



MASTER PLAN PIANO DI SVILUPPO AEROPORTO DI ALGHERO



GRUPPO DI LAVORO

Ing. Gianluca Langella
Ing. Antonio Serra
Geom. Alessandro Melia
Geom. Nicola Motzo



Direttore Tecnico
Ing. Alberto Cecchini

Tavola : SIA_02	Elaborato : STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE STUDIO DIFFUSIONALE ATMOSFERA
Scala : -	
Data : Nov. 2018	

PROGETTAZIONE IL POSTHOLDER PROGETTAZIONE Ing. Gianluca Langella	APPROVAZIONE	VISTO
--	--------------	-------

0	NOV. 2018	Prima emissione			
REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	APPROVATO	AUTORIZZATO

1. PREMESSA.....	2
2. CLIMATOLOGIA E METEOROLOGIA	2
2.1. CENNI DI CLIMATOLOGIA REGIONALE	2
2.2. METEOROLOGIA DELL'AREA DI STUDIO.....	3
2.2.1. Analisi dei dati meteorologici NOAA.....	4
3. QUALITÀ DELL'ARIA.....	7
3.1. PIANO REGIONALE DI QUALITÀ DELL'ARIA AMBIENTE DELLA REGIONE SARDEGNA .	7
3.2. RETE DI MONITORAGGIO REGIONALE	9
3.3. LIMITI NORMATIVI.....	10
3.4. STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NELL'AREA DI STUDIO.....	11
4. STIMA DELLE EMISSIONI	12
4.1. FASE DI ESERCIZIO.....	12
4.2. INQUINANTI CONSIDERATI.....	12
4.3. SCENARI CONSIDERATI E DATI INPUT	13
4.3.1. Layout aeroportuale.....	13
4.3.2. Attività Aeromobili	13
4.3.3. Classi di aerei	14
4.3.4. Profili operativi	15
4.3.5. Mezzi a terra.....	16
4.3.6. Parcheggi	16
4.3.7. Traffico indotto.....	17
5. EMISSIONI STIMATE.....	17
5.1. FASE DI ESERCIZIO.....	17
6. APPROCCIO METODOLOGICO	18
6.1. SCELTA DEL MODELLO.....	18
6.2. CALPUFF MODEL SYSTEM.....	19
6.2.1. Principali file di input e output	20
6.2.2. Configurazione del codice.....	20
7. RISULTATI	22
7.1. SCENARIO ATTUALE 2016.....	23
7.2. SCENARIO DI MASTERPLAN	24

1. PREMESSA

Il **Masterplan dell'aeroporto di Alghero** - o Piano di Sviluppo Aeroportuale - è stato redatto dalla società di gestione SOGEAAL S.p.A. e **approvato dall'ENAC con Prot.17/11/2017-0116964-P**.

La volontà di progettare lo sviluppo dell'aeroporto con orizzonte temporale 2016-2030 deriva da input diversi e paralleli, il più immediato dei quali riguarda l'adeguamento alle previsioni di traffico per gli anni futuri.

Questo documento si sviluppa al fine di valutare il potenziale impatto sulla qualità dell'aria delle emissioni collegate all'esercizio dell'aeroporto nelle previsioni del MASTERPLAN citato. Lo studio si sviluppa analizzando le seguenti tematiche necessarie all'applicazione del codice di calcolo numerico per la valutazione delle concentrazioni dei parametri di qualità dell'aria determinati dalle emissioni di tutte le sorgenti che sono determinate dall'esercizio dell'aeroporto.

Lo studio è articolato nei seguenti ambiti relativi all'area di indagine ed al progetto dell'opera:

- analisi meteorologica e climatica;
- valutazione della qualità dell'aria;
- stima delle emissioni;
- applicazione del codice di dispersione;
- analisi dei risultati.

Nei seguenti capitoli della presente relazione tecnica si sviluppano gli argomenti sopra citati.

2. CLIMATOLOGIA E METEOROLOGIA

2.1. CENNI DI CLIMATOLOGIA REGIONALE

La Sardegna presenta un clima tipicamente mediterraneo, con inverni miti e temperature che lungo le coste scendono raramente sotto lo zero. D'estate il clima è caldo e secco con temperature che superano i 30°C con punte anche superiori ai 40°C, il caldo è però reso sopportabile dal basso tasso di umidità e dalle brezze marine. Nelle aree interne il clima acquisisce un carattere di tipo continentale con forti escursioni termiche e temperature minime invernali che possono anche scendere abbondantemente al di sotto degli zero gradi, soprattutto sui rilievi dove d'inverno nevica frequentemente, e caldo torrido durante l'estate.

Le piogge sulla Sardegna non sono in genere abbondanti e si concentrano prevalentemente durante il semestre freddo; si presentano frequentemente a carattere di rovescio, tendendo ad essere intense e non durature. Risultano molto scarse nel Campidano e lungo le coste Meridionali, dove cadono meno di 400 mm, valori confrontabili con quelli delle zone semiaride, mentre si attestano tra i 600-700 mm sulle zone interne collinari e più in generale su gran parte dei settori dell'Isola. La piovosità maggiore viene raggiunta sul Gennargentu, dove le precipitazioni possono cadere in forma nevosa durante la stagione invernale, superando i 1'000 mm.

Il versante Occidentale della Sardegna risente maggiormente delle correnti oceaniche; meglio raggiunto dalle depressioni Atlantiche le precipitazioni, infatti, raggiungono e localmente superano i 700-800 mm annui anche se poi durante l'Estate tale area risulta essere tra le più asciutte dell'Isola. Proprio nel periodo estivo le piogge possono mancare per mesi, conferendo un'accentuata aridità al territorio. In inverno la neve non è un fenomeno infrequente, con nevicate anche sopra i 1'000 m possono anche essere abbondanti tanto che sul massiccio del Gennargentu il manto nevoso può durare anche diversi mesi. Tra maggio e settembre, quando il Mediterraneo è dominato dagli anticloni, si ha invece la stagione secca con tempo soleggiato per lunghi periodi, con l'unica eccezione per i rilievi interni dove si verificano occasionali temporali.

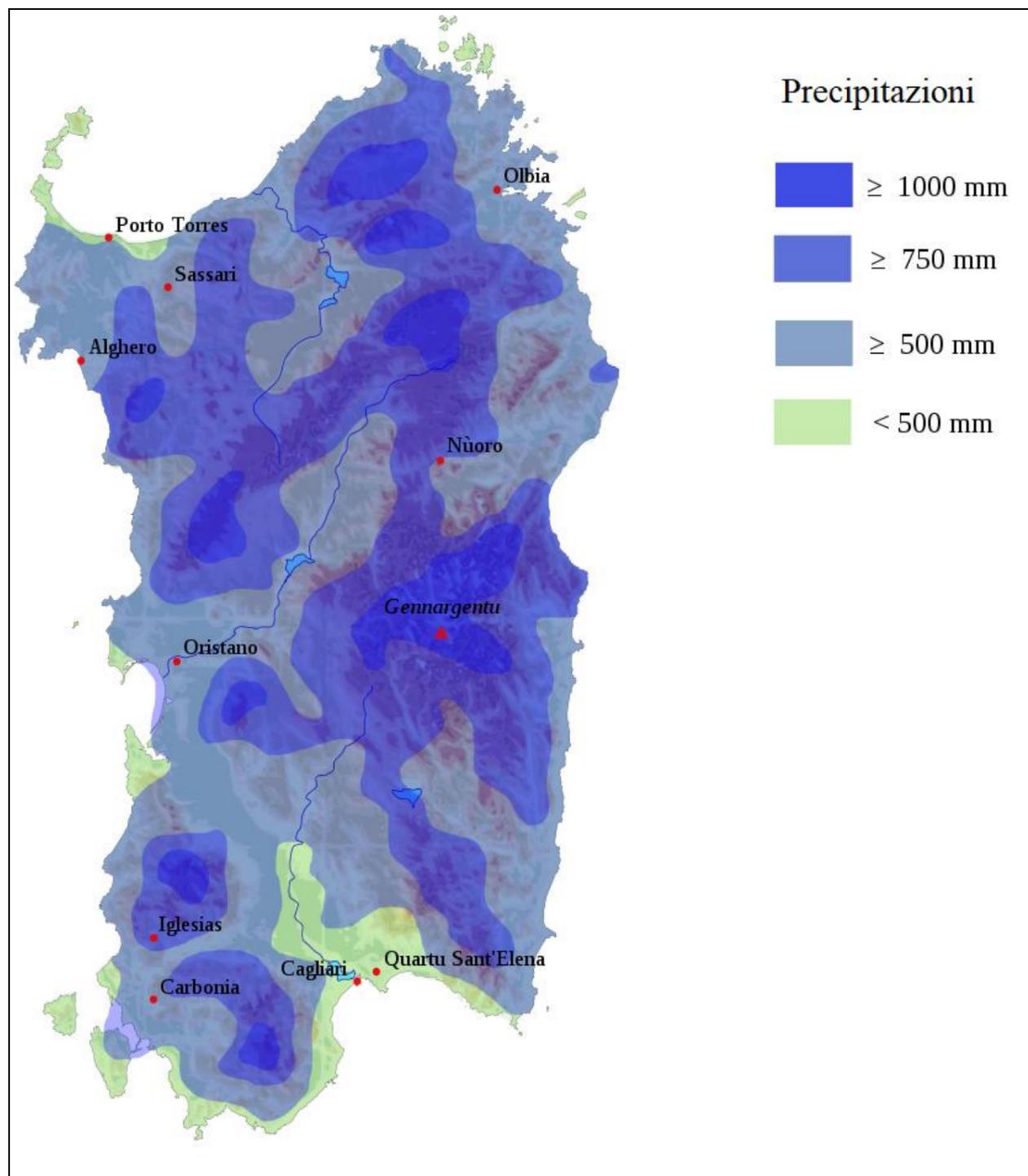


Figura 1 – Mappa delle precipitazioni della Sardegna. Fonte: Carta della precipitazione media annua in Italia per il trentennio 1921-19501

1 P. Frosini. - Roma - Istituto poligrafico dello Stato

Dal punto di vista dei **venti**, la Sardegna, lontana dalle grandi masse continentali, con i relativi ostacoli orografici, è spesso battuta da intensi venti in tutti i periodi dell'anno. I venti dominanti sono il Maestrale, lo Scirocco ed il Libeccio che in inverno danno luogo a piogge e mareggiate, mentre spesso in estate rendono il clima molto secco.

In estate il Maestrale mitiga le temperature mentre d'inverno è spesso responsabile di irruzioni fredde e piovose. Lo Scirocco, proveniente da sud, si accompagna spesso alle polveri provenienti dal deserto del Sahara ed è responsabile di ondate di calore durante l'estate, mentre durante l'inverno è la principale causa di maltempo sulle aree meridionali della Sardegna.

In inverno lo Scirocco richiamato da perturbazioni Afro-Mediterranee apporta intense ondate di maltempo sulla Sardegna Meridionale, mentre il Libeccio ed il Maestrale favoriscono le piogge sulla parte Occidentale, ed è proprio la frequenza delle correnti occidentali a spiegare la maggior piovosità di questo settore dell'Isola.

Il Maestrale è anche responsabile di episodi di freddo e neve invernale, trasportando con sé l'aria artica che sfocia nel Mediterraneo dalla Valle del Rodano. In estate lo Scirocco porta invece aria dai deserti Nordafricani, molto calda ed asciutta che spesso si accompagna al pulviscolo Sahariano ed a temperature elevatissime.

Tali avvezioni di aria calda annunciano l'arrivo dell'Anticiclone Africano che in Estate permane a lungo su queste zone del Mediterraneo.

Sotto l'aspetto termico la Sardegna presenta un clima molto mite con Estati molto calde ed Inverni miti. Le temperature medie annuali si attestano tra i 15 ed i 18°C.

In Estate le temperature oltrepassano i 30°C diffusamente e durante le avvezioni calde possono tranquillamente raggiungere la soglia dei 40°C; l'umidità bassa e la ventilazione sostenuta rendono comunque sopportabile il caldo.

D'inverno le temperature restano miti specie nelle coste, mentre possono scendere sotto allo 0°C sui settori interni in quota. Le irruzioni fredde causano talvolta repentini crolli delle temperature con nevicate che localmente possono raggiungere le zone di pianura o le coste; si tratta di episodi brevi, sostituiti in breve da masse d'aria più miti.

2.2. METEOROLOGIA DELL'AREA DI STUDIO

In questo paragrafo, relativo alla caratterizzazione meteorologica di dettaglio dell'area allo studio, si riportano le elaborazioni dei dati meteorologici selezionati per la caratterizzazione del dominio di calcolo.

Per la valutazione della qualità dell'aria è necessario considerare ed analizzare le variabili meteorologiche che più influenzano l'accumulo, il trasporto, la diffusione, la dispersione e la rimozione degli inquinanti nell'atmosfera. Risultano pertanto rilevanti i seguenti parametri:

altezza dello strato di rimescolamento (m), che dà la misura della turbolenza (di origine termica, dovuta al riscaldamento della superficie, e di origine meccanica, dovuta al vento) nello strato di atmosfera più vicino al suolo, esprimendo l'intensità dei meccanismi di dispersione verticale;

percentuale di condizioni atmosferiche stabili (%), che esprime con quale frequenza lo strato superficiale risulta stabile e quindi meno favorevole alla dispersione degli inquinanti;

velocità del vento (m/s), determinante per la dispersione, e direzione del vento (gradi), utile per valutare il trasporto degli inquinanti.

In relazione all'estensione territoriale del dominio stesso e per una corretta caratterizzazione meteorologica dell'area le basi di dati meteorologiche disponibili sono costituite da:

dati disponibili da Aeronautica Militare integrati con National Climatic Data Center (NCDC), stazione di Alghero

dati calcolati dal modello CALMET-LAMA, a cura del Servizio Idrometeorologico di Arpa Emilia Romagna.

2.2.1. Analisi dei dati meteorologici NOAA

Nel presente paragrafo si riporta la descrizione e la elaborazione dei dati meteorologici relativi all'anno 2017, reperiti dal sito del National Climatic Data Center del NOAA (NCDC) che mantiene il più grande archivio di dati climatici a livello mondiale e fornisce servizi climatologici e dati per gli utenti in tutto il mondo.

In particolare, sono stati utilizzati i dati relativi alla stazione di Alghero, presente nella rete delle stazioni NOAA, grazie alla collaborazione con la stessa, della Aeronautica Militare Italiana, ed è per questo motivo che la stazione presa a riferimento è posizionata esattamente in corrispondenza dell'aeroporto di Alghero-Fertilia.

Seguono le caratteristiche della stazione NOAA di riferimento e la rappresentazione grafica della sua ubicazione.

STATION_ID	STATION	BEGIN DATE	END DATE	COUNTRY	LATITUDE [°]	LONGITUDE [°]	ELEVATION [m]
16520099999	ALGHERO	19570701	20180616	IT	40,632133	8,290772	26,51

Tabella 1: Caratteristiche della stazione Alghero, appartenente alla rete del National Climatic Data Center del NOAA

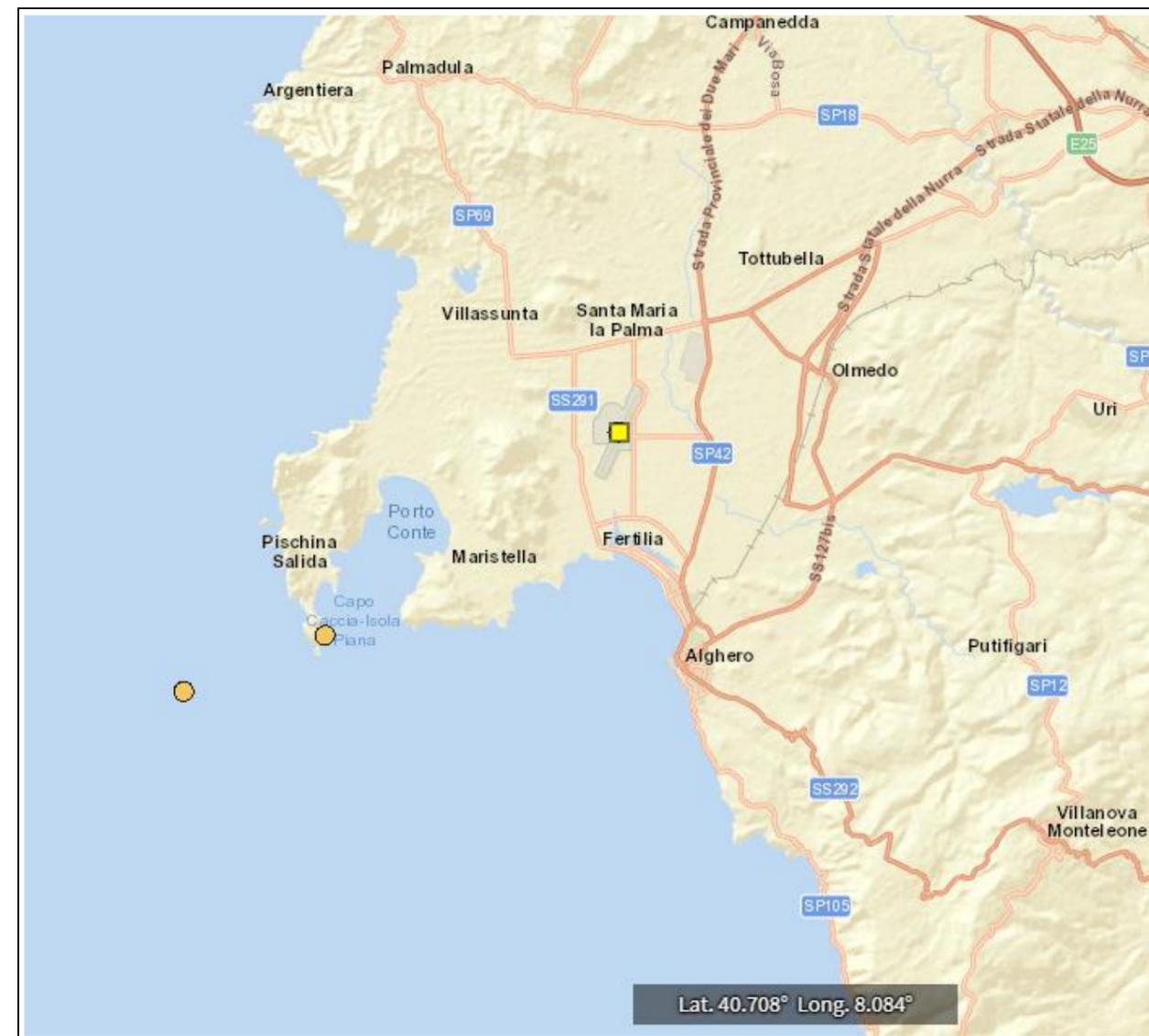


Figura 2 – Ubicazione della stazione Alghero, appartenente alla rete del National Climatic Data Center del NOAA

Per quanto riguarda il regime anemologico dell'area di studio, dai dati di velocità e direzione del vento, misurati dalla stazione di Alghero e riportati nella rosa dei venti di seguito, si nota come la direzione prevalente di provenienza dei venti sia N-NE e W-NW e, in misura minore, S-SW.

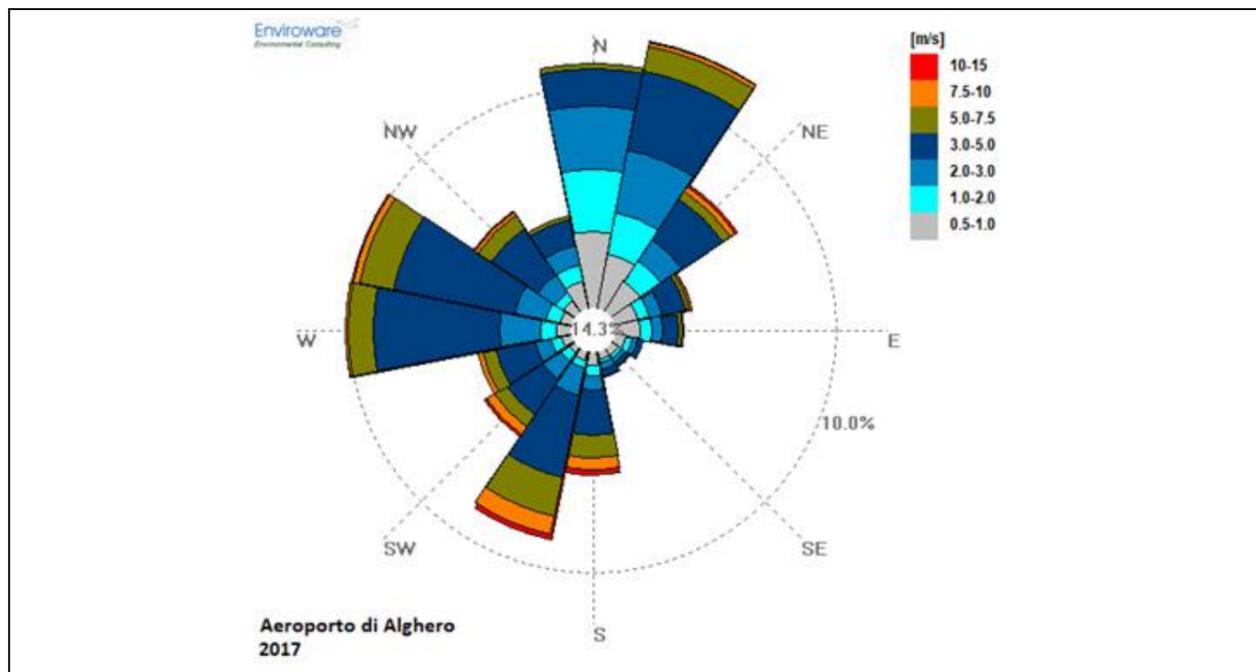


Figura 3 – Rosa dei venti relativa all'anno 2017

In particolare, il sito in esame è caratterizzato da venti prevalenti di modesta intensità che registrano tre direzioni prevalenti di provenienza: la direzione primaria è quella da N-NE, con frequenza totale di circa 32.2% sul totale, e le due direzioni secondarie, quali la direzione W-NW con una frequenza di circa il 27.4% e la direzione S-SW con una frequenza di circa il 20.3% sul totale. Le altre direzioni di provenienza del vento che concorrono agli accadimenti sono inferiori al 10%. Dal punto di vista della velocità, le intensità maggiori si registrano per i venti provenienti da S-SW, con una intensità media pari a circa 4.4 m/s. In media le velocità dei venti si attestano tra 3.0 e 4.0m/s con una frequenza di circa il 31 % sul totale delle ore dell'anno. Le calme di vento, ossia, venti con velocità inferiore a 1.0 m/s, si registrano per circa il 14.7% dei dati totali.

Intervallo	Da	Fino a	Percentuale [%]
	[m/s]	[m/s]	
1	0.0	1.0	14.7%
1	1.0	2.0	10.9%
2	2.0	3.0	16.0%
3	3.0	4.0	31.3%
4	4.0	5.0	9.0%
5	5.0	6.0	3.0%
6	6.0	8.0	0.8%
7	8.0	15	1.2%

Tabella 2: Frequenza di accadimento delle classi di velocità del vento

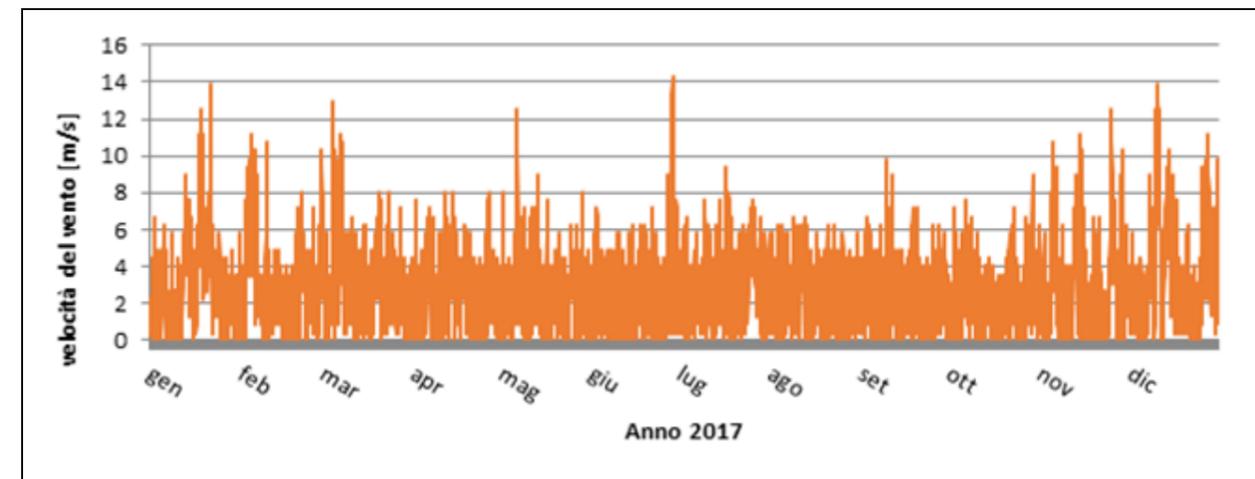


Figura 4 – Serie temporale della velocità del vento, relativa all'anno 2017

Settori	Dir	Data [%]	Velocità [m/s]
1	N	11.8%	1.94
2	NNE	13.1%	2.86
3	NE	7.3%	2.92
4	ENE	3.8%	2.66
5	E	3.3%	2.45
6	ESE	1.4%	1.77
7	SE	1.1%	1.94
8	SSE	1.3%	2.33
9	S	5.9%	4.44
10	SSW	9.2%	4.63
11	SW	5.2%	4.13
12	WSW	4.6%	3.61
13	W	10.8%	3.61
14	WNW	10.8%	4.01
15	NW	5.8%	3.58
16	NNW	4.6%	2.36
Calma	-		< 0.5

Tabella 3: Frequenza di accadimento delle direzioni e media della velocità del vento

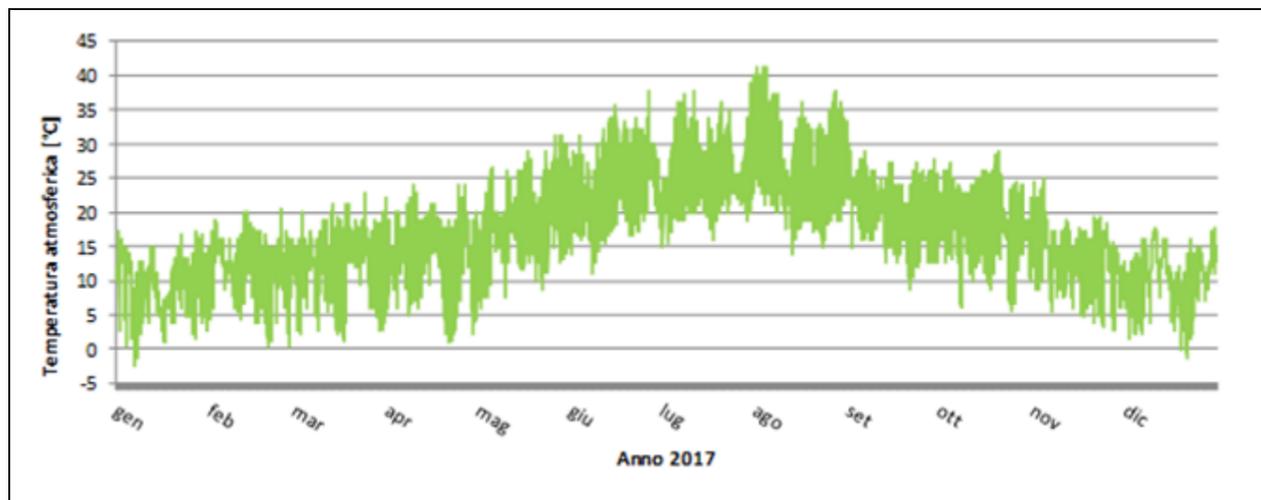


Figura 5 – Serie temporale della temperatura dell'aria, relativa all'anno 2017

Si riportano di seguito le principali informazioni circa i valori di temperatura atmosferica, misurati nell'anno 2017.

Periodo	Min [°C]	Media [°C]	Max [°C]
gen	-2.2	8.7	17.2
feb	0.6	11.6	20.6
mar	1.1	12.5	22.8
apr	1.1	14.1	23.9
mag	6.1	19	31.1
giu	11.1	24.2	37.8
lug	15	26	40
ago	13.9	26.7	41.1
set	8.9	20.3	28.9
ott	5.6	18	28.9
nov	2.8	12.6	25
dic	-1.1	10	17.8
Anno	-2.2	17.0	41.1

Tabella 4: Principali dati relativi alla temperatura atmosferica, anno 2017

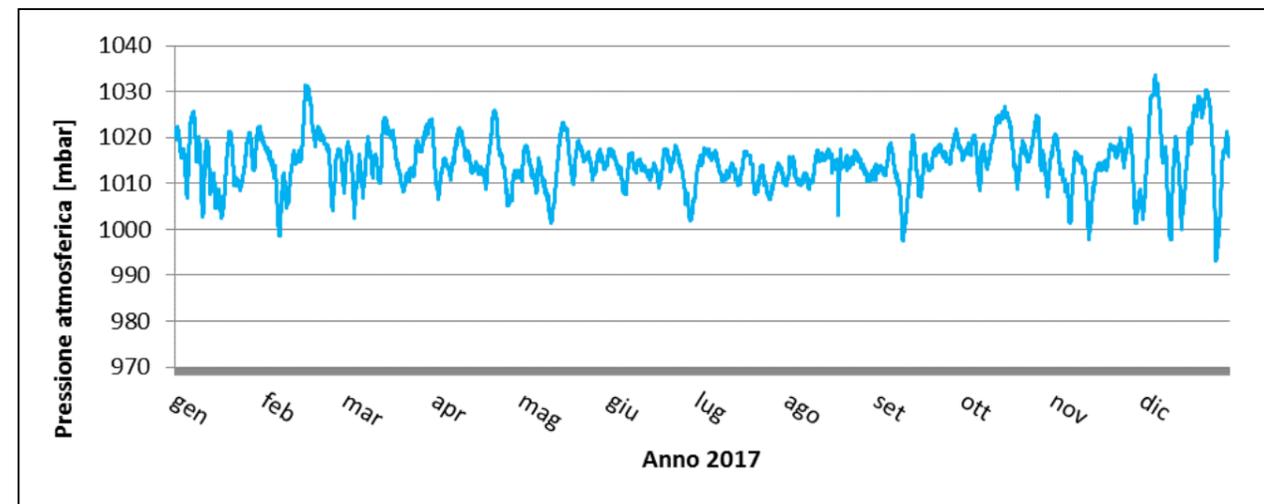


Figura 6 – Serie temporale della pressione atmosferica, relativa all'anno 2017

Si riportano di seguito le principali informazioni circa i valori di pressione atmosferica, misurati nell'anno 2017.

Periodo	Min [°C]	Media [°C]	Max [°C]
gen	1002.3	1014.8	1025.8
feb	998.5	1015.6	1031.4
mar	1002.5	1015.7	1024.4
apr	1005.2	1014.4	1026
mag	1001.2	1014.1	1023.3
giu	1001.8	1012.6	1018.4
lug	1006.4	1012.7	1017.7
ago	1003.3	1013.5	1017.5
set	997.5	1013.8	1021.9
ott	1007.2	1017.8	1026.7
nov	997.9	1012.7	1022
dic	993.2	1017.2	1033.5
Anno	993.2	1014.575	1033.5

Tabella 5: Principali dati relativi alla pressione atmosferica, anno 2017

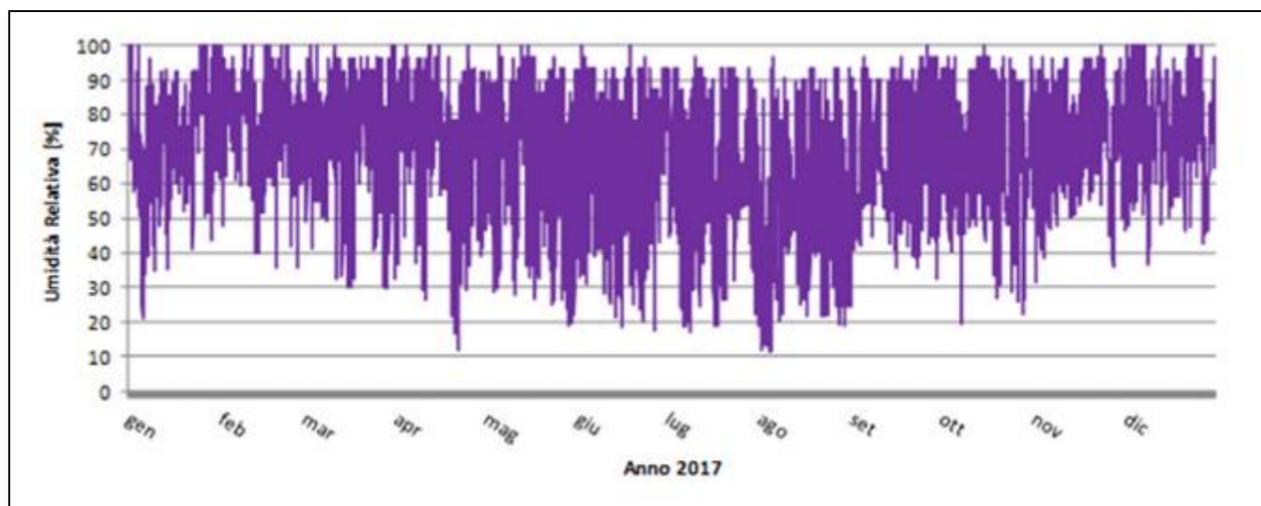


Figura 7 – Serie temporale dell'Umidità Relativa dell'aria, relativa all'anno 2017

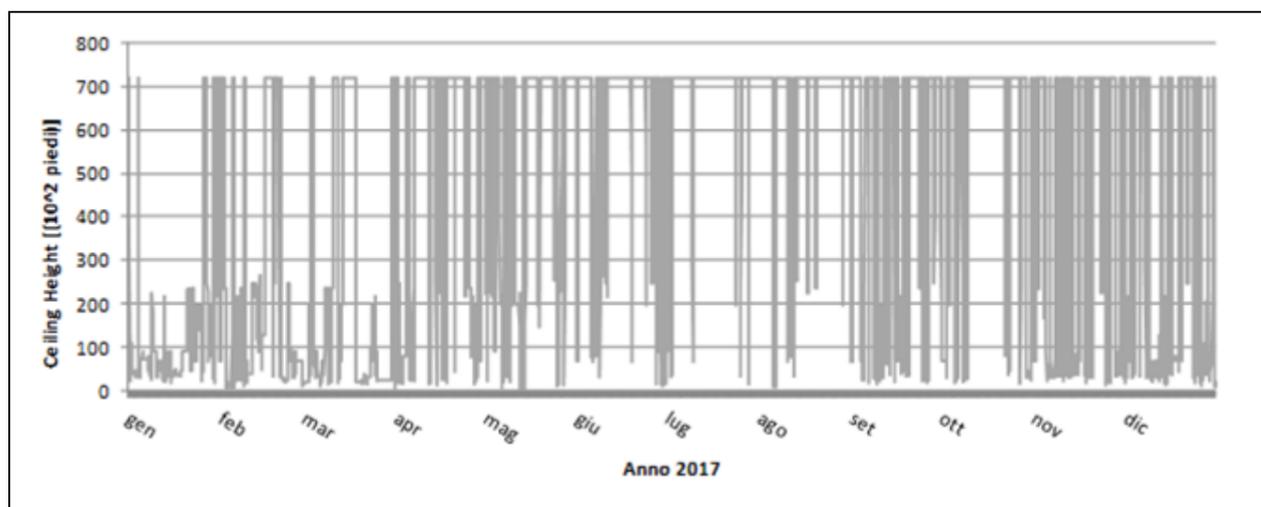


Figura 8 – Serie temporale del parametro Ceiling Height, relativa all'anno 2017.

3. QUALITÀ DELL'ARIA

3.1. PIANO REGIONALE DI QUALITÀ DELL'ARIA AMBIENTE DELLA REGIONE SARDEGNA

Il D.Lgs. 155/2010, "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa", sostituendo il D.Lgs. 351/1999, ha ridefinito i criteri che le Regioni sono tenute a seguire per la suddivisione dei territori di competenza in zone di qualità dell'aria, allo scopo di assicurare omogeneità alle procedure applicate su tutto il territorio nazionale.

Al fine di conformarsi alle disposizioni del nuovo decreto e collaborare al processo di armonizzazione messo in atto dal MATTM, la Regione Sardegna ha approvato, con D.G.R. 52/19 del 10/12/2013, la zonizzazione e la classificazione di zone e agglomerati, in materia di qualità dell'aria ambiente, del proprio territorio.

Il D.LGS. 155/2010 specifica i criteri con per la individuazione di zone e agglomerati. Sulla base di essi, la Regione Sardegna è pervenuta ad una suddivisione del territorio regionale in zone di qualità dell'aria, atte alla gestione delle criticità ambientali grazie all'accorpamento di aree il più possibile omogenee in termini di tipologia di pressioni antropiche sulla componente aria.

A conclusione del processo di suddivisione territoriale, la Regione Sardegna ha costituito: o zone per quanto riguarda gli inquinanti indicati nell'allegato V del D.Lgs. 155/2010 (PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂, SO₂, CO, Pb, Benzene, As, Cd, Ni, B(a)P), quali:

- Agglomerato di Cagliari;
- Zona Urbana;
- Zona industriale;
- Zona rurale;
- 1 zona per quanto riguarda l'Ozono indicato nell'appendice I del D.Lgs. 155/2010.

L'elenco delle zone suddette zone è riportato in tabella seguente:

Codice zona	Nome zona
IT2007	Agglomerato di Cagliari
IT2008	Zona Urbana
IT2009	Zona Industriale
IT2010	Zona Rurale
IT2011	Zona Ozono

Tabella 6: Zone ed agglomerati di qualità dell'aria individuati ai sensi del D.Lgs. 155/2010

L'agglomerato di Cagliari (IT2007) è stato individuato sulla base del criterio stabilito dall'Appendice I del D.Lgs. 155/2010, secondo cui una zona è definita agglomerato se ha una popolazione superiore a 250.000 abitanti.

In funzione delle caratteristiche demografiche e dei servizi, nella regione Sardegna è stato costituito un unico agglomerato, costituito dai comuni di Cagliari (156'951 abitanti), Quartu S. E. (71'430 abitanti), Quartucciu (12'635 abitanti), Selargius (29'050 abitanti), Monserrato (20'556 abitanti) e Elmas (8'949), per un totale di 299'571 abitanti, e con una densità abitativa pari a 1'196 abitanti per km².

La zona urbana (IT2008) è invece costituita dalle aree urbane rilevanti di Sassari e Olbia, la cui individuazione è stata effettuata a partire dall'analisi dei carichi emissivi; è stato possibile accorpare le aree che presentano maggiori analogie anche in termini di livelli degli inquinanti. Si tratta di centri urbani sul cui territorio si registrano livelli emissivi significativi, principalmente prodotti dal trasporto stradale e dal riscaldamento domestico. Nel Comune di Olbia, in particolare, a tali sorgenti emissive si aggiungono anche le attività portuali e aeroportuali.

La zona industriale (IT2009) è costituita dai comuni in cui ricadono aree industriali in cui il carico emissivo è determinato prevalentemente da più attività energetiche e/o industriali localizzate nel territorio, caratterizzate prevalentemente da emissioni puntuali. Non sono stati inclusi in questa zona i Comuni sul cui territorio ricadono solo impianti isolati (quali Samatzai, Ottana, Serramanna, Siniscola e Nuraminis).

La rimanente parte del territorio è stata accorpata nella zona rurale (IT2010) dal momento che, nel complesso, risulta caratterizzata da livelli emissivi dei vari inquinanti piuttosto contenuti, dalla presenza di poche attività produttive isolate e generalmente con un basso grado di urbanizzazione.

In generale, la Regione Sardegna ha deciso di individuare le zone, nel rispetto dei confini amministrativi comunali, ad eccezione dei Comuni di Sassari, Porto Torres e Olbia, per cui sono state escluse delle aree con caratteristiche disomogenee.

In particolare, si è deciso di escludere dal Comune di Porto Torres l'isola amministrativa dell'Asinara. Per le sue peculiarità di pregio naturalistico e l'assenza di sorgenti emmissive rilevanti, è stata stralciata dalla zona industriale del Comune di Porto Torres ed inserita nella zona rurale. Le stesse considerazioni valgono per il comune di Olbia, dove l'isola di Tavolara rappresenta un'area di particolare pregio naturalistico con l'assenza di qualsivoglia insediamento.

La seconda eccezione è rappresentata dall'area industriale di Fiume Santo, in cui è situata la centrale termoelettrica, che pur appartenendo al territorio comunale di Sassari, è stata associata all'area industriale di Porto Torres, piuttosto che all'area urbana.

Per quanto riguarda l'ozono, è stata prevista una zona unica denominata IT2011 (Figura 2) comprendente le zone già individuate IT2008, IT2009, IT2010.

Codice zona	Nome zona	Codice Istat Comune	Nome Comune
IT2008	Zona Urbana	104017	Olbia
		090064	Sassari (esclusa l'area industriale di Fiume Santo)
IT2009	Zona Industriale	092003	Assemini
		092011	Capoterra
		107016	Portoscuso
		090058	Porto Torres (più l'area industriale di Fiume Santo)
		092066	Sarroch
IT2010	Zona Rurale		Rimanente parte del fiume regionale
IT2011	Zona Ozono		Comprende tutte le zone escluso l'aggiornamento

Tabella 7: Composizione delle zone di qualità dell'aria individuate ai sensi del D.Lgs. 155/2010

Come si evidenzia dalla tabella riportata nell'Allegato B alla D.G.R. 52/19 del 10/12/2013, (di cui si riportano un estratto in FIGURA) e dalla rappresentazione della distribuzione delle zone, riportate nelle FIGURE, è possibile verificare che l'area in cui è situato l'aeroporto di Alghero ricade in Zona Rurale

(IT2010), per gli inquinanti di cui all'allegato V del D.Lgs. 155/2010. Per quanto riguarda la zonizzazione per l'ozono, l'area di studio ricade, come è ovvio, nella Zona Ozono (IT2011), unica zona costituita nel territorio della Regione Sardegna.

Codice ISTAT		COMUNE	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
20095001	095001	Abbasanta	IT2010	IT2011	
20104001	104001	Aggius	IT2010	IT2011	
20104002	104002	Aglientu	IT2010	IT2011	
20095002	095002	Aidomaggiore	IT2010	IT2011	
20104003	104003	Ala' dei Sardi	IT2010	IT2011	
20095003	095003	Albagiara	IT2010	IT2011	
20095004	095004	Ales	IT2010	IT2011	
20090003	090003	Alghero	IT2010	IT2011	
20095005	095005	Allai	IT2010	IT2011	

Tabella 8: Estratto dell'Allegato B alla D.G.R. n. 52/19 del 10.12.2013; indicazione del comune di Alghero

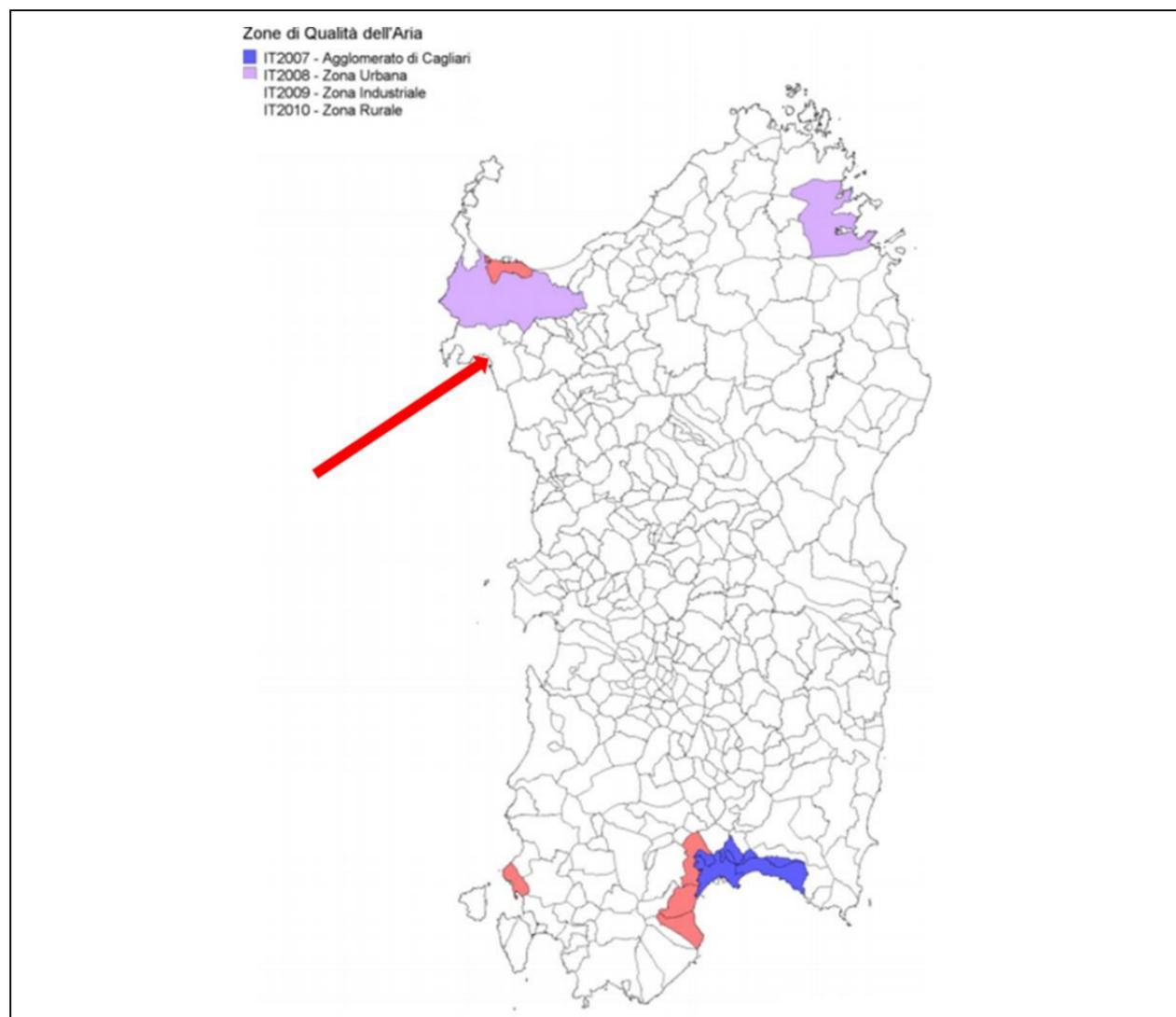


Figura 9 – Mappa di zonizzazione per gli inquinanti di cui all'allegato V del D.Lgs. 155/2010

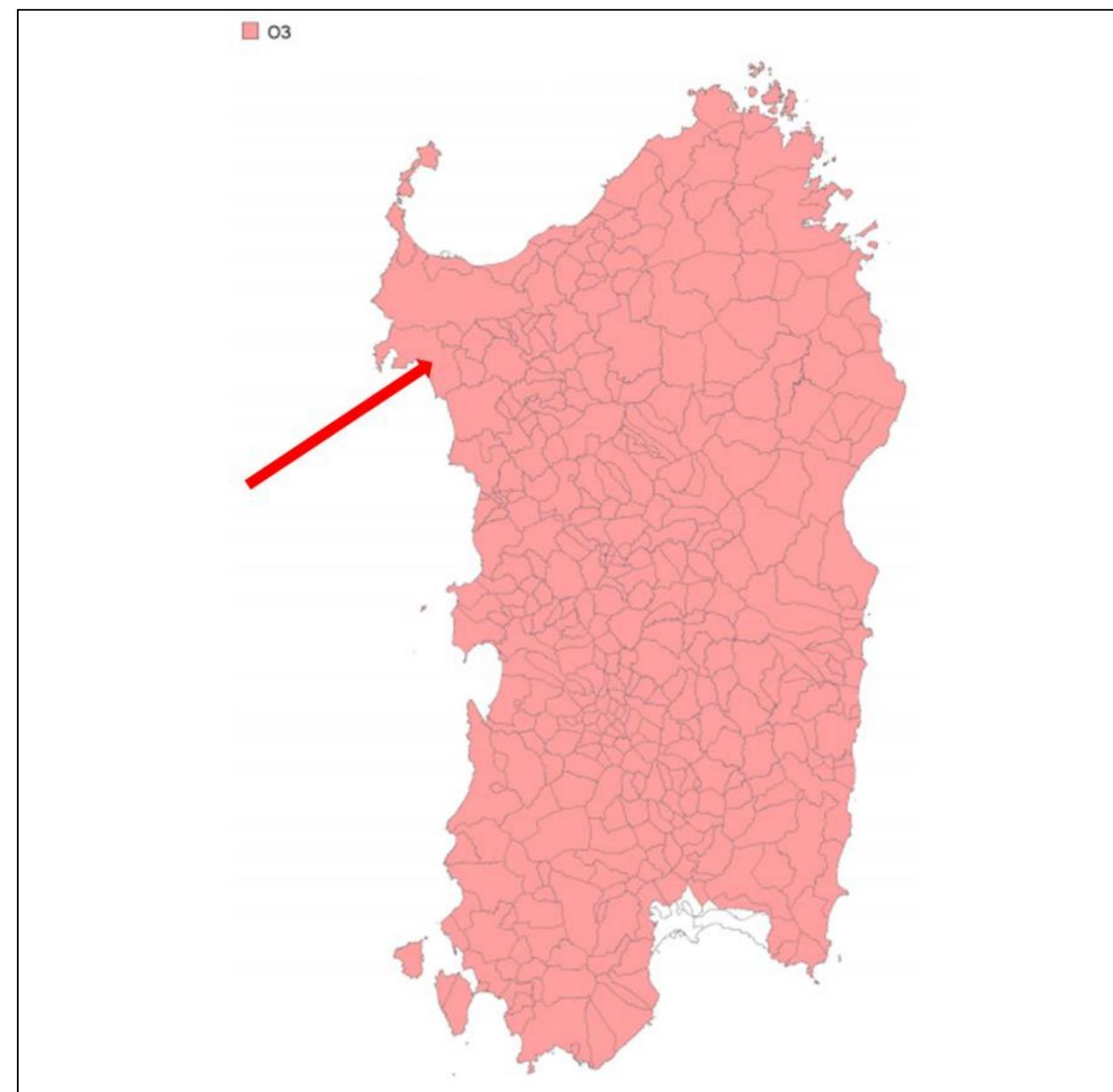


Figura 10 – Mappa di zonizzazione per l'inquinante ozono

3.2. RETE DI MONITORAGGIO REGIONALE

La Rete di Monitoraggio della Regione Sardegna, è stata progettata e realizzata in un periodo di tempo relativamente lontano (approssimativamente nel decennio 1985 - 1995), secondo logiche che la normativa ha successivamente modificato profondamente.

La posizione delle stazioni di misura, ad esempio, rivolta a determinare le concentrazioni più elevate nelle aree industriali ed urbane, non rispondeva sempre ai requisiti di rappresentatività indicati dalle nuove leggi in materia di inquinamento atmosferico, principalmente legate alla protezione della salute

umana e degli ecosistemi (per esempio alcuni inquinanti ora presi in considerazione dalla normativa, quali benzene, PM₁₀ e PM_{2,5}, non lo erano al momento della realizzazione della rete). Nel frattempo, è andato modificandosi il quadro regionale delle sorgenti emissive, soprattutto a seguito della crisi di alcuni comparti industriali e della progressiva introduzione di tecnologie e carburanti meno inquinanti, in particolare nell'ambito dei trasporti.

Al fine di perseguire per quanto possibile una maggiore protezione della salute umana e degli ecosistemi, la rete di monitoraggio regionale è stata oggetto nel tempo di un robusto intervento di adeguamento finalizzato all'ottimizzazione della rappresentatività dei dati di qualità ambientali.

Gli interventi di adeguamento, relativi al periodo 2008 - 2012, sono stati finanziati nell'ambito della misura 1.7 del POR Sardegna e hanno interessato la messa a norma della dotazione strumentale e il riposizionamento di diverse stazioni di misura in siti più rappresentativi ai sensi della legislazione vigente. Il progetto di adeguamento è stato articolato sulla base di alcuni risultati e indicazioni dello studio realizzato dall'Assessorato della Difesa dell'Ambiente, denominato "Realizzazione dell'inventario regionale delle sorgenti di emissione, del documento sulla valutazione della qualità dell'aria ambiente in Sardegna e individuazione delle possibili misure da attuare per il raggiungimento degli obiettivi di cui al D.Lgs. 351/1999" approvato con D.G.R. 55/6 del 29/11/2005. In tabella seguente, si riporta l'assetto attuale della rete di monitoraggio regionale.

Area	Stazioni
Agglomerato di Cagliari	CENCA1 - CENMO1 - CENQU1
Sassari (esclusa l'area industriale di Fiume Santo)	CENS12 - CENS13 - CENS16 - CENS17
Olbia	CENS10 - CEOLB1
Assemini	CENAS6 - CENAS8 - CENAS9
Sarroch	CENSA1 - CENSA2 - CENSA3
Portoscuso	CENPS2 - CENPS4 - CENPS6 - CENPS7
Porto Torres (più l'area industriale di Fiume Santo)	CENPT1 - CENSS2 - CENSS3 - CENSS4 - CENSS5 - CENSS8
Sulcis - Iglesiente	CENCB2 - CENIG1 - CENNF1 - CENST1
Campidano Centrale	CENNM1 - CENSG3 - CENVS1
Oristano	CENOR1 - CENOR2 - CESG1
Nuoro	CENNU1 - CENNU2
Sardegna Centro - Settentrionale	CEALG1 - CENMA1 - CENOT3 - CENS1 - CENTO1 - CENSE0
Seulo - Stazione di Fondo Regionale	

Tabella 9: Stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria, appartenenti alla Rete Di Monitoraggio Regionale

L'area di interesse per il presente studio, ricadente nel territorio del Comune di Alghero, fa parte dell'area di monitoraggio denominata "Sardegna Centro Settentrionale".

Per questa area si riporta l'assetto strumentale di cui la rete di misura regionale è dotata.

Area	Stazione	C6H6	CO	H2S	NMHC	NO2	O3	PM10	SO2	PM2.5
Sardegna Centro Settentrionale	CENMA1	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓
	CENOT3	✓				✓		✓	✓	
	CENS1					✓		✓	✓	
	CENTO1							✓	✓	
	CEALG1	✓	✓			✓	✓	✓	✓	

Tabella 10: Assetto strumentale relativo all'area di monitoraggio denominata "Sardegna Centro Settentrionale"

3.3. LIMITI NORMATIVI

Il D.Lgs.155/2010 abroga di fatto, tutto il corpus normativo previgente sulla qualità dell'aria, costituendo a tutti gli effetti un Testo Unico Sulla Qualità Dell'aria Ambiente.

Tale quadro legislativo italiano non sarà perfettamente congruente con quello europeo, in cui assieme alla Direttiva 2008/50/CE, rimane in vigore anche la Direttiva 2004/107/CE su metalli e idrocarburi policiclici aromatici, il cui recepimento italiano (D.Lgs.152/2007) viene invece assorbito dal D.Lgs.155/2010.

Biossido di azoto NO ₂	Valore limite orario	Numero di superamenti Media oraria (max 18 volte in un anno)	200 µg/ m ³
	Valore limite annuale	Media annua	40 µg/ m ³
	Soglia di Allarme	Numero di superamenti Media oraria (3 ore consecutive)	400 µg/ m ³
Monossido di carbonio CO	Valore limite	Massima Media Mobile su 8 ore	10 mg/ m ³
Ozono O ₃	Soglia di Informazione	Numero di Superamenti del valore orario	180 µg/ m ³
	Soglia di Allarme	Numero di Superamenti del valore orario (3 ore consecutive)	240 µg/ m ³
	Valore obiettivo per la protezione della salute umana (da valutare per la prima volta nel 2013)	Numero di superamenti della media mobile di 8 ore massima giornaliera (max 25 gg/anno come media degli ultimi 3 anni)	120 µg/ m ³
Biossido di Zolfo SO ₂	Valore limite orario	Numero di superamenti Media oraria (max 24 volte in un anno)	350 µg/ m ³
	Valore limite giornaliero	Numero di superamenti Media giornaliera (max 3 volte in un anno)	125 µg/ m ³
	Soglia di Allarme	Numero di superamenti Media oraria (3 ore consecutive)	500 µg/ m ³
Particolato Atmosferico PM ₁₀	Valore limite giornaliero	Numero di superamenti Media giornaliera (max 35 volte in un anno)	50 µg/ m ³
	Valore limite annuale	Media annua	40 µg/ m ³
Benzene C ₆ H ₆	Valore limite annuale	Media annua	5 µg/ m ³
IPA come Benzo(a)pirene	Valore obiettivo	Media annua	1 ng/ m ³

Arsenico	Valore obiettivo	Media annua	6 ng/ m ³
Cadmio	Valore obiettivo	Media annua	5 ng/ m ³
Nichel	Valore obiettivo	Media annua	20 ng/m ³

Tabella 11: Valori di riferimento per la valutazione della QA secondo il D.Lgs. 155/2010

3.4. STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NELL'AREA DI STUDIO

Per la caratterizzazione della qualità dell'aria relativa all'area in cui ricade l'Aeroporto di Alghero, si riportano i dati più recenti, messi a disposizione della Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente (ARPA) della Regione Sardegna, relativi all'area di monitoraggio di interesse ovvero l'area denominata "Sardegna Centro Settentrionale". Di seguito si riporta la ubicazione delle stazioni del raggruppamento "Sardegna Centro Settentrionale", che, si ricorda, rientrano tutte nella zona rurale.

STAZIONE	UBICAZIONE
CEALG1 di Alghero (SS)	posizionata in area urbana, a ridosso di una scuola materna
CENMA1 di Macomer (NU)	ubicata a sud del centro abitato di Macomer, in direzione del polo industriale di Tossilo, dov'è presente un inceneritore.
CENOT3 di Ottana (NU)	posta a ovest del centro abitato di Ottana, nell'area industriale che accoglie una centrale elettrica e numerosi stabilimenti chimici. La stazione si trova interposta tra l'area industriale e il centro abitato, a circa cinquecento metri da esso
CENSN1 di Siniscola (NU)	situata a sud-ovest del centro abitato di Siniscola, in direzione del polo industriale dove è presente un cementificio.
CENTO1 di Tortoli (OG)	localizzata ad Arbatax, nell'area residenziale a sud della zona industriale del porto.

Tabella 12: Ubicazione delle stazioni di monitoraggio relative all'area denominata "Sardegna Centro Settentrionale"

Dal punto di vista delle distanze, la stazione che risulta essere più vicina all'area di studio è la stazione CEALG1 di Alghero, la cui localizzazione è rappresentata in figura seguente.

Tuttavia, nessuna stazione risulta talmente vicina da rappresentare direttamente le condizioni di qualità dell'aria nelle vicinanze dell'aeroporto di Alghero-Fertilia. Perciò, si riportano in seguito i risultati del monitoraggio, relativo all'anno 2015, registrati da tutte le stazioni del raggruppamento "Sardegna Centro Settentrionale", in quanto rappresentative dell'intera macro-area. A riguardo, si evidenzia che la stazione la CENTO1 rientra fra le stazioni che il progetto di adeguamento della rete prevede di dismettere in quanto non rispetta i criteri localizzativi imposti dal D.Lgs. 155/2010 e s.m.i. Pertanto i dati relativi a tale stazione sono da considerare indicativi e non possono essere confrontati con i valori limite imposti dal medesimo decreto.

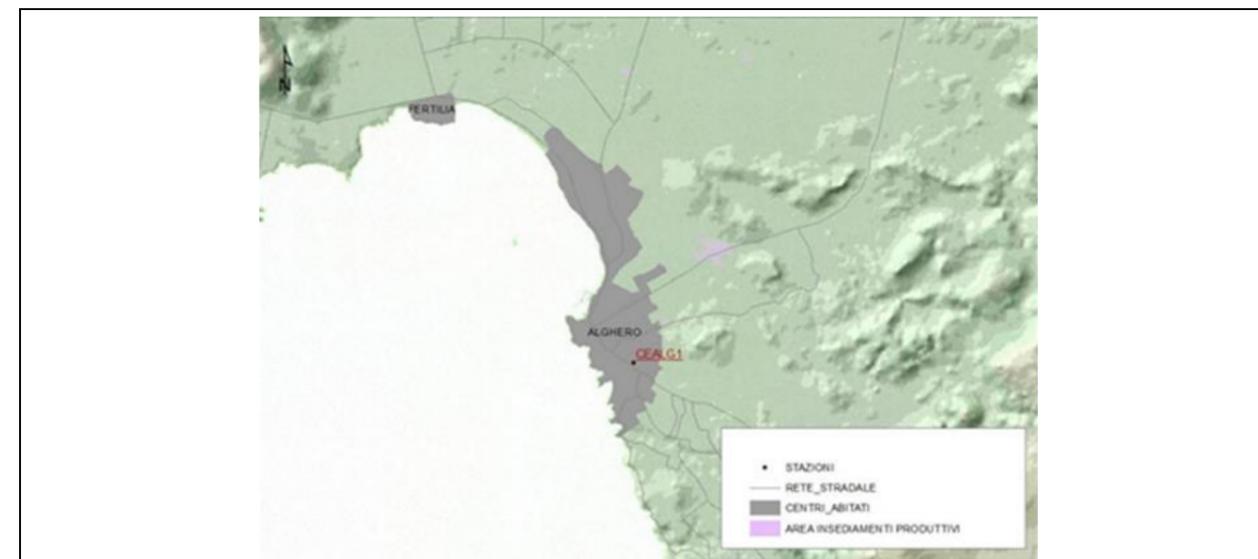


Figura 11 – Ubicazione della stazione di monitoraggio CEALG1

STAZIONE	C ₆ H ₆	CO	H ₂ S	NMHC	NO ₂	O ₃	PM ₁₀	SO ₂	PM _{2,5}
CEALG1	97	93	-	-	86	94	95	91	-
CENMA1	92	91	-	-	92	93	95	88	93
CENOT3	99	-	-	-	92	96	98	94	-
CENSN1	-	-	-	-	95	-	100	96	-
CENTO1	-	-	-	-	-	-	97	88	-

Tabella 13: Percentuali di funzionamento della strumentazione relativi all'area "Sardegna centro settentrionale", anno 2015

STAZIONE	C ₆ H ₆	CO	NO ₂		O ₃			PM ₁₀		SO ₂		PM _{2,5}		
	MA PSU 5	M8 PSU 10	MO PSU 200	MO SA 400	MA PSU 40	MO SI 180	MO SA 240	M8 VO 120	MG PSU 50	MA PSU 40	MO PSU 350	MO SA 500	MG PSU 125	MA PSU 25
			18					25	35		24		3	
CEALG1								10	5					
CENMA1								20	2					
CENOT3								33 ₁₂	2					
CENSN1									6					

Tabella 14: Riepilogo dei superamenti rilevati nell'area "Sardegna centro settentrionale", anno 2015

In generale, è possibile asserire quanto segue:

- Il benzene (C₆H₆), misurato dalle stazioni CEALG1, CENMA1 e CENOT3, risulta avere la media annua compresa tra 0,3 µg/m³ (CENOT3) e 1,1 µg/m³ (CENMA1), valori ampiamente entro il limite di legge pari a 5 µg/m³.

- Il monossido di carbonio (CO), evidenzia massime medie mobili di otto ore che variano tra 0,9 mg/m³ (CEALG1) e 1,3 mg/m³ (CENMA1), rimanendo quindi ampiamente entro i limiti di legge, pari a 10 mg/m³ sulla massima media mobile di otto ore).
- I valori medi annui di biossido di azoto (NO₂) variano tra 7 µg/m³ (CENMA1) e 9 µg/m³ (CENS1), mentre i valori massimi orari variano tra 62 µg/m³ (CEALG1) e 113 µg/m³ (CENS1). I limiti di legge su medie orarie (200 µg/m³) e media annua (40 µg/m³) vengono ampiamente rispettati.
- L'ozono (O₃) è misurato nelle stazioni CEALG1, CENMA1 e CENOT3. La massima media mobile di otto ore oscilla tra 124 µg/m³ (CENMA1) e 149 µg/m³ (CENOT3), mentre la massima media oraria tra 136 µg/m³ (CEALG1) e 162 µg/m³ (CENOT3), al di sotto della soglia di informazione (180 µg/m³) e della soglia di allarme (240 µg/m³). In relazione al valore obiettivo per la protezione della salute umana (120 µg/m³ sulla massima media mobile giornaliera di otto ore da non superare più di 25 volte in un anno civile come media sui tre anni) continua la criticità nella stazione CENOT3, mentre risulta ridimensionata nella CENMA1.
- In relazione al PM₁₀, le medie annue variano tra 14 µg/m³ (CENMA1) e 25 µg/m³ (CENS1), la massima media giornaliera tra 39 µg/m³ (CENOT3) e 77 µg/m³ (CENS1). Le concentrazioni si mantengono nettamente al di sotto del limite annuo (40 µg/m³), mentre i superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m³ sono pochi rispetto al limite dei 35 superamenti annui.
- I valori di biossido di zolfo (SO₂) si mantengono piuttosto bassi: le massime medie giornaliere variano tra 2 µg/m³ (CENS1) e 5 µg/m³ (CENOT3), i valori massimi orari tra 4 µg/m³ (CENS1) e 42 µg/m³ (CENOT3).

Concludendo, nell'area si riscontra una criticità per i valori elevati di ozono, limitata al superamento del valore obiettivo mentre gli altri parametri monitorati sono rimasti stabili negli anni, risultando sempre ampiamente entro i limiti normativi.

4. STIMA DELLE EMISSIONI

4.1. FASE DI ESERCIZIO

Il Master Plan Aeroportuale definisce gli interventi strutturali e funzionali necessari all'ampliamento e all'ammodernamento del sistema aeroportuale dell'aeroporto di Alghero.

Per valutare l'impatto della nuova configurazione sull'atmosfera, è stato utilizzato EDMS 5.1.4.1 (Emissions and Dispersion Modeling System), un modello di simulazione utilizzabile per studiare il trasporto e la dispersione degli inquinanti realizzato all'inizio degli anni '90 dalla FAA (Federal Aviation Administration) in collaborazione con la USAF (U.S. Air Force).

La sua struttura prevede una serie di sottomodelli in grado di considerare e valutare le emissioni generate dalle sorgenti aeroportuali. Si possono distinguere due grossi moduli, uno relativo alla

trattazione dei fenomeni di emissione (Emission Module) e l'altro relativo alla dispersione degli inquinanti in atmosfera (Dispersion Module).

Nel primo modulo avviene la stima della quantità e delle tipologie di inquinanti immesse in atmosfera da ogni singola sorgente.

Una volta determinata la quantità di inquinante in atmosfera, il secondo modulo considera i processi fisici legati alle condizioni meteorologiche a cui ciascun inquinante è sottoposto e effettua una stima delle concentrazioni degli inquinanti nei siti indicati come recettori.

Per applicare il modello è necessaria una dettagliata ricerca circa tutte le attività presenti all'interno del sedime aeroportuale che emettano particelle inquinanti, contribuendo in quantità più o meno significativa all'alterazione delle condizioni atmosferiche.

Utilizzando metodologie approvate dall'EPA, il primo modulo del programma fornisce, quindi, una panoramica delle emissioni prodotte dalle varie sorgenti presenti in una struttura aeroportuale, quali gli aeromobili e tutti i veicoli a motore, ed una serie di sorgenti stazionarie come le centrali termiche o i serbatoi di carburante.

Il secondo modulo del software viene utilizzato per stimare la dispersione degli inquinanti; per effettuare questa stima EDMS necessita di informazioni sui dati meteorologici caratterizzanti il sito e di informazioni sull'orografia della zona. In dettaglio EDMS utilizza il modello AERMOD, modello di dispersione degli inquinanti sviluppato dall'EPA, e CALMET, preprocessore meteorologico di AERMOD, per restituire, in formato di testo, i valori delle concentrazioni degli inquinanti nell'area studiata. Una volta catalogate le sorgenti inquinanti ed affiancate ad esse le informazioni topografiche e meteorologiche del sito, raccolte nello stesso periodo temporale, il modello fornisce le concentrazioni medie orarie dei singoli inquinanti previste in corrispondenza di recettori precedentemente definiti.

4.2. INQUINANTI CONSIDERATI

Il modello EDMS include nell'elaborazione diverse tipologie di inquinanti, caratteristici dell'inquinamento aeroportuale. Gli inquinanti presenti nel modello sono i seguenti:

o Ossidi di Zolfo

- Ossidi di Azoto,
- PM10
- PM2.5
- Idrocarburi totali
- Idrocarburi non metanici
- CO₂
- VOC
- TOG

4.3. SCENARI CONSIDERATI E DATI INPUT

La simulazione è stata svolta considerando lo stato attuale di estensione e attività dell'aeroporto, utilizzando i dati più recenti disponibili.

Nel Masterplan vengono riportati, per lo scenario considerato, i movimenti/anno degli aerei previsti:

MIX di Traffico Annuo (2016)			
TIPO A/M	Categoria	Movimenti	Passeggeri
B737-700/800	C	3'618	
A 320 / A319	C	4'800	
Altri categoria C	C	1'396	
Totale		9'814	1'730'000

Tabella 15: Movimenti aerei nel 2016

Il modello EDMS richiede l'inserimento di alcuni dati riguardanti tutte le attività che si svolgono all'interno dell'aeroporto.

Tali dati riguardano la tipologia di aerei che utilizzano le piste ed i loro movimenti annui, il traffico stradale e l'utilizzo dei parcheggi, le sorgenti stazionarie eventualmente presenti nell'aeroporto, le operazioni di assistenza svolte dai mezzi a terra.

I dati richiesti sono stati ricavati dal Masterplan e dalle indicazioni fornite dai responsabili della gestione aeroportuale. Nel caso in cui alcuni dati non fossero risultati disponibili, sono stati utilizzati i dati di default oppure è stato stimato il loro valore tramite considerazioni cautelative basate sull'attività aeroportuale.

All'interno del presente studio si valuterà lo scenario attuale con dati relativi all'anno 2016. Successivamente verrà effettuato un confronto con lo scenario futuro in cui saranno apportate modifiche sostanziali all'aeroporto con termini di progetto previsti entro il 2030.

Nei paragrafi seguenti vengono riportati i dati di input inseriti nel modello per lo scenario analizzato.

4.3.1. Layout aeroportuale

Il modello EDMS richiede l'introduzione delle coordinate di ogni singola sorgente in modo da costruire una piantina in scala del sedime studiato. Per simulare la dispersione degli inquinanti è quindi necessario digitalizzare la planimetria dell'aeroporto e definire tutte le coordinate dei punti principali dell'aeroporto rispetto ad un asse cartesiano con origine in un punto di riferimento. Per questo studio, il punto di riferimento scelto è il punto con coordinate geografiche: 40°37'52" N; 8°17'19" E.

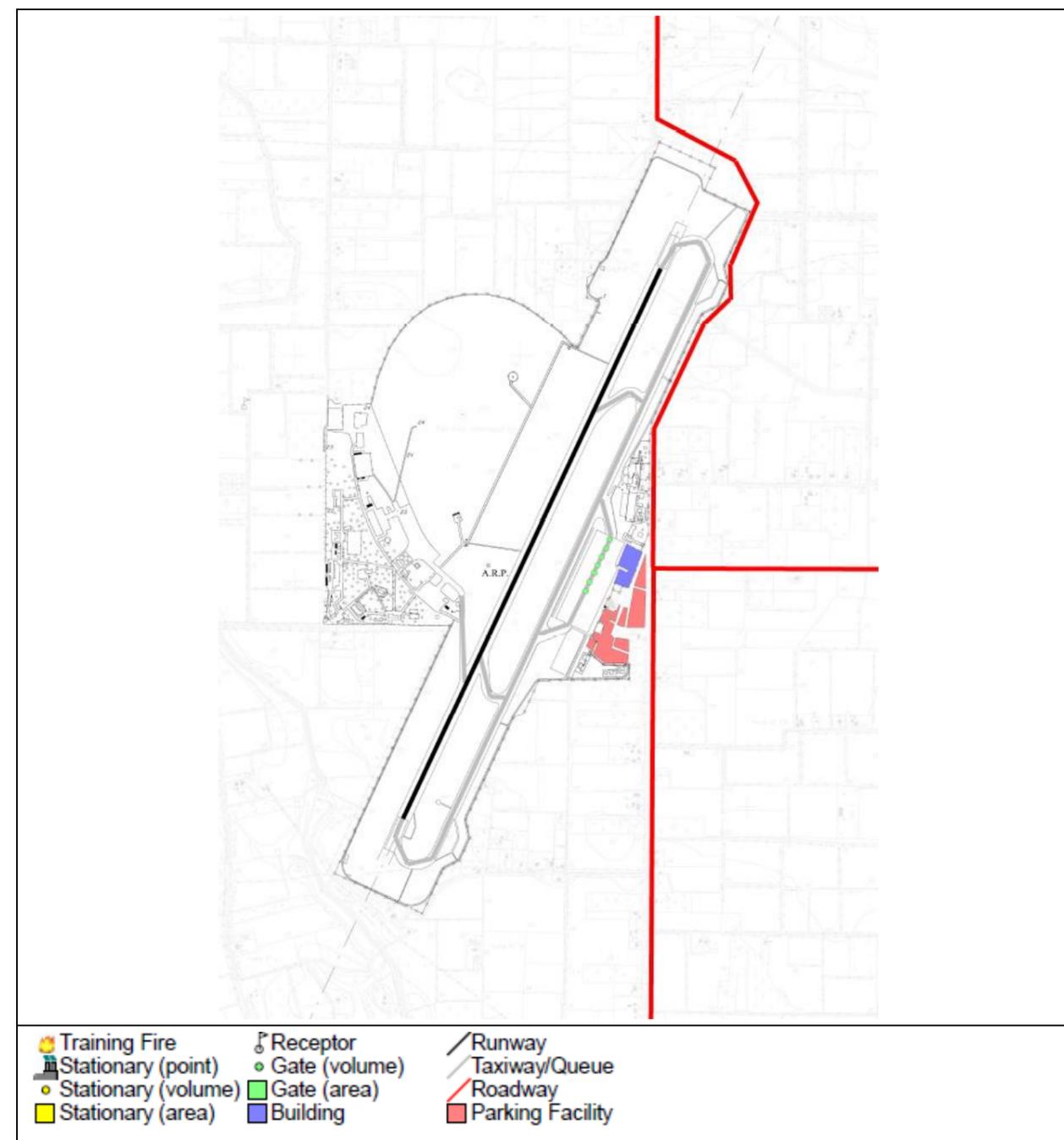


Figura 12 – Layout strutture aeroportuali - realizzato con EDMS 5.1.4.1

4.3.2. Attività Aeromobili

Il modello richiede l'inserimento delle caratteristiche degli aeromobili considerati nella simulazione. Per ogni aereo EDMS richiede i seguenti input:

- Il modello, il tipo di aereo e il tipo di motore presente
- Il numero annuale di voli (cicli LTO – Landing-Takeoff)

- I profili operativi per ciascun quarto d'ora del giorno, per ogni giorno della settimana e per ogni mese dell'anno
- Il tempo richiesto per ogni fase operativa (Taxi Out, Takeoff, Climbout, Approach, Landing Roll, Taxi Inn)
- I mezzi a terra assegnati a ogni aeromobile.

In Tabella sono riportate le tipologie di aereo inserite nel modello e i relativi cicli LTO per l'anno 2016. Il numero di cicli LTO è stato ricavato dal numero di movimenti registrati nel 2016 e riportato in Tabella 1, la suddivisione percentuale dei velivoli utilizzati all'interno delle 3 macro classi è stata stimata a partire dalla distribuzione di questi in un campione di 3 settimane di differenti periodi dell'anno 2017 (Aprile, Agosto, Ottobre).

Tipologia Aeromobile	Cicli LTO	Tipologia Aeromobile	Cicli LTO
Airbus	2400		
A319	367	CRJ1	17
A320	1665	E135	17
A321	367	E75	100
Boeing	1809	E90	17
B717	85	EMB195	33
B737-4	160	F2000	17
B737-5	32	M20	17
B737-7	11	P166	17
B737-8	1522	Altri (P180A) ²	266
Altri	698	PA24	17
ATR72	17	PA28	33
C182	17	PA46	17
C550	17	PC12	17
C56X	17	SSJ100	17
CJ2	33		
TOTALE		4907	

Tabella 16: Numero annuale di cicli LTO per tipologia di aereo nell'anno 2016

Di seguito si riportano a titolo esemplificativo alcuni tipi di aeromobili utilizzati nell'aeroporto di Alghero e inseriti nello studio.

² Le tipologie di velivoli utilizzati, ma non presenti nella banca dati del software sono riportate in tabella come "altri" ed inserite nel modello come P180A.

4.3.3. Classi di aerei





Figura 13 – Classe di aerei previsti nella Fleet Mix dei movimenti dell'aeroporto di Alghero 2016-2020

4.3.4. Profili operativi

Il software EDMS richiede l'inserimento di profili operativi, ossia di specificare un fattore di attività dell'aeroporto per ciascun periodo temporale. In particolare, è possibile utilizzare tre tipi di profili operativi: per quarto d'ora, giornaliero e mensile. Nel caso in studio è considerata un'attività pari al 100% dalle ore 6:00 alle 24:00, come mostrato nel grafico seguente.

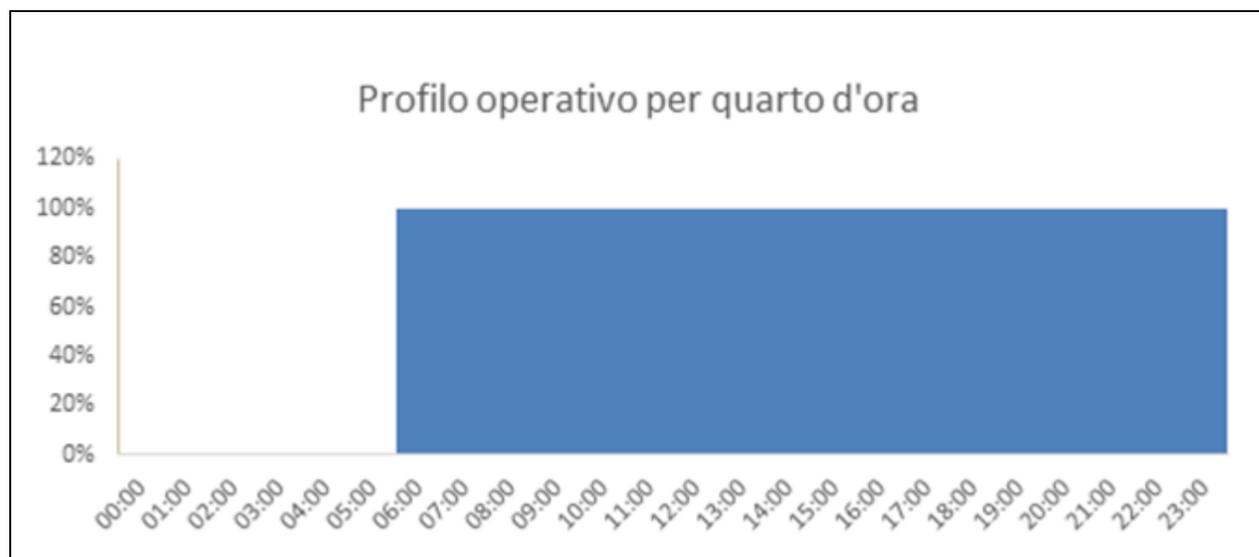


Figura 14 – Profili operativi per quarto d'ora. È ipotizzata un'attività pari a zero dalle 00:00 alle 6:00 e completa operatività nelle restanti ore.

Per quanto riguarda il profilo mensile sono stati applicati dei fattori proporzionali alle attività dichiarate sul Masterplan di Alghero. Nell'immagine seguente è possibile notare che il picco di attività si ha nei mesi estivi, mentre si ha una sostanziale riduzione nel resto dell'anno:

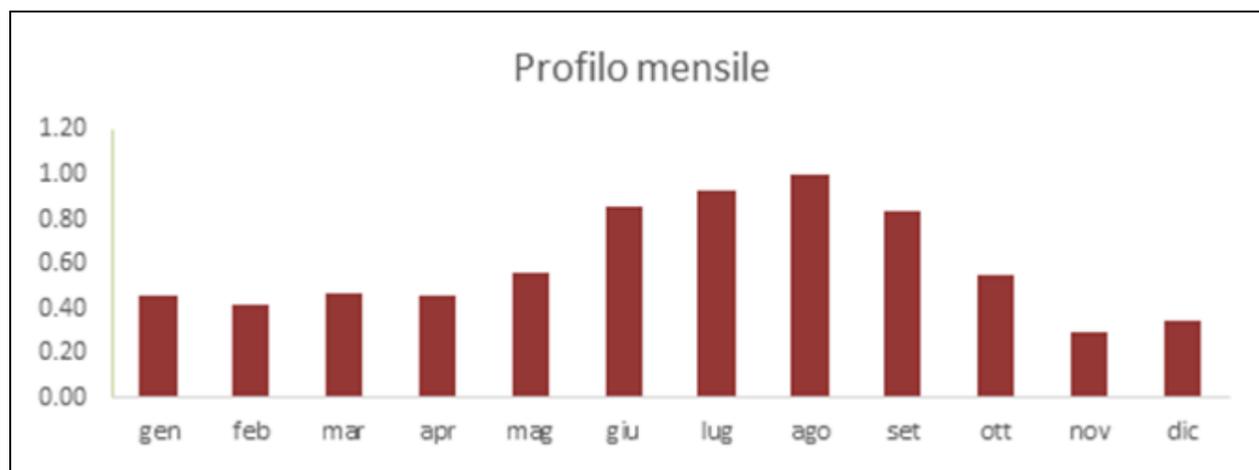


Figura 15 – Profili operativi per mese. È mostrato un sensibile incremento di attività nel periodo tra giugno e settembre.

Per ogni aeromobile è stata indicata la pista di atterraggio e decollo ed i percorsi schematizzati per spostarsi dal gate alla pista e viceversa (Taxipath).

Per quanto concerne l'utilizzo della pista, tale utilizzo è stato così formulato:

Aircraft Size:	Runway	Arrivals (%)	Departures (%)
Small	2	36%	55%
Small	20	64%	45%
Large	2	26%	51%
Large	20	74%	49%
Heavy	2	26%	51%
Heavy	20	74%	49%

Tabella 17: analisi dati dei movimenti dell'Aeroporto di Alghero

Capacità massima movimenti/ora: 15.

Per quanto riguarda i tempi richiesti dalle varie fasi operative, sono stati utilizzati i tempi calcolati da EDMS sulla base delle caratteristiche dell'aeromobile scelto e del tipo di pista.

4.3.5. Mezzi a terra

I mezzi GSE (Ground Support Equipment) sono i mezzi che affiancano l'aereo dal momento dell'atterraggio fino al successivo decollo, come i mezzi di trasporto per l'imbarco dei passeggeri, i mezzi adibiti al carico e scarico merci, i rimorchiatori degli aeromobili che li guidano negli spostamenti, i deicers, ecc. EDMS richiede l'inserimento della tipologia di mezzo, dei tempi di utilizzo, dei profili operativi e richiede l'assegnazione dei gates in cui i mezzi operano.

Con tali informazioni, il software ripartisce le emissioni dei mezzi nei gates relativi, in base al tempo di funzionamento e ai profili operativi. In questo studio sono utilizzati i dati di default presenti nel software relativi alle tipologie di aereo selezionate.

4.3.6. Parcheggi

I parcheggi sono considerati sorgenti di emissione superficiale e per questo EDMS richiede l'inserimento, oltre che delle coordinate di tutti i parcheggi di partenza, anche dell'area e dell'eventuale altezza nel caso di parcheggi multilivello. Altri dati fondamentali per il calcolo delle emissioni sono il numero di veicoli che transitano da ogni parcheggio annualmente, i profili operativi, la tipologia di veicoli, la velocità di transito e i fattori di emissione per i veicoli scelti.

Il numero di veicoli annui è stato ricavato in base al numero di posti presenti in ciascun parcheggio, ipotizzando un utilizzo pari all'80%; per gli altri dati di input sono stati scelti i dati di default forniti da EDMS, differenziando la tipologia di veicoli in base alla tipologia di parcheggio considerato (parcheggio autobus, parcheggio veicoli misti).

Parcheggio	N° posti	Movimenti/anno
Autobus	11	16060
Rent car	411	60006
Short term	330	481800
Long term	226	32996
15 min	15	21900
Personale	133	38836
Sterrato (long term)	250	36500
Totale	1376	688098

Tabella 18: Numero di movimenti annui per tipologia di parcheggio (2016)

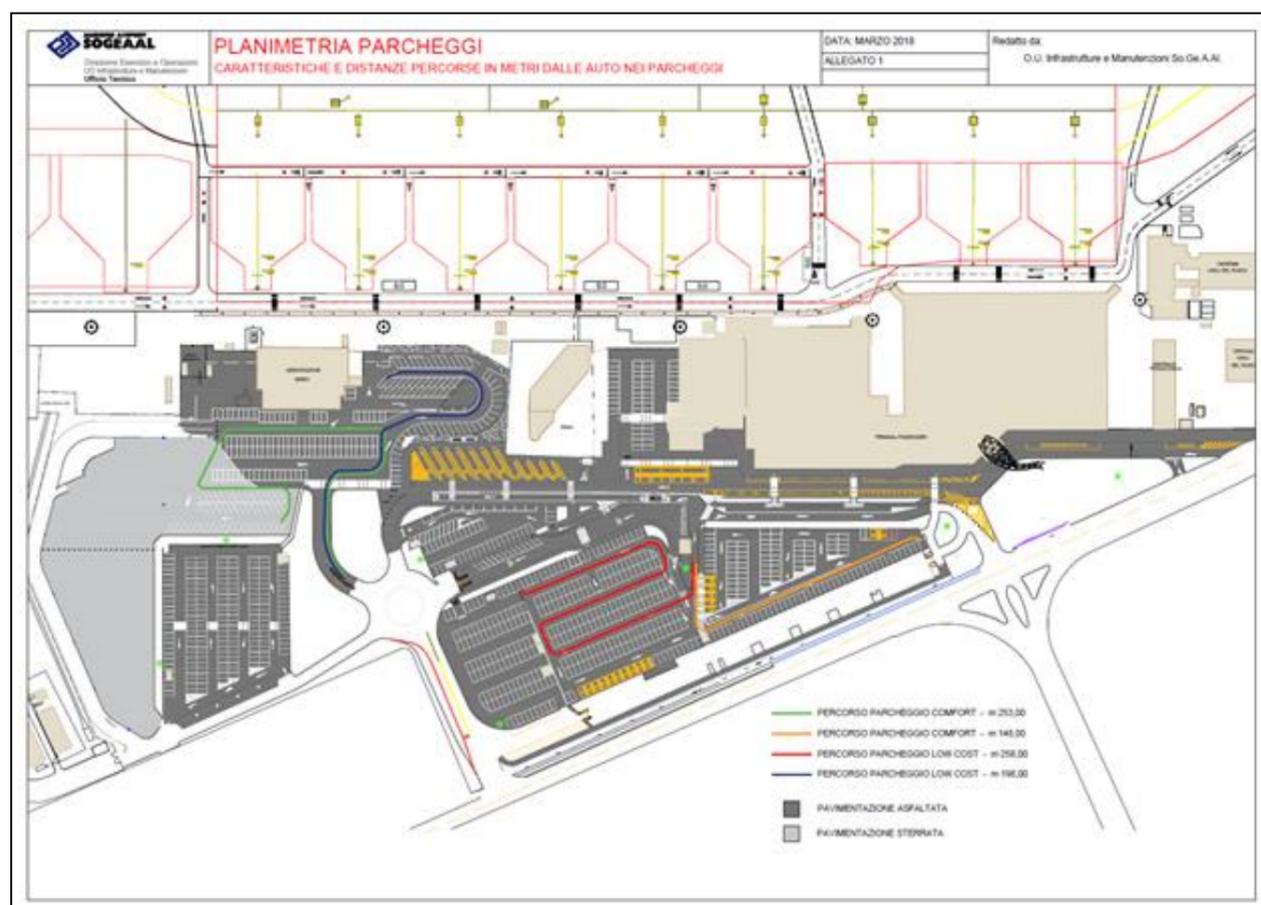


Figura 16 – Planimetria parcheggi Aeroporto di Alghero

4.3.7. Traffico indotto

L'aeroporto ha attualmente due punti di accesso: la strada SP44 di collegamento con la SS291 per Sassari e l'altro dalla SP42 (Alghero Porto Torres).

All'interno dell'area aeroportuale la viabilità si divide per consentire alle auto private di entrare nelle zone di parcheggio divise per tempo di sosta: Short term, Long term, 15 minuti e rent a car.

Nel modello le due strade di accesso sono rappresentate nel modello grafico dell'aeroporto ed il relativo traffico è stato considerato nel calcolo delle emissioni per quanto riguarda la gestione dei parcheggi come descritto nel paragrafo precedente.

5. EMISSIONI STIMATE

5.1. FASE DI ESERCIZIO

In tabella sono riportate le emissioni aeroportuali stimate dal software EDMS per l'aeroporto di Alghero, espresse in tonnellate/anno, per lo stato attuale (2016), successivamente saranno confrontate con lo scenario di termine di progetto (2030).

Anno	Movimenti/anno	CO ₂	CO	THC	NMHC	VOC	TOG	NO _x	SO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}
2016	9814	7106.00	30.01	3.47	4.60	4.60	4.68	38.28	2.91	0.43	0.42
2030	14238	10295.87	42.73	5.04	6.60	6.59	6.69	55.44	4.22	0.62	0.61

Tabella 19: Emissioni totali per ciascun inquinante per gli scenari considerati (ton/anno)

2016										
Fonte emissione	Tonnellate/anno									
	CO ₂	CO	THC	NMHC	VOC	TOG	NO _x	SO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}
Aerei	7106.000	15.363	3.413	3.942	3.921	3.944	35.165	2.638	0.216	0.216
Mezzi rampa		12.126		0.416	0.434	0.474	1.371	0.074	0.062	0.059
APUs		0.839	0.059	0.068	0.068	0.068	1.638	0.197	0.148	0.148
Parcheggi		1.684	0.000	0.176	0.178	0.189	0.105	0.001	0.004	0.002
TOTALE	7106.000	30.012	3.472	4.602	4.602	4.675	38.278	2.910	0.430	0.424
2030										
	CO ₂	CO	THC	NMHC	VOC	TOG	NO _x	SO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}
Aerei	10295.865	22.259	4.950	5.717	5.686	5.719	50.972	3.822	0.313	0.313
Mezzi rampa		17.574		0.602	0.630	0.687	1.987	0.107	0.090	0.085
APUs		1.215	0.085	0.099	0.098	0.099	2.374	0.285	0.214	0.214
Parcheggi		1.684	0.000	0.176	0.178	0.189	0.105	0.001	0.004	0.002
TOTALE	10295.865	42.732	5.035	6.595	6.593	6.694	55.437	4.216	0.621	0.614

Tabella 20: Emissioni totali per gli scenari considerati per ciascun inquinante, ripartiti nelle sorgenti emittive

Per ottenere un confronto con altri aeroporti è riportato i valori di emissione rapportato al numero di passeggeri previsti. In particolare, le emissioni sono riportate in tonnellate/anno/10.000 passeggeri:

Passeggeri	2016									
	Tonnellate/anno/10.000 passeggeri									
	CO ₂	CO	THC	NMHC	VOC	TOG	NO _x	SO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}
1.730.000	41.07514	0.17348	0.02007	0.02660	0.02660	0.02702	0.22126	0.01682	0.00249	0.00245

Tabella 21: Emissioni totali per gli scenari considerati per ciascun inquinante normalizzati per numero di passeggeri

Si può osservare la ripartizione degli inquinanti emessi rispetto alle varie fonti nel grafico seguente. Si nota che la fonte principale di emissione per tutti gli inquinanti è rappresentata dagli aerei. Per quanto riguarda GSE e APU si ricorda che sono stati utilizzati i dati di default presenti nel database del software EDMS.

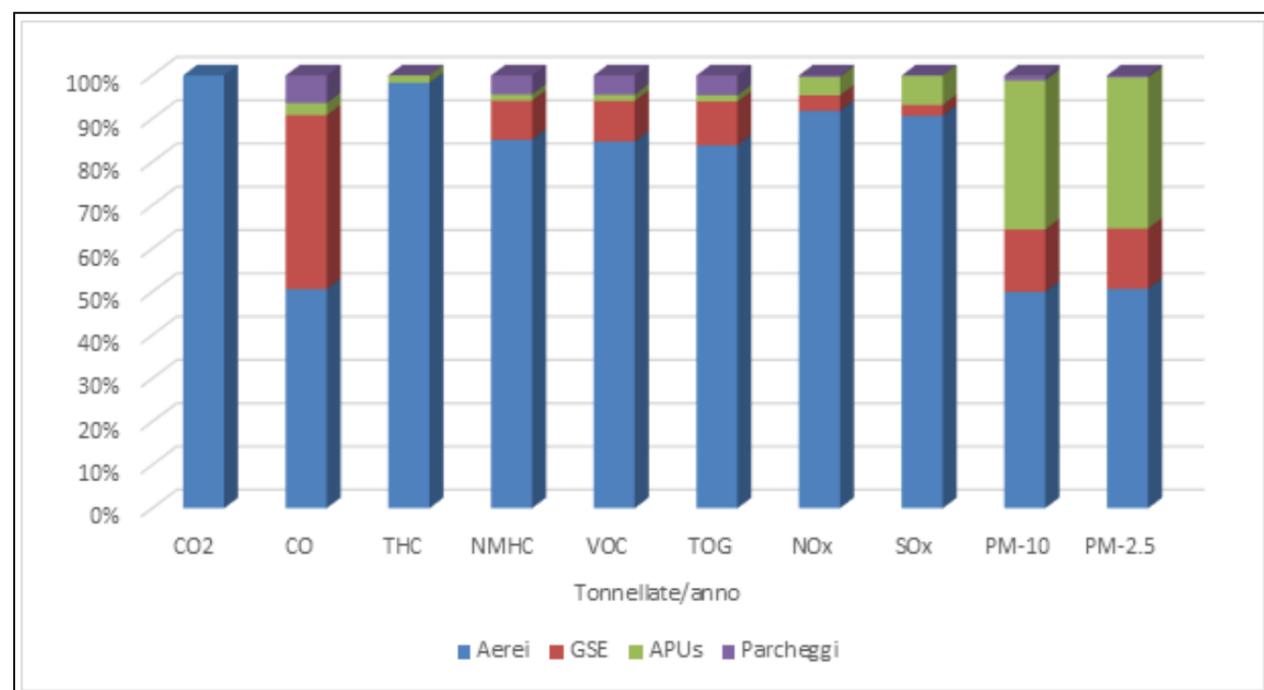


Figura 17 – Ripartizione percentuale delle emissioni per tipologia di sorgente

6. APPROCCIO METODOLOGICO

Il presente studio ha come obiettivo la valutazione della concentrazioni degli inquinanti caratteristici dell'opera sia sul territorio circostante che in alcuni punti specifici, opportunamente individuati e ritenuti di particolare importanza, per il territorio stesso, per mezzo dell'applicazione di un opportuno modello diffusionale (UNI 10964:2001 "Studi di impatto ambientale - Guida alla selezione dei modelli matematici per la previsione di impatto sulla qualità dell'aria"; UNI 10796:2000 "Valutazione della dispersione in atmosfera di effluenti aeriformi - Guida ai criteri di selezione dei modelli matematici"),

Le fasi, secondo cui si è proceduto nell'elaborazione del presente studio, saranno:

- Acquisizione ed analisi dei dati territoriali e definizione del dominio di studio
- Acquisizione ed analisi dei dati meteorologici per la caratterizzazione dell'area di studio e la ricostruzione di capi di vento tridimensionali, per un anno solare rappresentativo delle condizioni meteorologiche dell'area
- Acquisizione delle informazioni sulle emissioni per gli scenari da valutare.
- Applicazione del codice numerico di dispersione degli inquinanti per la valutazione delle concentrazioni degli inquinanti emessi dall'opera oggetto.
- Analisi e rappresentazione grafica dei risultati

6.1. SCELTA DEL MODELLO

I modelli matematici di dispersione giocano un ruolo fondamentale nella valutazione della qualità dell'aria perché sono in grado di estendere il dato di concentrazione puntuale a porzioni di territorio non monitorate, tenuto conto della distribuzione spazio-temporale delle emissioni e delle caratteristiche meteo diffusive del luogo.

I modelli, infatti, sono uno strumento utile per:

- ottenere dei campi di concentrazione anche in aree del territorio dove non siano presenti degli strumenti di misura e monitoraggio, o estendere la rappresentatività spaziale delle misure stesse;
- ottenere informazioni sulle relazioni intercorrenti tra emissioni ed immissioni, e cioè tra sorgente e recettore, con la possibilità di calcolare i contributi relativi delle singole sorgenti;
- valutare l'impatto di eventuali inquinanti non misurati dalla rete di monitoraggio;
- studiare scenari ipotetici di emissione alternativi rispetto a quelli attuali, in modo da valutare l'impatto dovuto all'insediamento di un nuovo sito industriale o ad interventi su quello esistente.

Ovviamente il risultato di una simulazione modellistica è sempre affetto da errore dovuto al fatto che il modello, per quanto consolidato e complesso possa essere, non risulta mai completamente aderente alla realtà fisica, a causa delle varie ipotesi semplificative e delle correlazioni semi-empiriche in esso introdotte per descrivere i fenomeni fisici. A questa incertezza intrinseca del modello si associa poi quella relativa ai dati forniti in ingresso, in particolare ai dati sulle emissioni ed ai parametri meteorologici.

Per scegliere uno strumento modellistico adeguato alle esigenze dello scenario di studio è necessaria quindi un'attenta fase di valutazione di applicabilità che passa attraverso i punti seguenti:

1. analisi del problema (scala spaziale, temporale, dominio, tipo di inquinante, tipo di sorgenti, finalità delle simulazioni);
2. effettiva disponibilità dei dati di input (omogeneità, dettaglio, etc.);
3. risorse di calcolo disponibili (hardware);

4. grado di complessità dello strumento matematico scelto e competenze necessarie per poterlo applicare.

Queste le principali tipologie di modelli.

- **Modelli analitici "a pennacchio"**: sono codici molto semplici che richiedono pochi ma essenziali dati meteorologici in ingresso e limitate risorse di calcolo, adatti a simulare situazioni stazionarie nello spazio e nel tempo.
- **Modelli tridimensionali "a puff"**: sono codici più complessi caratterizzati da formulazione gaussiana per la dispersione, ma con la possibilità di variare la direzione di trasporto nello spazio e nel tempo.
- **Modelli tridimensionali lagrangiani a "particelle"**: codici in cui la simulazione della dispersione degli inquinanti viene trattata attraverso pseudo-particelle, la cui dinamica all'interno del dominio di calcolo viene determinata dal campo di vento e dalle condizioni di turbolenza locali dell'atmosfera.
- **Modelli tridimensionali euleriani "a griglia"**: sono infine quei codici che si basano sull'integrazione numerica dell'equazione differenziale di conservazione della massa per ogni inquinante. Risolvono l'equazione generale di trasporto e trasformazione riferendosi ad un sistema fisso di coordinate. Suddividono il dominio spaziale di simulazione in una griglia. In generale la scelta tra modelli analitici e tridimensionali dipende dalla complessità dello scenario.

I modelli a "puff" possono essere considerati una categoria intermedia tra quelli analitici tradizionali ed quelli tridimensionali completi. Essi sono definiti "intermedi" perché se da un lato sono dotati di un campo di vento tridimensionale, per loro natura sono però in grado di fornire delle valide simulazioni solo finché una singola traiettoria rappresenta il trasporto degli inquinanti.

In questo studio è stato scelto, come più idoneo per la tipologia emissiva e il dominio di studio, un modello a puff descritto nei paragrafi seguenti: CALPUFF MODEL SYSTEM

6.2. CALPUFF MODEL SYSTEM

Nell'ambito di questo studio, è stato impiegato il codice di calcolo CALPUFF MODEL SYSTEM (Scire). Il codice comprende un preprocessore meteorologico CALMET per la ricostruzione dei campi 3D di vento entro un'area significativa, il codice di dispersione CALPUFF per lo studio della dispersione degli inquinanti, a partire dal campo 3D di vento originato da CALMET, ed i post-processor per l'elaborazione dei dati meteorologici e di concentrazione.

Il modello scelto rientra tra quelli proposti dall'US-EPA (Ente Federale Americano per la protezione dell'ambiente), ed è inserito ufficialmente nell'elenco dei modelli consigliati dall'Istituto Superiore di Sanità (ISTISAN) nel nostro Paese (CTN-ACE-4/2001 Linee guida per la selezione e applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la valutazione della qualità dell'aria (2001)).

In particolare, il codice rappresenta il giusto compromesso tra complessità, quantità di dati ed informazioni necessarie per il suo utilizzo, affidabilità e precisione della simulazione e risorse da impiegare.

Il sistema di modelli CALMET-CALPUFF, inserito dall'U.S. EPA in Appendix A di "Guideline on Air Quality Models", è stato sviluppato da Sigma Research Corporation, ora parte di Earth Tech, Inc., con il contributo di California Air Resources Board (CARB).

Il sistema di modelli è costituito da tre moduli principali:

- il processore meteorologico CALMET: utile per la ricostruzione del campo tridimensionale di vento e temperatura all'interno del dominio di calcolo;
- il processore CALPUFF: modello di dispersione, che inserisce le emissioni all'interno del campo di vento generato da CALMET e ne studia il trasporto e la dispersione;
- il post-processore CALPOST: ha lo scopo di analizzare statisticamente i dati di output di CALPUFF, in modo da renderli utilizzabili per le analisi successive.

CALMET è un processore meteorologico di tipo diagnostico, in grado di riprodurre campi tridimensionali di vento e temperatura unitamente a campi bidimensionali di parametri descrittivi della turbolenza atmosferica. È adatto a simulare il campo di vento su domini caratterizzati da orografia complessa e da diverse tipologie di destinazione di uso del suolo.

Il campo di vento è ricostruito attraverso stadi successivi, in particolare un campo di vento iniziale, viene processato in modo da tenere conto degli effetti orografici, tramite interpolazione dei dati misurati alle centraline di monitoraggio e tramite l'applicazione di specifici algoritmi in grado di simulare l'interazione tra il suolo e le linee di flusso.

CALMET è dotato infine di un modulo micro-meteorologico, per la determinazione della struttura termica e meccanica (turbolenza) degli strati inferiori dell'atmosfera.

CALPUFF è un modello di dispersione ibrido multi-strato non stazionario. È in grado di simulare il trasporto, la dispersione, la trasformazione e la deposizione degli inquinanti, in condizioni meteorologiche variabili nello spazio e nel tempo. CALPUFF è in grado di utilizzare i campi meteorologici prodotti da CALMET, oppure, in caso di simulazioni semplificate, di assumere un campo di vento assegnato dall'esterno, omogeneo all'interno del dominio di calcolo.

CALPUFF contiene diversi algoritmi, che gli consentono, opzionalmente, di tenere conto di diversi fattori, quali:

- l'effetto scia dovuto agli edifici circostanti (building downwash) o allo stesso camino di emissione (stack-tip downwash);
- lo shear verticale del vento;
- la deposizione secca ed umida;

- le trasformazioni chimiche che avvengono in atmosfera;
- il trasporto su superfici d'acqua;
- la presenza di orografia complessa o di zone costiere.

Con riferimento all'ultimo punto, CALPUFF tiene conto dei fenomeni di brezza che caratterizzano le zone costiere, e modella in modo efficace il cosiddetto Thermal Internal Boundary Layer (TIBL) che è causa della ricaduta repentina al suolo degli inquinanti emessi da sorgenti vicine alla costa.

Per simulare al meglio le condizioni reali di emissione, il modello CALPUFF permette di configurare le sorgenti individuate attraverso geometrie puntuali, lineari ed areali. Le sorgenti puntuali permettono di rappresentare emissioni diffuse, localizzate con precisione in un'area ridotta; le sorgenti lineari consentono di simulare al meglio un'emissione che si estende lungo una direzione prevalente, qual è ad esempio quella dovuta al trasporto su nastri; le sorgenti areali, infine, si adattano bene a rappresentare un'emissione diffusa su di un'area estesa.

In questo modo si è definito lo scenario emissivo, input del modello, che ha poi fornito i risultati sulla dispersione e sulla concentrazione a terra degli inquinanti emessi dall'opera

I coefficienti di dispersione vengono implementati tenendo conto della turbolenza atmosferica, delle componenti di dispersione dovute alla spinta di galleggiamento, e a componenti dovute ad eventuali sorgenti areali. Le opzioni per l'incremento a causa della turbolenza dei coefficienti sono diverse e dipendono dalle condizioni specifiche del processo in esame.

I codici di calcolo richiedono come input i seguenti dati:

- dati meteorologici in superficie ed in quota, per la ricostruzione del campo di vento tridimensionale (ricostruiti in CALMET);
- dati per le sorgenti: per l'effettivo studio della dispersione degli inquinanti in aria (effettuato da CALPUFF).

6.2.1. Principali file di input e output

Input file

Per un run completo il modello necessita dei seguenti file:

- CALPUFF control file (CALPUFF.INP): si tratta di un file di controllo che passa tutte le informazioni necessarie al programma:
 - periodo di simulazione;
 - dimensione della griglia;
 - tipo e origine del sistema di coordinate;
 - specie da simulare;

- tipo di sorgenti modellate e loro caratteristiche;
- moduli attivati/disattivati;
- Pathname degli input/output file;
- Altre informazioni specifiche.

- Input meteorologico (CALMET.DAT): è il file di uscita del preprocessore meteorologico Calmet. In esso sono contenute tutte le principali informazioni territoriali (land-use ed orografia) e meteorologiche del dominio di studio

Output file

- CALPUFF list file (CALPUFF.LIST): è il file di visualizzazione dei risultati.
- CALPUFF concentration file (CALPUFF.CON): è il file di input per il postprocessore Calpost

Gli output del codice CALPUFF, elaborati attraverso CALPOST, consistono in matrici che riportano i valori di ricaduta calcolati per ogni nodo della griglia definita, relativi alle emissioni di singole sorgenti e per l'insieme di esse. CALPOST è il modulo in grado di elaborare l'output primario del CALPUFF, con i valori delle concentrazioni in corrispondenza dei recettori, a griglia o discreti, per renderlo adatto ad una migliore visualizzazione dei risultati nei formati richiesti dall'utente. CALPOST consente l'estrazione di stime orarie, per un inquinante alla volta, di medie giornaliere, mensili o su di un numero di ore a piacere. Le stime di concentrazione (o di flusso di deposizione) vengono fornite sia in formato ASCII, sia in formato GRD.

6.2.2. Configurazione del codice

In questo studio si è definito lo scenario emissivo, input del modello, che ha poi fornito i risultati sulla dispersione e sulla concentrazione degli inquinanti considerati per lo studio dell'impatto dell'esercizio dell'aeroporto di ALGHERO MASTERPLAN 2030.

In particolare, utilizzando i dati emissivi calcolati su base oraria dal modello di sorgente EDMS si è proceduto a simulare con il codice prescelto le emissioni dei seguenti parametri considerati "chiave" per la verifica del rispetto degli standard di qualità dell'aria previsti dal D.Lgs.155/2010 e smi ed in particolare:

- Ossidi di Azoto;
- Particolato PM10 e PM2.5;
- Ossidi di Zolfo;
- Monossido di Carbonio;
- Composti organici Volatili.

Per tutti questi parametri si sono utilizzate emissioni variabili su base oraria sviluppate dal codice EDMS ed implementate come input nel codice di dispersione.

I risultati sono stati restituiti su una griglia regolare con passo cella di 200 metri sufficiente a fornire un quadro della variabilità delle concentrazioni nell'intorno dell'aeroporto. Nella seguente figura si mostra un estratto della griglia utilizzata per la rappresentazione dei risultati.

Il dominio è stato selezionato per coerenza con test di dispersione degli inquinanti che hanno mostrato come quest'area fosse sufficiente a rappresentare valori significativi dei parametri allo studio nell'area di indagine.

L'estensione del dominio garantisce tempi computazionali e dettaglio dei risultati affrontabili.

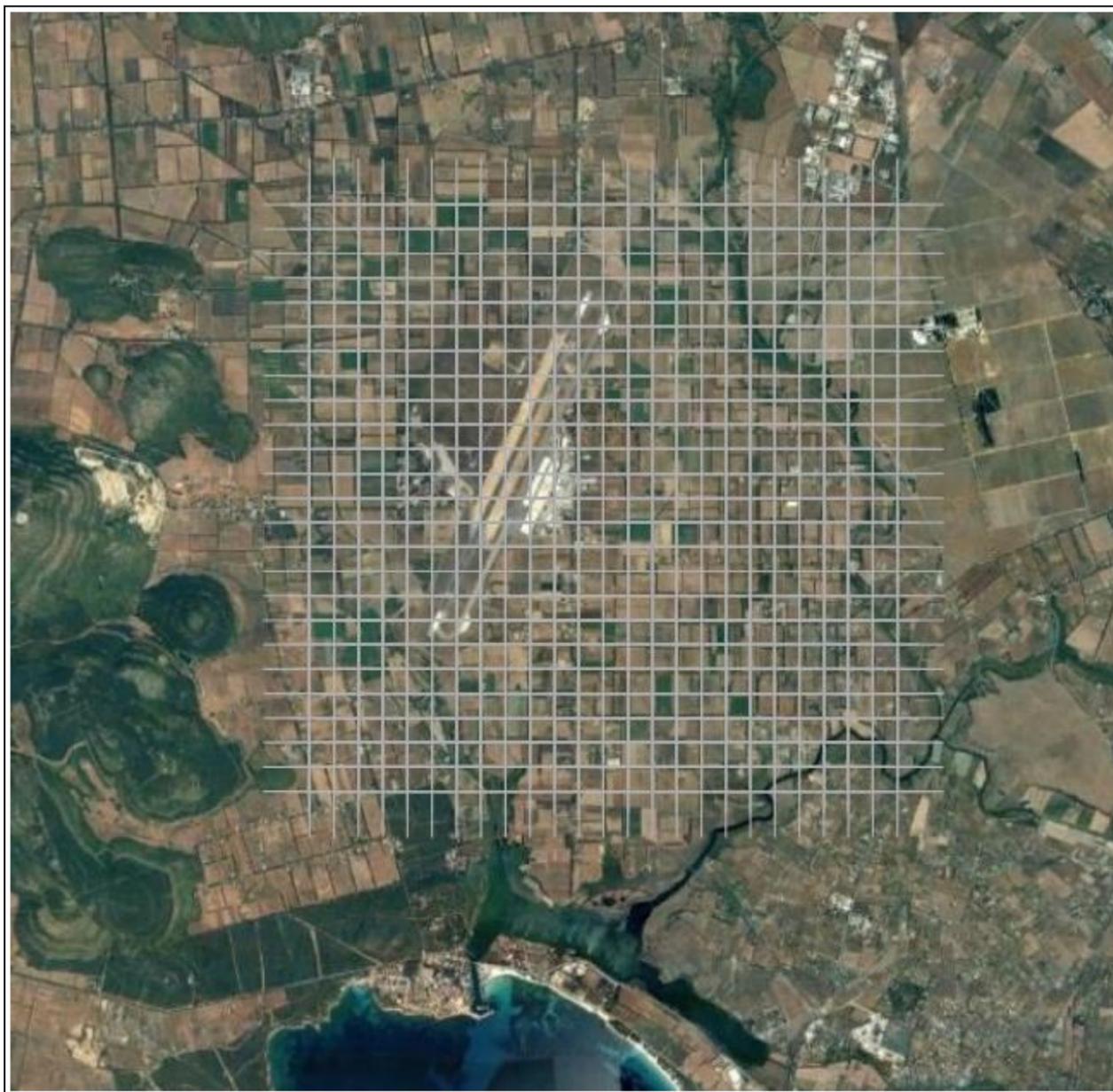


Figura 18 – Dominio di rappresentazione dei risultati delle simulazioni di dispersione

L'area nell'intorno dell'aeroporto è un'area a scarsa densità abitativa, il primo centro urbano è Fertilia a SUD dell'aeroporto stesso a circa 4 km in linea d'aria dall'aerostazione mentre Alghero, esterna al dominio di indagine dista circa 7 km in linea d'aria in direzione SUD/SUD-EST.

Valutazione delle concentrazioni in aria di NO₂

La relazione tra NO₂ ed NO_x è oggetto di numerosi studi ed è stata formalizzata in una procedura specifica per la modellistica numerica previsionale che impiega il metodo ARM2 (Ambient Ratio Method Version 2) adottato da US-EPA che permette di sviluppare la stima di NO₂ a partire da calcoli di NO_x sviluppati con applicazioni di modellistica ambientale diffusionale.

Nella metodologia ARM2 la concentrazione di biossido di azoto [NO₂] è calcolata, partendo dalle stime di quella del rapporto tra biossido di azoto [NO₂] e ossidi di azoto [NO_x], applicando la seguente relazione:

$$\text{NO}_2/\text{NO}_x = -1.1723\text{E}^{-17} \text{NO}_x^6 + 4.2795\text{E}^{-14} \text{NO}_x^5 - 5.8345\text{E}^{-11} \text{NO}_x^4 + 3.4555\text{E}^{-08} \text{NO}_x^3 - 5.6062\text{E}^{-06} \text{NO}_x^2 - 2.7383\text{E}^{-03} \text{NO}_x + 1.2441\text{E}^{+00},$$

Questa relazione è riportata nella trattazione ARM2 che utilizza la formula del "98th Percentile Ambient Ratios and ARM2 Equation for All AQS Sites Data" presente a pag 22 del documento ARM2 Development and Evaluation Report di US-EPA applicabile alle concentrazioni di NO_x espresse in µg/m³.

Il valore di concentrazione di NO₂ è quindi calcolato applicando la formula di cui sopra al valore di NO_x stimato dal modello di dispersione per il valore del rapporto NO₂/NO_x calcolato con la formula precedente.

L'applicazione della formula sopra esposta è limitata all'intervallo di valori del rapporto NO₂/NO_x compresi tra 0,5 e 0,9. Per valori di concentrazione di NO_x minori di 114 µg/m³ si è applicato il valore del rapporto pari a 0,9 mentre per valori superiori a 284 µg/m³ si è applicato il rapporto pari a 0,5.

7. RISULTATI

I valori stimati dal modello numerico di dispersione, configurato per la valutazione dell'impatto sulla qualità dell'aria dell'opera in esame, hanno permesso di valutare le concentrazioni in aria ambiente delle varie sostanze sia gassose che particellari caratteristiche delle sorgenti emmissive valutate per l'aeroporto di Alghero.

In particolare, per lo studio dell'impatto dell'opera in esame si è proceduto alla valutazione separata dell'impatto sulla qualità dell'aria delle emissioni derivanti dal ciclo operativo degli aeromobili da quelle derivanti dalle operazioni di terra e dal traffico indotto generato dall'Aeroporto.

Si riportano nella tabella seguente i valori massimi delle medie annue sul dominio di studio suddivise per contributo totale di tutte le emissioni TOTALE (Aerei, Mezzi a Terra, Parcheggi) e AIRCRAFT che corrisponde al contributo del solo termine di atterraggio e decollo degli aeromobili.

	PM ₁₀	NO ₂	SO ₂	VOC
TOTALE	0.25	3.99	0.38	2.61
Limite di legge D.Lgs. 155/2010 e smi	40	40 ³	30	//

Tabella 22: Valori di concentrazione massimi delle medie annue ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – STATO ATTUALE

Come è possibile verificare per gli inquinanti sopra riassunti le concentrazioni sono pienamente compatibili con gli standard di qualità dell'aria, considerando che in tabella si sono riportati i massimi valori stimati dal modello che si verificano all'interno del sedime aeroportuale.

	PM ₁₀	NO ₂	SO ₂	VOC
TOTALE	0.39	6.15	0.54	3.73
Limite di legge DLgs155/2010 e smi	40	40 ⁴	30	//

Tabella 23: Valori di concentrazione massimi delle medie annue ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – STATO di MASTERPLAN

I valori riportati nelle precedenti tabelle sono relativi al massimo valore identificato all'interno del dominio di studio. Se si verificano i valori al primo recettore puntuale, abitazione in direzione SUD-EST dall'aeroporto i valori di concentrazione di media annuale dei parametri di qualità dell'aria sopra riportati assumo i seguenti valori.

Per lo scenario di MASTERPLAN il valore di media annuale di PM₁₀ vale 0.03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, per il NO₂ il valore di media annuale è pari a 0.77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mentre per SO₂ il valore di media annuale nel recettore è pari a 0.06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

In tutti gli altri punti, all'esterno del sedime aeroportuale, le concentrazioni stimate dal modello di dispersione sono abbondantemente inferiori ad 1/10 di quelle massime presentate in tabella.

Di seguito si riportano inoltre le mappe di concentrazioni delle medie annue per la stima dei contributi totali e nel dettaglio per le emissioni da AIRCRAFT alle concentrazioni in aria ambiente per i principali inquinanti, PM₁₀, NO₂ ed SO_x per lo STATO ATTUALE e di MASTERPLAN 2030.

³ valore di media annuale per NO₂

⁴ valore di media annuale per NO₂

7.1. SCENARIO ATTUALE 2016

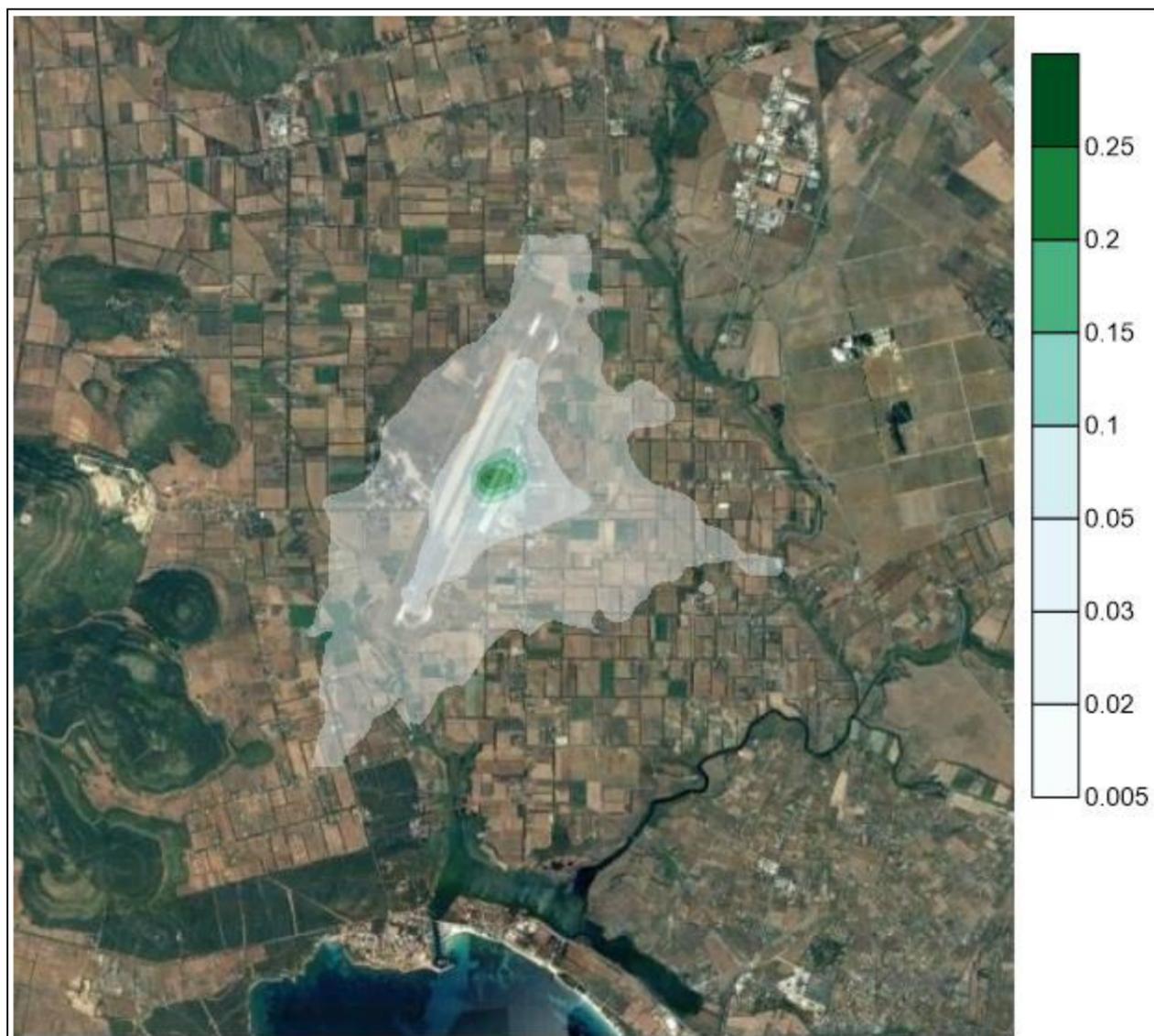


Figura 19 – Mappa delle concentrazioni medie annuali di PM- TOTALE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) , scenario 2016

PM₁₀	D.Lgs. 155/2010 e smi	
Valore limite annuale	Media annua	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

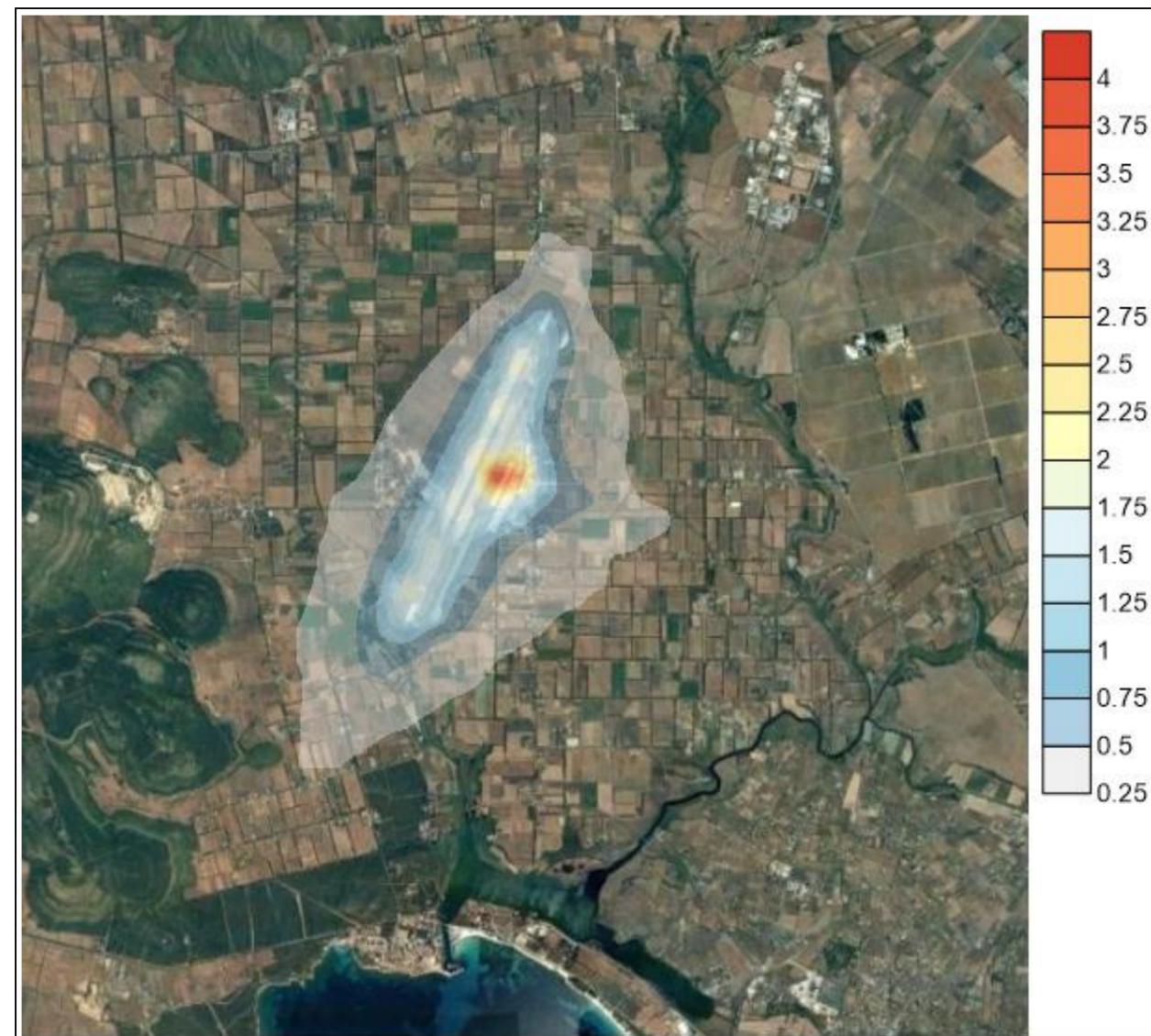


Figura 20 – Mappa delle concentrazioni medie annuali di NO₂ TOTALE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) , scenario 2016

NO₂	D.Lgs. 155/2010 e smi	
Valore limite annuale	Media annua	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

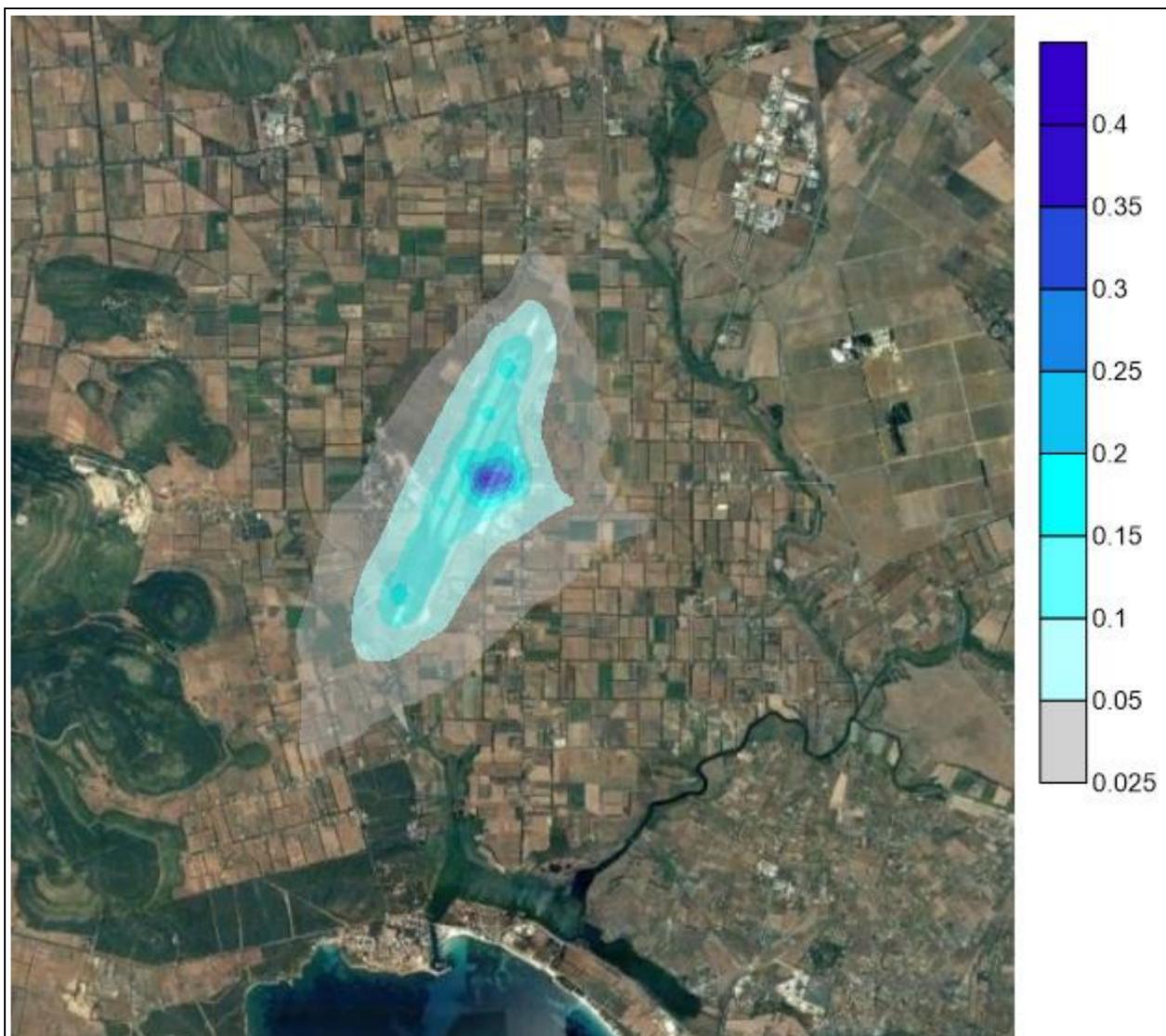


Figura 21 – Mappa delle concentrazioni medie annuali di SOX AIRCRAFT ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), scenario 2016.

SO₂	D.Lgs. 155/2010 e smi	
Valore limite annuale	Media annua	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

7.2. SCENARIO DI MASTERPLAN

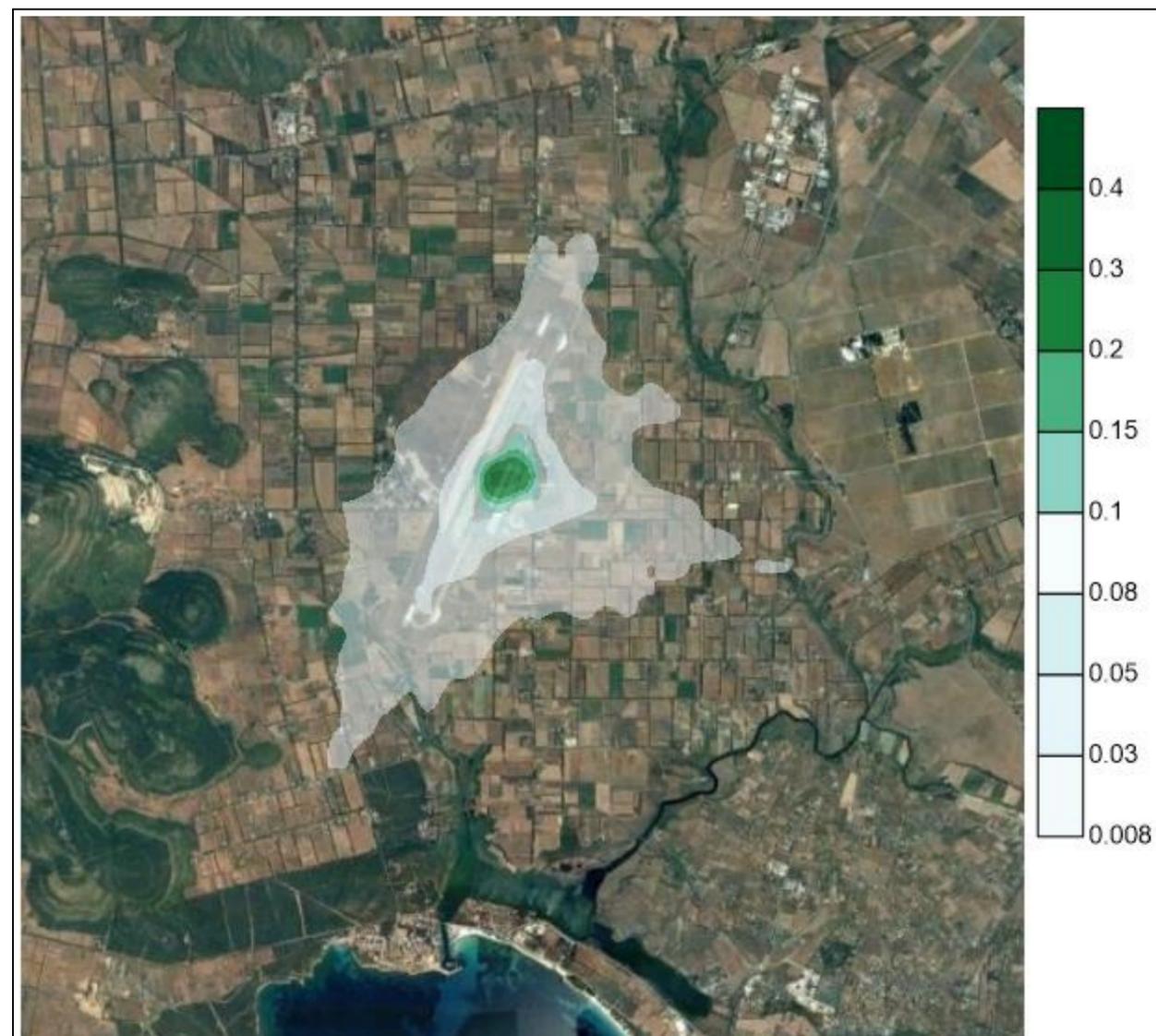


Figura 22 – Mappa delle concentrazioni medie annuali di PM- TOTALE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), scenario 2030

PM₁₀	D.Lgs. 155/2010 e smi	
Valore limite annuale	Media annua	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

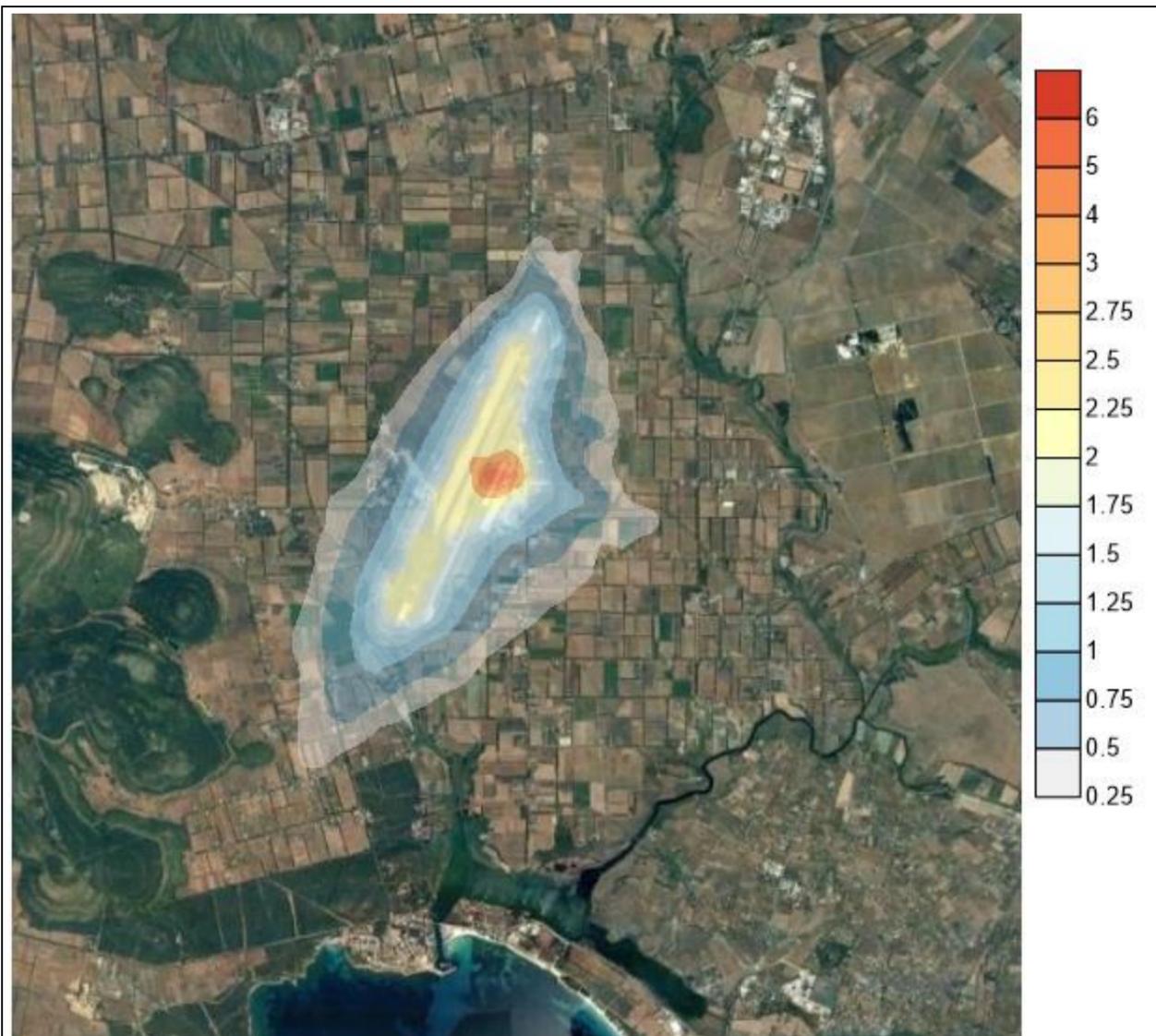


Figura 23 – Mappa delle concentrazioni medie annuali di NO₂ TOTALE (µg/m³), scenario 2030

NO₂	D.Lgs. 155/2010 e smi	
Valore limite annuale	Media annua	40 µg/ m ³

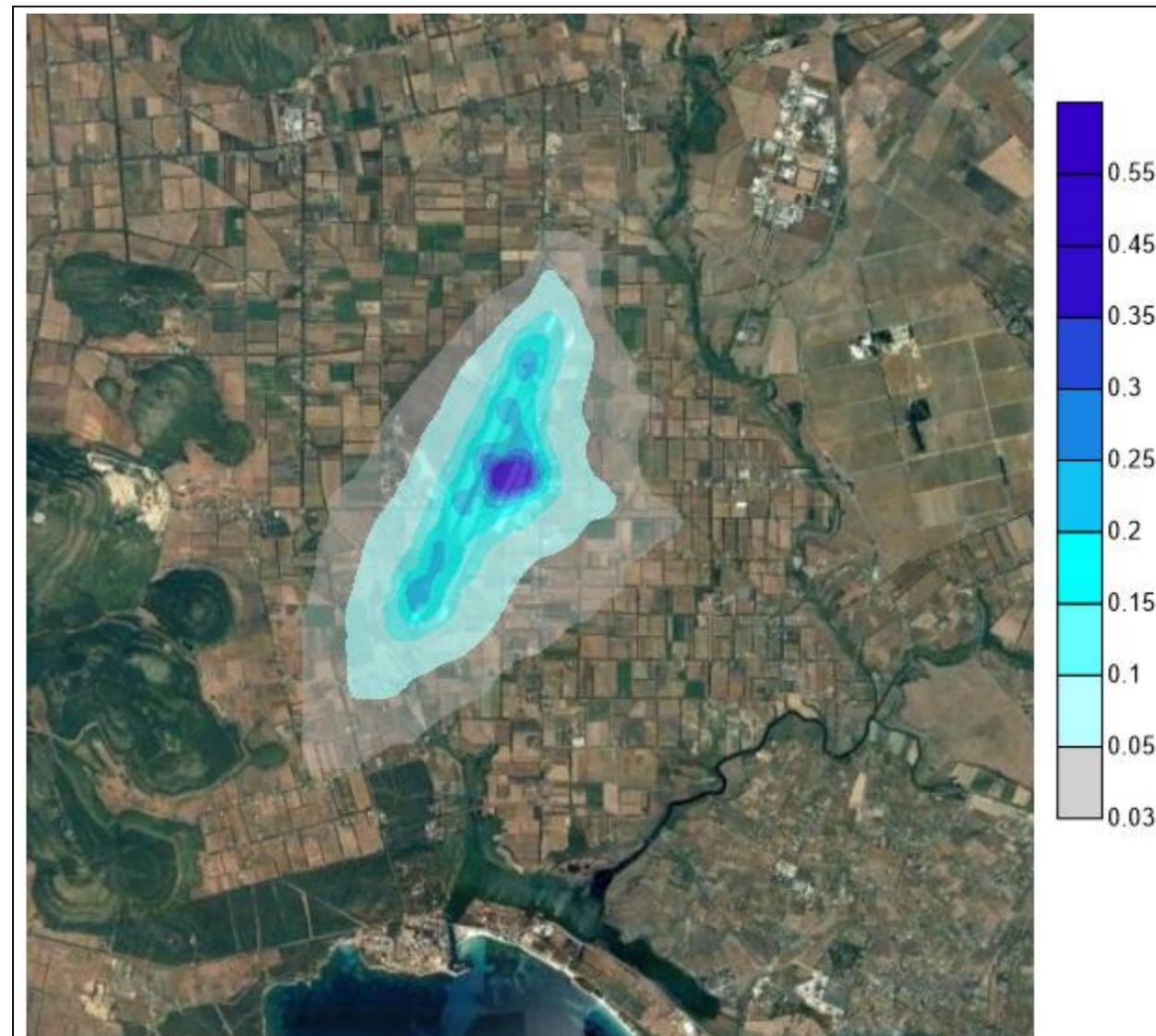


Figura 24 – Mappa delle concentrazioni medie annuali di SO₂ AIRCRAFT (µg/m³), scenario 2030

SO₂	D.Lgs. 155/2010 e smi	
Valore limite annuale	Media annua	30 µg/ m ³