

RAPPORTO

USO RISERVATO

APPROVATO

C0014931

Cliente Enel Produzione S.p.A.

Oggetto Centrale Termoelettrica "Leri Cavour" di Trino. Installazione di una Nuova Unità a gas
Studio di Impatto Ambientale (art.22 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, attivazione n. 3500092919 del 18.05.2020

Note A1300002524 – Lettera trasmissione C0013511

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

N. pagine 127 **N. pagine fuori testo** 28

Data 29/10/2020

Elaborato STC - De Bellis Caterina, STC - D'Aleo Marco
C0014931 92853 AUT C0014931 1596735 AUT

Verificato ENC - Pertot Cesare
C0014931 3840 VER

Approvato ENC - Il Responsabile - Mozzi Riccardo
C0014931 2809622 APP

CESI S.p.A.

Via Rubattino 54
I-20134 Milano - Italy
Tel: +39 02 21251
Fax: +39 02 21255440
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 2020 by CESI. All rights reserved

Pag. 1/127

Indice

1	PREMESSA	4
1.1	Area di interesse.....	4
2	INQUADRAMENTO METEOCLIMATICO	6
2.1	Caratterizzazione climatica	7
2.1.1	Classificazione dei climi di Köppen-Geiger	7
2.1.2	Analisi climatologica	8
2.2	Caratterizzazione meteorologica	18
3	CARATTERIZZAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	24
3.1	Quadro normativo	24
3.2	Zonizzazione del territorio regionale	30
3.3	L'inventario delle emissioni.....	32
3.4	Stato attuale della qualità dell'aria	36
3.4.1	Rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria	36
3.4.2	Biossido di azoto.....	39
3.4.3	Particolato PM ₁₀	42
3.4.4	Particolato PM _{2,5}	50
3.4.5	Ozono	53
3.4.6	Benzo(a)Pirene	57
3.4.7	Benzene	59
3.4.8	Biossido di zolfo.....	60
3.4.9	Monossido di carbonio	60
3.4.10	Metalli.....	60
3.4.11	Ammoniaca.....	61
3.4.12	Conclusioni	63
4	STIMA E VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI SULLA COMPONENTE ATMOSFERA	65
4.1	Fase di realizzazione	65
4.1.1	Descrizione delle attività di cantiere	66
4.1.2	Stima delle emissioni in fase di cantiere	70
4.1.3	Conclusioni	76
4.2	Fase di esercizio.....	76
4.2.1	Selezione e struttura dello strumento modellistico.....	76
4.2.2	Applicazione al caso in esame	86
4.2.3	Analisi meteorologica	97
4.2.4	Scenari emissivi	107
4.2.5	Stima delle ricadute.....	111
4.2.6	Conclusioni	122
5	IMPATTI SUL CLIMA	123
6	VALUTAZIONI FINALI	124
7	BIBLIOGRAFIA	126

Indice delle Tavole fuori testo

- Tavola AL-01.p1 - Scenario "progetto fase 1" (area locale) - NO₂ - Concentrazione media annua
- Tavola AL-01.p2 - Scenario "progetto fase 2" (area locale) - NO₂ - Concentrazione media annua
- Tavola AL-02.p1 - Scenario "progetto fase 1" (area locale) - NO₂ - Concentrazione oraria superata 18 volte per anno civile
- Tavola AL-02.p2 - Scenario "progetto fase 2" (area locale) - NO₂ - Concentrazione oraria superata 18 volte per anno civile
- Tavola AL-03.p1 - Scenario "progetto fase 1" (area locale) - NO_x - Concentrazione media annua
- Tavola AL-03.p2 - Scenario "progetto fase 2" (area locale) - NO_x - Concentrazione media annua
- Tavola AL-04.p1 - Scenario "progetto fase 1" (area locale) - SPM - Concentrazione media annua
- Tavola AL-04.p2 - Scenario "progetto fase 2" (area locale) - SPM - Concentrazione media annua
- Tavola AL-05.p1 - Scenario "progetto fase 1" (area locale) - SPM - Concentrazione giornaliera superata 35 volte per anno civile
- Tavola AL-05.p2 - Scenario "progetto fase 2" (area locale) - SPM - Concentrazione giornaliera superata 35 volte per anno civile
- Tavola AL-06.p1 - Scenario "progetto fase 1" (area locale) - CO - Concentrazione media massima giornaliera calcolata su 8 ore
- Tavola AL-06.p2 - Scenario "progetto fase 2" (area locale) - CO - Concentrazione media massima giornaliera calcolata su 8 ore
- Tavola AL-07.p2 - Scenario "progetto fase 2" (area locale) - NH₃ - Concentrazione media annua
- Tavola AL-08.p2 - Scenario "progetto fase 2" (area locale) - NH₃ - Massimo della concentrazione giornaliera
- Tavola AV-01.p1 - Scenario "progetto fase 1" (area vasta) - NO₂ - Concentrazione media annua
- Tavola AV-01.p2 - Scenario "progetto fase 2" (area vasta) - NO₂ - Concentrazione media annua
- Tavola AV-02.p1 - Scenario "progetto fase 1" (area vasta) - NO₂ - Concentrazione oraria superata 18 volte per anno civile
- Tavola AV-02.p2 - Scenario "progetto fase 2" (area vasta) - NO₂ - Concentrazione oraria superata 18 volte per anno civile
- Tavola AV-03.p1 - Scenario "progetto fase 1" (area vasta) - NO_x - Concentrazione media annua
- Tavola AV-03.p2 - Scenario "progetto fase 2" (area vasta) - NO_x - Concentrazione media annua
- Tavola AV-04.p1 - Scenario "progetto fase 1" (area vasta) - SPM - Concentrazione media annua
- Tavola AV-04.p2 - Scenario "progetto fase 2" (area vasta) - SPM - Concentrazione media annua
- Tavola AV-05.p1 - Scenario "progetto fase 1" (area vasta) - SPM - Concentrazione giornaliera superata 35 volte per anno civile
- Tavola AV-05.p2 - Scenario "progetto fase 2" (area vasta) - SPM - Concentrazione giornaliera superata 35 volte per anno civile
- Tavola AV-06.p1 - Scenario "progetto fase 1" (area vasta) - CO - Concentrazione media massima giornaliera calcolata su 8 ore
- Tavola AV-06.p2 - Scenario "progetto fase 2" (area vasta) - CO - Concentrazione media massima giornaliera calcolata su 8 ore
- Tavola AV-07.p2 - Scenario "progetto fase 2" (area vasta) - NH₃ - Concentrazione media annua
- Tavola AV-08.p2 - Scenario "progetto fase 2" (area vasta) - NH₃ - Massimo della concentrazione giornaliera

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	29/10/2020	C0014931	Prima emissione

1 PREMESSA

Nel presente documento si riportano la definizione delle caratteristiche meteorologiche del sito e dello stato attuale della qualità dell'aria, insieme alla valutazione degli impatti sulla componente atmosfera generati dalla realizzazione dell'impianto in progetto nella Centrale Termoelettrica Leri Cavour di Trino e alla verifica del rispetto della normativa vigente in materia di ricaduta delle emissioni in atmosfera associate all'esercizio del nuovo impianto a gas (Unità TO3) di ultima generazione e ad altissima efficienza realizzata nel pieno rispetto delle *Best Available Techniques Reference document (Bref)*, proposto sia nella fase di funzionamento in ciclo aperto (OCGT) "progetto fase 1", sia nella fase di funzionamento in ciclo combinato (CCGT) "progetto fase 2".

Nel seguito si presenta l'inquadramento meteorologico, condotto considerando la classificazione dei climi di Köppen-Geiger, al fine di definire le macro-caratteristiche del clima nell'area di interesse (cfr. Capitolo 2).

L'analisi climatologica, condotta sulla base dell'Atlante Climatico dell'Aeronautica Militare, analizza con maggior dettaglio i valori tipici ed estremi dei parametri meteorologici nel recente passato confrontato quindi con l'andamento meteorologico degli anni più recenti.

A seguire si presentano i riferimenti normativi vigenti sulla qualità dell'aria, il carico emissivo degli inquinanti a livello provinciale e comunale e lo stato attuale della qualità dell'aria così come registrato dalle locali postazioni di misurazione (cfr. capitolo 3).

Infine, si presentano nel dettaglio gli scenari emissivi considerati, il bilancio delle emissioni in atmosfera, lo strumento modellistico utilizzato per la valutazione degli effetti sulla qualità dell'aria nei due scenari emissivi di progetto ed i risultati prodotti per via modellistica nei differenti scenari (cfr. capitolo 4).

1.1 Area di interesse

Come meglio evidenziato nei successivi capitoli, il presente studio identifica come "area di interesse" per la componente atmosfera, o area di studio, ovvero la porzione di territorio nella quale si esauriscono gli effetti significativi (diretti ed indiretti) dell'intervento, l'area identificata nel seguito e negli allegati con la dicitura "area locale", come definita al paragrafo 4.2.2.2.

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 al paragrafo 4.2.2.2", al solo fine di verificare l'assenza di criticità anche in tale ambito soprattutto per questo inquinante.

Ai fini della caratterizzazione dell'attuale stato della qualità dell'aria si fa riferimento ai dati delle stazioni delle reti di monitoraggio delle Province parzialmente ricadenti nell'area di interesse, considerando anche le postazioni esterne all'area stessa laddove ritenute rappresentative della realtà in esame e comunque utili a descrivere ed interpretare in maniera esaustiva il quadro complessivo della componente.

2 INQUADRAMENTO METEOCLIMATICO

L'ex Centrale termoelettrica a ciclo combinato di Trino dismessa e ora in fase di demolizione è situata nella frazione di Leri Cavour del Comune di Trino, nella parte meridionale della Provincia di Vercelli in Piemonte, come graficamente mostrato in Figura 2.1.

Il nuovo impianto sarà realizzato, come il precedente, in area ad uso industriale, su di un'area destinata dal Piano Regolatore Generale del Comune di Trino ad insediamento produttivo, circondata su tutti i lati da aree agricole.

L'impianto è ubicato all'interno di un territorio completamente pianeggiante, delimitato da tre fiumi: a Sud dal Po che scorre ai piedi dei rilievi collinari del Monferrato tra le località di Crescentino e Casale Monferrato, ad Ovest dal tratto terminale della Dora Baltea e ad Est dal Sesia.

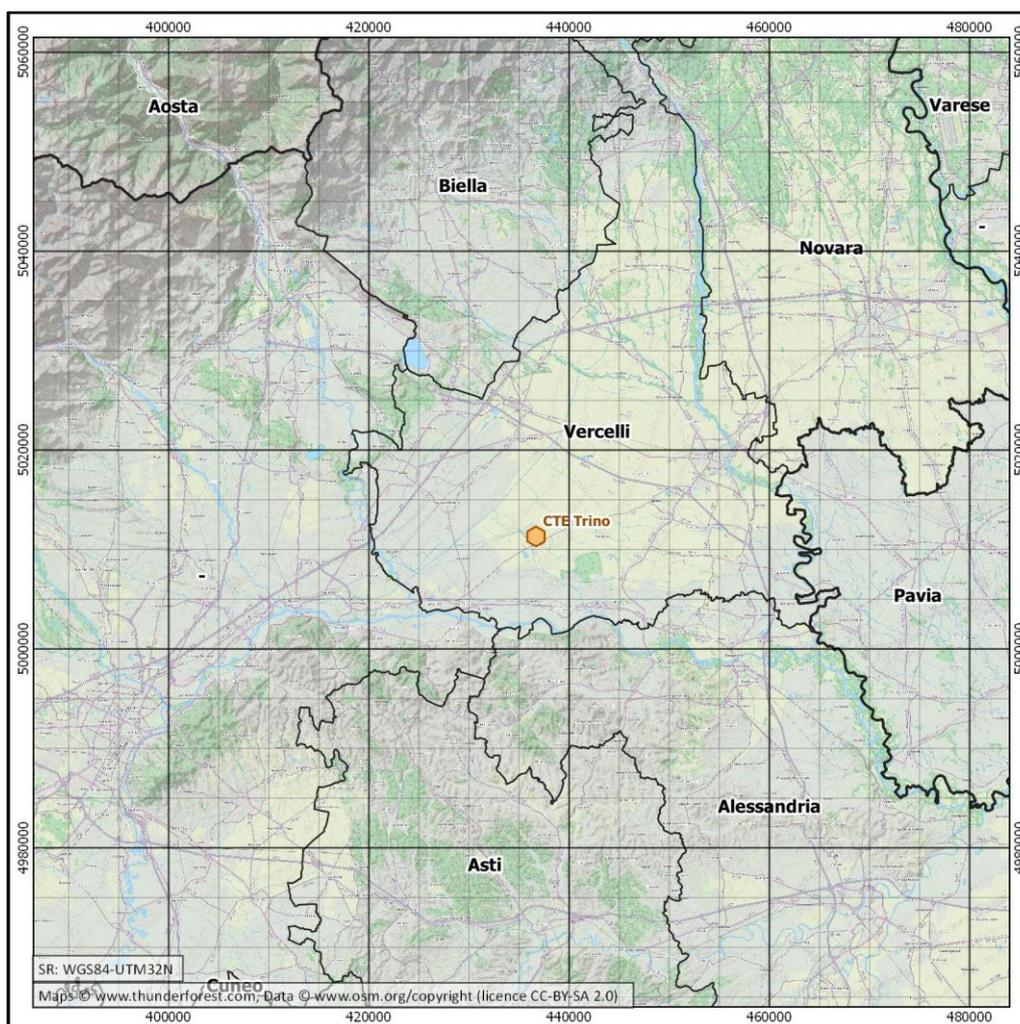


Figura 2.1 – Inquadramento dell'area di indagine

2.1 Caratterizzazione climatica

Per restituire un quadro macroclimatico dell'area di interesse, si fa riferimento nel seguente paragrafo alla classificazione dei climi di Köppen-Geiger (paragrafo 2.1.1).

Per approfondire la climatologia, si analizzano di seguito i dati di interesse pubblicati nell'Atlante Climatico d'Italia del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare (paragrafo 2.1.2).

2.1.1 Classificazione dei climi di Köppen-Geiger

Nell'ambito della suddivisione dei climi su scala mondiale delineata nel 1931 dal meteorologo e geofisico Köppen, considerata come una delle più coerenti e particolareggiate classificazioni climatiche tra quelle finora proposte, il territorio italiano appartiene all'area dei climi temperati (indicati come tipo C).

Nel sistema di Köppen, ciascun clima viene definito empiricamente in base a dei valori prestabiliti di temperatura e di precipitazione calcolati su base annua o mensile. In tale classificazione non si tiene conto delle cause del clima in termini di pressione e di fasce di venti, di masse d'aria, di fronti o di perturbazioni. È possibile invece assegnare una certa località ad un particolare sottogruppo climatico soltanto sulla base dei dati locali di temperatura e di precipitazioni. Il periodo di osservazione deve essere, naturalmente, abbastanza lungo da fornire delle medie significative.

In base alla classificazione dei climi di Köppen-Geiger (Figura 2.2), la regione di interesse rientra nella tipologia "Cfa":

- Gruppo principale: "C", clima temperato delle medie latitudini. Il mese più freddo ha una temperatura media inferiore a 18 °C ma superiore a -3 °C. Almeno un mese ha una temperatura media superiore a 10 °C. Pertanto, i climi "C" hanno sia una stagione estiva, sia una invernale.
- Sottogruppo: "f", precipitazioni in tutti i mesi.
- Terzo codice: "a", con estate molto calda. Il mese più caldo è superiore a 22 °C.

Il clima della regione è dunque classificabile come temperato ad estate calda, come tipico della Pianura padana e più in generale delle aree di bassa quota del Nord Italia.

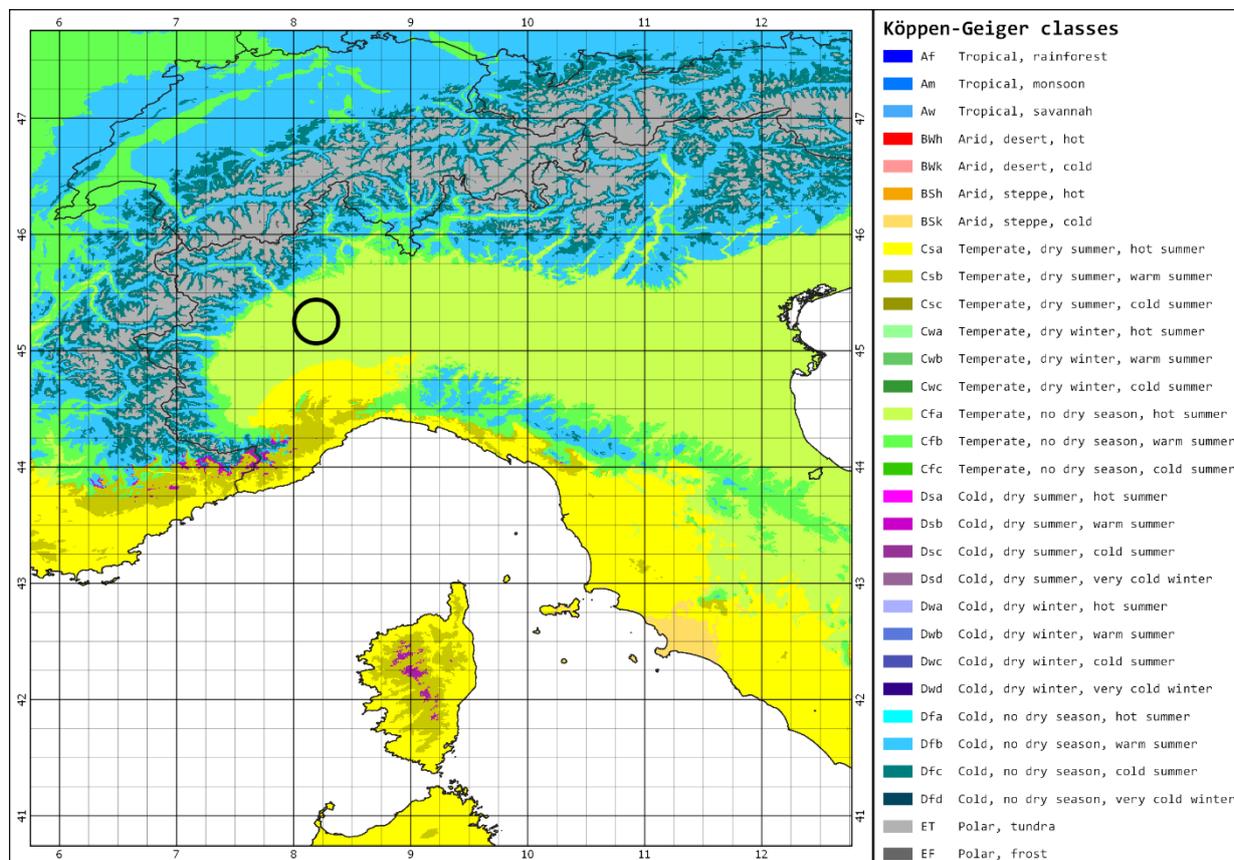


Figura 2.2 – Classificazione climatica di Köppen-Geiger. L’area di interesse è evidenziata con un cerchio.
(fonte dati: Beck, H. E. et al., 2018)

2.1.2 Analisi climatologica

L’analisi climatologica è di seguito condotta mediante l’analisi dei dati della stazione Torino/Caselle (quota 301 m s.l.m.) gestita dall’Aeronautica Militare (ENAV - Piemonte), localizzata circa 40 km a Ovest rispetto all’area di interesse (latitudine 45.20, longitudine 7.65, vedere Figura 2.3). La stazione Torino/Caselle ricade, come visto per l’area di interesse, nella tipologia “Cfa” della classificazione dei climi di Köppen-Geiger (cfr. paragrafo 2.1.1). I dati, pubblicati nell’Atlante Climatico d’Italia del Servizio Meteorologico dell’Aeronautica Militare, si riferiscono al trentennio 1971-2000.

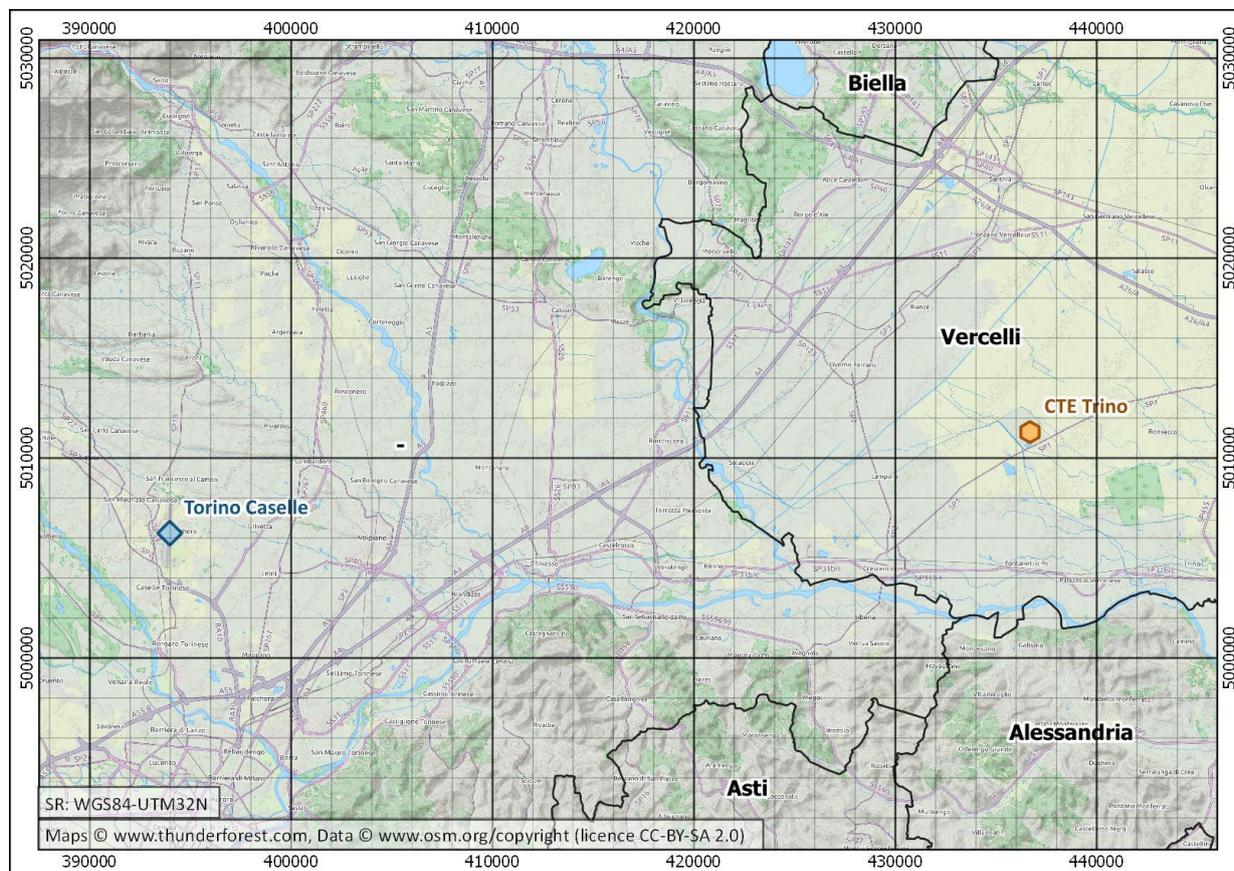


Figura 2.3 – Stazioni della Rete Operativa del Servizio Meteorologico dell’Aeronautica Militare inserite nell’Atlante Climatico d’Italia. Localizzazione stazione Torino/Caselle

2.1.2.1 Regime termico

Il regime termico della stazione AM Torino/Caselle è riportato, su base mensile, nella Tabella 2.1 e nella Figura 2.4. Il grafico rappresenta, per ciascun mese e per l’intero periodo:

- la media aritmetica dei dati (indicata con un cerchio);
- il valore medio dei minimi orari nelle 24h e il valore medio dei massimi orari nelle 24h (estensione rappresentata con il box che racchiude il cerchio);
- i valori estremi medi orari (estensione rappresentata con una linea che raggiunge detti valori).

Il mese più freddo risulta essere gennaio, con una temperatura media di circa 2 °C. I mesi più caldi sono luglio e agosto, con una temperatura media di circa 22 °C. Il valore minimo medio mensile più basso del trentennio è stato di circa -3 °C, mentre il valore minimo assoluto ha raggiunto circa -16 °C. Il valore massimo medio mensile più alto è stato di circa 28 °C, mentre il valore massimo assoluto è stato di circa 36 °C.

Tabella 2.1 – Stazione Torino/Caselle: regime termico dal 1971 al 2000
(fonte dati: Atlante Climatico AM)

Parametro	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	A
Temp. massima assoluta [°C]	20.1	24.8	26.8	26.7	30.5	33.4	36.2	34.9	31.6	28.4	22.8	21.4	36.2
Temp. massima media [°C]	6.6	9.1	13.4	16.6	20.7	24.8	27.9	27.1	23.0	17.3	11.1	7.6	27.9
Temp. media [°C]	2.1	4.3	8.1	11.1	15.5	19.4	22.4	21.8	17.8	12.4	6.5	3.1	12.0
Temp. minima media [°C]	-2.5	-0.7	2.7	5.7	10.4	14.0	16.9	16.5	12.7	7.4	1.9	-1.6	-2.5
Temp. minima assoluta [°C]	-15.6	-11.2	-10.5	-5.8	0.2	5.4	8.7	8.0	1.8	-3.9	-8.2	-9.8	-15.6
N° gg con temp. minima ≤ 0 °C	24.9	17.3	6.3	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	9.6	22.9	82.9
N° gg con temp. minima ≤ -5 °C	7.7	2.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	4.7	15.8
N° gg con temp. massima ≥ 25 °C	0.0	0.0	0.1	0.3	4.3	16.0	26.1	25.2	10.6	0.6	0.0	0.0	83.2
N° gg con temp. massima ≥ 30 °C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	8.1	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	16.1

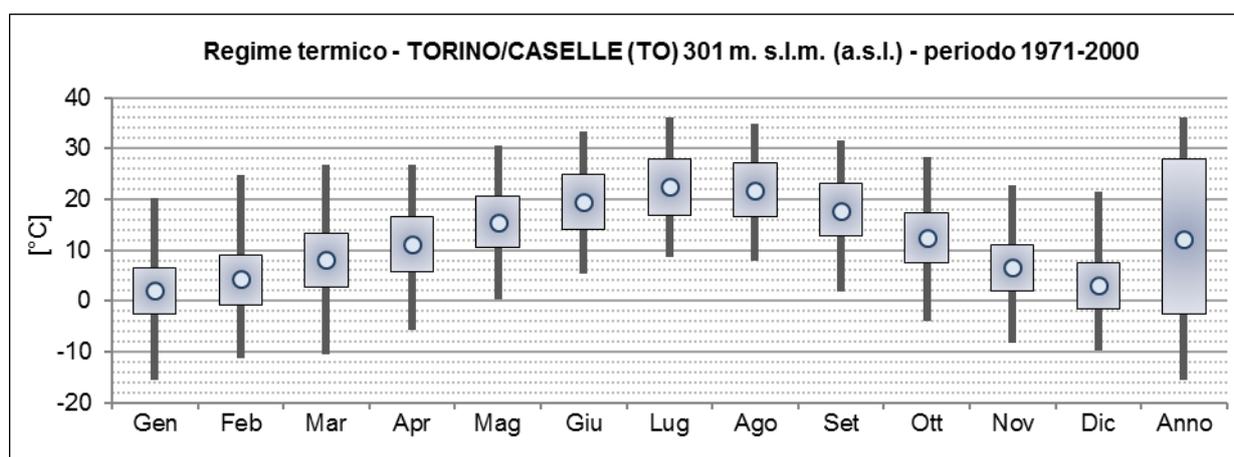


Figura 2.4 – Stazione Torino/Caselle: temperatura minima, media minima, media, media massima e massima dal 1971 al 2000 (fonte dati: Atlante Climatico AM)

2.1.2.2 Regime pluviometrico e igrometrico

La seguente Tabella 2.2 riassume, unitamente alla Figura 2.5, alcune statistiche relative alla precipitazione registrata dalla stazione AM Torino/Caselle nel periodo 1971-2000.

La precipitazione cumulata media annua risulta di 981 mm, mediamente distribuita in 81 giorni di pioggia (precipitazione giornaliera > 1 mm). Le precipitazioni risultano in generale distribuite nel corso dell'anno, con massimi relativi nella tarda primavera (maggio) ed in autunno (ottobre). I giorni di pioggia mensili variano in media tra circa 9 e 11 nella tarda primavera (tra aprile e giugno) e tra circa 4 e 8 nel resto dell'anno.

L'analisi dell'umidità relativa mensile, riportata in Figura 2.6, mostra valori medi dell'umidità massima nell'intervallo 89-95% (mediamente 93%), e valori medi dell'umidità minima nell'intervallo 45-62% (mediamente 54%).

Complessivamente la combinazione delle caratteristiche anemologiche, termiche e igrometriche è tale che nell'area si verificano mediamente circa 46 giorni con nebbia all'anno, con maggiore frequenza tra ottobre e febbraio.

In Figura 2.7 è riportato il climogramma di Péguy, che riassume sinteticamente le condizioni termopluviometriche della località. Esso è costruito a partire dai dati medi mensili di temperatura (riportata sulle ascisse) e precipitazione (riportata sulle ordinate). Dall'unione dei 12 punti relativi a ciascun mese si ottiene un poligono, la cui forma e dimensione rappresentano le caratteristiche climatiche dell'area. Sul climogramma è anche riportata un'area triangolare di riferimento che, secondo Péguy, distingue diverse situazioni di clima:

- temperato (all'interno dell'area),
- freddo (a sinistra del grafico),
- arido (in basso),
- caldo (a destra).

Il climogramma della stazione AM Torino/Caselle risulta relativamente ristretto, rispecchiando così la poco marcata variabilità annua delle precipitazioni, e quasi interamente ricompreso nella zona temperata.

Tabella 2.2 – Stazione Torino/Caselle: regime pluviometrico dal 1971 al 2000
(fonte dati: Atlante Climatico AM)

Parametro	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	A
Minimo della distribuzione in quintili	0.0	0.0	0.0	7.8	16.5	11.9	0.0	20.3	2.5	0.2	0.3	0.0	0.0
Precipitazione totale media mensile	47.8	47.1	72.5	113.3	145.3	104.3	70.5	76.1	83.8	106.1	69.1	45.1	981.0
Massimo della distribuzione in quintili	148.1	288.0	213.4	408.4	329.4	250.5	244.3	224.7	229.2	322.7	306.0	129.8	408.4
Precipitazione massima in 24 ore	45.0	47.8	64.4	82.0	72.4	72.0	125.0	85.0	122.0	100.4	172.8	45.6	172.8
N. medio di gg con precip. > 1 mm	5.4	4.4	5.8	8.6	11.2	8.6	5.8	7.7	6.4	7.0	5.6	4.4	80.9
N. medio di gg con precip. > 5 mm	3.0	2.5	3.5	5.3	7.1	5.2	3.1	4.6	4.0	4.6	3.2	2.4	48.5
N. medio di gg con precip. > 10 mm	1.5	1.4	2.4	3.4	4.7	3.3	2.0	2.7	2.8	3.5	2.0	1.5	31.2
N. medio di gg con precip. > 50 mm	0.0	0.0	0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.0	1.7
N. medio di gg con nebbia	9.9	6.3	2.2	1.1	1.0	0.4	0.5	0.4	1.2	4.7	8.9	9.0	45.6

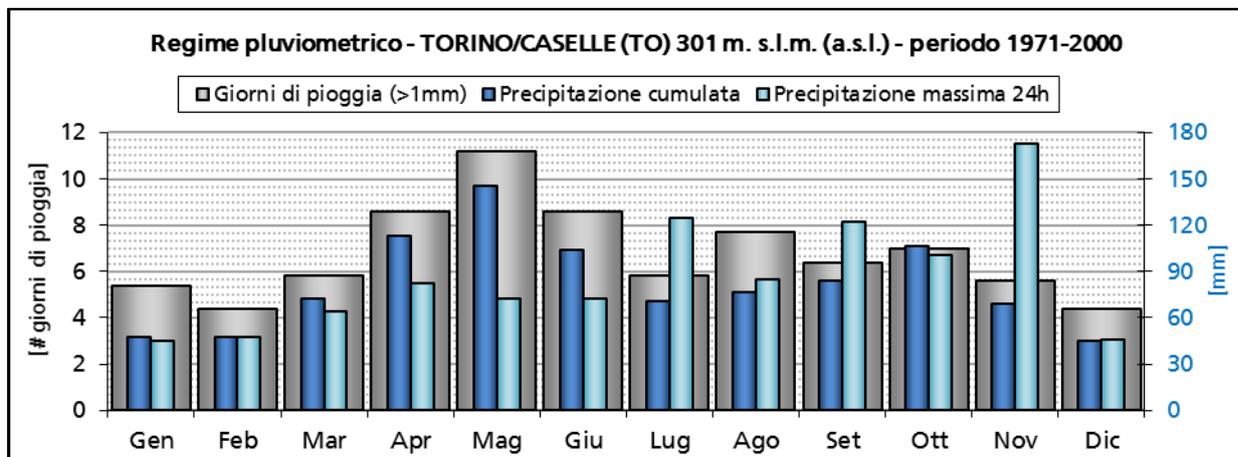


Figura 2.5 – Stazione Torino/Caselle: regime pluviometrico dal 1971 al 2000
(fonte dati: Atlante Climatico AM)

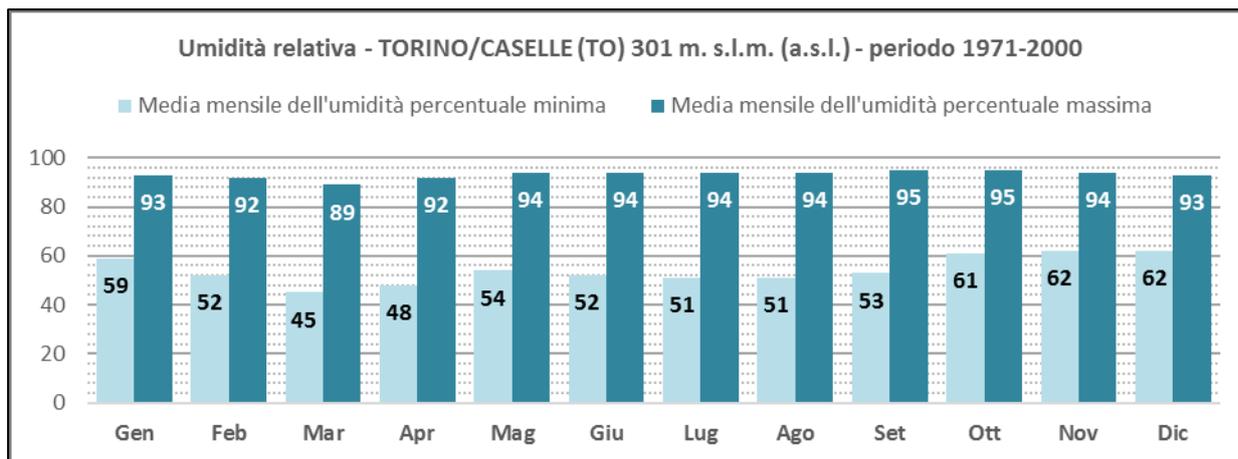
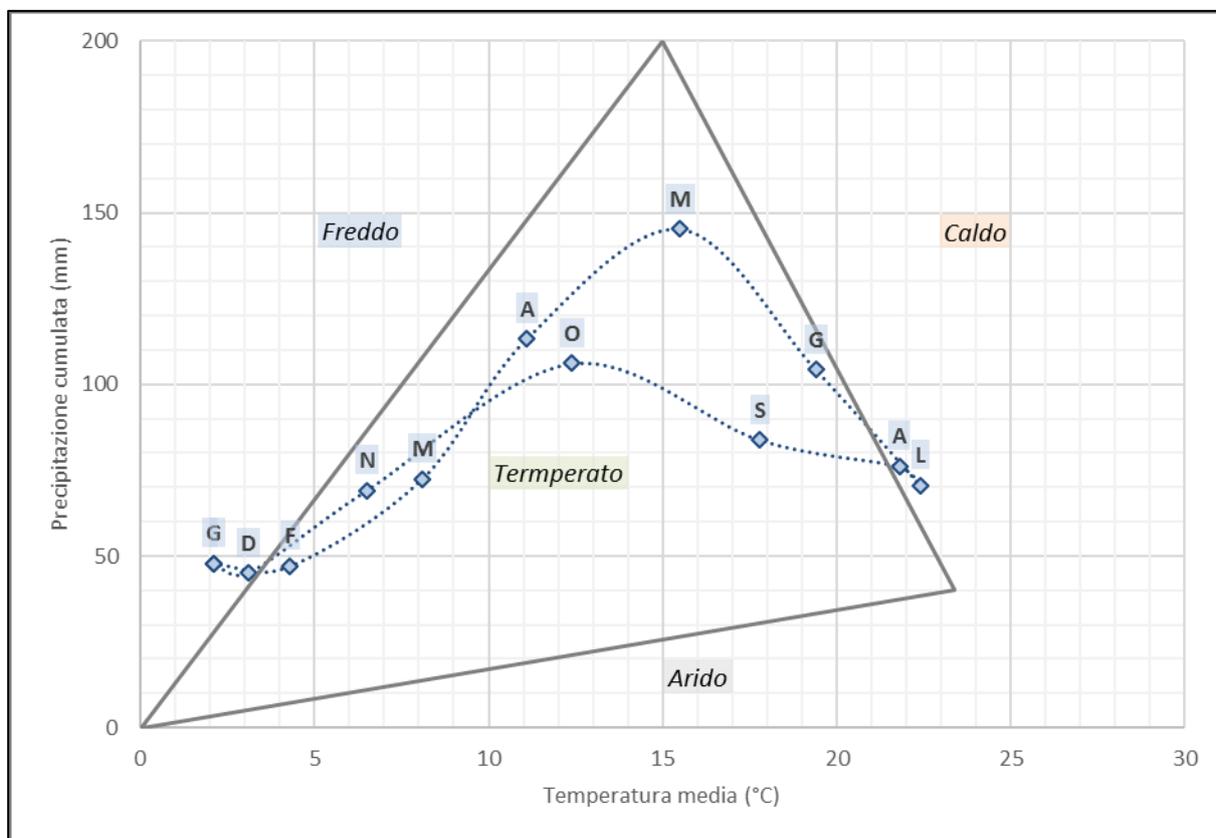


Figura 2.6 – Stazione Torino/Caselle: umidità relativa mensile dal 1971 al 2000
(fonte dati: Atlante Climatico AM)



**Figura 2.7 – Stazione Torino/Caselle: climogramma di Péguy, dati 1971-2000
(fonte dati: Atlante Climatico AM)**

2.1.2.3 Regime anemologico

La seguente Figura 2.8 riporta le rose dei venti totale, diurna e notturna, generate in base ai dati registrati dalla stazione AM Torino/Caselle nel trentennio 1971-2000. In generale, si riconoscono venti di elevata frequenza da Est, concentrati nel periodo diurno, cui si sovrappongono venti da Nord-Ovest di maggiore frequenza durante la notte e maggiore intensità durante il giorno. La notte è caratterizzata da venti di minore intensità e da una maggiore frequenza delle condizioni di calma (percentuali dei casi di vento con intensità inferiore a 1 nodo).

Le successive figure, da Figura 2.9 a Figura 2.12, riportano le rose dei venti elaborate su base stagionale alle ore 00, 06, 12 e 18 UTC. La stagione invernale è caratterizzata da elevata frequenza dei venti da Ovest e Nord-Ovest durante la notte, e maggiore variabilità diurna. La stagione estiva vede una prevalenza della provenienza dei venti da Nord e Nord-Ovest durante le ore notturne, cui però segue una rotazione, con provenienza da Est e Nord-Est nel periodo diurno. La primavera evidenzia in generale la minore frequenza delle condizioni di calma e venti di discreta intensità dal quarto quadrante.

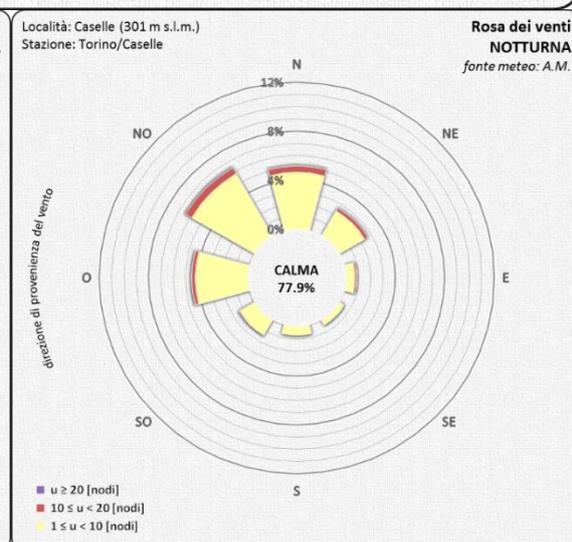
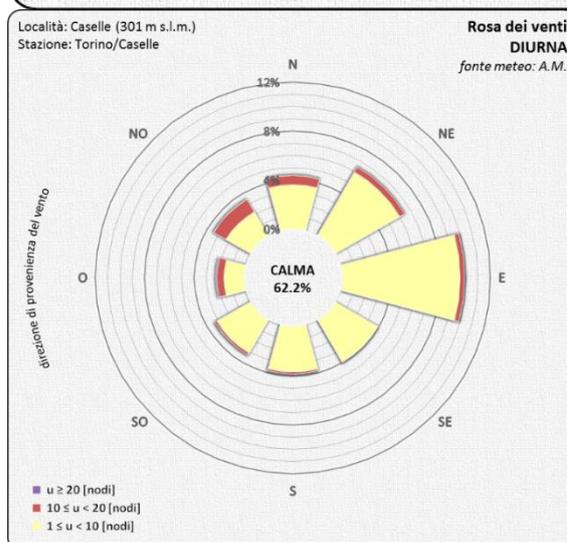
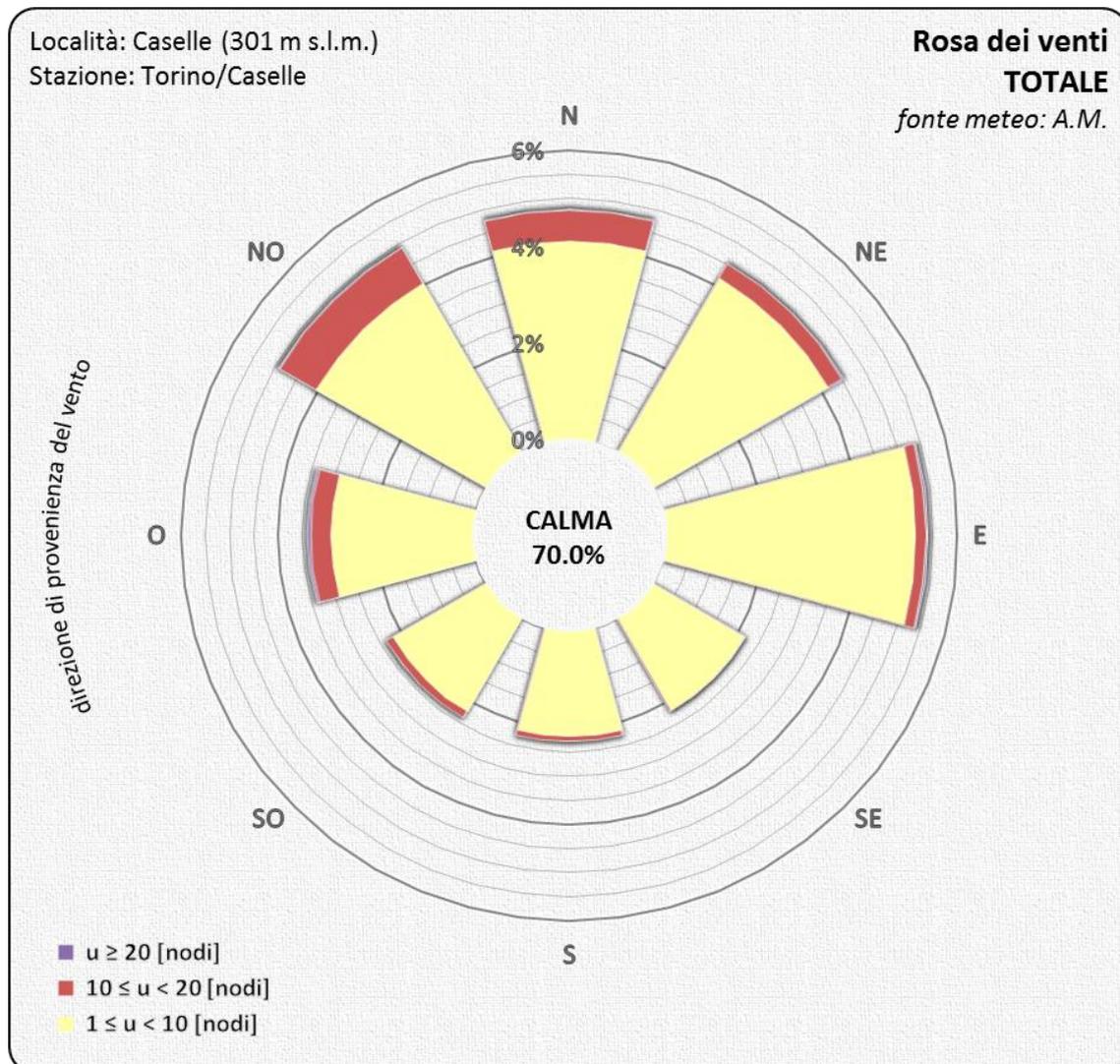


Figura 2.8 – Stazione Torino/Caselle: rose dei venti totale, diurna e notturna. Periodo 1971-2000 (fonte dati: Atlante Climatico AM)

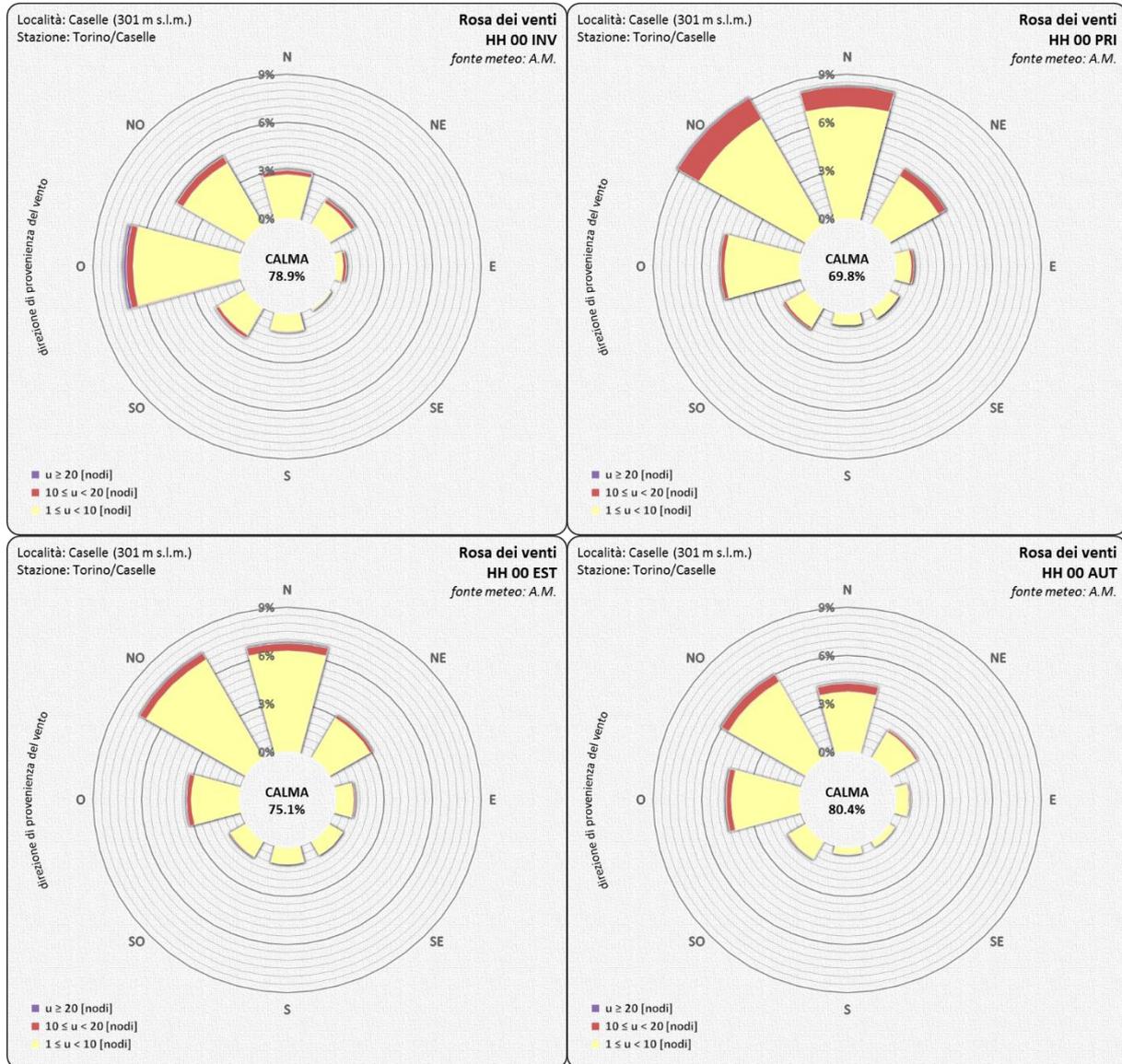


Figura 2.9 – Stazione Torino/Caselle: rose dei venti stagionali alle ore 00 UTC. Periodo 1971-2000 (fonte dati: Atlante Climatico AM)



Figura 2.10 – Stazione Torino/Caselle: rose dei venti stagionali alle ore 06 UTC. Periodo 1971-2000 (fonte dati: Atlante Climatico AM)



**Figura 2.11 – Stazione Torino/Caselle: rose dei venti stagionali alle ore 12 UTC. Periodo 1971-2000
(fonte dati: Atlante Climatico AM)**

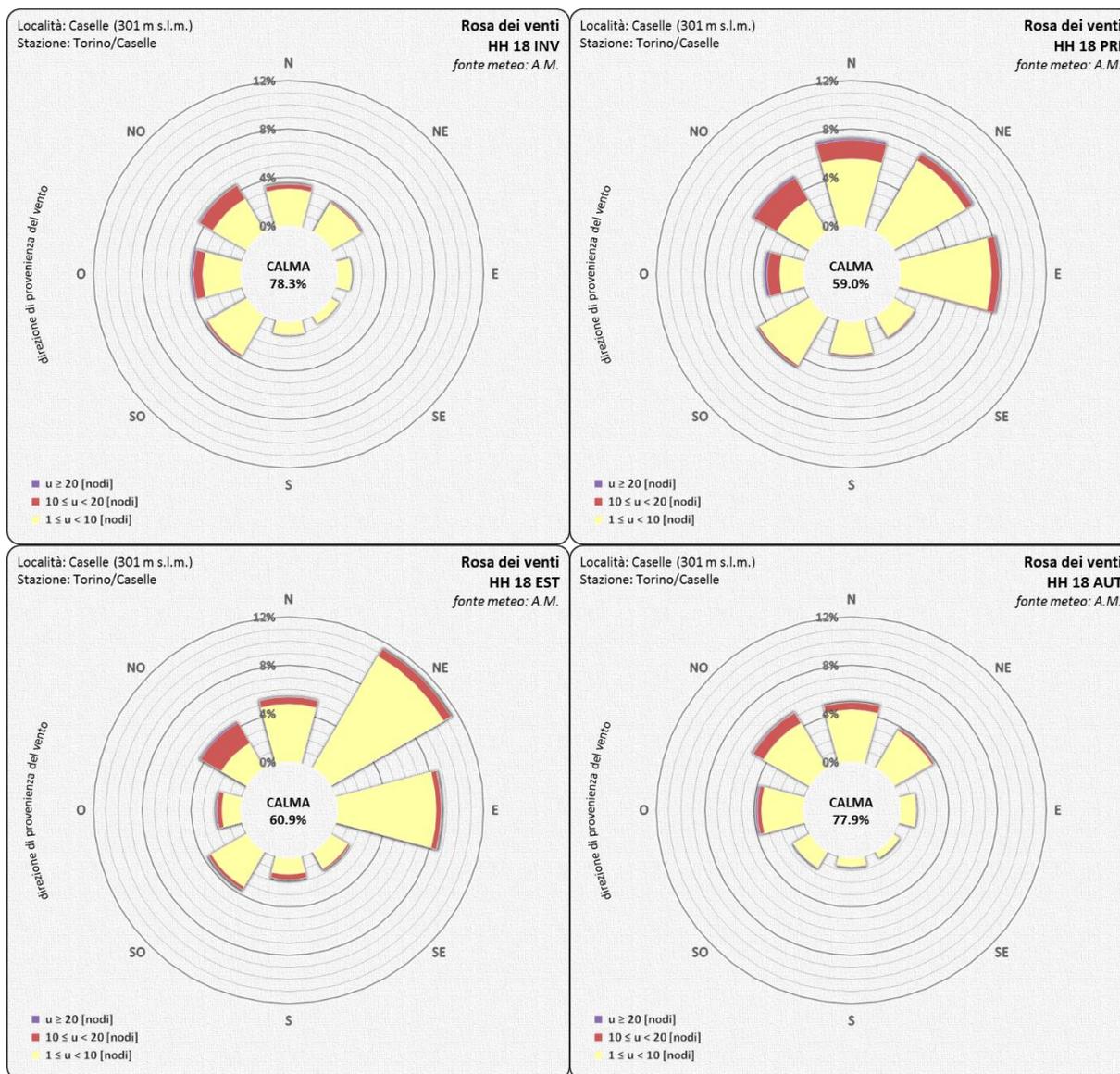


Figura 2.12 – Stazione Torino/Caselle: rose dei venti stagionali alle ore 18 UTC. Periodo 1971-2000 (fonte dati: Atlante Climatico AM)

2.2 Caratterizzazione meteorologica

La caratterizzazione meteorologica dell'area oggetto di studio è stata condotta sulla base dei dati registrati dalla stazione "Vercelli", localizzata in località Casello Ruggarina ad una quota di 132 m s.l.m. La stazione, distante circa 18 km in direzione ENE dal sito della Centrale, è gestita dal Dipartimento Sistemi Previsionali di ARPA Piemonte (<http://www.arpa.piemonte.it/>). La continuità delle caratteristiche orografiche nell'area di interesse permette di ritenere la stazione rappresentativa anche del sito di Centrale (cfr. Figura 2.13).

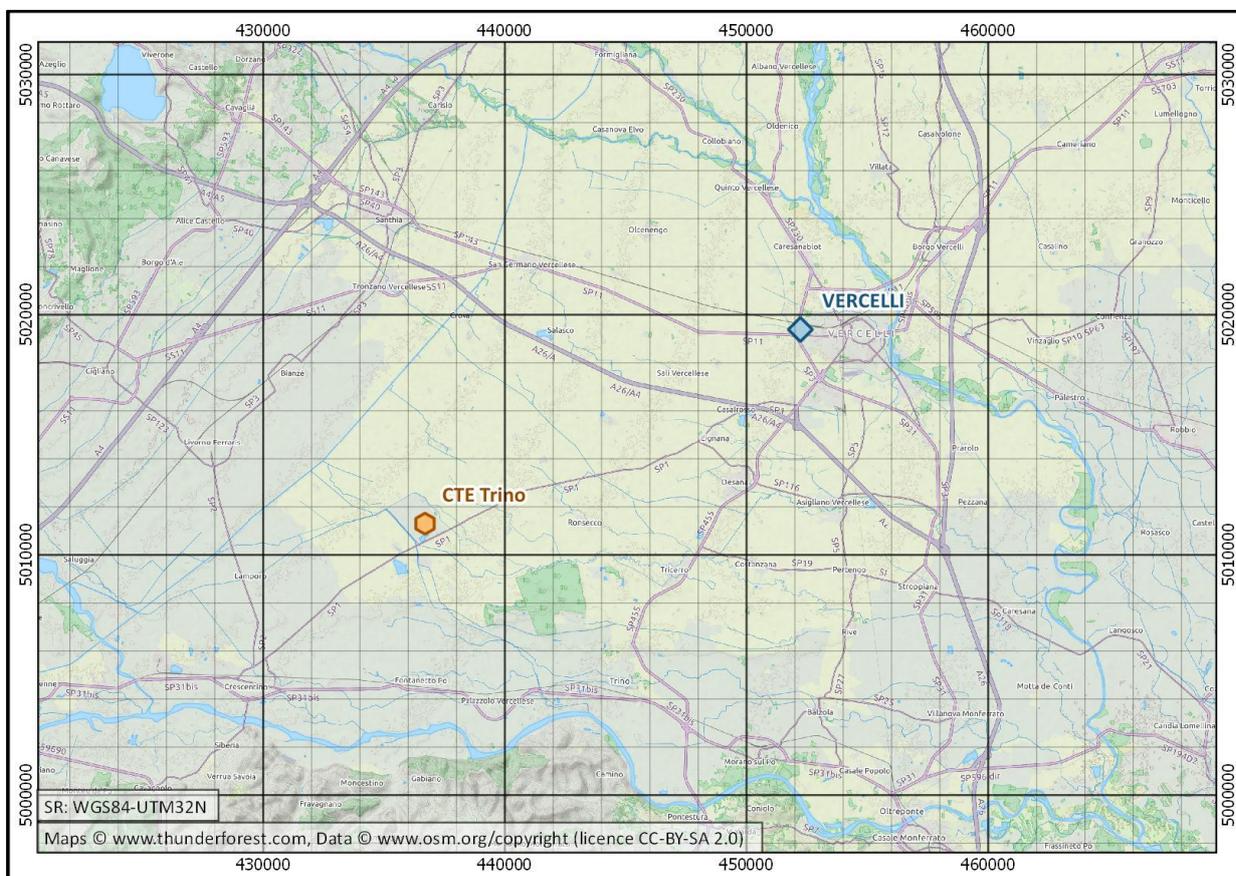


Figura 2.13 – Centrale di Trino e stazione meteorologica “Vercelli”

L’analisi fa uso dei dati giornalieri registrati nel triennio dal 2017 al 2019, pubblicati e liberamente disponibili nel sito di ARPA Piemonte. In tale periodo la disponibilità dei dati giornalieri registrati dalla stazione Vercelli risulta molto buona, con il 99% di disponibilità dei dati di precipitazione e di temperatura e il 98% di disponibilità dei dati di velocità del vento.

L’analisi del regime termico è riportata in forma tabellare in Tabella 2.3, e rappresentata in forma grafica nella seguente Figura 2.14. Se ne ricava un valore medio annuo di circa 13 °C, valori massimi della media mensile in giugno-agosto di circa 24-25 °C e valori minimi in dicembre-gennaio con circa 2 °C. I valori minimo e massimo assoluti del periodo hanno raggiunto i -8.3°C in inverno ed i 37.9 °C in estate.

L’analisi del regime pluviometrico è riportata in forma tabellare in Tabella 2.4, e rappresentata in forma grafica nella seguente Figura 2.15. Il regime pluviometrico mostra in generale delle piogge distribuite durante tutto il corso dell’anno, con due massimi relativi nel periodo tardo primaverile (maggio) e autunnale (ottobre e novembre). Nel triennio sono stati registrati mediamente 710 mm di pioggia cumulata annua. Tale valore risulta influenzato dalla scarsa piovosità registrata nel corso del 2017 (circa 390 mm), mentre nei due anni successivi la piovosità è stata più che doppia (circa 870 mm). Gli eventi meteorici di maggiore intensità giornaliera sono stati registrati nel 2019 a novembre (circa 51 mm) e ad aprile e maggio (circa 44 mm).

L'analisi della velocità del vento è riportata in forma tabellare in Tabella 2.5, e rappresentata in forma grafica nelle seguenti Figura 2.16 e Figura 2.17. Le due figure rappresentano il dato medio (indicatori circolari uniti da una linea) e i relativi estremi in forma di barre verticali. La ventosità media risulta di circa 1.5 m/s, con i valori maggiori registrati nel periodo di aprile e maggio (circa 2.0 m/s). L'andamento annuo dei valori medi mensili di velocità di raffica giornaliera segue un andamento fortemente correlato alla velocità media. I valori di raffica hanno raggiunto nel periodo gli estremi di circa 23 m/s (luglio 2019) e 22 m/s (aprile 2017).

In generale, l'analisi dei dati meteorologici registrati nel periodo 2017-2019 dalla stazione Vercelli risulta molto coerente con la già presentata analisi dei dati climatologici registrati dalla stazione AM Torino/Caselle (cfr. paragrafo 2.1.2).

Tabella 2.3 – Stazione meteorologica Vercelli. Regime termico nel periodo 2017-2019
(elaborazione da dati ARPA Piemonte)

Periodo	Temperatura minima (°C)	Temperatura media minime giornaliere (°C)	Temperatura media (°C)	Temperatura media massime giornaliere (°C)	Temperatura massima (°C)
<i>Gen</i>	-8.3	-2.9	1.6	7.9	15.7
<i>Feb</i>	-7.7	-0.6	4.2	10.2	22.2
<i>Mar</i>	-5.0	2.4	9.0	16.1	25.8
<i>Apr</i>	-1.2	8.0	14.2	20.5	29.2
<i>Mag</i>	2.6	12.2	17.4	23.0	33.3
<i>Giu</i>	11.4	17.4	23.6	29.9	37.9
<i>Lug</i>	13.1	18.7	24.6	31.0	35.4
<i>Ago</i>	11.3	17.8	23.7	30.5	37.0
<i>Set</i>	4.3	12.8	18.6	25.5	30.6
<i>Ott</i>	1.3	8.4	13.9	20.7	29.0
<i>Nov</i>	-5.1	4.3	7.9	12.2	18.9
<i>Dic</i>	-6.6	-1.5	2.4	8.2	16.3
ANNO	-8.3	8.1	13.5	19.7	37.9

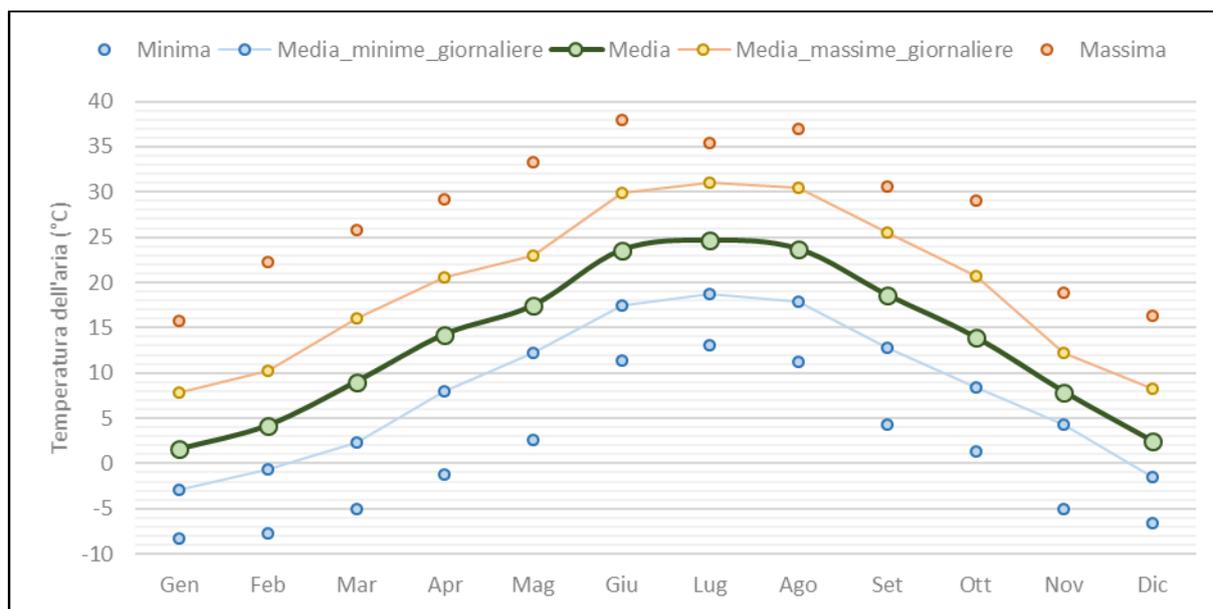


Figura 2.14 – Stazione meteorologica Vercelli. Regime termico nel periodo 2017-2019
(elaborazione da dati ARPA Piemonte)

Tabella 2.4 – Stazione meteorologica Vercelli. Regime pluviometrico nel periodo 2017-2019
(elaborazione da dati ARPA Piemonte)

Periodo	Precipitazione cumulata media (mm)	Precipitazione cumulata 2017 (mm)	Precipitazione cumulata 2018 (mm)	Precipitazione cumulata 2019 (mm)	Precipitazione massima cumulata giornaliera (mm)
Gen	17.1	2.0	46.0	3.2	15.6
Feb	30.8	37.4	32.0	23.0	16.0
Mar	61.6	58.2	116.4	10.2	35.0
Apr	73.7	17.2	86.6	117.2	44.0
Mag	132.1	54.4	200.8	141.2	43.8
Giu	34.4	65.0	23.6	14.6	15.4
Lug	47.2	14.0	39.6	88.0	36.8
Ago	24.0	17.8	27.4	26.8	14.0
Set	36.3	36.8	28.8	43.2	19.4
Ott	84.7	0.6	161.0	92.6	39.0
Nov	127.6	55.2	101.0	226.6	50.6
Dic	40.4	27.6	7.4	86.2	21.8
ANNO	709.9	386.2	870.6	872.8	50.6

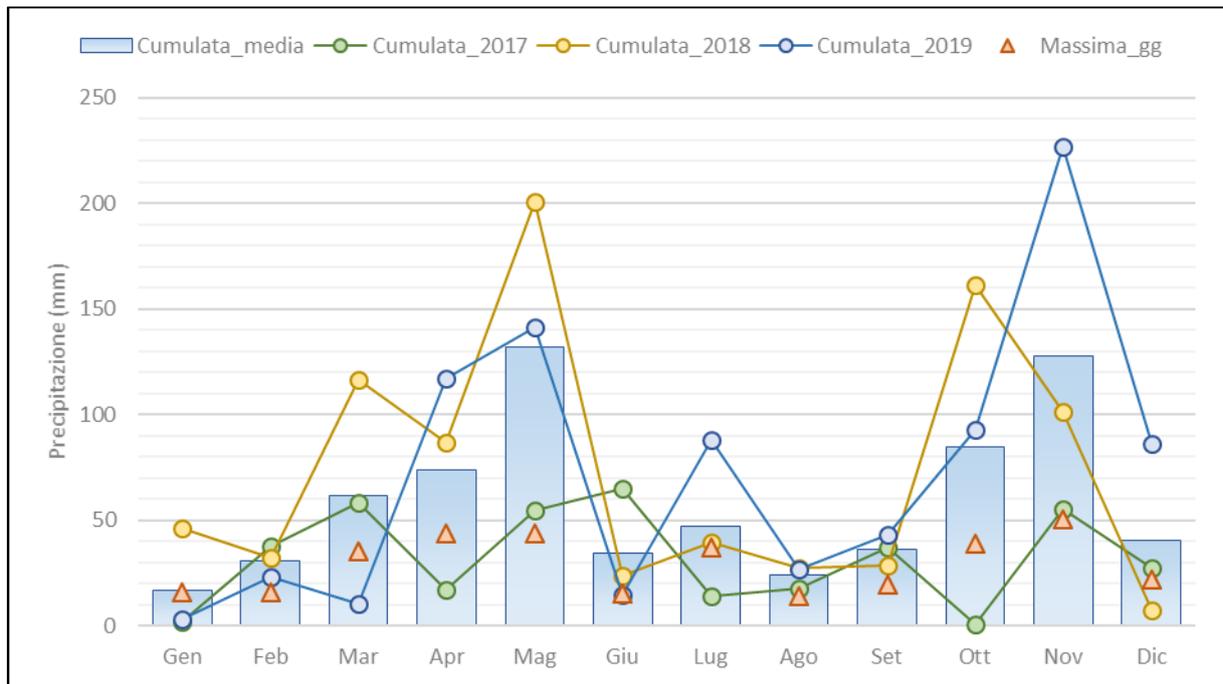


Figura 2.15 – Stazione meteorologica Vercelli. Regime pluviometrico nel periodo 2017-2019
(elaborazione da dati ARPA Piemonte)

Tabella 2.5 – Stazione meteorologica Vercelli. Velocità del vento nel periodo 2017-2019
(elaborazione da dati ARPA Piemonte)

Periodo	Media della velocità del vento (m/s)	Minimo della velocità media giornaliera del vento (m/s)	Massimo della velocità media giornaliera del vento (m/s)	Media della velocità di raffica giornaliera (m/s)	Minimo della velocità di raffica giornaliera (m/s)	Massimo della velocità di raffica giornaliera (m/s)
Gen	1.3	0.6	4.1	4.7	2.3	13.6
Feb	1.3	0.6	3.0	4.6	2.5	9.8
Mar	1.7	0.9	3.7	6.3	2.8	18.5
Apr	2.0	1.1	6.3	7.4	3.8	21.9
Mag	1.9	1.0	4.8	7.4	4.0	18.5
Giu	1.8	1.1	3.3	6.8	3.2	18.0
Lug	1.7	1.1	3.8	6.7	3.3	22.8
Ago	1.5	1.0	3.0	5.9	3.3	17.2
Set	1.4	0.8	3.1	5.6	3.3	15.6
Ott	1.3	0.6	4.1	5.3	2.4	16.1
Nov	1.2	0.0	4.0	4.9	0.4	15.1
Dic	1.1	0.5	2.4	4.5	2.3	13.3
ANNO	1.5	0.0	6.3	5.9	0.4	22.8

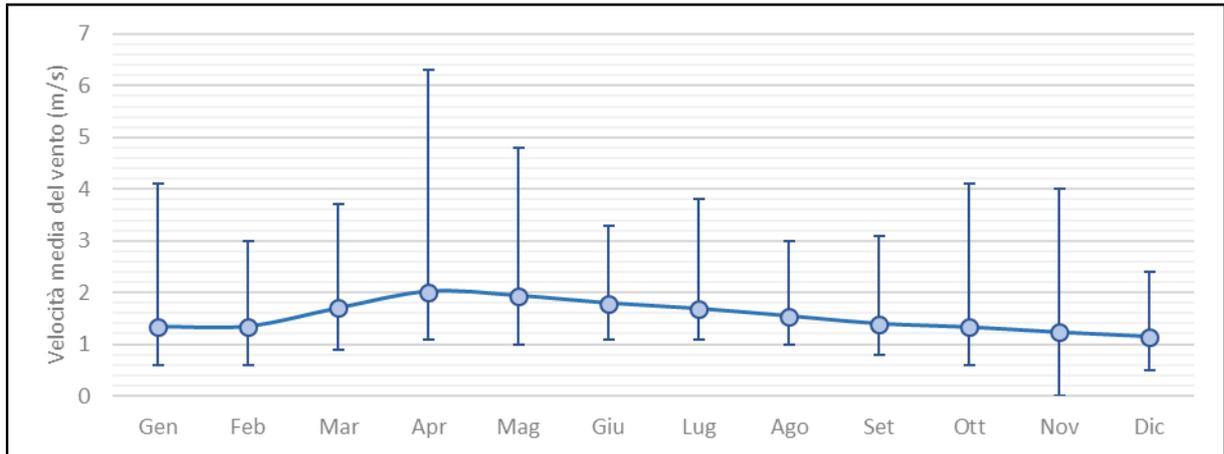


Figura 2.16 – Stazione meteorologica Vercelli. Velocità media del vento nel periodo 2017-2019
(elaborazione da dati ARPA Piemonte)

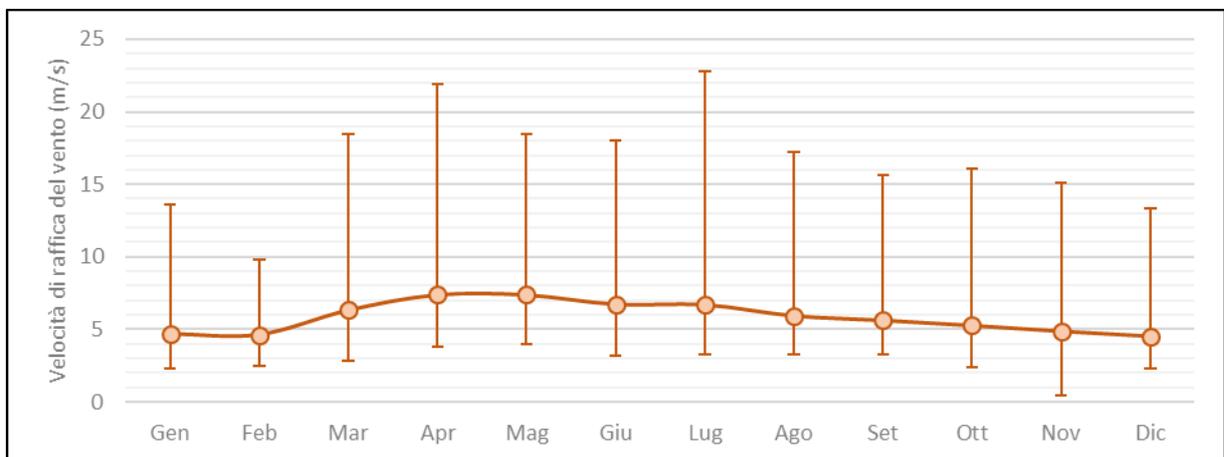


Figura 2.17 – Stazione meteorologica Vercelli. Velocità di raffica nel periodo 2017-2019
(elaborazione da dati ARPA Piemonte)

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 Direttiva 2000/69/CE (concernente i valori limite per il benzene ed il monossido di carbonio nell'aria ambiente) e la Direttiva 2002/3/CE (relativa all'ozono nell'aria), hanno stabilito:

- gli standard di qualità dell'aria per le diverse sostanze inquinanti, in relazione alla protezione della salute, della vegetazione e degli ecosistemi;
- 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.

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 al fine di:
 - contribuire alla lotta contro l'inquinamento dell'aria e gli effetti nocivi;
 - 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, laddove buona, la qualità dell'aria ambiente, 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 PM_{2.5}, al fine di garantire la protezione della salute umana. Gli Stati membri hanno inoltre, in caso di difficoltà oggettive nel

raggiungere alcuni dei valori fissati in specifiche zone, maggiore margine di manovra (la conformità ai valori limite fissati per il PM₁₀ si è rivelata, infatti, problematica per molti Stati membri dell'UE).

La legislazione nazionale relativa all'inquinamento atmosferico ha recepito la Direttiva europea 2008/50/CE 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. 351/1999 e i rispettivi decreti attuativi D. M. 60/2002, D. M. 261/2002 e D. Lgs. 183/2004). Il D. Lgs. 155/2010 raccoglie 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 ed i criteri di qualità dei dati.

Il D. Lgs. 155/2010 definisce i valori di riferimento che permettono una valutazione della qualità dell'aria 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.

Il D. Lgs. 155/2010 individua gli inquinanti per i quali è obbligatorio il monitoraggio (NO₂, NO_x, SO₂, CO, O₃, PM₁₀, PM_{2.5}, benzene, benzo(a)pirene, piombo, arsenico, cadmio, nichel, mercurio e precursori dell'ozono – principalmente ossidi di azoto e composti organici volatili) e fissa i limiti per il raggiungimento degli obiettivi di qualità dell'aria volti a evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso.

Di seguito vengono riportati i valori limite (Tabella 3.1), i livelli critici (Tabella 3.2), le soglie di allarme per inquinanti diversi dall'ozono (Tabella 3.3), i valori obiettivo per arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene

(Tabella 3.4), i valori obiettivo, le soglie di informazione e di allarme per l'ozono (Tabella 3.5, Tabella 3.6 e Tabella 3.7) contenuti nel D. Lgs. 155/2010.

Il D. Lgs. 155/2010 è stato modificato da:

- il D. Lgs. 250/2012 del 24 dicembre 2012, che modifica ed integra il D. Lgs. 155/2010 definendo anche il metodo di riferimento per la misurazione dei composti organici volatili;
- il Decreto 26 gennaio 2017, che recepisce i contenuti della Direttiva UE 1480/2015, modificando alcuni allegati delle direttive 2004/107/CE e 2008/50/CE nelle parti relative ai metodi di riferimento, alla convalida dei dati ed all'ubicazione dei punti di campionamento per la valutazione della qualità dell'aria ambiente.

In attuazione del D. Lgs. 155/2010, sono stati emanati:

- il D. M. 29 novembre 2012 *“Individuazione delle stazioni speciali di misurazione della qualità dell'aria previste dall'articolo 6, comma 1, e dall'articolo 8, commi 6 e 7 del D. Lgs. 13 agosto 2010, n. 155”*, che individua le stazioni speciali di misurazione della qualità dell'aria;
- il D. M. 22 febbraio 2013 *“Formato per la trasmissione del progetto di adeguamento della rete di misura ai fini della valutazione della qualità dell'aria”*, che stabilisce il formato per la trasmissione del progetto di adeguamento della rete di monitoraggio;
- il D. M. 13 marzo 2013 *“Individuazione delle stazioni per il calcolo dell'indicatore dell'esposizione media per il PM_{2.5} di cui all'art. 12, comma 2 del D. Lgs. 13 agosto 2013 n. 250”*, che individua le stazioni per le quali deve essere calcolato l'indice di esposizione media per il PM_{2.5};
- il D. M. 5 maggio 2015 *“Metodi di valutazione delle stazioni di misurazione della qualità dell'aria di cui all'art. 6 del D. Lgs. 13 agosto 2013 n. 250”*, che stabilisce i metodi di valutazione delle stazioni di misurazione della qualità dell'aria di cui all'articolo 6 del D. Lgs. 155/2010.

Infine, con D. M. 30 marzo 2017 sono state adottate, conformemente a quanto previsto dall'art. 17 del D. Lgs. 155/2010, le procedure di garanzia di qualità per assicurare il rispetto degli obiettivi di qualità delle misure fissati dall'Allegato I del suddetto decreto.

Tabella 3.1 – Valori Limite (Allegato XI, D. Lgs. 155/2010)

Inquinante	Periodo di mediazione	Valore Limite
Biossido di zolfo (SO ₂)	1 ora (da non superare più di 24 volte per anno civile)	350 µg/m ³
	1 giorno (da non superare più di 3 volte per anno civile)	125 µg/m ³
Biossido di azoto (NO ₂)	1 ora (da non superare più di 18 volte per anno civile)	200 µg/m ³
	anno civile	40 µg/m ³
Benzene (C ₆ H ₆)	anno civile	5.0 µg/m ³
Monossido di carbonio (CO)	media massima giornaliera calcolata su 8 ore ⁽¹⁾	10 mg/m ³
Piombo (Pb)	anno civile	0.5 µg/m ³
Particolato PM ₁₀	1 giorno (da non superare più di 35 volte per anno civile)	50 µg/m ³
	anno civile	40 µg/m ³
Particolato PM _{2.5} ⁽²⁾	anno civile	25 µg/m ³
<p>⁽¹⁾ La massima concentrazione media giornaliera su 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.</p> <p>⁽²⁾ FASE 1: 20% l'11 giugno 2008, con riduzione il 1° gennaio successivo e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0% entro il 1° gennaio 2015.</p> <p>FASE 2: valore limite da stabilire con successivo decreto ai sensi dell'articolo 22, comma 6, tenuto conto del valore indicativo di 20 µg/m³ e delle verifiche effettuate dalla Commissione europea alla luce di ulteriori informazioni circa le conseguenze sulla salute e sull'ambiente, la fattibilità tecnica e l'esperienza circa il perseguimento del valore obiettivo negli Stati membri.</p>		

Tabella 3.2 – Livelli critici per la protezione della vegetazione (Allegato XI D. Lgs. 155/2010)

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

Tabella 3.3 – Soglie di allarme per inquinanti diversi dall'ozono (Allegato XII D. Lgs. 155/2010)

Inquinante	Periodo di mediazione	Soglia di allarme
Biossido di zolfo (SO ₂)	Le soglie devono essere misurate su tre ore consecutive, presso siti fissi di campionamento aventi un'area di rappresentatività di almeno 100 km ² oppure pari all'estensione dell'intera zona o dell'intero agglomerato se tale zona o agglomerato sono meno estesi	500 µg/m ³
Ossidi di azoto (NO _x)		400 µg/m ³

Tabella 3.4 – Valori obiettivo per arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene (Allegato XIII, D. Lgs. 155/2010)

Inquinante	Periodo di mediazione	Valore Obiettivo ^(1,2)
Arsenico (As)	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
⁽¹⁾ Tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione di PM ₁₀ del materiale particolato.		
⁽²⁾ Data raggiungimento obiettivo: 31/12/2012 (art. 9, comma 2 del D. Lgs. 155/2010).		

Tabella 3.5 – Valori obiettivo per l’ozono (Allegato VII D. Lgs. 155/2010)

Finalità	Periodo di mediazione	Valore obiettivo	Data raggiungimento valore obiettivo ⁽⁴⁾
Protezione della salute umana	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore ⁽¹⁾	120 µg/m ³ da non superare più di 25 volte per anno civile come media su tre anni ⁽³⁾	01/01/2010
Protezione della vegetazione	Da maggio a luglio	AOT40 ⁽²⁾ 18'000 µg/(m ³ ·h) come media su cinque anni ⁽³⁾	01/01/2010
<p>⁽¹⁾ La massima concentrazione media giornaliera su 8 ore deve essere determinata esaminando le medie consecutive su 8 ore, calcolate in base a dati orari e aggiornate ogni ora. Ogni media su 8 ore così calcolata è riferita al giorno nel quale la stessa si conclude. La prima fascia di calcolo per ogni singolo 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 ogni giorno è quella compresa tra le ore 16:00 e le ore 24:00 del giorno stesso.</p>			
<p>⁽²⁾ Per AOT40, espresso in µg/(m³·h), si intende la somma della differenza tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ (= 40 parti per miliardo) 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 (CET).</p>			
<p>⁽³⁾ Se non è possibile determinare le medie su tre o cinque anni in base ad una serie intera e consecutiva di dati annui, la valutazione della conformità ai valori obiettivo si può riferire, come minimo, ai dati relativi a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - un anno per il valore-obiettivo ai fini della protezione della salute umana; - tre anni per il valore-obiettivo ai fini della protezione della vegetazione. 			
<p>⁽⁴⁾ Data entro la quale deve essere raggiunto il valore-obiettivo. Il raggiungimento dei valori obiettivo è valutato nel 2013, con riferimento al triennio 2010-2012, per la protezione della salute umana e nel 2015, con riferimento al quinquennio 2010-2014, per la protezione della vegetazione.</p>			

Tabella 3.6 – Obiettivi a lungo termine per l’ozono (Allegato VII D. Lgs. 155/2010)

Finalità	Periodo di mediazione	Obiettivo a lungo termine ⁽³⁾
Protezione della salute umana	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore ⁽¹⁾	120 µg/m ³ nell’arco di un anno civile
Protezione della vegetazione	Da maggio a luglio	AOT40 ⁽²⁾ 6'000 µg/(m ³ ·h)
<p>⁽¹⁾ La massima concentrazione media giornaliera su 8 ore deve essere determinata esaminando le medie consecutive su 8 ore, calcolate in base a dati orari e aggiornate ogni ora. Ogni media su 8 ore così calcolata è riferita al giorno nel quale la stessa si conclude. La prima fascia di calcolo per ogni singolo 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 ogni giorno è quella compresa tra le ore 16:00 e le ore 24:00 del giorno stesso.</p>		
<p>⁽²⁾ Per AOT40, espresso in µg/(m³·h), si intende la somma della differenza tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ (= 40 parti per miliardo) 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 (CET).</p>		
<p>⁽³⁾ Data entro la quale deve essere raggiunto l’obiettivo a lungo termine: non definito.</p>		

Tabella 3.7 – Soglie di informazione e di allarme per l'ozono (Allegato XII D. Lgs. 155/2010)

Finalità	Periodo di mediazione	Soglia
Informazione	1 ora	180 µg/m ³
Allarme	1 ora ⁽¹⁾	240 µg/m ³
⁽¹⁾ Per l'applicazione dell'articolo 10, comma 1, deve essere misurato o previsto un superamento per tre ore consecutive.		

3.2 Zonizzazione del territorio regionale

L'articolo 3 del D.Lgs. 155/2010 stabilisce che le Regioni e le Province, nel rispetto dei criteri indicati nell'Appendice I, redigano appositi progetti recanti la suddivisione territoriale in zone e agglomerati da classificare ai fini della valutazione della qualità dell'aria. L'articolo 4 del D. Lgs. 155/2010 specifica i criteri per la classificazione territoriale, prevedendo inoltre che i progetti di classificazione e zonizzazione del territorio siano revisionati almeno ogni cinque anni.

In ottemperanza al D.Lgs. 155/2010, la Regione Piemonte con DGR 41-855 del 29/12/14 ha approvato il progetto di Zonizzazione e Classificazione del Territorio Regionale relativa alla qualità dell'aria ambiente. Contestualmente è stato approvato il Programma di Valutazione, recante la nuova configurazione della rete di rilevamento della qualità dell'aria e degli strumenti necessari alla valutazione della stessa. Il Programma di Valutazione definito dal D.Lgs. 155/2010 è "il programma che indica le stazioni di misurazione della rete di misura utilizzate per le misurazioni in siti fissi e per le misurazioni indicative, le tecniche di modellizzazione e le tecniche di stima obiettiva".

Nel corso del 2019, con il supporto tecnico-scientifico di ARPA, Regione Piemonte ha avviato il processo di aggiornamento sia della zonizzazione e classificazione del territorio regionale, sia del Programma di Valutazione. Con DGR 24-903 del 30/12/19, sono stati adottati i seguenti documenti:

- aggiornamento della zonizzazione del territorio regionale e revisione della classificazione;
- aggiornamento del programma di valutazione della qualità dell'aria.

Per la zonizzazione del territorio sono state analizzati, sia nella precedente zonizzazione che nel suo recente aggiornamento, i seguenti aspetti:

- la densità abitativa;
- le caratteristiche orografiche e meteorologiche;
- il carico emissivo;
- il grado di urbanizzazione del territorio.

Il progetto di zonizzazione e classificazione del territorio, sulla base degli obiettivi di protezione per la salute umana per gli inquinanti NO₂, SO₂, C₆H₆, CO, PM₁₀, PM_{2.5}, Pb, As, Cd, Ni, B(a)P, nonché degli obiettivi a lungo termine per la protezione della salute umana e della vegetazione relativamente all'ozono, ha ripartito il territorio regionale nelle seguenti zone e agglomerati:

- Agglomerato di Torino, codice zona IT0118 (relativamente agli inquinanti NO₂, SO₂, C₆H₆, CO, PM₁₀, PM_{2.5}, Pb, As, Cd, Ni, B(a)P ed O₃);
- Zona denominata Pianura, codice zona IT0119 (relativamente agli inquinanti NO₂, SO₂, C₆H₆, CO, PM₁₀, PM_{2.5}, Pb, As, Cd, Ni, B(a)P);
- Zona denominata Collina, codice zona IT0120 (relativamente agli inquinanti NO₂, SO₂, C₆H₆, CO, PM₁₀, PM_{2.5}, Pb, As, Cd, Ni, B(a)P);
- Zona denominata di Montagna, codice zona IT0121 (relativamente agli inquinanti NO₂, SO₂, C₆H₆, CO, PM₁₀, PM_{2.5}, Pb, As, Cd, Ni, B(a)P);
- Zona denominata Piemonte, codice zona IT0122 (relativamente al solo inquinante O₃).

Nella Tabella 3.8 si riassumono le nuove caratteristiche delle zone e dell'agglomerato di Torino risultati dall'aggiornamento del progetto di zonizzazione. Dai dati riportati, si evidenzia come la popolazione insediata nelle aree classificate come agglomerato di Torino, zona Pianura e zona Collina rappresenti la quasi totalità della popolazione della Regione. La seguente Figura 3.1 rappresenta graficamente la zonizzazione regionale.

L'area di interesse ai fini del presente studio ricade nella zona Pianura, codice IT0119, relativamente agli inquinanti NO₂, SO₂, C₆H₆, CO, PM₁₀, PM_{2.5}, Pb, As, Cd, Ni, B(a)P, e nella zona Piemonte, codice IT0122, relativamente al solo inquinante O₃.

Tabella 3.8 – Principali caratteristiche dell'agglomerato e delle zone (fonte Regione Piemonte)

	u.m.	Agglomerato di Torino IT0118	Zona Pianura IT0119	Zona Collina IT0120	Zona Montagna IT0121	Zona Piemonte IT0122	Regione
N° Comuni		33	268	646	234	1'148	1'181
Popolazione	ab	1'532'332	1'322'596	1'338'980	181'098	2'842'674	4'375'006
Superficie	km ²	838	6'623	8'801	9'125	24'549	25'389
Densità abitativa	ab/km ²	1'828.12	199.7	152.14	19.85	115.8	172.32
Densità em. PM ₁₀	t/km ²	2.32	0.94	0.91	0.23	0.67	0.72
Densità em. NO _x	t/km ²	13.51	3.45	2.02	0.27	1.75	2.14
Densità em. COV	t/km ²	19.09	7.58	6.85	5.03	6.37	6.79
Densità em. NH ₃	t/km ²	2.87	3.99	1.12	0.26	1.57	1.62

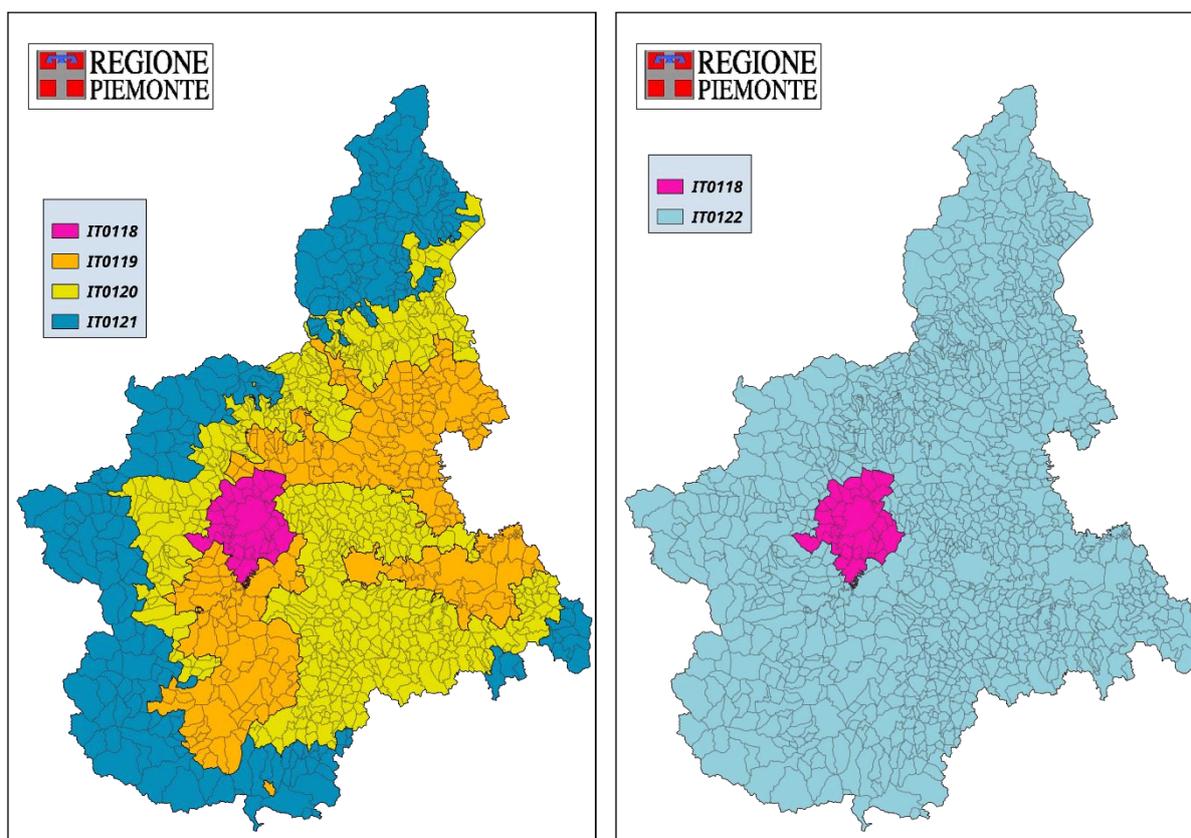


Figura 3.1 – Zonizzazione regionale (fonte Regione Piemonte).

A sinistra, zonizzazione relativa agli inquinanti diversi da ozono. A destra, zonizzazione relativa all'ozono

3.3 L'inventario delle emissioni

Per comprendere il fenomeno dell'inquinamento atmosferico risulta fondamentale conoscere il carico emissivo degli inquinanti provenienti dalle diverse attività umane.

L'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (IREA) stima le emissioni regionali annuali in atmosfera dei principali inquinanti derivanti dalle attività umane e naturali.

Il servizio permette di stimare le emissioni annuali in atmosfera derivanti dalle attività umane e naturali svolte sul territorio piemontese. Attraverso le stime è possibile valutare la qualità dell'aria e individuare i settori in cui intervenire per la riduzione delle emissioni inquinanti.

L'Inventario è stato realizzato dal Settore Risanamento acustico elettromagnetico ed atmosferico della Regione Piemonte in collaborazione con il CSI-Piemonte, sulla base della metodologia EMEP – CORINAIR.

Per la costruzione dell'inventario delle emissioni in atmosfera, la Regione Piemonte ha adottato il software INEMAR (INventario EMissioni ARia) che stima le emissioni dei diversi inquinanti a livello comunale per diversi tipo di attività (quali ad esempio riscaldamento, traffico, agricoltura e industria) e

per tipo di combustibile. Inizialmente realizzato dalla Regione Lombardia, con la collaborazione della Regione Piemonte e del CSI-Piemonte, dal 2003 INEMAR è gestito da ARPA Lombardia e dal 2006 è sviluppato nell'ambito di una collaborazione interregionale, che tuttora vede fra i partecipanti le Regioni Lombardia, Piemonte, Veneto, Friuli-Venezia Giulia, Emilia-Romagna, Puglia e le Province Autonome di Trento e Bolzano.

Le stime effettuate riguardano le sorgenti classificate secondo la nomenclatura SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution) e si riferiscono agli inquinanti: metano (CH₄), monossido di carbonio (CO), anidride carbonica (CO₂), protossido di azoto (N₂O), ammoniaca (NH₃), composti organici volatili non metanici (NMVOC), ossidi di azoto (NO_x), biossido di zolfo (SO₂), polveri fini PM₁₀ e polveri fini PM_{2.5}.

La stima quantitativa delle sostanze emesse dalle varie sorgenti, relativa dunque ai soli inquinanti di origine primaria, è realizzata utilizzando fattori di emissione medi e indicatori di attività integrati. Tali informazioni sono raccolte negli inventari delle emissioni, ovvero serie organizzate di dati relativi alla quantità di inquinanti introdotta in atmosfera da ciascuna fonte di emissione, classificate secondo la convenzione SNAP – CORINAIR in 11 macrosettori:

- MS1 – Produzione di energia e trasformazione di combustibili;
- MS2 – Combustione non industriale;
- MS3 – Combustione industriale;
- MS4 – Processi produttivi;
- MS5 – Estrazione e distribuzione di combustibili;
- MS6 – Uso di solventi;
- MS7 – Trasporto su strada;
- MS8 – Altre sorgenti mobili e macchinari;
- MS9 – Trattamento e smaltimento rifiuti;
- MS10 – Agricoltura;
- MS11 – Altre sorgenti e assorbimenti.

Nel seguito vengono presentate e analizzate le emissioni relative all'anno 2013 suddivise per macrosettore, presentate sia su scala provinciale sia su scala comunale.

Nella seguente Figura 3.2 sono riportate le emissioni provinciali (Vercelli) stimate per i principali macroinquinanti, suddivise per macrosettore.

Le stime indicano il riscaldamento domestico a biomassa (MS2) come la fonte principale di emissioni legate all'inquinamento diretto da polveri, seguito dalle attività agricole (MS10) e dal trasporto su strada (MS7).

Alle emissioni di NO_x, che sono importanti precursori della formazione di particolato e di ozono, contribuiscono in maniera preponderante il trasporto su strada (MS7) e le altre sorgenti mobili (MS8), e

secondariamente anche le attività agricole (MS10), il riscaldamento (MS2), la combustione nell'industria (MS3) e la produzione di energia (MS1).

Il principale contributo alle emissioni di NH₃, anch'esso precursore di particolato secondario, deriva dalle pratiche agricole e dalla zootecnia (MS10).

La fonte che contribuisce maggiormente alle emissioni composti organici volatili (NMVOC), precursori assieme agli ossidi di azoto di particolato secondario e ozono, ha origine biogenica, da specie agricole e vegetazione (MS10 e MS11). I principali contributi antropogenici alle emissioni di questo inquinante sono il settore industriale e civile (MS6) insieme alla combustione non industriale (MS2) ed al trasporto su strada (MS7).

La combustione nell'industria (MS3) risulta la fonte più rilevante di SO₂, importante precursore della formazione di particolato secondario, anche a basse concentrazioni.

Il CO è emesso dai processi di combustione domestica (MS2), dalle attività agricole (MS10) e dai trasporti su strada (MS7).

Per quanto riguarda i principali gas serra, le emissioni di CO₂ sono imputabili alla produzione di energia (MS1), ai processi di combustione industriali (MS3), ai trasporti stradali (MS7) e all'uso del metano per il riscaldamento (MS2).

Le emissioni di CH₄ sono imputabili per lo più alla zootecnia (MS10), con contributi sensibili anche dalle emissioni fuggitive della distribuzione del metano stesso (MS5) e dalla combustione domestica (MS2) e dalle discariche di rifiuti (MS9).

La Figura 3.3 presenta le emissioni stimate per i principali macroinquinanti imputate al solo Comune di Trino. Rispetto al livello regionale si può osservare che:

- relativamente al particolato (PM), perde di peso relativo il settore del riscaldamento domestico (MS2) e acquista un peso prevalente il settore delle attività agricole (MS10);
- relativamente al biossido di zolfo (SO₂), la combustione industriale (MS3) acquisisce un peso ancor più rilevante;
- relativamente alle emissioni di CO₂, il settore della produzione di energia (MS1) che a livello provinciale è la principale fonte, a livello comunale non presenta contributi.
- relativamente al monossido di carbonio (CO), così come già visto per le polveri, perde di peso relativo il settore del riscaldamento domestico (MS2) e acquista un peso prevalente il settore delle attività agricole (MS10);
- relativamente al metano (CH₄), perde sostanzialmente di peso relativo il settore zootecnico (MS10) e acquisiscono un ruolo preponderante le emissioni fuggitive associate alla distribuzione del metano stesso (MS5).

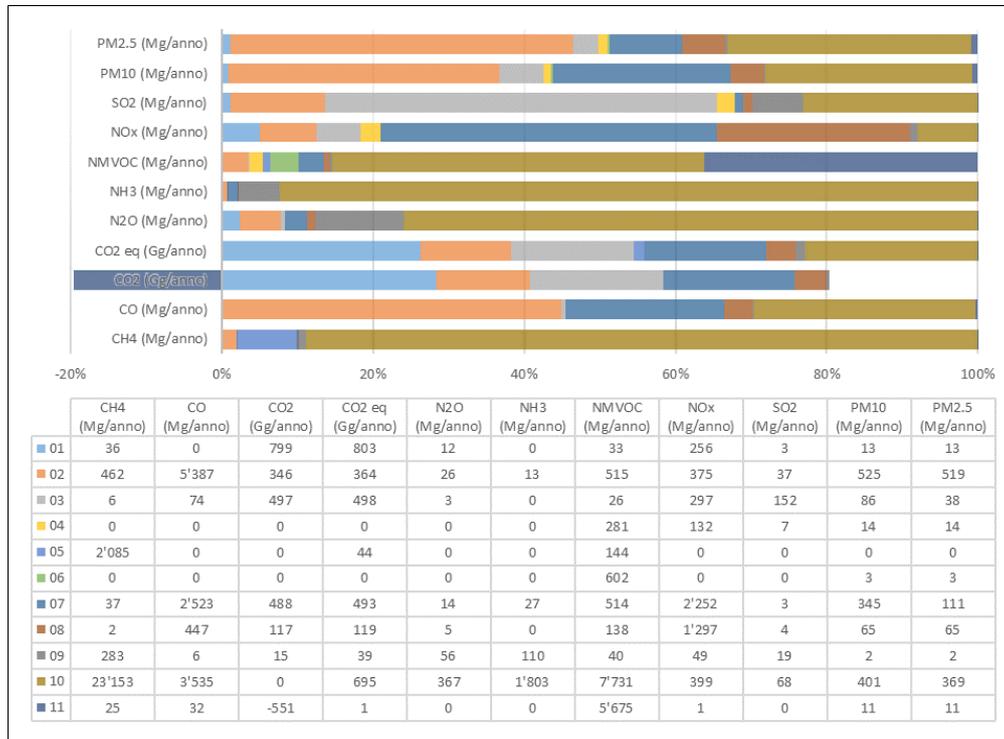


Figura 3.2 – Emissioni 2013 dalla Provincia di Vercelli (elaborazione da dati INEMAR Piemonte)

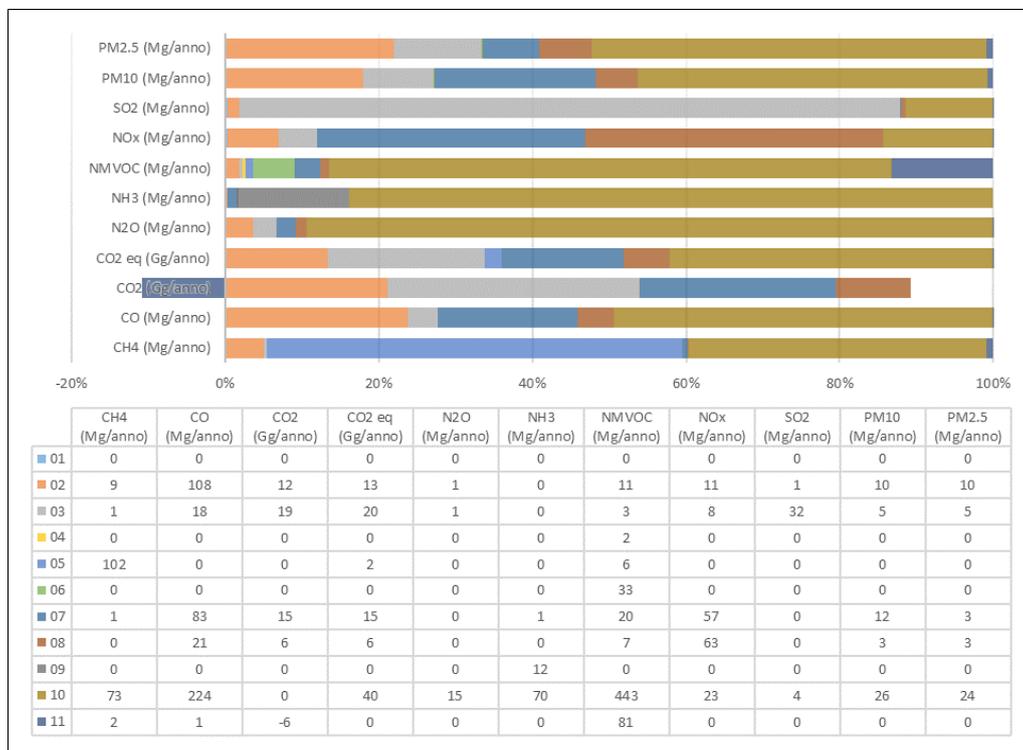


Figura 3.3 – Emissioni 2013 dal Comune di Trino (elaborazione da dati INEMAR Piemonte)

3.4 Stato attuale della qualità dell'aria

Viene esposto nel presente paragrafo lo stato della qualità dell'aria rilevato nell'area di studio. L'analisi fa uso dei dati pubblicati da ARPA Piemonte (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Piemonte) nei report redatti annualmente sullo stato della qualità dell'aria.

Si specifica che nel seguito viene restituita una caratterizzazione locale anche della concentrazione in aria ambiente di ammoniaca (NH₃), parametro di cui la normativa nazionale non stabilisce limiti ai fini della protezione della salute umana. Tale inquinante risulta presente in emissione dal camino della nuova unità in configurazione CCGT (Ciclo Combinato con Turbina a Gas). Il progetto prevede, infatti, l'installazione di un sistema SCR (Riduzione Selettiva Catalitica, per il contenimento delle emissioni di NO_x), che comporta l'utilizzo di ammoniaca come reagente riducente ed un suo possibile, sebbene limitato, trascinarsi nei gas in emissione ("Ammonia-Slip"). Per la valutazione dei livelli di ammoniaca in aria ambiente è stato fatto uso delle misurazioni rilevate nella provincia di Pavia e pubblicate da ARPA Lombardia (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Lombardia).

3.4.1 Rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria

Base fondamentale per la pianificazione del territorio e la programmazione degli interventi è la conoscenza della situazione ambientale: il Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria (SRRQA), è finalizzato alla direzione ed al coordinamento dei sistemi di rilevamento della qualità dell'aria installati sul territorio regionale da soggetti pubblici e privati, è uno degli strumenti indispensabili allo scopo.

In Piemonte il Sistema Regionale di Rilevamento per la misura della qualità dell'aria è costituito, al 31/12/19, da:

- 58 stazioni fisse per il monitoraggio in continuo di parametri chimici, delle quali 4 di proprietà privata (Figura 3.4);
- 6 laboratori mobili attrezzati, per realizzare campagne brevi di monitoraggio;
- 1 Centro Operativo Regionale (COR) dove i dati rilevati sono sottoposti alla validazione automatica ed interattiva di primo livello dal personale delle strutture dipartimentali del territorio.

I punti di misura, ove sono misurati o campionati i principali inquinanti, possono essere descritti in relazione alla loro collocazione per tipo di zona (urbana/suburbana/rurale) o per tipo di stazione (traffico/fondo/industriale).

Per quanto riguarda il tipo di zona, nella sottostante Tabella 3.9 si nota come buona parte della strumentazione sia installata in zone urbane, dove vive una parte rilevante della popolazione e ove sono generalmente più elevati i valori degli inquinanti.

Riguardo il tipo di stazione, la sottostante Tabella 3.10 mostra che le stazioni di fondo ospitano una parte importante della strumentazione in quanto sono più rappresentative dell'esposizione media della popolazione.

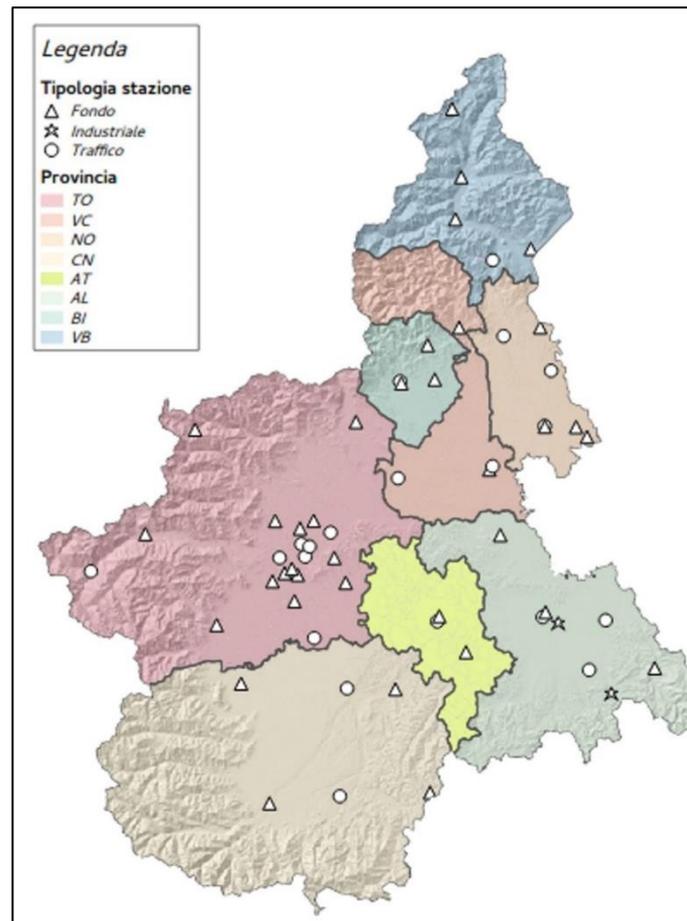


Figura 3.4 – La rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria (fonte ARPA Piemonte)

Tabella 3.9 – Stazioni per il monitoraggio della qualità dell'aria, suddivisione per tipo di zona (fonte ARPA Piemonte)

Tipo zona	C ₆ H ₆	b(a)p	NO ₂	SO ₂	CO	O ₃	PM ₁₀	PM _{2.5}	metalli tossici
rurale	1	6	10	1	2	9	10	6	6
suburbana	5	10	15	3	2	11	13	9	9
urbana	17	21	29	7	11	11	37	16	20

**Tabella 3.10 – Stazioni per il monitoraggio della qualità dell'aria, suddivisione per tipo di stazione
(fonte ARPA Piemonte)**

Tipo stazione	C ₆ H ₆	b(a)p	NO ₂	SO ₂	CO	O ₃	PM ₁₀	PM _{2.5}	metalli tossici
fondo	14	23	34	5	4	31	38	26	21
industriale		1		1			1		1
traffico	9	13	20	5	11		21	5	13

Le stazioni della rete regionale che, per localizzazione e tipologia, possono rappresentare lo stato di qualità dell'aria dell'area di studio sono le seguenti:

- Cigliano-Autostrada, localizzata circa a 13 km in direzione Ovest Nord-Ovest dall'area di Centrale;
- Vercelli - CONI, localizzata circa a 18 km in direzione Est Nord-Est dall'area di Centrale;
- Casale M.to - Castello, localizzata circa a 24 km in direzione Sud-Est dall'area di Centrale.

La seguente Tabella 3.11 ne riporta una sintetica descrizione anagrafica.

**Tabella 3.11 – Stazioni per il monitoraggio della qualità dell'aria, suddivisione per tipo di stazione
(fonte ARPA Piemonte)**

Nome stazione	Codice EOI	Comune	Coordinate WGS 84 / UTM zone 32N		Quota	Tipo di zona	Tipo di stazione
			Est	Nord			
Cigliano-Autostrada	IT2116A	Cigliano	424'992	5'016'139	237	Rurale	Traffico
Vercelli - CONI	IT1878A	Vercelli	453'159	5'018'552	134	Suburbana	Background
Casale M.to - Castello	IT1582A	Casale Monferrato	456'375	4'998'222	118	Urbana	Background

ARPA Piemonte realizza valutazioni sullo stato di qualità dell'aria anche attraverso l'applicazione di strumenti modellistici di tipo tridimensionale in grado di fornire livelli di dettaglio e tipologie di informazione che possono essere considerate fra di loro complementari. Il modello adottato permette di descrivere la distribuzione delle concentrazioni di inquinanti inerti, o considerati tali, immessi in atmosfera da specifiche tipologie di sorgenti (puntuali, lineari, areali), in grado di tenere conto anche della presenza di ostacoli, permettendo di stimare il contributo relativo delle singole sorgenti emmissive alle concentrazioni in aria.

I seguenti paragrafi approfondiscono i risultati rilevati dalla rete di qualità dell'aria, per il periodo fino al 2019, in relazione ai principali macroinquinanti.

3.4.2 Biossido di azoto

Il biossido di azoto (NO_2), gas di colore rosso-bruno caratterizzato da un odore acre e pungente, viene normalmente generato a seguito di processi di combustione ad elevata temperatura: le principali sorgenti emissive sono il traffico veicolare, gli impianti di riscaldamento ed alcuni processi industriali; è per lo più un inquinante secondario, che svolge un ruolo fondamentale nella formazione dello smog fotochimico e delle piogge acide, ed è tra i precursori di alcune frazioni significative di particolato.

Il D. Lgs. 155/2010 fissa due valori limite per il biossido di azoto: la media annua di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e la media oraria di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 18 volte nel corso dell'anno civile (cfr. paragrafo 3.1).

Il biossido di azoto prosegue nel 2019 sul territorio regionale il lento trend discendente dei valori rilevato negli ultimi 30 anni e interrotto nel 2017 a causa di una meteorologia particolarmente sfavorevole alla dispersione degli inquinanti, continuando tuttavia ad evidenziare criticità soprattutto nell'agglomerato di Torino, dove sono stati misurati 3 superamenti del valore limite annuale.

Sempre a livello regionale, il valore limite orario, pari a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, è stato superato 11 volte a Torino, nella stazione urbana di traffico di Torino-Rebaudengo. In nessuna stazione della rete regionale in cui si misura il parametro si è superato il valore limite di 18 superamenti della soglia oraria ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Nelle figure che seguono, Figura 3.5, Figura 3.6 e Figura 3.7, sono riportate le medie annuali pluriennali misurate nelle stazioni della rete regionale selezionate come rappresentative dell'area di studio (cfr. paragrafo 3.4.1). Si rileva il rispetto per l'anno 2019 del relativo limite (media annua di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) su tutte e tre le stazioni. Sono stati tuttavia registrati dei superamenti nel 2014 e 2015 nella stazione Cigliano-Autostrada (tipo Traffico).

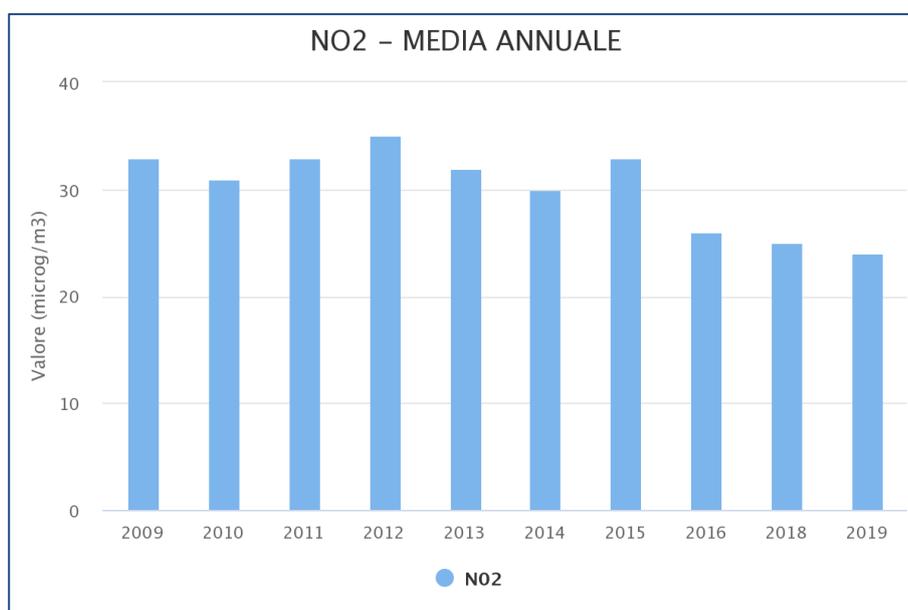


Figura 3.5 – Stazione Casale M.to - Castello. Concentrazione media annuale di NO_2 (fonte ARPA Piemonte)

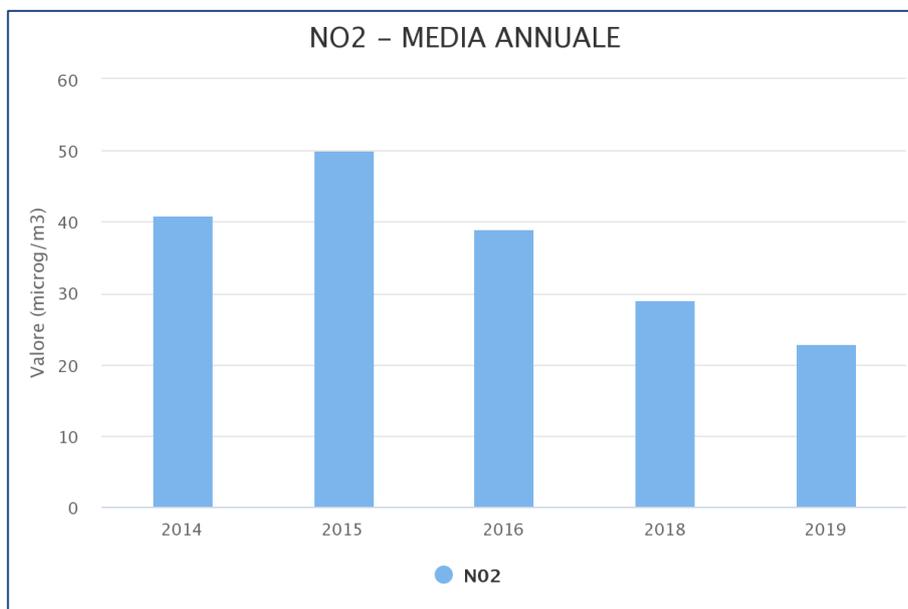


Figura 3.6 – Stazione Cigliano-Autostrada. Concentrazione media annuale di NO₂ (fonte ARPA Piemonte)

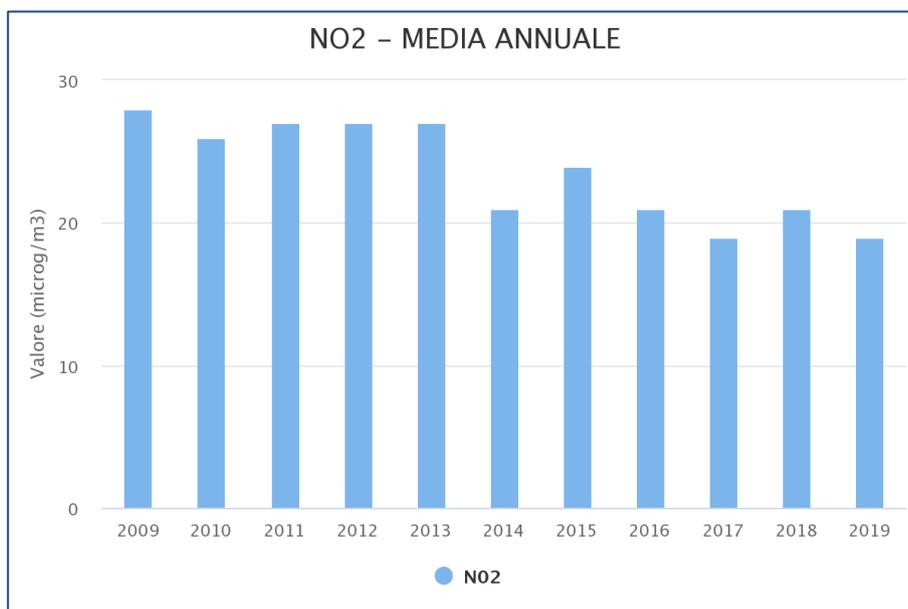


Figura 3.7 – Stazione Vercelli - CONI. Concentrazione media annuale di NO₂ (fonte ARPA Piemonte)

Nelle figure che seguono, Figura 3.8 e Figura 3.9, sono riportate la media annuale e il percentile 99.79 della distribuzione oraria stimate per i vari Comuni con il sistema modellistico di qualità dell'aria per l'anno 2019. Ad ogni Comune è associato un colore differente in relazione alla classe di concentrazione nella quale il valore stimato è compreso. La stima modellistica relativa all'area di interesse ai fini del presente studio indica una concentrazione media di NO₂ compresa tra 11 e 26 µg/m³ (a fronte di un limite normativo di 40 µg/m³), ed un percentile 99.79 della distribuzione oraria di NO₂ compreso tra 51 e 100 µg/m³ (a fronte di un limite normativo di 200 µg/m³).

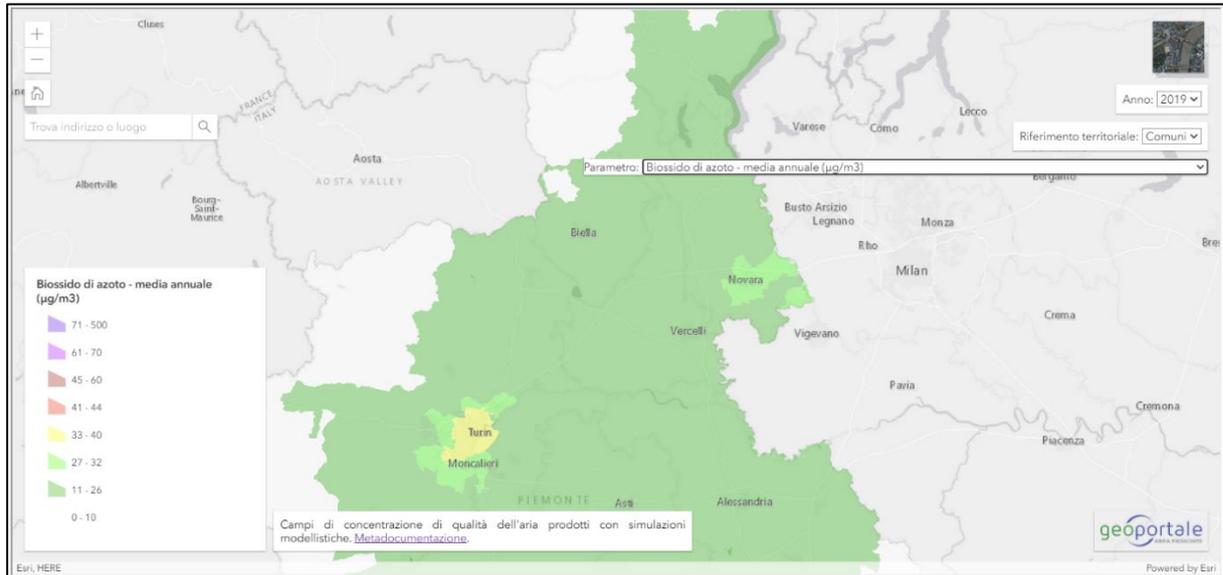


Figura 3.8 – NO₂, media annuale stimata con il sistema modellistico per l’anno 2019
(fonte: Geoportale ARPA Piemonte)

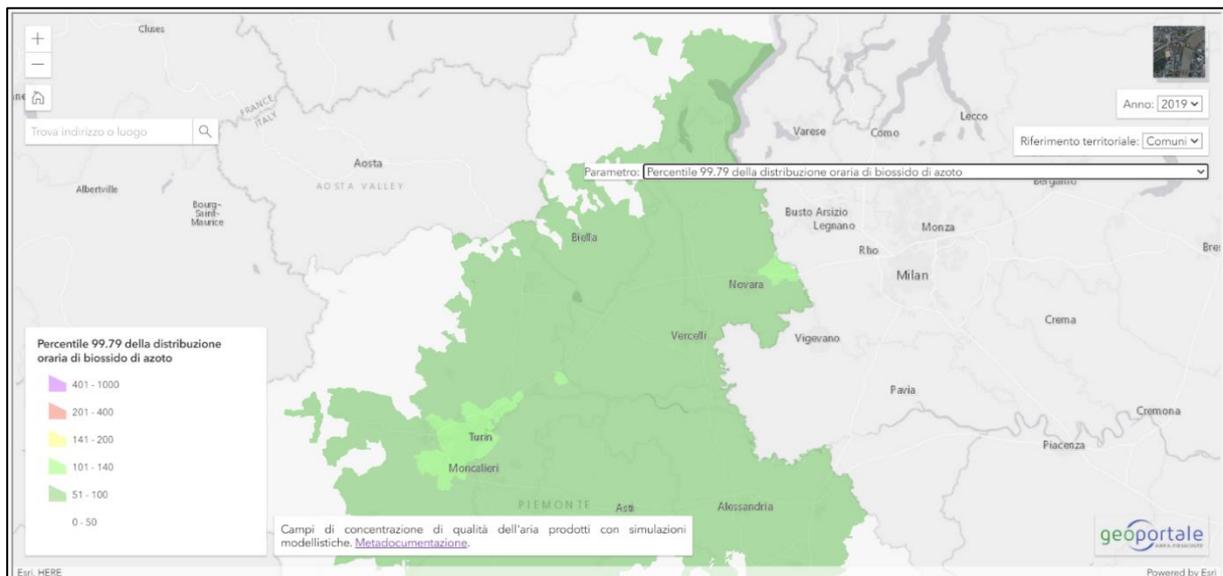


Figura 3.9 – NO₂, percentile 99.79 della distribuzione oraria stimato con il sistema modellistico per l’anno 2019
(fonte: Geoportale ARPA Piemonte)

3.4.3 Particolato PM₁₀

Con il termine particolato PM₁₀ si intende l'insieme di particelle atmosferiche solide e liquide aventi diametro aerodinamico inferiore o uguale a 10 µm. In generale, il particolato di queste dimensioni permane in atmosfera per lunghi periodi e può essere trasportato anche a distanza considerevole dal punto di emissione. Il PM₁₀, che ha una natura chimica particolarmente complessa e variabile, è in grado di penetrare nell'apparato respiratorio umano e avere effetti negativi sulla salute. Il particolato può essere emesso direttamente dalle sorgenti in atmosfera (primario) oppure formarsi in atmosfera attraverso reazioni chimiche fra altre specie di inquinanti, come ad esempio gli ossidi di zolfo e di azoto, i composti organici volatili (COV) e l'ammoniaca (particolato secondario). Il PM₁₀ può essere emesso da sorgenti naturali (eruzioni vulcaniche, erosione dei venti sulle rocce, incendi boschivi), o da sorgenti antropiche, tra le quali una delle più significative è il traffico veicolare. Questo inquinante è oggetto di numerosi studi a livello internazionale per la valutazione dell'impatto sanitario, ricerche che hanno portato l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) a affermare che *«vi è una stretta, relazione quantitativa tra l'esposizione ad alte concentrazioni di particolato fine (PM₁₀ e PM_{2.5}) e un aumento della mortalità e morbilità, sia quotidiana sia nel tempo. [...] Il particolato fine ha effetti sulla salute, anche a concentrazioni molto basse, infatti non è stata identificata una soglia al di sotto della quale non si osservano danni alla salute»*. Pertanto, l'OMS, pur indicando dei valori guida (per il PM₁₀: 20 µg/m³ come media annuale e 50 µg/m³ come media sulle 24 ore), pone l'obiettivo di raggiungere *«le più basse concentrazioni di PM possibile»*.

Il D. Lgs. 155/2010 fissa due valori limite per il PM₁₀: la media annua di 40 µg/m³ e la media giornaliera di 50 µg/m³ da non superare più di 35 volte nel corso dell'anno civile (cfr. paragrafo 3.1).

La seguente Figura 3.10 riporta le medie annuali, su base regionale, dei tre tipi di zona (urbana, suburbana e rurale) nei quali sono ripartiti i punti di misura della rete; quella urbana si conferma come la più critica delle tre. Gli ultimi 20 anni mettono in evidenza, a livello regionale, una diminuzione complessiva del valore medio annuale. A titolo di esempio, la stazione di Torino - Consolata negli ultimi 20 anni ha ridotto di oltre il 50% il valore annuale di concentrazione, che è passato da 71 µg/m³ nel 2000 a 33 µg/m³ nel 2019.

Analogamente, la seguente Figura 3.11 riporta il valore medio di superamenti calcolato per ogni tipo di zona (rurale, suburbana e urbana). Come per la media annuale, anche per i superamenti negli ultimi venti si è assistito, a livello regionale, ad una diminuzione complessiva del loro numero. La riduzione complessiva dei valori è evidente: nelle stazioni urbane il valore misurato nel 2019 è pari a quasi un quarto di quello misurato nei primi anni dello scorso decennio. Nella stazione di Torino - Consolata, ad esempio, i superamenti sono passati da 214 nel 2000 a 45 nel 2019. Nonostante il netto miglioramento, la stazione mantiene un numero di superamenti superiore a quello consentito dalla normativa (35).

In Piemonte nel 2019 il limite giornaliero è stato superato in circa il 39% delle stazioni, con valori generalmente confrontabili con quelli misurati nell'anno precedente. Gran parte di queste stazioni sono collocate nell'agglomerato di Torino e nella zona di Pianura del Piemonte.

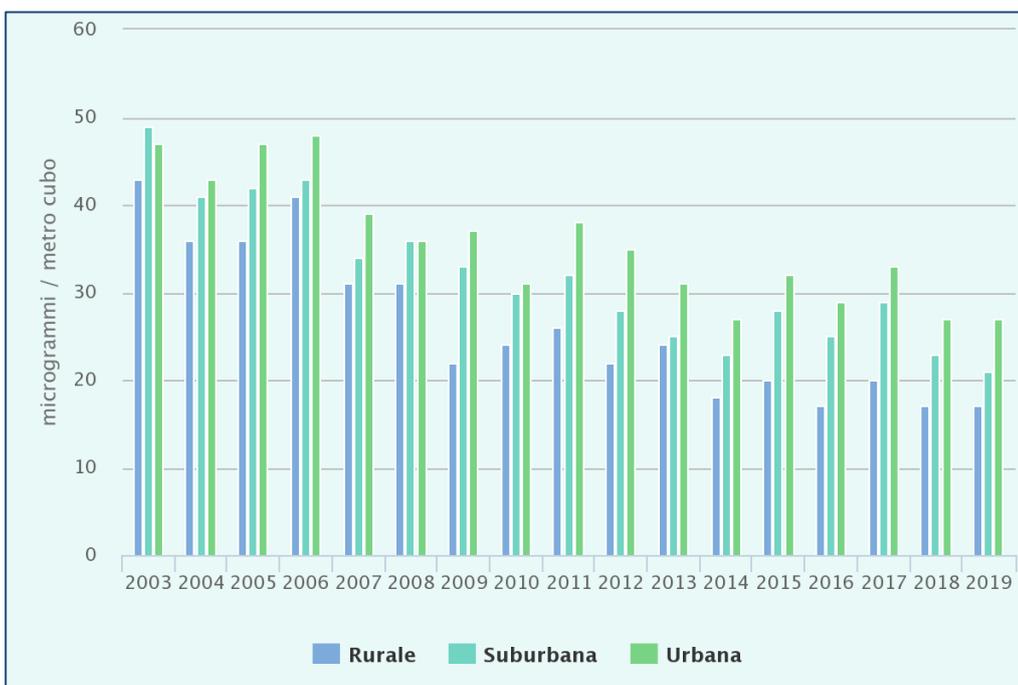


Figura 3.10 – PM₁₀, andamento della media annua, anni 2003-2019 (fonte: ARPA Piemonte)

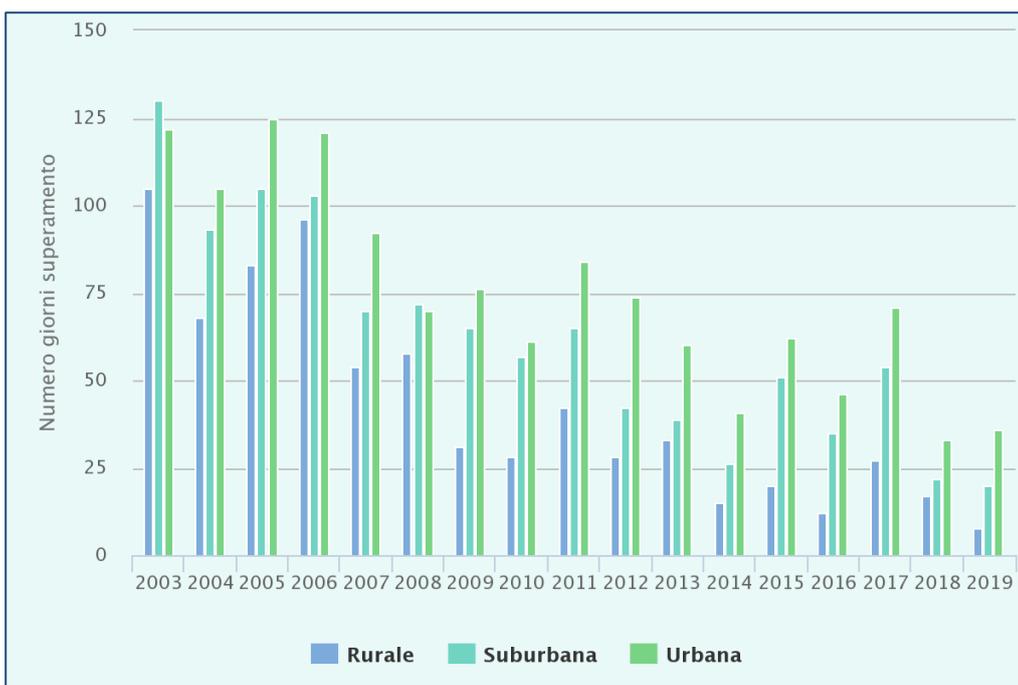


Figura 3.11 – PM₁₀, andamento del numero medio dei superamenti della soglia giornaliera, anni 2003-2019 (fonte: ARPA Piemonte)

Nelle figure che seguono, da Figura 3.12 a Figura 3.14, sono riportate le medie annuali pluriennali misurate nelle stazioni della rete regionale selezionate come rappresentative dell'area di studio (cfr. paragrafo 3.4.1). Si rileva il rispetto per tutto il periodo considerato del relativo limite (media annua di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) su tutte e tre le stazioni.

Nelle figure successive, da Figura 3.15 a Figura 3.17, sono riportati, per le stesse stazioni, il numero di superamenti della soglia giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Si rileva il rispetto per l'anno 2019 del relativo limite (al più 35 superamenti) sulle due stazioni che dispongono di un dato valido (la stazione Casale M.to - Castello non ha dato al 2019). Si rileva tuttavia un diffuso superamento del limite negli anni fino al 2017 in tutte e tre le stazioni.

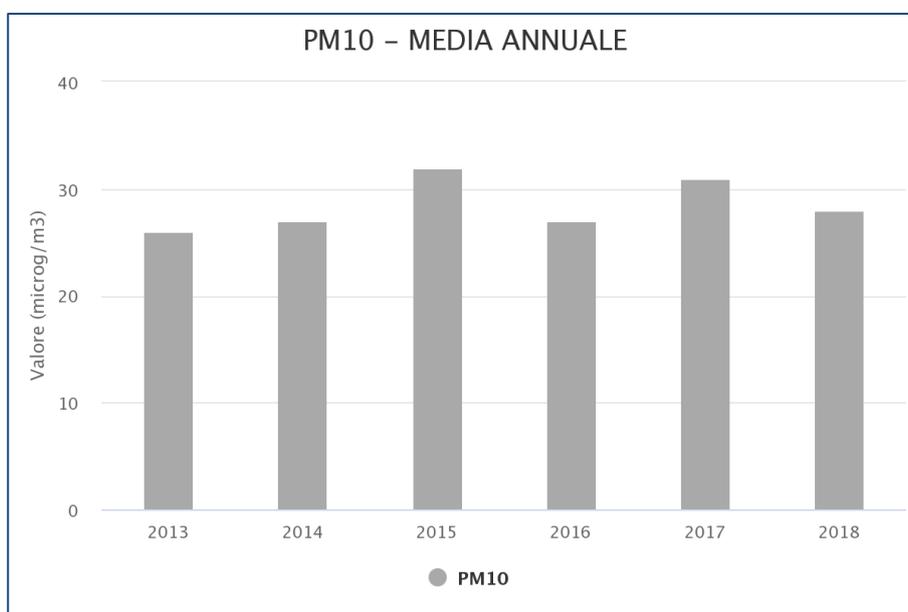


Figura 3.12 – Stazione Casale M.to - Castello. Concentrazione media annuale di PM_{10} (fonte ARPA Piemonte)

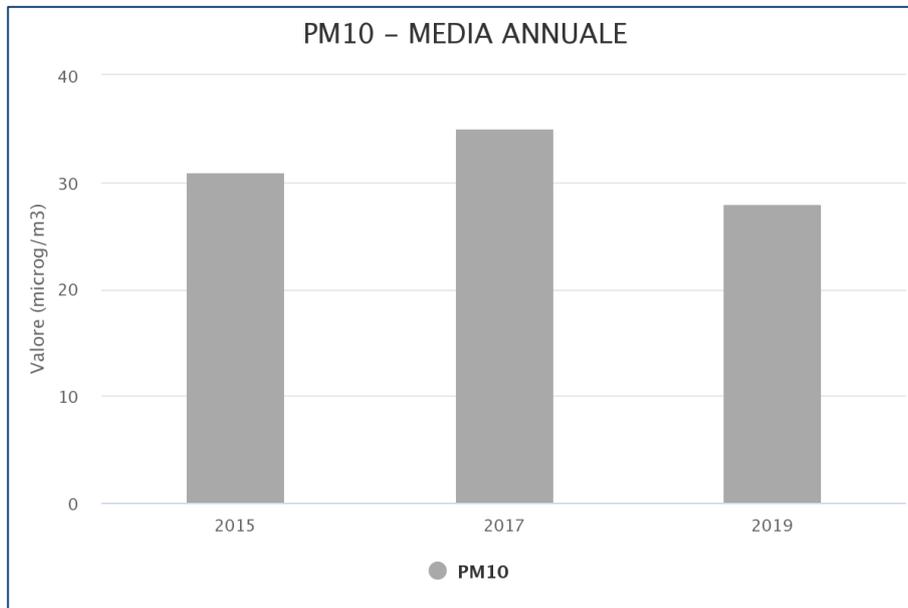


Figura 3.13 – Stazione Cigliano-Autostrada- Concentrazione media annuale di PM₁₀ (fonte ARPA Piemonte)

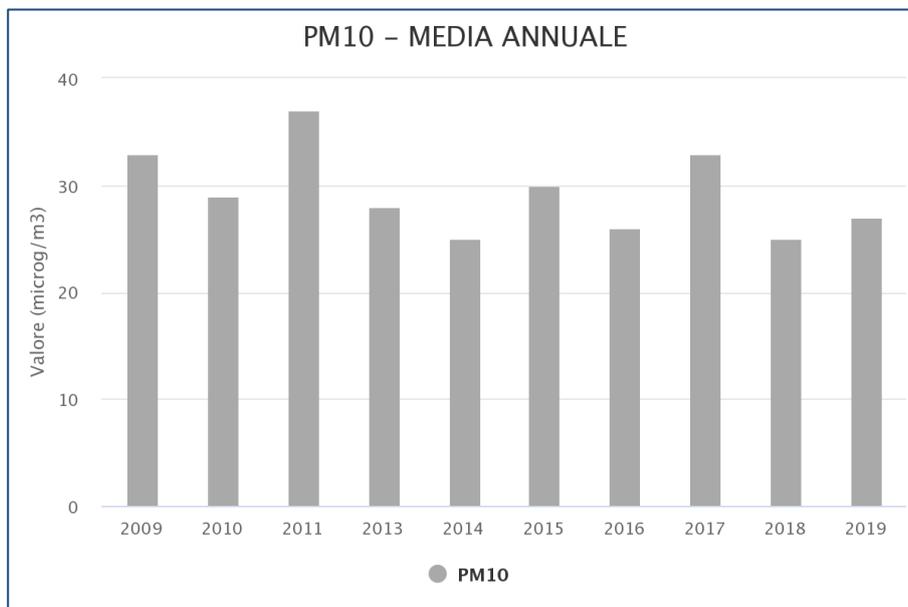


Figura 3.14 – Stazione Vercelli – CONI. Concentrazione media annuale di PM₁₀ (fonte ARPA Piemonte)

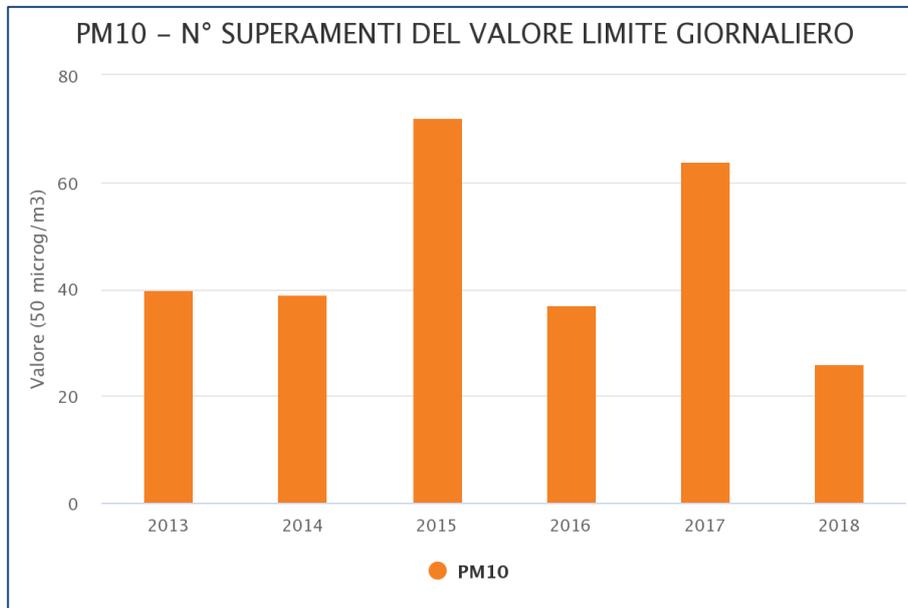


Figura 3.15 – Stazione Casale M.to - Castello. Numero di superamenti del valore soglia giornaliero di PM₁₀
(fonte ARPA Piemonte)

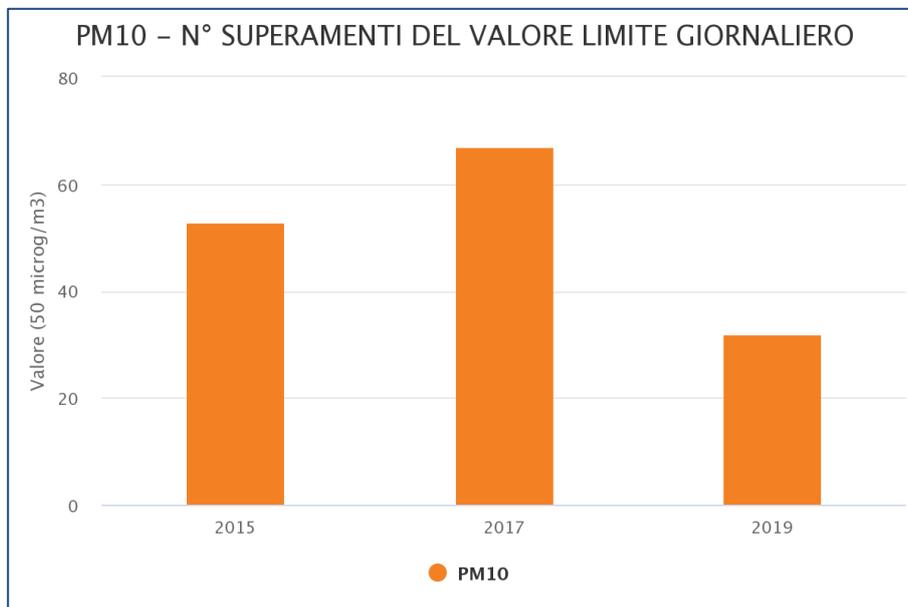


Figura 3.16 – Stazione Cigliano-Autostrada. Numero di superamenti del valore soglia giornaliero di PM₁₀
(fonte ARPA Piemonte)

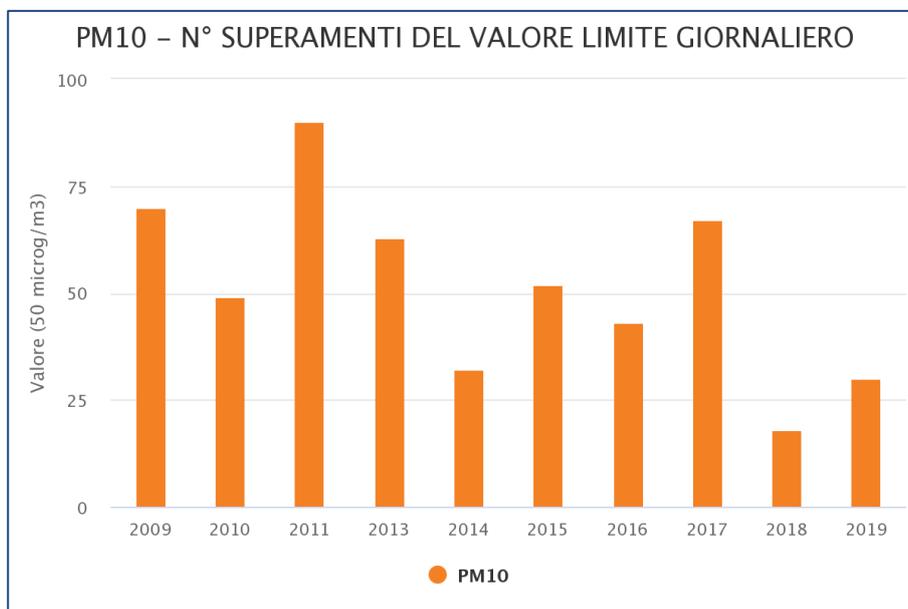


Figura 3.17 – Stazione Vercelli – CONI. Numero di superamenti del valore soglia giornaliero di PM₁₀ (fonte ARPA Piemonte)

Nelle figure che seguono, Figura 3.18, Figura 3.19 e Figura 3.20, sono riportate, rispettivamente, la media annuale, il percentile 90.41 della distribuzione giornaliera ed il numero di superamenti della soglia giornaliera di 50 µg/m³ stimate per i vari Comuni con il sistema modellistico di qualità dell'aria per l'anno 2019. Ad ogni Comune è associato un colore differente in relazione alla classe di concentrazione nella quale il valore stimato è compreso. La stima modellistica relativa all'area di interesse ai fini del presente studio indica una concentrazione media di PM₁₀ compresa tra 21 e 28 µg/m³ (a fronte di un limite normativo di 40 µg/m³), un percentile 90.41 della distribuzione giornaliera di PM₁₀ compreso tra 51 e 100 µg/m³ (a fronte di un limite normativo di 50 µg/m³) ed un numero di superamenti della soglia giornaliera di 50 µg/m³ compreso tra 36 e 50 (a fronte di un limite normativo di 35). Si evidenzia dunque per l'area una potenziale criticità sulla qualità dell'aria relativa alla concentrazione di PM₁₀.

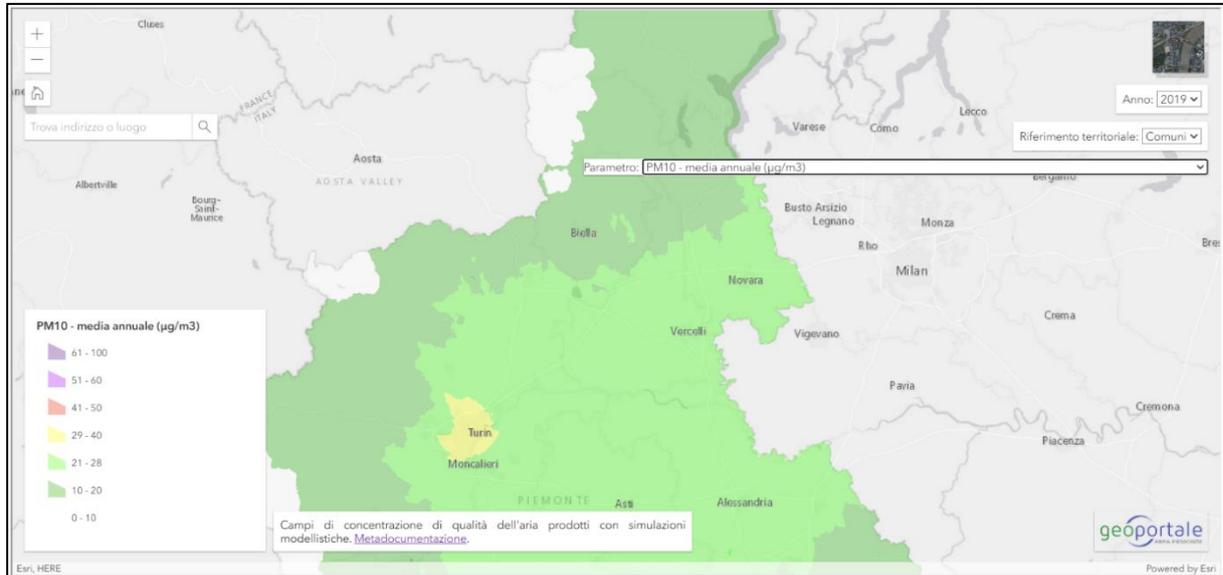


Figura 3.18 – PM₁₀, media annuale stimata con il sistema modellistico per l’anno 2019
(fonte: Geoportale ARPA Piemonte)

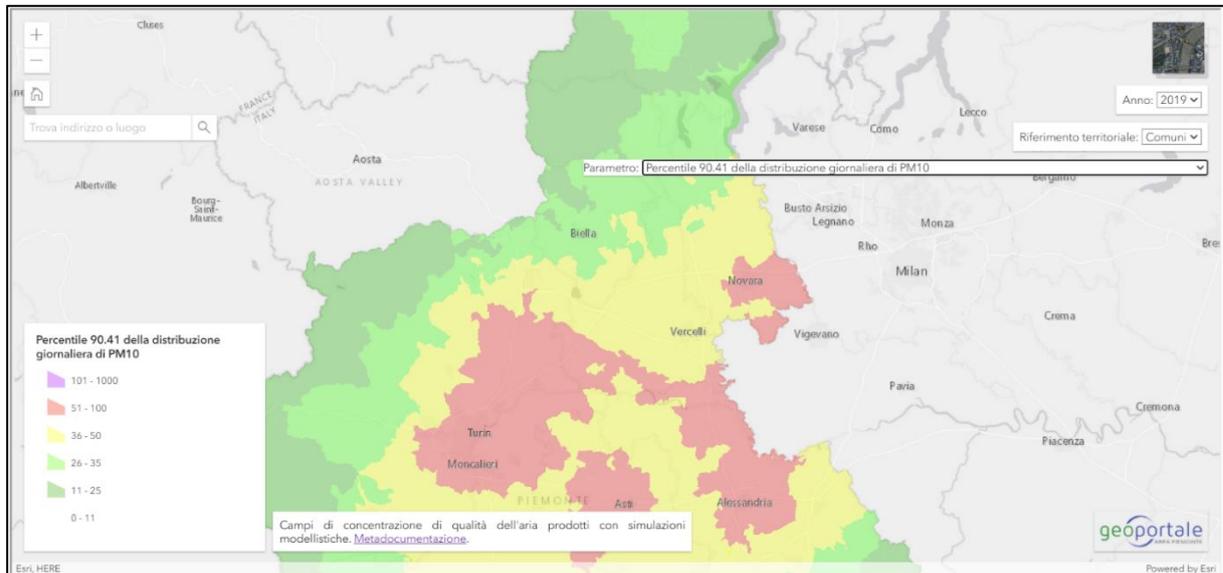


Figura 3.19 – PM₁₀, percentile 90.41 della distribuzione giornaliera stimato con il sistema modellistico per l’anno 2019
(fonte: Geoportale ARPA Piemonte)

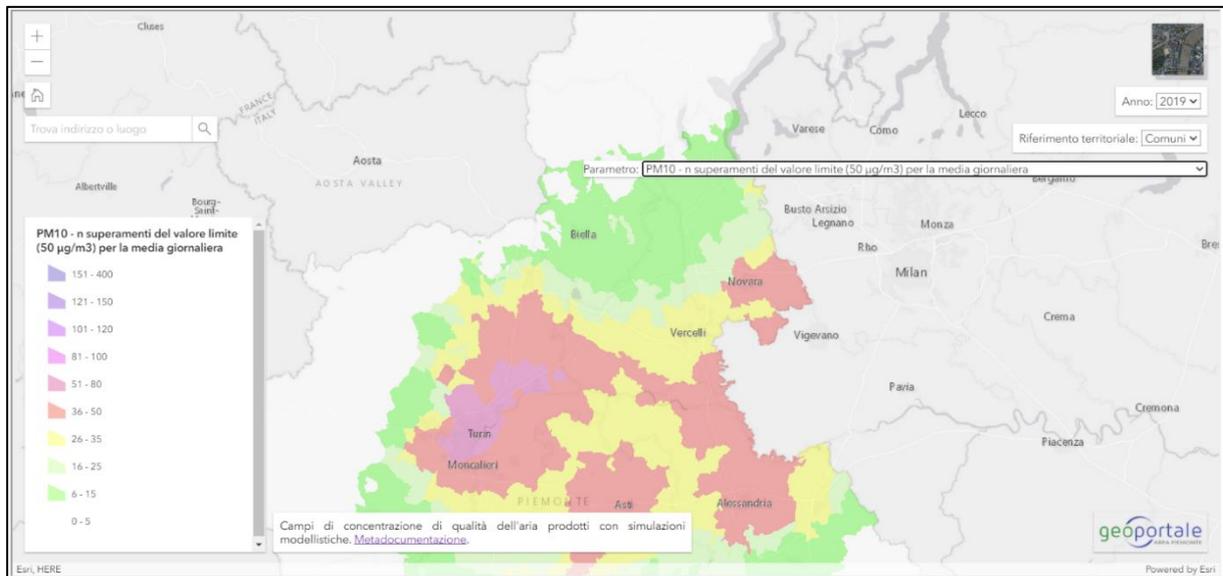


Figura 3.20 – PM₁₀, numero di superamenti della soglia giornaliera di 50 µg/m³ stimato con il sistema modellistico per l'anno 2019 (fonte: Geoportale ARPA Piemonte)

3.4.4 Particolato PM_{2.5}

Con il termine particolato PM_{2.5} si intende l'insieme di particelle atmosferiche solide e liquide aventi diametro aerodinamico medio inferiore a 2.5 µm. In generale, il particolato di queste dimensioni microscopiche e inalabili penetra in profondità attraverso l'apparato respiratorio, dai bronchi sino agli alveoli polmonari e riesce anche, attraverso la mucosa, ad arrivare al sangue. Il particolato PM_{2.5} può essere di origine primaria, quando è emesso direttamente dalle sorgenti in atmosfera, o secondario, quando si forma in atmosfera attraverso reazioni chimiche fra altri composti, come ad esempio gli ossidi di zolfo e di azoto, i composti organici volatili (COV) e l'ammoniaca. Il particolato PM_{2.5} può essere emesso da sorgenti naturali, ad esempio eruzioni vulcaniche, erosione del suolo, incendi boschivi e aerosol marino, o da sorgenti antropiche, tra le quali traffico veicolare, utilizzo di combustibili (carbone, combustibili liquidi, rifiuti, legno, rifiuti agricoli) e emissioni industriali (cementifici, fonderie). Questo inquinante, come il PM₁₀, è oggetto di numerosi studi a livello internazionale per la valutazione dell'impatto sulla salute umana: queste ricerche hanno portato l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) a affermare che *«La maggior parte delle particelle che danneggiano la salute sono quelle con un diametro di 10 micron o meno, (≤PM₁₀), che possono penetrare e depositarsi in profondità nei polmoni. L'esposizione cronica alle particelle contribuisce al rischio di sviluppare malattie cardiovascolari e respiratorie, nonché di cancro ai polmoni. [...] Vi è una stretta relazione quantitativa tra l'esposizione ad alte concentrazioni di particolato fine (PM₁₀ e PM_{2.5}) e un aumento della mortalità e morbilità, sia quotidiana sia nel tempo. [...] Il particolato fine ha effetti sulla salute anche a concentrazioni molto basse, infatti non è stata identificata una soglia al di sotto della quale non si osservano danni alla salute»*. Pertanto, l'OMS, pur indicando dei valori guida (per il PM_{2.5}: 10 µg/m³ come media annuale e 25 µg/m³ come media sulle 24 ore), pone l'obiettivo di raggiungere *«le più basse concentrazioni di PM possibile»*. Il D. Lgs. 155/2010 fissa per il PM_{2.5} un valore limite sulla concentrazione media annuale pari a 25 µg/m³ (cfr. paragrafo 3.1).

A livello regionale, nel 2019, come anche nel 2018, il valore limite (25 µg/m³) non è stato superato in nessun punto di misura, a differenza di quanto si era verificato nel 2017, in cui era stato superato in ben nove punti di misura della rete regionale.

Nella Figura 3.21 è riportato il trend della media annua per tipologia di zona: rurale, suburbana, urbana. Il valore medio, per tipologia di zona, dei dati misurati denota la tendenza alla diminuzione in analogia al PM₁₀.

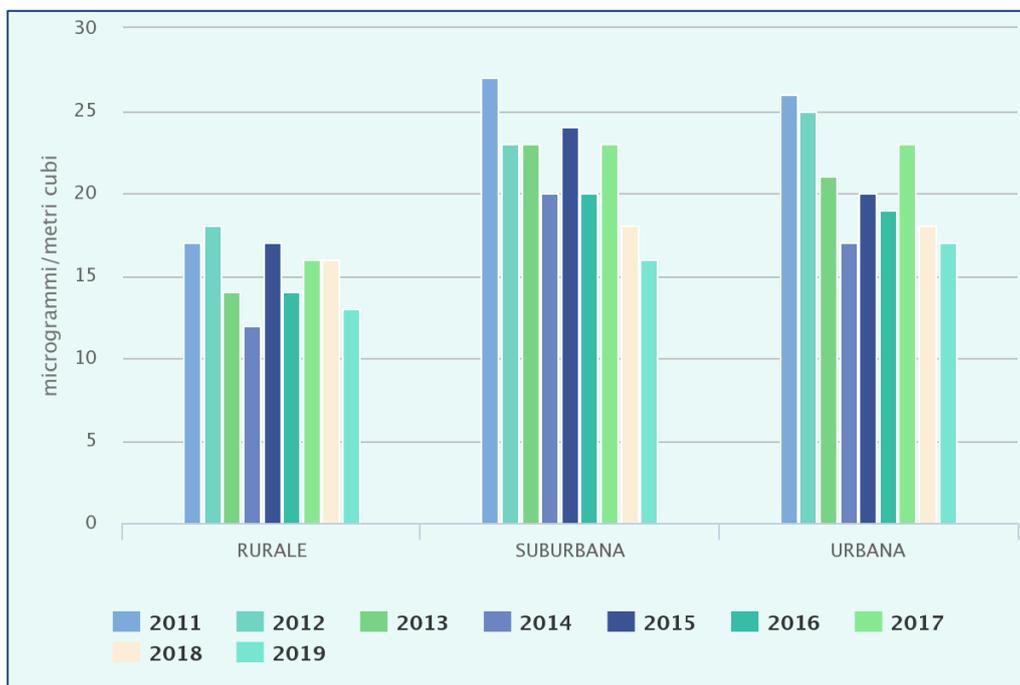


Figura 3.21 – PM_{2.5}, trend della media annua per tipo di zona, anni 2011-2019
(fonte: Geoportale ARPA Piemonte)

Nelle figure che seguono, Figura 3.22 e Figura 3.23, sono riportate le medie annuali pluriennali misurate nelle stazioni della rete regionale selezionate come rappresentative dell'area di studio (cfr. paragrafo 3.4.1) che dispongono di dato valido. Si rileva il rispetto per l'anno 2019 del relativo limite (media annua di 25 µg/m³). Si rileva tuttavia il superamento della soglia di 25 µg/m³ nella stazione Vercelli - CONI per gli anni 2011 e 2015.

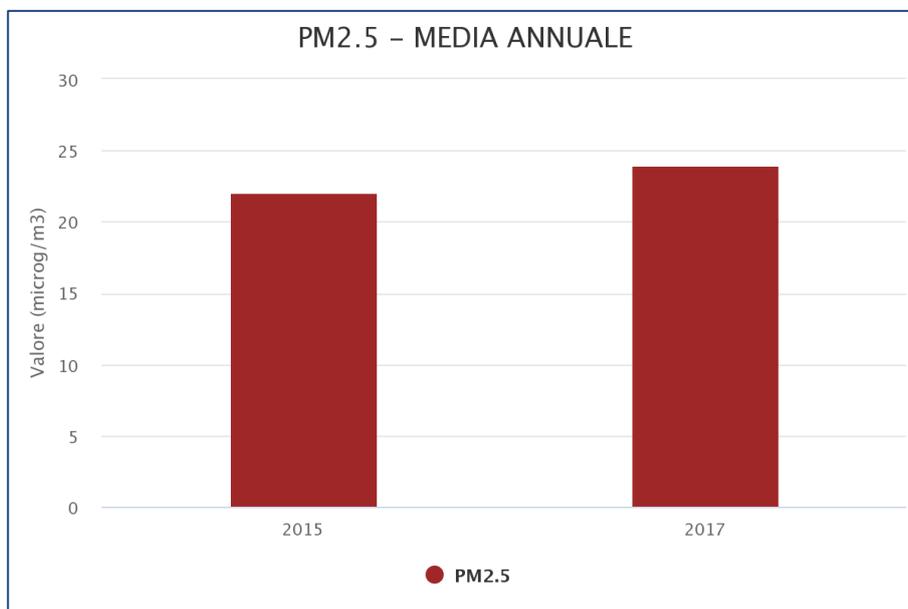


Figura 3.22 – Stazione Cigliano-Autostrada. Concentrazione media annuale di PM_{2.5} (fonte ARPA Piemonte)

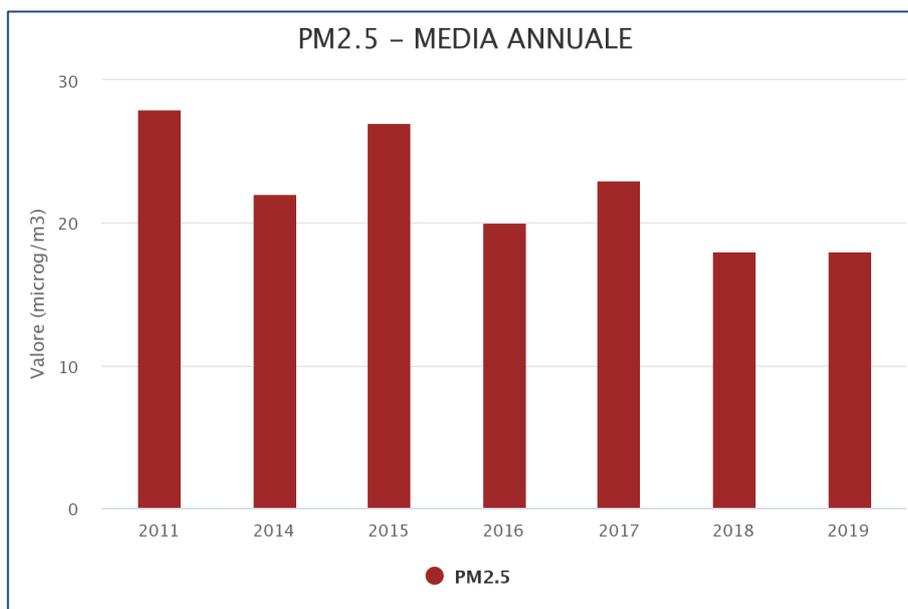


Figura 3.23 – Stazione Vercelli - CONI. Concentrazione media annuale di PM_{2.5} (fonte ARPA Piemonte)

Nella seguente Figura 3.24 è riportata la media annuale stimata per i vari Comuni con il sistema modellistico di qualità dell'aria per l'anno 2019. Ad ogni Comune è associato un colore differente in relazione alla classe di concentrazione nella quale il valore stimato è compreso. La stima modellistica relativa all'area di interesse ai fini del presente studio indica una concentrazione media di PM_{2.5} compresa tra 13 e 17 µg/m³ (a fronte di un limite normativo di 25 µg/m³).

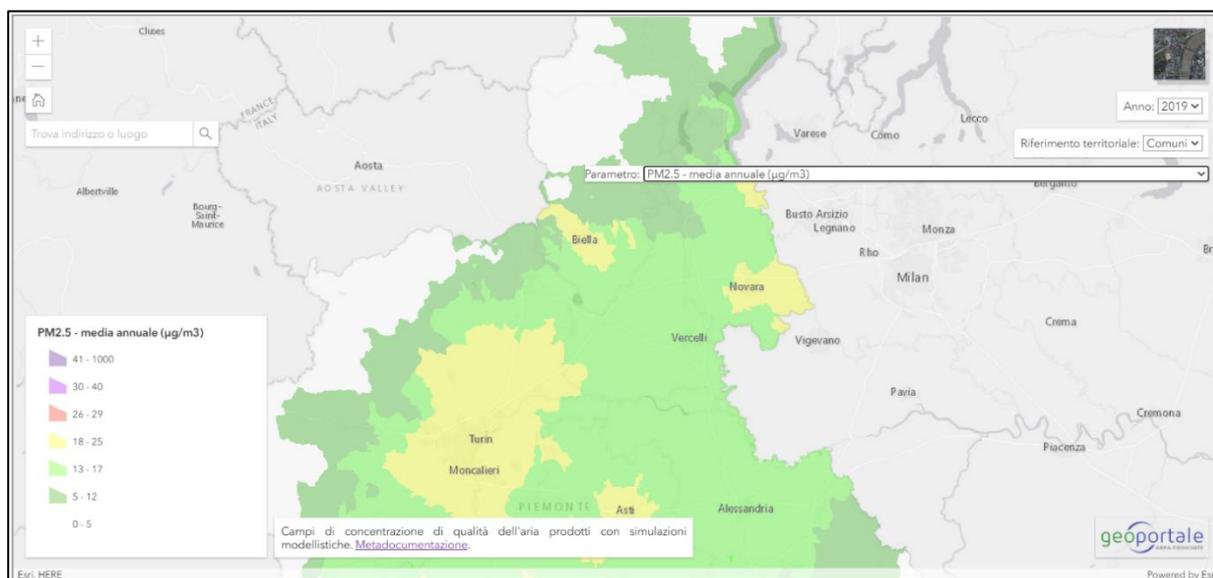


Figura 3.24 – PM_{2.5}, media annuale stimata con il sistema modellistico per l’anno 2019
(fonte: Geoportale ARPA Piemonte)

3.4.5 Ozono

L’ozono (O₃) è un gas molto reattivo presente in atmosfera. Negli strati alti (stratosfera) è di origine naturale e aiuta a proteggere la vita sulla terra formando uno strato protettivo che filtra i raggi ultravioletti del sole, mentre nello strato più basso (troposfera), se presente in concentrazioni elevate, provoca disturbi irritativi all’apparato respiratorio e danni alla vegetazione. L’ozono di origine naturale si forma per interazione tra composti organici emessi in natura e l’ossigeno dell’aria sotto l’irradiazione solare, mentre quello di origine antropica si forma a seguito di reazioni con sostanze precursori quali composti organici volatili (COV) e ossidi di azoto. L’immissione di inquinanti primari, prodotti da traffico, processi di combustione, solventi delle vernici, evaporazione di carburanti, etc., favorisce la produzione di un eccesso di ozono rispetto alle quantità presenti in natura durante i mesi estivi.

L’ozono, a differenza degli altri inquinanti, raggiunge le concentrazioni più elevate generalmente nelle stazioni rurali e in quelle di quota, nei mesi più caldi dell’anno e nelle ore di massimo irraggiamento solare.

Il D. Lgs. 155/2010 fissa per l’ozono un valore obiettivo per la protezione della salute umana pari a 120 µg/m³ sulla media massima giornaliera calcolata su 8 ore, da non superare più di 25 volte l’anno come media su tre anni, ed un valore obiettivo per la protezione della vegetazione AOT40 pari a 18'000

$\mu\text{g}/(\text{m}^3\cdot\text{h})$ come media su cinque anni. Il D. Lgs. 155/2010 prevede inoltre delle soglie di informazione e di allarme per la concentrazione di ozono pari rispettivamente a 180 e 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (cfr. paragrafo 3.1).

A livello regionale, nel 2019 si è registrato un aumento della percentuale di stazioni interessate dai superamenti, passata da quasi il 75% del 2018 all'83% del 2019 (nel 2017 era stata del 90%) accompagnato anche da un aumento dei valori dei superamenti nella maggioranza dei punti di misura. Il valore obiettivo per la protezione della salute umana è stato superato in tutte le stazioni del territorio regionale con l'eccezione delle stazioni di quota di Ceresole Reale e Baceno-Alpe Devero (che però ha una percentuale di dati validi inferiore al 90%), delle stazioni di pianura di Revello-Staffarda, Saliceto-Moizo e Domodossola-Curotti e della stazione di valle di Susa-Repubblica. Si ricorda però che il superamento del valore obiettivo deve essere calcolato, a norma di legge, come media su tre anni.

Nella Figura 3.25 è riportato il trend della concentrazione di ozono per tipologia di zona: rurale, suburbana, urbana. La concentrazione media misurata nei mesi più caldi dell'anno, da maggio a settembre vale a dire quelli più critici per questo inquinante, conferma una sostanziale stazionarietà dei valori, soprattutto negli ultimi quattro anni, in tutte le zone prese in considerazione.

La Figura 3.26 riporta analogamente il trend del numero dei superamenti del valore obiettivo di ozono per tipologia di zona. Il numero medio dei giorni nei quali è superato il valore obiettivo denota una sostanziale stabilità di tutte le zone, con variazioni di anno in anno legate alle caratteristiche meteorologiche. Nella serie risaltano in modo peculiarmente opposto l'anno 2003, durante il quale la situazione meteorologica ha fortemente favorito la formazione di ozono a causa dell'estate anormalmente calda, e il 2014 nel quale la meteorologia del periodo estivo, caratterizzata da un'elevata piovosità, ne ha invece sfavorito fortemente la formazione.

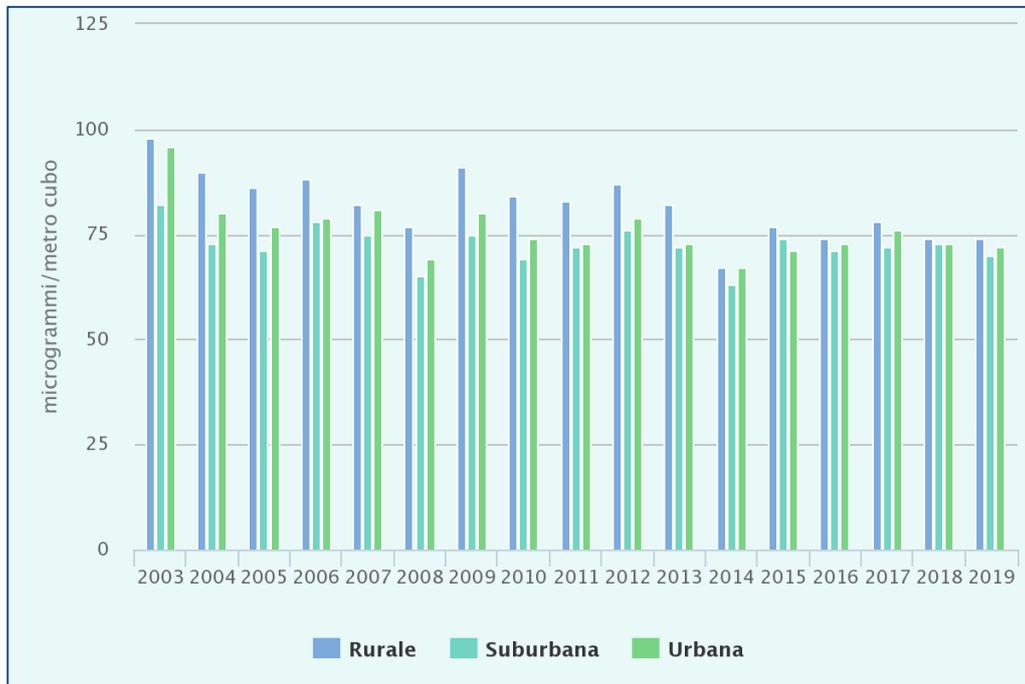


Figura 3.25 – O₃, trend concentrazione, anni 2003-2019 (fonte ARPA Piemonte)

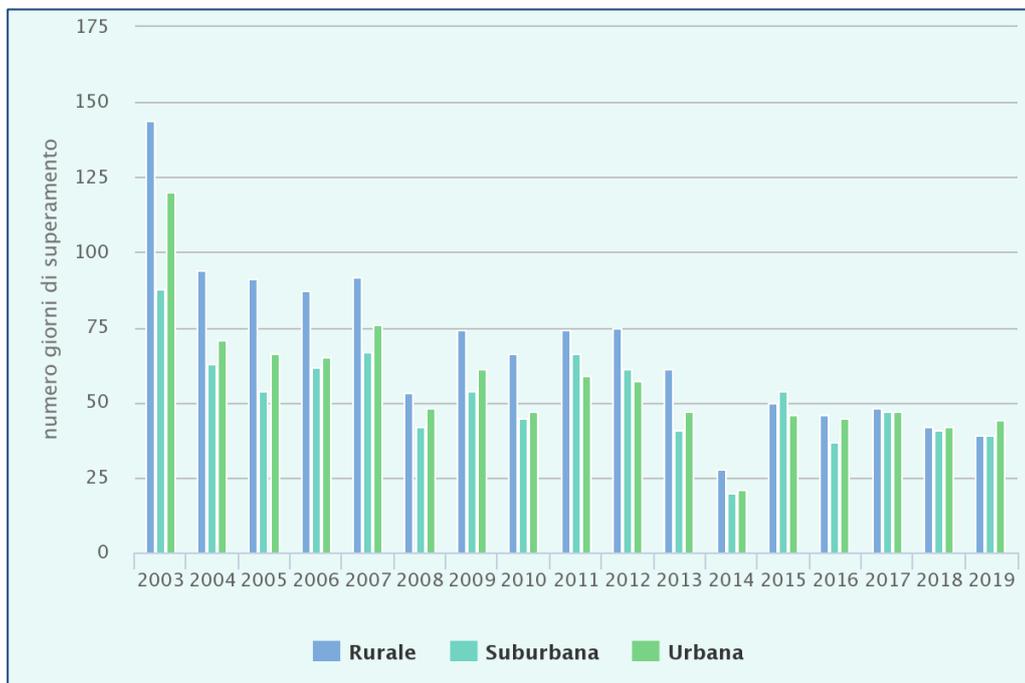


Figura 3.26 – O₃, trend numero superamenti, anni 2003-2019 (fonte ARPA Piemonte)

Nella seguente Figura 3.27 è riportato il numero di superamenti del valore obiettivo a lungo termine di O₃ misurato nella stazione Vercelli - CONI, unica tra quelle selezionate come rappresentative dell'area di studio (cfr. paragrafo 3.4.1) a disporre di apposita strumentazione di misura. Si rileva il superamento della soglia di 25 volte l'anno (come media su tre anni) durante l'intero periodo considerato.

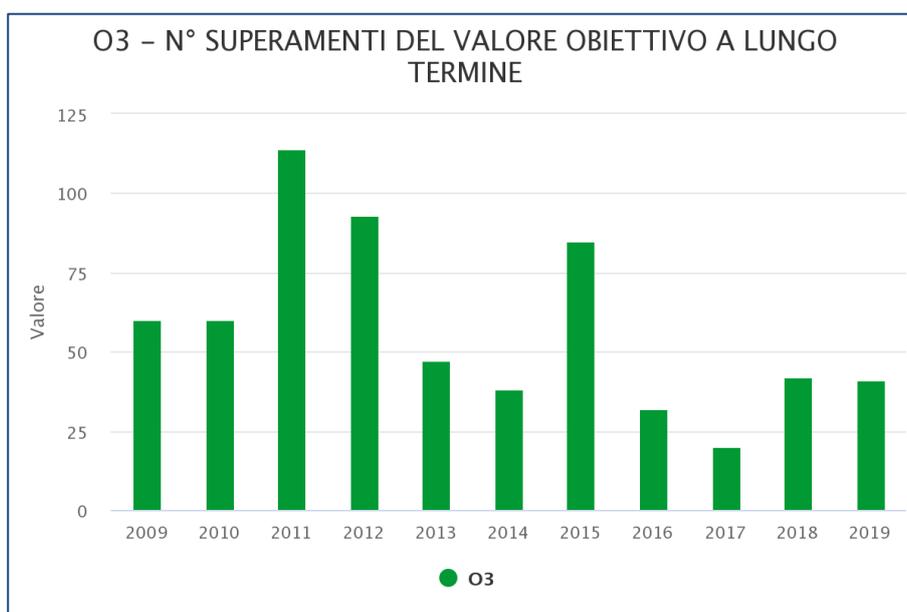


Figura 3.27 – Stazione Vercelli - CONI. Numero di superamenti del valore obiettivo a lungo termine di O₃ (fonte ARPA Piemonte)

Nelle figure che seguono, Figura 3.28 e Figura 3.29, sono riportati, rispettivamente, il numero di superamenti del valore obiettivo a lungo termine di 120 µg/m³ della media massima giornaliera calcolata su 8 ore ed il percentile 93.1 della distribuzione del massimo giornaliero della media mobile su 8 ore, stimati per i vari Comuni con il sistema modellistico di qualità dell'aria per l'anno 2019. Ad ogni Comune è associato un colore differente in relazione alla classe di concentrazione nella quale il valore stimato è compreso. La stima modellistica relativa all'area di interesse ai fini del presente studio indica un numero di superamenti del valore obiettivo a lungo termine di 120 µg/m³ della media massima giornaliera calcolata su 8 ore di ozono compreso tra 61 e 80 (a fronte di un valore obiettivo come media su tre anni di 25), ed un percentile 93.1 della distribuzione del massimo giornaliero della media mobile su 8 ore compreso tra 121 e 150 (a fronte di un valore obiettivo come media su tre anni di 120 µg/m³). Si evidenzia dunque per l'area una potenziale criticità per il parametro ozono troposferico, criticità che risulta diffusa per via dell'origine fotochimica e della natura esclusivamente secondaria di questo inquinante.

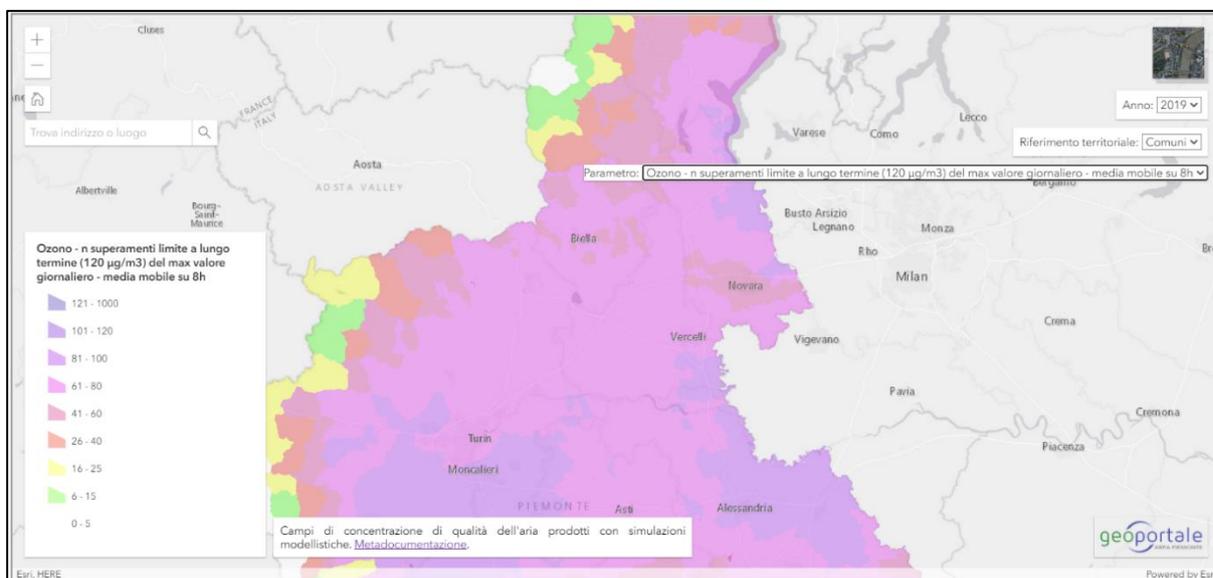


Figura 3.28 – O₃, numero di superamenti del valore obiettivo a lungo termine di 120 µg/m³ della media massima giornaliera calcolata su 8 ore stimata con il sistema modellistico per l’anno 2019 (fonte: Geoportale ARPA Piemonte)

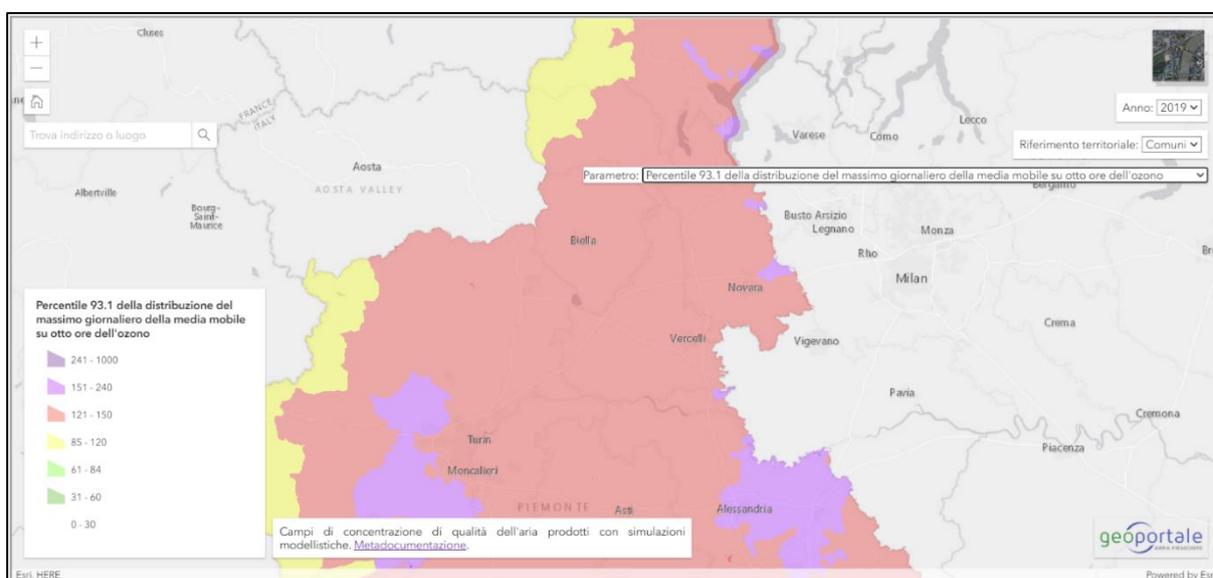


Figura 3.29 – O₃, percentile 93.1 della distribuzione del massimo giornaliero della media mobile su 8 ore stimata con il sistema modellistico per l’anno 2019 (fonte: Geoportale ARPA Piemonte)

3.4.6 Benzo(a)Pirene

Il benzo(a)pirene, classificato come cancerogeno per l’uomo dall’Agenzia per la Ricerca sul Cancro (IARC), è l’unico Idrocarburo Policiclico Aromatico (IPA) per il quale è indicato in normativa il valore obiettivo, e

come tale utilizzato per rappresentare l'intero gruppo. Le principali fonti degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono il traffico veicolare diesel e la combustione incompleta di materiali organici contenenti carbonio (legno e derivati, carbone).

Il D. Lgs. 155/2010 fissa per il benzo(a)pirene un valore obiettivo per la protezione della salute umana pari a 1.0 ng/m^3 , calcolato come media su un anno civile (cfr. paragrafo 3.1).

Nel 2019 il valore obiettivo non è stato superato in nessuna stazione della rete regionale. Da notare comunque che il 18% (esattamente la stessa percentuale del 2018) delle stazioni supera il valore della soglia superiore di valutazione (0.6 ng/m^3), al di sopra della quale è obbligatoria la misurazione del parametro. Il benzo(a)pirene mostra i valori più elevati nelle stazioni caratterizzate da intenso traffico e/o dalla collocazione in aree nelle quali è verosimilmente più consistente il ricorso alla biomassa legnosa per il riscaldamento domestico.

Nella seguente Figura 3.30 è riportata la concentrazione media annuale del benzo[a]pirene nel PM_{10} misurata nella stazione Vercelli - CONI, unica tra quelle selezionate come rappresentative dell'area di studio (cfr. paragrafo 3.4.1) a disporre di apposita strumentazione di misura. Si rileva il rispetto per tutto il periodo considerato del relativo limite (1.0 ng/m^3).

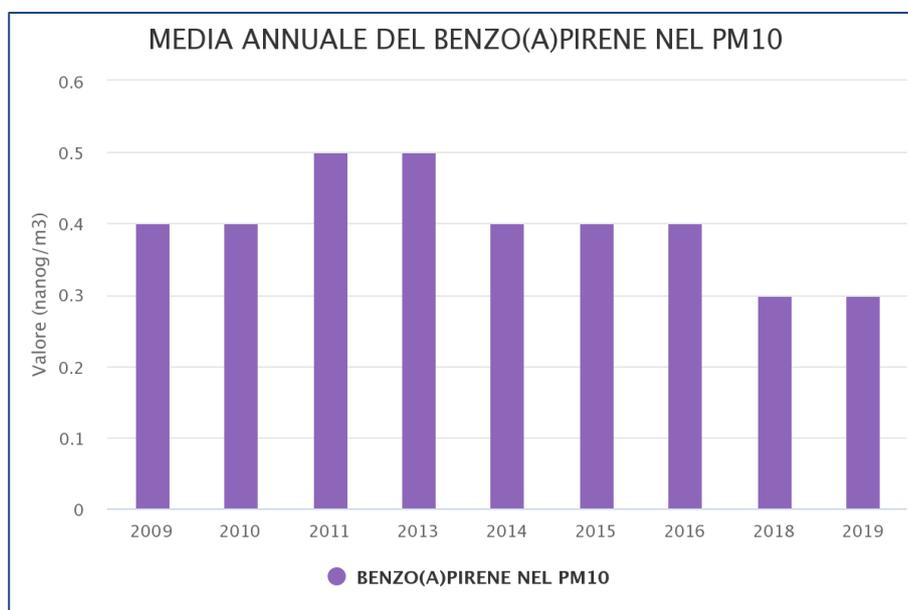


Figura 3.30 – Stazione Vercelli - CONI. Concentrazione media annuale del benzo[a]pirene nel PM_{10} (fonte ARPA Piemonte)

3.4.7 Benzene

Il benzene (C_6H_6) è una sostanza chimica liquida e incolore dal caratteristico odore pungente. È il più comune e il più largamente utilizzato degli idrocarburi aromatici ed è impiegato come antidetonante nelle benzine. I veicoli a motore rappresentano infatti la principale fonte di emissione per questo inquinante che viene immesso nell'aria con i gas di scarico. Un'altra sorgente di benzene è rappresentata dalle emissioni di solventi prodotte da attività artigianali ed industriali come ad esempio: produzione di plastiche, resine, detersivi, vernici, collanti, inchiostri, adesivi, prodotti per la pulizia, ecc. Oltre ad essere uno dei composti aromatici più utilizzati, è anche uno dei più tossici, classificato dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) come cancerogeno di classe I per l'uomo.

Il D. Lgs. 155/2010 fissa per il benzene un valore limite sulla concentrazione media annua di $5 \mu g/m^3$ (cfr. paragrafo 3.1).

A livello regionale, nel 2019 il valore limite risulta non superato in tutti i punti di misura della rete. Inoltre, i valori misurati sono stati, in 15 stazioni su 24, leggermente inferiori rispetto a quelli misurati nell'anno precedente (Figura 3.31). Da notare che anche la soglia di valutazione superiore non risulta superata.

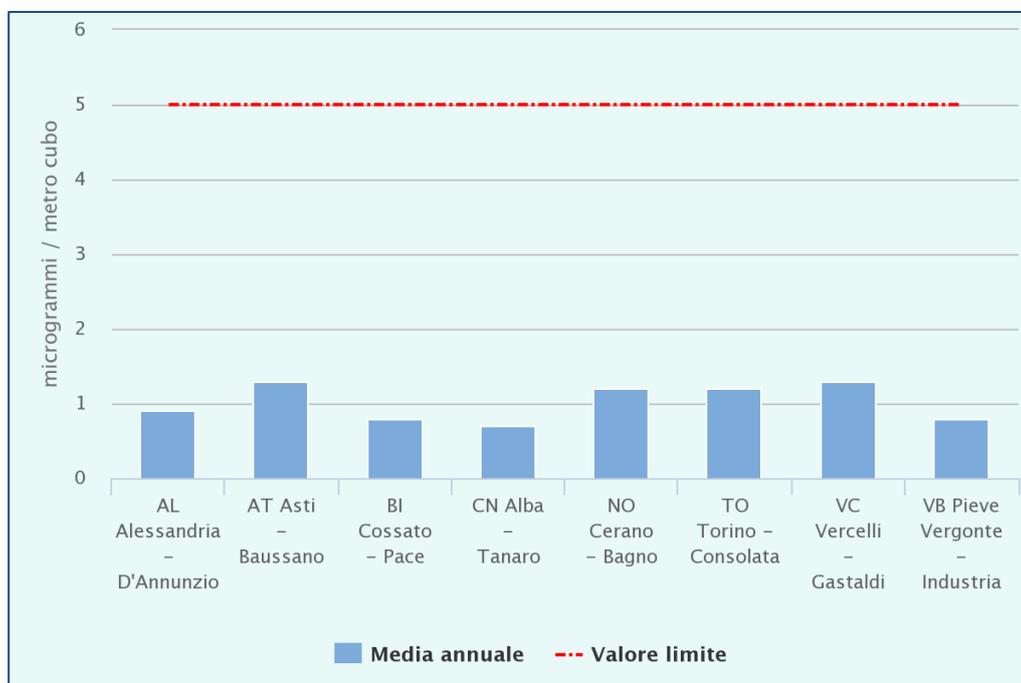


Figura 3.31 – Benzene, media annuale, anno 2018 (fonte ARPA Piemonte)

3.4.8 Biossido di zolfo

Il biossido di zolfo è il naturale prodotto di ossidazione dello zolfo e dei composti che lo contengono. Nell'atmosfera l'anidride solforosa (SO₂) è ossidata ad anidride solforica (SO₃). È un gas incolore, dall'odore acre e pungente, irritante per gli occhi, la gola e le vie respiratorie. In atmosfera, attraverso le reazioni con l'ossigeno e l'acqua, contribuisce alla formazione delle piogge acide provocando effetti tossici sui vegetali, acidificazione dei corpi idrici ed effetti corrosivi su materiali da costruzione, in particolare sui monumenti. Le emissioni antropiche derivano prevalentemente dall'utilizzo di combustibili solidi e liquidi contenenti zolfo, ad esempio gasolio, nafta, carbone, legna e altro. Fino a qualche decennio fa anche a livello locale la misura di SO₂ costituiva il principale indicatore dell'inquinamento di origine antropica. Negli ultimi anni le concentrazioni sono notevolmente diminuite, fino a risultare spesso inferiori al limite di quantificazione strumentale.

Il D. Lgs. 155/2010 fissa due valori limite per il biossido di zolfo: la media oraria di 350 µg/m³ da non superare più di 24 volte nel corso dell'anno civile e la media giornaliera di 125 µg/m³ da non superare più di 3 volte nel corso dell'anno civile. Il D. Lgs. 155/2010 fissa, inoltre, un livello critico per la protezione della vegetazione di 20 µg/m³ come concentrazione media annua (cfr. paragrafo 3.1).

A livello regionale, non è stato rilevato, nel 2019 come negli anni precedenti, alcun superamento dei valori limite per la protezione della salute umana sia a livello orario sia giornaliero.

3.4.9 Monossido di carbonio

Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore e inodore generato dalla combustione incompleta delle sostanze contenenti carbonio in condizioni di difetto di aria, ovvero quando il quantitativo di ossigeno non è sufficiente ad ossidare in modo completo le sostanze organiche. La principale sorgente è il traffico veicolare. Le concentrazioni di CO emesse dai veicoli sono correlate alle condizioni di funzionamento del motore, e i picchi più elevati si registrano durante le fasi di decelerazione e con motore al minimo. La continua evoluzione tecnologica ha permesso negli ultimi anni una consistente riduzione di questo inquinante.

Il D. Lgs. 155/2010 fissa un valore limite di concentrazione per il monossido di carbonio di 10 mg/m³ come media massima giornaliera calcolata su 8 ore (cfr. paragrafo 3.1).

A livello regionale, nel 2019 come negli anni precedenti, le misure delle concentrazioni del monossido di carbonio non hanno rilevato nessun superamento del valore limite per la protezione della salute umana.

3.4.10 Metalli

Il D. Lgs. 155/2010 fissa per il piombo un valore limite sulla concentrazione media annua di 0.5 µg/m³ (cfr. paragrafo 3.1), mentre per l'arsenico, il cadmio e il nichel fissa un valore obiettivo di,

rispettivamente, 6.0 ng/m^3 , 5.0 ng/m^3 e 20.0 ng/m^3 , calcolato come tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione di PM_{10} del materiale particolato.

A livello regionale, i dati misurati nell'anno 2019 mostrano concentrazioni decisamente inferiori ai rispettivi valori di riferimento in analogia con gli anni precedenti. Da notare che anche le soglie di valutazione inferiore, vale a dire il valore al di sotto del quale la legge prevede che la misura non sia obbligatoria, non risulta superata.

3.4.11 Ammoniaca

L'ammoniaca (NH_3) si presenta a temperatura ambiente come gas incolore dall'odore pungente molto forte e soffocante, irritante e tossico.

L'ammoniaca (NH_3) è un gas alcalino che ha come tale un ruolo fondamentale nella neutralizzazione dei gas acidi atmosferici, principalmente acido nitrico (HNO_3) e solforico (H_2SO_4), prodotti dell'ossidazione in fase gas di NO_x e SO_2 rispettivamente. La chimica dell' NH_3 è piuttosto complessa. I prodotti formati dalle reazioni dell' NH_3 , tra cui i principali sono il solfato di ammonio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ed il nitrato di ammonio NH_4NO_3 , sono presenti in atmosfera in forma condensata o di particolato. Le maggiori sorgenti di NH_3 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.

La normativa nazionale non stabilisce valori limite per le concentrazioni in aria ambiente di NH_3 .

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' NH_3 è di $270 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ come media giornaliera. Non ci sono invece riferimenti a valori limite per la protezione della salute umana per l' NH_3 .

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 $3'200 \text{ } \mu\text{g/m}^3$.
- il livello REL di tipo C proposto da OEHHA, che rappresenta la soglia di esposizione cronica, con tempo di esposizione anche perdurante a vita. Tale valore è pari a $200 \text{ } \mu\text{g/m}^3$.
- la soglia di esposizione professionale TLV-TWA (Threshold Limit Value – Time Weighted Average) proposta da ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), che

rappresenta la concentrazione media, ponderata nel tempo, degli inquinanti presenti nell'aria degli ambienti di lavoro nell'arco dell'intero turno lavorativo ed indica il livello di esposizione al quale si presume che, allo stato delle attuali conoscenze scientifiche, il lavoratore possa essere esposto 8 ore al giorno, per 5 giorni alla settimana, per tutta la durata della vita lavorativa, senza risentire di effetti dannosi per la salute. Il valore TLV-TWA per l'ammoniaca è di 25 ppm, pari a 17 mg/m³.

- la soglia di esposizione professionale TLV-STEL (Threshold Limit Value – Short Term Exposure Limit) proposta da ACGIH, che rappresenta la concentrazione medie che può essere raggiunte per un periodo massimo di 15 minuti e comunque per non più di 4 volte al giorno, con intervalli di almeno 1 ora tra i periodi di punta. Il valore TLV-STEL per l'ammoniaca è di 35 ppm, pari a 24 mg/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.

Per l'ammoniaca (NH₃) non sono presenti stazioni fisse di misurazione localizzate in provincia di Vercelli. Per la valutazione dei livelli di tale inquinante nel territorio si assume siano comunque sufficientemente rappresentative le misurazioni rilevate nella provincia di Pavia, pubblicati su base oraria da ARPA Lombardia (www.arpalombardia.it).

In Tabella 3.12 e Tabella 3.13 sono riportati i valori medi annui e massimi orari e giornalieri di NH₃ elaborati a partire dai dati medi orari misurati nel quinquennio 2015-2019 nelle due stazioni della provincia di Pavia che dispongono di apposita strumentazione.

La concentrazione media annua rilevata con disponibilità di dati superiore al 75% varia tra circa 5 e 11 µg/m³, dunque più di un ordine di grandezza inferiore rispetto al più restrittivo riferimento, REL di tipo C, citato con riferimento ad esposizione cronica.

La concentrazione massima giornaliera rilevata con disponibilità di dati superiore al 75% varia tra circa 22 e 37 µg/m³, dunque più di due ordini di grandezza inferiore rispetto al più restrittivo riferimento, OEL, citato con riferimento su 8 ore.

La concentrazione massima oraria rilevata con disponibilità di dati superiore al 75% varia tra circa 49 e 85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dunque più di un ordine di grandezza inferiore rispetto al più restrittivo riferimento, REL di tipo A, citato con riferimento ad esposizione acuta.

L'analisi permette di concludere che le concentrazioni misurate in aria ambiente di ammoniaca 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.

**Tabella 3.12 – Concentrazione di NH_3 in aria ambiente, stazione “Pavia - via Folperti”
(elaborazione CESI da fonte dati ARPA Lombardia)**

Pavia - via Folperti Concentrazione di ammoniaca (NH_3)	U.M.	2015	2016	2017	2018	2019
Disponibilità dati medi orari	%	2	29	99	95	95
Media annua	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	13.3	8.1	10.8	6.3	5.4
Massimo orario	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	30.5	37.1	52.4	54.7	85.2
Disponibilità dati medi giornalieri	%	2	29	98	95	94
Massimo giornaliero	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	16.0	21.0	36.7	33.8	22.3

**Tabella 3.13 – Concentrazione di NH_3 in aria ambiente, stazione “Sannazzaro de' Burgondi – AGIP”
(elaborazione CESI da fonte dati ARPA Lombardia)**

Sannazzaro de' Burgondi – AGIP Concentrazione di ammoniaca (NH_3)	U.M.	2015	2016	2017	2018	2019
Disponibilità dati medi orari	%	57	61	78	46	91
Media annua	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	7.6	7.3	9.3	11.7	9.5
Massimo orario	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	27.8	47.5	66.2	48.0	49.3
Disponibilità dati medi giornalieri	%	56	59	77	45	90
Massimo giornaliero	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	22.2	22.5	28.6	26.7	24.7

3.4.12 Conclusioni

Nei paragrafi che precedono è stato analizzato lo stato della qualità dell'aria registrato nel periodo fino al 2019 dalle stazioni del Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria, in relazione agli inquinanti NO_2 , PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, O_3 , b(a)p, C_6H_6 , SO_2 , CO e metalli.

Per il parametro NH_3 è stato fatto uso dei dati registrati in Provincia di Pavia e pubblicati da ARPA Lombardia.

Relativamente al biossido di azoto (NO_2), i limiti di lungo e di breve periodo sono stati rispettati nel 2019 in tutte le stazioni della rete regionale. Relativamente a tale parametro la valutazione dello stato dell'indicatore, pur necessitando attenzione in contesto di traffico stradale, non è critica.

Relativamente al particolato PM₁₀, i limiti di lungo e di breve periodo sono stati rispettati nel 2019 in tutte le stazioni giudicate rappresentative dell'area di studio. Le stesse postazioni hanno registrato tuttavia negli anni precedenti un numero di superamenti del valore soglia giornaliero superiore a quanto consentito. Relativamente a tale parametro la valutazione dello stato dell'indicatore non può essere considerata nella sua totalità positiva.

Relativamente al particolato PM_{2,5}, il limite relativo alla media annuale nel 2019 è stato rispettato in tutte le stazioni giudicate rappresentative dell'area di studio. Le stesse postazioni hanno registrato, tuttavia, negli anni precedenti valori anche superiori al valore limite. Relativamente a tale parametro la valutazione dello stato dell'indicatore non può essere considerata nella sua totalità positiva.

Relativamente all'ozono (O₃), i valori misurati nel 2019, in considerazione anche dei dati storici, confermano il persistere di una situazione non positiva per questo inquinante.

Relativamente al benzo(a)pirene, nel 2019 il valore obiettivo non è stato superato in nessuna stazione della rete regionale. La situazione in relazione al rispetto del limite di legge non è dunque critica.

Relativamente al benzene (C₆H₆), nel 2019 il valore limite non è stato superato in nessuna stazione della rete regionale. La situazione in relazione al rispetto del limite di legge non è dunque critica.

Relativamente al biossido di zolfo (SO₂), nel 2019, come negli anni precedenti, non sono stati rilevati superamenti dei valori limite per la protezione della salute umana sia a livello orario sia giornaliero. Il rispetto dei limiti per tale parametro non rappresenta pertanto un problema.

Relativamente al monossido di carbonio (CO), nel 2019, come negli anni precedenti, le misure delle concentrazioni non hanno rilevato nessun superamento del valore limite per la protezione della salute umana. Il rispetto dei limiti per tale parametro non rappresenta pertanto un problema.

Relativamente ai metalli (Pb, As, Cd, Ni), i dati misurati nell'anno 2019 mostrano concentrazioni decisamente inferiori ai rispettivi valori di riferimento in analogia con gli anni precedenti. Il rispetto dei limiti per tale parametro non rappresenta pertanto un problema.

Relativamente all'ammoniaca (NH₃), l'analisi dei dati registrati nel periodo 2015-2019 permette di escludere che le concentrazioni in aria ambiente siano tali da produrre criticità diretta per la salute umana.

4 STIMA E VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI SULLA COMPONENTE ATMOSFERA

Nel presente capitolo si riporta la valutazione dei potenziali impatti sulla atmosfera e sulla qualità dell'aria derivanti dalle fasi di costruzione ed esercizio delle opere in progetto.

Durante la fase di realizzazione, le attività generatrici di emissioni in atmosfera sono sostanzialmente riconducibili ai mezzi di trasporto e macchine operatrici attraverso i processi di combustione dei motori e la movimentazione e trasporto di materiali polverulenti (cfr. paragrafo 4.1).

Durante la fase di esercizio, gli impatti sulla componente atmosfera indotti dalla Centrale sono prevalentemente associati alle emissioni di inquinanti dal camino asservito al gruppo turbogas di Centrale (cfr. § 4.2).

4.1 Fase di realizzazione

Le attività generatrici di emissioni in atmosfera durante la fase di cantiere per la demolizione e la realizzazione degli interventi in progetto sono sostanzialmente riconducibili ai mezzi di trasporto e alle macchine operatrici, attraverso i processi di combustione dei motori e la movimentazione ed il trasporto dei materiali polverulenti.

I processi di combustione dei motori comportano, come per tutti i processi analoghi (ad esempio quelli del settore dei trasporti), emissioni di sostanze gassose e particolato che, per entità e durata, possono ritenersi associate ad effetti sulla qualità dell'aria di natura limitata e temporanea.

Per quanto attiene alle emissioni di polveri, le operazioni previste che potenzialmente possono dar luogo ad emissioni sono:

- attività di demolizione di servizi e manufatti interrati esistenti;
- scavi e riporti per la realizzazione delle fondazioni dei nuovi impianti e dei sottoservizi.

In linea generale, durante le attività di demolizione, saranno adottati tutti gli accorgimenti tecnici e norme di buona pratica atti a minimizzare le emissioni di polveri.

Le emissioni di polveri saranno inoltre efficacemente limitate mediante l'adozione di tutte le misure necessarie al loro contenimento, tra cui:

- costante e periodica bagnatura o pulizia delle strade;
- pulizia delle ruote dei veicoli in uscita dal cantiere e dalle aree di approvvigionamento e conferimento materiali, prima che i mezzi impegnino la viabilità ordinaria;
- copertura con teloni dei materiali polverulenti trasportati;
- idonea limitazione della velocità dei mezzi sulle strade di cantiere non asfaltate (tipicamente 20 km/h);

- bagnatura periodica dei cumuli di materiale polverulento stoccato nelle aree di cantiere, o loro copertura con teli nei periodi di inattività e durante le giornate con vento intenso;
- bagnatura dei manufatti durante la demolizione delle strutture edili, al fine di minimizzare la formazione e la diffusione di polveri.

In sintesi, considerato quanto sopra descritto in merito alle misure di contenimento che saranno messe in atto e al fatto che le attività riguarderanno esclusivamente aree industriali all'interno del sito, gli impatti causati dalle emissioni di polveri generate in fase di cantiere sono da ritenersi non significativi, completamente reversibili alla fine del periodo di cantierizzazione e circoscritti in prossimità dell'area di intervento.

Nei paragrafi seguenti si descrivono le principali operazioni di cantiere al fine di individuare le attività che possono generare una interferenza significativa con la componente atmosfera (paragrafo 4.1.1), e si restituisce una stima di massima delle emissioni attese in aria ambiente (paragrafo 4.1.2).

4.1.1 Descrizione delle attività di cantiere

Nell'ambito del progetto, le aree principali di impianto dove è prevista l'installazione del nuovo impianto e strutture annesse saranno libere e non sono quindi previste demolizioni di opere fuori terra; pertanto, si dovranno effettuare eventualmente solo rimozioni e smontaggi di strutture di dimensioni e cubature ridotte.

Le principali attività di cantiere civile sono sostanzialmente relative alle opere di nuova realizzazione:

- preparazione del sito;
- connessioni stradali;
- costruzioni temporanee di cantiere;
- eventuale trattamento di consolidamento dei terreni nell'area interessata dalle nuove opere;
- movimentazione terra;
- scavi e posa tubazioni;
- fondazioni profonde e superficiali di macchinari principali e secondari;
- fondazioni profonde e superficiali di edifici principali e secondari;
- fondazioni per ACC (Air Cooler Condenser);
- fondazione ciminiera;
- diesel di emergenza – vasca di contenimento e fondazioni;
- trasformatori – vasca di contenimento e fondazioni;
- fondazioni e strutture di cable/pipe rack;
- fondazione per serbatoi;
- strutture nuovi edifici principali e secondari;
- pozzetti, tubazioni e vasche di trattamento acque sanitarie;

- rete interrati (fognature, vie cavo sotterranee, conduits, drenaggi, etc.);
- vasche di prima pioggia;
- vasche acque acide\oleose;
- recinzione;
- aree parcheggio;
- strade interne e illuminazione, parcheggi.

Le prime attività da eseguirsi saranno quelle relative alla preparazione delle aree di lavoro per l'installazione delle infrastrutture di cantiere (uffici, spogliatoi, officine, etc.) e le demolizioni di parti presenti che risultano interferenti con il layout delle nuove attrezzature.

Si procederà quindi con:

- demolizione/rimozione di opere eventualmente interferenti in prossimità dell'area imprese;
- realizzazione area temporanea per stoccaggio rifiuti;
- eventuali salvaguardie meccaniche/impiantistiche, elettriche.

Terminati i lavori di preparazione delle aree, si procederà con la realizzazione delle nuove opere, essenzialmente riassumibili nelle seguenti attività:

- scavi e sottofondazioni delle nuove infrastrutture del nuovo impianto;
- scavo e posa delle reti interrate;
- opera di presa e scarico acque;
- fondazioni nuova turbina a Gas;
- fondazioni GVR e nuova turbina vapore;
- fondazioni e realizzazione edifici vari;
- montaggio TG e relativo trasformatore;
- montaggio edificio TG ed edificio elettrico;
- montaggio GVR, comprensivo di camino;
- montaggio nuova TV;
- montaggio condensatore ad aria;
- montaggio nuova stazione gas;
- montaggio nuovo impianto ITAR;
- montaggio strutture metalliche;
- montaggi impiantistica meccanica/elettrica e strumentale;
- montaggio ausiliari di impianto nuovi;
- montaggi elettrici.

Terminati i lavori della fase 1 del progetto per il funzionamento della nuova unità a ciclo aperto, si potrà procedere con la realizzazione delle opere necessarie per il funzionamento dell'unità in ciclo combinato, essenzialmente riassumibili nelle seguenti attività:

- scavi e sottofondazioni nuove attrezzature;

- fondazioni GVR e nuova turbina;
- fondazioni condensatore a aria;
- montaggio GVR, comprensivo di camino;
- montaggio nuova TV con relativo nuovo condensatore ad aria;
- realizzazione edificio turbina a vapore;
- completamento degli ausiliari di impianto nuovi.

4.1.1.1 Area di cantiere

L'area logistica di cantiere che si rende necessaria per l'installazione di un CCGT da 870 MW_e è di circa 23'000 m² (di cui circa 4'000 m² per portineria ed accessi), da utilizzare per gli uffici di Enel e dei Contrattisti di costruzione/commissioning, per lo stoccaggio dei materiali e prefabbricazioni, per il trattamento temporaneo delle acque durante la fase di cantiere e per le prefabbricazioni dei componenti/strutture a piè d'opera; qualora sorgesse la necessità, potranno essere individuate altre aree di cantiere esterne all'impianto.

La seguente Figura 4.1 evidenzia le principali aree interessate dalla cantierizzazione.

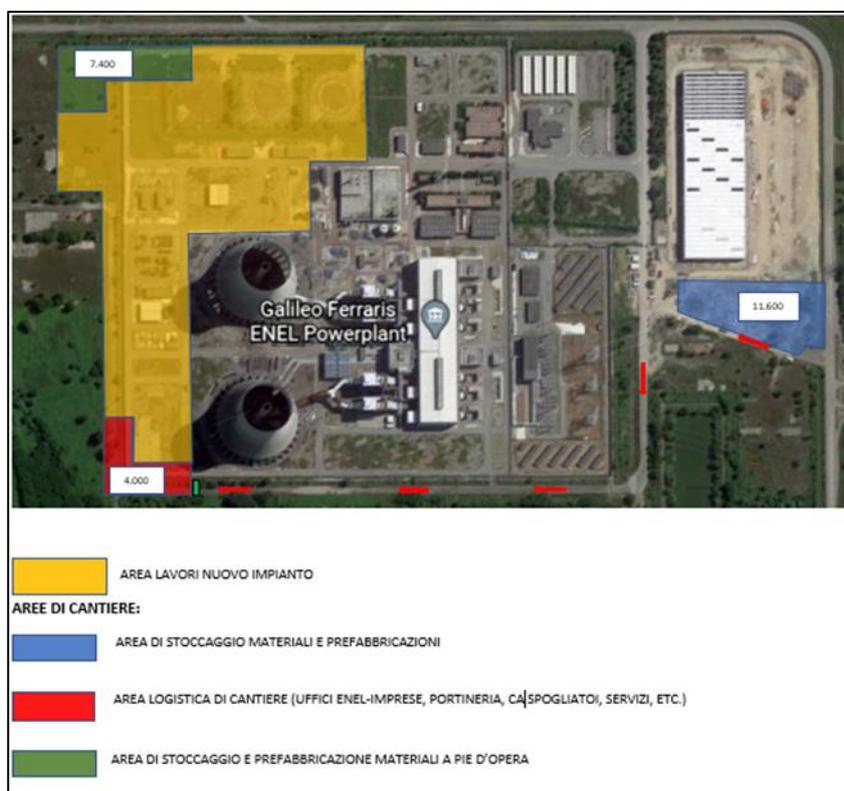


Figura 4.1 – Aree di cantiere

La nuova unità occuperà una superficie totale di circa 110'000 m², di cui superficie scoperta non pavimentata di circa 29'000 m², superficie coperta di circa 11'000 m², superficie scoperta pavimentata di circa 70'000 m².

4.1.1.2 Mezzi utilizzati per la costruzione

Durante le attività di cantiere, viene stimato il seguente numero di automezzi da/per la Centrale:

- Primi 12 mesi: fino a 15 camion/giorno;
- Rimanenti mesi: fino a 10 camion/giorno (media).

I mezzi utilizzati per la costruzione saranno indicativamente i seguenti, anche se la loro tipologia esatta verrà scelta dall'appaltatore che si aggiudicherà i contratti di montaggio e realizzazione:

- Escavatori gommati e cingolati
- Pale e grader
- Bulldozer
- Attrezzatura spingi-tubo
- Vibrofinitrici e rulli compattatori
- Betoniere e pompe carrate per calcestruzzo
- Sollevatori telescopici
- Piattaforme telescopiche
- Autocarri e autoarticolati per trasporto materiali e attrezzature
- Autogrù carrate tipo Liebherr 1350 (135 ton), Terex 650 (65 ton), Terex AC40 (40 ton)
- Autogrù cingolata (montaggio parti in pressione GVR) tipo Terex CC2800 (600 ton): altezza del tiro max indicativamente 95m, per consentire il montaggio ultima virola del camino
- Gru a torre (montaggio GVR e servizio parti comuni): h 45/50m, portata 9/10 ton in punta

4.1.1.3 Movimentazioni di terra

Si prevede un volume di terra scavata durante la realizzazione delle opere civili pari a circa 60'000 m³. Si cercherà di massimizzare il riutilizzo di tale terreno per usi interni al cantiere, per un totale previsto preliminarmente pari a circa 45'000 m³. Si prevede pertanto lo smaltimento di circa 15'000 m³ di terreno eccedente i fabbisogni del cantiere e/o non avente le caratteristiche necessario al rimpiego in loco. Si prevede, infine, l'acquisto di nuovo terreno per circa 10'000 m³.

4.1.1.4 Programma cronologico

Il programma cronologico indicativo è articolato in due fasi principali e prevede un periodo di funzionamento in ciclo aperto della nuova unità turbogas prima della realizzazione del ciclo chiuso.

di buona pratica comportamentale. Tra le principali attività vi sono la predisposizione del sito, l'escavazione, la modellazione del terreno, la movimentazione di terre ed altri materiali edili.

L'emissione complessiva nell'area varia notevolmente di giorno in giorno in funzione del livello e del tipo di attività svolte nel cantiere, oltre che delle condizioni meteorologiche in atto. Una stima accurata delle emissioni necessita, quindi, della conoscenza di un programma temporale molto dettagliato delle fasi di costruzione. In assenza di informazioni di sufficiente dettaglio, è possibile fare riferimento a metodologie più semplici, e al contempo più cautelative, che associano la quantità di polveri generate dalle operazioni cantieristiche alle dimensioni della superficie interessata ed al livello di attività atteso. A parità di tali condizioni, anche la natura del sito influenza significativamente le quantità di polveri generate. Tra i parametri del suolo più significativi si segnalano la polverosità (il suo contenuto in PM₇₅, o "silt") e l'umidità.

La stima delle emissioni generate dalla realizzazione del progetto proposto è nel seguito condotta assumendo la metodologia riportata nella pubblicazione "Wrap Fugitive Dust Handbook" del US-WRAP (Western Regional Air Partnership) e nella pubblicazione del Midwest Research Institute "Estimating Particulate Matter Emissions From Construction Operations" (MRI, 1999). Tale metodologia adotta le medesime assunzioni di quella consigliata dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente statunitense (US-EPA) nella pubblicazione "AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors" al capitolo "13.2.3 Heavy Construction Operations". La preferenza per la metodologia US-WRAP è motivata dalla sua adozione di un fattore specifico per il PM₁₀ in luogo di un fattore generico per il particolato sospeso totale, fattore che inoltre risulta determinato su una base maggiore di dati misurati rispetto al singolo dato della pubblicazione AP-42.

Il "Livello 1" della pubblicazione US-WRAP riporta un fattore d'emissione per il PM₁₀ pari a 0.11 ton per acro e per mese (0.27 Mg·ha⁻¹·mese⁻¹). In presenza di stime attendibili sulla quantità delle terre da mobilitare ai fini delle attività cantieristiche, il "Livello 2" della citata metodologia permette di stimare con migliore confidenza l'emissione di PM₁₀ sulla base di un fattore d'emissione base pari a 0.011 ton per acro e per mese (0.027 Mg/ha* mese), a cui vanno sommati due ulteriori fattori specifici pari a 0.059 ton per 1'000 yd³ (0.077 kg/m³) di terra mobilitata on-site e 0.22 ton per 1'000 yd³ (0.288 kg/m³) di terra mobilitata off-site.

Si evidenzia infine che la metodologia US-WRAP, sebbene fornisca un approccio semplificato al complesso problema della quantificazione delle emissioni, può essere considerata come fortemente cautelativa poiché riferita ad attività cantieristiche più complesse di quelle oggetto del presente studio.

4.1.2.1.2 Stima delle emissioni

La nuova unità occuperà una superficie totale di circa 110'000 m² (cfr. paragrafo 4.1.1.1).

Il progetto proposto prevede un volume di terra scavata pari a circa 60'000 m³, di cui circa 45'000 m³ saranno riutilizzati nell'ambito dello stesso cantiere e circa 15'000 m³ saranno conferiti a discarica. Il

progetto prevede inoltre l'acquisto di nuovo terreno per circa 10'000 m³ (cfr. paragrafo 4.1.1.3). Le attività si svolgeranno in un arco temporale complessivo di circa 23 mesi (cfr. paragrafo 4.1.1.4).

Pertanto, applicando il "Livello 2" della metodologia US-WRAP, considerando le operazioni svolte con orario lavorativo diurno (8 ore/giorno) e con due giorni di riposo settimanale (5 giorni/settimana), è possibile stimare, in termini cautelativi, un'emissione media oraria di PM₁₀ dall'intera area di cantiere di 3.9 kg/h.

Si evidenzia che nelle fasi cantieristiche che non richiederanno movimentazioni di materiali sciolti (ad esempio durante le fasi di montaggio delle apparecchiature elettromeccaniche) le emissioni di polveri possono essere considerate trascurabili.

4.1.2.2 Emissioni dai motori dei mezzi d'opera

4.1.2.2.1 Metodologia di stima delle emissioni

La valutazione delle emissioni generate dai motori di mezzi e macchine di cantiere è condotta mediante la metodologia indicata nelle principali fonti bibliografiche di riferimento nazionali ed internazionali (US-EPA, EMEP, CORINAIR, EEA, ANPA). La metodologia di riferimento è basata sul prodotto di un'emissione specifica (fattore d'emissione) per un opportuno indicatore di quantificazione dell'attività inquinante. Nel caso in esame, il calcolo è stato compiuto utilizzando i fattori d'emissione presenti nella pubblicazione dell'Agenzia per L'Ambiente Europea "EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019". La pubblicazione fornisce i fattori d'emissione dei principali inquinanti rilasciati in atmosfera in funzione della potenza del motore diesel considerato, riportati per i parametri di interesse nella seguente Tabella 4.1. I fattori d'emissione considerati si riferiscono a tecnologie rispettose dei limiti della direttiva 97/68 stage IIIA. La quantificazione delle emissioni complessive prodotte dall'attività dei mezzi durante la fase di cantiere è effettuata associando ad ogni tipo di mezzo una potenza rappresentativa da moltiplicare per il corrispondente fattore d'emissione e per il numero dei mezzi di ciascun tipo.

Poiché i motori non sono esercitati continuativamente alla massima potenza, ma hanno periodi di minimo e/o di potenza parziale, la metodologia introduce un fattore di carico (load factor) determinato sulla base dei fattori indicati in corrispondenza dei cicli standard ISO DP 8178. Per le attività in oggetto si adotta nel seguito, a titolo cautelativo, un valore pari a 0.15 che costituisce il ciclo più elevato per la categoria in esame (C1 - Diesel powered off road industrial equipment).

Tabella 4.1 – Fattori di emissione EMEP/EEA dai motori dei mezzi e delle macchine di cantiere

EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook 2019						
Stage IIIA - EU Directive 2004/26 (machinery), EU Directive 2005/13 (tractors)						
Parametro	[kW]	19÷37	37÷56	56÷75	75÷130	130÷560
EF CO	[g/kWh]	2.2	2.2	2.2	1.5	1.5
EF NO _x		6.08	3.81	3.81	3.24	3.24
EF VOC		0.6	0.4	0.4	0.3	0.3
EF CH ₄		0.014	0.01	0.01	0.007	0.007
EF PM ₁₀		0.4	0.2	0.2	0.2	0.1
FC		262	260	260	255	250

4.1.2.2.2 Stima delle emissioni

Nella seguente Tabella 4.2 si riporta l'emissione stimata su base oraria per ciascuna tipologia di mezzi d'opera utilizzati per la costruzione (cfr. paragrafo 4.1.1.2).

Ai fini della determinazione dell'emissione di biossido di zolfo (SO₂), si è assunto che tutto lo zolfo contenuto nel combustibile si trasformi interamente in SO₂. Si è, inoltre, assunto un tenore di zolfo nel combustibile pari al valore massimo ammesso dalla Direttiva 2009/30/CE (10 mg/kg).

L'emissione totale oraria è stimata, ipotizzando il funzionamento simultaneo di un mezzo per ciascuna tipologia, in considerazione del ciclo standard ISO 8178 C1, risultando pari a 2 kg/h per gli NO_x, 182 g/h per i VOC, 4 g/h per il CH₄, 911 g/h per il CO, 63 g/h per il PM₁₀ e 3 g/h per il SO₂. Tale quantificazione deve essere considerata come una stima approssimativa, vista la variabilità giorno per giorno dei mezzi impiegati, e cautelativa poiché ottenuta ipotizzando l'operatività simultanea di tutte le tipologie di mezzi di cantiere.

Tabella 4.2 – Emissioni dai motori dei mezzi e delle macchine di cantiere

Macchina operatrice	Pot. (*) [kW]	NO _x [g/h]	VOC [g/h]	CH ₄ [g/h]	CO [g/h]	PM ₁₀ [g/h]	SO ₂ [g/h]
Escavatore gommato	70	40	4	0.11	23	2.1	0.05
Escavatore cingolato	141	69	6	0.15	32	2.1	0.11
Pala	200	97	9	0.21	45	3.0	0.15
Grader	200	97	9	0.21	45	3.0	0.15
Bulldozer	233	113	10	0.24	52	3.5	0.17
Attrezzatura spingi-tubo	180	87	8	0.19	41	2.7	0.14
Vibrofinitrice	132	64	6	0.14	30	2.0	0.10
Rullo compattatore	302	147	14	0.32	68	4.5	0.23
Betoniera e pompa per calcestruzzo	100	49	5	0.11	23	3.0	0.08
Sollevatore telescopico	150	73	7	0.16	34	2.3	0.11
Piattaforma telescopica	150	73	7	0.16	34	2.3	0.11
Autocarro	200	97	9	0.21	45	3.0	0.15
Autoarticolato	300	146	14	0.32	68	4.5	0.23
Autogrù carrata tipo Liebherr 1350	450	219	20	0.47	101	6.8	0.34
Autogrù carrata tipo Terex 650	311	151	14	0.33	70	4.7	0.23
Autogrù carrata tipo Terex AC40	205	100	9	0.22	46	3.1	0.15
Autogrù cingolata tipo Terex CC2800	390	190	18	0.41	88	5.9	0.29
Gru a torre	300	146	14	0.32	68	4.5	0.23
TOTALE:		1'957	182	4.25	911	62.8	3.01

(*) potenza assunta come indicativa della categoria rappresentata

4.1.2.3 Traffico indotto

4.1.2.3.1 Metodologia di stima delle emissioni

La metodologia di stima di riferimento comunitario e nazionale per le emissioni dai processi di combustione dei motori di veicoli è denominata COPERT (COmputer Programme to calculate Emissions from Road Transport), che costituisce parte delle linee guida EMEP/EEA per il calcolo delle emissioni degli inquinanti atmosferici.

Nel seguito è applicata la metodologia “EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019”, che consente di riprodurre le emissioni inquinanti dei processi di combustione distinguendo la tipologia del veicolo, lo stato di manutenzione, la velocità, le caratteristiche del percorso, il regime di guida, ecc. Sulla base di numerosi dati sperimentali in vari paesi comunitari, durante il programma di sviluppo del metodo sono state tarate specifiche funzioni matematiche che consentono di calcolare i fattori di emissione (o emissioni specifiche) dovuti ad un certo parco veicolare a partire dalle sole caratteristiche del traffico (volume, velocità) e di composizione del parco circolante. I fattori di emissione sono espressi in g/(veicolo-km), ovvero grammi emessi da un veicolo lungo il percorso di un chilometro, e si riferiscono

agli inquinanti maggiormente significativi per il traffico veicolare in funzione della velocità media di percorrenza dei veicoli, del loro carico (se veicoli pesanti) e della pendenza media del tragitto.

4.1.2.3.2 Stima delle emissioni

Durante la fase di realizzazione delle opere, il traffico indotto è variabile in funzione delle diverse fasi lavorative. Il traffico veicolare si concentrerà lungo le strade di accesso ai cantieri e quindi lungo la viabilità esistente.

Si assume che i veicoli pesanti siano della categoria Euro V, con alimentazione diesel, aventi una massa a pieno carico di 30 tonnellate (categoria "HDT Rigid 28 - 32 t", con tecnologia di abbattimento degli NO_x nei gas di scarico di tipo "SCR") e procedano a velocità di 40 km/h.

Ai fini della determinazione dell'emissione di biossido di zolfo (SO₂), si è assunto che tutto lo zolfo contenuto nel combustibile si trasformi interamente in SO₂. Si è inoltre assunto un potere calorifico del Diesel di 42.695 MJ/kg ed un tenore di zolfo nel combustibile pari al valore massimo ammesso dalla Direttiva 2009/30/CE (10 mg/kg).

Considerando una pendenza media nulla ed un fattore di carico medio di 0.5 (il trasporto viaggia normalmente carico in un senso e scarico nell'altro) si ottengono le emissioni specifiche per veicolo pesante e chilometro riportate in Tabella 4.3.

Sulla base delle informazioni relative al traffico indotto dal cantiere (cfr. paragrafo 4.1.1.2) che prevedono una mobilitazione nel periodo di massima attività di 15 camion/giorno, e considerando attività svolte con orario lavorativo diurno (8 ore/giorno) e con due giorni di riposo settimanale (5 giorni/settimana), la metodologia applicata permette di giungere alla stima delle emissioni presentata nella seguente Tabella 4.4.

Tabella 4.3 – Fattori di emissione (EF) per i mezzi pesanti di categoria "Rigid 28 - 32 t"

Parametro	Unità di misura	Valore
Classe emissiva dei veicoli	-	Euro V
Velocità media	km/h	40
Pendenza media	%	0
Fattore di carico medio	%	50
EF CO (monossido di carbonio)	g/(km·veicolo)	1.9772
EF NO _x (ossidi di azoto)		5.0706
EF VOC (Composti Organici Volatili)		0.0308
EF CH ₄ (metano)		0.0053
EF PM Exhaust (polveri sottili)		0.0532
ECF (Energy Consumption Factor)	MJ/(km·veicolo)	12.1902

Tabella 4.4 – Stima emissione specifica per km dai motori dei mezzi associati al traffico indotto dal cantiere

Parametro:	CO	NO _x	VOC	CH ₄	PM	SO ₂
Unità di misura:	g/(km·die)					
Valore:	30	76	0.46	0.079	0.80	0.086

4.1.3 Conclusioni

Nei paragrafi precedenti sono state descritte le principali operazioni di cantiere tali da poter generare una interferenza significativa con la componente atmosfera, ed è stata presentata una stima di massima delle emissioni attese in aria ambiente.

In conclusione, in considerazione anche di quanto sopra descritto in merito alle misure di contenimento che saranno messe in atto e al fatto che le attività riguarderanno esclusivamente aree industriali all'interno del sito di Centrale, le considerazioni relative alle attività legate alla fase di realizzazione del nuovo ciclo combinato mostrano come gli impatti causati dalle emissioni di polveri generate in fase di cantiere siano da ritenersi non significativi, completamente reversibili e circoscritti all'area di intervento.

4.2 Fase di esercizio

La valutazione degli impatti sulla componente atmosfera indotti nella fase di esercizio è condotta nel seguito mediante il confronto tra le ricadute in termini di concentrazioni in aria ambiente delle emissioni convogliate a camino e gli standard applicabili di qualità dell'aria negli assetti impiantistici di "progetto fase 1" e di "progetto fase 2".

4.2.1 Selezione e struttura dello strumento modellistico

4.2.1.1 Principi metodologici generali

La selezione dello strumento modellistico adeguato al caso in oggetto, compiutamente riportata nel seguito, è condotta coerentemente ai criteri generali indicati nella Appendice III "Criteri per l'utilizzo dei metodi di valutazione diversi dalle misurazioni in siti fissi" al D. Lgs. 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", che al paragrafo 1.3 indica che essa debba essere effettuata in funzione di:

- risoluzione spaziale e temporale della valutazione;
- caratteristiche delle sorgenti di emissione;
- caratteristiche degli inquinanti da considerare.

La Tabella 1 riportata nell'Appendice del citato decreto indica la tipologia di modelli meteorologici, di dispersione e delle caratteristiche del modulo chimico da utilizzare in funzione della scala spaziale della valutazione e del tipo di inquinante.

La Tabella 2 indica la scala spaziale e temporale della valutazione da effettuare con il modello in funzione del tipo di inquinante e del periodo di mediazione del valore limite o obiettivo, ed in funzione di una serie esemplificativa di tipologie di stazioni e siti fissi (traffico, fondo urbano, fondo rurale...). Si tenga presente che quest'ultima indicazione mira soprattutto al corretto confronto tra risultati modellistici e dati registrati da postazioni di misura della qualità dell'aria. Tale confronto, finalizzato alla valutazione delle performance del modello, assume caratteristiche ottimali qualora le stazioni di misurazione siano rappresentative di una porzione di territorio all'incirca pari alla risoluzione del modello.

Ulteriori indicazioni, di natura più generale, possono essere reperite nelle "Linee guida per la selezione e l'applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la valutazione della qualità dell'aria" (ANPA CTN-ACE, 2001). Secondo la classificazione proposta dalla pubblicazione, l'applicazione oggetto del presente protocollo rientra all'interno della grande varietà di casistiche dello Scenario 2 – "dispersione di inquinanti rilasciati da sorgenti puntiformi anche isolate, areali, lineari in relazione al traffico extraurbano". La pubblicazione identifica quali elementi caratterizzanti lo scenario, il campo di applicabilità, la scala spaziale, la scala temporale, l'ambito territoriale, la tipologia di sorgente e la tipologia d'inquinante, proponendo quindi una classificazione gerarchica di tipologia di modelli con crescenti capacità di simulazione del fenomeno della dispersione degli inquinanti in atmosfera.

Infine, il DM 1° ottobre 2002, n. 261 "Regolamento recante le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, i criteri per l'elaborazione del piano e dei programmi di cui agli articoli 8 e 9 del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 351" all'Allegato 1, "Direttive tecniche concernenti la valutazione preliminare", fornisce importanti elementi che, sebbene esso sia stato abrogato dal citato D. Lgs. 155/2010, restano tuttavia di immutata validità:

"La valutazione della complessità dell'area su cui si effettua la valutazione deve tenere conto delle caratteristiche orografiche del territorio, di disomogeneità superficiali (discontinuità terra-mare, città-campagna, acque interne) e condizioni meteo-diffusive non omogenee (calma di vento negli strati bassi della troposfera, inversioni termiche eventualmente associate a regimi di brezza); l'uso di modelli analitici (gaussiani e non) si considera generalmente appropriato nel caso di siti non complessi, mentre qualora le disomogeneità spaziali e temporali siano rilevanti per la dispersione, è opportuno ricorrere all'uso di modelli numerici tridimensionali, articolati in un preprocessore meteorologico (dedicato principalmente alla ricostruzione del campo di vento) e in un modello di diffusione."

Nel seguito si riportano le considerazioni per il caso specifico relativi agli aspetti sopra descritti che hanno condotto alla scelta dello strumento modellistico proposto.

4.2.1.2 Finalità dell'applicazione

Lo scopo del protocollo e della successiva applicazione dello strumento modellistico è l'identificazione sul territorio delle aree maggiormente interessate dall'impatto determinato dalle emissioni della Centrale Termoelettrica Leri Cavour, nel suo assetto di progetto nella fase 1 (funzionamento in ciclo semplice con emissione dei fumi dal camino di by-pass) e nella fase 2 (funzionamento in ciclo combinato).

È opportuno sottolineare che l'approccio utilizzato ha l'obiettivo di fornire localizzazione ed estensione massime delle aree potenzialmente interferite dalle ricadute delle emissioni convogliate. A tale scopo, la ricostruzione modellistica della dispersione assume, per tutti gli scenari di progetto (cfr. paragrafo 4.2.4), il funzionamento continuativo dell'impianto alla massima capacità produttiva per tutta la durata della simulazione, senza dunque prevedere alcun periodo di fermo impianto o di conduzione a potenza ridotta. Ciò comporta una sostanziale sovrastima delle ricadute ottenute per via modellistica rispetto a quanto riconducibile all'effettivo esercizio della Centrale.

4.2.1.3 Caratteristiche del sito

La Centrale termoelettrica di Trino dismessa e in fase di demolizione è ubicata nell'omonimo Comune di Trino nella parte meridionale della provincia di Vercelli, a circa 1 km da zone abitate più prossime, a circa 10 km dai centri abitati di Trino, Livorno Ferraris e Crescentino ed a circa 20 km dal capoluogo di Vercelli (Figura 4.3).

L'area dell'impianto insiste su una zona destinata dal Piano Regolatore Generale del Comune di Trino ad insediamento produttivo, circondata su tutti i lati da aree agricole; essa è ubicata in prossimità dell'incrocio tra la strada provinciale Vercelli-Crescentino e la provinciale Trino-Livorno Ferraris, all'interno di un territorio completamente pianeggiante, delimitato da tre fiumi: a sud dal Po che scorre ai piedi dei rilievi collinari del Monferrato tra le località di Crescentino e Casale Monferrato, ad ovest dal tratto terminale della Dora Baltea e ad est dal Sesia.

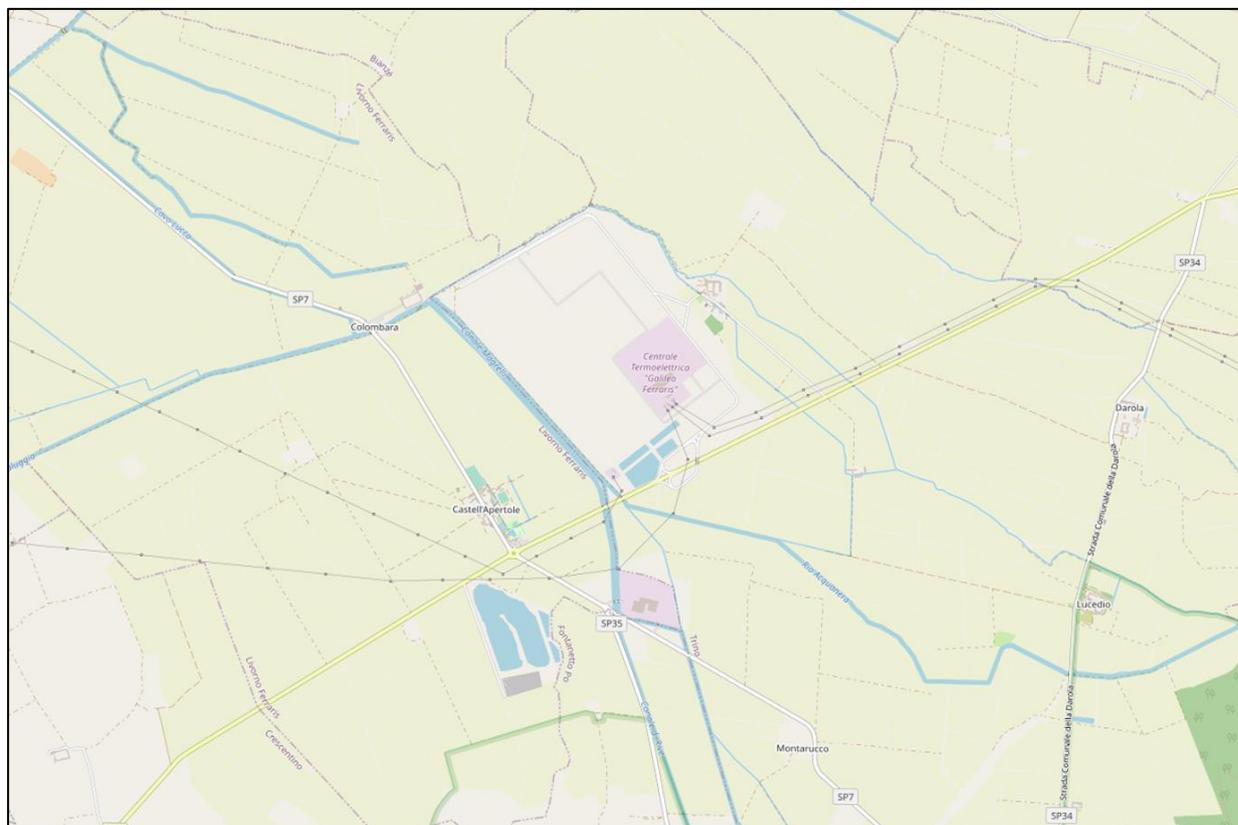


Figura 4.3 – Inquadramento territoriale della Centrale Termoelettrica di Trino
(© OpenStreetMap contributors)

4.2.1.4 Caratteristiche delle sorgenti di emissione

La nuova unità a gas occuperà parzialmente l'area dell'impianto ora dismesso e in fase di demolizione, realizzato a seguito dell'Autorizzazione del Ministero Industria Commercio e Artigianato alla costruzione ed all'esercizio del 28.6.1991 e del collegato Parere di Compatibilità Ambientale del Ministero dell'Ambiente DEC/VIA/727 dell'11/4/1991, rilasciato ai sensi dell'art. 6 della Legge 8/7/86 n. 349, del D.P.C.M. 10/8/88 n. 377 e dell'allegato IV del D.P.C.M. 27/12/88 (Centrale a ciclo combinato Galileo Ferraris di Leri Trino). La Centrale era costituita da due unità a ciclo combinato della potenza lorda complessiva di 690 MW_e suddivisa in due moduli equivalenti da circa 345 MW_e ciascuno, entrati in servizio rispettivamente nel dicembre 1996 (modulo 1) e nel novembre 1997 (modulo 2). L'impianto di Trino, dalla sua entrata in esercizio e fino agli anni 2000, è stato esercito in modo continuativo in base alla richiesta della rete nazionale; successivamente, invece, il funzionamento è divenuto meno continuativo ma più flessibile, articolato e disponibile alle richieste giornaliere che emergevano dalle contrattazioni della Borsa dell'energia.

Nel corso del 2004 su tre turbogas furono apportate delle migliorie al sistema di combustione che comportarono una riduzione delle emissioni specifiche e della concentrazione media annuale delle

emissioni di NO_x. I vecchi gruppi erano alimentati a gas naturale, ma avevano anche la possibilità di essere alimentati a gasolio, che però non fu mai utilizzato.

Il progetto proposto prevede la realizzazione nella parte Nord-Ovest dell'area del vecchio impianto di una nuova unità a ciclo combinato (TO3) a gas di ultima generazione e ad altissima efficienza, taglia massima 870 MW_e¹ lordi in condizioni ISO.

Il progetto prevede l'installazione di una nuova unità a gas con potenza fino a circa 870 MW_e costruita in due fasi. Durante la prima fase di esercizio in ciclo aperto la potenza elettrica massima prodotta sarà di circa 590 MW_e. I lavori potranno poi completarsi con la chiusura del ciclo combinato attraverso la realizzazione della caldaia a recupero e della turbina a vapore per ulteriori 280 MW_e.

L'alimentazione del nuovo impianto sarà esclusivamente a gas metano, attraverso il metanodotto esistente che alimentava il vecchio impianto e che risulta adeguato anche per fornire il gas alla nuova unità, e la cui fornitura verrà riattivata.

Per l'emissione in atmosfera dei fumi di combustione è prevista la costruzione di due ciminiere. La prima utilizzata nella fase 1 dove la nuova unità opererà a ciclo aperto (OCTG) "progetto fase 1" avrà un'altezza di 60 m e un diametro della sezione di sbocco pari a circa 10 metri. Si precisa per l'altezza di tale ciminiera sono possibili scostamenti intorno ai 5 metri, a seconda delle ottimizzazioni che saranno effettuate in fase di progetto esecutivo (la quota finale potrebbe anche raggiungere 65 metri circa di altezza) e che le simulazioni modellistiche che seguono sono state conservativamente condotte con il valore minimo previsto dell'altezza (60 m, cfr. paragrafo 4.2.4.1). La seconda ciminiera utilizzata quando l'unità opererà in CCGT "progetto fase 2" avrà un'altezza di 90 metri e un diametro della sezione di sbocco pari a circa 8.5 m.

Il progetto oggetto di studio, nella sua fase "progetto fase 2", garantirà la produzione di energia elettrica alla massima condizione di efficienza e performance ambientale, secondo le migliori tecnologie ad oggi disponibili sul mercato. In linea con le BREF di settore, è prevista in tale fase l'installazione di sistemi di denitrificazione catalitica SCR (Selective Catalytic Reduction) che consentono di limitare notevolmente le emissioni di ossidi d'azoto (NO_x), dai 30 mg/Nm³ della fase "progetto fase 1" (valore sempre allineato con i valori minimi previsti dalle BREF per tale tecnologia) ai 10 mg/Nm³ per il "progetto fase 2". Come riportato nella relativa relazione progettuale, è possibile che l'abbattimento degli ossidi di azoto mediante i sistemi SCR comporti una limitata emissione di ammoniaca (NH₃, come "Ammonia-Slip") nei gas anch'essa oggetto di monitoraggio in continuo a garanzia del rispetto dei limiti di legge.

¹ La potenza di 870 MW_e corrisponde alla potenza nominale lorda più alta dei cicli combinati disponibili sul mercato appartenenti alla taglia degli 800 MW elettrici richiesta da Enel; l'effettivo incremento di potenza elettrica dipenderà dalla potenza della macchina del produttore che si aggiudicherà la gara di fornitura.

4.2.1.5 Selezione e composizione dello strumento modellistico

Dalle caratteristiche dell'applicazione modellistica evidenziate nei punti precedenti, si può ritenere che la scala spaziale della valutazione sia, in base alla Tabella 1 dell'Appendice III del D. Lgs. 155/2010, "Urbana/agglomerato", ovvero entro un range da 1 a 300 km. La citata Tabella 1 indica pertanto uno strumento modellistico costituito dalle seguenti tipologie di codici:

- Modello meteorologico:
 - Modelli meteorologici a mesoscala
 - Misure meteorologiche localizzate
 - Modelli diagnostici per il campo di vento
- Modello di dispersione:
 - Modelli parametrizzati gaussiani e non gaussiani
 - Modelli chimici di trasporto euleriano
 - Modelli lagrangiani
- Chimica:
 - Da nessuna a inclusa a seconda dei casi

La Tabella 2 dell'Appendice III del D. Lgs. 155/2010 consente quindi di identificare, per analogia con quanto indicato per le altre sostanze, un'applicazione modellistica con:

- risoluzione temporale oraria;
- risoluzione spaziale < 1 km.

Sulla base di tutto quanto finora esposto per l'applicazione modellistica oggetto di studio, si può ritenere pertanto adeguato uno strumento modellistico composto dalla seguente catena di codici di calcolo:

- Modelli meteorologici:
 - WRF – Modello prognostico a mesoscala;
 - CALMET – Modello diagnostico.
- Modello di dispersione:
 - CALPUFF – Modello lagrangiano a puff.

A corredo dei codici di calcolo principali (WRF – CALMET – CALPUFF) lo strumento implementa una serie di pre-processor e post-processor.

WRF è nella lista di modelli meteorologici consigliati dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente statunitense (US-EPA, <http://www.epa.gov/scram001/metmodel.htm>).

Il sistema modellistico CALPUFF (CALMET e CALPUFF) è considerato da US-EPA, come altri modelli lagrangiani, adeguato per l'analisi di situazioni con orografia/anemologia complessa². La Figura 4.4 riporta la schematizzazione del sistema modellistico predisposto. I blocchi verdi rappresentano i dati di

² https://www3.epa.gov/ttn/scram/guidance/guide/appw_17.pdf

input, i blocchi azzurri la ricostruzione meteorologica, quelli arancione la parte emissiva e dispersiva, i grigi l'estrazione, l'elaborazione e la restituzione dei risultati.

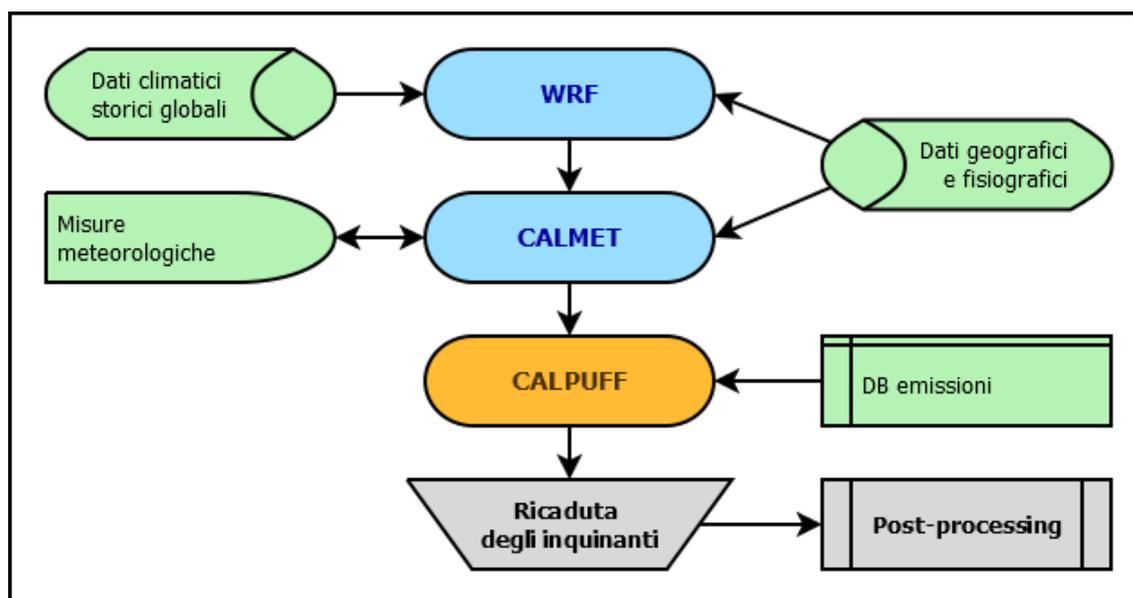


Figura 4.4 – Struttura del sistema modellistico

Nei seguenti paragrafi si riporta una sintetica descrizione dei codici principali, e di seguito si presenta l'applicazione al caso in esame dello strumento modellistico selezionato.

4.2.1.5.1 WRF

WRF (Weather Research and Forecasting Model, versione ARW 3.8) è un modello meteorologico non-idrostatico che risolve le equazioni primitive che controllano la circolazione atmosferica per la ricostruzione e la previsione meteorologica.

WRF è tra i modelli atmosferici più avanzati attualmente esistenti, risultato di una partnership di vari istituti meteorologici statunitensi, tra cui i principali sono il National Center for Atmospheric Research (NCAR) ed il National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Oggi il modello WRF è utilizzato in tutto il mondo nella maggior parte dei centri di studio e di previsioni atmosferiche da una vasta comunità, che ne ha favorito un rapido sviluppo e il continuo aggiornamento.

Il codice di calcolo è distribuito da University Corporation for Atmospheric Research (UCAR), gestore di NCAR, e offre una vasta gamma di applicazioni a diversa scala, dai fenomeni di microscala (ordine dei metri) a quelli di scala sinottica (ordine delle migliaia di chilometri).

Il sistema WRF comprende due risolutori dinamici: ARW (Advanced Research WRF) ampiamente sviluppato e mantenuto dal MMM Laboratory (MMM-UCAR), e NMM (non-idrostatiche Mesoscale Model) sviluppato dal National Centers for Environmental Prediction (NCEP) e supportato dal Developmental Testbed Center.

Il modello WRF rappresenta lo stato dell'atmosfera in una griglia tridimensionale in funzione di 10 variabili fondamentali (le tre componenti del vento u-v-w, la temperatura, la pressione, l'umidità e vari stati microfisici che rappresentano le diverse fasi dell'acqua liquida). La dimensione delle celle della griglia definisce la risoluzione del modello.

Dati uno stato iniziale e una condizione al contorno, le equazioni del modello sono integrate numericamente (con incrementi predeterminati) per far avanzare temporalmente lo stato del modello. In questo modo, il modello genera un database che contiene una rappresentazione dello stato dell'atmosfera in 4 dimensioni (longitudine, latitudine, quota e tempo).

WRF risolve le equazioni primitive usando approssimazioni numeriche, discretizzando spazialmente e temporaneamente in funzione della risoluzione desiderata. Le equazioni numeriche possono risolvere correttamente solo quei processi meteorologici le cui dimensioni sono maggiori rispetto alla cella della griglia. Come conseguenza, i processi a scala più piccola devono essere parametrizzati, cosa che implica che gli effetti sulla cella sono dedotti dalle variabili previste dal modello per la cella stessa.

Per incorporare l'intera gamma di fenomeni meteorologici che si verificano nell'atmosfera reale, il modello utilizza una serie di griglie nidificate. La dimensione della griglia più grande è selezionata per rappresentare l'effetto dei fenomeni di scala sinottica nella regione d'interesse, mentre le griglie più piccole permettono al modello di rappresentare circolazioni regionali/locali legate all'interazione della circolazione sinottica con la topografia di micro-scala.

Le condizioni al contorno per la griglia esterna sono ottenute da dati storici globali che sono mantenuti da centri operativi di previsione meteorologica globale. Questi dati globali rappresentano l'intero stato dell'atmosfera in tutto il pianeta, e sono il risultato di analisi computerizzate dei dati superficiali disponibili e delle osservazioni sugli strati più alti.

Ogni periodo di analisi unisce decine di migliaia di singole misure provenienti da tutto il mondo in uno stato fisico coerente. Si deve osservare che WRF non fa direttamente uso delle misure di vento dalle reti di osservazione locali, e quindi tali osservazioni possono essere utilizzate per convalidare i risultati del modello stesso.

Il ruolo di WRF nello strumento modellistico nella presente applicazione è di ricostruire la struttura tridimensionale dell'atmosfera e la sua evoluzione temporale in termini di situazioni sinottiche generali e principali strutture regionali.

4.2.1.5.2 CALMET

CALMET (Version 6.5.0, Level 150223) (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 dello stesso. 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 un secondo momento 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") viene condotto 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.

Il ruolo di CALMET nello strumento modellistico oggetto della presente applicazione è di effettuare un downscaling (un aumento della risoluzione) dei campi prodotti dal modello WRF, oltre che di creare i campi di tutte le variabili macro e micro meteorologiche necessari per l'applicazione del modello CALPUFF.

4.2.1.5.3 CALPUFF

CALPUFF (Version 7.2.1, Level 150816) (Scire J.S. et Al., 2000(b)) è un modello lagrangiano a puff non stazionario. CALPUFF è stato sviluppato originariamente dalla società Sigma Research Corporation (SRC, www.src.com), divenuta parte di Earth Tech. Il codice è stato successivamente mantenuto da TRC Environmental Corporation e più recentemente da E^xponent che ne cura la distribuzione.

Il modello è in grado di simulare 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.

Appositi 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 scavening").

CALPUFF include la metodologia dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente statunitense (US-EPA) "Good Engineering Practice stack height and Building Downwash guidance" che costituisce uno dei principali metodi di riferimento per il calcolo dei parametri necessari alla valutazione modellistica dell'influenza di strutture di altezza significativa circostanti il punto di emissione. La presenza di strutture induce nel flusso d'aria una zona di stagnazione in corrispondenza della faccia sopravento dell'edificio,

ed una zona di ricircolazione posta sulla sommità dell'edificio ed in corrispondenza delle facce laterali parallele alla direzione del vento. Sottovento all'edificio si crea una cavità con vortici verticali che intrappolano le masse d'aria. Allontanandosi dall'edificio in direzione sottovento, la cavità si riduce in intensità e si trasforma progressivamente in una scia turbolenta con un graduale ripristino della situazione non perturbata. L'effetto della perturbazione sulla diffusione dei fumi per camini non sufficientemente alti è quello di aumentarne la dispersione iniziale, incrementando la concentrazione d'inquinanti al suolo nelle prime centinaia di metri dalla sorgente. L'aumento della concentrazione al suolo non comporta necessariamente un livello di criticità per la qualità dell'aria, ma deve essere valutato nelle simulazioni modellistiche. I risultati della metodologia adottata sono stati utilizzati nelle applicazioni modellistiche per valutare l'effetto delle strutture prossime ai camini degli impianti oggetto di studio.

4.2.1.6 Validazione dello strumento modellistico

I codici di calcolo selezionati per le valutazioni modellistiche del presente studio, tra cui WRF, 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.

4.2.2 Applicazione al caso in esame

Di seguito si riportano le caratteristiche dell'applicazione dello strumento modellistico al caso in esame.

4.2.2.1 Scala temporale: periodo di simulazione e passo temporale

Lo strumento modellistico è stato applicato dalle ore 00:00 del 01/01/2013 alle ore 24:00 del 31/12/2015 con passo temporale orario, ovvero tale da consentire una adeguata riproduzione della dinamica dei fenomeni di dispersione oggetto di studio.

4.2.2.2 Scala spaziale: ambito territoriale e risoluzione spaziale

In base alle caratteristiche del sito, al tipo di emissione e ai fenomeni in studio, il modello meteorologico CALMET è stato applicato ad un dominio di calcolo costituito da due griglie innestate:

- la prima "esterna", nel seguito indicata con la sigla "G1", finalizzata alla ricostruzione della circolazione a meso-scala;

- la seconda “interna”, nel seguito indicata con la sigla “G2”, finalizzata alla ricostruzione di dettaglio del territorio.

Entrambe le griglie adottano, come sistema di riferimento, la proiezione universale trasversa di Mercatore (UTM, fuso 32 Nord) associato al sistema geodetico WGS84.

Le griglie G1 e G2, rappresentate graficamente nella seguente Figura 4.5, sono completamente definite dai seguenti dati:

- Griglia G1:
 - Coordinate angolo SW: 406'500 m E, 4'981'500 m N
 - Numero di celle: 24 in direzione N–S, 24 in direzione W–E
 - Dimensione di cella: 2'500 x 2'500 m²
- Griglia G2:
 - Coordinate angolo SW: 426'500 m E, 5'001'500 m N
 - Numero di celle: 40 in direzione N–S, 40 in direzione W–E
 - Dimensione di cella: 500 x 500 m²
- Livelli verticali (per entrambe le griglie):
 - Numero: 10
 - Quota delle facce: 0, 20, 40, 80, 160, 320, 640, 1'200, 2'000, 3'000, 4'000 m s.l.s.
 - Quota di centro: 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 la griglia G1, al cui interno sono state definite due griglie regolari di recettori:

- la prima è una griglia di 16 x 16 punti a maglia di 2.5 km, ovvero 256 recettori, che coprono un'area di 40 x 40 km² all'interno dominio computazionale G1 (denominata “sampling grid 1 (area vasta)” nella Figura 4.5);
- la seconda è una griglia di 36 x 36 punti a maglia di 500 m, ovvero 1'296 recettori (parzialmente sovrapposti ai precedenti) che coprono un'area di 18 x 18 km² compresa nella griglia G2 del modello CALMET (denominata “sampling grid 2 (area locale)” nella Figura 4.5).

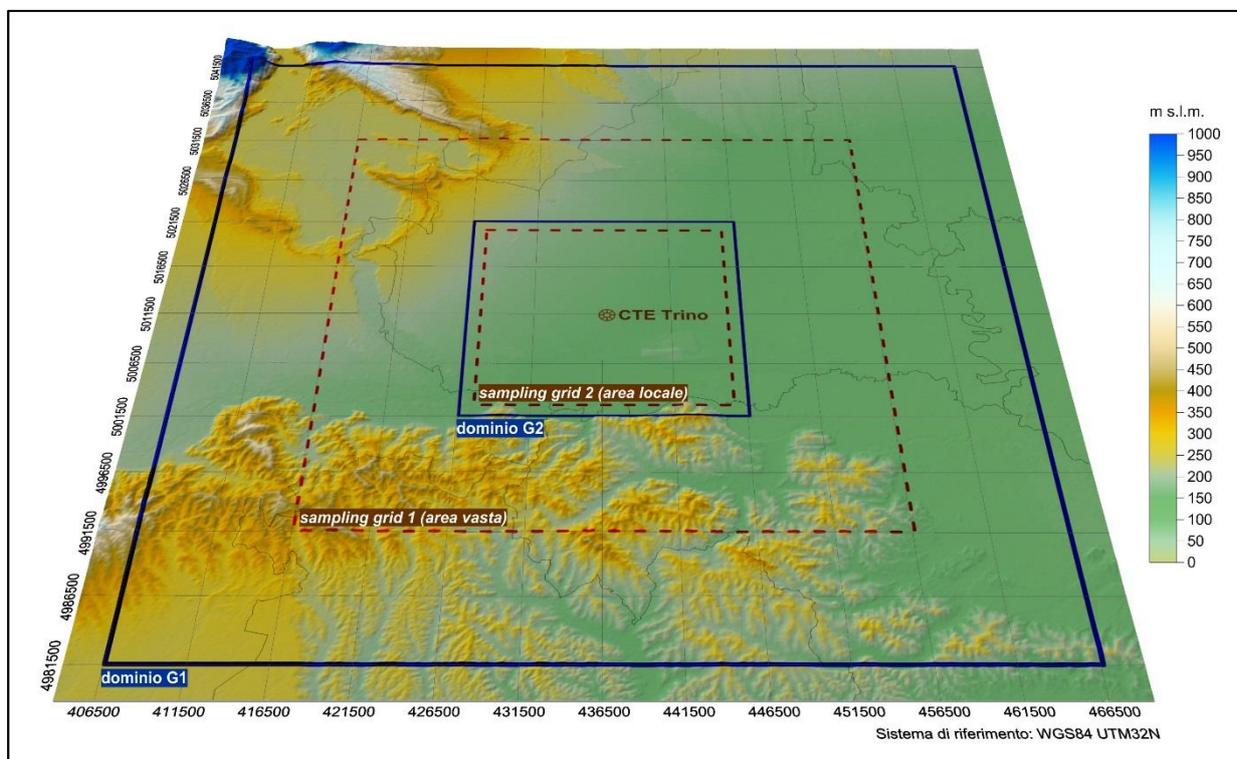


Figura 4.5 – Dominio di calcolo e sampling grid

4.2.2.3 Banche dati

4.2.2.3.1 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 di ciascun dominio di calcolo definito al paragrafo 4.2.2.2.

In Figura 4.6 è rappresentato graficamente l'output del pre-processore TERREL.

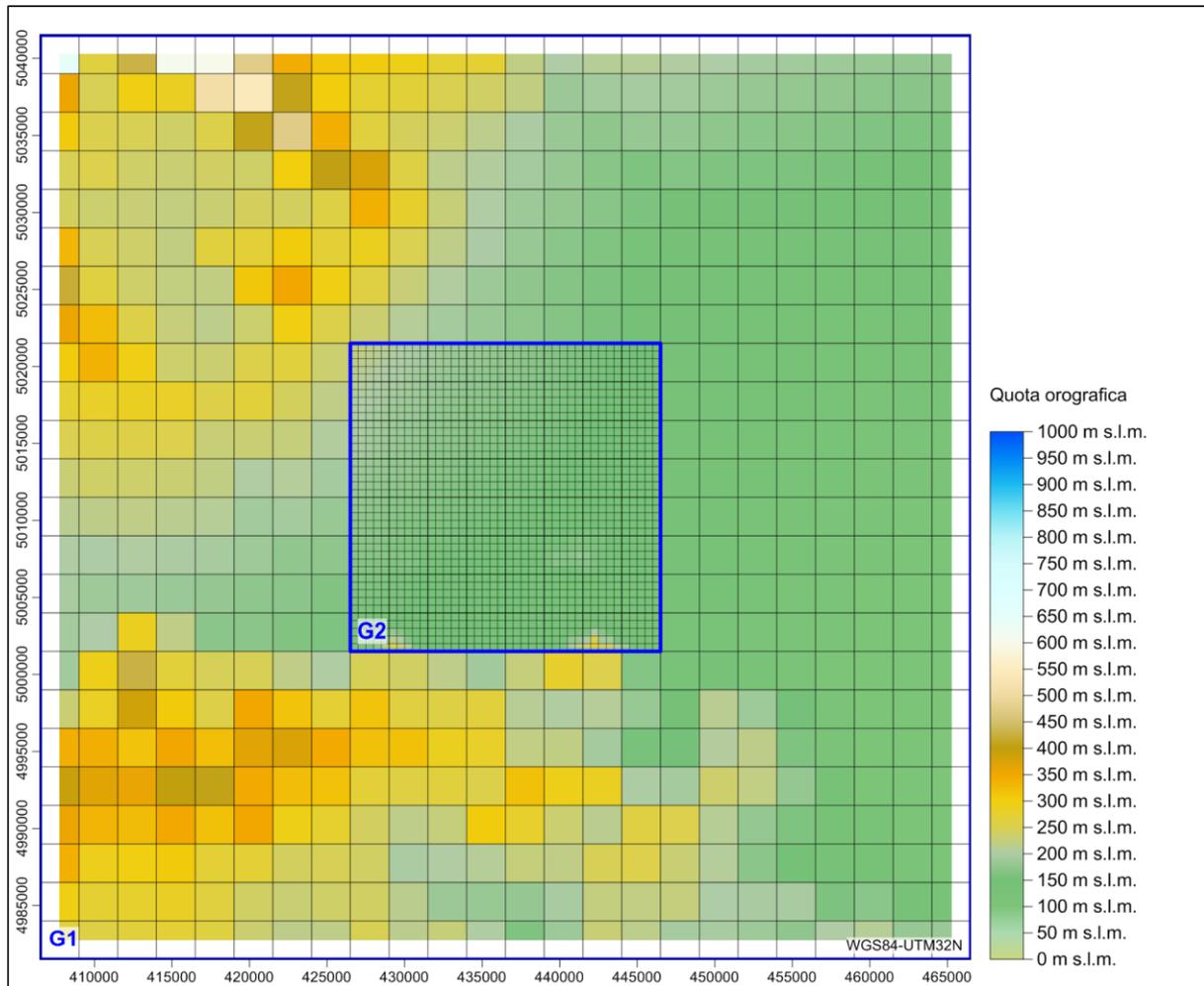


Figura 4.6 – Domini di calcolo e quota orografica alla risoluzione del modello meteorologico CALMET

4.2.2.3.2 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 4.7).

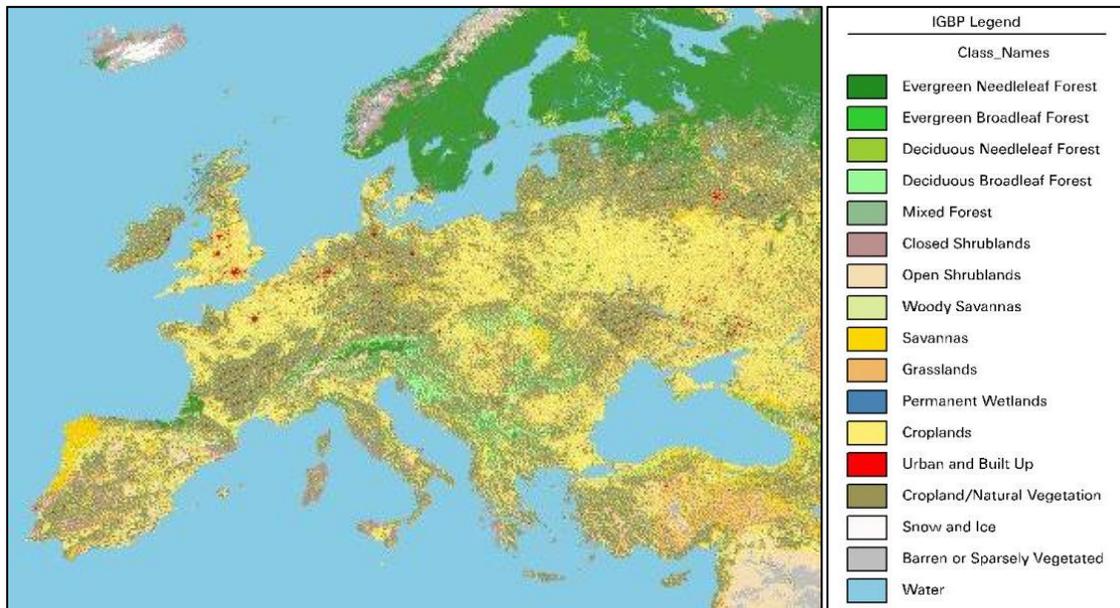


Figura 4.7 – Global Land Cover Characterization (GLCC)

Per ogni cella di ciascun dominio dell'area di studio (come definiti al paragrafo 4.2.2.2) 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 4.5). 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 4.6.

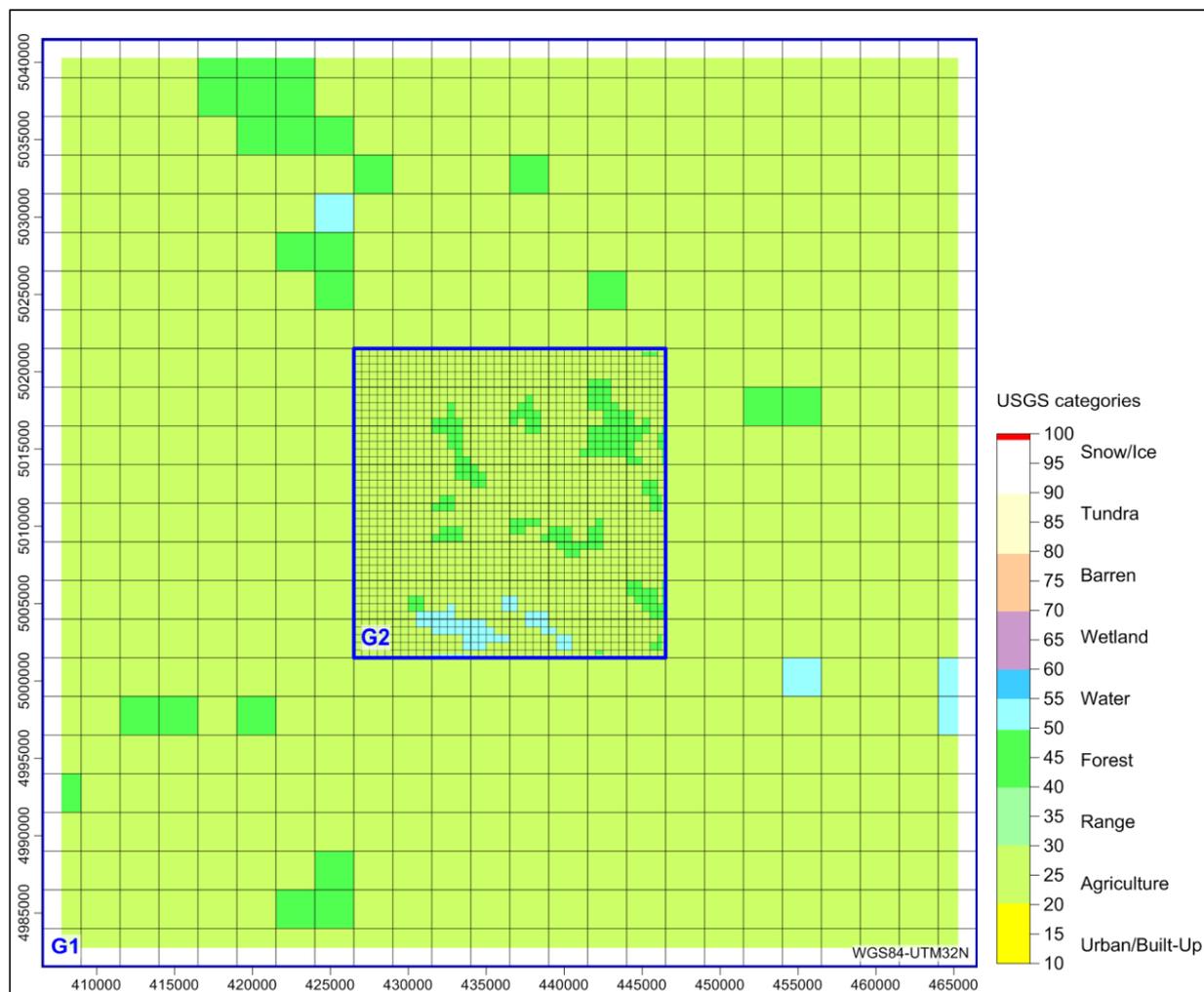
Infine, tramite il pre-processore MAKEGEO (v3.2, Level 110401), ad ogni cella sono stati attribuiti i parametri fisiografici stagionali ottenuti come media dei parametri associati a ciascuna classe di uso del suolo ricadente nella cella, pesata sulla percentuale di copertura di ogni classe sul totale dell'area della cella stessa. In Figura 4.8 è riportata, per ogni cella dei domini di calcolo CALMET, la categoria di uso del suolo prevalente assegnata dal pre-processore MAKEGEO.

Tabella 4.5 – 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

Tabella 4.6 – 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



**Figura 4.8 – Classe prevalente di uso del suolo alla risoluzione del modello CALMET
(elaborazione da fonte: USGS Global)**

4.2.2.4 Sostanze considerate

Le sostanze considerate ai fini modellistici in emissione dalla Centrale Leri Cavour sono gli ossidi di azoto (NO_x), il monossido di carbonio (CO) e, per il solo scenario “progetto fase 2” (cfr. paragrafo 4.2.4), l’ammoniaca (NH_3).

Il funzionamento della Centrale non prevede 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^+).

4.2.2.5 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 ,

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 ammoniaca (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 ammoniaca in ammonio 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 da ammoniaca ad ammonio è graduale, funzione di una molteplicità di fattori, tra cui non ultima la capacità reattiva dell'atmosfera, con reazioni chimiche che richiedono un certo tempo di residenza in aria affinché possano avere luogo. 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 ammoniaca in ammonio 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 4.9 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 4.10 è riportato l'andamento del giorno medio di ozono nel periodo in esame relativo alla postazione più vicina alla Centrale di Trino, che risulta essere la "IT1948A", localizzata a 50 km in direzione Sud dalla Centrale (longitudine 8.310, latitudine 44.808, quota di 258 m s.l.m.).



Figura 4.9 – Localizzazione delle postazioni di ozono utilizzate ai fini modellistici (WGS84-UTM32)

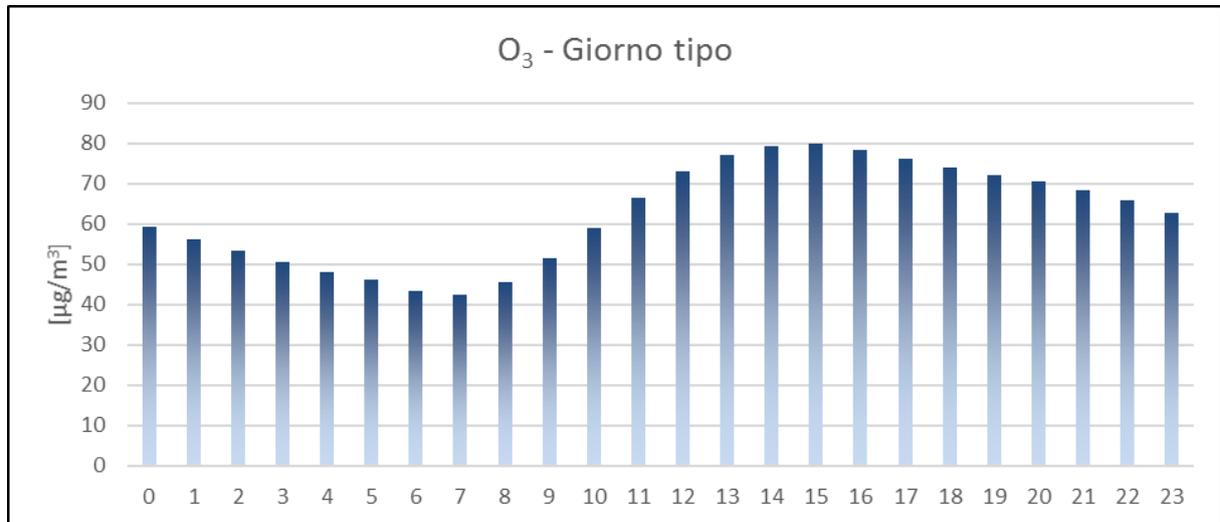


Figura 4.10 – Andamento giornaliero medio della concentrazione di ozono nella postazione IT1948A

4.2.2.6 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 4.11 sono visualizzate le ciminiere e le circostanti strutture di altezza potenzialmente interferente nella configurazione di progetto.

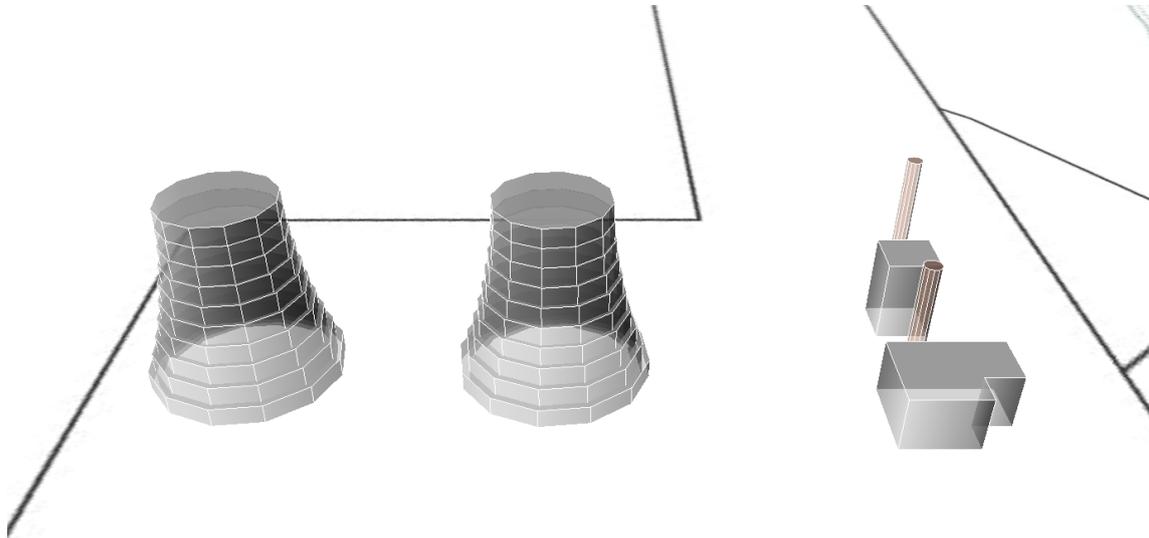


Figura 4.11 – Rappresentazione ai fini dell’effetto “building downwash” delle strutture di interesse in prossimità dei punti di emissione convogliata, vista da Sud-Est (© OpenStreetMap contributors)

4.2.3 Analisi meteorologica

4.2.3.1 Selezione delle stazioni meteorologiche di confronto

Al fine di valutare la rappresentatività locale della meteorologia prodotta dalla catena modellistica WRF-CALMET, sono stati utilizzati i dati registrati dalla stazione meteorologica Torino/Caselle dell’Aeronautica Militare (ENAV - Piemonte, codice ICAO “LIMF”, coordinate geografiche di 45.20° N e 7.65° E, quota di 301 m s.l.m.), distante circa 40 km dalla Centrale, come termine di confronto della ricostruzione modellistica. La localizzazione della stazione è rappresentata graficamente in Figura 4.12.

Nel seguito si presenta un’analisi del confronto tra i dati misurati dalla stazione Torino/Caselle e le estrazioni modellistiche relative alle medesime localizzazione spaziale e finestra temporale. L’analisi è applicata ai principali parametri meteorologici di interesse ai fini della dispersione dei contaminanti in atmosfera.

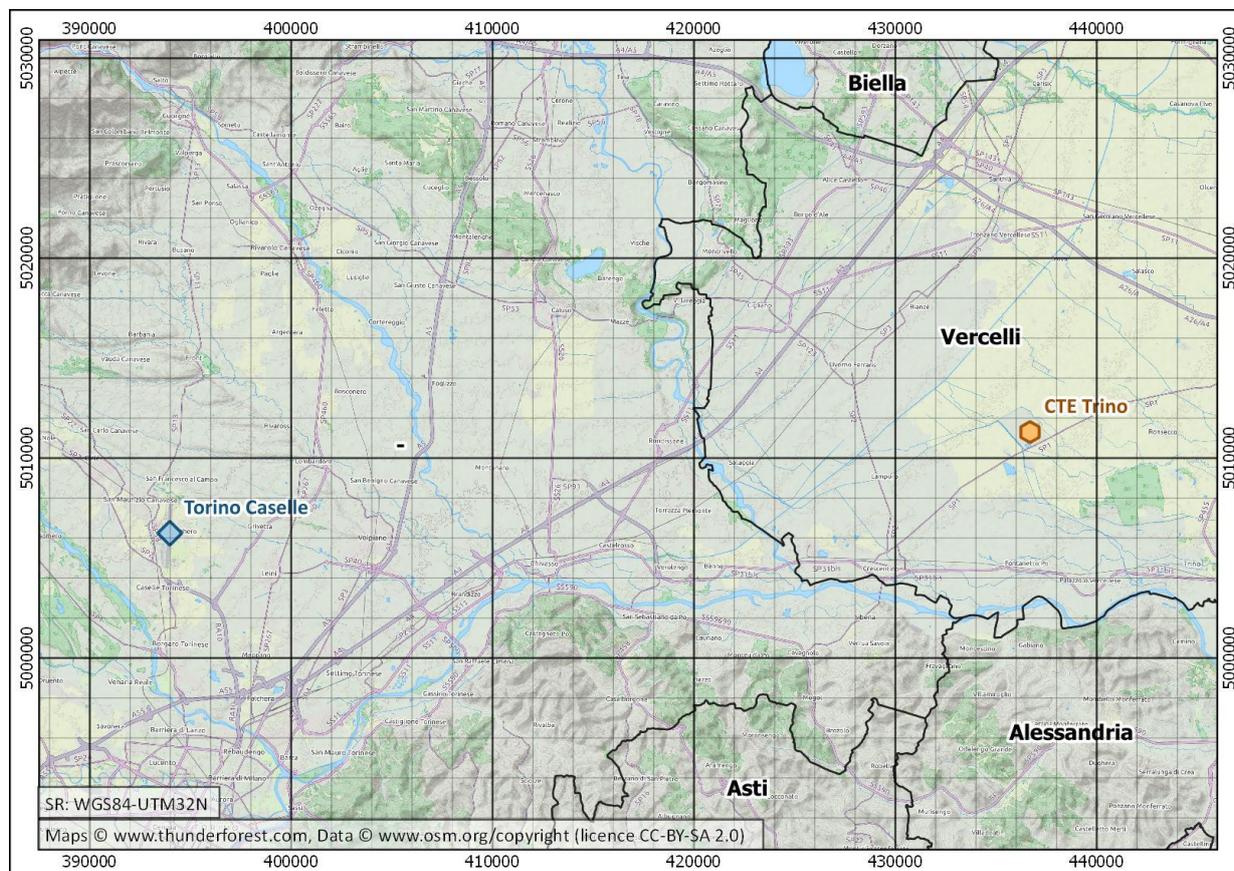


Figura 4.12 – Localizzazione della stazione Torino/Caselle (LIMF)

4.2.3.2 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.

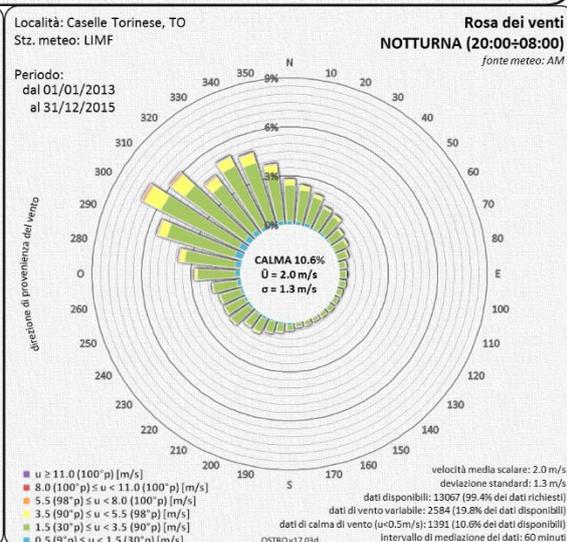
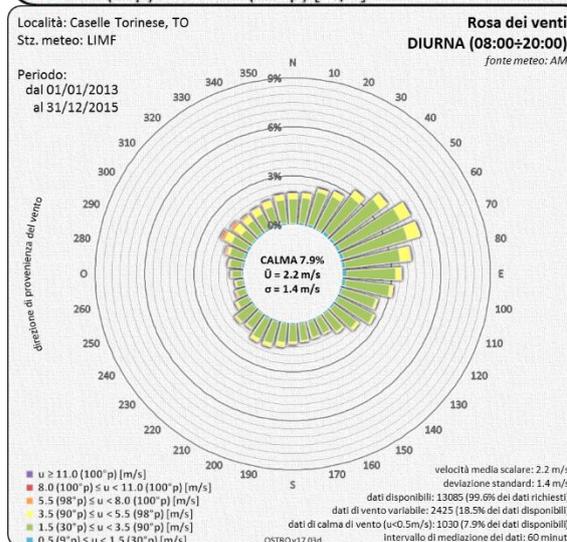
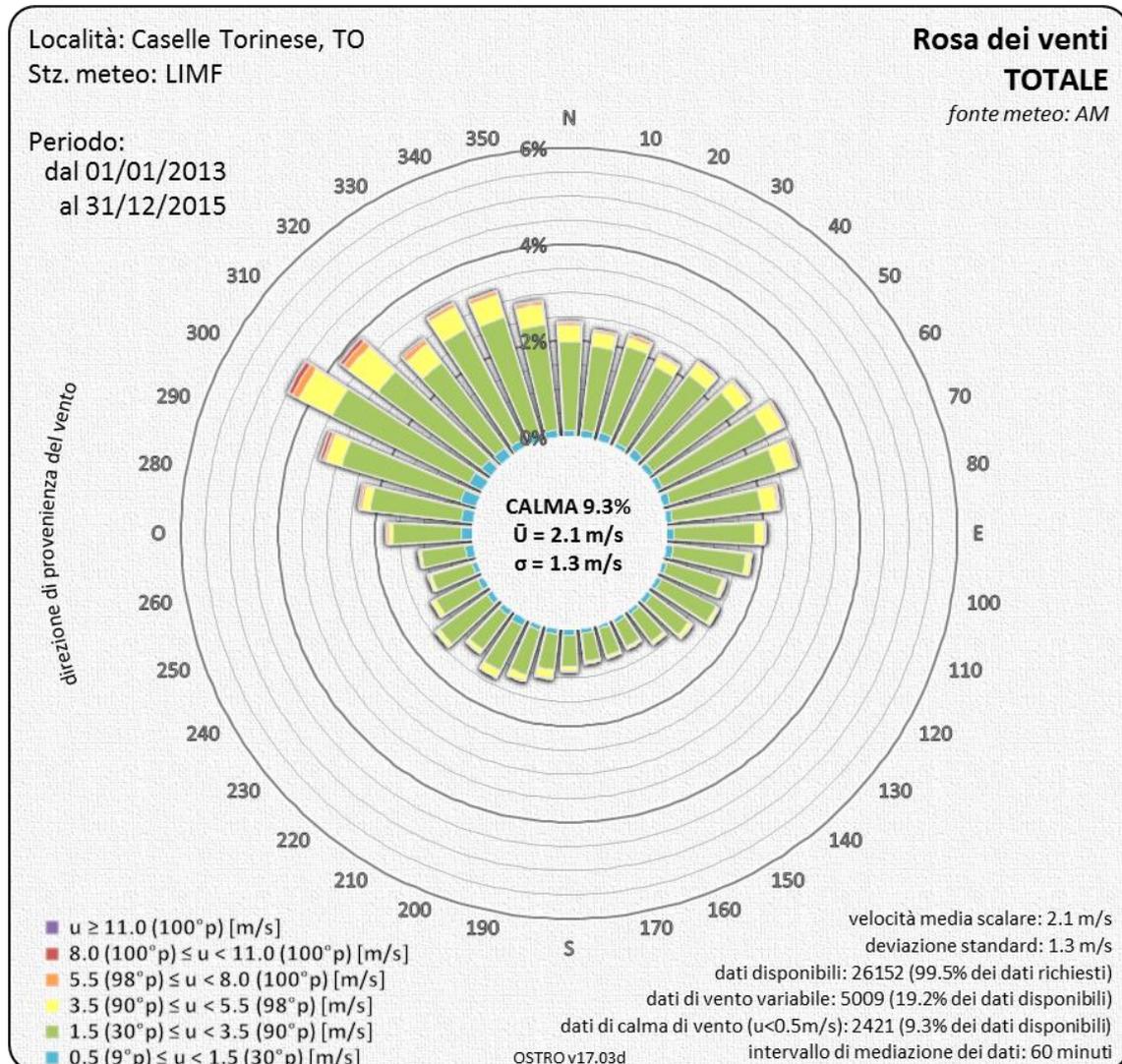
Nella Figura 4.13 e nella Figura 4.14, sono riportate le rose dei venti totali, diurne e notturne dei dati rispettivamente misurati dalla stazione Torino/Caselle e ricostruiti dal modello WRF in corrispondenza della stessa stazione, relativi al triennio 2013-2015. Il confronto tra i dati misurati e le stime modellistiche è più che soddisfacente, con entrambe le rose dei venti totali che mettono in evidenza i medesimi settori prevalenti di provenienza delle masse d'aria. In generale, in linea con quanto riscontrato a livello climatologico nel trentennio 1971-2000 (paragrafo 2.1.2.3), le direzioni di provenienza prevalenti sono quelle dal primo e quarto quadrante. In particolare, dal quarto quadrante originano con più frequenza i venti di maggiore intensità. Nelle ore diurne prevalgono venti dal primo quadrante (da Nord-Est e Est), mentre nelle ore notturne si evidenzia una rotazione con provenienza dal quarto quadrante (da Nord-Est

a Nord). Anche l'intensità media del vento ricostruita per via modellistica risulta in linea con quella misurata, 1.9 m/s del modello a fronte di 2.1 m/s misurati.

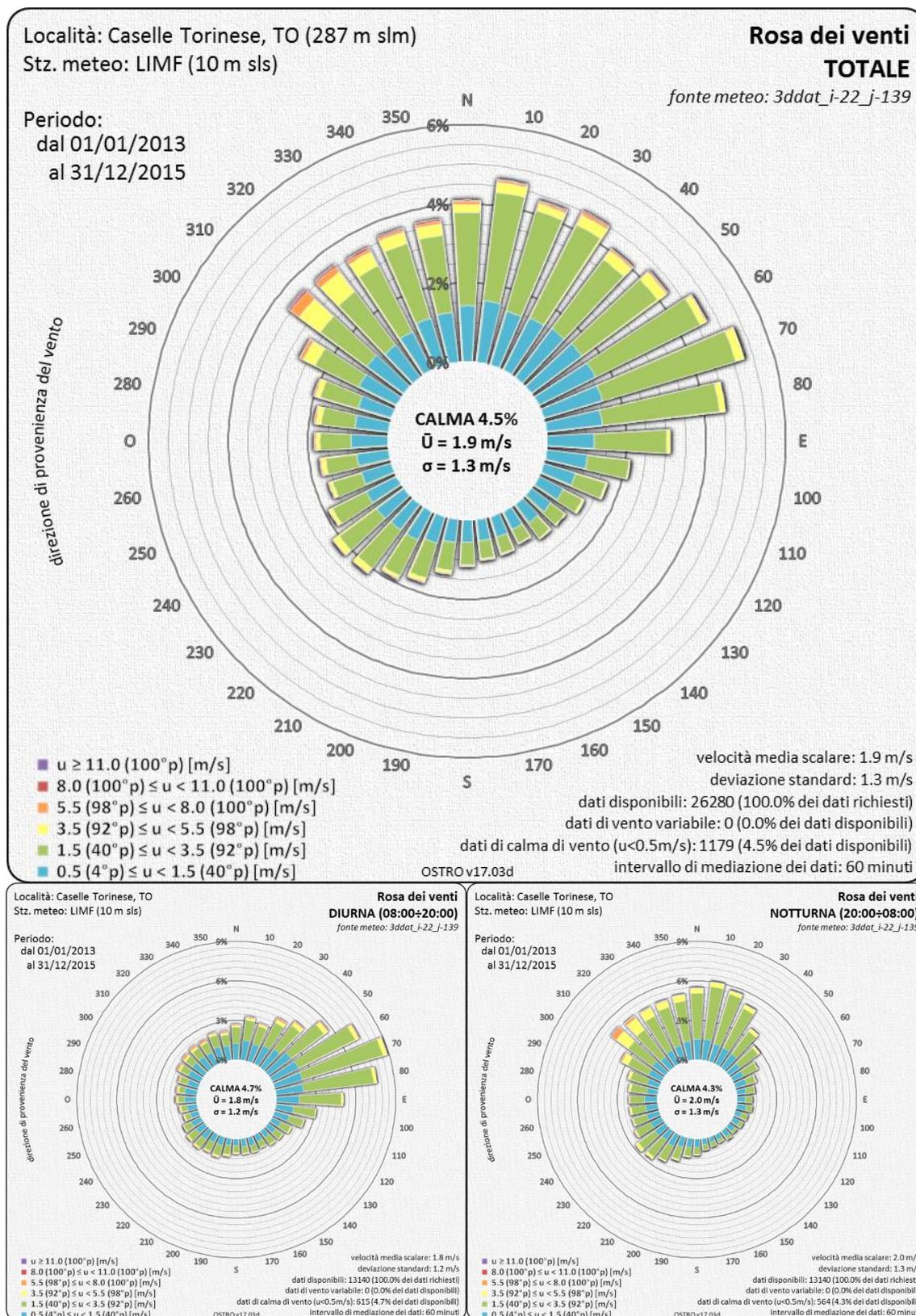
Anche il confronto delle rose stagionali (Figura 4.15 e Figura 4.16) relative ai dati sperimentali e quelli ricostruiti dal modello è soddisfacente. Le stagioni non evidenziano differenze marcate nella struttura delle rose. Si riconosce tuttavia la minore frequenza dei venti da Nord-Est nella stagione invernale. Si evidenzia inoltre una tendenza a venti più tesi nelle stagioni primaverile ed estiva.

Nella Tabella 4.7 e nella Figura 4.17 sono riportati, in forma tabellare e grafica rispettivamente, gli andamenti termici dei dati misurati dalla stazione Torino/Caselle nel triennio 2013-2015. Nella Tabella 4.8 e nella Figura 4.18 sono riportate le medesime analisi riferite a quanto ricostruito dal modello WRF in corrispondenza della stessa stazione e per lo stesso periodo. Il confronto tra i dati misurati e la ricostruzione modellistica è soddisfacente. Su base annua le temperature misurate risultano molto ben rappresentate dal modello, con un discostamento di +0.67 °C. Anche l'andamento mensile risulta ben sovrapponibile: le temperature medie mensili presentano discostamenti inferiori ± 1 °C tra febbraio e ottobre e al più di +2 °C tra novembre e gennaio, ed i valori medi mensili delle temperature massime e minime giornaliere (che rappresentano un confronto più severo) presentano discostamenti entro ± 3 °C.

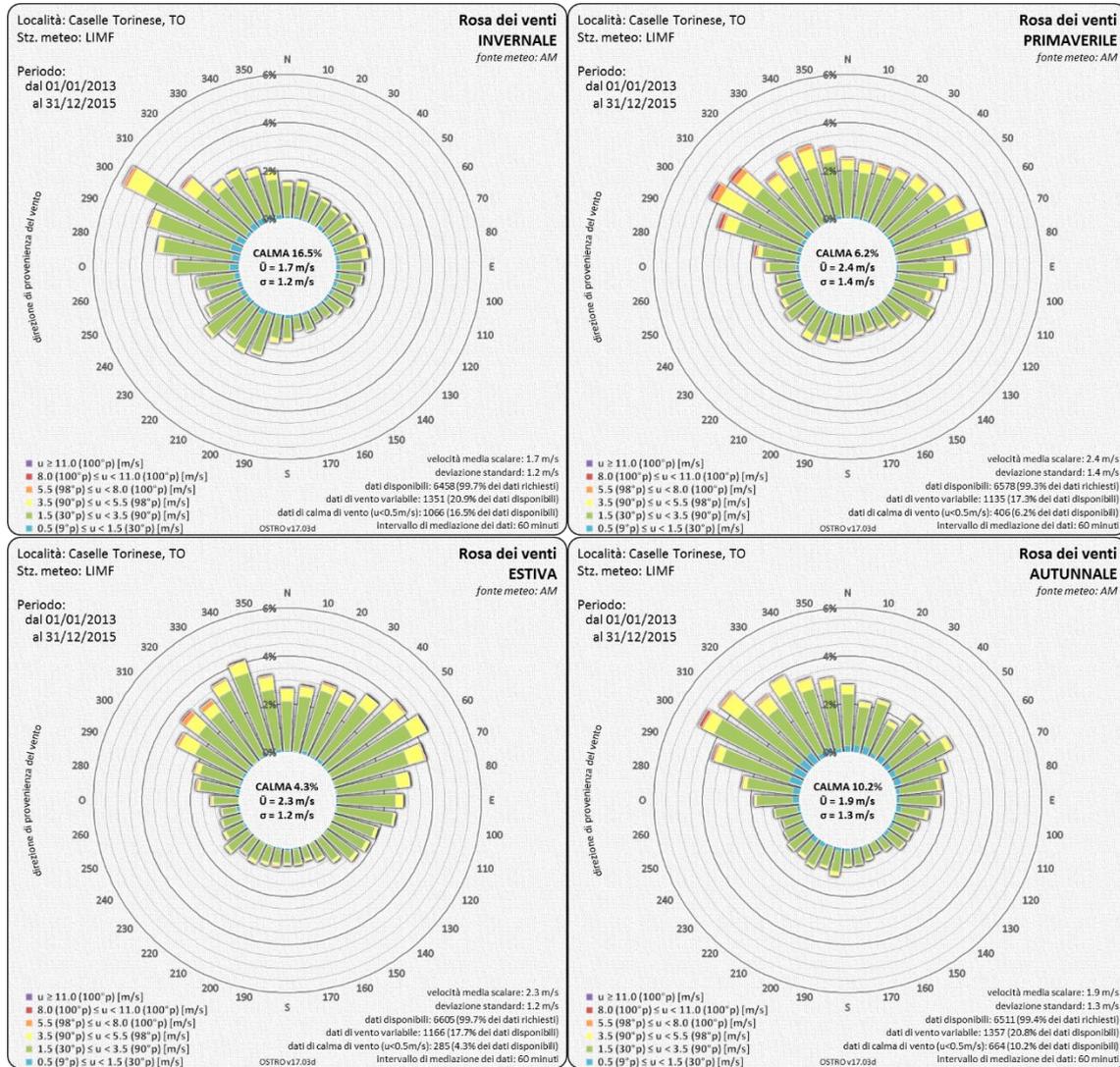
In generale, l'analisi condotta permette di affermare che la ricostruzione modellistica appare adeguata a rappresentare con opportuna confidenza le principali variabili meteorologiche che governano la dispersione in atmosfera.



**Figura 4.13 – Dati misurati dalla stazione Torino/Caselle.
Rose dei venti totale, diurna e notturna, periodo 2013-2015**



**Figura 4.14 – Dati estratti dal modello WRF in corrispondenza della stazione Torino/Caselle.
Rose dei venti totale, diurna e notturna, periodo 2013-2015**



**Figura 4.15 – Dati misurati dalla stazione Torino/Caselle.
Rose dei venti stagionali, periodo 2013-2015**



Figura 4.16 – Dati estratti dal modello WRF in corrispondenza della stazione Torino/Caselle. Rose dei venti stagionali, periodo 2013-2015

Tabella 4.7 – Regime termico registrato dalla stazione Torino/Caselle, periodo 2013-2015

Parametro	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
Disponibilità %:	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	100	100
Massima:	19.0	15.0	26.0	25.0	26.0	33.0	35.0	36.0	30.0	23.0	21.0	15.0	36.0
Media massima:	8.2	8.3	13.5	18.0	20.9	25.9	28.8	26.9	23.2	17.5	12.8	9.4	17.8
Media:	3.5	4.0	8.8	13.4	16.2	21.2	23.9	22.1	18.4	13.7	8.4	4.3	13.2
Media minima:	-0.2	0.2	4.2	8.7	11.3	16.2	18.8	17.3	13.9	10.2	4.7	0.5	8.9
Minima:	-7.0	-6.0	-3.0	2.0	5.0	10.0	12.0	12.0	5.0	4.0	-4.0	-5.0	-7.0

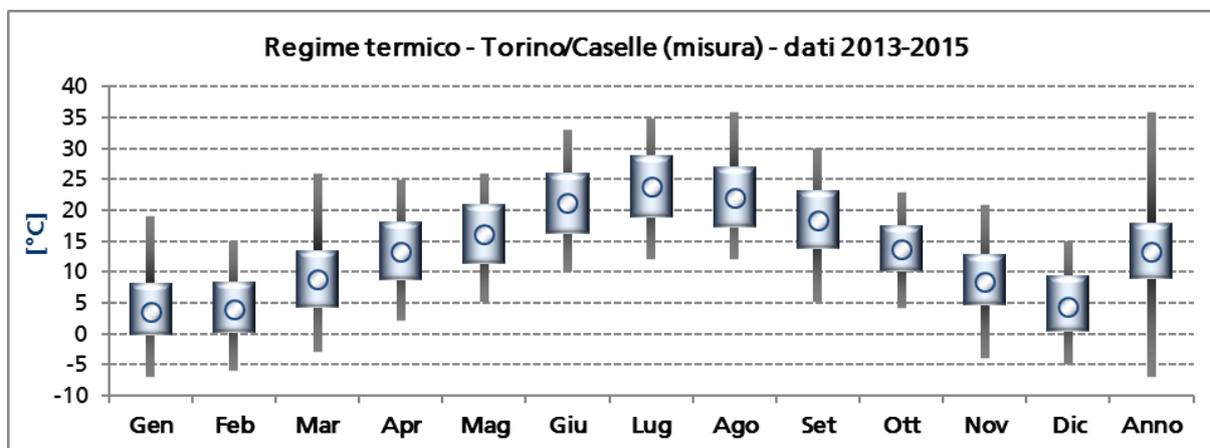


Figura 4.17 – Regime termico registrato dalla stazione Torino/Caselle, periodo 2013-2015

Tabella 4.8 – Ricostruzione modellistica del regime termico nella stazione Torino/Caselle (modello WRF), periodo 2013-2015

Parametro	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
Disponibilità %:	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Massima:	20.2	11.1	21.2	23.5	28.2	32.0	34.1	32.9	28.0	24.1	19.7	13.9	34.1
Media massima:	7.6	7.1	11.1	17.1	21.4	26.6	29.2	27.4	23.2	17.3	12.7	8.8	17.5
Media:	4.9	4.5	8.4	13.2	16.6	21.3	24.1	22.7	19.0	14.5	10.1	6.6	13.9
Media minima:	1.9	1.5	4.7	8.8	11.2	15.5	18.4	17.4	14.1	11.3	7.3	3.9	9.7
Minima:	-5.0	-4.3	-5.6	1.4	4.8	9.4	12.2	12.3	9.6	5.3	-1.8	-3.4	-5.6

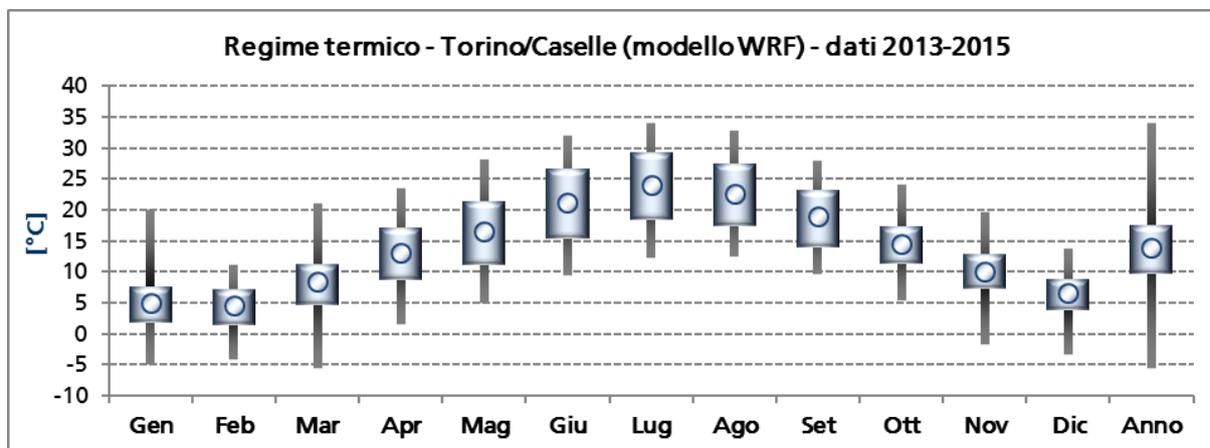


Figura 4.18 – Ricostruzione modellistica del regime termico nella stazione Torino/Caselle (modello WRF), periodo 2013-2015

4.2.3.3 Stabilità atmosferica e altezza strato rimescolato nell'area

La Figura 4.19 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.

Si osserva la prevalenza, durante tutte le stagioni, della classe stabile ("F") nel corso della notte, tra le 19 e le 8 d'inverno e tra le 21 e le 5 d'estate. Le ore maggiormente soleggiate, tra le 11 e le 15 d'inverno e tra le 8 e le 18 d'estate, evidenziano al contrario una maggiore frequenza delle classi instabili ("A" e "B").

La Figura 4.20 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. Si evidenziano valori costantemente ridotti nelle ore notturne di tutte le stagioni (tra le 19 e le 8 d'inverno e tra le 21 e le 5 d'estate) che crescono durante il giorno sino ad altezze medie di circa 500 m d'inverno e 1'500 m d'estate, con valori intermedi durante le stagioni di transizione.

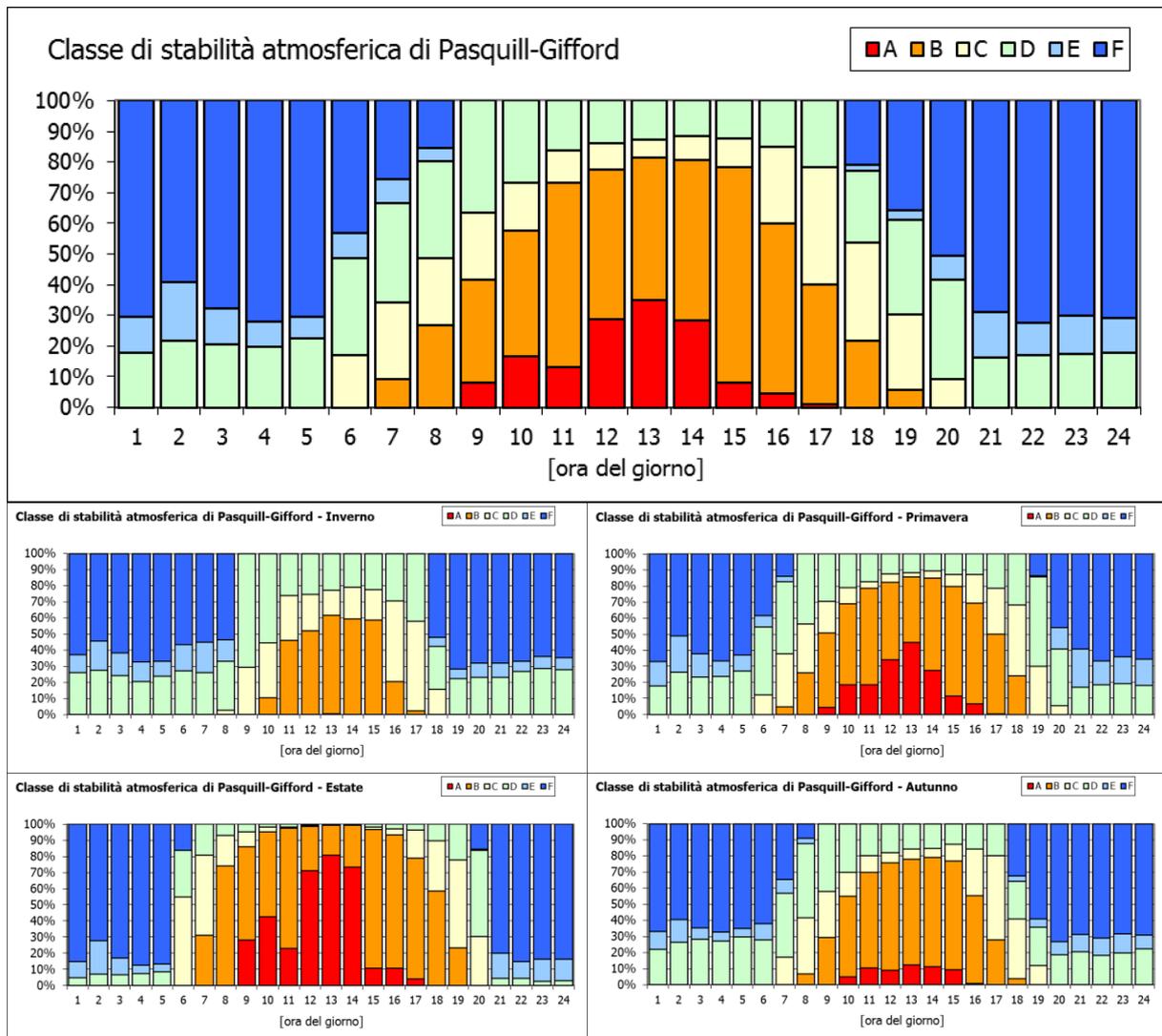


Figura 4.19 – Distribuzioni orarie della classe di stabilità atmosferica di Pasquill-Gifford su base annuale e stagionale. Periodo 2013-2015. Valori orari estratti dal modello CALMET in corrispondenza della Centrale

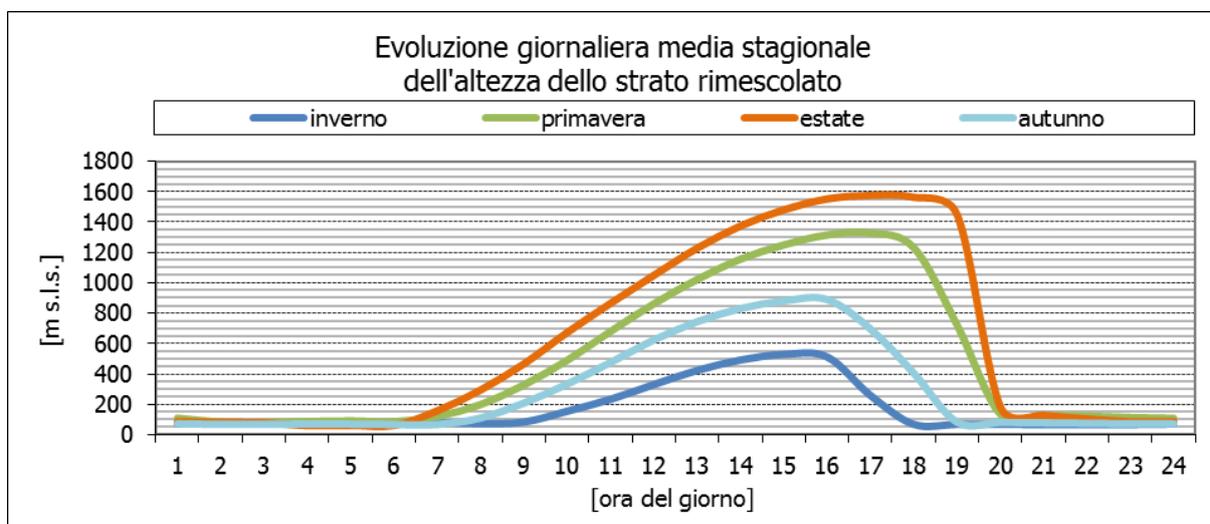


Figura 4.20 – Evoluzione giornaliera media dell’altezza dello strato rimescolato calcolata su base stagionale. Periodo 2013-2015. Valori orari estratti dal modello CALMET in corrispondenza della Centrale

4.2.4 Scenari emissivi

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

- scenario di progetto fase 1 (OCGT), con emissione dall’unità in progetto TO3 alimentata a gas naturale funzionante in ciclo aperto (vedi il seguente paragrafo 4.2.4.1);
- scenario di progetto fase 2 (CCGT), con emissione dall’unità in progetto TO3 alimentata a gas naturale funzionante in ciclo combinato (vedi il seguente paragrafo 4.2.4.2).

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

- concentrazioni alle emissioni pari ai valori proposti per il progetto nel pieno rispetto dei Best Available Techniques reference documents (BREFs) di settore;
- impianto esercito a carico nominale costante per l’intera durata della simulazione.
- stima dell’ammonio (NH_4^+) quale componente del particolato secondario eseguita ipotizzando la conversione istantanea dell’ammoniaca (NH_3) emessa dal camino (“Ammonia-Slip”). Questa assunzione è fortemente cautelativa poiché il rateo di conversione da NH_3 a NH_4^+ 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 proposte 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 "progetto fase 2", per via di quanto detto in precedenza in merito alla emissione di NH₃ ed alla sua trasformazione in ammonio (NH₄⁺, 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 (vedi paragrafo 4.2.1.2), 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.

4.2.4.1 Scenario di progetto fase 1 (OCGT)

Lo scenario di progetto fase 1 prevede il funzionamento dell'unità in progetto TO3 funzionante in ciclo aperto (OCGT). Le coordinate della ciminiera e le relative caratteristiche geometriche sono riportate in Tabella 4.9. In Tabella 4.10 sono riportati invece i parametri fisici dei fumi allo sbocco dalle ciminiere insieme ai relativi valori di concentrazione all'emissione proposti nel pieno rispetto delle Best Available techniques Reference document (BRef) di settore.

Tabella 4.9 – Scenario di progetto fase 1. Caratteristiche geometriche della ciminiera

Unità	Ciminiera di bypass (ciclo aperto)				
	Coordinate WGS84 - UTM 32		Quota della base	Altezza dalla base	Diametro allo sbocco
	Est	Nord			
	m	m	m s.l.m.	m s.l.s.	m
TO3 (OCGT)	436'815	5'011'586	156	60	10.0

Tabella 4.10 – Scenario di progetto fase 1. Caratteristiche dei fumi allo sbocco

Unità	Parametri dei fumi allo sbocco				Concentrazione all'emissione		
	Temperatura	Velocità	Portata ⁽¹⁾	O ₂ rif	NO _x ⁽²⁾	CO ⁽³⁾	NH ₃
	°C	m/s	Nm ³ /h	%	mg/Nm ³		
TO3 (OCGT)	660	37.3	4'400'000	15	30 ⁽⁴⁾	30 ⁽⁴⁾	0
⁽¹⁾ Portata in condizioni normalizzate: temperatura di 273.15 K, pressione di 101.3 kPa, percentuale di ossigeno alle condizioni di riferimento per tipologia di combustibile, con detrazione del vapore acqueo (quindi secca)							
⁽²⁾ BAT, emissioni di NO _x (gas naturale, nuovo impianto OCGT): – 15-35 mg/Nm ³ , periodo di riferimento annuale – 25-50 mg/Nm ³ , periodo di riferimento giornaliero							
⁽³⁾ BAT, emissioni di CO (gas naturale, nuovo impianto OCGT ≥ 50 MW _t): – 5-40 mg/Nm ³ , periodo di riferimento annuale							
⁽⁴⁾ Performance attesa per periodo di riferimento giornaliero							

4.2.4.2 Scenario di progetto fase 2 (CCGT)

Lo scenario di progetto fase 2 prevede il funzionamento dell'unità in progetto TO3 funzionante in ciclo combinato (CCGT). Le coordinate della ciminiera e le relative caratteristiche geometriche sono riportate in Tabella 4.11. In Tabella 4.12 sono riportati invece i parametri fisici dei fumi allo sbocco dalle ciminiere insieme ai relativi valori di concentrazione all'emissione proposti nel pieno rispetto delle Best Available techniques Reference document (BRef) di settore.

Rispetto allo scenario "fase 1", nello scenario "fase 2" alle emissioni di NO_x e CO si aggiunge l'emissione di NH₃ (ammonica) dovuta all'installazione nel GVR dell'unità di un sistema SCR per l'abbattimento degli NO_x.

Tabella 4.11 – Scenario di progetto fase 2. Caratteristiche geometriche delle ciminiere

Unità	Ciminiera (ciclo combinato)				
	Coordinate WGS84 - UTM 32		Quota della base	Altezza dalla base	Diametro allo sbocco
	Est	Nord			
	m	m	m s.l.m.	m s.l.s.	m
TO3 (CCGT)	436'780	5'011'632	156	90	8.5

Tabella 4.12 – Scenario di progetto fase 2. Caratteristiche dei fumi allo sbocco

Unità	Parametri dei fumi allo sbocco				Concentrazione all'emissione		
	Temperatura	Velocità	Portata ⁽¹⁾	O ₂ rif	NO _x ⁽²⁾	CO ⁽³⁾	NH ₃ ⁽⁴⁾
	°C	m/s	Nm ³ /h	%	mg/Nm ³		
TO3 (CCGT)	80	19.5	4'400'000	15	10 ⁽⁵⁾	30 ⁽⁵⁾	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 tipologia di combustibile, con detrazione del vapore acqueo (quindi secca)							
⁽²⁾ BAT, emissioni di NO _x (gas naturale, nuovo impianto CCGT): – 10-30 mg/Nm ³ , periodo di riferimento annuale – 15-40 mg/Nm ³ , periodo di riferimento giornaliero							
⁽³⁾ BAT, emissioni di CO (gas naturale, nuovo impianto CCGT ≥ 50 MW _t): – 5-30 mg/Nm ³ , periodo di riferimento annuale							
⁽⁴⁾ BAT, emissioni di NH ₃ (con impianto SCR): – 3-10 mg/Nm ³ , periodo di riferimento annuale							
⁽⁵⁾ Performance attesa per periodo di riferimento giornaliero							
⁽⁶⁾ Performance attesa per periodo di riferimento annuale							

4.2.4.3 Bilancio massico

Il bilancio massico, relativo al funzionamento sia nello scenario di progetto fase 1, sia nello scenario di progetto fase 2, è riportato nella seguente Tabella 4.13, in termini sia orari sia annui, per ossidi di azoto (NO_x), monossido di carbonio (CO) ed ammoniaca (NH₃).

Deve essere considerato che tale stima risulta notevolmente cautelativa perché assume il funzionamento continuo dell'impianto a carico nominale. Il fattore cautelativo risulta ancor maggiore per l'ammoniaca, poiché l'emissione di tale sostanza è determinata dal verificarsi di un fenomeno di trascinarsi nei gas di entità normalmente trascurabile e con rialzi solitamente episodici e di breve durata.

Nello scenario di progetto fase 2, che prevede il funzionamento del nuovo gruppo turbogas in ciclo combinato, è attesa una decisa diminuzione delle emissioni degli NO_x (-67%), invarianza nelle emissioni di CO, e presenza delle emissioni di NH₃ (non previste nel progetto fase 1).

Anticipando quanto riportato in maggior dettaglio nel seguito, si può ritenere che le modeste emissioni di ammoniaca in atmosfera, associate all'introduzione del sistema di riduzione catalitica selettiva (SCR) in linea con le BREF, siano più che compensate dai benefici attesi a seguito della conseguente riduzione delle emissioni di ossidi d'azoto.

Tabella 4.13 – Bilancio massico nei due scenari: Progetto fase 1 e Progetto fase 2

Scenario	Unità	Bilancio massico orario			Bilancio massico annuo		
		NO _x	CO	NH ₃	NO _x	CO	NH ₃
		kg/ora			kg/anno		
Progetto fase 1 (P1)	TO3 (OCGT)	132	132	0	1'156'320	1'156'320	0
Progetto fase 2 (P2)	TO3 (CCGT)	44	132	22	385'440	1'156'320	192'720
Differenza (P2-P1)		-88	0	+22	-770'880	0	+192'720

4.2.5 Stima delle ricadute

La distribuzione spaziale stimata per via modellistica delle concentrazioni in aria ambiente associate alle emissioni convogliate ai camini della Centrale, sia nello scenario di progetto fasi 1 sia nello scenario di progetto fasi 2, è presentata nelle tavole allegate fuori testo e commentata nel seguito (cfr. paragrafo 4.2.5.1).

Al fine di apprezzare le modulazioni temporali delle ricadute in aria ambiente associate alle emissioni della Centrale, viene presentato nel seguito l'andamento dei giorni tipo stagionali relativi agli ossidi di azoto (cfr. paragrafo 4.2.5.2).

Vengono nel seguito posti a confronto, per tutti gli inquinanti normati, i valori stimati nel punto di massima ricaduta con i relativi limiti di legge vigenti (cfr. paragrafo 4.2.5.3).

Infine, sono nel seguito presentate le stime puntuali delle ricadute delle emissioni della Centrale effettuate per via modellistica in corrispondenza dei centri abitati (cfr. paragrafo 4.2.5.4).

4.2.5.1 Tavole fuori testo

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" (cfr. paragrafo 1.1), compresa nel dominio G2, mentre quelle identificate con il prefisso "AV" si riferiscono alla stima delle concentrazioni nell'area identificata come "area vasta", compresa nel dominio G1. I numeri progressivi che seguono il prefisso "AL" o "AV" identificano il parametro secondo la corrispondenza univoca riportata in Tabella 4.14. Infine, il suffisso "p1" o "p2" identifica rispettivamente lo scenario di progetto in fase 1 o lo scenario di progetto fase 2.

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.

Tabella 4.14 – 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
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 media giornaliera

4.2.5.1.1 NO₂ e NO_x

Le **tavole 01** (cfr. Tabella 4.14) riportano la stima del contributo associato alle emissioni della Centrale alla concentrazione media annua in aria ambiente di NO₂. Il D. Lgs. 155/2010 prevede un valore limite alla concentrazione media per anno civile di NO₂ pari a 40 µg/m³. Nello scenario di progetto fase 1, l'area di maggiore impatto è localizzabile poco a Nord dell'impianto, entro pochi chilometri, ove si stimano contributi che arrivano al più a circa 0.05 µg/m³. Nello scenario di progetto fase 2, l'area di maggiore impatto si estende in direzione principalmente Nord e secondariamente Ovest-Sud-Ovest, con concentrazioni che arrivano al più a circa 0.19 µg/m³ (oltre due ordini di grandezza inferiori rispetto al relativo valore limite) in una ristretta area a circa 1 km in direzione Nord-Ovest dalla Centrale, dunque oltre due ordini di grandezza inferiori rispetto al relativo valore limite.

Le **tavole 02** (cfr. Tabella 4.14) riportano la stima del contributo associato alle emissioni della Centrale alla concentrazione media oraria annua in aria ambiente di NO₂ superata 18 volte in un anno. Il D. Lgs. 155/2010 prevede un valore limite alla concentrazione media oraria di NO₂ pari a 200 µg/m³ da non superare più di 18 volte per anno civile. Nello scenario di progetto fase 1, l'area di maggiore impatto è localizzabile poco a Nord dell'impianto, entro pochi chilometri, ove si stimano contributi che arrivano al più a circa 1.7 µg/m³. Nello scenario di progetto fase 2, l'area di maggiore impatto si estende intorno alla Centrale entro un raggio di circa 1-2 km, con concentrazioni dell'ordine di 5 µg/m³ che arrivano al più a poco meno di 8 µg/m³ (quindi meno del 4% del relativo valore limite) in una ristretta area adiacente al sedime di Centrale.

Le **tavole 03** (cfr. Tabella 4.14) riportano la stima del contributo associato alle emissioni della Centrale alla concentrazione media annua in aria ambiente di NO_x. Il D. Lgs. 155/2010 prevede un livello critico a protezione della vegetazione alla concentrazione media per anno civile di NO_x pari a 30 µg/m³. Nello scenario di progetto fase 1, l'area di maggiore impatto è localizzabile poco a Nord dell'impianto, ove si stimano contributi che arrivano al più a circa 0.06 µg/m³ in una ristretta area localizzata a circa 2 km di distanza. Una seconda area interessata dalle ricadute è localizzabile entro pochi chilometri in direzione

Ovest-Sud-Ovest, ove le concentrazioni permangono su livelli di circa $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nello scenario di progetto fase 2, l'area di maggiore impatto si estende in direzione principalmente Nord e secondariamente Ovest-Sud-Ovest, con concentrazioni che arrivano al più a circa $0.26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (oltre due ordini di grandezza inferiori rispetto al relativo livello critico) in una ristretta area a circa 1 km in direzione Nord-Ovest dalla Centrale.

In generale, il contributo atteso dalla Centrale agli ossidi di azoto in aria ambiente può essere considerato, sia nello scenario di progetto fase 1 sia nello scenario di progetto fase 2, non significativo anche nel punto di massima ricaduta e trascurabile nel resto del territorio.

4.2.5.1.2 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^-) e, a seguito dell'installazione del sistema SCR per lo scenario di progetto fase 2, delle emissioni gassose di ammoniaca (NH_3) in ammonio (NH_4^+). Tali trasformazioni avvengono successivamente all'emissione dal camino dei composti gassosi, e dunque le polveri generate da questo processo 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 costituiscono le ricadute in termini di $\text{PM}_{2.5}$ e di PM_{10} attribuibili alla Centrale.

Le **tavole 04** (cfr. Tabella 4.14) riportano la stima del contributo associato alle emissioni della Centrale alla concentrazione media annua in aria ambiente di SPM. Il riferimento normativo prevede per il PM_{10} e per il $\text{PM}_{2.5}$, classi in cui come detto rientrano anche le ricadute di SPM, un valore limite della concentrazione media annua rispettivamente di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nello scenario di progetto fase 1, l'area di maggiore impatto è localizzabile in direzione Ovest-Sud-Ovest dall'impianto, entro circa 10 km, ove si stimano contributi inferiori a $0.006 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ovvero oltre tre ordini di grandezza inferiori rispetto al valore limite della concentrazione media annua riferito al $\text{PM}_{2.5}$. Nello scenario di progetto fase 2, dove si aggiungono rispetto alla fase 1 come precursori di particolato secondario le emissioni di ammoniaca indotte dal sistema SCR ("Ammonia-Slip"), l'area di maggiore impatto si estende in direzione principalmente Nord e secondariamente Ovest-Sud-Ovest, con concentrazioni che arrivano al più a circa $0.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ovvero oltre due ordini di grandezza inferiori rispetto al valore limite della concentrazione media annua riferito al $\text{PM}_{2.5}$.

Le **tavole 05** (cfr. Tabella 4.14) riportano la stima del contributo associato alle emissioni della Centrale alla concentrazione media giornaliera in aria ambiente di SPM superata 35 volte in un anno. Il riferimento normativo prevede per il PM_{10} un valore limite alla concentrazione media giornaliera pari a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte per anno civile. Nello scenario di progetto fase 1, l'area di maggiore impatto

è localizzabile in direzione Ovest dall'impianto, entro circa 10 km, ove si stimano contributi inferiori a $0.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ovvero oltre tre ordini di grandezza inferiori rispetto al valore limite applicabile riferito al PM_{10} . Nello scenario di progetto fase 2, dove si aggiungono rispetto alla fase 1 come precursori di particolato secondario le emissioni di ammoniaca indotte dal sistema SCR ("Ammonia-Slip"), l'area di maggiore impatto si estende in direzione principalmente Nord e secondariamente Ovest-Sud-Ovest, con concentrazioni che arrivano al più a circa $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ovvero circa due ordini di grandezza inferiori rispetto al valore limite applicabile riferito al PM_{10} , in una ristretta area a circa 1 km in direzione Nord-Ovest dalla Centrale.

In generale, il contributo atteso dalla Centrale al particolato in aria ambiente, nonostante i criteri cautelativi applicati alle stime modellistiche, può essere considerato, sia nello scenario di progetto fase 1 sia nello scenario di progetto fase 2, non significativo anche nel punto di massima ricaduta e trascurabile nel resto del territorio.

4.2.5.1.3 CO

Le **tavole 06** (cfr. Tabella 4.14) riportano la stima del contributo associato alle emissioni della Centrale alla concentrazione media massima giornaliera calcolata su 8 ore di CO. Il D. Lgs. 155/2010 prevede un valore limite alla concentrazione media massima giornaliera calcolata su 8 ore di CO pari a $10 \text{ mg}/\text{m}^3$. Nello scenario di progetto fase 1, l'area di maggiore impatto è localizzabile poco a Sud dell'impianto, ove si stimano contributi che arrivano al più a circa $0.01 \text{ mg}/\text{m}^3$ in una ristretta area localizzata a circa 1 km dal sedime di Centrale. Una seconda area interessata dalle ricadute è localizzabile entro pochi chilometri in direzione Nord, ove le concentrazioni permangono su livelli dell'ordine di $0.005 \text{ mg}/\text{m}^3$. Nello scenario di progetto fase 2, l'area di maggiore impatto è localizzata in prossimità del sedime di Centrale, entro pochi chilometri, con un massimo inferiore a $0.03 \text{ mg}/\text{m}^3$ (oltre due ordini di grandezza inferiori rispetto al relativo valore limite) localizzabile a circa 1 km dal sedime di Centrale in direzione Sud-Est.

In generale, il contributo atteso dalla Centrale al monossido di carbonio in aria ambiente può essere considerato, sia nello scenario di progetto fase 1 sia nello scenario di progetto fase 2, trascurabile anche nel punto di massima ricaduta e a maggior ragione nel resto del territorio.

4.2.5.1.4 NH₃

Le ricadute in termini di concentrazione di NH_3 associate alle emissioni della Centrale sono stimate per il solo scenario di progetto fase 2. Si prevede, infatti, l'installazione di un sistema SCR (Riduzione Selettiva Catalitica, per il contenimento delle emissioni di NO_x), che comporta l'utilizzo di ammoniaca come reagente riducente ed un suo possibile, sebbene limitato, trascinarsi nei gas in emissione ("Ammonia-Slip"). Per lo scenario di progetto fase 1, invece, non è prevista emissione di ammoniaca.

La normativa nazionale non stabilisce valori limite per le concentrazioni in aria ambiente di NH_3 . Sono tuttavia presenti in letteratura valori di riferimento utili a valutare la significatività delle concentrazioni in aria ambiente, per dettagli sui quali si rimanda al precedente paragrafo 3.4.11.

Le **tavole 07.p2** (cfr. paragrafo 4.2.5.1) riportano la stima del contributo associato alle emissioni della Centrale alla concentrazione media annua in aria ambiente di NH_3 . L'area di maggiore impatto si estende in direzione principalmente Nord e secondariamente Ovest-Sud-Ovest, con concentrazioni che arrivano al più a circa $0.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il confronto con le concentrazioni misurate nelle più vicine postazioni di qualità dell'aria, dell'ordine di circa $5\div 11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (cfr. paragrafo 3.4.11) permette di valutare, anche in considerazione dei criteri cautelativi adottati nella simulazione, come trascurabile il contributo della Centrale anche nel punto di maggiore ricaduta.

Le **tavole 08.p2** (cfr. paragrafo 4.2.5.1) riportano la stima del contributo associato alle emissioni della Centrale alla concentrazione massima giornaliera in aria ambiente di NH_3 . L'area di maggiore impatto si estende intorno alla Centrale entro un raggio di circa 1-2 km, con concentrazioni dell'ordine di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ che arrivano al più a poco meno di $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in una ristretta area adiacente al sedime di Centrale. Il confronto con le concentrazioni misurate nelle più vicine postazioni di qualità dell'aria, dell'ordine di circa $22\div 37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (cfr. paragrafo 3.4.11) permette di considerare, anche in considerazione dei criteri cautelativi adottati nella simulazione, come trascurabile il contributo della Centrale alle ricadute in aria ambiente.

4.2.5.2 *Andamento temporale delle concentrazioni in atmosfera*

Al fine di apprezzare le modulazioni temporali delle ricadute in aria ambiente associate alle emissioni della Centrale, viene presentato nel presente paragrafo l'andamento dei giorni tipo stagionali relativi agli ossidi di azoto (NO_x). L'analisi è relativa al punto di massima ricaduta (436'250 m E, 5'012'250 m N, fuso UTM 32 Nord) stimato per la fase 2 dello scenario di progetto (Figura 4.21).

Gli andamenti giornalieri riportati nel grafico mostrano una crescita della concentrazione di NO_x , nel punto analizzato, a partire dalle ore 07. Tale crescita raggiunge i valori massimi nel corso del giorno, in momenti diversi in funzione della stagione: tra le ore 12 e le ore 14 in estate e in primavera, alle ore 14 in autunno e in inverno. A partire dalle ore 20, le concentrazioni scendono a valori trascurabili, e vi permangono per tutto il corso della notte.

L'andamento stagionale mette in evidenza valori minimi nella stagione invernale e più elevati in estate, con una differenza che nelle ore diurne raggiunge circa un fattore tre.

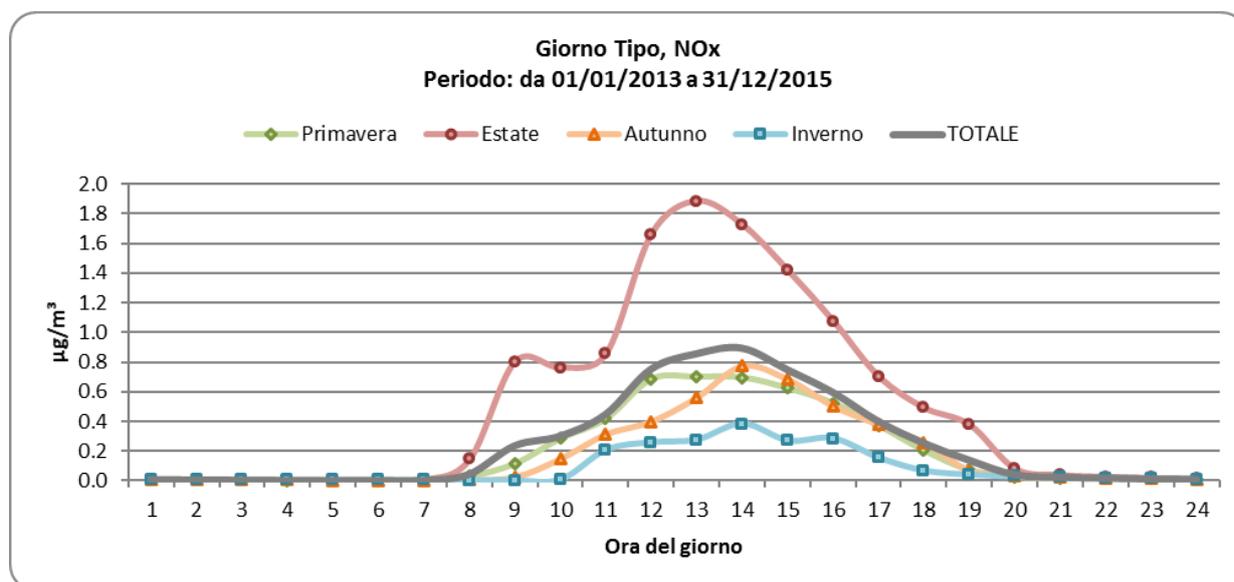


Figura 4.21 – Giorno tipo di NO_x nel punto di massima ricaduta relativo allo scenario di progetto fase 2

4.2.5.3 Confronto coi limiti di legge

Nella seguente Tabella 4.15 sono riportati, per ciascuno scenario considerato, i contributi stimati alle concentrazioni dei macroinquinanti nel punto di massima ricaduta. Tutti i contributi stimati, sia nello scenario di progetto fase 1 sia nello scenario di progetto fase 2, rientrano ampiamente all'interno dei valori limite e dei livelli critici, ove applicabili, imposti dal D. Lgs. 155/2010. Si ricorda, inoltre, che i valori stimati sono sempre cautelativi, in quanto gli scenari modellistici prevedono che l'impianto operi in continuo, a pieno carico e con livelli emissivi pari ai valori massimi proposti.

Le ricadute in termini di ossidi di azoto sono stimate nel punto di massima ricaduta pari a:

- 0.5% del valore limite sulla concentrazione media annua di biossido di azoto (NO₂);
- 3.8% del valore limite sulla concentrazione oraria superata 18 volte per anno civile di NO₂;
- 0.9% del livello critico sulla concentrazione media annua di ossidi di azoto (NO_x).

Le ricadute in termini di SPM (polveri secondarie), rientranti come detto nella classe granulometrica PM_{2.5} (e dunque anche PM₁₀), sono stimate nel punto di massima ricaduta pari a:

- 0.6% del valore limite sulla concentrazione media annua di PM_{2.5};
- 0.9% del valore limite sulla concentrazione giornaliera superata 35 volte per anno civile di PM₁₀;

Le ricadute in termini di monossido di carbonio (CO) sono stimate nel punto di massima ricaduta pari allo 0.3% del valore limite sulla concentrazione media massima giornaliera calcolata su 8 ore.

Le ricadute in termini di ammoniaca (NH₃), per le quali non è applicabile un limite di legge (cfr. paragrafo 3.4.11), sono stimate nel punto di massima ricaduta pari a 0.14 µg/m³ in termini di concentrazione media annua e pari a 1.8 µg/m³ in termini di massima concentrazione giornaliera.

Tabella 4.15 – Stima modellistica delle concentrazioni in aria ambiente nel punto di massima ricaduta

Rif. Tavola	Parametro ⁽¹⁾	U.M.	Limite di legge (D. Lgs. 155/2010) ⁽²⁾	Area di 18 x 18 km ²			
				Valore massimo		Valore medio	
				Scenario PR1	Scenario PR2	Scenario PR1	Scenario PR2
01	NO ₂ – Concentrazione media annua	[µg/m ³]	40 (V.L.)	0.05	0.19	0.03	0.06
02	NO ₂ – Conc. oraria superata 18 volte per anno civile	[µg/m ³]	200 (V.L.)	1.7	7.6	1.1	1.8
03	NO _x – Concentrazione media annua	[µg/m ³]	30 (L.C.)	0.06	0.26	0.04	0.08
04	SPM ⁽³⁾ – Concentrazione media annua	[µg/m ³]	- ⁽⁴⁾	0.01	0.15	0.01	0.05
05	SPM ⁽³⁾ – Conc. giornaliera superata 35 volte per anno civile	[µg/m ³]	- ⁽⁵⁾	0.02	0.47	0.02	0.14
06	CO – Conc. media massima giornaliera calcolata su 8 ore	[mg/m ³]	10 (V.L.)	0.009	0.027	0.002	0.005
07	NH ₃ – Concentrazione media annua	[µg/m ³]	- ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁷⁾	0.14	n.d. ⁽⁷⁾	0.04
08	NH ₃ – Massimo della conc. media giornaliera	[µg/m ³]	- ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁷⁾	1.8	n.d. ⁽⁷⁾	0.3

⁽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 SO₄²⁻, NO₃⁻ e NH₄⁺ provenienti dalle emissioni di SO₂, NO_x e NH₃. L'NH₄⁺ è determinato a partire dalla concentrazione di NH₃. Non è conteggiata la massa dei cationi e anioni provenienti da altre sorgenti ad essi legati a formare i sali. Non essendoci emissione di particolato primario, ma di soli precursori gassosi, 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 3.4.11

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

4.2.5.4 Centri abitati

La seguente Tabella 4.16 riporta le stime modellistiche puntuali delle ricadute associate delle emissioni della Centrale nello scenario di progetto fase 1 in corrispondenza dei centri abitati Istat (periodo di riferimento 2011) ricadenti all'interno dell'area di interesse definita "area locale" (cfr. paragrafo 4.2.2), assunti come rappresentativi dei luoghi a maggiore densità abitativa. La Tabella 4.17 riporta le analoghe

informazioni in riferimento allo scenario di progetto fase 2, mentre la Tabella 4.18 riporta la variazione delle ricadute in termini di differenza tra gli scenari di progetto fase 2 e fase 1.

Dall'analisi delle tabelle si possono osservare contributi alla concentrazione in aria ambiente sempre considerevolmente inferiori rispetto ai limiti normativi, sia nello scenario di progetto fase 1 (Tabella 4.16), sia nello scenario di progetto fase 2 (Tabella 4.17).

Le ricadute in termini di ossidi di azoto stimate in corrispondenza dei centri abitati risultano al più pari a:

- 0.18% del valore limite sulla concentrazione media annua di NO₂ (località "San Genuario" localizzata circa 6 km a Sud-Ovest dal punto di emissione, scenario di progetto fase 2)
- 1.2% del valore limite sulla concentrazione oraria superata 18 volte per anno civile di NO₂ (località "San Genuario", scenario di progetto fase 2)
- 0.33% del livello critico sulla concentrazione media annua di NO_x (località "San Genuario", scenario di progetto fase 2).

Le ricadute in termini di SPM (polveri secondarie), rientranti come detto nella classe granulometrica PM_{2.5} (e dunque anche PM₁₀), stimate in corrispondenza dei centri abitati risultano al più pari a:

- 0.25% del valore limite sulla concentrazione media annua di PM_{2.5} (località "San Genuario", scenario di progetto fase 2);
- 0.30% del valore limite sulla concentrazione giornaliera superata 35 volte per anno civile di PM₁₀ (località "San Genuario", scenario di progetto fase 2).

Le ricadute in termini di monossido di carbonio (CO) stimate in corrispondenza dei centri abitati risultano al più pari allo 0.089% del valore limite sulla concentrazione media massima giornaliera calcolata su 8 ore (località "Santa Maria" localizzata circa 9 km a Sud-Sud-Ovest dal punto di emissione, scenario di progetto fase 2).

Le ricadute in termini di ammoniaca (NH₃), per le quali non è applicabile un limite di legge (cfr. paragrafo 3.4.11), stimate in corrispondenza dei centri abitati risultano al più pari a 0.05 µg/m³ in termini di concentrazione media annua (località "San Genuario", scenario di progetto fase 2) e pari a 0.8 µg/m³ in termini di massima concentrazione giornaliera (località "Caravini" localizzata circa 8 km a Sud-Sud-Ovest dal punto di emissione, scenario di progetto fase 2).

La differenza tra le ricadute attese sui centri abitati nei due scenari di progetto (fase 2 e fase 1), evidenziata in Tabella 4.18, evidenziano un generale incremento, con poche eccezioni, dei valori di tutti i parametri. Tali incrementi risultano tuttavia di entità trascurabile se confrontati con gli standard di legge applicabili, con valori che in termini di media annua raggiungono al più +0.04 µg/m³ per NO₂, +0.06 µg/m³ per SPM e +0.05 µg/m³ per NH₃.

Tabella 4.16 – Stima modellistica delle concentrazioni in aria ambiente in corrispondenza dei centri abitati.

Scenario di progetto fase 1

ID Località	Denominazione	Contributo alla concentrazione in aria ambiente								
		Inquinante:	NO ₂		NO _x	SPM ⁽³⁾		CO	NH ₃	
		Riferimento Tavola:	01	02	03	04	05	06	07	08
		Parametro ⁽¹⁾ :	media annua	media oraria superata 18 volte per anno civile	media annua	media annua	media giornaliera superata 35 volte per anno civile	media massima giornaliera calcolata su 8 ore	media annua	media giornaliera massima
		D. Lgs. 155/2010 ⁽²⁾ :	40 (V.L.)	200 (V.L.)	30 (L.C.)	- ⁽⁴⁾	- ⁽⁵⁾	10 (V.L.)	- ⁽⁶⁾	- ⁽⁶⁾
		U.M.:	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	mg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
201110001	Bianzè	→	0.03	0.9	0.04	0.005	0.02	0.001	0	0
214810002	Trino	→	0.02	1.0	0.03	0.004	0.01	0.002	0	0
211810001	Ronsecco	→	0.03	1.2	0.04	0.005	0.01	0.001	0	0
212610001	Salasco	→	0.03	1.1	0.04	0.005	0.01	0.002	0	0
204910002	Crescentino	→	0.03	0.9	0.04	0.006	0.02	0.001	0	0
205210001	Crova	→	0.03	1.1	0.04	0.006	0.02	0.001	0	0
205810001	Fontanetto Po	→	0.03	1.0	0.04	0.005	0.01	0.002	0	0
206710001	Lamporo	→	0.04	1.1	0.05	0.006	0.02	0.002	0	0
207110001	Livorno Ferraris	→	0.03	0.8	0.04	0.005	0.02	0.001	0	0
209010001	Palazzolo Vercellese	→	0.03	1.0	0.04	0.005	0.01	0.001	0	0
129410004	Rocca	→	0.03	0.9	0.04	0.006	0.02	0.002	0	0
204910001	Caravini	→	0.03	1.0	0.04	0.005	0.02	0.002	0	0
204910004	Monte	→	0.03	1.0	0.05	0.006	0.02	0.002	0	0
204910005	San Genuario	→	0.03	1.0	0.04	0.006	0.02	0.002	0	0
204910006	San Grisante	→	0.03	1.0	0.05	0.006	0.02	0.002	0	0
204910007	San Silvestro	→	0.03	1.0	0.04	0.006	0.02	0.002	0	0
204910008	Santa Maria	→	0.03	1.3	0.04	0.005	0.01	0.002	0	0
⁽¹⁾ Ciascun valore rappresenta il massimo tra i singoli valori stimati per ogni anno del periodo triennale										
⁽²⁾ L.C. = Livello Critico, V.L. = Valore Limite										
⁽³⁾ SPM = Particolato secondario										
⁽⁴⁾ Il D. Lgs. 155/2010 prevede un valore limite alla concentrazione media per anno civile di PM ₁₀ pari a 40 µg/m ³ e di PM _{2,5} pari a 25 µg/m ³										
⁽⁵⁾ Il D. Lgs. 155/2010 prevede un valore limite alla concentrazione media giornaliera di PM ₁₀ pari a 50 µg/m ³ 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 NH ₃ . Sono tuttavia presenti in letteratura valori di riferimento, per dettagli sui quali si rimanda al paragrafo 3.4.11										

Tabella 4.17 – Stima modellistica delle concentrazioni in aria ambiente in corrispondenza centri abitati.

Scenario di progetto fase 2

ID Località	Denominazione	Contributo alla concentrazione in aria ambiente								
		Inquinante:	NO ₂		NO _x	SPM ⁽³⁾		CO	NH ₃	
		Riferimento Tavola:	01	02	03	04	05	06	07	08
		Parametro ⁽¹⁾ :	media annua	media oraria superata 18 volte per anno civile	media annua	media annua	media giornaliera superata 35 volte per anno civile	media massima giornaliera calcolata su 8 ore	media annua	media giornaliera massima
		D. Lgs. 155/2010 ⁽²⁾ :	40 (V.L.)	200 (V.L.)	30 (L.C.)	- ⁽⁴⁾	- ⁽⁵⁾	10 (V.L.)	- ⁽⁶⁾	- ⁽⁶⁾
		U.M.:	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	mg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
201110001	Bianzè	→	0.04	1.0	0.05	0.039	0.10	0.003	0.03	0.2
214810002	Trino	→	0.03	0.8	0.03	0.023	0.07	0.003	0.02	0.2
211810001	Ronsecco	→	0.04	1.9	0.06	0.039	0.13	0.006	0.03	0.3
212610001	Salasco	→	0.04	1.1	0.06	0.038	0.11	0.004	0.03	0.2
204910002	Crescentino	→	0.05	1.3	0.07	0.045	0.11	0.003	0.04	0.2
205210001	Crova	→	0.06	1.3	0.07	0.049	0.14	0.005	0.04	0.3
205810001	Fontanetto Po	→	0.04	1.3	0.06	0.039	0.10	0.004	0.03	0.3
206710001	Lamporo	→	0.06	1.4	0.08	0.052	0.12	0.004	0.04	0.2
207110001	Livorno Ferraris	→	0.04	0.9	0.05	0.034	0.08	0.002	0.03	0.2
209010001	Palazzolo Vercellese	→	0.03	0.9	0.04	0.027	0.08	0.003	0.02	0.2
129410004	Rocca	→	0.04	1.1	0.06	0.039	0.09	0.003	0.03	0.2
204910001	Caravini	→	0.06	2.2	0.08	0.049	0.12	0.009	0.04	0.8
204910004	Monte	→	0.05	1.3	0.07	0.048	0.12	0.003	0.04	0.2
204910005	San Genuario	→	0.07	2.4	0.10	0.062	0.15	0.005	0.05	0.3
204910006	San Grisante	→	0.06	1.6	0.08	0.053	0.13	0.003	0.05	0.2
204910007	San Silvestro	→	0.06	1.9	0.08	0.048	0.11	0.006	0.04	0.5
204910008	Santa Maria	→	0.05	2.1	0.07	0.042	0.10	0.009	0.04	0.4
⁽¹⁾ Ciascun valore rappresenta il massimo tra i singoli valori stimati per ogni anno del periodo triennale										
⁽²⁾ L.C. = Livello Critico, V.L. = Valore Limite										
⁽³⁾ SPM = Particolato secondario										
⁽⁴⁾ Il D. Lgs. 155/2010 prevede un valore limite alla concentrazione media per anno civile di PM ₁₀ pari a 40 µg/m ³ e di PM _{2,5} pari a 25 µg/m ³										
⁽⁵⁾ Il D. Lgs. 155/2010 prevede un valore limite alla concentrazione media giornaliera di PM ₁₀ pari a 50 µg/m ³ 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 NH ₃ . Sono tuttavia presenti in letteratura valori di riferimento, per dettagli sui quali si rimanda al paragrafo 3.4.11										

Tabella 4.18 – Stima modellistica delle concentrazioni in aria ambiente in corrispondenza dei centri abitati.

Differenza tra scenari di progetto fase 2 e fase 1

ID Località	Denominazione	Differenza tra scenario di progetto fase 2 e scenario di progetto fase 1								
		Inquinante:	NO ₂		NO _x	SPM ⁽³⁾		CO	NH ₃	
		Riferimento Tavola:	01	02	03	04	05	06	07	08
		Parametro ⁽¹⁾ :	media annua	media oraria superata 18 volte per anno civile	media annua	media annua	media giornaliera superata 35 volte per anno civile	media massima giornaliera calcolata su 8 ore	media annua	media giornaliera massima
		D. Lgs. 155/2010 ⁽²⁾ :	40 (V.L.)	200 (V.L.)	30 (L.C.)	- ⁽⁴⁾	- ⁽⁵⁾	10 (V.L.)	- ⁽⁶⁾	- ⁽⁶⁾
		U.M.:	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	mg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
201110001	Bianzè	→	+0.01	+0.1	+0.02	+0.03	+0.08	+0.002	+0.03	+0.2
214810002	Trino	→	+0.00	-0.2	+0.00	+0.02	+0.06	+0.002	+0.02	+0.2
211810001	Ronsecco	→	+0.02	+0.8	+0.02	+0.03	+0.11	+0.005	+0.03	+0.3
212610001	Salasco	→	+0.01	+0.1	+0.02	+0.03	+0.10	+0.002	+0.03	+0.2
204910002	Crescentino	→	+0.02	+0.4	+0.02	+0.04	+0.09	+0.002	+0.04	+0.2
205210001	Crova	→	+0.02	+0.2	+0.03	+0.04	+0.12	+0.004	+0.04	+0.3
205810001	Fontanetto Po	→	+0.01	+0.3	+0.02	+0.03	+0.09	+0.002	+0.03	+0.3
206710001	Lamporo	→	+0.02	+0.3	+0.03	+0.05	+0.10	+0.002	+0.04	+0.2
207110001	Livorno Ferraris	→	+0.01	+0.1	+0.01	+0.03	+0.07	+0.001	+0.03	+0.2
209010001	Palazzolo Vercellese	→	+0.00	-0.1	+0.01	+0.02	+0.07	+0.001	+0.02	+0.2
129410004	Rocca	→	+0.01	+0.2	+0.01	+0.03	+0.08	+0.001	+0.03	+0.2
204910001	Caravini	→	+0.03	+1.2	+0.03	+0.04	+0.10	+0.007	+0.04	+0.8
204910004	Monte	→	+0.02	+0.3	+0.03	+0.04	+0.10	+0.002	+0.04	+0.2
204910005	San Genuario	→	+0.04	+1.5	+0.05	+0.06	+0.13	+0.003	+0.05	+0.3
204910006	San Grisante	→	+0.02	+0.6	+0.03	+0.05	+0.11	+0.002	+0.05	+0.2
204910007	San Silvestro	→	+0.03	+0.9	+0.03	+0.04	+0.10	+0.004	+0.04	+0.5
204910008	Santa Maria	→	+0.02	+0.9	+0.02	+0.04	+0.09	+0.007	+0.04	+0.4
⁽¹⁾ Ciascun valore rappresenta il massimo tra i singoli valori stimati per ogni anno del periodo triennale										
⁽²⁾ L.C. = Livello Critico, V.L. = Valore Limite										
⁽³⁾ SPM = Particolato secondario										
⁽⁴⁾ Il D. Lgs. 155/2010 prevede un valore limite alla concentrazione media per anno civile di PM ₁₀ pari a 40 µg/m ³ e di PM _{2,5} pari a 25 µg/m ³										
⁽⁵⁾ Il D. Lgs. 155/2010 prevede un valore limite alla concentrazione media giornaliera di PM ₁₀ pari a 50 µg/m ³ 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 NH ₃ . Sono tuttavia presenti in letteratura valori di riferimento, per dettagli sui quali si rimanda al paragrafo 3.4.11										

4.2.6 Conclusioni

L'analisi condotta con la catena modellistica WRF-CALMET-CALPUFF, applicata al periodo meteorologico 2013-2015, ha permesso di identificare una "area di interesse" identificata con la dicitura "area locale", ovvero la porzione di territorio nella quale si esauriscono gli effetti significativi, diretti ed indiretti, dell'intervento. L'analisi identifica, inoltre, le porzioni di territorio all'interno dell'area di interesse maggiormente interessate dall'impatto determinato dalle emissioni della Centrale, rappresentate per mezzo dei due scenari emissivi: "progetto fase 1" e "progetto fase 2". Lo scenario di progetto prevede infatti due fasi di sviluppo: nella fase 1 entrerà in funzione la nuova unità TO3 che opererà in ciclo aperto (OCGT) con emissione da camino di by-pass; nella fase 2 l'unità TO3 opererà in ciclo combinato (CCGT).

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 e climatologiche locali.

I risultati prodotti dalla catena modellistica hanno messo in evidenza come i valori stimati dei contributi alle concentrazioni degli inquinanti considerati siano, anche nel punto di massima ricaduta, tutti ampiamente all'interno dei valori limite e dei livelli critici imposti dal D. Lgs. 155/2010, sia nello scenario di progetto fase 1 sia nello scenario di progetto fase 2, anche in considerazione dei termini cautelativi con cui sono stati definiti gli stessi scenari.

Dal punto di vista della localizzazione delle aree di maggiore ricaduta, pur queste variando in funzione dell'inquinante e della tipologia del parametro statistico rappresentato, può essere individuata in generale una zona maggiormente interessata dalle ricadute nell'area in direzione Nord e Ovest-Sud-Ovest, entro pochi chilometri rispetto al sedime di Centrale.

La simulazione modellistica ha permesso anche di stimare le ricadute delle emissioni della Centrale in corrispondenza dei centri abitati, assunti come rappresentativi dei luoghi a maggiore densità abitativa. Tali centri abitati risultano sempre distanti dai punti di massimo impatto. Dall'analisi dei risultati si possono osservare contributi alla concentrazione in aria ambiente sempre considerevolmente inferiori rispetto ai limiti normativi, in tutti e due gli scenari analizzati.

5 IMPATTI SUL CLIMA

I principali effetti sul clima indotti dalle centrali termoelettriche derivano dalle emissioni di gas serra (o GHG, Greenhouse Gases). In generale, i gas serra sono gas che in atmosfera assorbono ed emettono energia radiante nello spettro dell'infrarosso, causando quindi un riscaldamento dell'atmosfera. I principali gas presenti in atmosfera responsabili dell'effetto serra sono il vapore acqueo, il biossido di carbonio (CO₂), il metano (CH₄), il protossido di azoto (N₂O) e l'esafluoruro di zolfo (SF₆).

Nel caso specifico, il principale gas serra emesso dalla Centrale è il biossido di carbonio (CO₂), gas prodotto da qualunque processo di combustione, oltre che da numerose ulteriori attività antropiche e naturali.

L'installazione del nuovo impianto consentirà di rispondere alle richieste dal mercato di capacità elettrica volte a garantire l'adeguatezza del sistema elettrico e il mantenimento quindi di adeguati margini di riserva in condizioni di richieste di picco, con una elevatissima efficienza energetica (rendimento elettrico netto superiore al 40% in ciclo aperto e al 60% in ciclo combinato), e con una produzione di CO₂ di circa 335 gCO₂/kWh (grammi di anidride carbonica per unità di energia elettrica generata) in ciclo combinato e inferiore a 500 gCO₂/kWh in ciclo aperto.

Prendendo in considerazione l'intero parco di generazione nazionale, la realizzazione del progetto consente una diminuzione del fattore di emissione per la produzione termoelettrica lorda nazionale, che per l'anno 2015 è stimata da ISPRA nella pubblicazione "*Fattori di emissione atmosferica di CO₂ e altri gas a effetto serra nel settore elettrico*" pari a 544.0 gCO₂/kWh con riferimento ai soli combustibili fossili.

Tali risultati sono in linea con gli obiettivi delineati da entrambe le versioni della SEN e delle politiche internazionali, nazionali e regionali.

La realizzazione del progetto comporta quindi un impatto positivo nel contrastare il cambiamento climatico.

6 VALUTAZIONI FINALI

Il clima della regione oggetto del presente studio, nella quale si trova la Centrale Termoelettrica “Leri Cavour” di Trino, risulta essere in base alla classificazione dei climi di Köppen-Geiger di tipo “Cfa”, ovvero un clima temperato ad estate calda, come tipico della Pianura padana e più in generale delle aree di bassa quota del Nord Italia. Sia l’analisi meteoroclimatica condotta sui dati del trentennio 1971–2000 della stazione “Torino/Caselle” estratti dall’Atlante Climatico dell’Aeronautica Militare, sia la caratterizzazione meteorologica condotta sui dati del periodo 2017–2019 della stazione “Vercelli”, confermano la classificazione climatica. Dal punto di vista anemologico, si riconoscono venti di elevata frequenza da Est, concentrati nel periodo diurno, cui si sovrappongono venti da Nord-Ovest di maggiore frequenza durante la notte e maggiore intensità durante il giorno. La stagione invernale è caratterizzata da elevata frequenza dei venti da Ovest e Nord-Ovest durante la notte, e maggiore variabilità diurna. La stagione estiva vede una prevalenza della provenienza dei venti da Nord e Nord-Ovest durante le ore notturne, cui però segue una rotazione, con provenienza da Est e Nord-Est nel periodo diurno.

Lo stato attuale della qualità dell’aria, a livello regionale e locale, è stato analizzato considerando i dati pubblicati da ARPA Piemonte relativi al periodo fino al 2019. Per il solo parametro ammoniacca sono stati utilizzati i dati pubblicati da ARPA Lombardia relativi al periodo 2015-2019. L’analisi ha evidenziato l’assenza a livello locale di criticità relative a benzo(a)pirene, benzene (C₆H₆), biossido di zolfo (SO₂), monossido di carbonio (CO) e metalli (Pb, As, Cd, Ni). Relativamente a biossido di azoto (NO₂), i limiti di lungo e di breve periodo sono stati rispettati nel 2019 in tutte le stazioni della regionale. Relativamente al particolato PM₁₀ e PM_{2.5}, i rispettivi limiti sono stati rispettati nel 2019 in tutte le stazioni giudicate rappresentative dell’area di studio, ma sono stati registrati dei superamenti negli anni precedenti. Relativamente all’ozono (O₃), i valori misurati nel 2019, in considerazione anche dei dati storici, confermano il persistere di una situazione critica. Relativamente all’ammoniaca (NH₃), infine, l’analisi dei dati ha permesso di escludere che le concentrazioni in aria ambiente siano tali da produrre criticità diretta per la salute umana.

Le considerazioni relative alle attività legate alla fase di realizzazione del nuovo ciclo combinato mostrano come gli impatti causati dalle emissioni di polveri generate in fase di cantiere siano da ritenersi non significativi, completamente reversibili e circoscritti all’area di intervento.

La stima delle ricadute in aria ambiente durante la fase di esercizio è stata condotta applicando la catena modellistica WRF-CALMET-CALPUFF ai seguenti scenari emissivi:

- scenario di progetto fase 1, con emissione dall’unità in progetto TO3 in ciclo aperto (OCGT);
- scenario di progetto fase 2, con emissione dall’unità in progetto TO3 in ciclo combinato (CCGT).

L’analisi ha messo in evidenza come i valori stimati dei contributi alle concentrazioni degli inquinanti considerati siano, anche nel punto di massima ricaduta, tutti ampiamente all’interno dei valori limite e dei livelli critici imposti dal D. Lgs. 155/2010, anche in considerazione dei termini cautelativi con cui sono

stati definiti gli stessi scenari. Anche in corrispondenza dei centri abitati, l'analisi ha evidenziato contributi alla concentrazione in aria ambiente sempre considerevolmente inferiori rispetto ai limiti normativi, sia nello scenario di progetto fase 1 sia nello scenario di progetto fase 2.

In tema di cambiamenti climatici, la realizzazione del progetto, grazie ad una elevatissima efficienza energetica (rendimento elettrico netto superiore al 40% in ciclo aperto e al 60% in ciclo combinato), garantirà una ridotta emissione specifica di CO₂, stimata in circa 335 gCO₂/kWh (grammi di anidride carbonica per unità di energia elettrica generata) in ciclo combinato e meno di 500 gCO₂/kWh in ciclo aperto, in linea con gli obiettivi delineati da entrambe le versioni della SEN e delle politiche internazionali, nazionali e regionali. La realizzazione del progetto comporta quindi un impatto positivo nel contrastare il cambiamento climatico.

7 BIBLIOGRAFIA

Wladimir Köppen e Rudolf Geiger, "Klima der Erde", Gotha, Klett-Perthes, 1954.

Mennella C., 1973. "Il Clima d'Italia". Fratelli Conte Editore S.p.A., Napoli.

Pinna M., 1978. "L'atmosfera e il clima". UTET, Torino.

Atlante Climatico d'Italia del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare (<http://clima.meteoam.it>).

Beck, H. E. et al., Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Sci. Data*. 5:180214 doi: 10.1038/sdata.2018.214 (2018).

Ch. P. Péguy, 1961. "Précis de climatologie". Masson & Cie.

ARPA Piemonte, Dipartimento Sistemi Previsionali (<http://www.arpa.piemonte.it>)

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.

ARPA Piemonte (<http://www.arpa.piemonte.it/>)

ARPA Piemonte e Regione Piemonte. "Piano Regionale di Qualità dell'Aria", approvato dal Consiglio regionale con DCR 25 marzo 2019 n. 364-6854

D.G.R. 29 dicembre 2014, n. 41-855. "Aggiornamento della zonizzazione del territorio regionale piemontese relativa alla qualità dell'aria ambiente e individuazione degli strumenti utili alla sua valutazione, in attuazione degli articoli 3, 4 e 5 del d.lgs. 155/2010 (Attuazione della direttiva 2008/50/CE)". Supplemento Ordinario n. 1 al B.U. n. 04.

D.G.R. 30 dicembre 2019, n. 24-903. "Verifica ed aggiornamento della zonizzazione e della classificazione del territorio regionale piemontese ed aggiornamento del relativo programma di valutazione della qualità dell'aria ambiente, ai sensi degli articoli 4 e 5 del d.lgs. 155/2010 (Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa)". Bollettino Ufficiale n. 03 del 16 / 01 / 2020.

ARPA Piemonte e Regione Piemonte. "Stato dell'ambiente in Piemonte. Relazione 2020" (<http://relazione.ambiente.piemonte.it/2020/>)

Geoportale ARPA Piemonte (<https://webgis.arpa.piemonte.it/geoportale/>)

ISPRA, 2009. "La disaggregazione a livello provinciale dell'inventario nazionale delle emissioni", 92/2009.

IREA, Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (<http://www.sistemapiemonte.it/fedwinemar/>)

ARPAT, 2009. "Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti", Allegato 1, parte integrante e sostanziale della DGP 213-09.

US-WRAP, 2006 "WRAP Fugitive Dust Handbook", Western Regional Air Partnership's, published: September 7, 2006.

Midwest Research Institute, 1999. "Estimating Particulate Matter Emissions From Construction Operations", Kansas City, Missouri, September, 1999.

US-EPA, 2001. "Air pollution emission factors compilation AP-42, Volume I, Fifth Edition". Office of Air Quality Planning and Standards, United States Environmental Protection Agency, Washington.

- EEA, 2011. "COPERT 4 – Estimating emissions from road transport". European Environment Agency, published: Nov 08, 2011.
- EEA, 2019. "EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019. Technical guidance to prepare national emission inventories". EEA Report. No 21/2016. ISSN 1977-8449.
- 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.
- WRF, Weather Research and Forecasting Model (<http://www.wrf-model.org>).
- 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.
- WHO, 2006. "Air Quality Guidelines – Global Update 2005 – Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide" World Health Organization, Europe.
- EEA, 2011. "The application of models under the European Union's Air Quality Directive. A technical reference guide". Technical report n. 10/2011.
- ISPRA, 2017. "Fattori di emissione atmosferica di CO2 e altri gas a effetto serra nel settore elettrico". Rapporto 257/2017.