



**ARPA Lombardia – U.O. Rumore e Vibrazioni - CRISTAL**

Viale Restelli, 3/1 - 20124 – Milano – tel.02.69666345

Via Daverio, 10 - 21100 – Varese – tel. 0332.320558

**Stima delle curve del  
livello di valutazione  
del rumore aeroportuale ( $L_{VA}$ )**

**per l'aeroporto di  
Milano - Malpensa**

**anno 2006**



**ARPA Lombardia – U.O. Rumore e Vibrazioni - CRISTAL**

Viale Restelli, 3/1 - 20124 – Milano – tel.02.69666345

Via Daverio, 10 - 21100 – Varese – tel. 0332.320558

*Autori:*

*Dott. Mauro Mussin*

*Ing. Nadia Fibbiani*

*Ing. Fabio Forfori*

*Dott.ssa Paola Maggi*

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>IMPOSTAZIONE DELLO STUDIO INM.....</b>	<b>7</b>
2.1	CARATTERIZZAZIONE DELL' AEROPORTO E DELLE ROTTE .....	8
2.2	PERIODO DI RIFERIMENTO.....	9
2.2.1	<i>Database di traffico e criteri di validazione.....</i>	<i>9</i>
2.2.2	<i>Scelta delle tre settimane di maggior traffico .....</i>	<i>11</i>
2.3	DATI METEO .....	13
2.4	DATI DI TRAFFICO - PROFILI E STAGE .....	17
2.4.1	<i>Profili di decollo.....</i>	<i>17</i>
2.4.2	<i>Profili di atterraggio .....</i>	<i>17</i>
2.4.3	<i>Determinazione dello Stage.....</i>	<i>17</i>
2.5	UTILIZZO DI INM .....	18
2.5.1	<i>Modalità di assegnazione del traffico .....</i>	<i>18</i>
2.5.2	<i>Definizione di giorno medio .....</i>	<i>18</i>
2.5.3	<i>Definizione del dominio di calcolo.....</i>	<i>19</i>
<b>3</b>	<b>ANALISI DEI RISULTATI PRODOTTI PER L'INDICATORE L<sub>VA</sub>.....</b>	<b>20</b>
3.1	CURVE DI ISOLIVELLO .....	20
3.2	ANALISI DELL' ESTENSIONE DEL TERRITORIO COINVOLTO.....	22
3.3	ANALISI DELLA POPOLAZIONE ESPOSTA.....	23

## GLOSSARIO DEGLI ACRONIMI

<i>AIP</i>	Aeronautical Information Publication
<i>ARP</i>	Aerodrome Reference Point
<i>ASCII</i>	American Standard Code for Information Interchange
<i>DBF</i>	Data Base File
<i>DUSAF</i>	Destinazione d'Uso dei Suoli Agricoli e Forestali
<i>ECAC</i>	European Civil Aviation Conference
<i>EPNL</i>	Effective Perceived Noise Level
<i>FAA</i>	Federal Aviation Administration
<i>ICAO</i>	International Civil Aviation Organization
<i>IGM</i>	Istituto Geografico Militare
<i>INM</i>	Integrated Noise Model
<i>L<sub>DEN</sub></i>	Day-Evening-Night equivalent sound Level
<i>L<sub>MAX</sub>, L<sub>AFMAX</sub></i>	Maximum Noise Level
<i>L<sub>NIGHT</sub></i>	Night-time Noise Level
<i>L<sub>VA</sub></i>	Livello di Valutazione del rumore Aeroportuale
<i>MySQL</i>	My Structured Query Language
<i>NMPLLOT</i>	Noise Model Plot
<i>NPD</i>	Noise Power Distance
<i>PERL</i>	Practical Extraction and Reporting Language
<i>PTA</i>	Presidio Tecnico Aeroportuale
<i>SEA</i>	Società Esercizi Aeroportuali
<i>SEL</i>	Sound Exposure Level
<i>SID</i>	Standard Instrument Departure
<i>TAS</i>	True Airspeed
<i>VOR</i>	VHF Omni-directional radio Range



# 1

## INTRODUZIONE

La Regione Lombardia, con deliberazione della Giunta n. 4815 del 30.5.2007, ha stipulato una convenzione con ARPA Lombardia per lo svolgimento dell'attività sperimentale di ricerca, di monitoraggio e analisi dei dati ambientali e del rumore aeroportuale.

La Direzione Generale “Qualità dell'ambiente” della Regione Lombardia ha programmato e coordinato la realizzazione delle attività sperimentali individuate nella Convenzione sottoscritta in attuazione della DGR 4815 del 2007 sopra richiamata.

Nello specifico, parte dell'attività (B1) consiste nella la fornitura di n. 6 rapporti tecnici, comprensivi di rappresentazioni cartografiche e tabelle analitiche, relativi alla determinazione e all'analisi delle curve di isolivello del rumore aeroportuale  $L_{VA}$  calcolate a partire dall'effettivo traffico aeroportuale verificatosi per ciascuno dei due anni 2005 e 2006, con riferimento ad ognuno dei tre aeroporti di Linate, Malpensa, Orio Al Serio.

Il presente documento si riferisce alla determinazione e all'analisi delle curve di isolivello  $L_{VA}$  relativamente all'**anno 2006** per lo scalo di **Milano Malpensa**. E' opportuno precisare che le curve di isolivello riportate nel presente rapporto non sono le curve che la Commissione Aeroportuale deve determinare ai sensi del DM 31 ottobre 1997 art. 5, ma si tratta unicamente del risultato degli studi e delle elaborazioni di ARPA Lombardia effettuati sulla base di studi autonomamente acquisiti.



**ARPA Lombardia – U.O. Rumore e Vibrazioni - CRISTAL**

Viale Restelli, 3/1 - 20124 – Milano – tel.02.69666345

Via Daverio, 10 - 21100 – Varese – tel. 0332.320558

La determinazione delle curve di isolivello è stata effettuata tramite il software I.N.M. ver. 6.2a: per maggiori dettagli in merito alle modalità di utilizzo di tale software si può fare riferimento al documento *“Calcolo delle curve previsionali del livello di rumore aeroportuale per cinque diversi scenari di traffico e utilizzo degli aeroporti di Linate e di Malpensa - Documento 1: Introduzione”* prodotto nell’ambito della Convenzione tra Regione Lombardia e ARPA del 17.10.2002, art. 2 comma 3, reperibile nelle pagine web del sito <http://www.cedra.regione.lombardia.it/>.

## 2

# IMPOSTAZIONE DELLO STUDIO INM

Lo studio è stato effettuato mediante il software di previsione dell'impatto acustico per il rumore aeroportuale INM (*Integrated Noise Model*, versione 6.2a) della *Federal Aviation Administration*. L'*Integrated Noise Model* (INM) è stato sviluppato dalla *Federal Aviation Administration* (FAA) negli Stati Uniti, allo scopo di calcolare le curve di isolivello, relative ad indicatori acustici opportunamente scelti, nei pressi di impianti aeroportuali. I risultati ottenuti con INM possono dunque essere utilizzato al fine di indirizzare la pianificazione territoriale in funzione dei problemi connessi all'inquinamento acustico.

INM è un modello statistico, fornisce cioè una stima mediata sul lungo periodo, basandosi su un giorno medio caratterizzato da valori medi di numero e tipologia di operazioni aeree, nonché di temperatura, pressione e vento. Al fine di calcolare le curve di isolivello, il modello procede in un primo momento alla determinazione del livello di rumore generato dai singoli movimenti dei singoli velivoli presso una griglia di punti attorno all'aeroporto, in un secondo momento realizza la somma o composizione dei livelli di rumore presso i rispettivi punti in accordo alla formulazione dell'indice scelto e infine effettua un'interpolazione e il tracciamento delle curve relative al descrittore scelto.



Le caratteristiche statiche di uno scenario, come per esempio le coordinate e la quota dell'aeroporto e delle estremità delle piste, le traiettorie di atterraggio e decollo, etc., sono identificate in INM dallo *studio* (ingl. “Study”).

## 2.1 Caratterizzazione dell'aeroporto e delle rotte

Lo *studio* è stato impostato tramite la definizione delle caratteristiche principali dell'aeroporto di Orio al Serio: quota e coordinate dell'ARP, coordinate delle piste e metodologia di utilizzo delle stesse, localizzazione di punti interessanti ai fini dello *studio* (VOR).

Le rotte considerate sono quelle realmente percorse dagli aeromobili, ricavate dall'analisi delle battute del radar di Linate o di quello di Orio, a seconda della disponibilità dei dati.

La preparazione dei dati di input dello scenario è stata effettuata attraverso uno script automatico che, accedendo al Database (DB) ARPA, estrae i voli validati<sup>1</sup>, assegna a ciascun volo il profilo e lo *stage* corretto a seconda dell'aeromobile, assegna il volo al periodo corretto (diurno o notturno) e riversa tutti i dati ottenuti nei file di input di traffico di INM. Contestualmente, per ciascuna operazione, vengono estratte dal DB ARPA le informazioni geografiche della rotta percorsa. Queste vengono convertite in coordinate relative all'ARP dell'aeroporto in esame e riversate nei file di input di INM che contengono le informazioni sulle tracce.

Per quanto riguarda lo *stage*, si sono utilizzati i dati resi disponibili dalle compagnie aeree durante una indagine compiuta nel corso dei lavori della Commissione Aeroportuale di Malpensa.

Per i profili di decollo si è utilizzato il profilo “ICAO A” laddove previsto nel database di INM e indicato dalla compagnia aerea; in caso contrario si è utilizzato il profilo “standard”, corrispondente alla procedura “close in” secondo la definizione del documento PANS OPS 8168 ICAO. Maggiori dettagli sono riportati nel paragrafo [Dati di traffico - Profili e Stage](#).

---

<sup>1</sup> La procedura di validazione avviene sulle singole battute radar, sulla base delle caratteristiche spazio-temporali della traiettoria (cfr. paragrafo 2.2.1.)

## 2.2 Periodo di riferimento

Lo scenario elaborato per l'aeroporto di Malpensa si basa sui dati relativi all'anno 2006. È stato calcolato l'indice di valutazione del rumore aeroportuale  $L_{VA}$  (DM 31/10/1997).

Le tre settimane di riferimento, rispettivamente nei periodi primaverile, estivo ed invernale<sup>2</sup>, sono state calcolate partendo dal numero di movimenti giornalieri validati estratti dal DB ARPA. Per movimenti validati si intendono tutte le operazioni di decollo e atterraggio che sono state identificate e caratterizzate completamente a partire dai dati radar forniti. I criteri di validazione dei dati di traffico sono descritti in seguito.

### 2.2.1 Database di traffico e criteri di validazione

I dati di traffico sono stati organizzati all'interno di un sistema informativo integrato<sup>3</sup> (DB ARPA) progettato *ex novo* dal CRISTAL di ARPA Lombardia. È stato creato un database per ogni aeroporto lombardo, ciascuno contenente, fra le altre, le tabelle riportate nello schema di [Tabella 2.1](#).

AEROPORTI	BATTUTE	VOLO	PISTE	ENAV2INM
<i>Id_aeroporto</i>	<i>Cod_volo</i>	<i>Cod_volo</i>	<i>Id_aeroporto</i>	<i>ICAO_type</i>
<i>Nome</i>	<i>ora</i>	<i>Data</i>	<i>Nome_pista</i>	<i>INM_type</i>
<i>Latitudine</i>	<i>X_m</i>	<i>Ora</i>	<i>Latitudine</i>	<i>IATA_type</i>
<i>Longitudine</i>	<i>Y_m</i>	<i>Aereo</i>	<i>Logitudine</i>	
<i>Quota</i>	<i>Z_m</i>	<i>Aeroporto_part</i>	<i>Quota</i>	
	<i>H_m</i>	<i>Aeroporto_dest</i>		
	<i>A_m</i>	<i>Operazione</i>		
	<i>Path</i>	<i>Pista</i>		
	<i>Vel</i>	<i>SID</i>		
	<i>Mod</i>	<i>Validazione_volo</i>		
	<i>Validation</i>	<i>Data_ora_italy</i>		
	<i>Ora_italy</i>			

Tabella 2.1: Principali informazioni raccolte nei database relativi ai singoli aeroporti lombardi. Le intestazioni di colonna riportano le tabelle e le righe i rispettivi campi.

<sup>2</sup> Periodo primaverile: dal 1 febbraio al 31 maggio, periodo estivo: dal 1 giugno al 3 settembre, periodo invernale: dal 1 al 31 gennaio e dal 1 ottobre al 31 dicembre (DM 31/10/1997).

<sup>3</sup> Il sistema informativo è stato realizzato utilizzando il servizio di gestione database MySQL.

Oltre alle anagrafiche e alle coordinate degli ARP degli aeroporti e delle piste, è stata creata la tabella di corrispondenza ENAV2INM che contiene i diversi codici identificativi degli aeromodelli relativi a diversi standard in uso. Grazie alle informazioni raccolte nella tabella BATTUTE è stato possibile ricostruire la traiettoria tridimensionale percorsa (traccia radar) in corrispondenza di ciascun volo, associandola cioè ad uno specifico aeromobile, una specifica SID, ecc.

La ricostruzione delle tracce radar a partire dalle battute ha richiesto delle elaborazioni *ad hoc* effettuate con l’ausilio di un GIS. Non in tutti i casi i dati a disposizione sono stati sufficienti per identificare una traccia reale e/o associarla ad un movimento realmente avvenuto. Analogamente, nella tabella VOLI le informazioni relative alla SID associata al movimento sono state ricavate a posteriori da una analisi delle battute. Anche in questo caso, per le stesse ragioni dette sopra, non si è riusciti sempre ad associare al volo questa informazione.

Al fine di una maggiore garanzia del controllo della qualità dei dati è stato introdotto, quindi, un campo *validazione* in entrambe le tabelle, che ammette quattro possibili valori, corrispondenti a quattro livelli di affidabilità del dato, descritti in [Tabella 2.2](#):

VALORE	CLASSE DI QUALITÀ	CARATTERIZZAZIONE DEL VOLO (assegnazione pista e SID, aeromobile, orario, ecc)	RICOSTRUZIONE TRACCIA RADAR
Y	Validato classe I	SI	SI
L	Validato classe II	SI	SI (almeno 4 battute)
P	Non validato	NO (impossibilità di assegnare la pista)	SI
D	Non validato	SI	NO (meno di 4 battute)
N	Non validato	NO	NO

Tabella 2.2: Classificazione e criteri di validazione dei dati di traffico nel DB ARPA.

I voli considerati non validati e classificati come “N” e “D” sono stati esclusi da tutte le elaborazioni successive, mentre i voli classificati come “L” sono stati inclusi nelle analisi del



traffico e nelle simulazioni. I voli classificati come “P” sono stati analizzati manualmente uno ad uno per assegnare la pista.

## **2.2.2 Scelta delle tre settimane di maggior traffico**

In accordo con la normativa vigente, sono state individuate, per l’anno 2006, le tre settimane di maggior traffico, in termini di tre valori massimi assoluti (relativi ai tre periodi stagionali) della somma mobile su sette giorni calcolata come somma del numero di movimenti giornalieri del giorno corrente e dei sei precedenti.

Le tre settimane di riferimento individuate per l’anno 2006 sono riportate in [Tabella 2.3](#) e le figure seguenti mostrano l’andamento dei movimenti settimanali e giornalieri all’interno dei tre periodi.

<b>Periodo 2006</b>	<b>Settimane di maggior traffico</b>	<b>Numero di movimenti totali</b>	<b>Numero di movimenti validi</b>
Primaverile	24 apr - 30 apr	4881	4871
Estivo	22 ago - 28 ago	5406	5395
Invernale	09 ott - 15 ott	4866	4857

Tabella 2.3: Settimane di riferimento individuate per l’aeroporto di Malpensa nel 2006.

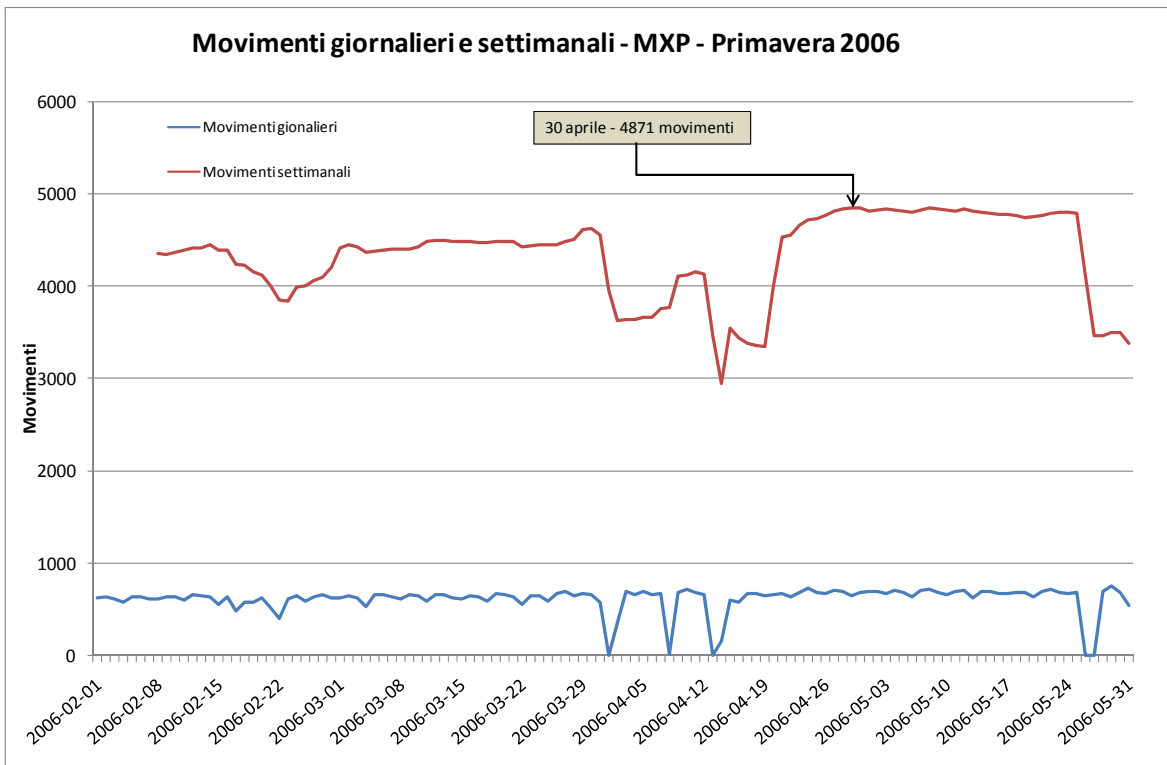


Figura 2.1: Movimenti giornalieri e settimanali – primavera 2006 (1 febbraio – 31 maggio; DM 31/10/1997).

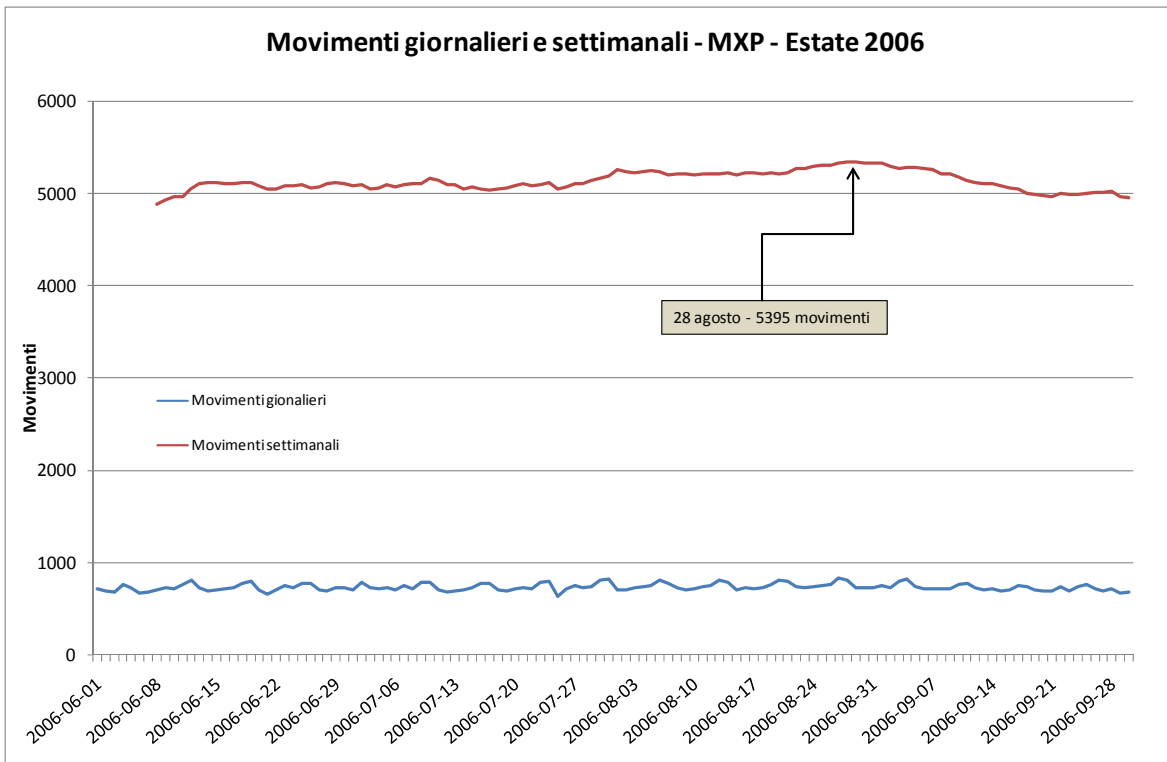


Figura 2.2: Movimenti giornalieri e settimanali – estate 2006 (1 giugno – 30 settembre; DM 31/10/1997).

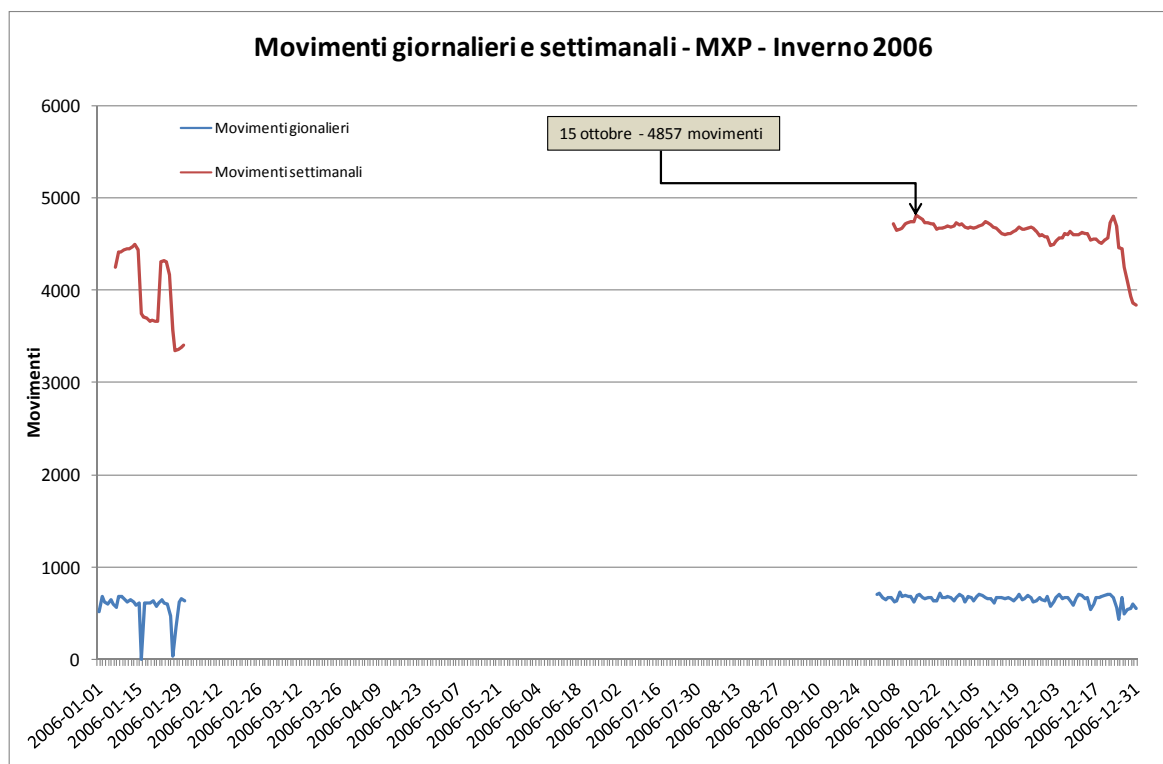


Figura 2.3: Movimenti giornalieri e settimanali – inverno 2006 (1-31 gennaio, 1 ottobre – 31 dicembre; DM 31/10/1997).

## 2.3 Dati meteo

I dati meteorologici utilizzati sono i valori orari di temperatura, pressione, umidità, velocità e direzione del vento riferiti alla stazione ARPA di Lonate Pozzolo. La meteorologia di input richiesta da INM consiste nel set di valori mediati sul periodo di riferimento relativo al caso stesso. Essendo ogni caso corrispondente ad una settimana, a partire dalle medie orarie sono state ricavate le medie settimanali per temperatura, pressione e umidità ([Tabella 2.4](#)).

	Data	Temperatura (°F)	Pressione (inHg)	Umidità [%]
<b>Periodo primaverile</b>	24/04/2006	61.3	29.3	75.7
	25/04/2006	58.9	29.4	93.5
	26/04/2006	60.6	29.3	84.9
	27/04/2006	62.3	29.2	85.4
	28/04/2006	58.2	29.1	98.2
	29/04/2006	59.9	29.0	88.5
	30/04/2006	53.8	29.1	80.1
	<b>Media</b>	<b>59.3</b>	<b>29.2</b>	<b>86.6</b>
<b>Periodo estivo</b>	22/08/2006	71.3	29.2	80.6
	23/08/2006	70.3	29.2	85.3
	24/08/2006	70.5	29.1	87.9
	25/08/2006	68.3	29.0	78.8
	26/08/2006	69.0	29.1	84.1
	27/08/2006	67.6	29.1	83.6
	28/08/2006	66.5	29.1	80.3
	<b>Media</b>	<b>69.0</b>	<b>29.1</b>	<b>82.9</b>
<b>Periodo invernale</b>	09/10/2006	56.8	29.5	85.4
	10/10/2006	57.9	29.4	84.0
	11/10/2006	57.5	29.3	83.5
	12/10/2006	59.3	29.4	85.4
	13/10/2006	57.7	29.5	88.0
	14/10/2006	58.7	29.5	81.3
	15/10/2006	58.1	29.5	79.3
	<b>Media</b>	<b>58.0</b>	<b>29.5</b>	<b>83.9</b>

Tabella 2.4: Parametri meteorologici di input relativi all'aeroporto di Malpensa nell'anno 2006 elaborati per le simulazioni INM.

Il parametro di headwind è una grandezza derivata e rappresenta la componente controvento della velocità del vento lungo la direzione delle piste. Per stimare l'headwind giornaliero sono stati analizzati nel dettaglio i valori orari di velocità e direzione del vento per le tre settimane di riferimento. In tutti i tre periodi dell'anno le velocità del vento hanno valori piuttosto bassi, la calma di vento è il fenomeno prevalente. Per quanto riguarda la direzione del vento, questa risulta

variabile o non ben definita a causa del valore troppo basso di velocità. Alla luce di questi dati è stato impostato valore zero al parametro headwind.

Classi velocità vento [m/s]	Frequenze [%] Periodo primaverile	Frequenze [%] Periodo estivo	Frequenze [%] Periodo invernale
0 - 1	56%	62%	93%
1 - 2	35%	38%	7%
2 - 3	10%	1%	0%
3 - 4	0%	0%	0%
4 - 5	0%	0%	0%
5 - 6	0%	0%	0%
> 6	0%	0%	0%

Tabella 2.5: Frequenze della velocità del vento

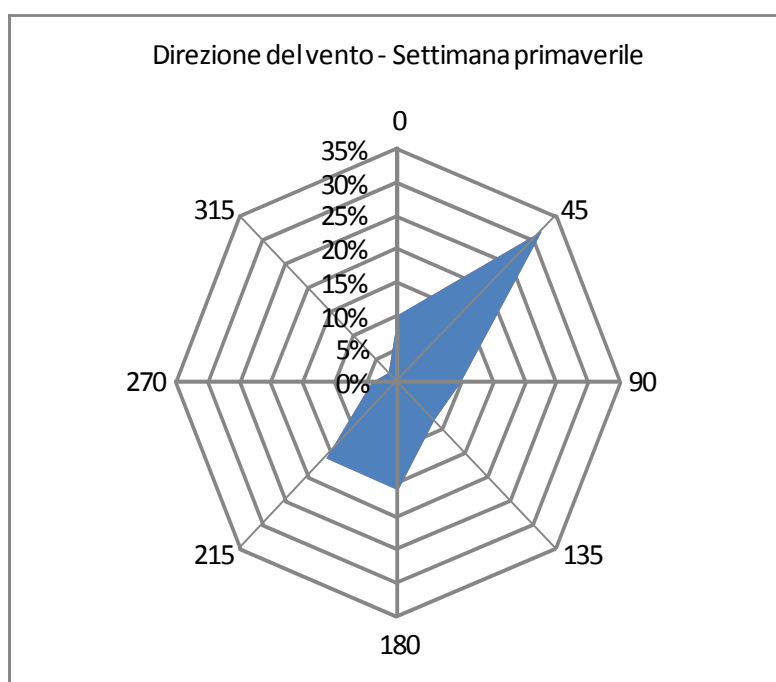


Figura 2.4: Direzione del vento – settimana primaverile.

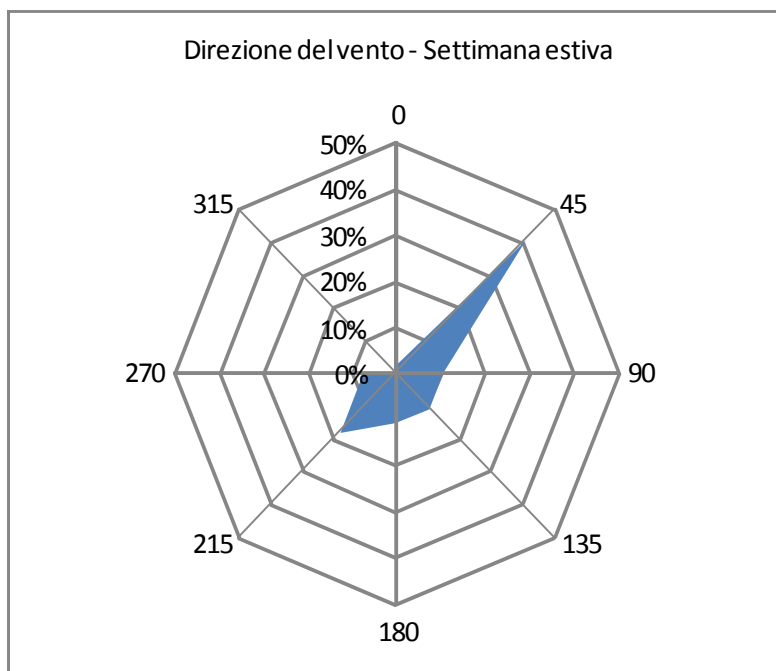


Figura 2.5: Direzione del vento – settimana estiva.

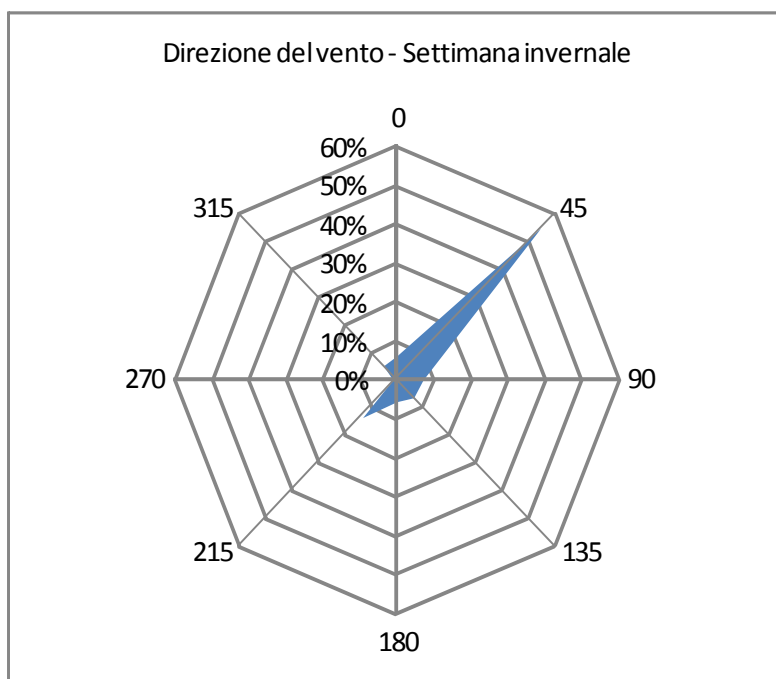


Figura 2.6: Direzione del vento – settimana invernale.

## 2.4 Dati di traffico - Profili e Stage

I dati relativi al traffico aereo utilizzati sono quelli reali nel periodo di riferimento. Essi sono organizzati secondo il modello di aereo, il tipo di operazione (decollo o atterraggio), la pista assegnata, il numero di operazioni nelle diverse fasce orarie (diurna, serale e notturna).

### 2.4.1 Profili di decollo

In tutti gli scenari si sono utilizzati i profili di decollo ICAO A e ICAO B. L'assegnazione del profilo è stata effettuata partendo dalla somma delle operazioni effettuate con profilo ICAO A e ICAO B da ciascun aeromodello nell'anno 2001 secondo quanto dichiarato dalle compagnie (statistica traffico aeroporto di Malpensa, anno 2001). A ciascun aeromodello incluso nei file di input di INM relativi alle operazioni di traffico è stato quindi assegnato il profilo risultato come prevalente nell'analisi dei dati storici. In caso di aeromobili non inclusi nella statistica oppure per i quali il profilo ICAO A non è previsto nel database INM, è stato assegnato il profilo ICAO B.

### 2.4.2 Profili di atterraggio

Si sono utilizzati i profili STANDARD per tutti gli aeromobili.

### 2.4.3 Determinazione dello Stage

Gli *stage*<sup>4</sup> sono attribuiti sulla base di dati forniti dalle compagnie e sulla statistica del traffico nell'anno 2001. Per ciascun aeromodello è stata effettuata la media degli stage volati, pesata sul numero delle operazioni effettuate con profilo ICAO A e ICAO B. Agli aeromodelli non presenti nelle statistiche, è stato attribuito lo stage 3, il più cautelativo e frequente<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup> Lo stage del velivolo dipende dal tipo di aereo e dal suo peso al decollo (in prima approssimazione, dal carico di carburante e dunque dalla destinazione). Tale parametro risulta determinante nel computo del percorso di accelerazione al suolo in decollo e delle velocità e gradiente di salita iniziale. Stage bassi corrispondono a profili di decollo più ripidi. La logica che sta alla base della suddivisione è quella per cui per tratte più lunghe si hanno carichi di carburante maggiori e quindi pesi al decollo superiori.

<sup>5</sup> I voli di breve e medio raggio decollano con gli stage 1 e 2. Possiamo quindi affermare che la scelta dello stage 3, di maggiore impatto, è cautelativo dal punto di vista della tutela ambientale.

## 2.5 Utilizzo di INM

### 2.5.1 Modalità di assegnazione del traffico

Ad ogni traccia bidimensionale del modello INM viene assegnato il traffico mediante uno script automatico che, accedendo al DB ARPA, estrae i voli validati, assegna a ciascun volo il modello aereo, l'operazione ed il profilo corretto a seconda dell'aeromobile, assegna il volo al periodo corretto (diurno o notturno) e riversa tutti i dati ottenuti nei file di input di traffico di INM. In questo modo ad ogni volo cui corrisponde una traccia radar valida viene assegnata una e una sola traccia bidimensionale nel modello INM: per ciascuna operazione, vengono estratte dal DB ARPA le informazioni geografiche della rotta percorsa. Queste vengono convertite in coordinate relative all'ARP dell'aeroporto in esame e riversate nei file di input di INM che contengono le informazioni sulle tracce. Questa modalità di utilizzo viene denominata *one track-one radar*: in questo modo non è necessario definire delle traiettorie medie e la relativa dispersione, che verrà simulata così come si è manifestata effettivamente.

### 2.5.2 Definizione di giorno medio

INM prevede come dato di input relativo al traffico i movimenti di un aeroporto riferiti ad un giorno medio, ottenuto generalmente operando una media su un periodo piuttosto lungo, tipicamente un anno. Le operazioni di volo vengono ripartite in due fasce orarie (diurna e notturna) su cui vengono calcolati gli indicatori acustici di interesse nel caso simulato.

Per lo studio in esame si è invece scelta una metodologia differente, che permette di evitare alcune approssimazioni dovute all'utilizzo di una media su un periodo così ampio. Va osservato, comunque, che INM è un modello di tipo statistico, e non predittivo, ed è comunemente utilizzato per ottenere stime che hanno valore quando riferite ad un periodo che consenta di rappresentare dei valori medi significativi, mentre risulta non adatto per riprodurre i parametri acustici relativi ad un singolo evento, che sono condizionati da innumerevoli fattori aleatori, la cui influenza può essere rilevante.



La modalità prescelta consiste, dunque, nell’elaborare gli scenari relativi a ciascun giorno medio delle tre settimane considerate, con le tracce radar connesse e con le condizioni meteorologiche osservate; in seguito i valori ottenuti per i 3 giorni sono stati mediati con NMPLLOT.

### 2.5.3 Definizione del dominio di calcolo

Per tutti gli scenari le curve di isolivello sono calcolate utilizzando un dominio di calcolo<sup>6</sup> di tipo *Contour*, definito su una griglia quadrata di lato pari a 20 miglia nautiche, centrata sulle coordinate dell’ARP dell’aeroporto, di granularità variabile elaborata dinamicamente da INM sulla base di alcuni parametri numerici di soglia definiti dall’utente e riportati in [Tabella 2.6](#).

<b>Coordinate ARP</b>	LAT=5052985.072	LONG=1478443.892
<b>Grid Origin (nmi)</b>	X= -8	Y= -8
<b>Distance between points (nmi)</b>	16	
<b>Refinement</b>	9	
<b>Tolerance</b>	0,25	

Tabella 2.6: Parametri INM definiti per il dominio di calcolo di tipo *Contour*.

<sup>6</sup> Per i dettagli circa la modellazione del dominio di calcolo all’interno di INM, si veda il Documento 1 – Introduzione Metodologica, Paragrafo 2.3 (reperibile presso le pagine del sito web <http://www.cedra.regione.lombardia.it/>).

# 3

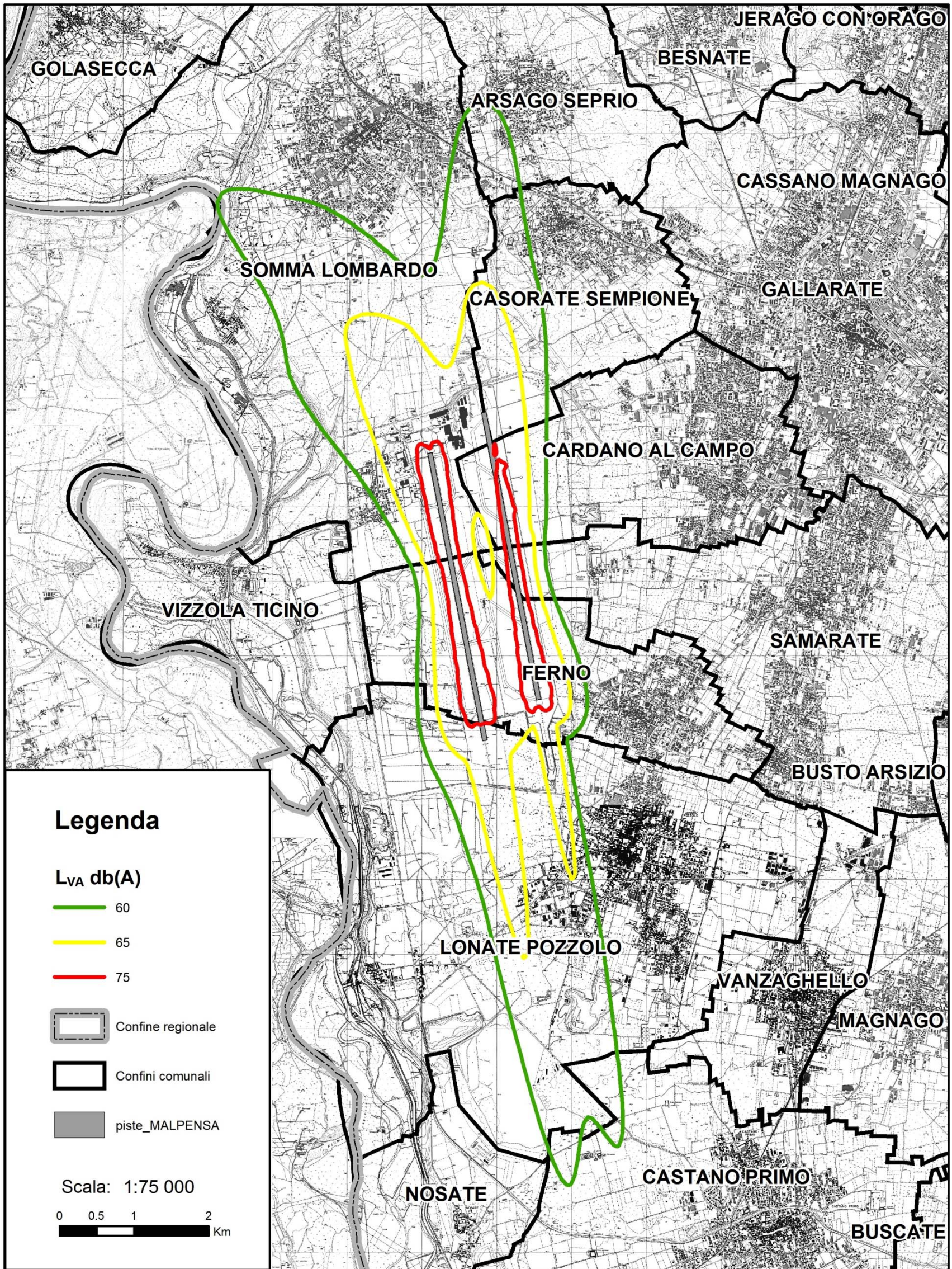
## ANALISI DEI RISULTATI PRODOTTI PER L'INDICATORE $L_{VA}$

### 3.1 Curve di isolivello

Nelle figure riportate nelle pagine seguenti sono illustrate le curve di isolivello dei valori  $L_{VA}$  ottenuti come elaborazione di ARPA Lombardia dei risultati output di INM, corrispondenti ai 21 giorni che rappresentano il periodo di maggior numero di movimenti osservati nello scalo di Milano – Malpensa per l'anno 2006.

Il territorio è rappresentato dalla Carta Tecnica Regionale della Regione Lombardia. Le curve sono in formato shapefile ESRI georeferenziato nel sistema Gauss Boaga, per poter essere plottate sullo sfondo di interesse tramite un qualunque sistema di tipo G.I.S.

Le curve sono inoltre presentate nel formato previsto per l'interscambio dati tra il Sistema Informativo integrato di ARPA e quello della Regione Lombardia, Direzione Generale "Qualità dell'ambiente.



### 3.2 Analisi dell'estensione del territorio coinvolto

Per stimare l'impatto acustico sulle aree territoriali circostanti l'aeroporto è stata effettuata una valutazione dell'estensione del territorio di ogni comune interessato dalle curve di isolivello dell'indicatore acustico  $L_{VA}$  ottenute dalle elaborazioni di ARPA Lombardia.

Di seguito sono riportate le tabelle e le mappe che mostrano i risultati dell'analisi descritta.

Zona	Area totale [km <sup>2</sup> ]
Tra 60 e 65 dBA	16,7
Tra 65 e 75 dBA	9,6
Oltre 75 dBA	2,1

Tabella 3.1: Aree delle zone coinvolte (compreso il territorio all'interno del sedime aeroportuale).

Comune	Tra 60 e 65 dBA [km <sup>2</sup> ]	Tra 65 e 75 dBA [km <sup>2</sup> ]	Oltre 75 dBA [km <sup>2</sup> ]	Area totale [km <sup>2</sup> ]
ARSAGO SEPRIO	0.6	--	--	0.6
CARDANO AL CAMPO	0.4	0.9	0.2	1.5
CASORATE SEMPIONE	1.4	1.0	--	2.4
CASTANO PRIMO	0.7	--	--	0.7
FERNO	0.9	2.1	1.3	4.2
LONATE POZZOLO	5.9	1.8	<0,1	7.8
SAMARATE	0.1	0.2	0.1	0.5
SOMMA LOMBARDO	6.7	3.5	0.5	10.7
<b>Totale complessivo</b>	<b>16.7</b>	<b>9.5</b>	<b>2.1</b>	<b>28.4</b>

Tabella 3.2 Aree totali delle zone coinvolte per Comune (compreso il territorio all'interno del sedime aeroportuale).

### 3.3 Analisi della popolazione esposta

L'analisi della popolazione esposta è stata effettuata sulla base delle informazioni acquisite da ARPA e rese disponibili dai comuni che partecipano ai lavori della Commissione Aeroportuale. L'elaborazione dei dati è stata eseguita secondo le metodologie sviluppate da ARPA<sup>7</sup>.

Per il comune di Cardano sono disponibili gli shapefile puntuali dei numeri civici ed un file excel con la popolazione per civico. È stato fatto un *join* tra i due file e la popolazione è stata calcolata individuando i punti-civici ricadenti in ciascuna curva e sommando gli abitanti. Per i comuni di Ferno, Lonate, Samarate, Vizzola Ticino si è invece utilizzato il metodo *Teleatlas uniforme*.

Il metodo Teleatlas uniforme utilizza come base di partenza il database stradale TeleAtlas, nella versione disponibile al 30/06/06, da cui sono stati estratti gli archi di strada dei Comuni di interesse ricadenti all'interno delle aree interessate ed è stato creato uno shapefile per ogni Comune.

A partire dall'elenco degli abitanti per via e/o numero civico si assume che il totale degli abitanti si distribuisca uniformemente sulla polilinea che rappresenta la via stessa. Utilizzando le funzioni GIS, viene calcolata la lunghezza complessiva della via e, dividendo il numero di residenti per la lunghezza, è ricavata per ciascuna strada la densità lineare (uniforme) di abitanti.

La popolazione viene calcolata quindi intersecando le densità di popolazione lineare uniforme con ciascuna area e sommando gli abitanti di tutte le vie.

Per i comuni di Casorate Sempone e Somma Lombardo si è invece utilizzato il metodo DUSAF.

---

<sup>7</sup> Le metodologie sviluppate sono esposte nel documento *Georeferenziazione della popolazione nei comuni degli intorno aeroportuali lombardi*, Paola Maggi, ARPA Lombardia – Settore Aria e Agenti Fisici.



Comune	Tra 60 e 65 dBA [num. abitanti]	Tra 65 e 75 dBA [num. abitanti]	Oltre 75 dBA [num. abitanti]	Abitanti totali
Arsago	450	0	0	450
Cardano	0	0	0	0
Casorate	180	0	0	180
Castano Primo	0	0	0	0
Ferno	70	0	0	70
Lonate	820	110	0	930
Samarate	0	0	0	0
Somma Lombardo	1460	170	0	1620
Vizzola	0	0	0	0
<b>Totale</b>	<b>2970</b>	<b>280</b>	<b>0</b>	<b>3250</b>

Tabella 3.3: Abitanti totali stimati delle zone coinvolte per Comune.