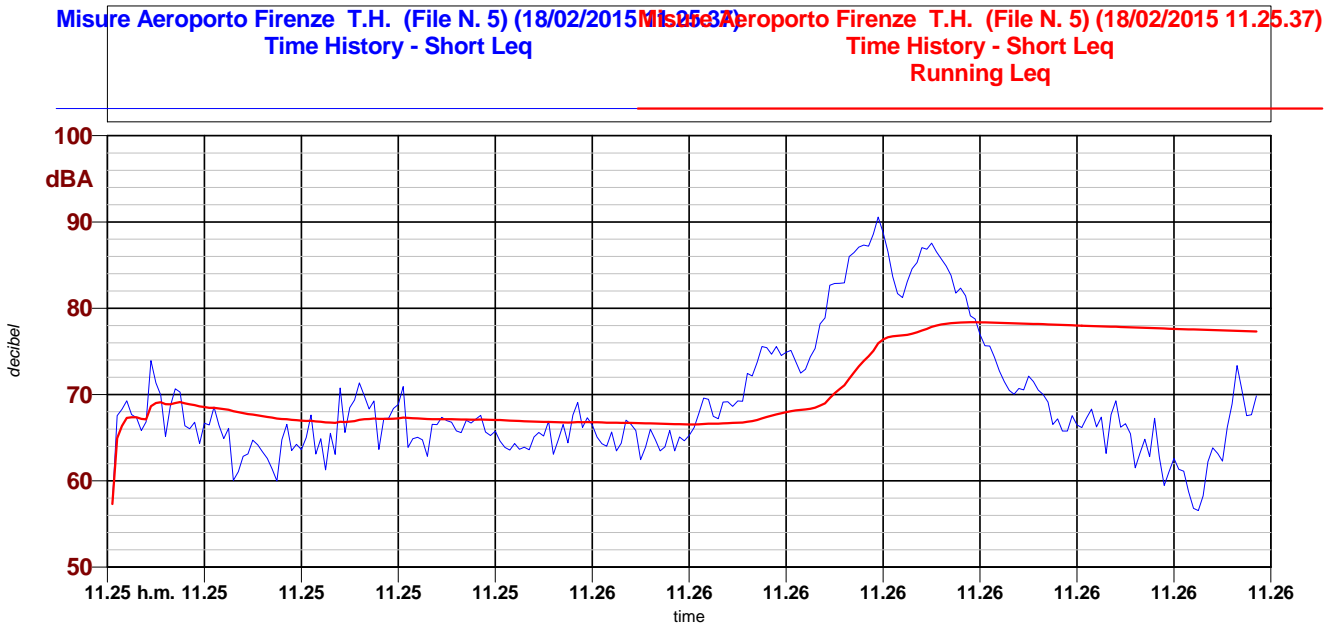
Località : Firenze

Strumentazione : Larson-Davis 824

Nome operatore : Massimo Viscardi

Data, ora misura : 18/02/2015 11.25.37

**Leq totale: 77.3 dBA**



Nome misura : Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 6) (18/02/2015 11.53.03)

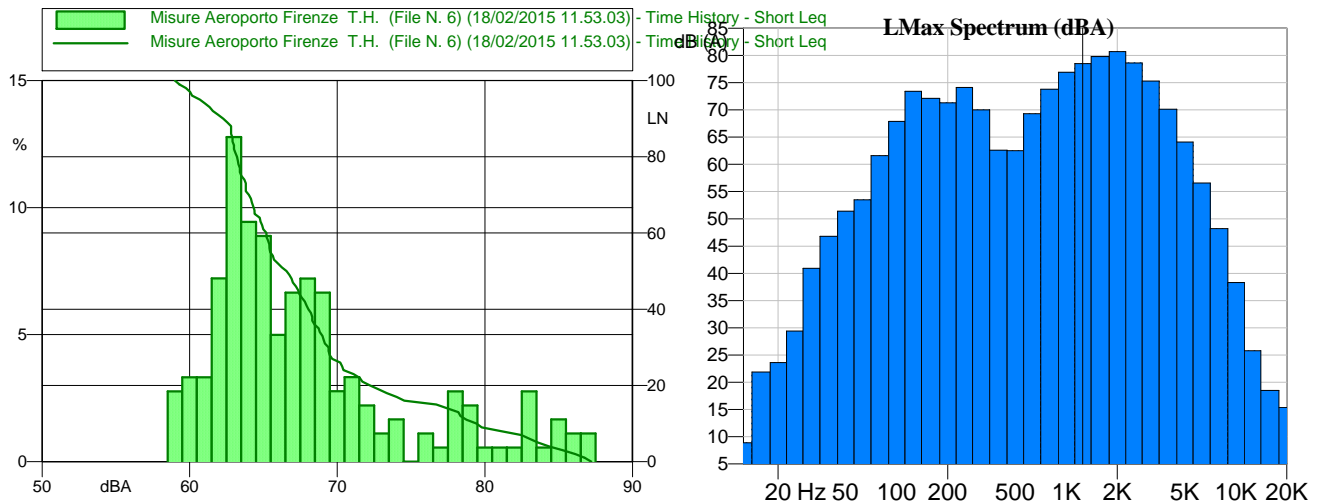
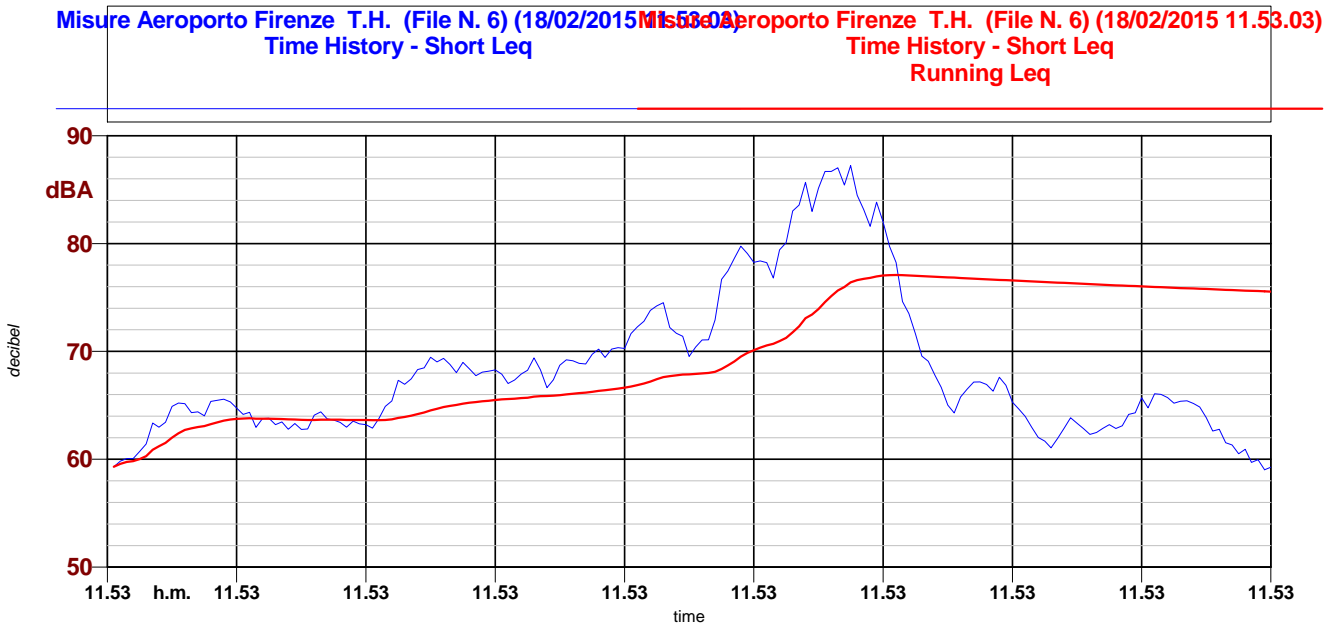
Località : Firenze

Strumentazione : Larson-Davis 824

Nome operatore : Massimo Viscardi

Data, ora misura : 18/02/2015 11.53.03

**Leq totale: 75.5 dBA**



Nome misura : Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 7) (18/02/2015 12.56.09)

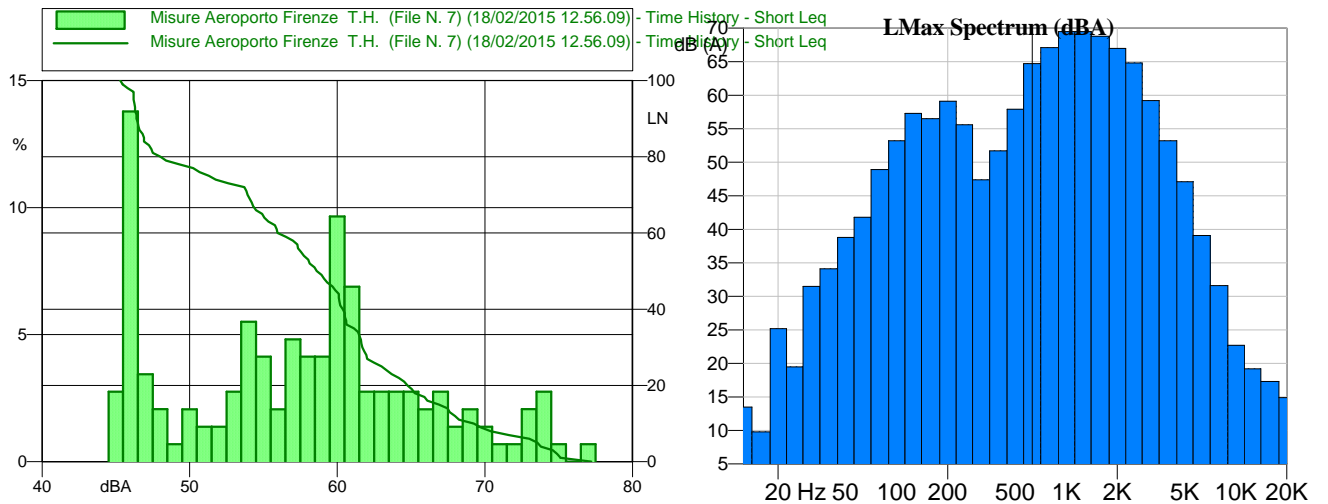
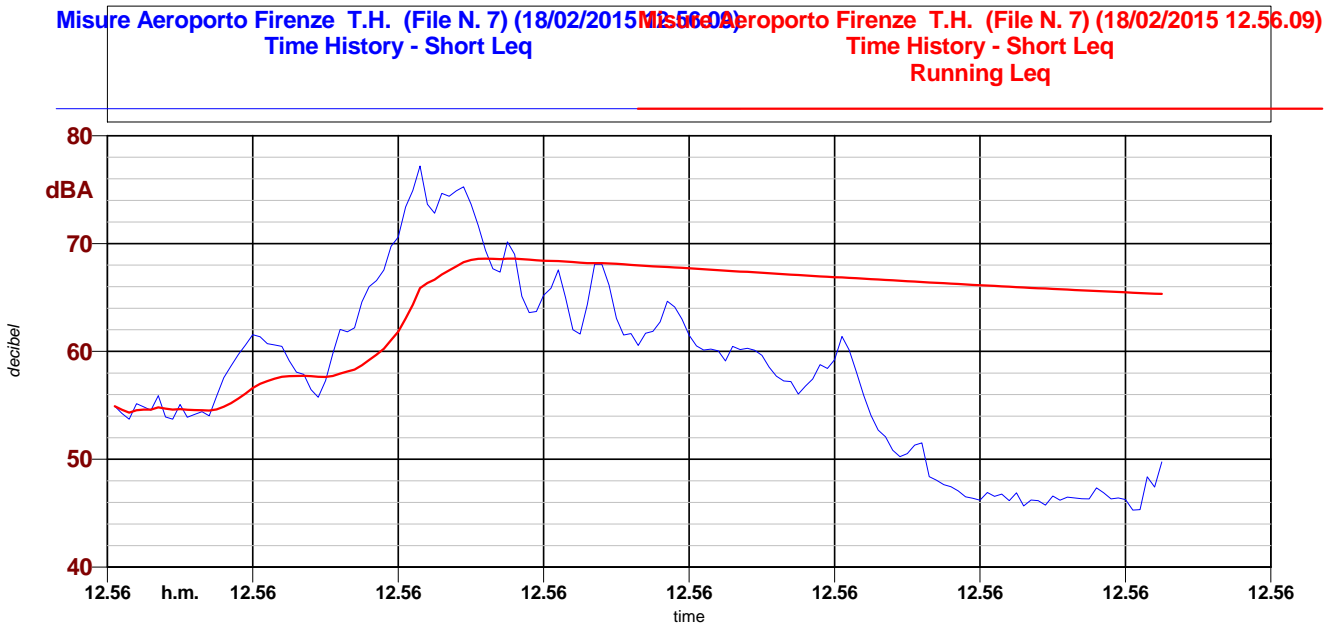
Località : Firenze

Strumentazione : Larson-Davis 824

Nome operatore : Massimo Viscardi

Data, ora misura : 18/02/2015 12.56.09

**Leq totale: 65.3 dBA**





Nome misura : Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 8) (18/02/2015 12.58.05)

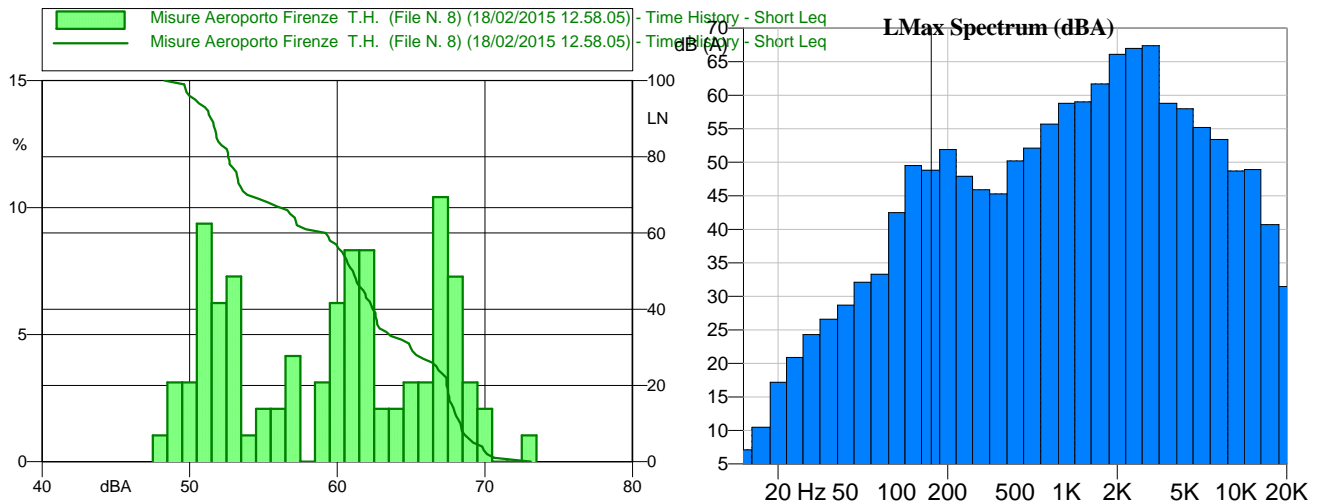
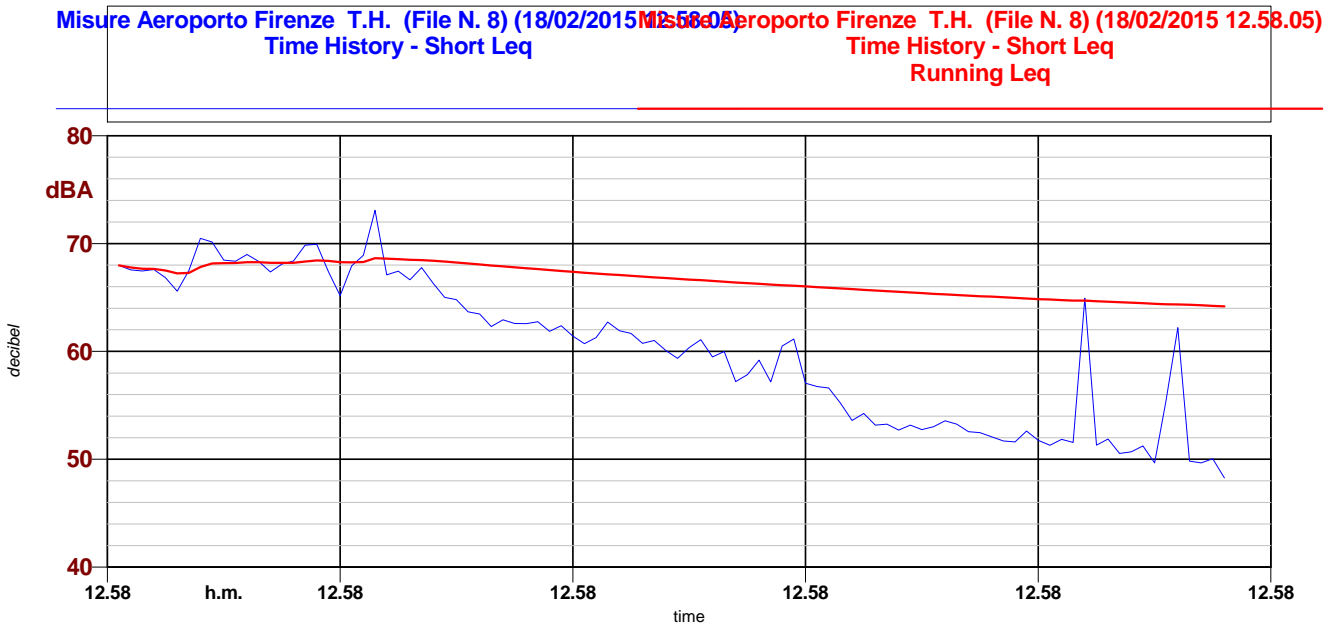
Località : Firenze

Strumentazione : Larson-Davis 824

Nome operatore : Massimo Viscardi

Data, ora misura : 18/02/2015 12.58.05

**Leq totale: 64.2 dBA**



Nome misura : Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 9) (18/02/2015 13.10.12)

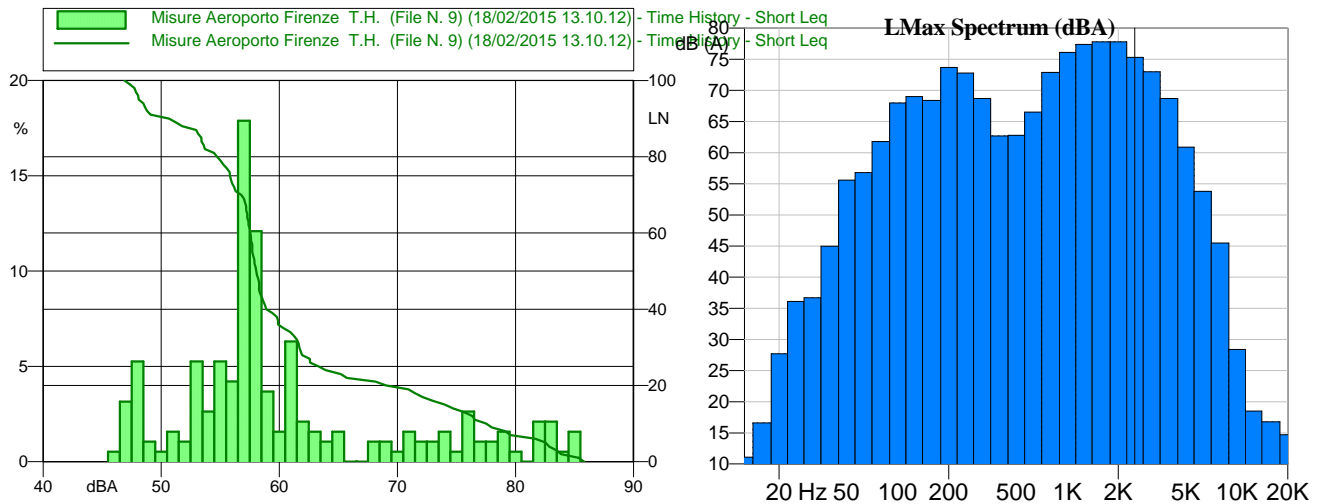
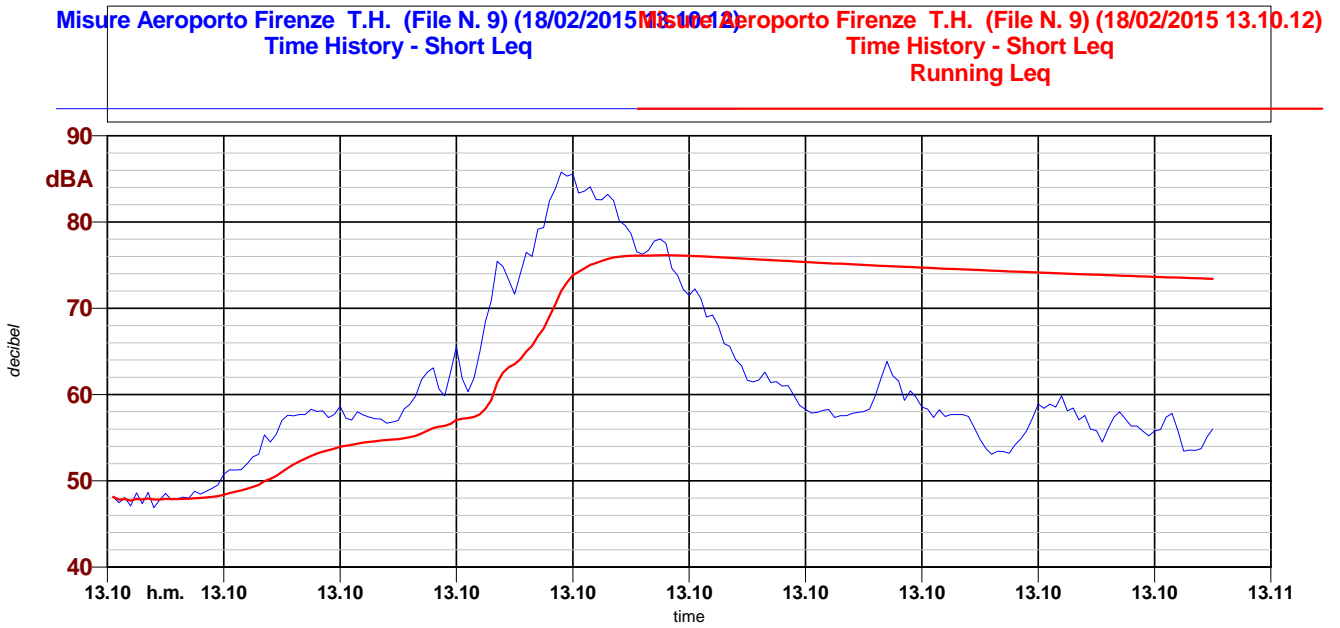
Località : Firenze

Strumentazione : Larson-Davis 824

Nome operatore : Massimo Viscardi

Data, ora misura : 18/02/2015 13.10.12

**Leq totale: 73.4 dBA**



Nome misura : Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 10) (18/02/2015 13.32.09)

Località : Firenze

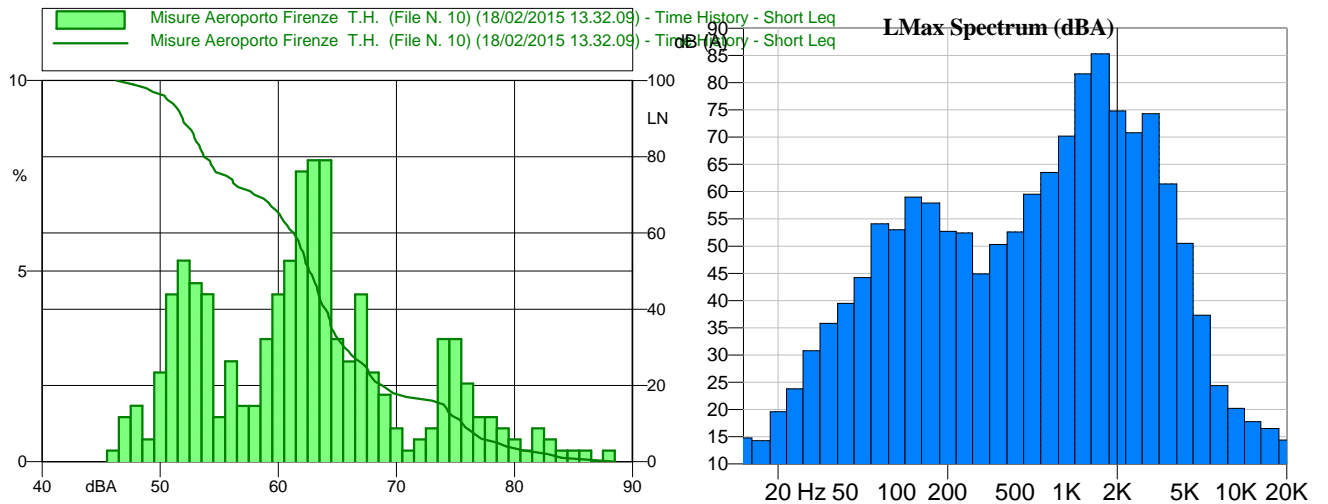
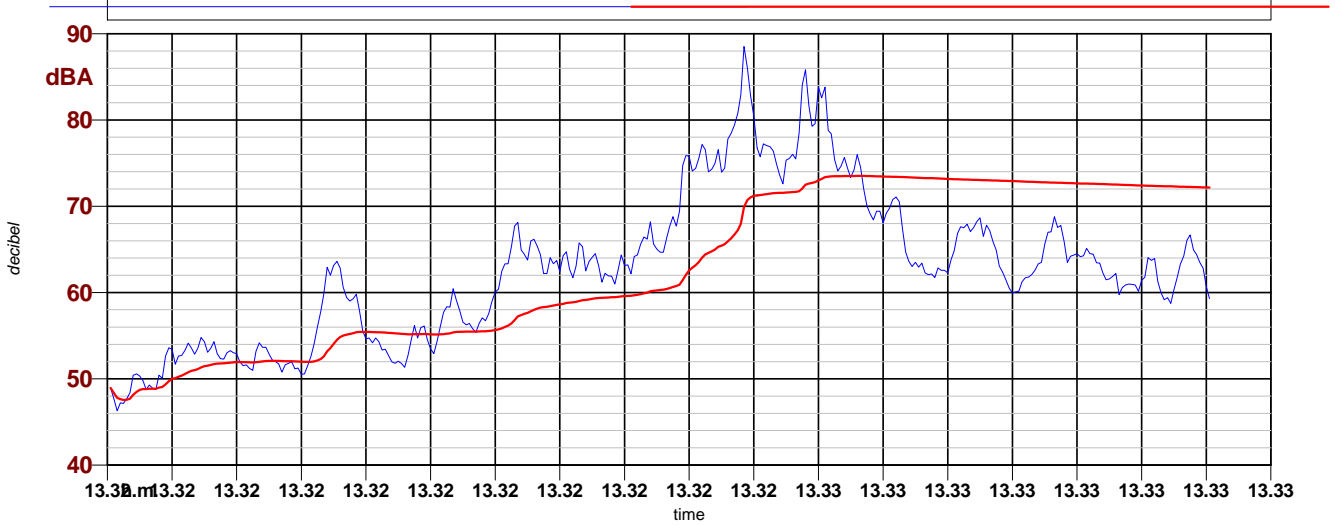
Strumentazione : Larson-Davis 824

Nome operatore : Massimo Viscardi

Data, ora misura : 18/02/2015 13.32.09

**Leq totale: 72.2 dBA**

Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 10) (18/02/2015 13.32.09) Time History - Short Leq  
Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 10) (18/02/2015 13.32.09) Time History - Short Leq Running Leq



Nome misura : Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 11) (18/02/2015 13.44.21)

Località : Firenze

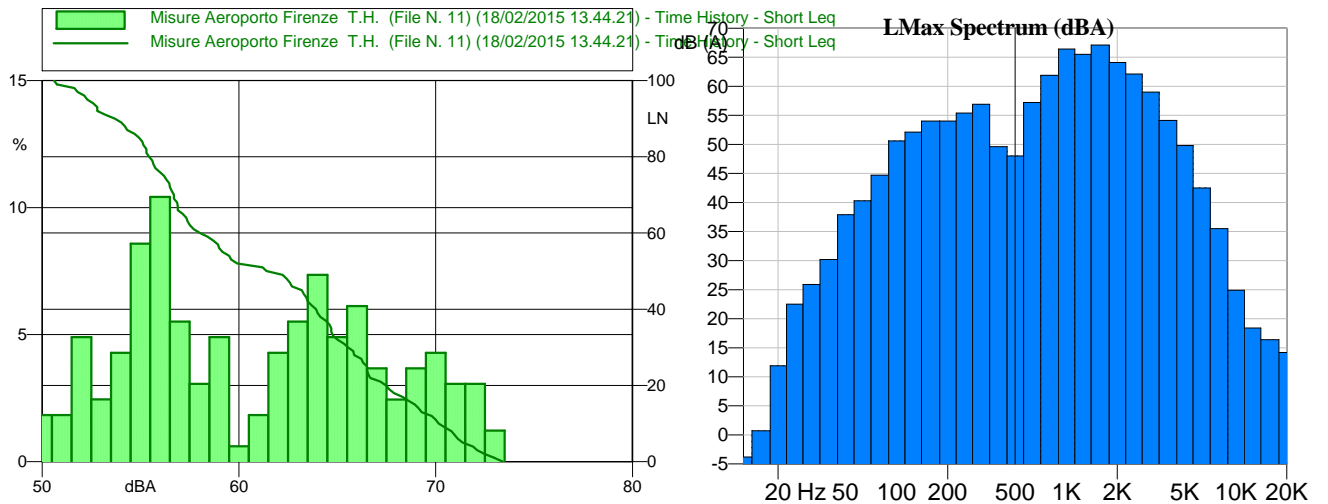
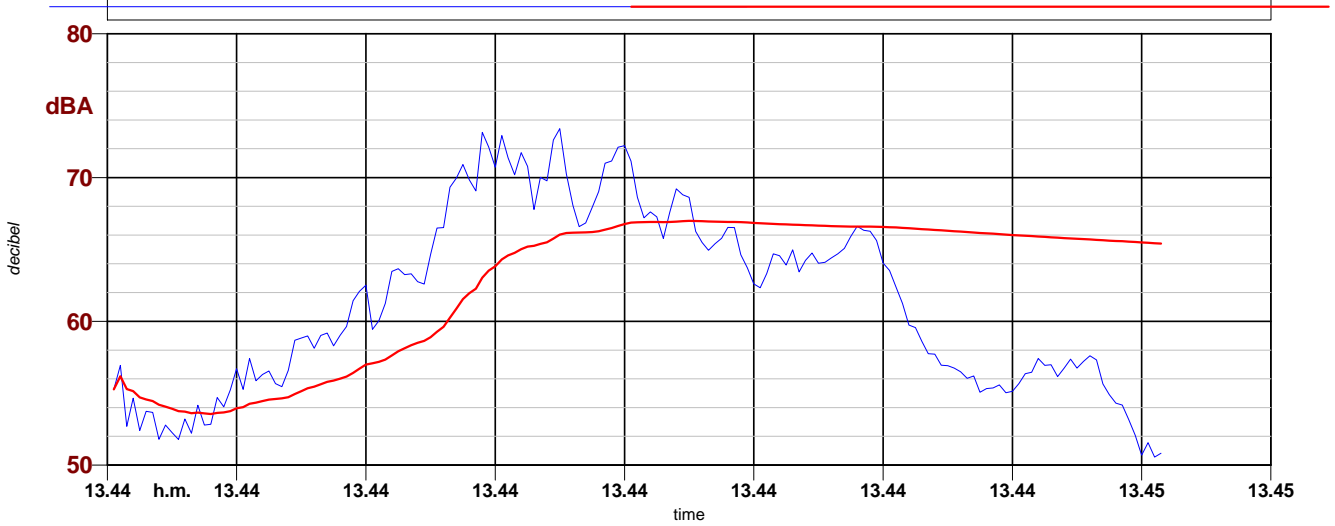
Strumentazione : Larson-Davis 824

Nome operatore : Massimo Viscardi

Data, ora misura : 18/02/2015 13.44.21

**Leq totale: 65.4 dBA**

Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 11) (18/02/2015 13.44.21) - Time History - Short Leq  
Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 11) (18/02/2015 13.44.21) - Time History - Short Leq Running Leq



Nome misura : Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 12) (18/02/2015 14.19.42)

Località : Firenze

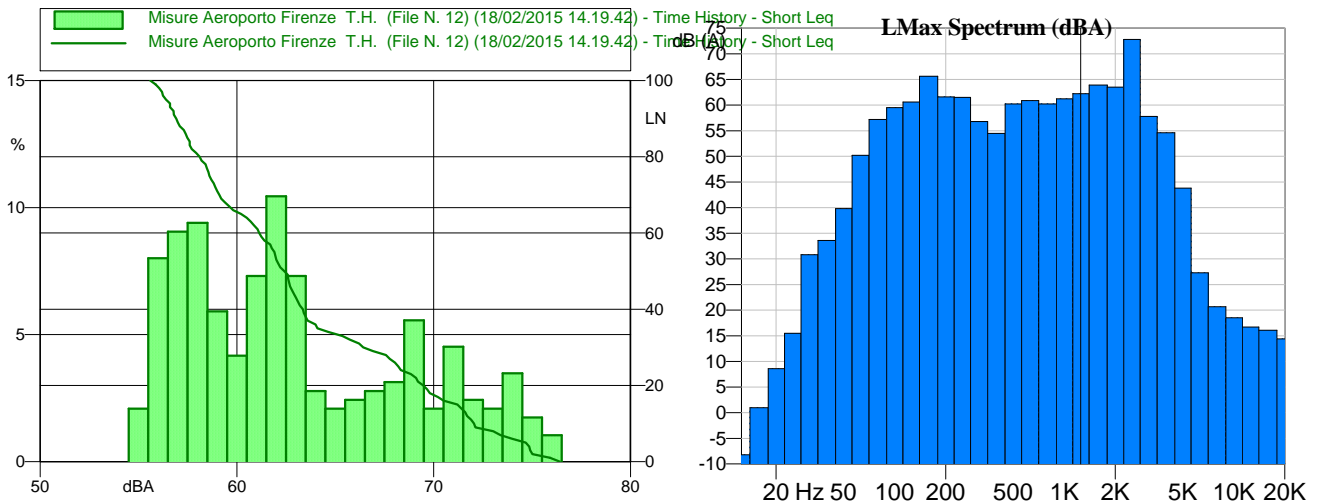
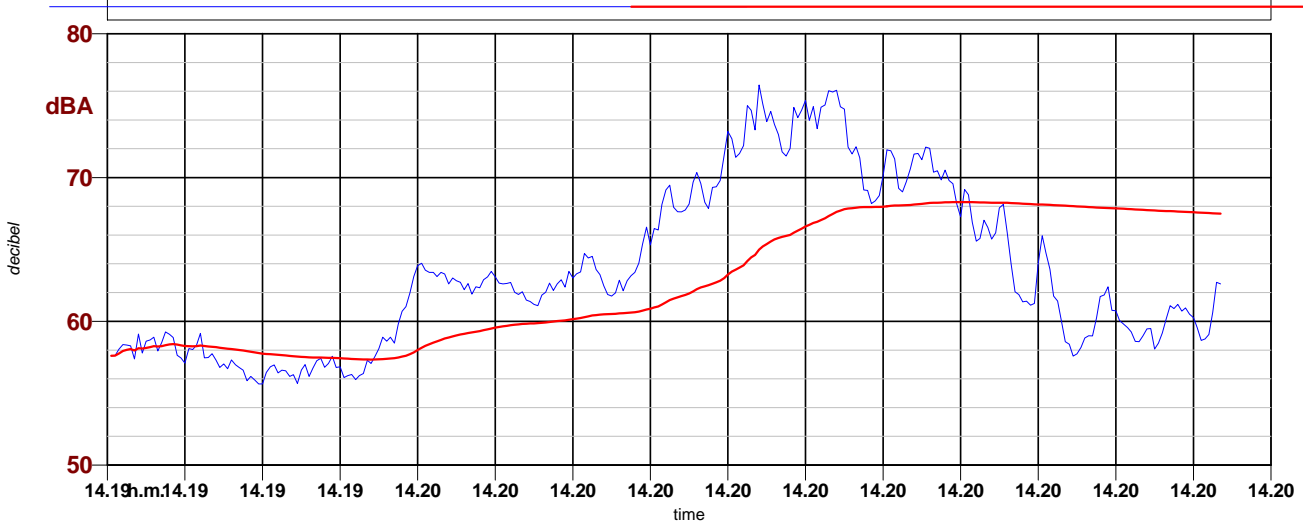
Strumentazione : Larson-Davis 824

Nome operatore : Massimo Viscardi

Data, ora misura : 18/02/2015 14.19.42

**Leq totale: 67.5 dBA**

Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 12) (18/02/2015 14.19.42) - Time History - Short Leq  
Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 12) (18/02/2015 14.19.42) - Time History - Short Leq Running Leq



Nome misura : Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 13) (18/02/2015 14.21.19)

Località : Firenze

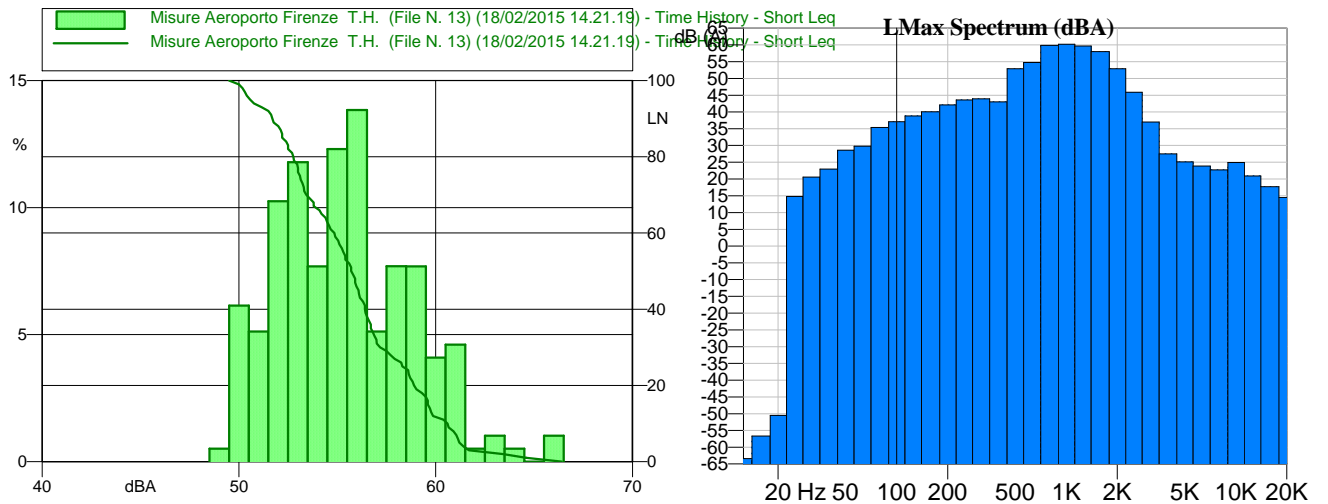
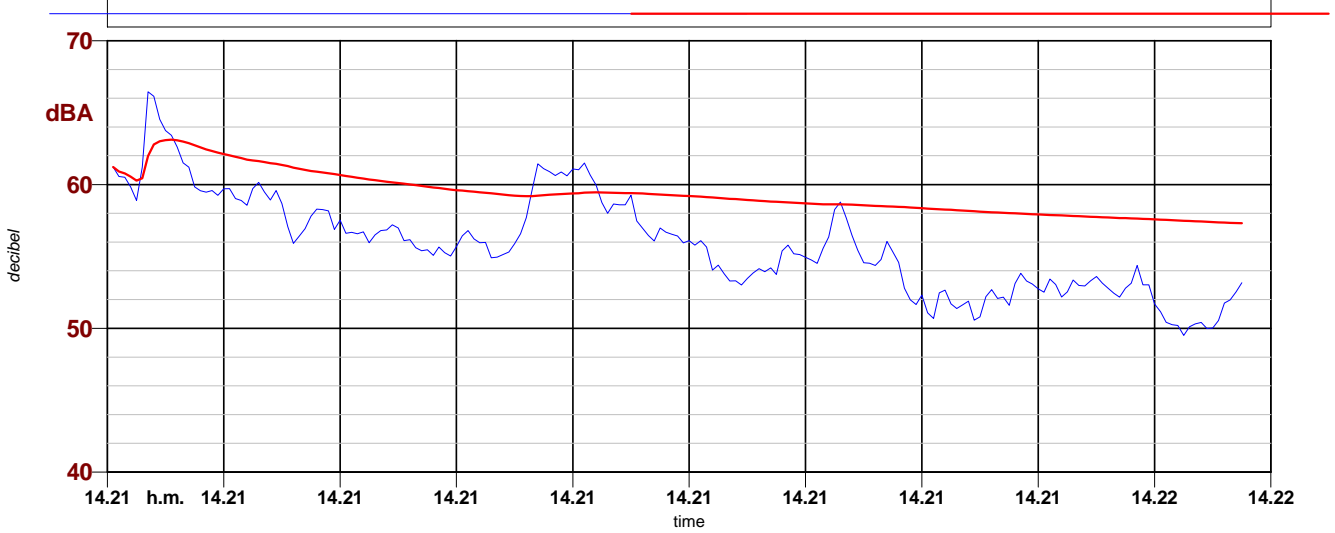
Strumentazione : Larson-Davis 824

Nome operatore : Massimo Viscardi

Data, ora misura : 18/02/2015 14.21.19

**Leq totale: 57.3 dBA**

Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 13) (18/02/2015 14.21.19) - Time History - Short Leq  
Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 13) (18/02/2015 14.21.19) - Time History - Short Leq Running Leq



Nome misura : Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 14) (18/02/2015 14.47.14)

Località : Firenze

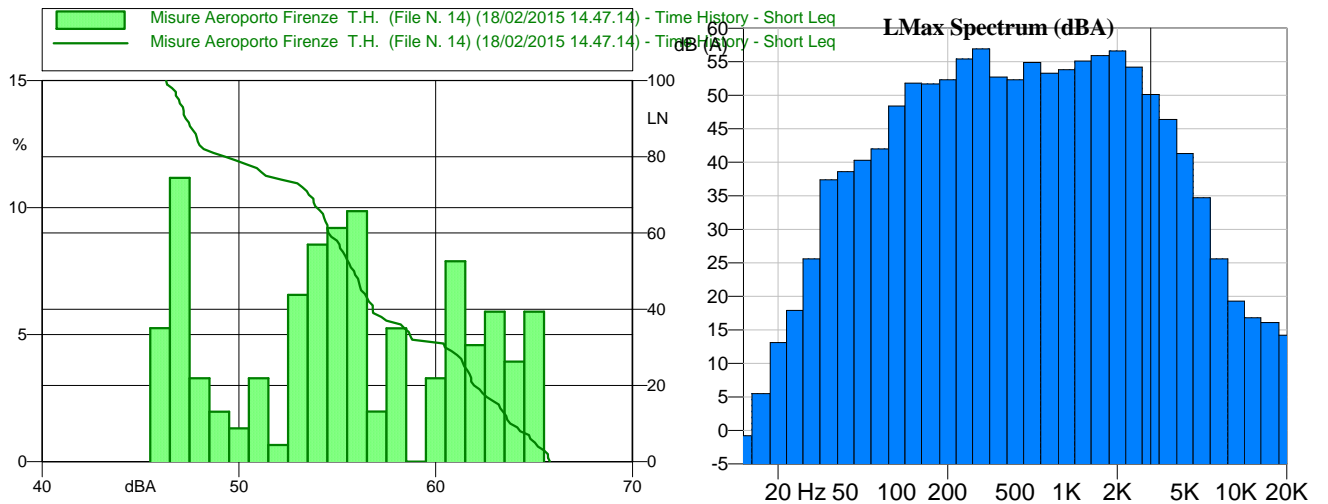
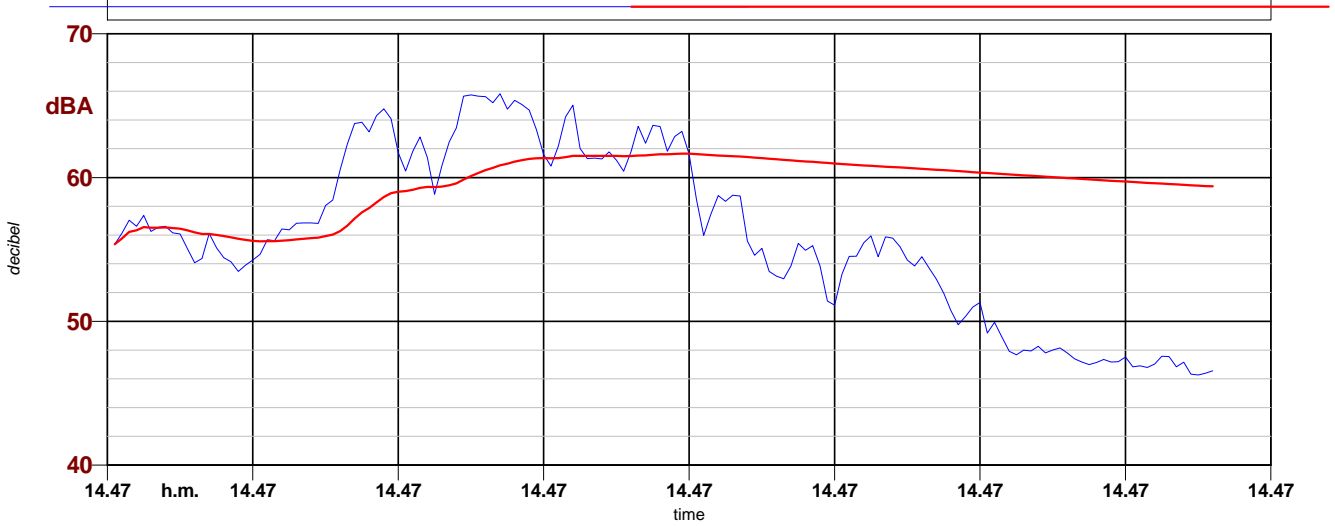
Strumentazione : Larson-Davis 824

Nome operatore : Massimo Viscardi

Data, ora misura : 18/02/2015 14.47.14

**Leq totale: 59.4 dBA**

Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 14) (18/02/2015 14.47.14) - Time History - Short Leq  
Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 14) (18/02/2015 14.47.14) - Time History - Short Leq Running Leq



Nome misura : Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 15) (18/02/2015 14.52.52)

Località : Firenze

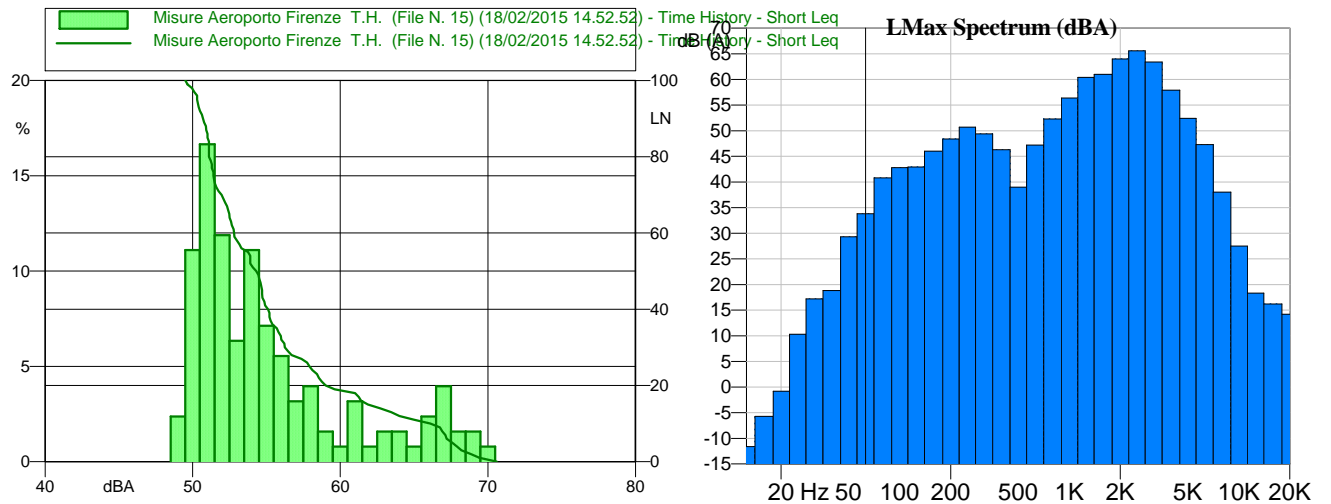
Strumentazione : Larson-Davis 824

Nome operatore : Massimo Viscardi

Data, ora misura : 18/02/2015 14.52.52

**Leq totale: 60.2 dBA**

Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 15) (18/02/2015 14.52.52) Time History - Short Leq  
Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 15) (18/02/2015 14.52.52) Time History - Short Leq Running Leq





Nome misura : Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 16) (18/02/2015 14.55.35)

Località : Firenze

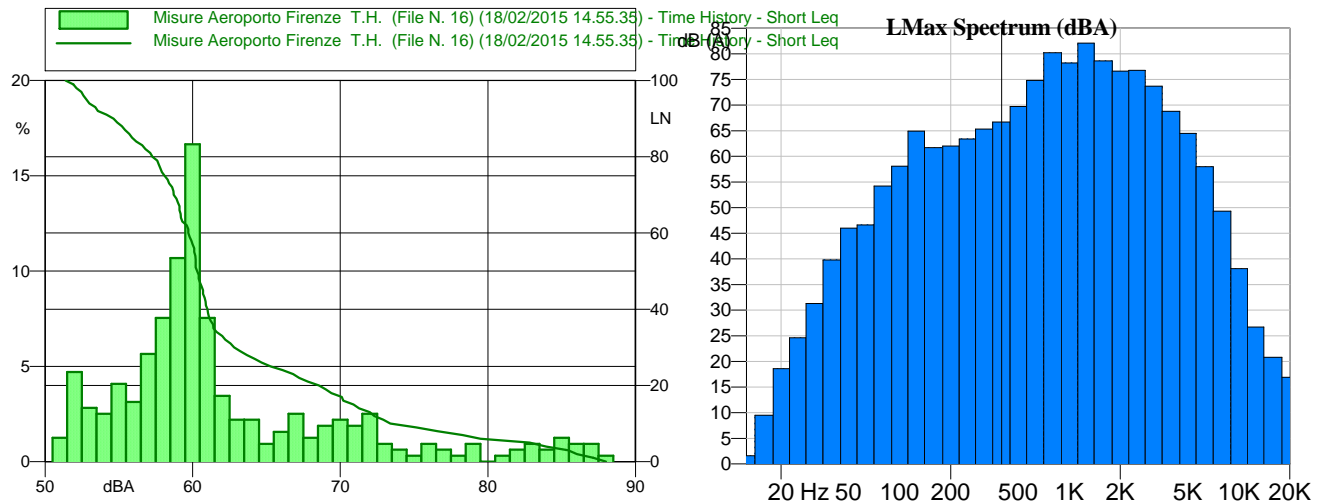
Strumentazione : Larson-Davis 824

Nome operatore : Massimo Viscardi

Data, ora misura : 18/02/2015 14.55.35

**Leq totale: 74.1 dBA**

Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 16) (18/02/2015 14.55.35) Time History - Short Leq  
Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 16) (18/02/2015 14.55.35) Time History - Short Leq Running Leq



Nome misura : Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 17) (18/02/2015 14.58.23)

Località : Firenze

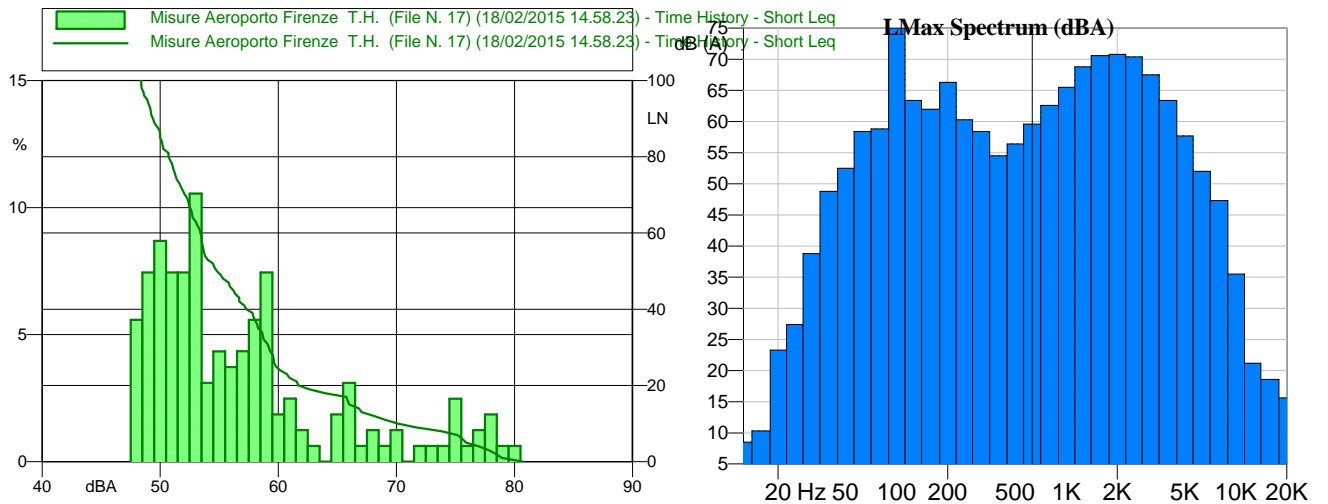
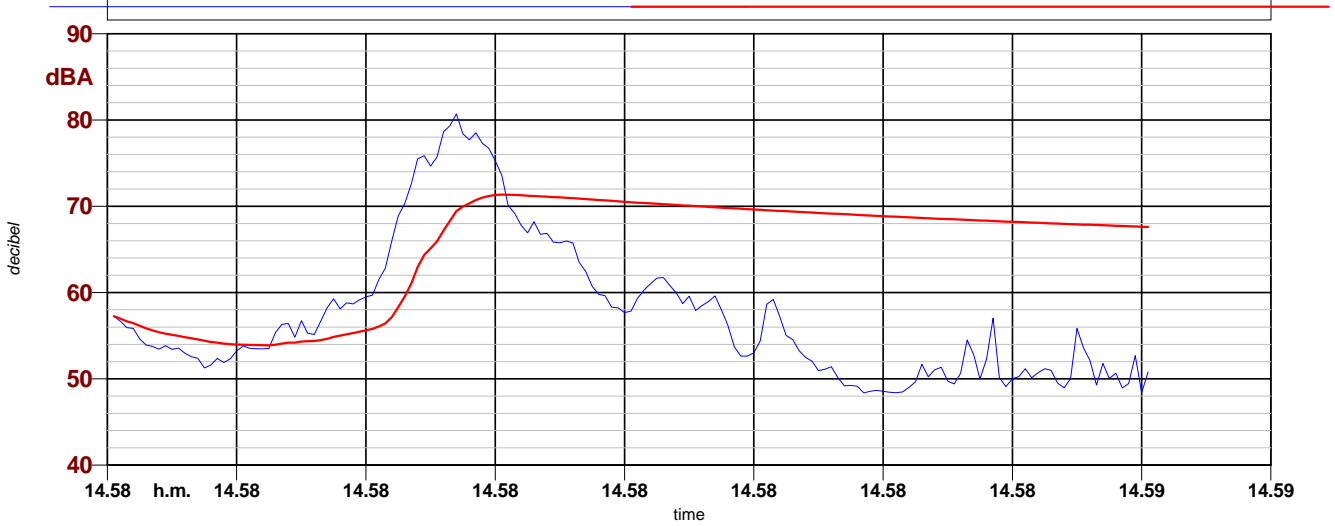
Strumentazione : Larson-Davis 824

Nome operatore : Massimo Viscardi

Data, ora misura : 18/02/2015 14.58.23

**Leq totale: 67.6 dBA**

Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 17) (18/02/2015 14.58.23) Time History - Short Leq  
Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 17) (18/02/2015 14.58.23) Time History - Short Leq Running Leq



Nome misura : Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 18) (18/02/2015 15.03.32)

Località : Firenze

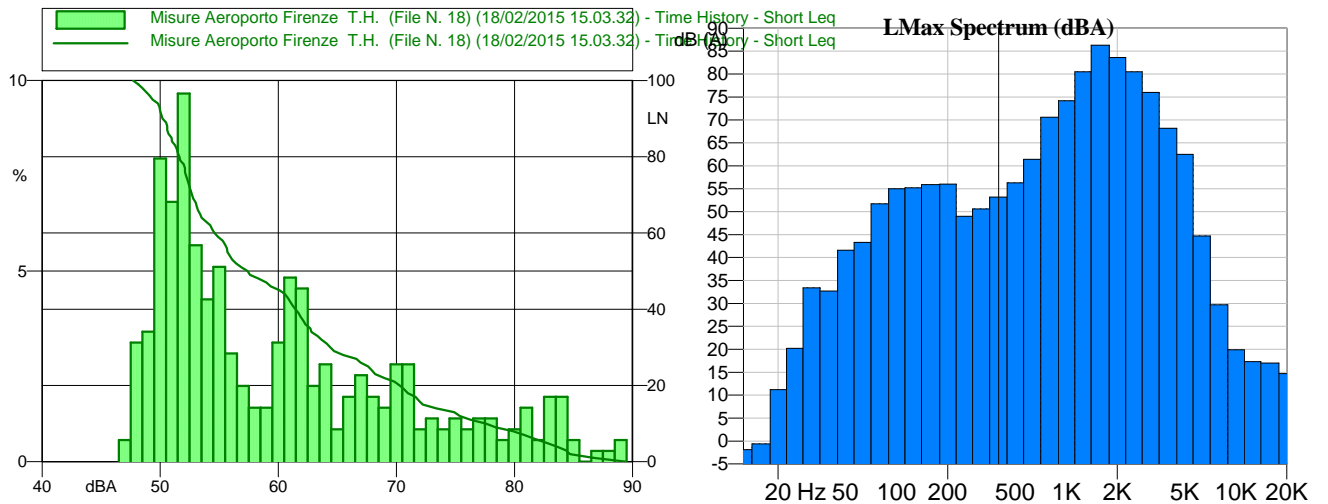
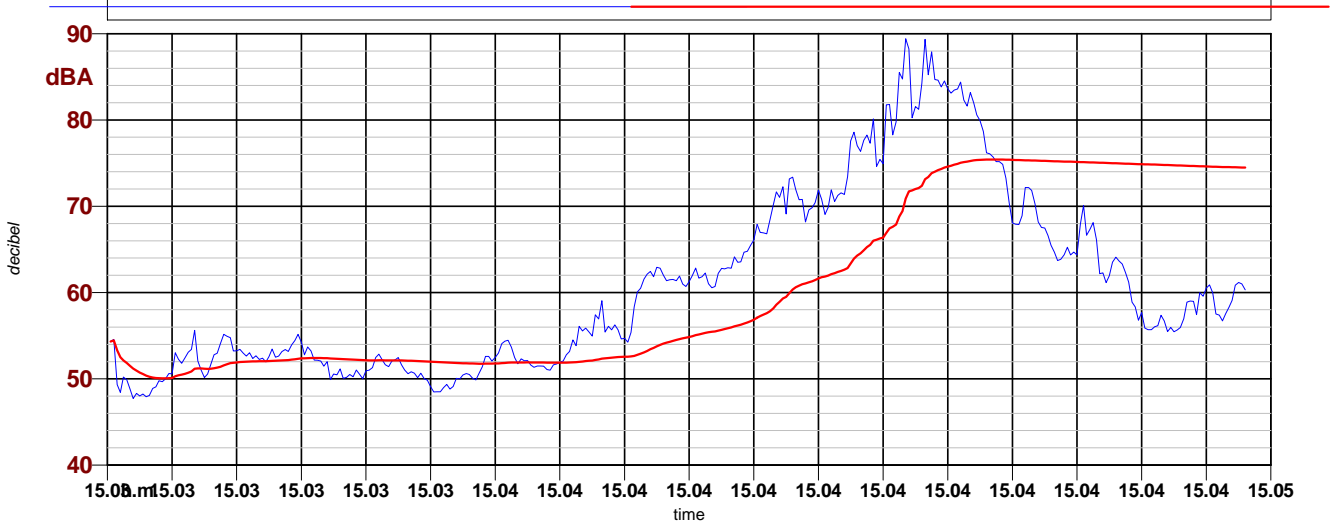
Strumentazione : Larson-Davis 824

Nome operatore : Massimo Viscardi

Data, ora misura : 18/02/2015 15.03.32

**Leq totale: 74.5 dBA**

Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 18) (18/02/2015 15.03.32) Time History - Short Leq  
Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 18) (18/02/2015 15.03.32) Time History - Short Leq Running Leq



Nome misura : Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 19) (18/02/2015 15.18.25)

Località : Firenze

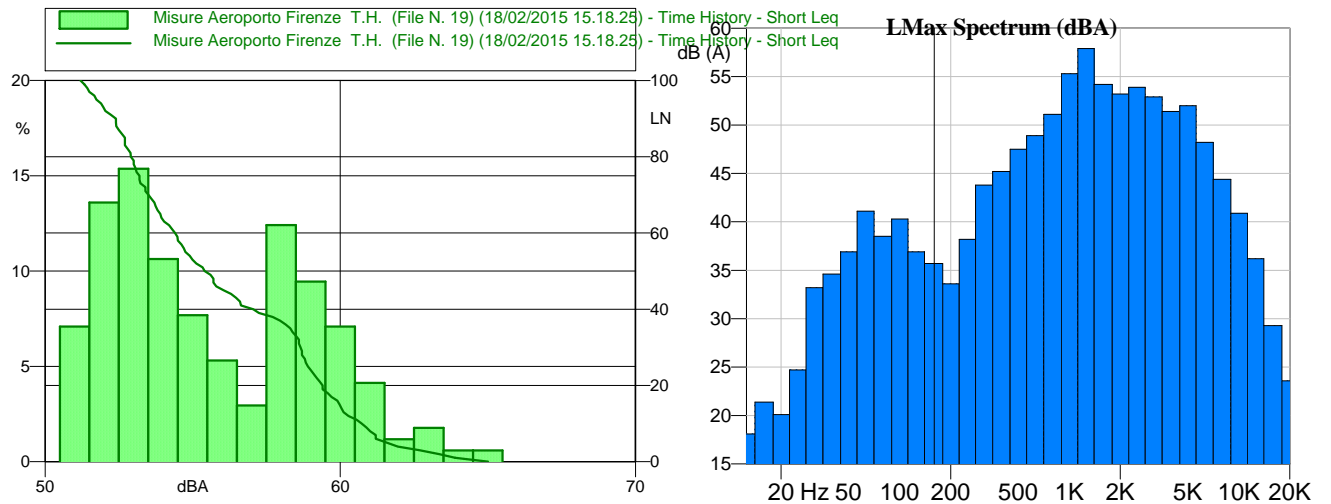
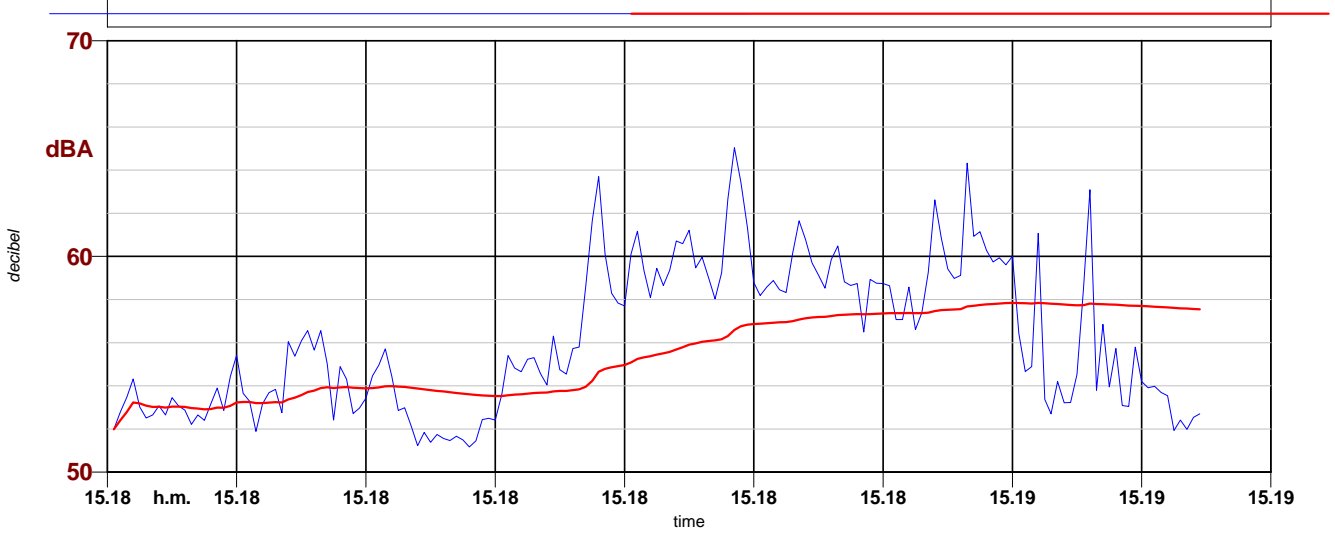
Strumentazione : Larson-Davis 824

Nome operatore : Massimo Viscardi

Data, ora misura : 18/02/2015 15.18.25

**Leq totale: 57.5 dBA**

Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 19) (18/02/2015 15.18.25) Time History - Short Leq  
Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 19) (18/02/2015 15.18.25) Time History - Short Leq Running Leq



Nome misura : Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 20) (18/02/2015 15.41.47)

Località : Firenze

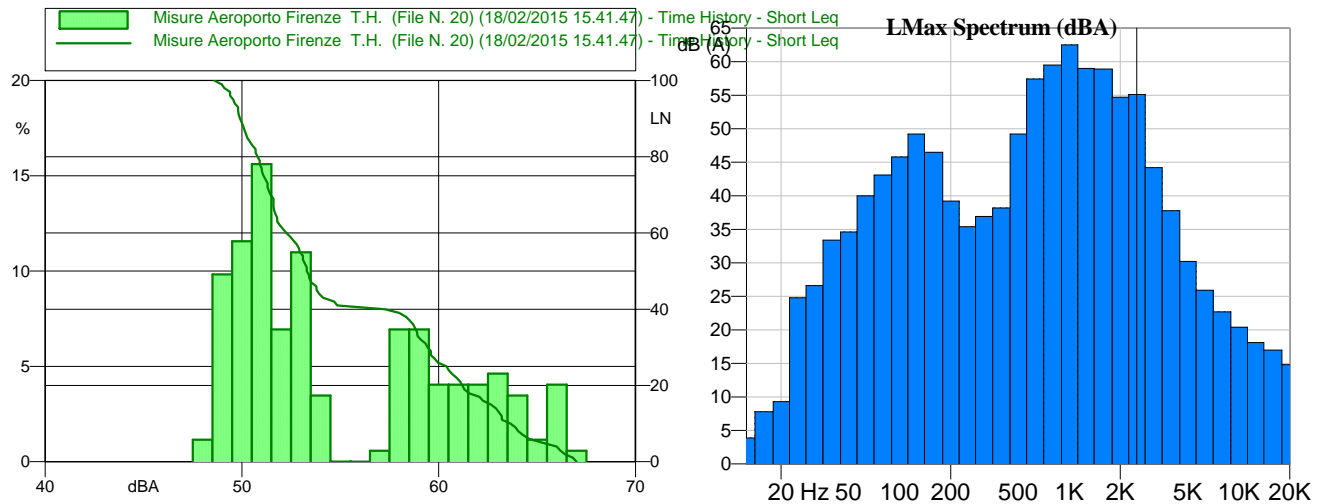
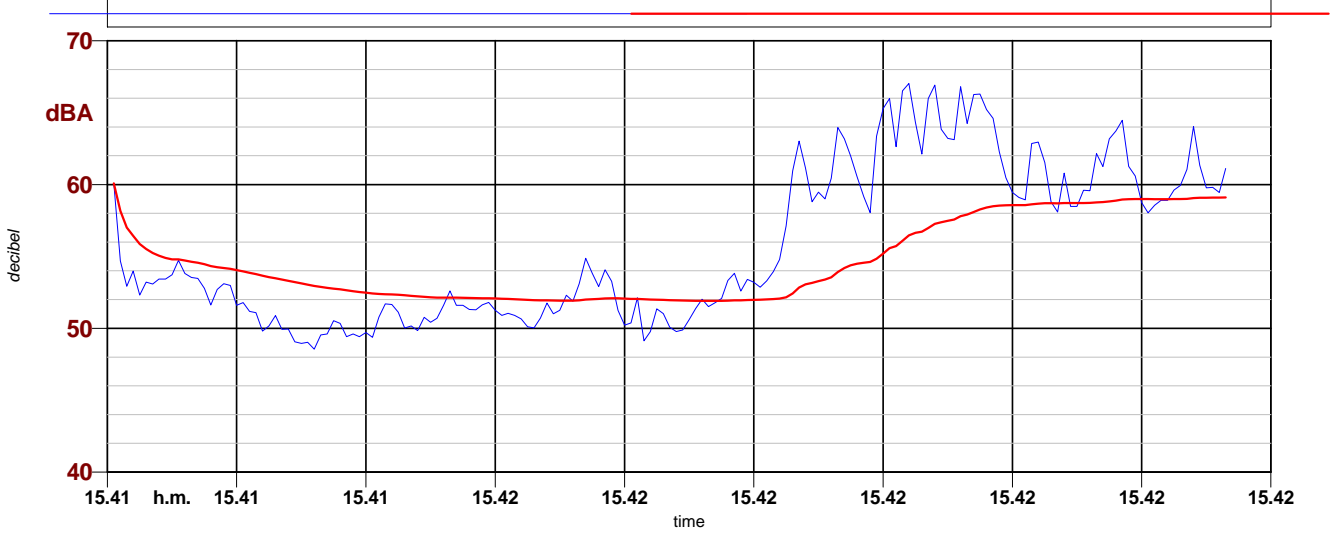
Strumentazione : Larson-Davis 824

Nome operatore : Massimo Viscardi

Data, ora misura : 18/02/2015 15.41.47

**Leq totale: 59.1 dBA**

Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 20) (18/02/2015 15.41.47) - Time History - Short Leq  
Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 20) (18/02/2015 15.41.47) - Time History - Short Leq Running Leq



Nome misura : Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 21) (18/02/2015 15.43.23)

Località : Firenze

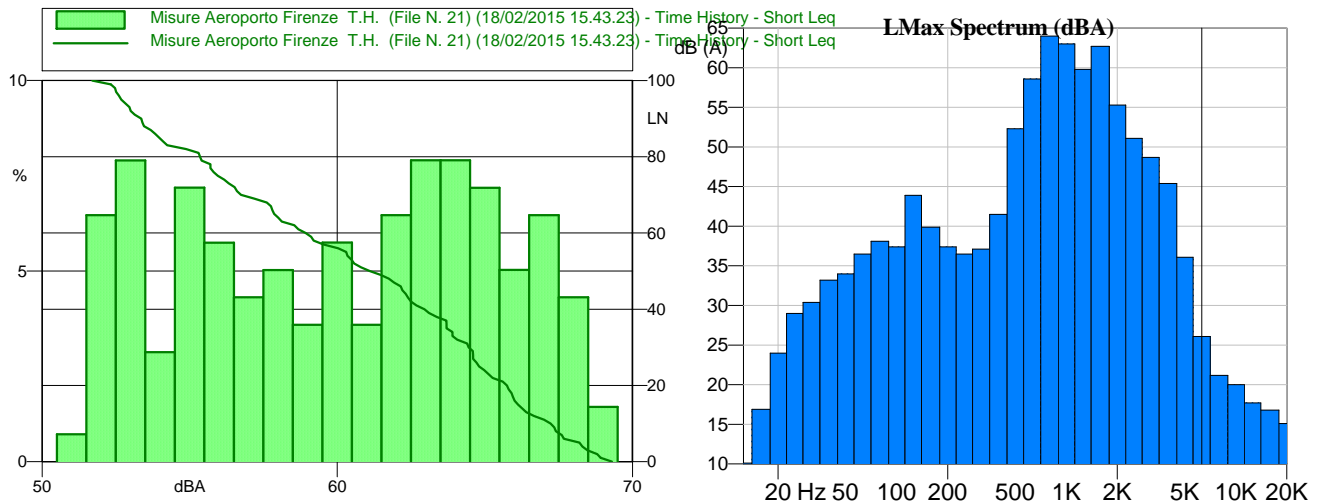
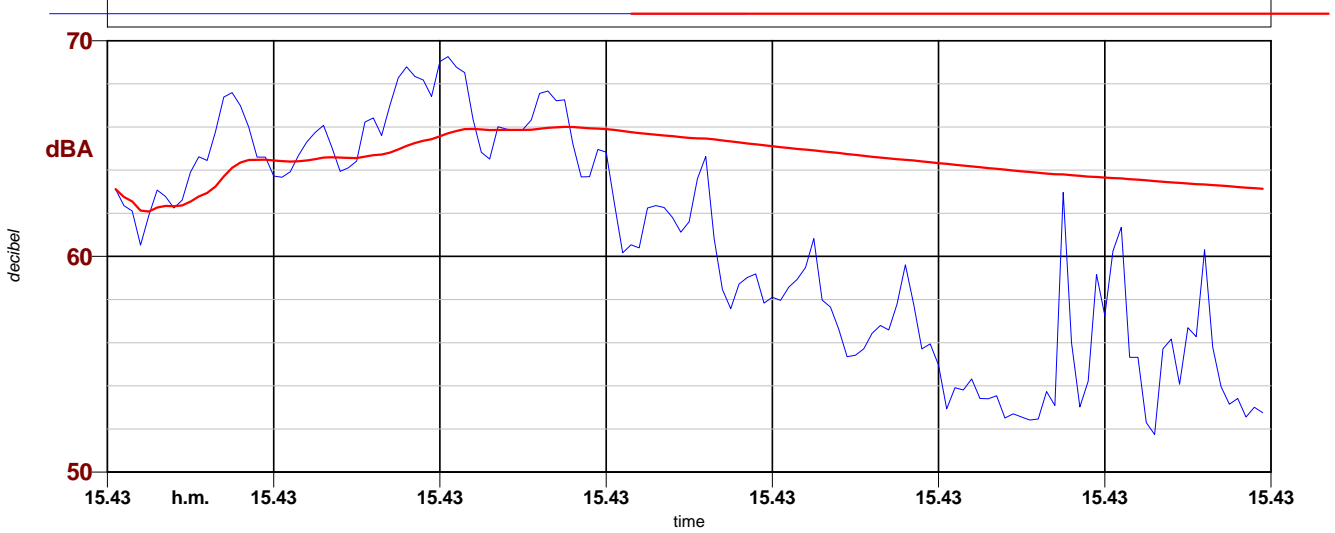
Strumentazione : Larson-Davis 824

Nome operatore : Massimo Viscardi

Data, ora misura : 18/02/2015 15.43.23

**Leq totale: 63.1 dBA**

Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 21) (18/02/2015 15.43.23) Time History - Short Leq  
Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 21) (18/02/2015 15.43.23) Time History - Short Leq Running Leq



Nome misura : Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 22) (18/02/2015 15.45.26)

Località : Firenze

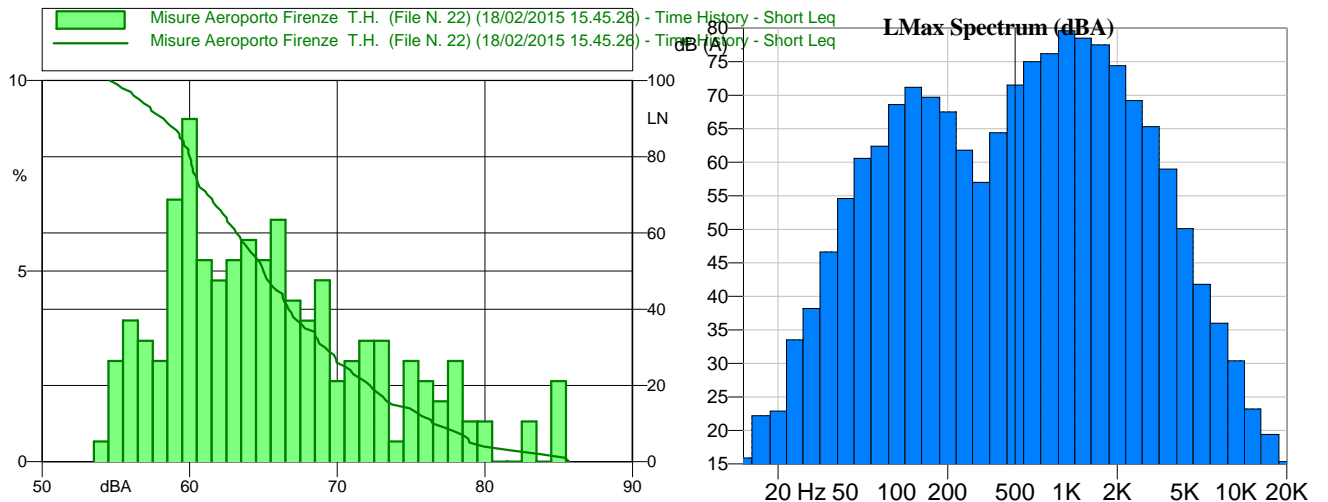
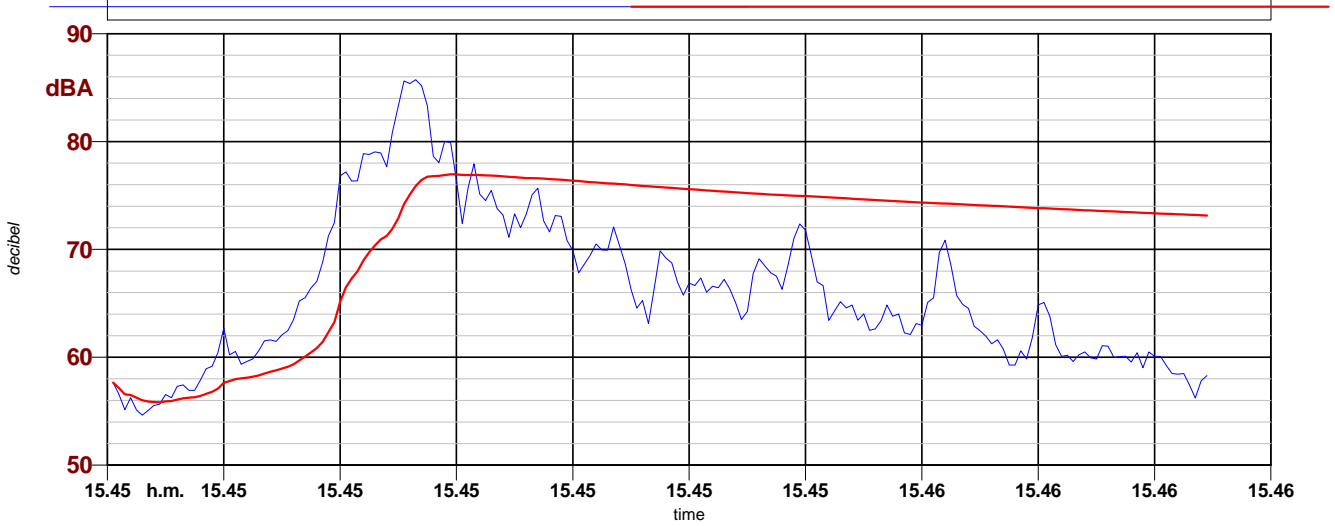
Strumentazione : Larson-Davis 824

Nome operatore : Massimo Viscardi

Data, ora misura : 18/02/2015 15.45.26

**Leq totale: 73.1 dBA**

Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 22) (18/02/2015 15.45.26) Time History - Short Leq  
Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 22) (18/02/2015 15.45.26) Time History - Short Leq Running Leq



Nome misura : Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 23) (18/02/2015 16.18.52)

Località : Firenze

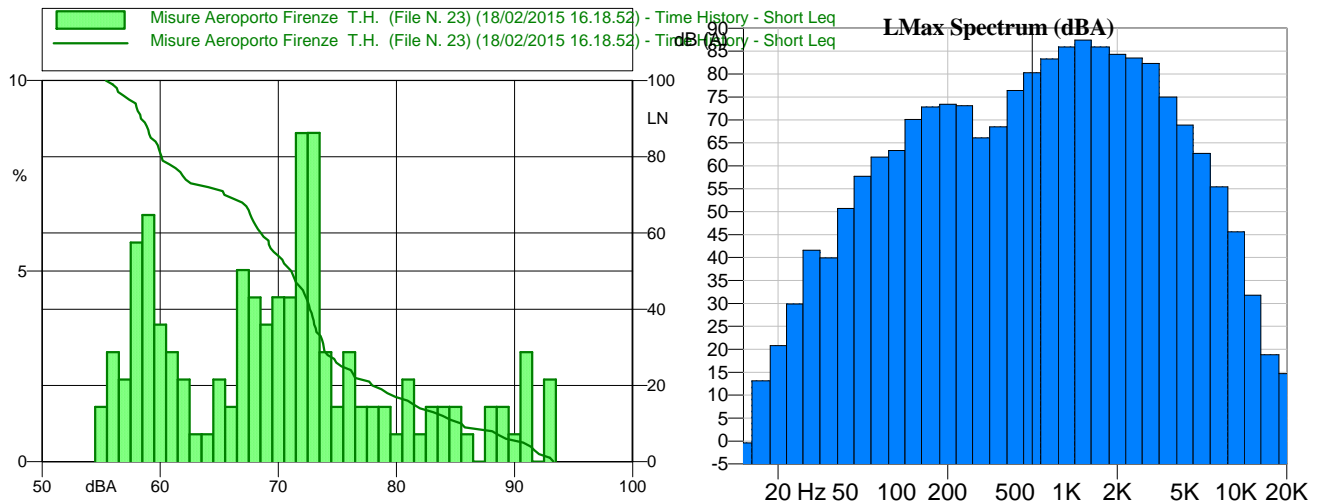
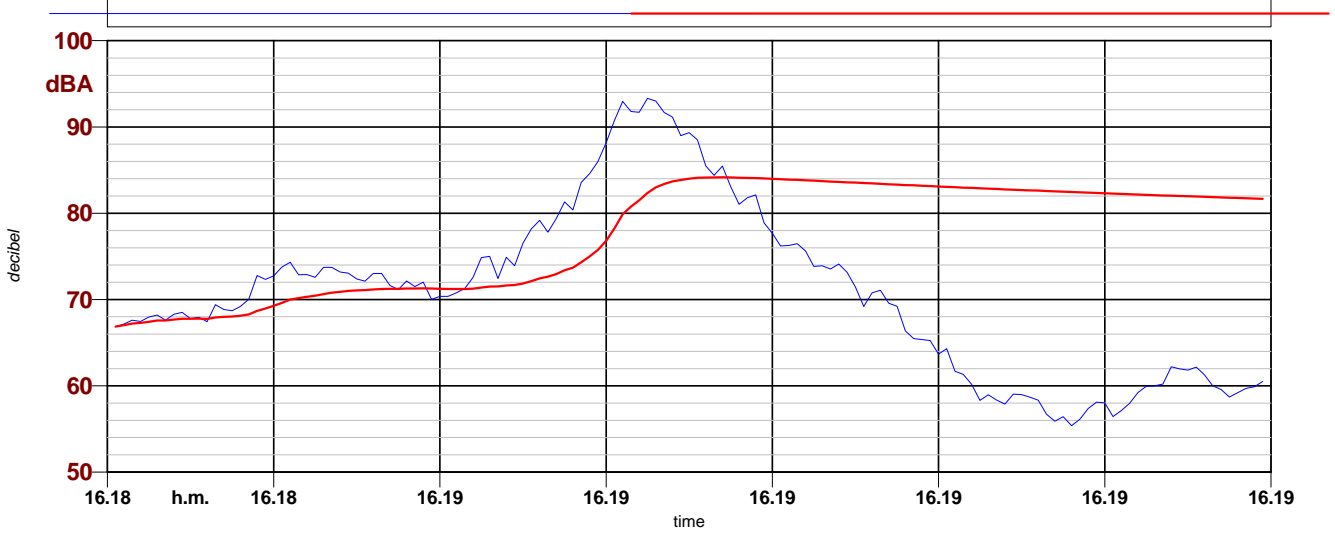
Strumentazione : Larson-Davis 824

Nome operatore : Massimo Viscardi

Data, ora misura : 18/02/2015 16.18.52

**Leq totale: 81.7 dBA**

Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 23) (18/02/2015 16.18.52) Time History - Short Leq  
Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 23) (18/02/2015 16.18.52) Time History - Short Leq Running Leq





Nome misura : Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 24) (18/02/2015 16.22.29)

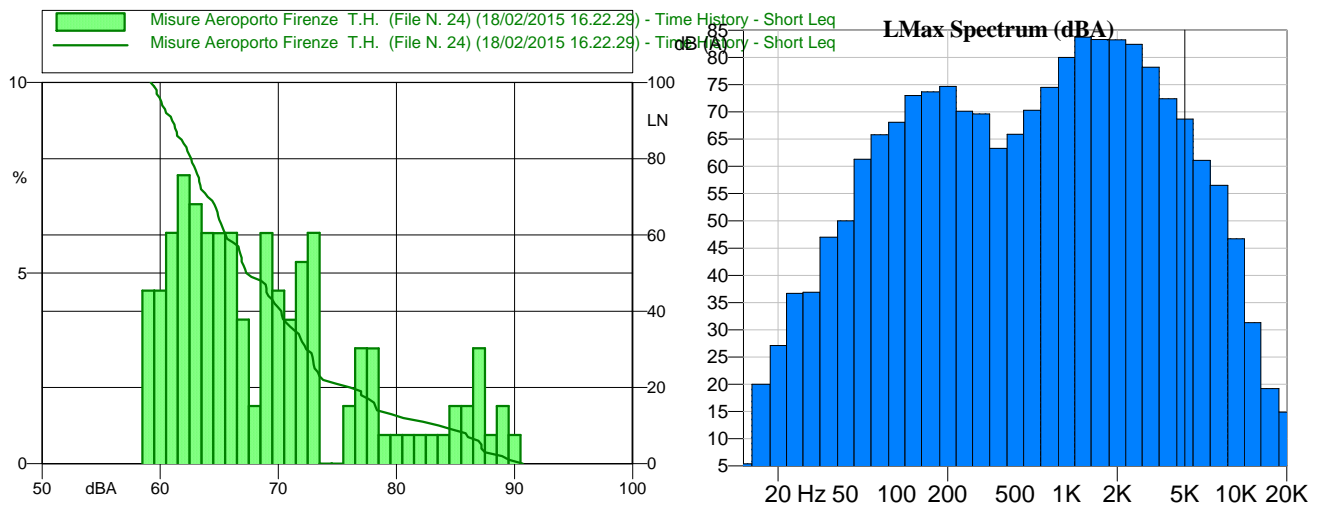
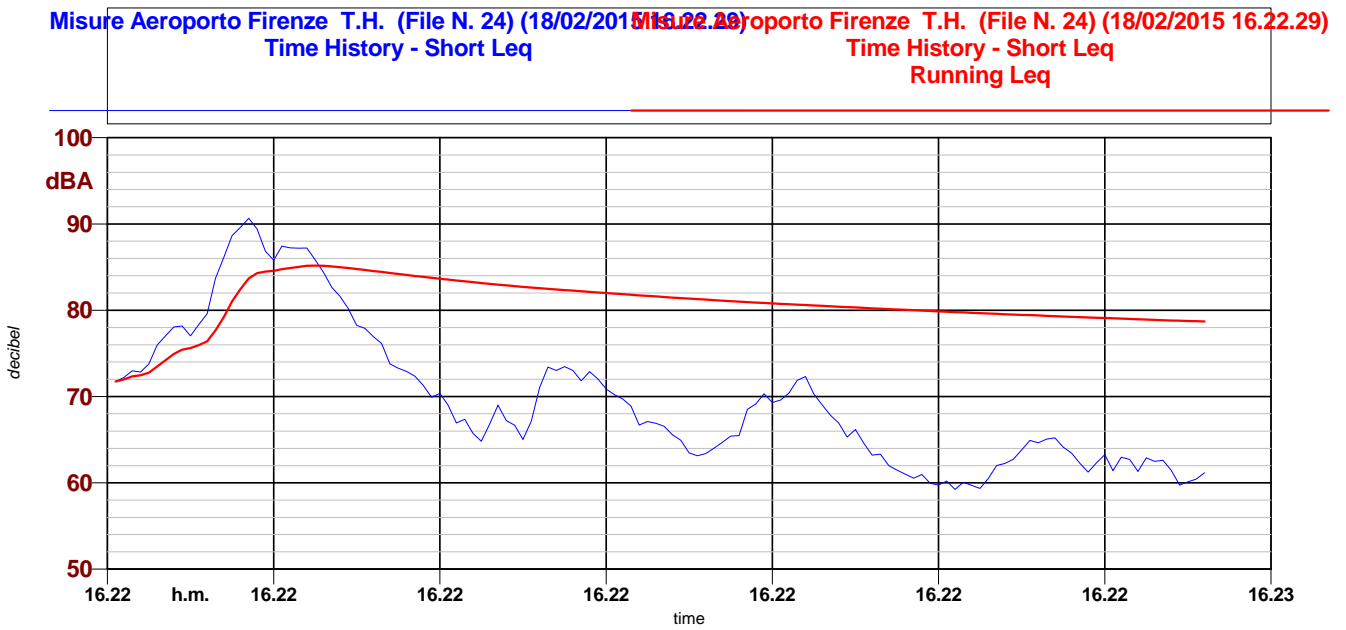
Località : Firenze

Strumentazione : Larson-Davis 824

Nome operatore : Massimo Viscardi

Data, ora misura : 18/02/2015 16.22.29

**Leq totale: 78.7 dBA**



Nome misura : Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 25) (18/02/2015 16.34.42)

Località : Firenze

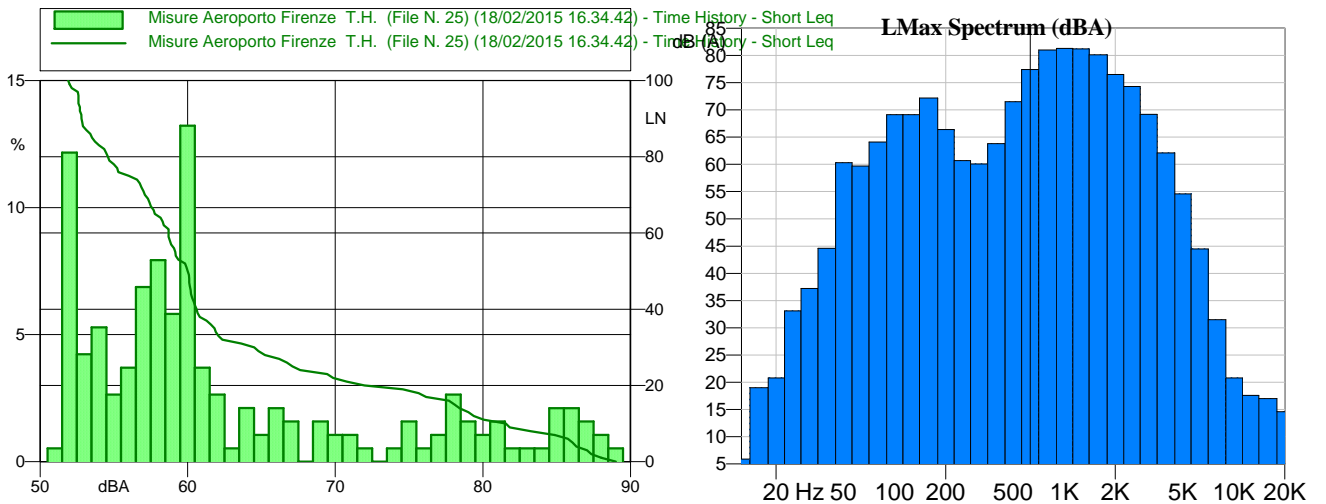
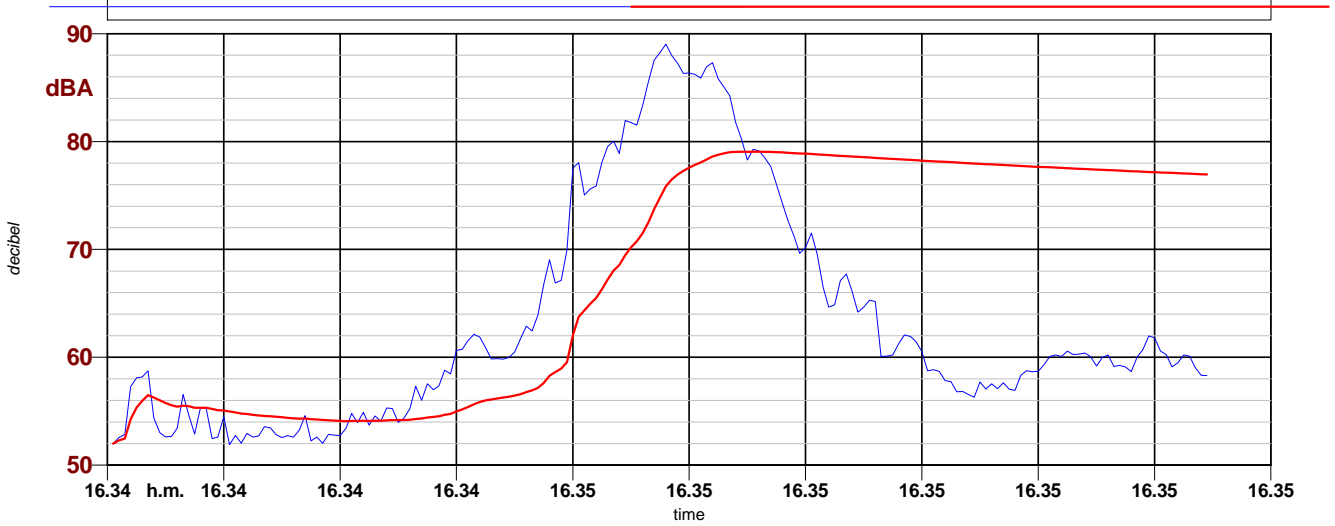
Strumentazione : Larson-Davis 824

Nome operatore : Massimo Viscardi

Data, ora misura : 18/02/2015 16.34.42

**Leq totale: 77.0 dBA**

Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 25) (18/02/2015 16.34.42) Time History - Short Leq  
Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 25) (18/02/2015 16.34.42) Time History - Short Leq Running Leq



Nome misura : Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 26) (18/02/2015 16.36.38)

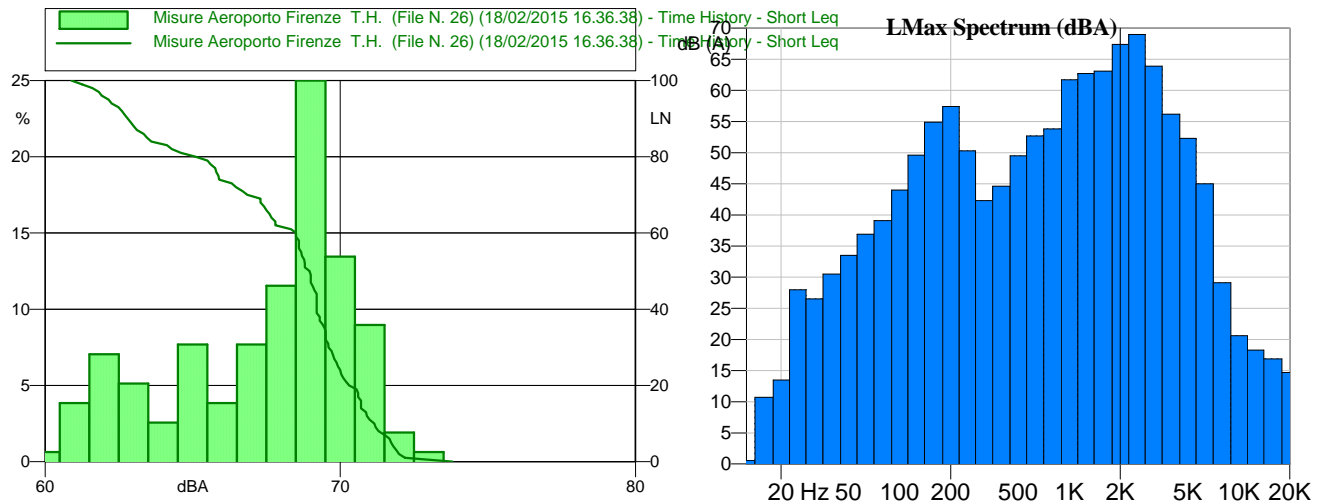
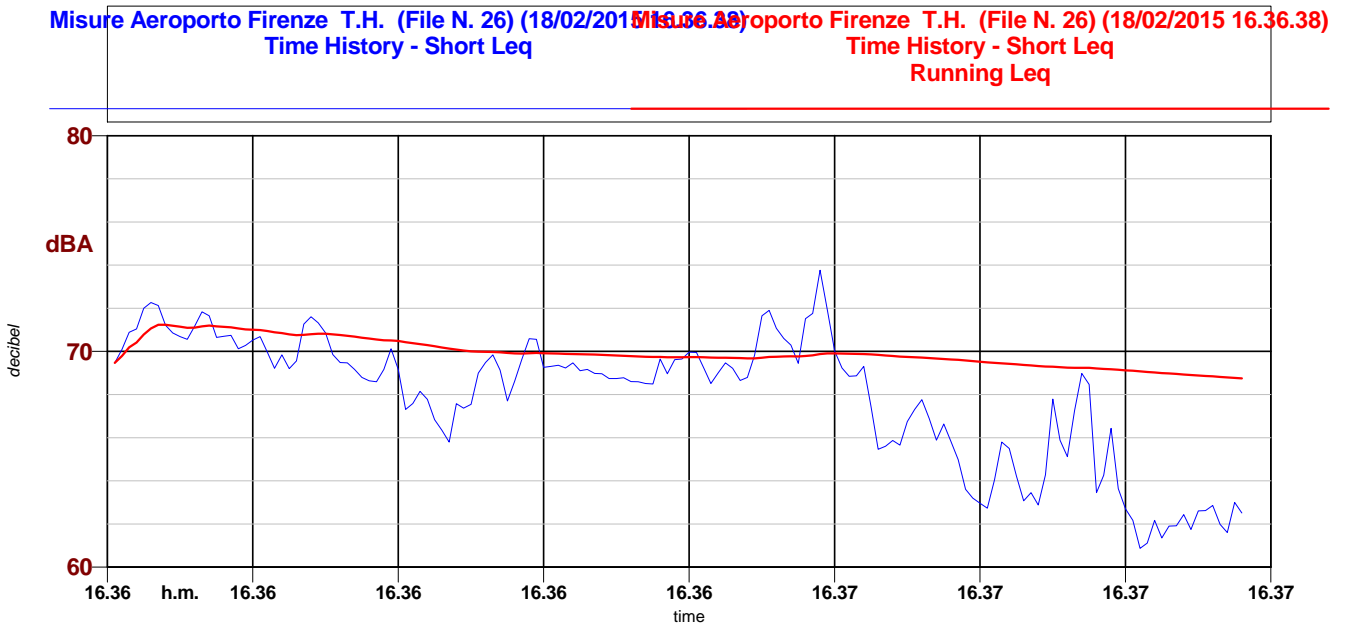
Località : Firenze

Strumentazione : Larson-Davis 824

Nome operatore : Massimo Viscardi

Data, ora misura : 18/02/2015 16.36.38

**Leq totale: 68.8 dBA**



Nome misura : Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 27) (18/02/2015 16.49.25)

Località : Firenze

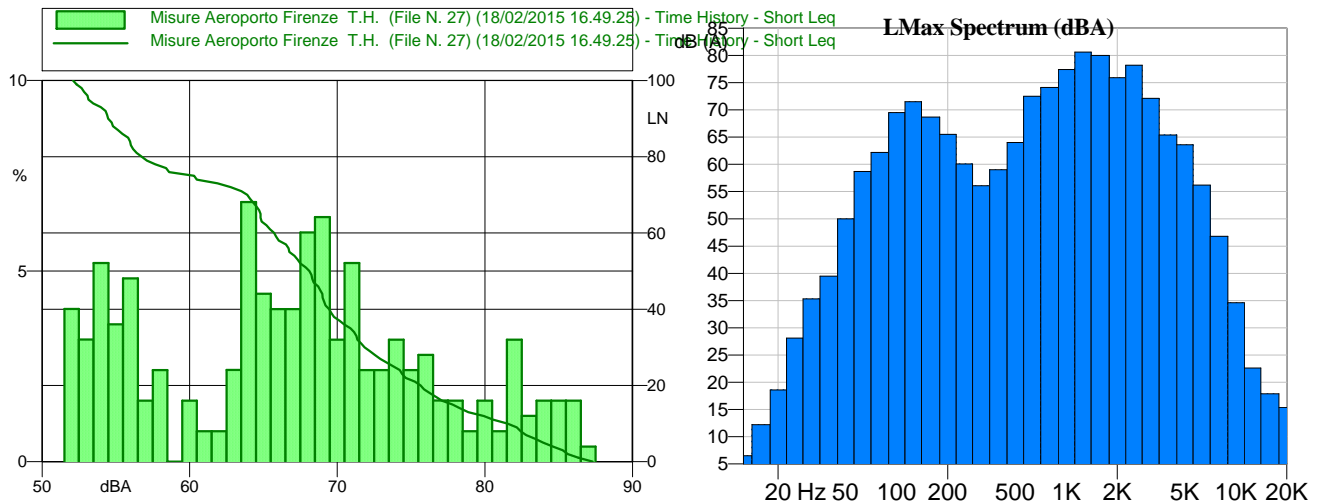
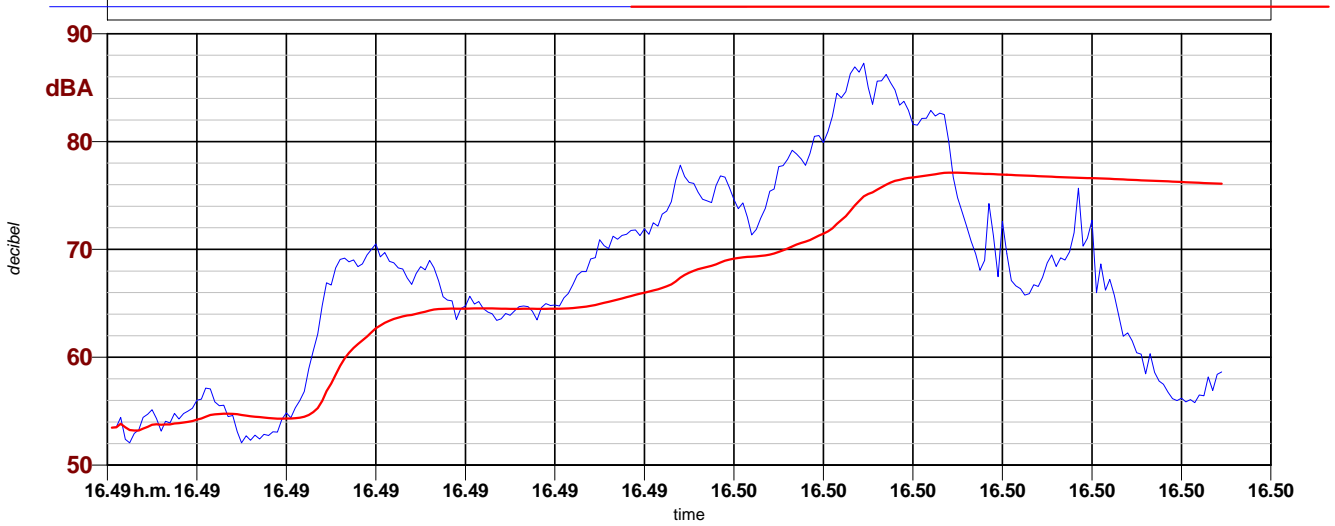
Strumentazione : Larson-Davis 824

Nome operatore : Massimo Viscardi

Data, ora misura : 18/02/2015 16.49.25

**Leq totale: 76.1 dBA**

Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 27) (18/02/2015 16.49.25) Time History - Short Leq  
Misure Aeroporto Firenze T.H. (File N. 27) (18/02/2015 16.49.25) Time History - Short Leq Running Leq



## ALLEGATO 3

C.V. ing. MASSIMO VISCARDI

# Ing. Massimo Viscardi, PhD

## Dati anagrafici

nato a Napoli il 28 gennaio 1970  
Coniugato e milite assolto.

## Attuale Occupazione

*da novembre 2006 ad oggi*

A seguito di concorso nazionale, **Ricercatore e Professore Aggregato** presso l'Università degli Studi di Napoli "Federico II" - Dipartimento di Ingegneria Industriale (cattedre di Sperimentazione delle Strutture I e II).

*dal 2008 ad oggi*

**RADOR (Responsabile delle Attività Didattica e Ricerca) del Laboratorio di Smart Structures** del Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II"

### Principali tematiche di ricerca e competenze tecniche

Acustica, Vibrazioni, Sperimentazione e modellazione vibroacustica; Sistemi di controllo attivo; Structural Health Monitoring; Smart Structures; Virtual Engineering; data base di elaborazione multi strutturata; sistemi e tools per l'acquisizione automatica dei dati da tools ingegneristici (tipo Matlab, Simulink, Lab View etc.) e sviluppo di sistemi per l'automazione; reti di apprendimento (Reti Neurali, Logica Fuzzy) per analisi di sistemi dinamici complessi; tools di ottimizzazione multiobiettivo (algoritmi genetici, metodi deterministici); progettazione strutturale (FEM); progettazione meccanica;

## Istruzione

*ottobre 1994 - febbraio 1998*

**Dottorato di ricerca** in Ingegneria Aerospaziale presso l'Università degli Studi di Napoli "Federico II"

*luglio 1994*

Laureato con lode in **Ingegneria Aeronautica** il 28/07/1994 presso l'Università degli Studi di Napoli "FEDERICO II" 1993

**Euromaster in " Total Quality Management "** presso il DIMP - Dipartimento di Ingegneria Meccanica e della Produzione- Università degli Studi di Napoli "Federico II" .

## Esperienze professionali settore ricerca scientifica e tecnologica

*dal 2001 -al 2005*

Membro **esperto comitato tecnico/scientifico L46/82 - FIT – Ministero Attività Produttive**. In tale ruolo si è occupato della programmazione strategica, pianificazione esecutiva e poi della valutazione di tutti i progetti banditi e finanziati dal MAP a valere su tale misura.

*dal gennaio 2000 a luglio 2005*

**Titolare Assegno di Ricerca** presso Università degli Studi di Napoli "Federico II" su tematiche inerenti l'acustica, le vibrazioni, la dinamica strutturale, il controllo attivo e l'Health monitoring.

*dal 1994 -ad oggi*

Attività di ricerca presso il **Dipartimento di Progettazione Aeronautica** dell'**Università di Napoli " Federico II"**, nell'ambito del gruppo di Vibrazioni Acustica e Dinamica delle Strutture.

In particolare impegnato nell'ambito di progetti di ricerca europei e/o nazionali , tra i quali :

- **(1994-1997) ASANCA, ed ASANCA II - Advanced study for active noise control in aircraft** ( Sviluppo di sistemi per il controllo attivo del rumore basato sull'utilizzo di attuatori piezoelettrici, sistemi di ottimizzazione multiobiettivo basati su algoritmi genetici e reti neurali e sistemi di controllo basati sull'implementazione di algoritmi del tipo X-Filtered LMS FIR Filters)
- **(1996-2000) AERO-NEWS - Health monitoring of aircraft by Nonlinear Elastic Wave Spectroscopy-** ( Sviluppo di nuove tecnologie per l'analisi predittiva dei danneggiamenti strutturali basati su tecniche di spettroscopia non lineare e sull'utilizzo di sistemi di apprendimento innovativi (Reti Neurali)
- **(2000-2004) SILENCE - Sviluppo di tecnologie integrate per un traffico ferroviario e veicolare ottimizzato** – (Sviluppo di nuove tecnologie per l'analisi predittiva e lo sviluppo tecnologico di sistemi di trasporto ferroviario e stradale di nuova generazione)
- **(2006-2010) PIROS - Progettazione Integrata di componenti multifunzionali per applicazioni in sistemi del settore ferroviario e dei vettori di medie dimensioni, associata alla Realizzazione di Speciali "facilities" per prove e qualificazioni di materiali in condizioni di fiamma**
- **(2002-2005) RAIL NOISE : sviluppo di nuove tecnologie per la previsione, la misura e la verifica del contenimento delle vibrazioni e del rumore nell'ambito dei trasporti su ferro** (Sviluppo di innovativi sistemi per il monitoraggio del traffico veicolare sia relativi al sistema veicolo che delle infrastrutture – realizzazione di una nuova piattaforma elettronica per l'acquisizione e l'analisi real-time e da remoto di segnali dinamici anche mediante l'utilizzo di innovativi sistemi di catalogazione dei dati (Reti Neurali)
- **(1998-2001) MONSTER : Monitoring Noise System at Airport** (sviluppo di nuove reti di monitoraggio acustico, ambientale e di traffico aereo in ambito aeroportuale)
- **(2011-2015) CAMPUS VERO: Virtual Engineering for Railway and Automotive** ( Sviluppo di sistemi innovativi ed ambienti virtuali di valutazione preventiva della sicurezza in ambito ferroviario ed automotive, basati anche sull'utilizzo di algoritmi non deterministici e reti di apprendimento automatico – Reti Neurali)
- **(2012-2015) LOW NOISE - Nuove Tecnologie e Materiali per l'Abbattimento del Rumore degli Autoveicoli** ( Sviluppo di sistemi per il controllo attivo del rumore basato sull'utilizzo di attuatori piezoelettrici, sistemi di ottimizzazione multiobiettivo basati su algoritmi genetici e reti neurali e sistemi di controllo basati sull'implementazione di algoritmi del tipo X-Filtered LMS FIR Filters)

Ha partecipato inoltre a molteplici progetti di cooperazione con il mondo industriale nazionale ed internazionale (circa 40 convenzioni di ricerca di cui circa 20 per le quali ha svolto anche azioni di coordinamento).

Collaborazioni scientifiche con le maggiori realtà del panorama nazionale ed internazionale nei settori industria, trasporti ed ambiente.

Autore di oltre **60 contributi scientifici** a congressi internazionali, nazionali, riviste e testi specialistici.

Relatore di oltre **80 tesi di laurea**

#### Abilitazione ed affiliazioni

Iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli dal 1995

Abilitato **Tecnico Competente in Acustica Ambientale** ed incluso nell'elenco ufficiale della Regione Campania come pubblicato sul B.U.R.C. n° 55 del 23 agosto 1999

Affiliato INCE : Institute of Noise Control Engineering, IIAV : International Institute of Acoustic and Vibrations

Membro dell'Editorial Board di riviste internazionali quali: Advance in Acoustic and Vibration , SAE Tech, WSEAS

#### Lingue straniere

Inglese - Advanced Level

### Esperienze professionali settore Monitoraggio e Bonifica

#### Valutazione, Monitoraggio e bonifica acustica

**Oltre 50 documenti** redatti per la valutazione di impatto ambientale ai sensi del **DPCM 1/3/91** e successive modifiche e dei rischi personali ai sensi del **D.L. 277/91 - 81/08**

In **ambito Ferroviario** ha seguito le valutazioni ed il monitoraggio per la rete AV di RFI, e di molte ferrovie in concessione italiane e straniere.

**Realizzazione** di Sistemi Proprietari per il monitoraggio ambientale (Protezione Civile).

**Oltre 60 documenti** redatti riguardanti **l'analisi e la bonifica di problematiche inerenti il rumore e le vibrazioni**

**Oltre 40 documenti** redatti riguardanti **monitoraggio del rumore e delle vibrazioni indotte da traffico di convogli ferroviari e veicolari** (Principali: Metropolitana Collinare di Napoli, Circumvesuviana, SEPSA, ANM, Trenitalia, Firema Trasporti, Alstom ...)

**6 documenti** di **Zonizzazione** e di **Disinquinamento Acustico** tra i quali quelli redatti per i comuni di : Battipaglia (SA) e Saviano (NA).

In **ambito aeroportuale** ha seguito lo studio di impatto acustico dell'Aeroporto "Marco Polo" di Venezia e dell'Aeroporto di Napoli "Capodichino".

#### Monitoraggio e bonifica

Oltre **20 monitoraggi delle vibrazioni su strutture civili** (Stadio S.Paolo (NA), Stadio S. Siro (MI), Metropolitana collinare Napoli, Piazza Malta Garage (SA))

**Censimento dei ricettori sensibili, analisi delle sorgenti e predisposizione delle linee di intervento relative al rischio vibrazioni** (committente Comune di Foggia, a seguito di gara nazionale).

Oltre **15 documenti di valutazione delle vibrazioni su corpo umano** (SEPSA SpA, Circumvesuviana, Vulcanair, ecc. )  
Progettazione, realizzazione e messa in opera di reti di monitoraggio per le infrastrutture civili ed industriali anche per conto della Protezione Civile.

### Esperienze professionali Progettazione Civile ed Industriale

**Progettazione vibrazionale ed acustica di complessi edili**, tra i quali : nuova sede dell'Università degli studi di Napoli "Federico II"- sede di Via Nuova Agnano, Aula Magna Università del Molise, Palazzetto dello sport dell'Università del Molise, oltre a numerosi complessi edili privati e pubblici.

**Progettazione Vibro-Acustica di veicoli ferroviari** e dei relativi apparati elettromeccanici (per conto AnsaldoBreda, Firema Trasporti, Alstom, Klimat, Bombardier,...)

**Progettazione Meccanica** di numerosi sistemi pneumatici e meccanici per il settore ferroviario, aeronautico e meccanico

### Esperienze professionali settore Sicurezza Circolazione Ferroviaria

Consulente Tecnico d'Ufficio/Consulente Tecnico di Parte in diversi procedimenti riguardati la **funzionalità ed i processi manutentivi di dispositivi dedicati alla sicurezza del traffico ferroviario (Metro Campania Nord Est, Ansaldo, SEPSA)**

Consulente Tecnico d'Ufficio/Consulente Tecnico di Parte in procedimenti relativi alle sollecitazioni dinamiche indotte dal traffico veicolare in funzione dello stato di usura e dei parametri di esercizio della linea ed il relativo effetto sulle strutture in prossimità (Circumvesuviana, SEPA, Trenitalia, MCNE, Metropolitana Collinare di Napoli )



**Principali pubblicazioni relative al settore ferroviario e/o delle Reti di apprendimento**

L.Lecce, M. Viscardi, D. Siano, A. Concilio: "ACTIVE NOISE CONTROL IN A FUSELAGE SECTION BY PIEZOCERAMIC ACTUATORS", Active95, Newport beach, California, USA, July 1995, pp.595-606.

L.Lecce, A.Concilio, M.Viscardi, S.Cantoni, F.Franco: "EXPERIMENTAL RESULTS USING PIEZOCERAMIC ACTUATORS AND SENSORS FOR ACTIVE VIBRATION CONTROL APPLICATIONS", Applications du Control Actif a la Reduction des Bruits et Vibrations, Senlis, France, 14-15 Nov 1995, CETIM, pp.283-289.

L.Lecce, M.Viscardi, S.Cantoni: "ACTIVE VIBRATION CONTROL BY PIEZOCERAMIC ACTUATORS ON A JET AIRCRAFT PARTIAL FRAME STRUCTURE", Proceedings of 3<sup>rd</sup> ICIM/ECSSM International Conf. On Intelligent Materials, Lyon, France, June 1996, Vol.1 pp.706-711.

D.Siano, M. Viscardi, A. Concilio, L. Lecce "SOUND VIBRATION LINK ANALYSIS IN A FUSELAGE CAVITY FOR ACTIVE CONTROL (ASAC) SPECIFICATION"; INTERNOISE97 Conference - Budapest (Hungary) - 25-27 Agosto 1997

M.Viscardi, M.Fragnito, L.Lecce: "ESPERIENZE DI CONTROLLO ATTIVO DEL RUMORE MEDIANTE L'UTILIZZO DI SORGENTI DI CONTROLLO INNOVATIVE"; atti del XIV Congresso nazionale della AIDAA; Napoli (Italia), 20-24 ottobre 1997 pagg. 1211-1222

Napolitano, L., Fedele, Paolo, Viscardi, M., Lecce, L. "DAMAGE IDENTIFICATION AND LOCATION ON A TYPICAL AERONAUTICAL STRUCTURE" Nondestructive Evaluation of Aging Aircraft, Airports, and Aerospace Hardware II. San Antonio, Texas, U.S.A. 31 March - 2 April 1998, pp. 100-106.

M. Viscardi, M. Fontana, A. Vecchio, B. Mocerino, L. Lecce: "AN ACTIVE APPROACH TO INTERIOR NOISE REDUCTION FOR A MODERN ELECTRICAL LOCOMOTIVE", INTERACTIVE 99, First Active Noise Control Conference on Web, 2-16 giugno 1999

M. Viscardi, N. Marino, G. Isernia, R. Setola: "HERMES: A NEW STAND ALONE PLATFORM FOR ACTIVE NOISE CONTROL AND DAMAGE DETECTION"; ACTIVE99 - Fort Lauderdale (USA)- 2-4 dicembre 1999

Lecce, L., Viscardi, M., Sollo, Antonio, Paonessa, A. "ACTIVE NOISE AND VIBRATION CONTROL APPROACHES ON A GT HIGH SPEED CAR" Seventh International Congress on Sound and Vibration Control 4-7 July 2000, Garmisch-Partenkirchen, Germany

Lecce, M. Viscardi "MULTIFUNCTIONAL SYSTEM FOR ACTIVE NOISE CONTROL AND DAMAGE DETECTION ON A TYPICAL AERONAUTICAL STRUCTURE" SPIE Smart Structure and Materials Conference. 4-8 March, 2001 Seattle, WA U.S.A.

G. Zumpano, M. Viscardi, L. Lecce "STRUCTURAL DAMAGE ANALYSIS ON A TYPICAL AERONAUTICAL STRUCTURE USING PIEZOELECTRIC DEVICES" 42<sup>nd</sup> AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference 16-19 April 2001 Seattle, WA U.S.A.

Viscardi, M., Lecce, L., "AIRCRAFT INTERIOR NOISE REDUCTION BY THE USE OF PIEZOELECTRIC ANC SYSTEMS", First European Forum on Material and products for noise and vibration control in machinery and transportation- July 3-5, Senlis – France.

Viscardi, M., Lecce, L., "ACOUSTIC CHARACTERISATION AND NOISE LIMITATION STRATEGIES FOR A MODERN ELECTRICAL TRAIN", First European Forum on Material and products for noise and vibration control in machinery and transportation- July 3-5, Senlis – France.

Monaco, E., Viscardi M., Lecce L., "NEW PERSPECTIVE IN THE NDT RESEARCH FIELD: THE VIBRATION BASED APPROACH". ICAST 2002 (International Conference on Adaptive Structures and Technologies), Berlin, October 2002

S. Ferraiuolo, M. Viscardi, N. Rusciano, M. Iadevaia, L. Lecce. "RECENTI SVILUPPI SUL CONTROLLO DEL RUMORE DI ORIGINE FERROVIARIA". Mostra Convegno: Ricerca e Sviluppo nei Sistemi Ferroviari", Vol. II, Napoli, 9&10 May 2003

Rusciano N., Scarselli G., Viscardi M., Ferraiolo S., Lecce L.; "VIBRO-ACOUSTIC CHARACTERIZATION OF A LIGHT METRO VEHICLE"- Euronoise 2003, Napoli, 19-21 Maggio 2003, Paper ID: 033/p.1-6

Viscardi, M., Lecce, L., "ACTIVE SKIN FOR NOISE CONTROL", Tenth International Congress on Sound and Vibration. Stockholm, Sweden. 7-10 July 2003

M. Iadevaia, Viscardi, M., S. Ferraiuolo ., "STRUCTURAL VIBRATION AND SOUND POWER RADIATION MODELING FOR A LIGHT TRAIN WHEEL", Tenth International Congress on Sound and Vibration. Stockholm, Sweden. 7-10 July 2003

G. Scarselli, E. Monaco, M. Viscardi, L. Lecce, "EXPERIMENTAL NOISE CHARACTERISATION OF ROAD PUBLIC TRANSPORTATION NETWORK" INTERNOISE 2004, Prague 22-25 August 2004.

M. Viscardi, S. Ferraiuolo, D. Melchiorre, L. Lecce "ACTIVE SKIN FOR NOISE CONTROL OF AN ELECTRICAL MOTOR FOR RAILWAY APPLICATIONS" Twelfth International Congress on Sound and Vibration , July 11-14, Lisbon, Portugal

N. Rusciano, M. Viscardi, S. Ferraiuolo\_ "VIBRO ACOUSTIC CHARACTERIZATION OF A LIGHT METRO RAIL TRACTION SYSTEM" Thirteen International Congress on Sound and Vibration , July 02-06, Wien, Austria

Nicola Rusciano, Massimo Viscardi, Stefano Marucci "ACOUSTIC CHARACTERIZATION OF A DMU TRAIN FOR REGIONAL TRANSPORTATION" International Workshop Railway noise in urban areas: possible source noise reduction measures. Pisa, 9-10 November 2006

#### Book

Active Sound and Vibration Control- Theory and applications - Edited by Osman Tokhy and Sandor Veres- IEEE Cotrol Engineering Series 62 (2002) -

M. Viscardi, M. Fontana, A. Vecchio, B. Mocerino, L. Lecce - CAP XIII " ANC IN AN ELECTRICAL LOCOMOTIVE " pagg 319-344

Massimo Viscardi, Gianluca Isernia, Francesco Amoroso , Leonardo Lecce "A long term monitoring system for vibration control of civil structures" – EVACES '07 International Conference - Porto (Portugal) - October 24/26 2007

M.Viscardi, M. Iadevaia, S. Melchionna, L. Lecce " Numerical and analytical models for high speed train pantograph radiated noise prediction" 19<sup>th</sup> International Conference on Acoustics - ICA 2007 – Madrid (Spain) – September 2/7 2007

Nicola Rusciano, Massimo Viscardi ,Stefano Ferraiuolo "NOISE REDUCTION STRATEGIES FOR OF A LIGHT METRO RAIL TRACTION SYSTEM " – Euronoise Acoustic'08 – Paris (France) –

M. Viscardi, M. Iadevaia, S.Ferraiuolo, L. Lecce "Generalised prediction model for electric traction magnetic noise of powered rail vehicles" - WSEAS Conferences CSCC '09, Rhodes Island, Greece, July 22-25, 2009

M. Viscardi, P. Napolitano (2014). Artificial Neural Network based Approach to the Structural Health Monitoring of a Traction Equipment. WSEAS Press, Athens: 189- 198, vol.40, In:13<sup>th</sup> International Conference on Circuits, Systems, Electronics, Control & Signal Processing (CSECS '14). October 30 - November 1, 2014, Lisbon, Portugal,

P. Napolitano, M. Viscardi, D. Siano (2014). An Innovative Numerical Modeling Approach for Train Noise Sources Simulation. WSEAS Press, Athens: 13- 20, vol.40, In:14<sup>th</sup> International Conference on Electric Power Systems, High Voltages, Electric Machines (POWER '14). October 30 - November 1, 2014, Lisbon,