

RAPPORTO

USO RISERVATO

APPROVATO

C0016969

Cliente Enel Produzione S.p.A.

Oggetto Centrale di Santa Barbara - Progetto di UPGRADE Impianto

Studio Preliminare Ambientale (art.19 D.Lgs 152/2006 e ss.mm.ii.)

Allegato A – Emissioni degli inquinanti in atmosfera e valutazione delle ricadute sulla qualità dell'aria

Ordine A.Q. 8400134283 del 31.12.2018, Attivazione n. 3500114137 del 08.09.2020

Note WBS A1300002523, Lettera di trasmissione C0016973

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

N. pagine 78

N. pagine fuori testo 28

Data 30/07/2021

Elaborato C0016969 92853 AUT STC - De Bellis Caterina, C0016969 3575 AUT STC - Manzi Giovanni, C0016969 1596735 AUT STC - D'Aleo Marco, C0016969 2657818 AUT STC - Boi Laura

Verificato C0016969 3840 VER ENC - Pertot Cesare, C0016969 4991 VER ENC - Stigliano Giuseppe Paolo

Approvato C0016969 2809622 APP ENC - Il Responsabile - Mozzi Riccardo

CESI S.p.A.

Via Rubattino 54
I-20134 Milano - Italy
Tel: +39 02 21251
Fax: +39 02 2125440
e-mail: info@cesi.it
www.cesi.it

Capitale sociale € 8.550.000 interamente versato
C.F. e numero iscrizione Reg. Imprese di Milano 00793580150
P.I. IT00793580150
N. R.E.A. 429222

© Copyright 2021 by CESI. All rights reserved

Pag. 1/78

Indice

1	INTRODUZIONE	4
1.1	Area di interesse	5
2	SCENARI EMISSIVI	6
3	CARATTERIZZAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	9
3.1	Quadro normativo	9
3.2	Lo stato attuale della qualità dell'aria	13
3.2.1	Particolato PM ₁₀	15
3.2.2	Particolato PM _{2.5}	21
3.2.3	Biossido di azoto e ossidi di azoto totali.....	25
3.2.4	Ozono	30
3.2.5	Monossido di carbonio	36
3.2.6	Biossido di zolfo	38
3.2.7	Ammoniaca	39
3.2.8	Acido solfidrico	41
3.2.9	Benzene	45
3.2.10	Concentrazione del fondo nell' Area di Interesse	47
3.2.11	Valutazioni conclusive sulla qualità dell'aria	47
4	EFFETTI SULLA QUALITÀ DELL'ARIA	48
4.1	Calmet.....	48
4.2	Calpuff.....	49
4.3	Validazione dello strumento modellistico.....	50
4.4	Setup dello strumento modellistico	50
4.4.1	Dominio di calcolo.....	50
4.4.1.1	Banche dati	51
4.4.1.1.1	Orografia	51
4.4.1.1.2	Uso del suolo.....	52
4.4.1.2	Sostanze considerate	56
4.4.1.3	Schemi chimici	56
4.4.1.4	Effetto Building Downwash	59
4.4.2	Analisi meteorologica.....	60
4.4.2.1	Selezione delle stazioni meteorologiche di confronto	60
4.4.2.2	Confronto modello con misure meteorologiche	60
4.4.2.3	Stabilità atmosferica e altezza strato rimescolato nell'area	67
4.4.3	Scenari emissivi.....	69
4.5	Valutazione degli effetti sulla qualità dell'aria	70
4.5.1	Confronto coi limiti di legge	70
4.5.2	Impatti cumulati	71
4.5.3	Tavole fuori testo	72
4.5.4	NO ₂ e NO _x	73
4.5.5	SPM	74
4.5.6	CO.....	75
4.5.7	NH ₃	75

5	CONCLUSIONI	76
6	BIBLIOGRAFIA	78

Indice delle tavole fuori testo

Tavola AV-01.a – Scenario “autorizzato” (area vasta) – NO ₂ – Concentrazione media annua
Tavola AV-01.u – Scenario “upgrade” (area vasta) – NO ₂ – Concentrazione media annua
Tavola AV-02.a – Scenario “autorizzato” (area vasta) – NO ₂ – Conc. oraria superata 18 volte per anno civile
Tavola AV-02.u – Scenario “upgrade” (area vasta) – NO ₂ – Conc. oraria superata 18 volte per anno civile
Tavola AV-03.a – Scenario “autorizzato” (area vasta) – NO _x – Concentrazione media annua
Tavola AV-03.u – Scenario “upgrade” (area vasta) – NO _x – Concentrazione media annua
Tavola AV-04.a – Scenario “autorizzato” (area vasta) – SPM – Concentrazione media annua
Tavola AV-04.u – Scenario “upgrade” (area vasta) – SPM – Concentrazione media annua
Tavola AV-05.a – Scenario “autorizzato” (area vasta) – SPM – Conc. giornaliera superata 35 volte per anno civile
Tavola AV-05.u – Scenario “upgrade” (area vasta) – SPM – Conc. giornaliera superata 35 volte per anno civile
Tavola AV-06.a – Scenario “autorizzato” (area vasta) – CO – Conc. media massima giornaliera calcolata su 8 ore
Tavola AV-06.u – Scenario “upgrade” (area vasta) – CO – Conc. media massima giornaliera calcolata su 8 ore
Tavola AV-07.u – Scenario “upgrade” (area vasta) – NH ₃ – Conc. media annua
Tavola AV-08.u – Scenario “upgrade” (area vasta) – NH ₃ – Massimo della concentrazione giornaliera
Tavola AL-01.a – Scenario “autorizzato” (area locale) – NO ₂ – Concentrazione media annua
Tavola AL-01.u – Scenario “upgrade” (area locale) – NO ₂ – Concentrazione media annua
Tavola AL-02.a – Scenario “autorizzato” (area locale) – NO ₂ – Conc. oraria superata 18 volte per anno civile
Tavola AL-02.u – Scenario “upgrade” (area locale) – NO ₂ – Conc. oraria superata 18 volte per anno civile
Tavola AL-03.a – Scenario “autorizzato” (area locale) – NO _x – Concentrazione media annua
Tavola AL-03.u – Scenario “upgrade” (area locale) – NO _x – Concentrazione media annua
Tavola AL-04.a – Scenario “autorizzato” (area locale) – SPM – Concentrazione media annua
Tavola AL-04.u – Scenario “upgrade” (area locale) – SPM – Concentrazione media annua
Tavola AL-05.a – Scenario “autorizzato” (area locale) – SPM – Conc. giornaliera superata 35 volte per anno civile
Tavola AL-05.u – Scenario “upgrade” (area locale) – SPM – Conc. giornaliera superata 35 volte per anno civile
Tavola AL-06.a – Scenario “autorizzato” (area locale) – CO – Conc. media massima giornaliera calcolata su 8 ore
Tavola AL-06.u – Scenario “upgrade” (area locale) – CO – Conc. media massima giornaliera calcolata su 8 ore
Tavola AL-07.u – Scenario “upgrade” (area vasta) – NH ₃ – Conc. media annua
Tavola AL-08.u – Scenario “upgrade” (area vasta) – NH ₃ – Massimo della concentrazione giornaliera

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	30/07/2021	C0016969	Prima emissione

1 INTRODUZIONE

Nel presente documento si riporta la definizione dello stato attuale della qualità dell'aria, insieme alla valutazione degli impatti sulla componente atmosfera generati dalla realizzazione del progetto di Upgrade Impianto della Centrale Termoelettrica "Santa Barbara" in Comune di Cavriglia (AR).

Viene inoltre effettuata e presentata la verifica del rispetto della normativa vigente in materia di ricaduta delle emissioni in atmosfera associate all'esercizio dell'impianto sia nell'assetto attualmente "autorizzato", sia nella configurazione prevista dal progetto di "upgrade".

L'impianto attuale è costituito da una unità a ciclo combinato (unità SB3) in assetto (1+1+1) una Turbina a Gas (GT), un GVR e una Turbina a vapore (TV) con raffreddamento del condensatore per mezzo di un circuito su torre evaporativa a tiraggio naturale. Essa impiega esclusivamente gas naturale come combustibile di produzione. La potenza elettrica nominale totale complessiva è 394 MW_e e potenza termica di 680 MW_t.

Nell'ambito degli interventi di ammodernamento in corso nell'impianto, si propone l'installazione di un sistema di denitrificazione catalitica, nel seguito denominato SCR (*Selective Catalytic Reduction*), per il trattamento dei gas in uscita dalla Turbina a Gas all'interno del Generatore di Vapore a Recupero, che consentirà all'impianto di raggiungere prestazioni emissive migliori rispetto al valore minimo del range previsto per le emissioni di NO_x dei nuovi cicli combinati (BAT AEL) nelle "BAT Conclusions" contenute nel Bref (*Best Available Techniques Reference document*) con una riduzione degli ossidi di azoto emessi in tutte le condizioni di funzionamento (attuali 50 mg/Nm³ su base oraria vs proposti 10 mg/Nm³ su base giornaliera e 15 mg/Nm³ attesi su base oraria) e contestualmente si chiede di poter incrementare la potenza elettrica lorda erogabile dal ciclo combinato (da 394 MWe a 450 MWe) per poter sfruttare pienamente le migliori prestazioni della Turbina a Gas conseguenti agli interventi di manutenzione programmata eseguiti di recente.

Durante la fermata di manutenzione programmata dell'unità SB3 del 2020, comunicata in ottemperanza alla prescrizione 1.1 del Parere Istruttorio Conclusivo (pag. 84) del Decreto di Autorizzazione Integrata Ambientale DM 0000044 del 07/02/2013, è stata, infatti, effettuata la sostituzione delle parti calde e dei bruciatori della Turbina a Gas. L'aggiornamento tecnologico dei nuovi componenti installati consente un

miglioramento delle prestazioni tecniche della macchina tra cui un aumento della massima potenza elettrica lorda erogabile dalla stessa e quindi dal ciclo combinato.

Il progetto presenta le caratteristiche tecniche idonee per inserirsi nel contesto energetico nazionale ed europeo; tale contesto è in continua evoluzione e indirizzato nei prossimi anni verso la progressiva uscita di produzione delle centrali a carbone (*Coal Phase-out* al 2025) e una presenza sempre più diffusa di fonti di energia rinnovabile (per loro natura intermittenti), a cui è necessario affiancare unità di produzione elettrica stabili, efficienti e flessibili per assicurare l'affidabilità complessiva del sistema elettrico nazionale.

Il nuovo progetto consente di migliorare le prestazioni ambientali dell'impianto rispetto a quanto indicato nelle "*BAT Conclusions*" contenute nel Bref (*Best Available Techniques Reference document*) dei grandi impianti di combustione, nell'ottica di ridurre e minimizzare ulteriormente gli impatti ambientali, anche a seguito dell'incremento di potenza dell'unità, con un miglioramento delle sue performance emissive ed in particolare una riduzione degli ossidi di azoto emessi in tutte le condizioni di funzionamento.

1.1 Area di interesse

Come meglio evidenziato nei successivi capitoli, il presente studio identifica per la componente atmosfera una "Area di interesse", definita come la porzione di territorio nella quale si esauriscono gli effetti significativi, diretti ed indiretti, dell'intervento. Tale area definita spazialmente al successivo paragrafo 4.4.1 ha estensione di 20x20 km² ed è riportata negli allegati con la dicitura "area locale".

Poiché lo studio affronta anche la valutazione della potenziale formazione di particolato secondario, e poiché tale inquinante ha una dinamica di scala di bacino o interregionale, la simulazione modellistica effettua anche un approfondimento su una porzione di territorio più estesa, definita anch'essa al paragrafo 4.4.1, al solo fine di verificare l'assenza di criticità anche in tale ambito soprattutto per questo inquinante.

2 SCENARI EMISSIVI

Il progetto, oggetto di studio, propone un miglioramento delle performance ambientali dell'unità SB3 mediante l'installazione di un sistema di denitrificazione catalitica SCR (*Selective Catalytic Reduction*) che consente il conseguimento, in tutte le condizioni di funzionamento, di una significativa riduzione delle emissioni di ossidi d'azoto (NO_x), dagli attuali 50 mg/Nm^3 (limite orario) ai proposti 10 mg/Nm^3 (limite giornaliero). In merito ai profili emissivi di NO_x attesi nel funzionamento con il sistema SCR si precisa che, ai fini del rispetto del VLE, pur non essendo previsto nell'ambito delle BAT Conclusion un range temporale di riferimento orario, è tuttavia attesa una performance emissiva oraria da parte dell'impianto in progetto pari a 15 mg/Nm^3 (NO_x).

Il progetto propone, inoltre, a seguito dell'esecuzione di tale intervento un incremento della potenza elettrica lorda erogabile dal ciclo combinato da 394 MW_e a 450 MW_e con un conseguente aumento della potenza termica complessiva dagli attuali 680 MW_t a circa 800 MW_t . I componenti interni della Turbina a Gas sono stati, infatti, sostituiti di recente durante la fermata programmata del 2020 e l'aggiornamento tecnologico dei nuovi consente un miglioramento delle loro prestazioni tecniche e rende possibile un incremento della potenza elettrica lorda erogabile dal turbogas e dal ciclo combinato.

Come riportato nella relazione progettuale, è possibile che l'abbattimento degli ossidi di azoto, mediante l'adozione del sistema SCR, in linea con le BREF di settore, comporti una limitata emissione di ammoniaca (NH_3) (*"Ammonia-Slip"*) nei gas, che sarà anch'essa oggetto di monitoraggio in continuo, a valle della realizzazione dell'intervento, a garanzia del rispetto dei limiti di legge.

L'intervento non prevede modifiche alle caratteristiche geometriche del punto di emissione che si conferma pertanto invariato per posizione, altezza e diametro del camino (Tabella 2.1).

Tabella 2.1 – Coordinate e caratteristiche geometriche del camino, nello scenario "autorizzato" confermate nello scenario di "upgrade".

Gruppo	Ciminiera				
	Coordinate WGS84 - UTM 32		Base	Altezza	Diametro
	Est	Nord			
	km	km	m s.l.m.	m s.l.s.	m
SB3	700.052	4'826.582	150.0	90.0	6.6

In Tabella 2.2 e Tabella 2.3 sono riportate le caratteristiche fisiche e chimiche delle emissioni nei due scenari "autorizzato" e "upgrade" definiti per la valutazione degli effetti sulla qualità dell'aria indotti dall'esercizio dell'impianto. Le tabelle consentono di evidenziare le migliori performance emissive dell'unità oggetto di intervento.

Tabella 2.2 – Scenario “autorizzato” - Caratteristiche fisiche e chimiche delle emissioni a carico nominale

Gruppo	Parametri fisici dei fumi allo sbocco				Valori di concentrazione all'emissione “autorizzati” ⁽²⁾	
	Temperatura	Velocità	Portata ⁽¹⁾	O ₂ Rif	NO _x	CO
	°C	m/s	Nm ³ /h	%	mg/Nm ³	
SB3	107.0	26.0	2'300'000	15	50 ⁽²⁾	30 ⁽³⁾
⁽¹⁾ Portata in condizioni normalizzate: temperatura di 273.15 K, pressione di 101.3 kPa, percentuale di ossigeno alle condizioni di riferimento per la tipologia di combustibile, con detrazione del vapore acqueo (quindi secca) ⁽²⁾ Valori limite autorizzati da AIA: 50 mg/Nm ³ su base oraria; ⁽³⁾ Valori limite autorizzati da AIA: 30 mg/Nm ³ su base oraria;						

Tabella 2.3 – Scenario “upgrade” - Caratteristiche fisiche e chimiche delle emissioni a carico nominale

Gruppo	Parametri fisici dei fumi allo sbocco				Concentrazione all'emissione Performances attese		
	Temperatura	Velocità	Portata ⁽¹⁾	O ₂ Rif	NO _x ⁽²⁾	CO ⁽³⁾	NH ₃
	°C	m/s	Nm ³ /h	%	mg/Nm ³		
SB3-up	80.0	24.7	2'620'000	15	10 ⁽⁵⁾	30 ⁽⁴⁾	5 ⁽⁶⁾
⁽¹⁾ Portata in condizioni normalizzate: temperatura di 273.15 K, pressione di 101.3 kPa, percentuale di ossigeno alle condizioni di riferimento per la tipologia di combustibile, con detrazione del vapore acqueo (quindi secca) ⁽²⁾ Impianti esistenti CCGT BAT* per NO _x 10-40 mg/Nm ³ per periodo di riferimento annuo e 18-50 mg/Nm ³ per periodo di riferimento giornaliero ⁽³⁾ Impianti esistenti CCGT BAT* per CO 5-30 mg/Nm ³ per periodo di riferimento annuo ⁽⁴⁾ Come i Valori limiti autorizzati da AIA: 30 mg/Nm ³ su base oraria; ⁽⁵⁾ Performance attesa di 10 mg/Nm ³ su base giornaliera; Performance attesa di 15 mg/Nm ³ su base oraria ⁽⁶⁾ Performance attesa di 5 mg/Nm ³ su base annuale							

La Tabella 2.4 riporta i bilanci orari ed annui delle emissioni per ossidi di azoto (NO_x), monossido di carbonio (CO) ed ammoniaca (NH₃), associati allo scenario “autorizzato” ed a quello di “upgrade” nell’ipotesi di funzionamento annuo costante alla capacità nominale e con concentrazioni alle emissioni riportate in Tabella 2.2 e Tabella 2.3. Si specifica che per il calcolo del bilancio massico su base oraria di NO_x di Tabella 2.3 si è assunta una concentrazione alle emissioni pari a 15 mg/Nm³, mentre per il calcolo del bilancio massico su base annua di NO_x si è assunta una concentrazione alle emissioni pari a 10 mg/Nm³.

Per quanto riguarda gli NO_x, la riduzione dei valori di concentrazione alle emissioni comporta una significativa riduzione dell’emissione massica nel bilancio emissivo dell’unità oggetto del potenziamento, che è di oltre il 75% a livello annuale e di circa il 66% su base oraria (Tabella 2.4).

Per il CO, visto che i valori di concentrazione alle emissioni di progetto confermano i limiti emissivi già autorizzati, il bilancio emissivo massico risulta in aumento di circa il 14%, a causa della maggiore portata volumetrica dell’unità dopo l’upgrade. Anticipando quanto riportato in maggior dettaglio nel seguito, si può ritenere che tale incremento dell’emissione massica annua di monossido di carbonio sia più che

compensato dai benefici attesi a seguito della riduzione degli ossidi d'azoto. Ciò può essere esteso anche per l'emissione di una modesta quantità di NH₃, indotta dall'introduzione del sistema SCR per l'abbattimento degli ossidi di azoto, non presente ovviamente nell'attuale assetto di impianto.

Tabella 2.4 – Bilancio emissivo tra scenario "autorizzato" e scenario di "upgrade".

Scenario	Sez.	Ore funz. anno	Bilancio massico					
			NO _x	CO	NH ₃	NO _x	CO	NH ₃
			kg/ora			kg/anno ⁽¹⁾		
autorizz. (a)	SB3	8'760	115.0	69.0	---	1'007'400	604'440	---
upgrade (u)	SB3-up	8'760	39.3	78.6	13.1	229'512	688'536	114'756
Differenza (u-a):			-75.7	9.6	13.1	-777'888	84'096	114'756
Differenza (%):			-65.8	+13.9	N.A.	-77.2	+13.9	N.A.
⁽¹⁾ I bilanci massici annui tengono conto di un funzionamento costante alla capacità nominale per tutte le ore dell'anno e, ove presenti, dei limiti emissivi o performance attese giornalieri, mensili e/o orarie. N.A.: Non applicabile per assenza di emissioni di NH ₃ nell'assetto autorizzato								

3 CARATTERIZZAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

3.1 Quadro normativo

A livello europeo, la Direttiva Quadro 96/62/CE del 27 settembre 1996 sulla valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente ha fornito un quadro di riferimento per il monitoraggio delle sostanze inquinanti da parte degli Stati membri, per lo scambio di dati e le informazioni ai cittadini. Successivamente la Direttiva 1999/30/CE (concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo), la Dir. 2000/69/CE (concernente i valori limite per il benzene ed il monossido di carbonio nell'aria ambiente) e la Dir. 2002/3/CE (relativa all'ozono nell'aria), hanno stabilito sia gli standard di qualità dell'aria per le diverse sostanze inquinanti, in relazione alla protezione della salute, della vegetazione e degli ecosistemi, sia i criteri e le tecniche che gli Stati membri devono adottare per le misure delle concentrazioni di inquinanti, compresi l'ubicazione e il numero minimo di stazioni e le tecniche di campionamento e misura.

Successivamente la Direttiva 2008/50/CE del 21 maggio 2008 (relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa) ha istituito delle misure volte a:

- definire e stabilire obiettivi di qualità dell'aria ambiente al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso;
- valutare la qualità dell'aria ambiente negli Stati membri sulla base di metodi e criteri comuni;
- ottenere informazioni sulla qualità dell'aria ambiente per contribuire alla lotta contro l'inquinamento dell'aria e gli effetti nocivi e per monitorare le tendenze a lungo termine e i miglioramenti ottenuti con l'applicazione delle misure nazionali e comunitarie;
- garantire che le informazioni sulla qualità dell'aria ambiente siano messe a disposizione del pubblico;
- mantenere la qualità dell'aria ambiente, laddove sia buona, e migliorarla negli altri casi;
- promuovere una maggiore cooperazione tra gli Stati membri nella lotta contro l'inquinamento atmosferico.

Con lo scopo di riunire le disposizioni delle precedenti direttive in un'unica direttiva, l'Art.31 della Direttiva 2008/50/CE prevede che *"le direttive 96/62/CE, 1999/30/CE, 2000/69/CE e 2002/3/CE siano abrogate a decorrere dall'11 giugno 2010, fatti salvi gli obblighi degli Stati membri riguardanti i termini per il recepimento o dall'applicazione delle suddette direttive"*. Una novità rispetto ai precedenti strumenti normativi è l'introduzione di specifici obiettivi e valori limite per il PM2.5, al fine di garantire la protezione della salute umana, senza tuttavia modificare gli standard di qualità dell'aria esistenti. Gli Stati membri hanno però un maggiore margine di manovra per raggiungere alcuni dei valori fissati nelle zone in cui hanno difficoltà a rispettarli (la conformità ai valori limite fissati per il PM10 si rivela infatti problematica per quasi tutti gli Stati membri dell'UE).

La legislazione nazionale relativa all'inquinamento atmosferico ha recepito la Direttiva europea 2008/50/CE "Relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" con la

pubblicazione del D.Lgs. n.155 del 13 agosto 2010. Tale Decreto legislativo, in vigore dal 30 settembre 2010, costituisce una sorta di testo unico sulla qualità dell'aria, abrogando la normativa previgente (D.Lgs.351/99, D.M. 60/2002, D.Lgs.183/2004, D.Lgs.152/2007, D.M. 261/2002) e raccogliendo in un'unica norma le strategie generali, i parametri da monitorare, le modalità di rilevazione, i livelli di valutazione, i limiti, livelli critici e valori obiettivo di alcuni parametri e i criteri di qualità dei dati.

Il D.Lgs. 155/2010 definisce i valori di riferimento che permettono una valutazione della qualità dell'aria, su base annuale, in relazione alle concentrazioni di diversi inquinanti. In particolare, definisce:

- Valore Limite (VL): livello che deve essere raggiunto entro un termine prestabilito e che non deve essere successivamente superato;
- Valore Obiettivo (VO): livello da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita;
- Livello Critico (LC): livello oltre il quale possono sussistere rischi o danni per ecosistemi e vegetazione, non per gli esseri umani;
- Margine di tolleranza: percentuale del valore limite entro la quale è ammesso il superamento del VL;
- Soglia di allarme: livello oltre il quale sussiste pericolo per la salute umana, il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive;
- Soglia di informazione: livello oltre il quale sussiste pericolo per la salute umana per alcuni gruppi sensibili, il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive;
- Obiettivo a lungo termine: livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate;
- Indicatore di esposizione media: livello da verificare sulla base di selezionate stazioni di fondo nazionali che riflette l'esposizione media della popolazione;
- Obbligo di concentrazione dell'esposizione: livello da raggiungere entro una data prestabilita;
- Obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione: riduzione percentuale dell'esposizione media rispetto ad un anno di riferimento, da raggiungere entro una data prestabilita.

Di seguito vengono riportati i valori limite (Tabella 3.1.1), i valori obiettivo (Tabella 3.1.2) i livelli critici per la vegetazione (Tabella 3.1.3) e le soglie di allarme (Tabella 3.1.4) contenuti nel D.Lgs. 155/2010.

Anche l'ozono – inquinante secondario che si forma, attraverso reazioni fotochimiche, a partire da inquinanti precursori (principalmente ossidi di azoto e composti organici volatili) in presenza della luce del sole – ha effetti sulla salute dell'uomo e sulla vegetazione. Il Decreto Legislativo n. 155/2010, recependo quanto già contenuto nel DL 183/04, mantiene in essere un sistema di sorveglianza dell'inquinamento da ozono in tutto il territorio nazionale, confermando valori obiettivo, obiettivi a lungo termine, soglia di informazione e soglia di allarme da perseguire secondo una tempistica stabilita (Tabella 3.1.5 e Tabella 3.1.6).

Tabella 3.1.1 - Valori Limite (Allegato XI, D.Lgs. 155/2010)

Inquinante	Periodo di mediazione	Valore Limite
Biossido di zolfo (SO ₂)	orario (non più di 24 volte all'anno)	350 µg/m ³
	giornaliero (non più di 3 volte all'anno)	125 µg/m ³
Biossido di azoto (NO ₂)	orario (per non più di 18 volte all'anno)	200 µg/m ³
	annuo	40 µg/m ³
Benzene (C ₆ H ₆)	annuo	5.0 µg/m ³
Monossido di carbonio (CO)	media massima giornaliera su 8 ore ⁽¹⁾	10 mg/m ³
Piombo (Pb)	annuo	0.5 µg/m ³
Particolato PM ₁₀	giornaliero (non più di 35 volte all'anno)	50 µg/m ³
	annuo	40 µg/m ³
Particolato PM _{2,5}	annuo al 2015 ⁽²⁾	25 µg/m ³

⁽¹⁾ La massima concentrazione media sulle 8 ore si determina con riferimento alle medie consecutive su 8 ore, calcolate sulla base di dati orari ed aggiornate ogni ora. Ogni media su 8 ore in tal modo calcolata è riferita al giorno nel quale la serie di 8 ore si conclude: la prima fascia di calcolo per un giorno è quella compresa tra le ore 17:00 del giorno precedente e le ore 01:00 del giorno stesso; l'ultima fascia di calcolo per un giorno è quella compresa tra le ore 16:00 e le ore 24:00 del giorno stesso.

⁽²⁾ Margine di tolleranza: 20% l'11 giugno 2008, con riduzione il 1° gennaio successivo e successivamente ogni 12 mesi secondo un a percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0% entro il 1° gennaio 2015.

Tabella 3.1.2 - Valori Obiettivo (Allegato XIII, D.Lgs. 155/2010)

Inquinante	Parametro e Periodo di mediazione	Valore Obiettivo
Arsenico (As)	tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione di PM ₁₀ del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile	6.0 ng/m ³
Cadmio (Cd)		5.0 ng/m ³
Nichel (Ni)		20.0 ng/m ³
Benzo(a)pirene		1.0 ng/m ³
Data raggiungimento obiettivo: 31/12/2012 (art. 9 – comma 2 del D.Lgs.)		

Tabella 3.1.3 - Livelli critici per la vegetazione (Allegato XI D.Lgs. 155/2010)

Inquinante	Periodo di mediazione	Livello Critico
Biossido di zolfo (SO ₂)	annuo	20 µg/m ³
	invernale (01 ottobre - 31 marzo)	20 µg/m ³
Ossidi di azoto (NO _x)	annuo	30 µg/m ³

Tabella 3.1.4 – Soglie di allarme (Allegato XII D.Lgs. 155/2010)

Inquinante	Periodo di mediazione	Soglia di allarme
Biossido di zolfo (SO ₂)	per 3 ore consecutive in una stazione con rappresentatività > 100 km ²	500 µg/m ³
Ossidi di azoto (NO _x)		400 µg/m ³

**Tabella 3.1.5 – Valori obiettivo e obiettivi a lungo termine per l’ozono – O₃
(Allegato VII D.Lgs. 155/2010)**

Valori obiettivo			
Finalità	Periodo di mediazione	Valore obiettivo (1.1.2010)	Data raggiungimento ⁽³⁾
Protezione della salute umana	media su 8 ore massima giornaliera nell’arco di un anno civile ⁽¹⁾	120 µg/m ³ da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni	2013 (dati 2010 ÷ 2012)
Protezione della vegetazione	AOT40 ⁽²⁾ calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	18’000 µg/(m ³ ·h) come media su 5 anni	2015 (dati 2010 ÷ 2014)
Obiettivi a lungo termine			
Finalità	Periodo di mediazione	Valore obiettivo (1.1.2010)	Data raggiungimento ⁽⁴⁾
Protezione della salute umana	media su 8 ore massima giornaliera nell’arco di un anno civile ⁽¹⁾	120 µg/m ³	Non definito
Protezione della vegetazione	AOT40 ⁽²⁾ calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	6’000 µg/(m ³ ·h)	Non definito

⁽¹⁾ La massima concentrazione media sulle 8 ore si determina con riferimento alle medie consecutive su 8 ore, calcolate sulla base di dati orari ed aggiornate ogni ora. Ogni media su 8 ore in tal modo calcolata è riferita al giorno nel quale la serie di 8 ore si conclude: la prima fascia di calcolo per un giorno è quella compresa tra le ore 17:00 del giorno precedente e le ore 01:00 del giorno stesso; l’ultima fascia di calcolo per un giorno è quella compresa tra le ore 16:00 e le ore 24:00 del giorno stesso.

⁽²⁾ per AOT40, espresso in µg/(m³·h), si intende la somma della differenza tra le concentrazioni > 80 µg/m³ e 80 µg/m³ rilevate in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00 (ora dell’Europa centrale).

⁽³⁾ Data entro la quale deve essere raggiunto il valore obiettivo.

⁽⁴⁾ Data entro la quale deve essere raggiunto l’obiettivo a lungo termine.

Tabella 3.1.6 – Soglie di informazione e allarme per l’ozono – O₃ (Allegato XII D.Lgs. 155/2010)

Finalità	Periodo di mediazione	Soglia
Informazione	orario	180 µg/m ³
Allarme	orario ⁽¹⁾	240 µg/m ³

⁽¹⁾ Per l’applicazione dell’art. 10 comma 1, deve essere misurato o previsto un superamento per tre ore consecutive

Tra la normativa regionale in tema di qualità dell’aria si segnalano la Delibera di Giunta n.1182 del 09/12/2015 “Nuova identificazione delle aree di superamento, dei Comuni soggetti all’elaborazione ed approvazione dei PAC e delle situazioni a rischio di superamento, ai sensi della L.R. 9/2010. Revoca DGR 1025/2010, DGR 22/2011”, la Legge Regionale n. 9 del 11/02/2010 “Norme per la tutela della qualità dell’aria ambiente”, la Deliberazione n. 22 del 17/01/2011 “L.R. 9/2010 art.2, comma 2, lettera g - Definizione delle situazioni a rischio di inquinamento atmosferico: criteri per l’attivazione dei provvedimenti e modalità di gestione”, e la Deliberazione Giunta Regionale n. 964 del 12/10/2015 “Nuova zonizzazione e classificazione del territorio regionale, nuova struttura della rete regionale di rilevamento della qualità dell’aria e adozione del programma di valutazione ai sensi della L.R. 9/2010 e del D.Lgs. 155/2010”, descritto con maggiori dettagli nel paragrafo seguente.

3.2 Lo stato attuale della qualità dell'aria

Ai fini della caratterizzazione dell'attuale stato della qualità dell'aria si fa riferimento ai dati forniti dalla Rete Regionale di rilevamento della Qualità dell'Aria della Toscana strutturata come indicato nell'allegato C della Delibera n. 964 del 12 ottobre 2015. Dal 2017 risultano attive tutte le 37 stazioni previste dalla DGRT n. 964/2015, (Figura 3.2.1 e Tabella 3.2.1).

Di seguito sono descritti e riportati su mappa gli indicatori relativi ai parametri rilevati durante l' anno 2019 dalle stazioni della rete regionale. I valori degli indicatori sono valutati rispetto al D.Lgs.155/2010 e rispetto ai valori guida dell' OMS. Il processo di monitoraggio della qualità dell' aria è inserito nel sistema di gestione per la qualità di ARPAT ed è conforme alla UNI EN ISO 9001:2015 ed è certificato da RINA con registrazione n° 32671/15/5.

Si sottolinea che in questo rapporto l'attenzione si focalizza sulle 13 stazioni più prossime alla centrale (Figura 3.2.2) che sono quelle che ricadono nelle aree identificate dal piano di zonizzazione come "Zona Valdarno aretino e Valdichiana", 3 stazioni (FI-Figline, AR-Repubblica e AR-Acropoli), area nella quale ricade anche la centrale termoelettrica, nella zona "Agglomerato di Firenze", 7 stazioni (FI-Settignano, FI-Gramsci, FI-Boboli, FI-Bassi, FI-Scandicci, FI-Mosse e FI-Signe) e nella zona "Zona collinare e montana" 3 stazioni (SI-Bracci, SI-Poggibonsi e AR-Casa Stabbi).

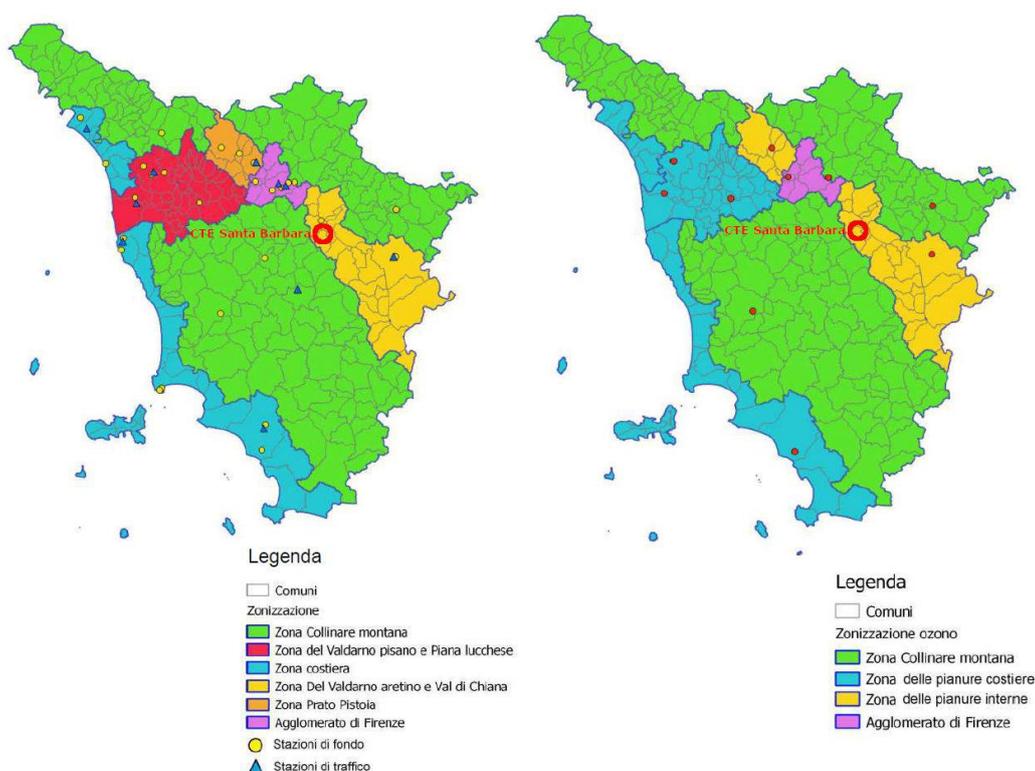


Figura 3.2.1 – ARPA Toscana - Ubicazione delle stazioni di monitoraggio della Rete Regionale degli inquinanti (sx) e quella della Rete Regionale Ozono (dx)

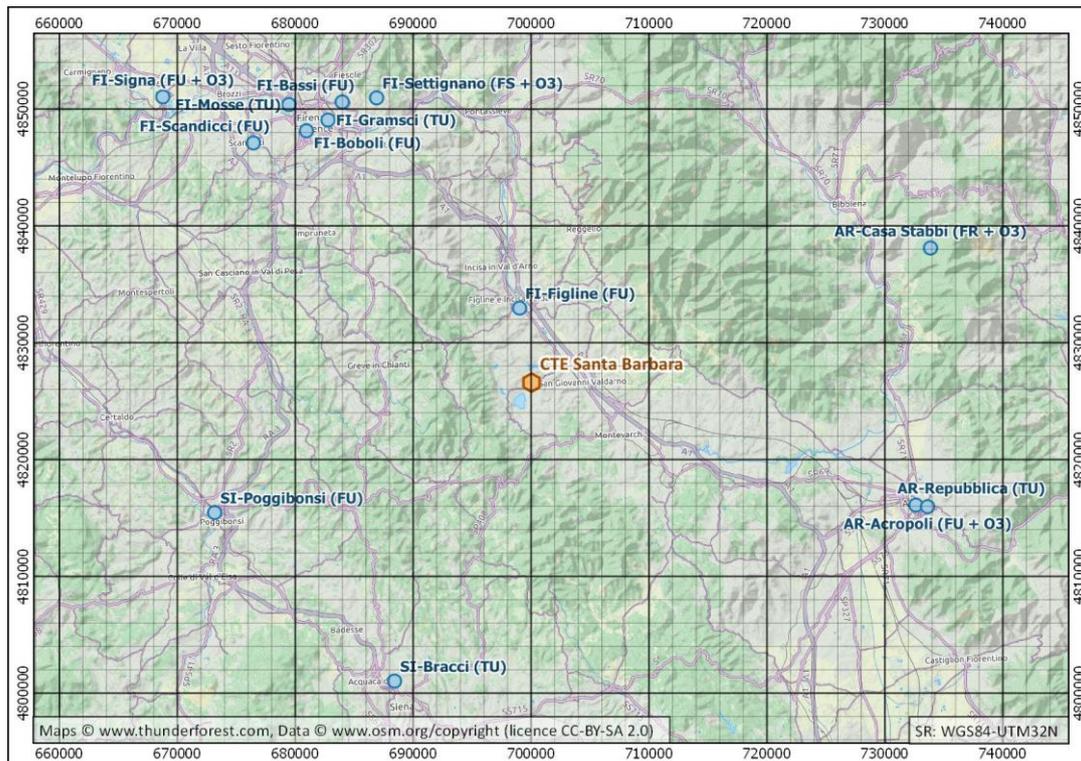


Figura 3.2.2 – ARPA Toscana - Ubicazione delle 13 stazioni di monitoraggio della rete Regionale di qualità dell'aria più prossime alla centrale di Santa Barbara.

Tabella 3.2.1 – Elenco delle stazioni della Rete Regionale Toscana di rilevamento degli inquinanti

Zonizzazione territorio Regione Toscana rel. inq. All V	Class. Zona e stazione	Provincia e Comune	Nome stazione	PM ₁₀	PM _{2,5}	NO ₂	SO ₂ o H ₂ S	CO	Benzene	IPA	As	Ni	Cd	Pb	O ₃	Class. Zona Ozono	Zonizzazione territorio Regione Toscana O ₃
Agglomerato Firenze	U F	FI Firenze	FI-Boboli	X													Agglomerato Firenze
	U F	FI Firenze	FI-Bassi	X	X	X	X		X	X							
	U T	FI Firenze	FI-Gramsci	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X			
	U T	FI Firenze	FI-Mosse	X	X												
	U F	FI Scandicci	FI-Scandicci	X	X												
	U F	FI Signa	FI-Signa	X	X										X	U	
Zona Prato Pistoia	S F	FI Firenze	FI-Settignano	X	X												Zona delle Pianure Interne
	U F	PO Prato	PO-Roma	X	X	X			X	X					X	S	
	U T	PO Prato	PO-Ferrucci	X	X	X		X									
	U F	PT Pistoia	PT-Signorelli	X	X												
Zona Valdarno aretino e Vaidichiana	S F	PT Montale	PT-Montale	X	X	X									X	S	Zona delle Pianure Interne
	U F	AR Arezzo	AR-Acropolis	X	X	X			X						X	S	
Zona costiera	U F	FI Figline ed Incisa Valdarno	FI-Figline	X	X												Zona pianure costiere
	U T	AR Arezzo	AR-Repubblica	X	X			X									
	U F	GR Grosseto	GR-URSS	X	X	X											
	U T	GR Grosseto	GR-Sonnino	X	X												
	R F	GR Grosseto	GR-Maremma	X											X	R	
	U F	LI Livorno	LI-Cappiello	X	X	X											
	U F	LI Livorno	LI-Via La Pira	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X			
	U T	LI Livorno	LI-Carducci	X	X	X		X									
	U F	LI Livorno	LI-Parco 8 Marzo	X	X	X			X	X	X	X	X	X			
	S I	LI Livorno	LI-Colone	X	X			X		X(2)							
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	U F	MS Carrara	MS-Colombarotto	X	X												Zona collinare e montana
	U T	MS Massa	MS-Marina vecchia	X	X	X											
	U F	LU Viareggio	LU-Viareggio	X	X	X											
	U F	LU Capannori	LU-Capannori	X	X	X	X										
	U F	LU Lucca	LU-San Concordio	X	X				X	X							
	U T	LU Lucca	LU-Micheletto	X	X												
	R F	LU Lucca	LU-Carignano	X	X										X	S	
	U F	PI Pisa	PI-Passi	X	X	X									X	S	
	U T	PI Pisa	PI-Borghetto	X	X	X		X									
	S F	PI S.Croce sull'Arno	PI-Santa Croce	X	X	X	X(1)								X	S	
Zona collinare e montana	U F	SI Poggibonsi	SI-Poggibonsi	X	X	X											Zona collinare e montana
	U T	SI Siena	SI-Bracci	X	X			X									
	S F	PI Pomarance	PI-Montecerboli	X	X	X	X(1)				X				X	S	
	U F	LU Bagni di Lucca	LU-Fomoli	X	X												
R req	F AR	AR-Catignano	AR-Casa Stabbi	X	X									X	R		

Legenda: F - Fondo, T - Traffico, I - Industriale, U - Urbana, S - Suburbana, R - Rurale, R req - Rurale fondo regionale; (1) misura di H₂S e non SO₂; (2) parametro sospeso dal 2018

3.2.1 Particolato PM₁₀

Il PM₁₀ è monitorato da ARPAT in 12 delle 13 stazioni più prossime alla centrale, non viene monitorato nella stazione di FI-Settignano dell'agglomerato di Firenze e complessivamente in 34 delle 37 stazioni della rete Regionale.

Il valore limite relativo all'indicatore della media annuale di PM₁₀ pari a 40 µg/m³ è stato rispettato nel 2019 in tutte le stazioni della Rete Regionale. Il valore massimo della media annuale registrato tra le 12 stazioni più prossime alla centrale, è quello della stazione di traffico di via Gramsci nel comune di Firenze con 27 µg/m³, mentre considerando l'intera rete il massimo assoluto si registra presso la stazione di fondo nel comune di Capannori in provincia di Lucca con 28 µg/m³. La concentrazione media regionale è pari a 20.6 µg/m³, con media registrata presso le stazioni di traffico pari a 23 µg/m³ e media delle stazioni di fondo pari a 20 µg/m³ (Tabella 3.2.2). Nel grafico di Figura 3.2.3 oltre ai valori medi annui di PM₁₀ delle singole stazioni sono riportati anche i valori medi annui delle concentrazioni di fondo nelle 6 aree identificate nel piano di zonizzazione. Per quanto riguarda le 3 zone nelle quali sono collocate le stazioni più prossime alla centrale possiamo riscontrare valori simili con medie rispettivamente di 20 µg/m³ nell'agglomerato di Firenze, 19 µg/m³ nella Zona del Valdarno aretino e Valdichiana e 18 µg/m³ nella Zona Collinare e Montana. Il fondo rurale della regione rilevato nella stazione AR-Casa Stabbi è pari a 10 µg/m³.

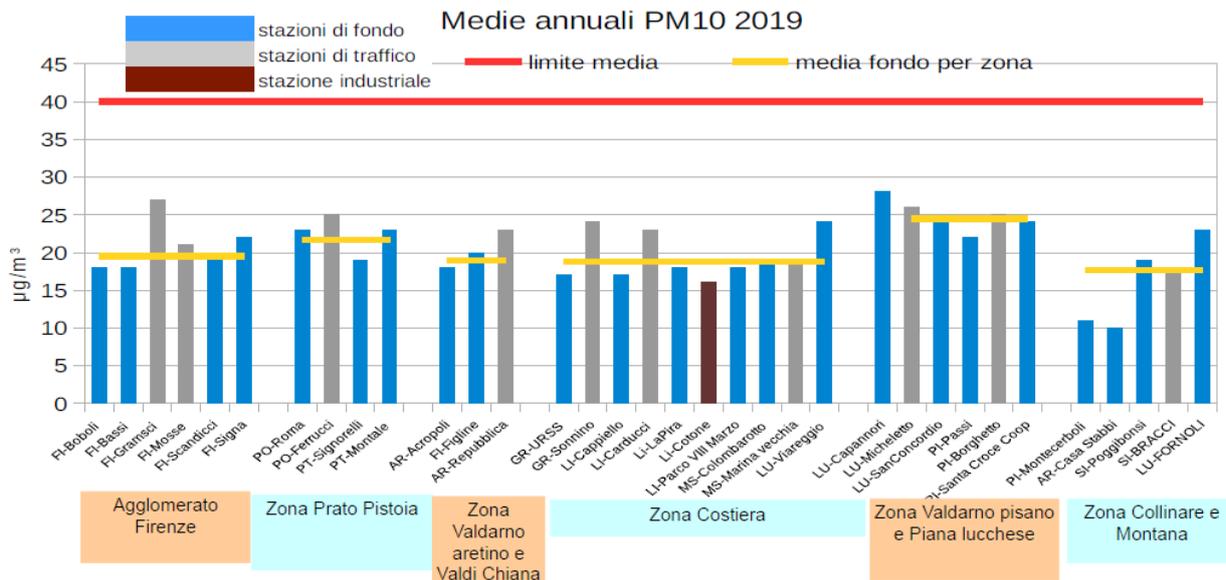


Figura 3.2.3 – PM₁₀ Medie annuali. Anno 2019

Il limite relativo ai 35 superamenti della media giornaliera di 50 µg/m³ è stato rispettato in tutte le 12 stazioni nei pressi della centrale, con il numero massimo di superamenti di 14 registrato nella stazione di FI-Figline. L'unica stazione dell'intera rete nella quale il limite non è stato rispettato è la stazione di fondo di LU-Capannori, dove sono stati registrati 38 superamenti (Tabella 3.2.2). Nella Figura 3.2.4 sono riportati graficamente i valori relativi al numero di superamenti della soglia di 50 µg/m³.

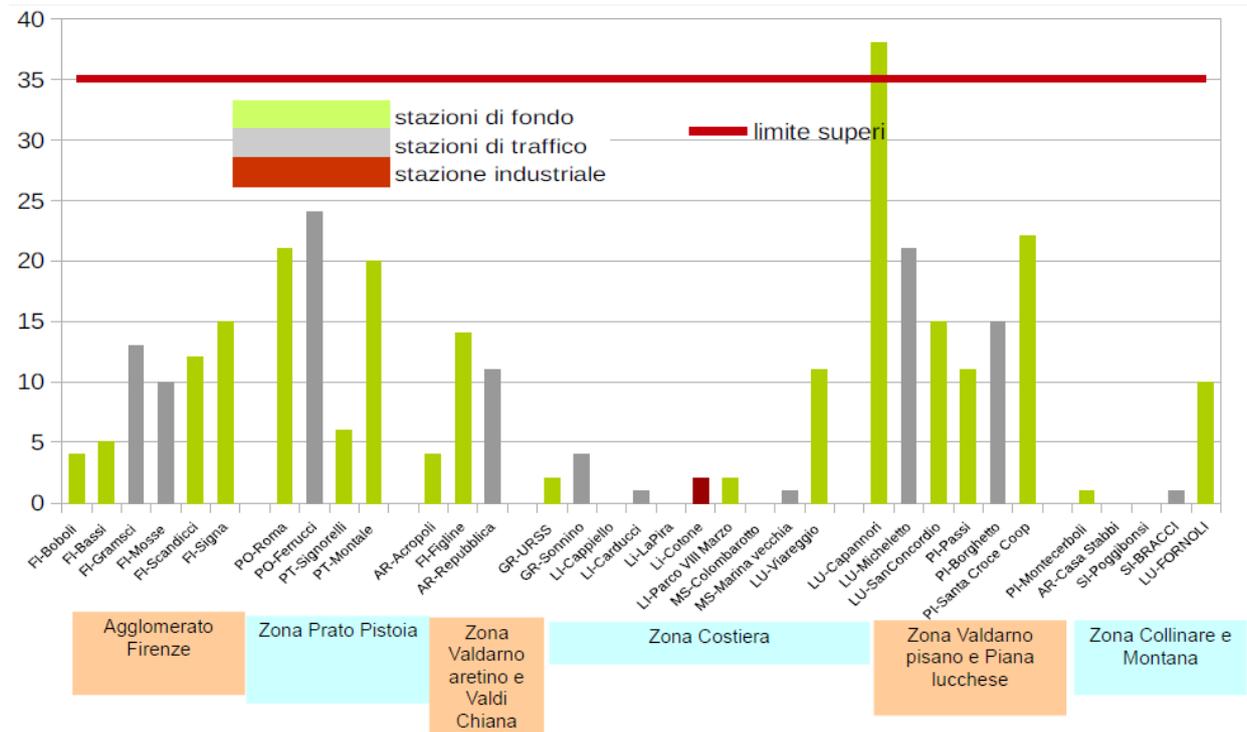


Figura 3.2.4 – PM₁₀ Numero di superamenti della soglia di 50 µg/m³. Anno 2019

Tabella 3.2.2 – PM₁₀ Indicatori relativi alle stazioni della Rete Regionale ARPAT. Anno 2019

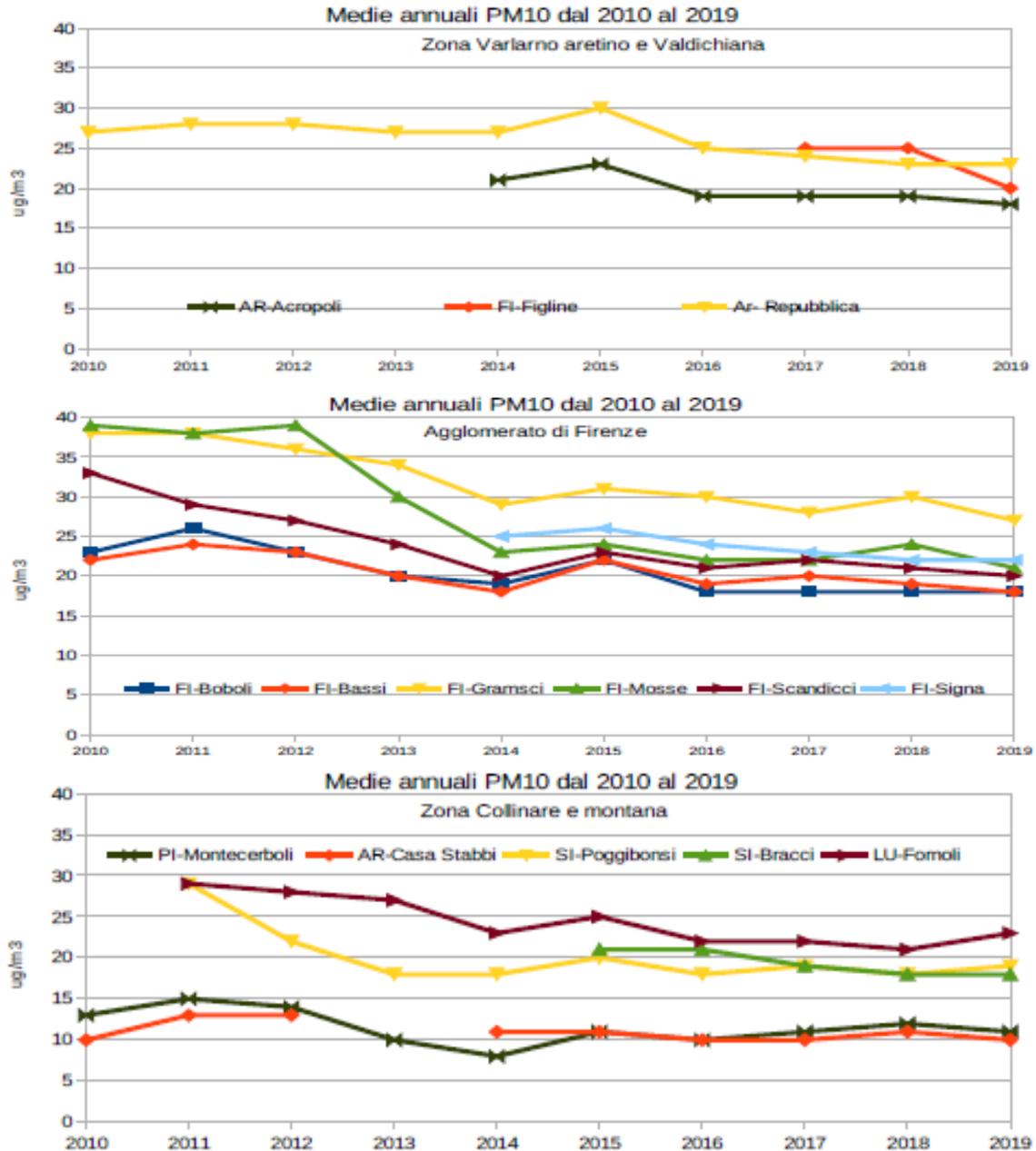
Zona	Classif. Zona e stazione	Provincia	Comune	Nome stazione	N° medie giornaliere > 50 µg/m ³	V.L.	Media annuale (µg/m ³)	V.L. (µg/m ³)
Agglomerato di Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Boboli	4	35	18	40
	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	5		18	
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	13		27	
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	10		21	
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	12		20	
	UF	FI	Signa	FI-Signa	15		22	
Zona Prato Pistola	UF	PO	Prato	PO-Roma	21		23	
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	24		25	
	UF	PT	Pistola	PT-Signorelli	6		19	
	SF	PT	Montale	PT-Montale	20		23	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropolis	4		18	
	UF	FI	Figline ed Incisa Valdarno	FI-Figline	14		20	
	UT	AR	Arezzo	AR-Repubblica	11		23	
Zona Costiera	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	2		17	
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	4		24	
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	0		17	
	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	1		23	
	UF	LI	Livorno	LI-LaPira	0		18	
	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	2		16	
	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	2		18	
	UF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	0		19	
	UT	MS	Massa	MS-MarinaVecchia	1		19	
	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	11		24	
Zona Valdarno pisano e Plana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	38		28	
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	21		25	
	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	15		24	
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	11		22	
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	15		25	
	SF	PI	Santa Croce sull'Arno	PI-Santa Croce	22		24	
Zona collinare e montana	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	1		11	
	R regF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	0		10	
	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	0		19	
	UT	SI	Siena	SI-Bracci	1		18	
	UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fomoli	10		23	
Media annuale di PM10 complessiva della Rete Regionale							20,6	
Media annuale di PM10 stazioni di tipo fondo							20	
Media annuale di PM10 stazioni di tipo traffico							23	

I dati in Tabella 3.2.3 mostrano come i valori medi di PM₁₀ registrati in tutte le 34 stazioni della Rete Regionale, negli ultimi 10 anni siano stati inferiori al limite di legge per tutte le tipologie di stazione. Gli andamenti riportati nei grafici di Figura 3.2.5 mettono in evidenza un leggero trend in discesa, più evidente nel primo quinquennio e nelle stazioni dell'agglomerato di Firenze. Da notare invece come resti pressoché costante il valore della stazione di fondo rurale della regione rilevato nella stazione di AR-Casa Stabbi che negli ultimi 6 anni oscilla tra i 10 e gli 11 µg/m³.

Tabella 3.2.3 – PM₁₀ Medie annuali. Decennio 2010 - 2019

Zona	Class.	Prov.	Comune	Nome stazione	Medie annuali in µg/m ³										Nome stazione
					V.L. = 40 µg/m ³										
					2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Agglomerato Firenze	JF	FI	Firenze	FI-Boboli	23	26	23	20	19	22	18	18	18	18	FI-Boboli
	JF	FI	Firenze	FI-Bassi	22	24	23	20	18	22	19	20	19	18	FI-Bassi
	JT	FI	Firenze	FI-Gramsci	38	38	36	34	29	31	30	28	30	27	FI-Gramsci
	JT	FI	Firenze	FI-Mosse	39	38	39	30	23	24	22	22	24	21	FI-Mosse
	JF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	33	29	27	24	20	23	21	22	21	20	FI-Scandicci
	JF	FI	Signa	FI-Signa	-	-	-	-	25	26	24	23	22	22	FI-Signa
Zona Prato Pistoia	JF	PO	Prato	PO-Roma	31	30	30	27	25	28	26	25	24	23	PO-Roma
	JT	PO	Prato	PO-Ferrucci	33	35	31	30	25	27	25	24	25	25	PO-Ferrucci
	JF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	26	25	24	23	21	23	20	20	19	19	PT-Signorelli
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	SF	PT	Montale	PT-Montale	*	34	34	29	26	31	28	27	25	23	PT-Montale
	JF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	-	-	-	-	21	23	19	19	19	18	AR-Acropoli
Zona costiera	JF	FI	Figline Valdarno	FI-Figline	-	-	-	-	-	-	-	25	25	20	FI-Figline
	JT	AR	Arezzo	AR- Repubblica	27	28	28	27	27	30	25	24	23	23	AR- Repubblica
	JF	GR	Grosseto	GR-URSS	18	19	19	17	17	17	17	17	18	17	GR-URSS
	JT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	37	29	30	-	-	-	26	24	27	24	GR-Sonnino
	JF	LI	Livorno	LI-Cappiello	-	-	-	-	17	18	18	17	17	17	LI-Cappiello
	JL	LI	Livorno	LI-Carducci	27	28	27	23	23	25	24	23	23	23	LI-Carducci
Zona Valdarno piano e Piana lucchese	JF	LI	Livorno	LI-LaPira	-	-	-	-	*	21	19	19	18	18	LI-LaPira
	SI	LI	Piombino	LI-Coltone	27	27	25	23	21	18	16	16	16	16	LI-Coltone
	JF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	-	-	-	-	*	19	17	17	17	18	LI-Parco VIII Marzo
	JF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	22	24	24	24	22	23	21	21	20	19	MS-Colombarotto
	JT	MS	Massa	MS-MarinaVecchia	-	-	-	-	-	*	22	21	20	19	MS-MarinaVecchia
	JF	LU	Vareggio	LU-Vareggio	26	30	28	27	24	27	26	26	22	24	LU-Vareggio
Zona Collinare e montana	JF	LU	Capannori	LU-Capannori	27	31	26	24	29	33	29	31	30	28	LU-Capannori
	JF	LU	Lucca	LU-San Concordio	-	-	-	-	-	*	26	26	24	24	LU-San Concordio
	JT	LU	Lucca	LU-Micheietto	31	33	33	29	28	32	28	28	25	26	LU-Micheietto
	JF	PI	Pisa	PI-Passi	25	26	25	23	21	25	22	22	21	22	PI-Passi
	JT	PI	Pisa	PI-Borghetto	29	30	28	26	25	29	27	27	26	25	PI-Borghetto
	SF	PI	S. Croce sull'Arno	PI-S. Croce Coop	30	31	28	27	27	29	26	25	24	24	PI-S. Croce Coop
Zona Collinare e montana	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	13	15	14	10	8	11	10	11	12	11	PI-Montecerboli
	R regf	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	10	13	13	*	11	11	10	10	11	10	AR-Casa Stabbi
	JF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	-	29	22	18	18	20	18	19	18	19	SI-Poggibonsi
	JL	SI	Siena	SI-Bracci	-	-	-	-	*	21	21	19	18	18	SI-Bracci
JF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fomoli	*	29	28	27	23	25	22	22	21	23	LU-Fomoli	

* Efficienza minore del 90% - Parametro non attivo



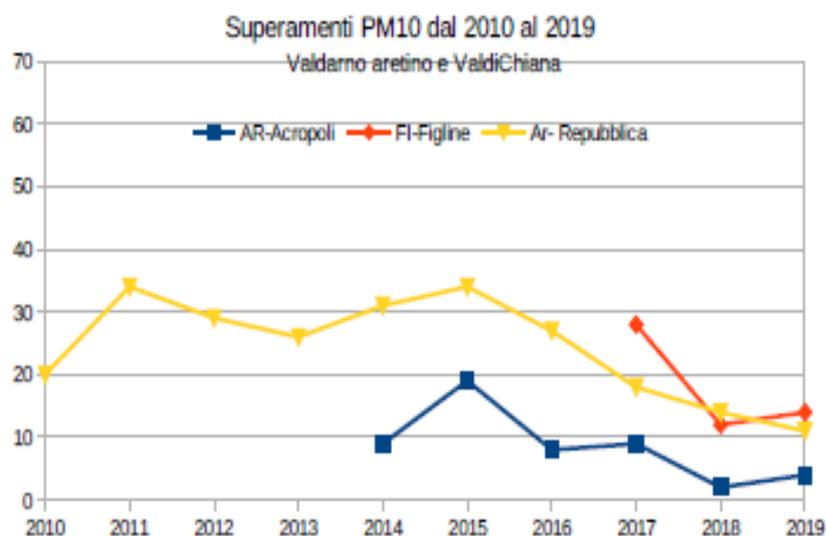
* Le stazioni di interesse della "Zona Collinare e montana" sono AR-Casa Stabbi, SI-Poggibonsi e SI-Bracci
Figura 3.2.5 – PM₁₀ Medie annuali nelle 12 stazioni più prossime alla centrale. Decennio 2010 - 2019

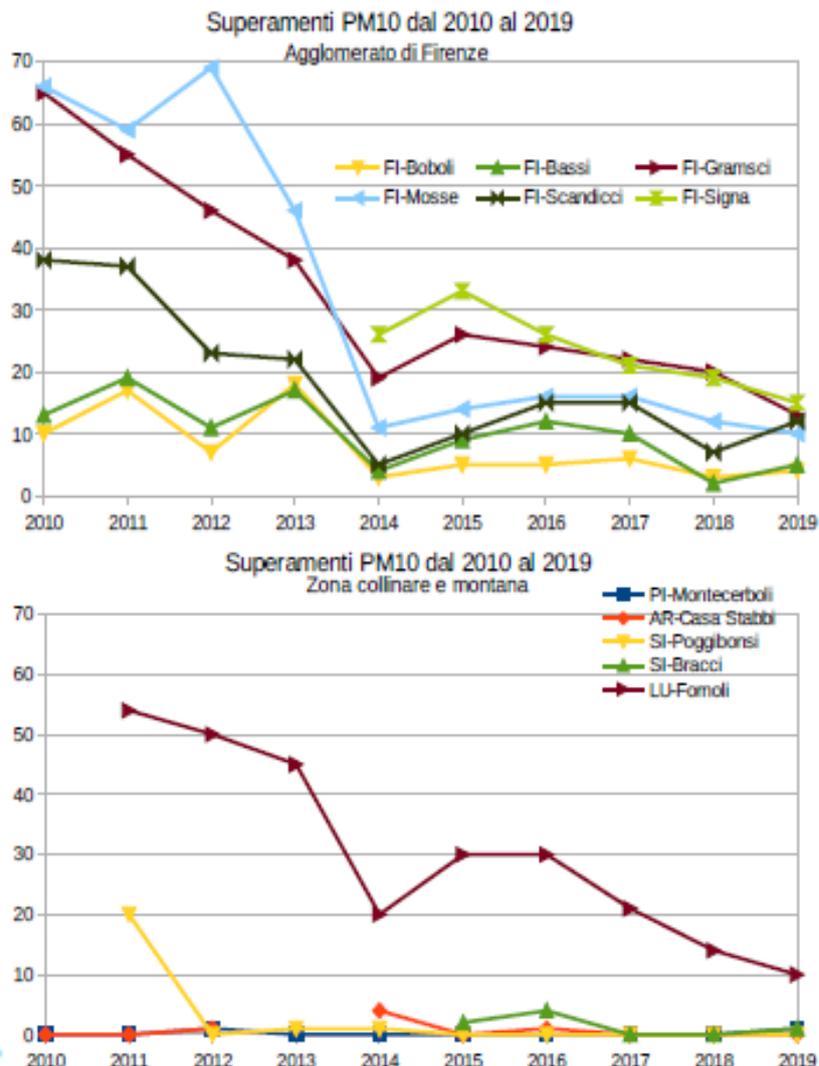
I dati in Tabella 3.2.4 mostrano come il limite dei 35 superamenti della media giornaliera di 50 µg/m³ che nel 2011 non era rispettato in 12 delle 25 stazioni dove veniva rilevato il PM₁₀, nel 2019 non sia rispettato in una sola delle 34 stazioni dove attualmente viene rilevato. Gli andamenti riportati nei grafici di Figura 3.2.6 mettono in evidenza il netto miglioramento della situazione nelle stazioni dell'agglomerato di Firenze, che all'inizio del decennio anni 2010 e 2011 non rispettava tale limite in 3 delle 6 postazioni di misura e nel biennio successivo 2012 - 2013 in 2. La situazione più critica è stata quella registrata nella stazione di FI-Mosse con 69 superamenti nel 2012.

Tabella 3.2.4 – PM₁₀ Numero di superamenti della soglia di 50 µg/m³. Decennio 2010 - 2019

Zona	Class.	Prov.	Comune	Nome stazione	N° superamenti media giornaliera di 50 µg/m ³										Nome stazione				
					V.L. = 35 gg/anno														
					2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019					
Agglomerato Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Boboli	10	17	7	18	3	5	5	6	3	4	FI-Boboli				
	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	13	19	11	17	4	9	12	10	2	5	FI-Bassi				
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	65	55	46	38	19	26	24	22	20	13	FI-Gramsci				
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	66	59	69	46	11	14	16	16	12	10	FI-Mosse				
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	38	37	23	22	5	10	15	15	7	12	FI-Scandicci				
	UF	FI	Signa	FI-Signa	-	-	-	-	26	33	26	21	19	15	FI-Signa				
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	30	43	43	35	30	40	31	23	21	21	PO-Roma				
	UT	PO	Prato	PO-Fermucci	45	50	44	37	28	34	26	25	22	24	PO-Fermucci				
	UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	19	25	22	28	12	15	10	10	8	6	PT-Signorelli				
	SF	PT	Montale	PT-Montale	*	65	63	45	32	57	43	36	26	20	PT-Montale				
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	-	-	-	-	9	19	8	9	2	4	AR-Acropoli				
	UF	FI	Figline Valdarno	FI-Figline	-	-	-	-	-	-	*	28	12	14	FI-Figline				
Zona costiera	UT	AR	Arezzo	Ar-Repubblica	20	34	29	26	31	34	27	18	14	11	Ar-Repubblica				
	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	0	0	0	0	3	0	0	0	0	2	GR-URSS				
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	29	2	5	-	-	*	10	0	10	4	GR-Sonnino				
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	LI-Cappiello				
	UI	LI	Livorno	LI-Carducci	11	7	4	1	0	2	2	2	0	1	LI-Carducci				
	UF	LI	Livorno	LI-LaPira	-	-	-	-	*	0	0	0	0	0	LI-LaPira				
	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	27	14	6	8	8	0	0	0	0	2	LI-Cotone				
	UF	LI	Piombino	LI-Parco VII Marzo	-	-	-	-	*	0	0	0	0	2	LI-Parco VII Marzo				
	UF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	2	2	3	9	2	1	4	0	3	0	MS-Colombarotto				
	UT	MS	Massa	MS-MarinaVecchia	-	-	-	-	-	*	10	5	3	1	MS-MarinaVecchia				
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	9	37	15	21	11	26	25	21	6	11	LU-Viareggio				
	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	38	57	36	30	60	68	44	55	53	38	LU-Capannori				
	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	-	-	-	-	-	*	33	29	15	15	LU-San Concordio				
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	48	65	54	41	34	52	35	33	19	21	LU-Micheletto				
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	13	28	17	22	10	14	14	10	8	11	PI-Passi				
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	31	44	35	31	18	34	24	15	8	15	PI-Borghetto				
Zona Collinare e montana	SF	PI	S. Croce sull'Arno	PI-S. Croce Coop	33	47	33	27	22	40	30	26	11	22	PI-S. Croce Coop				
	SF	PI	Pomarance	PI-Montecebolli	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	PI-Montecebolli				
	R regF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	0	0	1	*	4	0	1	0	0	0	AR-Casa Stabbi				
	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	-	20	0	1	1	0	0	0	0	0	SI-Poggibonsi				
	UI	SI	Siena	SI-Braoci	-	-	-	-	*	2	4	0	0	1	SI-Braoci				
UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fomoli	*	54	50	45	20	30	30	21	14	10	LU-Fomoli					

* Efficienza minore del 90% - Parametro non attivo





* Le stazioni di interesse della "Zona Collinare e montana" sono AR-Casa Stabbi, SI-Poggibonsi e SI-Bracci

Figura 3.2.6 – PM₁₀ Numero di superamenti della soglia di 50 µg/m³ nelle 12 stazioni più prossime alla centrale. Decennio 2010 - 2019

3.2.2 Particolato PM_{2.5}

Il PM_{2.5} è monitorato da ARPAT in 4 delle 13 stazioni più prossime alla centrale, stazione di FI-Bassi e FI-Gramsci nell'agglomerato di Firenze, stazione AR-Acropoli nella zona Valdarno aretino e Val di Chiana e stazione di SI-Poggionsi nella zona collinare e montana e complessivamente in 15 delle 37 stazioni della rete Regionale.

Il valore limite relativo all'indicatore della media annuale di PM_{2.5} pari a 25 µg/m³ è stato rispettato nel 2019 in tutte le stazioni della Rete Regionale. Il valore massimo della media annuale registrato tra le 4 stazioni più prossime alla centrale, è quello della stazione di traffico di via Gramsci nel comune di Firenze con 15 µg/m³, mentre considerando l'intera rete il massimo assoluto si registra presso la stazione di fondo nel comune di Capannori in provincia di Lucca con 20 µg/m³. La concentrazione media regionale è pari a 13.3 µg/m³, con media registrata presso le stazioni di traffico pari a 13.8 µg/m³ e media delle

stazioni di fondo pari a $13.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabella 3.2.5). Nel grafico di Figura 3.2.7 oltre ai valori medi annui di $\text{PM}_{2.5}$ delle singole stazioni sono riportati anche i valori medi annui delle concentrazioni nelle 6 aree identificate nel piano di zonizzazione.

I dati in Tabella 3.2.6 mostrano come i valori medi di $\text{PM}_{2.5}$ registrati in tutte le 15 stazioni della Rete Regionale, negli ultimi 10 anni siano stati inferiori al limite di legge per tutte le tipologie di stazione. Gli andamenti riportati nei grafici di Figura 3.2.8 mettono in evidenza un leggero trend in discesa, per la maggioranza delle stazioni, inoltre, si può notare la particolarità del picco del 2015 presente in tutte le stazioni.

Tabella 3.2.5 – $\text{PM}_{2.5}$ Indicatori relativi alle stazioni della Rete Regionale ARPAT. Anno 2019

Zona	Class. Zona e stazione	Provincia e Comune		Nome stazione	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	V.L.
Agglomerato di Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	12	25
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	15	
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	15	
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	15	
	SF	PT	Montale	PT-Montale	16	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	12	
Zona Costiera	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	9	
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	9	
	UI	LI	Livorno	LI-Carducci	12	
	UI	MS	Massa	MS-MarinaVecchia	11	
	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	14	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	20	
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	12	
		PI	Pisa	PI-Borghetto	16	
Zona collinare e montana	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	12	
Media regionale $\text{PM}_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					13,3	
Media regionale stazioni di tipo fondo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					13,1	
Media regionale stazioni di tipo traffico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					13,8	

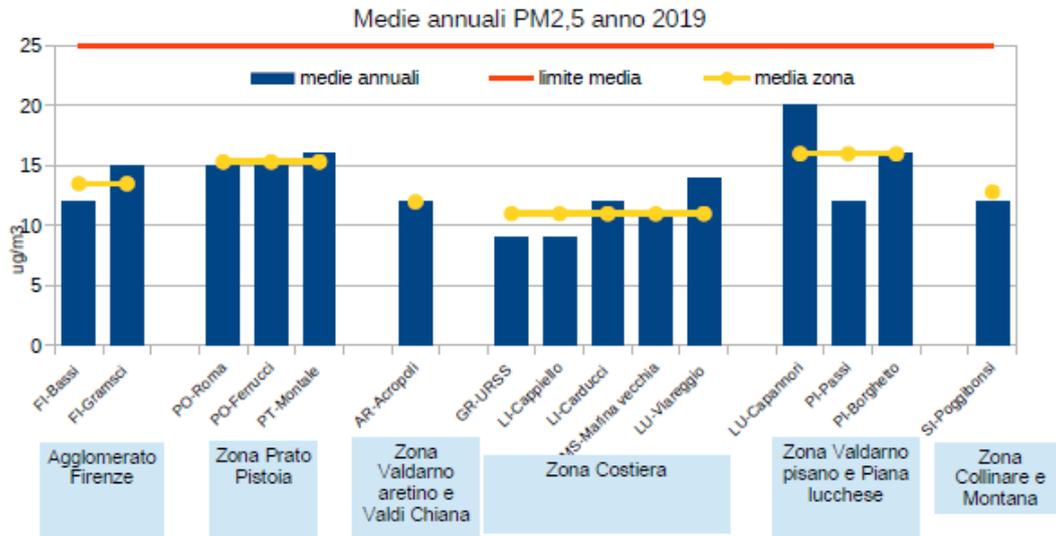


Figura 3.2.7 – PM_{2,5} Medie annuali. Anno 2019

Tabella 3.2.6 – PM_{2,5} Medie annuali. Decennio 2010 - 2019

Zona	Tipo	Stazione	Medie annuali in µg/m ³									
			V.L. = 25 µg/m ³									
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Agglomerato di Firenze	UF	FI-Bassi	*	16	16	14	12	16	13	13	12	12
	UT	FI-Gramsci	*	21	20	19	16	20	17	16	16	15
Zona PO PT	UF	PO-Roma	22	22	22	20	17	20	18	18	16	15
	UT	PO-Ferrucci	-	-	-	-	*	19	16	17	16	15
	SF	PT-Montale	-	-	-	19	19	23	21	20	18	16
Valdarno Aretino e Val di Chiana	UF	AR-Acropoli	-	-	-	*	14	16	13	13	13	12
Zona costiera	UF	GR-URSS	11	12	11	11	10	11	10	10	10	9
	UF	LI-Cappiello	-	-	-	-	9	11	10	9	9	9
	UT	LI-Carducci	14	16	14	13	13	15	13	13	13	12
	UT	MS-Marina Vecchia	-	-	-	-	-	*	14	13	12	11
	UF	LU-Viareggio	-	-	-	-	14	18	16	16	14	14
Valdarno pisano e piana lucchese	UF	LU-Capannori	-	-	-	-	21	25	21	23	22	20
	UF	PI-Passi	16	18	16	16	14	17	14	14	13	12
	UT	PI-Borghetto	-	-	-	-	-	*	18	18	16	16
Zona collinare e montana	UF	SI-Poggibonsi	-	-	11	12	11	13	12	12	12	12

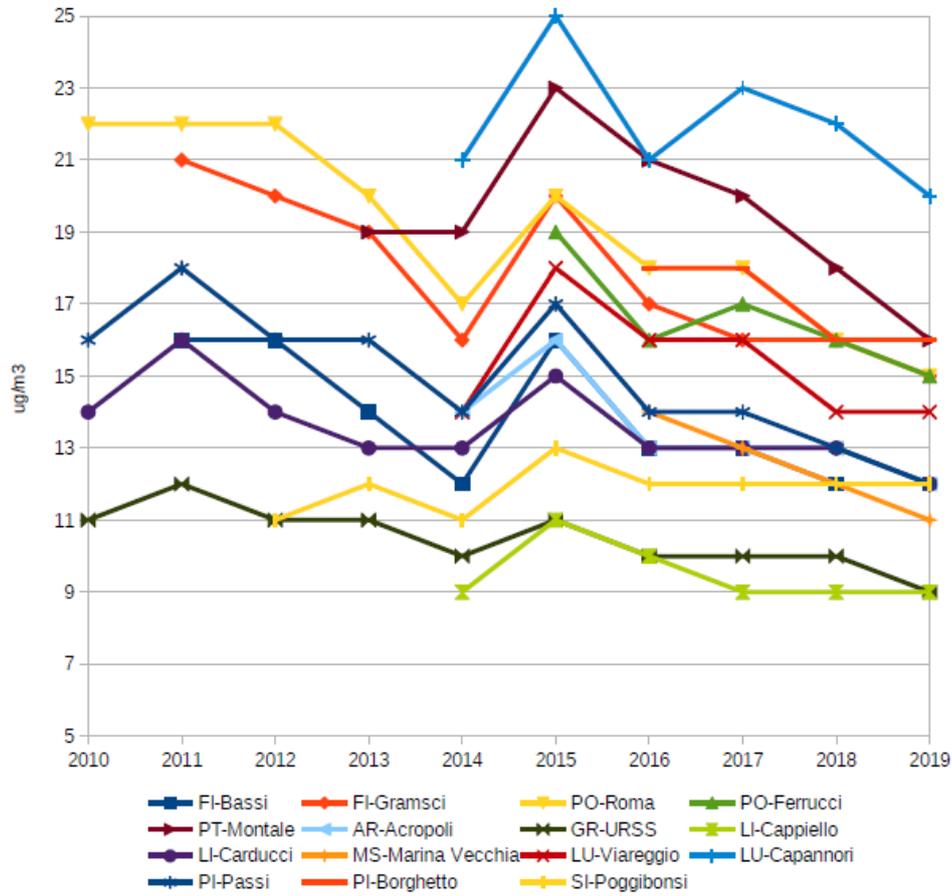


Figura 3.2.8 – PM_{2.5} Medie annuali. Decennio 2010 - 2019

3.2.3 Biossido di azoto e ossidi di azoto totali

L' NO₂ e l'NO_x sono monitorati da ARPAT in 36 delle 37 stazioni della rete Regionale, la stazione nella quale non viene monitorato è quella di FI-Boboli dell'agglomerato di Firenze. Tale stazione è una delle 13 stazioni più prossime alla centrale.

Il valore limite relativo all'indicatore della media annuale di NO₂ pari a 40 µg/m³ è stato rispettato nel 2019 in tutte le stazioni della Rete Regionale, ad eccezione della stazione di traffico di via Gramsci nel comune di Firenze con 56 µg/m³. La concentrazione media regionale è pari a 21 µg/m³, con media registrata presso le stazioni di traffico pari a 33 µg/m³ e media delle stazioni di fondo pari a 16 µg/m³ (Tabella 3.2.7). Nel grafico di Figura 3.2.9 sono riportati i valori medi annui di NO₂ delle singole stazioni e si possono dedurre i valori medi annui delle concentrazioni di fondo nelle 6 aree identificate nel piano di zonizzazione. Per quanto riguarda le 3 zone nelle quali sono collocate le stazioni più prossime alla centrale possiamo riscontrare i seguenti valori 18 µg/m³ nell'agglomerato di Firenze, 17 µg/m³ nella Zona del Valdarno aretino e Valdichiana e 11 µg/m³ nella Zona Collinare e Montana.

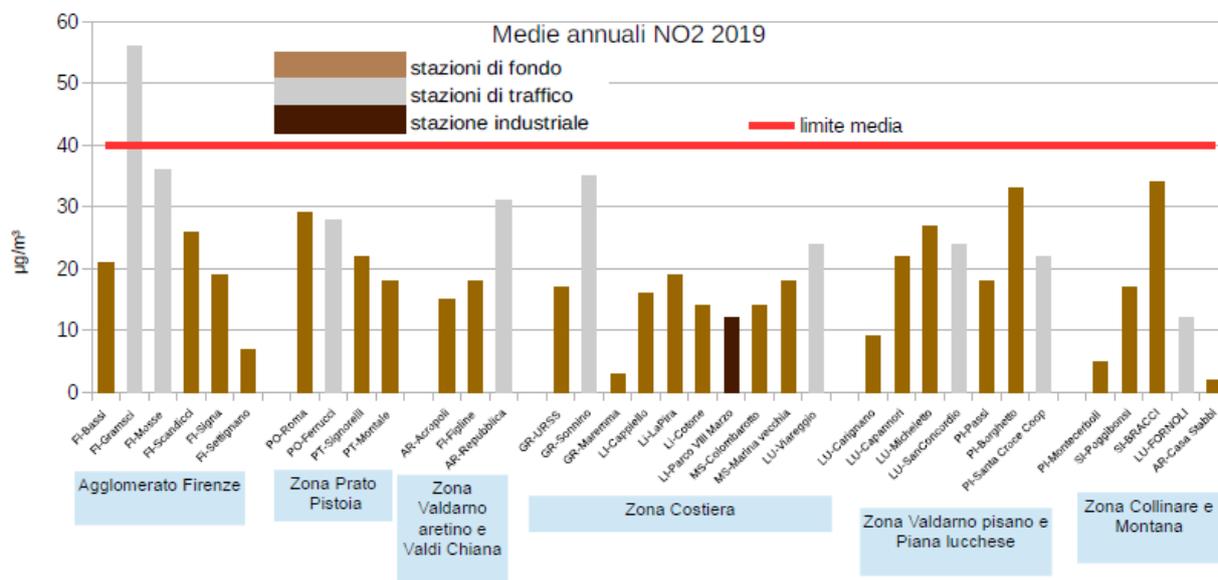


Figura 3.2.9 – NO₂ Medie annuali. Anno 2019

Il limite relativo ai 18 superamenti della media oraria di 200 µg/m³ è stato pienamente rispettato in tutte le stazioni della Rete Regionale, non ci sono stati infatti superamenti del valore orario di 200 µg/m³ (Tabella 3.2.7).

Tabella 3.2.7 – NO₂ Indicatori relativi alle stazioni della Rete Regionale ARPAT. Anno 2019

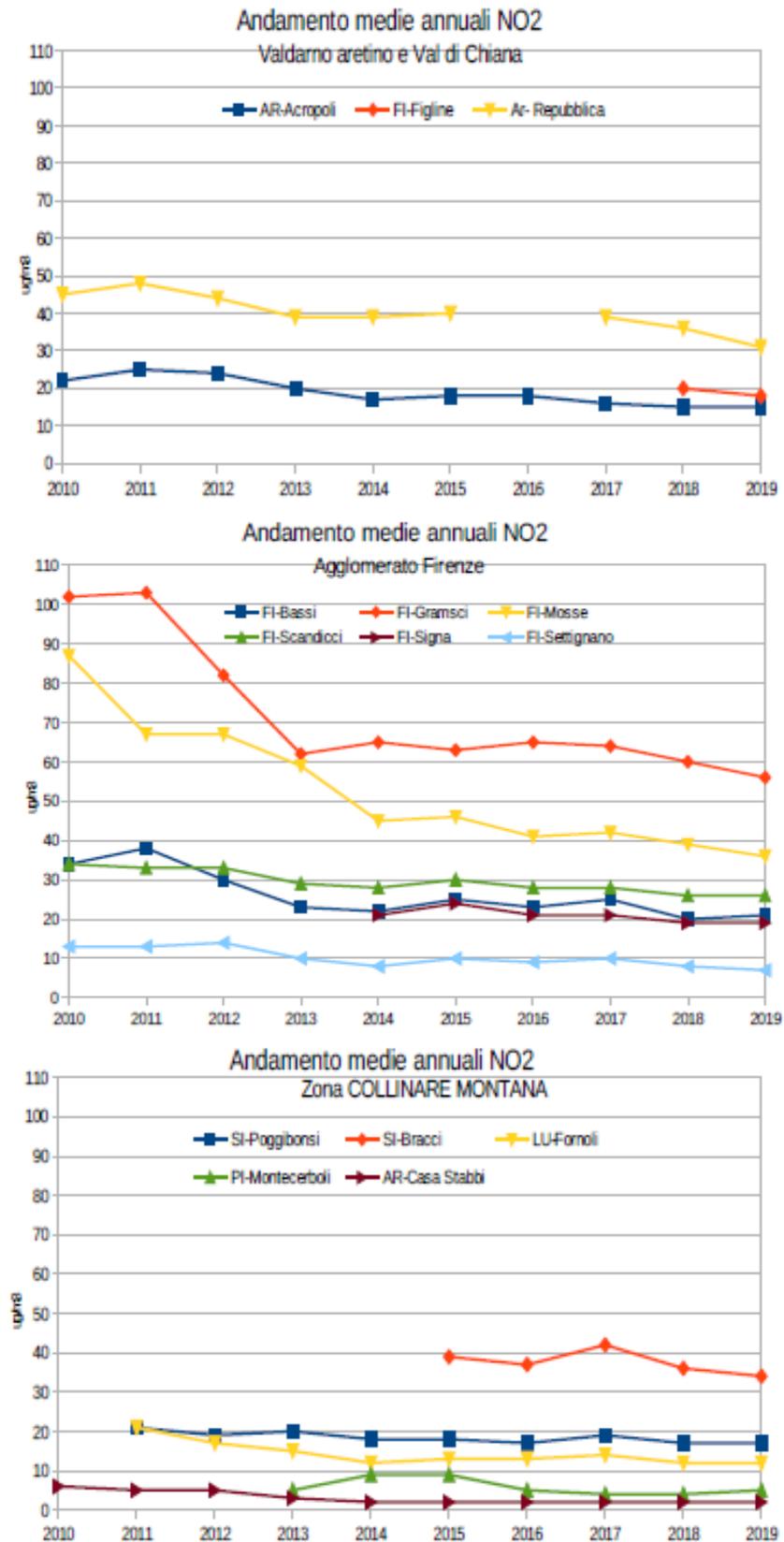
Zona	Class Zona e stazione	Prov	Comune	Nome stazione	N° medie orarie > 200 µg/m ³	V.L.	Media annuale (µg/m ³)	V.L.
Agglomerato di Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	0	18	21	40
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	0		56	
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	0		36	
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	0		26	
	UF	FI	Signa	FI-Signa	0		19	
	SF	FI	Firenze	FI-Settignano	0		7	
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	0		29	
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	0		28	
	UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	0		22	
	SF	PT	Montale	PT-Montale	0		18	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	0		15	
	UF	FI	Figline-Incisa Valdarno	FI-Figline	0		18	
	UT	AR	Arezzo	AR-Repubblica	0		31	
Zona Costiera	RF	GR	Grosseto	GR-Maremma	0		3	
	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	0		17	
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	0		35	
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	0		16	
	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	*		*	
	UF	LI	Livorno	LI-LaPira	0		19	
	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	0		14	
	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	0		12	
	UF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	0		14	
	UT	MS	Massa	MS-Marinavecchia	0		18	
	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	0		24	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	0		22	
	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	0		24	
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	0		27	
	RF	LU	Lucca	LU-Carignano	0		9	
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	0		18	
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	0		33	
Zona collinare e montana	SF	PI	S. Croce sull'Arno	PI-Santa Croce	0		22	
	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	0		17	
	UT	SI	Siena	SI-Bracci	0		34	
	UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fomoli	0		12	
	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	0		5	
	R regF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	0		2	
Media annuale complessiva Rete Regionale (µg/m ³)							21	
Media annuale stazioni di tipo fondo urbano e suburbano (µg/m ³)							18	
Media annuale stazioni di tipo traffico urbano (µg/m ³)							33	

* Efficienza minore del 90%

I dati in Tabella 3.2.8 mostrano come i valori medi annui di NO₂ registrati nelle stazioni della Rete Regionale, siano in miglioramento nel corso dei 10 anni con il superamento del limite di legge pari a 40 µg/m³ che a inizio decennio veniva superato in 6 stazioni, per poi ridursi progressivamente fino all'ultimo biennio dove il limite di legge viene superato solo nella stazione di traffico di via Gramsci nel comune di Firenze. Gli andamenti riportati nei grafici di Figura 3.2.10 confermano i miglioramenti mettendo in evidenza un trend in discesa generalizzato, che risulta più evidente nel primo quinquennio nelle stazioni di FI-Mosse e FI-Gramsci.

Tabella 3.2.8 – NO₂ Medie annuali. Decennio 2010 - 2019

Prov	Comune	Nome stazione	Medie annuali in µg/m ³										Nome stazione
			V.L. = 40 µg/m ³										
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
FI	Firenze	FI-Bassi	34	38	30	23	22	25	23	25	20	21	FI-Bassi
FI	Firenze	FI-Gramsci	102	103	82	62	65	63	65	64	60	56	FI-Gramsci
FI	Firenze	FI-Mosse	87	67	67	59	45	46	41	42	39	36	FI-Mosse
FI	Scandicci	FI-Scandicci	34	33	33	29	28	30	28	28	26	26	FI-Scandicci
FI	Signa	FI-Signa	-	-	-	-	21	24	21	21	19	19	FI-Signa
FI	Firenze	FI-Settignano	13	13	14	10	8	10	9	10	8	7	FI-Settignano
PO	Prato	PO-Roma	30	32	36	33	27	32	31	33	30	29	PO-Roma
PO	Prato	PO-Ferrucci	48	*	*	27	34	32	31	32	27	28	PO-Ferrucci
PT	Pistoia	PT-Signorelli	26	26	25	25	23	25	24	24	22	22	PT-Signorelli
PT	Montale	PT-Montale	26	20	17	18	15	20	19	20	18	18	PT-Montale
AR	Arezzo	AR-Acropolis	22	25	24	20	17	18	18	16	15	15	AR-Acropolis
FI	Figline Valdarno	FI-Figline	-	-	-	-	-	-	-	*	20	18	FI-Figline
AR	Arezzo	Ar- Repubblica	45	48	44	39	39	40	35*	39	36	31	Ar- Repubblica
GR	Grosseto	GR-Maremma	5	3	5	5	4	3	3	3	3	3	GR-Maremma
GR	Grosseto	GR-URSS	20	19	20	20	20	16	16	16	16	17	GR-URSS
GR	Grosseto	GR-Sonnino	54	47	40	-	-	-	37	39	37	35	GR-Sonnino
LI	Livorno	LI-Cappiello	-	*	26	29	19	19	16	16	14	16	LI-Cappiello
LI	Livorno	LI-Carducci	44	48	60	50	41	40	33	36	39	*	LI-Carducci
LI	Livorno	LI-LaPira	-	-	-	-	*	23	21	22	17	19	LI-LaPira
LI	Plombino	LI-Cotone	19	18	17	16	17	17	15	15	15	14	LI-Cotone
LI	Plombino	LI-Parco VIII III	-	-	-	-	*	15	14	14	12	12	LI-Parco VIII III
MS	Massa	MS-MarinaVecchia	-	-	-	-	-	*	21	17	19	18	MS-Marinavecchia
MS	Carrara	MS-Colombarotto	34	24	*	20	18	21	18	21	15	14	MS-Colombarotto
LU	Viareggio	LU-Viareggio	34	32	38	26	26	31	28	28	24	24	LU-Viareggio
LU	Capannori	LU-Capannori	32	35	38	27	26	29	26	25	23	22	LU-Capannori
LU	Lucca	LU-SanConcordio	-	-	-	-	-	*	26	26	25	24	LU-SanConcordio
LU	Lucca	LU-Micheletto	35	35	37	30	30	33	28	28	25	27	LU-Micheletto
LU	Lucca	LU-Carignano	-	*	14	13	10	12	10	11	10	9	LU-Carignano
PI	Pisa	PI-Passi	19	21	21	20	16	21	19	19	17	18	PI-Passi
PI	Pisa	PI-Borghetto	39	43	37	36	33	37	36	36	32	33	PI-Borghetto
PI	S.Croce sull'Arno	PI-S. Croce	29	25	28	28	23	25	25	25	23	22	PI-S. Croce
SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	-	21	19	20	18	18	17	19	17	17	SI-Poggibonsi
SI	Siena	SI-Bracci	-	-	-	-	*	39	37	42	36	34	SI-Bracci
LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	*	21	17	15	12	13	13	14	12	12	LU-Fornoli
PI	Pomarance	PI-Montecerboli	-	-	*	5	9	9	5	4	4	5	PI-Montecerboli
AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	6	5	5	3	2	2	2	2	2	2	AR-Casa Stabbi



* Le stazioni di interesse della “Zona Collinare e montana” sono AR-Casa Stabbi, SI-Poggibonsi e SI-Bracci
Figura 3.2.10 – NO₂ Medie annuali nelle 12 stazioni più prossime alla centrale. Decennio 2010 – 2019

Il valore limite relativo all'indicatore della media annuale di NO_x pari a 30 µg/m³, da valutare per la protezione della vegetazione, viene calcolato solo per la stazione di AR-Casa stabbi nel comune di Chitignano, che risulta essere l'unica stazione in Toscana a rispettare i parametri di rappresentatività per la protezione della vegetazione. I valori di NO_x della stazione sono costantemente a livelli molto inferiori al valore limite (Tabella 3.2.9).

Tabella 3.2.9 – NO_x Indicatori relativi alle stazioni della rete Regionale ARPAT. Anno 2019

Zona	Class. Zona	Class. Stazione	Prov.	Comune	Nome stazione	Media annuale (µg/m ³)	Valore limite (µg/m ³)
Zona collinare e montana	R reg	F	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	2	30

3.2.4 Ozono

L'O₃ è monitorato da ARPAT in 4 delle 13 stazioni più prossime alla centrale, stazione di FI-Settignano e FI-Segna nell'agglomerato di Firenze, stazione AR-Acropoli nella zona Valdarno aretino e Val di Chiana e stazione di AR-Casa Stabbi nella zona collinare e montana e complessivamente in 10 delle 37 stazioni della rete Regionale.

Nel 2019 il parametro ozono, tipico inquinante estivo di area vasta, ha rispettato la soglia di allarme (limite di 240 µg/m³ da non superare per più di 3 ore consecutive) in tutte le stazioni di misura (Tabella 3.2.10).

La soglia di informazione (limite orario di 180 µg/m³) non è stata invece rispettata nel 2019 in 3 stazioni della rete Regionale di misura (Tabella 3.2.10). I superamenti si sono verificati tutti nel periodo tra il 26 giugno e il 3 luglio (Figura 3.2.11).

Tabella 3.2.10 – O₃ Indicatori relativi ai superamenti delle soglie di informazione e di allarme nelle stazioni della Rete Regionale ARPAT. Anno 2019

Stazione	N° superamenti della soglia di informazione di 180 µg/m ³	N° superamenti della soglia di allarme di 240 µg/m ³
FI-Settignano	10	0
FI-Signa	0	0
AR-Acropoli	0	0
PT-Montale	1	0
GR-Maremma	0	0
LU-Carignano	2	0
PI-Passi	0	0
PI-Santacroce	0	0
AR-Casa Stabbi	0	0
PI-Montecerboli	0	0

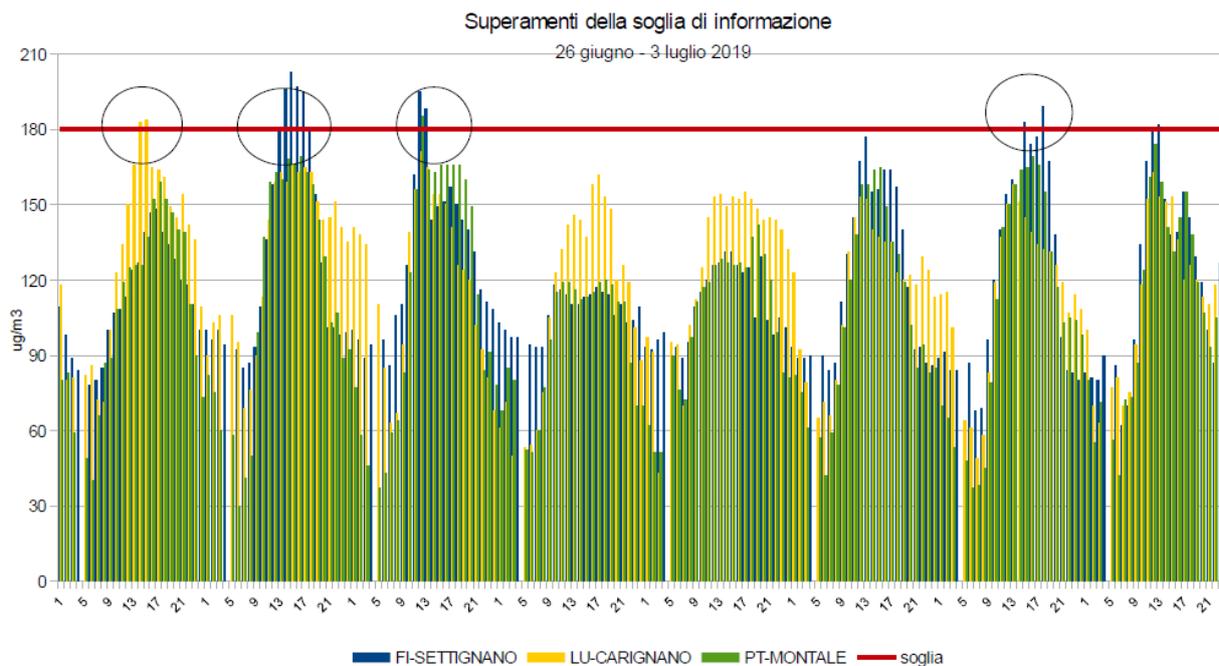


Figura 3.2.11 – O₃ Confronto valori orari con la soglia di informazione di 180 µg/m³

Il valore obiettivo per la protezione della salute prevede che il valore di 120 µg/m³ sulla media di 8 ore non venga superato per più di 25 giorni, come media sul triennio. Il valore obiettivo per la protezione della vegetazione (AOT40 maggio/luglio) prevede che il valore di 18000 µg/m³h, non venga superato come media sui 5 anni. Dai valori riportati in Tabella 3.2.11 risulta evidente che attualmente in Toscana l’Ozono è il parametro per il quale la situazione non è positiva per la maggior parte delle stazioni di Rete Regionale e per quanto riguarda entrambi i valori obiettivo che sono stati superati nell’80% del territorio regionale (come media triennale e media quinquennale). Dagli andamenti riportati nei grafici di Figura 3.2.12 e Figura 3.2.13 si evince come nel 2019 la situazione pur rimanendo su livelli elevati è pur sempre in miglioramento rispetto all’intero triennio 2017-2019 (valore obiettivo per la protezione della salute) e all’intero quinquennio 2015-2019 (valore obiettivo per la protezione della vegetazione).

Tabella 3.2.11 – O₃ Indicatori relativi ai valori obiettivo per la protezione della salute e della vegetazione nelle stazioni della Rete Regionale ARPAT. Anno 2019, triennio 2017 – 2019 e quinquennio 2015 – 2019.

Zona	Class.	Prov.	Comune	Stazione	N° medie su 8 ore massime giornaliere >120 µg/m ³		AOT40 Maggio/Luglio	
					2019	Media 2017-2019	2019	Media 2015-2019
Agglomerato Firenze	S	FI	Firenze	FI-Settignano	31	46	25113	30226
	U	FI	Signa	FI-Signa	24	43	20352	27570
Zona pianure interne	S	AR	Arezzo	AR-Acropolis	23	26	19103	20987
	S	PT	Montale	PT-Montale	30	39	24798	27688
Zona pianure costiere	R	GR	Grosseto	GR-Maremma	47	41	28270	28582
	S	LU	Lucca	LU-Carignano	45	51	28408	26758
	S	PI	Pisa	PI-Passi	9	9	14642	12418
	S	PI	S. Croce sull'Arno	PI-Santacroce	6	4	10810	8974
Zona Collinare Montana	RF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	22	29	19017	19831
	S	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	35	32	26621	22780

Confronto con valore obiettivo per la protezione della salute
Superamenti della media su 8 ore di 120 µg/m³

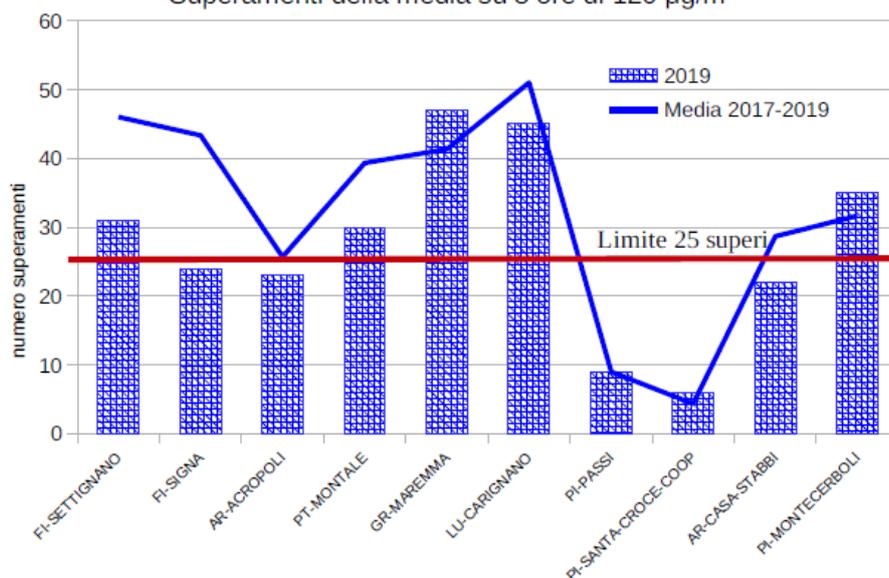


Figura 3.2.12 – O₃ valore obiettivo per la protezione della salute nelle stazioni della Rete Regionale ARPAT. Anno 2019 e triennio 2017 - 2019

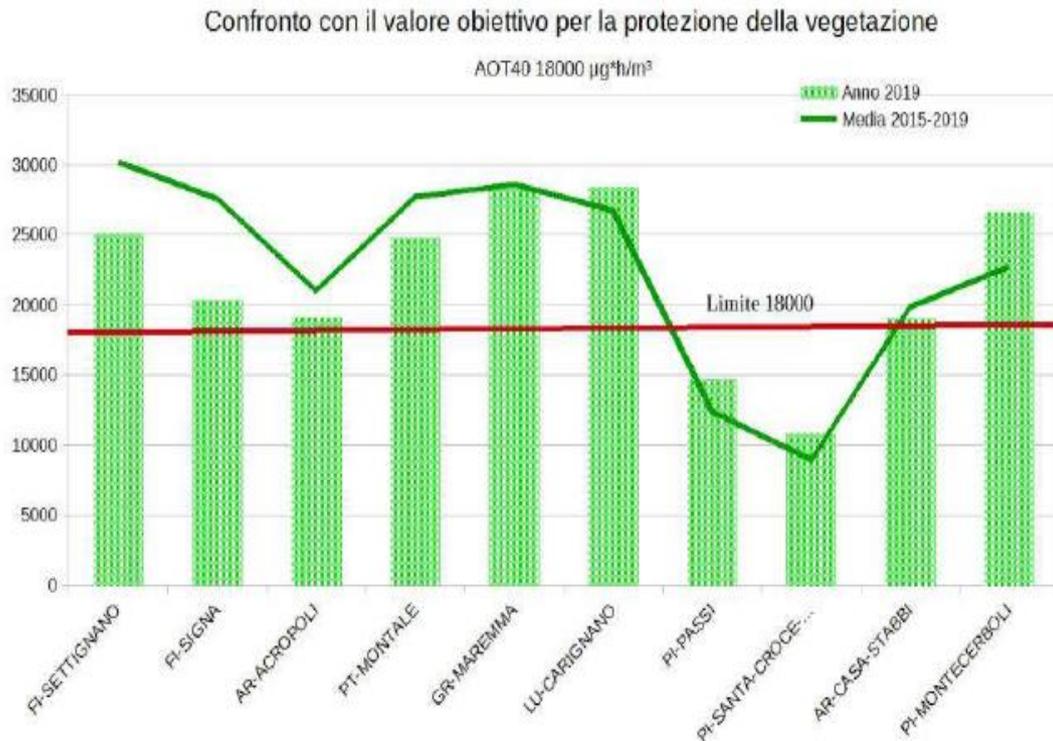


Figura 3.2.13 – O₃ valore obiettivo per la protezione della vegetazione nelle stazioni della Rete Regionale ARPAT. Anno 2019 e quinquennio 2015 - 2019

Dai valori riportati in Tabella 3.2.12 e Tabella 3.2.13 e riportati nei grafici di Figura 3.2.14 e Figura 3.2.15 risulta evidente come l'O₃ in Toscana risulta critico già da una decina di anni.

Tabella 3.2.12 – O₃ Valore obiettivo per la protezione della salute. Decennio 2010 - 2019

Zona	Class.	Prov.	Stazione	Valore obiettivo per la protezione della salute umana limite 25 superamenti come media di tre anni									
				Media 2008-2010	Media 2009-2011	Media 2010-2012	Media 2011-2013	Media 2012-2014	Media 2013-2015	Media 2014-2016	Media 2015-2017	Media 2016-2018	Media 2017-2019
Agglomerato di Firenze	S	FI	FI-Settignano	42	41	43	43	36	42	48	63	52	46
	U	FI	FI-Signa	-	-	-	-	-	38	40	56	50	43
Zona pianure interne	S	AR	AR-Acropolis	60	58	47	33	22	35	44	59	22	26
	S	PT	PT-Montale	11	8	32	37	30	25	24	30	44	39
Zona pianure costiere	R	GR	GR-Maremma	12	13	25	26	28	29	36	41	41	41
	S	LU	LU-Carignano	24	30	36	43	34	40	38	48	51	51
	S	PI	PI-Passi	12	9	9	16	13	15	5	7	7	9
	S	PI	PI-Santacroce	-	-	-	5	4	4	2	2	2	4
Zona Collinare Montana	RF	AR	AR-Casa Stabbi	11	21	40	41	32	23	24	30	25	29
	S	PI	PI-Montecerboli	29	35	52	54	49	36	25	28	26	32

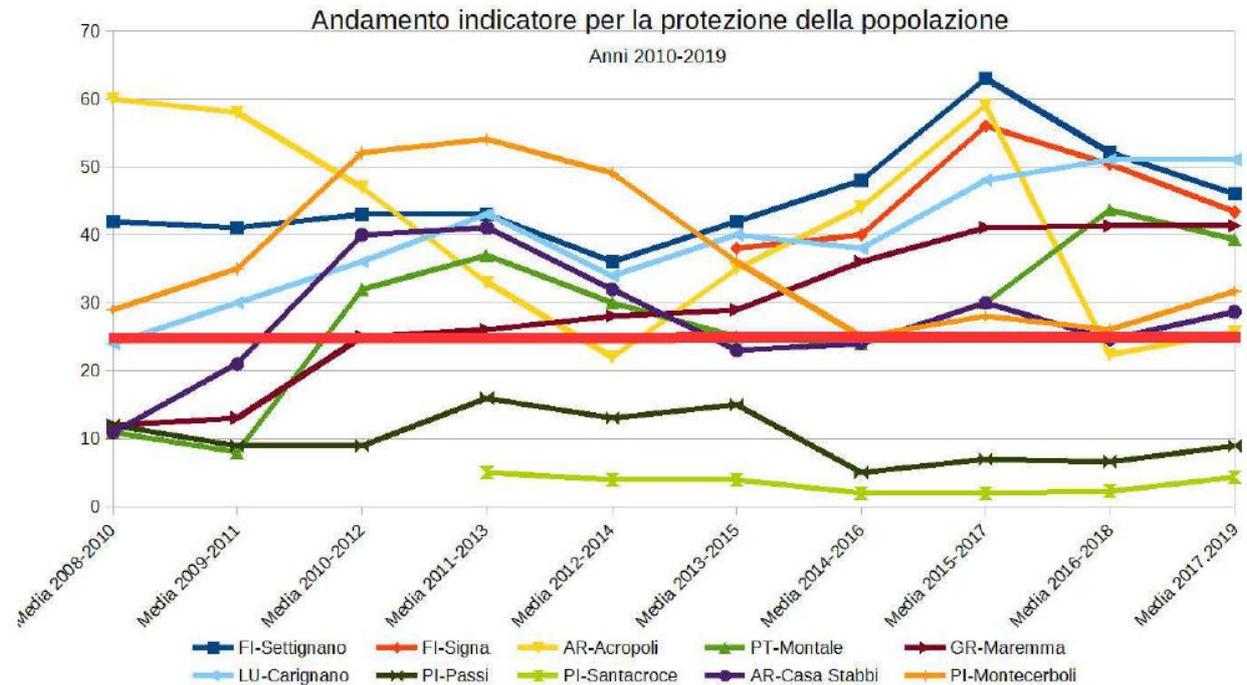


Figura 3.2.14 – O₃ Andamento indicatori per la protezione della popolazione. Decennio 2010 – 2019

Tabella 3.2.13 – O₃ Valore obiettivo per la protezione della vegetazione. Periodo 2011 - 2019

				AOT40 Maggio/Luglio								
				Valore obiettivo per la protezione della vegetazione 18000 come media su 5 anni								
Zona	Class.	Prov.	Stazione	Media 2007-2011	Media 2008-2012	Media 2009-2013	Media 2010-2014	Media 2011-2015	Media 2012-2016	Media 2013-2017	Media 2014-2018	Media 2015-2019
Agglomerato Firenze	S	FI	FI-Settignano	24736	24011	22938	21693	25748	27078	27379	29172	30226
	U	FI	FI-Signa	-	-	-	-	-	26930	28082	27796	27570
Zona pianure interne	S	AR	AR-Acropoli	15458	18749	18252	19952	23179	21757	25215	21266	20987
	S	PT	PT-Montale	27715	27325	25352	22585	23746	23410	20757	26358	27688
Zona pianure costiere	R	GR	GR-Maremma	14857	17186	19254	20830	23053	26314	26020	27123	28582
	S	LU	LU-Carignano	23044	22020	22300	22420	24075	23532	24509	25569	26758
	S	PI	PI-Passi	15084	14792	15871	14177	14229	12978	12783	11129	12418
Zona Collinare Montana	S	PI	PI-Santacroce	-	-	-	8249	8793	8153	8565	8429	8974
	RF	AR	AR-Casa Stabbi	17271	19945	17784	19429	23101	20446	19687	20844	19831
	S	PI	PI-Montecerboli	23214	26603	28371	28747	28344	27010	23404	22045	22780

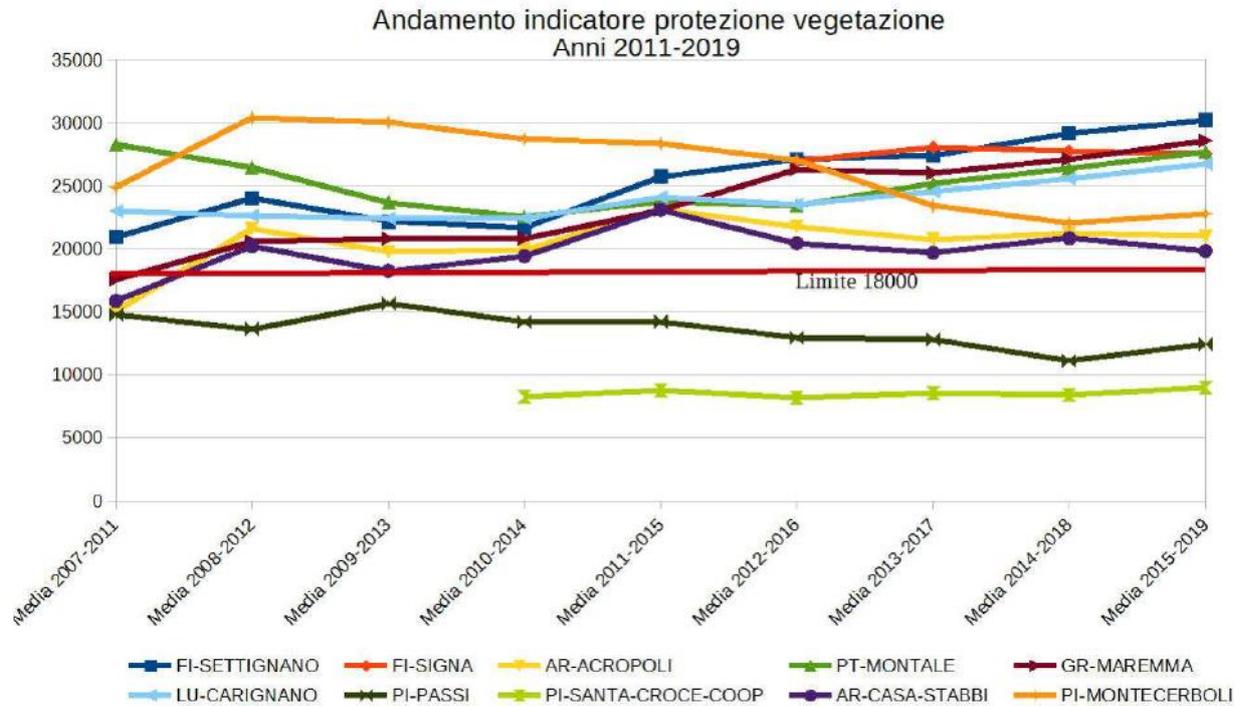


Figura 3.2.15 – O₃ Andamento indicatori per la protezione della vegetazione. Periodo 2011 – 2019

3.2.5 Monossido di carbonio

Il CO è monitorato da ARPAT in 3 delle 13 stazioni più prossime alla centrale, stazione di FI-Gramsci nell'agglomerato di Firenze, stazione AR-Repubblica nella zona Valdarno aretino e Val di Chiana e stazione di SI-Bracci nella zona collinare e montana e complessivamente in 7 delle 37 stazioni della rete Regionale.

I dati riportati in Tabella 3.2.14 e nel grafico di Figura 3.2.16, nonché quelli riportati in Tabella 3.2.15 e nel grafico di Figura 3.2.17, mostrano come i valori di CO registrati da tutte le stazioni della rete regionale sono ampiamente sotto il limite imposto dal D.Lgs.155/2010 già da un decennio.

Tabella 3.2.14 – CO Media massima su 8 ore relativa alle stazioni della Rete Regionale ARPAT. Anno 2019

Classificazione Zona e Stazione	Provincia e Comune		Nome stazione	Anno 2019			Valore limite (mg/m ³)
				Media massima su 8 ore (mg/m ³)	Data e ora		
Agglomerato Firenze	UT FI	Firenze	FI-Gramsci	4,5	12/02/2019	24	10
Zona Prato Pistoia	UT PO	Prato	PO-Ferrucci	2,0	09/01/2019	3	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UT AR	Arezzo	AR-Repubblica	1,6	09/01/2019	2	
Zona costiera	UT LI	Livorno	LI-Carducci	2,5	10/01/2019	22	
	UI LI	Piombino	LI-Cotone	0,7	08/01/2019	1	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UT PI	Pisa	PI-Borghetto	1,9	14/01/2019	3	
Zona Collinare e Montana	UT SI	Siena	SI-Bracci	1,1	18/12/2019	24	

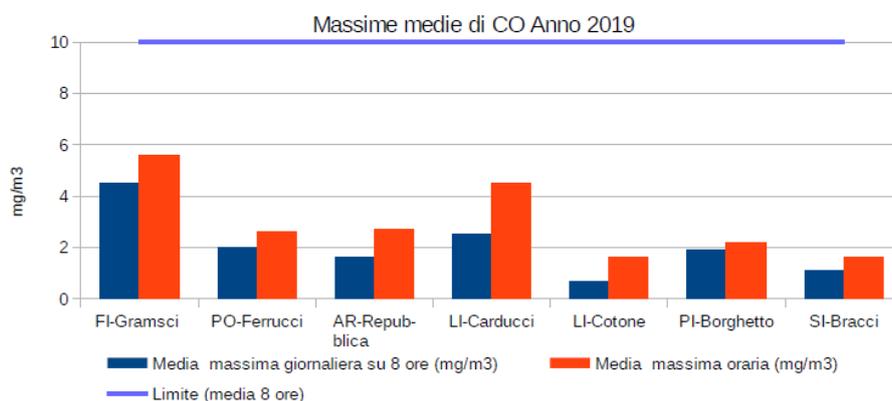
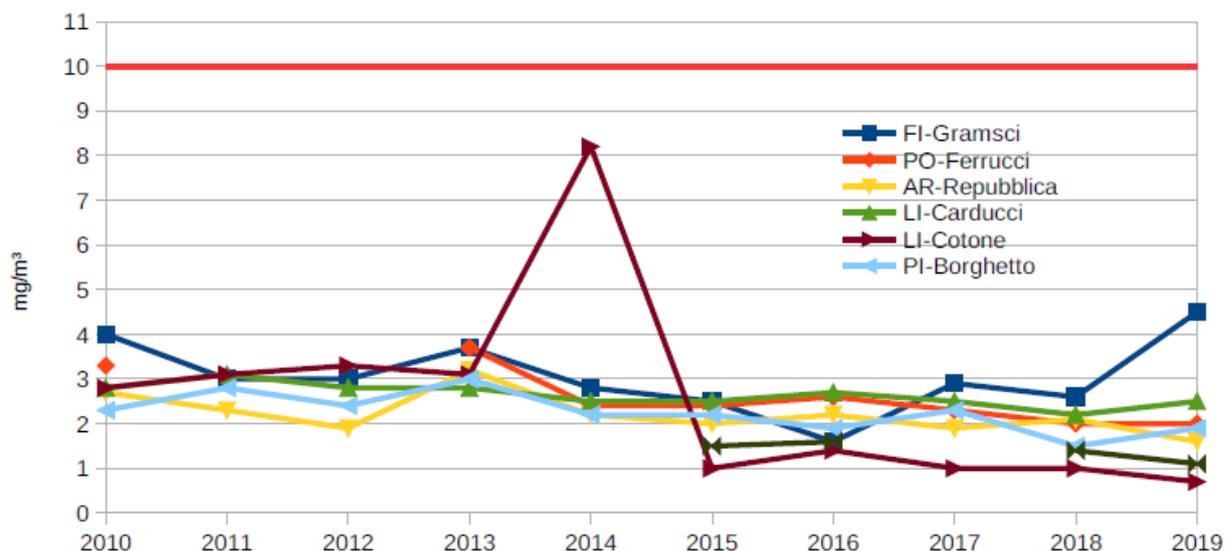


Figura 3.2.16 – CO Media massima su 8 ore e media massima oraria relativa alle stazioni della Rete Regionale ARPAT. Anno 2019

**Tabella 3.2.15 – CO Media massima su 8 ore relativa alle stazioni della Rete Regionale ARPAT.
Decennio 2010 - 2019**

Classificazione Zona e Stazione		Nome stazione	Media massima giornaliera di 8 ore									
			V.L. (10 mg/m ³)									
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Agglomerato Firenze	UT	FI-Gramsci	4,0	3,0	3,0	3,7	2,8	2,5	1,6	2,9	2,6	4,5
Zona Prato Pistoia	UT	PO-Ferrucci	3,3	*	*	3,7	2,4	2,4	2,6	2,3	2,0	2,0
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UT	AR-Repubblica	2,7	2,3	1,9	3,2	2,2	2,0	2,2	1,9	2,1	1,6
Zona costiera	UT	LI-Carducci	2,8	3,1	2,8	2,8	2,5	2,5	2,7	2,5	2,2	2,5
	SI	LI-Cotone	2,8	3,1	3,3	3,1	8,2	1,0	1,4	1,0	1,0	0,7
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UT	PI-Borghetto	2,3	2,8	2,4	3,0	2,2	2,2	1,9	2,3	1,5	1,9
Zona Collinare e Montana	UT	SI-Bracci	-	-	-	-	*	1,5	1,6	1,4	1,4	1,1

**Andamento medie massime giornaliere 8 ore
Monossido di carbonio**



**Figura 3.2.17 – CO Media massima su 8 ore relativa alle stazioni della Rete Regionale ARPAT.
Decennio 2010 - 2019**

3.2.6 Biossido di zolfo

L'SO₂ è monitorata da ARPAT in 1 delle 13 stazioni più prossime alla centrale, stazione di FI-Bassi nell'agglomerato di Firenze e complessivamente in 3 delle 37 stazioni della rete Regionale.

Sia il limite relativo ai 24 superamenti della media oraria di 350 µg/m³ che quello relativo ai 3 superamenti della media giornaliera di 125 µg/m³ sono stati pienamente rispettati in tutte le stazioni della Rete Regionale, non sono stati infatti mai superati i due valori limite (Tabella 3.2.16).

I valori di SO₂ si sono mantenuti costantemente molto contenuti per tutto l'ultimo decennio senza che si siano mai verificati superamenti né del valore limite per la media giornaliera né del valore limite per la media oraria, presso nessun sito di monitoraggio (Tabella 3.2.17).

Tabella 3.2.16 – SO₂ Indicatori relativi alle stazioni della Rete Regionale ARPAT. Anno 2019

Classificazione Zona e stazione	Provincia Comune	Nome stazione	Indicatori Anno 2019				
			N° medie orarie > 350 µg/m ³	V.L.	N° medie giornaliere > 125 µg/m ³	V.L.	
Agglomerato Firenze	UF	Firenze (FI)	FI-Bassi	0	24	0	3
Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	Capannori (LU)	LU-Capannori	0		0	
Zona Costiera	UF	Livorno (LI)	L-La Pira	0		0	

Tabella 3.2.17 – SO₂ Medie annuali nelle stazioni della Rete Regionale ARPAT. Decennio 2010 - 2019

Classificazione Zona e stazione	Nome stazione	Media annuale µg/m ³										
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Agglomerato Firenze	UF	FI-Bassi	1	1	2	*	3	2	2	2	2	1
Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU-Capannori	-	-	*	2	2	1	1	1	1	1
Zona Costiera	UF	LI-La Pira	-	-	-	-	*	4	5	3	3	1

3.2.7 Ammoniaca

L'ammoniaca (NH₃) si presenta a temperatura ambiente come gas incolore dall'odore pungente molto forte e, ad elevate concentrazioni, è soffocante, irritante e tossico.

L'ammoniaca è un gas alcalino che svolge un ruolo nella neutralizzazione dei gas acidi atmosferici, principalmente acido nitrico (HNO₃) e solforico (H₂SO₄), prodotti dell'ossidazione in fase gas di NO_x e SO₂ rispettivamente. La chimica dell'NH₃ è piuttosto complessa. I prodotti formati dalle reazioni dell'NH₃, tra cui i principali sono il solfato di ammonio (NH₄)₂SO₄ ed il nitrato di ammonio NH₄NO₃, sono presenti in atmosfera in forma condensata o di particolato. Le maggiori sorgenti di NH₃ sono costituite dalle attività agricole (allevamenti zootecnici e fertilizzanti) e, in minor misura, dai trasporti stradali, dallo smaltimento dei rifiuti, dalla combustione della legna e dei combustibili fossili. Peculiarità della Regione Toscana è l'emissione di ammoniaca da attività di produzione di energia da centrali geotermoelettriche, attività presenti nelle aree delle colline metallifere (Area geotermica Tradizionale) e amiatina (del Monte Amiata) che sono esterne all'Area di Interesse per il presente progetto.

La normativa nazionale non stabilisce valori limite per le concentrazioni in aria ambiente di NH₃.

Per potere valutare la significatività a tutela della salute umana delle concentrazioni misurate in aria ambiente si possono prendere in considerazione i valori di riferimento pubblicati nella letteratura di settore, i cui principali sono di seguito riportati:

- il livello REL (Reference Exposure Level) di tipo A proposto da OEHHA (Office of Environmental Health Hazard Assessment) parte di CalEPA (California Environmental Protection Agency), che rappresenta la soglia di esposizione acuta, con tempo di mediazione di 1 ora. Tale valore è pari a 3'200 µg/m³.
- la soglia RFC (Reference Concentration) proposta da US-EPA, che stima il valore di esposizione continuo per inalazione della popolazione umana (compresi i sottogruppi sensibili) che non crea un apprezzabile rischio di effetti deleteri nel corso di una vita. Tale valore soglia è pari a 0.5 mg/m³.
- il valore limite indicativo OEL (Occupational Exposure Limit) proposto per l'ammoniaca anidra con Direttiva 2000/39/EC in implementazione alla Directive 98/24/EC, relativo alla tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori dai rischi legati agli agenti chimici. Tale limite è pari a 20 ppm (14 mg/m³) per periodo di riferimento di otto ore e 50 ppm (36 mg/m³) per periodo di riferimento di 15 minuti.

La normativa della Regione Toscana individua, mediante Deliberazione della Giunta Regionale n. 344 del 22 marzo 2010, degli specifici valori di riferimento per la concentrazione di ammoniaca in aria ambiente da applicarsi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle già citate centrali geotermoelettriche. Tali valori, derivati dalle linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità e da altre pubblicazioni di cui alcune relative a valori di salubrità degli ambienti di lavoro, si possono considerare come un utile termine di confronto, anche se non direttamente applicabili al progetto specifico. Nella seguente Tabella 3.18 sono sintetizzate le concentrazioni di riferimento insieme al relativo periodo di mediazione.

Tabella 3.18 – D.G.R. 344/2010. Valori di riferimento e criteri di applicazione per ammoniaca (Tab. 2.2, All. A).

Parametro	Concentrazione	Riferimento individuato
-----------	----------------	-------------------------

Ammoniaca (NH ₃)	170 µg/m ³ media 24 ore	Adottando un valore di confidenza pari a 100 rispetto al Valore di 17 mg/m ³ riferito al TLV-TWA (Time Weighted Average) dello ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) ed. 2006 (ammoniaca)
	70 µg/m ³ >1-14 giorni (valore medio sul periodo)	MRLs Minimal Risk level - Livelli guida significativi per la salute, elaborati dalla Agenzia governativa USA ATSDR, in analogia ai valori soglia EPA, per effetti non cancerogeni delle sostanze chimiche nell'ambiente ad uso della stessa ATSDR per valutare i siti contaminati (fonte lista aggiornata a novembre 2007). Il valore per ammoniaca è aggiornato al 2004 http://www.atsdr.cdc.gov

Le Linee Guida WHO (Air Quality Guidelines for Europe – second edition, 2000) stabiliscono il livello critico per l'ambiente per i composti azotati. I livelli critici sono basati su un'indagine di evidenze scientifiche pubblicate di effetti fisiologici ed ecologicamente importanti solo sulle piante, in particolare acidificazione ed eutrofizzazione. Il livello critico fissato per l'NH₃ è di 270 µg/m³ come media giornaliera. Non ci sono invece riferimenti a valori limite per la protezione della salute umana per l'NH₃.

Per l'ammoniaca (NH₃) non sono presenti stazioni fisse di monitoraggio localizzate in Regione Toscana. Per la valutazione dei livelli di tale inquinante nel territorio, si fa nel seguito riferimento ai dati pubblicati dal progetto Europeo CAMS¹ (Copernicus Atmosphere Monitoring Service) che rende disponibili stime relative alla concentrazione al suolo di ammoniaca prodotte da una serie di modelli numerici di qualità dell'aria.

In Tabella 3.19 sono riportati i valori medio annuo, massimo giornaliero e massimo orario di NH₃ per l'anno 2019.

Tabella 3.19 – Concentrazione di NH₃ al suolo, periodo 2019 (elaborazione CESI da fonte dati CAMS)

Parametro	Unità di misura	Valore
Longitudine di estrazione dati	°	11.45
Latitudine di estrazione dati	°	43.55
Media annua (*)	µg/m ³	0.71
Massimo della media giornaliera (*)	µg/m ³	3.37
(*) Dato ottenuto mediante elaborazione dei valori medi orari prodotti dal Copernicus Atmosphere Monitoring Service		

La concentrazione media annua stimata come rappresentativa dell'area di indagine risulta di circa 0.7 µg/m³, dunque tre ordini di grandezza inferiore rispetto al più restrittivo riferimento citato per esposizione cronica (RfC, 500 µg/m³), e due ordini di grandezza inferiore rispetto al riferimento normativo regionale per il medio periodo (70 µg/m³).

La concentrazione massima giornaliera stimata come rappresentativa dell'area di indagine risulta di circa 3 µg/m³, dunque più di tre ordini di grandezza inferiore rispetto al più restrittivo riferimento citato per esposizione su 8 ore (OEL, 14'000 µg/m³), e pari a circa il 2% del riferimento normativo regionale per il periodo giornaliero (170 µg/m³).

¹ <https://www.copernicus.eu/en/services/atmosphere>

L'analisi permette di concludere che le concentrazioni di ammoniaca attese in aria ambiente nell'area di interesse non sono tali da produrre criticità diretta per la salute umana né in termini di effetti acuti nel breve/medio periodo né in termini di effetti cronici nel lungo periodo.

3.2.8 Acido solfidrico

L'H₂S è monitorata da ARPAT, nelle stazioni di tipo fondo industriale, che sono solo 2 delle 37 della rete Regionale, e sono situate nei comuni di Santa Croce e Pomarance, entrambe in provincia di Pisa, tali stazioni non risultano quindi essere tra quelle più prossime alla centrale.

L'H₂S è un parametro per il quale la normativa europea e quella nazionale non stabiliscono valori limite, soglie di allarme e/o valori obiettivo di qualità dell'aria. In mancanza di riferimenti normativi per l'acido solfidrico ci si riferisce unicamente al valore guida indicato dall'OMS per la protezione della salute che è pari ad una media giornaliera di 150 µg/m³.

I valori registrati in entrambe le stazioni nel 2019 (Tabella 3.2.20 e Figura 3.2.18) sono ampiamente inferiori ai valori guida dell'OMS. Da notare però come le concentrazioni che caratterizzano i due siti siano sostanzialmente differenti con i valori registrati presso il sito di Pomarance nettamente superiori al sito di Santa Croce.

Tabella 3.2.20 – H₂S Indicatori relativi alle stazioni della Rete Regionale ARPAT. Anno 2019

Classificazione zona e stazione		Provincia e comune		Nome stazione	Media annuale (µg/m ³)	Max media giornaliera (µg/m ³)	Max media oraria (µg/m ³)
Zona del Valdarno pisano e piana lucchese	SFI	PI	S. Croce sull'Arno	PI-Santa Croce	1	5 (13 dic)	21 (h 9 del 10 dic)
Zona collinare e montana	SFI	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	4	33 (6 dic)	95 (h 9 del 6 dic)

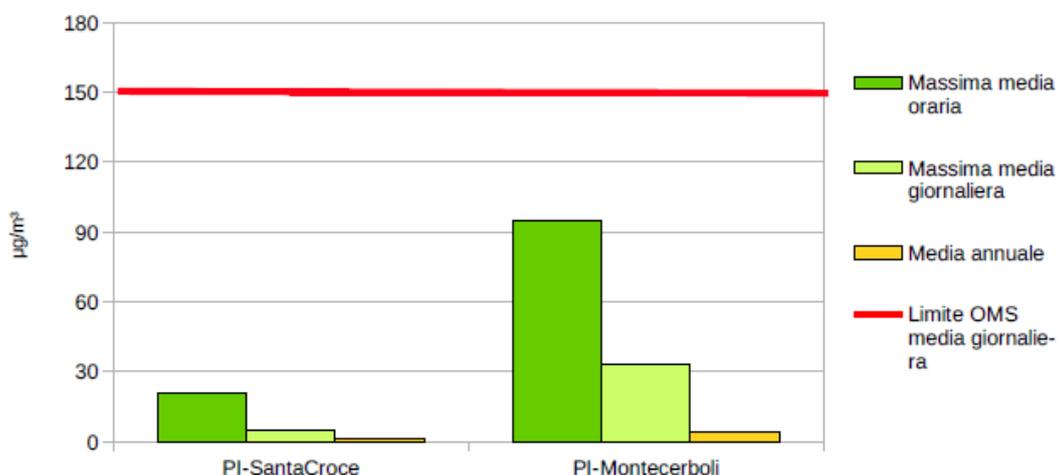


Figura 3.2.18 – H₂S Media annuali e medie massime orarie e giornaliere nelle stazioni della Rete Regionale ARPAT. Anno 2019

I valori di H₂S si sono mantenuti su livelli nettamente inferiori a quelli indicati dall'OMS per la media giornaliera, per tutto l'ultimo decennio, e anche i valori massimi giornalieri e orari risultano molto contenuti.

L'analisi dei dati del decennio mette in evidenza inoltre, come i valori registrati presso il sito di Pomarance siano costantemente superiori al sito di Santa Croce (Tabella 3.2.21, Tabella 3.2.22,

Tabella 3.2.23 e Figura 3.2.19).

**Tabella 3.2.21 – H₂S Medie annuali nelle stazioni della Rete Regionale ARPAT.
Decennio 2010 - 2019**

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Media annuale (µg/m ³)									
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Zona del Valdarno pisano e piana lucchese	SFI	PI-SantaCroce	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1
Zona collinare e montana	SFI	PI-Montecerboli	6	5	6	6	7	6	4	5	5	4

**Tabella 3.2.22 – H₂S Medie massime giornaliere nelle stazioni della Rete Regionale ARPAT.
Decennio 2010 - 2019**

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Massime medie giornaliere registrate (µg/m ³)									
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Zona del Valdarno pisano e piana lucchese	SFI	PI-SantaCroce	4	6	5	7	5	6	7	7	6	5
Zona collinare e montana	SFI	PI-Montecerboli	41	47	26	47	36	32	35	36	25	33

**Tabella 3.2.23 – H₂S Medie massime orarie nelle stazioni della Rete Regionale ARPAT.
Decennio 2010 - 2019**

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Massime medie orarie registrate (µg/m ³)									
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Zona del Valdarno pisano e piana lucchese	SFI	PI-SantaCroce	29	38	28	26	33	50	34	31	39	21
Zona collinare e montana	SFI	PI-Montecerboli	157	225	146	205	111	144	93	121	82	95

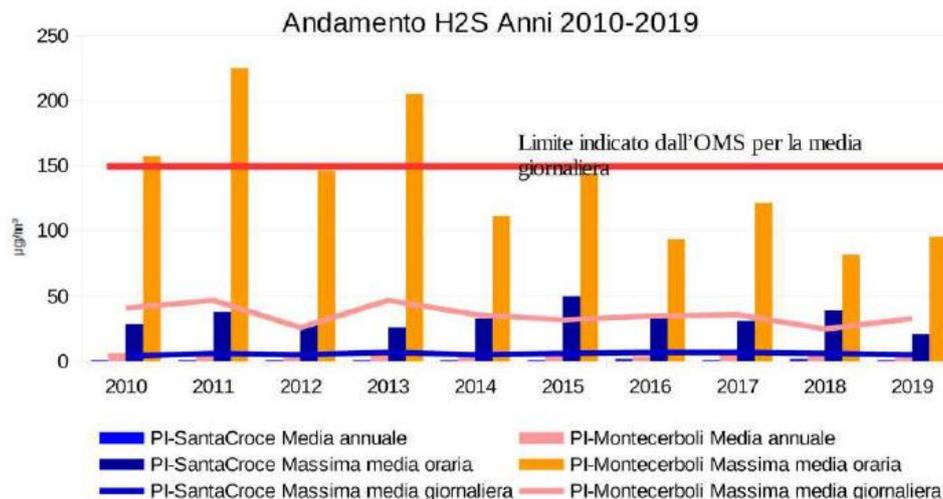


Figura 3.2.19 – H₂S Media annuali e medie massime orarie e giornaliere nelle stazioni della Rete Regionale ARPAT. - Decennio 2010 - 2019

L'altro riferimento per i valori di H₂S è costituito dalla soglia di disturbo olfattivo, pari a 7 µg/m³ come media semi oraria. Tale soglia mette in relazione i valori di acido solfidrico ad un disturbo da fonte odorigena avvertito dalla popolazione.

L'andamento relativo agli ultimi 10 anni (Tabella 3.2.24 e Figura 3.2.20) mostra che la zona rappresentata dalla stazione di PI-Santa Croce è caratterizzata da valori di concentrazioni tali da non provocare alcun disagio alla popolazione locale, infatti il periodo di tempo in cui la popolazione può avere percepito un disagio olfattivo è sempre stato al massimo dell'ordine di qualche punto percentuale. La popolazione della zona rappresentata dalla stazione di PI-Montecerboli invece è indubbiamente sottoposta ad un disagio olfattivo, con le ore di superamento della soglia odorigena che ad inizio decennio era costantemente sopra il 20% con una punta nel 2014 del 31%. Da sottolineare però la tendenza al miglioramento della situazione con una percentuale di ore di superamento che nell'ultimo anno è stata del 13%.

Tabella 3.2.24 – H₂S Percentuale valori orari sopra la soglia olfattiva nelle stazioni della Rete Regionale ARPAT. Decennio 2010 - 2019

Classificazione Zona e stazione	Nome stazione	% dei valori superiori alla soglia olfattiva di 7									
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Zona del Valdarno pisano e piana lucchese	SFI PI-SantaCroce	1	2	2	2	1	2	3	2	2	1
Zona collinare e montana	SFI PI-Montecerboli	27	23	28	26	31	24	13	26	18	13

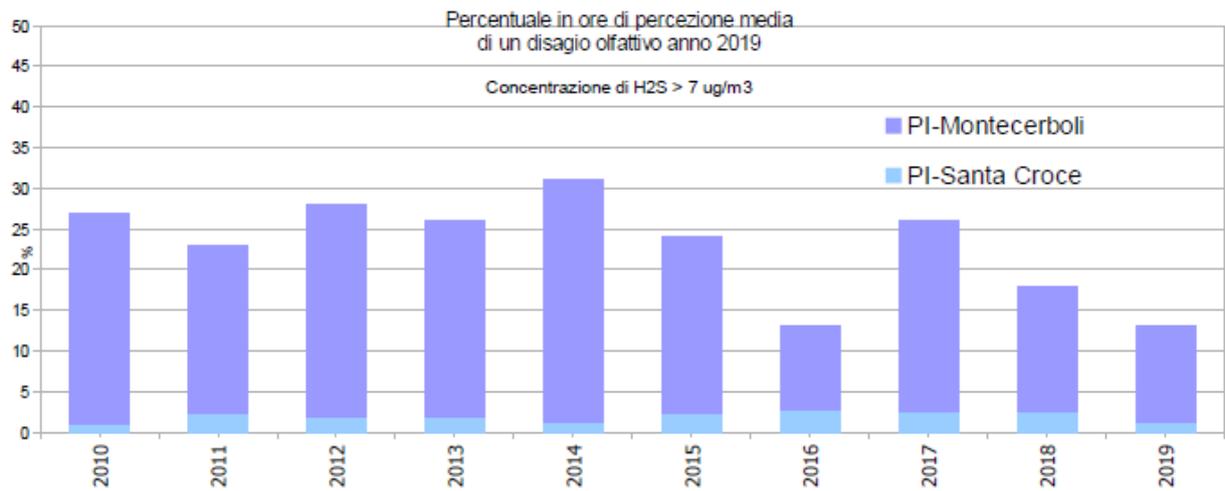


Figura 3.2.20 – H₂S Percentuale valori orari sopra la soglia olfattiva nelle stazioni della Rete Regionale ARPAT. Decennio 2010 - 2019

3.2.9 Benzene

Il C₆H₆ è monitorato da ARPAT in 3 delle 13 stazioni più prossime alla centrale, stazioni di FI Bassi e FI-Gramsci nell'agglomerato di Firenze e nella stazione AR-Acropoli nella zona Valdarno aretino e Val di Chiana e complessivamente in 7 delle 37 stazioni della rete Regionale.

I dati riportati in Tabella 3.2.25 e nel grafico di Figura 3.2.21, nonché quelli riportati in Tabella 3.2.26 e nel grafico di Figura 3.2.22, mostrano come i valori di benzene registrati da tutte le stazioni della rete regionale sono ampiamente sotto il limite imposto dal D. Lgs.155/2010 già dal 2014.

Tabella 3.2.25 – Benzene - Media annuale relativa alle stazioni della Rete Regionale ARPAT. Anno 2019

Classificazione Zona e Stazione		Nome stazione	Media annuale Benzene (µg/m ³)	V.L.
Agglomerato Firenze	UF	FI-Bassi	1,2	5 µg/m ³
	UT	FI-Gramsci	2,5	
Zona Prato Pistoia	UF	PO-Roma	0,7	
Zona Valdarno aretino e Val di Chiana	UF	AR-Acropoli	1	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU- S.Concordio	1,1	
Zona costiera	UF	LI-LaPira	0,8	
	UF	LI-ParcoVIII III	0,2	

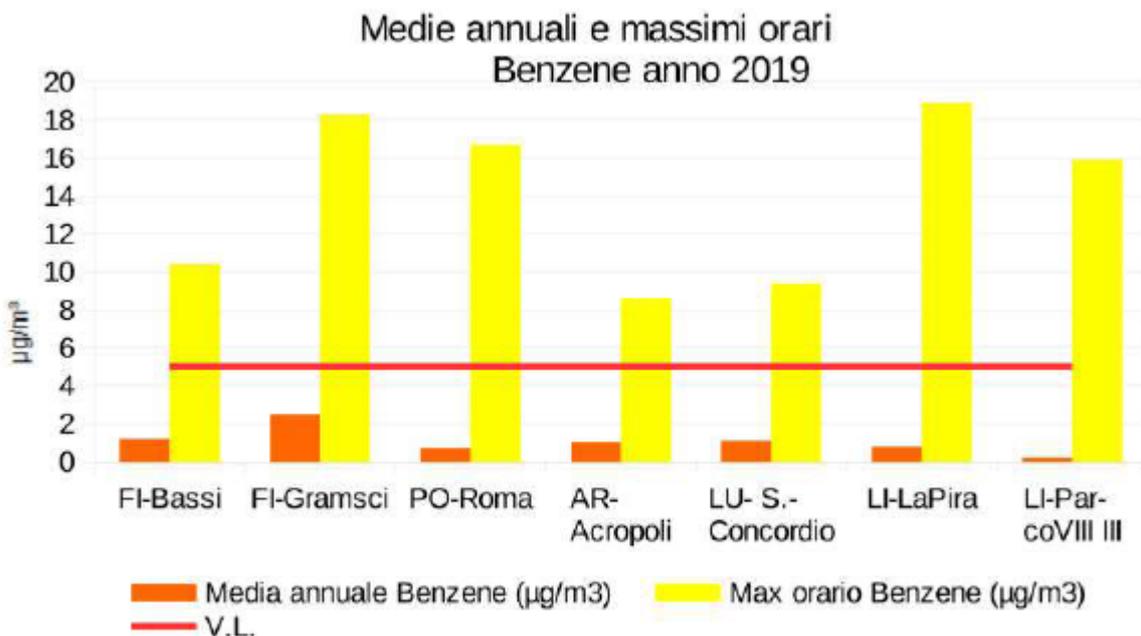
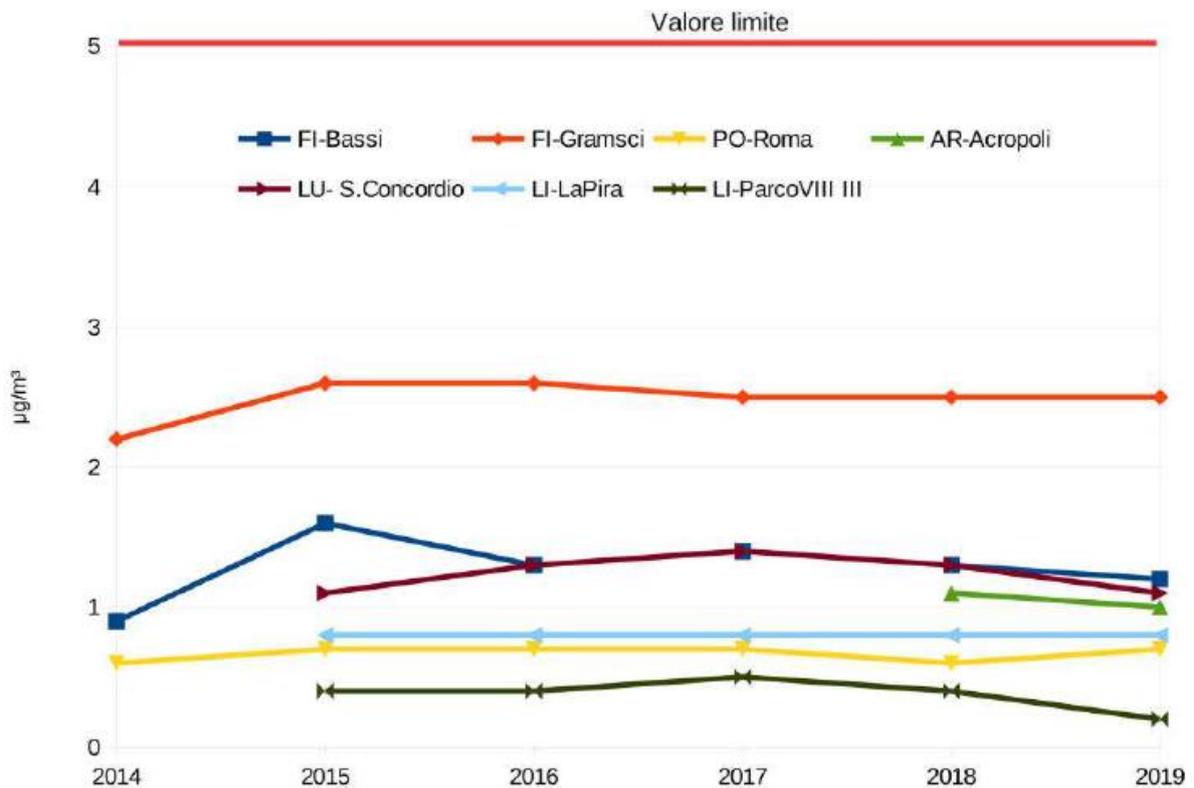


Figura 3.2.21 – Benzene - Media annuale e massimi orari relativa alle stazioni della Rete Regionale ARPAT. Anno 2019

**Tabella 3.2.26 – Benzene - Media annuale relativa alle stazioni della Rete Regionale ARPAT.
Periodo 2014 - 2019**

Classificazione Zona e Stazione	Provincia e Comune	Nome stazione	Media annuale benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
			2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Agglomerato Firenze	UF Firenze (FI)	FI-Bassi	0,9*	1,6	1,3	1,4	1,3	1,2	
	UT Firenze (FI)	FI-Gramsci	2,2*	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	
Zona Prato Pistoia	UF Prato (PO)	PO-Roma	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	
Zona Valdarno aretino e ValdiChiana	UF Arezzo (AR)	AR-Acropoli	-	-	-	-	1,1	1	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF Lucca (LU)	LU- S.Concordio	-	1,1*	1,3	1,4	1,3	1,1	
Zona costiera	UF Livorno (LI)	LI-LaPira	*	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
	UF Piombino (LI)	LI-ParcoVIII III	-	0,4*	0,4	0,5	0,4	0,2	

* serie non valida, riportata a scopo indicativo



**Figura 3.2.22 – Benzene - Media annuale relativa alle stazioni della Rete Regionale ARPAT.
Periodo 2014 - 2019**

3.2.10 Concentrazione del fondo nell'Area di Interesse

Sulla base dei dati riportati nei paragrafi precedenti si riporta nel seguito, per gli inquinanti la stima delle concentrazioni di fondo presenti nell'Area di Interesse. In particolare, si fa riferimento in prima battuta alla stazione di FI-Figline (Fondo urbano) poiché ricadente all'interno dell'Area di Interesse e localizzata circa 6 km a Nord del sito di progetto, ricorrendo ad altre stazioni per integrare i parametri non monitorati dalla stazione di FI-Figline stessa.

Tabella 3.2.27 – Stima della concentrazione di fondo nell'Area di Interesse

Parametro ⁽¹⁾	Limite di legge (D.Lgs. 155/2010)	Concentrazione di Fondo	Stazione di monitoraggio di riferimento
NO ₂ – Concentrazione media annua [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	40 (V.L.)	18	FI-Figline (UF)
NO ₂ – Numero di superamenti della Conc. oraria di 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	18 (V.L.)	0	FI-Figline (UF)
NO _x – Concentrazione media annua [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] (vegetazione)	30 (L.C.)	n.d.	n.d.
PM ₁₀ – Concentrazione media annua [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	40	20	FI-Figline (UF)
PM ₁₀ – Numero di superamenti della Conc. Giornaliera di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	35	14	FI-Figline (UF)
PM _{2.5} – Concentrazione media annua [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	25	12	AR-Acropoli (UF)
CO – Conc. media massima giorn. su 8 ore [mg/m^3]	10 (V.L.)	1.6	AR-Repubblica (UT)
NH ₃ – Concentrazione media annua [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	- ⁽⁶⁾	0.71	Modello CAMS
NH ₃ – Massimo della conc. media giornaliera [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	- ⁽⁶⁾	3.37	Modello CAMS

3.2.11 Valutazioni conclusive sulla qualità dell'aria

Sulla base dell'analisi riportata nel presente paragrafo si può ritenere che nell'Area di Interesse:

- PM₁₀ non presenta superamenti dei valori limiti né in termini di media annua né di numero di superamenti della concentrazione media giornaliera;
- PM_{2.5} non presenta superamenti del valore limite;
- NO₂ non presenta superamenti dei valori limiti né in termini di media annua né di numero di superamenti della concentrazione media oraria;
- NO_x non presenta superamenti del valore limite;
- O₃ pur evidenziando un trend in miglioramento presenta ancora alcune problematiche;
- CO è ampiamente al di sotto del valore limite;
- SO₂ è ampiamente inferiore ai valori limite sia in termini di media annua, sia di numero di superamenti delle concentrazioni medie giornaliera e oraria;
- NH₃ è ampiamente inferiore ai riferimenti disponibili (non sono disponibili limiti normativi) relativi alla salute umana, sia in termini di effetti acuti nel breve/medio periodo, sia in termini di effetti cronici nel lungo periodo;
- H₂S, di interesse sostanzialmente alle aree geotermiche (esterne all'Area di Interesse in esame) mostra un trend in miglioramento ed un effetto limitato al più a livello di disturbo olfattivo;
- C₆H₆ è ampiamente inferiore al valore limite.

4 EFFETTI SULLA QUALITÀ DELL'ARIA

Le valutazioni riportate nel seguito si avvalgono del sistema modellistico Calmet/Calpuff.

Considerato che il sito in esame è caratterizzato da condizioni meteo-diffusive non omogenee, la scelta del modello di calcolo è stata indirizzata verso l'applicazione di una catena modellistica costituita da un modello meteorologico diagnostico a sua volta guidato in input da campi tridimensionali di reanalisi prodotti dal modello meteorologico prognostico WRF, e da un modello di diffusione di tipo lagrangiano a puff.

In particolare, si è scelto di utilizzare il sistema modellistico Calmet/Calpuff: Calmet è un preprocessore meteorologico diagnostico sviluppato per elaborare campi di vento e di turbolenza atmosferica da fornire in input a Calpuff, modello di dispersione atmosferica lagrangiano a puff.

Entrambi i codici di calcolo implementano algoritmi specifici per la trattazione dei meccanismi di trasporto e diffusione d'inquinanti atmosferici su superfici disomogenee ed in condizioni meteorologiche in linea con i requisiti riportati in Appendice III del D.Lgs. 155/2010.

L'utilizzo del sistema modellistico Calmet/Calpuff è considerato da US-EPA, come altri modelli lagrangiani, adeguato all'analisi di situazioni meteorologiche complesse determinate dalla conformazione orografica dell'area di studio o da situazioni di stagnazione.

A livello nazionale il sistema modellistico Calmet/Calpuff è stato inserito nell'elenco dei modelli idonei per trattare sorgenti puntiformi. CALPUFF è nell'elenco "Scheda 1: modelli da applicare nelle aree urbane ed a scala locale" della pubblicazione APAT CTN ACE, 2004 "I modelli per la valutazione e gestione della qualità dell'aria: normativa, strumenti, applicazioni". Infine, l'utilizzo di tale strumento è previsto anche nella Procedura Tecnica N.2 "Linee guida per la valutazione dell'impatto sulla qualità dell'aria dei punti di emissione di un impianto" delle Norme di Attuazione del Piano di Risanamento della Qualità dell'Aria della Regione Lazio.

In merito all'incertezza ed accuratezza delle stime modellistiche, le linee guida sui modelli di qualità dell'aria dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente statunitense (US-EPA, 2005) indica una maggiore affidabilità per le stime delle concentrazioni medie di lungo periodo, ed una incertezza maggiore per la stima delle concentrazioni di breve periodo. I massimi delle concentrazioni sono da ritenersi stime affidabili dell'ordine di grandezza, con errori tipici compresi dal $\pm 10\%$ al $\pm 40\%$. Il D. Lgs. 155/2010 indica all'allegato I un'incertezza del 30% per le concentrazioni medie annue e del 50% per quelle orarie e giornaliere.

4.1 Calmet

Calmet (versione: 6.334, livello: 110421) (Scire et al., 2000(a)) è un modello meteorologico diagnostico che produce campi orari tridimensionali di vento e bidimensionali di diverse variabili meteorologiche a partire da dati osservati (al suolo e di profilo) e da dati geofisici (orografia, uso del suolo).

Calmet è costituito da un modulo diagnostico per la ricostruzione del campo di vento e da moduli micrometeorologici per la caratterizzazione dello strato limite di rimescolamento sia sul suolo sia sull'acqua. Il modulo diagnostico del campo di vento utilizza una procedura a due step per la costruzione del campo. Il primo passo crea un campo iniziale, basato sui venti sinottici, e lo corregge in modo da

tenere conto degli effetti del terreno sui flussi e dei venti di pendio. In questa fase, dapprima il modello utilizza i venti sinottici per calcolare una velocità verticale forzata dal terreno e soggetta ad una funzione esponenziale di smorzamento dipendente dalla classe di stabilità atmosferica. In secondo luogo, sono introdotti gli effetti dell'orografia sulle componenti orizzontali del vento mediante l'applicazione iterativa di uno schema di minimizzazione della divergenza sul campo tridimensionale fino al soddisfacimento del vincolo di minima divergenza. Dopo aver introdotto i venti di pendio e gli effetti termodinamici, il campo, a questo punto detto di primo passo, passa alla seconda fase procedurale che introduce i dati osservati al suolo in modo da ottenere il campo nella sua versione finale. L'introduzione dei dati osservati è effettuata tramite una procedura d'analisi oggettiva. L'attribuzione di pesi inversamente proporzionali alla distanza tra punto e stazione di misura garantisce l'ottenimento di un campo che riflette maggiormente le osservazioni in prossimità dei punti di misura e che è dominato dal campo di primo passo nelle zone prive d'osservazioni. Infine, il campo risultante è sottoposto ad un'operazione di smoothing e di ulteriore minimizzazione della divergenza. Calmet richiede come dati di input misure orarie al suolo di direzione e velocità del vento, temperatura, copertura nuvolosa, altezza della base delle nuvole, pressione atmosferica, umidità relativa e precipitazione, nonché profili verticali di direzione e velocità del vento, temperatura e pressione atmosferica o campi tridimensionali prodotti da modelli meteorologici prognostici quali ad esempio MM5, WRF, RAMS, COSMO. Algoritmi specifici trattano la dinamica atmosferica sopra superfici marine o lacustri e la loro interfaccia con le superfici terrestri.

4.2 Calpuff

CALPUFF (Version 7.2.1, Level 150816) (Scire J.S. et Al., 2000(b)), sviluppato dalla società statunitense TRC (<http://www.src.com/>), è un modello lagrangiano a puff non stazionario che simula i processi di trasporto, dispersione, deposizione secca e umida e trasformazione chimica cui sono sottoposte le emissioni continue di sbuffi (puff) d'inquinante rilasciate in atmosfera da una o più sorgenti.

Al variare di direzione ed intensità del vento nel tempo e nello spazio, la traiettoria di ogni puff cambia in modo da seguire la nuova direzione del vento in quel punto del dominio tridimensionale. La diffusione dei puff è gaussiana, inizialmente funzione della distanza dalla sorgente e successivamente funzione del tempo (in modo che ad un eventuale riavvicinamento dell'inquinante verso la sorgente, in seguito ad un'inversione della direzione del vento, non segua una contrazione del puff).

La concentrazione stimata in un dato recettore è data dalla somma dei contributi di tutti i puff sufficientemente vicini a questo. La garanzia della corretta riproduzione del pennacchio inquinante è data dall'elevato numero di puff rilasciati ogni ora, numero calcolato dal modello in funzione delle caratteristiche meteorologiche dell'ora. La trattazione di calme di vento è gestita internamente dal modello con appositi algoritmi, consistenti con il modello concettuale in cui le emissioni contemporanee alla calma di vento salgono virtualmente sulla verticale della sorgente, e quelle preesistenti ristagnano sulla loro posizione, tutte disperdendosi in funzione del tempo (si assume cioè che il vento sia assente o sbandieri attorno ad una media nulla).

Il calcolo delle componenti della turbolenza atmosferica (σ_{yt} e σ_{zt}) è espletato mediante parametri di turbolenza (σ_v e σ_w) calcolati tramite i campi di CALMET delle variabili micrometeorologiche (L , u^* , w^* , ecc.). Appositi algoritmi trattano la dispersione al di sopra di superfici coperte da acqua (mari e laghi), e

all'interfaccia terra–mare. L'interazione tra orografia e puff, oltre che nell'informazione contenuta nel campo di vento generato da CALMET (che presenta nei livelli prossimi al suolo gli effetti dovuti alle strutture orografiche principali), avviene attraverso la metodologia “partial plume path adjustment”, che riduce l'altezza del puff sul suolo in funzione della classe di stabilità atmosferica, della quota del terreno in relazione alla base della sorgente e dell'altezza originale del puff stesso.

Oltre alla trattazione d'inquinanti inerti, CALPUFF include differenti schemi chimici per la ricostruzione delle deposizioni acide, per l'evoluzione degli ossidi d'azoto, per la riproduzione delle catene di decadimento radioattivo.

Appostiti algoritmi trattano la deposizione per via secca (secondo l'approccio classico di modello a resistenze) e per via umida (caratterizzando ogni sostanza secondo un parametro di rimozione umida “wet scavenging”).

4.3 Validazione dello strumento modellistico

I codici di calcolo selezionati per le valutazioni modellistiche del presente studio CALMET e CALPUFF sono sviluppati da soggetti terzi e sono stati, e sono costantemente, oggetto di numerosi test finalizzati alla loro validazione, ovvero alla loro capacità di riprodurre correttamente un corrispondente set di dati misurati. Per maggiori dettagli si rimanda alle specifiche validazioni facilmente reperibili sul web.

La capacità di questi modelli di rappresentare adeguatamente, nei limiti dell'attuale stato dell'arte, i fenomeni per cui sono stati realizzati, e quindi della loro adeguatezza per le finalità del presente studio, è testimoniata dalla loro inclusione nelle linee guida nazionali ed in quelle di numerosi stati esteri, nonché dalla diffusione del loro utilizzo in studi analoghi in Italia ed all'estero.

4.4 Setup dello strumento modellistico

4.4.1 Dominio di calcolo

La simulazione modellistica è stata condotta ricostruendo i campi meteorologici orari per il triennio 2013-2015. Il dominio di calcolo dello studio adotta, come sistema di riferimento, la proiezione universale trasversa di Mercatore (UTM, fuso 32 Nord) associato al sistema geodetico WGS84 ed è definito dai seguenti dati:

- Coordinate angolo SW: 675'000 m E, 4'801'500 m N
- Numero di celle: 100 in direzione N-S, 100 in direzione W-E
- Dimensione di cella: 500 x 500 m²
- Numero di livelli verticali: 10
- Quota del centro dei livelli verticali: 10, 30, 60, 120, 240, 480, 920, 1'600, 2'500, 3'500 m s.l.s.

La ricostruzione del campo meteorologico ottenuta mediante la catena WRF–CALMET è stata quindi utilizzata come driver per il modello dispersivo CALPUFF.

Per il modello CALPUFF è stato adottato un dominio computazionale coincidente con il dominio meteorologico. All'interno del dominio computazionale, sono state definite due aree di calcolo delle ricadute, di pari risoluzione (maglia regolare di 500 m) ma differente estensione (vedi Figura 4.4.1):

- “area vasta”, costituita da una griglia di 100 x 100 punti (10'000 recettori), dunque con estensione di 50 x 50 km² (coordinate angolo SW: 675'000 m E, 4'801'500 m N).

- “area locale”, costituita da una griglia di 40 x 40 punti (1'600 recettori), dunque con estensione di 20 x 20 km² (coordinate angolo SW: 690'000 m E, 4'816'500 m N), coincidente con la già definita “area di interesse” (cfr. paragrafo 1.1).

4.4.1.1 Banche dati

4.4.1.1.1 Orografia

Per definire il modello orografico dell'area in esame, ovvero la quota media sul livello del mare di ogni cella del dominio di calcolo, è stato fatto uso dei dati derivanti dal database globale SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) GL1 v3.0 avente risoluzione di 3 secondi d'arco (circa 90 m). La missione SRTM, condotta dalle agenzie statunitensi NIMA (National Imagery and Mapping Agency) e NASA (National Aeronautics and Space Administration), ha utilizzato sistemi radar appositamente installati a bordo dello Space Shuttle Endeavour.

Sulla base dei dati SRTM è stata quindi associata, per mezzo del pre-processore TERREL (v7.0, Level 141010), una quota orografica rappresentativa di ogni cella del dominio di calcolo definito al paragrafo 4.4.1.

In Figura 4.4.1 è rappresentato graficamente l'output del pre-processore TERREL.

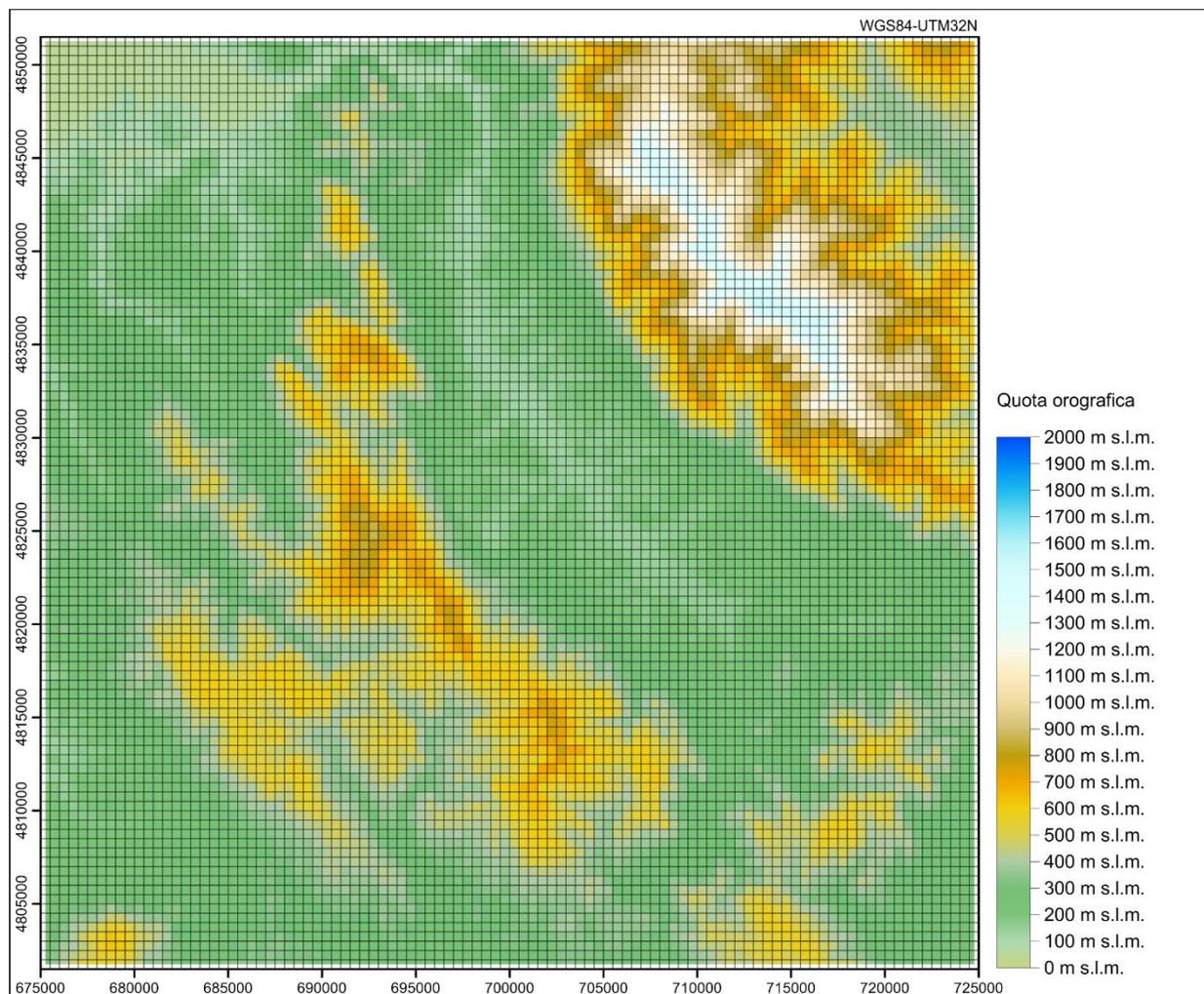


Figura 4.4.1 – Orografia all’interno del dominio di calcolo

4.4.1.1.2 Uso del suolo

Per definire lo stato di uso del suolo con cui caratterizzare i parametri che, insieme alla quota, definiscono lo stato fisico di ciascuna cella del modello (z_0 , albedo, Bowen ratio, Soil Heat Flux, Anthropogenic Heat Flux, Leaf Area Index), è stato fatto uso dei dati derivati dal progetto Global Land Cover Characterization (GLCC) con risoluzione di 30 secondi d'arco (~1 km) sviluppato congiuntamente da “U.S. Geological Survey's” (USGS), “National Center for Earth Resources Observation and Science” (EROS), “University of Nebraska-Lincoln” (UNL) e “Joint Research Centre of the European Commission” (Figura 4.4.2).

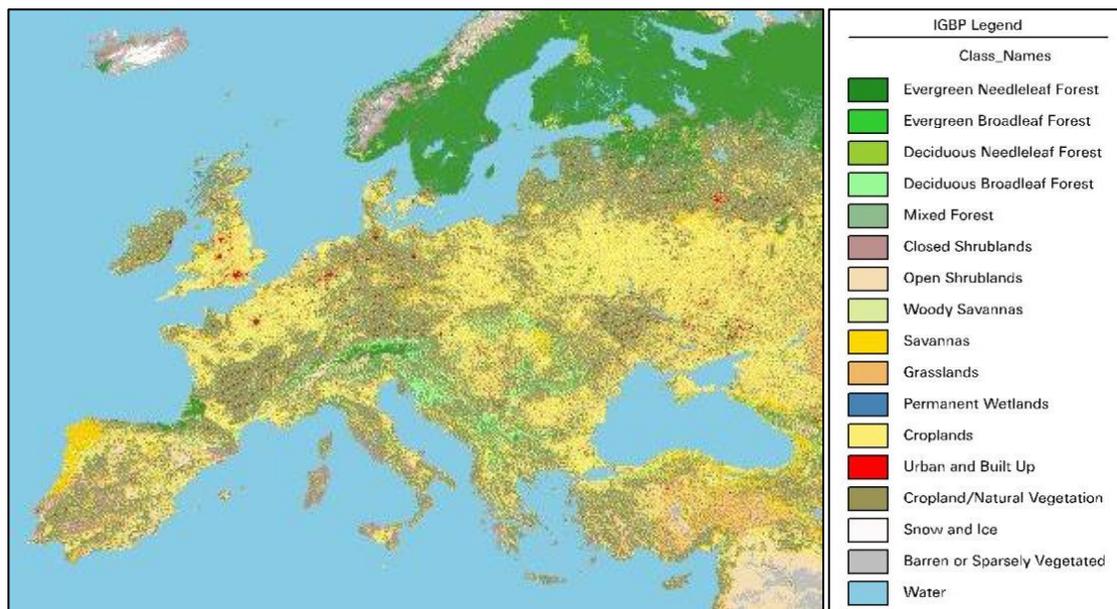


Figura 4.4.2 – Global Land Cover Characterization (GLCC)

Per ogni cella del dominio dell'area di studio (come definiti al paragrafo 4.4.1) sono state derivate, per mezzo del pre-processore CTGPROC (v7.0, Level 150211), le percentuali di occupazione delle differenti classi USGS (38 categorie, secondo il Livello II del sistema "U.S. Geological Survey Land Use Classification System"), con variazione stagionale dei parametri fisiografici.

Il modello CALMET definisce un sistema costituito da 14 categorie di uso del suolo, basato sul sistema "U.S. Geological Survey Land Use Classification System" (Tabella 4.4.1). Per ogni categoria CALMET è stato definito un valore medio stagionale di ciascun parametro fisiografico.

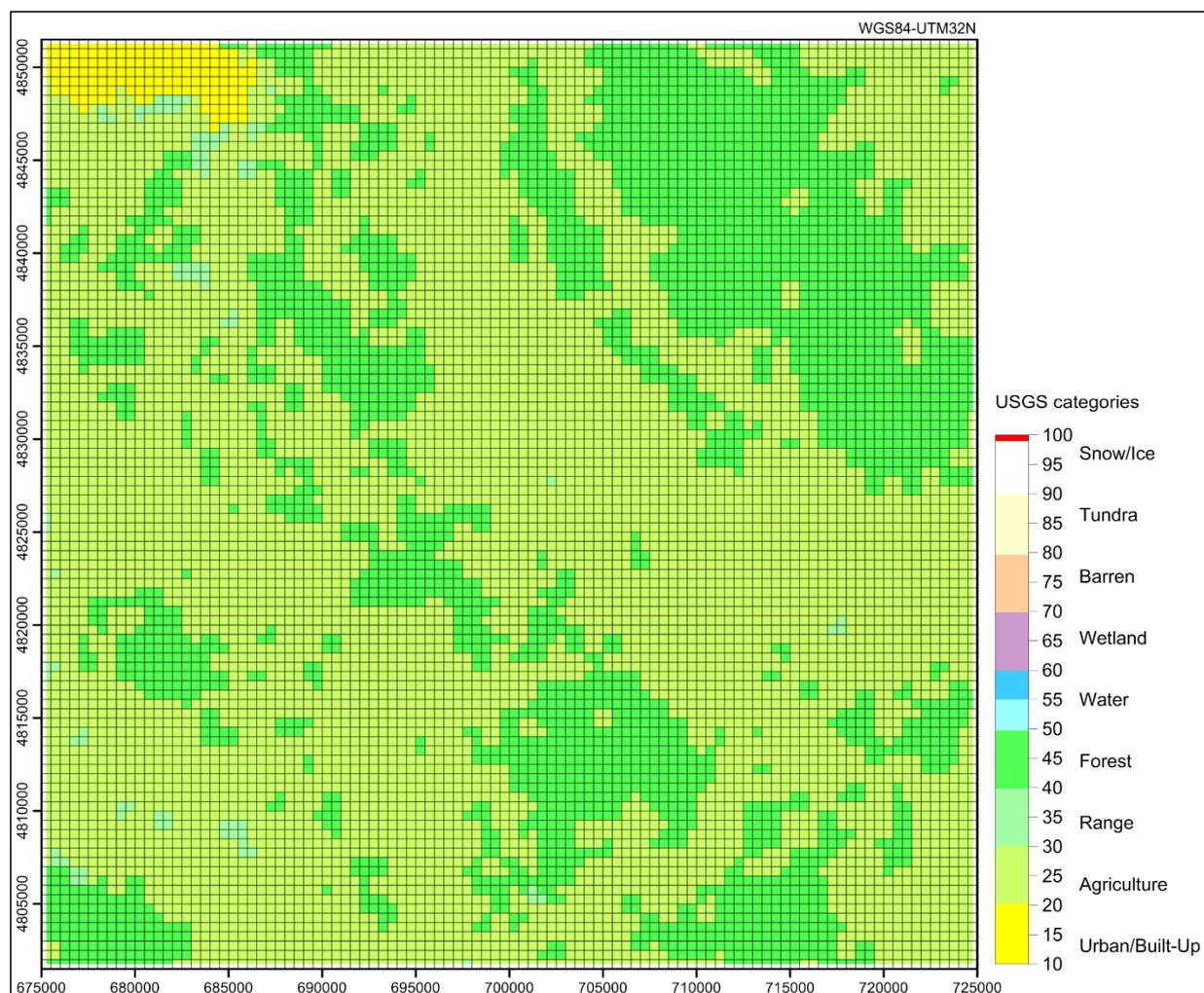
Ad ogni categoria di uso del suolo USGS (come detto, 38 categorie) è stata associata una categoria del sistema di classificazione in uso da CALMET (come detto, 14 categorie), secondo la corrispondenza riportata in Tabella 4.4.2.

Infine, tramite il pre-processore MAKEGEO (v3.2, Level 110401), ad ogni cella sono stati attribuiti i parametri fisiografici stagionali ottenuti come media dei parametri associati a ciascuna classe di uso del suolo ricadente nella cella, pesata sulla percentuale di copertura di ogni classe sul totale dell'area della cella stessa.

In Figura 4.4.3 è riporta, per ogni cella dei domini di calcolo CALMET, la categoria di uso del suolo prevalente assegnata dal pre-processore MAKEGEO.

Tabella 4.4.1 – Categorie di uso del suolo adottate dal modello CALMET

CALMET Land Use Categories	
10	Urban or Built-up Land
20	Agricultural Land – Unirrigated
-20	Agricultural Land – Irrigated
30	Rangeland
40	Forest Land
51	Water
54	Small Water Body
55	Large Water Body
60	Wetland
61	Forested Wetland
62	Nonforested Wetland
70	Barren Land
80	Tundra
90	Perennial Snow or Ice



**Figura 4.4.3 – Classe prevalente di uso del suolo all'interno del dominio di calcolo
(elaborazione da fonte: USGS Global)**

Tabella 4.4.2 – Assegnazione valori da categorie USGS a categorie di uso del suolo CALMET

USGS Category Level I		USGS Category Level II		CALMET Category
10	Urban or Built-up Land	11	Residential	10
		12	Commercial and Services	10
		13	Industrial	10
		14	Transportation, Communications and Utilities	10
		15	Industrial and Commercial Complexes	10
		16	Mixed Urban or Built-up Land	10
		17	Other Urban or Built-up Land	10
20	Agricultural Land	21	Cropland and Pasture	20
		22	Orchards, Groves, Vineyards, Nurseries, and Ornamental Horticultural Areas	20
		23	Confined Feeding Operations	20
		24	Other Agricultural Land	20
30	Rangeland	31	Herbaceous Rangeland	30
		32	Shrub and Brush Rangeland	30
		33	Mixed Rangeland	30
40	Forest Land	41	Deciduous Forest Land	40
		42	Evergreen Forest Land	40
		43	Mixed Forest Land	40
50	Water	51	Streams and Canals	51
		52	Lakes	51
		53	Reservoirs	51
		54	Bays and Estuaries	54
		55	Oceans and Seas	55
60	Wetland	61	Forested Wetland	61
		62	Non forested Wetland	62
70	Barren Land	71	Dry Salt Flats	70
		72	Beaches	70
		73	Sandy Areas Other than Beaches	70
		74	Bare Exposed Rock	70
		75	Strip Mines, Quarries, and Gravel Pits	70
		76	Transitional Areas	70
		77	Mixed Barren Land	70
80	Tundra	81	Shrub and Brush Tundra	80
		82	Herbaceous Tundra	80
		83	Bare Ground Tundra	80
		84	Wet Tundra	80
		85	Mixed Tundra	80
90	Perennial Snow or Ice	91	Perennial Snowfields	90
		92	Glaciers	90

4.4.1.2 Sostanze considerate

Le sostanze considerate in emissione dalla Centrale di “Santa Barbara” nello scenario “autorizzato” sono gli ossidi totali di azoto (NO_x) ed il monossido di carbonio (CO), alle quali si aggiunge nello scenario di “upgrade” l’ammoniaca (NH_3) per un modesto fenomeno di “Ammonia-Slip” derivante dall’installazione del sistema SCR. Come anche riportato nella relazione progettuale, l’abbattimento degli ossidi di azoto mediante i sistemi SCR è riconosciuto come BAT (Best Available Techniques) a livello europeo dalle BREF² di settore, che forniscono le indicazioni per individuare le tecniche più efficienti ed efficaci per il raggiungimento delle performance ambientali. In questa tipologia di sistemi un agente chimico riducente (in genere ammoniaca NH_3 , come nel caso in esame) viene aggiunto ai gas di combustione, che si trovano in un campo di temperature ben determinato (per questo motivo è previsto che ciò avvenga tra i banchi di scambio del GVR) in presenza di un catalizzatore e reagisce con gli NO_x presenti nei gas trasformandoli in vapore acqueo (H_2O) e azoto (N_2). Si tratta, quindi, di un sistema di riduzione secondario della emissione degli NO_x che si aggiunge a quelli già messi in atto nella turbina a gas per prevenire la formazione di questo inquinante nella fase di combustione (misure primarie). I principali vantaggi di questo sistema sono l’elevata efficienza e la mancata formazione di inquinanti secondari, mentre il principale svantaggio è rappresentato da un possibile limitato trascinarsi nei gas di ammoniaca (NH_3) non reagita, fenomeno solitamente indicato come “Ammonia-Slip”, e quindi in una sua limitata emissione di ammoniaca (NH_3) nei gas, che sarà oggetto di monitoraggio in continuo a garanzia del rispetto dei limiti di legge. In accordo alle BREF al fine di minimizzare quanto più possibile il fenomeno di ammonia slip sono previste nel progetto tutte le opportune misure di prevenzione e contenimento che, oltre al monitoraggio in continuo già indicato in precedenza, comprendono: l’adozione di un sistema di dosaggio automatico dell’ NH_3 nel GVR regolato sulla base di misure effettuate a monte e a valle del catalizzatore in modo da ottimizzare la quantità di reagente iniettata, il progetto e la realizzazione di una griglia di distribuzione del reagente nei fumi tale da garantire una distribuzione ottimale della quantità iniettata, la messa in atto di procedure di esercizio e manutenzione in grado di garantire la piena disponibilità ed efficienza di funzionamento del sistema.

Il funzionamento della Centrale non prevede l’emissione di particolato primario.

In nessuno degli scenari è pertanto prevista l’emissione di particolato primario, nelle simulazioni quindi si tiene conto del solo particolato secondario (SPM) frutto della trasformazione dei precursori gassosi, NO_x in nitrati (NO_3^-) e NH_3 in ammonio (NH_4^+).

4.4.1.3 Schemi chimici

Le emissioni di ossidi di azoto sono inizialmente costituite quasi interamente da monossido di azoto (NO). Al fine di tenere conto dei processi di trasformazione di NO in biossido di azoto (NO_2), è stato utilizzato lo schema RIVAD/ARM3 (Morris et al., 1988) che include sette specie d’inquinanti (SO_2 , SO_4 , NO, NO_2 ,

² “Decisione di esecuzione (UE) 2017/1442 della Commissione del 31 luglio 2017 che stabilisce le Conclusioni sulle migliori tecniche disponibili (BAT) a norma della direttiva 2010/75/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, per i grandi impianti di combustione [notificata con il numero C(2017) 5225]” pubblicate in data 17/08/2017 sulla Gazzetta Ufficiale dell’Unione Europea.

HNO_3 , NO_3 , PM_{10}) ed implementa l'ossidazione del monossido di azoto ad opera dell'ozono (O_3) e la fotodissociazione diurna del biossido di azoto in monossido di azoto ed ozono.

Lo schema RIVAD/ARM3 consente quindi di considerare anche la componente del particolato secondario composta dai nitrati (NO_3) prodotti a partire dalle emissioni di ossidi di azoto. L'algoritmo non è invece in grado di considerare la trasformazione di NH_3 in ammonio (NH_4^+) che, come detto, costituisce un'ulteriore frazione del particolato secondario. Ai fini del presente studio tale contributo è stato calcolato con un approccio notevolmente cautelativo, considerando la completa trasformazione di NH_3 in ammonio (NH_4^+) all'interno del dominio di calcolo. Tale assunzione comporta una sovrastima dell'ammonio prodotto all'interno del dominio, e quindi delle concentrazioni di particolato secondario previste. Nella realtà il processo di trasformazione di NH_3 in ammonio (NH_4^+) è graduale e dipende da una molteplicità di fattori, non ultima dalla capacità reattiva dell'atmosfera, con reazioni chimiche che richiedono un certo tempo di residenza in aria affinché possano avere luogo con una produzione di NH_4^+ . Durante tale tempo la massa d'aria è progressivamente trasportata in aree lontane dall'emissione (in dipendenza dell'intensità del vento) e diluita per effetto della turbolenza atmosferica. In generale, dati sperimentali presenti in letteratura (ad es. "Air Pollution Effects on Biodiversity", J.R. Barker, D.T. Tingey) consentono di valutare che affinché la trasformazione di NH_3 in ammonio (NH_4^+) abbia un buon grado di completamento siano necessari tempi di residenza di circa un'ora.

Per implementare correttamente lo schema RIVAD/ARM3, sono state fornite al codice CALPUFF le concentrazioni medie orarie in aria ambiente di ozono misurate, nel corso del periodo di interesse, presso alcune postazioni dislocate sull'intero territorio nazionale. Tali dati di concentrazione sono stati estratti dal servizio "Air Quality e-Reporting" di EEA (European Environment Agency, www.eea.europa.eu). Nello specifico, sono stati estratti tutti i dati orari di concentrazione di ozono presenti nel Database, aggiornato al 23 Novembre 2017, relativi a stazioni di fondo rurale, ovvero localizzate in contesti lontani da specifici e locali fonti di inquinamento.

Fanno eccezione le postazioni afferenti alla regione Sicilia, ancora non presenti nel Database EEA, i cui dati relativi a due postazioni di fondo urbano sono stati ricavati dal servizio di fornitura dei dati annuali di ARPA Sicilia (www.arpa.sicilia.it).

In Figura 4.4.4 è riportata la localizzazione geografica delle 55 postazioni selezionate in base a rappresentatività e completezza dei dati nel periodo di interesse. Il codice modellistico CALPUFF è strutturato in modo da utilizzare, per ognuna delle ore della simulazione, le informazioni valide relative alla postazione maggiormente prossima a ciascuno dei "puff" emessi. Vista la natura regionale dell'inquinante ed il ruolo di tali dati nel modello, è possibile ritenere che il data set implementato sia rappresentativo dell'andamento della concentrazione di ozono per il sito in esame.

In Figura 4.4.5 è riportato l'andamento del giorno medio di ozono nel periodo in esame relativo alla postazione più vicina alla Centrale di "Santa Barbara" in Comune di Cavriglia, che risulta essere la "IT0883A", localizzata a circa 28 km in direzione N-NNW dalla Centrale (longitudine 11.324, latitudine 43.789, quota di 195 m s.l.m.).



Figura 4.4.4 – Localizzazione delle postazioni di ozono utilizzate ai fini modellistici (WGS84-UTM32)

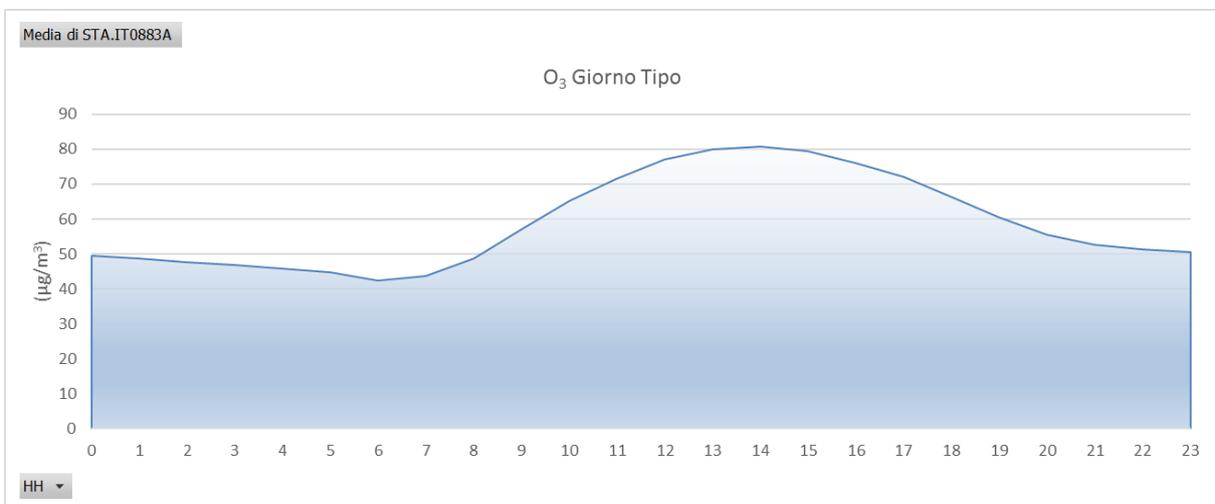


Figura 4.4.5 – Andamento giornaliero medio della concentrazione di ozono nella postazione IT0883A

4.4.1.4 Effetto Building Downwash

La valutazione dell'effetto "Building Downwash" è stata condotta applicando la metodologia di riferimento, sviluppata dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente statunitense (US-EPA), "Good Engineering Practice stack height and Building guidance" al layout di impianto. In Figura 4.4.6 sono visualizzate le ciminiere e le circostanti strutture di altezza potenzialmente interferente.

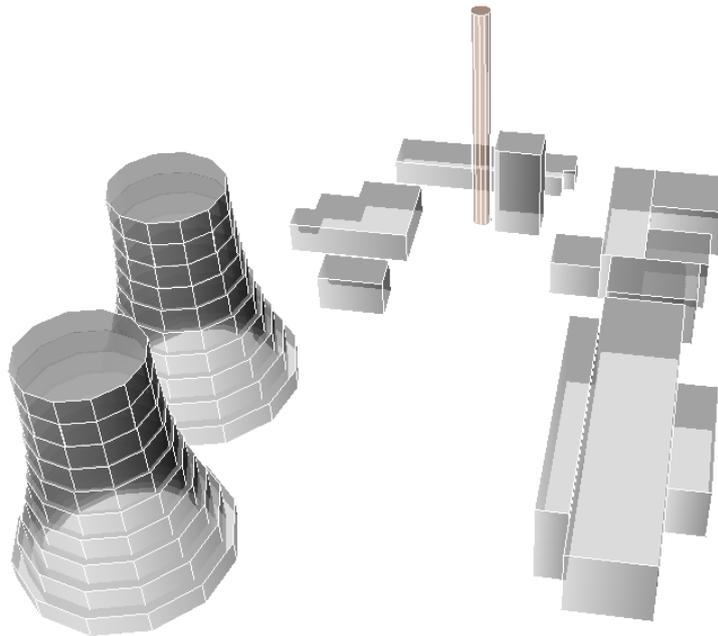


Figura 4.4.6 – Rappresentazione ai fini dell'effetto "building downwash" delle strutture di interesse in prossimità del punto di emissione convogliata (© OpenStreetMap contributors)

4.4.2 Analisi meteorologica

4.4.2.1 Selezione delle stazioni meteorologiche di confronto

Al fine di valutare la coerenza della meteorologia prodotta dalla catena modellistica WRF-CALMET è stata selezionata la stazione meteorologica di Firenze Peretola (LIRQ) come rappresentativa della meteorologia dell'area in esame. La localizzazione e le principali caratteristiche della stazione sono riportate in Tabella 4.4.3 e Figura 4.4.7. Nel seguito si presenta l'analisi e il confronto rispetto all'output della catena modellistica dei principali parametri meteorologici.

Tabella 4.4.3 – Localizzazione della stazione meteo locale

Nome	Coordinate geografiche (WGS84)		Quota	Dist. C.le
	Longitudine	Latitudine	m s.l.m.	km
Firenze Peretola (LIRQ)	11.203	43.803	38	34

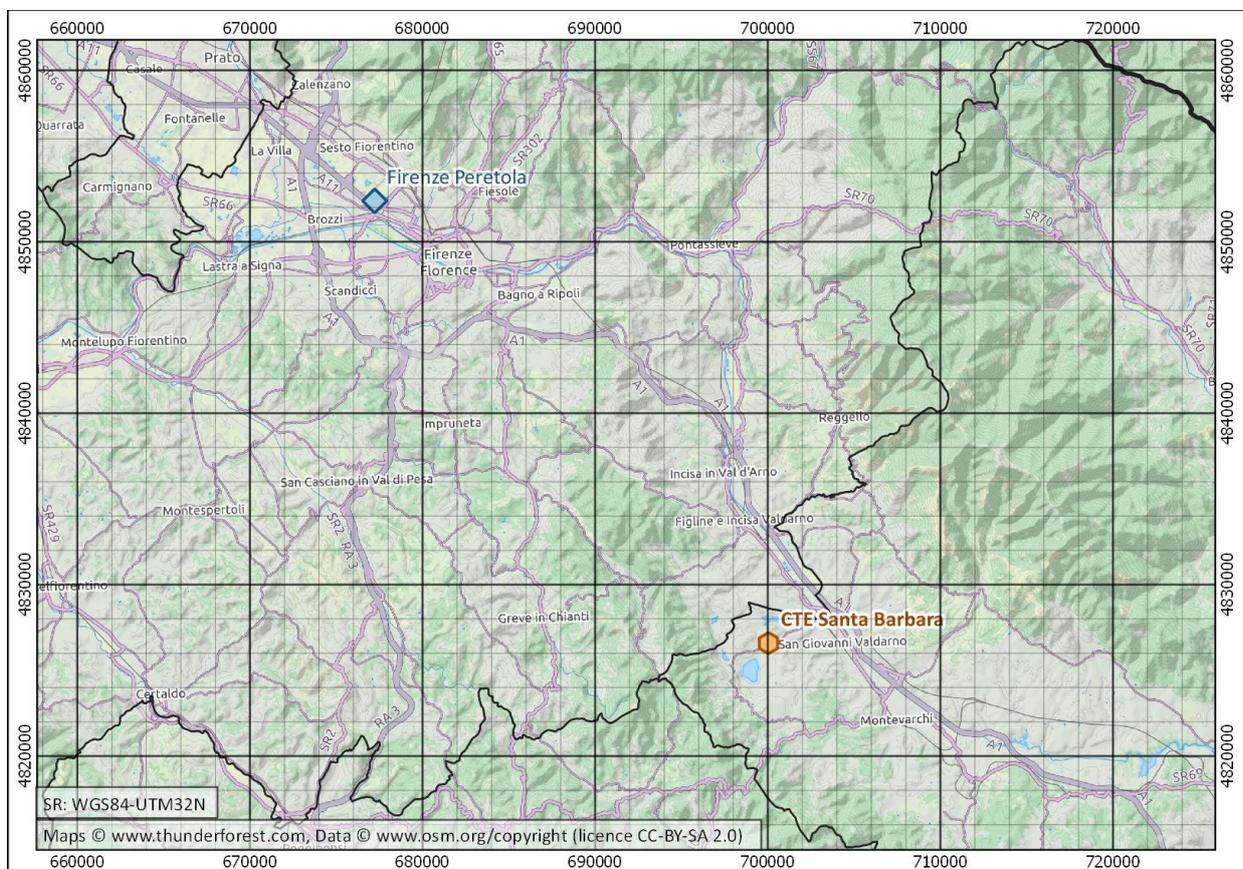


Figura 4.4.7 – Localizzazione della stazione meteo di Firenze Peretola (LIRQ)

4.4.2.2 Confronto modello con misure meteorologiche

La valutazione della rappresentatività della meteorologia prodotta dai modelli WRF-CALMET è stata effettuata mediante il confronto tra i principali parametri meteorologici derivati da locali stazioni di misura e corrispondente ricostruzione modellistica.

Nella Figura 4.4.8 e nella Figura 4.4.9, sono riportate le rose dei venti totali, diurne e notturne dei dati rispettivamente misurati dalla stazione di Firenze Peretola e stimati dal modello WRF in corrispondenza della stessa stazione, a passo orario per il triennio 2013-2015. Il confronto tra i dati misurati e le stime modellistiche è soddisfacente, con tutte le rose dei venti che mettono in evidenza, come settori prevalenti di provenienza delle masse d'aria, quelli dai quadranti nordorientali e sud occidentali.

Da segnalare che le percentuali, riscontrate nelle stime modellistiche, risultano più alte, praticamente per tutti i settori di provenienza, ciò è determinato dal fatto che la stima modellistica si avvale della disponibilità del 100% dei 26280 valori orari, di cui solo l'8% risulta classificato come calma ed il restante 92% è distribuito sulle diverse classi di provenienza, mentre per ciò che concerne i dati sperimentali la percentuale di dati distribuita sulle classi di provenienza è di poco superiore al 56%, ci sono infatti quasi il 34% dei valori catalogati nella classe variabile, oltre il 9% di dati di calma al quale si aggiunge lo 0.7% di dati mancanti. In generale, come usuale allo stato dell'arte, il modello stima venti tendenzialmente più veloci delle misure con differenze che però non ne inficiano la qualità per le finalità dello studio. In questo punto di confronto l'intensità media del vento stimata dal sistema modellistico risulta pari a 2.8 m/s contro i 2.2 m/s relativa ai dati sperimentali. Entrambi i set di dati, nel confronto tra le rose del vento diurne e quelle notturne, mettono in evidenza come il sito risulti più ventilato di giorno.

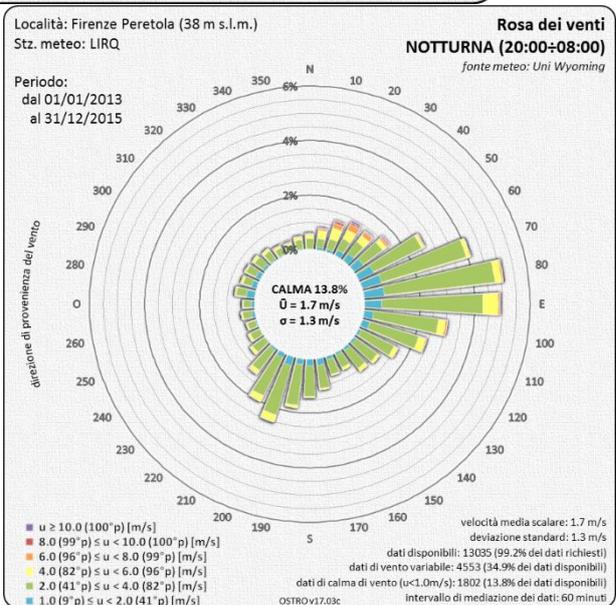
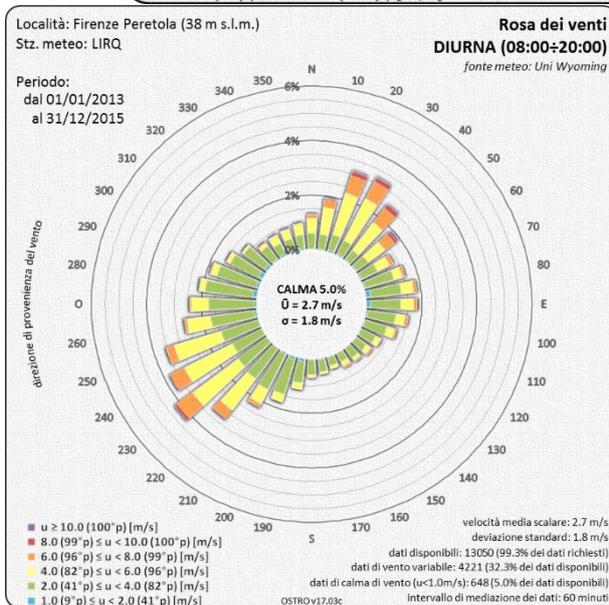
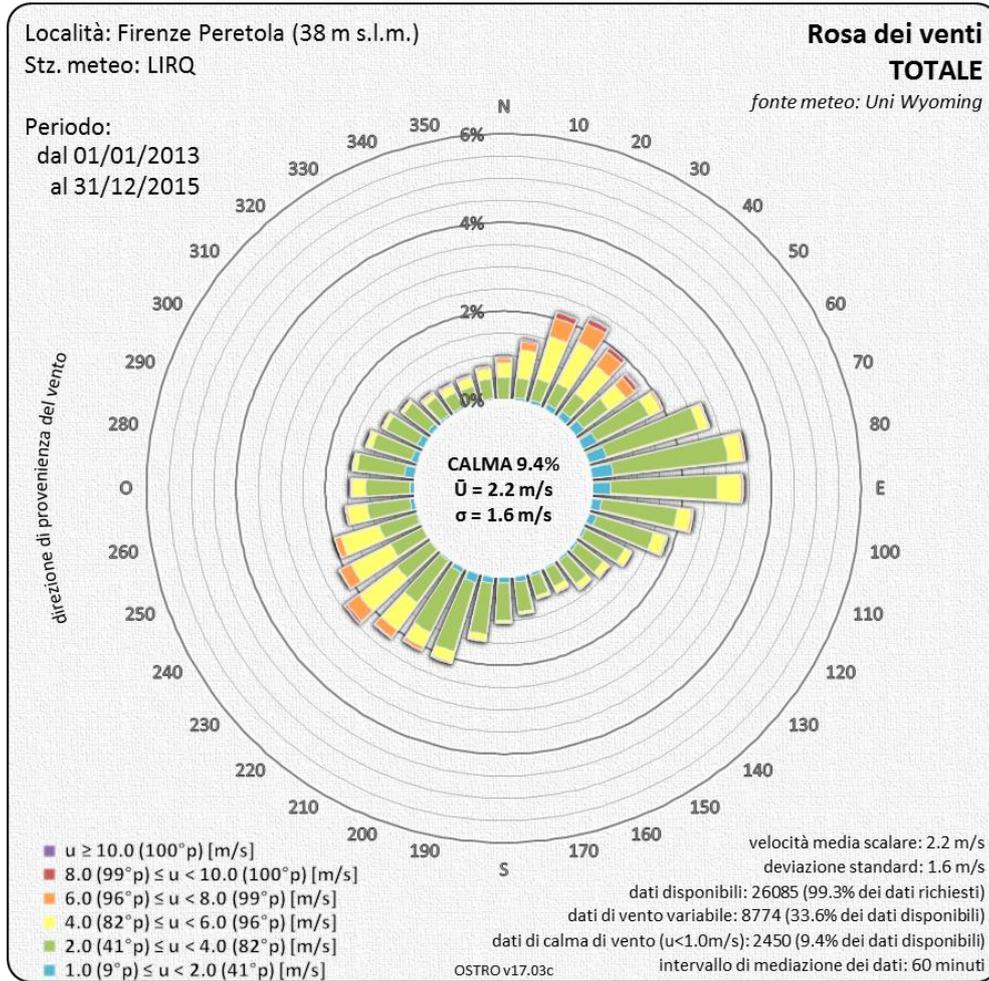


Figura 4.4.8 – Dati stazione meteo Firenze Peretola LIRQ. Rose dei venti totale, diurna e notturna. Dati misurati nel periodo 2013-2015.

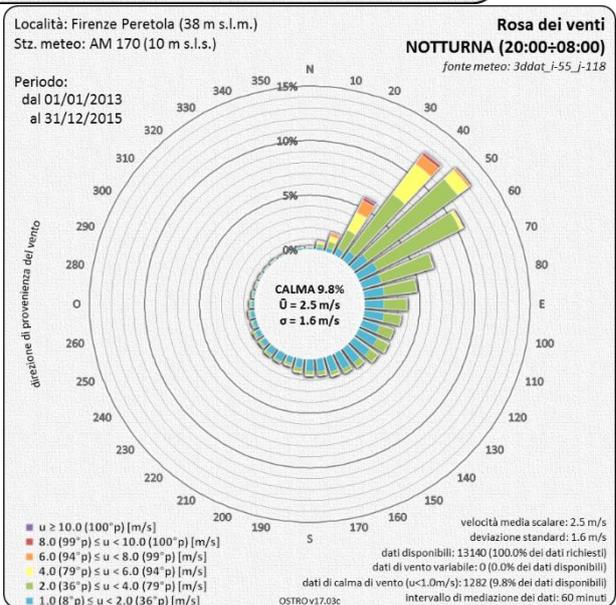
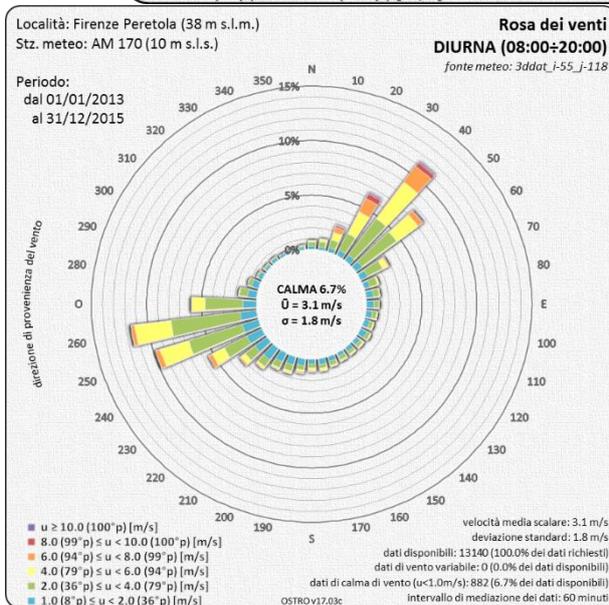
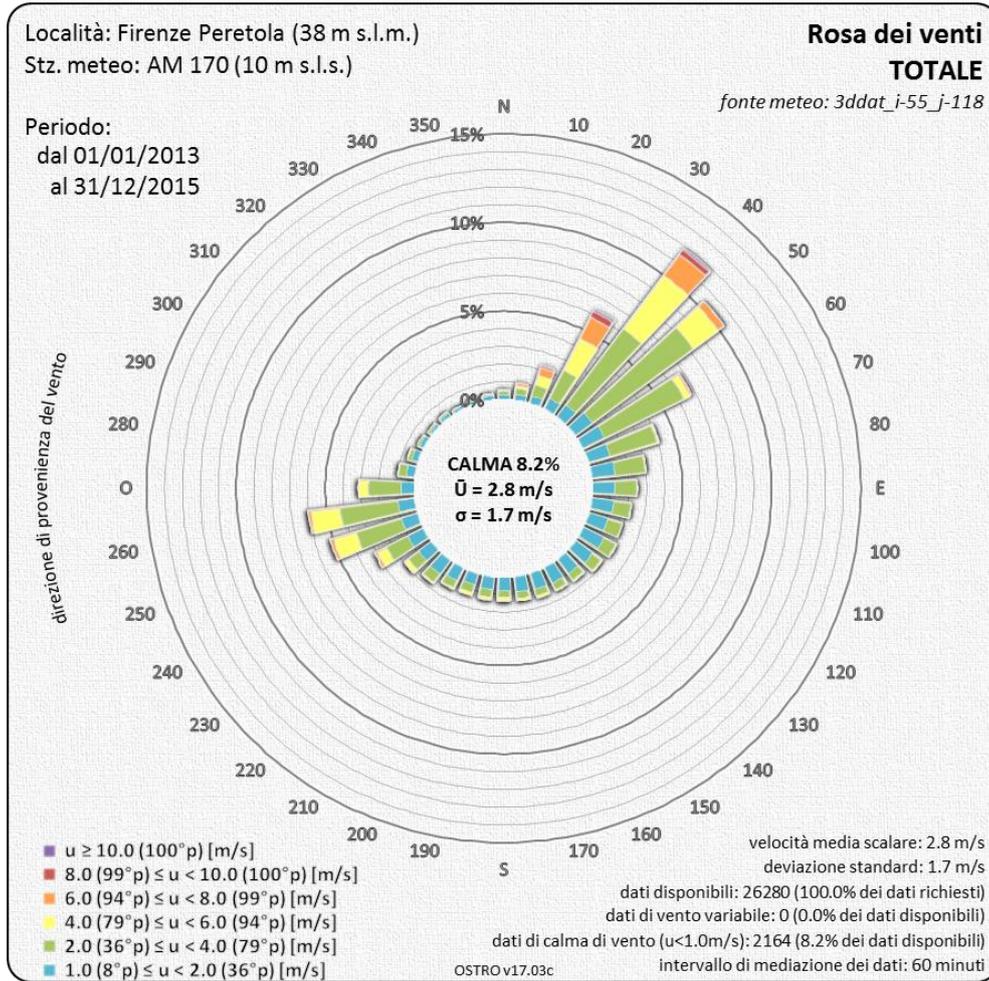


Figura 4.4.9 – Dati estratti dal modello WRF in corrispondenza della stazione meteo di Firenze Peretola LIRQ. Rose dei venti totale, diurna e notturna. Dati calcolati nel periodo 2013-2015.

Anche il confronto delle rose stagionali (Figura 4.4.10 e Figura 4.4.11) relative ai dati sperimentali e a quelli stimati dal modello è soddisfacente. Si può osservare ad esempio come la caratterizzazione stagionale che vede una frequenza di venti con provenienza dai settori sud occidentali ai minimi di inverno ed ai massimi in estate è evidente sia nelle rose dei dati sperimentali, che in quelle dei dati stimati dal modello.

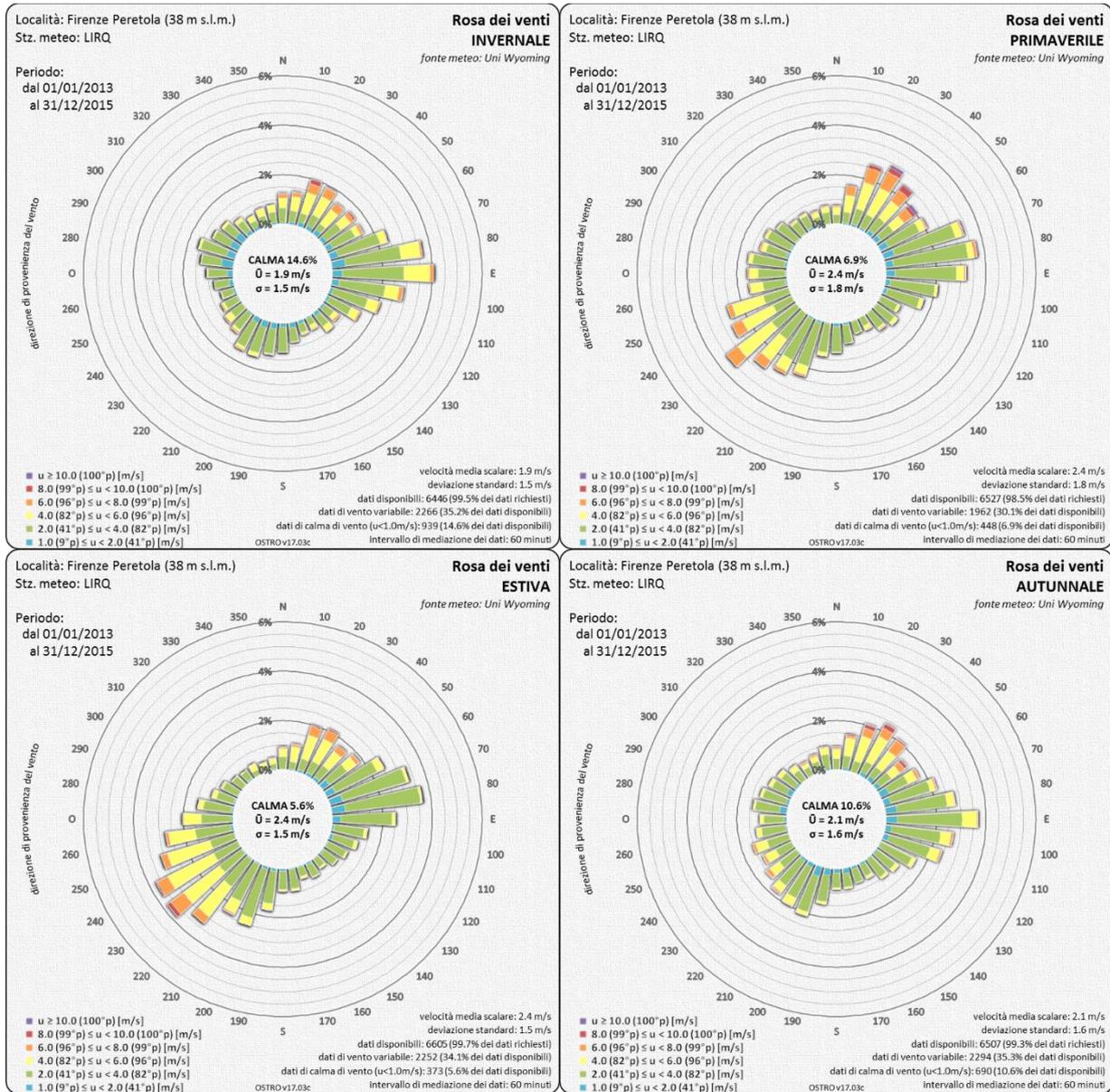


Figura 4.4.10 – Dati stazione meteo Firenze Peretola LIRQ. Rose dei venti stagionali. Dati misurati nel periodo 2013-2015.

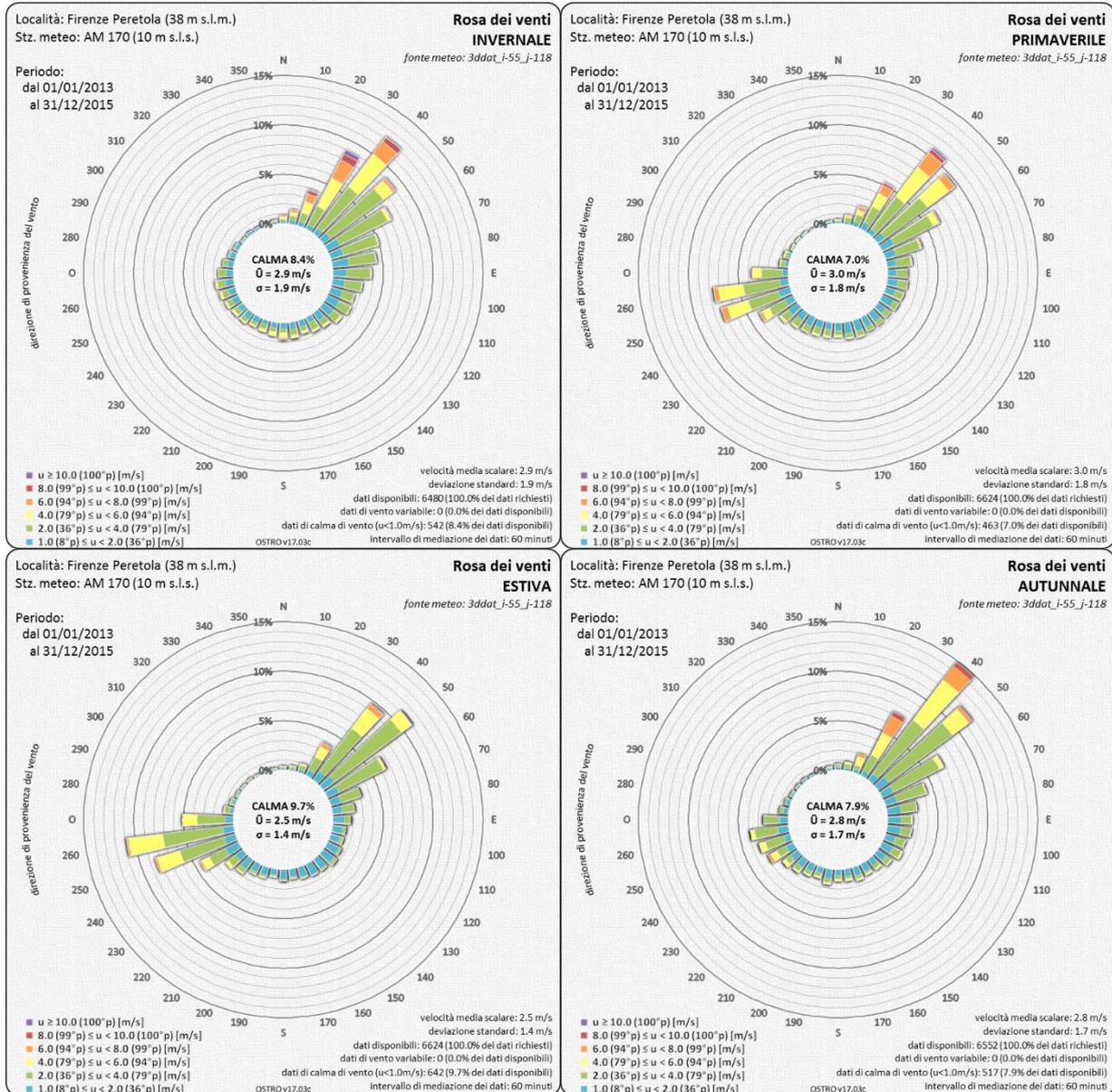


Figura 4.4.11 – Dati estratti dal modello WRF in corrispondenza della stazione meteo di Firenze Peretola LIRQ. Rose dei venti stagionali. Dati stimati nel periodo 2013-2015.

Nella Tabella 4.4.4, nella Tabella 4.4.5, nella Figura 4.4.12 e nella Figura 4.4.13, sono riportati gli andamenti termici dei dati misurati nella stazione di Firenze Peretola e di quelli stimati dal modello WRF in corrispondenza della stessa stazione, nel triennio 2013-2015. Il confronto tra i dati misurati e le stime modellistiche è soddisfacente, con l'andamento medio mensile che risulta molto simile, con valori praticamente sovrapponibili da settembre a maggio (differenze sempre inferiori a 1°C). I valori estremi sono leggermente più accentuati nei valori sperimentali, minima assoluta di -4 °C e massima assoluta di 39 °C, contro i valori di -3.9 °C e 36.2 °C stimati per via modellistica.

In generale quindi, l'analisi condotta permette di affermare che la ricostruzione modellistica appare adeguata a rappresentare con opportuna confidenza le principali variabili meteorologiche che governano la dispersione in atmosfera.

Tabella 4.4.4 – Temperature stazione di Firenze Peretola LIRQ. Periodo 2013-2015

Regime termico - Stazione Firenze Peretola LIRQ - dati 2013-2015													
Parametro	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Periodo
Disponib.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Massima	16.0	20.0	24.0	28.0	30.0	36.0	39.0	39.0	35.0	27.0	24.0	19.0	39.0
Media massima	11.3	12.4	15.5	20.3	22.4	28.9	32.0	31.3	26.4	21.8	16.5	12.0	21.0
Media	7.5	8.1	11.0	14.5	16.8	22.6	25.5	24.7	20.7	16.9	12.4	8.0	15.8
Media minima	3.8	4.0	6.5	9.1	11.6	16.1	19.1	18.2	15.5	13.2	8.8	4.1	10.9
Minima	-4.0	-4.0	-1.0	-1.0	0.0	9.0	13.0	8.0	8.0	3.0	-1.0	-3.0	-4.0

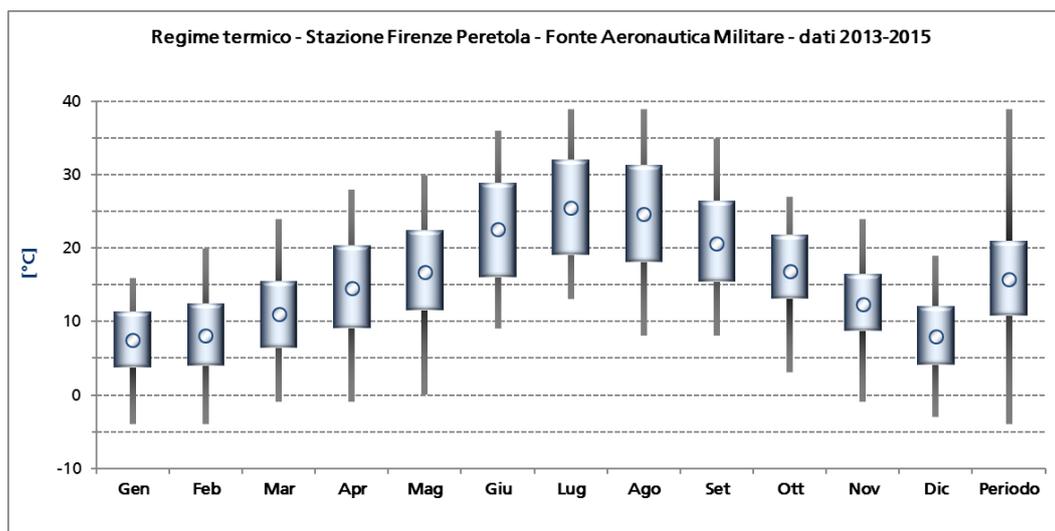


Figura 4.4.12 – Andamento termico stazione di Firenze Peretola LIRQ. Periodo 2013-2015.

Tabella 4.4.5 – Temperature stimate dal modello WRF in corrispondenza della stazione di Firenze Peretola LIRQ. Periodo 2013-2015.

Regime termico – Stimato dal modello WRF in corrispondenza della stazione di Firenze Peretola LIRQ dati 2013-2015													
Parametro	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Med.
Disponibilità	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Massima	16.8	19.8	22.2	28.3	30.0	34.9	35.9	36.2	31.3	27.0	22.5	17.5	36.2
Media massima	11.9	12.3	16.1	20.9	24.2	29.0	31.5	30.5	26.5	22.0	17.0	13.0	21.3
Media	7.0	7.3	10.4	14.1	17.1	21.5	24.2	23.4	20.0	16.7	12.0	8.3	15.2
Media minima	2.6	2.7	4.7	7.5	9.4	12.9	15.9	16.1	13.7	11.8	7.6	4.3	9.2
Minima	-3.9	-3.0	-1.5	1.2	3.1	8.0	10.2	11.2	9.5	5.4	-1.1	-2.8	-3.9

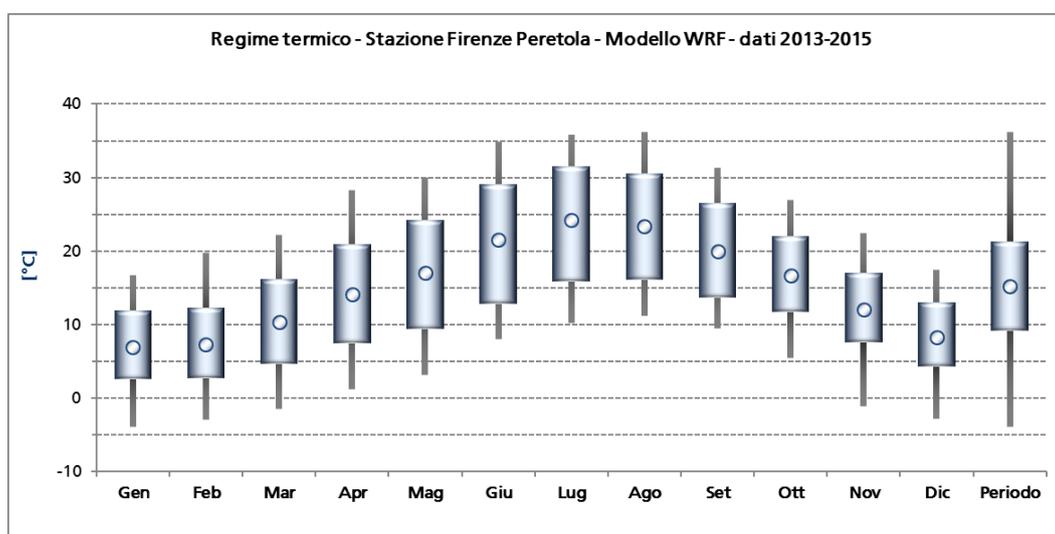


Figura 4.4.13 – Andamento termico stimato dal modello WRF in corrispondenza della stazione di Firenze Peretola LIRQ. Periodo 2013-2015.

4.4.2.3 Stabilità atmosferica e altezza strato rimescolato nell'area

La Figura 4.4.14 riporta, per il triennio 2013-2015, la distribuzione nelle ore del giorno della classe di stabilità atmosferica secondo la classificazione di Pasquill-Gifford, su base annuale e stagionale. I valori orari analizzati sono estratti dai campi prodotti dal modello CALMET in corrispondenza dell'impianto.

La Figura 4.4.15 sintetizza gli andamenti medi nel giorno, per ogni stagione dell'anno, dell'altezza dello strato rimescolato, anch'essi calcolati a partire dai campi orari prodotti dal modello CALMET in corrispondenza della Centrale nel corso del triennio 2013-2015. Tale parametro evidenzia la usuale crescita del parametro durante le ore della giornata proporzionalmente alla radiazione solare con uno sviluppo verticale dell'altezza dello strato rimescolato che nella stagione estiva supera i 1900 m mentre nella stagione invernale raggiunge al massimo valori di poco superiori ai 700 metri.

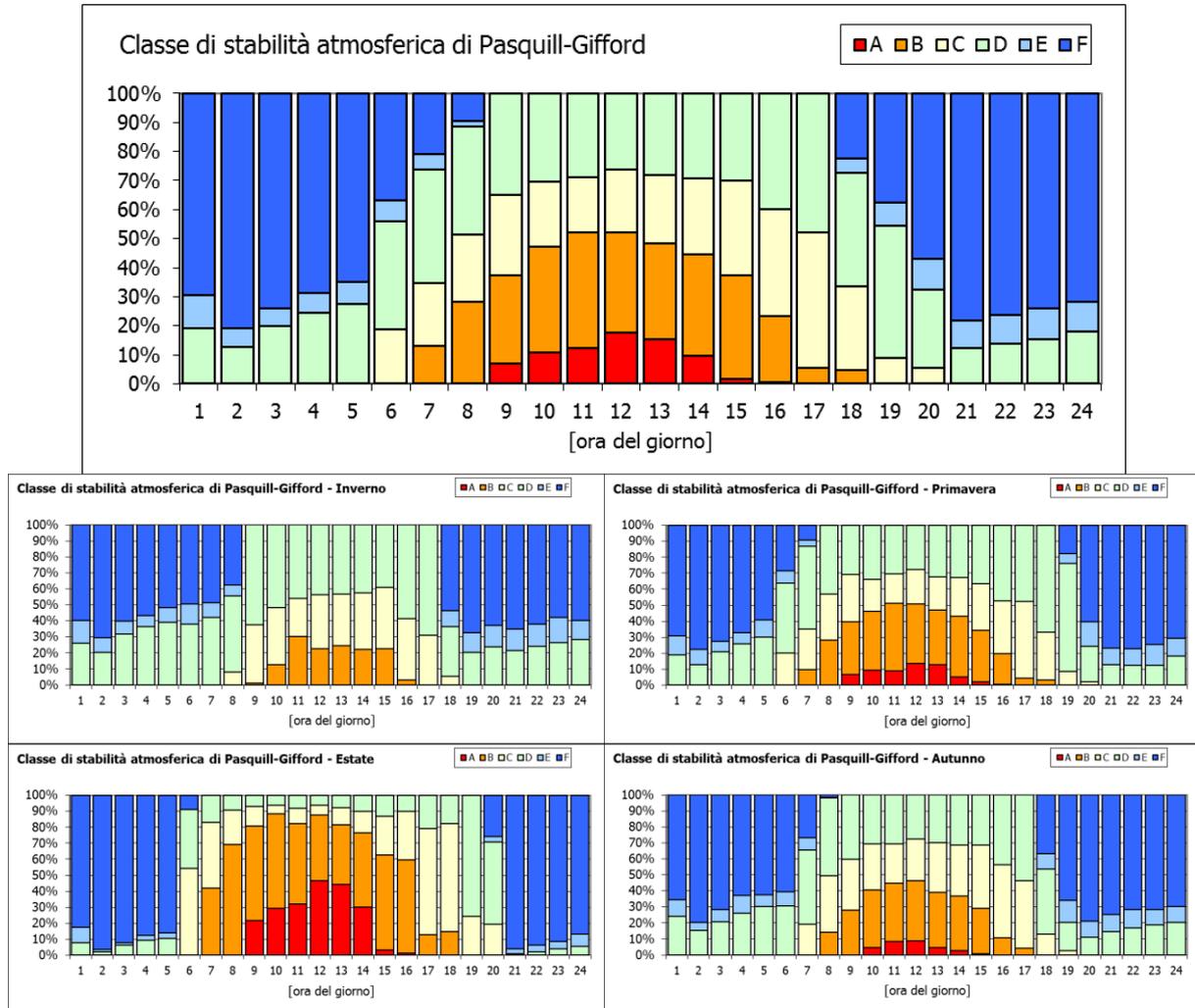


Figura 4.4.14 – Distribuzioni orarie della classe di stabilità atmosferica di Pasquill-Gifford calcolate su base annuale e stagionale. Periodo 2013-2015. Valori orari estratti dal modello CALMET in corrispondenza della Centrale.

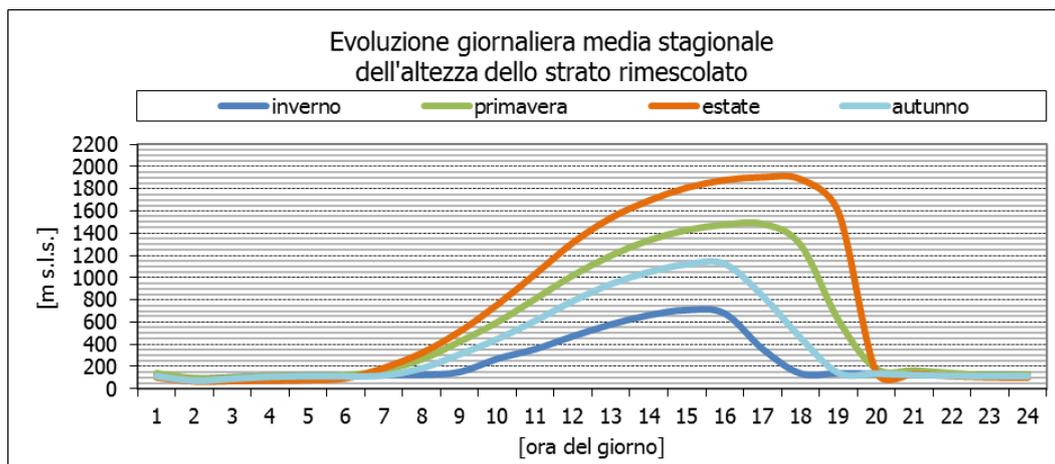


Figura 4.4.15 – Evoluzione giornaliera media dell’altezza dello strato rimescolato calcolata su base stagionale. Periodo 2013-2015.

Valori orari estratti dal modello CALMET in corrispondenza della Centrale.

4.4.3 Scenari emissivi

Le simulazioni della dispersione degli inquinanti in atmosfera sono state effettuate considerando i seguenti scenari emissivi:

- scenario “autorizzato”, con emissione dal gruppo nell’assetto attuale SB3;
- scenario “upgrade”, con emissione dal gruppo a seguito degli interventi di upgrade SB3-up.

Gli effetti sulla qualità dell’aria delle emissioni convogliate sono stati stimati assumendo le seguenti ipotesi:

- concentrazioni alle emissioni pari:
 - per il gruppo nello scenario attuale, ai valori autorizzati;
 - per il gruppo nello scenario conseguente agli interventi di upgrade, ai valori proposti per il progetto nel pieno rispetto dei *Best Available Techniques reference documents (BREFs)* di settore; si precisa che la valutazione del percentile orario di NO₂ è stata valutata considerando una concentrazione alle emissioni di NO_x pari a 15 mg/Nm³ (quale performance attesa su base oraria non prevista nelle BAT come descritto in Tabella 2.3).
- gruppo esercito a carico nominale orario costante (8760 ore/anno) per l’intera durata della simulazione (triennio 2013-2015);
- nello scenario di upgrade: stima dell’ammonio (NH₄⁺) quale componente del particolato secondario eseguita ipotizzando la conversione istantanea dell’ammoniaca (NH₃) emessa dal camino (“Ammonia-Slip”). Questa assunzione è fortemente cautelativa poiché il rateo di conversione da NH₃ a NH₄⁺ è tale che solo una modesta frazione della massa di ammoniaca emessa potrà essere trasformata in ammonio all’interno dell’area di studio. La gran parte sarà trasportata in aree lontane, efficacemente diluita e dispersa prima di essere trasformata.

L’assunzione del carico nominale costante per tutta la durata della simulazione alle concentrazioni limite autorizzate consente di ritenere cautelative le stime ottenute dalla simulazione, sia in termini di concentrazioni medie annue sia in termini di concentrazioni orarie e giornaliere. Per queste ultime, in particolare, la simulazione assicura cautelativamente la valutazione dell’impatto associato alla massima

emissione nelle ore e nei giorni più sfavorevoli dal punto di vista meteorologico alla dispersione degli inquinanti.

In particolare, deve essere considerata cautelativa la stima del particolato secondario (SPM) nello scenario “upgrade” per quanto detto in precedenza in merito alla emissione di NH_3 ed alla sua trasformazione in ammonio (NH_4^+ , che costituisce una frazione del SPM).

È inoltre importante tenere in considerazione che i risultati ottenuti con la metodologia adottata presentano un ulteriore fattore conservativo, rappresentato dal fatto che nel reale esercizio l’impianto è soggetto sia a periodi di fermo, sia a periodi di esercizio a carico ridotto. Infatti, coerentemente con le finalità dello studio, la simulazione condotta non ha l’obiettivo di rappresentare il reale impatto associato all’impianto in un definito periodo storico, ma la massima estensione e relativa entità potenziale dell’impatto associato alle emissioni convogliate in condizioni di massimo carico emissivo.

4.5 Valutazione degli effetti sulla qualità dell’aria

4.5.1 Confronto coi limiti di legge

La **Tabella 4.5.1** riporta il confronto tra gli standard di qualità dell’aria (SQA) previsti dalla normativa vigente e la stima delle ricadute della Centrale prodotte dal modello CALPUFF sulla griglia regolare di recettori per i due scenari considerati.

Il confronto è stato effettuato sia in termini di concentrazione nel punto di massimo impatto, sia in termini di media spaziale della concentrazione sull’intero dominio di calcolo.

In generale, si evidenzia il rispetto di tutti i limiti di legge, con ricadute inferiori ai valori limite per tutti gli inquinanti e per entrambi gli scenari considerati, anche nel punto di massima ricaduta.

La tabella consente infatti di evidenziare che l’impianto a seguito della realizzazione del progetto presenta anche nel punto di massimo impatto, e nelle condizioni cautelative assunte per la stima concentrazioni, concentrazioni medie annue due ordini di grandezza inferiori ai relativi limiti di legge per NO_2 ed NO_x e 3 ordini di grandezza inferiori ai relativi limiti di legge per PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$. Anche i contributi rispetto agli episodi acuti sono rispettivamente un ventesimo della soglia per il superamento della concentrazione oraria di NO_2 , 2 ordini di grandezza inferiore alla soglia per il superamento della concentrazione giornaliera di PM_{10} e 3 ordini di grandezza inferiore al valore limite per la massima concentrazione media sulle 8 ore di CO.

Inoltre, il confronto con l’assetto attualmente autorizzato evidenzia un miglioramento per tutti i parametri, già di per sé molto modesto, ad eccezione del particolato atmosferico per effetto della cautela adottata nella stima dell’ammonio, che conferma però, anche con tali assunzioni molto conservative, concentrazioni massime comunque trascurabili.

Il conseguimento dei benefici qui descritti, come già indicato, è dovuto all’adozione dei sistemi di abbattimento SCR, come previsto dalle BAT di settore, che comportano la potenziale emissione di modeste quantità di ammoniaca, sostanza non emessa nell’attuale assetto. Per tale inquinante quindi la realizzazione del progetto implica un contributo alla concentrazione in aria ambiente di NH_3 non

presente nell'attuale assetto, la cui stima non evidenzia criticità rispetto ai valori di riferimento che possono essere adottati per la sua valutazione in assenza di un valore limite normativo.

4.5.2 Impatti cumulati

Sempre in **Tabella 4.5.1** sono riportate le stime della concentrazione di fondo presente nell'area di interesse per i parametri per cui esse possono essere derivate dalle registrazioni della Rete della Qualità dell'Aria ed integrate dal modello CAMS (si veda il capitolo 3.2). Poiché la qualità dell'aria è il risultato della somma dei contributi di tutte le sorgenti presenti sul territorio e degli apporti da aree esterne, la somma della concentrazione di fondo e del contributo dell'impianto (qui considerato in via conservativa nel punto di massima ricaduta) consente di valutare l'impatto cumulativo del progetto e delle altre sorgenti presenti sul territorio. Si osservi, quale ulteriore elemento di cautela che le concentrazioni di fondo così calcolate includono il contributo effettivo della Centrale attuale nel periodo temporale cui esse si riferiscono.

Il confronto consente di evidenziare come il progetto proposto non alteri significativamente la qualità dell'aria esistente e che non si prevedono superamenti dei valori limite di legge anche considerando il cumulo tra la qualità dell'aria esistente ed il contributo dell'impianto proposto, confermando le valutazioni esposte al paragrafo precedente.

Si evidenzia, infine, che gli impatti stimati per quanto concerne le limitate emissioni di NH_3 a seguito dell'intervento di upgrade sono notevolmente inferiori del relativo valore di soglia olfattiva, anche considerando la concentrazione di fondo valutata, in tutta l'area di Interesse. Per gli impatti odorigeni, si può, infatti, assumere come valore di soglia olfattiva la concentrazione di 200 ppb, corrispondente a circa $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (a 20°C), valore riportato in D.G.R. 15 febbraio 2012 di Regione Lombardia, ripreso anche dalla presentazione di ARPAE Emilia Romagna "Strumenti e tecniche di monitoraggio e campionamento: limiti e potenzialità" (Forti, 2020), che risulta superiore di due ordini di grandezza ai valori stimati.

**Tabella 4.5.1 – Confronto tra SQA e ricadute della Centrale,
valore massimo e valore medio spaziale nell'area di interesse (Area Locale).**

Rif. Tavola	Parametro ⁽¹⁾	Limite di legge (D.Lgs. 155/2010) ⁽²⁾	Conc. Fondo	Area di Interesse 20 x 20 km ²			
				Valore massimo		Valore medio	
				Sc. autorizz.	Sc. upgrade	Sc. autorizz.	Sc. upgrade.
01	NO ₂ – Concentrazione media annua [µg/m ³]	40 (V.L.)	18	0.67	0.17	0.18	0.05
02	NO ₂ – Conc. oraria superata 18 volte per anno [µg/m ³]	200 (V.L.)	n.d.	30.7	14.1	8.7	3.4
03	NO _x – Concentrazione media annua [µg/m ³]	30 (L.C.)	n.d.	0.72	0.19	0.21	0.06
04	SPM ⁽³⁾ – Concentrazione media annua [µg/m ³]	40 (PM ₁₀) 25 (PM _{2.5}) ⁽⁴⁾	20 (PM ₁₀) 12 (PM _{2.5})	0.017	0.106	0.006	0.033
05	SPM ⁽³⁾ – Conc. giorn. superata 35 volte per anno civile [µg/m ³]	50 (PM ₁₀) ⁽⁵⁾	n.d.	0.066	0.361	0.020	0.115
06	CO – Conc. media massima giorn. su 8 ore [mg/m ³]	10 (V.L.)	1.6	0.017	0.027	0.004	0.006
07	NH ₃ – Concentrazione media annua [µg/m ³]	- ⁽⁶⁾	0.71	n.d. ⁽⁷⁾	0.10	n.d. ⁽⁷⁾	0.03
08	NH ₃ – Massimo della conc. media giornaliera [µg/m ³]	- ⁽⁶⁾	3.37	n.d. ⁽⁷⁾	1.8	n.d. ⁽⁷⁾	0.4

⁽¹⁾ I valori riportati in tabella rappresentano il massimo tra i singoli valori stimati per ciascun anno del triennio 2013-2015

⁽²⁾ L.C. = Livello Critico, V.L. = Valore Limite

⁽³⁾ SPM = Particolato secondario, somma delle masse di NO₃⁻ e NH₄⁺ provenienti dalle emissioni di NO_x e NH₃.
Non essendoci emissione di particolato primario, tutto il particolato associabile all'impianto è particolato secondario.

⁽⁴⁾ Il D. Lgs. 155/2010 prevede un valore limite alla concentrazione media per anno civile di PM₁₀ pari a 40 µg/m³ e di PM_{2.5} pari a 25 µg/m³

⁽⁵⁾ Il D. Lgs. 155/2010 prevede un valore limite alla concentrazione media giornaliera di PM₁₀ pari a 50 µg/m³ da non superare più di 35 volte per anno civile

⁽⁶⁾ La normativa nazionale non stabilisce valori limite per le concentrazioni in aria ambiente di NH₃. Sono tuttavia presenti in letteratura valori di riferimento, per dettagli sui quali si rimanda al paragrafo 3.2.7

⁽⁷⁾ n.d. = dato non disponibile per assenza o trascurabilità delle emissioni

4.5.3 Tavole fuori testo

Per i medesimi SQA, si riportano nelle tavole fuori testo le mappe di iso-concentrazione in aria ambiente che definiscono le ricadute sul territorio per gli scenari “autorizzato” e “upgrade”.

Nelle tavole fuori testo si presentano le stime modellistiche relative alle concentrazioni in aria ambiente degli inquinanti considerati. Le tavole identificate con il prefisso “AL” si riferiscono alla stima delle concentrazioni in aria ambiente nell'area identificata come “Area Locale” o “Area di interesse”³, area di 20 x 20 km² centrata all'interno del dominio di calcolo, mentre quelle identificate con il prefisso “AV” si riferiscono alla stima delle concentrazioni nell'area identificata come “Area Vasta”, coincidente con l'intero dominio di calcolo. I numeri progressivi che seguono il prefisso “AL” o “AV” identificano il parametro secondo la corrispondenza univoca riportata in Tabella 4.5.2. Infine, il suffisso “a” o “u” identifica rispettivamente lo scenario “autorizzato” o quello di “upgrade”.

Si specifica che, per tutte le tavole, i valori rappresentati corrispondono al massimo tra le singole stime annue ottenute per il triennio simulato su ciascuna cella del dominio.

³La porzione di territorio nella quale si esauriscono gli effetti significativi (diretti ed indiretti) dell'intervento.

Tabella 4.5.2 – Identificativi di parametro adottati nelle tavole fuori testo

Identificativo	Parametro
01	NO ₂ - Concentrazione media annua
02	NO ₂ - Concentrazione oraria superata 18 volte per anno civile
03	NO _x - Concentrazione media (protezione della vegetazione)
04	SPM - Concentrazione media annua
05	SPM - Concentrazione giornaliera superata 35 volte per anno civile
06	CO – Concentrazione media massima giornaliera calcolata su 8 ore
07	NH ₃ - Concentrazione media annua
08	NH ₃ – Massimo della concentrazione giornaliera

Tutti i commenti che seguono, salvo diversa indicazione, fanno riferimento alle concentrazioni stimate nell'area locale (tavole AL).

4.5.4 NO₂ e NO_x

Le **tavole 01** (cfr. Tabella 4.5.2) riportano la stima del contributo alla concentrazione media annua in aria ambiente di NO₂ associato alle emissioni della Centrale. Le aree con le maggiori ricadute si riscontrano sulle pendici delle colline presenti da SSW a NW della centrale. Il valore massimo stimato nell'assetto "autorizzato" è di 0.668 µg/m³ a fronte di un valore limite di 40 µg/m³, e viene localizzato in direzione W ad una distanza di circa 4.9 km. Nello scenario "upgrade", grazie alla riduzione delle emissioni di NO_x, il massimo si riduce a 0.175 µg/m³, e viene localizzato sempre in direzione W ma ad una distanza leggermente inferiore, circa 4.4 km.

Le **tavole 02** (cfr. Tabella 4.5.2) riportano la stima del contributo alla concentrazione media oraria di NO₂ superata 18 volte in un anno da confrontarsi con il corrispondente riferimento normativo che prevede un valore limite per la concentrazione media oraria sulla qualità dell'aria complessiva di 200 µg/m³ da non superarsi più di 18 ore/anno. Per questo parametro i massimi vengono localizzati in direzione SSW, ad una distanza di circa 5 km per l'assetto "autorizzato" con un valore di 30.7 µg/m³, e ad una distanza di circa 4.4 km per l'assetto di "upgrade" con un valore di 9.4 µg/m³.

Le **tavole 03** (cfr. Tabella 4.5.2) riportano le concentrazioni medie nel periodo di NO_x determinate dalle emissioni della centrale, nello scenario "autorizzato" (.a) e in quello di "upgrade" (.u). L'impronta delle concentrazioni è simile a quella della concentrazione media di NO₂ (tavole 01), con i massimi stimati negli stessi punti che sono di 0.72 µg/m³ nell'assetto "autorizzato" e di 0.19 µg/m³ nell'assetto di "upgrade".

In sintesi, nonostante le assunzioni cautelative presenti nelle simulazioni, le ricadute sono stimate per entrambi gli scenari, inferiori di 1-2 ordini di grandezza ai limiti applicabili, e possono pertanto essere considerate trascurabili o non significative nell'area di principale ricaduta e trascurabili nelle altre aree del territorio allontanandosi da questa.

4.5.5 SPM

In assenza di emissioni di polveri (e quindi di particolato primario), le uniche ricadute associate alla centrale in merito a questo inquinante sono quelle relative al particolato secondario SPM e, specificatamente alla trasformazione delle emissioni gassose di ossidi di azoto (NO_x) in nitrati (NO_3^-), in entrambi gli scenari oggetto di studio, e alla trasformazione delle emissioni gassose di ammoniaca (NH_3) in ammonio (NH_4^+), per il solo scenario “upgrade” a seguito dell’installazione dei sistemi SCR, in linea con le BREF di settore. Tali trasformazioni avvengono successivamente all’emissione dal camino dei composti gassosi e per questo le polveri generate sono definite secondarie. Poiché le polveri secondarie sono l’unico contributo della centrale al particolato atmosferico, e poiché esse rientrano nella classe granulometrica del $\text{PM}_{2.5}$, le ricadute in termini di SPM (particolato secondario) costituiscono le ricadute in termini di $\text{PM}_{2.5}$ e di PM_{10} attribuibili alla Centrale.

Le **tavole 04** (cfr. Tabella 4.5.2) riportano le concentrazioni medie nel periodo di SPM che come detto sono valide anche in termini di PM_{10} e $\text{PM}_{2.5}$ essendo nullo il contributo primario della centrale. Il riferimento normativo prevede per il PM_{10} e per il $\text{PM}_{2.5}$ un valore limite della concentrazione media annua rispettivamente di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il massimo della concentrazione media del periodo di SPM risulta essere di $0.017 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nello scenario “autorizzato”, dove l’unico precursore gassoso è l’ossido di azoto (NO_x). Nello scenario di “upgrade”, l’introduzione dell’ammoniaca (NH_3) che si aggiunge agli ossidi di azoto (NO_x) tra i precursori del particolato secondario, porta a stimare un valore pari a $0.106 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in aumento rispetto all’attuale contributo. Nonostante le simulazioni siano state fatte utilizzando criteri molto cautelativi, i valori stimati risultano di 2-3 ordini di grandezza inferiori al limite più stringente riferito al $\text{PM}_{2.5}$ e pertanto trascurabili e lo divengono a maggior ragione nelle altre aree del territorio allontanandosi dal punto di massima ricaduta. Si può ritenere che tale aumento di particolato secondario, la cui entità complessiva si sottolinea permanere tuttavia su livelli sempre molto modesti, sia dovuto in parte alle mutate condizioni emissive, ma soprattutto alla cautela delle ipotesi assunte nella stima per via modellistica. I risultati infatti considerano che l’intera massa di ammoniaca emessa dai camini della Centrale si trasformi completamente in ioni ammonio, e che questi contribuiscano per intero alla formazione di particolato secondario. Tale assunzione induce effettivamente una sovrastima della formazione di ammonio e quindi del particolato secondario prodotto. Nella realtà la realizzazione delle trasformazioni chimiche citate non è istantanea e pertanto solo parte dall’ammoniaca emessa diventa particolato secondario all’interno dell’area di interesse.

Le **tavole 05** (cfr. Tabella 4.5.2) riportano la stima del contributo alla concentrazione media giornaliera di SPM superata 35 volte in un anno da confrontarsi con il corrispondente riferimento normativo che prevede un valore limite applicabile al PM_{10} per la concentrazione media giornaliera sulla qualità dell’aria complessiva di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superarsi più di 35 giorni/anno. Anche per questo parametro, i valori riscontrati nei due scenari analizzati sono nettamente inferiori ai limiti di legge di 2-3 ordini di grandezza, con i valori nei punti di massimo impatto, che risultano essere di 0.07 e $0.36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rispettivamente per lo scenario “autorizzato” e quello di “upgrade”. A tale proposito, come già esposto in precedenza, si evidenzia la sovrastima effettuata nelle valutazioni dell’ammonio (NH_4^+) quale componente del particolato secondario eseguita ipotizzando la conversione istantanea di tutta l’ammoniaca (NH_3) emessa dal camino (“Ammonia-Slip”). Il rateo di conversione da NH_3 a NH_4^+ è, in realtà tale che solo una modesta frazione della massa di ammoniaca emessa potrà essere trasformata in ammonio all’interno dell’area di studio, mentre la rimanente sarà trasportata all’esterno di quest’ultima.

In sintesi, è possibile valutare che il progetto induca un aumento delle ricadute rispetto allo scenario “autorizzato” di entità assoluta comunque trascurabile e che le ricadute sono stimate per entrambi gli scenari, inferiori di 2-3 ordini di grandezza rispetto ai limiti applicabili, e possono pertanto essere considerate trascurabili sia nell’area di principale ricaduta e a maggior ragione nelle altre aree del territorio allontanandosi da questa.

4.5.6 CO

Le **tavole 06** (cfr. Tabella 4.5.2) riportano le massime concentrazioni medie sulle 8 ore di CO determinate dalle emissioni della centrale, nello scenario “autorizzato” (.a) e “upgrade” (.u) con valori nel punto di massima ricaduta rispettivamente pari a 0.02 mg/m³ e 0.03 mg/m³ a fronte di un valore limite di 10 mg/m³

In sintesi, è possibile valutare che il progetto non comporta variazioni significative delle ricadute in termini di monossido di carbonio rispetto allo scenario autorizzato e che, nonostante le assunzioni cautelative presenti nelle simulazioni, le ricadute sono stimate, per entrambi gli scenari, inferiori di 2-3 ordine di grandezza ai limiti applicabili, e possono pertanto essere considerate trascurabili sia nell’area di principale ricaduta e a maggior ragione nelle altre aree del territorio allontanandosi da questa.

4.5.7 NH₃

La **tavola 07** (cfr. Tabella 4.5.2) riporta la stima del contributo alla concentrazione media annua in aria ambiente di NH₃ associato alle emissioni della centrale. Non è presente la mappa dello scenario “autorizzato” poiché non è prevista l’emissione di ammoniaca. Nello scenario di “Upgrade” il massimo per questo parametro risulta localizzato a circa 4-5 km in direzione O della centrale ed è di circa 0.1 µg/m³.

La **tavola 08** (cfr. Tabella 4.5.2) riporta la stima del contributo alla concentrazione massima giornaliera in aria ambiente di NH₃ associato alle emissioni della centrale. Non è presente la mappa dello scenario “autorizzato” poiché non è prevista l’emissione di ammoniaca. Nello scenario di “Upgrade” il massimo per questo parametro risulta localizzato a circa 3-4 km in direzione OSO della centrale ed è di circa 1.8 µg/m³.

In sintesi, per quanto riguarda l’ammoniaca (NH₃) la realizzazione del progetto con l’installazione del sistema di denitrificazione catalitica SCR (Selective Catalytic Reduction) dei gas prevista nel GVR, rispetto alla configurazione attuale, comporta l’immissione in atmosfera di una modesta quantità di ammoniaca, a fronte di una consistente riduzione delle immissioni di ossidi di azoto. Si sottolinea che in ogni caso i valori valutati anche nello scenario di “Upgrade” risultano ordini di grandezza inferiori ai limiti indicati da autorevoli fonti internazionali per la salvaguardia della salute pubblica.

5 CONCLUSIONI

L'analisi condotta con la catena modellistica WRF-CALMET-CALPUFF, nel triennio 2013-2015, ha permesso di identificare l'Area di Interesse nella porzione di dominio di calcolo di 20x20 km², in cui si esauriscono le aree maggiormente interessate dall'impatto determinato dalle emissioni della Centrale, nel suo assetto attuale ed in quelli di progetto.

Il progetto prevede un miglioramento delle performance ambientali dell'unità e un aumento della potenza elettrica lorda erogabile dal ciclo combinato. Nell'ottica di ridurre e minimizzare gli impatti ambientali, anche a seguito dell'incremento di potenza dell'unità, si propone un miglioramento delle performance emissive con una riduzione degli NO_x emessi in tutte le condizioni di funzionamento (proposti 10 mg/Nm³ giornalieri – 15 mg/Nm³ orari vs attuali 50 mg/Nm³orari) grazie all'installazione di sistemi di denitrificazione catalitica, denominati SCR (*Selective Catalytic Reduction*). La realizzazione del progetto avverrà secondo i criteri più avanzati di efficienza e compatibilità ambientale nel pieno rispetto delle *Best Available Techniques Reference document (BRef)* di settore.

In quest'ottica, si propone l'upgrade dell'unità di produzione esistente, che consentirà di aumentare, in condizioni ISO, la potenza elettrica lorda dell'unità a circa 450 MW_e e circa 800 MW_t (a fronte degli attuali valori autorizzati di 394 MW_e e 680 MW_t) quindi con un aumento della potenza elettrica lorda di circa 56 MW_e e della potenza termica di circa 120 MW_t, rispetto ai valori attualmente autorizzati.

Gli scenari ricostruiti per via modellistica sono:

- a) Scenario "autorizzato": unità esistente SB3;
- b) Scenario "upgrade": unità SB3 dopo l'intervento di up-grade in progetto.

Lo studio ha propedeuticamente analizzato lo stato attuale della qualità dell'aria, mediante l'analisi dei dati delle 37 stazioni della Rete Regionale di rilevamento della Qualità dell'Aria della Toscana strutturata come indicato nell'allegato C della Delibera n. 964 del 12 ottobre 2015, focalizzando l'attenzione sulle 13 stazioni più prossime alla centrale che sono quelle che ricadono nelle aree identificate dal piano di zonizzazione come "Zona Valdarno aretino e Valdichiana", "Agglomerato di Firenze" e "Zona collinare e montana".

I dati analizzati per il 2019 mostrano come gran parte dei valori limiti previsti dal D.Lgs. 155/2010, siano rispettati, l'unico punto di attenzione per l'area in esame è relativo all'O₃, inquinante secondario che si forma attraverso processi fotochimici che si verificano nei bassi strati dell'atmosfera sostanzialmente nel periodo estivo. L'inquinamento fotochimico ha una natura transfrontaliera che si dispiega su ampie scale spaziali e conseguentemente i livelli riscontrati in una località sono prevalentemente attribuibili all'intero tessuto emissivo di territori ampi e non ad effetti di singole sorgenti. Ne è un riscontro il fatto che tale parametro sul quale il presente progetto non ha impatti e peraltro si tratta di una situazione condivisa peraltro da quasi tutto il territorio Regionale e in buona parte del territorio nazionale nonché da vaste aree del continente. Per l'O₃ il valore obiettivo per la protezione della salute, valutato sul triennio, non è rispettato in 8 delle 10 stazioni dove è stato monitorato. Per tutti gli altri inquinanti PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, NO_x, CO, SO₂ e C₆H₆, si ha il rispetto di tutti i limiti di legge sia in termini di concentrazioni medie annue, sia in termini di superamenti di soglie orarie e/o giornaliere, con le uniche eccezioni che riguardano il

numero di superamenti del limite giornaliero di PM_{10} in una delle 34 stazioni dove è stato analizzato questo parametro (stazione di LU-Capannori) e il superamento del valore limite della media annuale di NO_2 in una delle 36 stazioni dove è stato analizzato questo parametro (stazione di FI-Gramsci).

La stima delle ricadute in aria ambiente delle emissioni della Centrale è stata effettuata per mezzo della catena modellistica WRF-CALMET-CALPUFF applicata al triennio meteorologico 2013-2015.

Al fine di valutare la coerenza della meteorologia prodotta dalla catena modellistica, è stata selezionata la stazione meteorologica di Firenze Peretola come rappresentativa della meteorologia dell'area in esame. La rappresentatività della meteorologia prodotta dai modelli WRF-CALMET è stata valutata e giudicata idonea per mezzo di elaborazioni statistiche e rappresentazioni grafiche che hanno permesso il confronto dei principali parametri meteorologici ricostruiti per via modellistica con le corrispondenti informazioni meteorologiche locali.

Per quanto attiene alle emissioni, il progetto consente di aumentare la produzione di energia elettrica e di avere una riduzione del bilancio emissivo massico annuo di NO_x di oltre il 75% (66% su base oraria), a fronte di un aumento di quello di CO di circa il 14%. La considerevole riduzione di NO_x è ottenuta mediante l'adozione di un sistema di abbattimento di tipo catalitico (SCR) che comporta una limitata emissione di NH_3 stimata ad un massimo di circa 115 t/anno, dovuta al trascinarsi nei gas di una piccola quantità del reagente utilizzato per la riduzione degli ossidi di azoto, per il quale il progetto prevede tutte le misure necessarie al relativo controllo e minimizzazione in accordo anche alle BAT di settore. Tale valutazione è estremamente conservativa perché il valore riportato assume una emissione costante con una portata fumi pari a quella associata al carico nominale e con concentrazione dell'inquinante nei fumi pari al valore di performance proposto. Data la natura episodica dell'emissione di tale sostanza, controllata anche dal sistema di monitoraggio in continuo di cui sarà dotato l'impianto, è lecito attendersi una emissione effettiva molto inferiore al valore sopra riportato.

I risultati prodotti dalla catena modellistica hanno permesso di identificare le aree maggiormente interessate dall'impatto determinato dalle emissioni della Centrale sia nello scenario "autorizzato" sia nello scenario di "upgrade", ed hanno messo in evidenza valori dei contributi alle concentrazioni di NO_x , NO_2 , CO, PM_{10} , $PM_{2.5}$ (con contributi relativi alla sola componente definita particolato secondario) sempre entro i limiti posti dagli Standard di Qualità dell'Aria del D.Lgs. 155/2010, anche nel punto di massima ricaduta.

I risultati modellistici consentono di stimare come, in termini di ossidi di azoto, a seguito della realizzazione dell'intervento, ci si attenda un deciso miglioramento delle ricadute associabili all'impianto, peraltro già poco significative nel loro attuale assetto. Le stime modellistiche indicano una riduzione delle concentrazioni medie annue di NO_2 e NO_x , così come anche dei percentili orari di NO_2 , con i valori nei punti di massimo impatto che si riducano a un terzo (percentili) e a un quarto (medie). Si osservano al contempo una sostanziale invarianza delle ricadute di monossido di carbonio (CO), che permane su livelli trascurabili, e una variazione trascurabile, sebbene in aumento, del particolato secondario (PM_{10} e $PM_{2.5}$) dovuto all'installazione del sistema di riduzione degli NO_x , SCR, in linea con le BREF di settore.

6 BIBLIOGRAFIA

- ARPAT, 2019. Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella regione Toscana anno 2019.
- Delibera della Giunta Regionale Toscana del 12/10/2015, n. 964. "Nuova zonizzazione e classificazione del territorio regionale, nuova struttura della rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria e adozione del programma di valutazione ai sensi della L.R. 9/2010 e del D.Lgs. 155/2010"
- Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n.155, "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa", pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 216 del 15 settembre 2010, Suppl. Ordinario n. 217.
- WRF, Weather Research and Forecasting Model (<http://www.wrf-model.org>).
- Scire, J.S., F.R. Robe, M.E. Fernau, R.J. Yamartino, 2000a. "A user's guide for the CALMET meteorological model". Earth Tech Inc., Concord, MA,USA.
- Scire, J.S., D.G. Strimaitis, R.J. Yamartino, 2000b. "A user's guide for the CALPUFF dispersion model". Earth Tech Inc., Concord, MA,USA.
- US-EPA, 1985. "Guideline for Determination of Good Engineering Practice Stack Height (Technical Support Document for the Stack Height Regulations)". EPA-450/4-80-023R.
- Global Land Cover Characterization (<https://lta.cr.usgs.gov/GLCC>).
- SRTM, U.S. Releases Enhanced Shuttle Land Elevation Data (<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/index.html>).
- EEA "Air Quality e-Reporting" (European Environment Agency, www.eea.europa.eu).
- ANPA CTN-ACE, 2001. "Linee guida per la selezione e l'applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la valutazione della qualità dell'aria".
- APAT CTN-ACE, 2004. "I modelli per la valutazione e gestione della qualità dell'aria: normativa, strumenti, applicazioni".
- US-EPA. SCRAM - Support Center for Regulatory Atmospheric Modeling (<https://www.epa.gov/scram>).
- US-EPA, 2005. "Revision to the Guideline on Air Quality Models: Adoption of a Preferred General Purpose (Flat and Complex Terrain) Dispersion Model and Other Revisions; Final Rule". 40 CFR Part 51. Federal Register / Vol. 70, No. 216 / Wednesday, November 9, 2005.
- WHO, 2000. "Air quality guidelines for Europe - Second Edition". World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen.
- EEA, 2011. "The application of models under the European Union's Air Quality Directive".