

1 PREMESSA

La presente relazione è stata redatta nell'ambito di un'apposita convenzione stipulata tra la So.G.Aer. S.p.A. e il CINIGEO (Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Ingegneria delle Georisorse tra le Università di Bologna, Cagliari, Roma "La Sapienza", Trieste), con sede in Roma.

La relazione riguarda una campagna di misure fonometriche eseguite nell'aeroporto *Mario Mameli* di Cagliari-Elmas e finalizzate alla conoscenza del campo sonoro.

Dalle misure sono desumibili i dati di base per valutazioni di esposizione al rumore del personale lavorativo che a vario titolo frequenta gli ambienti oggetto dei rilievi. Le esposizioni potranno essere determinate dall'azienda titolare del rapporto di lavoro combinando i dati fonometrici riportati nella presente relazione con i dati organizzativi caratteristici di ciascuna mansione.

Lo studio è stato eseguito sotto la responsabilità del prof. ing. Giorgio Massacci, Straordinario di *Sicurezza del Lavoro e Difesa Ambientale* presso l'Università di Cagliari, da un gruppo di lavoro composto come indicato nella tabella 1.

Tabella 1 - Gruppo di lavoro

Prof. ing. Giorgio Massacci	Università di Cagliari CINIGEO	Responsabile della convenzione. Impostazione generale e coordinamento. Valutazioni conclusive.
Dott. ing. Stefania Usala	Università di Cagliari CINIGEO	Esecuzione delle misure ed elaborazione dei dati. Collaborazione alle valutazioni conclusive.
Dott. ing. Fabia Ricchi	Università di Cagliari CINIGEO	Collaborazione all'esecuzione delle misure e all'elaborazione dei dati.
Ing. Jr. Riccardo Meloni	Università di Cagliari CINIGEO	Collaborazione all'esecuzione delle misure.

2 STRUMENTAZIONE E MODALITÀ DI MISURA

2.1 Strumentazione

I rilievi fonometrici sono stati effettuati con strumentazione in classe 1, conforme alle norme CEI EN 60651 e CEI EN 60804. La tabella 2 indica le specifiche della strumentazione utilizzata.

Tabella 2 – Strumentazione di misura

<i>Tipo</i>	<i>Marca e modello</i>	<i>N° matricola</i>	<i>Taratura annuale</i>	<i>Sigla</i>
Fonometro integratore	Larson & Davis 824	1843	21/04/04	LD824
Microfono	Larson & Davis 2541	7270	21/04/04	
Calibratore	Brüel & Kjær 4231	2085037	21/04/04	
Fonometro integratore	Solo 01dB	10219	01/07/04	Solo 01dB
Microfono	01dB MCE212	42556	01/07/04	
Calibratore	01dB CAL 21	00930816	01/07/04	

La calibrazione della strumentazione è stata verificata prima e dopo ogni serie di misurazioni. In accordo con le indicazioni della norma UNI 9432 (punto 5.7), i risultati dei rilevamenti sono stati ritenuti validi solo se si è verificato uno scostamento del livello di calibrazione non superiore a 0,5 dB.

Le misure sono state eseguite con filtro di ponderazione A e costante di tempo FAST e sono state estese ad un periodo di tempo rappresentativo della variabilità del rumore.

2.2 Modalità di misura

La campagna di misure è stata eseguita nei giorni 15 e 20 luglio 2004.

Sono stati eseguiti sia campionamenti in posizione fissa (campionamenti puntuali), sia campionamenti mobili lungo i percorsi abituali di alcuni operatori.

Le misurazioni puntuali sono state effettuate nelle varie zone all'altezza di circa 150 cm o, se riferite ad una specifica postazione di lavoro, all'altezza del capo dei lavoratori; le misure mobili su percorso predefinito sono state eseguite simulando per un intervallo di tempo rappresentativo gli spostamenti del lavoratore interessato e collocando il microfono quando possibile a circa 10 cm dall'entrata del canale uditivo esterno e all'altezza dell'orecchio stesso.

2.3 Aree e posizioni di misura

Le aree dell'aeroporto nelle quali sono stati eseguiti i rilievi fonometrici sono elencate in tabella 3; le sigle riportate in tabella sono state utilizzate per identificare le aree nelle planimetrie (in appendice 1) e per classificare le serie di misure eseguite.

Tabella 3 – Aree oggetto dei rilievi fonometrici

<i>Sigla identificativa</i>	<i>Area di misura</i>
A	Hall partenze
B	Zona nastri
C	Parcheggio multipiano
D	Pista

Hall partenze

La hall partenze (planimetria 1, appendice 1) è un ambiente confinato ma di vaste dimensioni, a pianta rettangolare.

L'accesso alla hall partenze è libero. Si tratta del punto di transito obbligato per tutti gli utenti che devono accedere alle aree di imbarco oltre che ai servizi di check-in, biglietteria, informazioni e ristorazione. Il traffico di persone può essere molto intenso.

Le misure fonometriche eseguite nella hall partenze sono state effettuate in posizioni rappresentative dell'esposizione degli addetti al check-in (misura A1) o in altre posizioni (misure A2, A3, A4) utili per la caratterizzazione del campo sonoro in punti frequentati da altro personale (per esempio dal personale addetto al recupero e allo spostamento dei carrelli).

Zona nastri

La zona nastri (planimetria 2, appendice 1) è un ambiente chiuso destinato al trasporto, allo smistamento e al controllo di sicurezza dei bagagli in partenza per le varie destinazioni. È situata in un edificio prossimo alle piste ed è articolata su due livelli: un piano terra di dimensioni rilevanti e un piano rialzato denominato mezzanino.

L'accesso è riservato ai soli operatori SOGAER e al servizio di vigilanza.

In sala sono presenti vari ambienti confinati che ospitano il personale non direttamente impiegato nelle operazioni di carico e scarico dei bagagli. I movimenti dei bagagli avvengono su due grosse catene gemelle di nastri trasportatori; al termine della serie di

controlli di sicurezza ha luogo il carico manuale su carrelli con motrice elettrica che effettuano il collegamento tra la zona nastri e il velivolo in partenza.

In quest'area sono state effettuate numerose misure per la caratterizzazione della variabilità spaziale del campo sonoro e per tener conto dell'attivazione dei vari tipi di allarme installati per i controlli di sicurezza dei bagagli. Il personale impegnato nell'area comprende gli addetti ai nastri responsabili della movimentazione dei bagagli e gli operatori di controllo che dalla cabina sorvegliano il corretto funzionamento del sistema e intervengono solo in caso di inconvenienti.

Parcheggio multipiano

Il parcheggio multipiano (planimetria 3, appendice 1) si trova in un edificio indipendente destinato esclusivamente alla sosta delle automobili degli utenti dell'aeroporto. Il sistema è concepito in modo che gli utenti possano compiere automaticamente tutte le operazioni di ingresso, pagamento e uscita. Al piano terra un ambiente confinato ospita l'ufficio degli addetti alla gestione del parcheggio. Le misure sono state effettuate in due posizioni fisse significative, una all'interno della cabina (misura C2) e una immediatamente all'esterno (misura C1). È stata inoltre effettuata una misura (C3) con la tecnica cosiddetta *a inseguimento*, consistente nella simulazione del percorso tipico di un operatore addetto al parcheggio multipiano e nell'esecuzione di una misura in movimento.

Pista

Sulla pista hanno luogo non solo le operazioni di decollo, atterraggio e manovra a terra ma anche quelle di carico bagagli, imbarco passeggeri, manutenzione e rifornimento. Sono state eseguite cinque misure rappresentative dell'esposizione al rumore durante le operazioni proprie degli operatori di rampa.

3 RISULTATI

3.1 Risultati delle singole misure

I risultati delle misure sono riportati in dettaglio in appendice 2. Ogni misura è individuata da una sigla di riferimento composta da una lettera identificativa del reparto cui si riferisce la misura e da un numero progressivo. Le schede delle misure riportano una breve descrizione della posizione di misura, lo strumento utilizzato, la data e l'ora di inizio e fine misura. Per ciascuna misura sono indicati:

- il valore $L_{Aeq,T}$ del livello di pressione sonora continuo equivalente ponderato A registrato nell'intervallo di misura di durata T;
- i valori massimo e minimo $L_{max}(A)$ e $L_{min}(A)$ del livello di pressione sonora ponderato A;
- il valore del picco di pressione sonora non ponderato Peak (L_{in});
- il grafico dell'andamento del livello di pressione sonora nel tempo;
- lo spettro del livello equivalente di pressione sonora ponderato A.

3.2 Sintesi dei risultati

Una sintesi dei risultati ottenuti nelle varie aree è riportata nelle tabelle da 4 a 7 seguenti.

Tabella 4 – Quadro di sintesi delle misure nella hall partenze

Misura	Posizione	Sorgente di rumore	Durata della misura [s]	$L_{Aeq,Tm}$ [dBA]
A1	Postazione addetto al check-in	Nastro trasportatore, voci	1860	65,9
A2	Hall partenze	Voci	986	66,5
A3	Postazione polizia	Voci	1359	66,0
A4	Hall partenze	Voci	564	63,7

Tabella 5 – Quadro di sintesi delle misure nella zona nastri. Nelle ultime due colonne i numeri tra parentesi sono riferiti alle misure depurate dal contributo sonoro degli allarmi.

Misura	Posizione	Sorgente di rumore	Durata della misura [s]	$L_{Aeq,Tm}$ [dBA]
B1	Cabina operatori di controllo	Nastri trasportatori in sottofondo, voci	688	64,5
B2	Posizione tra i nastri	Nastri trasportatori, allarme	793 (586)	75,3 (74,6)
B3	Postazione addetto ai nastri	Nastri trasportatori	482	73,3
B4	Postazione addetto ai nastri	Nastri trasportatori, allarme	530 (505)	74,9 (74,1)
B5	Postazione operatore di controllo raggi X	Nastri trasportatori	340 (313)	73,3 (73,1)
B6	Piano sopraelevato, percorso con operatore di controllo	Nastri trasportatori	273	66,5
B7	Posizione tra i nastri	Nastri trasportatori, allarmi	750 (573)	74,5 (72,8)
B8	Posizione tra i nastri	Nastri trasportatori, allarmi	334 (178)	73,4 (71,9)
B9	Posizione tra i nastri	Nastri trasportatori, allarmi	400 (300)	71,8 (70,5)
B10	Posizione tra i nastri	Nastri trasportatori, allarmi	232 (179)	75,6 (74,5)
B11	Posizione tra i nastri	Nastri trasportatori, allarmi	261 (255)	70,9 (75,5)
B12	Posizione tra i nastri	Nastri trasportatori, allarmi	186 (166)	70,2 (69,5)
B13	Posizione tra i nastri	Nastri trasportatori, allarmi	253 218)	74,4 (73,6)
B14	Posizione tra i nastri	Nastri trasportatori, allarmi	246 (193)	75,2 (74,4)
B15	Posizione tra i nastri	Nastri trasportatori, allarmi	983 (764)	78,2 (76,1)
B16	Posizione tra i nastri	Nastri trasportatori, allarmi	455 (264)	78,0 (73,5)
B17	Posizione tra i nastri	Nastri trasportatori	350	74,9
B18	Posizione tra i nastri	Nastri trasportatori, rumori meccanici	232	75,3
B19	Posizione tra i nastri	Nastri trasportatori	207	74,5
B20	Posizione tra i nastri	Nastri trasportatori	345	72,3
B21	Posizione tra i nastri	Nastri trasportatori	267	76,1
B22	Piazzale esterno presso zona nastri	Aereo in partenza	906	73,5

Tabella 6 – Quadro di sintesi delle misure nel parcheggio multipiano

Misura	Posizione	Sorgente di rumore	Durata della misura [s]	$L_{Aeq,Tm}$ [dBA]
C1	Esterno cabina addetto al parcheggio multipiano	Transito auto, clacson, voci	1686	63,4
C2	Interno cabina addetto al parcheggio multipiano	Transito auto, telefono, voci	1781	64,1
C3	Giro di controllo	Transito auto, voci	1195	62,7

Tabella 7 – Quadro di sintesi delle misure nella pista

Misura	Posizione	Sorgente di rumore	Durata della misura [s]	$L_{Aeq,Tm}$ [dBA]
D1	Esterno - Presso fusoliera aereo	Motore ausiliario acceso, voci	726	74,4
D2	Esterno – Presso coda aereo, carico bagagli	Motore ausiliario acceso, nastro carico bagagli, voci	353	80,4
D3	Esterno – Percorso intorno alla coda dell'aereo, seguendo l'addetto	Motore ausiliario acceso, nastro carico bagagli, voci	347	91,3
D4	Esterno – Sotto Finger	Aereo in rifornimento	302	80,5
D5	Esterno – Sotto Finger	Aereo in rifornimento	198	80,2
D6	Interno fabbricato SOGAERDYN – Spogliatoi	Nessuna in particolare	137	53,5
D7	Interno fabbricato SOGAERDYN – Uffici	Voci	229	68,4

Il valore di 90 dBA del livello di pressione sonora continuo equivalente ponderato A $L_{Aeq,T}$ risulta superato soltanto nella postazione di misura D3 in prossimità dell'aereo.

In nessuna misura è stato rilevato il superamento del limite di 140 dB per il picco non pesato Peak (Lin).

I tempi di misurazione sono stati scelti per essere rappresentativi dei fenomeni acustici in esame e delle specifiche condizioni di esposizione dei lavoratori.

4 INDICAZIONI SULLE VALUTAZIONI DELLE ESPOSIZIONI PERSONALI

I risultati esposti nella presente relazione costituiscono la base conoscitiva per la valutazione delle esposizioni dei lavoratori che frequentano le aree oggetto delle rilevazioni. Le esposizioni potranno essere valutate dalle aziende titolari del rapporto di lavoro combinando i dati fonometrici con i dati organizzativi caratteristici di ciascuna mansione.

Sebbene la valutazione delle esposizioni personali dei lavoratori al rumore non fosse lo scopo diretto dello studio, i dati raccolti consentono di formulare sin d'ora alcune considerazioni sulle esposizioni del personale che frequenta le aree oggetto delle rilevazioni.

La tabella 8 riassume le informazioni essenziali utili alle valutazioni delle esposizioni degli addetti.

Addetto al check-in

L'addetto al check-in trascorre l'intero turno lavorativo al banco di accettazione. La misura di riferimento per la valutazione dell'esposizione è la A1. Il livello di esposizione personale al rumore della mansione è largamente inferiore a 80 dBA.

Operatore di controllo

Nella zona nastri sono installati 5 dispositivi di allarme sonoro, con caratteristiche acustiche differenti, ad attivazione automatica e disinserimento manuale. Un allarme entra in funzione quando si verifica un blocco sui nastri di trasporto dei bagagli o qualche altra anomalia.

L'operatore di controllo trascorre la maggior parte del turno lavorativo entro la cabina di controllo, dove il livello equivalente di pressione sonora è modesto (inferiore a 65 dBA). Quando un allarme si attiva, l'operatore esce dalla cabina, disinserisce l'allarme e verifica quale sia la causa della sua attivazione. La disattivazione di un allarme può essere anche comandata dalla postazione di controllo.

Le rappresentazioni grafiche dell'evoluzione del livello di pressione sonora nel tempo nelle due misure citate (appendice 2) mostrano che le emissioni dei cinque allarmi differiscono non solo per il livello di pressione sonora, ma anche per la composizione spettrale del rumore emesso.

In appendice 3 è riportata un'analisi di dettaglio del rumore determinato dall'attivazione degli allarmi nella zona nastri. Le misure B15 e B16 sono state eseguite attivando deliberatamente gli allarmi in sequenza. La misura B15, in particolare, è stata eseguita in prossimità delle suonerie, installate vicino al quadro di controllo e ai comandi di attivazione e disattivazione degli allarmi. Il massimo valore del livello equivalente di pressione sonora è risultato di 85,5 dBA.

Il numero e la durata degli interventi di ciascun allarme (o degli allarmi complessivamente considerati) sono variabili da giorno a giorno e imprevedibili a priori. Si può tuttavia stimare con certezza che l'esposizione degli operatori di controllo sia inferiore a 80 dBA. Per raggiungere tale livello di esposizione, infatti, occorrerebbe che la permanenza all'esterno della cabina di controllo durante il funzionamento dell'allarme più rumoroso e nella posizione più sfavorevole (presso le suonerie vicino al quadro di comando) fosse di oltre due ore complessive nel turno.

Addetto ai nastri

L'addetto permane per l'intero turno lavorativo nella zona nastri e dedica la parte prevalente del turno lavorativo alle operazioni di carico e scarico dei bagagli dai nastri. In assenza di bagagli sui nastri, l'addetto permane in prossimità della posizione B3.

Durante il turno il rumore è pressoché stazionario in quanto è generato principalmente dal movimento dei nastri, con l'eccezione dei periodi di attivazione degli allarmi. Nelle posizioni occupate dall'addetto, il funzionamento degli allarmi contribuisce all'innalzamento del livello equivalente di pressione sonora, ma il valore complessivo resta relativamente contenuto e inferiore a 80 dBA. Il livello di esposizione personale al rumore della mansione, conseguentemente, è inferiore a 80 dBA.

Addetto parcheggio multipiano

L'addetto al parcheggio multipiano trascorre parte del turno di lavoro entro l'apposita cabina e per la parte restante nell'esecuzione di controlli all'esterno della cabina suddetta. Le misure di riferimento per la valutazione dell'esposizione sono la C1, la C2 e la C3, tutte inferiori a 65 dBA. Il livello di esposizione personale al rumore della mansione è molto modesto e ampiamente inferiore a 80 dBA.

Operatore di rampa

Le misure di riferimento per la valutazione dell'esposizione sono principalmente la D2 e la D3, poiché tali misure sono acusticamente rappresentative della maggior parte delle attività svolte dall'operatore di rampa sulla pista, presso i velivoli, per carico e scarico dei bagagli, controlli, ecc. Durante le operazioni di rampa il personale indossa i dispositivi otoprotettori.

Il tempo complessivo dedicato alle attività suddette è variabile in funzione del traffico aereo e può raggiungere nell'ipotesi più sfavorevole una durata complessiva di circa 6 ore/turno. Il tempo residuale al completamento del turno di 8 ore (e quindi due ore o più) viene trascorso entro il fabbricato, in condizioni di sostanziale riposo acustico (misure D6 e D7). Il livello di esposizione personale degli addetti è inferiore a 90 dBA ma, verosimilmente, superiore a 85 dBA. Nel caso di tale mansione è necessaria una valutazione ai sensi del D. Lgs. 277/91 a cura del datore di lavoro degli addetti.

Tabella 8 – Informazioni essenziali per le valutazioni delle esposizioni degli addetti.

Addetto al check-in			
<i>Postazione</i>	<i>Misure di riferimento</i>	<i>Tempo di esposizione</i>	<i>LAeq,Te [dBA]</i>
Postazione addetto al check-in	A1	Turno lavorativo	65,9
Operatore di controllo			
<i>Postazione</i>	<i>Misure di riferimento</i>	<i>Tempo di esposizione</i>	<i>LAeq,Te [dBA]</i>
Postazione dentro cabina	B1	Variabile	64,5
Lungo i nastri	Da B2 a B4 Da B7 a B21	Variabile in funzione del numero e della durata degli interventi di disattivazione degli allarmi	Tra 70,3 e 78,2
Percorso di controllo al piano superiore	B6	Variabile in funzione del numero di percorsi in un turno; un percorso dura 4 minuti	66,5
Addetto ai nastri			
<i>Postazione</i>	<i>Misure di riferimento</i>	<i>Tempo di esposizione</i>	<i>LAeq,Te [dBA]</i>
Carico/scarico bagagli dai nastri	Da B2 a B4 Da B7 a B21	Tempo variabile in funzione del numero di aerei in partenza e/o arrivo e del numero di bagagli	Tra 70,3 e 78,2
Postazione addetto	B3	Tempo variabile in funzione del tempo precedente	73,3
Addetto parcheggio multipiano			
<i>Postazione</i>	<i>Misure di riferimento</i>	<i>Tempo di esposizione</i>	<i>LAeq,Te [dBA]</i>
Esterno cabina	C1	Tempo variabile in funzione del traffico nel parcheggio	63,4
Interno cabina	C2	Tempo variabile in funzione del traffico nel parcheggio	64,1
Giro di controllo	C3	Durata percorso 15' 3 volte per turno	62,7
Operatore di rampa			
<i>Postazione</i>	<i>Misure di riferimento</i>	<i>Tempo di esposizione</i>	<i>LAeq,Te [dBA]</i>
Presso aerei per carico/scarico bagagli e controllo	D2 D3	30' per aereo 12÷15 aerei per turno lavorativo (massimo 6 ore per turno)	Variabile da 80 sino a oltre 91
Postazione dentro fabbricato Sogaer	D6 D7	Tempo restante (2 ore o più)	Tra 53,5 e 68,4