



MINISTERO  
DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI



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

Committente Principale



AEROPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE AMERIGO VESPUCCI

Opera

PROJECT REVIEW – PIANO DI SVILUPPO AEROPORTUALE AL 2035

Titolo Documento




STUDI SPECIALISTICI - RISCHIO DI INCIDENTE AEREO  
Impatti e rischi su ambiente, salute umana, patrimonio culturale e paesaggio  
potenzialmente generati da eventi incidentali aeronautici

Livello di Progetto

STUDIO AMBIENTALE INTEGRATO

LIV	REV	DATA EMISSIONE	SCALA	CODICE FILE
SAI	00	MARZO 2024	N/A	FLR-MPL-SAI-QVA7-002-RI-RT_Impatti Incid UniPI
				TITOLO RIDOTTO
				Impatti Incid UniPI

02	03/2024	EMISSIONE PER PROCEDURA VIA-VAS	UNIPI	C. NALDI	L. TENERANI
REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

<p>COMMITTENTE PRINCIPALE</p>  <p><b>ACCOUNTABLE MANAGER</b> Dott. Vittorio Fanti</p>	<p>GRUPPO DI PROGETTAZIONE</p>  <p><b>DIRETTORE TECNICO</b> Ing. Lorenzo Tenerani Ordine degli Ingegneri di Massa Carrara n°631</p>	<p>SUPPORTI SPECIALISTICI</p> <p><b>SUPPORTO SPECIALISTICO</b></p>  <p>Università di Pisa Prof. Ing. Leonardo Tognotti PhD Ing. Carlo Grassi</p>
<p><b>POST HOLDER PROGETTAZIONE</b> Ing. Lorenzo Tenerani</p> <p><b>POST HOLDER MANUTENZIONE</b> Ing. Nicola D'Ippolito</p> <p><b>POST HOLDER AREA DI MOVIMENTO</b> Geom. Luca Ermini</p>	<p><b>RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</b> Ing. Lorenzo Tenerani Ordine degli Ingegneri di Massa Carrara n°631</p>	

È SEVERAMENTE VIETATA LA RIPRODUZIONE E/O LA CESSIONE A TERZI SENZA AUTORIZZAZIONE DELLA COMMITTENTE



# Impatti e rischi su ambiente, salute umana, patrimonio culturale e paesaggio potenzialmente generati da eventi incidentali aeronautici

**Prof. Ing. Leonardo Tognotti**  
**Ing. Carlo Grassi – PhD**

Codice elaborato						Scala			
Rev.	D	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	A	Data
Λ		DICI UniPi		DICI UniPi		Tognott		Teneran	

## Sommario

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>5</b>
1.1	INTRODUZIONE .....	5
1.2	DESCRIZIONE DELL'AREA DI INDAGINE .....	6
<b>2</b>	<b>SCENARI INCIDENTALI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>8</b>
2.1	CARATTERIZZAZIONE DEGLI SCENARI DIRETTI .....	8
2.1.1	Pool Fire.....	9
2.1.2	Flash Fire .....	10
2.1.3	Spandimento del carburante in assenza di innesco .....	10
2.2	IDENTIFICAZIONE DEGLI ASPETTI AMBIENTALI SIGNIFICATIVI .....	11
2.3	AMBITO DELL'ANALISI.....	12
<b>3</b>	<b>DEFINIZIONE E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI AMBIENTALI</b> .....	<b>15</b>
3.1	INTERFERENZE SULLA QUALITÀ DELL'ARIA E TUTELA DELLA SALUTE .....	15
3.1.1	Premessa .....	15
3.1.2	Documenti di riferimento.....	15
3.1.3	Calpuff model system.....	15
3.1.4	Metodologia.....	17
3.1.5	Scenari simulati su Calpuff .....	21
3.1.6	Risultati .....	21
3.1.7	Discussione dei risultati.....	35
3.2	SUOLO, SOTTOSUOLO E ACQUE SOTTERRANEE .....	36
3.2.1	Premessa .....	36
3.2.2	Documenti di riferimento.....	37
3.2.3	Assegnazione parametri sito-specifici .....	37
3.2.4	Caratteristiche geologiche e idrogeologiche dell'area.....	38
3.2.5	Idrogeologia dell'area.....	47
3.2.6	Dati di input del modello numerico: Proprietà idrogeologiche.....	51
3.2.7	Proprietà del LNAPL .....	52
3.2.8	Caratteristiche del rilascio.....	52
3.2.9	Risultati .....	53
3.2.10	Stima delle concentrazioni di carburante nel suolo.....	57
3.2.11	Discussione dei risultati.....	59
3.3	ACQUE SUPERFICIALI.....	61
3.3.1	Premessa .....	61
3.3.2	Morfologia e reticolo idrografico .....	61
3.3.3	Tempi di percorrenza sino alla chiusura del bacino, calcolo delle isocrone.....	61
3.3.4	Risultati delle simulazioni .....	64
3.3.5	Discussione dei risultati.....	66
3.4	INCENDI INCONTROLLATI – IMPATTI SULLA VEGETAZIONE E SUL PAESAGGIO .....	67
3.4.1	Premessa .....	67
3.4.2	Considerazioni.....	71
3.5	PAESAGGIO E BENI/PATRIMONIO CULTURALI .....	72
3.5.1	Premessa .....	72
3.5.2	Identificazione degli elementi sensibili .....	72
3.5.3	Sismicità del territorio oggetto dello studio.....	75

3.5.4	Considerazioni sull'impatto su paesaggio e beni culturali.....	76
3.6	FLORA E FAUNA.....	77
3.6.1	Premessa.....	77
3.6.2	Analisi del quadrante nord-ovest.....	77
3.6.3	Analisi del quadrante sud-est.....	82
3.7	SALUTE UMANA: IMPATTI DIRETTI E INDIRETTI .....	86
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>87</b>
<b>5</b>	<b>ALLEGATI .....</b>	<b>89</b>

# 1 PREMESSA

## 1.1 INTRODUZIONE

La Project Review del Piano di Sviluppo Aeroportuale di Firenze al 2035 contempla, tra gli interventi di progetto previsti nel medio-lungo periodo, la realizzazione di una nuova pista di volo e la dismissione dell'attuale.

La necessità di detto intervento trova giustificazione nel raggiungimento degli obiettivi di adeguamento e sviluppo dello scalo aeroportuale attraverso azioni tali da garantire una più affidabile e continua operatività aeronautica, perseguendo al contempo importanti finalità di contenimento degli attuali livelli di pressione ambientale e disturbo acustico arrecato alla popolazione residente interessata da sorvoli a bassa quota.

La Project Review del Piano di Sviluppo Aeroportuale, già oggetto di processo di dibattito pubblico e di approvazione in linea tecnica da parte dell'Ente Nazionale dell'Aviazione Civile (ENAC), viene da quest'ultimo presentata, in qualità di Proponente, all'Autorità Competente Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica ai fini dell'espletamento del procedimento di compatibilità ambientale che, nel caso specifico, risulta disciplinato dall'articolo 6, comma 3-ter del D. Lgs. n. 152/2006 e s.m.i.

Stanti le suddette premesse, il Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale dell'Università di Pisa (DICI) è stato incaricato, mediante apposita convenzione, per effettuare specifici approfondimenti riferiti alla verifica dei possibili effetti ambientali prodotti da un potenziale incidente aereo nell'area circostante il futuro sedime aeroportuale. Il presente documento si fonda, inoltre, sulle analisi e conoscenze desumibili dallo studio predisposto/coordinato dall'Università Federico II di Napoli inerente alla stima del rischio locale, comprensiva di valutazione di potenziali effetti domino indotti dall'interazione tra il previsto esercizio aeronautico e gli stabilimenti industriali a rischio di incidente rilevante presenti nell'area vasta di interesse.

Il presente rapporto illustra i risultati specifici ottenuti in merito alla valutazione degli impatti e rischi su ambiente, salute umana, patrimonio culturale e paesaggio potenzialmente generati da potenziali eventi incidentali aeronautici nell'ambito della suddetta convenzione. Nell'ambito dello stesso, il gruppo di lavoro del Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale dell'Università di Pisa (DICI) è stato supportato e integrato dall'ing. Lorenzo Tenerani di Toscana Aeroporti Spa (gestore aeroportuale). Il gruppo di lavoro si è, inoltre, costantemente coordinato con ENAC.

In relazione alla ricostruzione del quadro conoscitivo ambientale dell'area vasta oggetto del presente studio ci si è avvalsi di studi e informazioni fornite dal Gestore aeroportuale, con particolare riferimento al contributo consulenziale reso in passato dall'Istituto IRIDE, coordinato dall'ing. Mauro Di Prete, che ha provveduto alle elaborazioni grafiche, cartografiche e archivistiche utilizzate nella presente relazione (opportunamente verificate dallo scrivente Dipartimento).

## 1.2 DESCRIZIONE DELL'AREA DI INDAGINE

Il presente studio si basa sulla valutazione degli scenari incidentali dovuti ad un impatto aereo sul suolo. Tali incidenti possono essere identificati strettamente dalla caduta dell'aereo (incidenti diretti), oppure dovuti agli effetti indotti dall'impatto aereo su stabilimenti a rischio di incidente rilevante, che determinano in questo ultimo caso una sequenza di eventi incidentali a cascata (incidenti indiretti).

L'areale di studio considerato comprende l'area vasta circostante il futuro sedime aeroportuale ed è riportata graficamente di seguito:



**Figura 1** Area di studio rappresentata dalla linea azzurra. In blu è rappresentata l'estensione del sedime dell'Aeroporto

Lo stesso interessa un ambito territoriale complessivamente esteso per circa 14,5 km x 4,0 km, avendo assunto quale estensione laterale rappresentativa rispetto alle previste rotte di decollo/atterraggio la fascia posta entro la distanza di 2 km da esse. Si rappresenta, tra l'altro, che già prima del raggiungimento di detta distanza laterale la probabilità di accadimento di un impatto aereo a terra risulta inferiore a  $1 \times 10^{-10}$  (ovvero mediamente corrispondente ad 1 evento ogni 10 miliardi di anni) e può, pertanto, ritenersi assolutamente trascurabile. L'areale di studio considerato risulta coerente, ai fini delle valutazioni proprie della presente relazione, con l'area di indagine per le analisi di VAS già definita dal Proponente nella fase di scoping del procedimento di compatibilità ambientale in ragione di quanto sopra indicato, atteso che ulteriori estensioni laterali e longitudinali dell'areale di studio non risulterebbero significative e rappresentative per le finalità qui di interesse poiché interessate da probabilità di accadimento di impatto aereo a terra del tutto trascurabili e irrilevanti. L'areale di studio considerato risulta coerente, ai fini delle valutazioni proprie della presente relazione, con l'area di indagine per le analisi di VAS già definita dal Proponente nella fase di scoping del procedimento di compatibilità ambientale in ragione di quanto sopra indicato, atteso che ulteriori estensioni

lateral e longitudinali dell'areale di studio non risulterebbero significative e rappresentative per le finalità qui di interesse poiché interessate da probabilità di accadimento di impatto aereo a terra del tutto trascurabili e irrilevanti. L'areale di studio è stato suddiviso, per le verifiche, analisi ed elaborazioni di quadro conoscitivo ambientale, in due quadranti rappresentativi, denominati rispettivamente quadrante Nord- Ovest e quadrante Sud-Est.

Gli scenari indiretti sono stati analizzati mutuando l'analisi del fenomeno dalle risultanze dello specifico studio condotto e coordinato dall'Università Federico II di Napoli<sup>1</sup>, a sua volta supportato da due pregressi lavori svolti dall'Università di Pisa e dall'Università Federico II di Napoli (rif. precedente Masterplan 2014-2029), riferiti rispettivamente alle valutazioni degli effetti domino potenzialmente indotti su impianti industriali a rischio di incidente rilevante e alla valutazione del rischio locale complessivo.

Gli scenari diretti sono stati analizzati preliminarmente nell'ambito del citato studio di rischio effettuato dall'Università di Napoli Federico II, nell'ambito del quale si sono considerati e quantificati in dettaglio i potenziali effetti derivanti da incidenti aerei sulla salute umana (rischio di morte). La caratterizzazione di tali scenari ha consentito di supportare l'identificazione degli aspetti ambientali pertinenti e significativi, e quindi i conseguenti impatti ad essi associati.

Nella Sezione 2 del presente documento vengono descritti tali scenari, determinando gli aspetti ambientali significativi. Nella Sezione 3 viene mostrato il dettaglio della valutazione degli impatti a livello delle singole componenti ambientali di riferimento (acqua, aria, suolo, paesaggio, beni culturali, salute umana) e infine, sulla base delle indicazioni quantitative ottenute, viene riportato nella Sezione 4 il riepilogo sintetico delle valutazioni espresse, supportato e integrato con una preliminare valutazione delle misure di mitigazione ed emergenza.

---

<sup>1</sup> *Valutazione del rischio locale per effetto di un incidente aereo nell'area dell'aeroporto di Firenze Amerigo Vespucci secondo il piano di sviluppo aeroportuale (masterplan) 2035: Rapporto di sintesi relativo alla conclusione della attività uno di cui all'allegato tecnico della convenzione 2023 tra Toscana Aeroporti e il Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura dell'Università degli Studi di Napoli Federico II. Luglio 2023*

## 2 SCENARI INCIDENTALI DI RIFERIMENTO

### 2.1 CARATTERIZZAZIONE DEGLI SCENARI DIRETTI

Gli scenari incidentali diretti sono quelli identificabili strettamente dalla caduta dell'aeromobile, con conseguente impatto al suolo, e conseguenti effetti per la popolazione e per l'ambiente. Per questo tipo di incidente è stato preso a riferimento dall'Università di Napoli Federico II l'aeromobile tipo Airbus A320/321(A320Neo) (Figura 2) in quanto aeromobile di riferimento per il Masterplan 2014-2029 dell'aeroporto di Firenze. Ciò risulta, inoltre, coerente e condivisibile nell'ambito delle presenti valutazioni ambientali in quanto, come noto, detta tipologia di aeromobile rappresenta, rispetto al *fleet mix* considerato dal Masterplan, quella in grado di generare effetti ambientali indiretti quantitativamente più significativi.

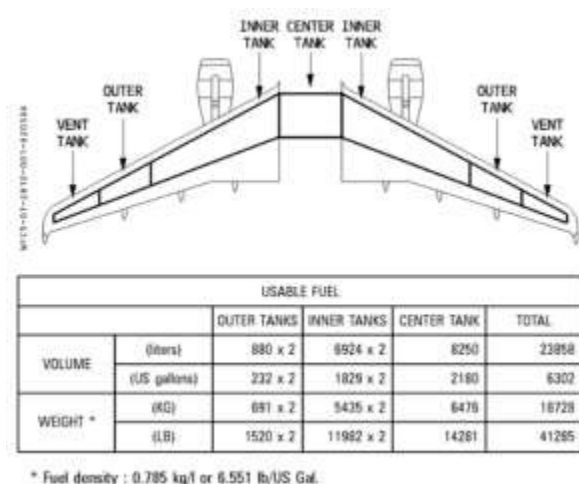


Figura 2: serbatoi di jet fuel in un Airbus tipo A320<sup>2</sup>

Gli effetti dovuti all'impatto sono legati al "crash", azione di impatto meccanico diretto o agli eventi associati ad un eventuale sversamento di *jet fuel* a causa della rottura di uno o più serbatoi. In questo caso, il termine sorgente degli eventi incidentali è definito una volta determinata la quantità di *jet fuel* coinvolta e la modalità di rottura dei serbatoi di *jet fuel*. Sono considerati diversi scenari di rilascio, ognuno di essi coinvolge una quantità diversa di *jet fuel* che fuoriesce dalla rottura di uno o più serbatoi; in particolare:

Tabella 1 Scenari di rilascio

	Kg carburante rilasciato	Decollo/ atterraggio
<b>SCENARIO 1</b>	691	Decollo e atterraggio
<b>SCENARIO 2</b>	6126	Decollo o atterraggio
<b>SCENARIO 3</b>	18728	Decollo

In seguito allo sversamento del carburante, lo scenario può evolvere in tre modalità diverse:

- 1) innesco del carburante sversato e incendio di pozza (*pool fire*)
- 2) evaporazione del *jet fuel*, innesco ritardato dei vapori (*flash fire*)
- 3) assenza di innesco e spandimento, evaporazione ed eventuale percolazione del carburante sversato

Di seguito vengono caratterizzati questi scenari in modo da supportare la successiva valutazione dei correlati aspetti ambientali.

<sup>2</sup> Airbus (2012) Airbus Training, Flight Crew Operating Manual, A320, AIRBUS S.A.S, Blagnac, France



### 2.1.1 Pool Fire

Un incendio di pozza (*Pool Fire*) è una tipologia di incendio che si può generare da pozze di liquido formatesi a causa di rilasci accidentali o rotture di serbatoi e tubazioni, ma anche da incendio di combustibili contenuti all'interno di serbatoi di stoccaggio. La rappresentazione dell'incendio di pozza, riportata in figura, può essere modellata approssimativamente come un cilindro inclinato nella direzione del vento, avente diametro  $D_f$  ed altezza di fiamma  $H_f$ . L'altezza della fiamma  $H_f$  è funzione delle proprietà del materiale rilasciato, della velocità di combustione e della superficie della pozza.

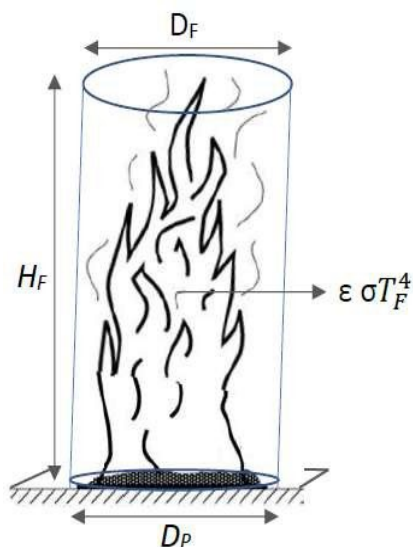


Figura 3 rappresentazione schematica di pool-fire.

La velocità di combustione, che si esprime in mm/min, dipende dal diametro della pozza; tuttavia, per pozze di grandi dimensioni i regimi fluidodinamici si appiattiscono verso un fenomeno di combustione turbolenta che prevede un valore circa costante e compreso tra i 3 e i 5 mm/min.

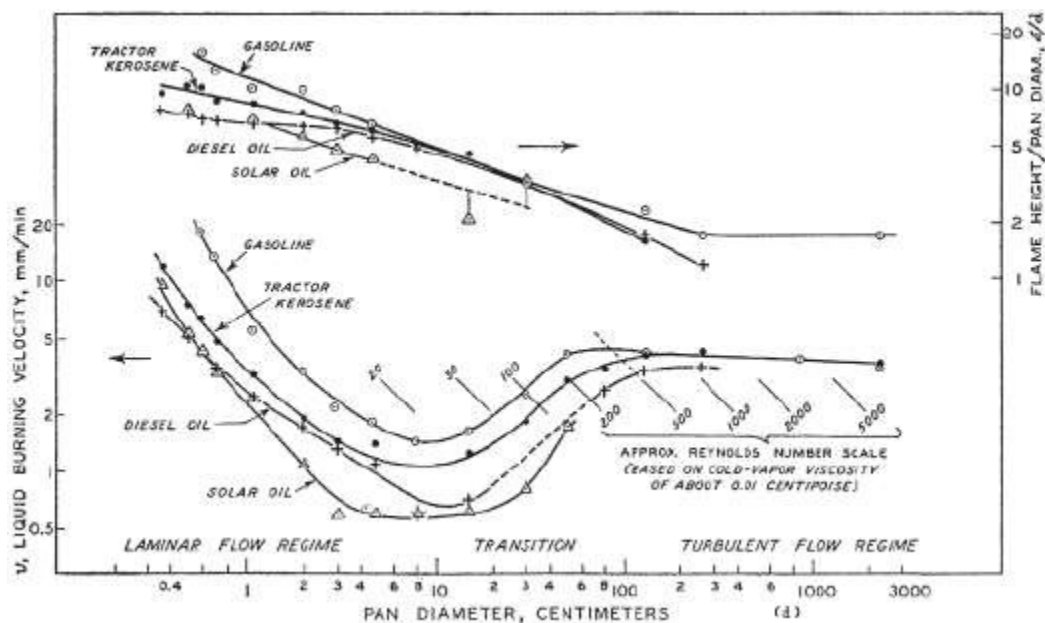


Figura 4. Velocità di combustione in funzione del diametro di pozza<sup>3</sup>

I dati di velocità di combustione e i parametri fisici delle pozze sono stati mutuati dallo studio coordinato

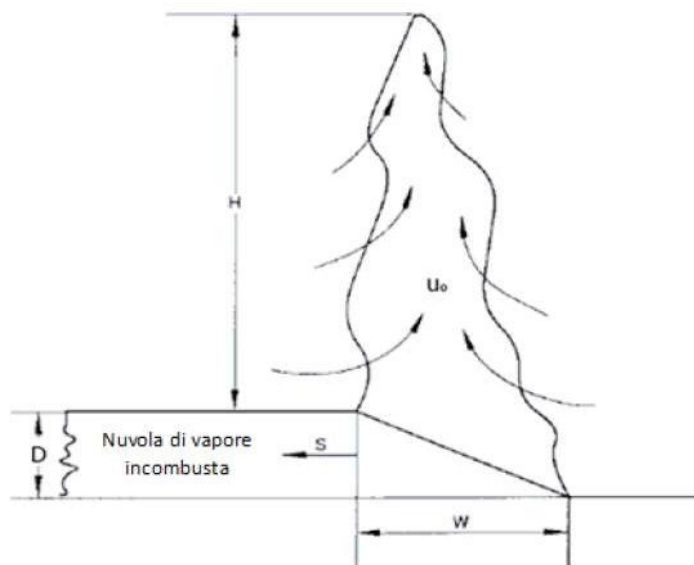
<sup>3</sup> Drysdale D. (2011) An Introduction to Fire Dynamics, 3rd Edition. John Wiley and Sons, New Jersey.

dall'Università di Napoli (col contributo specialistico dell'Università di Bologna), nell'ambito del quale sono stati definiti mediante utilizzo del software Phast, e riportati nelle sezioni apposite per le caratterizzazioni degli incidenti, al fine di ottenere la valutazione delle conseguenze nei diversi contesti oggetto di questo studio.

### 2.1.2 Flash Fire

Il *Flash fire* è definito come la combustione di una nube di gas o vapori infiammabili senza generazione di onde di sovrappressione. Il *flash fire* può essere quindi visto come l'incendio di una nube di vapore non confinata. La modellazione della dinamica del *flash fire* è normalmente effettuata utilizzando il modello semplificato di Raj e Emmons (R&E) (CCPS 2010).

La rappresentazione più semplice di *flash fire* prodotto dalla fuoriuscita di gas o dall'evaporazione di materiali infiammabili è riportata in figura seguente.



**Figura 5** rappresentazione schematica di *flash fire*

Secondo la rappresentazione riportata, il *flash fire* è diviso in due momenti: nel primo si ha la propagazione di fiamma con velocità costante pari alla velocità di fiamma. Nel secondo si torna, invece, al caso di un *pool fire*, con una fiamma convettiva la cui superficie si muove nello spazio con velocità turbolenta  $S$ , costante in tutta la regione della nube non ancora combusta e dipendente solo dalla velocità del vento.

### 2.1.3 Spandimento del carburante in assenza di innesco

In questo caso si assume che il rilascio di carburante non sia seguito da incendio ma che si abbia, in seguito allo spandimento del liquido al suolo, evaporazione ed eventuale percolazione nel suolo.

## 2.2 IDENTIFICAZIONE DEGLI ASPETTI AMBIENTALI SIGNIFICATIVI

Sulla base dell'identificazione degli scenari diretti conseguenti alla caduta di un aeromobile, sono stati presi in considerazione i potenziali aspetti ambientali in modo da determinarne i più critici, da sottoporre quindi a specifiche valutazioni quantitative di impatto.

Lo studio è sviluppato secondo l'approccio identificato dallo schema seguente che rappresenta l'albero degli eventi di un ipotetico incidente aereo, descrivendo i possibili scenari che si possono verificare da questo e i relativi potenziali impatti ambientali. Lo schema esplicita quali di questi aspetti ambientali sono stati oggetto dell'analisi e la sezione corrispondente. Gli scenari incidentali valutati come "trascurabili" sono associati all'indicatore verde; quelli invece valutati come potenzialmente "significativi" (indicatore arancio) sono stati trattati con approccio quantitativo.

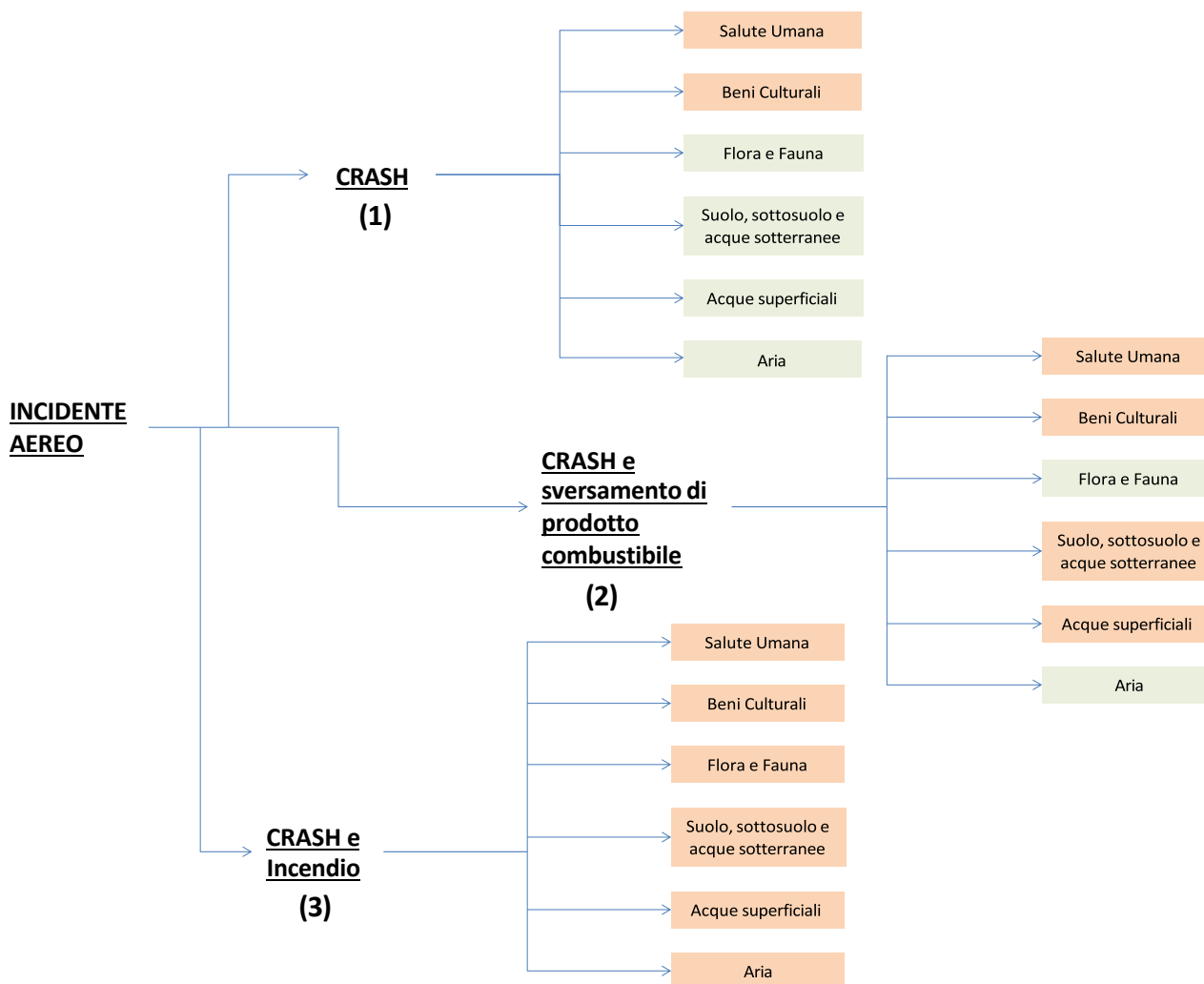


Figura 6: Albero degli eventi degli scenari incidentali che potenzialmente hanno capacità di generare impatti ambientali

In particolare, si riassumono di seguito le valutazioni di significatività operate per i singoli casi incidentali:

1. Incidente con solo crash: si è assunto che il solo impatto a terra di un aeromobile, privo di fenomeni di incendio e/o sversamento di combustibile, definisca un areale di danno pressochè corrispondente alle dimensioni del velivolo, ovviamente opportunamente incrementate per considerare gli effetti inerziali del moto, con al più getto contenuto di parti meccaniche. Ne deriva uno scenario di

conseguenza ambientale in cui i principali bersagli sono rappresentati dalla salute umana (rischio di morte per impatto diretto) o da beni culturali puntuali (rischio di danno o collasso per impatto diretto). In assenza di fenomeni secondari di propagazione del danno, le altre componenti ambientali risultano scarsamente interessate.

2. Incidente con crash e sversamento di combustibile, senza innesco dello stesso. Si è assunto che, in questo caso, oltre alle componenti ambientali già analizzate nel caso precedente, possano risultare potenzialmente interessate anche quelle componenti in grado di costituire il mezzo fisico di diffusione/trasporto del combustibile rilasciato. Risultano, pertanto, di interesse anche il suolo/sottosuolo e l'ambiente idrico sotterraneo, per i casi di possibile infiltrazione e percolazione del combustibile negli strati sottostanti del suolo, nonché l'ambiente idrico superficiale, per i casi in cui lo sversamento di combustibile dovesse interessare aree non pavimentate, con presenza di canali irrigui, corsi d'acqua e reti di drenaggio.
3. Incidente con crash, sversamento di combustibile e innesco dello stesso. In questo caso, oltre alle componenti ambientali già analizzate nei casi precedenti, diviene fondamentale l'analisi dei fenomeni diffusivi in atmosfera delle nubi di fumo associate all'incendio, nonché la diretta sottrazione di aree verdi naturali e/o seminaturali, con annesse specie biotiche, causata dalla propagazione fisica dell'incendio.

### **2.3 AMBITO DELL'ANALISI**

L'estensione dell'Area di Studio soggetta alle potenziali influenze derivanti dagli impatti ambientali connessi con l'evento incidentale è stata definita, come precedentemente accennato, sulla base delle risultanze degli studi specialistici condotti, in sinergia con altre Università (La Sapienza, Federico II, Bologna), in merito alla tematica del rischio di caduta degli aeromobili. In particolare, il rischio di caduta è stato analizzato sia con approccio probabilistico con applicazione di procedure standardizzate di cui all'art. 715 del Codice della Navigazione finalizzate ad aspetti di carattere urbanistico (studio condotto da ENAC in collaborazione con l'Università La Sapienza di Roma), sia con approccio dinamico (studio coordinato dall'Università Federico II di Napoli). Ciononostante, al fine di pervenire ad un'analisi di assoluta garanzia e tutela ambientale, le dimensioni dell'areale di studio sono state opportunamente incrementate fino ad interessare addirittura ambiti e fasce laterali in corrispondenza delle quali le probabilità di crash aereo risultano assolutamente trascurabili in quanto finanche inferiori a  $1 \times 10^{-10}$ . In tal senso, l'area di indagine così definita risulta adeguata anche rispetto all'estensione dell'area di indagine per le analisi di VAS già definita dal Proponente nella fase di scoping del procedimento, in quanto ogni qualsivoglia suo ulteriore ampliamento sarebbe tale da non incidere sulla rappresentatività e correttezza delle valutazioni incluse nella presente relazione. Sulla base delle potenziali interferenze ambientali determinate dagli effetti dei tre scenari incidentali descritti in precedenza, sono state quindi approfondite le indagini sulle seguenti componenti ambientali:

- Atmosfera;
- Ambiente Idrico: acque superficiali e sotterranee;
- Suolo e Sottosuolo;
- Vegetazione, Flora e Fauna;
- Salute Pubblica;
- Patrimonio culturale e paesaggio.

L'area vasta oggetto di studio è stata caratterizzata, dal punto di vista ambientale, attraverso la predisposizione di opportune tavole grafiche tematiche e schede descrittive. Il lavoro, eseguito dall'Istituto

IRIDE<sup>4</sup>, è stato predisposto secondo metodologie e impostazioni tecniche coordinate e verificate dallo scrivente Dipartimento.

Gli elaborati grafici di supporto predisposti sono i seguenti:

<i>Descrizione</i>	<i>Scala</i>
Ambito di studio	1:25.000
Uso del suolo – Quadrante nord-ovest	1:25.000
Uso del suolo ad orientamento vegetazionale - Quadrante nord-ovest	1:25.000
<i>Descrizione</i>	<i>Scala</i>
Grado di Naturalità del territorio - Quadrante nord-ovest	1:25.000
Aree naturali protette e siti Natura 2000 - Quadrante nord-ovest	1:25.000
Carta geologica e geomorfologica - Quadrante nord-ovest	1:25.000
Carta geologica con riferimenti stratifici	1:50.000
Rocciosità - Quadrante nord-ovest	1:25.000
Gruppo idrologico USDA - Quadrante nord-ovest	1:25.000
Drenaggio interno - Quadrante nord-ovest	1:25.000
Erosione potenziale - Quadrante nord-ovest	1:25.000
Franosità - Quadrante nord-ovest	1:25.000
Salinità - Quadrante nord-ovest	1:25.000
Carta della pericolosità e del rischio sismico - Quadrante nord-ovest	1:25.000
Corsi d'acqua superficiali - Quadrante nord-ovest	1:25.000
Carta delle isopieze - Quadrante nord-ovest	1:25.000
Uso del suolo – Quadrante sud-est	1:25.000
Uso del suolo ad orientamento vegetazionale - Quadrante sud-est	1:25.000
Grado di Naturalità del territorio - Quadrante sud-est	1:25.000
Aree naturali protette e siti Natura 2000 - Quadrante sud-est	1:25.000
Carta geologica e geomorfologica - Quadrante sud-est	1:25.000
Rocciosità - Quadrante sud-est	1:25.000
Gruppo idrologico USDA - Quadrante sud-est	1:25.000
Drenaggio interno - Quadrante sud-est	1:25.000
Erosione potenziale - Quadrante sud-est	1:25.000
Franosità - Quadrante sud-est	1:25.000
Salinità - Quadrante sud-est	1:25.000
Carta della pericolosità e del rischio sismico - Quadrante sud-est	1:25.000
Corsi d'acqua superficiali - Quadrante sud-est	1:25.000
Carta delle isopieze - Quadrante sud-est	1:25.000

Le principali fonti informative consultate sono riportate di seguito:

<sup>4</sup>(18) IRIDE - Istituto per la Ricerca e l'Ingegneria Dell'Ecosostenibilità: Panoramica | LinkedIn

- ✓ Regione Toscana - <http://www.regione.toscana.it/>
- ✓ Provincia di Firenze - <http://www.provincia.fi.it/>
- ✓ Comune di Firenze - <http://www.cittametropolitana.fi.it/>
- ✓ Comune di Firenze – <http://www.sit.comune.fi.it/>
- ✓ Provincia di Prato - <http://www.provincia.prato.it/>
- ✓ Geoportale della Toscana - <http://www.regione.toscana.it/-/geoscopio>
- ✓ Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - <http://www.ingv.it/it/>
- ✓ Repertorio Naturalistico Toscano - <http://www.regione.toscana.it/-/repertorio-naturalistico-toscano-re-na-to->
- ✓ Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ATTM - <http://www.minambiente.it/>
- ✓ Manuale Italiano di Interpretazione degli Habitat della Direttiva 92/43/CEE
- ✓ Formulario Standard Natura 2000
- ✓ Normativa specifica di settore e piani territoriali.

Si rimanda alla consultazione della relazione descrittiva e delle tavole grafiche allegate per verifiche di dettaglio circa la caratterizzazione delle componenti ambientali dell’area vasta in esame.

Nei seguenti paragrafi, verranno riportati i risultati delle analisi di tipo quantitativo per i tre scenari oggetto del presente studio e la stima dei potenziali impatti ad essi associati.

### 3 DEFINIZIONE E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI AMBIENTALI

Con riferimento alle valutazioni precedentemente esposte, all'interno della presente Sezione dello studio si provvederà alla definizione e alla valutazione dei potenziali effetti ambientali conseguenti all'accadimento degli scenari di incidente analizzati. Per semplicità di esposizione e più efficace coerenza rispetto allo standard di presentazione delle valutazioni ambientali, queste vengono proposte articolate secondo la singola componente ambientale di interesse, specificando di volta in volta a quale scenario incidentale possa ritenersi associato il fenomeno oggetto di valutazione e quantificazione.

#### 3.1 INTERFERENZE SULLA QUALITÀ DELL'ARIA E TUTELA DELLA SALUTE

##### 3.1.1 Premessa

Questa sezione illustra i risultati della valutazione degli effetti sulla qualità dell'aria in seguito ad impatto aereo sul suolo nell'area circostante l'Aeroporto di Firenze Amerigo Vespucci, con rilascio di combustibile e innesco dello stesso. Per effettuare tale valutazione sono stati considerati gli scenari incidentali descritti nella Sezione precedente, in modo da ottenere i parametri in ingresso. In particolare, l'impatto ambientale preso a riferimento per la qualità dell'aria è quello associato alle emissioni in atmosfera di gas tossici e particolato a partire da un potenziale incendio sviluppatosi in seguito alla caduta dell'aeromobile (ovvero *pool fire* di carburante). Si è reso, pertanto, necessario sviluppare uno studio di impatto utilizzando il software di simulazione Calpuff (già utilizzato nell'ambito dello Studio Ambientale Integrato di cui al medesimo procedimento VIA-VAS), che permette di simulare il trasporto, la dispersione, la trasformazione e la deposizione degli inquinanti, a partire da sorgenti emissive variabili ed in condizioni meteorologiche variabili spazialmente e temporalmente.

##### 3.1.2 Documenti di riferimento

Le informazioni sito-specifiche a cui fa riferimento la presente relazione sono state ricavate da studi, pregressi e recenti, realizzati da parte e per conto di ENAC/Toscana Aeroporti SpA. I principali documenti di riferimento sono stati i seguenti:

- a. *Studio Ambientale Preliminare Integrato* (e relativi allegati), agli atti del procedimento di scoping espletato ai sensi dell'articolo 6, comma 3-ter del D. Lgs. n. 152/2006 e smi, Agosto 2023;
- b. *"Valutazione degli incidenti indotti da impatti aerei sugli stabilimenti a rischio di incidente rilevante"*, convenzione con lo scrivente Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale dell'Università di Pisa, Settembre 2017;
- c. *"Valutazione del rischio locale per effetto di un incidente aereo nell'area dell'aeroporto di Firenze Amerigo Vespucci"*, coordinato dall'Università degli Studi di Napoli Federico II, col supporto dell'Università di Bologna, dell'Università di Pisa e dell'Università della Campania, Settembre 2017;
- d. Elaborazione cartografiche e informative del territorio, dell'ambiente, del paesaggio e dei beni culturali prodotte dall'Istituto IRIDE, anno 2017;
- e. *"Valutazione del rischio locale per effetto di un incidente aereo nell'area dell'aeroporto di Firenze Amerigo Vespucci secondo il piano di sviluppo aeroportuale (masterplan) 2035"*, coordinato dall'Università degli Studi di Napoli Federico II, col supporto dell'Università di Bologna, Settembre 2023;
- f. Studi specialistici ambientali, parte integrante dello Studio Ambientale Integrato della Project Review del Piano di Sviluppo Aeroportuale di Firenze al 2035, Marzo 2024.

##### 3.1.3 Calpuff model system

Analogamente a quanto già contenuto effettuato da ENAC/Toscana Aeroporti SpA all'interno dello Studio di Impatto Ambientale, per la quantificazione dell'impatto generato dall'evento incidentale si è optato per l'applicazione del codice numerico di calcolo Calpuff, ritenuto adeguato non solo rispetto alle finalità già espletate nel SIA, ma anche alle valutazioni oggetto del presente rapporto.

Il sistema di modelli CALPUFF MODEL SYSTEM<sup>5</sup>, 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 composto da tre componenti:

- Il preprocessore 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 postprocessore CALPOST: ha lo scopo di processare i dati di output di CALPUFF, in modo da renderli nel formato più adatto alle esigenze dell'utente.

CALMET è un preprocessore meteorologico di tipo diagnostico, in grado di riprodurre campi tridimensionali di vento e temperatura e campi bidimensionali di parametri descrittivi della turbolenza. È adatto a simulare il campo di vento su domini caratterizzati da orografia complessa. Il campo di vento viene ricostruito attraverso stadi successivi, in particolare un campo di vento iniziale viene rielaborato per 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 modello micrometeorologico per la determinazione della struttura termica e meccanica (turbolenza) degli strati inferiori dell'atmosfera.

CALPUFF è un modello di dispersione *a puff* multistrato non stazionario. È in grado di simulare il trasporto, la dispersione, la trasformazione e la deposizione degli inquinanti, in condizioni meteorologiche variabili spazialmente e temporalmente. CALPUFF è in grado di utilizzare 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-tipdownwash*), *shear* verticale del vento, deposizione secca ed umida, trasporto su superfici d'acqua e presenza di zone costiere, presenza di orografia complessa, ecc. CALPUFF è infine in grado di trattare diverse tipologie di sorgente emissiva, in base essenzialmente alle caratteristiche geometriche: sorgente puntiforme, lineare, areale, volumetrica.

CALPOST consente di elaborare i dati di output forniti da CALPUFF, in modo da ottenere i risultati in un formato adatto alle esigenze dell'utente. Tramite Calpost si possono ottenere dei file di output direttamente interfacciabili con software grafici per l'ottenimento di mappe di concentrazione.

---

<sup>5</sup> 1CALPUFF Regulatory Updates and Consequence Analysis

The current regulatory version of the CALPUFF Modeling System includes: CALPUFF version 5.8, level 070623

CALMET version 5.8, level 070623

CALPOST version 5.6394, level 070622

For every update of the "EPA-approved" version of the CALPUFF Modeling System, a consequence analysis is performed by EPA using an update protocol that identifies what model changes have been made and their implications based on the analysis results. This analysis compares the base CALPUFF Modeling System (i.e., current regulatory version) with the beta (i.e., proposed updated version)



### 3.1.4 Metodologia

Al fine di utilizzare correttamente il software CALPUFF, è necessario definire i seguenti aspetti:

- ✓ Identificazione dei possibili scenari incidentali
- ✓ Caratterizzazione dei termini sorgente, per ciascuno scenario incidentale
- ✓ Scelta delle condizioni atmosferiche;

#### 3.1.4.1 Scenari incidentali

Per l'identificazione degli scenari legati ad incidenti diretti e indiretti si veda la precedente Sezione dello studio. È stato considerato l'incendio del carburante come sorgente emissiva di riferimento, capace di sviluppare emissioni con potenziali effetti per la salute umana e per la qualità dell'aria, oggetto del presente approfondimento.

#### 3.1.4.2 Caratterizzazione dei termini sorgente

La caratterizzazione dei termini sorgente è finalizzata alla definizione, per ciascuno scenario incidentale, delle quantità degli inquinanti emessi con gli incidenti, che verranno poi elaborate dal software CALPUFF per determinarne gli effetti in aria e le ricadute al suolo. Nel contesto di studio, tali emissioni possono essere legate all'evaporazione e dispersione in aria del carburante sversato sul terreno a seguito dell'impatto, e ai prodotti di combustione ottenuti qualora tale sversamento sia seguito da un incendio di pozza o da un *flash fire*. Gli inquinanti emessi nella combustione per entrambi i tipi di carburante sono principalmente: Monossido di Carbonio (CO) e Particolato (Soot). Per ciascuno di questi inquinanti sono state derivate le frazioni prodotte con la combustione. In particolare:

- Frazione di Particolato (*soot yield*)  $Y$ : è la quantità di particolato che si forma durante la combustione; è funzione del diametro di Pozza ( $D_p$ ) e dipende anche dal tipo di carburante. In questo caso, tale frazione è stata ottenuta utilizzando l'equazione empirica di Raj.

$$Y = 9.412 + 2.758 * \log(D_p), D_p \text{ in } (m)$$

- Frazione molare di CO emessa: è quella prodotta durante la combustione, è stata valutata utilizzando il codice Cantera e lo schema cinetico di Creck<sup>6</sup>.

Le frazioni di riferimento sono le seguenti:

	CARBURANTE A	CARBURANTE B
<b>SootYeld</b> (-)	0.1024	0.1024
Monossido di Carbonio (CO) (frazione molare o volume)	0.0678	0.0172

---

<sup>6</sup> Goodwin D.G. (2003) An Open Source, Cantera: An object- oriented software toolkit for chemical kinetics, thermodynamics, and transport processes. <http://www.cantera.org>, versione 2.3.0.

### 3.1.4.3 Valori limite di riferimento per gli inquinanti considerati

Per questi inquinanti è necessario considerare dei valori limite di riferimento, rispetto ai quali verranno confrontate le concentrazioni ottenute. In particolare, si fa riferimento ai valori limite stabiliti dall'ERPG (*Emergency Response Planning Guideline*)<sup>7</sup> per il CO e i valori limite TLV per la Soot.

I limiti ERPG, acronimo di *Emergency Response Planning Guideline*, sono dei valori limite stabiliti dalla commissione ERP (Emergency Response Planning) di AIHA finalizzati alla gestione delle emergenze in risposta a rilasci accidentali o intenzionali di sostanze pericolose per la popolazione. I valori limite di ERPG esprimono le massime concentrazioni a cui una persona può essere esposta per un tempo breve (tipicamente circa un'ora), senza avvertire sintomi fisici di diversa gravità. Nello specifico:

1. ERPG 1- Massima concentrazione in aria al di sotto della quale la maggioranza dei soggetti può essere esposta per un'ora senza percepire odori legati alla sostanza rilasciata.
2. ERPG-2 Massima concentrazione in aria al di sotto della quale la maggioranza dei soggetti può essere esposta per un'ora senza manifestare effetti irreversibili per la salute o sintomi che mettano a repentaglio l'abilità dei soggetti di attuare azioni di protezione.
3. ERPG-3 Massima concentrazione in aria al di sotto della quale la maggioranza dei soggetti può essere esposta per un'ora senza manifestare effetti che mettano a rischio la vita.

I TLV, ovvero Threshold Limit Values, sono le concentrazioni di sostanza dispersa al di sotto delle quali si ritiene che la maggior parte dei lavoratori possa essere esposta ogni giorno senza avvertire effetti negativi per la salute. Questi valori vengono pubblicati ogni anno dall'ACGIH e ripresi in Italia dall'ADII (Associazione Italiana degli Igienisti industriali).

Si riportano sinteticamente i valori limite selezionati per gli inquinanti oggetto di studio:

SOOT	CO <sup>8</sup>
TLV= 10 mg/m <sup>3</sup> per inalabili	ERPG1=200 ppm
TLV=3 mg/ m <sup>3</sup> per respirabili	ERPG2=350 ppm
	ERPG3=500 ppm

<sup>7</sup> <https://www.aiha.org/get-involved/aiha-guideline-foundation/erpgs>

<sup>8</sup> **Emergency Response Planning Guidelines (ERPGs):** *What are ERPGs? ERPGs estimate the concentrations at which most people will begin to experience health effects if they are exposed to a hazardous airborne chemical for 1 hour. (Sensitive members of the public—such as old, sick, or very young people—aren't covered by these guidelines and they may experience adverse effects at concentrations below the ERPG values.) A chemical may have up to three ERPG values, each of which corresponds to a specific tier of health effects.*

### ***Incendio di Pozza (Pool Fire)***

Per questo scenario sono state determinate le velocità di combustione al variare della tipologia di carburante, tipologia di suolo, altezza del rilascio e condizioni meteo. Tali velocità di combustione, sono definite per l'unità di area della pozza incendiata ( $\text{Kg}/\text{m}^2 \text{ s}$ ) e sono riportate di seguito:

**Tabella 2 Velocità di combustione per pozze dal diametro infinito al variare del carburante, tipologia di suolo, altezza di rilascio e condizioni meteo, espressa in ( $\text{kg}/\text{m}^2 \text{ s}$ )**

<b>Suolo – altezza – meteo</b>	<b>Carburante A</b>	<b>Carburante B</b>
Cemento – 0 m – 2/F	0.0318	0.0070
Cemento – 0 m – 5/D	0.0317	0.0084
Cemento – 10 m – 2/F	0.0318	0.0070
Cemento – 10 m – 5/D	0.0318	0.0083
Terreno – 0 m – 2/F	0.0285	0.0014
Terreno – 0 m – 5/D	0.0316	0.0021
Terreno – 10 m – 2/F	0.0285	0.0014
Terreno – 10 m – 5/D	0.0316	0.0021

Sono stati selezionati per ciascun carburante i valori di velocità di combustione più alti tra quelli riportati in tabella. I ratei di emissione sono ottenuti in funzione della velocità di combustione e le sezioni della pozza, che variano per ciascuno scenario:

**Tabella 3 Ratei di emissione**

	<b>CARBURANTE A</b>	<b>CARBURANTE B</b>
<b>SCENARIO 1 (Kg/s)</b>	3,10	0,81
<b>SCENARIO 2 (Kg/s)</b>	27,10	7,16
<b>SCENARIO 3 (Kg/s)</b>	81,8	21,6

Le simulazioni degli impatti degli inquinanti in atmosfera sono state cautelativamente eseguite facendo riferimento al solo SCENARIO 3, essendo quello rappresentativo della massima quantità di carburante che può essere rilasciata, e tale da determinare la maggiore quantità di inquinante e il più significativo fattore di impatto.

### ***Portate emesse e tempo di emissione***

Dal rateo di emissione legato alla combustione sono state, quindi, ottenute le emissioni di particolato e di monossido di carbonio espresse in ( $\text{Kg}/\text{s}$ ) e riportate di seguito. Sono stati inoltre ricavati i tempi di emissione considerando il quantitativo di carburante sversato sul suolo e la velocità di combustione, avendo assunto cautelativamente che l'incendio si esaurisca una volta utilizzato tutto il quantitativo di sostanza sversata.

Per le simulazioni si è ritenuto di dover cautelativamente considerare il solo carburante A, che a parità di quantità di sostanza sversata risulta quello caratterizzato dai valori più alti di portate emesse.

Tabella 4 Portate emesse e tempi di emissione

	CARBURANTE A		CARBURANTE B	
	Soot	CO	Soot	CO
Portate emesse (Kg/s)	8,378	5,547	2,213	0,371
Tempo di emissione (s)	220		850	

### Flash Fire

Lo scenario di incendio di tipo *flash fire* può essere schematizzato in due momenti: nel primo si ha una propagazione di fiamma con velocità costante pari alla velocità di fiamma. Nel secondo si ritorna nel caso del *Pool Fire*, con una fiamma “convettiva”. Per questo motivo, in questo scenario si può ricadere nella caratterizzazione già descritta per il *Pool Fire*.

#### 3.1.4.4 Scelta delle condizioni atmosferiche

Per effettuare le simulazioni su CALPUFF sono state scelte due modalità:

**Condizioni atmosferiche fisse:** tali condizioni sono rappresentate da una lettera (corrispondente alla categoria di stabilità atmosferica definita da Pasquill) e da un numero, corrispondente alla velocità del vento in metri al secondo. Si riportano, in particolare, i risultati ottenuti nelle condizioni peggiorative per quanto riguarda i rilasci al suolo (ad un'altezza di 1 m), ovvero in classe di stabilità F (condizioni di atmosfera stabile e quindi con impatto minimo della turbolenza atmosferica sulla diffusione) e velocità del vento pari a 2 m/s (misurata a 10 m). Alla condizione 2F viene affiancata la condizione 5D, ovvero la corrispondente condizione di neutralità con velocità pari a 5 m/s, assunta ai fini di confronto, che può in generale avere un peso rilevante nelle situazioni in cui si abbia un rilascio a quota elevata, ma non nel presente studio che considera le sorgenti localizzate al suolo. Tali condizioni sono tipicamente usate nell'ambito degli studi di rischio, e riportate in entrambi i documenti presi come riferimento (vedi Sezione 3.1.2).

**Anno Meteo:** È stato scelto un anno meteo di riferimento per valutare le concentrazioni massime orarie e giornaliere che si possono emettere in uno scenario come quello di studio. Anche in questo caso si è scelto di utilizzare quale anno meteorologico di riferimento l'anno 2008 che è identificato dallo Studio di Impatto Ambientale, contenuto nella documentazione progettuale del procedimento VIA, come anno tipo rappresentativo, di cui si riporta nel dettaglio la rosa dei venti nella sezione dei risultati. L'anno 2008 è stato identificato da uno studio statistico sugli anni dal 2005 al 2022 compresi. Nell'ambito del presente studio si è, comunque, provveduto alla preventiva verifica delle elaborazioni contenute all'interno del SIA.

Vale la pena osservare che gli studi di impatto legati alla qualità dell'aria di tipo convenzionale considerano solitamente sorgenti emissive stazionarie e valutano effetti a medio/lungo termine e su scale di ampia estensione. Tali valutazioni implicano, pertanto, anche la trattazione congiunta di sorgenti emissive dovute ad attività produttive, ma anche sorgenti aggiuntive quali traffico, sorgenti areali e diffuse. Al contrario, lo scopo della presente valutazione è quello di fornire unicamente una stima dell'impatto del singolo scenario incidentale, per intrinseca definizione di natura transitoria e con effetti immediati, sia considerando una condizione meteo fissata, sia attribuendo parametri medi della zona (ovvero “Anno Meteo”).

### 3.1.5 Scenari simulati su Calpuff

Gli scenari simulati su CALPUFF sono di seguito riportati:

*Tabella 5 Scenari simulati*

SCENARIO 3	CARBURANTE A		CARBURANTE B	
	2F	5D	2F	5D
Condizioni atmosferiche				
kg carburante	18000		18000	
Portata Soot emessa (kg/s)	8,378		2,213	
Portata CO emessa (kg/s)	5,547		0,371	
Tempo di emissione (s)	220		850	

### 3.1.6 Risultati

Si riportano di seguito i risultati ottenuti dal codice CALPUFF in termini di mappe di isoconcentrazione e di profili di concentrazione in funzione della distanza dal punto di rilascio, riferiti a tutte le simulazioni numeriche svolte. Tutti i risultati si riferiscono, come ampiamente descritto, allo scenario incidentale 3 che considera la massima quantità di carburante contenuta nell'aereo; gli stessi risultati si riferiscono, inoltre, al carburante A, caratterizzato dalla maggiore portata di inquinanti emessi. Le curve di isoconcentrazione rappresentate di seguito si sviluppano a partire da **un punto di rilascio** indicativo all'interno dell'area di studio e possono essere considerate estendibili ad ogni punto dell'area, dal momento che la zona risulta essere morfologicamente molto uniforme e nella quale non si evidenziano significativi rilievi che potrebbero modificare l'andamento della dispersione degli inquinanti.

Si rappresenta, tuttavia, come in base alle risultanze dello studio di rischio locale coordinato dall'Università di Napoli Federico II, lo scenario peggiorativo 4 di rilascio (denominato P4 nello studio - rilascio da tutti i serbatoi, incluso il serbatoio centrale – centre tank) non risulta associato, in fase di decollo, ad alcun punto dell'area di indagine con un tasso di incidente superiore a  $10E-8$ . Le linee di iso-tasso associate allo scenario P4 al decollo si limitano, pertanto, a  $10E-9$  e, conseguentemente, la probabilità di accadimento di un simile evento incidentale può ritenersi oggettivamente non rappresentative e, pertanto, trascurabile. Relativamente all'operazione di atterraggio, la fascia territoriale potenzialmente interessata dai più elevati valori di probabilità di accadimento dello scenario peggiorativo P4 di rilascio sottende una fascia estesa non oltre 250 metri dall'asse della traiettoria dell'aeromobile. Detto punto di rilascio deve, pertanto, ragionevolmente ipotizzarsi collocato entro detto ambito territoriale, in corrispondenza del quale la probabilità di accadimento dello scenario di rilascio 4 risulta comunque dell'ordine di  $1 \times 10^{-8}$ .

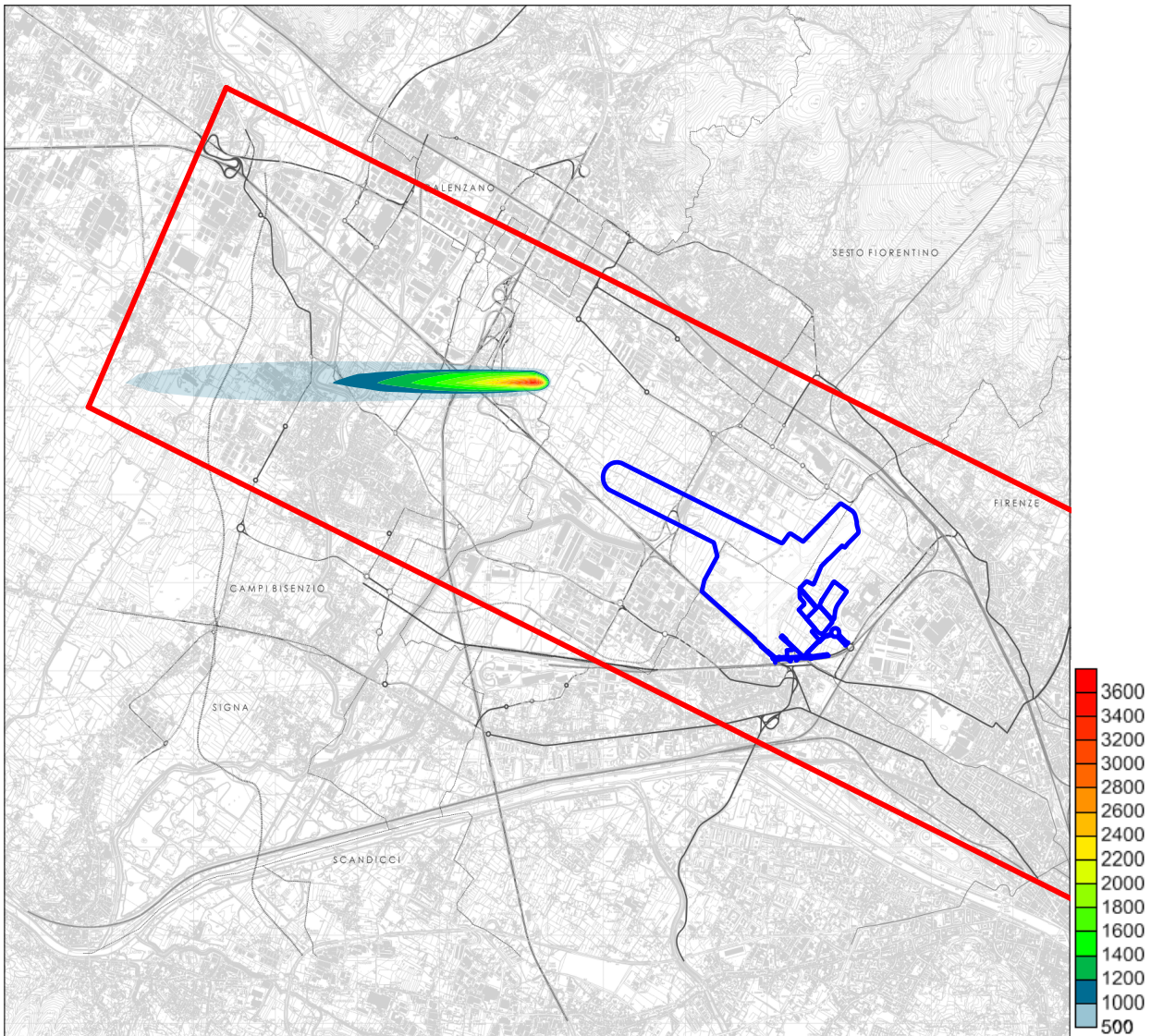
Per gli altri casi di rilascio considerati (denominati P2 e P3 nello studio coordinato dall'Università di Napoli, atteso che P1 rappresenta lo scenario incidentale del tutto privo di rilasci), gli ambiti territoriali potenzialmente interessati risultano estremamente più contenuti e limitati. In particolare, con riferimento agli atterraggi nessuno di essi fuoriesce dal sedime aeroportuale, mentre con riferimento ai decolli, gli ambiti esterni al sedime aeroportuale potenzialmente interessati hanno dimensioni estremamente contenute (scenario P2: estensione laterale non superiore a 100 metri dall'asse della traiettoria ed estensione longitudinale inferiore a 150 metri; scenario P3: estensione laterale compresa tra 25 metri e 90 metri dall'asse della traiettoria ed estensione longitudinale dell'ordine di 500 metri).

Si riportano di seguito i profili di concentrazione degli inquinanti in funzione della distanza da un punto di rilascio.

### 3.1.6.1 Mappe di isoconcentrazione

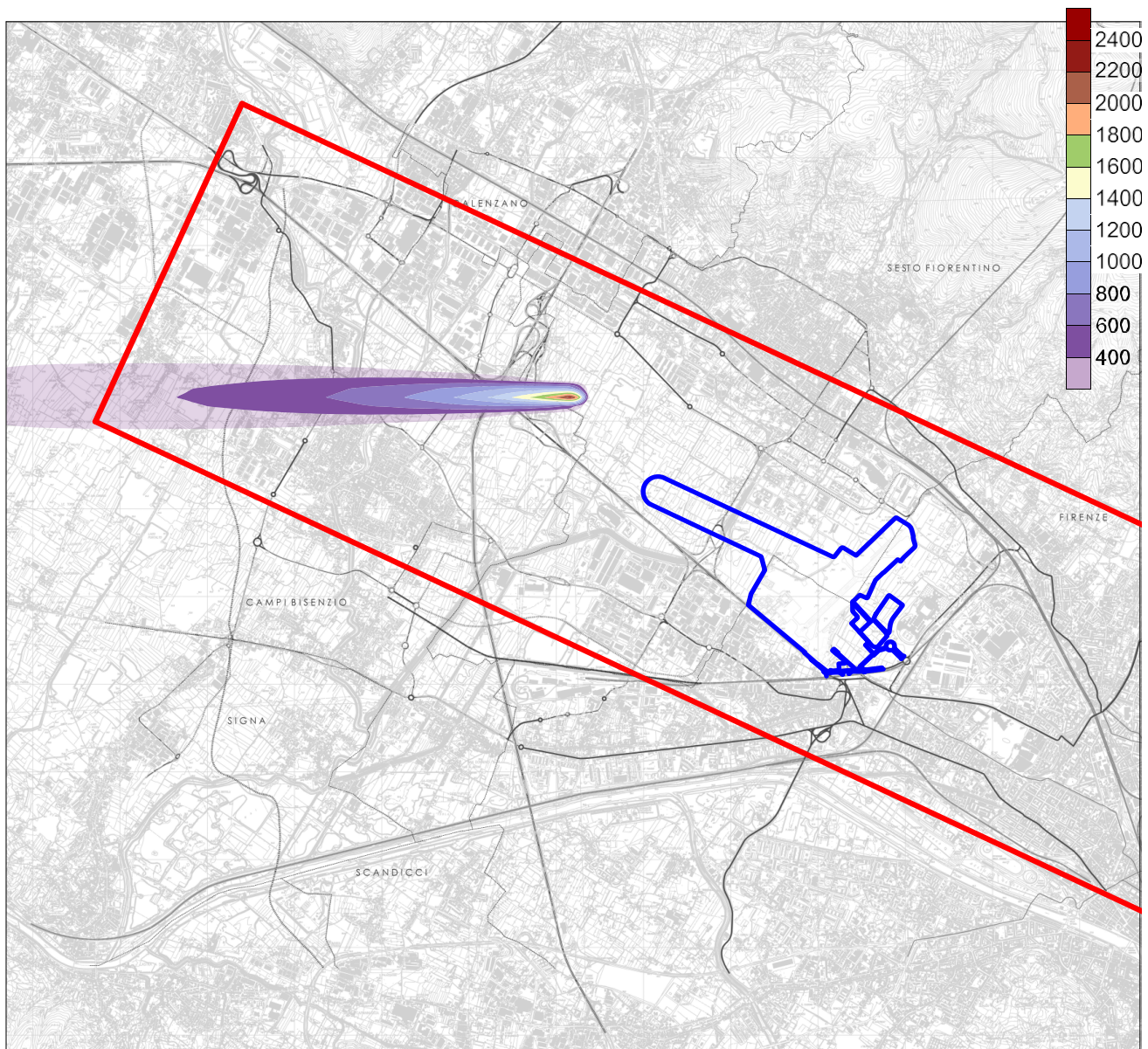
#### **Condizione atmosferica 5D**

Di seguito si riportano le mappe con i massimi delle concentrazioni orarie calcolate nell'arco di 24 ore nel caso della Soot (Figura 8) e del CO (Figura 9), nella condizione atmosferica neutra 5D, con velocità del vento pari a 5 m/s. Le concentrazioni sono espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e fanno riferimento allo scenario 3 (incidente con impatto a terra dell'aeromobile, rilascio del combustibile e innesco dello stesso) e al carburante A.



**Figura 7** Valori di concentrazione, espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , massimi orari calcolati sull'arco di 24 ore per emissioni di SOOT = Polveri Totali emesse da fumi della combustione derivata dall'incendio per il crash dell'aeromobile - scenario 3 - condizioni meteo 5D.

In questo caso si può notare che le concentrazioni massime emesse per la soot si trovano al di sotto dei limiti di soglia TLV.

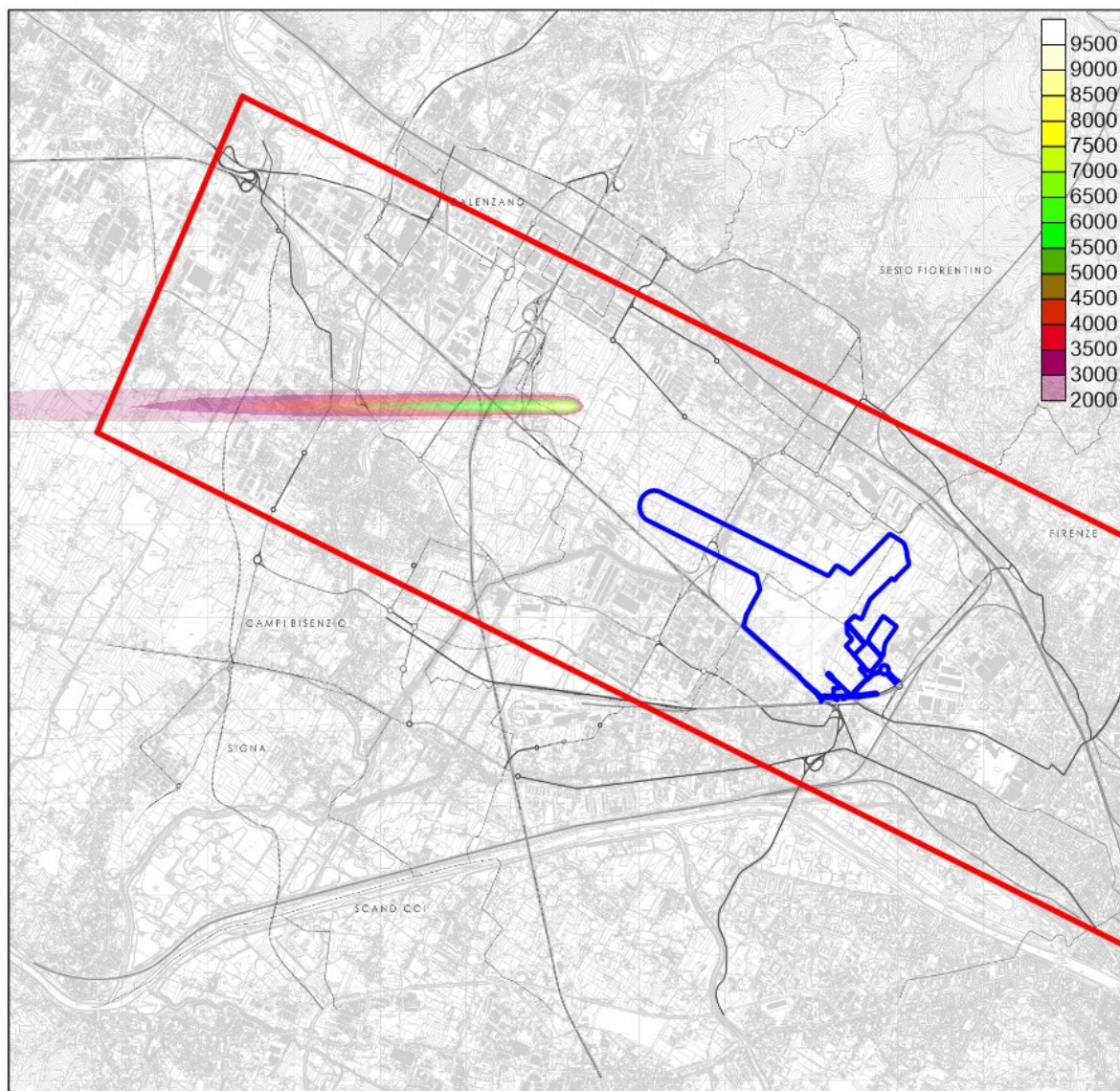


**Figura 8 Valori di concentrazione, espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , massimi orari calcolati sull'arco di 24 ore per emissioni di CO = Monossido di Carbonio da combustione derivata dall'incendio per il crash dell'aeromobile - scenario 3 - condizioni meteo 5D.**

Anche per il monossido di carbonio le concentrazioni massime orarie emesse si trovano ben al di sotto dei valori di soglia ERPG.

## Condizione atmosferica 2F

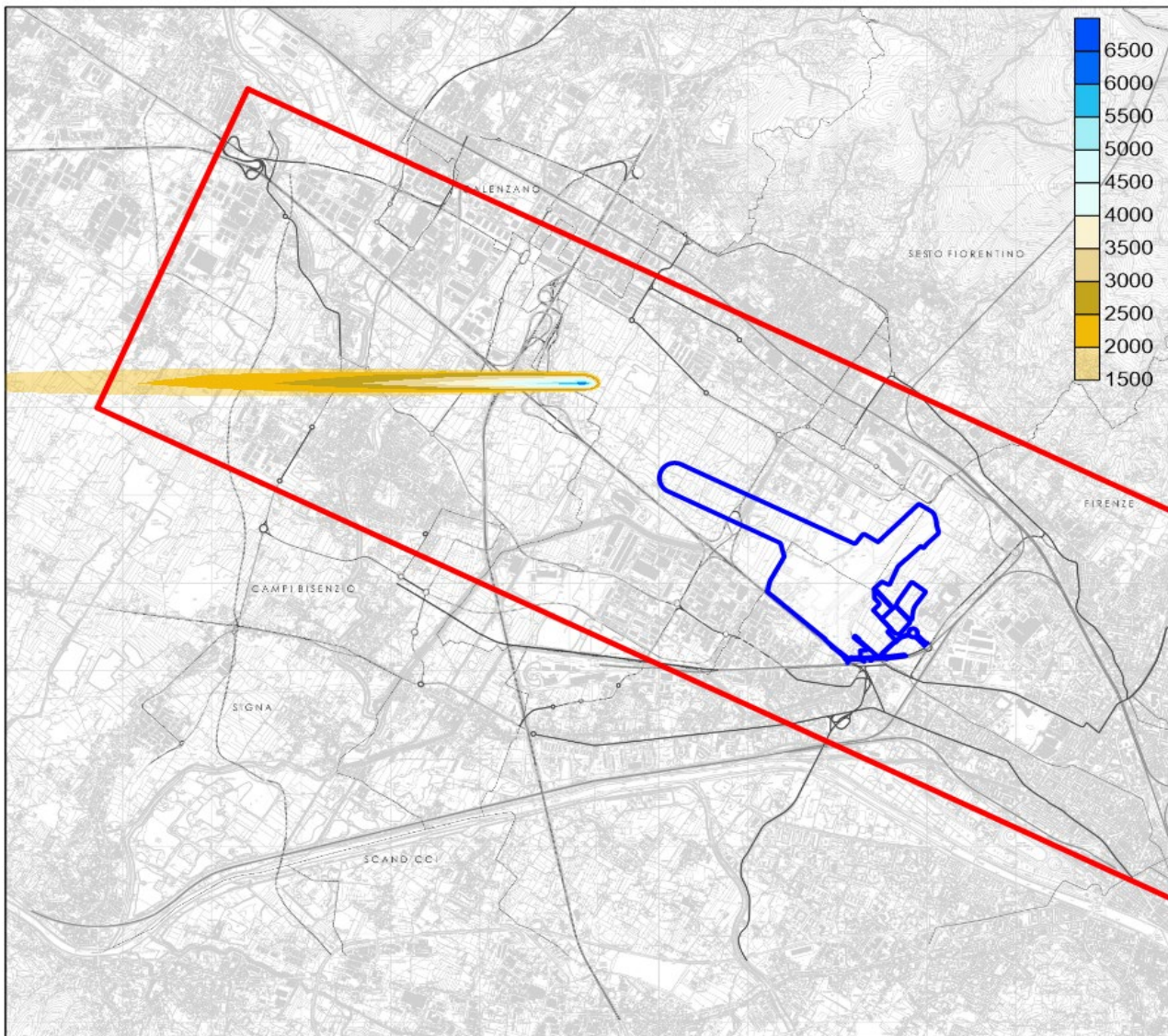
Di seguito si riportano le mappe con i massimi delle concentrazioni orarie calcolate nell'arco di 24 ore nel caso della Soot (Figura xx) e del CO (Figura xx), nella condizione atmosferica stabile 2F, con velocità del vento pari a 2 m/s. Nell'analisi di dispersione degli inquinanti, questa condizione è peggiorativa rispetto alla condizione 5D. Le concentrazioni sono espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e fanno riferimento allo scenario 3 di incidente e al carburante A.



**Figura 9 Valori di concentrazione, espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , massimi orari calcolati sull'arco di 24 ore per emissioni di SOOT = Polveri Totali emesse da fumi della combustione derivata dall'incidento per il crash dell'aeromobile - scenario 3 - condizioni meteo 2F.**

Sebbene nel singolo punto identificato per il rilascio la concentrazione risulti molto prossima al limite di soglia TLV, anche in questo caso i valori di concentrazione non superano mai la soglia TLV.





**Figura 10** Valori di concentrazione, espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , massimi orari calcolati sull'arco di 24 ore per emissioni di CO = Monossido di Carbonio da combustione derivata dall'incendio per il crash dell'aeromobile - scenario 3 - condizioni meteo 2F.

In questo caso i valori di concentrazione del CO risultano ben al di sotto dei valori limite ERPG, nonostante la condizione 2F possa ritenersi comunque peggiorativa rispetto alla precedente in termini di valori di concentrazione ottenuti

### ***Durata dell'impatto***

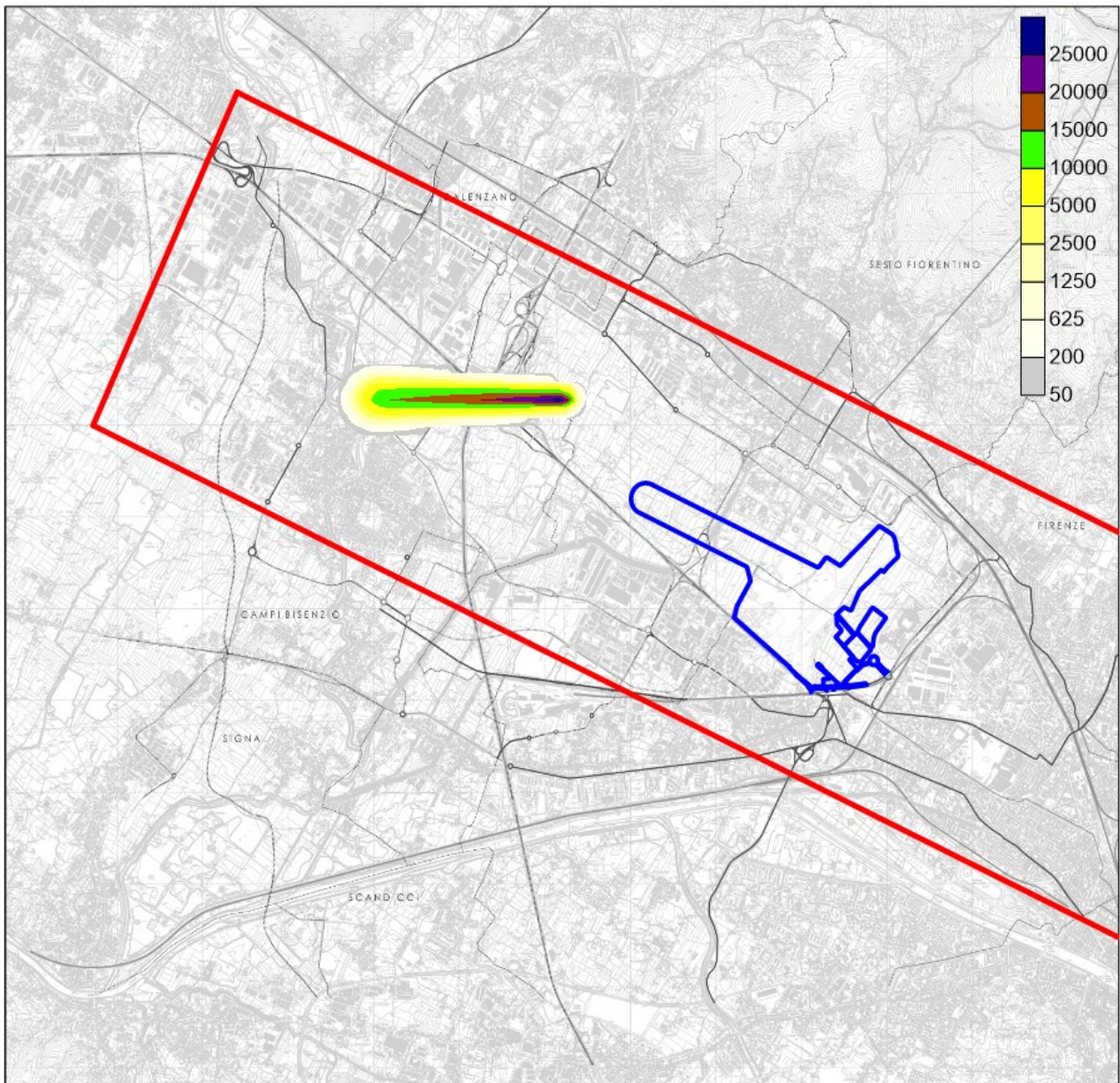
L'evento considerato in questa Sezione dello studio rappresenta l'emissione di gas e poveri dall'incendio del carburante a seguito di un evento incidentale con impatto a terra dell'aeromobile. Tale fenomeno ha una durata limitata nel tempo come discusso nei paragrafi precedenti. Al fine di chiarire l'effetto della dispersione di tale fenomeno si sono svolte simulazioni con CALPUFF diminuendo il tempo di integrazione fino a 20 minuti, così da poter seguire il fenomeno della dispersione in una delle condizioni di scenario considerate.

È stato simulato l'evento incidentale come rappresentato nella seguente tabella:

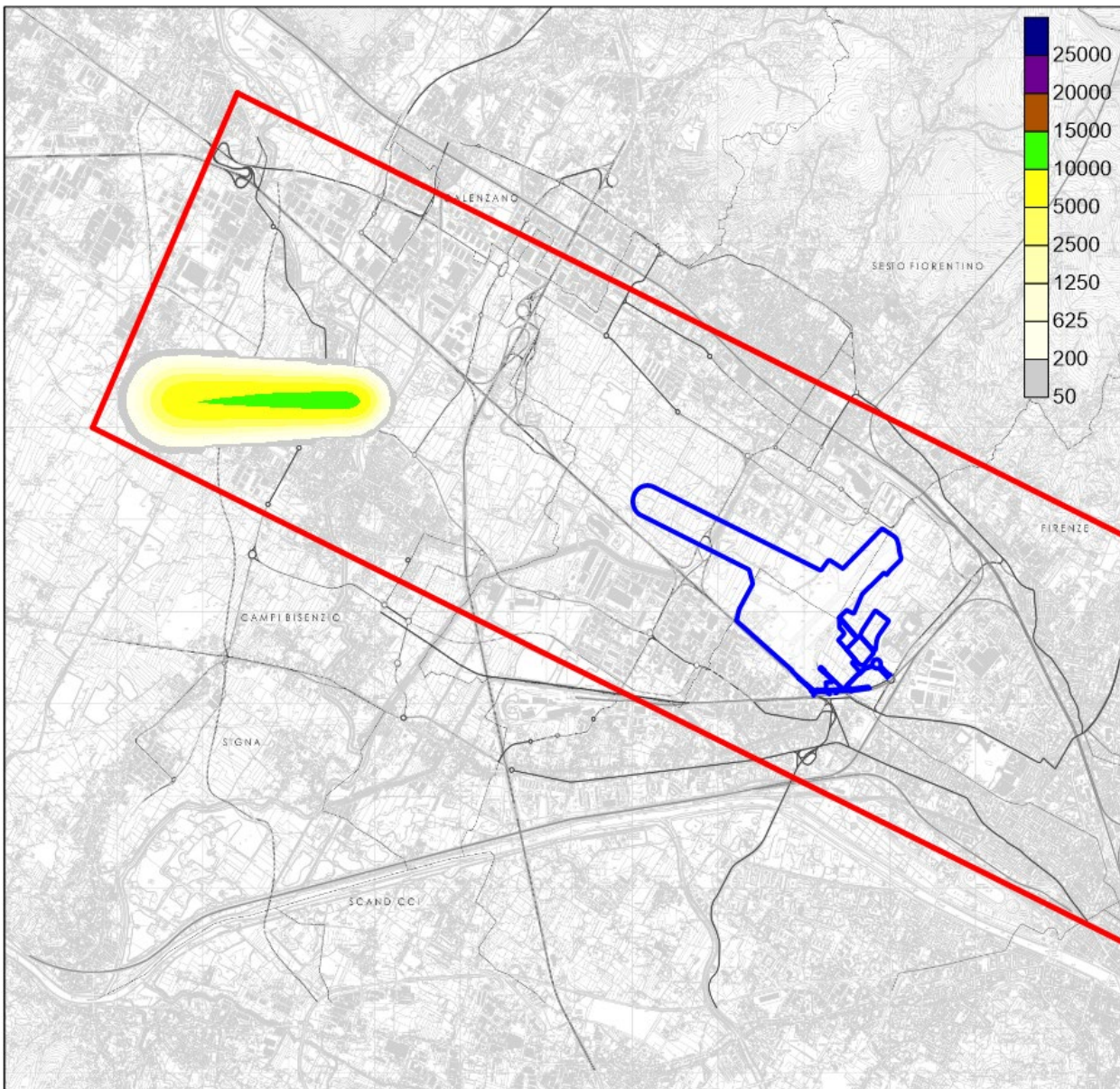
***Tabella 6 scenario di simulazione per l'evento incidentale (crash + combustione carburante)***

<b>Intervallo</b>	<b>tempi</b>	<b>Evento incidentale</b>
	23:00-23:04	Combustione del carburante dell'aereo per lo scenario n°3 per una durata di 220 secondi.
<b>T1</b>	23:00-23:20	Primo intervallo di mediazione dei risultati delle simulazioni di CALPUFF
<b>T2</b>	23:20-23:40	Secondo intervallo di mediazione dei risultati delle simulazioni di CALPUFF
<b>T3</b>	23:40-00:00	Terzo intervallo di mediazione dei risultati delle simulazioni di CALPUFF
<b>T4</b>	00:00-00:20	Quarto intervallo di mediazione dei risultati delle simulazioni di CALPUFF

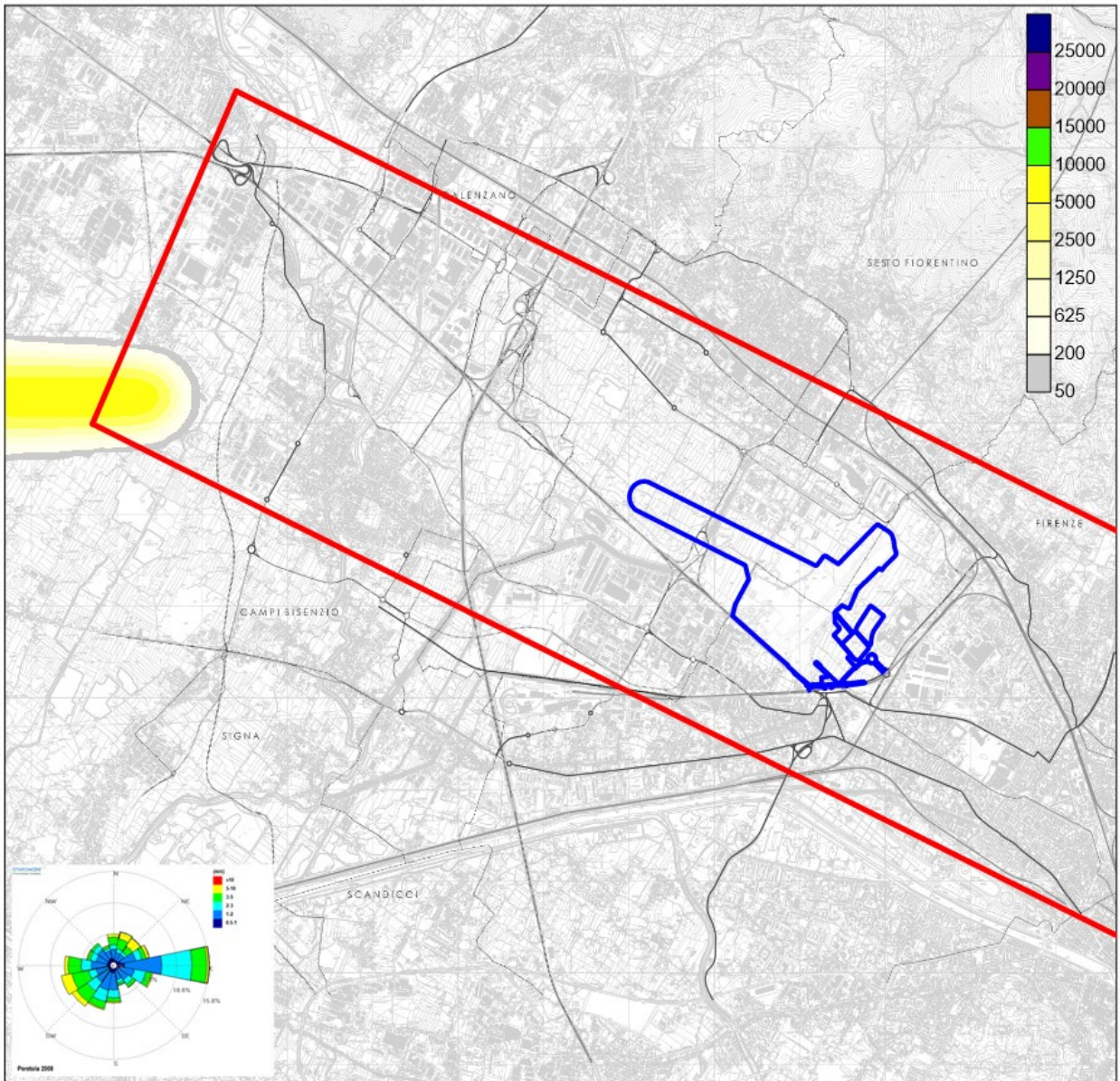
Nelle figure seguenti sono rappresentati i valori di concentrazione mediati sui 20 minuti dei vari intervalli temporali descritti nella precedente tabella.



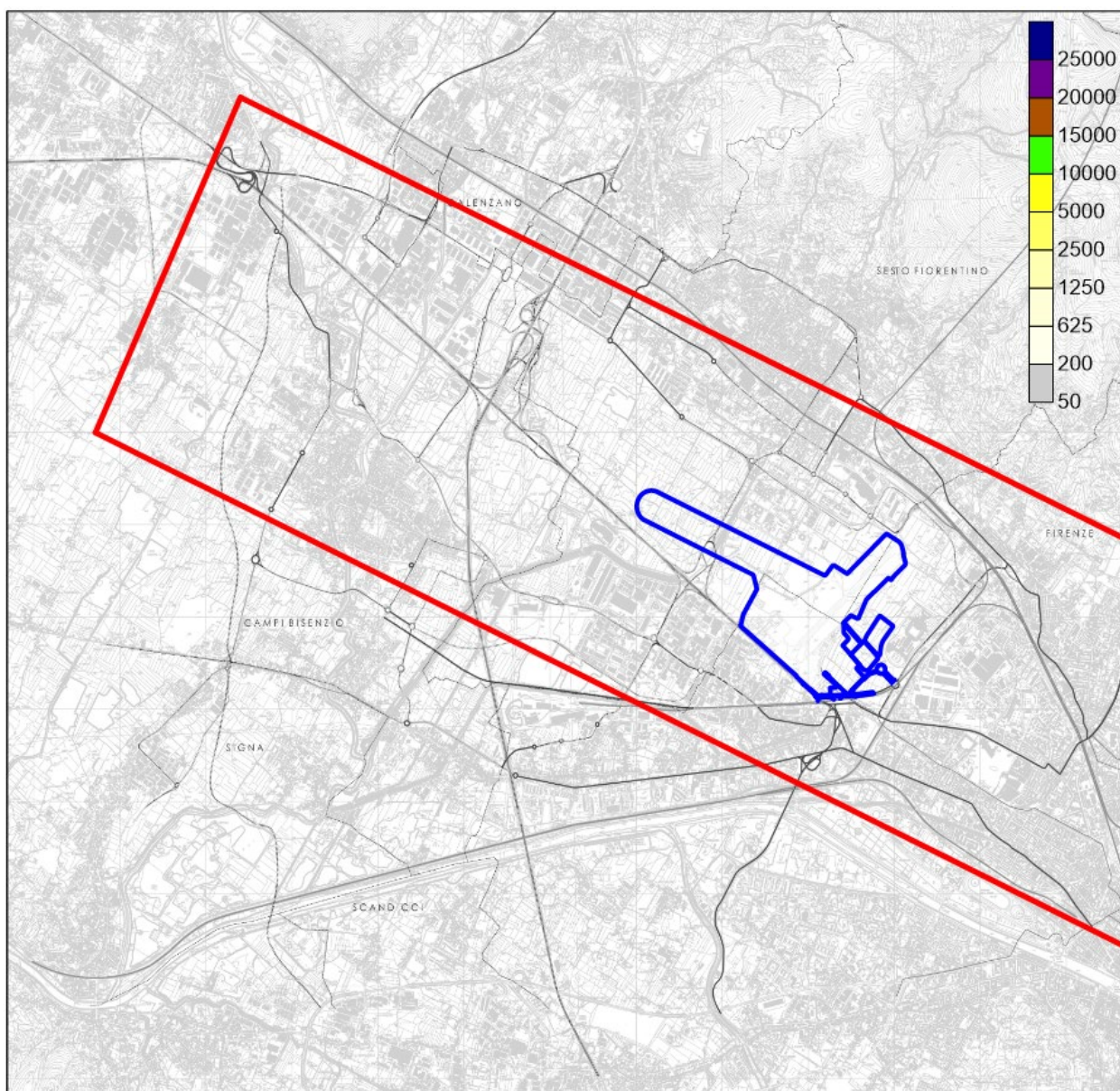
**Figura 11** Valori di concentrazione per il primo intervallo di tempo T1 (primi 20 minuti a valle dell'evento incidentale), espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , massimo su media di 20 minuti per le emissioni di soot = particolato Monossido di Carbonio da combustione derivata dall'incendio per il crash dell'aeromobile - scenario 3 - condizioni meteo 2F.



**Figura 12** Valori di concentrazione per il secondo intervallo di tempo T2 20 minuti a valle dell'evento incidentale, espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , massimo su media di 20 minuti per le emissioni di soot = particolato Monossido di Carbonio da combustione derivata dall'incendio per il crash dell'aeromobile - scenario 3 - condizioni meteo 2F.



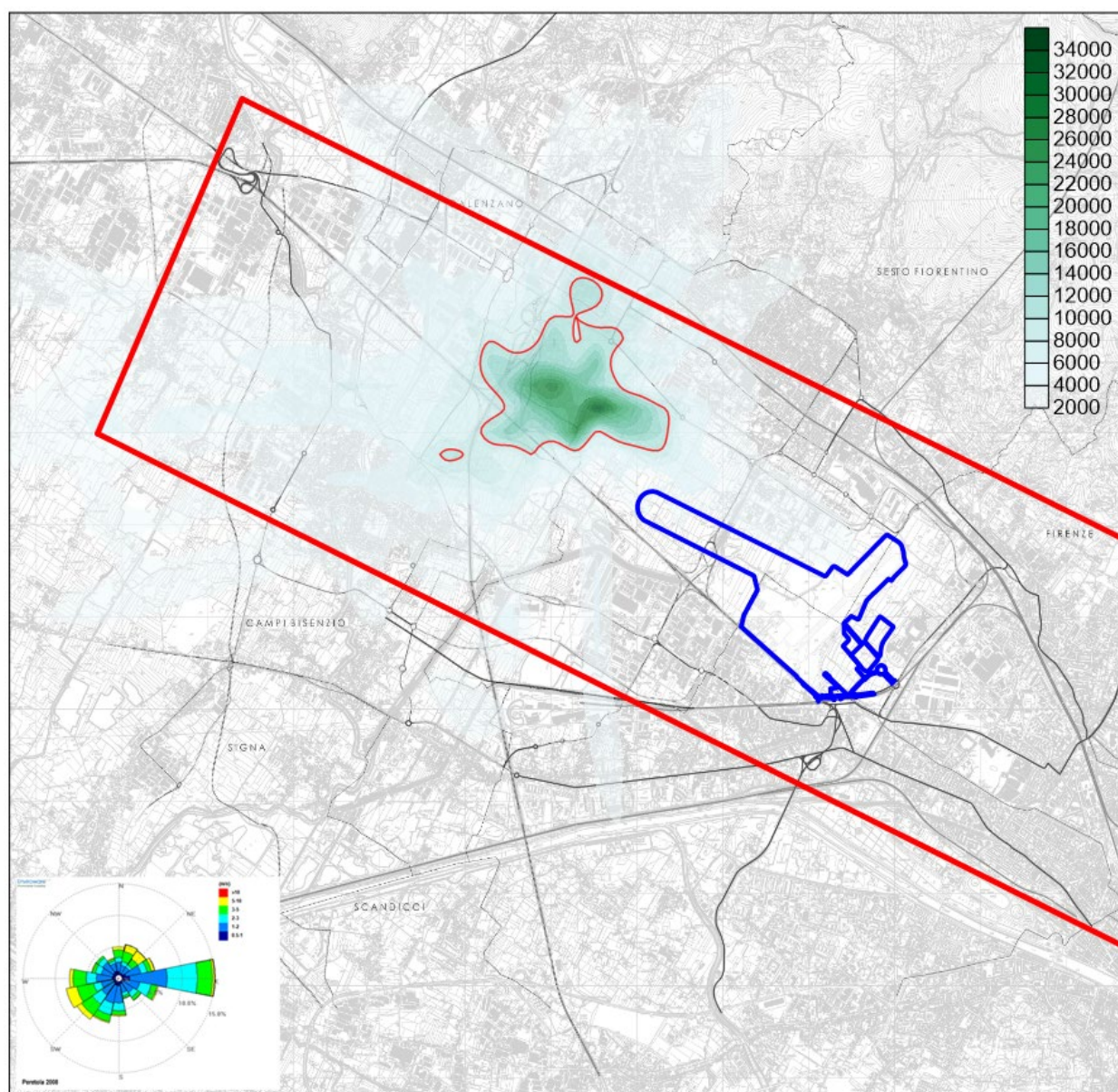
**Figura 13** Valori di concentrazione per il terzo intervallo di tempo T3 20 minuti a valle dell'evento incidentale, espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , massimo su media di 20 minuti per le emissioni di soot = particolato Monossido di Carbonio da combustione derivata dall'incendio per il crash dell'aeromobile - scenario 3 - condizioni meteo 2F.



**Figura 14** Valori di concentrazione per il quarto intervallo di tempo T4 20 minuti a valle dell'evento incidentale, espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , massimo su media di 20 minuti per le emissioni di soot = particolato Monossido di Carbonio da combustione derivata dall'incendio per il crash dell'aeromobile - scenario 3 - condizioni meteo 2F.

### **Particolato, meteo annuale.**

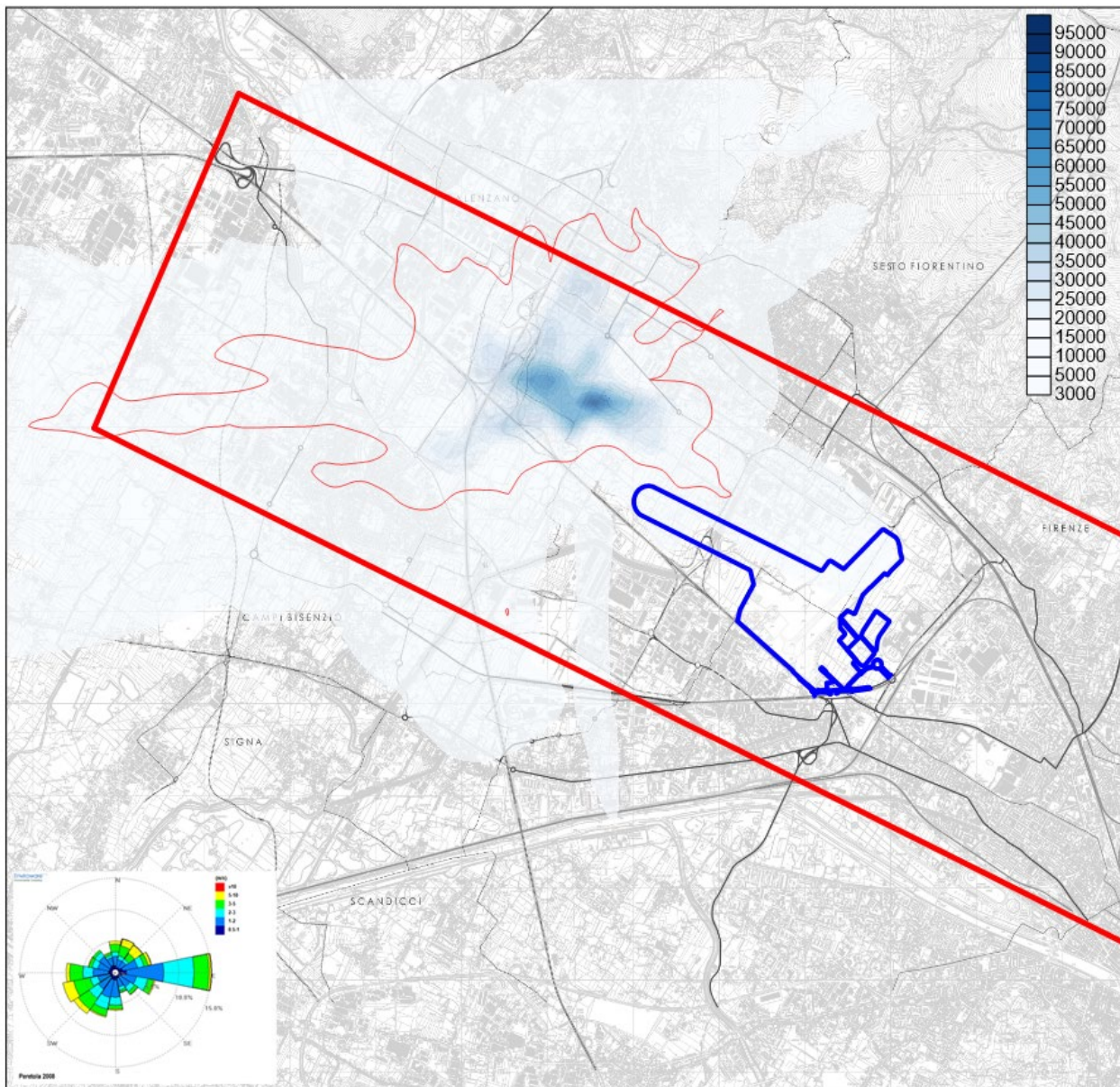
È stata ripetuta l'analisi delle concentrazioni degli inquinanti facendo riferimento all'intero anno meteo 2008, che è stato identificato dal SIA come anno tipo rappresentativo degli ultimi 20 anni (analisi aggiornata per il periodo 2005-2022), e di cui si riporta la rosa dei venti. Le figure che seguono rappresentano i valori di concentrazione massima oraria e giornaliera per entrambi gli inquinanti. Anche in questo caso, comunque, tali valori di concentrazione sono stati valutati su **un punto di rilascio** ma possono essere ritenuti validi se estesi a tutti i punti dell'area di studio, con particolare riferimento a quelli sottesi dalla curva di probabilità di accadimento di  $1 \times 10^{-8}$  di cui allo scenario di rilascio P4 dello studio coordinato dall'Università di Napoli Federico II.



**Figura 15 Valori di concentrazione, espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , dei massimi orari calcolati per l'anno 2008 per emissioni di CO = Monossido di Carbonio da combustione derivata dall'incendio per il crash dell'aeromobile - scenario 3.**

In questo caso si riscontra la possibile presenza di un'area circostante all'ipotetico punto di rilascio all'interno della quale i valori di concentrazione risultano superiori ai limiti dell'ERPG 1 (la cui soglia è indicata dalla linea rossa in figura), ma comunque inferiori al valore dell'ERPG 2. La dispersione di CO nelle

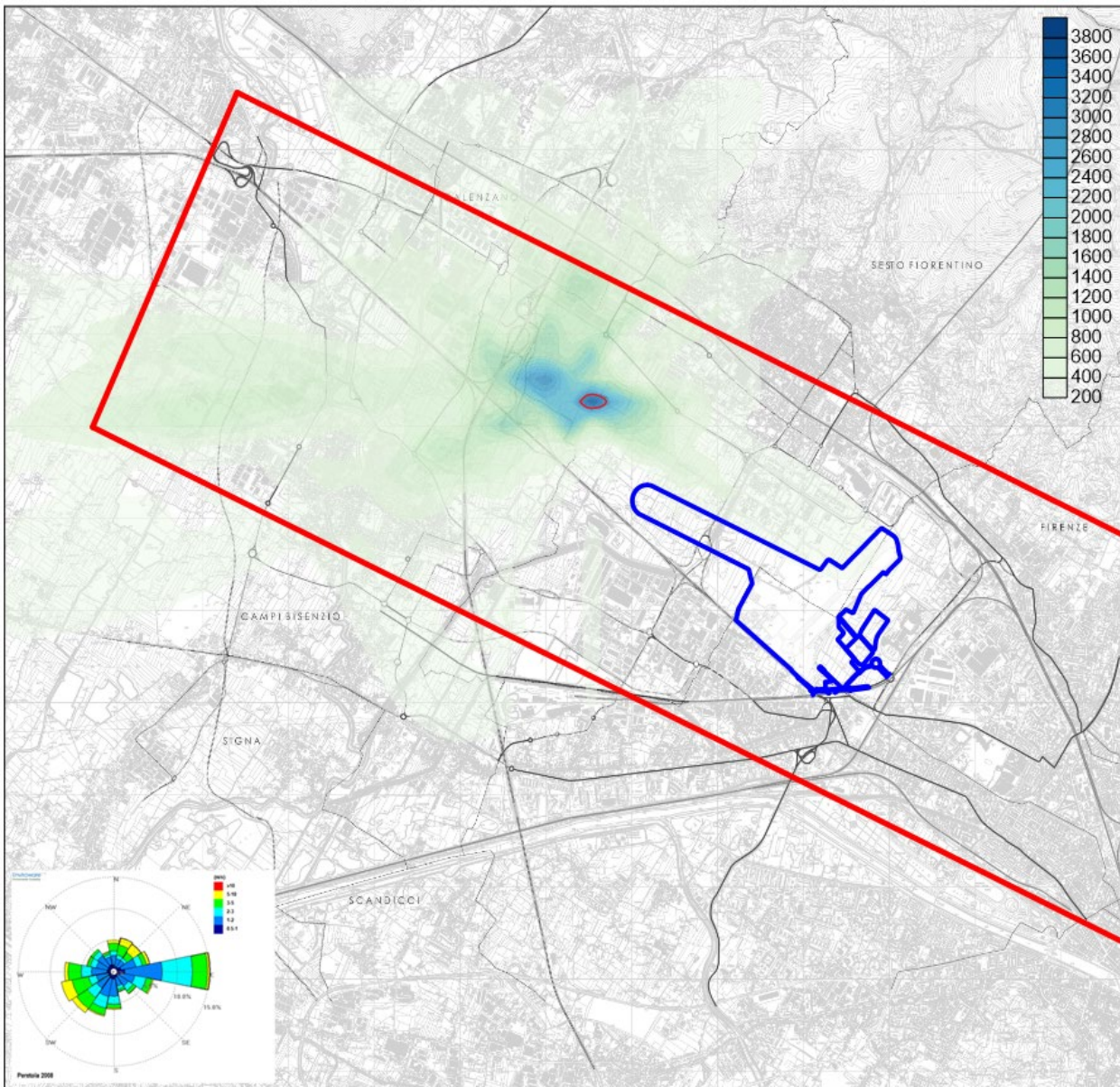
ore successive al rilascio risulta tale da diluire i valori indicati in figura fino ad arrivare al di sotto dei limiti di soglia.



**Figura 16** Valori di concentrazione, espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , dei massimi orari calcolati per l'anno 2008 per emissioni di Soot = Particolato da combustione derivata dall'incendio per il crash dell'aeromobile - scenario 3

Le concentrazioni massime orarie di soot possono risultare superiori ai limiti di soglia TLV (indicati in figura dalla linea rossa). Si riporta di seguito la mappa di concentrazione massima giornaliera per valutare il grado di diluizione rispetto al valore limite.





**Figura 17** Valori di concentrazione, espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , dei massimi giornalieri calcolati per l'anno 2008 per emissioni di Soot = Particolato da combustione derivata dall'incendio per il crash dell'aeromobile - scenario 3

In questo caso risulta ancora presente una piccola area attorno al rilascio entro la quale i valori di concentrazione possono superare la soglia TLV; tuttavia, la situazione si configura in modo sensibilmente migliorativo rispetto alla precedente.

### Curve di dispersione

Di seguito si riporta un confronto per le due condizioni atmosferiche 5D e 2F delle curve di concentrazione degli inquinanti in funzione della distanza dal punto di rilascio. Questi grafici rappresentano le concentrazioni degli inquinanti massime orarie su base giornaliera a varie distanze rispetto al punto di crash. Questi profili di concentrazione possono essere estendibili a tutti i punti di potenziale rilascio all'interno dell'area di studio, con particolare riferimento, tuttavia, all'ambito territoriale sotteso dalla curva di probabilità  $1 \times 10^{-8}$  dello scenario di rilascio peggiorativo n.4.

### Monossido di Carbonio (CO)

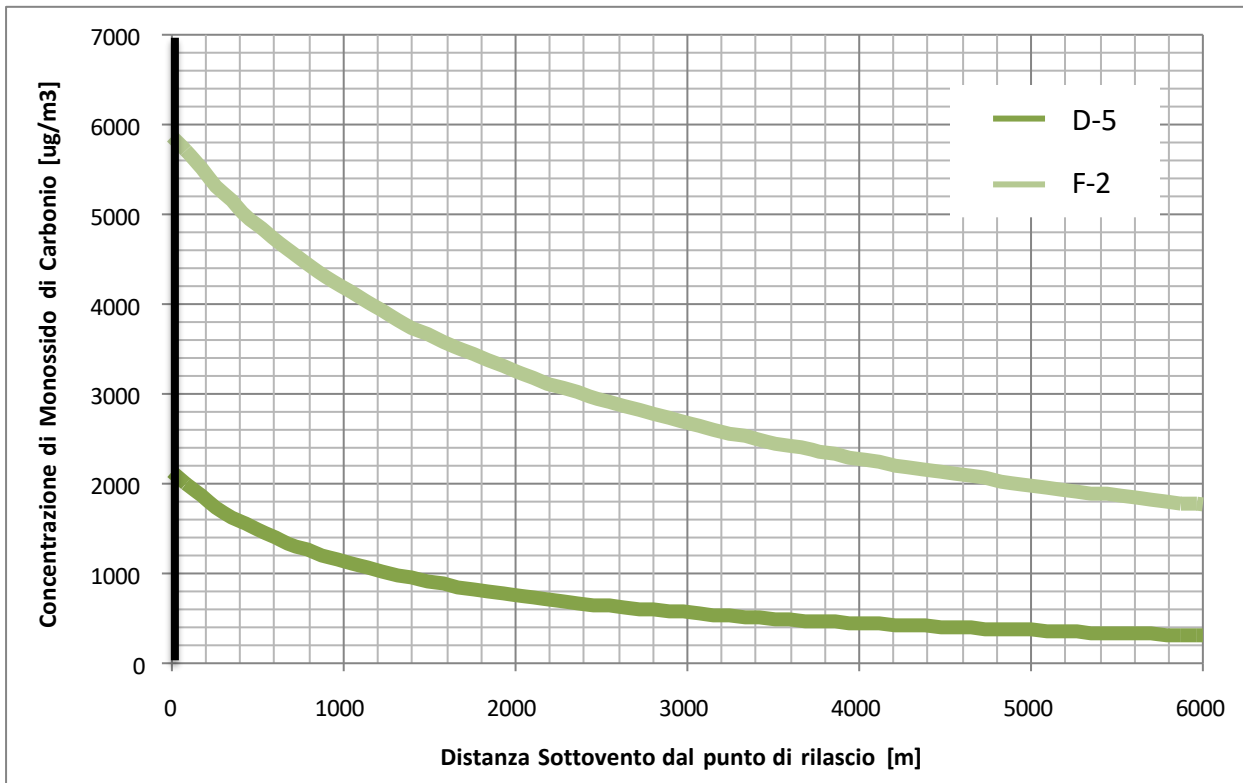


Figura 18 Concentrazione di monossido di carbonio in funzione della distanza sottovento

### Particolato (Soot)

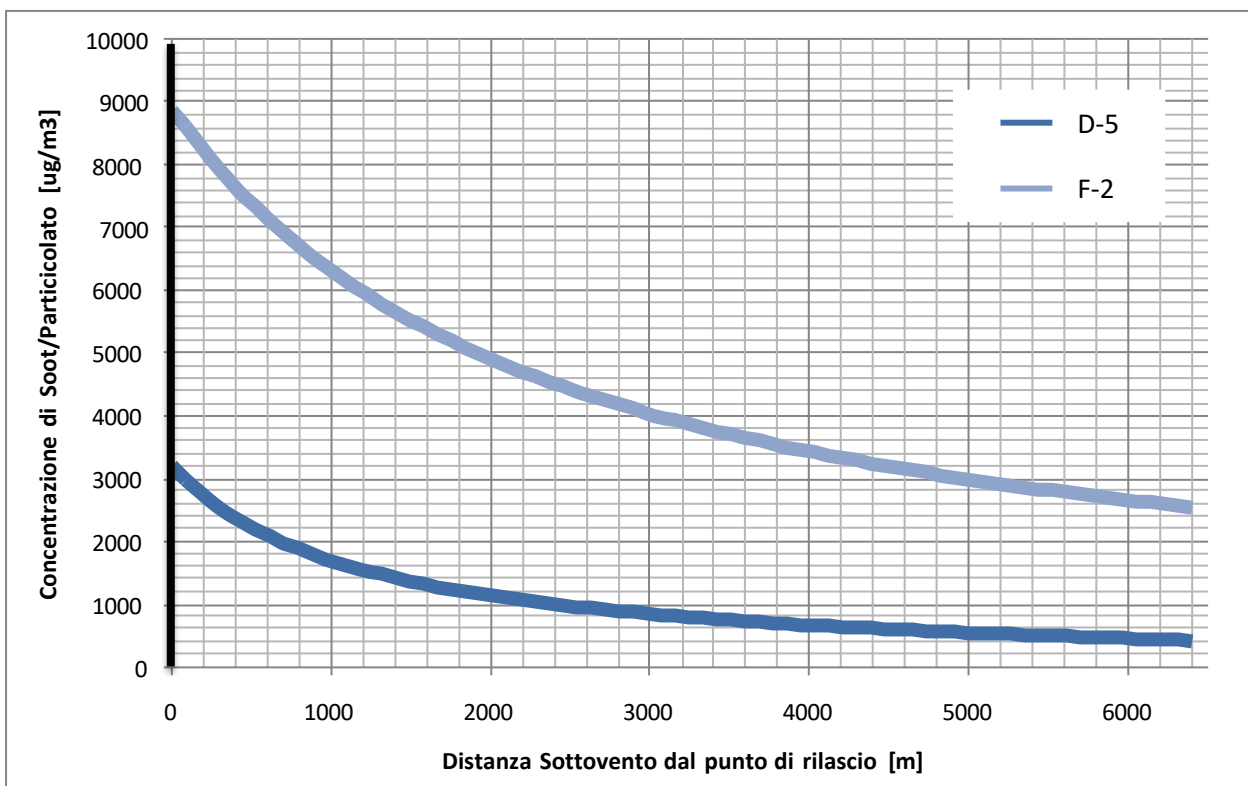


Figura 19 Concentrazione di soot in funzione della distanza sottovento

### 3.1.7 Discussione dei risultati

Gli effetti ambientali sulla qualità dell'aria e, indirettamente, sulla salute umana dovuti ad incidenti aerei non riconducibili al solo rischio di morte possono ritenersi, per lo specifico caso di interesse, connessi alle emissioni di gas inquinanti conseguenti all'innescò del carburante potenzialmente sversato dai serbatoi di un aeromobile al momento del suo impatto a terra. Le potenziali emissioni sono state caratterizzate in termini quantitativi in modo da supportare degli studi diffusionali. Sono state, quindi, presentate le impostazioni utilizzate per il software CALPUFF al fine di simulare gli effetti che derivano dallo sversamento dell'intero contenuto idrocarburico presente sulla qualità dell'aria. Il modello numerico adottato coincide con quello già utilizzato nell'ambito dello Studio di Impatto Ambientale agli atti del procedimento VIA in quanto lo stesso è stato ritenuto congruo e idoneo anche rispetto alle nuove necessità, mentre le analisi ed elaborazioni di carattere meteorologico coincidono con quelle riportate nel SIA, oggetto di specifica verifica preventiva da parte dello scrivente Dipartimento.

La caratterizzazione degli scenari incidentali in tutti i parametri utilizzati si basa sui dati ottenuti a partire dagli studi recentemente realizzati in collaborazione e/o supporto e/o integrazione con le Università di Napoli Federico II e di Bologna (cfr. paragrafo 1.1). Dal punto di vista delle caratteristiche dell'inquinante rilasciato, è stata cautelativamente considerata l'ipotesi peggiore, ovvero la rottura di tutti i serbatoi di un aeromobile ed il conseguente sversamento del loro intero contenuto. Quale aeromobile tipo è stato considerato l'aeromobile Airbus A320/321 (A320Neo), anche in considerazione dei potenziali maggiori impatti ambientali ad esso associati.

La scelta delle condizioni atmosferiche per la valutazione delle dispersioni verte su due condizioni principali: la prima condizione è peggiorativa per quanto riguarda i rilasci al suolo (ad un'altezza di 1 m), ovvero in classe di stabilità F (condizioni di atmosfera stabile e quindi con impatto minimo della turbolenza atmosferica sulla diffusione) e velocità del vento pari a 2 m/s, mentre la seconda è quella corrispondente alla condizione di neutralità (5D) con velocità pari a 5 m/s, assunta ai fini di confronto, che può generalmente avere un peso rilevante nelle situazioni in cui si abbia un rilascio a quota elevata, ma non nel presente studio che assume, infatti, le sorgenti localizzate al suolo (a seguito di un impatto a terra dell'aeromobile).

Oltre alle simulazioni sulla base delle condizioni atmosferiche, sono state effettuate delle analisi di concentrazione per l'anno meteo 2008 di riferimento, da cui sono stati ricavati i massimi valori di concentrazione oraria e giornaliera. Sia nel caso di condizioni atmosferiche 2F, sia 5D, si apprezza come, sebbene la massima concentrazione oraria di inquinanti raggiunga livelli piuttosto elevati, la stessa risulti comunque al di sotto dei valori limite di soglia per entrambi gli inquinanti considerati. Per quanto riguarda la simulazione per l'anno meteo 2008 di riferimento, si identificano valori massimi orari e giornalieri puntuali superiori ai rispettivi limiti di soglia. Va evidenziato, tuttavia, che il tempo di emissione, coincidente con il tempo di combustione che si esaurisce con il *burn-out*, risulta essere di soli pochi minuti e che già a poche ore dal momento del rilascio le concentrazioni degli inquinanti rientrano ampiamente al di sotto dei valori limite ERPG (Emergency Response Planning Guide) per il monossido di carbonio e dei valori limite TLV per quanto riguarda il particolato.

Sulla base delle risultanze ottenute, può asserirsi che uno sversamento incidentale con conseguente innescò del combustibile determina, al più, rischi per la qualità dell'aria e, indirettamente, per la salute umana, definibili nell'ambito di un transitorio limitato nel tempo e gestibile nei tempi e modalità di una emergenza standardizzata.

## 3.2 SUOLO, SOTTOSUOLO E ACQUE SOTTERRANEE

### 3.2.1 Premessa

Questa sezione illustra i risultati della valutazione degli effetti sul sottosuolo e, eventualmente, sulla risorsa idrica sotterranea, in seguito ad un incidente aereo nell'area dell'aeroporto di Firenze Amerigo Vespucci. Per effettuare tale valutazione sono stati considerati gli scenari incidentali descritti nella precedente Sezione dello studio, in modo da ottenere i parametri in ingresso e di cui valutare l'impatto.

Risulta di particolare interesse, nello specifico, lo Scenario 2 di incidente, caratterizzato dall'impatto a terra di un aeromobile (crash) con conseguente rilascio di combustibile, senza innesco dello stesso e, pertanto, senza incendio.

A livello generale, si assume che nel caso in cui il punto di impatto dell'aeromobile interessi ambiti territoriali urbanizzati, aventi superfici pavimentate, lo sversamento di carburante dovuto all'eventuale rottura dei serbatoi non risulta di particolare criticità ambientale. Si considera, infatti, che il combustibile rilasciato possa venire, direttamente e/o indirettamente, convogliato nei sistemi di raccolta e drenaggio di tipo fognario e urbano, in relazione ai quali una comune e standardizzata procedura di emergenza potrà consentirne la gestione o attraverso l'intercettazione del flusso inquinante preliminarmente al suo recapito nell'impianto dedicato di trattamento a cui la rete fognaria recapita, o proprio in corrispondenza dell'ingresso in detto impianto. In questo caso potranno essere messe in atto comuni misure di mitigazione dello sversamento tramite il suo contenimento locale (confinamento dell'area tramite appositi presidi, utilizzo di materiale idoneo assorbente, aspirazione del carico inquinante, ecc.).

Potrebbe risultare, invece, a priori potenzialmente più critico e sensibile il caso, associato al medesimo evento incidentale, in cui lo sversamento di combustibile interessi ambiti territoriali a prevalente destinazione rurale, con superfici non pavimentate, e conseguente fenomeno di migrazione idrocarburica nel sottosuolo.

Ai fini del presente studio, per l'approfondimento specifico inerente alla suddetta casistica si è optato di utilizzare il modello numerico HSSM (Hydrocarbon Spill Screening Model), software sviluppato dalla United States Environmental Protection Agency (EPA) e riconosciuto a livello internazionale<sup>9</sup>. Detto codice è in grado di simulare il rilascio di idrocarburi dalla superficie del terreno fino alla falda freatica e, conseguentemente, il trasporto dell'inquinante all'interno della falda stessa (laddove di effettivo interesse). HSSM è composto da tre differenti moduli:

- KOPT (*Kinetic Oily Pollutant Transport*), modella il trasporto dell'inquinante dal suolo alla superficie della falda;
- OILENS (*Oil lens*), modella la formazione e l'evoluzione della lente oleosa sulla superficie della falda;
- TSGPLUME (*Transient Source Gaussian Plume*), modella il trasporto e la dispersione del contaminante nell'acquifero.

In prima analisi si è ritenuto necessario valutare il tempo in cui l'inquinante potrebbe, laddove pertinente, raggiungere la falda sotterranea, così da poter disporre di adeguate informazioni circa la valutazione della possibilità di attuazione di eventuali procedure, azioni e interventi tempestivi di messa in sicurezza. Per tale motivo è stato applicato il solo modulo KOPT.

---

<sup>9</sup> [Hydrocarbon Spill Screening Model \(HSSM\) | US EPA](#)

### 3.2.2 Documenti di riferimento

Le informazioni sito-specifiche a cui fa riferimento la presente relazione sono state ricavate da studi, pregressi e recenti, realizzati da parte e per conto di ENAC/Toscana Aeroporti SpA. I principali documenti di riferimento sono stati i seguenti:

- a. *Studio Ambientale Preliminare Integrato* (e relativi allegati), agli atti del procedimento di scoping espletato ai sensi dell'articolo 6, comma 3-ter del D. Lgs. n. 152/2006 e smi, Agosto 2023;
- b. *"Valutazione degli incidenti indotti da impatti aerei sugli stabilimenti a rischio di incidente rilevante"*, convenzione con lo scrivente Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale dell'Università di Pisa, Settembre 2017;
- c. *"Valutazione del rischio locale per effetto di un incidente aereo nell'area dell'aeroporto di Firenze Amerigo Vespucci"*, coordinato dall'Università degli Studi di Napoli Federico II, col supporto dell'Università di Bologna, dell'Università di Pisa e dell'Università della Campania, Settembre 2017;
- d. Elaborazione cartografiche e informative del territorio, dell'ambiente, del paesaggio e dei beni culturali prodotte dall'Istituto IRIDE, anno 2017;
- e. *"Valutazione del rischio locale per effetto di un incidente aereo nell'area dell'aeroporto di Firenze Amerigo Vespucci secondo il piano di sviluppo aeroportuale (masterplan) 2035"*, coordinato dall'Università degli Studi di Napoli Federico II, col supporto dell'Università di Bologna, Settembre 2023;
- f. Studi specialistici ambientali, parte integrante dello Studio Ambientale Integrato della Project Review del Piano di Sviluppo Aeroportuale di Firenze al 2035, Marzo 2024.

### 3.2.3 Assegnazione parametri sito-specifici

Al fine di utilizzare correttamente il software HSSM, selezionato per la simulazione dello sversamento del carburante idrocarburico, è stato necessario definire i seguenti aspetti:

- ✓ le caratteristiche idrogeologiche sito-specifiche dell'area di studio;
- ✓ le proprietà del LNAPL (contaminante);
- ✓ le caratteristiche del rilascio.

Segue dunque la caratterizzazione dello scenario oggetto di studio.

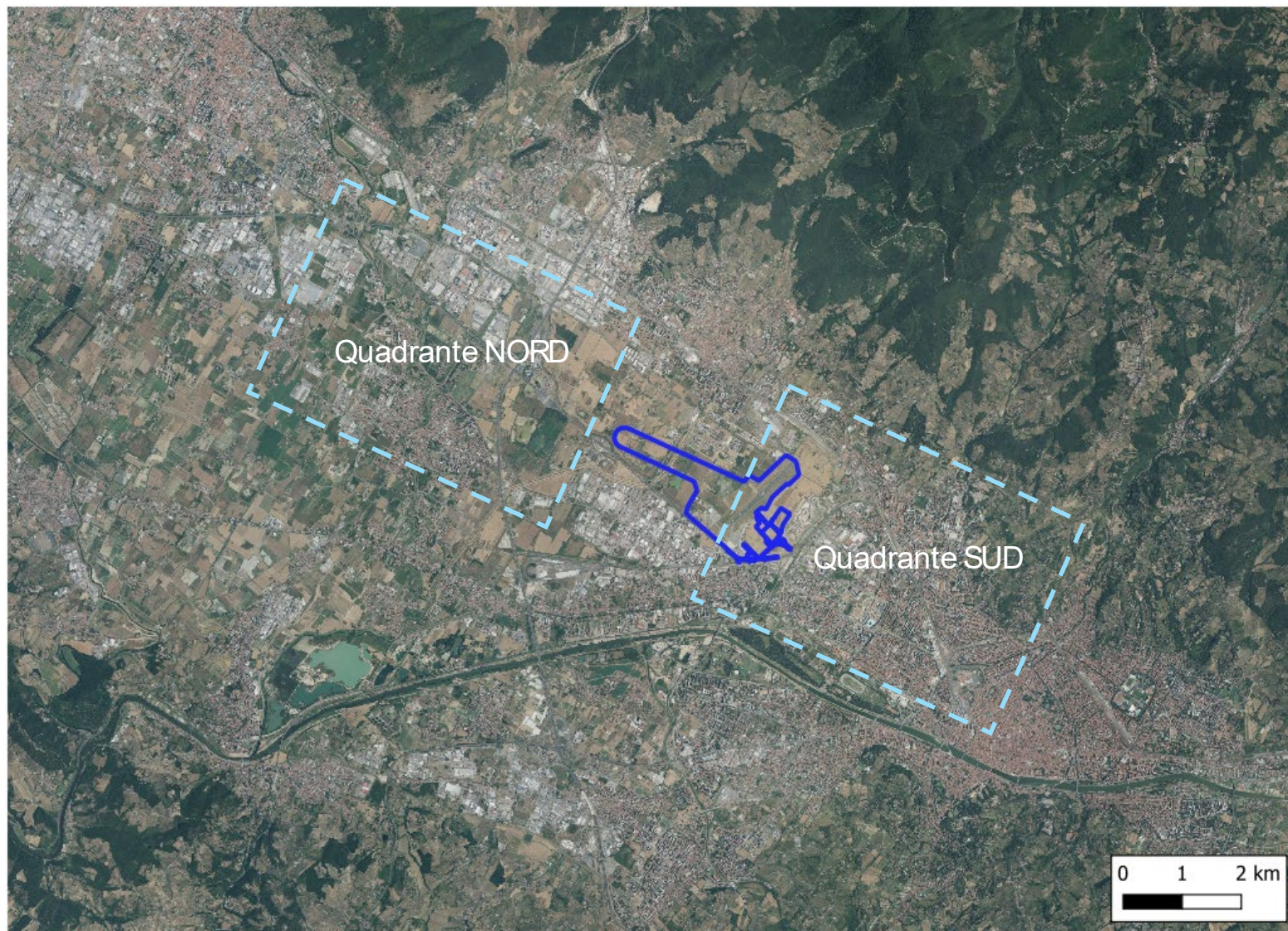
### 3.2.4 Caratteristiche geologiche e idrogeologiche dell'area

#### 3.2.4.1 Individuazione delle aree di studio

Come descritto precedentemente il presente studio ha lo scopo di valutare le conseguenze su suolo e sottosuolo in caso di incidente aereo, in presenza di impatto senza esplosione e conseguentemente con lo sversamento di jet-fuel sul direttamente sul terreno. In funzione di ciò l'area di studio presa a riferimento coincide cautelativamente con le porzioni di seguito rappresentate in Figura 20, poste rispettivamente ad ovest e ad est rispetto all'asse della nuova pista di volo. Si ricorda, tuttavia, come le aree sottese dalle curve di isoprobabilità di accadimento dello scenario di sversamento di combustibile risultato peggiorativo (rif. scenario P4 definito nello studio coordinato dall'Università di Napoli Federico II) superiori a  $1 \times 10^{-8}$  risultino in realtà estremamente contenute e assolutamente limitate, soprattutto per estensione laterale rispetto all'asse della traiettoria degli aeromobili, rispetto agli ambiti territoriali oggetto di studio. Per lo scenario P4 al decollo nessun punto dell'area risulta interessato da tassi di probabilità di accadimento dello scenario incidentale superiore a tale valore). Negli altri casi molte di dette aree risultano addirittura interne al futuro sedime aeroportuale.

#### 3.2.4.2 Inquadramento geomorfologico e geolitologico

L'area di interesse è compresa nell'ambito del bacino fluvio-lacustre di Firenze-Prato-Pistoia, con una quota media di 37 m s.l.m. In particolare, il progetto in esame ricade in un'area interessata da depositi alluvionali attuali e recenti, a prevalente matrice sabbioso-limoso-argillosa. Tali depositi risultano in parte interessati da terrazzamenti, nei quali si possono riconoscere evidenze morfologiche di alvei fluviali abbandonati. L'inquadramento dell'area di studio nel contesto geomorfologico di riferimento è rappresentato di seguito.



*Figura 20 – Ambito di studio in riferimento alla localizzazione dell'aeroporto "Amerigo Vespucci" di Firenze*

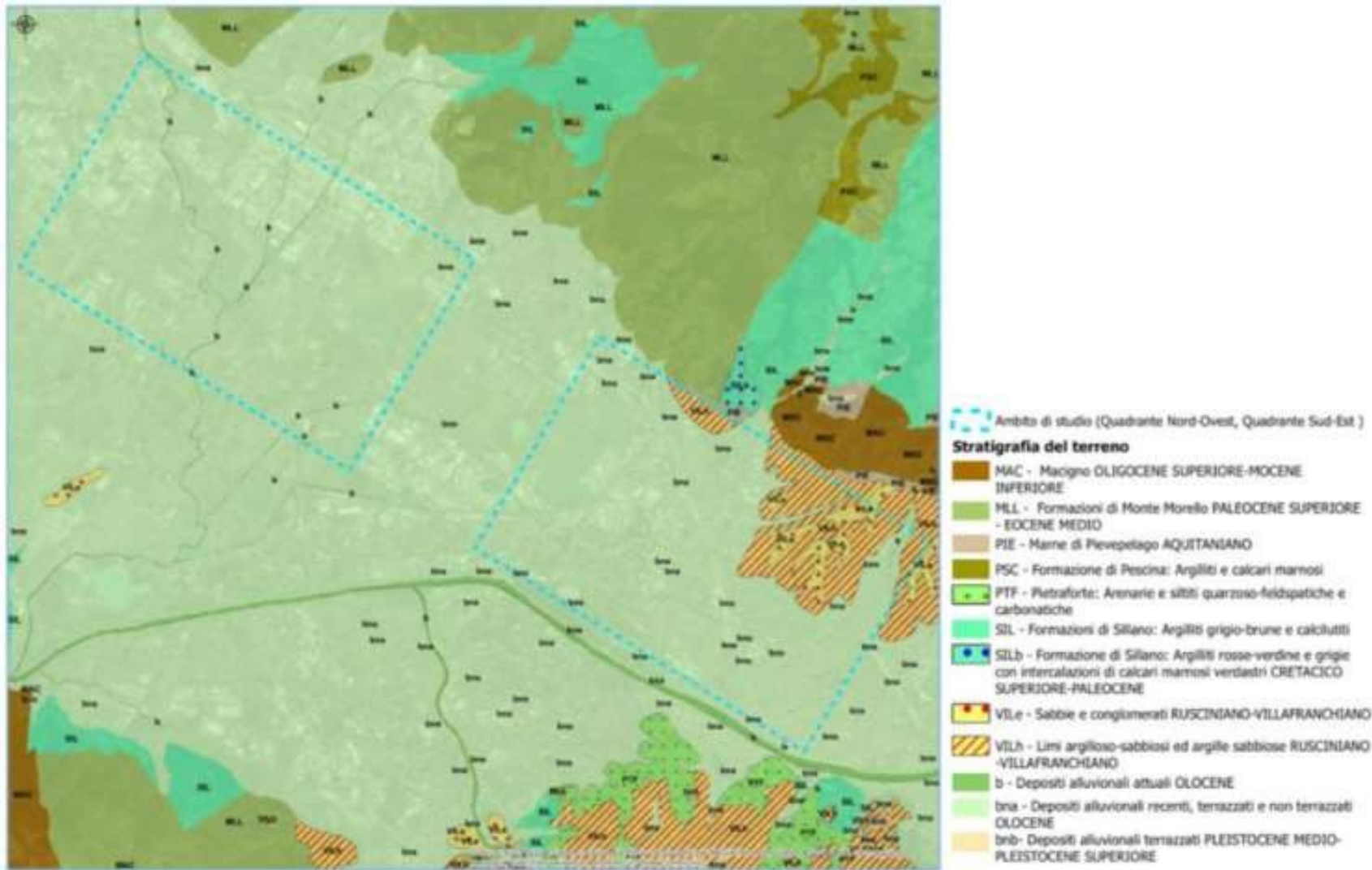
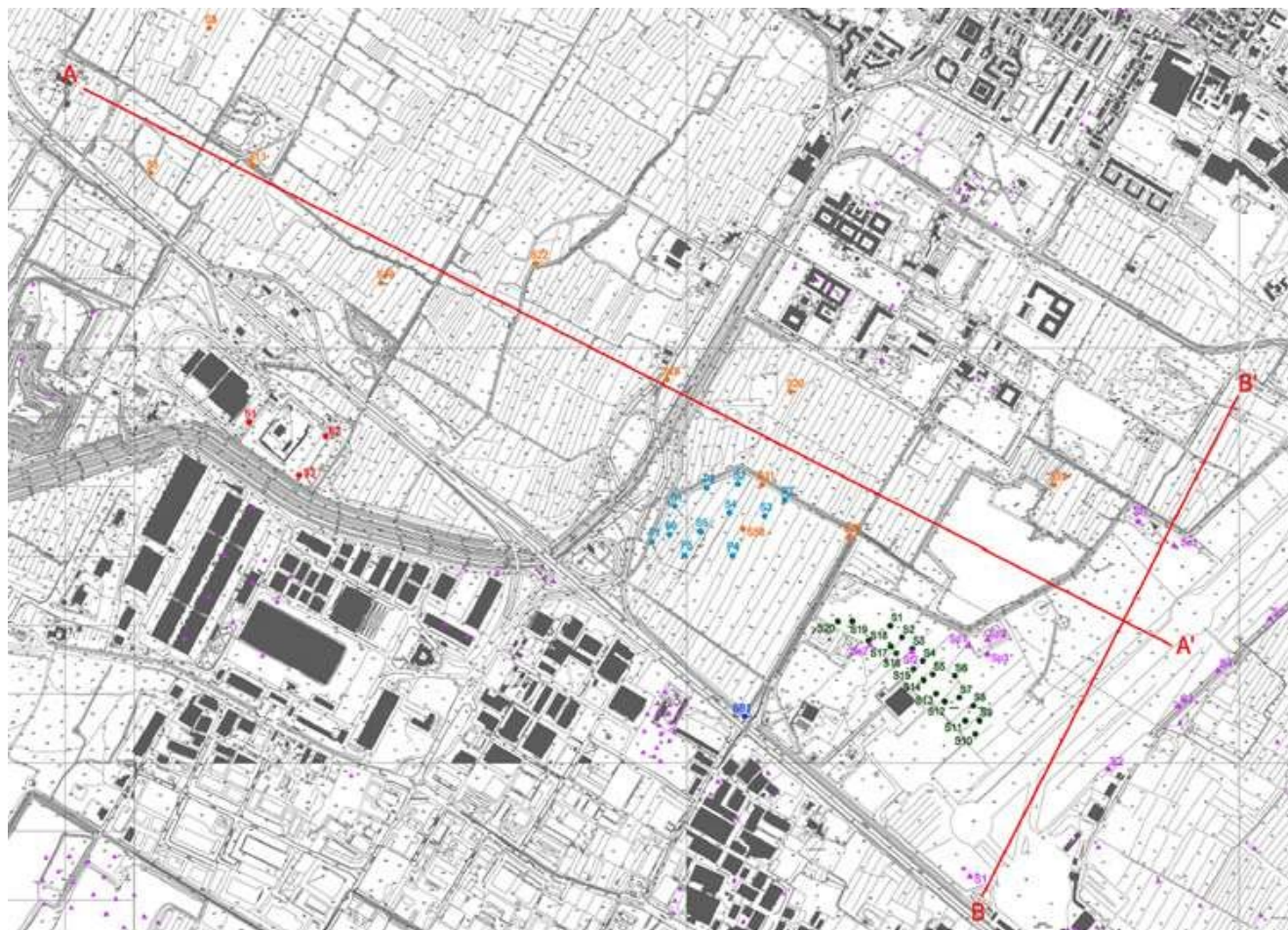


Figura 21 – Inquadramento dell'area di studio in Carta geologica con riferimenti stratigrafici



### ***3.2.4.3 Risultati delle indagini geognostiche realizzate***

Negli anni all'interno del perimetro aeroportuale attuale ed in altre zone contigue sono stati realizzati numerosi sondaggi, prove ed analisi di laboratorio. Al fine di caratterizzare l'idrogeologia dell'area di studio, sono stati presi in considerazione i risultati delle principali indagini svolte, così come descritte nei documenti tecnici presi in considerazione ed elaborati da ENAC/Toscana Aeroporti SpA. Nella Figura seguente è riportata la tavola rappresentante l'ubicazione di tutti i sondaggi realizzati nell'area nel corso degli anni. Dai risultati reperiti si evidenzia come il profilo verticale sia caratterizzato da litologie scarsamente permeabili in quanto le granulometrie risultano sempre prevalentemente limo-argillose. Anche là dove si evidenziano granulometrie più grossolane (ghiaie o materiale di riporto con granulometria sabbiosa) emergono conducibilità idrauliche da basse a molto basse in quanto tali suoli risultano per lo più immersi in una matrice a granulometria più fine.



LEGENDA

- S1 sondaggi eseguiti durante i lavori in loc. Case Passerini
- S1 sondaggi eseguiti durante i lavori di ampliamento dell'Autostrada A11
- S1 sondaggi eseguiti durante i lavori del nuovo piazzale ovest di sosta aeromobili
- S1 sondaggi eseguiti per la costruzione della nuova pista di atterraggio (campagna in atto)
- ▲ indagini presenti nella tavola 12MP "Sezioni geo-litologiche e sezioni geotecniche" del Master Plan 2014-2029
- P1 prove penetrometriche eseguita per il progetto della laminazione delle acque del polo universitario
- S6 pozzeiti geognostici eseguiti per il progetto della laminazione delle acque del polo universitario

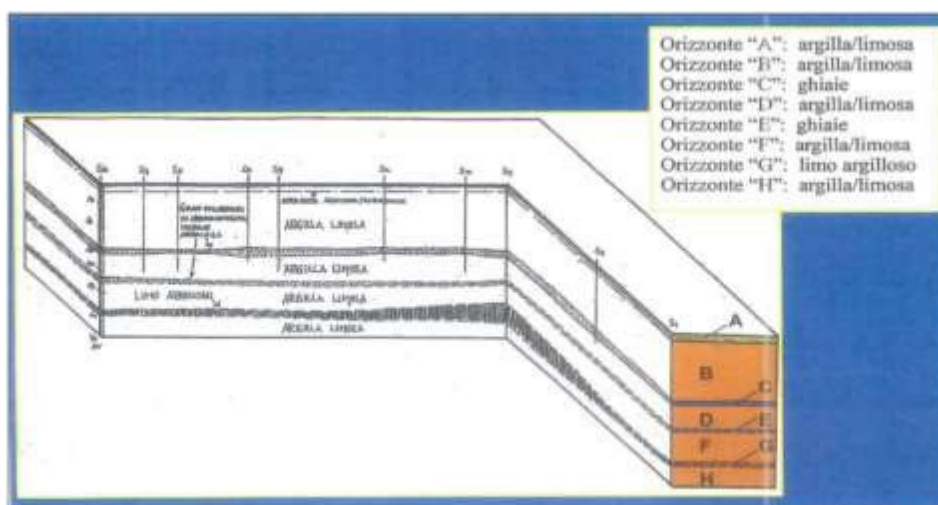
*Figura 22- Ubicazione delle indagini realizzate negli anni nell'area di studio2*

A scopo esemplificativo si riportano alcuni risultati delle indagini geognostiche distribuite sull'intera area in esame:

- gli esiti della analisi granulometrica eseguita in corrispondenza dei sondaggi realizzati nell'area del polo universitario di Sesto Fiorentino (in celeste in Figura 22).
- gli orizzonti litologici presenti nell'area del Polo impiantistico di Case Passerini (in rosso in Figura 22).
- una stratigrafia dei sondaggi relativi al Piano di Caratterizzazione del "Nuovo piazzale ovest di sosta aeromobili" (in verde in Figura 22);
- una stratigrafia, rappresentativa della zona nord-occidentale dell'area in oggetto, emersa nel corso della campagna di indagine svolta in fase di progettazione della nuova pista di atterraggio (in arancione in Figura 22).

Saggio con escavatore n.	S1	S2	S3	S4	S5	S6	
Profondità m	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
<b>Granulometria</b>							
ghiaia	%	3.9	18.8	4.5	10.4	7.6	2.0
sabbia	%	2.2	6.4	2.1	1.6	2.4	2.4
Limo+argilla	%	93.9	74.8	93.4	88.0	90.0	95.6

**Figura 23– Estratto dei risultati analisi geotecniche di laboratorio dei campioni realizzati nell'area del polo universitario di Sesto Fiorentino (in celeste in Figura 22)**



**Figura 24 - Estratto dei risultati delle analisi di laboratorio realizzati nell'area del "Nuovo polo scientifico e tecnologico di Sesto Fiorentino"**

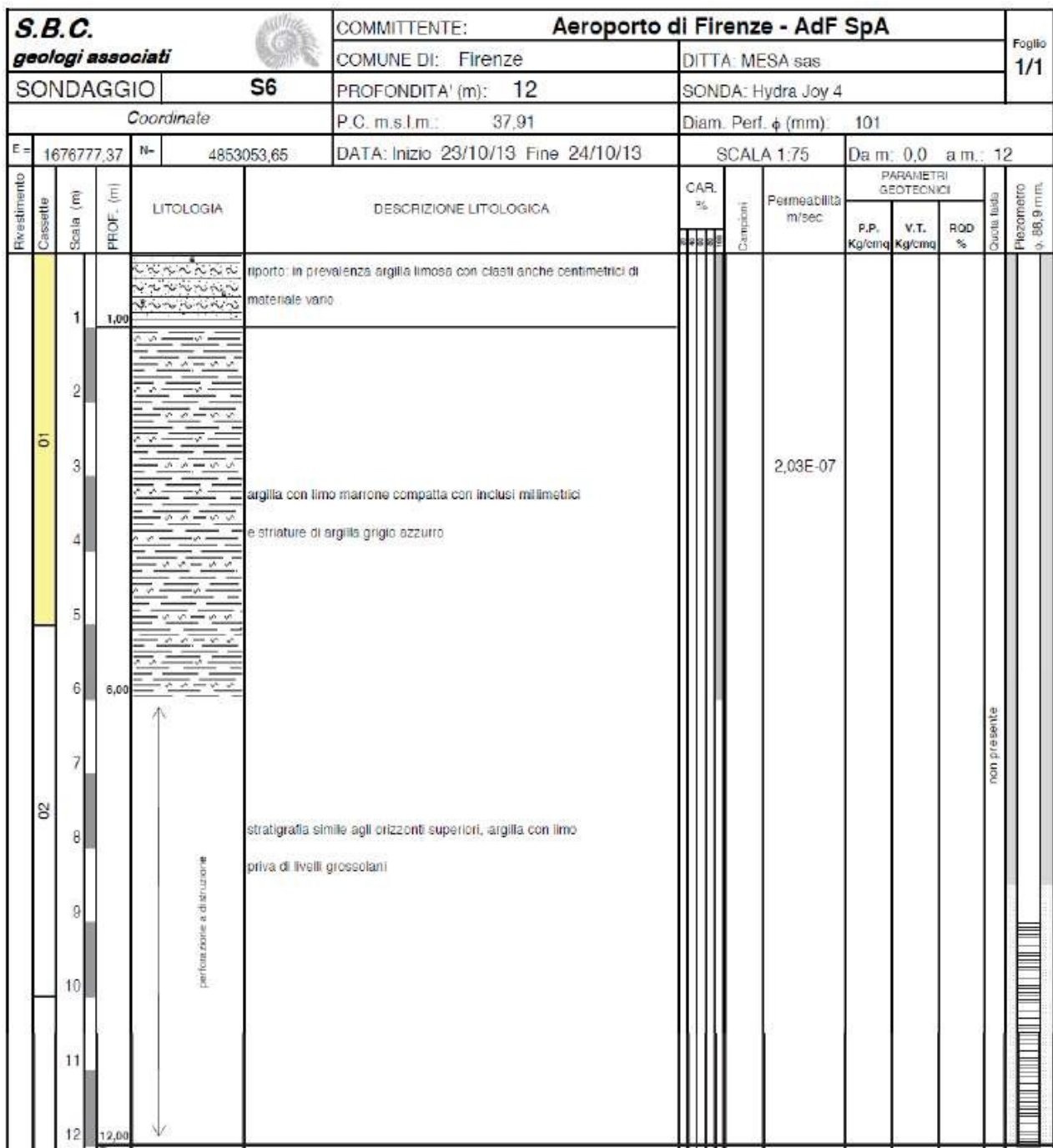


Figura 25 – Stratigrafia del sondaggio S6 realizzato durante la Caratterizzazione Ambientale del “Nuovo piazzale ovest di sosta aeromobili” (in verde in Figura 22)


	<b>AMBIENTE S. C.</b> Ingegneria ambientale e laboratori Via Frassinò, 21 - 54031 Carrara (MS) tel. 0585 - 855624 e-mail: <a href="mailto:hona@ambiente.it">hona@ambiente.it</a> - P.I. 03262544462	<b>SONDAGGIO PZ S05</b>	
	Committente: TAE - Toscana Aeroporti Engineering s.r.l.	Prof. sondaggio: 10 m	Resp. Carriere: Dot. Geol. Giuseppe Palla
	Località: Aeroporto Firenze	Coord. (UTM) E: 674418 N: 4854491	Ditta di perforazione: ambiente sc
		Data di esecuzione: 08/11/2015	Sondatore: Lubi Vannari



Figura 26 - Stratigrafia del sondaggio S05 realizzato durante la campagna geognostica presso l'area di progetto (in arancione in Figura 22)

### 3.2.4.4 Geomorfologia dell'intera area di studio

Sebbene l'areale di studio considerato nel presente lavoro risulti sensibilmente più esteso rispetto all'area in cui ricadono i sondaggi descritti nel precedente paragrafo (intorni della pista attuale e della pista in progetto), tuttavia confrontando gli estratti della carta geologica in corrispondenza dell'area della pista (Figura 27) e delle due aree di studio (Figura 28,.), è possibile affermare che:

- e. il Quadrante nord-ovest ricade in un'area avente caratteristiche geomorfologiche del tutto simili all'area rappresentata dalle indagini svolte sopra descritte;
- f. il Quadrante sud-est ricade in un'area avente caratteristiche geomorfologiche del tutto simili all'area rappresentata dalle indagini svolte sopra descritte, tranne che nella porzione nord-est del Quadrante, in cui sono presenti alcune lingue a carattere maggiormente sabbioso. Si tratta, comunque, di un'area interessata da probabilità di accadimento dello scenario di sversamento P4 assolutamente trascurabile in quanto sensibilmente inferiore a valori di  $1 \times 10^{-8}$ .

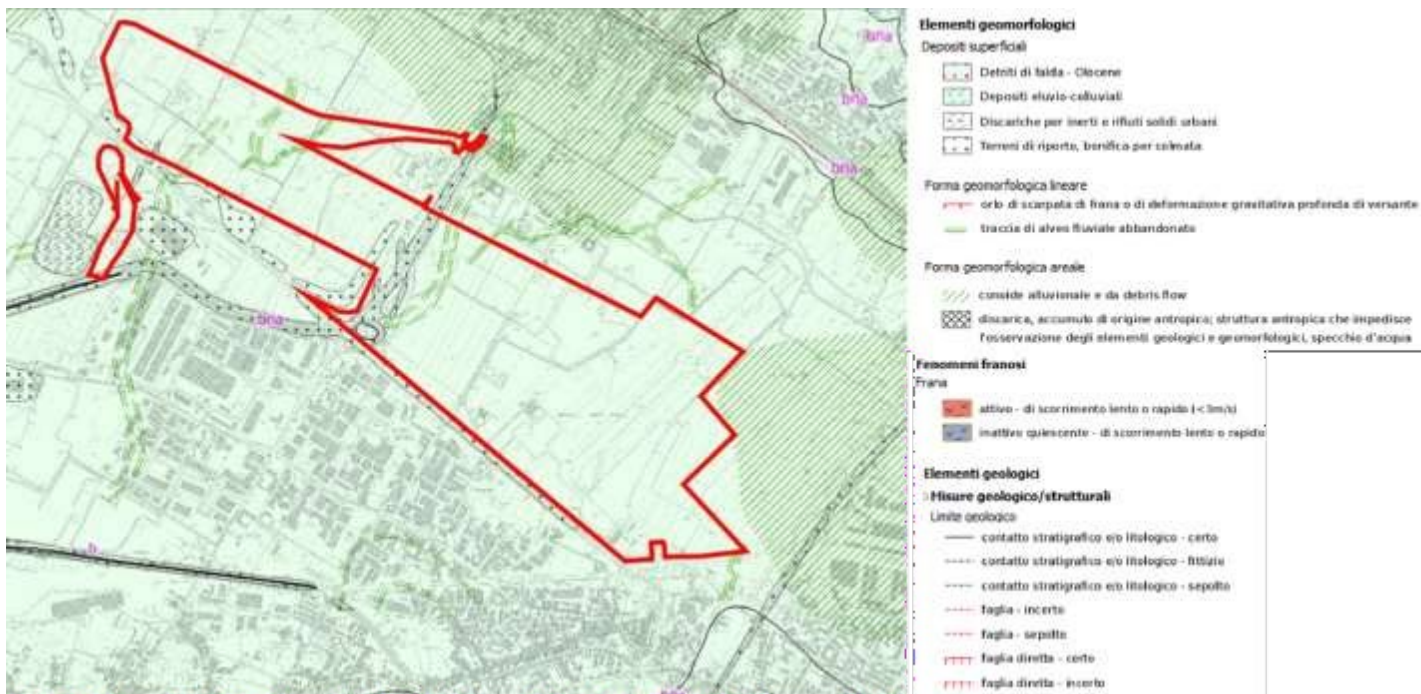


Figura 27 - Carta geologica e legenda dei tematismi visualizzati, con indicazione dell'area di intervento (in rosso)

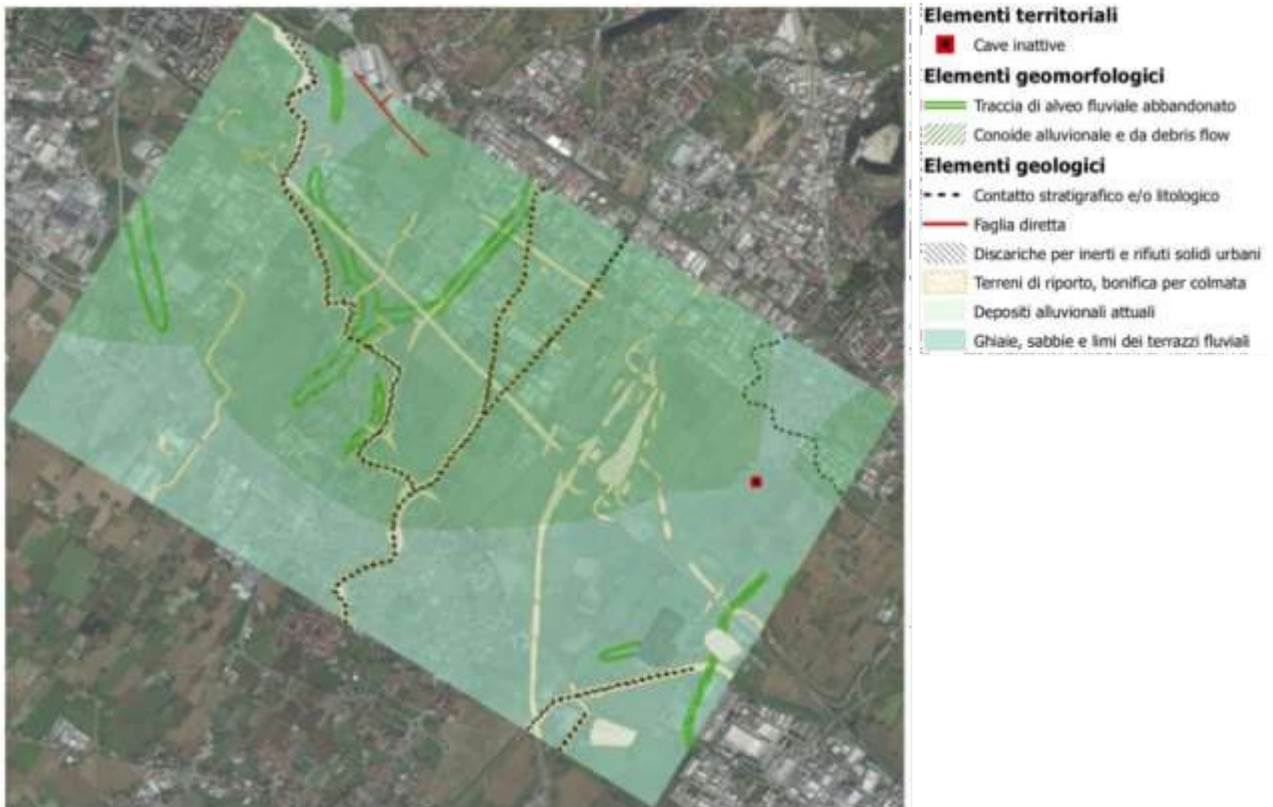


Figura 28 - Carta geologica e geomorfologica; Quadrante nord-ovest

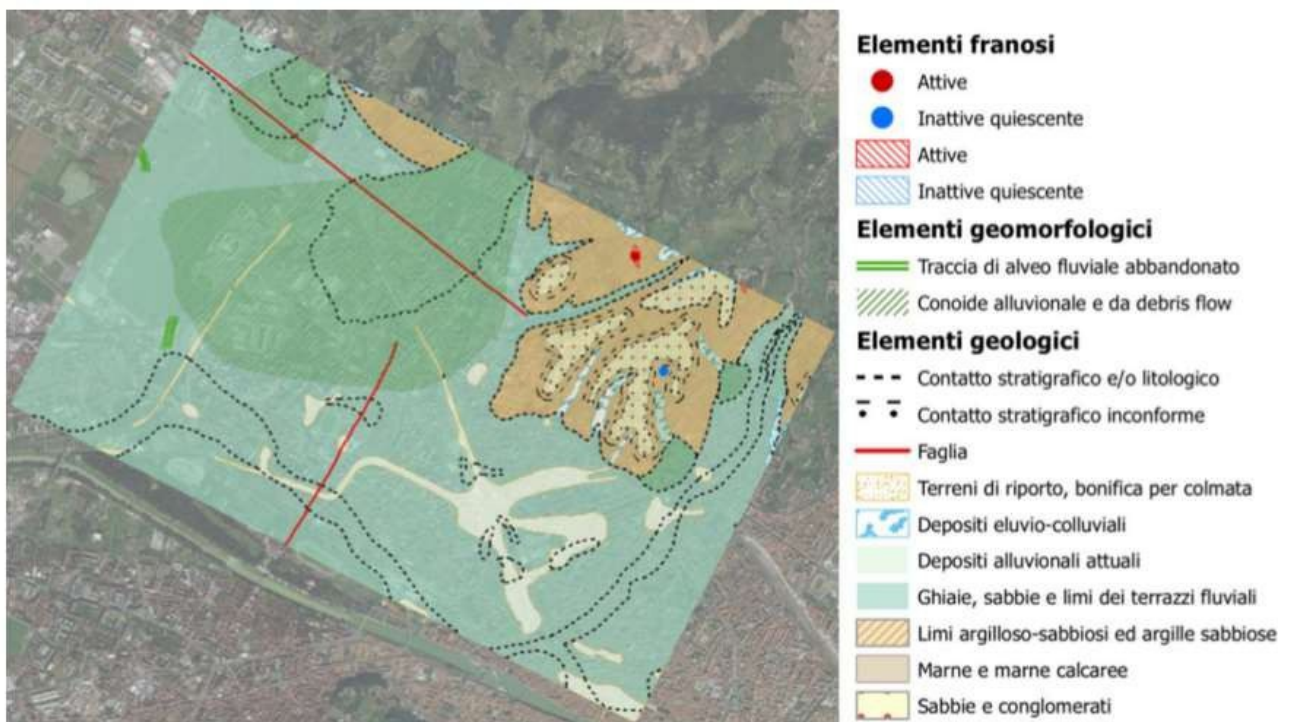


Figura 29 - Carta geologica e geomorfologica; Quadrante sud-est

In funzione di tutte le informazioni fin qui riportate e considerato che il Quadrante sud-est rappresenta, come già accennato ed evidente dalla consultazione dello studio coordinato dall'Università di Napoli Federico II, l'area in cui si ha una pericolosità del rischio incidente aereo assolutamente trascurabile (in virtù dell'uso mono direzione previsto per la nuova pista), è possibile asserire che l'intera area in esame

risulta caratterizzata da una litologia piuttosto omogenea in tutta la sua estensione. Essa può, dunque, essere schematizzata, procedendo dall'alto verso il basso a partire dal piano campagna, nei seguenti livelli litologici:

- Livello 1 – strato dello spessore di circa 2.0 m con permeabilità compresa tra  $10^{-6}$  /  $10^{-7}$  m/s. Litologia prevalente: suolo agricolo o terreno di riporto più o meno variabile che può presentare clasti anche centimetrici di materiale vario immerso in matrice di prevalenza limo- argillosa.
- Livello 2 - dello spessore di circa 11.0 m con permeabilità compresa tra  $10^{-8}$  /  $10^{-10}$  m/s. Litologia prevalente: argilla limosa con livelli più o meno sabbiosi. All'interno di tale orizzonte è stato individuato, unicamente nei sondaggi perimetrali alla zona di stoccaggio, un orizzonte intermedio (denominato 2a) ad una profondità di circa 4.5 m e con uno spessore di 2.0 m con permeabilità compresa tra  $10^{-6}$  /  $10^{-7}$  m/s. Litologia prevalente: argilla sabbiosa.
- Livello 3 - dello spessore di circa 7.0 m con permeabilità compresa tra  $10^{-8}$  /  $10^{-10}$  m/s. Litologia prevalente: argilla limoso-sabbiosa.
- Livello 4 - dello spessore di circa 14.0 m con permeabilità dell'ordine di  $10^{-6}$  m/s. Litologia prevalente: pezzame lapideo arrotondato e non, in abbondante matrice argilloso-limosa.
- Livello 5 - di circa 6.0 m di spessore con permeabilità dell'ordine di  $10^{-7}$  m/s. Litologia prevalente: sabbie e pezzame lapideo arrotondato e non, in abbondante matrice argilloso- limosa.

Complessivamente, nonostante una certa variabilità, i terreni mostrano valori di permeabilità da “bassa” a praticamente “impermeabile”.

### 3.2.5 Idrogeologia dell'area

#### 3.2.5.1 Risultati delle indagini idrogeologiche realizzate

Dal punto di vista della idrogeologia, nel corso delle numerose indagini realizzate nell'intorno delle piste aeroportuali (attuale e di progetto), in profondità non è stato individuato alcun orizzonte con falda idrica. Anche i livelli che litologicamente si presterebbero alla presenza di una falda, perché costituiti da elementi a granulometria grossolana, quale ad esempio il livello di ciottolami e pezzame lapideo in matrice limoso-argillosa compreso tra -20.0 m e -34.0 m, in realtà hanno una permeabilità bassa, essendo immersi in una abbondante o preponderante matrice limoso-argillosa che occlude i pori.

La caratterizzazione idrogeologica dell'area si desume, in particolare, dalla documentazione specialistica di settore, agli atti del procedimento integrato ambientale VIA-VAS che riporta il dettaglio di tutte le indagini disponibili riferite all'area di interesse. Di seguito si riportano i livelli piezometrici misurati nel corso delle diverse indagini realizzate, in particolare:

- ✓ le letture piezometriche realizzate nel 1999 in corrispondenza dei sondaggi (in viola in Figura 22) indicati in relazione di Aiello, 2015;
- ✓ la lettura piezometrica del sondaggio SB1 realizzato in prossimità dell'aeroporto nel corso dei lavori di ampliamento della Autostrada A1 (in blu in Figura 22);
- ✓ le misure piezometriche in corrispondenza dei sondaggi relativi al Piano di Caratterizzazione del “Nuovo piazzale ovest di sosta aeromobili” (in verde in Figura 22);



- ✓ le misure piezometriche nel corso della campagna di indagine svolta in fase di progettazione della nuova pista (in arancione in Figura 22).

Sondaggio	Quota piezometrica (in m dal piano di campagna)
Sp1	-1,10
Sp2	-1,10
Sp3	-0,40
Sf1	-1,15
Sf2	-0,65
Se1	-0,15
Se2	-1,60

Figura 30 – Misurazioni piezometriche relative ai sondaggi indicati in viola in Figura 22-Aiello, 2015

ID Piezometro	Tipo	Profondità cella (m da p.c.)	Profondità di drenaggio (m da p.c.)	Quota (m da p.c.)
SB1	1 Casagrande	32,50		1= 6,15 ; 2=6,25

Figura 31 – Estratto della tabella riportante le letture piezometriche svolte nell'ambito dei lavori di ampliamento dell'Autostrada A1

SONDAGGIO	PROFONDITA'	QUOTA FALDA
S6	12 m	assente
S10	12 m	assente
S18	12 m	assente
S20	12 m	assente

Figura 32- Tabella riassuntiva delle misurazioni piezometriche relative all'area "Nuovo piazzale ovest di sosta aeromobili" (sondaggi indicati in verde in Figura 22)

Sondaggio	Data di esecuzione	Profondità in metri	Piezometro	Piezometria (m da p.c.)
S5	06/11/2015	15	si	-0,90
S8	03/11/2015	4	no	-
S13	30/10/2015	10	si	-1,50
S19	03/11/2015	10	si	-0,50
S22	09/11/2015	10	si	-3,00
S28	05/11/2015	10	si	-
S30	10/11/2015	7	no	-
S31	16/11/2015	10	si	-
S35	17/11/2015	35	si	-5,00
S39	19/11/2015	10	si	-
S58	12/11/2015	4	no	-

Figura 33 – Letture piezometriche registrate durante la campagna geognostica eseguita nel novembre 2015 (in arancione in Figura 22)

SONDAGGIO	PROFONDITÀ DI ESECUZIONE	COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ [m/sec]	COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ [cm/sec]
S8	3,0 - 4,0 m	assenza abbassamenti	assenza abbassamenti
S19	5,0 - 7,0 m	$4,47 \times 10^{-8}$	$4,47 \times 10^{-6}$
S35	25,0 - 30,0 m	$3,62 \times 10^{-9}$	$3,62 \times 10^{-9}$
S58	3,0 - 4,0 m	assenza abbassamenti	assenza abbassamenti

**Figura 34 – Coefficienti di permeabilità misurati in campo (autunno 2015) con prove Lefranc**

Tutte le informazioni sopra riportate circa le acque sotterranee presenti nell'area di studio, risultano coerenti fra loro e dimostrano la presenza di acqua nei terreni superficiali ad una profondità dal piano campagna di circa -0.5/-2.0 m. Tale acqua più che rappresentare una vera e propria falda risulta acqua fortemente legata alle infiltrazioni di quella che scorre sulla superficie del terreno, reso permeabile grazie alle pratiche agricole passate e alla presenza della vegetazione. Si evidenzia che nel documento *“Quadro di riferimento Ambientale”*, si afferma che le capacità di sfruttamento delle acque presenti nei primi metri di sottosuolo sono estremamente modeste, caratterizzate da forti abbassamenti dei livelli dell'acqua nei pozzi anche per piccoli attingimenti con successiva lentissima risalita e recupero del livello statico originale.

### 3.2.5.2 Idrogeologia dell'intera area di studio

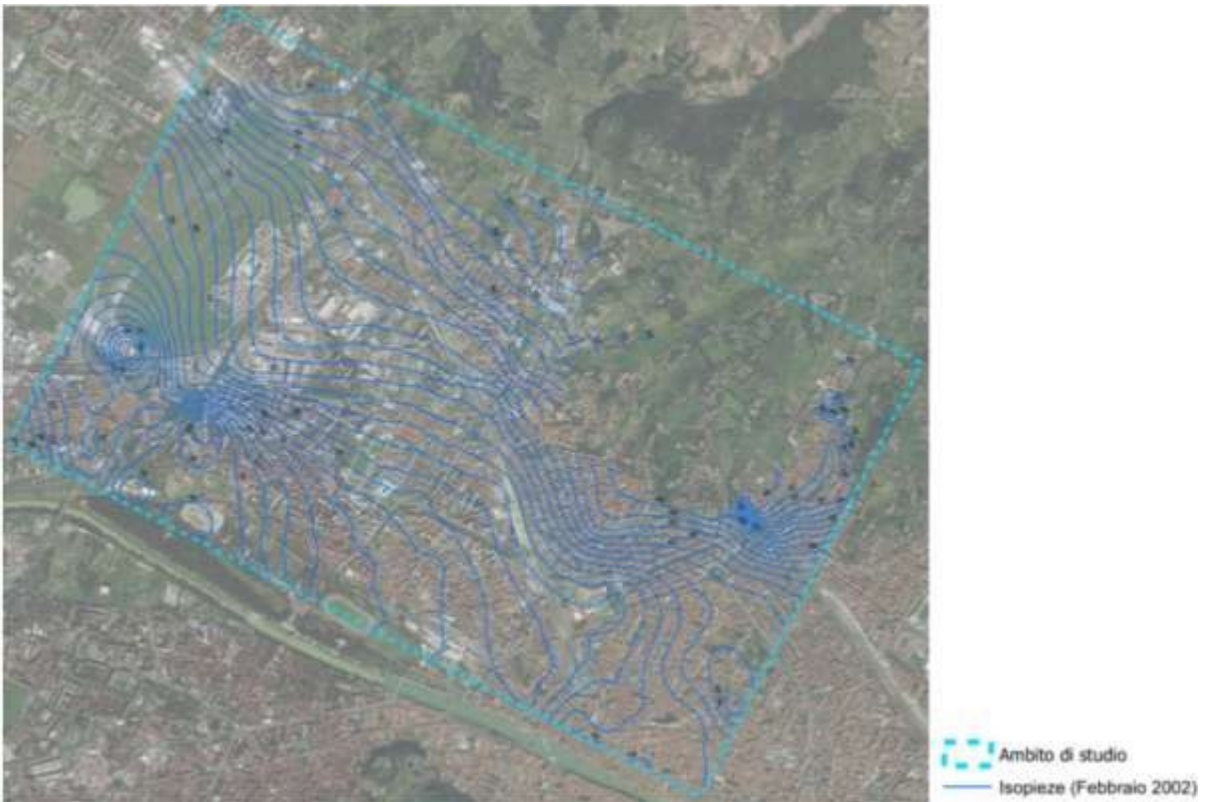
L'idrogeologia dell'area risulta condizionata dall'evoluzione sedimentaria che ha interessato il bacino di sedimentazione e quindi la distribuzione relativa dei sedimenti a diversa granulometria.

L'area della *“Piana”* occupa la parte più depressa della pianura a nord-ovest di Firenze i cui terreni di origine fluvio-lacustre ed alluvionale presentano composizione argilloso-limosa quasi generalizzata, con lenti di sabbie e ghiaie di scarsa rilevanza. La situazione è dunque quella di un livello di un paio di metri di spessore al di sotto del piano di campagna, che a seconda della stagione può essere interessato da saturazione, ma che essendo dotato di permeabilità bassa risulta essere un acquitardo o addirittura un acquicludo privo di una vera e propria falda freatica e privo di scorrimento dell'acqua che talvolta contiene.

La bassa permeabilità dei terreni argillosi favorisce, infatti, in corrispondenza dei periodi piovosi, la formazione di falde superficiali prossime al piano campagna, ma di scarso valore come risorsa. Le isopiezometriche relative al Quadrante nord-ovest hanno un valore medio di circa 40 m s.l.m. con valori compresi tra 34 e 46 m s.l.m. (periodo di riferimento: maggio 2000) mentre le isopiezometriche relative al Quadrante sud-est hanno un valore medio di circa 45 m s.l.m. con valori compresi tra 28 e 62 m s.l.m. (periodo di riferimento: febbraio 2002).



**Figura 35 - Carta delle isopieze; Quadrante nord-ovest**



**Figura 36 – Carta delle isopieze; Quadrante sud-est**

### 3.2.6 Dati di input del modello numerico: Proprietà idrogeologiche

Per l'applicazione del modulo KOPT di HSSM lo strato di interesse coincide con lo strato superficiale, ed in particolare coincide con la zona vadosa che va dal piano campagna fino alla tavola d'acqua periodicamente presente nel sottosuolo in seguito a infiltrazioni di quella che scorre sulla superficie del terreno, reso permeabile grazie alle pratiche agricole passate e alla presenza della vegetazione. In funzione della caratterizzazione geologica e idrogeologica qui riportata lo strato insaturo risulta avere una profondità di circa -0.5/-2.0 m dal piano campagna e la litologia prevalente risulta essere argilloso-limoso. Tuttavia, poiché le caratteristiche idrologiche del sottosuolo esplicano un ruolo determinante ai fini della simulazione, sono state eseguite le prove di calcolo anche per una tessitura litologica più grossolana in quanto, essendo l'area di studio in un contesto caratterizzato da depositi alluvionali, c'è la possibilità che vi sia la presenza di lenti a maggior carattere sabbioso e caratterizzate quindi da valori di permeabilità maggiori.

Per conservatività è stata comunque considerata una soggiacenza di falda di 0.5 m dal piano campagna mentre, per quanto riguarda le condizioni di ricarica, per entrambi gli scenari, sono state assunte due condizioni estreme, assegnando due diversi valori di saturazione in acqua della zona vadosa. In sintesi sono stati considerati due diversi scenari aventi le seguenti condizioni litologiche:

- a. Scenario I: Silty-Clay (terreno argilloso-limoso);
- b. Scenario II: Sandy-Loam (terreno franco sabbioso).

Di seguito sono riportati in tabella i valori di input, relativamente alle proprietà idrologiche, forniti al codice HSSM nei due diversi casi ipotizzati.

**Tabella 7** *Dati di input relativi alle proprietà idrogeologiche: scenario I, terreno argilloso-limoso*

<b>SCENARIO I TERRENO ARGILLOSO-LIMOSO</b>	<b>VALORE</b>
Viscosità dinamica dell'acqua a 20 °C (cp)	1
Densità dell'acqua a 20°C (g/cm <sup>3</sup> )	1
Tensione superficiale dell'acqua a 20°C (dyne/cm)	65
Perm. Max relativa acqua durante l'infiltrazione: Kwr	0.5
Saturazione della zona vadosa (%)	0.02-0.35
Indice di distribuzione dei pori	0.2
Getto di aria entrante (m)	0.4
Saturazione residua d'acqua	0.009
Conducibilità idraulica di saturazione verticale (m/d)	0.004
Rapporto tra conducibilità orizzontale e verticale	1
Porosità	0.1
Densità del mezzo poroso (g/cm <sup>3</sup> )	1.9
Spessore dell'acquifero	2
Profondità del tetto dell'acquifero	0.5
Parametro relativo allo spessore della zona capillare	0.01
Gradiente idraulico	0.009
Dispersione longitudinale	10
Dispersione trasversale	1
Dispersione verticale	0.1

**Tabella 8** Dati di input relativi alle proprietà idrogeologiche: scenario II, terreno franco-sabbioso

<b>SCENARIO II TERRENO FRANCO-SABBIOSO</b>	<b>VALORE</b>
Viscosità dinamica dell'acqua a 20 °C (cp)	1
Densità dell'acqua a 20°C (g/cm <sup>3</sup> )	1
Tensione superficiale dell'acqua a 20°C (dyne/cm)	65
Perm. Max relativa acqua durante l'infiltrazione: Kwr	0.5
Saturazione della zona vadosa (%)	0.02-0.35
Indice di distribuzione dei pori	0.4
Getto di aria entrante (m)	0.29
Saturazione residua d'acqua	0.02
Conducibilità idraulica di saturazione verticale (m/d)	1.1
Rapporto tra conducibilità orizzontale e verticale	1
Porosità	0.5
Densità del mezzo poroso (g/cm <sup>3</sup> )	1.3
Spessore dell'acquifero	2
Profondità del tetto dell'acquifero	0.5
Parametro relativo allo spessore della zona capillare	0.01
Gradiente idraulico	0.009
Dispersione longitudinale	10
Dispersione trasversale	1
Dispersione verticale	0.1

### 3.2.7 Proprietà del LNAPL

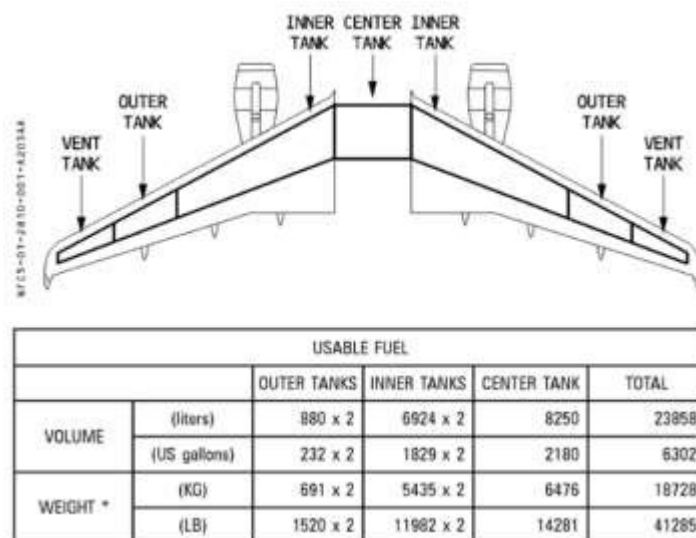
L'inquinante considerato è il kerosene di tipo Jet-A1. Tutti i dati di input riguardanti le proprietà dell'inquinante sono state desunte dalle informazioni presenti in letteratura e sono riportate in Tabella 3.

**Tabella 9**– Dati di input relativi alle proprietà del LNAPL

<b>PROPRIETÀ DEL CONTAMINANTE</b>	<b>VALORE</b>
Densità del NAPL (g/cm <sup>3</sup> )	0.8
Viscosità dinamica del NAPL (cp)	5.9
Solubilità dell'idrocarburo	0
Saturazione residua del NAPL nell'acquifero	0
Saturazione residua del NAPL nella zona vadosa	0.2
Coefficiente di ripartizione acqua/suolo (L/kg)	0
Tensione superficiale del NAPL (dyne/cm)	30

### 3.2.8 Caratteristiche del rilascio

Per la caratterizzazione dell'evento incidentale in oggetto sono state utilizzate le informazioni fornite circa i volumi di carburante contenuti nei vari serbatoi (vedi Figura) e circa il diametro di pozza previsto dalla simulazione realizzata per la simulazione del rischio in caso di sversamento di tutti i serbatoi (indicato con scenario 3 nella tabella seguente e coincidente con lo scenario di rottura di tutti i tanks). Circa il diametro di pozza è stato preso in considerazione quello relativo al terreno non cementato di modo da considerare la massima condizione di battente idraulico dell'idrocarburo.



**Figura 37 – Serbatoi di carburante tipo Jet-A (Airbus 2012)**

	Diametro della pozza [m]	
	Cemento	Terreno
<b>Scenario 1</b>	11.15	6.47
<b>Scenario 2</b>	32.95	19.16
<b>Scenario 3</b>	57.25	33.38

**Figura 38 - Diametro delle pozze al variare della quantità di rilascio e della tipologia di suolo**

In funzione dei dati soprariportati sono state considerate le condizioni di rilascio più cautelative:

- quantitativo di carburante rilasciato pari a 23.4 m<sup>3</sup> (relativo allo sversamento di tutti i serbatoi);
- diametro del bacino di contenimento pari a 33.4 m
- un rapporto V/A pari a 0.03.

### 3.2.9 Risultati

Il running del modulo KOPT ha fornito in output i profili dell'idrocarburo nella zona vadosa, per tutti i periodi temporali indicati in fase di impostazione dei parametri di simulazione. Inizialmente sono stati simulati i primi 60 giorni dal tempo "zero", cioè dal momento del rilascio, ed il profilo di saturazione è stato valutato considerando 10 step da 6 giorni ciascuno. Per verificare l'impatto anche a lungo termine è stato poi simulato un intero anno, ipotizzando cautelativamente di non effettuare in questo periodo alcuna attività di messa in sicurezza.

Di seguito sono riportati i risultati ottenuti dalle simulazioni realizzate.

#### 3.2.9.1 Scenario I

Nel presente paragrafo sono riportati i risultati relativi allo Scenario I (suolo argilloso-limoso) sia nel caso di basso tasso di ricarica (saturazione in acqua della zona vadosa 2 %) sia nel caso di un tasso di piovosità medio-alto (saturazione in acqua della zona vadosa 35 %).

Tali risultati evidenziano che, in entrambe le condizioni di ricarica, nei primi 60 giorni dallo sversamento, l'inquinante percola fino ad arrivare ad una profondità di poco inferiore a 15 cm dalla quota di rilascio, determinando la saturazione di quasi il 90 % di suolo. La tavola d'acqua, cautelativamente posta a -0.5 m dal p.c., non verrebbe quindi ragionevolmente raggiunta dal contaminante, che rimarrebbe confinato nei primi 20 cm di profondità rispetto alla quota di rilascio anche dopo 365 giorni dal rilascio.

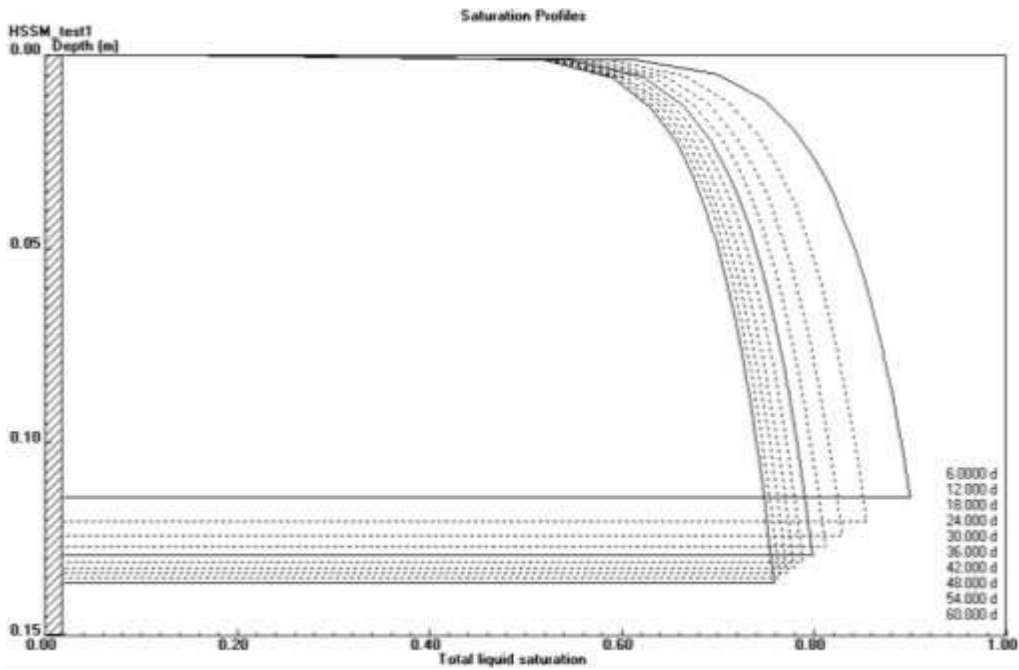


Figura 39 - Scenario I, saturazione in acqua della zona vadosa 2 %. Profilo di saturazione relativo ai primi 60 giorni dal rilascio

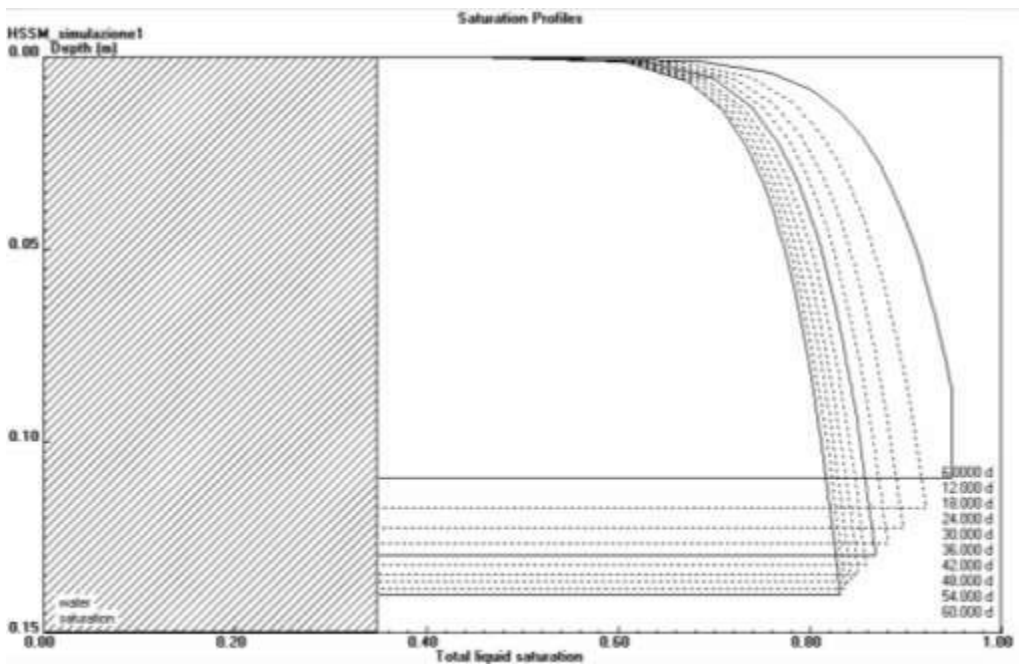


Figura 40 - Scenario I, saturazione in acqua della zona vadosa 35 %. Profilo di saturazione relativo ai primi 60 giorni dal rilascio

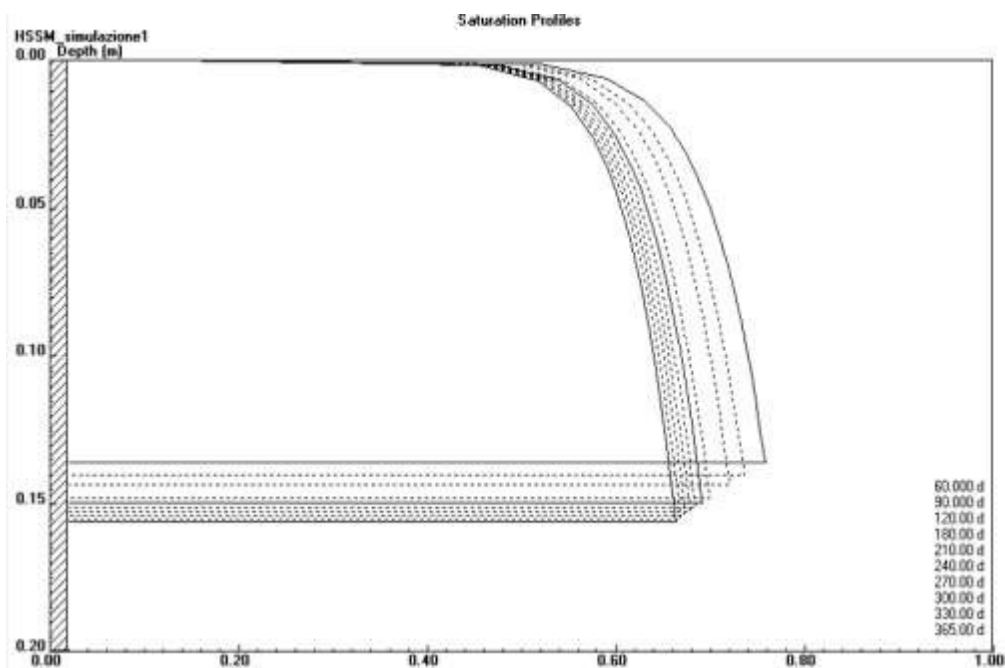


Figura 41 - Scenario I saturazione in acqua della zona vadosa 2 %. Profilo di saturazione relativo ai primi 365 giorni dal rilascio

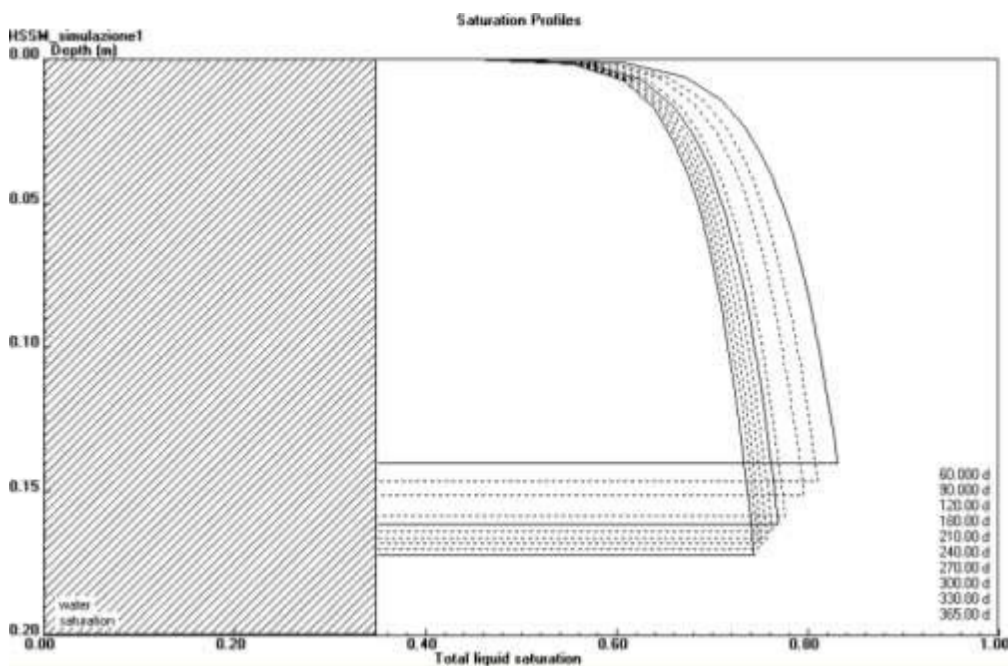


Figura 42 - Scenario I saturazione in acqua della zona vadosa 35 %. Profilo di saturazione relativo ai primi 365 giorni dal rilascio

### 3.2.9.2 Scenario II

Nel presente paragrafo sono riportati i risultati relativi allo Scenario II (suolo franco-sabbioso) sia nel caso di basso tasso di ricarica (saturazione in acqua della zona vadosa pari allo 2 %) sia nel caso di un tasso di piovosità medio-alto (saturazione in acqua della zona vadosa pari allo 35 %). Tali risultati evidenziano che:

- a. nel caso di scarsa piovosità, e dunque di un suolo estremamente asciutto, l'inquinante raggiunge una profondità di circa 17 cm nei primi 60 giorni dal rilascio ed una profondità di circa 22 cm dopo 365 giorni dal rilascio;



- b. nel caso di una piovosità medio-alta, l'inquinante dopo 60 giorni dallo sversamento raggiunge una profondità di circa 30 cm dalla quota di rilascio ed una profondità di circa 40 cm dopo 365 giorno dal rilascio.

Anche in corrispondenza di una litologia caratterizzata da granulometrie più grossolane rispetto alle condizioni dello Scenario I, risulta che la tavola d'acqua non viene raggiunta dall'inquinante nemmeno dopo 365 giorni dal momento del rilascio.

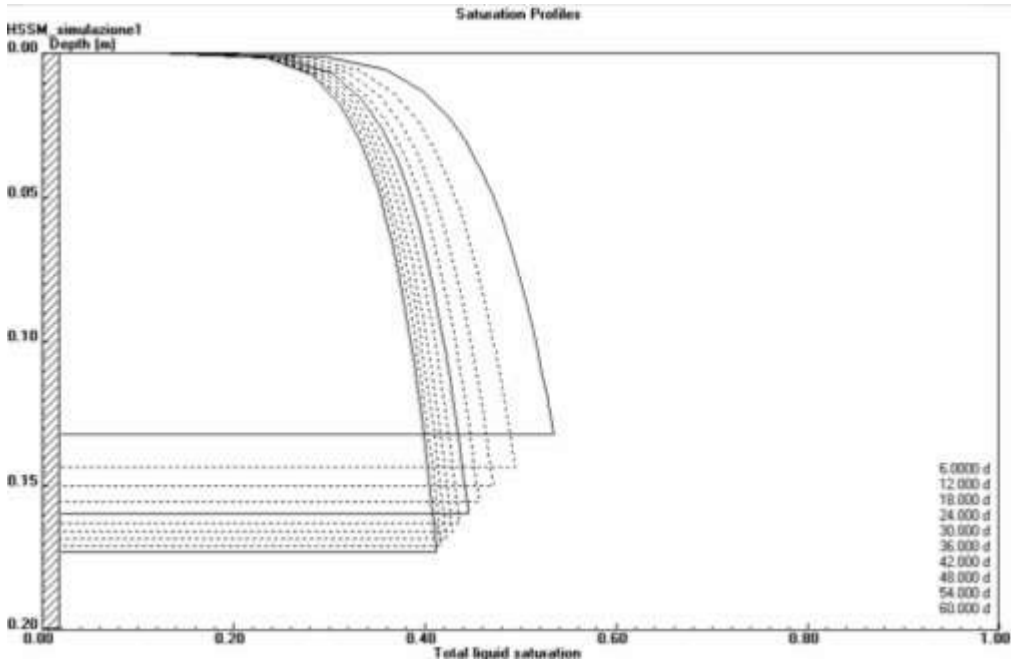


Figura 43 - Scenario II, saturazione in acqua della zona vadosa pari al 2 %. Profilo di saturazione relativo ai primi 60 giorni dal rilascio

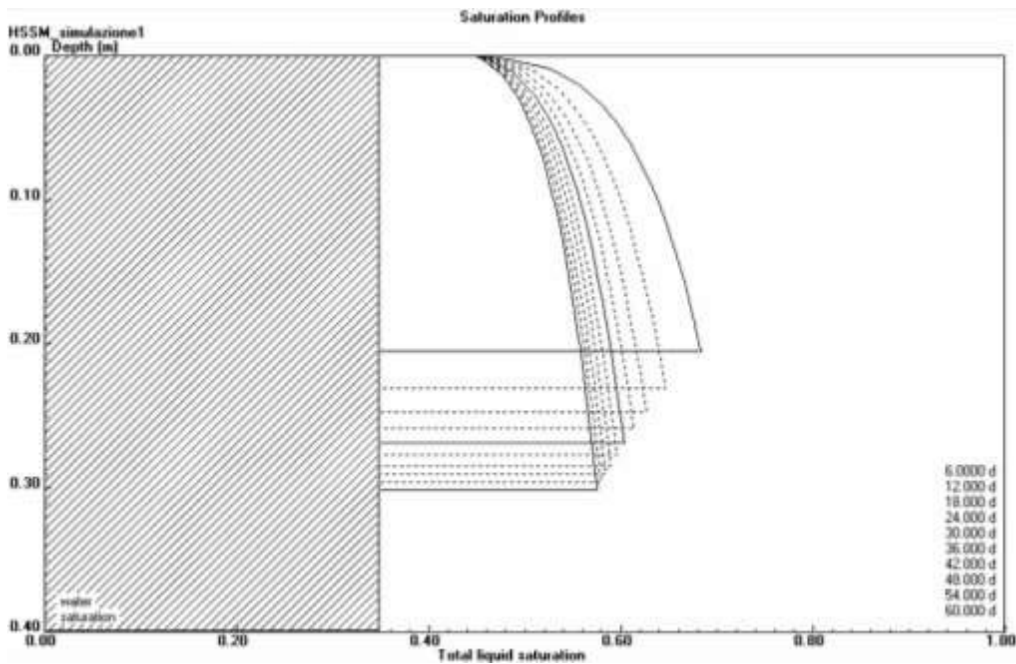


Figura 44 - Scenario II, saturazione in acqua della zona vadosa pari al 35 %. Profilo di saturazione relativo ai primi 60 giorni dal rilascio

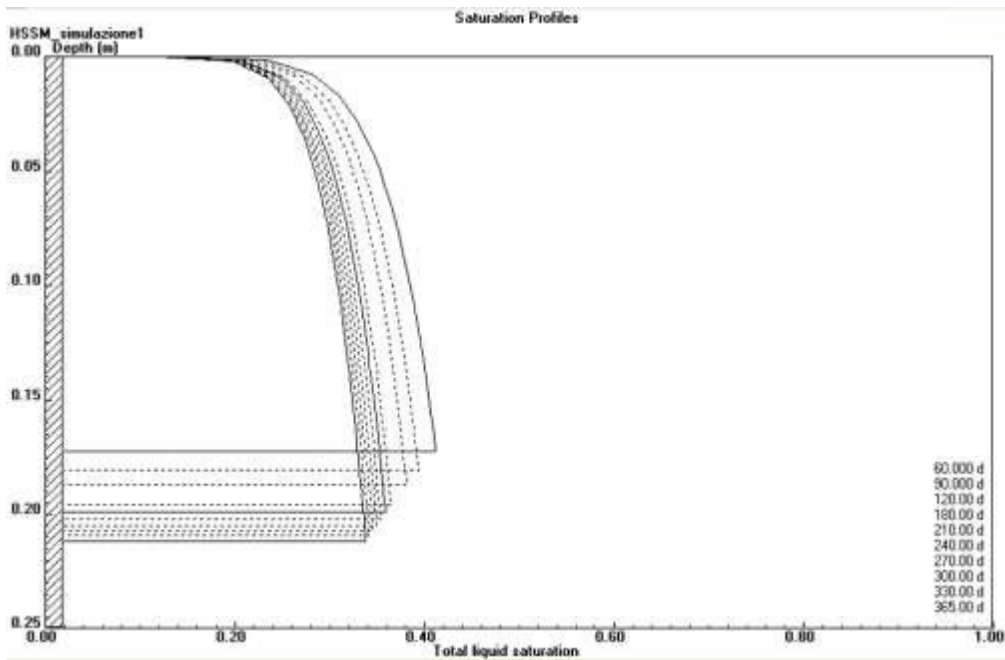


Figura 45 - Scenario II saturazione in acqua della zona vadosa pari allo 2 %. Profilo di saturazione relativo ai primi 365 giorni dal rilascio

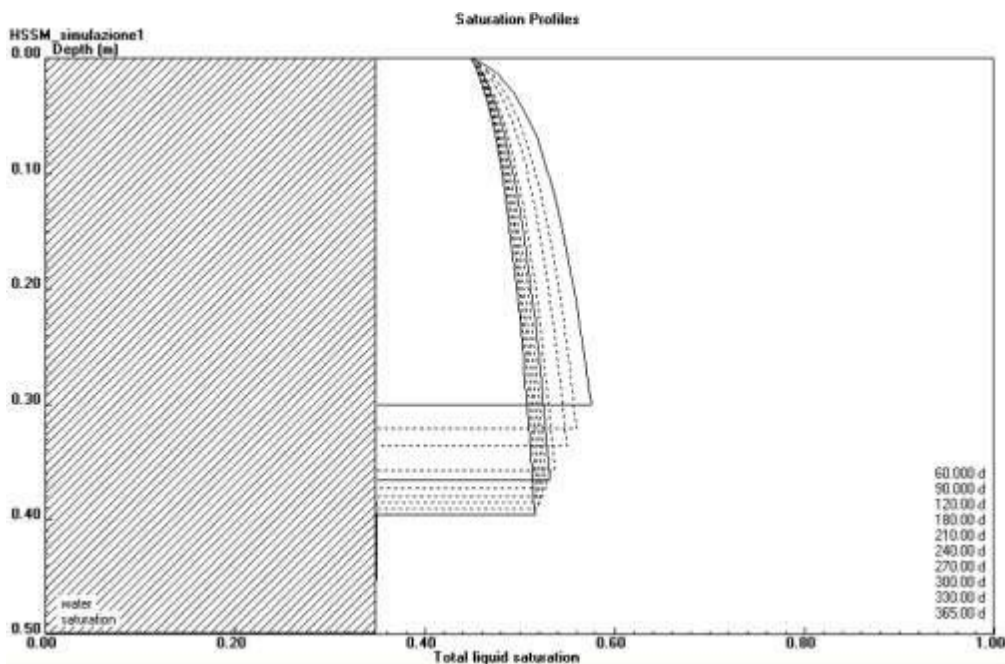


Figura 46 - Scenario II saturazione in acqua della zona vadosa pari al 35 %. Profilo di saturazione relativo ai primi 365 giorni dal rilascio

### 3.2.10 Stima delle concentrazioni di carburante nel suolo

Al fine di valutare l'impatto sulla componente suolo in seguito allo sversamento di carburante si ritiene necessario stimare le concentrazioni di idrocarburo al suolo che potranno verificarsi sulla base delle caratteristiche del terreno e dei risultati del profilo di saturazione ottenuti.

Le concentrazioni ottenute sono state messe a confronto con le Concentrazione Soglia di Contaminazione (CSC) relative a suolo e sottosuolo riportate in Tabella 1 dell'Allegato 5 al Titolo V della Parte quarta del D.Lgs. 152/06. Dalla stima effettuata è stato verificato che, poiché l'inquinante non percola velocemente

all'interno del corpo roccioso, determina dei livelli di saturazione e, di conseguenza, delle concentrazioni tali da determinare sicuramente il superamento delle CSC.

**Tabella 9: Scenario I - saturazione in acqua 2 %**

giorno	Profondità (cm)	% fuel	Saturazione	volumi di fuel (m <sup>3</sup> )	massa di fuel (mg)	Concentraz. (mg/kg suolo)	CSC-Col. (mg/kg ss)*	A* CSC-Col. (mg/kg ss)	B**
30	13	0.779		0.0779	6.23E+07	32800	50	750	
60	14	0.739		0.0739	5.91E+07	31116	50	750	
90	14	0.716		0.0716	5.73E+07	30147	50	750	
365	16	0.644		0.0644	5.15E+07	27116	50	750	

\*Siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale

\*\*Siti ad uso Commerciale e industriale

**Tabella 10: Scenario I - saturazione in acqua 35 %**

giorno	Profondità (cm)	% fuel	Saturazione	volumi di fuel (m <sup>3</sup> )	massa di fuel (mg)	Concentraz. (mg/kg suolo)	CSC-Colonna (mg/kg suolo)	A CSC-Colonna (mg/kg suolo)	B
30	13	0.519		0.0519	4.15E+07	21853	50	750	
60	14	0.481		0.0481	3.85E+07	20253	50	750	
90	15	0.461		0.0461	3.69E+07	19411	50	750	
365	17	0.394		0.0394	3.15E+07	16589	50	750	

\*Siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale

\*\*Siti ad uso Commerciale e industriale

**Tabella 11: Scenario II saturazione in acqua 2 %**

giorno	Profondità (cm)	% fuel	Saturazione	volumi di fuel (m <sup>3</sup> )	massa di fuel (mg)	Concentraz. (mg/kg suolo)	CSC-Colonna (mg/kg suolo)	A CSC-Colonna (mg/kg suolo)	B
30	16	0.427		0.2135	1.71E+08	131385	50	750	
60	17	0.39		0.195	1.56E+08	120000	50	750	
90	18	0.37		0.185	1.48E+08	113846	50	750	
365	21	0.32		0.16	1.28E+08	98462	50	750	

\*Siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale

\*\*Siti ad uso Commerciale e industriale

**Tabella 12: Scenario II saturazione in acqua 35 %**

giorno	Profondità (cm)	% fuel	Saturazione	volumi di fuel (m <sup>3</sup> )	massa di fuel (mg)	Concentraz. (mg/kg suolo)	CSC-Colonna (mg/kg suolo)	A CSC-Colonna (mg/kg suolo)	B
30	27	0.253		0.1265	1.01E+08	77846	50	750	
60	30	0.226		0.113	9.04E+07	69538	50	750	
90	32	0.21		0.105	8.40E+07	64615	50	750	
365	40	0.166		0.083	6.64E+07	51077	50	750	

\*Siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale

\*\*Siti ad uso Commerciale e industriale

### 3.2.11 Discussione dei risultati

La presente analisi ha come oggetto la valutazione di impatti sul suolo dovuti a sversamento dell'intero contenuto idrocarburico presente nei serbatoi di un aereo in caso di incidente con impatto su aree non pavimentate poste nelle circostanze della nuova pista di progetto. Uno specifico approccio modellistico, tramite il codice HSSM, ha consentito di effettuare valutazioni quantitative sulla possibile penetrazione e percolazione di idrocarburi sversati e di effettuare considerazioni in merito alla relativa gestione dell'emergenza.

Sono state descritte le impostazioni utilizzate nel codice HSSM; l'inquadramento idrogeologico e la caratterizzazione di tutti i parametri utilizzati sono stati desunti dagli studi realizzati da ENAC/Toscana Aeroporti SpA nell'ambito del procedimento integrato ambientale VIA-VAS riferito alla Project Review del Piano di Sviluppo Aeroportuale di Firenze al 2035. In funzione della caratterizzazione geologica e idrogeologica elaborata, lo strato insaturo risulta avere una profondità di circa -0.5/-2.0 m dal piano campagna e la litologia prevalente risulta essere argilloso-limoso. Tuttavia, poiché le caratteristiche idrologiche del sottosuolo esplicano un ruolo determinante ai fini della simulazione, sono state eseguite specifiche ed opportune prove di calcolo anche considerando una possibile tessitura litologica più grossolana in quanto, essendo l'area di studio ubicata in un contesto caratterizzato da depositi alluvionali, non si è ritenuto di escludere la possibilità che vi sia la presenza di lenti a maggior carattere sabbioso caratterizzate da valori di permeabilità maggiori. Inoltre, per assoluta conservatività, è stata considerata una soggiacenza di falda di 0.5 m dal piano campagna e, per quanto riguarda le condizioni di ricarica, per entrambi gli scenari, è stata considerata sia una condizione di scarsa piovosità (saturazione della zona vadosa pari al 2 %), sia condizioni di piovosità medio-alta (saturazione della zona vadosa pari al 35 %).

Dal punto di vista delle caratteristiche dell'inquinante rilasciato è stata conservativamente considerata l'ipotesi peggiore, ovvero quella della rottura di tutti i serbatoi di un aereo, col conseguente sversamento su suolo del loro intero contenuto.

Nel caso di terreno argilloso-limoso (caso più realistico, denominato Scenario I), l'inquinante non raggiunge i 15 cm di profondità dopo 60 giorni dallo sversamento e rimane entro i primi 20 cm di profondità dopo 365 giorni dall'evento incidentale. In funzione di questi risultati è possibile asserire che la tavola d'acqua non sarà raggiunta dal contaminante rilasciato, anche nel caso in cui l'impatto a terra dell'aeromobile dovesse comportare un locale abbassamento del piano di campagna dell'ordine di 10-25 cm.

Nel caso di terreno franco-sabbioso caratterizzato cioè da granulometrie più grossolane rispetto allo Scenario I (caso più conservativo, denominato Scenario II), risulta che l'inquinante rimane entro i primi 25 cm di profondità dopo 60 giorni dallo sversamento. Le maggiori profondità raggiunte dall'inquinante corrispondono alle condizioni di litologia più grossolana e condizioni di piovosità medio-alta. Nel caso in cui la ricarica sia abbondante (35 %) l'inquinante percola fino a raggiungere una profondità di circa 30 cm dopo 60 giorni dallo sversamento e continua a percolare raggiungendo una profondità di circa 40 cm dopo 365 giorni dallo sversamento. La tavola d'acqua quindi, anche nelle condizioni più conservative, a distanza di un anno dall'evento incidentale non verrebbe raggiunta dall'inquinante. Se, tuttavia, si considera anche l'eventuale abbassamento del piano di campagna conseguente all'impatto a terra dell'aeromobile, risulterebbe opportuno attuare un comune intervento di mitigazione entro i primi 60 giorni dall'accadimento dell'evento incidentale, soprattutto se questo dovesse verificarsi in corrispondenza di un periodo/stagione piovosi.

È, infine, il caso di ricordare che, nel contesto territoriale analizzato, la bassa permeabilità dei terreni argillosi favorisce, in corrispondenza dei periodi piovosi, la formazione di falde superficiali prossime al piano campagna, ma di scarso valore come risorsa (per quanto considerate nelle simulazioni eseguite). La falda idrica vera e propria risulta, infatti, molto più profonda, sempre sotto ai 25 m di profondità. In conclusione, quindi, in funzione dei risultati precedentemente illustrati e della soggiacenza della vera e propria risorsa idrica sotterranea, può concludersi che lo sversamento accidentale di carburante nelle aree non pavimentate limitrofe all'area di progetto non determina alcun rischio per la risorsa idrica sotterranea.

Per quanto riguarda la matrice suolo e sottosuolo è stato verificato che uno sversamento di combustibile conseguente ad un impatto incidentale a terra di un aeromobile determinerà verosimilmente un locale superamento delle CSC di riferimento. Tuttavia, si evidenzia che la contaminazione potrà interessare, al più, basse profondità di materiale terrigeno. Dai risultati ottenuti si evince che nel caso peggiore (Scenario II-Saturazione 35 %), detta contaminazione potrà raggiungere i primi 40 cm dalla quota di sversamento solamente dopo 365 giorni dall'accadimento dello stesso, mentre nel primo periodo (60 giorni) la contaminazione potrà raggiungere una profondità di circa 30 cm.

Si evidenzia, infine, che tutti i risultati sopra descritti non considerano gli effetti di alcuna operazione di rimozione parziale del *fuel* nell'immediato successivo all'impatto. Ne deriva, pertanto, che un tempestivo intervento di messa in sicurezza e di aspirazione del *fuel* sversato potrà efficacemente ridurre tutti gli effetti previsti dai modelli applicati.

### 3.3 ACQUE SUPERFICIALI

#### 3.3.1 Premessa

Questa sezione illustra i risultati della valutazione degli effetti sulle acque superficiali prevedibili in seguito ad un incidente aereo nell'area circostante l'aeroporto di Firenze Amerigo Vespucci. Per effettuare tale valutazione sono stati considerati gli scenari incidentali descritti in precedenza, in modo da ottenere i parametri in ingresso e di cui valutare l'impatto. In particolare, si valutano gli effetti del potenziale impatto dovuto allo sversamento del carburante liquido (*jet fuel*) nei corpi idrici superficiali presenti nel dominio di indagine. Si considera, pertanto, lo scenario incidentale 2 in cui l'impatto dell'aeromobile a terra determina anche la rottura dei serbatoi del combustibile e il suo rilascio nell'ambiente circostante caratterizzato, nello specifico caso qui analizzato, dalla presenza di reti idriche superficiali in grado di trasportare lo stesso lungo il proprio percorso. L'impatto atteso è, quindi, rappresentato dalla diffusione del liquido sversato, dal suo trasporto all'interno dei canali di drenaggio minori presenti nell'area vasta di interesse, fino ad arrivare potenzialmente a contaminare i corsi d'acqua principali, con particolare riferimento al fiume Arno a cui tutte le canalizzazioni dell'area afferiscono. Verrà quindi presentata una metodologia analitica per valutare i tempi di risposta massimi affinché un potenziale sversamento di carburante, attraverso l'idrografia superficiale, possa raggiungere il fiume Arno, verificando al contempo la rispondenza dei tempi stimati con la possibilità/necessità di attuare interventi tecnici di mitigazione atti intercettare lo sversamento e ad impedire che lo stesso raggiunga effettivamente l'asta fluviale principale laddove possono considerarsi conseguenti impatti ambientali significativi.

#### 3.3.2 Morfologia e reticolo idrografico

L'operazione preliminare per effettuare la simulazione della contaminazione delle acque superficiali è risultata il reperimento di dati specifici su morfologia e reticolo idrografico.

L'andamento del singolo canale è stato costruito a partire da

- 1) Layer vettoriale del reticolo idrografico;
- 2) Modello digitale del terreno DTM a passo 10 m (TINITALY/01, derivato da ctr 1:10000 disponibile su <http://tinitaly.pi.ingv.it/>) con topografia idrologicamente corretta.

Dalla sovrapposizione delle due sorgenti di dati è stato possibile ottenere il profilo morfologico associato ai diversi canali (*qProf*). Da questo si sono ricavati parte dei dati di input necessari al calcolo dei tempi di transito: le pendenze e le lunghezze degli alvei dei canali che devono essere percorsi fino alla chiusura del bacino.

#### 3.3.3 Tempi di percorrenza sino alla chiusura del bacino, calcolo delle isocrone

È esperienza ormai assodata che un potenziale rilascio di combustibile possa ritenersi gestibile e controllabile attraverso procedure standard di intervento da attuare in casi emergenziali finché lo stesso rimane confinato nella rete idrica secondaria, generalmente interessata da raggi idraulici contenuti, basse pendenze, basse velocità di scorrimento, alvei spesso artificiali, vegetazione spondale comune ed ecosistemi di scarso pregio ecologico. All'interno della presente Sezione di studio viene dunque ipotizzato, in modo assolutamente conservativo, che il prodotto rilasciato dai serbatoi dell'aeromobile si sversino interamente in prossimità di un canale afferente alla rete di drenaggio secondaria della Piana fiorentina e pratese potenzialmente coinvolta. L'assunzione relativa alla considerazione del solo reticolo delle acque basse (o reticolo minore) trova la sua giustificazione nella preliminare verifica della configurazione dell'assetto

idrografico dell'area vasta analizzata, con particolare riferimento all'ambito territoriale sotteso dalla curva di probabilità di accadimento  $1 \times 10^{-8}$  dello scenario di sversamento P4 in sola fase di atterraggio di cui allo studio coordinato dall'Università di Napoli Federico II.

A questo scopo si è provveduto a calcolare il tempo di transito  $t$  fino al punto di chiusura del sottobacino alla confluenza con il fiume Arno. Il calcolo è eseguito in maniera analoga al calcolo del tempo di concentrazione in ambito idrologico (Neitsch et. al , 2009<sup>4</sup>), non considerando il tempo aggiuntivo che il prodotto impiega ad arrivare dal punto di sversamento fino al canale (*overland flow time*  $t_{ov}=0$ ) e considerando il tempo totale equivalente al  $t_{ch}$  (*channel flow time*) [hr] corrispondente al tempo minimo che il "vettore acqua" impiega per trasportare il prodotto attraverso il reticolo idrografico sino alla sezione terminale di chiusura. Il calcolo del tempo è stato eseguito lungo tutto il percorso del canale per più scenari di portata.

### 3.3.3.1 Calcolo del tempo di transito

I tempi di transito sono calcolati come segue:

$$t_c = \frac{L_c}{3.6 \cdot v_c}$$

dove

- $L_c$  [km] è la Lunghezza effettiva del percorso idraulico lungo il reticolo;
- $v_c$  [m/s] è la velocità di scorrimento dell'acqua dentro il reticolo.

$v_c$  è stimata dalla nota equazione di Manning assumendo forma del canale trapezoidale con sponde inclinate di 2:1 e rapporto tra larghezza al fondo e altezza sezione di 10/1 (Neitsch et. al , 2009)

$$v_c = \frac{0.489 \cdot q_{ch}^{0.25} \cdot slp_{ch}^{0.375}}{n^{0.75}}$$

$slp_{ch}$  [m/m] è la pendenza del reticolo, calcolata dal vettore canale su DEM a passo 10 m.

- $q_{ch}$  [mc/s] è la portata del singolo canale, ottenuta a partire dai valori di portata previsti dal PAI per eventi massimi di ricorrenza trentennale e centennale, aventi quindi probabilità di accadimento bassa e molto bassa.

---

<sup>4</sup> Neitsch S.L., Arnold J.G., Kiniry J.R. "Williams J.R. *Soil And Water Assessment – Theoretical documentation – version 2009*". <http://twri.tamu.edu/reports/2011/tr406.pdf>

$n$  è il coefficiente di Manning per la scabrezza.

L'utilizzo di tali portate per la stima delle velocità della corrente nel reticolo idrografico e le condizioni di scorrimento del prodotto che non subisce rallentamenti da parte di alcun tipo di ostacolo sono ipotesi nel complesso conservative, tali da condurre a valori di calcolo da potersi considerare certamente cautelativi, in quanto sottostima dei reali tempi di transito.

Il DTM di partenza è utilizzato per derivare innanzitutto la direzione di scorrimento (*flow direction*) e la pendenza topografica (*slope*, utilizzata nelle equazioni precedenti).

La lunghezza percorsa nel canale è stabilita a partire da ogni cella verso la chiusura del relativo bacino.

Il coefficiente  $n$  di Manning contribuisce a stabilire la facilità o meno dello scorrimento dell'acqua con le portate e le pendenze stabilite. In base a riferimenti di letteratura il valore ad esso assegnato è quello comune ai corpi idrici ed è pari a 0,05 .

**Tabella 13: valori di scabrezza  $n$  di Manning derivati dalle classi di uso del suolo da riferimenti di letteratura**

<b>5.</b>	<b>CORPI IDRICI</b>	<b>0,05</b>
5.1.	Acque continentali	
5.1.1.	Corsi d'acqua, canali e idrovie	
5.1.2.	Bacini d'acqua	
5.2.	Acque marittime	
5.2.1.	Lagune	
5.2.2.	Estuari	
5.2.3.	Mari e oceani	

<b>Coeff. Manning</b>	<b>Descrizione alveo</b>
0,012	Artificiale, regolato con sponde in cemento
0,020	Artificiale, letto ghiaioso e sponde in cemento
0,023	Letto ghiaioso e sponde in pietrame
0,033	Letto ghiaioso e sponde in scogliera
0,030	Naturale, con sponde regolari prive di vegetazione
0,040	Naturale, sponde irregolari prive di vegetazione
0,050	Naturale, con sponde irregolari ed inerbite
0,100	Naturale, con sponde ricoperte da arbusti



I tempi di transito vanno diminuendo da monte verso valle e, nel caso in esame, forniscono, in particolare, indicazioni circa i tempi di risposta da mettere in atto prima che il prodotto giunga alla chiusura del sottobacino, dove l'attuazione di interventi e procedure di emergenza volte al recupero del combustibile presenterebbe problematiche ben maggiori.

Nelle seguenti figure è illustrato il risultato verificato per il canale Vingaccia, scelto tra i canali che attraversano l'area di studio. Il canale individuato risulta di particolare interesse sia perché effettivamente interno all'ambito territoriale entro il quale la probabilità di accadimento dello scenario peggiorativo P4 di sversamento risulta dell'ordine di  $1 \times 10^{-8}$  e comunque non inferiore a detto valore, sia per le caratteristiche del corso d'acqua che, in considerazione del percorso piuttosto rettilineo e regolare, tendono a minimizzare il suddetto tempo di transito.

Nella figura 1 si evidenzia come nell'area di interesse, per una portata di 25 mc/s relativa a tempi di ritorno di 100 anni, si ottengano tempi minimi di transito (e quindi, indirettamente, di intervento) compresi nell'intervallo di circa 2-3 ore, mentre nel secondo scenario, illustrato in figura 2, i tempi minimi riferiti portate di 1 mc/s relative alla portata media stimabile su basi storiche risultano dell'ordine di circa 7 ore.

#### 3.3.4 Risultati delle simulazioni

Le simulazioni svolte hanno permesso di valutare i tempi di transito con un dettaglio spaziale di 5 metri sull'asta del corpo idrico. Quindi, assunta l'ipotesi che l'evento incidentale (rilascio del carburante/sversamento) avvenga proprio su uno qualsiasi dei punti del percorso del corpo idrico superficiale, quale ad esempi il torrente VINGONE rappresentato in figura seguente, si sono calcolati i tempi necessari affinché il volume di prodotto sversato raggiunga il corpo idrico recettore primario (Fiume Arno), così da poter valutare la fattibilità tecnica di attuazione di azioni, interventi e procedure di gestione e mitigazione dell'emergenza, con correlata mitigazione e contenimento dell'impatto. La valutazione di cui sopra è stata svolta per due scenari di portata del torrente Vingone, quello considerabile "medio" ovvero  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  e quello di "massima" con tempo di ritorno  $T_r = 100$  anni ovvero pari a  $25 \text{ m}^3/\text{s}$ .

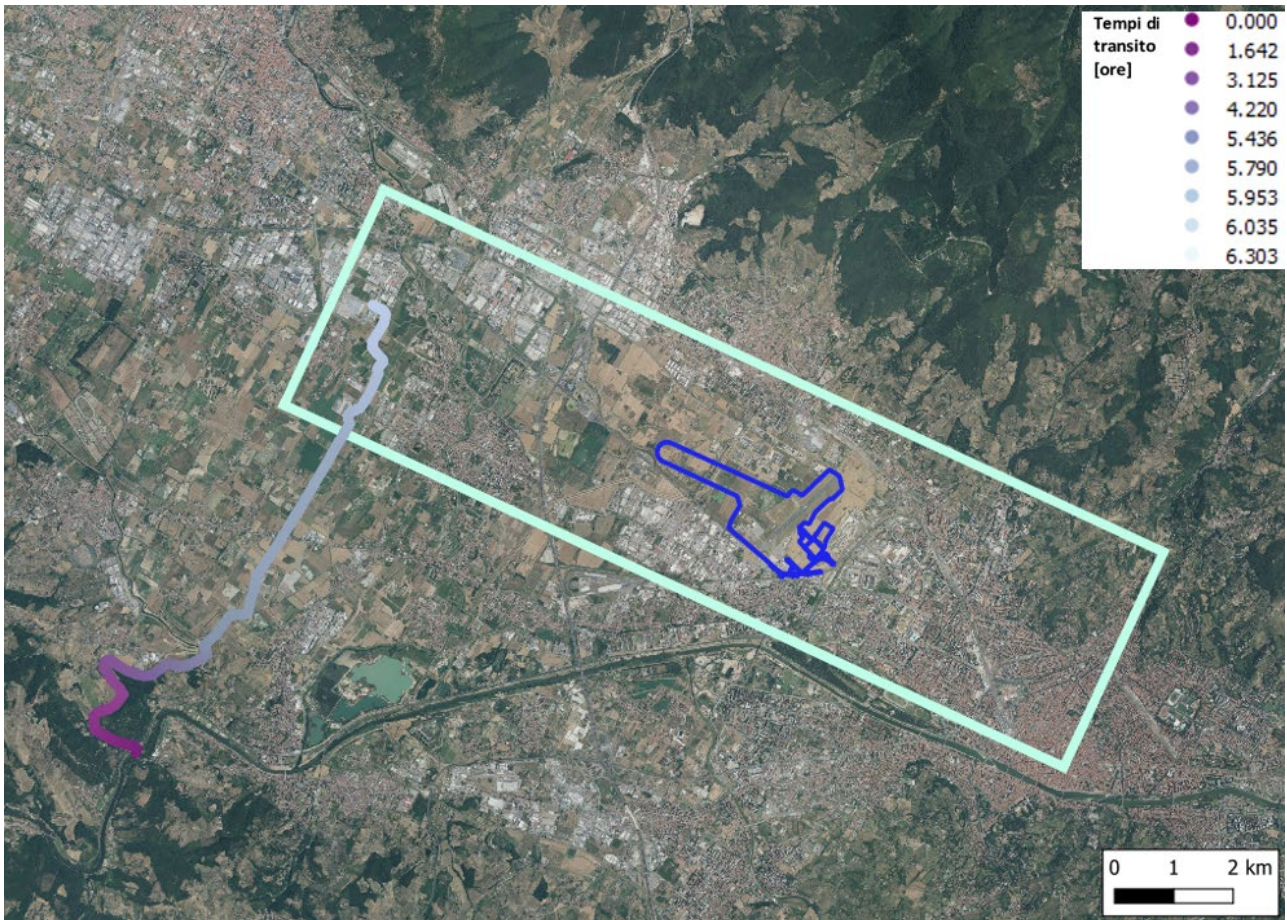


Figura 47 rappresentazione dei tempi di transito per il torrente VINGONE per una portata di deflusso pari a  $1 \text{ m}^3/\text{s}$



**Figura 48** rappresentazione dei tempi di transito per il torrente VINGONE per una portata di deflusso pari a 20 m<sup>3</sup>/s.

### 3.3.5 Discussione dei risultati

I risultati dell'analisi modellistica hanno individuato l'ordine di grandezza dei tempi caratteristici che intercorrono tra un potenziale sversamento di carburante in corpo idrico superficiale secondario e la potenziale contaminazione di quello recettore principale (Fiume Arno). Questi tempi, verificati prendendo a riferimento un corpo idrico rappresentativo ed assumendo ipotesi sensibilmente cautelative, variano da circa 3 ore fino a 6-7 ore. Tutti gli altri corsi d'acqua minori, per lunghezza, portata, caratteristiche del loro andamento e distanza dal Fiume Arno, possono considerarsi comunque "compresi" in questa analisi. Pertanto, nell'eventualità di una emergenza di questo tipo sono caratterizzati i tempi di risposta che debbono essere previsti per mitigare l'impatto sul corpo idrico recettore (Arno).

Si tratta, anche nel caso di regime di piena dei corsi d'acqua, di tempi di risposta assolutamente coerenti con quelli prevedibili per l'avvio e l'attuazione di usuali e standardizzate procedure emergenziali, tali da contenere efficacemente ogni possibile potenziale impatto sul corpo idrico principale recettore.

### 3.4 INCENDI INCONTROLLATI – IMPATTI SULLA VEGETAZIONE E SUL PAESAGGIO

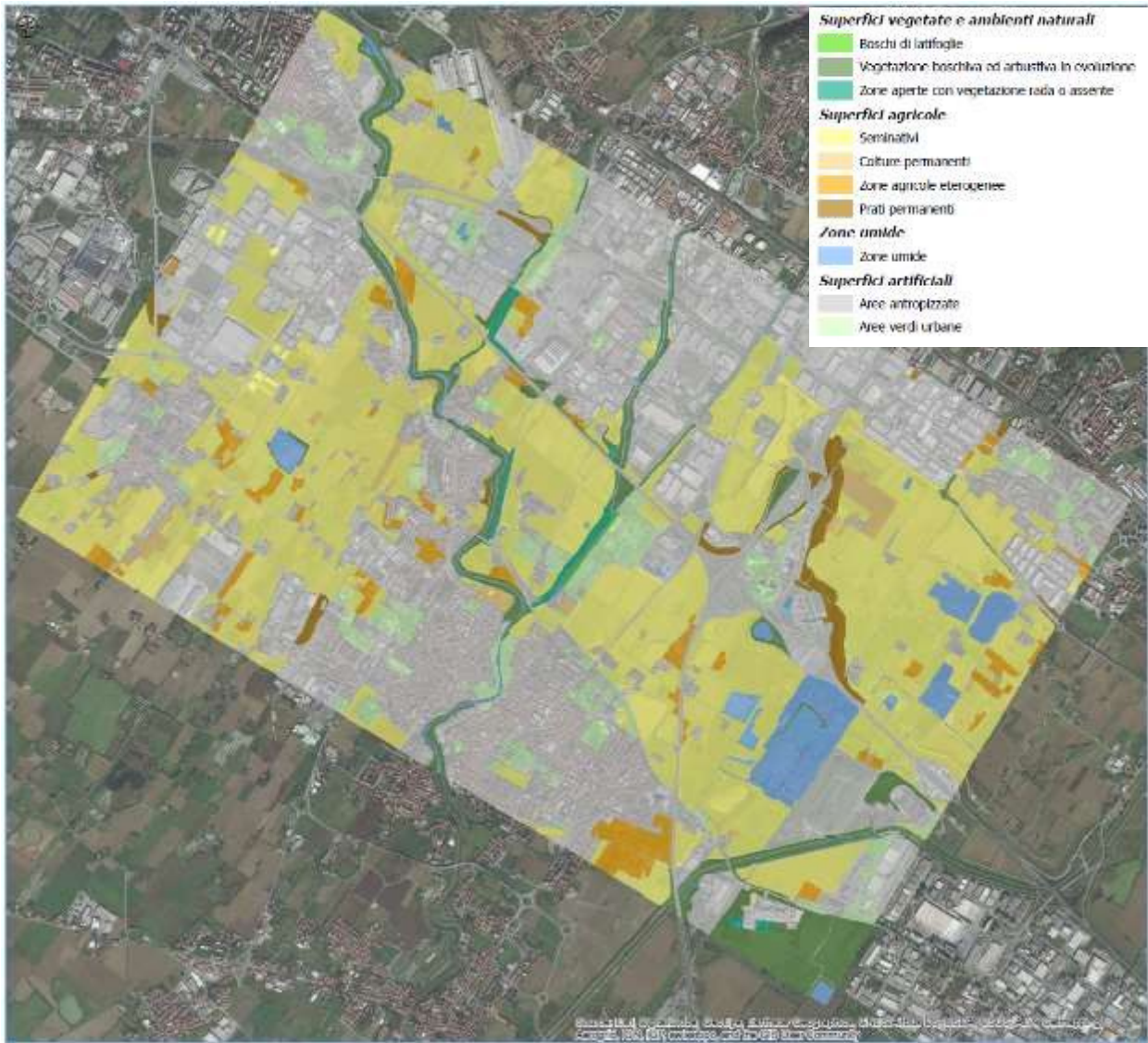
#### 3.4.1 Premessa

In questo paragrafo si discute la possibilità che l'evento incidentale identificato come Scenario 3 (Crash + incendio) possa determinare un innesco con conseguente incendio per le aree boschive comprese nell'area di studio. Le aree boschive, infatti, rappresentano importanti indicatori ambientali in relazione sia alla componente biotica vera e propria, vista nelle varie accezioni di assetto vegetazionale, habitat ed ecosistema, sia alla componente paesaggio, di cui, laddove presenti, esse costituiscono elemento caratterizzante ed identificativo. Né, d'altro canto, possono considerarsi altri potenziali effetti sulla componente paesaggio (assetto paesaggistico e assetto percettivo) conseguenti ad un evento incidentale di tipo aeronautico, con puntuale impatto a terra di un aeromobile avente dimensioni e areale di danno a scala completamente differente rispetto a quella che connota il paesaggio dell'area di interesse.

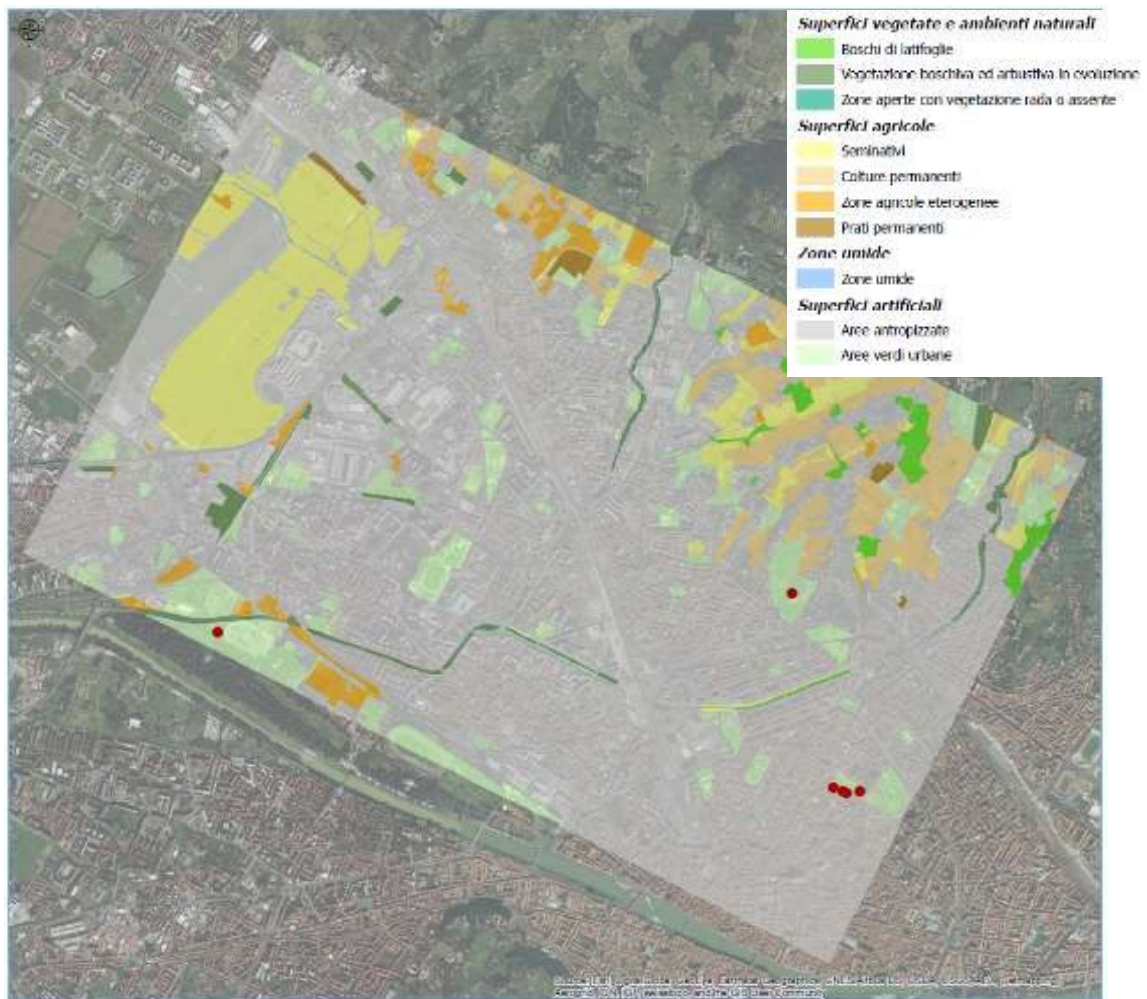
Nel focalizzare, pertanto, l'attenzione sulle aree boschive presenti nelle zone circostanti il futuro sedime aeroportuale, si riportano di seguito le carte di uso del suolo relative all'area di studio, divise per quadranti, nelle quali sono state individuate le zone potenzialmente soggette a rischio di incendio boschivo conseguente ad impatto aereo nelle vicinanze o in corrispondenza delle zone stesse. In Tabella 14, inoltre, è riportato un dettaglio della composizione (in ettari e percentuale) dell'area di studio, con specifico focus sul tipo di vegetazione presente e di uso del suolo<sup>10</sup>. Ciò con l'intento di operare l'opportuna contestualizzazione delle aree boscate, potenziali bersagli della tipologia di impatto in esame, rispetto al territorio dell'area vasta di studio, in modo da individuare, da un lato, la localizzazione dei bersagli rispetto alle aree potenzialmente più esposte al rischio di incidente aereo e di quantificare, dall'altro, le eventuali perdite areali o l'incidenza areale dei bersagli rispetto al territorio.

---

<sup>10</sup> Direzione Regionale Foreste ed Economia Montana - Servizio Antincendi Boschivi- Manuale di formazione di base in materia di incendi boschivi - Edizione 2009



**Figura 49** Uso del suolo ad orientamento vegetazionale interna all'area di studio quadrante **NORD-OVEST**



**Figura 50** *Uso del suolo ad orientamento vegetazionale interna all'area di studio quadrante SUD-EST.*

In considerazione delle risultanze dello studio di rischio locale coordinato dall'Università di Napoli Federico II, si ritiene rappresentativa rispetto al caso di interesse l'analisi di dettaglio del quadrante Nord-Ovest, atteso che le probabilità di accadimento dello scenario peggiorativo P4 di rilascio di combustibile in seguito a incidente in fase di atterraggio non interessa il quadrante Sud-Est.

**Tabella 14 classificazione del quadrante NORD-OVEST**

Classificazione	Ecosistemi	Area	Area
		[ettari]	[% sul dominio]
Aree antropizzate	Sistema antropico	1185,8	47,651%
Seminativi	Sistema agricolo	874,0	35,121%
<b>Vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione</b>	<b>Sistema boschivo ed arbustivo</b>	<b>107,8</b>	<b>4,333%</b>
Zone agricole eterogenee	Sistema agricolo	62,6	2,514%
Zone umide	Sistema delle zone umide	81,7	3,282%
Aree verdi urbane	Sistema antropico	109,5	4,402%
Colture permanenti	Sistema agricolo	27,2	1,094%
Prati permanenti	Sistema dei prati e delle zone aperte	28,7	1,153%
Zone aperte con vegetazione rada o assente	Sistema dei prati e delle zone aperte	9,9	0,400%
<b>Boschi di latifoglie</b>	<b>Sistema boschivo ed arbustivo</b>	<b>1,2</b>	<b>0,049%</b>
<b>TOTALE NORD-OVEST</b>		<b>2488,4</b>	<b>100,000%</b>

Come mostrato in Tabella, nell'area di indagine meno del 4,5% del territorio è costituito da un ecosistema classificabile come "Sistema boschivo ed arbustivo", potenzialmente significativo nella determinazione di un incendio boschivo incontrollato.

L'estensione totale di tale ecosistema è inferiore a 110 ettari e, come è possibile verificare dalla cartografia, ha una collocazione marginale e/o lineare nel dominio, risultando per lo più adiacente ai piccoli corsi d'acqua che caratterizzano il reticolo idraulico minore. Se si considera, in particolare, l'ambito territoriale sotteso alla curva di probabilità di  $1 \times 10^{-8}$  di cui al citato scenario P4 di rilascio nel solo caso di operazione di atterraggio, al suo interno e nelle sue immediate adiacenze l'estensione complessiva delle aree boscate si limita, al più, a qualche unità di ettaro.

I dati tecnici aggregati forniscono le velocità di avanzamento dell'incendio boschivo che può variare da qualche centinaio di metri all'ora fino a circa 1 km all'ora in condizioni di vento particolarmente sostenute.

**Tabella 15 dati caratteristici del comportamento dell'incendio.**

velocità del vento durante l'incendio		velocità di avanzamento dell'incendio
(Km/h)	m/s	(m/h)
20	5,6	250
40	11,1	600
45	12,5	750
50	13,9	1000

Questi dati caratteristici sono stati utilizzati come riferimento per l'analisi anemologica dell'area, per la quale è stato scelto l'anno 2008 come anno solare tipo, essendo l'anno di riferimento per l'ultima decade.

**Tabella 16 caratteristiche anemologiche dell'area di indagine per un anno solare tipo.**

Mese dell'anno 2008	Minimo del valore della velocità del vento [m/s]	Media del valore della velocità del vento [m/s]	Dev. standard di velocità del vento [m/s]	Massimo valore della velocità del vento [m/s]
gen	0,1	1,6	1,1	7,9
feb	0,1	1,9	1,3	7,5
mar	0,1	2,1	1,6	10,4
apr	0,1	2,2	1,4	8,1
mag	0,2	1,8	1,0	5,9
giu	0,1	1,2	0,6	4,3
lug	0,1	1,8	1,0	6,8
ago	0,1	1,7	0,9	6,1
set	0,2	2,0	1,0	6,5
ott	0,1	1,6	1,0	7
nov	0,2	1,8	0,8	9,4
dic	0,2	1,8	1,1	7,4
<b>Totale complessivo</b>	<b>0,1</b>	<b>1,8</b>	<b>1,1</b>	<b>10,4</b>

Dall'analisi delle caratteristiche del vento caratteristico dell'area di studio, si ricava che alla massima velocità il fronte dell'incendio è in grado di presentarsi con rapidità di avanzamento pari a circa 500 m/h.

### 3.4.2 Considerazioni

In base alle informazioni sopra discusse e dall'analisi dei dati meteorologici rappresentativi dell'area di studio si può concludere che nella peggiore delle ipotesi il fronte della fiamma dell'incendio boschivo non potrà mai superare la velocità stimata di circa 500 m/h.

Tale situazione determina la possibilità di gestire l'eventuale situazione emergenziale attraverso l'attuazione di ordinarie procedure di intervento<sup>11</sup>, confinandola ad un perimetro necessariamente contenuto anche in virtù della modesta estensione delle aree boschive presenti. L'eventuale perdita di aree boscate dovuta all'azione di un incendio incontrollato definisce, infine, un impatto assolutamente marginale in termini di assetto percettivo e paesaggistico, considerata la totale assenza, nelle aree di prioritario interesse, di ampie fasce boscate compatte e omogenee.

Le aree boscate presenti sono rappresentate, infatti, al più dalle fasce vegetali adiacenti ai corpi idrici superficiali minori di cui alla rete di drenaggio della Piana, mentre le fitte aree boscate che si sviluppano a partire dalle pendici dei rilievi collinari del Monte Morello non risultano esposte a rischi di incidente da potersi considerare non trascurabili. L'eventuale perdita di porzioni di vegetazione spondale costituisce, infine, una tipologia di impatto comunque reversibile a breve/medio termine.

<sup>11</sup> Ingegneria antincendio, tecnologie dell'informazione e pianificazione dell'emergenza nel sistema integrato di videosorveglianza e telerilevamento degli incendi boschivi nelle regioni Puglia e Calabria *Vigili del Fuoco Nazionale*. [isaViewDoc.aspx \(vigilfuoco.it\)](http://isaViewDoc.aspx(vigilfuoco.it))



## 3.5 PAESAGGIO E BENI/PATRIMONIO CULTURALI

### 3.5.1 Premessa

Questa sezione illustra i risultati della valutazione di impatto su beni paesaggistici e sul patrimonio culturale dovuto ad un incidente aereo nell'area dell'aeroporto di Firenze Amerigo Vespucci. Pertanto, si è provveduto a tracciare, identificare e caratterizzare gli elementi sensibili ed identificativi del territorio nell'area di studio.

È stato possibile definire la distribuzione geografica degli stessi rispetto alle curve di rischio di cui allo studio coordinato dall'Università di Napoli Federico II, nonché rispetto alle probabilità di impatto aereo desumibili dagli studi probabilistici propedeutici di cui all'applicazione delle procedure standard dell'art. 715 del Codice della Navigazione indirizzate a finalità esclusivamente urbanistiche (studio predisposto da ENAC in collaborazione con l'Università La Sapienza di Roma). Il quadro conoscitivo risultante è apparso ampiamente rassicurante in quanto è evidente che la stragrande maggioranza degli elementi del patrimonio culturale oggetto di studio saranno esposti a rischi di impatto aereo assolutamente trascurabili, con probabilità di accadimento dell'ordine di  $1 \times 10^{-10}$  o addirittura inferiore (corrispondente, pertanto, a meno di 1 evento ogni 10 miliardi di anni).

Ritenendo ovviamente non praticabile la monetizzazione del rischio associato ad un bene culturale o paesaggistico (considerato come un'individualità non ripristinabile), né la quantificazione dell'eventuale impatto direttamente prodotto dall'impatto di un aeromobile in caso di crash, si è assunto cautelativamente che ciascun possibile impatto potesse produrre la totale distruzione del bene culturale colpito e, conseguentemente, è stato fatto un raffronto tra il rischio di impatto aereo indotto dal progetto, ovvero unicamente correlabile al solo progetto in esame, e il rischio intrinseco di collasso del bene culturale associato alla naturale sismicità del territorio.

I riferimenti utilizzati per la valutazione sono i seguenti:

- a. Studio Ambientale Preliminare Integrato (e relativi allegati), agli atti del procedimento di scoping espletato ai sensi dell'articolo 6, comma 3-ter del D. Lgs. n. 152/2006 e smi, Agosto 2023;
- b. "Valutazione degli incidenti indotti da impatti aerei sugli stabilimenti a rischio di incidente rilevante", convenzione con lo scrivente Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale dell'Università di Pisa, Settembre 2017;
- c. "Valutazione del rischio locale per effetto di un incidente aereo nell'area dell'aeroporto di Firenze Amerigo Vespucci", coordinato dall'Università degli Studi di Napoli Federico II, col supporto dell'Università di Bologna, dell'Università di Pisa e dell'Università della Campania, Settembre 2017;
- d. Elaborazione cartografiche e informative del territorio, dell'ambiente, del paesaggio e dei beni culturali prodotte dall'Istituto IRIDE, anno 2017;
- e. "Valutazione del rischio locale per effetto di un incidente aereo nell'area dell'aeroporto di Firenze Amerigo Vespucci secondo il piano di sviluppo aeroportuale (masterplan) 2035", coordinato dall'Università degli Studi di Napoli Federico II, col supporto dell'Università di Bologna, Settembre 2023;
- f. Studi specialistici ambientali, parte integrante dello Studio Ambientale Integrato della Project Review del Piano di Sviluppo Aeroportuale di Firenze al 2035, Marzo 2024.

### 3.5.2 Identificazione degli elementi sensibili

All'interno del presente studio sono stati considerati beni di interesse culturale (architettonici, archeologici) e paesaggistico i soli beni, rappresentati su carta, che costituiscono un bene puntuale oppure quelli in relazione ai quali all'interno di una più ampia area vincolata può registrarsi la presenza di un bene fisico. Il lavoro, infatti, è da intendersi prioritariamente volto alla quantificazione della probabilità, nel caso di incidente aereo, di abbattimento fisico dell'elemento in questione. Per questo motivo, quindi, non sono stati

mappati, in questa sede, quei beni paesaggistici quali le aree di notevole interesse pubblico (art.136 D.Lgs. 42/04) e le aree tutelate per legge (art. 142 D.Lgs. 42/04, ex Galasso) riferite esclusivamente ad elementi di tipo naturale.

I beni rilevati, quindi, sono stati suddivisi in varie categorie, a partire dai beni culturali provenienti dalla mappatura del MIBACT, tramite il sistema “Vincoli in rete”, suddivisi in:

- Beni architettonici di non interesse culturale
- Beni architettonici di interesse culturale non verificato
- Beni architettonici di interesse culturale dichiarato

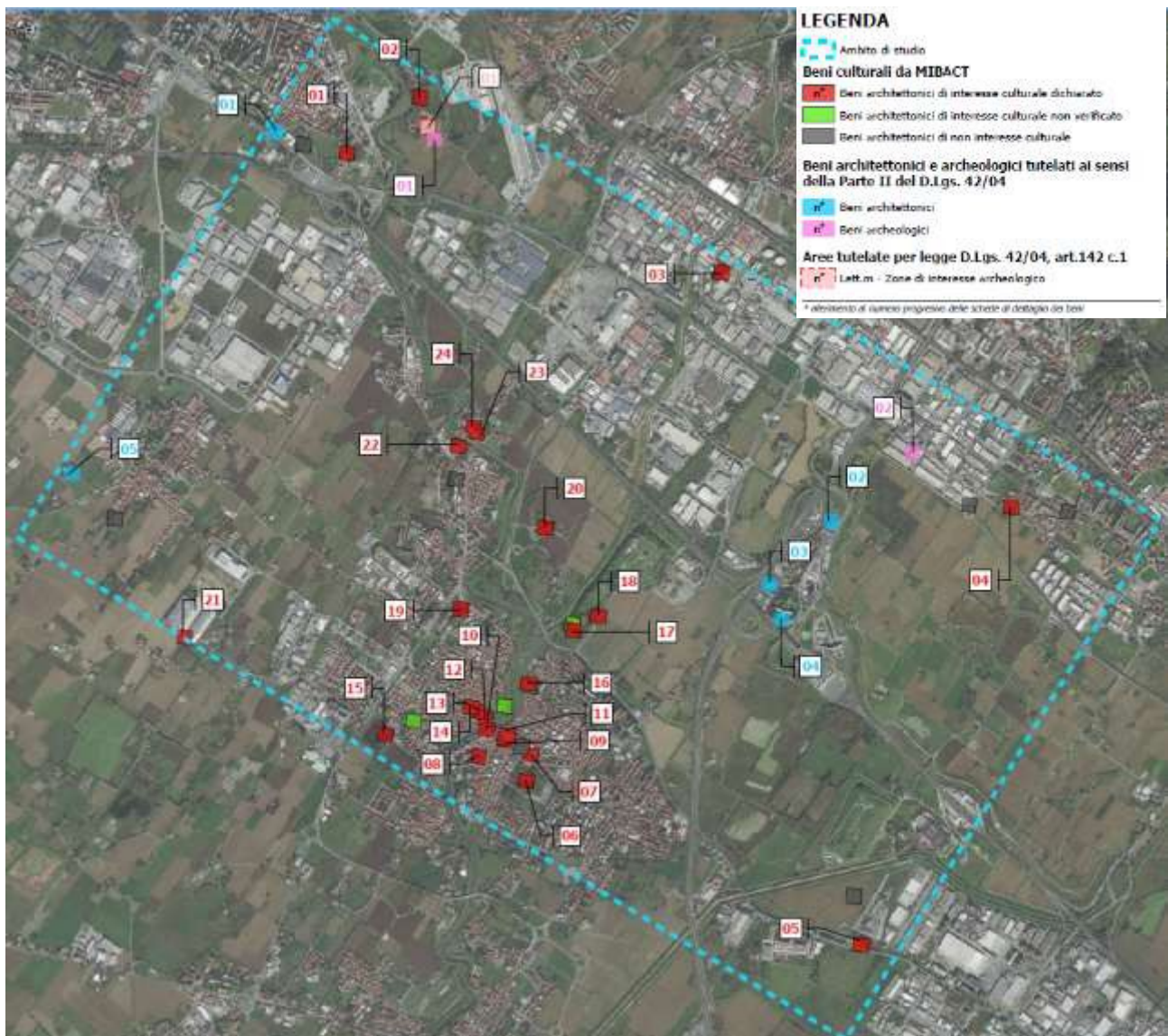
Poi sono stati riportati quei beni tutelati ai sensi della Parte II del D.Lgs.42/04, reperibili dal Geoscopio della Regione Toscana tramite il “SITA: Beni culturali e paesaggistici”:

- Beni architettonici (quelli che non sono stati già riportati nella lista precedente del MIBACT)
- Beni archeologici

Infine sono state rilevate le aree tutelate per legge ai sensi del D.Lgs. 42/04, art.142 c.1, sempre dal Geoscopio della Regione Toscana tramite il “SITA: Beni culturali e paesaggistici”, nell’unica voce riferibile a beni fisici, quali le:

- Zone di interesse archeologico - lett.m

Di seguito vengono riportate nel dettaglio le schede di tutti i beni tranne quelli architettonici di non interesse culturale e di interesse culturale non verificato, i quali sono stati ad ogni modo cartografati e denominati sulle mappe.



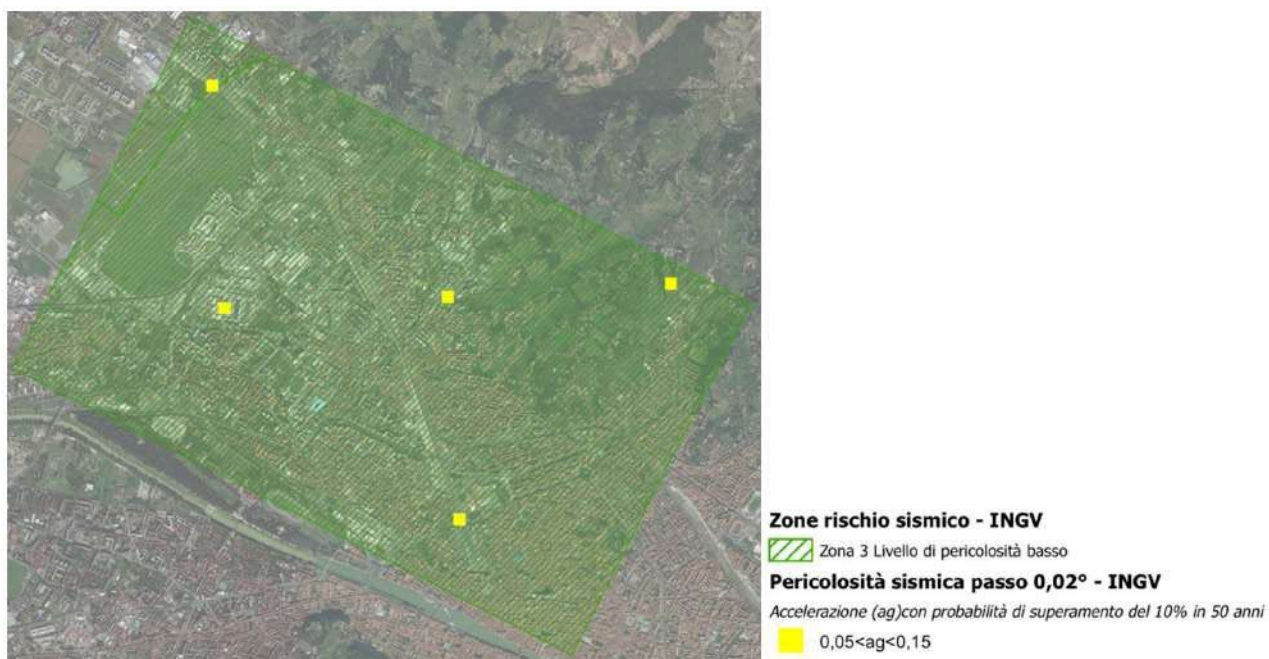
**Figura 51** Analisi del contesto: identificazione dei bersagli sensibili dal punto di vista paesaggistico e culturale

### 3.5.3 Sismicità del territorio oggetto dello studio

Dai dati relativi alla Redazione della mappa della sismicità prevista dall'ordinanza PCM 3274 del 20 Marzo 2003 (INGV), si è constatato che i comuni interessati sono classificati in "Zona 3" in termini di rischio sismico, ovvero un rischio basso. Oltre a ciò, si è appurato che la pericolosità sismica è associata a valori di accelerazione ( $a_g$ ) compresi tra 0,05 e 0,15 g. Tale accelerazione ( $a_g$ ) esprime l'accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi.



*Figura 52 Pericolosità e rischio sismico, quadrante nord-ovest*



*Figura 53 Pericolosità e rischio sismico, quadrante sud est*

#### 3.5.4 Considerazioni sull'impatto su paesaggio e beni culturali

Le probabilità di impatto aereo desumibili dagli studi probabilistici propedeutici di cui all'applicazione delle procedure standard dell'art. 715 del Codice della Navigazione indirizzate a finalità esclusivamente urbanistiche (studio predisposto da ENAC in collaborazione con l'Università La Sapienza di Roma) evidenziano come la stragrande maggioranza dei beni architettonici di interesse culturale censiti nell'area di indagine possa ritenersi esposta a rischi di impatto aereo assolutamente trascurabili, con probabilità di accadimento dell'ordine di  $1 \times 10^{-10}$  o addirittura inferiore (corrispondente, pertanto, a meno di 1 evento ogni 10 miliardi di anni).

Nessun bene architettonico di interesse culturale risulta, comunque, esposto a rischi di impatto aereo incidentale aventi probabilità di accadimento dell'ordine di  $1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-4}$  che, invece, definiscono i livelli di esposizione del medesimo bene a rischi di crollo dovuti alla naturale sismicità del territorio.

Nessun bene archeologico risulta potenzialmente esposto a rischi di impatto aereo incidentale avente probabilità di accadimento non trascurabile, ovvero superiore a  $1 \times 10^{-10}$  (corrispondente, in media, a meno di 1 evento ogni 10 miliardi di anni).

## 3.6 FLORA E FAUNA

### 3.6.1 Premessa

Questa sezione illustra i risultati della valutazione dei potenziali impatti su flora e fauna che si possono avere in seguito ad un incidente aereo nell'area dell'aeroporto di Firenze Amerigo Vespucci. Per effettuare tale valutazione sono stati considerati gli scenari incidentali descritti in precedenza in modo da ottenere i parametri in ingresso e di cui valutare l'impatto. In particolare, è stato effettuato un inquadramento delle aree di studio dal punto di vista del grado di naturalità, considerato il parametro di riferimento a cui associare l'entità dell'impatto sull'area in esame, indipendentemente dal tipo di scenario atteso.

L'analisi è suddivisa per quadranti oggetto dello studio.

### 3.6.2 Analisi del quadrante nord-ovest

#### 3.6.2.1 Uso del suolo ad orientamento vegetazionale

L'ambito di studio risulta compreso fra i margini degli abitati dei comuni di Sesto Fiorentino a nord-est, Calenzano a nord, Prato a ovest e Campi Bisenzio a sud e dall'autostrada del sole A1 e A11 Firenze-Pisa, in un'area in gran parte interessata da superfici a prevalente destinazione agricola e con la presenza di alcune aree naturali che tutelano aree umide di valore e le biocenosi specifiche di interesse. L'uso del suolo è prevalentemente caratterizzato sia da tessuto urbano, commerciale ed infrastrutturale, a cui si associano aree verdi urbane e ricreative, sia da superfici agricole principalmente dominate da seminativi irrigui e non irrigui e, in misura minore, da zone umide (corsi d'acqua, specchi d'acqua e paludi interne).

L'ambito di studio si caratterizza per la presenza di habitat e specie di importante interesse conservazionistico, ancora presenti in forma relittuale in alcune zone specifiche e delimitate, come testimonia la presenza di aree protette naturali a differente livello di tutela (Natura 2000, EUAP, SIR, ANPIL). Per il resto del territorio la diversità biologica è bassa poiché risultano molto diffuse un numero complessivamente ristretto di specie vegetali.

Le superfici agricole (39,9%) insieme a quelle antropizzate (47,7%), rappresentative di ambiti non naturali, costituiscono quasi il 90% del territorio compreso nell'ambito di studio. Il tessuto agricolo è prevalentemente composto da seminativi (35,1%) e in misura minore da colture permanenti (oliveti e vigneti), zone agricole eterogenee costituite da sistemi colturali complessi e colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti, e prati permanenti. L'agricoltura prevalente è a cereali, leguminose e altro.

La matrice agricola ha pochi e limitati elementi residui ed aree di rifugio per la fauna (siepi e filari arborei) che ne aumenterebbero la valenza ecologica. Alle aree agricole seguono, per estensione, le aree verdi urbane (4,4%) comprendenti parchi urbani di varia natura, giardini pubblici e privati, ville comunali, spazi ricreativi e impianti sportivi, e la vegetazione con un più alto valore naturale, quali la vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione (4,3%), zone umide (3,3%) quali corsi e specchi d'acqua e paludi interne con vegetazione umida spontanea, e in misura minore, boschi di latifoglie e zone aperte con vegetazione rada o assente (<1%). Tali aree si trovano sparse nel territorio e principalmente nelle aree naturali protette "Stagni della piana fiorentina e pratese", "Podere la Querciola" e "Stagni di Focognano".

**Tabella 17 Estensione delle aree con presenza di elementi vegetazionali e loro percentuale di incidenza rispetto all'ambito di studio. Quadrante Nord-Ovest**

<i>Tipologie vegetazionali</i>	<i>Estensione area (ha)</i>	<i>Incidenza %</i>
Boschi di latifoglie	1	0,0
Vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione	108	4,3
Zone aperte con vegetazione rada o assente	10	0,4
Seminativi	874	35,1
Colture permanenti	27	1,1
Zone agricole eterogenee	62	2,5
Prati permanenti	29	1,2
Zone umide	82	3,3
Aree antropizzate	1186	47,7
Aree verdi urbane	109	4,4
<i>Totale</i>	<i>2488</i>	<i>100</i>



**Figura 54 Uso del suolo ad orientamento vegetazionale; Quadrante nord-ovest**

### 3.6.2.2 Grado di naturalità

L'analisi del grado di naturalità risulta uno strumento utile all'analisi del territorio, consentendo di rappresentare in modo sintetico ed efficace la distribuzione spaziale delle formazioni vegetali e di ordinarle, secondo modelli di aggregazione, in funzione dei fattori ambientali e del grado di influenza antropica. I livelli più elevati di naturalità si rinvencono laddove la presenza di fitocenosi spontanee denotano un buon grado di maturità nella serie di vegetazione e sono coerenti con le condizioni stazionali; le modificazioni indotte dalla presenza di insediamenti e di attività umane e le alterazioni del generale assetto paesaggistico sono relative invece ad ambiti con livelli di naturalità da molto bassa a bassa. Nel territorio in esame le aree a maggiore valore sono rappresentate da porzioni di territorio dislocate non in continuità sul territorio, appartenenti prevalentemente alle zone umide (corsi e specchi d'acqua e paludi interne) in cui è presente la vegetazione umida spontanea che, in quanto tale, ha un valore elevato di naturalità (Figura). Tali aree sono ricomprese per la maggior parte nelle aree protette di interesse naturale tutelate e sottoposte a

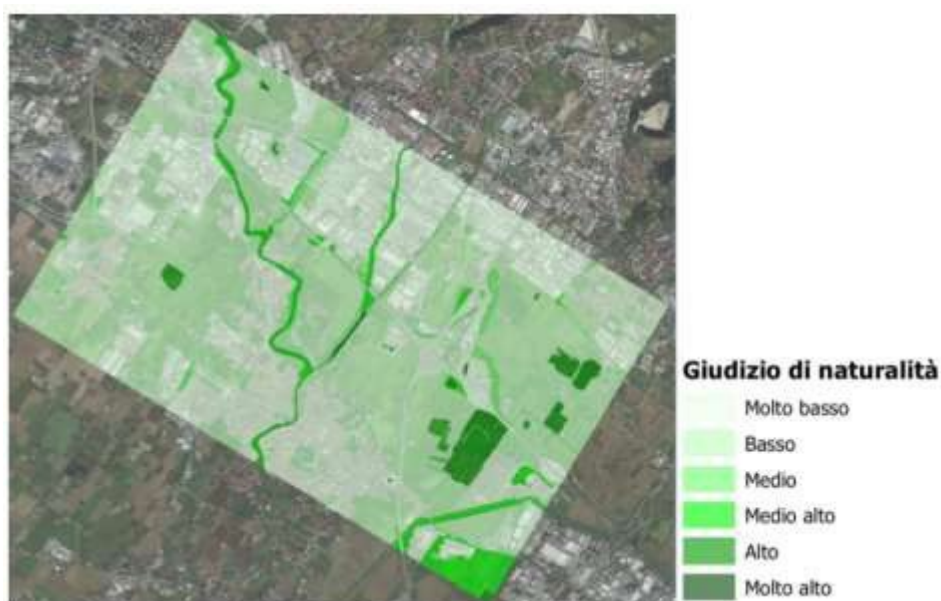
diversi gradi di conservazione. In Tabella sono riportate le diverse classi di grado di naturalità individuate nell'area di studio e, sulla base di queste, le percentuali di incidenza sull'area stessa. Dalla suddetta tabella si evince che:

- g. oltre il 90% del territorio analizzato ha un valore del grado di naturalità compreso da molto basso a basso;
- h. il 5,9 % ha un valore da medio a medio-alto;
- i. solo il 3,3 % ha un valore del grado di naturalità alto;
- j. la presenza delle aree con valore molto alto è assolutamente trascurabile (0,04%).

Ne deriva che meno dell'8% del territorio analizzato, corrispondente a circa 190 ettari complessivi, può considerarsi a naturalità medio-alta e alta. Di questo, solo una porzione assolutamente marginale risulta sottesa o adiacente alla curva di probabilità  $1 \times 10^{-8}$  di cui allo scenario peggiorativo P4 di rilascio di combustibile e, pertanto, potenzialmente esposta a scenari di alterazione e/o sottrazione diretta per incendio a priori non trascurabili. Si tratta inoltre, come evidenziato in Figura, per lo più di aree e ambiti spondali afferenti al reticolo idraulico minore, in relazione ai quali può ritenersi che anche l'eventuale perdita temporanea (comunque reversibile) di loro piccole porzioni e/o tratti non alteri la valenza ecologica e naturalistica del corpo idrico correlato e delle specie biotiche ivi presenti.

**Tabella 18 Estensione delle aree a diverso grado di naturalità e loro percentuale di incidenza rispetto all'ambito di studio.**

Classe di Naturalità	Giudizio di Naturalità	Estensione area (ha)	Incidenza %
1	Molto basso	1186	47,6
2	Basso	1073	43,1
3	Medio	39	1,6
4	Medio alto	108	4,3
5	Alto	82	3,3
6	Molto alto	1	0,0
	<i>Totale</i>	<i>2488</i>	<i>100</i>



**Figura 55 Grado di Naturalità dell'area di studio; Quadrante nord-ovest.**

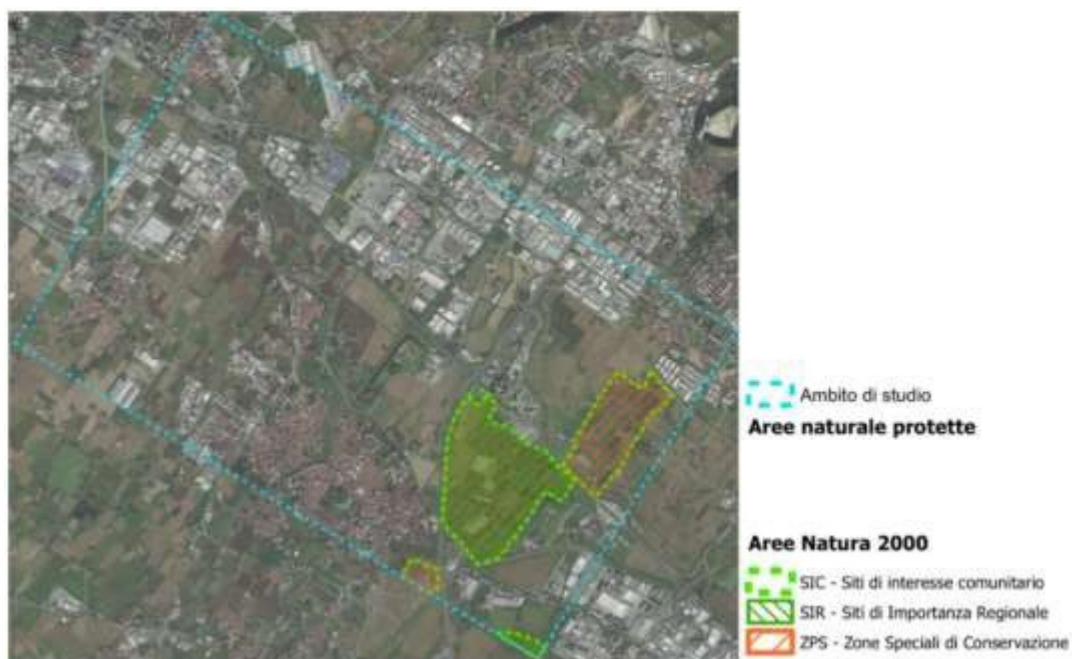


### 3.6.2.3 Aree naturali protette e siti Natura 2000

Le aree protette ricadenti nell'ambito di studio sono caratterizzate da una dislocazione a mosaico all'interno del tessuto urbano dell'area fiorentina; si tratta di ambienti relittuali un tempo molto estesi. Una delle maggiori criticità del sistema delle aree protette suddetto è quello di un'eccessiva frammentazione degli habitat, con il conseguente impoverimento della componente biodiversità. L'Ambito di studio relativo al quadrante nord-ovest comprende le seguenti aree protette e siti Natura 2000:

- a) SIR45 - SIC/ZPS/ZSC IT5140011 "Stagni della piana fiorentina e pratese": l'area è catalogata come Sito di Importanza Regionale (SIR 45), Sito di Importanza Comunitaria e Zona di Protezione Speciale (SIC/ZPS IT5140011); è inserita nel VI Elenco Ufficiale delle Aree Protette (EUAP – Sez. Altre Aree Naturali Protette Regionali);
- b) IBA 083: l'area è catalogata come Important Bird Area of Europe (Heath & Evans eds. 2000);
- c) ANPIL "Podere La Querciola";
- d) ANPIL "Stagni di Focognano".

La ubicazione di tali aree è rappresentata in Figura. In riferimento ad essa, si ricorda che, come noto, il progetto di Masterplan prevede comunque la sottrazione diretta di talune porzioni della ZSC Stagni della piana fiorentina e pratese, nonché dell'ANPIL Podere La Querciola.



*Figura 56 Aree Rete Natura 2000; Quadrante nord-ovest.*

### 3.6.2.4 ANPIL – Area Naturale Protetta di Interesse Locale

Di seguito sono rappresentate e descritte le Aree Naturali Protette di Interesse Locale (ANPIL) appartenenti al Quadrante nord-ovest (FIGURA):

- k. Podere La Querciola;
- l. Stagni di Focognano.



**Figura 57 Aree Naturali Protette di Interesse Locale; Quadrante nord-ovest.**

### 3.6.2.5 IBA – Important Bird Area

Gli *Important Bird Area (IBA)*, sono delle aree che rivestono un ruolo chiave per la salvaguardia degli uccelli e della biodiversità, la cui identificazione è parte di un progetto a carattere mondiale, curato da BirdLife International. Nell’ambito della pianura Fiorentina risultano presenti 7 aree IBA. Tali aree sono disgiunte e rappresentano gli stagni più significativi per l’avifauna. Fra questi 2 IBA rientrano nell’ambito di studio Quadrante nord-ovest. Tra le specie che rientrano in categorie e criteri IBA:

- m. Sgarza ciuffetto *Ardeola ralloides* B C6,
- n. il Cavaliere d’Italia *Himantopus himantopus* B C6.

Tra le Specie prioritarie per la gestione: Nitticora (*Nycticorax nycticorax*).



**Figura 58: Important Bird Areas; Quadrante nord-ovest**

### **3.6.2.6 Valutazione di sintesi**

In relazione alle analisi sopra riportate, si può asserire che il quadrante territoriale oggetto di studio è caratterizzato da un generale basso grado di naturalità e dalla presenza di ambienti prevalentemente antropizzati o caratterizzati da tessuto agricolo. Al di là delle aree naturali protette dislocate entro l'areale di studio, peraltro in parte già interessate dall'interferenza diretta con le opere di Masterplan, si riscontra che i principali ambiti a naturalità medio-alta corrispondono agli ambienti spondali che talvolta caratterizzano i corpi idrici superficiali afferenti al reticolo idraulico minore. In tal caso, i prevedibili fattori di pressione ambientale indotti dagli eventi incidentali oggetto di studio si riconducono principalmente a quelli già analizzati in termini di sversamento/trasporto di inquinanti lungo i corsi d'acqua o perdita di ambienti naturali per incendio incontrollato.

Si tratta, comunque, di fattori di impatto reversibili a breve/medio termine che, al più, potranno interessare limitate porzioni e tratti del reticolo idraulico minore, allo stato attuale non caratterizzato da specie animali fluviali di particolare interesse. Le specie ornitiche presenti sono, invece, caratterizzate da elevata vagilità, tale da consentirgli il rapido allontanamento dalle aree colpite dall'evento incidentale.

### **3.6.3 Analisi del quadrante sud-est**

Si riporta di seguito, per esclusiva finalità di completezza di studio, l'analisi del quadrante territoriale Sud-Est, evidenziando che gli sia gli studi probabilistici propedeutici di cui all'applicazione delle procedure standard dell'art. 715 del Codice della Navigazione indirizzate a finalità esclusivamente urbanistiche (condotti da ENAC in collaborazione con l'Università La Sapienza di Roma), sia gli studi dinamici condotti dall'Università di Napoli Federico II, hanno evidenziato in tale ambito una stima di probabilità di incidente aereo assolutamente trascurabile (dell'ordine di  $1 \times 10^{-8}$  o, addirittura, inferiore).

#### **3.6.3.1 Uso del suolo ad orientamento vegetazionale**

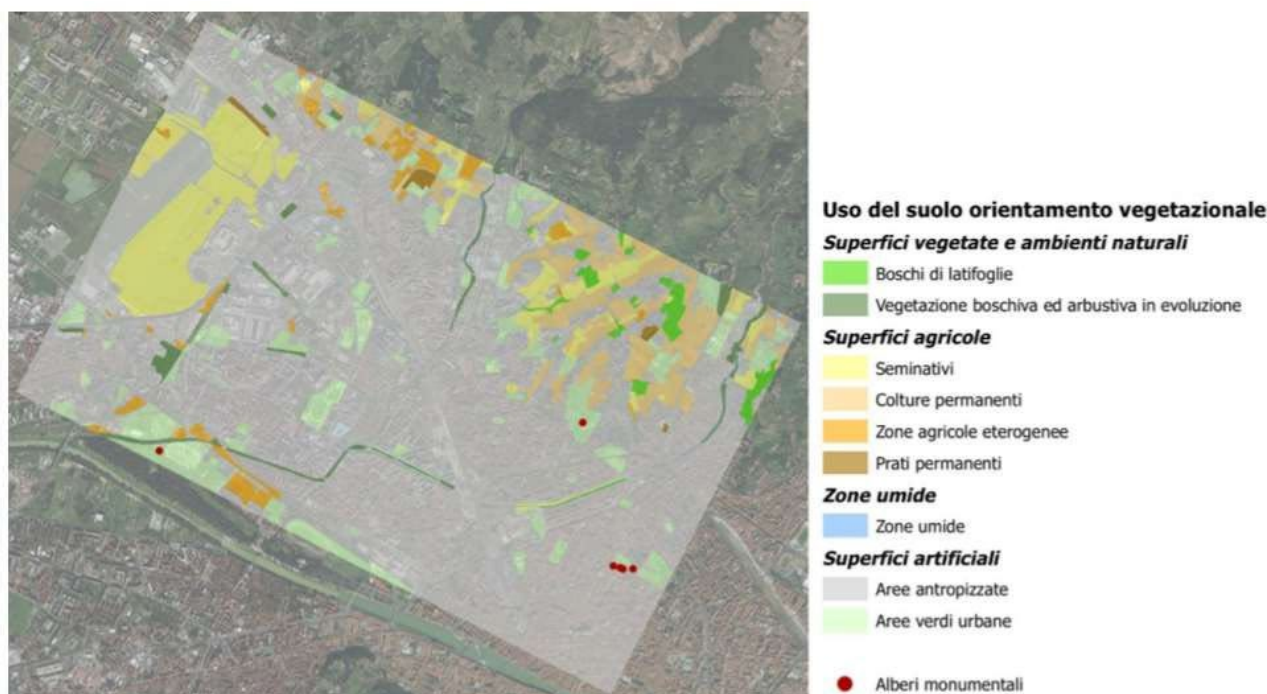
Le aree antropizzate (73,1%) con associate le aree verdi urbane (8,5%), comprendenti parchi urbani di varia natura, giardini pubblici e privati, ville comunali, spazi ricreativi e impianti sportivi, costituiscono più dell'80% del territorio ricompreso nell'ambito di indagine.

Il tessuto agricolo è prevalentemente composto da seminativi (8,0%) e in misura minore da colture permanenti (oliveti e vigneti), zone agricole eterogenee costituite da sistemi colturali complessi e colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti, e prati permanenti.

Alle aree agricole seguono per estensione la vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione (1,4%), i boschi di latifoglie (1%) e le zone umide (< 1%). Tali aree si trovano sparse nel territorio e principalmente in prossimità dei corsi d'acqua e più nello specifico nell'area naturale protetta "Torrente Terzolle" (ANPIL).

**Tabella 19 Estensione delle aree con presenza di elementi vegetazionali e loro percentuale di incidenza rispetto all'ambito di studio. Quadrante Sud-Est**

<i>Tipologie vegetazionali</i>	<i>Estensione area (ha)</i>	<i>Incidenza %</i>
Boschi di latifoglie	26	1,0
Vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione	34	1,4
Seminativi	198	8,0
Colture permanenti	142	5,7
Zone agricole eterogenee	46	1,8
Prati permanenti	8	0,3
Zone umide	5	0,2
Aree antropizzate	1818	73,1
Aree verdi urbane	211	8,5
<i>Totale</i>	<i>2488</i>	<i>100</i>



**Figura 59 Uso del suolo ad orientamento vegetazionale; Quadrante sud-est.**

### 3.6.3.2 Grado di naturalità

Per quanto riguarda il grado di naturalità del Quadrante sud-est, i livelli più elevati di naturalità coinvolgono una porzione quasi trascurabile dell'area e si rinvencono in alcune porzioni di territorio dislocate non in continuità sul territorio, inclusi nell'area naturale protetta "Torrente Terzolle" (ANPIL) e lungo i corsi d'acqua Torrente Terzolle e Torrente Mugnone (Figura). In Tabella sono riportate le diverse classi di grado di naturalità individuate nell'area in esame e, sulla base di queste, le percentuali di incidenza sull'area stessa. Dalla suddetta tabella si evince che:

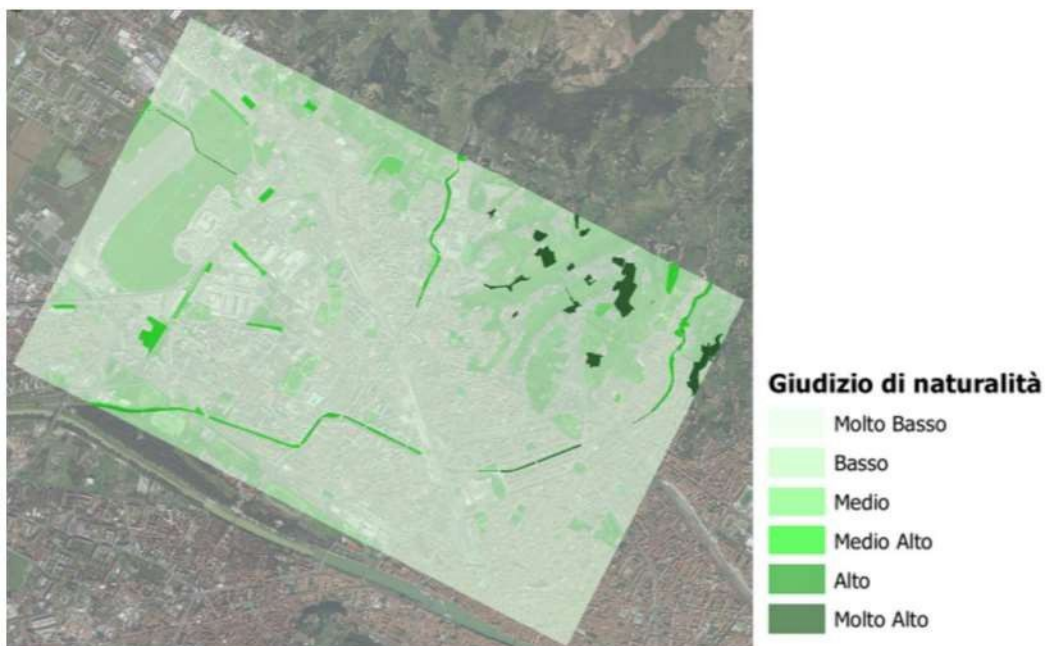
- il 97,1 % del territorio in esame ha un valore del grado di naturalità da molto basso a basso;
- l'1,7 % del territorio in esame ha un valore del grado di naturalità con un valore da medio a medio-alto;

- l'1,2 % del territorio in esame ha un valore del grado di naturalità con un valore da alto a molto alto.

Ne deriva che meno dell'3% del territorio analizzato, corrispondente a circa 65 ettari complessivi, può considerarsi a naturalità medio-alta, alta e molto alta. Di questo, nessuna porzione risulta sottesa a curve di probabilità di incidente e/o di sversamento (scenario P4) superiore a  $1 \times 10^{-8}$ .

**Tabella 20 Estensione delle aree a diverso grado di naturalità e loro percentuale di incidenza rispetto all'ambito di studio.**

<i>Classe di Naturalità</i>	<i>Giudizio di Naturalità</i>	<i>Estensione area (ha)</i>	<i>Incidenza %</i>
1	Molto basso	1818	73,1
2	Basso	597	24,0
3	Medio	8	0,3
4	Medio alto	34	1,4
5	Alto	5	0,2
6	Molto alto	26	1,0
	<i>Totale</i>	<i>2488</i>	<i>100</i>



**Figura 60 Grado di Naturalità del territorio; Quadrante sud-est**

### 3.6.3.3 Aree naturali protette, siti Natura 2000 e ANPIL

Le aree protette ricadenti nell'ambito di studio sono caratterizzate da una dislocazione a mosaico all'interno del tessuto urbano dell'area fiorentina; si tratta di ambienti relittuali un tempo molto estesi. Nell'ambito di studio relativo al quadrante sud-est l'area protetta presente coincide con l'area ANPIL (Area Naturale Protetta di Interesse Locale) denominata "Torrente Terzolle" (Figura).

Di queste, nessuna di esse risulta sottesa a curve di probabilità di incidente e/o di sversamento (scenario P4) superiore a  $1 \times 10^{-8}$ .



*Figura 61 Aree Naturali Protette di Interesse Locale; Quadrante sud-est*

#### **3.6.3.4 Valutazione di sintesi**

Sulla base delle analisi svolte, il Quadrante territoriale sud-est è caratterizzato da un basso grado di naturalità e dalla presenza di ambienti prevalentemente antropizzati o caratterizzati da tessuto agricolo. Le uniche forme di interesse naturalistico presenti nell'area di studio ricadono nella sezione nord-est, non interessata non solo dalle rotte aeronautiche, ma neppure sottesa da curve di probabilità di incidente o di rilascio con valori superiori a  $1 \times 10^{-8}$ . Ogni evento incidentale, e ogni correlata conseguenza, può pertanto ritenersi assolutamente trascurabile.

### **3.7 SALUTE UMANA: IMPATTI DIRETTI E INDIRECTI**

I rischi per la salute umana, intesa quale tutela della vita umana e, pertanto, quale rischio di morte, indotti dagli scenari diretti (crash, irraggiamento da incendio, ecc.) e indiretti (effetto domino) di eventi incidentali legati alla caduta di aeromobili sono stati analizzati nel lavoro realizzato dalle Università di Napoli e di Bologna, sulla base del precedente analogo studio realizzato congiuntamente tra Università di Napoli Federico II, Università di Bologna, Università della Campania e Università di Pisa, a cui si fa riferimento per le valutazioni di rischio locale.

## 4 CONCLUSIONI

Si riportano di seguito sintetiche conclusioni circa le quantificazioni e valutazioni ambientali condotte nell'ambito del presente studio, volte ad una preventiva analisi e verifica dei potenziali effetti indotti da un incidente aereo sul territorio e sull'ambiente interessati.

Le analisi condotte evidenziano, nel complesso, che, sia in considerazione delle caratteristiche sito- specifiche degli ambiti territoriali potenzialmente coinvolti, sia in considerazione delle condizioni di rischio intrinsecamente correlate al previsto esercizio aeronautico di progetto, gli effetti di eventuali incidenti aerei sull'ambiente, sul paesaggio, sul patrimonio culturale e sulla salute umana possono ritenersi non critici, per lo più reversibili a breve/medio termine, e comunque ben gestibili attraverso l'attuazione di comuni procedure/interventi di mitigazione e gestione dell'emergenza.

Le probabilità di accadimento di un incidente aereo con impatto a terra dell'aeromobile e contestuale rilascio di combustibile, così come desumibili dagli studi condotti dall'Università di Napoli, risultano inoltre contenute (mai superiori a  $1 \times 10^{-8}$ ) e tali da sottendere ambiti territoriali molto limitati per estensione. Le analisi ambientali condotte, tuttavia, cautelativamente non considerano le probabilità di accadimento degli scenari incidente e di impatto definiti, limitandosi prioritariamente alla valutazione (in termini "assoluti" e non "relativi" rispetto alla scala di probabilità) delle relative conseguenze.

**ARIA e SALUTE UMANA (esposizione a contaminanti rilasciati in atmosfera):** l'impatto sulla qualità dell'aria e, conseguentemente, sulla salute umana (esposizione ed inalazione di contaminanti rilasciati in atmosfera) può originarsi dalla dispersione del carburante rilasciato in seguito al danneggiamento di uno o più serbatoi dell'aeromobili in caso di crash. Il carburante può, successivamente, disperdersi o trovare innesco e luogo con l'incendio a rilascio di sostanze inquinanti. Tale fenomeno, nello scenario peggiore considerato, risulta transitorio e di breve durata, per cui si può ritenere che non vi siano effetti in grado di compromettere sensibilmente e/o criticamente la qualità dell'aria, né significativi aggravati di rischio per questa componente. Dovranno, tuttavia, essere messe in atto misure di tutela della popolazione dando tempestiva comunicazione dell'evento alla cittadinanza e raccomandando le misure di precauzione previste dai piani di emergenza di protezione civile in caso di incendi.

**ACQUE SUPERFICIALI:** l'impatto che si può prevedere rispetto alle acque superficiali è prioritariamente legato allo sversamento del carburante dai serbatoi dell'aeromobile, danneggiati in seguito a crash, in un corpo idrico superficiale, per caduta immediata o per drenaggio. Preso a riferimento il corpo idrico principale dell'area di interesse (fiume Arno), i tempi previsti perché il combustibile possa raggiungere, per trasporto lungo il reticolo idraulico minore, detto corso d'acqua sono risultati dell'ordine di alcune ore. Conseguentemente non si ritiene significativo e/o critico l'impatto associato a questo tipo di fenomeno incidentale poiché i tempi calcolati permettono la regolare attivazione delle consuete misure di emergenza e procedure di emergenza specifiche (contenimento dello sversamento nel corpo idrico, utilizzo di panne assorbenti e di confinamento, utilizzo di sistemi di aspirazione, ecc.) con conseguente mitigazione e riduzione del rischio ambientale indotto.

**ACQUE SOTTERRANEE:** è stata valutata la possibilità che un rilascio incidentale di combustibile in corrispondenza di aree drenanti non pavimentate (ad es. aree rurali) possa percolare e permeare nel sottosuolo, con potenziale rischio di raggiungimento ed inquinamento delle falde acquifere sotterranee.



Vista la profondità della risorsa idrica sotterranea e la composizione del terreno, si può concludere che l'impatto non determini rischio rilevabile in tal senso anche considerando un locale abbassamento del piano di campagna conseguente all'impatto a terra dell'aeromobile.

**SUOLO E SOTTOSUOLO:** lo sversamento di combustibile in corrispondenza di aree non pavimentate (ad es. aree rurali) potrà determinare un locale superamento delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione di riferimento. Tuttavia, si riscontra come tale contaminazione raggiungerebbe, dopo un intero anno dall'evento incidentale, solo i primi 40 cm di terreno di profondità nel caso (assolutamente teorico e irrealistico) in cui non venga attuato alcun intervento emergenziale di rimozione, anche parziale, del carburante sversato. Considerato che un qualsivoglia comune intervento di emergenza andrebbe a mitigare significativamente gli effetti del fenomeno, si conclude che gli effetti del fenomeno su suolo e sottosuolo possano ritenersi non rilevanti e comunque ben approcciabili e gestibili "ex-post" attraverso l'attuazione di consolidate procedure di gestione di terreni potenzialmente contaminati previste dalla normativa vigente.

**INCENDI INCONTROLLATI:** la velocità di propagazione di un incendio riferita alle specifiche aree boschive presenti nell'area vasta di studio è stata studiata attraverso la verifica delle velocità del vento registrate nella zona. Dai dati anemologici verificati risulta che la massima velocità di propagazione possibile può comunque ritenersi tale da permettere una tempestiva mitigazione ed un altrettanto tempestivo controllo dell'incendio attraverso l'attuazione delle consuete procedure di emergenza previste dagli Enti tecnici preposti.

**PAESAGGIO E BENI CULTURALI:** il rischio associato ad un impatto diretto (crash) di un aeromobile sui beni architettonici ed archeologici specificatamente individuati e censiti nell'area di studio risulta sensibilmente inferiore a quello intrinsecamente correlato alla sismicità della zona, che pur risulta essere, nel contesto di analisi, di livello basso.

**FLORA E FAUNA:** i quadranti territoriali oggetto di studio risultano complessivamente caratterizzati da una bassa naturalità, per prevalente presenza di ambienti antropizzati o caratterizzati dal tessuto agricolo. La contestuale limitata estensione degli ambiti a naturalità medio-alta contribuisce a definire un basso rischio di impatto sul benessere della flora e della fauna. Le specie biotiche di maggior interesse risultano, inoltre, per lo più quelle ornitologiche, intrinsecamente caratterizzate da elevata vagilità.

**SALUTE UMANA (rischio locale di morte):** tale tematica è risultata oggetto di uno specifico studio redatto dalle Università di Napoli Federico II e di Bologna, sulla base del precedente analogo studio coordinato dall'Università di Napoli Federico II in collaborazione con l'Università di Bologna, l'Università della Campania e lo scrivente Dipartimento dell'Università di Pisa, al quale si rimanda per consultazioni di dettaglio. Lo studio contiene specifiche valutazioni di impatto e rischio, e considera gli effetti diretti e indiretti (ovvero effetti domino in impianti a rischio di incidente rilevante) dovuti al crash di un aeromobile e allo sversamento di carburante dai serbatoi con conseguenti incendi.

## **5 ALLEGATI**

- ✓ Relazione di caratterizzazione del territorio
- ✓ Schede beni di interesse culturale e paesaggistico
- ✓ Tavole Grafiche quadrante nord ovest
- ✓ Tavole Grafiche quadrante sud-ovest