



EUROPEAN COMMISSION
JOINT RESEARCH CENTRE

Directorate G - Nuclear Safety & Security
G.III.9 - JRC Nuclear Decommissioning

Studio di Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE

Allegato 1

Studio di impatto atmosferico del cantiere Demolizioni convenzionali del Complesso INE

Numero documento: NE.40.1225.A.004

ND.40.0401013.A.003

Data: Febbraio 2020

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 02	Studio Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE - Studio di impatto atmosferico del cantiere Demolizioni convenzionali del Complesso INE	1 di 43
---	---------	--	---------

INDICE

TAVOLE	2
TABELLE	3
FIGURE	4
ACRONIMI	6
1. PREMESSA	7
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E PROGETTUALE	8
2.1 Localizzazione dell'area di studio	8
2.2 Descrizione degli interventi	8
2.3 Qualità dell'aria	11
3. CATENA MODELLISTICA ADOTTATA E RICOSTRUZIONE DELL'INPUT METEOROLOGICO	13
3.1 Ricostruzione dell'input meteorologico	14
3.1.1 <i>Il modello globale Weather Research and Forecasting (WRF)</i>	14
3.1.2 <i>Il modello CALMET</i>	15
3.1.3 <i>Analisi dei dati meteorologici</i>	20
4. STIMA DELLE EMISSIONI E VALUTAZIONE DI IMPATTO SULLA QUALITA' DELL'ARIA	25
4.1 Il modello di dispersione CALPUFF	25
4.2 Input emissivo del modello.....	26
4.2.1 <i>Emissioni dei mezzi di cantiere</i>	26
4.2.2 <i>Emissioni dovute al trasporto del materiale di cantiere</i>	28
4.2.3 <i>Emissioni di polveri dovute alla movimentazione e manipolazione di materiali polverulenti</i>	29
4.2.4 <i>Demolizione degli edifici, frantumazione e vagliatura degli inerti</i>	30
4.2.5 <i>Movimentazione degli inerti e del materiale da cava</i>	31
4.2.6 <i>Scavi e sbancamenti</i>	32
4.2.7 <i>Risollevamento delle polveri da parte del vento</i>	33
4.2.8 <i>Emissioni totali stimate</i>	34
4.2.9 <i>Cronoprogramma delle attività di cantiere</i>	35
4.2.10 <i>Simulazioni modellistiche del cantiere</i>	38
4.3 Risultati delle simulazioni.....	39
4.3.1 <i>Recettori residenziali</i>	41
5. CONCLUSIONI	44

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 02	Studio Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE - Studio di impatto atmosferico del cantiere Demolizioni convenzionali del Complesso INE	2 di 43
---	---------	--	---------

TAVOLE

TAVOLA 1: NO₂ – MEDIA ANNUA

TAVOLA 2: NO₂ – PERCENTILE ORARIO

TAVOLA 3: NO_x – MEDIA ANNUA

TAVOLA 4: PM₁₀ – MEDIA ANNUA

TAVOLA 5: PM₁₀ – PERCENTILE GIORNALIERO

TAVOLA 6: PM_{2,5} – MEDIA ANNUA

TAVOLA 7: CO – MASSIMA MEDIA MOBILE GIORNALIERA SU 8 ORE

TAVOLA 8: SO₂ – MEDIA ANNUA

TAVOLA 9: SO₂ – PERCENTILE GIORNALIERO

TAVOLA 10: SO₂ – PERCENTILE ORARIO

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 02	Studio Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE - Studio di impatto atmosferico del cantiere Demolizioni convenzionali del Complesso INE	3 di 43
---	---------	--	---------

TABELLE

TABELLA 2-1. SEQUENZA GENERALE DELLE ATTIVITÀ PER LA DISATTIVAZIONE DEL COMPLESSO INE	9
TABELLA 2-2. CONSISTENZA DEGLI INTERVENTI DI DEMOLIZIONE CONVENZIONALE.....	10
TABELLA 2-3. BILANCIO DEI VOLUMI MATERIALI DI RIPRISTINO.....	10
TABELLA 3-1. MODELLI METEOROLOGICI GLOBALI UTILIZZATI NELLA SIMULAZIONE WRF	15
TABELLA 3-2. SISTEMA DI CLASSIFICAZIONE DEL 'U.S. GEOLOGICAL SURVEY' DELLE CATEGORIE DI USO DEL SUOLO....	16
TABELLA 4-1. TIPOLOGIA DEI MEZZI MECCANICI UTILIZZATI IN FASE DI CANTIERE	27
TABELLA 4-2. FATTORI EMISSIVI UTILIZZATI IN G/KWH (FONTE: EMEP/EEA AIR POLLUTANT EMISSION INVENTORY GUIDEBOOK, 2016 – GROUP 1.A.4: NON ROAD MOBILE MACHINERY) CALCOLATI COME MEDIA PESATA RISPETTO ALLA DISTRIBUZIONE DELLE IMMATRICOLAZIONI NELL'ANNO 2017	27
TABELLA 4-3. EMISSIONI TOTALI STIMATE PER L'UTILIZZO DEI MEZZI MECCANICI NELLA FASE DI CANTIERE.....	28
TABELLA 4-4. TIPOLOGIA DEI MEZZI MECCANICI UTILIZZATI IN FASE DI CANTIERE E RELATIVO IMPIEGO	28
TABELLA 4-5. FATTORI EMISSIVI UTILIZZATI IN G/KM PER I MEZZI PESANTI HEAVY DUTY VEHICLES – DIESEL > 32 T (FONTE: SINANET).....	29
TABELLA 4-6. EMISSIONI TOTALI DERIVANTI DAL TRANSITO DEI MEZZI PESANTI.....	29
TABELLA 4-7. FATTORI EMISSIVI UTILIZZATI PER LE OPERAZIONI DI DEMOLIZIONE, FRANTUMAZIONE E VAGLIATURA DEGLI INERTI.....	30
TABELLA 4-8. EMISSIONI STIMATE DI PM10 (KG) E PM2,5 (KG) PER LE OPERAZIONI DI DEMOLIZIONE, FRANTUMAZIONE E VAGLIATURA DEGLI INERTI	31
TABELLA 4-9. COSTANTE K IN FUNZIONE DELLE DIMENSIONI DEL PARTICOLATO	31
TABELLA 4-10. FATTORI EMISSIVI UTILIZZATI PER LE OPERAZIONI DI DEMOLIZIONE, FRANTUMAZIONE E VAGLIATURA DEGLI INERTI.....	32
TABELLA 4-11. EMISSIONI STIMATE DI PM10 (KG) E PM2,5 (KG) PER LE OPERAZIONI DI MOVIMENTAZIONE DEGLI INERTI E DEL MATERIALE DA CAVA.....	32
TABELLA 4-12. FATTORI EMISSIVI UTILIZZATI PER LE OPERAZIONI DI DEMOLIZIONE, FRANTUMAZIONE E VAGLIATURA DEGLI INERTI.....	33
TABELLA 4-13. EMISSIONI STIMATE DI PM10 (KG) E PM2,5 (KG) PER LE OPERAZIONI DI SCAVO	33
TABELLA 4-14. COSTANTE K IN FUNZIONE DELLE DIMENSIONI DEL PARTICOLATO	33
TABELLA 4-15. EMISSIONI TOTALI STIMATE IN KG E FASI DI UTILIZZO	34
TABELLA 4-16. EMISSIONI TOTALI STIMATE IN KG PER OGNI FASE DI UTILIZZO	35
TABELLA 4-17. RATEI EMISSIVI SIMULATI	38
TABELLA 4-18. ELENCO DELLE TAVOLE IN ALLEGATO.....	39
TABELLA 4-19. CONCENTRAZIONI MASSIME DI DOMINIO	40
TABELLA 4-20. STIMA DEL MASSIMO LIVELLO DI INQUINAMENTO MEDIO ANNUO FINALE	41
TABELLA 4-21. RECETTORI SENSIBILI INDIVIDUATI	41
TABELLA 4-22. CONCENTRAZIONI STIMATE PRESSO I RECETTORI PIÙ PROSSIMI ALL'AREA DI CANTIERE	42

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 02	Studio Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE - Studio di impatto atmosferico del cantiere Demolizioni convenzionali del Complesso INE	4 di 43
---	---------	--	---------

FIGURE

FIGURA 2-1. UBICAZIONE DEL COMPLESSO INE ALL'INTERNO DELL'AREA DEL JRC-ISPRA.....	8
FIGURA 2-2. AREA DI CANTIERE E FASI DI DEMOLIZIONE DELLE STRUTTURE CIVILI.....	9
FIGURA 2-3. ABBATTIMENTO DELLE POLVERI CON SISTEMI DUST-BUSTER.....	11
FIGURA 2-4. ANDAMENTO ANNUALE DELLE CONCENTRAZIONI DI PM _{2,5} E PM ₁₀ NELL'ARIA PRESSO IL SITO JRC-ISPRA DAL 1986 AL 2015 (FONTE: JRC – ISPRA ATMOSPHERE – BIOSPHERE – CLIMATE INTEGRATED MONITORING STATION, REPORT 2015).....	12
FIGURA 3-1. SCHEMA DI FLUSSO DELLA CATENA MODELLISTICA	13
FIGURA 3-2. ALTIMETRIA DEL DOMINIO DI SIMULAZIONE DI CALMET	18
FIGURA 3-3. DOMINIO DI CALCOLO PER WRF, CALMET E CALPUFF	19
FIGURA 3-4. LOCALIZZAZIONE DELLE STAZIONI METEOROLOGICHE ALL'INTERNO DEL JRC-ISPRA.....	19
FIGURA 3-5. ROSE DEI VENTI STAGIONALI COSTRUITE DAI DATI DI VELOCITÀ E DIREZIONE DEL VENTO REGISTRATI DALLA STAZIONE ABC-IS NEL 2015	21
FIGURA 3-6. VELOCITÀ MEDIA E MASSIMA PER SETTORE DI PROVENIENZA DEL VENTO REGISTRATE DALLA STAZIONE ABC-IS NEL 2015	22
FIGURA 3-7. GIORNO TIPO DI DIREZIONE DEL VENTO REGISTRATA DALLA STAZIONE ABC-IS NEL 2015	22
FIGURA 3-8. GIORNO TIPO DELLA VELOCITÀ DEL VENTO REGISTRATA DALLA STAZIONE ABC-IS NEL 2015	23
FIGURA 3-9. ANDAMENTO DELLA PRESSIONE ATMOSFERICA MEDIA REGISTRATA DALLA STAZIONE ABC-IS NEL 2015, ESPRESSA COME MEDIA GIORNALIERA E MEDIA MENSILE.	24
FIGURA 3-10. PRECIPITAZIONE GIORNALIERA E PRECIPITAZIONE ANNUA CUMULATE REGISTRATE NELLA STAZIONE ABC-IS NEL 2015	24
FIGURA 4-1. SCHEMA DI FUNZIONAMENTO DEL MODELLO CALPUFF	25
FIGURA 4-2. VALORI SOGLIA DI RIFERIMENTO PER ALCUNI TIPI DI MATERIALI (FONTE: EPA AP42 13.2.5).....	34
FIGURA 4-3. EMISSIONI TOTALI MENSILI IN KG DI NOX.....	36
FIGURA 4-4. EMISSIONI TOTALI MENSILI IN KG DI PM ₁₀	36
FIGURA 4-5. EMISSIONI TOTALI MENSILI IN KG DI PM _{2.5}	37
FIGURA 4-6. EMISSIONI TOTALI MENSILI IN KG DI CO	37
FIGURA 4-7. EMISSIONI TOTALI MENSILI IN KG DI SO ₂	38
FIGURA 4-8. LOCALIZZAZIONE DEI RECETTORI	42

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 02	Studio Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE - Studio di impatto atmosferico del cantiere Demolizioni convenzionali del Complesso INE	5 di 43
---	---------	--	---------

BIBLIOGRAFIA

Centro Tematico Nazionale Atmosfera Clima ed Emissioni in aria (CTN-ACE) “Linee guida per la scelta e l’uso dei modelli”, 2004

EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2016 <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016>

Environment Protection Agency (EPA) AP-42 (<https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-compilation-air-emission-factors>)

<http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/fetransp>

Provincia di Firenze e ARPA Toscana “Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti” (<http://www.provincia.fi.it/ambiente/documenti/#c925>)

www.wrf-model.org

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 02	Studio Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE - Studio di impatto atmosferico del cantiere Demolizioni convenzionali del Complesso INE	6 di 43
---	---------	--	---------

ACRONIMI

AFWA	Air Force Weather Agency
ABC-IS	Atmosphere-Biosphere-Climate Integrated monitoring Station
ADECO	Atelier de Démantèlement Eléments Combustibles Orgel
A/R	Andata/Ritorno
ATFI	Atelier Tubes de Force Irradiés
ARPA	Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente
CALPUFF	California Puff Model
CE	Comunità Europea
CTN-ACE	Centro Tematico Nazionale Atmosfera Clima ed Emissioni in aria
D.Lgs.	Decreto Legislativo
D.M.	Decreto Ministeriale
D&WM	Programma di smantellamento degli impianti nucleari e gestione dei relativi rifiuti
DEM	Digital Elevation Model
EEA	European Environment Agency
EMEP	European Monitoring and Evaluation Programme
EPA	Environmental Protection Agency
ESSOR	ESSais ORgel (Organique, eau lourde)
ETHEL	European Tritium Handling Experimental Laboratory
FAA	Federal Aviation Administration
FSL	Forecast System Laboratory
INE	Impianto Nucleare ESSOR
MATTM	Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
NCAR	National Center for Atmospheric Research
NGA	National Geospatial-Intelligence Agency
NIMA	National Imagery and Mapping Agency
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
ISPRA	Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
JRC	Joint Research Center
PERLA	PERformance Laboratory
PTS	Polveri Totali Sospese
PUNITA	PUIsed Neutron Interrogation Test Assembly
SIA	Studi di Impatto Ambientale
SCC	Source Classification Codes
SRTM3	Shuttle Radar Topography Mission 3
SINAnet	Sistema Informativo Nazionale Ambientale
U.S. EPA	Environmental Protection Agency
USGS	U.S. Geological Survey
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
UNECE-CLRTAP	United Nations Economic Commission for Europe - Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution
VA	Varese
VIA	Valutazione di Impatto Ambientale
WRF	Weather Research and Forecasting
WPS	WRF Pre-Processing System

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 02	Studio Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE - Studio di impatto atmosferico del cantiere Demolizioni convenzionali del Complesso INE	7 di 43
---	---------	--	---------

1. PREMESSA

- 1.0.0.1 Il Joint Research Center (JRC) di Ispra (VA) ha avviato un programma di disattivazione degli impianti nucleari e gestione dei relativi rifiuti (D&WM) finalizzato alla rimozione delle installazioni nucleari. Una delle installazioni nucleari soggette al programma di D&WN è il Complesso INE.
- 1.0.0.2 Il presente studio riporta la valutazione modellistica dell'impatto sulla qualità dell'aria delle attività di *decommissioning* del Complesso.
- 1.0.0.3 Il modello di dispersione utilizzato è CALPUFF, consigliato dall'U.S. EPA (*Environmental Protection Agency*) per la stima dell'impatto di sorgenti emissive sia nel caso del trasporto a medio e a lungo raggio, sia per applicazioni di ricadute nelle immediate vicinanze delle sorgenti con condizioni meteorologiche complesse.
- 1.0.0.4 CALPUFF è un modello di dispersione atmosferica non stazionario e multispecie che simula gli effetti di una meteorologia variabile nello spazio e nel tempo sul trasporto, la trasformazione e la rimozione degli inquinanti; può descrivere sorgenti puntiformi, volumetriche, areali e lineari.
- 1.0.0.5 I dati di input meteorologici 3D variabili nello spazio e nel tempo utilizzati derivano dal modello CALMET. Il sistema modellistico CALMET/CALPUFF può riprodurre fenomeni quali la stagnazione degli inquinanti (calme di vento), il ricircolo dei venti, e la variazione temporale e spaziale delle condizioni meteorologiche.
- 1.0.0.6 L'analisi svolta si struttura secondo il seguente schema:
- Inquadramento dell'area di studio;
 - Analisi dati meteo-climatici e ricostruzione dell'input meteorologico mediante la catena modellistica WRF-CALMET;
 - Stima delle emissioni e della dispersione degli inquinanti in atmosfera mediante il modello CALPUFF.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E PROGETTUALE

2.1 Localizzazione dell'area di studio

2.1.0.1 Il Complesso INE è ubicato all'interno del JRC, nel Comune di Ispra (VA). Il territorio su cui sorge il JRC-Ispra comprende una parte consistente del bacino del Lago Maggiore, posto a circa 1,5 km ad Ovest rispetto al sito studiato. La Figura 2-1 mostra l'ubicazione del Complesso all'interno del Centro.



Figura 2-1. Ubicazione del Complesso INE all'interno dell'area del JRC-Ispra

2.2 Descrizione degli interventi

2.2.0.1 La strategia generale adottata, così come descritto nel Piano di disattivazione, consisterà nel disattivare il Complesso INE in un'unica fase (disattivazione continua), rimuovendo tutto il materiale radioattivo, così da consentire il pieno rilascio del sito.

2.2.0.2 Il Progetto di disattivazione prevede:

- Il riassetto radiologico in sicurezza (decontaminazione);
- Lo smantellamento dei sistemi impiantistici;
- La demolizione di tutte le opere civili attualmente all'interno del Complesso INE (oggetto del presente studio).

2.2.0.3 A conclusione delle attività di decontaminazione e smantellamento, si renderà necessario un monitoraggio finale (*final survey*) in sito per confermare l'avvenuta rimozione di tutto il materiale radioattivo al fine di poter dichiarare l'area libera da qualsiasi vincolo di natura radiologica. Il monitoraggio finale "*final survey*" sarà eseguito prima della fase di demolizione delle opere civili,

che sarà svolta come attività "convenzionale", cioè in assenza di vincoli di natura radiologica. Si prevedono per questa fase 9 anni di intervento. Il cantiere per la fase di demolizione dovrebbe quindi avviarsi nel 2027.

2.2.0.4 Gli edifici presenti all'interno del Complesso INE, le cui strutture civili – una volta liberate dagli impianti oggetto di disattivazione e decontaminate – saranno demolite nell'ambito delle attività convenzionali, sono localizzati in Figura 2-2 suddivise nelle diverse fasi così come previsto dal cronoprogramma di progetto (Tabella 2-1).

2.2.0.5 Oltre agli edifici saranno oggetto di demolizione/rimozione anche le pavimentazioni dei piazzali e della viabilità interna al Complesso INE (Figura 2-2).

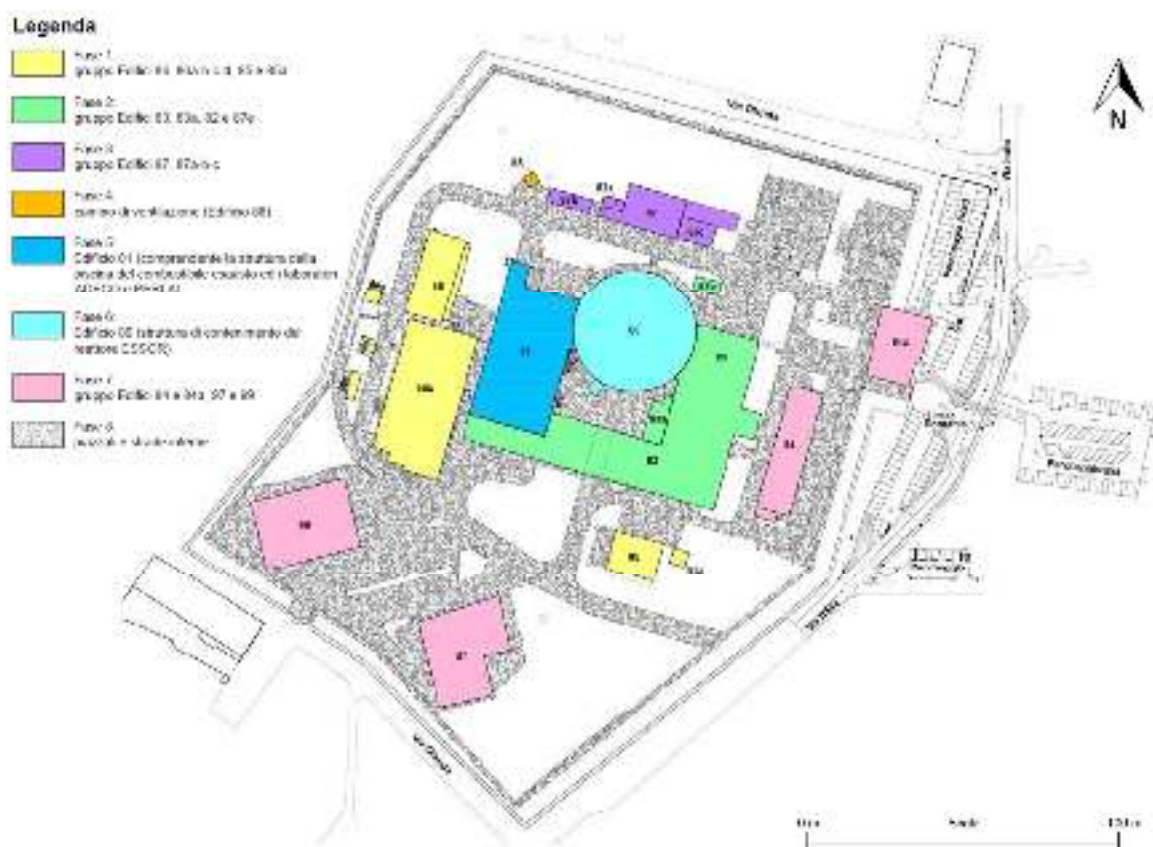


Figura 2-2. Area di cantiere e fasi di demolizione delle strutture civili

Tabella 2-1. Sequenza generale delle attività per la disattivazione del Complesso INE

Codice	Descrizione attività	Strutture civili	Durata (mesi)
F1	Allestimento cantiere e attività preliminari	-	2
F2	Fase di demolizione 1	ETHEL, torri di raffreddamento + edifici ausiliari	1,5
F3	Fase di demolizione 2	ATFI, Sala comando	2
F4	Fase di demolizione 3	Demolizioni edifici ausiliari del laboratorio PUNITA (non è considerata la demolizione del laboratorio PUNITA e dell'attiguo locale tecnico)	1,5
F5	Fase di demolizione 4	Camino	2

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 02	Studio Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE - Studio di impatto atmosferico del cantiere Demolizioni convenzionali del Complesso INE	10 di 43
---	---------	--	----------

Codice	Descrizione attività	Strutture civili	Durata (mesi)
F6	Fase di demolizione 5	Ed. 81 (ADECO, PERLA e piscina)	4
F7	Fase di demolizione 6	Ed. 80 (ESSOR)	6
F8	Fase di demolizione 7	Uffici, PZA, Magazzino e Officina	3
F9	Fase di demolizione 8	Piazzali e strade	2
F10	Attività di ripristino e smobilitazione	-	6
TOTALE			30

2.2.0.6 La tabella che segue riporta in sintesi la consistenza degli interventi di demolizione convenzionale per le strutture (edifici) ed infrastrutture (piazzali e viabilità interna) del Complesso INE in funzione di quanto riportato nel “Piano delle demolizioni convenzionali del Complesso INE”.

Tabella 2-2. Consistenza degli interventi di demolizione convenzionale

Superficie totale occupata dagli edifici civili oggetto di demolizione	Circa 12'000 m ²
Superficie totale occupata dai piazzali e strade oggetto di demolizione	Circa 18'000 m ²
<i>Superficie totale del Complesso INE</i>	<i>Circa 45'000 m²</i>
Volumetria complessiva delle strutture civili oggetto di demolizione	Circa 195.000 m ³ (Vuoto per Pieno)
Volumetria delle strutture civili interrato oggetto di demolizione	Circa 60.000 m ³ (Vuoto per Pieno)

2.2.0.7 È previsto il recupero on-site – previa caratterizzazione – dei materiali inerti derivanti dalle demolizioni convenzionali per il ripristino morfologico del sito ed in particolare per il riempimento delle cavità liberatesi a seguito della demolizione delle strutture civili interrate. Per tale scopo si prevede che il calcestruzzo armato subirà una prima operazione di deferrizzazione e frantumazione grossolana a piè d'opera/edificio e, successivamente, utilizzando uno o più impianti (frantoio/i), una frantumazione secondaria e vagliatura al fine di ottenere materiale di idonea granulometria/pezzatura per i riempimenti.

2.2.0.8 I quantitativi di inerti derivanti dalle demolizioni convenzionali utilizzati per il ripristino saranno integrati mediante approvvigionamento esterno di materiali certificati da cava e/o materiali riciclati certificati da impianti/siti di recupero. In Tabella 2-3 è riportato il bilancio dei volumi per i materiali di ripristino.

Tabella 2-3. Bilancio dei volumi materiali di ripristino

Materiali	Q.tà da approvvigionare Off-site (m ³)	Q.tà da approvvigionare On-site (m ³)	Totale (m ³)
Materiali inerti per riempimento	27.000	31.100	58.000
Terreno per modellazioni	15.000	-	15'000
TOTALE	42.000	31.000	73.000

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 02	Studio Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE - Studio di impatto atmosferico del cantiere Demolizioni convenzionali del Complesso INE	11 di 43
---	---------	--	----------

2.2.0.9 Per ridurre e contenere le emissioni di polvere in atmosfera saranno adottati i seguenti accorgimenti:

- Gli impianti mobili di frantumazione saranno preferibilmente alloggiati all'interno di aree coperte, negli Edifici 97 e 99 esistenti, e comunque saranno dotati di propri dispositivi per l'abbattimento delle polveri;
- Durante i lavori di demolizione vera e propria, allo scopo di contenere questa tipologia di emissioni nell'ambiente circostante, si opterà per attrezzature (quali pinze frantumatrici e attrezzature di taglio a disco o filo diamantato) che assicurino una bassa produzione di polveri;
- Allo stesso modo, per le strutture civili più consistenti (Edifici 80 e 81 e camino di ventilazione), saranno adottate procedure di demolizione controllata, mediante tecniche selettive di decostruzione;
- Durante i lavori saranno adottati sistemi specifici di abbattimento delle polveri come: innaffiamento di acqua da terra, con lancia o mini cannoni; *dust-buster*, che consiste in una cisterna collegata ad un braccio telescopico multidirezionale che garantisce l'irrorazione di acqua nebulizzata in corrispondenza del punto di produzione delle polveri (Figura 2-3); *fog cannon*, ovvero sistemi di produzione di acqua nebulizzata proiettata da terra.

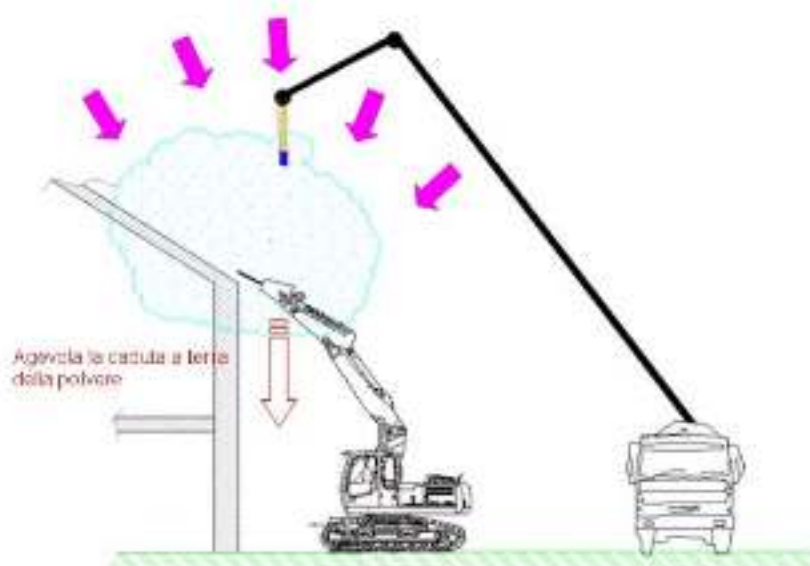


Figura 2-3. Abbattimento delle polveri con sistemi dust-buster

2.3 Qualità dell'aria

2.3.0.1 Nel sito in esame l'analisi della qualità dell'aria allo stato attuale, così come riportato nel Quadro di Riferimento Ambientale del SIA non ha evidenziato criticità in termini di biossido di zolfo, ossidi di azoto e monossido di carbonio. In relazione alle polveri (in particolare per le concentrazioni medie annue) si sono riscontrati in passato dei superamenti dei limiti di qualità dell'aria ma solo fino al 2005. Il trend, riportato nella figura seguente, è in netto miglioramento; si noti che nel 2015 (ultimo anno disponibile) la concentrazione media annua risulta pari a $27,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con 21 superamenti del limite su base giornaliera ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

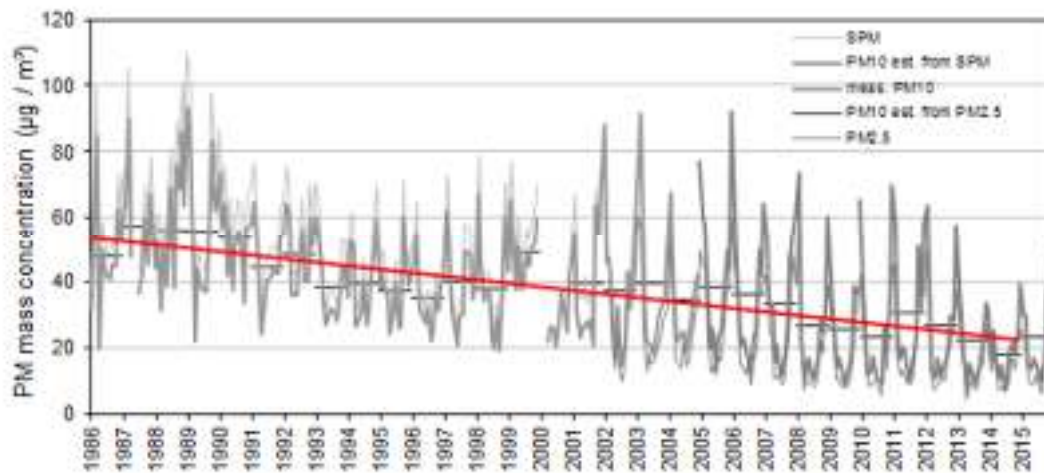


Figura 2-4. Andamento annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ e PM_{10} nell'aria presso il sito JRC-Ispra dal 1986 al 2015 (Fonte: JRC – Ispra Atmosphere – Biosphere – Climate Integrated monitoring Station, Report 2015)

2.3.0.2 Per una descrizione dettagliata si rimanda al Quadro di Riferimento Ambientale presente all'interno dello Studio di Impatto ambientale del progetto *Decommissioning INE* (NE.40.1225.A004).

3. CATENA MODELLISTICA ADOTTATA E RICOSTRUZIONE DELL'INPUT METEOROLOGICO

3.0.0.1 La valutazione dell'impatto ambientale dovuto alle procedure di disattivazione del Complesso INE è stata effettuata mediante l'applicazione della catena modellistica WRF-CALMET-CALPUFF, dove WRF e CALMET sono i modelli meteorologici e CALPUFF il modello per il calcolo delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera.

3.0.0.2 In Figura 3-1 si riporta uno schema di flusso della catena modellistica utilizzata, comprensiva dei principali pre-processor e post-processor impiegati.

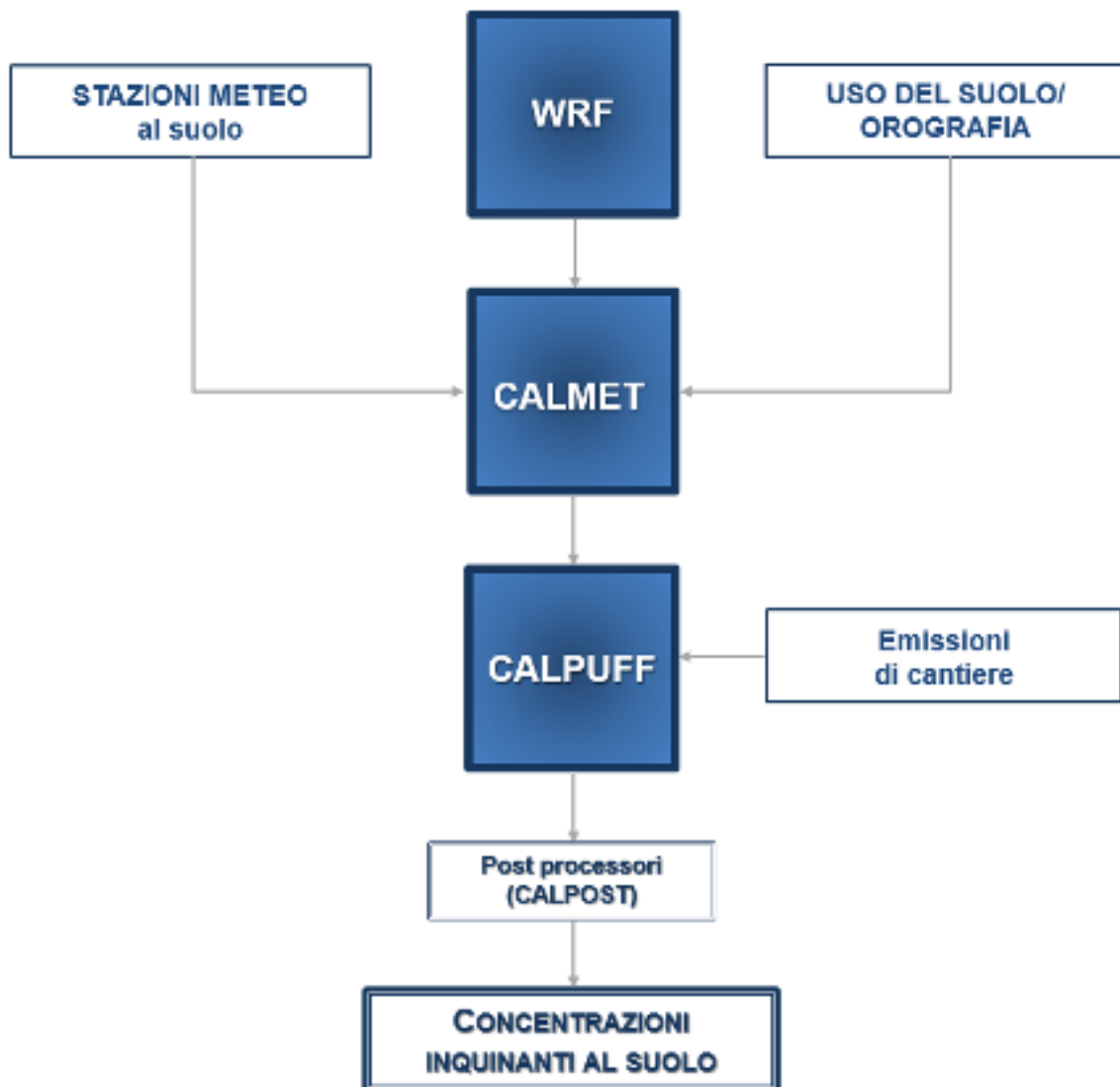


Figura 3-1. Schema di flusso della catena modellistica

3.0.0.3 WRF è un modello prognostico state-of-the-art tra i più avanzati a livello di ricerca scientifica, CALMET è un modello diagnostico state-of-the-art tra i più utilizzati ed infine CALPUFF è il modello suggerito da numerose agenzie nazionali per l'ambiente, come ISPRA italiana e EPA americana, per studi di valutazione di impatto ambientale in situazioni complesse. Tutti i modelli proposti sono aperti, pubblici e ampiamente referenziati a livello di pubblicazioni internazionali.

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 02	Studio Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE - Studio di impatto atmosferico del cantiere Demolizioni convenzionali del Complesso INE	14 di 43
---	---------	--	----------

3.0.0.4 Si evidenzia inoltre che il rapporto *“Linee guida per la scelta e l’uso dei modelli”* redatto dal Centro Tematico Nazionale Atmosfera Clima ed Emissioni in aria (CTN-ACE) nel 2004 indica il modello CALPUFF tra i modelli adeguati per applicazioni in aree urbane ed a scala locale.

3.1 Ricostruzione dell’input meteorologico

3.1.0.1 Per caratterizzare il campo meteorologico in quota, sono state integrate le informazioni al suolo della centralina di monitoraggio ABC-IS (*Atmosphere-Biosphere-Climate Integrated monitoring Station*) situata all’interno del JRC-Ispra (latitudine: 45.812671°, longitudine: 8.633564°) con i dati estrapolati da un *run* effettuato sull’area di interesse mediante il modello prognostico *Weather Research and Forecasting*.

3.1.1 Il modello globale *Weather Research and Forecasting (WRF)*

3.1.1.1 *Weather Research and Forecasting (WRF)* è un sistema di previsioni meteorologiche numeriche su mesoscala di nuova generazione, sviluppato per soddisfare ricerche operative sia meteorologiche che atmosferiche.

3.1.1.2 WRF è nato principalmente dalla collaborazione tra il *National Center for Atmospheric Research (NCAR)*, il *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*, il *Forecast System Laboratory (FSL)*, la *Air Force Weather Agency (AFWA)*, il *Naval Research Laboratory*, la *University of Oklahoma* e la *Federal Aviation Administration (FAA)*¹.

3.1.1.3 I principali componenti di questa complessa suite modellistica sono:

- WPS (*WRF Pre-Processing System*), il preprocessore utile a predisporre gli input meteorologici costituito da:
 - *Geogrid*, definisce il dominio di simulazione e interpola i dati geografici e di uso del suolo sulla griglia di calcolo;
 - *Ungrib*, estrae i campi meteorologici dalle analisi meteorologiche di modelli a livello globale, quali GFS o ECMWF;
 - *Metgrid*, interpola orizzontalmente i campi di analisi estratti da ungrib, sulla griglia di calcolo definita da geogrid;
- OBSGRID e WRFDA integrano i dati osservati delle stazioni al suolo e dei radiosondaggi all’interno delle simulazioni;
- REAL legge i campi di input e li interpola lungo la struttura verticale di WRF, creando le condizioni iniziali e al contorno tridimensionali della griglia di calcolo;
- WRF-ARW: è la componente chiave del sistema modellistico, simula i campi meteorologici in accordo con le parametrizzazioni chimiche e fisiche definite dall’utente.

3.1.1.4 I valori iniziali e al contorno sono stati estrapolati da vari modelli meteorologici globali, la cui descrizione è riportata nella tabella seguente. Le simulazioni WRF sono volte alla creazione del 3D.DAT, file dei parametri meteorologici tridimensionali in ingresso a CALMET.

¹ Per maggiori informazioni sul modello WRF consultare il sito: www.wrf-model.org

Tabella 3-1. Modelli meteorologici globali utilizzati nella simulazione WRF

Dati	GFS (Global Forecasting System) rianalizzato con i dati osservati della rete GDAS (Global Data Assimilation System)
Tipo	Variabili meteorologiche, parametri fisici e chimici atmosfera
Fornitore	NCEP (National Centers for Environmental Prediction)
Sito dati	http://rda.ucar.edu/datasets/ds083.2/
Formato	GRIB2
Risoluzione spaziale	1° Latitudine x 1° Longitudine
Risoluzione temporale	6 ore
Dati	SST (Sea Surface Temperature)
Tipo	Temperatura superficiale dei mari
Fornitore	NCEP (National Centers for Environmental Prediction)
Sito dati	ftp://polar.ncep.noaa.gov/pub/history/sst
Formato	GRIB2
Risoluzione spaziale	0.083° Latitudine x 0.083° Longitudine
Risoluzione temporale	1 giorno

3.1.1.5 Il dominio di calcolo utilizzato per WRF è un quadrato di lato 66 km (con una risoluzione di 6x6 km²) centrato sull'area di studio. Per un maggior dettaglio al primo dominio di WRF è stato innestato un secondo dominio di dettaglio, di lato pari a 30 km, con una risoluzione di 2x2 km² (Figura 3-3).

3.1.2 Il modello CALMET

3.1.2.1 CALMET è un modello meteorologico diagnostico a griglia che è in grado di generare campi tridimensionali di temperatura e velocità del vento, e campi bidimensionali dei parametri micrometeorologici valutati in ogni punto del grigliato scelto, quali ad esempio la lunghezza di Monin-Obukhov, l'altezza di rimescolamento e la velocità di attrito.

3.1.2.2 Il dominio di CALMET è una griglia tridimensionale caratterizzata da N_z strati verticali e $(N_x \times N_y)$ celle quadrate orizzontali. Complessivamente il sistema opera quindi su $N_x \times N_y \times N_z$ volumi d'aria. Il sistema di coordinate adottato dal modello è denominato "terrain following", in cui la coordinata verticale è l'altezza cartesiana calcolata rispetto all'orografia.

3.1.2.3 Il modello CALMET necessita in input le seguenti informazioni meteorologiche:

- Parametri meteorologici al suolo;
- Parametri meteorologici tridimensionali sul dominio;
- Inoltre richiede le seguenti informazioni legate alla morfologia del suolo;
- Uso del suolo e parametri legati ad esso (albedo, roughness, Bowen ratio, etc.);
- Orografia.

3.1.2.4 Il modello CALMET, essendo fondamentalmente un interpolatore attraverso la cosiddetta "objective analysis", necessita in primo luogo delle informazioni meteorologiche al suolo ricostruite a partire

dai parametri misurati dalle stazioni meteorologiche o dal modello prognostico, utilizzate dal modello per la ricostruzione dei campi tridimensionali di vento e temperatura; secondariamente necessita di una serie di informazioni sulla variabilità verticale dei dati meteorologici, in particolare: pressione, direzione del vento, velocità del vento e temperatura in funzione della quota. Queste informazioni possono essere recuperate dai dati di output di un modello prognostico ed in generale dalle misure meteorologiche in quota della più vicina stazione che effettui almeno due radiosondaggi giornalieri.

- 3.1.2.5 Il modello CALMET interpola le informazioni meteorologiche al suolo e in quota mediante la cosiddetta "objective analysis" al fine di ricostruire i campi tridimensionali di vento e temperatura. I dati al suolo possono essere ottenuti da stazioni meteorologiche o dal modello prognostico; i dati in quota (in particolare pressione, direzione del vento, velocità del vento e temperatura in funzione dell'altimetria) derivano dall'output del modello prognostico o dalle misure meteorologiche in quota della più vicina stazione che effettui almeno due radiosondaggi giornalieri.
- 3.1.2.6 Il modello CALMET prevede tre modalità per integrare le informazioni del modello prognostico.
- (A) come guess field iniziale;
 - (B) come campo di vento di step 1;
 - (C) come osservazione – come se fossero i dati di una stazione reale.
- 3.1.2.7 Per la definizione del campo di vento iniziale (step 1) sono stati considerati i dati provenienti dal modello prognostico (WRF) congiuntamente all'orografia, minimizzandone la divergenza. Successivamente, per calcolare il campo di vento finale (step 2) si sono utilizzati i valori monitorati in corrispondenza delle centraline meteorologiche al suolo.
- 3.1.2.8 Per il presente studio il dominio di CALMET utilizzato è un quadrato di lato di 10 km con una risoluzione di 100 m.
- 3.1.2.9 Uso del suolo e orografia
- 3.1.2.10 I dati di uso di suolo sono relativi al database prodotto dall'USGS (*U.S. Geological Survey*) "Eurasia Land Cover Characteristics Data Base Version 2.0", avente una risoluzione pari a 1 km. In Tabella 3-2 sono riportate la descrizione e le caratteristiche delle 14 categorie di uso di suolo di cui si compone il database.

Tabella 3-2. Sistema di classificazione del 'U.S. Geological Survey' delle categorie di uso del suolo

Land Use Type	Description	Surface Roughness [m]	Albedo	Bowen Ratio	Soil Heat Flux Parameter	Anthropogenic Heat Flux [W/m ²]	Leaf Area Index
10	Urban or Built-up Land	1	0,18	1,5	0,25	0	0,2
20	Agricultural Land – Unirrigated	0,25	0,15	1	0,15	0	3
-20	Agricultural Land – Irrigated	0,25	0,15	0,5	0,15	0	3
30	Rangeland	0,05	0,25	1	0,15	0	0,5
40	Forest Land	1	0,1	1	0,15	0	7
50	Water	0,001	0,1	0	1	0	0
51	Small Water Body	0,001	0,1	0	1	0	0
55	Large Water Body	0,001	0,1	0	1	0	0

Land Use Type	Description	Surface Roughness [m]	Albedo	Bowen Ratio	Soil Heat Flux Parameter	Anthropogenic Heat Flux [W/m ²]	Leaf Area Index
60	Wetland	1	0,1	0,5	0,25	0	2
61	Forested Wetland	1	0,1	0,5	0,25	0	2
62	Nonforested Wetland	0,2	0,1	0,1	0,25	0	1
70	Barren Land	0,05	0,3	1	0,15	0	0,05
80	Tundra	0,2	0,3	0,5	0,15	0	0
90	Perennial Snow or Ice	0,05	0,7	0,5	0,15	0	0

- 3.1.2.11 Il dominio considerato è caratterizzato principalmente da terreni agricoli non irrigati e dalla presenza dei laghi.
- 3.1.2.12 In termini di orografia, i dati provengono dal dataset SRTM3 (*Shuttle Radar Topography Mission 3 arc-sec, ~90 m*). Tale *dataset* è il risultato dell'impegno congiunto fra la NASA, l'INGA, ovvero *National Geospatial-Intelligence Agency* – conosciuto una volta come *National Imagery and Mapping Agency* (NIMA) e la collaborazione delle agenzie spaziali di Germania e Italia per generare un DEM (*Digital Elevation Model*) a scala quasi mondiale sfruttando l'interferometria dei radar.
- 3.1.2.13 L'accesso ai dati avviene attraverso il sito web dell'USGS. I DEM sono scaricati in formato *raster* binario (hgt) ed espressi in metri con riferimento al geode WGS84/EGM96.
- 3.1.2.14 Per ottenere la quota per ogni cella del dominio è stato utilizzato TERREL, un preprocessore di CALPUFF che riceve in ingresso i file hgt dell'intera area di interesse e le informazioni sulla griglia del dominio. I domini di calcolo di CALMET comprendono aree collinari con altitudine compresa tra 200 m e 500 m s.l.m.; la quota sul livello del mare dell'area di studio è di circa 250 m (Figura 3-2).

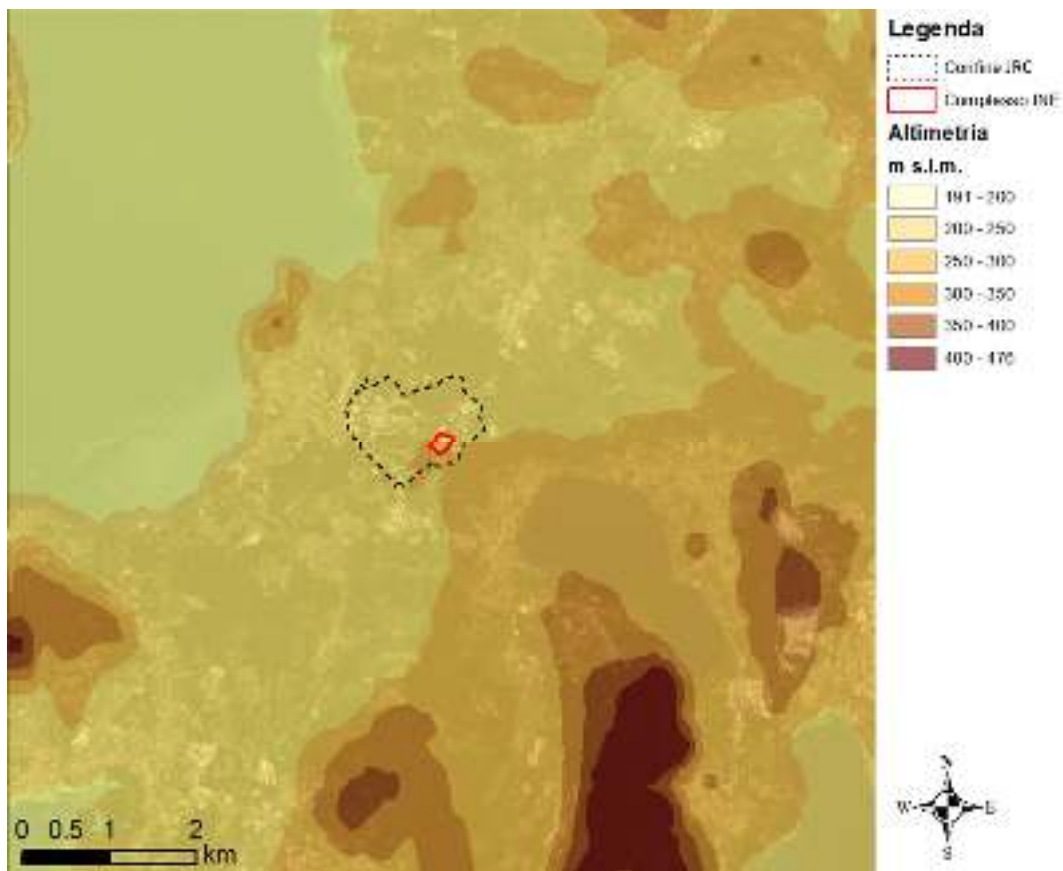


Figura 3-2. Altimetria del dominio di simulazione di CALMET

- 3.1.2.15 Per la calibrazione del modello meteo è stata utilizzata la stazione meteorologica ABC-IS (Atmosphere-Biosphere-Climate Integrated Station) ubicata all'interno del JRC-Ispira.
- 3.1.2.16 La localizzazione dei domini di simulazione e della stazione meteorologica analizzata sono riportati nelle figure successive.

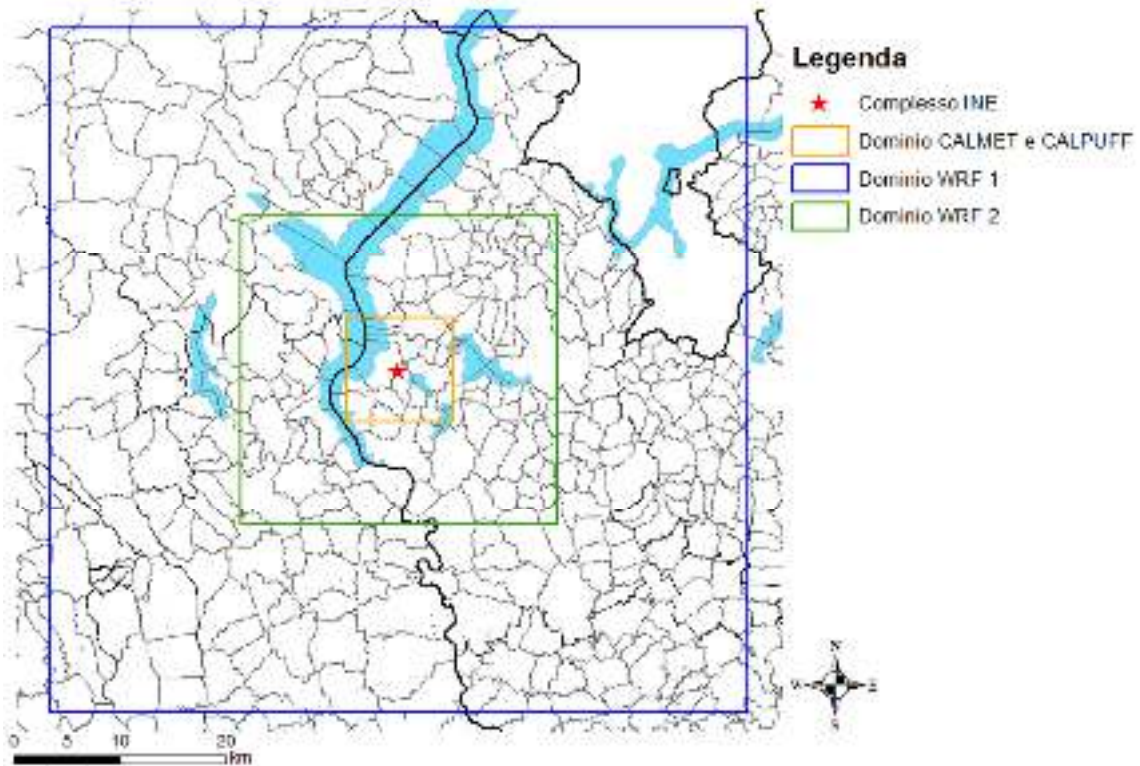


Figura 3-3. Dominio di calcolo per WRF, CALMET e CALPUFF



Figura 3-4. Localizzazione delle stazioni meteorologiche all'interno del JRC-Ispra

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 02	Studio Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE - Studio di impatto atmosferico del cantiere Demolizioni convenzionali del Complesso INE	20 di 43
---	---------	--	----------

3.1.3 Analisi dei dati meteorologici

- 3.1.3.1 Nel Quadro Ambientale si è riportato un inquadramento climatologico dell'area di studio, a partire dall'analisi dei principali parametri meteorologici monitorati dalla centralina ABC-IS nel triennio 2013-2015. I 3 anni considerati risultano in linea tra loro, soprattutto per quanto riguarda il regime anemologico.
- 3.1.3.2 La completezza delle serie storiche è superiore al 99% per tutti parametri e per tutti gli anni ad eccezione dei dati di vento del 2014, la cui completezza si attesta al 93%.
- 3.1.3.3 Per le simulazioni di dispersione degli inquinanti si è deciso di utilizzare il 2015, come anno meteorologico rappresentativo delle condizioni locali. Inoltre, il 2015 è stato un anno poco piovoso: le scarse precipitazioni fanno sì che la scelta dell'anno meteorologico sia maggiormente cautelativa in termini modellistici poiché minori precipitazioni determinano una minore deposizione degli inquinanti in atmosfera.
- 3.1.3.4 Di seguito si riporta un'analisi dei parametri meteorologici monitorati dalla stazione ABC-IS forniti in input al modello CALMET nella fase di calibrazione. Le variabili meteorologiche d'interesse sono:
- Direzione e velocità del vento;
 - Temperatura;
 - Pressione;
 - Precipitazione;
 - Umidità relativa.
- 3.1.3.5 In Figura 3-5 si mostrano le rose dei venti stagionali costruite a partire dai dati di velocità e direzione del vento registrati dalla centralina ABC-IS. Come già mostrato nel Quadro Ambientale, tutto il triennio 2013-15 è caratterizzato da venti provenienti prevalentemente da Nord e da Nord-Nordovest. In inverno si osservano anche delle componenti di bassa intensità da Est-Sudest, in autunno e primavera invece da Sud.

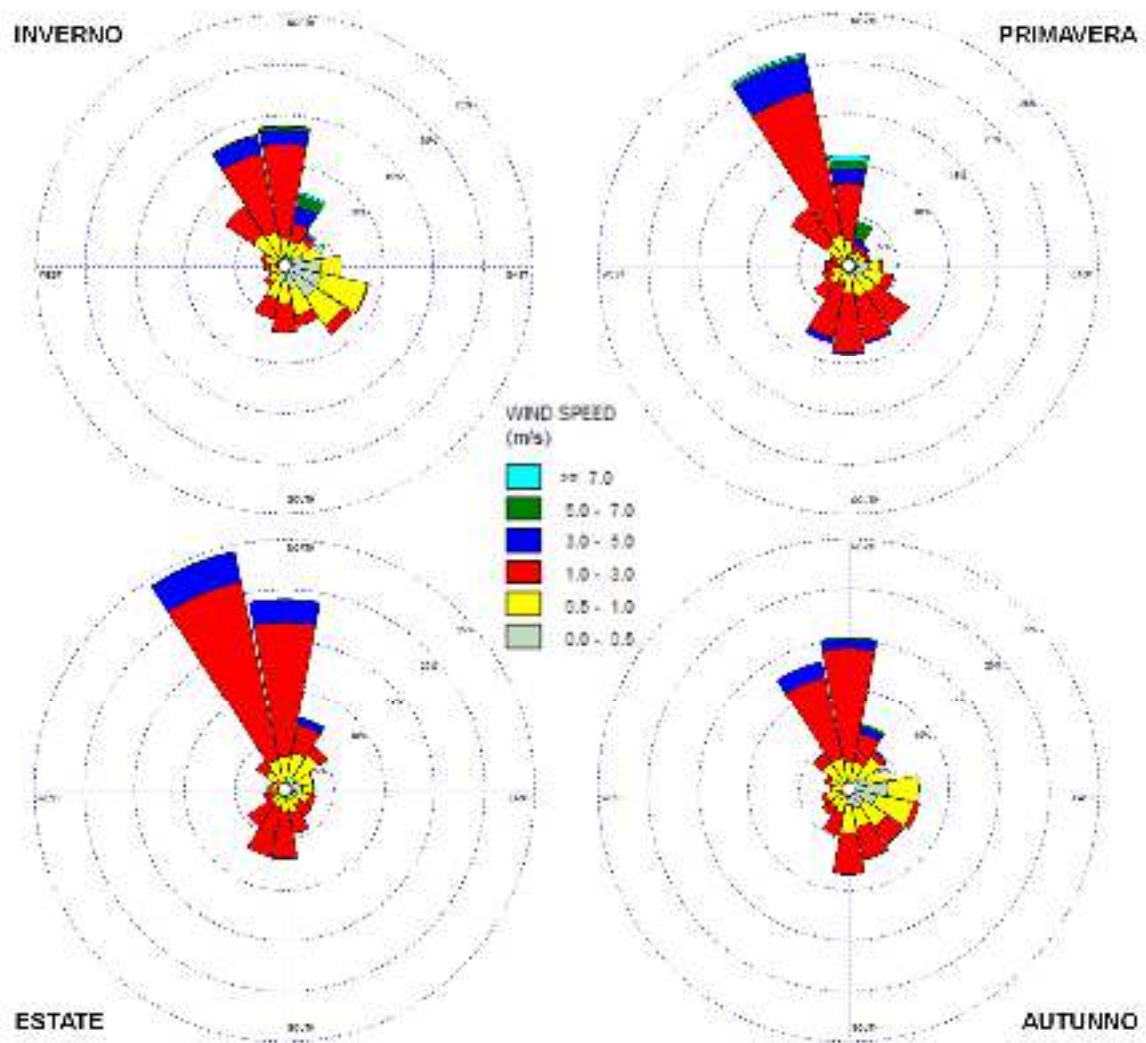


Figura 3-5. Rose dei venti stagionali costruite dai dati di velocità e direzione del vento registrati dalla stazione ABC-IS nel 2015

3.1.3.6 In Figura 3-6 si osserva come i picchi massimi di velocità siano stati registrati tra Nordest e Nord-Nordovest. La media annua delle raffiche di vento su questi settori raggiunge e supera gli 8 m/s. La Figura 3-7 mostra come nell'arco della giornata tipo di direzione del vento la forte componente proveniente da Nord – Nordovest caratterizzi soprattutto la prima metà della giornata, tra l'1 del mattino e le 12; nel pomeriggio invece prevale la componente da Nord.

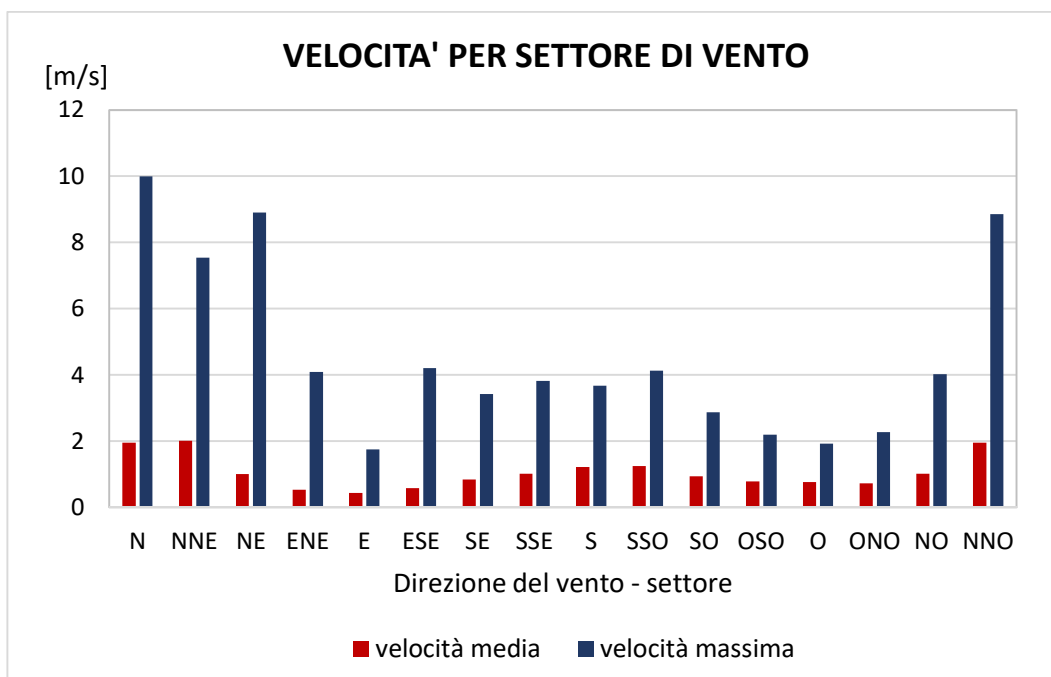


Figura 3-6. Velocità media e massima per settore di provenienza del vento registrate dalla stazione ABC-IS nel 2015

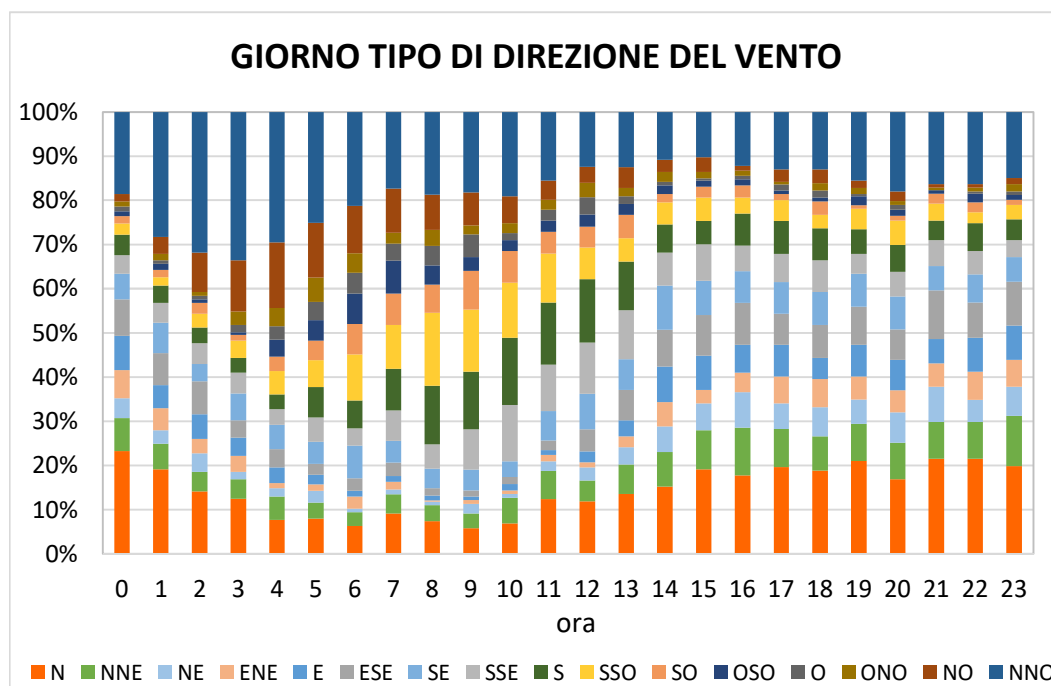


Figura 3-7. Giorno tipo di direzione del vento registrata dalla stazione ABC-IS nel 2015

3.1.3.7 In Figura 3-8 il regime anemometrico è descritto in termini di intensità del vento: il giorno tipo di velocità del vento varia in funzione della stagione. In particolare, si può osservare come nei mesi primaverili le velocità del vento siano più elevate, seppure contenute in termini generali e raggiungano il massimo alle 10 del mattino. Inverno e autunno sono caratterizzati da un andamento in crescita nell'arco della mattinata con una leggera diminuzione nel primo pomeriggio. In estate l'intensità del vento risulta variabile nell'arco della giornata e mediamente si registrano due massimi: uno in tarda mattinata (tra le 9-11) ed uno nel tardo pomeriggio (alle 19 circa).

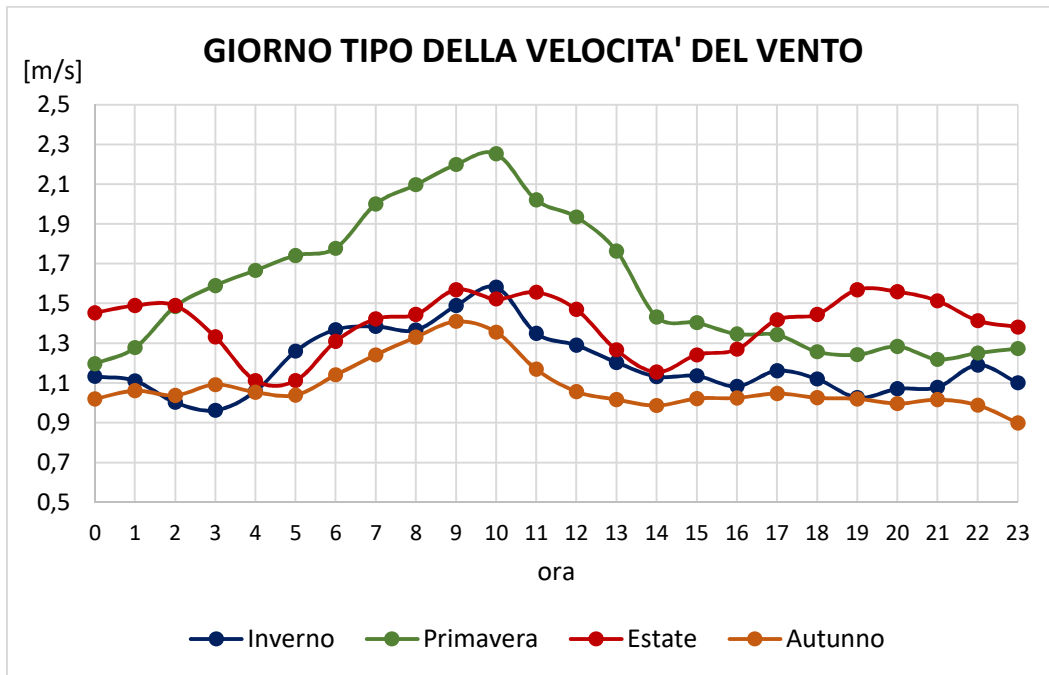


Figura 3-8. Giorno tipo della velocità del vento registrata dalla stazione ABC-IS nel 2015

- 3.1.3.8 Il modello CALMET riceve inoltre in input i dati di pressione, precipitazione, umidità relativa e temperatura. Per quanto riguarda il regime igrometrico e la temperatura si rimanda al Quadro Ambientale dove le analisi relative al triennio 2013-2015 confermano quanto atteso nelle località in zona climatica temperata subcontinentale, nella quale il sito ricade.
- 3.1.3.9 In Figura 3-9 è riassunto l'andamento della pressione atmosferica registrata dalla stazione ABC-IS nel 2015. La pressione media mensile è compresa tra 985 e 990 hPa da Gennaio a Ottobre mentre supera i 990 hPa negli ultimi due mesi dell'anno. L'andamento giornaliero mostra due picchi di bassa pressione (minore di 970 hPa) a Gennaio e a Novembre.

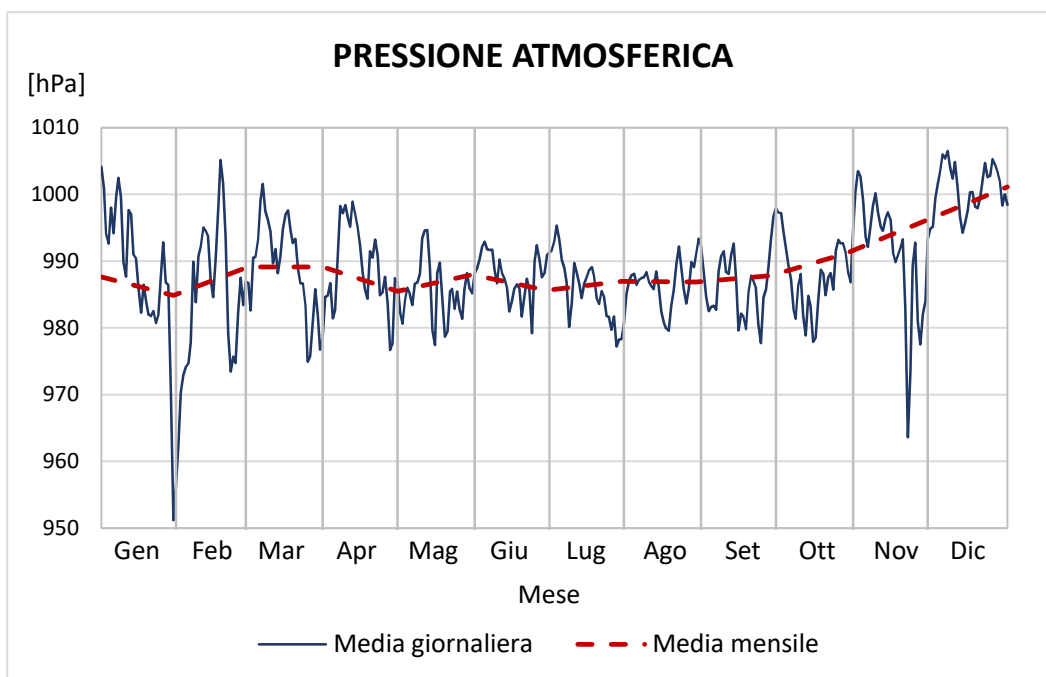


Figura 3-9. Andamento della pressione atmosferica media registrata dalla stazione ABC-IS nel 2015, espressa come media giornaliera e media mensile.

3.1.3.10 In Figura 3-10 si riportano, a diverse scale, le precipitazioni cumulate giornaliere e la precipitazione cumulata annua registrate nel 2015. Come già precisato, l'anno considerato è poco piovoso. La precipitazione giornaliera massima registrata è pari a 170 mm e la cumulata annua è pari a 1'410 mm (la cumulata dei due anni precedenti è pari a 1'725 mm e 2'276 mm).

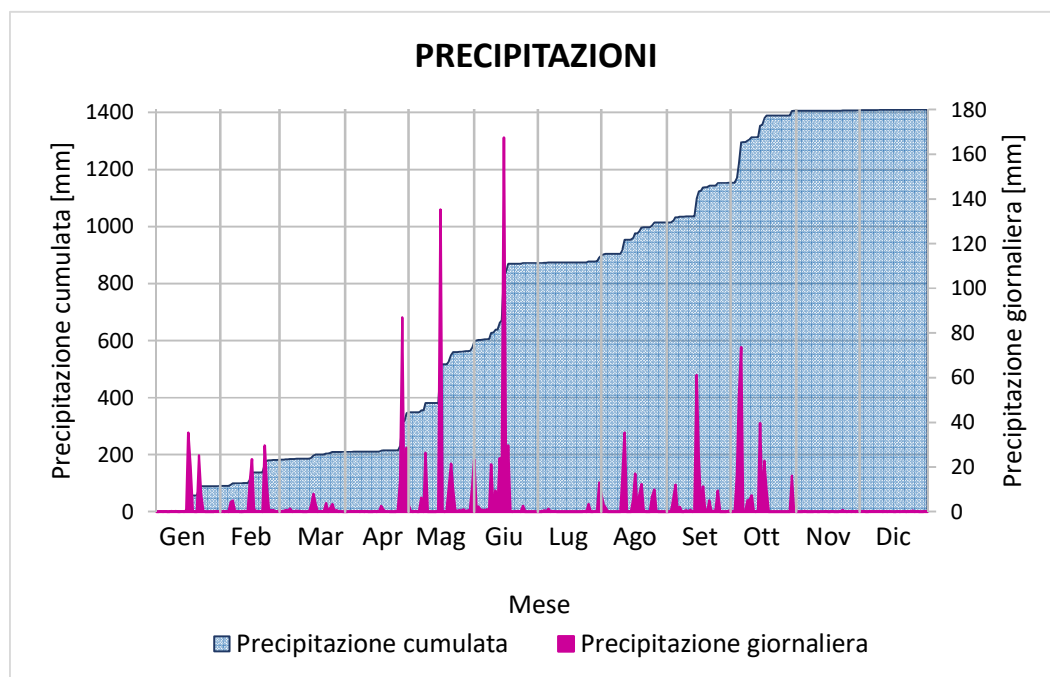


Figura 3-10. Precipitazione giornaliera e precipitazione annua cumulate registrate nella stazione ABC-IS nel 2015

4. STIMA DELLE EMISSIONI E VALUTAZIONE DI IMPATTO SULLA QUALITA' DELL'ARIA

4.0.0.1 La simulazione di dispersione degli inquinanti in atmosfera è stata effettuata mediante il modello CALPUFF. Nei capitoli successivi sono presentati il modello di simulazione, la stima delle emissioni della fase di cantiere, il dominio di simulazione considerato e i risultati ottenuti grazie alle simulazioni modellistiche.

4.1 Il modello di dispersione CALPUFF

4.1.0.1 CALPUFF è un modello lagrangiano, non stazionario a puff gaussiano, multistrato e multi-inquinante. È consigliato dall'U.S. EPA (*Environmental Protection Agency*) per la stima dell'impatto di sorgenti emissive sia nel caso del trasporto a medio e a lungo raggio, sia per applicazioni di ricadute nelle immediate vicinanze delle sorgenti con condizioni meteorologiche complesse.

CALPUFF PUFF-SPLITTING

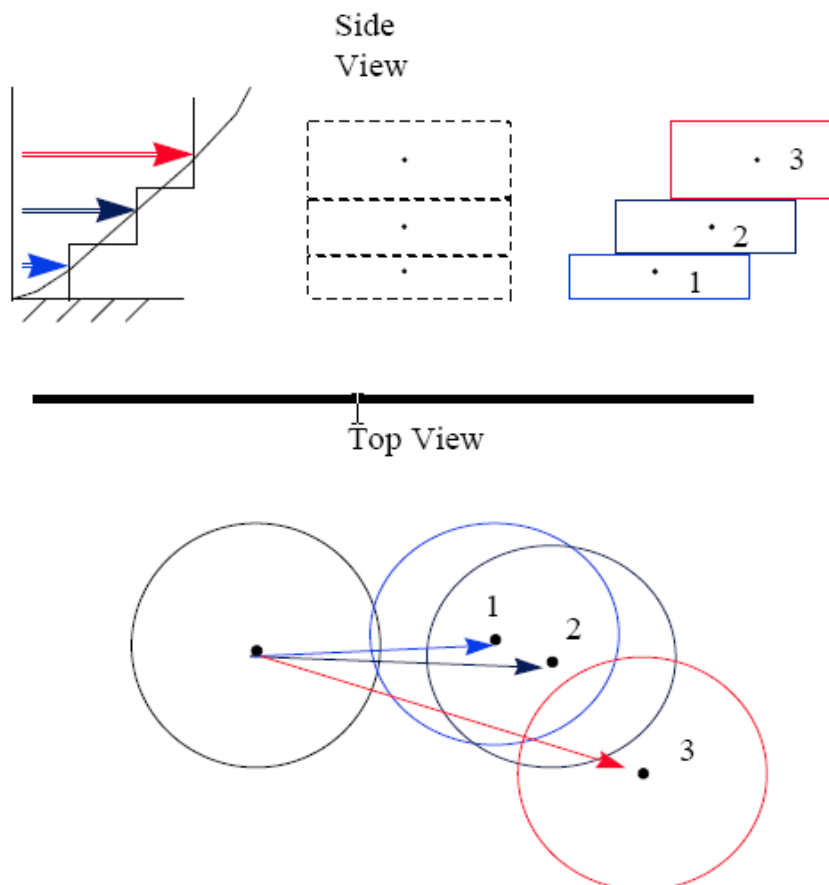


Figura 4-1. Schema di funzionamento del modello CALPUFF

4.1.0.2 Le caratteristiche di maggior interesse del modello sono:

- La trattazione modellistica delle condizioni di calma di vento;
- La capacità di simulare condizioni di flussi non omogenei (orografia complessa, inversione termica, fumigazione, brezza,...);

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 02	Studio Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE - Studio di impatto atmosferico del cantiere Demolizioni convenzionali del Complesso INE	26 di 43
---	---------	--	----------

- La possibilità di utilizzare un campo tridimensionale di vento e temperatura ed un campo bidimensionale di parametri di turbolenza (altezza dello strato di rimescolamento, caratteristiche di stabilità atmosferica ...);
- L'utilizzo di coefficienti di dispersione dalle curve di Pasquill e McElroy o calcolati applicando la teoria della similarità;
- Il calcolo dell'effetto scia (down wash) generato dagli edifici prossimi alle sorgenti.

4.1.0.3 La trattazione matematica del modello è piuttosto complessa e si rinvia al manuale tecnico di CALPUFF per ulteriori approfondimenti.

4.1.0.4 Le tipologie di emissioni previste dal modello CALPUFF sono le seguenti:

- Emissioni puntuali: l'emissione avviene da uno o più punti georeferenziati aventi caratteristiche fisiche e geometriche definite – non utilizzate in questo studio;
- Emissioni areali: l'emissione avviene da una superficie (es. gli odori emessi da vasca di un impianto di trattamento acque) – non utilizzate in questo studio;
- Emissioni volumetriche: l'emissione avviene all'interno di un volume avente caratteristiche e parametri di dispersione – utilizzate in questo studio per rappresentare le aree di cantiere.

4.1.0.5 In ciascun caso è possibile assegnare anche un profilo temporale emissivo.

4.1.0.6 Le simulazioni di dispersione degli inquinanti in atmosfera sono state effettuate, su base annua e dettaglio temporale orario, per gli ossidi di azoto, le polveri, il monossido di carbonio e il biossido di zolfo, cioè per i possibili inquinanti che possono essere generati dalle attività di progetto.

4.2 Input emissivo del modello

4.2.0.1 Di seguito vengono analizzate le emissioni relative alle attività di cantiere del progetto di demolizione del Complesso INE. Le principali fonti di emissive considerate sono:

- Emissioni dei mezzi meccanici e delle apparecchiature di cantiere;
- Emissioni generate dai mezzi pesanti per il trasporto del materiale di cantiere, di cava e dei rifiuti prodotti;
- Produzione e sollevamento di polveri provenienti da attività di manipolazione, trasporto, carico e stoccaggio di materiali polverulenti.

4.2.0.2 Non sono state considerate le emissioni di polveri dovute al passaggio dei mezzi di cantiere su strade sterrate in quanto l'accesso alle aree di cantiere sarà garantito dalla viabilità esistente del JRC-Ispra (strade asfaltate) e non è quindi prevista l'apertura di piste di lavoro.

4.2.0.3 Nei paragrafi seguenti vengono dettagliate le operazioni previste in ogni fase, i riferimenti utilizzati per individuare i fattori emissivi e i calcoli effettuati per la stima delle emissioni totali.

4.2.1 Emissioni dei mezzi di cantiere

4.2.1.1 Per effettuare la stima delle emissioni generate dai mezzi meccanici a combustione, sono state considerate le specifiche tecnologie dei macchinari, la loro potenza e le tempistiche di utilizzo degli stessi. Nella tabella seguente vengono elencati il numero e la tipologia dei mezzi impiegati con una stima delle ore di utilizzo.

Tabella 4-1. Tipologia dei mezzi meccanici utilizzati in fase di cantiere

Mezzi	Numero	kW	Giorni	Ore/giorno	Percentuale di utilizzo	Totale ore	Fasi di utilizzo
Escavatore idraulico	1	240	491 ²	8	50 %	1'964	F1 ÷ F10
Escavatore idraulico	1	400	491 ²	8	50 %	1'964	F1 ÷ F10
Impianti mobili trattamenti inerti (frantoi)	2	120	484	8	50 %	1'936	F2 ÷ F9
Autogru	1	350	132	8	50 %	528	F5 + F6
Gru semoventi	1	240	209	8	50 %	836	F3 + F4 + F7

4.2.1.2 Per il calcolo delle emissioni sono state utilizzate le indicazioni fornite dall'Agenzia Europea per l'Ambiente per la stima degli inventari emissivi (EMEP/EEA *air pollutant emission inventory guidebook, 2016 – Group 1.A.4: Non road mobile machinery*³). Tale documento riporta i fattori emissivi (per kWh) delle singole macchine utilizzate (Tabella 4-2) suddivisi secondo gli standard legislativi di immatricolazione (EURO1, EURO2, ecc...). I valori utilizzati per la stima delle emissioni sono stati calcolati come media pesata attraverso la distribuzione percentuale dei veicoli immatricolati nell'anno 2017 (distribuzioni indicate in allegato allo stesso documento). Si sottolinea che tale assunzione risulta cautelativa in quanto le operazioni di cantiere avranno inizio solo nel 2027, quando cioè il ricambio funzionale dei veicoli sarà fortemente spinto verso mezzi con prestazioni migliori.

Tabella 4-2. Fattori emissivi utilizzati in g/kWh (Fonte: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook, 2016 – Group 1.A.4: Non road mobile machinery) calcolati come media pesata rispetto alla distribuzione delle immatricolazioni nell'anno 2017

Mezzi	Potenza (kW)	NO _x (g/kWh)	PM ₁₀ (g/kWh)	PM _{2,5} (g/kWh)	CO (g/kWh)	SO ₂ (g/kWh)
Escavatore idraulico 1	240	1,72	0,06	0,06	1,54	0,005
Escavatore idraulico 2	400	1,72	0,06	0,06	1,54	0,005
Impianti mobili trattamenti inerti (frantoi)	120	1,91	0,09	0,09	1,58	0,005
Autogru	350	1,72	0,06	0,06	1,54	0,005
Gru semoventi	240	1,72	0,06	0,06	1,54	0,005

4.2.1.3 Per quanto riguarda il fattore emissivo di SO₂, il documento EMEP/EEA suggerisce il calcolo a partire dal contenuto di zolfo del combustibile. I valori indicati nella tabella precedente sono quindi stati stimati attraverso il consumo di combustibile (in g/kWh) presente nel documento EMEP/EEA e considerando un contenuto di zolfo massimo nel combustibile pari a 10 ppm (come prescritto dalla Direttiva 2009/30/CE).

² Giorni calcolati ipotizzando l'impiego degli escavatori per il 50% dei giorni della fase F5, il 33,3% dei giorni delle fasi F6 e F7 e il 100% delle restanti fasi.

³ EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2016 <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016>

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 02	Studio Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE - Studio di impatto atmosferico del cantiere Demolizioni convenzionali del Complesso INE	28 di 43
---	---------	--	----------

4.2.1.4 Di seguito la stima delle emissioni totali relative a ciascun mezzo meccanico impiegato nella fase di cantiere ottenuta utilizzando i fattori emissivi sopra riportati (Tabella 4-2) e considerando la l'impiego di ciascuno (Tabella 4-3).

Tabella 4-3. Emissioni totali stimate per l'utilizzo dei mezzi meccanici nella fase di cantiere

Mezzi	NO _x (kg)	PM ₁₀ (kg)	PM _{2,5} (kg)	CO (kg)	SO ₂ (kg)
Escavatore idraulico 1	813,6	28,4	28,4	726,4	2,4
Escavatore idraulico 2	1'355,9	47,4	47,4	1'210,6	3,9
Impianti mobili trattamenti inerti (frantoi)	889,4	40,5	40,5	734,1	2,4
Autogru	318,7	11,1	11,1	284,6	0,9
Gru semoventi	346,1	12,1	12,1	309,0	1,0
TOTALE	3'723,7	139,5	139,5	3'264,7	10,6

4.2.2 Emissioni dovute al trasporto del materiale di cantiere

4.2.2.1 Per stimare le emissioni dei mezzi utilizzati per il trasporto del materiale di cantiere sono stati considerati i viaggi totali necessari per l'approvvigionamento di tutte le materie prime e/o lo smaltimento dei rifiuti prodotti e la distanza percorsa da tali mezzi all'interno del confine JRC-Ispira (Tabella 4-4).

4.2.2.2 I mezzi considerati sono:

- Gli autocarri adibiti al trasporto dei materiali inerti derivanti dalle demolizioni verso gli impianti mobili per la frantumazione;
- Gli autocarri adibiti al trasporto dei materiali inerti dopo la frantumazione verso le aree da colmare e ripristinare;
- Le autocisterne per il trasporto di acqua per l'utilizzo dei sistemi dust-buster di abbattimento delle polveri;
- I bilici per il trasporto dei rifiuti verso le aree di smaltimento;
- I bilici per l'approvvigionamento esterno dei materiali da cava o materiali certificati da impianti/siti di recupero.

4.2.2.3 Cautelativamente sono state considerate per i mezzi che compiono viaggi all'interno dell'area di cantiere distanze medie pari a 500 m (1 km A/R); invece per i mezzi diretti verso l'esterno o provenienti dall'esterno all'area di cantiere, sono state considerate distanze medie pari a 1 km (2 km A/R) corrispondenti alla distanza massima percorsa dall'ingresso nel centro di ricerca JCR fino al centro del Complesso INE.

Tabella 4-4. Tipologia dei mezzi meccanici utilizzati in fase di cantiere e relativo impiego

Mezzi	Viaggi/ giorno	km/ viaggio	Giorni	Fasi di utilizzo
Autocarri (materiali da demolizioni)	5	1	440	F2 ÷ F8
Autocarri (materiali per il ripristino On-site)	16	1	132	F10
Autocisterne	5	1	440	F2 ÷ F8
Bilici (rifiuti)	10	2	138	F2 ÷ F9

Mezzi	Viaggi/ giorno	km/ viaggio	Giorni	Fasi di utilizzo
Bilici (materiali per il ripristino Off-Site)	16	2	132	F10

4.2.2.4 Per il calcolo delle emissioni sono stati considerati i fattori di emissione medi relativi al trasporto stradale presenti nella Rete del Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINANet⁴) di ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale). Tali valori si basano sulle stime effettuate ai fini della redazione dell'inventario nazionale delle emissioni in atmosfera, realizzato annualmente da ISPRA come strumento di verifica degli impegni assunti a livello internazionale sulla protezione dell'ambiente atmosferico, quali la Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC), il Protocollo di Kyoto, la Convenzione di Ginevra sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero (UNECE-CLRTAP), le Direttive europee sulla limitazione delle emissioni. Le stime sono state elaborate sulla base dei dati di input nazionali riguardanti il parco e la circolazione dei veicoli (numerosità del parco, percorrenze e consumi medi, velocità per categoria veicolare con riferimento ai cicli di guida urbano, extraurbano ed autostradale, altri specifici parametri nazionali) nell'anno 2014. Si evidenzia che nel momento in cui si effettueranno le attività di cantiere le emissioni risulteranno inferiori rispetto a quelle considerate per la presenza di mezzi di cantiere elettrici o con prestazioni ambientali migliori. In Tabella 4-5 sono riportati i fattori emissivi adottati, ovvero quelli relativi alla categoria "Heavy Duty vehicles – Diesel > 32 t".

Tabella 4-5. Fattori emissivi utilizzati in g/km per i mezzi pesanti Heavy Duty Vehicles – Diesel > 32 t (Fonte: SINANet)

Mezzi	NO _x (g/km)	PM ₁₀ (g/km)	PM _{2,5} (g/km)	CO (g/km)	SO ₂ (g/km)
HDV Diesel >32 t	5,07	0,17	0,15	1,36	0,003

4.2.2.5 Di seguito vengono presentate le emissioni totali stimate.

Tabella 4-6. Emissioni totali derivanti dal transito dei mezzi pesanti

Mezzi	NO _x (kg)	PM ₁₀ (kg)	PM _{2,5} (kg)	CO (kg)	SO ₂ (kg)
Autocarri (materiali da demolizioni)	11,2	0,4	0,3	3,0	0,006
Autocarri (materiali per il ripristino On-site)	10,7	0,4	0,3	2,9	0,006
Autocisterne	11,2	0,4	0,3	3,0	0,006
Bilici (rifiuti)	14,0	0,5	0,4	3,8	0,008
Bilici (materiali per il ripristino Off-Site)	21,4	0,7	0,6	5,7	0,012
TOTALE	68,4	2,3	2,0	18,4	0,04

4.2.3 Emissioni di polveri dovute alla movimentazione e manipolazione di materiali polverulenti

4.2.3.1 Le attività individuate che contribuiscono alle emissioni di particolato in atmosfera sono:

- Demolizione degli edifici;
- Frantumazione e vagliatura dei materiali derivanti dalle demolizioni;
- Movimentazione degli inerti e dei materiali da cava;

⁴ <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/fetransp>

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 02	Studio Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE - Studio di impatto atmosferico del cantiere Demolizioni convenzionali del Complesso INE	30 di 43
---	---------	--	----------

- Scavi e sbancamenti di eventuali terreni contaminati;
- Sollevamento delle polveri da parte del vento.

4.2.3.2 Per la stima delle emissioni sono state consultate le metodologie proposte dall'*Environment Protection Agency* (EPA) che ha pubblicato nel 1987⁵, una serie di documenti sotto la sigla AP-42 in cui sono dettagliatamente descritte le procedure per il calcolo dei fattori di emissione delle polveri dovute alla movimentazione e lavorazione di materiale fine. Gli stessi metodi di stima sono riportati anche nel documento "Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti" rilasciate dalla Provincia di Firenze in collaborazione con ARPA Toscana⁶.

4.2.3.3 La stima delle emissioni si basa sull'equazione:

$$E = A \times F$$

Dove:

E = emissione

A = tasso di attività

F = fattore di emissione

4.2.3.4 In relazione all'attività indagata sono stati calcolati sperimentalmente i diversi fattori di emissione in kg/t_{prodotta} e, attraverso il tasso di attività cioè i volumi di materiale movimentato, il valore dell'emissione totale [kg].

4.2.3.5 Per quanto riguarda le polveri prodotte dalle attività, è lecito attendersi oltre alla frazione fine anche una granulometria più grossolana che comporterà una deposizione a minor distanza dal cantiere. Nelle successive analisi sono state pertanto quantificate le emissioni di polveri sia in termini di PM₁₀ (particelle con diametro inferiore a 10 µm) che di PM_{2,5} (particelle con diametro inferiore a 2,5 µm), ciò permette di confrontare le concentrazioni stimate dal modello di trasporto e dispersione con le soglie di qualità dell'aria vigenti.

4.2.4 Demolizione degli edifici, frantumazione e vagliatura degli inerti

4.2.4.1 In Tabella 4-7 sono indicati i fattori emissivi per le fasi di demolizione, frantumazione e vagliatura degli inerti, con il relativo codice identificativo SCC (*Source Classification Codes*) dell'EPA. Per quanto riguarda la fase di demolizione l'EPA non indica un fattore emissivo specifico ed è quindi stato considerato cautelativamente quello relativo alla frantumazione secondaria.

4.2.4.2 Durante tutti gli interventi di demolizione e manipolazione degli inerti sono previsti degli specifici sistemi volti all'abbattimento delle polveri quali *fog cannon* e *dust-buster*. In tabella sono quindi indicati i fattori emissivi che includono operazioni di mitigazione e abbattimento delle polveri (*controlled source*).

Tabella 4-7. Fattori emissivi utilizzati per le operazioni di demolizione, frantumazione e vagliatura degli inerti

Processo	Codice SCC	FE PM ₁₀ (kg/t _{prodotta})	FE PM _{2,5} (kg/t _{prodotta})
Demolizione degli edifici	Secondary Crushing (SCC 3-05020-02)	0,00037	0,00005
Frantumazione secondaria	Secondary Crushing (SCC 3-05020-02)	0,00037	0,00005

⁵ I documenti sono stati aggiornati e validati negli anni successivi. Per maggiori informazioni: <https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-compilation-air-emission-factors>

⁶ <http://www.provincia.fi.it/ambiente/documenti/#c925>

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 02	Studio Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE - Studio di impatto atmosferico del cantiere Demolizioni convenzionali del Complesso INE	31 di 43
---	---------	--	----------

Processo	Codice SCC	FE PM ₁₀ (kg/t _{prodotta})	FE PM _{2,5} (kg/t _{prodotta})
Vagliatura	Screening (SCC 3-05020-02,03)	0,00037	0,000025

4.2.4.3 Considerando i volumi di materiali riportati in Tabella 4-8 e una densità dei materiali pari a di 2,5 t/m³, sono state calcolate le emissioni totali relative alle operazioni di demolizione, frantumazione e vagliatura degli inerti. I valori sono riportati nelle tabelle seguenti.

Tabella 4-8. Emissioni stimate di PM₁₀ (kg) e PM_{2,5} (kg) per le operazioni di demolizione, frantumazione e vagliatura degli inerti

Processo	Volumi coinvolti (m ³)	Densità materiale (kg/m ³)	Emissioni PM ₁₀ (kg)	Emissioni PM _{2,5} (kg)	Fase
Demolizione degli edifici	32'000	2'500	29,6	4,0	F2 ÷ F8
Frantumazione secondaria	32'000	2'500	29,6	4,0	F2 ÷ F8
Vagliatura	32'000	2'500	29,6	2,0	F2 ÷ F8

4.2.5 Movimentazione degli inerti e del materiale da cava

4.2.5.1 I principali parametri che influenzano i fenomeni di generazione delle polveri nelle operazioni di movimentazione di materiali polverulenti sono:

- Dimensione del materiale;
- Umidità del materiale;
- Velocità del vento.

4.2.5.2 La formulazione proposta dall'EPA (AP-42 paragrafo 13.2.4) è la seguente:

$$F = k \cdot 1,6 \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}}$$

Dove:

F = fattore di emissione del particolato in grammi per tonnellata di materiale movimentato [g/t]

U = velocità media del vento [m/s]

M = umidità del materiale [%]

k = fattore che tiene conto delle caratteristiche dimensionali delle particelle (Tabella 4-9) [adim.]

Tabella 4-9. Costante k in funzione delle dimensioni del particolato

Costante k in funzione delle dimensioni particellari del materiale movimentato				
≤ 30 μm	≤ 15 μm	≤ 10 μm	≤ 5 μm	≤ 2,5 μm
0,74	0,48	0,35	0,20	0,11

4.2.5.3 L'equazione permette di considerare le emissioni di particolato provenienti da tutte le operazioni di movimentazione del materiale in seno alle aree di stoccaggio, siano esse di tipo continuo (ad esempio nastri trasportatori) che puntuali (prelievo e aggiunta di materiale mediante carri, ruspe, ...). Per ogni singola sorgente deve essere valutato il numero di operazioni che interessano lo stoccaggio, in quanto è possibile esistano operazioni intermedie di ripresa materiale per deposito in altra area.

4.2.5.4 La stima delle emissioni si ottiene dunque dalla formula:

$$E = N \cdot F \cdot B$$

Dove:

N = numero di operazioni di carico e scarico [adim.]

F = fattore di emissione [g/t]

B = volumi movimentati [t]

4.2.5.5 Nel caso in esame sono state considerate le seguenti operazioni di movimentazione:

- Carico del materiale dall'area di demolizione;
- Scarico del materiale nell'area adibita alla frantumazione;
- Carico del materiale dall'area di frantumazione diretto alle aree per la risistemazione;
- Scarico del materiale per la risistemazione delle aree;
- Scarico del materiale da cava approvvigionato off-site per la risistemazione delle aree.

4.2.5.6 In Tabella 4-10 e Tabella 4-11 vengono indicati il fattore di emissione calcolato e le emissioni totali stimate relative alla movimentazione del materiale. Per il calcolo sono stati utilizzati i seguenti valori:

- k = 0,35 – Coefficiente specifico per il calcolo delle emissioni di PM₁₀;
- k = 0,11 – Coefficiente specifico per il calcolo delle emissioni di PM_{2,5};
- M = 2,1% – Valore suggerito da EPA nel documento AP42-13.2.4 per il materiale "Various limestone products";
- U = 1,32 m/s – Velocità media misurata presso la centralina ABC-IS interna al JRC-Ispra (valore medio annuo relativo all'anno 2015).

Tabella 4-10. Fattori emissivi utilizzati per le operazioni di demolizione, frantumazione e vagliatura degli inerti

Processo	FE PM ₁₀ (kg/t)	FE PM _{2,5} (kg/t)
Movimentazione del materiale	0,00027	0,00008

Tabella 4-11. Emissioni stimate di PM₁₀ (kg) e PM_{2,5} (kg) per le operazioni di movimentazione degli inerti e del materiale da cava

Processo	Volumi coinvolti (m ³)	Densità materiale (kg/m ³)	Emissioni PM ₁₀ (kg)	Emissioni PM _{2,5} (kg)	Fase di utilizzo
Carico del materiale (area demolizioni)	32.000	2.500	21,5	6,8	F2 ÷ F8
Scarico del materiale (area frantumazione)	32.000	2.500	21,5	6,8	F2 ÷ F8
Carico del materiale (per sistemazione aree)	32.000	2.500	21,5	6,8	F10
Scarico del materiale (per sistemazione aree)	32.000	2.500	21,5	6,8	F10
Scarico materiale off-site (per sistemazione aree)	43.000	2.500	28,9	9,1	F10

4.2.6 Scavi e sbancamenti

4.2.6.1 In via preliminare, durante la fase di cantiere non sono previste operazioni di scavo e sbancamento. Tuttavia, al termine delle operazioni di demolizione, in corrispondenza delle aree verdi, sui terreni scoperti al di sotto delle aree ex-pavimentate di piazzali e strade interne e delle

strutture di fondazione rimosse, saranno pianificate ed eseguite delle indagini atte a verificare la qualità della matrice terreni insaturi, secondo i criteri previsti dalla normativa vigente, al fine di verificarne la compatibilità con la futura destinazione a verde dell'area. In funzione degli esiti di tali indagini, qualora necessarie saranno programmati interventi conformi alla normativa vigente (D.Lgs. 152/06 e s.m.i.) e gli eventuali terreni rimossi saranno destinati a recupero/smaltimento presso siti esterni autorizzati. Facendo una stima puramente indicativa è possibile prevedere un quantitativo di circa 6.000 tonnellate (da destinare off site), calcolato nell'ipotesi di dovere asportare uno strato di terreno di circa un metro mediante scavo su circa il 20% delle aree attualmente pavimentate.

4.2.6.2 In Tabella 4-12 è indicato il fattore emissivo per le operazioni di scavo e in Tabella 4-13 sono riportate le emissioni di particolato stimate. Per la stima delle emissioni di PM_{2,5} l'EPA non mette a disposizione un fattore emissivo specifico, si è quindi cautelativamente utilizzato quello del PM₁₀.

Tabella 4-12. Fattori emissivi utilizzati per le operazioni di demolizione, frantumazione e vagliatura degli inerti

Processo	Codice SCC	FE PM ₁₀ (kg/t _{prodotta})	FE PM _{2,5} (kg/t _{prodotta})
Operazioni di scavo	3-05-027-60 – Sand handling, transfer and storage	0,00039	0,00039

Tabella 4-13. Emissioni stimate di PM₁₀ (kg) e PM_{2,5} (kg) per le operazioni di scavo

Processo	Volumi coinvolti (t)	Emissioni PM ₁₀ (kg)	Emissioni PM _{2,5} (kg)	Fase di utilizzo
Operazioni di scavo	6.000	2,7	2,7	F2 ÷ F9

4.2.7 Risolleramento delle polveri da parte del vento

4.2.7.1 Le linee guida EPA (AP42 Capitolo 13.2.5) forniscono le relazioni per la stima del fattore di emissione associato all'erosione dei cumuli da parte del vento. Tale fattore (denominato P ed espresso in g/m²) è correlato ai seguenti parametri:

- u* (velocità di attrito), funzione dell'azione tangenziale del vento sulle superfici esposte;
- u*c (velocità di soglia) corrispondente alla minima velocità di attrito per l'innesto dei fenomeni erosivi.
- k, indicatore rappresentativo della classe granulometrica del materiale eroso (valori di k forniti dall'EPA sono riportati nella seguente Tabella 4-14).

Tabella 4-14. Costante k in funzione delle dimensioni del particolato

Parametro di distribuzione granulometrica k			
≤ 30 µm	≤ 15 µm	≤ 10 µm	≤ 2,5 µm
0,74	0,48	0,35	0,11

4.2.7.2 Le seguenti espressioni forniscono la stima del fattore di emissione P (g/m²) in funzione dei parametri indicati in precedenza.

$$P = k (58 (u^* - u^*_c)^2 + 25 (u^* - u^*_c)) \quad \text{se } u^* > u^*_c$$

$$P = 0 \quad \text{se } u^* \leq u^*_c$$

4.2.7.3 Le linee guida EPA forniscono inoltre la relazione tra la velocità del vento misurata a 10 m e la velocità di attrito u^* pari a:

$$u^* = 0,053 u^{10m}$$

4.2.7.4 Infine, per il calcolo della velocità di soglia u^*c l'EPA suggerisce di effettuare delle prove granulometriche in campo utilizzando setacci di diverse dimensioni in modo da individuare il valore limite di sollevamento delle particelle in base alla loro dimensione. Per alcuni tipi di materiali l'EPA fornisce un valore medio di velocità di soglia u^*c (Figura 4-2). Cautelativamente è stato considerato il valore di soglia più basso tra quelli presenti in Figura 4-2 pari a 0,54 m/s che corrisponde a una velocità del vento a 10 m dal suolo di 10,2 m/s.

Material	Threshold Friction Velocity (m/s)	Roughness Height (cm)	Threshold Wind Velocity At 10 m (m/s)	
			$z_o = Act$	$z_o = 0.5 cm$
Overburden ^a	1.02	0.3	21	19
Scoria (roadbed material) ^a	1.33	0.3	27	25
Ground coal (surrounding coal pile) ^a	0.55	0.01	16	10
Uncrusted coal pile ^a	1.12	0.3	23	21
Scraper tracks on coal pile ^{a,b}	0.62	0.06	15	12
Fine coal dust on concrete pad ^c	0.54	0.2	11	10

^a Western surface coal mine. Reference 2.

^b Lightly crusted.

^c Eastern power plant. Reference 3.

Figura 4-2. Valori soglia di riferimento per alcuni tipi di materiali (Fonte: EPA AP42 13.2.5)

4.2.7.5 Utilizzando le formule sopra descritte e i valori orari di velocità del vento relativi all'anno 2015 (rilevate nella centralina ABC-IS), le emissioni totali calcolate da sollevamento delle polveri dai cumuli risultano nulle: la velocità del vento non supera mai il valore di soglia.

4.2.8 Emissioni totali stimate

4.2.8.1 Nella tabella successiva vengono riassunte le emissioni totali stimate per ogni fonte/attività emissiva individuata.

Tabella 4-15. Emissioni totali stimate in kg e fasi di utilizzo

Fonte/attività emissiva	NO _x (kg)	PM ₁₀ (kg)	PM _{2,5} (kg)	CO (kg)	SO ₂ (kg)	Fasi di utilizzo
Demolizione degli edifici	-	29,6	4,0	-	-	F2 ÷ F8
Frantumazione secondaria	-	29,6	4,0	-	-	F2 ÷ F8
Vagliatura	-	29,6	2,0	-	-	F2 ÷ F8

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 02	Studio Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE - Studio di impatto atmosferico del cantiere Demolizioni convenzionali del Complesso INE	35 di 43
---	---------	--	----------

Fonte/attività emissiva	NO _x (kg)	PM ₁₀ (kg)	PM _{2,5} (kg)	CO (kg)	SO ₂ (kg)	Fasi di utilizzo
Escavatore idraulico (240 kW)	813,6	28,4	28,4	726,4	2,4	F1 ÷ F10
Escavatore idraulico (400 kW)	1'355,9	47,4	47,4	1'210,6	3,9	F1 ÷ F10
Impianti mobili trattamenti inerti (frantoi)	889,4	40,5	40,5	734,1	2,4	F2 ÷ F9
Autogru	318,7	11,1	11,1	284,6	0,9	F5 + F6
Gru semoventi	346,1	12,1	12,1	309,0	1,0	F3 + F4 + F7
Autocarri (materiali da demolizioni)	11,2	0,4	0,3	3,0	0,006	F2 ÷ F8
Autocarri (materiali per il ripristino On-site)	10,7	0,4	0,3	2,9	0,006	F10
Autocisterne	11,2	0,4	0,3	3,0	0,006	F2 ÷ F8
Bilici (rifiuti)	14,0	0,5	0,4	3,8	0,008	F2 ÷ F9
Bilici (materiali per il ripristino Off-Site)	21,4	0,7	0,6	5,7	0,012	F10
Carico del materiale (area demolizioni)	-	21,5	6,8	-	-	F2 ÷ F8
Scarico del materiale (area frantumazione)	-	21,5	6,8	-	-	F2 ÷ F8
Carico del materiale (per sistemazione aree)	-	21,5	6,8	-	-	F10
Scarico del materiale (per sistemazione aree)	-	21,5	6,8	-	-	F10
Scarico materiale off-site (per sistemazione aree)	-	28,9	9,1	-	-	F10
Operazioni di scavo	-	2,7	2,7	-	-	F2 ÷ F9
TOTALE	3'792,1	348,5	190,4	3'283,1	10,6	-

4.2.9 Cronoprogramma delle attività di cantiere

4.2.9.1 In Tabella 4-16 vengono riportate le emissioni distribuite per ogni fase di cantiere.

Tabella 4-16. Emissioni totali stimate in kg per ogni fase di utilizzo

Codice	Fase di utilizzo	NO _x (kg)	PM ₁₀ (kg)	PM _{2,5} (kg)	CO (kg)	SO ₂ (kg)
F1	Allestimento cantiere e attività preliminari	194,3	6,8	6,8	173,5	0,6
F2	Fase di demolizione 1	209,0	19,6	10,3	180,9	0,6
F3	Fase di demolizione 2	351,5	37,2	17,7	306,2	1,0
F4	Fase di demolizione 3	263,6	13,4	10,8	229,6	0,7
F5	Fase di demolizione 4	287,7	13,7	11,7	249,3	0,8
F6	Fase di demolizione 5	510,7	40,7	23,6	440,7	1,4
F7	Fase di demolizione 6	665,9	74,3	34,7	571,7	1,8
F8	Fase di demolizione 7	418,0	38,5	20,2	361,7	1,2
F9	Fase di demolizione 8	276,4	10,9	10,8	240,5	0,8
F10	Attività di ripristino e smobilizzazione	615,0	93,5	43,9	529,0	1,7

Codice	Fase di utilizzo	NO _x (kg)	PM ₁₀ (kg)	PM _{2,5} (kg)	CO (kg)	SO ₂ (kg)
TOTALE		3'792,1	348,5	190,4	3'283,1	10,6

4.2.9.2 Infine, si riportano nelle figure seguenti, per ciascun inquinante, le emissioni mensili distribuite sulla base del cronoprogramma dei lavori Tabella 2-1.

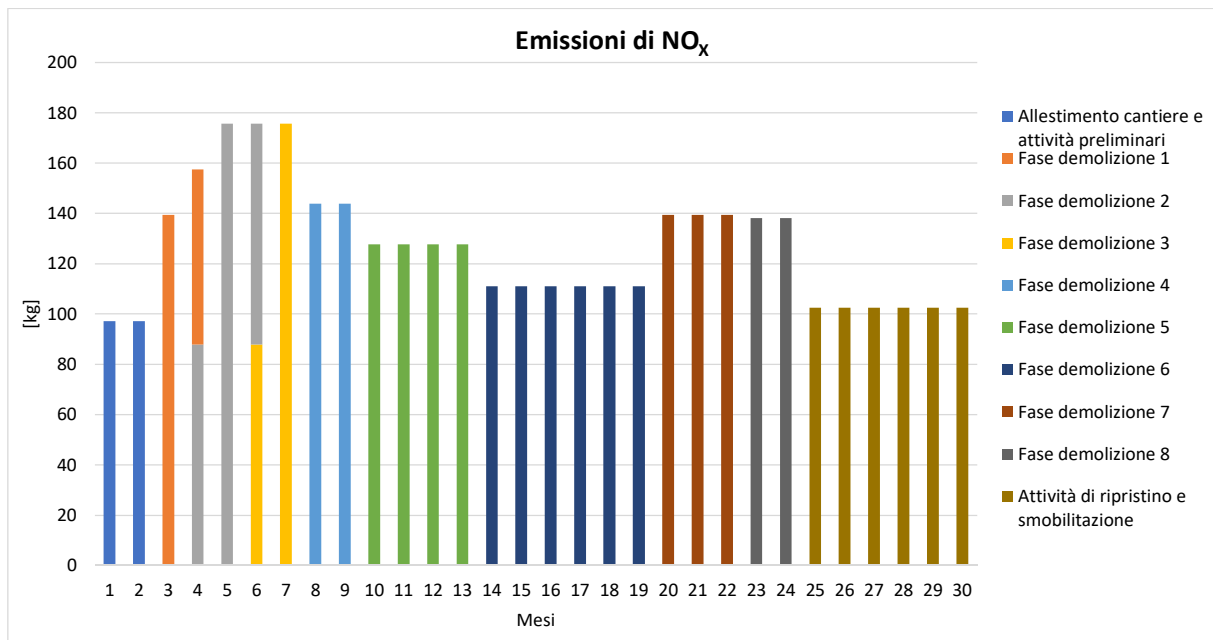


Figura 4-3. Emissioni totali mensili in kg di NO_x

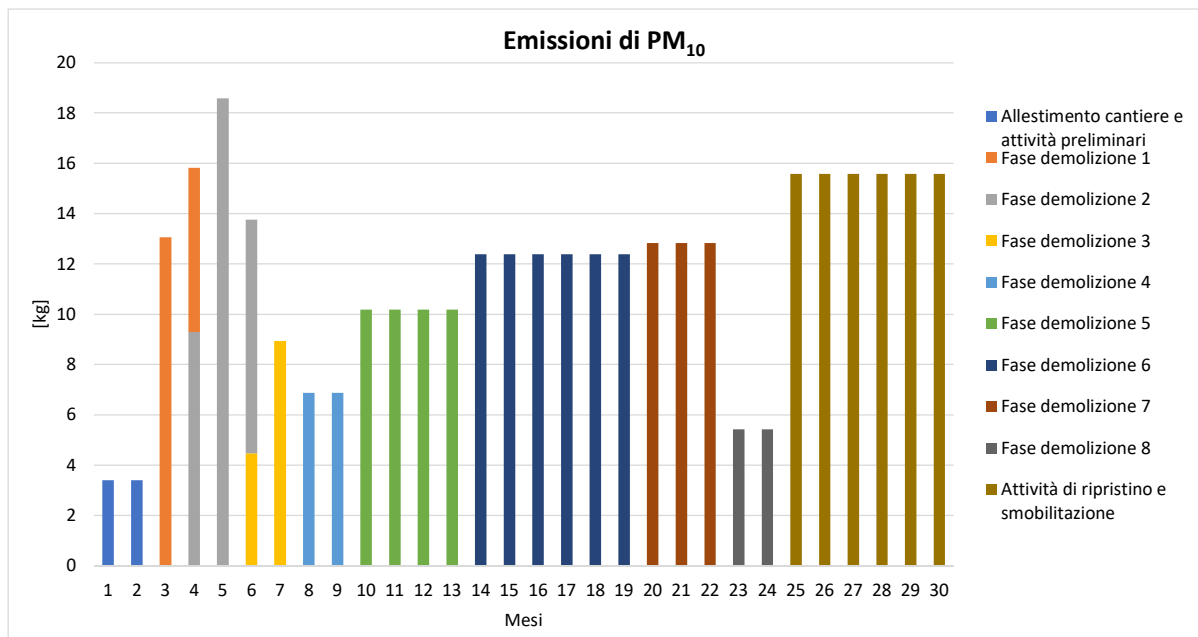


Figura 4-4. Emissioni totali mensili in kg di PM₁₀

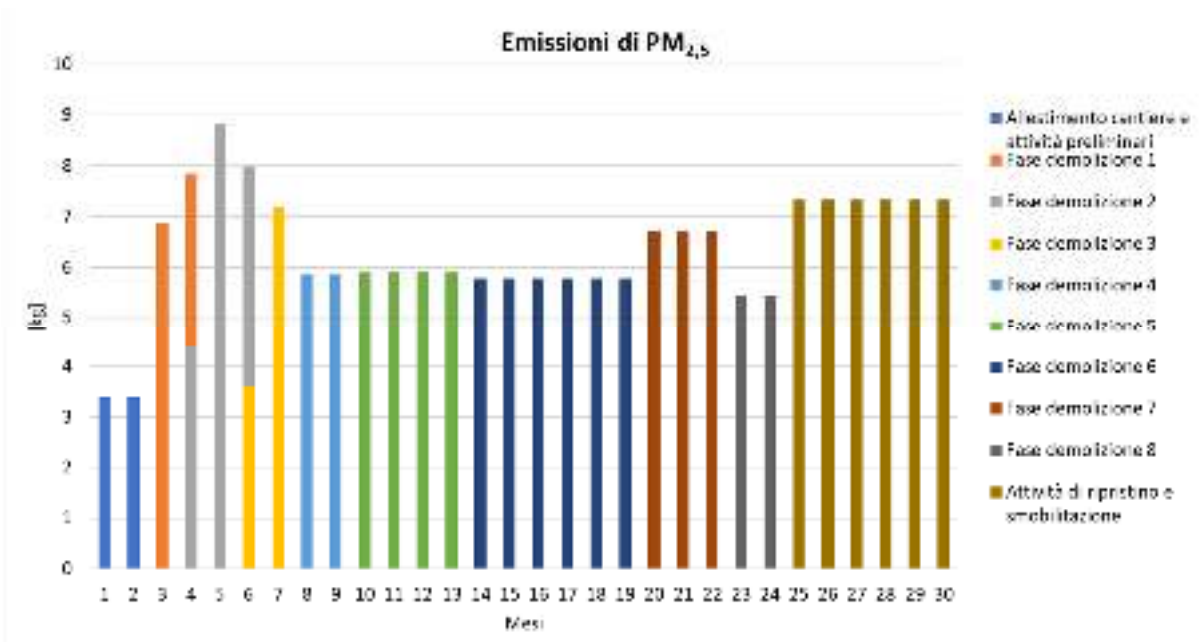


Figura 4-5. Emissioni totali mensili in kg di PM_{2,5}

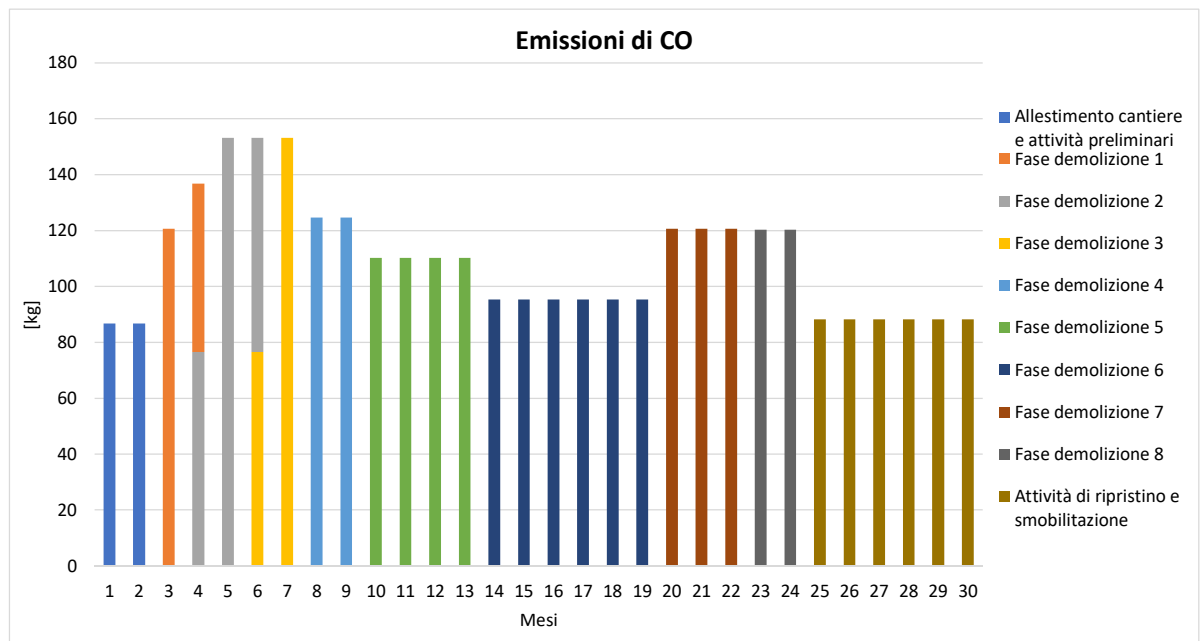


Figura 4-6. Emissioni totali mensili in kg di CO

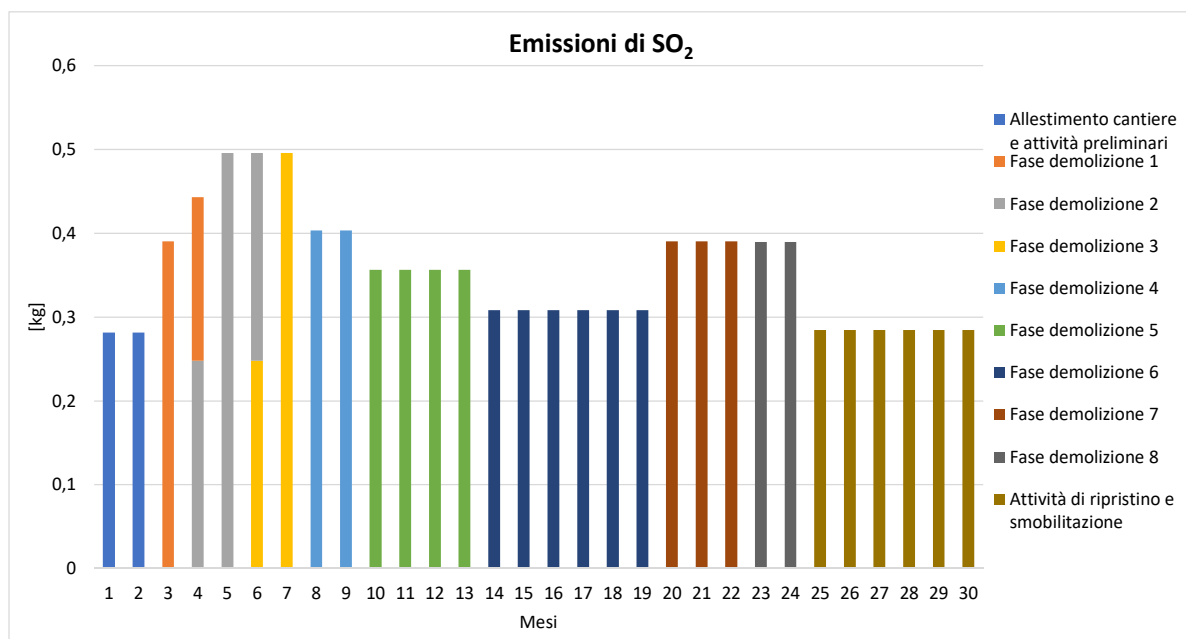


Figura 4-7. Emissioni totali mensili in kg di SO₂

4.2.9.3 Dalle figure precedenti si può notare che il mese più "gravoso" in termini di emissioni inquinanti in atmosfera risulta essere il quinto corrispondente alla fase di demolizione 2 (codice F3) "Demolizione ATFI, Sala comando".

4.2.10 Simulazioni modellistiche del cantiere

4.2.10.1 Per valutare il rispetto dei limiti legislativi è necessario simulare un periodo temporale di un anno solare.

4.2.10.2 Come evidenziato nel paragrafo precedente le emissioni variano anche notevolmente da mese a mese in relazione alle attività in esecuzione.

4.2.10.3 Al fine di effettuare una valutazione in favore di sicurezza, si è identificato il *worst case* tra le diverse attività di cantiere, che corrisponde alla fase di demolizione 2 "ATFI, Sala comando" (codice F3, Tabella 2-1). Tale fase è stata cautelativamente considerata di durata pari a un anno solare, per poter ricomprendere nella valutazione tutte le condizioni meteorologiche che possono presentarsi sul sito, anche le più sfavorevoli del punto di vista della dispersione atmosferica.

4.2.10.4 Nella tabella seguente sono indicati i ratei emissivi in [g/h], utilizzati in input al modello, calcolati considerando 8 ore al giorno di lavoro.

Tabella 4-17. Ratei emissivi simulati

Emissioni di cantiere	NO _x (g/h)	PM ₁₀ (g/h)	PM _{2,5} (g/h)	CO (g/h)	SO ₂ (g/h)
Ratei emissivi simulati	1054,5	111,5	53,0	918,6	3,0

4.2.10.5 Cautelativamente le attività di cantiere sono state simulate per un totale di 365 giorni continuativi dalle ore 8 alle ore 17); le emissioni generate della movimentazione degli inerti e del materiale da cava dipendono dalla velocità del vento (si veda punto 4.2.5.6) e sono state quindi stimate sulla base delle variabilità oraria del vento.

4.2.10.6 Per il dominio di simulazione di CALPUFF è stato considerato un quadrato di lato 10 km centrato sul Complesso INE così come mostrato in Figura 3-3. I valori delle concentrazioni degli inquinanti

al suolo sono stati stimati in corrispondenza dei baricentri di una griglia di calcolo regolare caratterizzata da una maglia con passo di 100 m.

4.3 Risultati delle simulazioni

- 4.3.0.1 Nelle simulazioni sono stati considerati gli ossidi di azoto (NO_x), il monossido di carbonio (CO), le polveri (PM₁₀ e PM_{2,5}) e il biossido di zolfo (SO₂): tutti inquinanti normati dal D.Lgs. 155/2010. Tale decreto impone una concentrazione limite per la protezione della salute umana sul biossido di azoto (NO₂): cautelativamente sono stati quindi considerati tutti gli ossidi di azoto come NO₂.
- 4.3.0.2 I risultati delle simulazioni effettuate con il modello CALPUFF sono riassunti mediante mappe di isoconcentrazione che rappresentano la distribuzione dei valori di concentrazione di inquinanti al suolo. Sono riportate le mappe relative alle concentrazioni atmosferiche mediate su differenti periodi temporali (secondo quanto indicato dal Decreto Legislativo 155 del 2010), al fine di verificare che la concentrazione di inquinanti rispetti i limiti di qualità dell'aria vigenti e per identificare eventuali episodi di criticità.
- 4.3.0.3 Per alcuni degli inquinanti considerati, la normativa di riferimento fissa il numero di volte che la concentrazione limite può essere superata in un anno; i risultati prodotti rappresentano quindi il corrispondente percentile delle concentrazioni previste. I valori annuali sono invece mediati sull'anno completo.
- 4.3.0.4 In Tabella 4-18 sono elencate tutte le mappe di isoconcentrazione allegate e parte integrante del presente studio.

Tabella 4-18. Elenco delle tavole in allegato

N° Tavola	Inquinante	Periodo di mediazione
1	NO ₂	Anno
2		Ora
3	NO _x	Anno
4	PM ₁₀	Anno
5		Giorno
6	PM _{2,5}	Anno
7	CO	8 ore
8	SO ₂	Anno
9		Giorno
10		Ora

- 4.3.0.5 Dalle tavole si nota come le ricadute degli inquinanti al suolo si sviluppano in coerenza con la principale direzione del vento, ovvero verso Sud-Sudest, soprattutto per quanto riguarda le medie annuali, meno influenzate dalle caratteristiche orarie del campo di vento.
- 4.3.0.6 Nel seguito sono riassunti i valori massimi stimati dal modello di dispersione considerando tutti i punti della griglia di calcolo esterni all'area di cantiere: dalla tabella si evince che le concentrazioni massime stimate sono conformi ai parametri normativi vigenti, nonostante le ipotesi adottate nel presente studio siano sempre state estremamente cautelative.

Tabella 4-19. Concentrazioni massime di dominio

Inquinante ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ (NO _x)		PM ₁₀		PM _{2,5}	CO	SO ₂		
	Media annuale	99,8° percentile orario	Media annuale	90,4° percentile giornaliero	Media annuale	Max media giornaliera su 8 ore	Media annuale	99,2° percentile giornaliero	99,7° percentile orario
Limite di legge	40 (30)	200	40	50	25	10.000	20	125	350
Concentrazione massima	8,4	149,6	0,9	1,7	0,4	90,2	0,02	0,07	0,4

- 4.3.0.7 Le ricadute in termini di polveri (PM₁₀ e PM_{2,5}), CO e SO₂ risultano essere molto contenute, mentre sono più apprezzabili quelle di NO₂, associate quindi al funzionamento dei motori diesel dei mezzi di cantiere, soprattutto in termini di percentile orario. Nonostante ciò, considerando che presso il sito non sono rilevate concentrazioni di NO₂ elevate l'apporto di emissioni dovuto al cantiere può considerarsi non critico anche per questo composto.
- 4.3.0.8 Nella tabella seguente sono stimati i livelli di inquinamento medi annui finali ottenuti sommando ai valori massimi stimati dal modello di dispersione le concentrazioni di fondo misurate presso la JRC-Ispra Atmosphere -Biosphere - Climate Integrated monitoring Station (ABC-IS).

Tabella 4-20. Stima del massimo livello di inquinamento medio annuo finale

Inquinante ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ (NO _x)	PM ₁₀	PM _{2,5}	SO ₂
Periodo di mediazione	Media annuale			
Concentrazione massima	8,4	0,9	0,4	0,02
Fondo ⁽¹⁾	20	27,6	17,3	0,7
Stima del livello futuro	28,4	28,5	17,7	0,72
Limite di legge	40 (30)	40	25	20
Note ⁽¹⁾ Concentrazione media rilevata nell'anno 2015 dalla stazione JRC-Ispra ABC-IS				

4.3.0.9 Le concentrazioni medie annue finali di tutti gli inquinanti considerati risultano inferiori ai valori limite definiti dal DLgs 155/2010, anche nel caso delle polveri, per le quali il contributo di fondo è il più importante, non si riscontrano criticità né in termini di PM₁₀ che di PM_{2,5}.

4.3.1 Recettori residenziali

4.3.1.1 Oltre ai massimi di dominio sono state valutate le concentrazioni stimate presso i residenziali più vicini presenti nell'area di studio. I recettori individuati (visualizzati in Figura 4-8 e riportati in tabella) corrispondono alle abitazioni residenziali più prossime all'area di cantiere.

Tabella 4-21. Recettori sensibili individuati

Recettore	Tipo	Comune	Latitudine	Longitudine	Elevazione
Recettore R1	Residenziale	Cadrezzate	45°48'18.99"N	8°38'35.45"E	246 m slm
Recettore R2	Residenziale	Cadrezzate	45°48'10.79"N	8°37'46.23"E	239 m slm
Recettore R3	Residenziale	Ispra	45°48'32.44"N	8°37'19.91"E	215 m slm
Recettore R4	Residenziale	Ispra	45°48'50.55"N	8°37'52.75"E	209 m slm

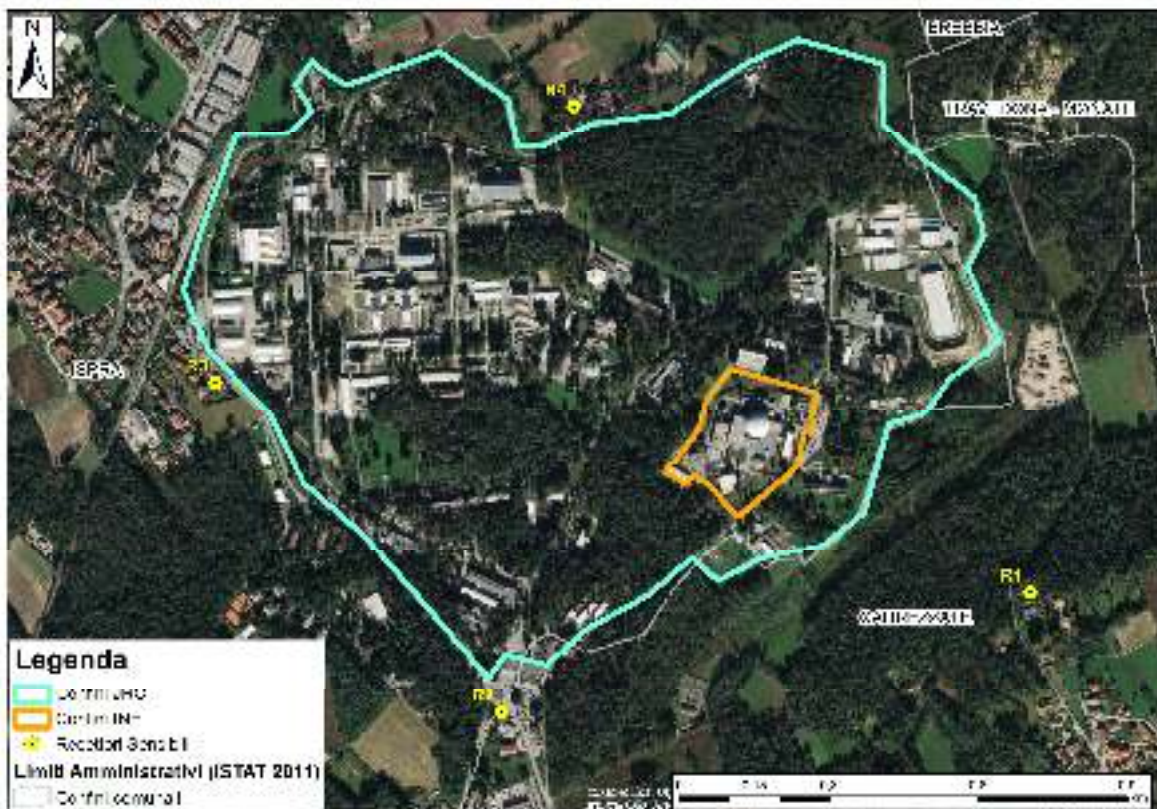


Figura 4-8. Localizzazione dei recettori

4.3.1.2 In Tabella 4-22 sono riportati i corrispettivi valori di concentrazione stimati.

Tabella 4-22. Concentrazioni stimate presso i recettori più prossimi all'area di cantiere

Inquinante ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO_2 (NO_x)		PM_{10}		$\text{PM}_{2,5}$	CO	SO_2		
	Media annuale	99,8° percentile orario	Media annuale	90,4° percentile giornaliero	Media annuale	Max media giornaliera su 8 ore	Media annuale	99,2° percentile giornaliero	99,7° percentile orario
Limite di legge	40 (30)	200	40	50	25	10'000	20	125	350
Recettore R1	0,42	27,9	0,04	0,11	0,020	16,4	0,0012	0,07	0,25
Recettore R2	0,13	6,6	0,01	0,04	0,006	4,7	0,0004	0,02	0,03
Recettore R3	0,08	3,6	0,01	0,02	0,004	2,0	0,0002	0,01	0,02
Recettore R4	0,29	10,4	0,03	0,08	0,014	8,0	0,0008	0,03	0,04
Concentr. massima	0,42	27,9	0,04	0,11	0,02	16,4	0,0012	0,07	0,25
Peso % rispetto al valore limite	1,1% (1,4%)	14%	0,1%	0,2%	0,1%	0,2%	0,01%	0,1%	0,07%

4.3.1.3 Si evidenzia quindi che già a poche centinaia di metri dal cantiere i valori di concentrazione sono molto contenuti, gli inquinanti hanno infatti una dispersione limitata nell'intorno dell'area di

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 02	Studio Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE - Studio di impatto atmosferico del cantiere Demolizioni convenzionali del Complesso INE	43 di 43
---	---------	--	----------

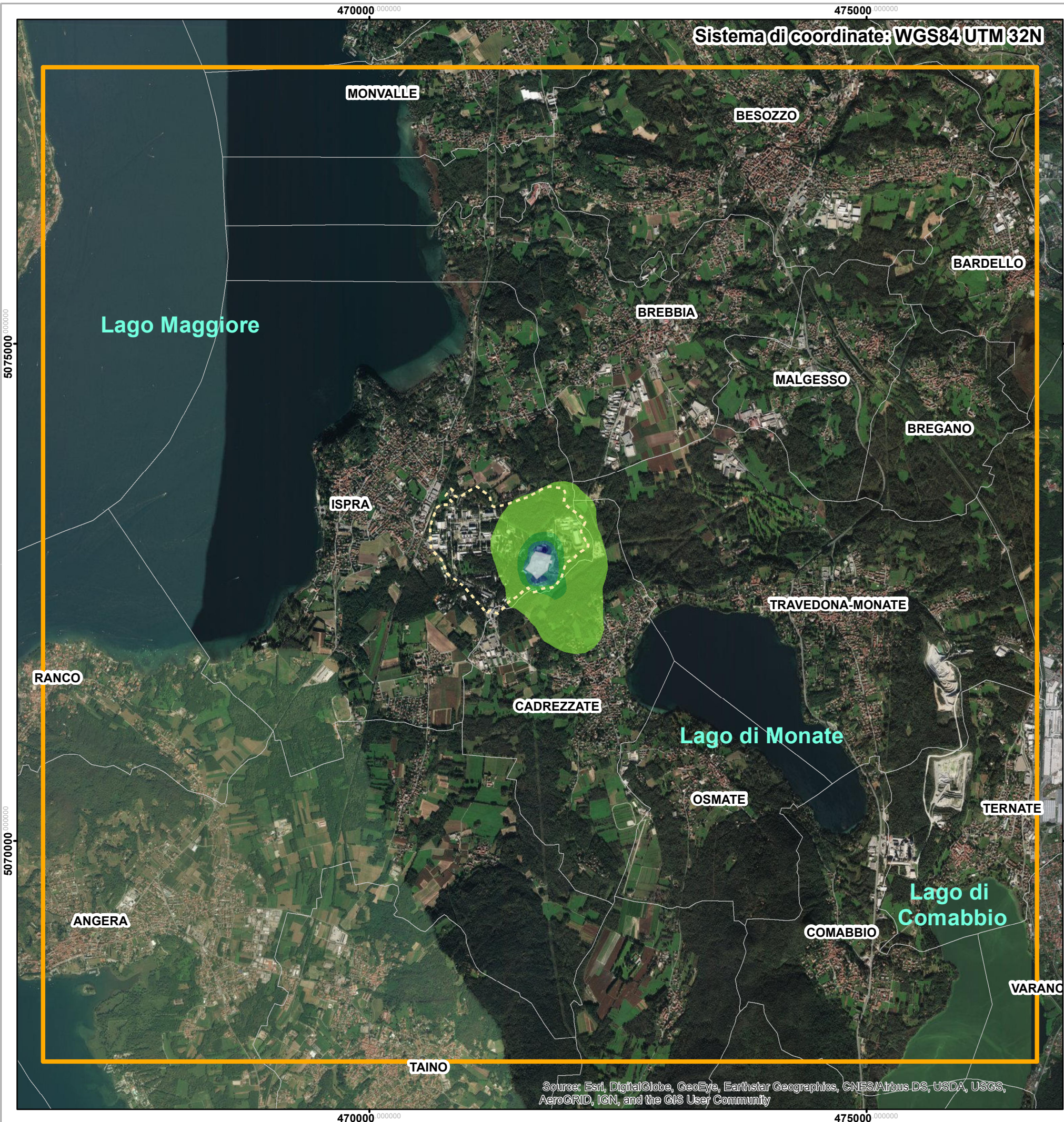
localizzazione del Complesso INE a causa della natura delle emissioni associate alle attività di cantiere e alle caratteristiche dei mezzi di lavoro.

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 02	Studio Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE - Studio di impatto atmosferico del cantiere Demolizioni convenzionali del Complesso INE	44 di 43
---	---------	--	----------

5. CONCLUSIONI

- 5.0.0.1 In questo studio sono state valutate le ricadute delle emissioni in atmosfera associate alle attività di cantiere del progetto di demolizione del Complesso INE presso il Joint Research Center sito nel comune di Ispra (VA).
- 5.0.0.2 La valutazione è stata effettuata attraverso il modello di dispersione CALPUFF, a partire dalle emissioni derivanti dalle operazioni di cantiere, dalle condizioni meteorologiche monitorate dalla centralina presente nel sito di ricerca e dai dati in quota ricavati da simulazioni condotte con il modello WRF.
- 5.0.0.3 I risultati sono stati valutati su una griglia di calcolo con risoluzione di 100 m (avente dimensione di 10x10 km²) e presso i recettori sensibili individuati nell'intorno dell'impianto.
- 5.0.0.4 Le concentrazioni stimate al suolo evidenziano il rispetto della legislazione vigente per tutti i parametri considerati, con valori decisamente al di sotto degli standard vigenti.

TAVOLE



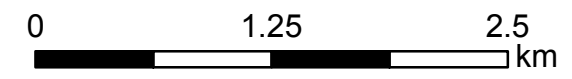
Legenda

Ricadute ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

- < 0.4
- 0.4 - 2.0
- 2.0 - 3.6
- 3.6 - 5.2
- 5.2 - 6.8
- 6.8 - 8.4
- Complesso INE
- Confini comunali
- Confine JRC
- Dominio di simulazione

Limite di legge

$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
(media annua di NO_2)

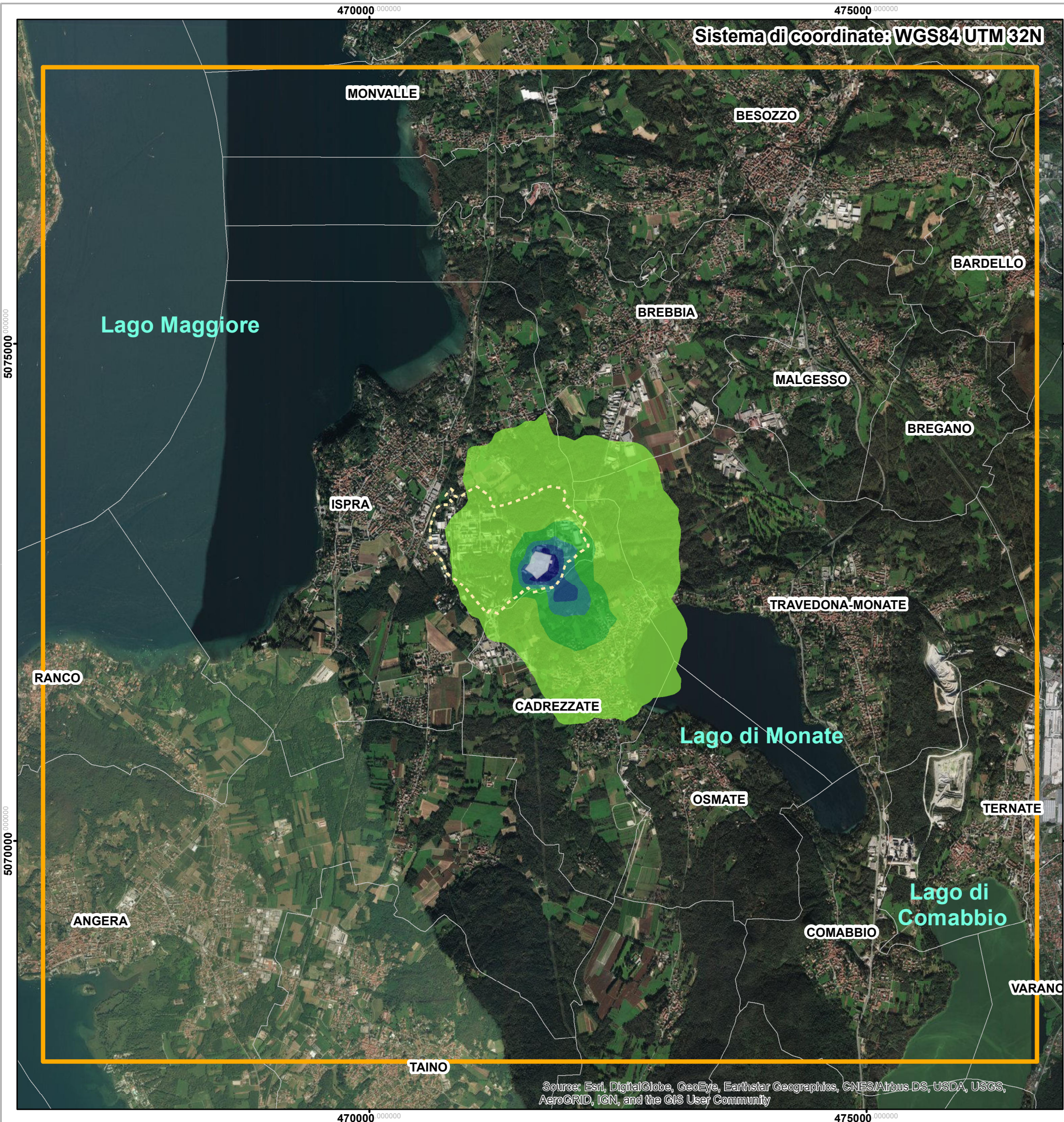


TAV. 1	rev 02	data	disegnato	SGR	scala
		Ottobre 2019	controllato	ACU	1:40000
progetto			approvato	PPU	formato
57989003IT					A3

committente
Commissione Europea
Joint Research Center - Ispra

progetto
Decommissioning INE - Studio di Impatto Ambientale

titolo
NO₂ - Media Annuale



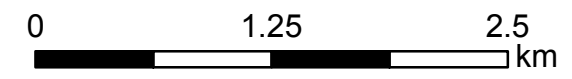
Legenda

Ricadute ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

- < 5
- 5 - 34
- 34 - 63
- 63 - 92
- 92 - 121
- 121 - 150
- Complesso INE
- Confini comunali
- Confine JRC
- Dominio di simulazione

Limite di legge

200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
(99.8° percentile orario di NO_2)

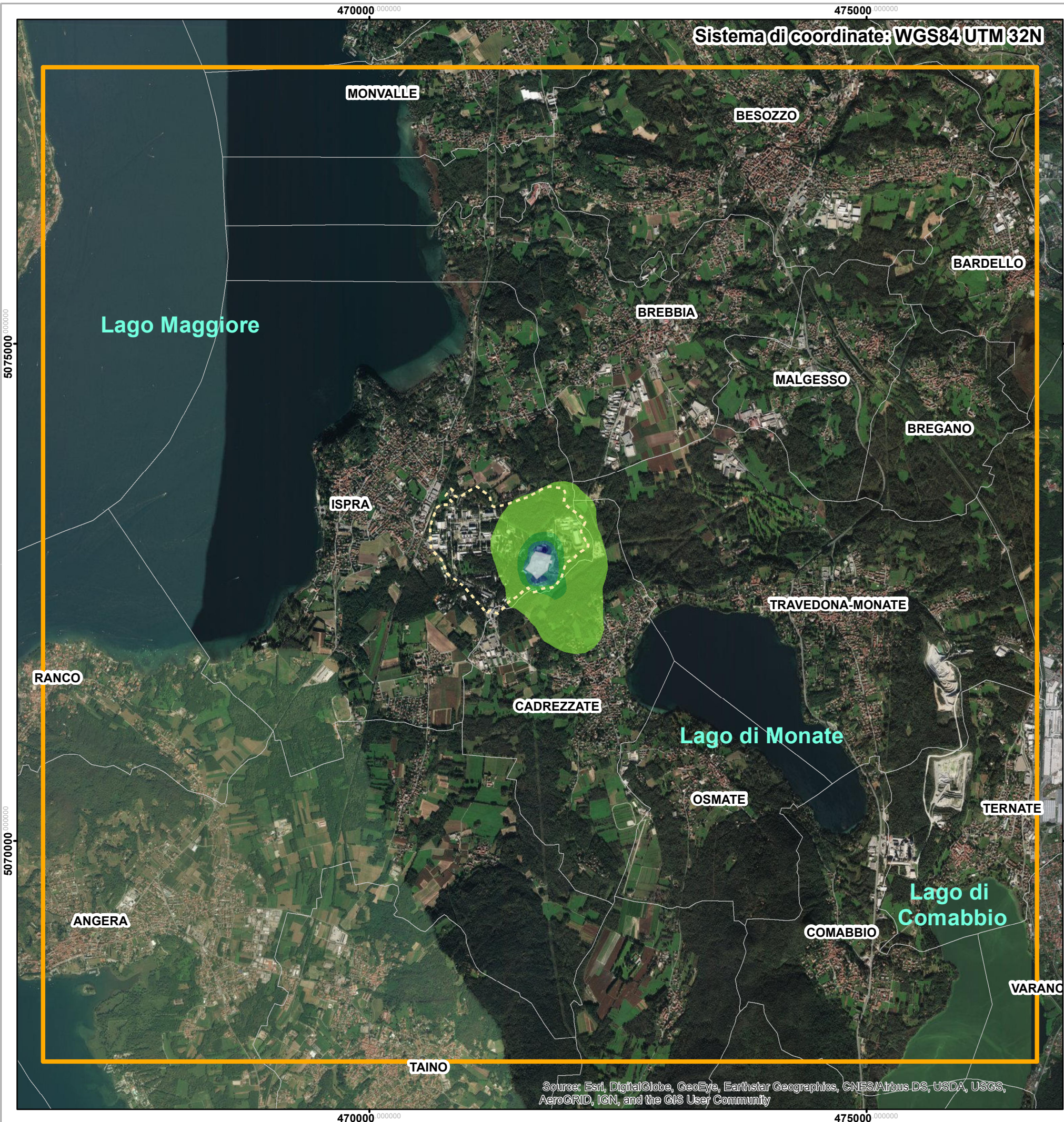


TAV. 2	rev 02	data	disegnato	SGR	scala
		10 Ottobre 2019	controllato	ACU	1:40000
progetto			approvato	PPU	formato
57989003IT					A3

committente
Commissione Europea
Joint Research Center - Ispra

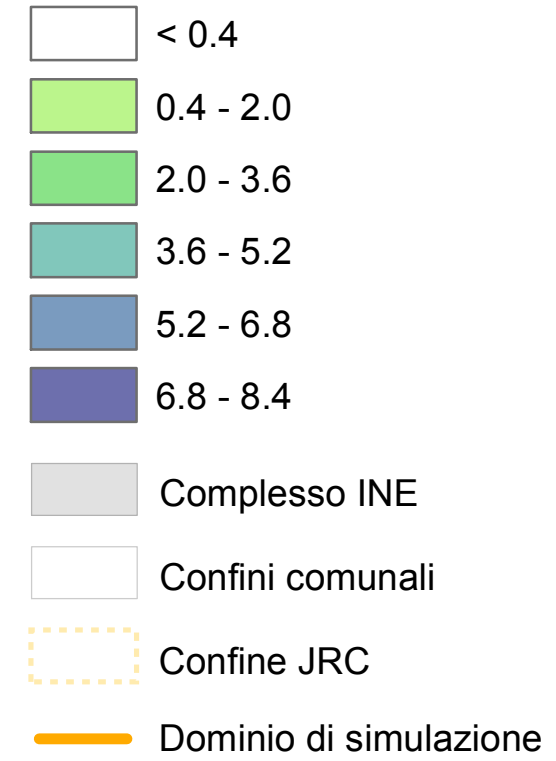
progetto
Decommissioning INE - Studio di Impatto Ambientale

titolo
NO₂ - Percentile Orario



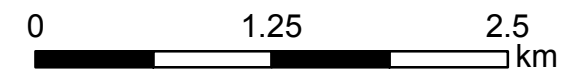
Legenda

Ricadute ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Limite di legge

$30 \mu\text{g}/\text{m}^3$
(media annua di NO_x)

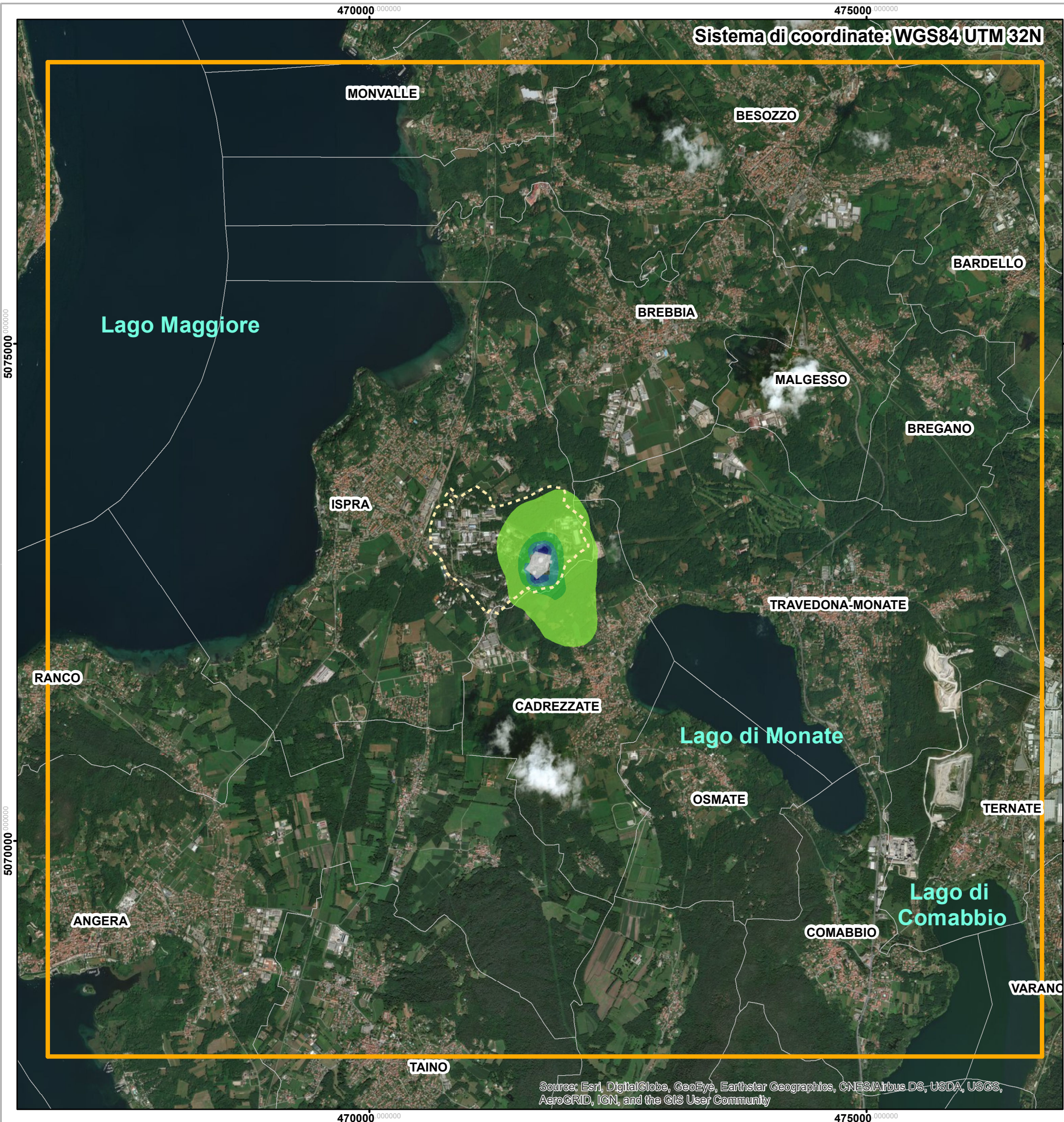


TAV. 3	rev 02	data	disegnato	SGR	scala
progetto		Ottobre 2019	controllato	ACU	1:40000
57989003IT			approvato	PPU	formato
					A3

committente	Commissione Europea Joint Research Center - Ispra	
-------------	--	--

progetto	Decommissioning INE - Studio di Impatto Ambientale
----------	--

titolo	NO_x - Media Annuale
--------	-------------------------------



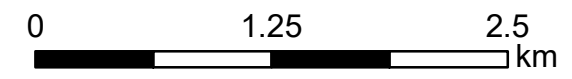
Legenda

Ricadute ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Limite di legge

$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
(media annua di PM_{10})



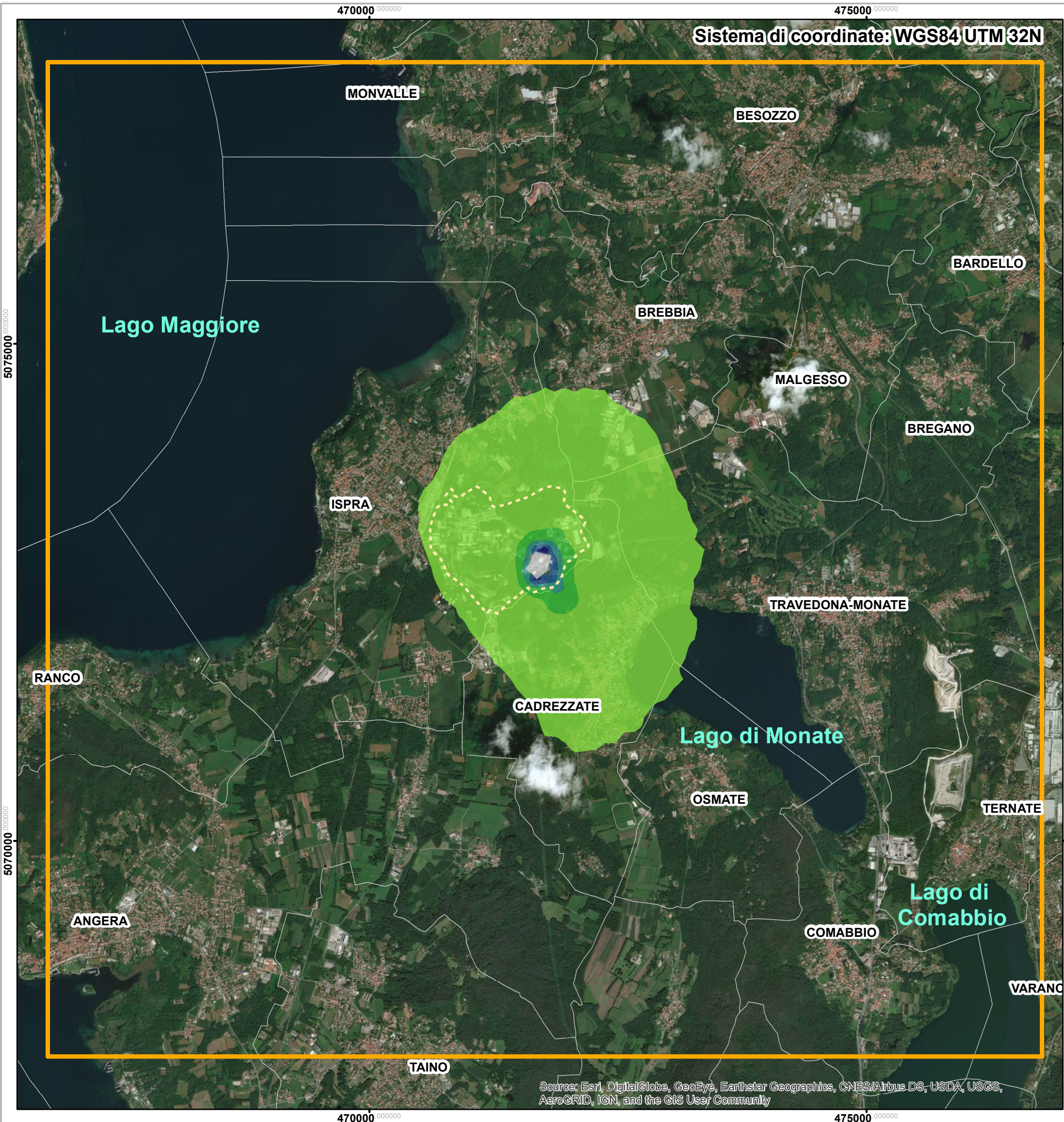
TAV. 4	rev 02	data	disegnato	SGR	scala
progetto		Ottobre 2019	controllato	ACU	1:40000
57989003IT			approvato	PPU	
committente					A3

Commissione Europea
Centro Comune di Ricerca - Ispra



progetto
Decommissioning INE - Studio di Impatto Ambientale

titolo
PM₁₀ - Media Annua



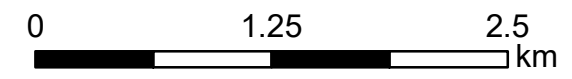
Legenda

Ricadute ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

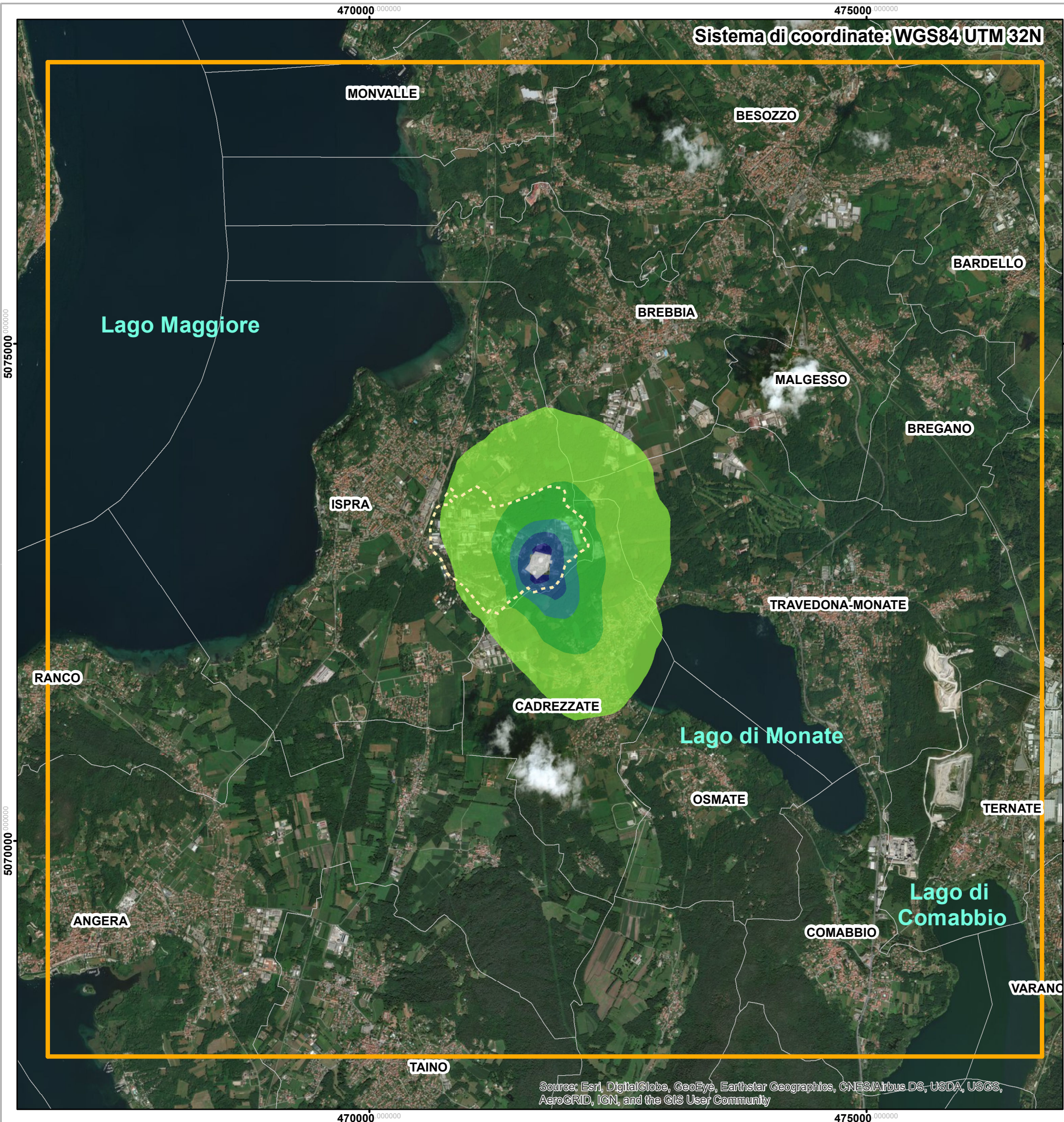
- < 0.02
- 0.02 - 0.38
- 0.38 - 0.74
- 0.74 - 1.10
- 1.10 - 1.46
- 1.46 - 1.75
- Complesso INE
- Confini comunali
- Confine CCR
- Dominio di simulazione

Limite di legge

$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
(90.4° percentile giornaliero di PM_{10})



TAV. 5	rev 02	data	disegnato	SGR	scala
		Ottobre 2019	controllato	ACU	1:40000
progetto			approvato	PPU	formato
57989003IT					A3
committente					
Commissione Europea Centro Comune di Ricerca - Ispra					
progetto					
Decommissioning INE - Studio di Impatto Ambientale					
titolo					
PM ₁₀ - Percentile Giornaliero					



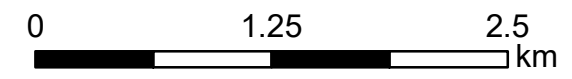
Legenda

Ricadute ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

- < 0.005
- 0.005 - 0.020
- 0.020 - 0.050
- 0.050 - 0.100
- 0.100 - 0.250
- 0.250 - 0.414
- Complesso INE
- Confini comunali
- Confine CCR
- Dominio di simulazione

Limite di legge

$25 \mu\text{g}/\text{m}^3$
(media annua di $\text{PM}_{2.5}$)



TAV. 6	rev 02	data	disegnato	SGR	scala
		10 Ottobre 2019	controllato	ACU	1:40000
progetto			approvato	PPU	formato
57989003IT					A3

committente

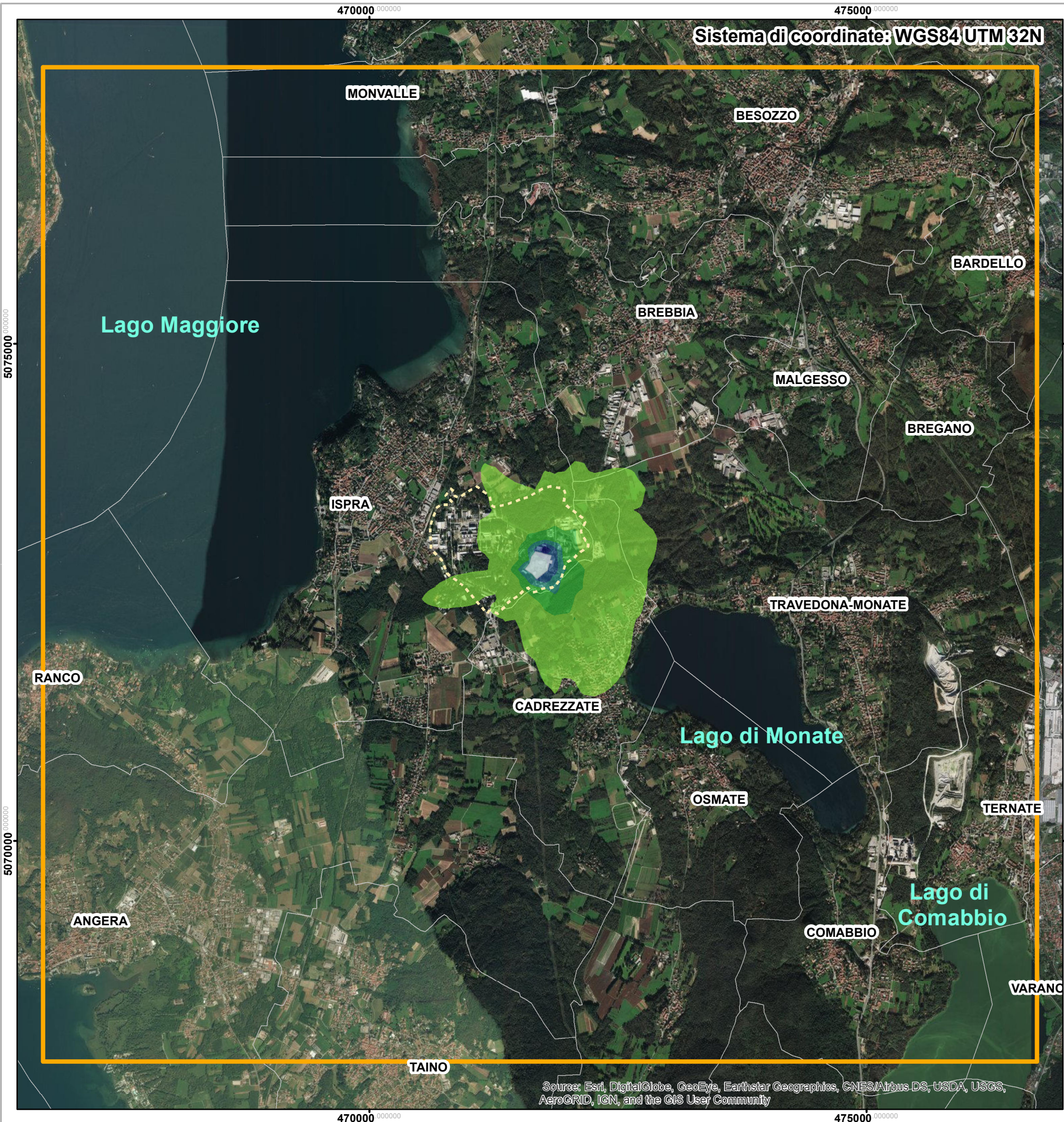
Commissione Europea
Centro Comune di Ricerca - Ispra

progetto

Decommissioning INE - Studio di Impatto Ambientale

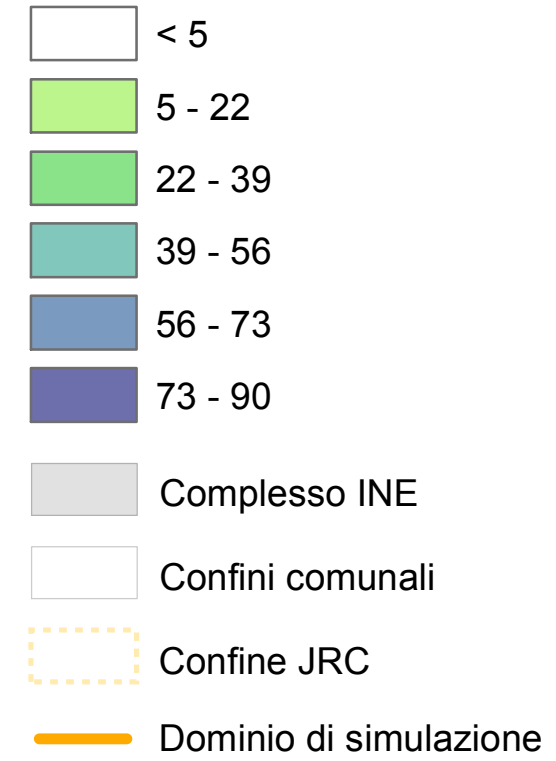
titolo

$\text{PM}_{2.5}$ - Media Annua



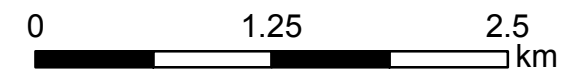
Legenda

Ricadute ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Limite di legge

10000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
(media mobile 8 ore di CO)



TAV. 7	rev 02	data	disegnato	SGR	scala
progetto		Ottobre 2019	controllato	ACU	1:40000
57989003IT			approvato	PPU	formato
					A3

committente		Commissione Europea Joint Research Center - Ispra			
-------------	--	--	--	--	--

progetto	Decommissioning INE - Studio di Impatto Ambientale
----------	--

titolo	CO - Massima Media Mobile 8 Ore
--------	---------------------------------



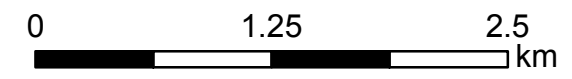
Legenda

Ricadute ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

- < 0.0003
- 0.0003 - 0.0053
- 0.0053 - 0.0103
- 0.0103 - 0.0153
- 0.0153 - 0.0203
- 0.0203 - 0.0236
- Complesso INE
- Confini comunali
- Confine JRC
- Dominio di simulazione

Limite di legge

20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
(media annua di SO_2)

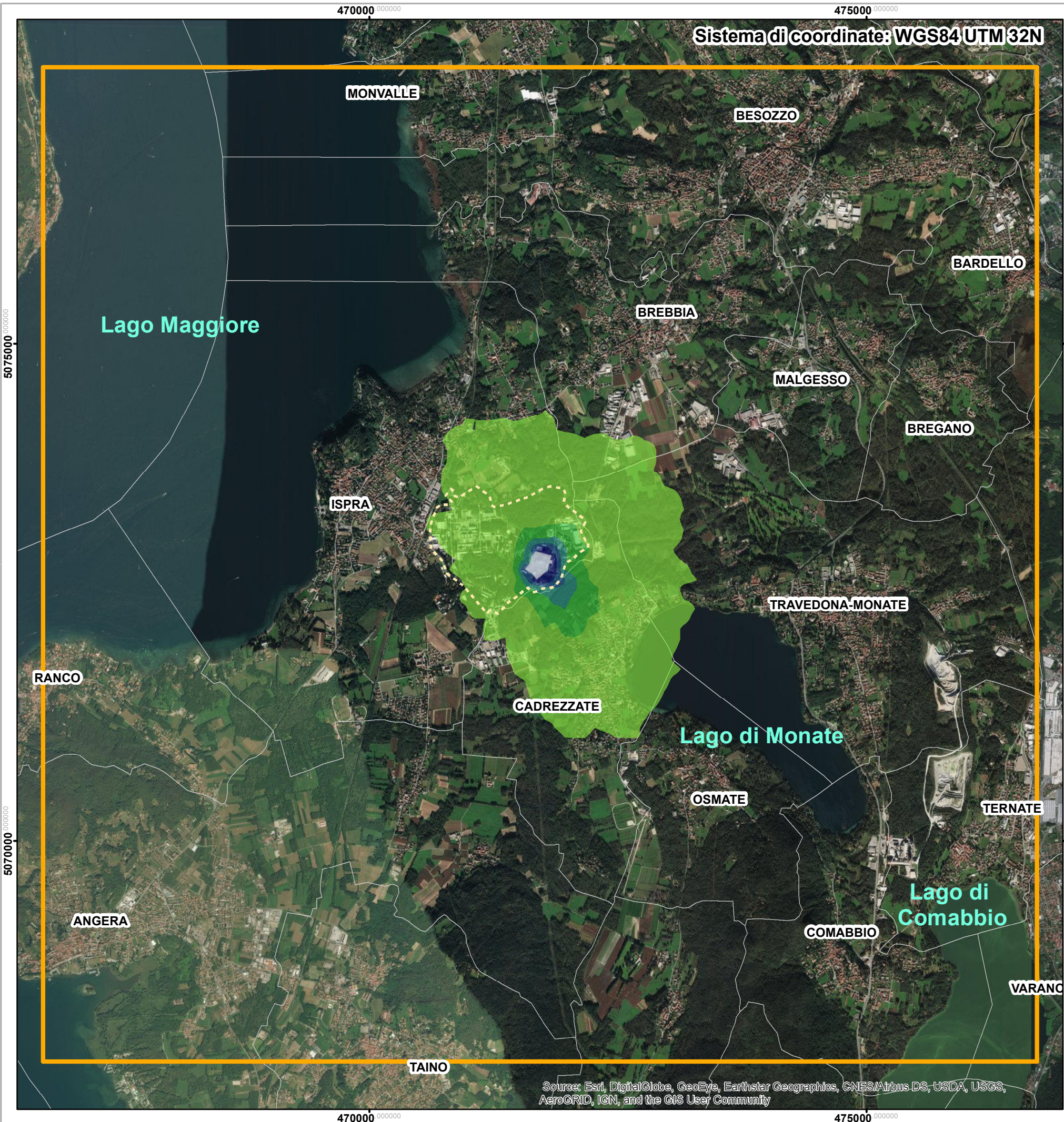


TAV. 8	rev 02	data	disegnato	SGR	scala
		Ottobre 2019	controllato	ACU	1:40000
progetto			approvato	PPU	formato
57989003IT					A3

committente
Commissione Europea
Joint Research Center - Ispra

progetto
Decommissioning INE - Studio di Impatto Ambientale

titolo
SO₂ - Media Annua



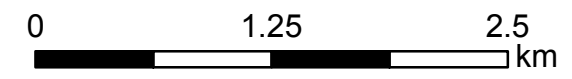
Legenda

Ricadute ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

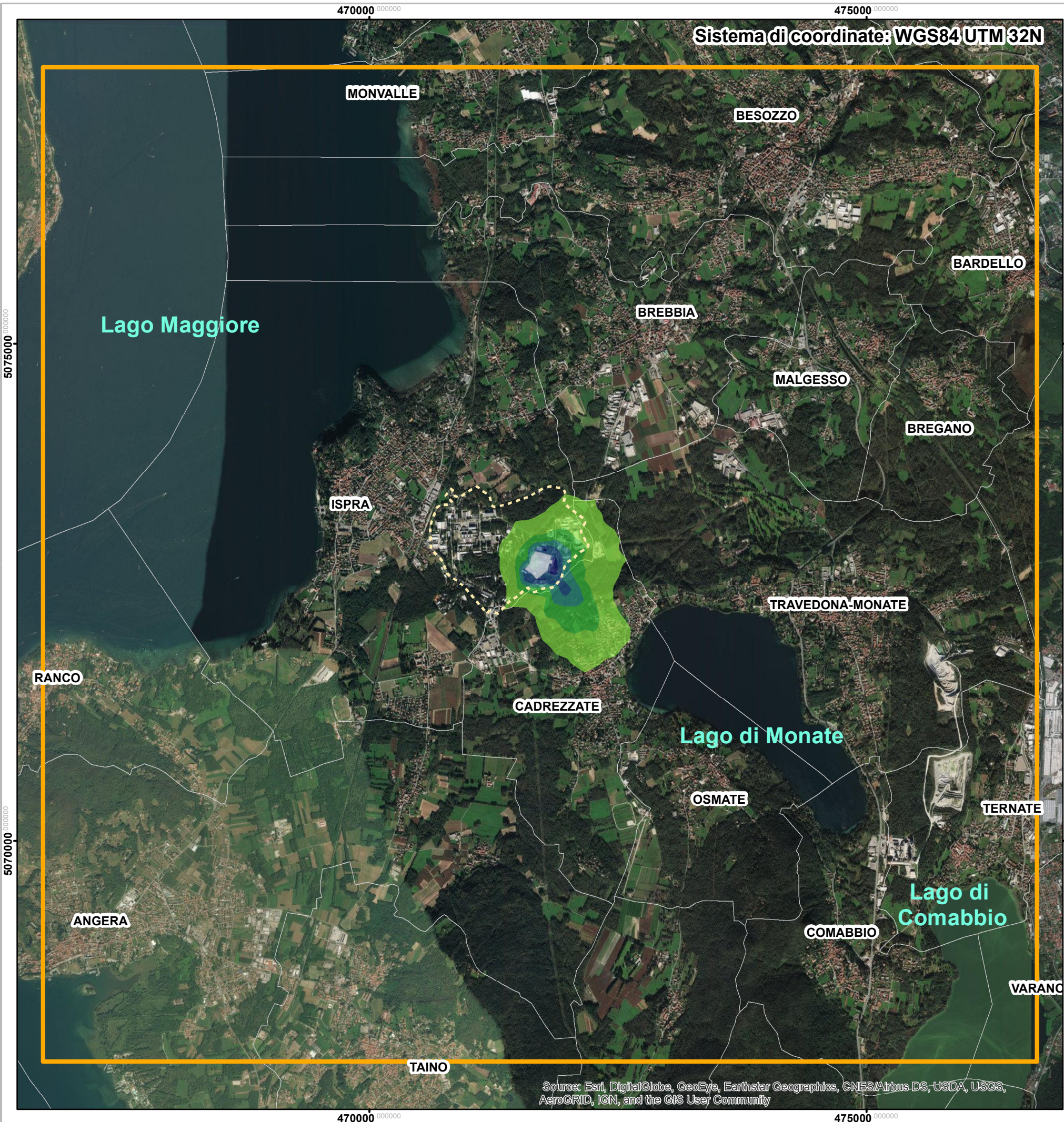
- < 0.002
- 0.002 - 0.016
- 0.016 - 0.030
- 0.030 - 0.044
- 0.044 - 0.058
- 0.058 - 0.071
- Complesso INE
- Confini comunali
- Confine JRC
- Dominio di simulazione

Limite di legge

125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
(99.2° percentile giornaliero di SO_2)

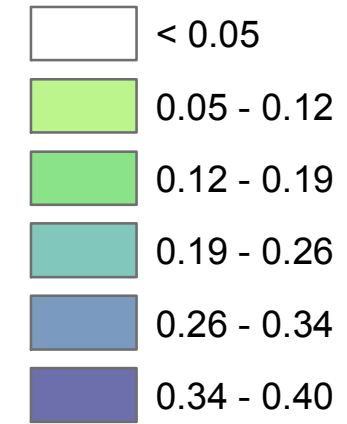


TAV. 9	rev 02	data	disegnato	SGR	scala
		Ottobre 2019	controllato	ACU	1:40000
progetto			approvato	PPU	formato
57989003IT					A3
committente					
Commissione Europea Joint Research Center - Ispra					
progetto					
Decommissioning INE - Studio di Impatto Ambientale					
titolo					
SO ₂ - Percentile Giornaliero					



Legenda

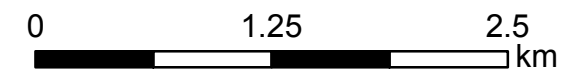
Ricadute ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



- Complesso INE
- Confini comunali
- Confine JRC
- Dominio di simulazione

Limite di legge

350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
(99.7° percentile orario di SO_2)



TAV. 10	rev 02	data	disegnato	SGR	scala
progetto		Ottobre 2019	controllato	ACU	1:40000
57989003IT			approvato	PPU	formato
			A3		

committente

Commissione Europea
Joint Research Center - Ispra

progetto

Decommissioning INE - Studio di Impatto Ambientale

titolo

SO_2 - Percentile Orario