



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E
DEI TRASPORTI



E.N.A.C.
ENTE NAZIONALE per L'AVIAZIONE
CIVILE

Committente Principale



AEROPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE - "AMERIGO VESPUCCI"

Opera

PROJECT REVIEW - PIANO DI SVILUPPO AEROPORTUALE AL 2035

Titolo Documento Completo

RISCHIO DI INCIDENTE AEREO



Valutazione impatto acustico su area Polo Scientifico Sesto Fiorentino da attività aeroportuali nuova pista 11-29 e Masterplan 2035

Livello di Progetto

STUDIO AMBIENTALE INTEGRATO

LIV	REV	DATA EMISSIONE	SCALA	CODICE FILE COMPLETO
SAI	00	MARZO 2024	-	FLR-MPL-SAI-QVA1-030-RM-RT_Valut Imp Acust Polo Scient
				TITOLO RIDOTTO
				Valut Imp Acust Polo Scient

00	03/2024	EMISSIONE PER PROCEDURA VIA-VAS		UNINAPOLI	C.NALDI
REV	DATA	DESCRIZIONE		REDATTO	VERIFICATO
					APPROVATO

<p>COMMITTENTE PRINCIPALE</p>  <p>ACCOUNTABLE MANAGER Dott. Vittorio Fanti</p>	<p>GRUPPO DI PROGETTAZIONE</p>  <p>DIRETTORE TECNICO Ing. Lorenzo Tenerani Ordine degli Ingegneri di Massa Carrara n°631</p>	<p>SUPPORTI SPECIALISTICI</p>  <p>UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II</p> <p>Dipartimento di Ingegneria Industriale</p>
<p>POST HOLDER PROGETTAZIONE Ing. Lorenzo Tenerani</p>	<p>RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Lorenzo Tenerani Ordine degli ingegneri di Massa Carrara n° 631</p>	
<p>POST HOLDER MANUTENZIONE Ing. Nicola D'ippolito</p>		
<p>POST HOLDER AREA DI MOVIMENTO Geom. Luca Ermini</p>		



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI
FEDERICO II



Valutazione di impatto acustico delle attività aeroportuali riferite alla nuova pista 11-29 ed al Masterplan 2035 sull'area del Polo Scientifico di Sesto Fiorentino



DATA

18/07/2023

PAGINE

39

RIF. DOCUMENTO

TAE/Iervolino

AUTORE

Prof. Ing. Massimo Viscardi

FIRMA

SOMMARIO

1.	Premessa	4
2.	Il Rumore Aeroportuale	5
3.	Classificazione Acustica degli Aeromobili	7
4.	Quadro Normativo di Riferimento	8
4.1	Normativa nazionale sul rumore ambientale	8
4.2	Piani di Classificazione Acustica	10
4.3	Stato di approvazione del Piano comunale di classificazione acustica nei comuni limitrofi all'area aeroportuale prevista.....	11
4.4	Normativa sul rumore aeroportuale.....	12
5.	Masterplan ADF ed area oggetto dello studio	15
6.	Procedura di Analisi	19
7.	Software utilizzato per la simulazione acustica	20
8.	Sviluppo di un modello numerico acustico previsionale per la futura pista.....	21
9.	Risultati del modello previsionale di impatto acustico - Area Polo Scientifico.....	27
9.1	Campo acustico generato dal rumore aeroportuale in assenza di duna (Scala 1:30000)	28
9.2	Campo acustico generato dal rumore aeroportuale in assenza di duna (Scala 1:16000)	29
9.3	Effetto di attenuazione della barriera (Insertion Loss) - (Scala 1:7500)	31
9.4	Campo acustico generato dal rumore aeroportuale con presenza di duna (Scala 1:16000)	32
9.5	Campo acustico generato dal rumore aeroportuale con presenza di duna (Scala 1:5000)	34
9.6	Ulteriori sovrapposizioni di mappe acustiche con mappe topografiche/Google Earth.....	35
10.	Conclusioni.....	38

LISTA TABELLE

Tabella 1: Valori Limite	8
Tabella 2: Traffico aereo simulato.....	23

LISTA FIGURE

Figura 1: Polo Tecnologico e Scientifico	4
Figura 2: Fasi relative alla procedura di atterraggio.....	6
Figura 3: Polo Tecnologico e Scientifico	16
Figura 4: Ricettori del Polo Scientifico.....	17
Figura 5: Ricettori del Polo Scientifico.....	18
Figura 6: Zona Aeroportuale “A.Vespucci”	21
Figura 7: Modello 3D implementato con il software.....	21
Figura 8: Nuova pista prevista (in rosso) per Aeroporto di Firenze.	22
Figura 9: Tracce decollo e atterraggio (Scala 1:20000)	22
Figura 10: Fleet Mix – MasterPlan 2035 e percentuali di volo.....	23
Figura 11: Corse: Decollo - Atterraggio	24
Figura 12: Tracce: Decollo - Atterraggio.....	25
Figura 13: Rilevato in terra di altezza 10 metri (Duna).....	25
Figura 14: Duna Sez. A-A’	26
Figura 15: Duna Sez.B-B’	26
Figura 16: Legenda Isofoniche	27
Figura 17: Campo acustico generato dal rumore aeroportuale in assenza di duna – LVA	28
Figura 18: Campo acustico generato dal rumore aeroportuale in assenza di duna – Lday	28
Figura 19: Campo acustico generato dal rumore aeroportuale in assenza di duna – Lnight.....	29
Figura 20: Campo acustico generato dal rumore aeroportuale in assenza di duna – LVA	29
Figura 21: Campo acustico generato dal rumore aeroportuale in assenza di duna – Lday	30
Figura 22: Campo acustico generato dal rumore aeroportuale in assenza di duna – Lnight.....	30
Figura 23: Insertion Loss – LVA.....	31
Figura 24: Insertion Loss – Lday.....	31
Figura 25: Insertion Loss – Lnight	32
Figura 26: Campo acustico generato dal rumore aeroportuale in presenza di duna – LVA	32
Figura 27: Campo acustico generato dal rumore aeroportuale in presenza di duna – Lday	33
Figura 28: Campo acustico generato dal rumore aeroportuale in presenza di duna – Lnight.....	33
Figura 28: Mappa Acustica - Polo Tecnologico - LVA.....	34
Figura 29: Mappa Acustica - Polo Tecnologico - Lday	34
Figura 30: Mappa Acustica - Polo Tecnologico - Lnight.....	35
Figura 32: Superficie isofonica 60-65dB(A) generata dal rumore aeroportuale in assenza di duna.....	35
Figura 33: Superficie isofonica 60-65dB(A) generata dal rumore aeroportuale in presenza di duna.....	36
Figura 34: Superficie isofonica 60-65dB(A) in assenza di duna – Google Earth	36
Figura 35: Superficie isofonica 60-65dB(A) in presenza di duna – Google Earth	37
Figura 36: Polo scientifico e Tecnologico – Google Earth.....	37

1. Premessa

La presente relazione tecnica si colloca nell'ambito della valutazione dell'impatto acustico correlata alla riconfigurazione della pista di volo dell'Aeroporto A. Vespucci di Firenze – Peretola mediante realizzazione di una nuova pista con orientamento 11/29 e lunghezza pari a 2200 m. In particolare, nell'ambito del presente studio sono state esaminate le eventuali implicazioni in termini di potenziali impatti acustici indotti dal traffico aeroportuale agli adiacenti edifici (ricettori) del Polo Scientifico e Tecnologico di Sesto Fiorentino.

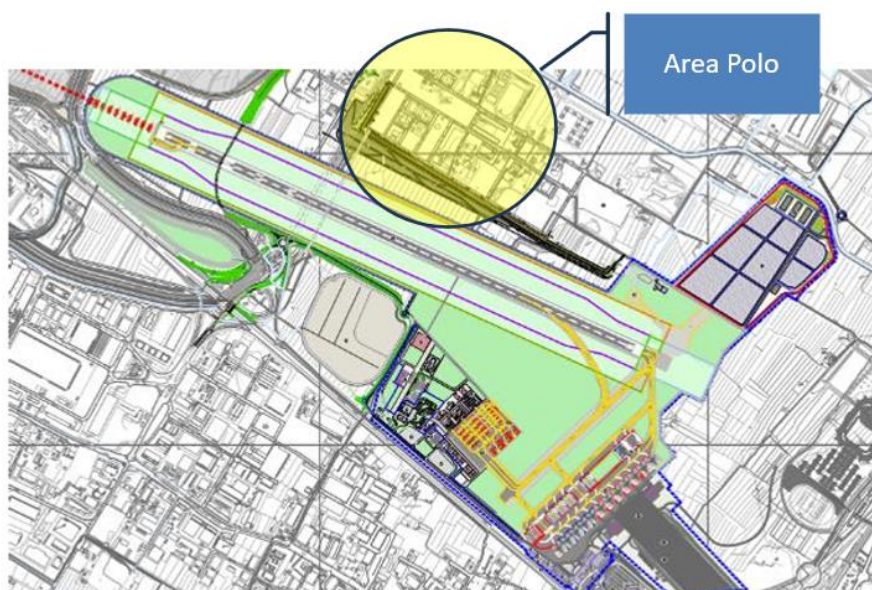


Figura 1: Polo Tecnologico e Scientifico

Il Polo Scientifico e Tecnologico dell'Università di Firenze ha iniziato la sua attività intorno all'anno 2000; vi sono attualmente collocate le sedi uniche del Dipartimento di Chimica, di Fisica ed Astronomia, e due importanti laboratori internazionali dell'Ateneo: il Centro Europeo per la Risonanza Magnetica nucleare (CERM) ed il Laboratorio Europeo per la Spettroscopia non lineare (LENS) ed altri centri e laboratori: CISM, CRIST, GeneExpress, etc.

E' lecito porsi il quesito circa l'impatto degli eventi aeroportuali sulle attività didattiche e le attività di ricerca di tipo sperimentale, che possono prevedere sessioni di misura della durata variabile da decine di minuti a varie ore.

L'obiettivo del presente studio è stato quello di valutare l'impatto acustico previsionale presso i ricettori presenti in questa area e successivamente valutare l'efficacia, in termini di attenuazione acustica, dell'intervento di mitigazione previsto, mediante inserimento di una "duna artificiale" in terra di altezza pari a 10 metri dal piano di campagna, da interporre a protezione acustica degli edifici (ricettori) del Polo Scientifico e Tecnologico di Sesto Fiorentino.

2. Il Rumore Aeroportuale

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).

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.

Durante il decollo, 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 pista, per poi procedere alle fasi di rullaggio e decollo.

Nello specifico, 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.

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 ed i livelli di pressione sonora sono elevati; dalla letteratura emerge che questo tipo di rumore è particolarmente disturbante sia per i passeggeri a bordo dell'aereo che le persone a terra.

La procedura di atterraggio si compone di tre fasi sequenziali: tratto in volo - tratto a terra - decelerazione

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 (ILS1).

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.

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 una pista è generalmente lunga 4 km e gli aerei di dimensioni medio-grandi, come i Boeing 737, 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 proria 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 ed 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. L'impatto acustico dato dall'inversore di spinta sulla storia acustica di un atterraggio è generalmente elevato.

Nella fase di atterraggio, a bassa quota, la struttura dell'aereo ed il motore forniscono approssimativamente lo stesso contributo acustico; il moto turbolento ed 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 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.

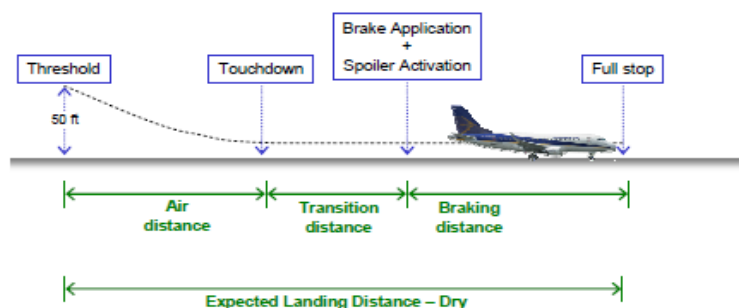


Figura 2: Fasi relative alla procedura di atterraggio.

3. Classificazione Acustica degli Aeromobili

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

- *Capitolo1*: appartiene a questa categoria la prima generazione di motori degli anni '50 e '60 (“turbogetto”), estremamente rumorosi e ritirati a partire dal 1990 dall'operatività negli aeroporti civili (aeromobili tipo Caravelle, B707);
- *Capitolo2*: il motore di questa tipologia di aeromobili (“turboflan”) è reso meno rumoroso e maggiormente efficiente rispetto al turbogetto grazie ad una tecnologia di costruzione più avanzata (aeromobili del tipo B727, B737-200);
- *Capitolo3*: 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.
- *Capitolo4*: Rappresentano i motori più recenti, in grado di rispettare il nuovo e più restrittivo standard ICAO, che entrerà 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 descritti nel Capitolo1 e tutti gli aeromobili di nuova costruzione devono essere conformi al Capitolo3; dall'aprile 2002 è inoltre proibito l'utilizzo di aeromobili appartenenti al Capitolo2, 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 Capitolo3; 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 Capitolo3.

La quota di aeromobili rispondenti agli standard del Capitolo3 ICAO (motori di produzione Capitolo3 e motori appartenenti al Capitolo2 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 Capitolo3 di più vecchia concezione, con altri più recenti già rispondenti ai nuovi standard di rumorosità ICAO non ancora in vigore (es. Boeing 777).

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 Capitolo2 ricertificati sia quella degli aeromobili più rumorosi del Capitolo 3 per far fronte e mitigare l'inquinamento acustico dovuto alla crescita di traffico aereo.

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.

4. Quadro Normativo di Riferimento

4.1 Normativa nazionale sul rumore ambientale

Si elencano di seguito i decreti normativi di riferimento per il monitoraggio del clima acustico attuale e la valutazione previsionale dell'impatto acustico dell'opera in progetto.

- Legge quadro sull'inquinamento acustico 26 ottobre 1995 n.447:

Stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico; nell'ambito dell'art 2 sono definiti in particolare i concetti di valore limite di immissione (assoluto e differenziale) e di emissione con riferimento alle modalità ed ai criteri di misura riportati nel DPCM 1/3/91. Tale legge definisce inoltre le specifiche competenze di tutti i soggetti coinvolti nella problematica in oggetto (Stato, Regioni, Comuni ed Imprese) per la revisione e la nuova definizione dell'entità dei valori limite in relazione alla destinazione d'uso delle aree da proteggere (zonizzazione acustica del territorio comunale), la predisposizione dei piani di risanamento, le metodologie di misura, ecc. La Legge Quadro può essere considerata la premessa a tutta una serie di decreti attuativi e leggi regionali che costituiranno i nuovi riferimenti tecnici e normativi per tutto ciò che concerne l'inquinamento acustico in ambiente esterno ed all'interno dell'ambiente abitativo.

- DPCM 1 marzo 1991

Limiti massimi di esposizione a rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno: Dopo l'approvazione della legge quadro, tale decreto rimane temporaneamente in vigore per quanto richiamato specificamente dalla stessa legge quadro o dai relativi decreti di attuazione. I valori limite definiti sono applicabili qualora il Comune non abbia ancora provveduto alla zonizzazione acustica del territorio; tali valori limite sono riportati in Tabella 1:

<u>Zona</u>	<u>Diurno</u>	<u>Notturmo</u>
<u>Tutto il territorio nazionale</u>	70	60
<u>Zona A (DM 1444/68)</u>	65	55
<u>Zona B (DM 1444/68)</u>	60	50
<u>Zona esclusivamente industriale</u>	70	70

Tabella 1: Valori Limite

- DPCM 14 Novembre 1997

Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore: Definisce i valori limite delle sorgenti sonore, aggiornando i limiti di inquinamento acustico già fissati per le zone territoriali (criterio assoluto), distinguendo fra valori limite assoluti di immissione, e valori limite di emissione, (livelli sonori dovuti al funzionamento singolo di ciascuna sorgente sonora), ed individuando i limiti all'interno dell'ambiente abitativo (criterio differenziale). Di seguito si riportano le tabelle riassuntive con i nuovi limiti introdotti dal DPCM in oggetto (tabelle 3.1.2 e 3.1.3) e da utilizzarsi nel

caso in cui il Comune abbia provveduto alla zonizzazione acustica del territorio ai sensi dell'art 6 c.1 lett. (a) Legge 447/95.

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

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

Nelle tabelle precedenti si deve intendere per periodo DIURNO la parte della giornata compresa fra le ore 06.00 e le ore 22.00; per periodo NOTTURNO la restante parte della giornata, compresa fra le ore 22.00 e le ore 06.00.

- DM 16 marzo 1998

Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico: Stabilisce le tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento da rumore; vengono definite in modo particolare le caratteristiche tecniche che la strumentazione di misura deve possedere e soprattutto le norme tecniche e le metodologie per l'esecuzione delle misure allo scopo di ottenere i necessari parametri da confrontare con i limiti riportati nel DPCM 14/11/97.

- DM 31 marzo 1998

Atto di indirizzo e coordinamento recante criteri generali per l'esercizio dell'attività del tecnico competente in acustica, ai sensi dell'art 3, comma 1, lettera b), e dell'art 2, commi 6,7 e 8, della legge 26 ottobre 1995, n.447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico".

- Decreto del Presidente della Repubblica 30 marzo 2004, n.142

Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'art 11 della Legge 26 ottobre 1995, n.447.

Tale decreto provvede alla definizione dell'ampiezza delle "fasce di pertinenza acustica", separatamente per strade esistenti e di nuova realizzazione, e per i vari tipi e sottotipi di strada; i limiti da rispettare all'interno delle fasce di pertinenza acustica sono stabiliti per due tipologie di ricettori: scuole, ospedali, case di cura e riposo, ed altri ricettori.

All'esterno della fascia di pertinenza acustica il contributo del traffico veicolare che percorre l'infrastruttura stradale non deve in ogni caso superare i limiti di emissione stabiliti per le varie classi acustiche identificate nella Classificazione Acustica del Territorio Comunale.

- La Legge Regionale n. 89 del 01 dicembre 1998

"Norme in materia di inquinamento acustico" in attuazione dell'art. 4 della legge 26 ottobre 1995, n. 447 (Legge quadro sull'inquinamento acustico) e del D.Lgs. 31 marzo 1998, n. 112 (Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59) detta norme finalizzate alla tutela dell'ambiente e della salute pubblica dall'inquinamento acustico prodotto dalle attività antropiche, disciplinandone l'esercizio al fine di contenere la rumorosità entro i limiti stabiliti.

- Il D.G.R. n° 788 del 13/07/99

"Definizione dei criteri per la redazione della documentazione di impatto acustico e della relazione previsionale di clima acustico ai sensi dell'art. 12 comma 2 e 3 della L.R. n°89/98" stabilisce criteri e le modalità operative per la realizzazione della previsione di impatto acustico e della valutazione previsionale del clima acustico.

- La L.R.n. 67 del 29/11/04

"Modifiche alla legge regionale 1 dicembre 1998, n. 89 (Norme in materia di inquinamento acustico)" integra alcuni aspetti della L.R. 89/98 in particolare modo sull'impatto acustico prescrive prescritta l'obbligatorietà, qualora i livelli di rumore previsti superino i valori di emissione definiti dal D.P.C.M. 14 novembre 1997, ai sensi dell'art. 3, com. 1, lett. a), l. 447/1995, dell'indicazione delle misure previste per ridurre o eliminare le emissioni sonore causate dall'attività o dagli impianti.

4.2 Piani di Classificazione Acustica

A livello ambientale, ed in particolare per quanto riguarda l'impatto acustico, è necessario confrontarsi con lo stato di attuazione degli obblighi fissati dalla legge 447/95 ("Legge quadro sull'inquinamento acustico"). Fra tali obblighi è prevista, a carico dei Comuni, l'emissione della "Classificazione acustica del territorio comunale" (detta anche zonizzazione acustica). Nella Regione Toscana l'emissione di tale documento è regolata dalla legge regionale n.89/1998 e dalle linee guida contenute nella delibera C.R.T. n 77 del 22/2/2000 che definisce principi, metodologie e criteri per la redazione della classificazione acustica.

L'obiettivo della classificazione acustica è quello di dividere il territorio comunale in CLASSI ACUSTICHE, con riferimento al Piano Regolatore vigente ed alle seguenti definizioni:

- ✓ **I Aree particolarmente protette:** rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione: aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo e allo svago, aree residenziali rurali e di particolare interesse turistico, parchi pubblici.
- ✓ **II Aree destinate ad uso prevalentemente residenziale:** rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con basse densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali e con assenza di attività industriali ed artigianali
- ✓ **III Aree di tipo misto:** rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici, con limitata presenza di attività artigianali, e con assenza di attività industriali
- ✓ **IV Aree intensa attività umana:** rientrano in questa classe le attività urbane interessate da intenso traffico stradale, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali ed uffici, con presenza di attività artigianali. Le aree in prossimità di grandi linee di comunicazione, di linee ferroviarie, di aeroporti, le aree portuali. Le aree con limitata presenza di industrie
- ✓ **V Aree prevalentemente industriali:** rientrano in questa classe le aree prevalentemente interessate da attività industriali e con scarsità di abitazioni
- ✓ **VI Aree esclusivamente industriali:** rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività e prive di insediamenti abitativi

Le Zonizzazioni Acustiche devono essere completate con l'inserimento delle fasce di pertinenza delle infrastrutture ferroviarie, stradali ed aeroportuali, previste dai decreti attuativi:

Stradale: D.P.R. 30 Marzo 2004 n.142 recante "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'Art 11 della L. n. 447/95", Gazzetta Ufficiale n.127 del 1 giugno 2004, entrato in vigore il 16 Giugno 2004.

Aeroportuale: D.M. 31/10/97 "Metodologia di misura del rumore aeroportuale" (Art 6) caratterizzazione acustica dell'intorno aeroportuale e definizione delle specifiche aree di rispetto.

Ferroviano: D.P.R. n. 459 del 18/11/98 "Regolamento recante norme di esecuzione dell'art 11 della legge 26 Ottobre 1995 n.447 in materia di inquinamento acustico da traffico ferroviario": stabilisce le norme per la prevenzione ed il contenimento dell'inquinamento da rumore avente origine da infrastrutture ferroviarie definendo tra l'altro all'art 3, le relative fasce di pertinenza.

4.3 Stato di approvazione del Piano comunale di classificazione acustica del Comune di Sesto Fiorentino

L'area aeroportuale prevista dall'ipotesi di riconfigurazione dell'aeroporto insiste sui comuni di Firenze e di Sesto Fiorentino; sono inoltre presenti ad Ovest dal sedime i comuni di Campi Bisenzio e Prato; il Polo Scientifico, oggetto del presente studio, ricade però nel solo Comune di Sesto

Fiorentino. Occorre quindi analizzare il piano di zonizzazione acustica di tale Comune per contestualizzare la classificazione acustica dell'area. La successiva tabella schematizza lo stato di approvazione del Piano di Classificazione acustica:

Comune	Stato approvazione del Piano di classificazione acustica
Sesto Fiorentino	Il comune di Sesto Fiorentino ha approvato la zonizzazione acustica del territorio con delibera C.C. n 11 del 23/02/2005

La classificazione acustica vigente al momento della redazione del presente studio, evidenzia l'assenza di aree di tipo residenziale (Classe II) o particolarmente protette (Classe I) nelle vicinanze del sedime aeroportuale. Pur tuttavia, nelle valutazioni di impatto, condotte nell'ambito del presente studio, si farà riferimento proprio ai limiti di immissione acustica della classe II quali parametri di riferimento per l'area del Polo, in virtù delle caratteristiche peculiari dell'area in oggetto e delle attività ivi insistenti.

4.4 Normativa sul rumore aeroportuale

Dall'analisi della normativa vigente in termini di classificazione acustica del territorio e di normativa specifica per il settore aeroportuale, sono 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.

- 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):

$$L_{VAj} = 10 \log \left[\frac{17}{24} \cdot 10^{L_{VA_d}/10} + \frac{7}{24} \cdot 10^{L_{VA_n}/10} \right] \text{dB(A)}$$

dove L_{VA_d} e L_{VA_n} rappresentano rispettivamente il livello di valutazione del rumore aeroportuale nel periodo diurno (06.00 - 23.00) e notturno (23.00 - 06.00).

dove:

$$L_{VA,d} = 10 \log \left[\frac{1}{T_d} \sum_{i=1}^{N_d} 10^{SEL_i/10} \right] dB(A)$$

in cui $T_d = 61.200$ s è la durata del periodo diurno;
 N_d è il numero totale dei movimenti degli aeromobili in detto periodo;
 SEL_i è il livello dell' i -esimo evento sonoro associato al singolo movimento.

$$L_{VA,n} = \left[10 \log \left(\frac{1}{T_n} \sum_{k=1}^{N_n} 10^{SEL_k/10} \right) + 10 \right] dB(A)$$

In cui $T_n = 25.200$ s è la durata del periodo notturno;
 N_n è il numero totale dei movimenti degli aeromobili in detto periodo;
 SEL_k è il livello sonoro dell' k -esimo evento associato al singolo movimento.

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. Il decreto indica inoltre le caratteristiche e le modalità di definizione delle aree A, B, C di rispetto nell'intorno aeroportuale (si definisce Intorno Aeroportuale, il 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)), tenuti in debito conto il Masterplan e gli strumenti di pianificazione urbanistica dei comuni territorialmente interessati.

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.

DM 3.12.98 "Procedure antirumore e zone di rispetto degli aeroporti" Il decreto 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.

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

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" Il criterio costituisce riferimento per la progettazione e la realizzazione dei sistemi di monitoraggio a lungo termine in prossimità degli aeroporti.

Decreto legislativo del 19 agosto 2005, n. 194 – "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale". Il decreto 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.

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” Il decreto 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 LVA1 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. Masterplan 2035 (precedentemente Masterplan 2014-2029) ed area oggetto dello studio

Nel quadro territoriale oggetto di analisi sono riportati i ricettori potenzialmente critici nell'ambito dello Studio di Impatto Ambientale e rispetto ai quali era stata avanzata la proposta di realizzazione dell'intervento di mitigazione acustica, oggetto della prescrizione A.17 del Decreto VIA.

E' stata mantenuta la nomenclatura con cui gli stessi ricettori erano stati identificati nell'ambito della procedura di Valutazione di Impatto Ambientale al fine di poter correlare i risultati del presente studio con i dati già esaminati dal Ministero dell'Ambiente.

I ricettori sono ubicati alla distanza di circa 350 m dall'asse della nuova pista 11-29 di progetto, compresi in una fascia di 300 m.

Gli edifici in oggetto sono stati cautelativamente considerati come ricettori sensibili in virtù del loro inserimento all'interno del complesso del Polo Scientifico, e quindi per essi si sono assunti i limiti acustici di Classe II in luogo dei limiti della Classe IV che effettivamente risulta attribuita all'area dal vigente Piano Comunale di Classificazione Acustica.

In particolare:

- PS1: Plesso Didattico. Edificio di 5.000 mq, sviluppato su due piani. Le aule si trovano al piano terra, mentre al piano superiore si trovano gli uffici della Segreteria studenti e la biblioteca di scienze.
- PS12: OpenLab. La struttura si sviluppa su circa 1.000 mq, su un solo piano, ed è composta da tre laboratori per esperienze didattiche e ospita saltuariamente studenti delle scuole primaria e secondaria in visita dalle 8.30 alle 13-.30.
- PS13: LENS. Il laboratorio si sviluppa su una superficie di circa 3500 mq e su due piani. Al piano terra ospita laboratori di ricerca e di servizio, mentre il piano superiore ospita gli studi dei ricercatori e degli studenti, oltre all'amministrazione e a un'aula magna.
- PS14: Dipartimento di Fisica e Astronomia. Il Dipartimento si sviluppa su una superficie di circa 12.000 mq, su tre piani. Il piano terra ospita alcune aule di medie dimensioni, un'aula magna e laboratori di ricerca. Il primo piano ospita aule, laboratori didattici e studi per docenti, ricercatori e studenti. Il secondo piano ospita le amministrazioni del Dipartimento e dell'INFN, oltre a studi per docenti, ricercatori e studenti.
- PS32: Fisica Sperimentale – Laboratori INFN. L'edificio si sviluppa su circa 10.000 mq, su due piani. Esso ospita attività dell'INFN legate ad esperimenti, nonché (al piano terra) laboratori didattici. Una parte dell'edificio è dedicata all'attività del Labec. Al piano terra sono ospitati solo laboratori, al primo piano ci sono studi, due aule per riunione e un'aula per seminari, nonché laboratori. Adiacente all'edificio è un secondo edificio di circa 500 mq che ospita l'officina meccanica.
- PS41: Coordinamento di Polo. L'edificio di coordinamento accoglie gli uffici del personale di coordinamento (servizi generali e logistica), mentre la parte superiore accoglie la centrale termica di Polo.
- PS45: DISPAA. La sezione di arboricoltura generale e coltivazioni arboree del DISPAA ospita laboratori di ricerca, aule e laboratori didattici.

Nelle figure successive si riportano le foto dell'area oggetto di studio e dei ricettori del Polo scientifico:

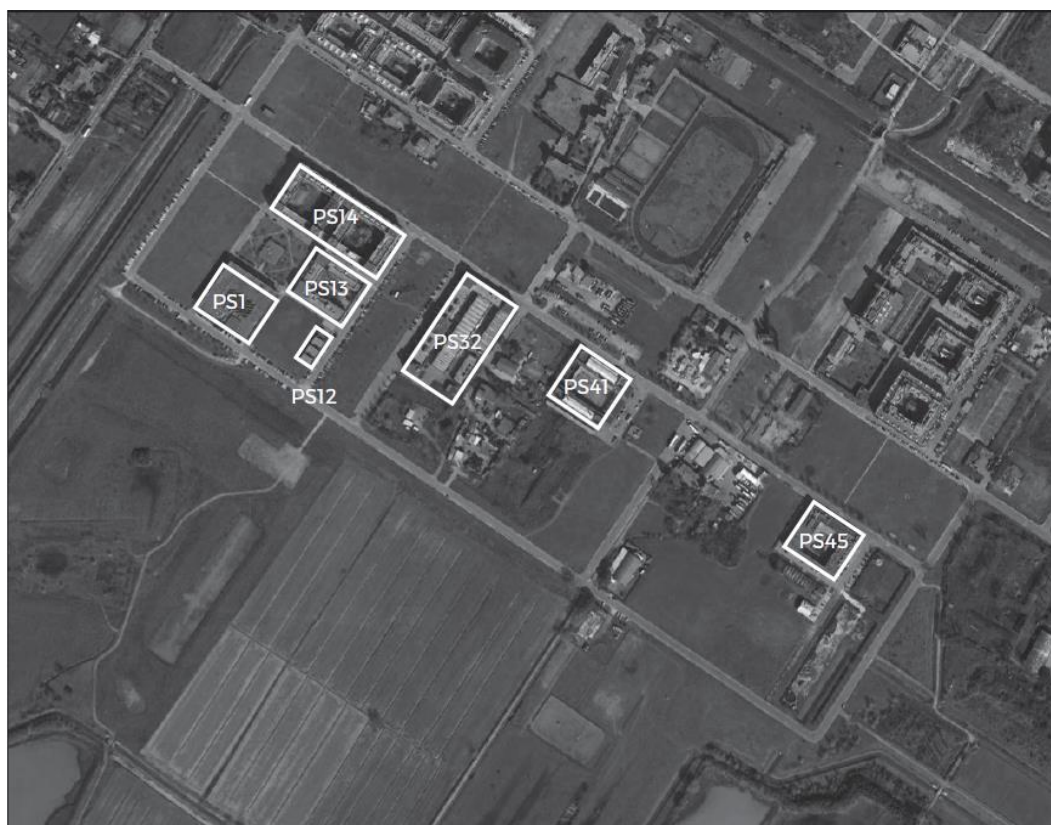


Figura 3: Polo Tecnologico e Scientifico



Figura 4: Ricettori del Polo Scientifico

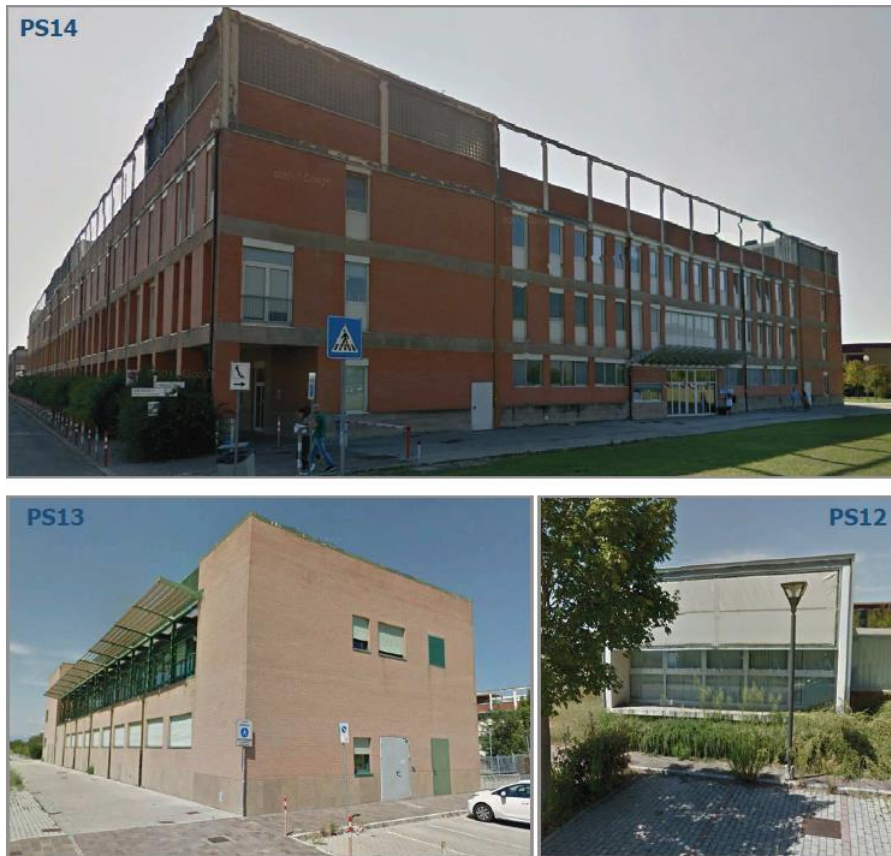


Figura 5: Ricettori del Polo Scientifico

6. Procedura di Analisi

La procedura di analisi del presente studio è descritta in seguito.

Per questo studio di mitigazione acustica, sono state acquisite le planimetrie geo-referenziate (Regione Toscana) delle aree oggetto, è stato ricostruito lo scenario tridimensionale dell'area e degli edifici ivi presenti attraverso un software di modellizzazione numerico-acustica (CADNA-A) e successivamente simulati vari scenari di indagine della prevista nuova pista aeroportuale in funzione della geometria dei luoghi, della posizione dei ricettori e della tipologia di aeromobili attualmente in uso ed in futuro previsti.

Solo ai fini di una validazione delle simulazioni numeriche, contemporaneamente alle attività di simulazione, è stata realizzata, sulla pista aeroportuale attualmente in uso, una campagna di monitoraggio fonometrica sperimentale durante la quale sono stati acquisiti i livelli di pressione acustica esistenti concernenti le operazioni di decollo ed atterraggio di una ampia classe di velivoli che attualmente risultano in esercizio e che sono previsti nella fleet mix di progetto del Masterplan dell'aeroporto di Firenze.

I risultati numerici e sperimentali così ottenuti sono stati analizzati e confrontati al fine di "tarare" il modello numerico per garantire la significatività dei risultati simulati. Tale confronto non viene comunque riportato nell'ambito della relazione per evitare inutili appesantimenti della stessa.

Appurata la validità e l'affidabilità del modello numerico-acustico, si è quindi proceduto ad una valutazione dei livelli di rumore (stimati mediante la metrica LVA) attesi nelle aree del Polo, sulla base del fleet-mix di riferimento per le tre settimane di picco del Masterplan (così come indicato dalla normativa di riferimento).

In una successiva fase, è stata introdotta nel modello numerico "la Duna" prevista e georeferenzata nei modelli CAD, simulando la variazione del campo acustico principalmente nella zona relativa intorno gli edifici del Polo Scientifico e Tecnologico potenzialmente ritenuti i più esposti ai livelli di rumorosità possibilmente indotti dall'esercizio della nuova pista.

I livelli di rumorosità, attesi in facciata degli edifici critici, sono stati quindi valutati considerando l'intervento di mitigazione acustica dovuto alla presenza della duna di progetto ed è stata verificata la compatibilità con i limiti di immissione in periodo diurno (Classe II) in facciata ai ricettori appartenenti al Polo Scientifico e Tecnologico.

Nei successivi paragrafi, verranno forniti i dettagli delle varie fasi e degli strumenti adoperati nella procedura.

7. Software utilizzato per la simulazione acustica

L'analisi numerica è stata condotta in ambiente Cadna-A che permette di essere utilizzato per studiare il fenomeno acustico generato da rumore stradale, ferroviario, industriale ed Aeroportuale. Il codice Cadna-A è un codice Ray Tracing, ovvero basato sul metodo dell'acustica geometrica, ed implementa algoritmi ottimizzati di fast solving di domini complessi per modellizzare la propagazione acustica in ambiente esterno tenendo in considerazione fattori come la disposizione e forma degli edifici, la topografia del sito, il tipo di terreno e gli effetti meteorologici.

Il modulo aeronautico di CADNA-A, in similitudine ad altri codici quali ad esempio AEDT, è stato progettato per poter eseguire il calcolo del rumore aeroportuale, implementando i differenti algoritmi di calcolo e i data base dei velivoli così come riconosciuti dalla normativa tecnica di riferimento.

Il codice consente di calcolare tutti i parametri del dominio acustico, tra cui le funzioni all'impulso che possono essere anche esportate per successive operazioni di calcolo dinamico spazio/temporale ed auralizzazione del suono e la modellizzazione di sorgenti puntiformi, lineari, superficiali.

Il modulo aeronautico di CADNA-A è dotato di un database contenente le varie tipologie di aeromobili (A319, A320, B747) etc, con le relative caratteristiche acustiche molto dettagliate e variabili in funzione delle caratteristiche aerodinamiche (rateo di salita, peso al decollo, inclinazione dei flaps, freni aerodinamici, invertitore di spinta,) di ciascun modello di aeromobile.

8. Sviluppo di un modello numerico acustico previsionale per la futura pista.

Dalla cartografia tecnica della Regione Toscana sono stati importati, diversi moduli cartografici (mappa in scala 1:10000) geo referenziati della zona oggetto di studio, importando l'area aeroportuale "A. Vespucci" ed il suo circondario con un raggio di circa 10 km e successivamente si è provveduto, tramite software CADNA-A, alla costruzione di una mappa 3D geo referenziata con disposizione, forma ed altezza degli edifici, la topografia del sito..etc.

La Figura 6 e la Figura 7 illustrano quanto esposto.



Figura 6: Zona Aeroportuale "A.Vespucci"

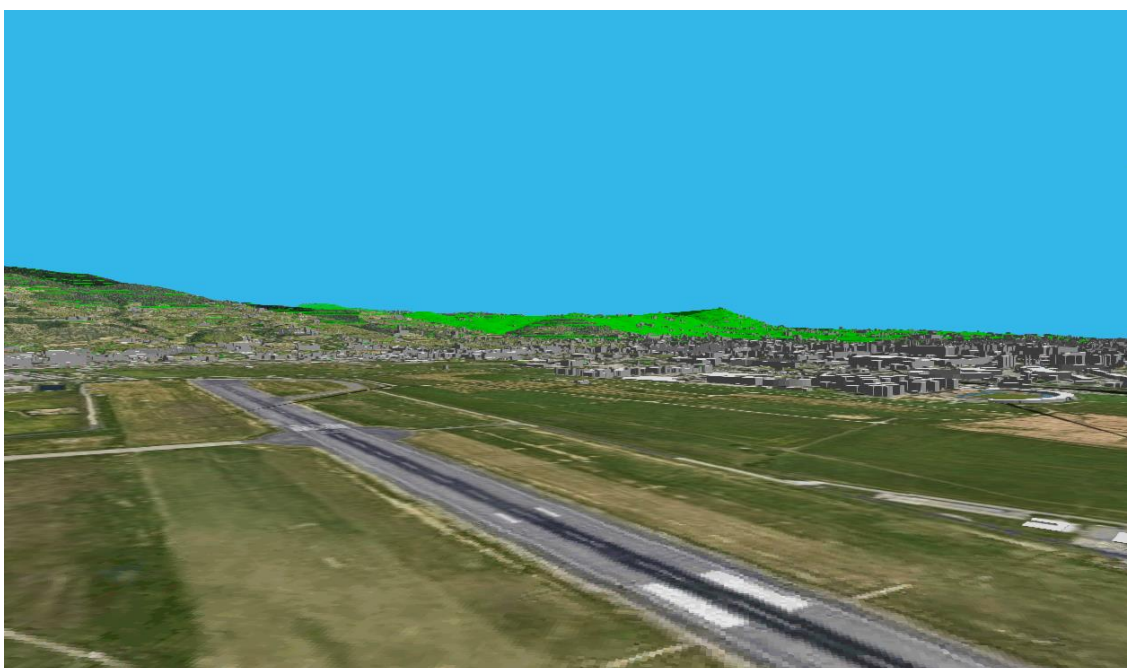


Figura 7: Modello 3D implementato con il software.

Sul modello così ottenuto è stata inserita la nuova pista prevista per l'aeroporto di Firenze tramite CAD geo referenziato evidenziata in rosso nella seguente figura



Figura 8: Nuova pista prevista (in rosso) per Aeroporto di Firenze.

Sulla stessa pista sono state importate le tracce 2D (in verde), previste da progetto, percorse dagli aeromobili in fase di decollo e di atterraggio fino ad una distanza dalla pista di volo di circa 10km.

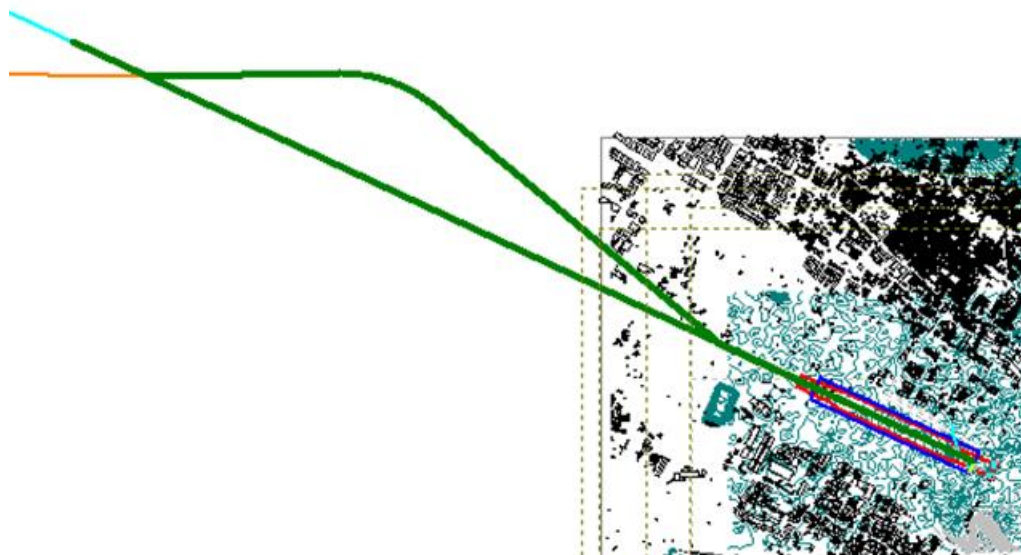


Figura 9: Tracce decollo e atterraggio (Scala 1:20000)

Partendo dall'analisi del fleet mix dell'aviazione commerciale previsto dal Masterplan 2035, di cui si riporta lo schema nella figura sottostante, sono state calcolate le percentuali di utilizzo per ciascun modello di aeromobile in un arco temporale di 24 ore (% Modello evidenziata in giallo) per meglio definire il numero di movimenti (decollo ed atterraggio) di ogni singola tipologia di aeromobile sulla nuova pista di volo ed approssimare verosimilmente il futuro traffico aereo.

Scenario di traffico Masterplan 2035 AVIAZIONE COMMERCIALE	Tipo Am	conf. Media	L.F. med.	posti occ.	Pax x mod.	n. mov.	n.mov.tot	% Modello	% famiglia AM
	A319NEO	144	77,20%	111	232.000	2.088		4,66%	
	A320NEO	180	84,40%	152	2.088.000	13.744		30,70%	
	A321	195	77,20%	151	116.000	770		1,72%	
							16.602		37,09%
	B738	179	83,20%	149	1.508.000	10.126	10.126	22,62%	22,62%
	CS3	145	80,00%	116	406.000	3.500	3.500	7,82%	7,82%
	E190 E2	102	82,70%	84	348.000	4.126		9,22%	
	E195 E2	132	80,20%	106	1.102.000	10.410		23,26%	
							14.536		32,47%
							100%		
				5.800.000	44.764	44.764	129,6		
				Pax AC Totali	Mov. AC Totali		posti medi occ.		

Figura 10: Fleet Mix – MasterPlan 2035 e percentuali di volo

Un calcolo analogo è stato eseguito per l'aviazione generale con l'unica differenza che, per tale categoria, si è scelto un unico velivolo rappresentativo di tutti i voli previsti sulla nuova pista. Il futuro traffico aereo precedentemente calcolato ed illustrato nella seguente tabella:

Gruppo Velivoli	Numero Atter/Part		
	Giorno	Sera	Notte
A319-131-S1	2.00	1.00	0.00
A320-211-S1	20.00	1.00	1.00
A321-232-S1	2.00	0.00	0.00
737800-S1	14.00	1.00	1.00
A300B4-203-S1	4.00	0.00	0.00
EMB190-S1	4.00	1.00	0.00
EMB195-S1	13.00	1.00	1.00
CNA560XL-S1	4.00	0.00	1.00

Tabella 2: Traffico aereo simulato

Come si evince da tale tabella, il numero di voli per ciascuna tipologia di aeromobile è stato anche suddiviso in fasce orarie diurne, serali e notturne approssimando, anche in questo caso gli orari definiti dal fleet mix. Sono stati quindi considerati in fase di decollo 63 movimenti diurni per un totale di 72 movimenti; la stessa movimentazione è stata definita per la fase di atterraggio per un totale di 144 movimenti giornalieri. Tale numero rappresenta il massimo numero di movimentazione aeroportuale dell'aeroporto fiorentino nel suo periodo di esercizio più intenso (ipotesi conservativa).

Stabilito il numero di voli, tramite il modulo aeronautico del software CADNA-A per ogni decollo ed atterraggio sono state definite due distinte fasi nella elaborazione del modello acustico e per la precisione in fase decollo:

1. Rullaggio, accelerazione con spinta massima e distacco dalla pista;
2. Sorvolo con angolo di salita;

In fase di atterraggio:

1. Avvicinamento alla pista
2. Touchdown, azionamento degli invertitori di spinta e frenata e rullaggio dell'aeromobile.

Le figure sottostanti esplicano in maniera maggiormente esaustiva quanto su esposto. Si ricorda che la linea verde rappresenta la traiettoria percorsa dall'aereo.

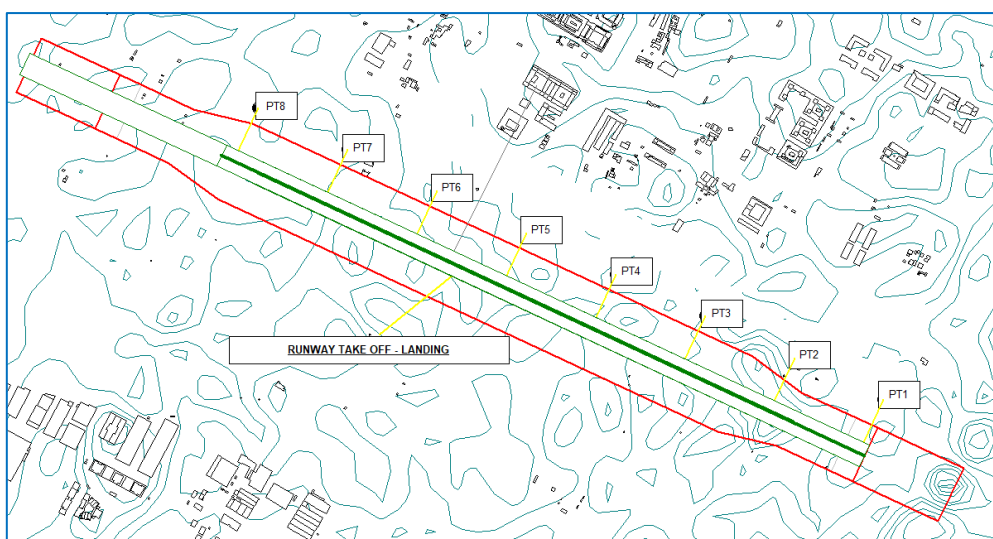


Figura 11: Corse: Decollo – Atterraggio

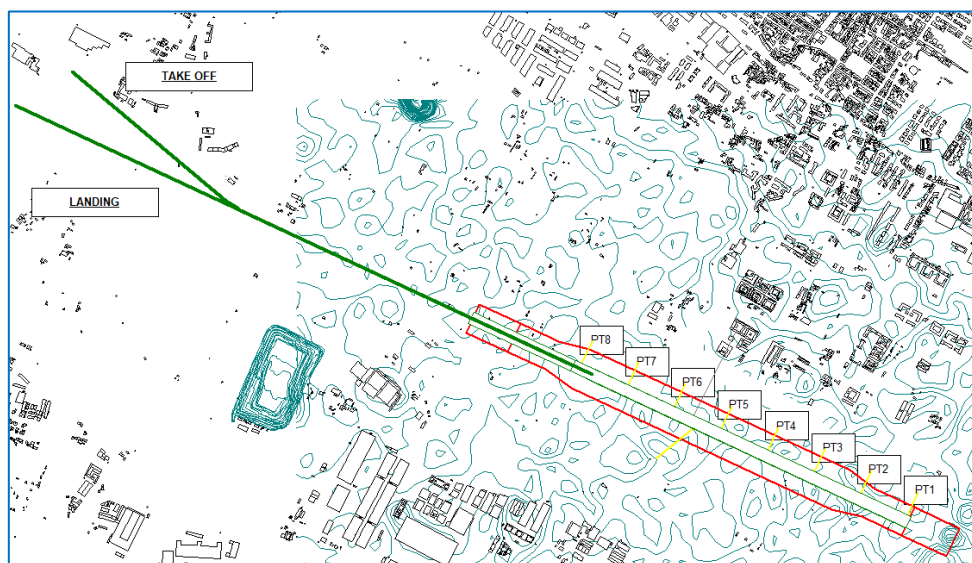


Figura 12: Tracce: Decollo - Atterraggio

In pratica, si è preferito distinguere il rumore acustico proveniente dalla fase in cui l'aeromobile esercita a terra rispetto quella in cui esso inizia/finisce il volo.

Il punto della pista in cui l'aereo inizia il volo è stato definito dopo una corsa di 1700m dall'inizio della pista, mentre il touchdown (atterraggio) è stato definito 100m dopo a 1800m.

A tal punto, nel modello acustico è stato importato un rilevato in terra di altezza 10 metri dal piano di campagna, geo-referenziato da CAD di progetto come illustrato nella seguente figura.

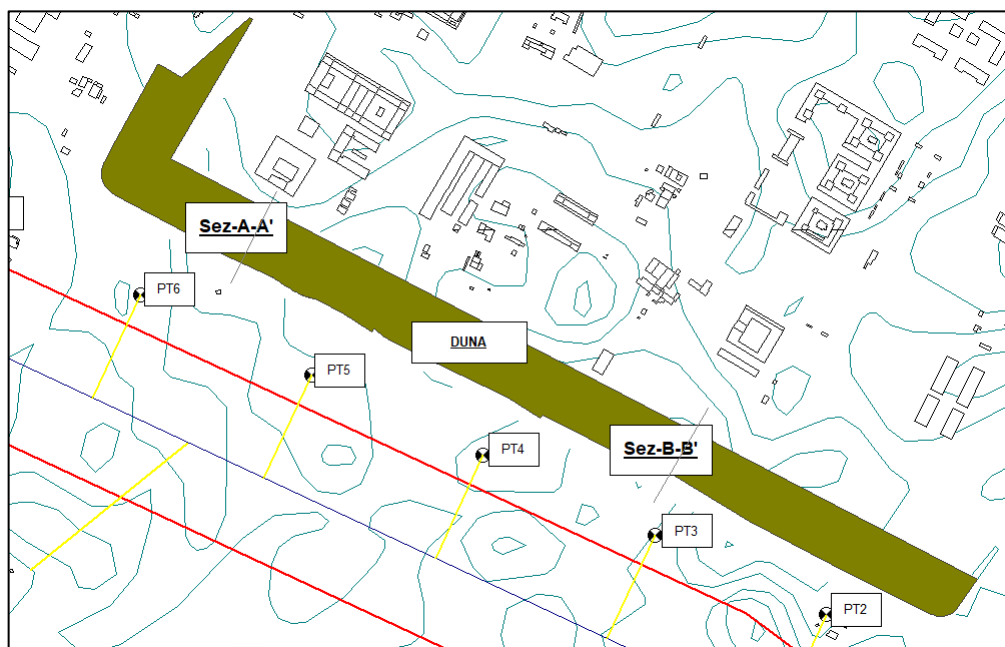


Figura 13: Rilevato in terra di altezza 10 metri (Duna)

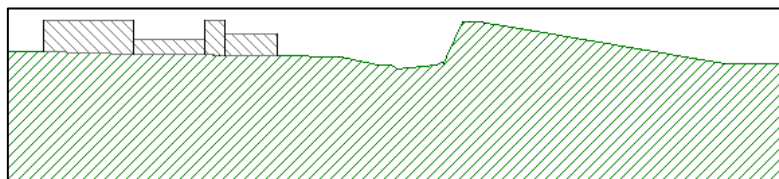


Figura 14: Duna Sez. A-A'

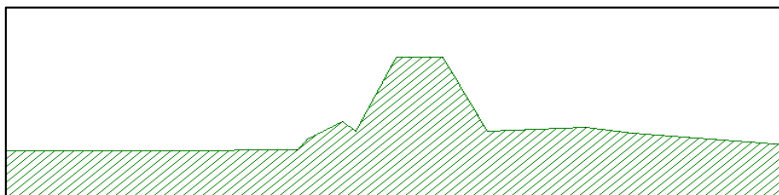


Figura 15: Duna Sez. B-B'

Dopo aver inserito i parametri (valori medi di riferimento descritti nel Masterplan 2035) come temperatura, umidità, vento, assorbimento del terreno riflessione etc, si è eseguita una mappatura acustica intorno la pista considerando come sorgente acustica tutto il traffico aereo previsto per la nuova pista (144 movimenti) composto sia dal Runway (aereo a terra) che dal volo per entrambe le due fasi di decollo ed atterraggio con e senza “Duna”.

Gli algoritmi dei moduli aeronautici dei vari software di simulazione acustica non prevedono, per la loro stessa natura, la propagazione delle onde sonore attraverso un qualsiasi ostacolo (il rumore proviene dall'alto); come previsto nella DIRETTIVA DELEGATA (UE) 2021/1226 che regola le modalità del calcolo del rumore aeroportuale.

Per valutare l'attenuazione del rumore dovuto alla presenza della duna di 10 metri, si è deciso di scomporre la sorgente acustica in due parti: volo e runway.

Per simulare il rumore derivante dal Runway è stata introdotta una sorgente di tipo lineare longitudinale all'asse pista lunga 1800m (inizio pista – touchdown) ad una quota di 2m e con caratteristiche spettrali tali da riprodurre fedelmente il campo acustico generato dal traffico aereo a terra precedentemente calcolato numericamente tramite software.

Sono quindi stati posizionati quattro ricettori virtuali posti a 1,6 metri di altezza del terreno ed a circa 250 metri dalla asse mediano longitudinale della pista al fine di confrontare il campo acustico generato dalla sorgente lineare e quello generato dal traffico aereo a terra e di verificare la validità della approssimazione fatta (tale scelta mutuava le condizioni di misura della campagna sperimentale di riferimento).

Successivamente è stata creata una mappatura acustica definita di “Insertion loss” ottenuta sottraendo i valori (in dB) della mappa acustica generati dalla sorgente lineare senza la presenza di duna e i corrispettivi valori del campo acustico ottenuti dalla stessa sorgente lineare in presenza della duna.

La mappa di “Insertion loss” così ottenuta è stata “sovrapposta” al campo acustico generato dal solo modello aeroportuale; in tal modo la mappatura acustica finale ottenuta, generata dal modello aeroportuale del Software, valuta l'effetto di attenuazione del campo acustico provocato dalla presenza della duna.

9. Risultati del modello previsionale di impatto acustico - Area Polo Scientifico

Definito l'inquadramento ortografico ed il mix di sorgenti acustiche che compongono lo scenario di riferimento, sono state quindi eseguite le simulazioni dei vari scenari .

Nelle successive immagini, si riportano alcune mappe relative alla distribuzione dei livelli sonori (LVA, Lday e Lnight), per lo scenario base e poi per quello in presenza della duna artificiale.

Nelle mappe rimangono evidenti i "paths" (linea verde) delle traiettorie geo-referenziate di decollo ed atterraggio.

Le mappe vengono prima riportate in scala 1:30000 per garantire una adeguata visione di insieme e poi dettagliate per l'area di maggiore interesse.

Per tutte le mappe che verranno di seguito illustrate è stata usata un'unica mappatura di colori con un intervallo di circa 5dB(A) .

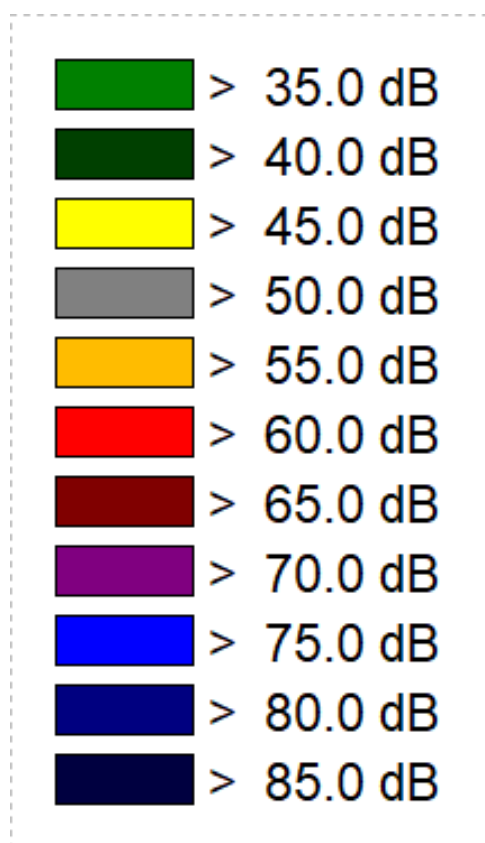


Figura 16: Legenda Isofoniche

Farà eccezione la mappa relativa alle attenuazioni dovute alla duna, che riportano numeri negativi, in quanto non relativi a valori assoluti ma relativi.

9.1 Campo acustico generato dal rumore aeroportuale in assenza di duna (Scala 1:30000)

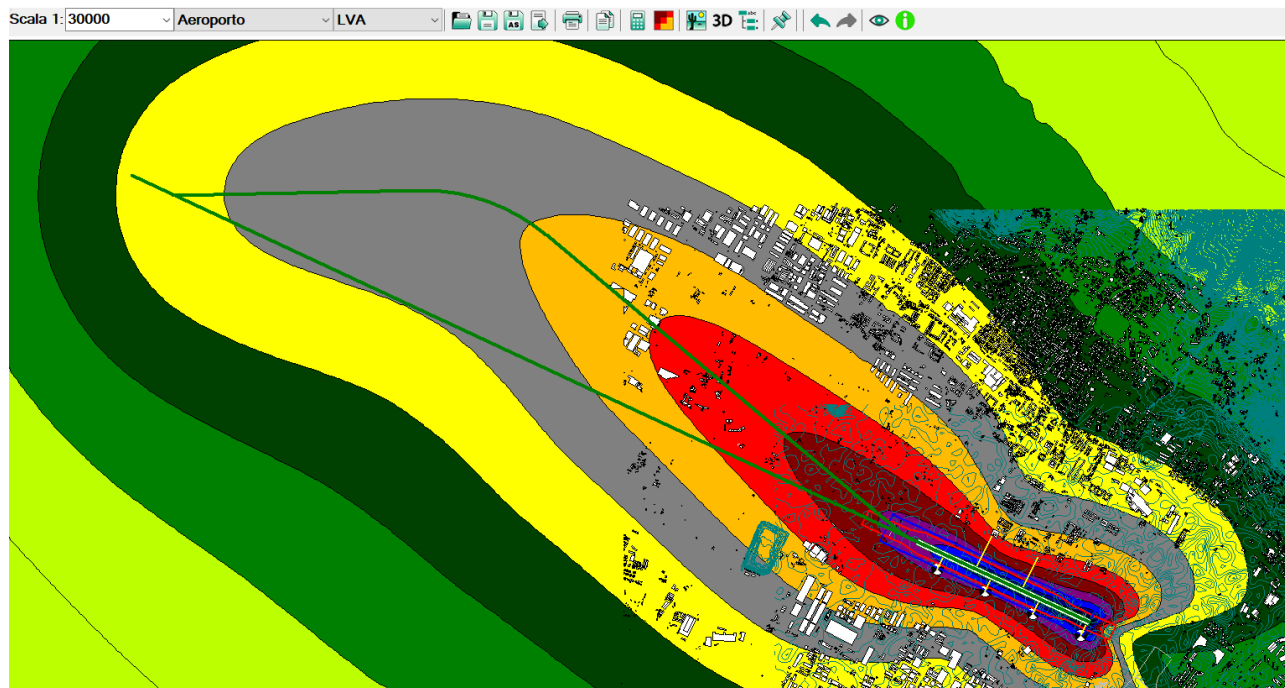


Figura 17: Campo acustico generato dal rumore aeroportuale in assenza di duna – LVA

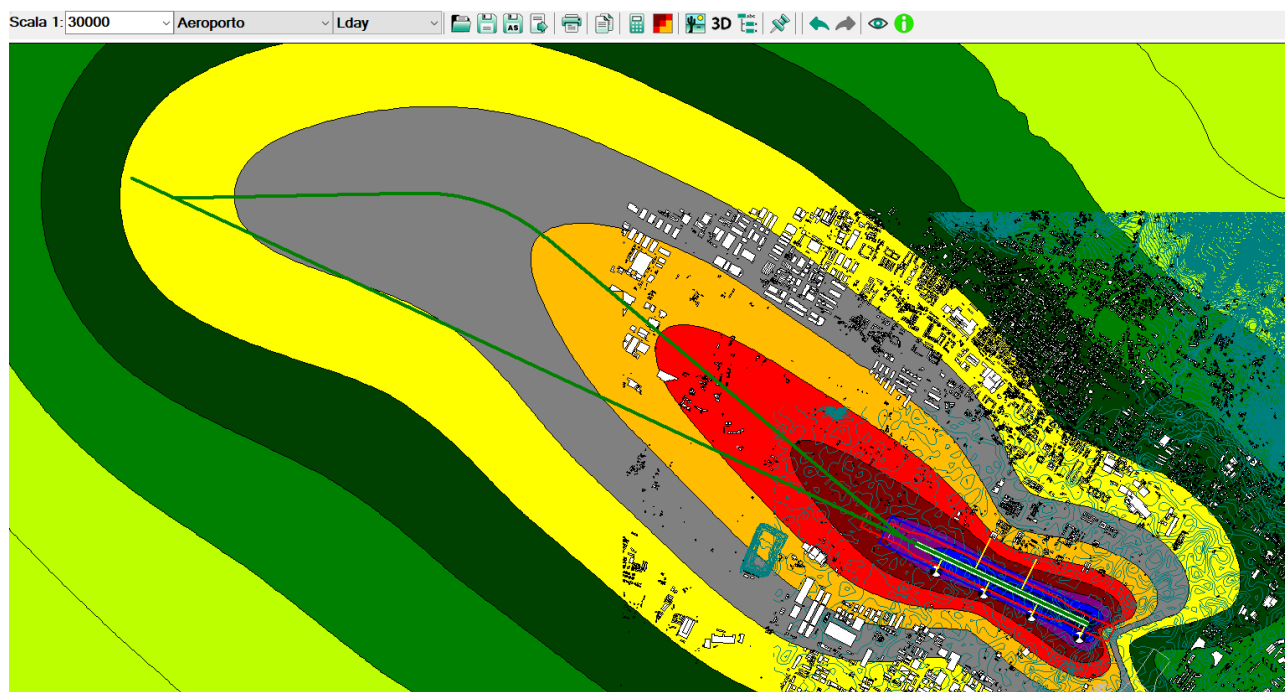


Figura 18: Campo acustico generato dal rumore aeroportuale in assenza di duna – Lday

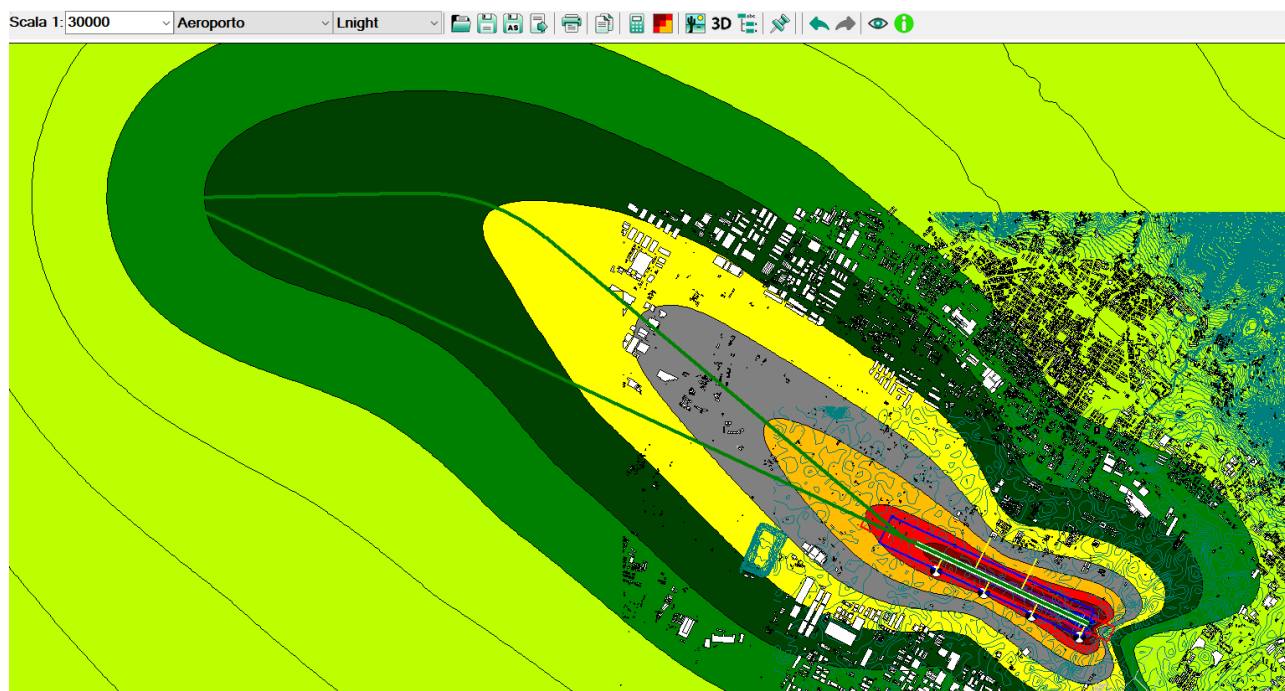


Figura 19: Campo acustico generato dal rumore aeroportuale in assenza di duna – Lnight

9.2 Campo acustico generato dal rumore aeroportuale in assenza di duna (Scala 1:16000)

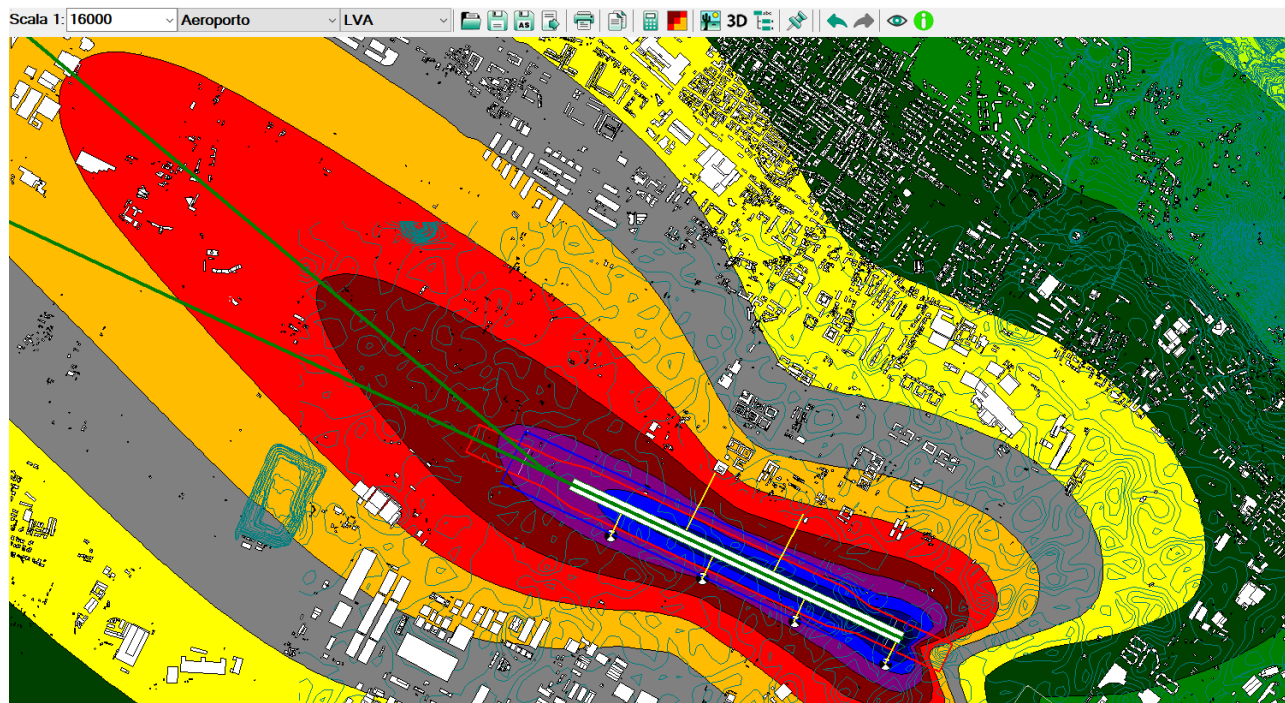


Figura 20: Campo acustico generato dal rumore aeroportuale in assenza di duna – LVA

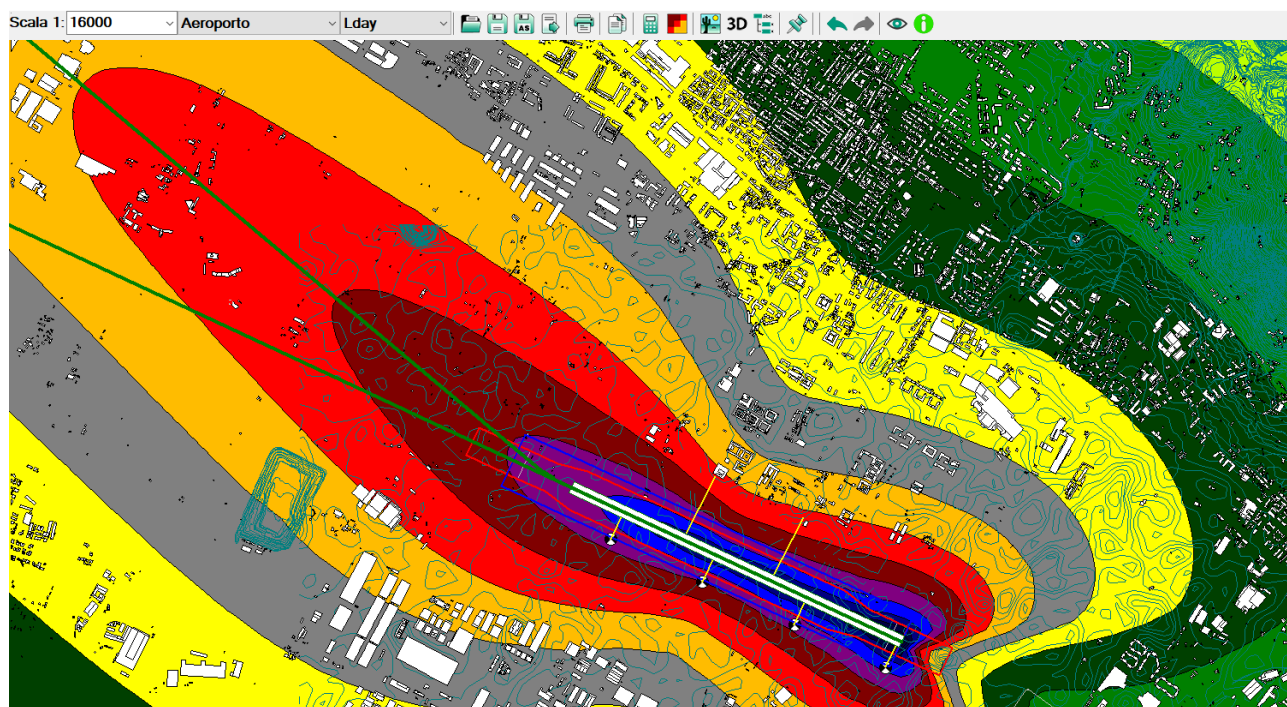


Figura 21: Campo acustico generato dal rumore aeroportuale in assenza di duna – Lday

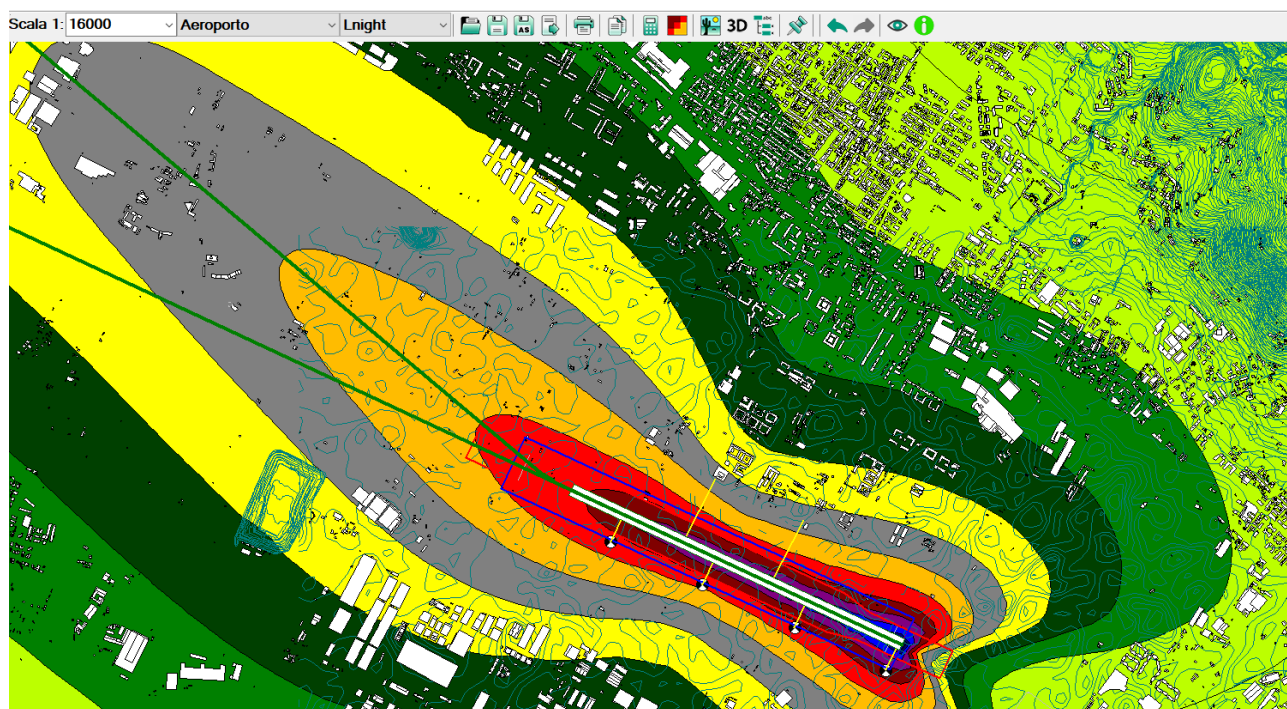


Figura 22: Campo acustico generato dal rumore aeroportuale in assenza di duna – Lnight

9.3 Effetto di attenuazione della barriera (Insertion Loss) - (Scala 1:7500)

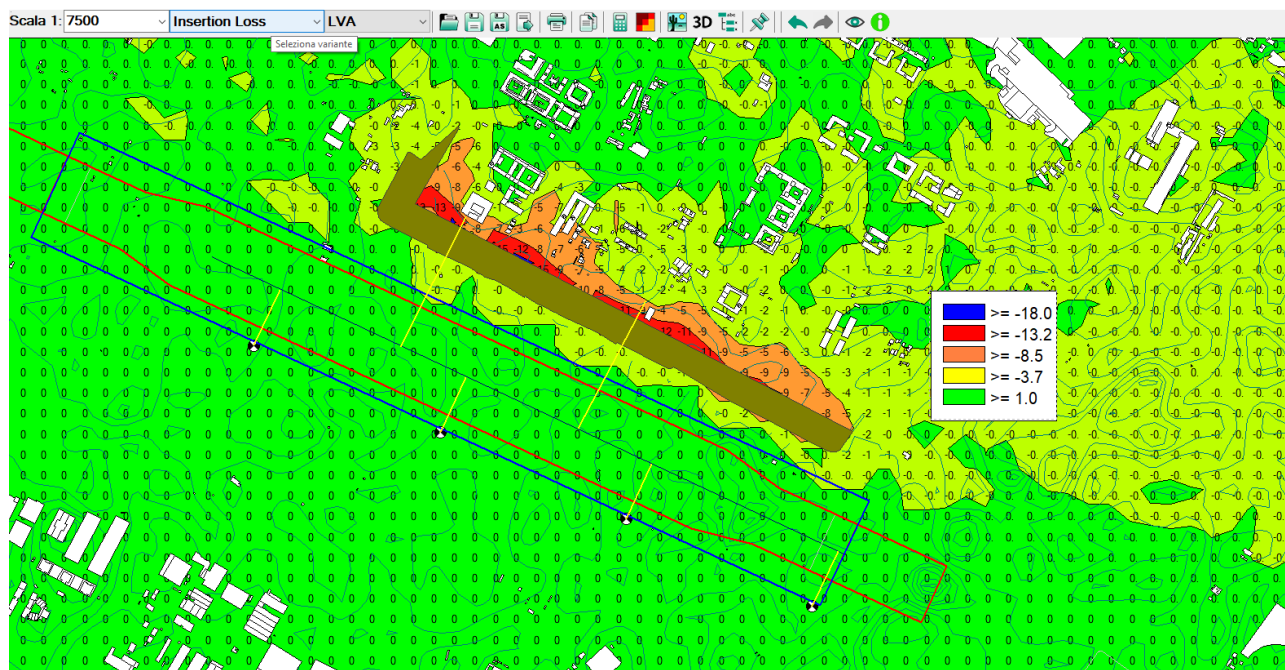


Figura 23: Insertion Loss – LVA

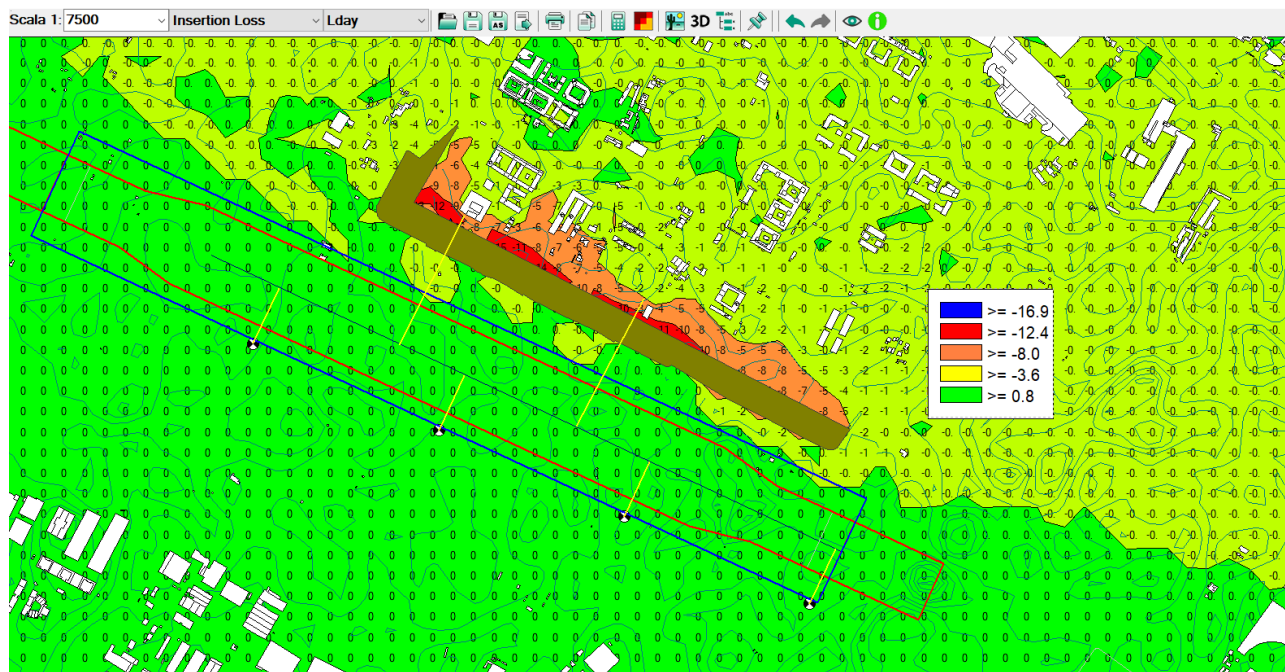


Figura 24: Insertion Loss – Lday

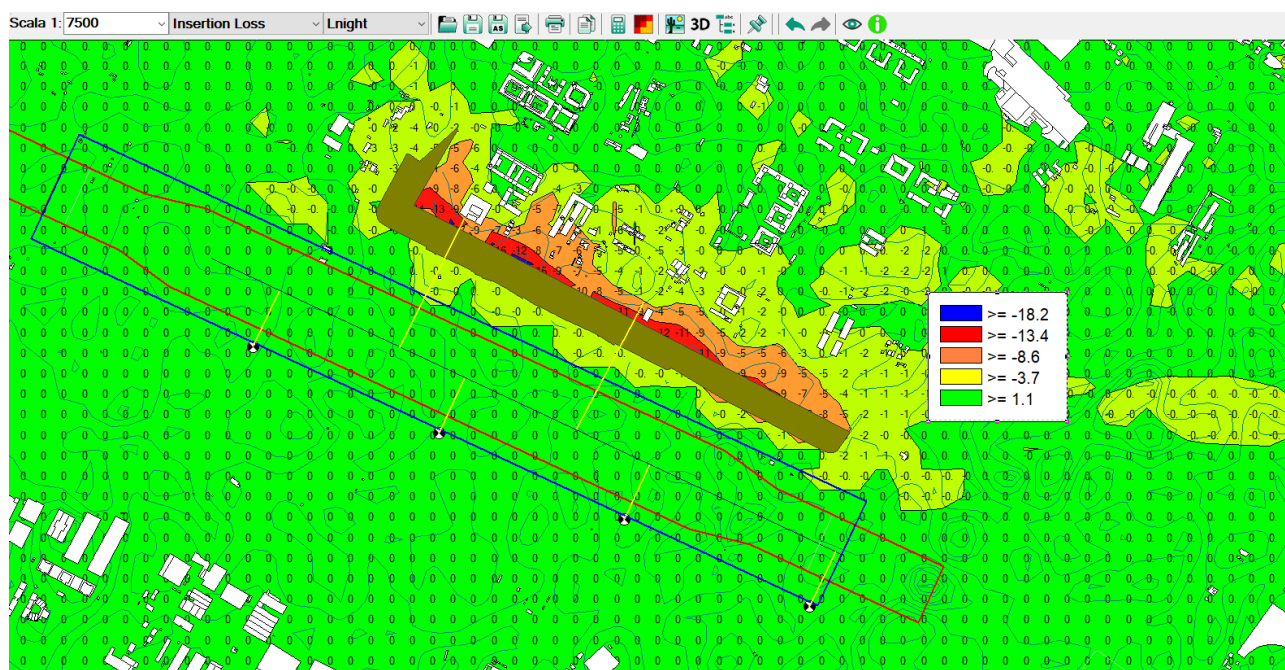


Figura 25: Insertion Loss – Lnigt

A questo punto, il modello acustico aeroportuale è stato combinato con insertion loss, dove è stata introdotto l'effetto della duna artificiale di progetto, per elaborare il campo acustico del rumore aeroportuale con presenza di duna.

9.4 Campo acustico generato dal rumore aeroportuale con presenza di duna (Scala 1:16000)

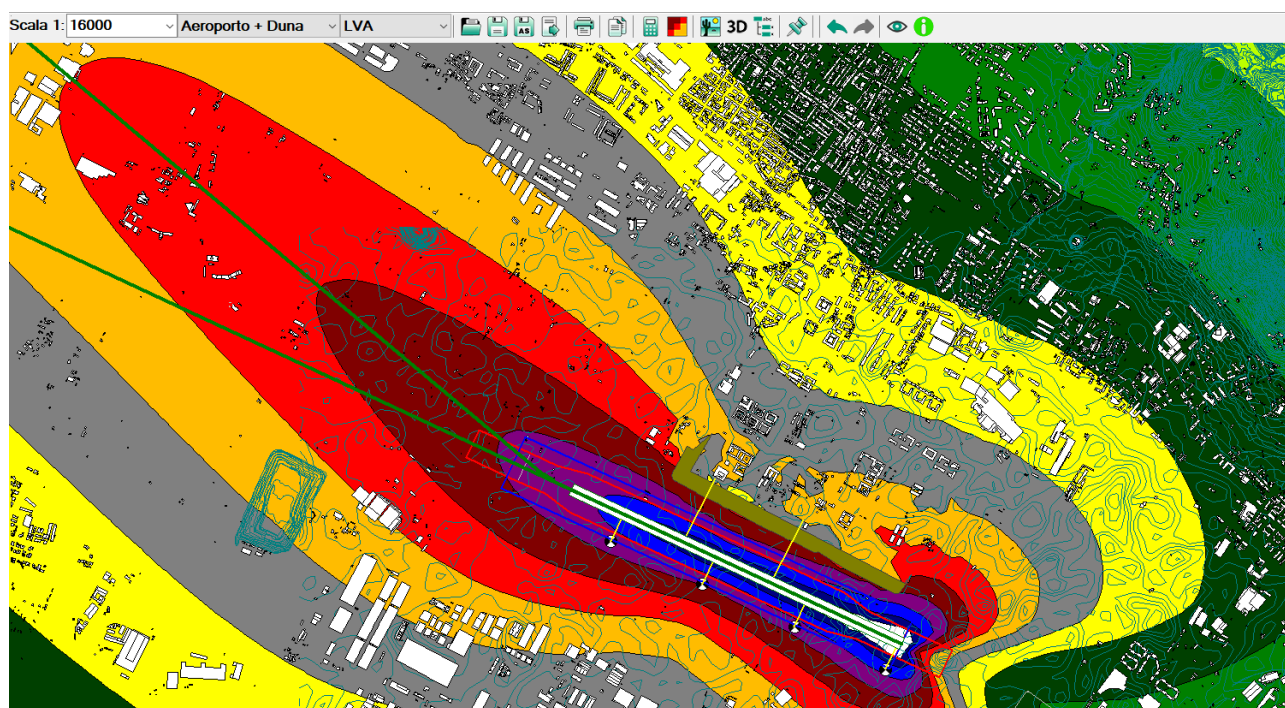


Figura 26: Campo acustico generato dal rumore aeroportuale in presenza di duna – LVA

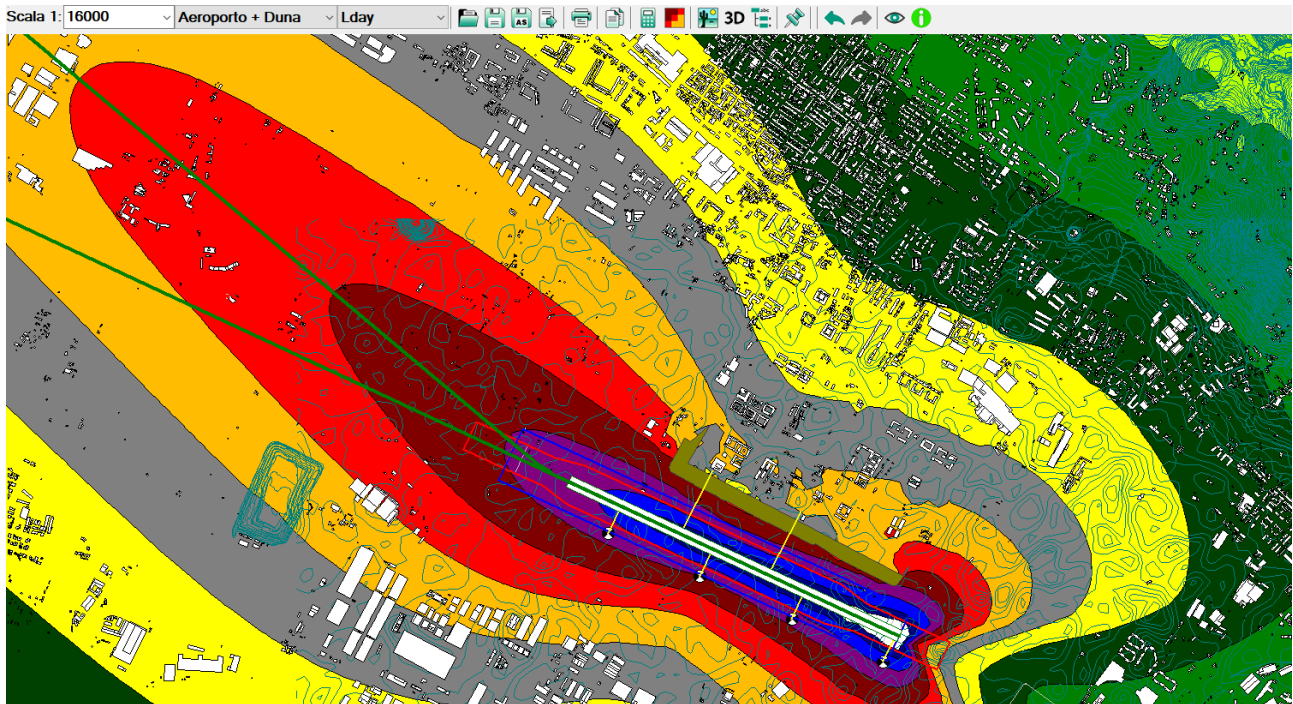


Figura 27: Campo acustico generato dal rumore aeroportuale in presenza di duna – Lday

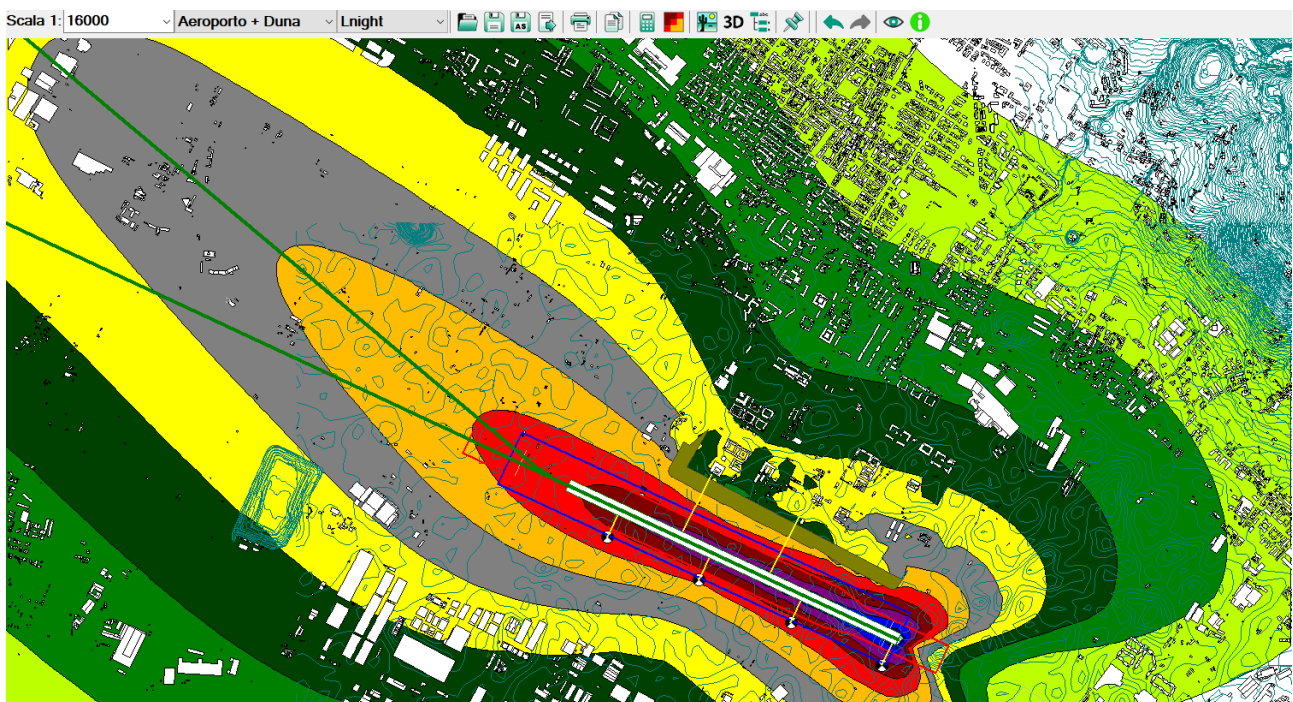


Figura 28: Campo acustico generato dal rumore aeroportuale in presenza di duna – Lnight

9.5 Campo acustico generato dal rumore aeroportuale con presenza di duna (Scala 1:5000)

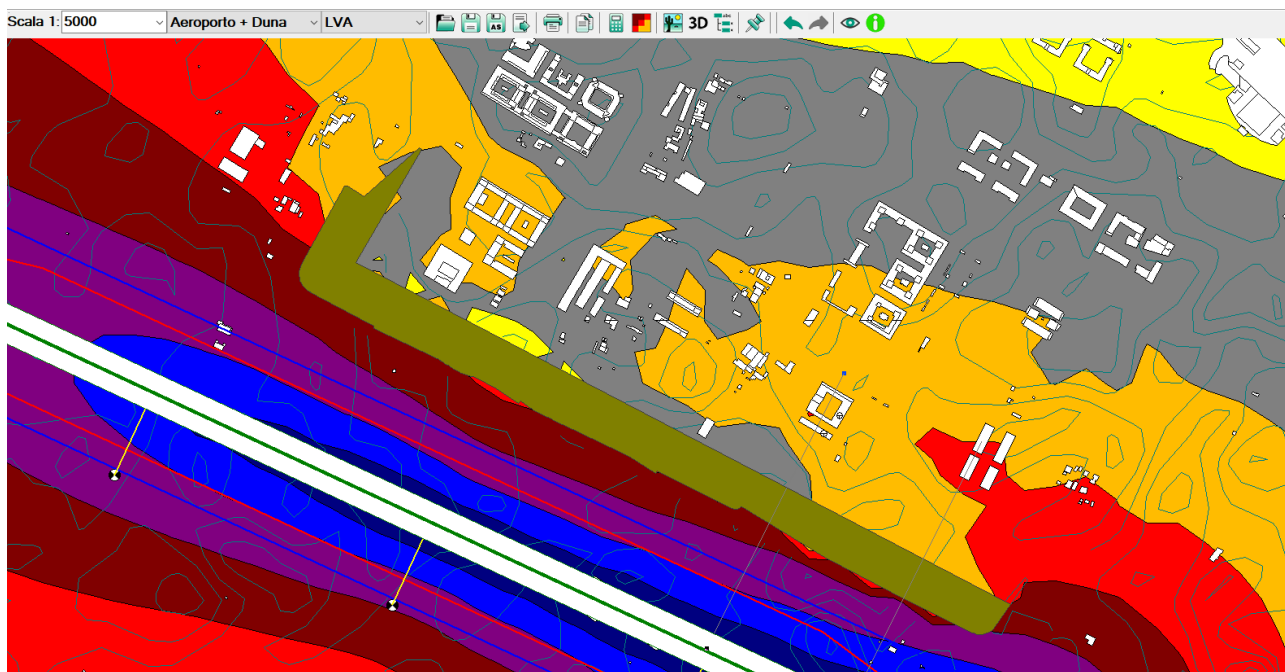


Figura 29: Mappa Acustica - Polo Tecnologico - LVA

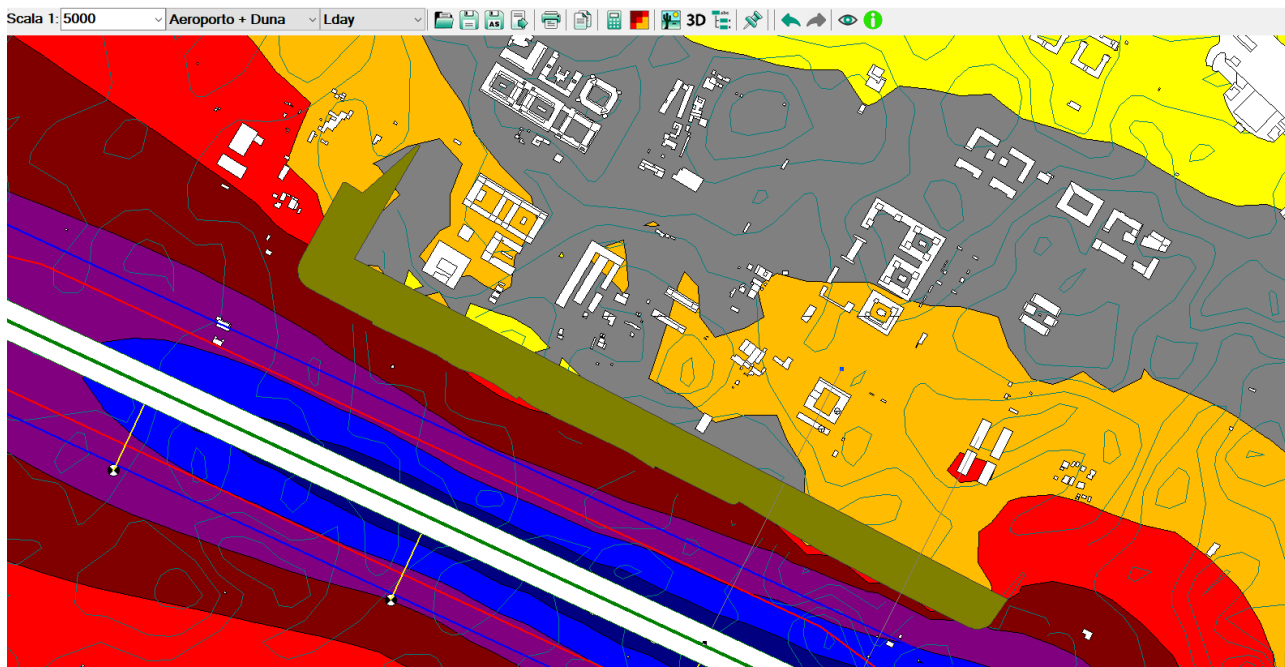


Figura 30: Mappa Acustica - Polo Tecnologico - Lday

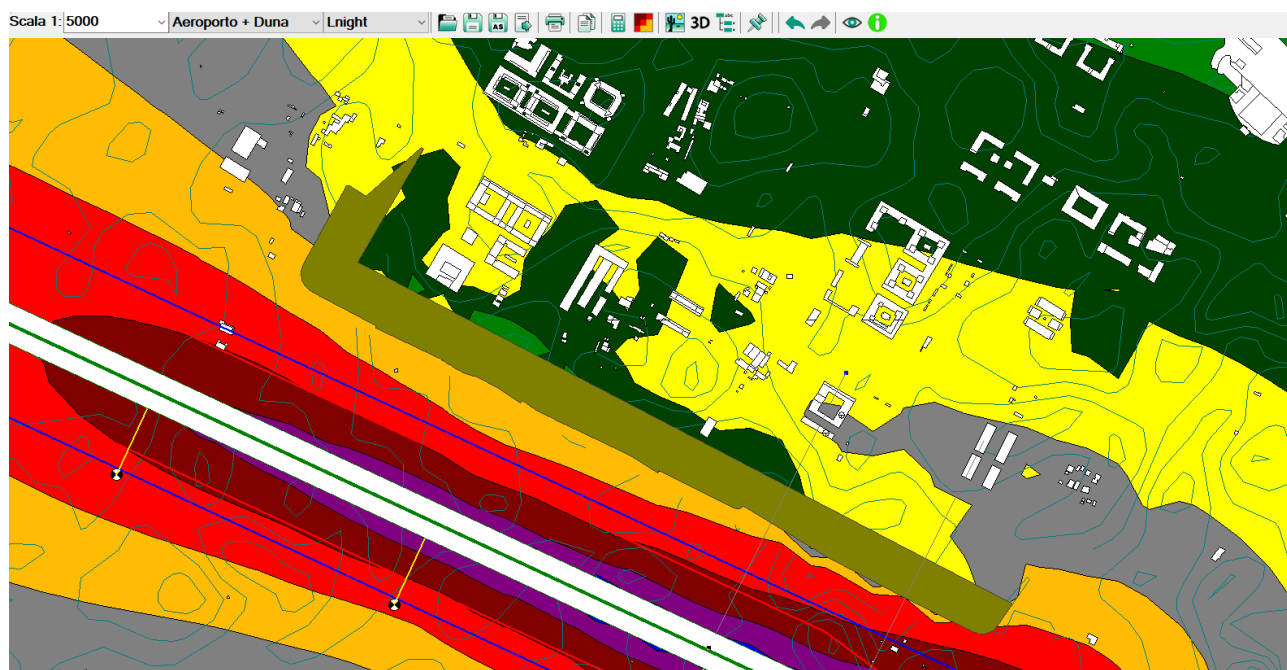


Figura 31: Mappa Acustica - Polo Tecnologico - Lnight

9.6 Ulteriori sovrapposizioni di mappe acustiche con mappe topografiche/Google Earth

Nelle figure seguenti è stata estrapolata la mappatura acustica (rossa) compresa tra la isofonica superiore a 65dbA e quella inferiore a 60dbA della propagazione dei livelli sonori in direzione ortogonale alla pista di progetto con e senza la presenza della duna artificiale.

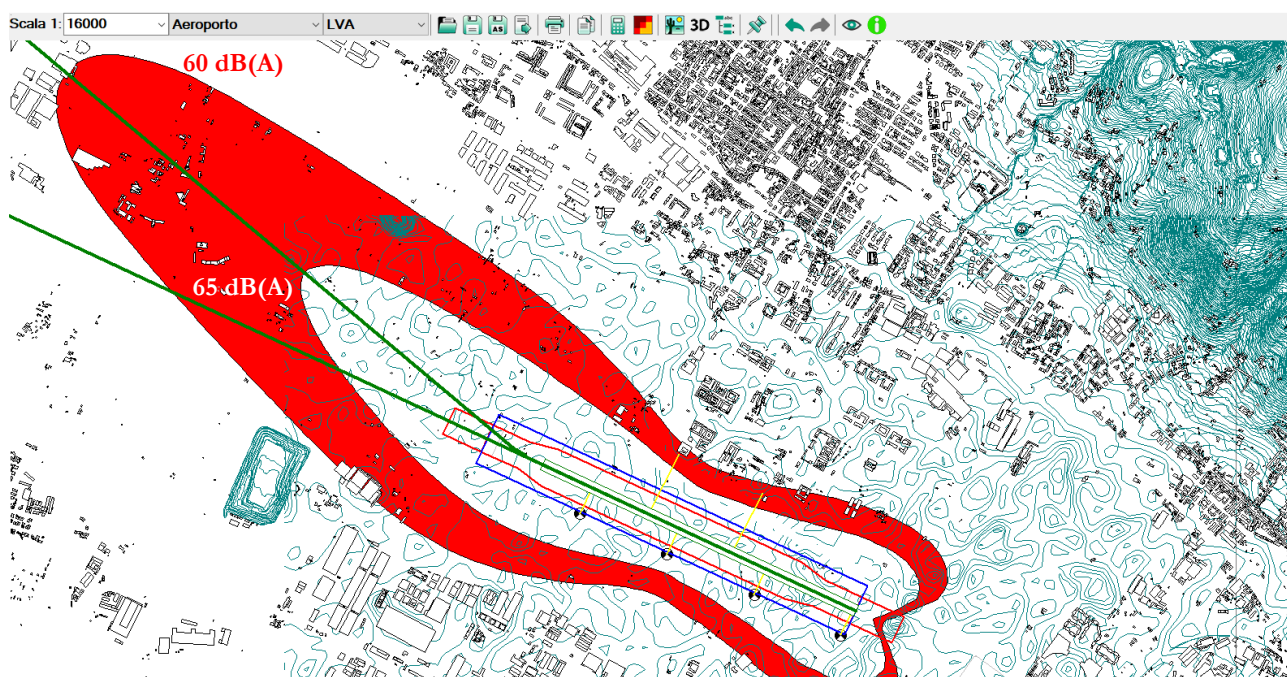


Figura 32: Superficie isofonica 60-65dB(A) generata dal rumore aeroportuale in assenza di duna

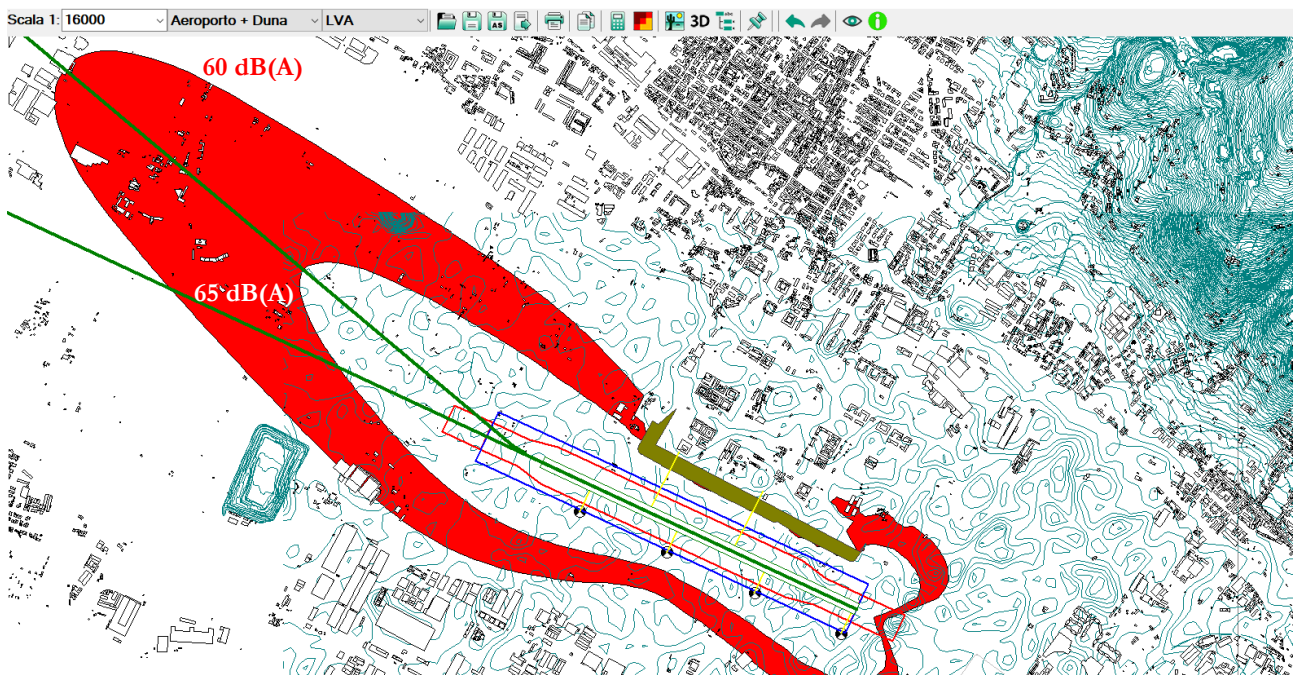


Figura 33: Superficie isofonica 60-65dB(A) generata dal rumore aeroportuale in presenza di duna

Nelle immagini successive sono illustrate le due mappature precedenti esportate in Google Earth.

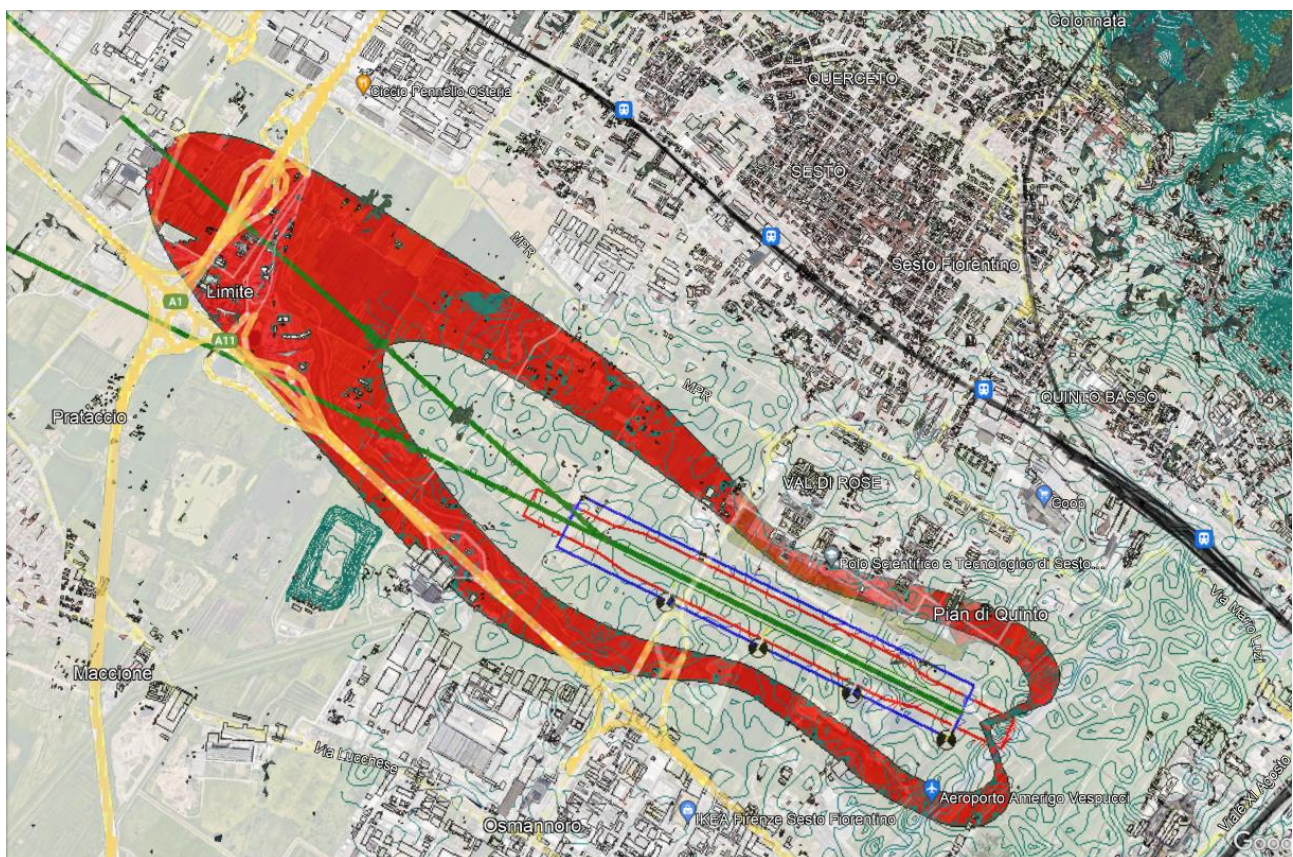


Figura 34: Superficie isofonica 60-65dB(A) in assenza di duna – Google Earth



Figura 35: Superficie isofonica 60-65dB(A) in presenza di duna – Google Earth

La sovrapposizione con Google Earth rende più immediata evidenza delle aree interessate da specifici livelli di rumore, consentendo una più immediata localizzazione degli stessi. A tal fine, anche per l'area del Polo, si riporta nella successiva figura la stessa sovrapposizione mappale.

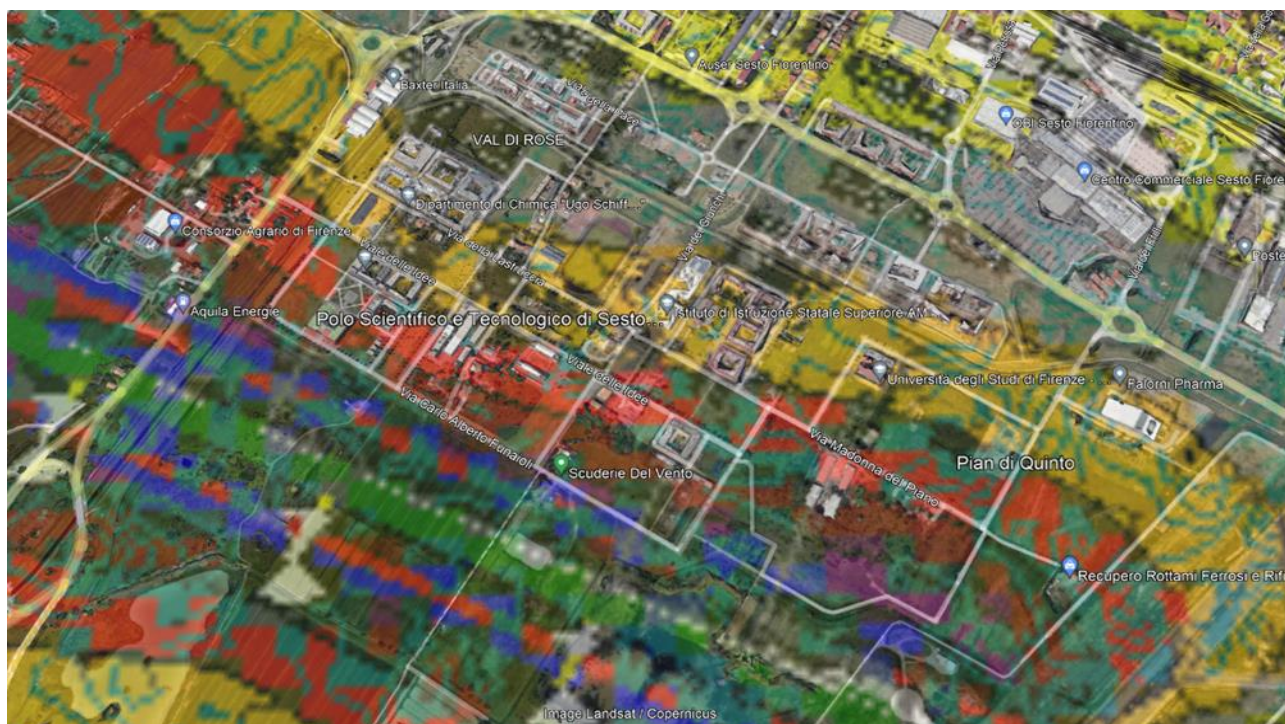


Figura 36: Polo scientifico e Tecnologico – Google Earth

10. Conclusioni

Dall'analisi dei risultati delle simulazioni si deduce che l'impatto acustico relativo all'esercizio della nuova pista aeroportuale, sul Polo scientifico Tecnologico di Sesto Fiorentino, risulta compatibile con la destinazione d'uso dell'area, non solo in riferimento alla classe come assegnata in fase di Zonizzazione Acustica dal Comune di Sesto (classe IV) , ma anche come espressamente richiesti in virtù della specifica destinazione d'uso dell'area (Classe II) .

L'inserimento della duna ha dimostrato la propria efficacia nella mitigazione dei livelli di rumore per le fasi di Take-off e Landing.