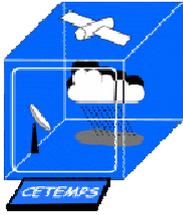


Centro di Eccellenza di Telerilevamento E Modellistica numerica per la Previsione di eventi Severi  
**Università degli studi dell'Aquila**

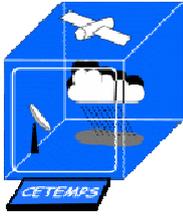
---

# **STUDIO DELLA TRASFORMAZIONE CHIMICA IN ARIA E DELLA DEPOSIZIONE AL SUOLO DEGLI INQUINANTI SECONDARI EMESSI DALLA CENTRALE DI TRATTAMENTO GAS MONTEPALLANO**



## **Sommario**

1.	PREMESSA.....	3
2.	DESCRIZIONE DI CHIMERE .....	3
2.1.	CAMPI METEOROLOGICI .....	4
2.2.	EMISSIONI E UTILIZZO DEL SUOLO.....	4
2.3.	MECCANISMO CHIMICO .....	8
2.4.	DEPOSIZIONE.....	9
3.	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI .....	10
3.1.	OZONO.....	11
3.2.	DIOSSIDO DI AZOTO.....	15
3.3.	PARTICOLATO.....	19
3.4.	RIEPILOGO IMPATTO SULLE CONCENTRAZIONI IN ATMOSFERA ...	23
3.5.	DEPOSIZIONE SECCA E UMIDA .....	24
4.	CONCLUSIONI .....	26
5.	BIBLIOGRAFIA .....	27



## 1. PREMESSA

Per la simulazione delle ricadute degli inquinanti secondari sia in concentrazione atmosferica che in deposizione secca e umida è stato utilizzato un modello a griglia euleriano (anche noto come modello di chimica e trasporto, CTM) denominato CHIMERE (Bessagnet et al., 2008). Il modello appartiene alla tipologia di modelli descritti al paragrafo 3.1.3 delle linee guida CTN-ACE (Lollobrigida et al., 2001). L'utilizzo dei modelli a griglia è indispensabile quando si vogliono valutare gli effetti delle reazioni chimiche in atmosfera, come è il caso per gli inquinanti secondari.

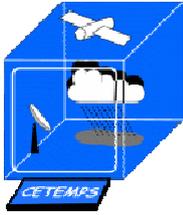
## 2. DESCRIZIONE DI CHIMERE

CHIMERE (versione 2008c) è un modello di chimica e trasporto euleriano ad area limitata sviluppato da diversi Istituti e Università francesi. La descrizione dettagliata del modello è reperibile in letteratura (Bessagnet et al., 2008) e sul Manuale Utente del modello (<http://www.lmd.polytechnique.fr/chimere/>). I campi meteorologici necessari alla simulazione sono forniti dall'output di un modello meteorologico: nel caso della presente applicazione, il modello utilizzato è MM5 (Dudhia, 1993). Altri dati di ingresso necessari sono un inventario di emissioni antropiche, una mappa di utilizzo del suolo e opportune condizioni al contorno per tener conto del trasporto di inquinanti dal di fuori del dominio di simulazione. Il modello simula su un grigliato tridimensionale l'evoluzione della concentrazione delle specie chimiche di interesse per la valutazione della qualità dell'aria sia in fase gas che aerosol, tenendo conto dei processi di emissione, avvezione, diffusione turbolenta, trasformazione chimica in fase omogenea ed eterogenea e deposizione secca e umida tramite la soluzione dell'equazione dei continui per le specie chimiche (es. Curci e Visconti, 2011):

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = -\mathbf{U} \cdot \nabla C_i + P_i - L_i \quad \{i = 1, \dots, n\}$$

dove  $C_i$  è la frazione molare della  $i$ -esima specie chimica,  $t$  è il tempo,  $\mathbf{U}$  è il vettore vento,  $P_i$  e  $D_i$  sono i termini di produzione e distruzione di  $C_i$ ,  $n$  è il numero di specie considerate. Il primo termine a destra dell'equazione rappresenta i processi di trasporto (avvezione, diffusione turbolenta, ecc.). I termini  $P_i$  e  $D_i$  includono emissione, produzione/distruzione chimica e deposizione.

Per questa applicazione, si è scelto di impostare come dominio di simulazione l'intera regione Abruzzo con una risoluzione orizzontale di 5 km. Per tener conto correttamente del contributo delle specie chimiche al di fuori di questo dominio, è necessario innestare quest'ultimo in un dominio a scala Europea simulato con lo stesso modello CHIMERE. La risoluzione di 5 km è limitata dalla massima risoluzione consentita dall'inventario di emissioni antropiche attualmente resa disponibile sull'Italia dal CTN-ACE (Deserti et al., 2008).



## **2.1. CAMPI METEOROLOGICI**

Il modello alla mesoscale non idrostatico MM5 (Dudhia) è sviluppato negli Stati Uniti presso la PennState University e il National Center for Atmospheric Research (NCAR). E' uno dei modelli più largamente utilizzati per le previsioni del tempo a livello mondiale. Per la presente applicazione il modello è stato configurato su tre domini innestati: il primo a scala Europea a 27 km di risoluzione orizzontale, il secondo sul centro Italia a 9 km, il terzo sull'Abruzzo a 3 km. L'output sul primo dominio fornisce i campi meteo per la simulazione con CHIMERE a scala Europea, il terzo per quella sull'Abruzzo. Il secondo dominio è necessario solo per arrivare ad una risoluzione di 3 km dai 27 km del dominio "madre" (la risoluzione dei domini innestati deve progredire di un fattore 3).

I livelli verticali sono di tipo sigma-pressione, seguono l'andamento del terreno e degradano di risoluzione man mano che si sale con la quota. In questa simulazione sono presenti 29 livelli estesi dal suolo fino a 100 hPa, di cui i primi ad un'altezza di circa 17, 70, 160, 280, 440, 620, 810 e 1000 m.

Le condizioni iniziali e al contorno utilizzate per forzare il modello a scala Europea sono prese dalle analisi operative del National Environmental Prediction Center (NCEP) degli Stati Uniti, distribuite liberamente via web.

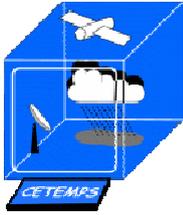
## **2.2. EMISSIONI E UTILIZZO DEL SUOLO**

Le emissioni antropiche di ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>), Composti Organici Volatili (COV), monossido di carbonio (CO), ammoniaca (NH<sub>3</sub>) e particolato sono prese da due diversi database per la scala Europea e per quella Abruzzese. A scala Europea si è utilizzato l'inventario dell'European Monitoring and Evaluation Program (EMEP, [www.emep.int](http://www.emep.int)) a 50 km di risoluzione orizzontale, mentre per l'Abruzzo si è utilizzato quello sviluppato dal CTN-ACE a 5 km di risoluzione (Deserti et al., 2008). I profili temporali a scala Europea sono quelli sviluppati all'IER (Institute for Energy Economics and Rational Use of Energy, University of Stuttgart; Society, 1994), mentre il CTN-ACE fornisce profili specifici per l'Italia.

Per ciascun settore di emissione, le emissioni totali di COV dei due inventari sono ripartite in 32 classi di simile struttura e reattività, secondo la classificazione proposta da Middleton et al. (1990), e utilizzando la speciazione redatta sempre dall'IER (Society, 1994). Le 32 classi di COV vengono poi fatte confluire in 9 specie COV del modello CHIMERE. Le emissioni totali annuali di COV della centrale gas di Montepallano sotto esame sono trattate allo stesso modo facendo esclusivamente riferimento al settore di combustione in processi di produzione di energia (settore SNAP 1<sup>1</sup>).

---

<sup>1</sup> I settori SNAP (Selected Nomenclature for sources of Air Pollution) riguardano la classificazione in macrosettori delle sorgenti emissive. La categoria 1 è relativa a centrali elettriche pubbliche, cogenerazione e teleriscaldamento, produzione di energia (elettrica, cogenerazione e teleriscaldamento) e trasformazione di combustibili.



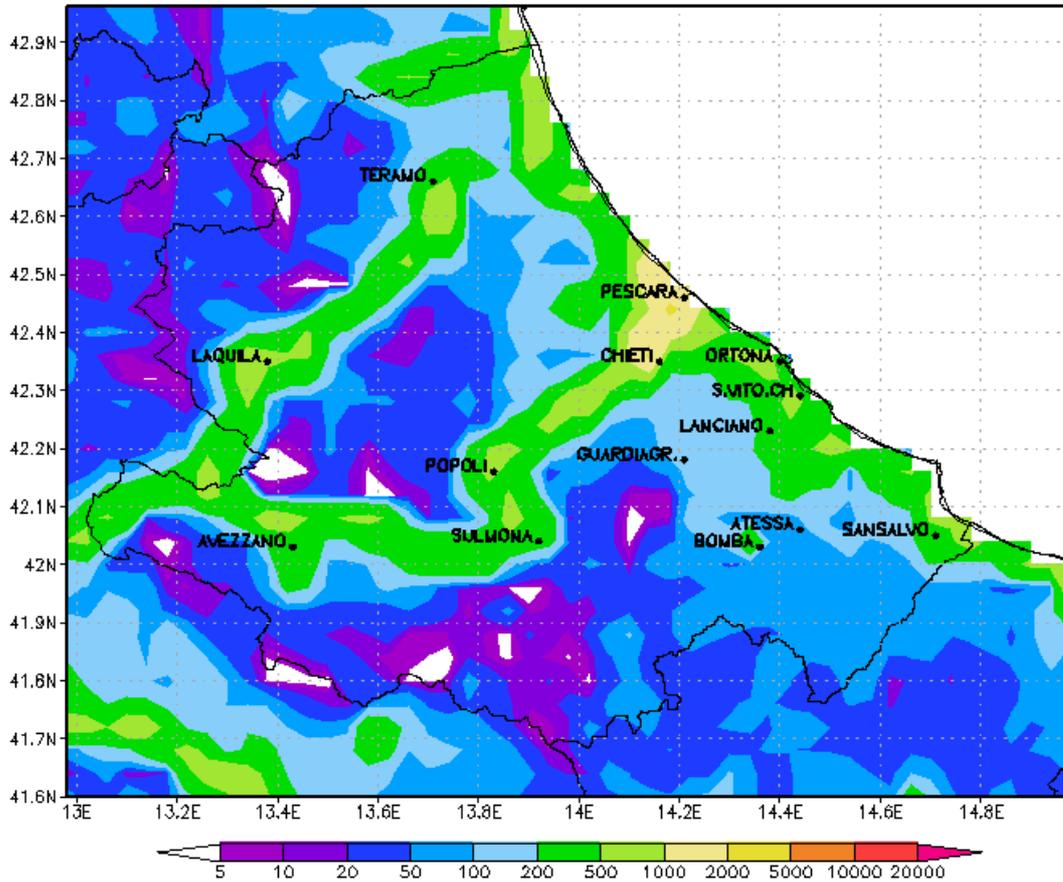
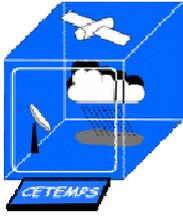
Le emissioni di origine biogenica (principalmente COV) sono simulati tramite il modulo MEGAN (Guenther et al., 2006). Le emissioni naturali di particolato da erosione del suolo e da sali marini sono parametrizzate secondo quanto descritto in Vautard et al. (2005).

La mappa di utilizzo del suolo assegna ad ogni cella le frazioni relative di 9 tipi di terreno dall'agricolo, al boschivo, all'urbano. Il database utilizzato è il Global Land Cover Facility (GLCF) ricavato da osservazioni satellitari AVHRR.

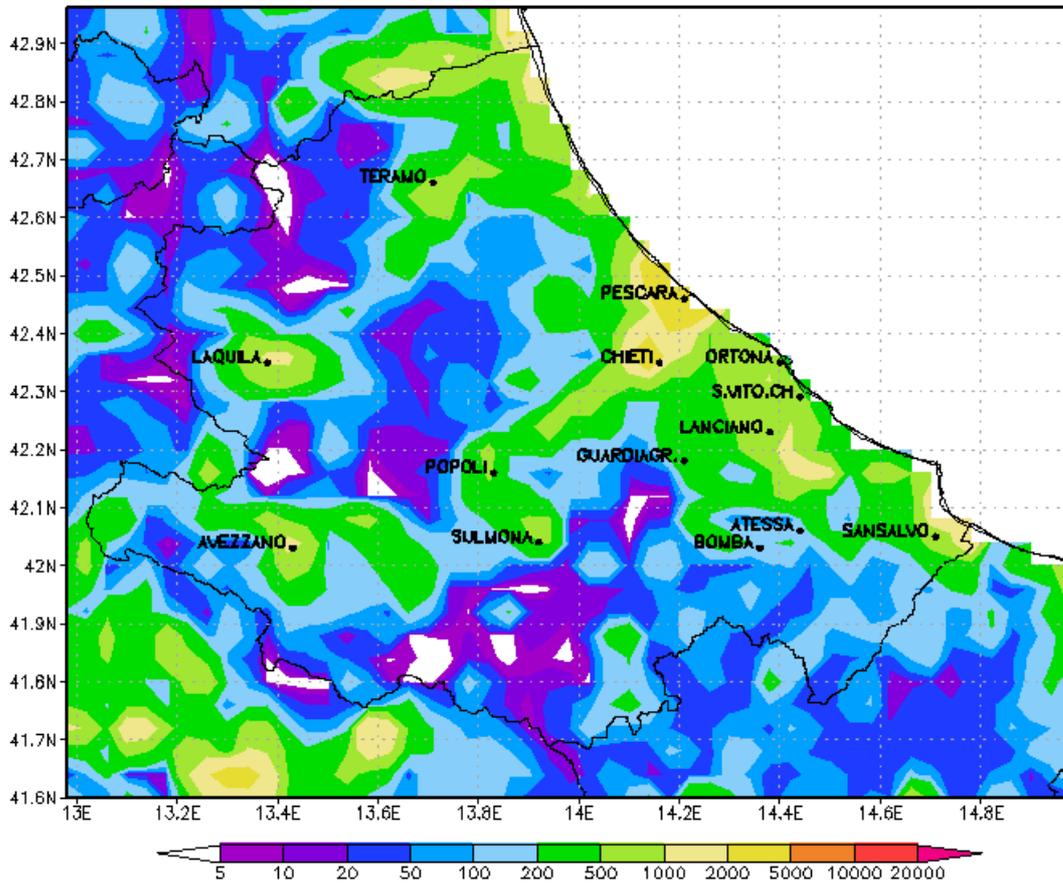
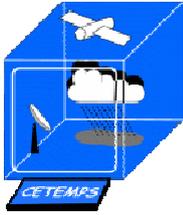
A titolo di esempio, riportiamo nelle **Figure 1-2-3** le emissioni antropogeniche di NOx e COV e biogeniche di COV calcolate sul dominio Abruzzese e sommate sul mese di Luglio 2007. Vicino al paese di Bomba è visibile il contributo antropico della centrale di trattamento gas di Monte Pallano. I flussi di emissione inseriti nel modello sono quelli listati in Tabella 1. Si assume che la centrale sia operativa in modo costante 24/24 ore e 7/7 giorni e che il flusso emissivo sia diluito istantaneamente nel volume della cella contenente le sorgenti.

<b>Sorgente</b>	<b>Long.</b>	<b>Lat.</b>	<b>Altezza dal suolo (m)</b>	<b>NOx (ton/a)</b>	<b>SOx (ton/a)</b>	<b>CO (ton/a)</b>	<b>COV (ton/a)</b>	<b>PM (ton/a)</b>
<b>Termodistruttore</b>	14.357	42.027	20	59.164	0.558	49.915	3.25917	1.307
<b>Piloti candela A. P.</b>	14.357	42.027	44	19.e-3	1.179e- 4	8.49e-3	1.05e-3	4.2e-4
<b>Forno a gas</b>	14.357	42.027	4	9.2e-4	1.6e-5	7.53e-4	9.e-5	4.e-5
<b>Motocompressore a gas</b>	14.358	42.026	15	15.174	0.0	18.208	8.57467	0.746
<b>Caldaia Hot-Oil</b>	14.358	42.027	4	1.360	2.2e-2	1.041	0.12834	5.145e- 2
<b>Motogeneratori a gas</b>	14.357	42.027	15	8.802	0.0	18.208	8.57467	0.746

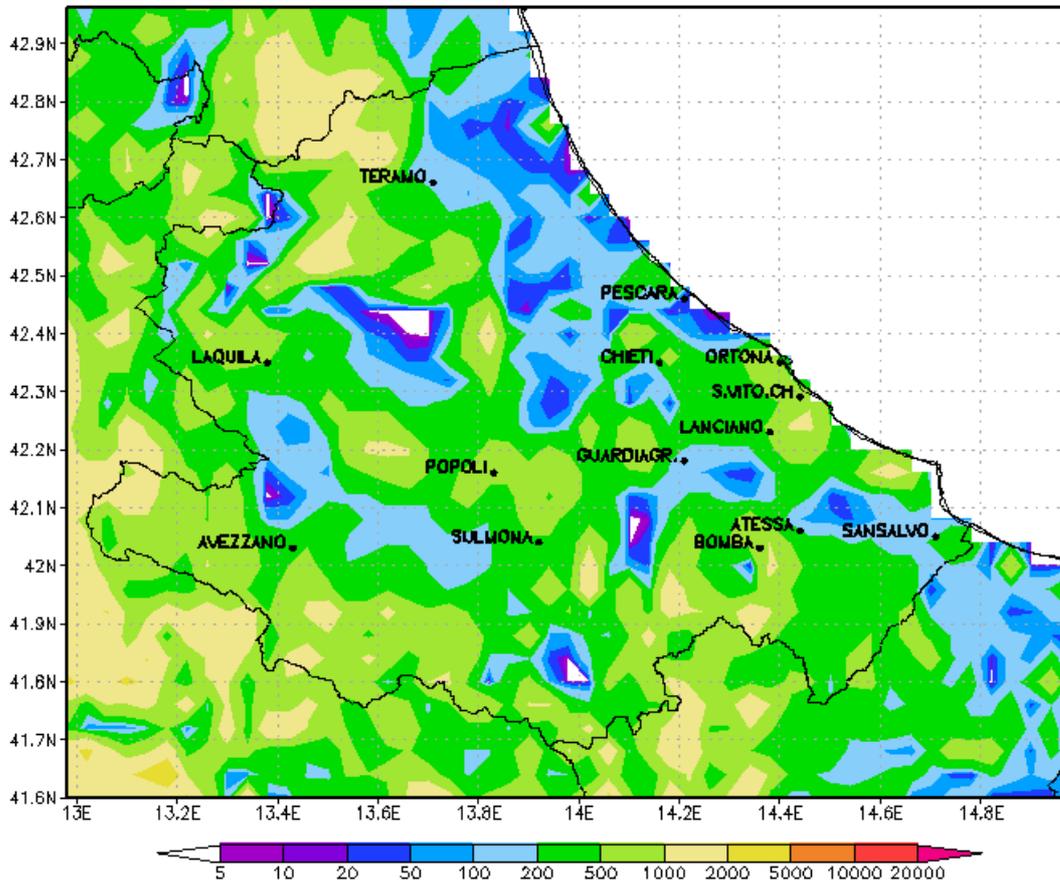
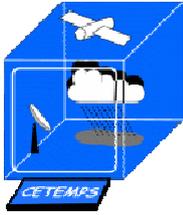
**Tabella 1.** Posizione, altezza dal suolo e flusso di emissioni (in tonnellate all'anno) delle sorgenti della centrale.



**Figura 1.** Emissioni totali di ossidi di azoto (NOx) in Luglio 2007 espressi in kg/km<sup>2</sup>. Sono incluse anche le emissioni della centrale di Monte Pallano, nei pressi di Bomba.



**Figura 2.** Emissioni totali dei Composti Organici Volatili di origine antropica in Luglio 2007 espressi in kg/km<sup>2</sup>. Sono incluse anche le emissioni della centrale di Monte Pallano, nei pressi di Bomba.

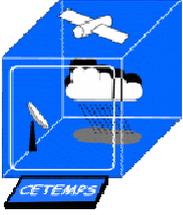


**Figura 3.** Emissioni totali dei Composti Organici Volatili di origine biogenica. in Luglio 2007, espressi in kg/km<sup>2</sup>. Sono incluse anche le emissioni della centrale di Monte Pallano, nei pressi di Bomba.

### 2.3. MECCANISMO CHIMICO

Il meccanismo chimico utilizzato in fase gassosa (MELCHIOR) comprende circa 120 reazioni tra le principali 40 specie inorganiche e organiche (Latuatti, 1997). Sono incluse anche le cinque principali reazioni eterogenee per la conversione di ossidi di azoto in specie azotate serbatoio (acido nitroso, acido nitrico e pentossido di diazoto). I coefficienti di fotodissociazione sono calcolati con il modulo TUV.

Gli aerosol sono simulati con l'approccio sezionale. Il modulo risolve 7 specie principali (primario inorganico, primario organico, nitrati, solfati, ammonio, secondario organico antropogenico e biogenico, acqua) in 8 bin dimensionali da 4 nm a 10 µm. I processi fisici che vengono considerati per l'evoluzione della distribuzione dimensionale sono la nucleazione, la coagulazione e il trasferimento gas-particella sia di specie inorganiche che organiche. I solfati sono prodotti anche in fase acquosa dall'ossidazione di diossido di zolfo da parte di ozono e perossido d'idrogeno.



## 2.4. DEPOSIZIONE SECCA ED UMIDA

La deposizione secca per le specie gassose è rappresentata con il classico approccio delle resistenze in serie (Wesely, 1989). In questo approccio si calcola la velocità di deposizione come l'inverso di fittizie resistenze in serie, che esprimono gli ostacoli all'aderimento delle specie chimiche alle superfici terrestri:

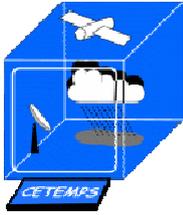
$$v_{d,i} = \frac{1}{R_a + R_{b,i} + R_{c,i}}$$

dove le resistenze sono rispettivamente quelle aerodinamica, quasi laminare e stomatale (foglie delle piante) per la specie  $i$ -esima. Il flusso di deposizione al primo livello del modello sarà espresso come  $F_{d,i} = -v_{d,i}c_i$ , dove  $c_i$  è la concentrazione della specie  $i$ -esima.

Per le specie aerosol la deposizione secca è formulata in modo analogo ai gas, con in più un contributo dovuto alla sedimentazione gravitazionale.

La deposizione umida nelle nuvole e nelle gocce di pioggia è trattata sia per i gas che per gli aerosol. I gas nelle nubi vengono partizionati tra fase vapore e acquosa a seconda dell'equilibrio termodinamico. Acido nitrico e ammoniaca vengono assunti totalmente in fase acquosa. Nelle nubi non precipitanti, le specie possono anche essere rievaporate in fase gassosa. La dissoluzione dei gas nelle gocce di pioggia è invece simulata come un processo irreversibile.

Gli aerosol possono coagulare in gocce di nube o di pioggia e depositarsi. Inoltre, gli aerosol possono fungere da nuclei di condensazione, formare nuove gocce d'acqua ed essere rimossi dalla fase aerosol. Quest'ultimo processo di nucleazione è il più efficiente all'interno delle nubi.



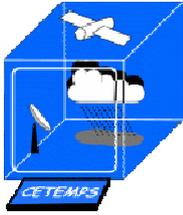
### 3. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

Le simulazioni sono state effettuate per due periodi rappresentativi delle condizioni invernali e estive dell'anno 2007. Il primo periodo (invernale) è il più critico per l'accumulo delle emissioni primarie a causa delle frequenti inversioni termiche e il ridotto sviluppo dello strato limite, mentre il secondo (estivo) è il più critico per la formazione di inquinanti secondari (es. ozono e aerosol organici secondari) a causa della maggiore attività fotochimica favorita da maggiore insolazione e temperature più alte. I due periodi selezionati sono di tre mesi ciascuno: Gennaio-Marzo 2007 e Giugno-Agosto 2007.

Il metodo adottato per discriminare gli effetti delle emissioni aggiuntive attribuibili al funzionamento della centrale di trattamento è stata quella di condurre due simulazioni per ciascun periodo, una senza e una con le emissioni della centrale. La differenza tra le due simulazioni permette di calcolare il contributo alla formazione di inquinanti secondari e alla loro deposizione al suolo.

I risultati sull'impatto della centrale sono valutati in relazione ai limiti di legge per la concentrazione di diossido di azoto (NO<sub>2</sub>) e particolato (PM10) e per l'ozono (O<sub>3</sub>) secondo il D. Lgs. 155/2010. Per i limiti si fa riferimento alla seguente Tabella:

Specie	Periodo di mediazione	Valore limite	Rif. normativo
Ozono	MEDIA massima giornaliera calcolata su 8 ore	120 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 25 volte per un anno civile come media su tre anni	D. Lgs. 155/2010, All. VII, comma 2
Ozono	1 ora	180 µg/m <sup>3</sup>	D. Lgs. 155/2010, All. XII, comma 2
Biossido di azoto	1 ora	200 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte per un anno civile	D. Lgs. 155/2010, All. XI, comma 1
PM10	1 giorno	50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 35 volte per un anno civile	D. Lgs. 155/2010, All. XI, comma 1



### 3.1. OZONO

L'impatto sulla concentrazione di ozono è valutato dalla differenza delle due simulazioni senza e con la sorgente aggiuntiva della centrale. In Figura 4 riportiamo la concentrazione media di ozono simulata nel caso di riferimento senza centrale (CTRL) nel periodo estivo Giugno-Agosto 2007, la concentrazione media nel caso di aggiunta della centrale (EMIS) e la loro differenza in termini assoluti e relativi (%). In Figura 5 riportiamo le mappe relative alla media dei massimi giornalieri sul periodo Giugno-Agosto 2007 e in Figura 6 quelle relative al massimo assoluto simulato sullo stesso periodo.

Le differenze tra i due scenari emissivi (senza e con la centrale gas) rimangono sempre relativamente piccoli, minori dell'1%. Le variazioni per il periodo invernale sono molto minori e non vengono riportate.

Per quanto riguarda l'ozono medio, c'è una diminuzione delle concentrazione a est della centrale. Il fenomeno si spiega con un aumento delle tritazione notturna di ozono da parte degli ossidi di azoto della centrale. Infatti, poiché i venti della zona sono dominati dal regime di brezza marina, i venti solitamente sospingono le masse d'aria verso il mare di notte e verso l'entroterra di giorno. D'altro canto, un leggero aumento della concentrazione di ozono è osservato sottovento al pennacchio diurno della centrale (verso ovest), spiegabile con l'aumento dei precursori chimici forniti dalla centrale (NOx e COV).

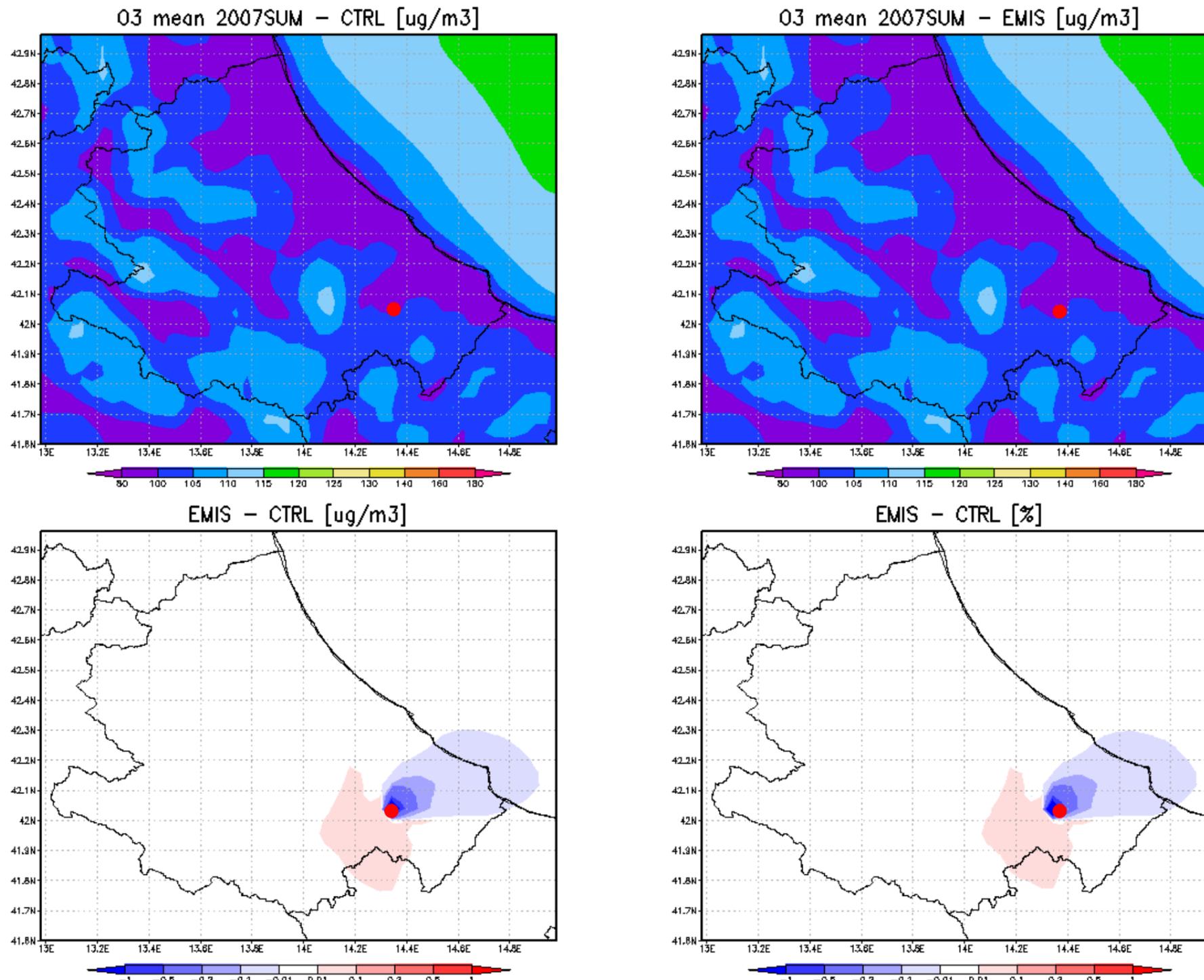
Le concentrazioni massime di ozono mostrano un lieve aumento, che al massimo è quantificabile in 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  o 0.5% (Figura 6). In virtù di questo aumento e come riportato in Tabella 1, si registra un incremento di 2 unità su 150 (1.3%) del numero di punti di griglia in cui si simulano violazioni della soglia oraria di 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , secondo quanto prescritto dal D. Lgs. 155/2010. Si registra anche un modesto aumento di 12 unità su 21682 (0.06%) del numero di punti di griglia che violano il limite del massimo giornaliero mediato su 8 ore.

Simulazione	Periodo di mediazione	Numero di celle che hanno superato il limite nel periodo Giu-Ago 2007 (*)	Limite D. Lgs. 155/2010
Riferimento	1 ora	150	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Con Centrale	1 ora	152	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Riferimento	8 ore	21682	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Con Centrale	8 ore	21696	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

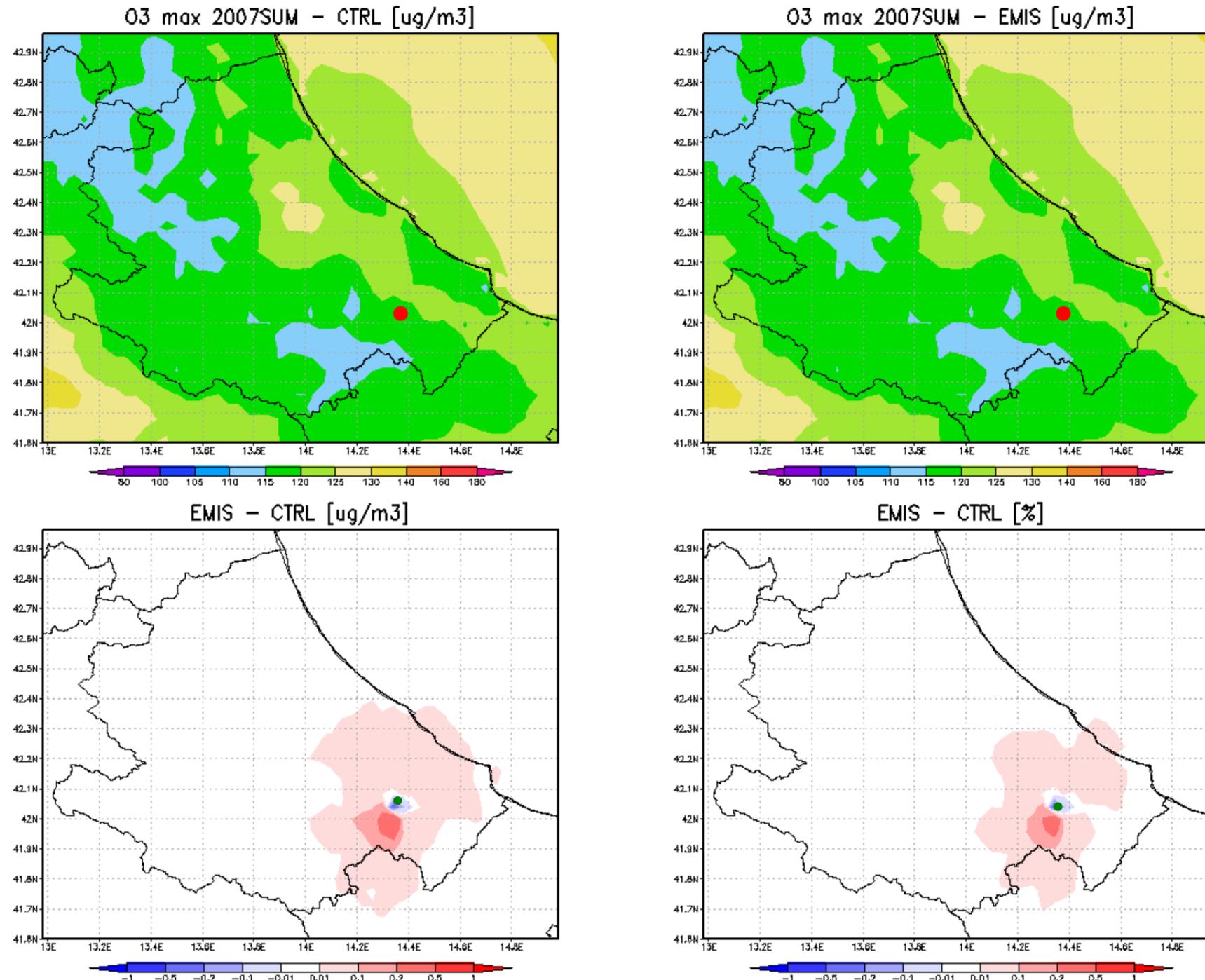
**Tabella 1.** Conteggio dei punti di griglia in cui si simulano violazioni dei limiti prescritti dal D. Lgs. 155/2010 per l'ozono nel caso di riferimento e in quello con l'aggiunta delle sorgenti della centrale. (\*)

(\*) Il numero di celle su cui è effettuata l'analisi copre l'intero dominio simulato e comprende solo le celle su terra, in tutto 1332.

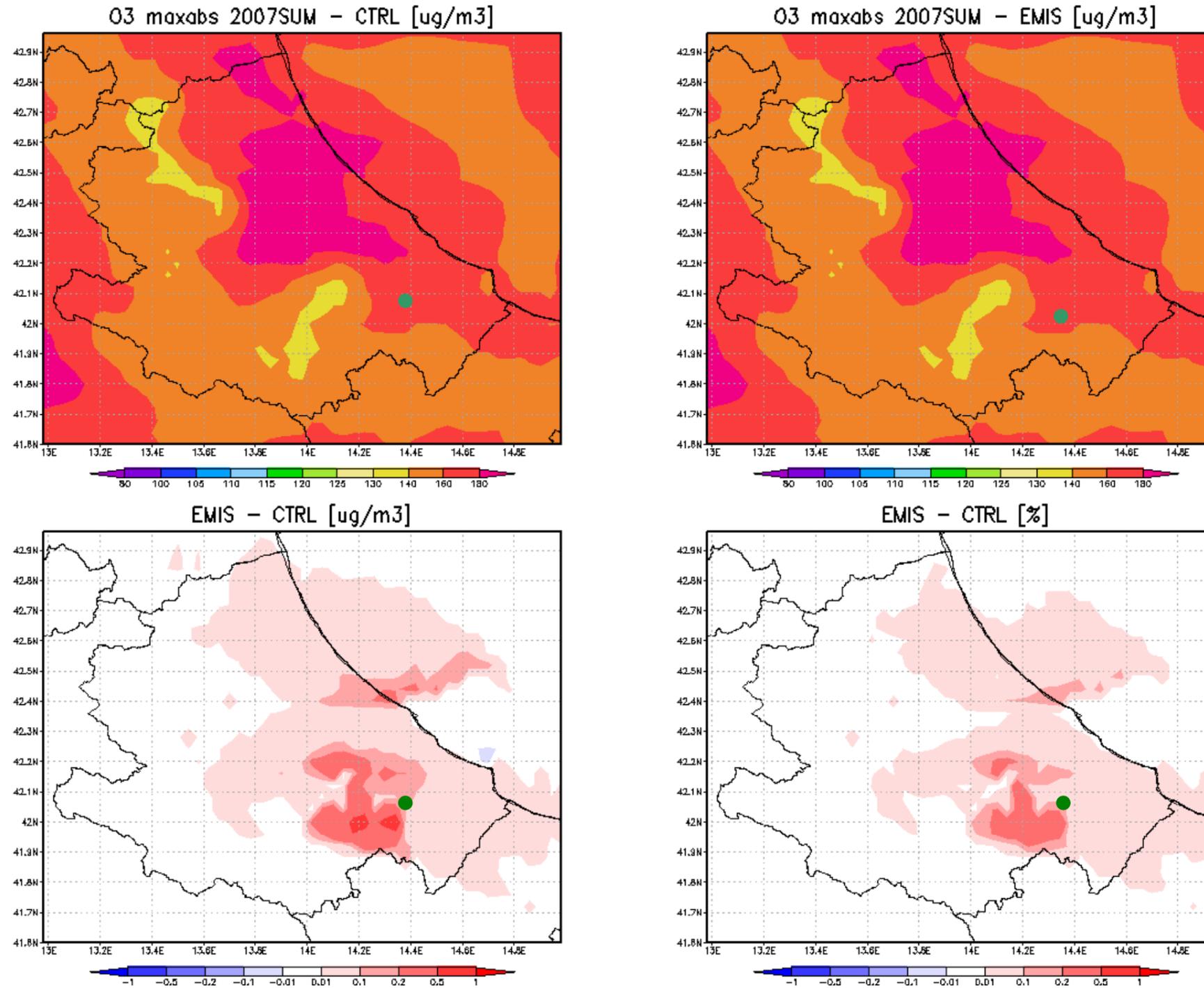
Si evidenzia come la probabilità che avvengano tali superamenti dei limiti, come evidente anche dalle successive mappe, **sarà presumibilmente concentrata nell'area industriale di Chieti – Pescara** dove le condizioni di qualità dell'aria sono peggiori rispetto a quelle dell'area di Bomba dove gli incrementi di O3 rispetto allo stato di fatto saranno minime.



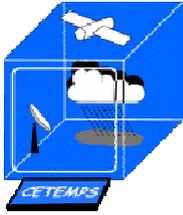
**Figura 4.** Variazione della concentrazione media di ozono in estate (Giugno-Agosto 2007) attribuibile alle emissioni della centrale di trattamento gas di Monte Pallano. In alto a sinistra l'ozono medio simulato con CHIMERE nel caso di riferimento (senza centrale), in alto a destra l'ozono medio simulato con l'aggiunta delle emissioni della centrale. In basso la differenza media assoluta e relativa rispettivamente a sinistra e a destra.



**Figura 5.** Variazione della concentrazione massima giornaliera in estate (Giugno-Agosto 2007) attribuibile alle emissioni della centrale di trattamento gas di Monte Pallano. In alto a sinistra l'ozono medio simulato con CHIMERE nel caso di riferimento (senza centrale), in alto a destra l'ozono medio simulato con l'aggiunta delle emissioni della centrale. In basso la differenza media assoluta e relativa rispettivamente a sinistra e a destra.



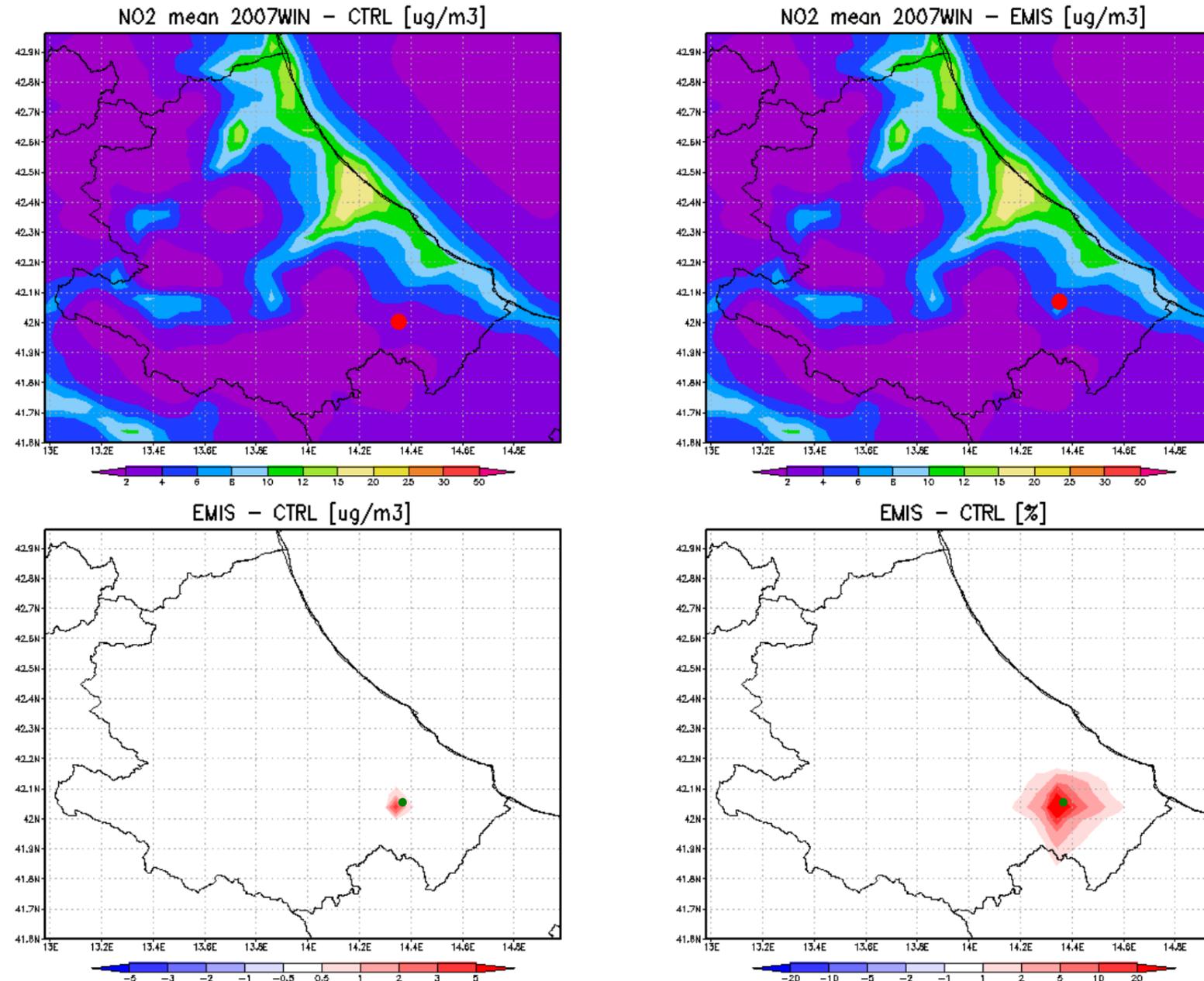
**Figura 6.** Come Figura 4, ma per il valore massimo di ozono simulato durante l'intero periodo.



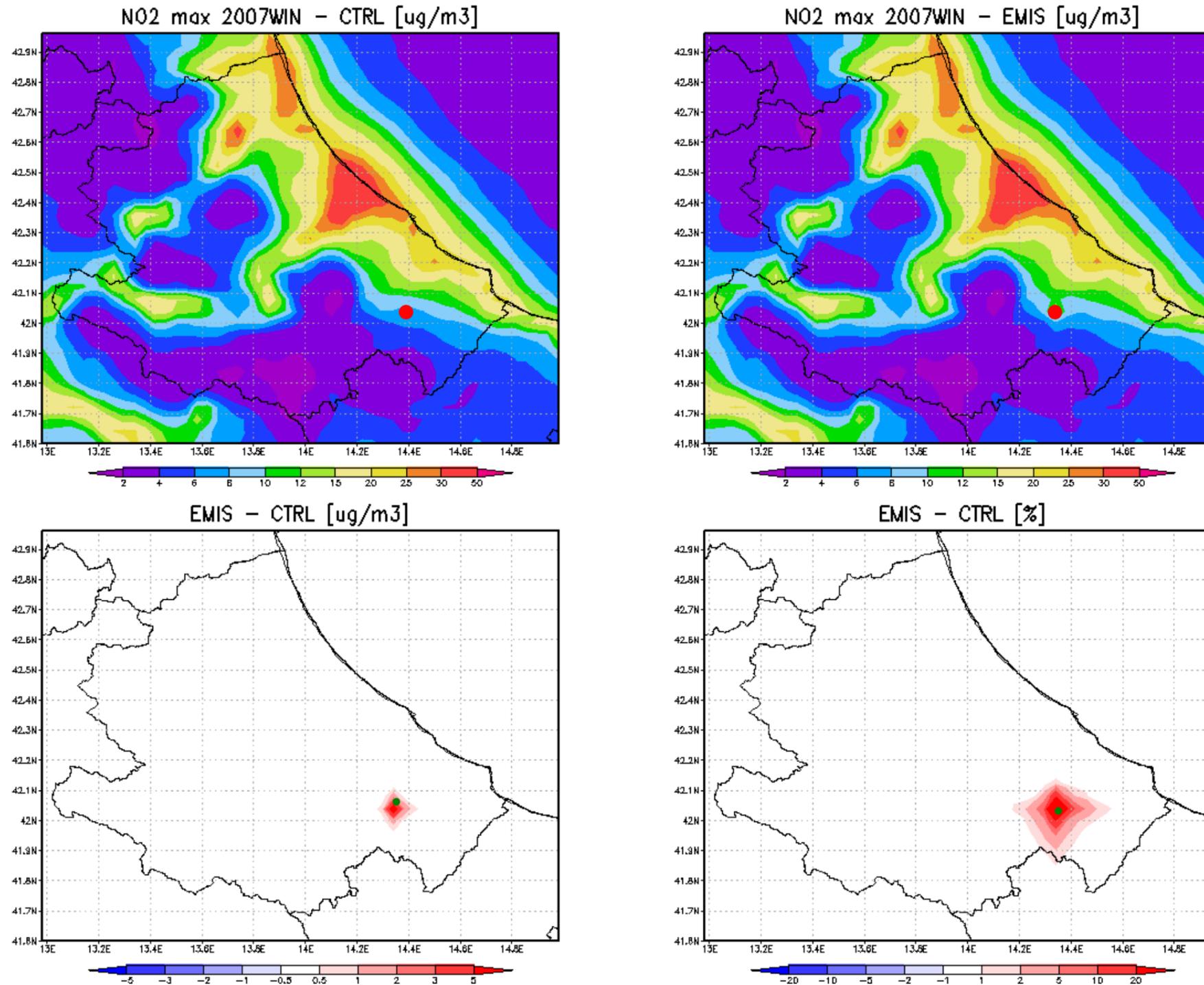
### **3.2. BIOSSIDO DI AZOTO**

Similmente a quanto mostrato per l'ozono, la variazione osservata sulla concentrazione media, media del massimo giornaliero e massima assoluta sul periodo invernale del diossido di azoto a livello superficiale è rappresentato nelle Figure 7, 8 e 9. Le differenze tra i due scenari emissivi (senza e con la centrale) rimangono confinate alla zona immediatamente sottovento della centrale e sono quantificabili in un aumento massimo di  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (20%) della concentrazione media di  $\text{NO}_2$ . Queste variazioni non comportano modifiche alla simulazione dei superamenti dei limiti di legge prescritti dal D.Lgs. 155/2010 poiché la zona impattata si trova ben al di sotto dei limiti sia sul massimo giornaliero ( $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) che sulla media annuale ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). In estate l'impatto delle emissioni della centrale è simile a quello simulato in inverno e non comporta modifiche alla simulazione dei superamenti dei limiti di legge.

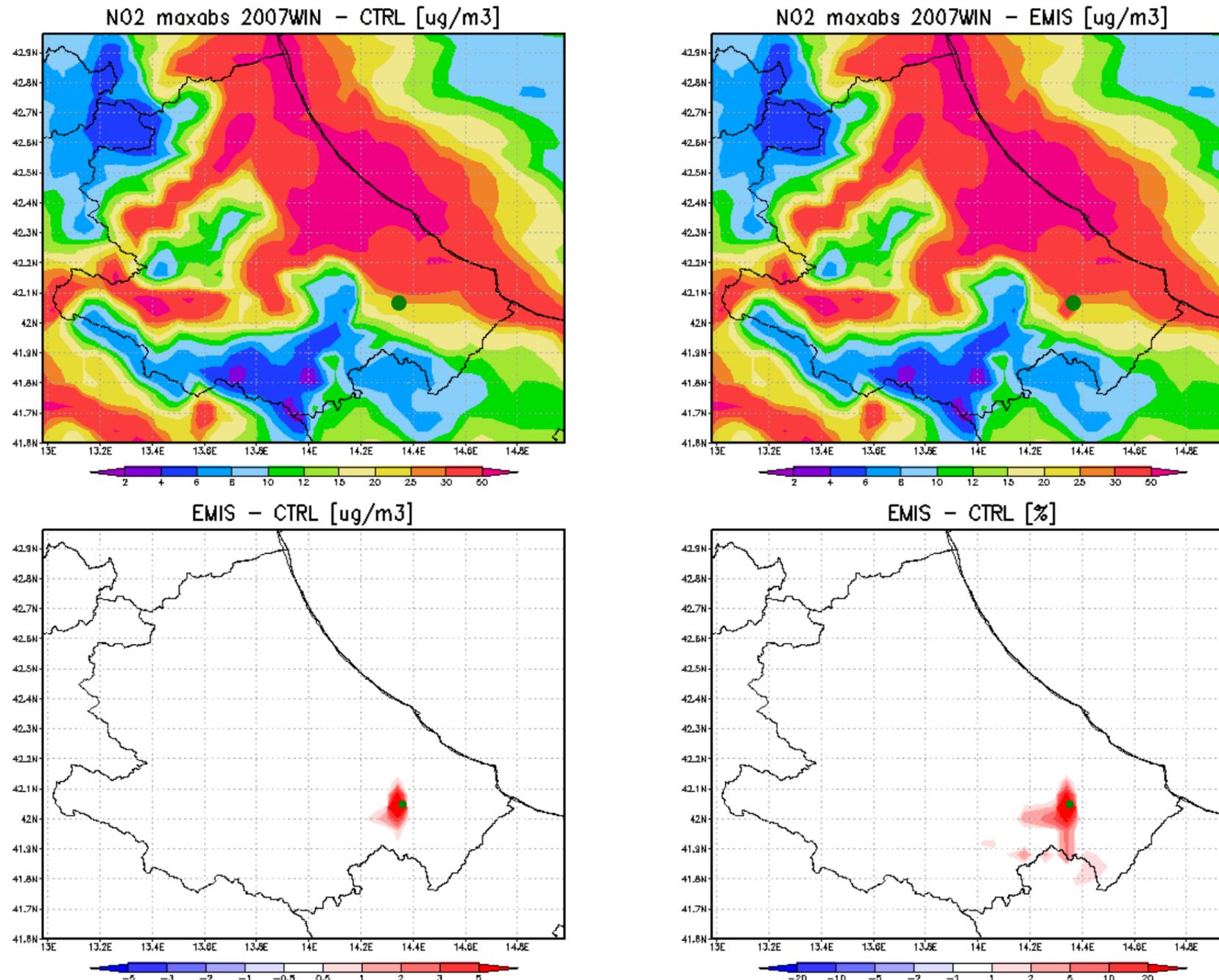
Per i risultati numerici si faccia riferimento alle Tabelle riassuntive date in sezione 3.4.



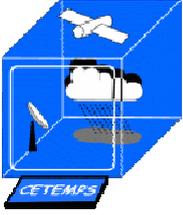
**Figura 7.** Variazione della concentrazione media di biossido di azoto in inverno (Gennaio-Marzo 2007) attribuibile alle emissioni della centrale di trattamento gas di Monte Pallano. In alto a sinistra l'NO<sub>2</sub> medio simulato con CHIMERE nel caso di riferimento (no centrale), in alto a destra l'NO<sub>2</sub> medio simulato con l'aggiunta delle emissioni della centrale. In basso la differenza media assoluta e relativa rispettivamente a sinistra e a destra.



**Figura 8.** Variazione della concentrazione massima giornaliera di biossido di azoto in inverno (Gennaio-Marzo 2007) attribuibile alle emissioni della centrale di trattamento gas di Monte Pallano. In alto a sinistra l'NO<sub>2</sub> massimo simulato con CHIMERE nel caso di riferimento (senza centrale), in alto a destra l'NO<sub>2</sub> massimo simulato con l'aggiunta delle emissioni della centrale. In basso la differenza media assoluta e relativa rispettivamente a sinistra e a destra.



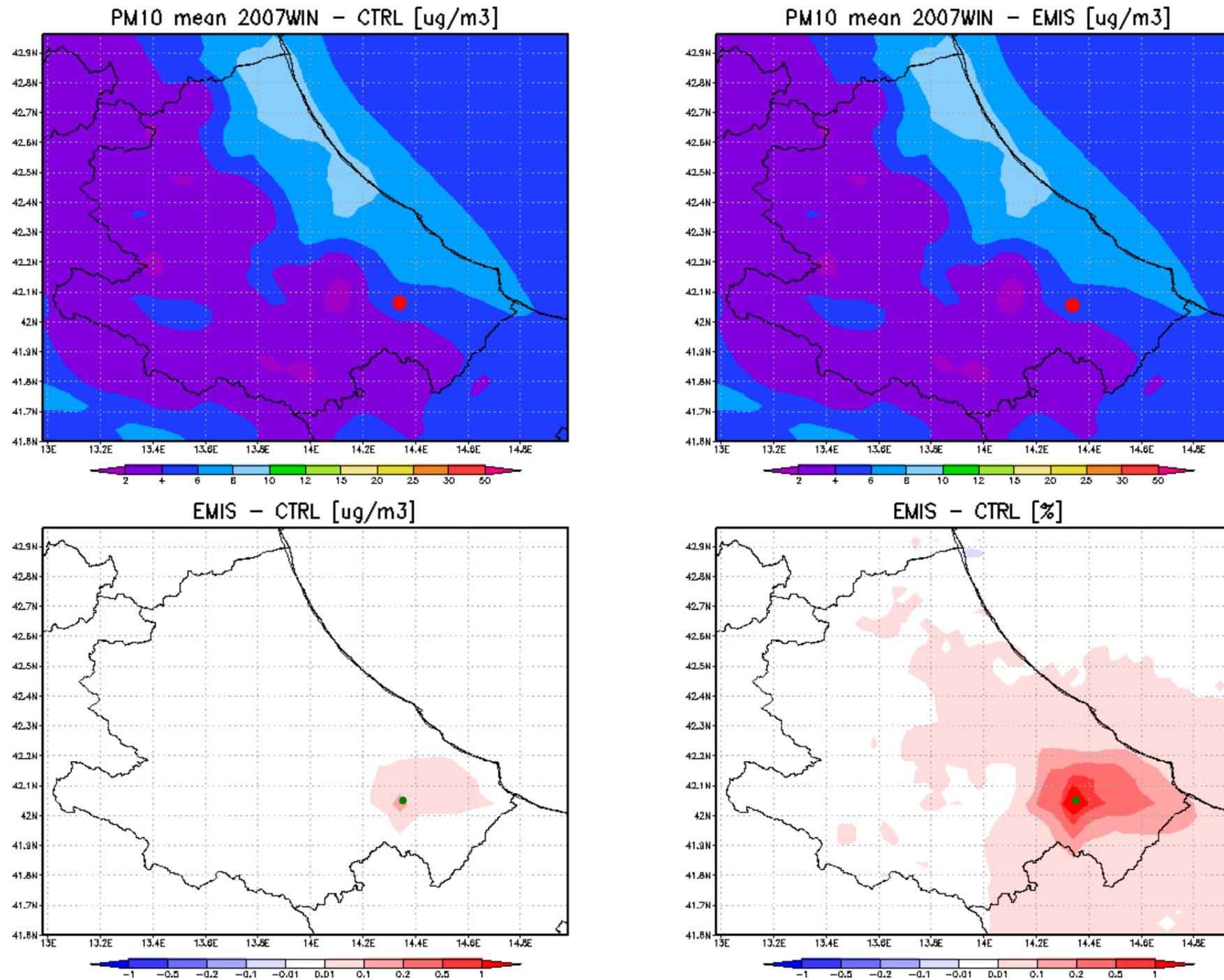
**Figura 9.** Variazione della concentrazione massima sull'intero periodo di biossido di azoto in inverno (Gennaio-Marzo 2007) attribuibile alle emissioni della centrale di trattamento gas di Monte Pallano. In alto a sinistra l'NO<sub>2</sub> massimo simulato con CHIMERE nel caso di riferimento (senza centrale), in alto a destra l'NO<sub>2</sub> massimo simulato con l'aggiunta delle emissioni della centrale. In basso la differenza massima assoluta e relativa rispettivamente a sinistra e a destra.



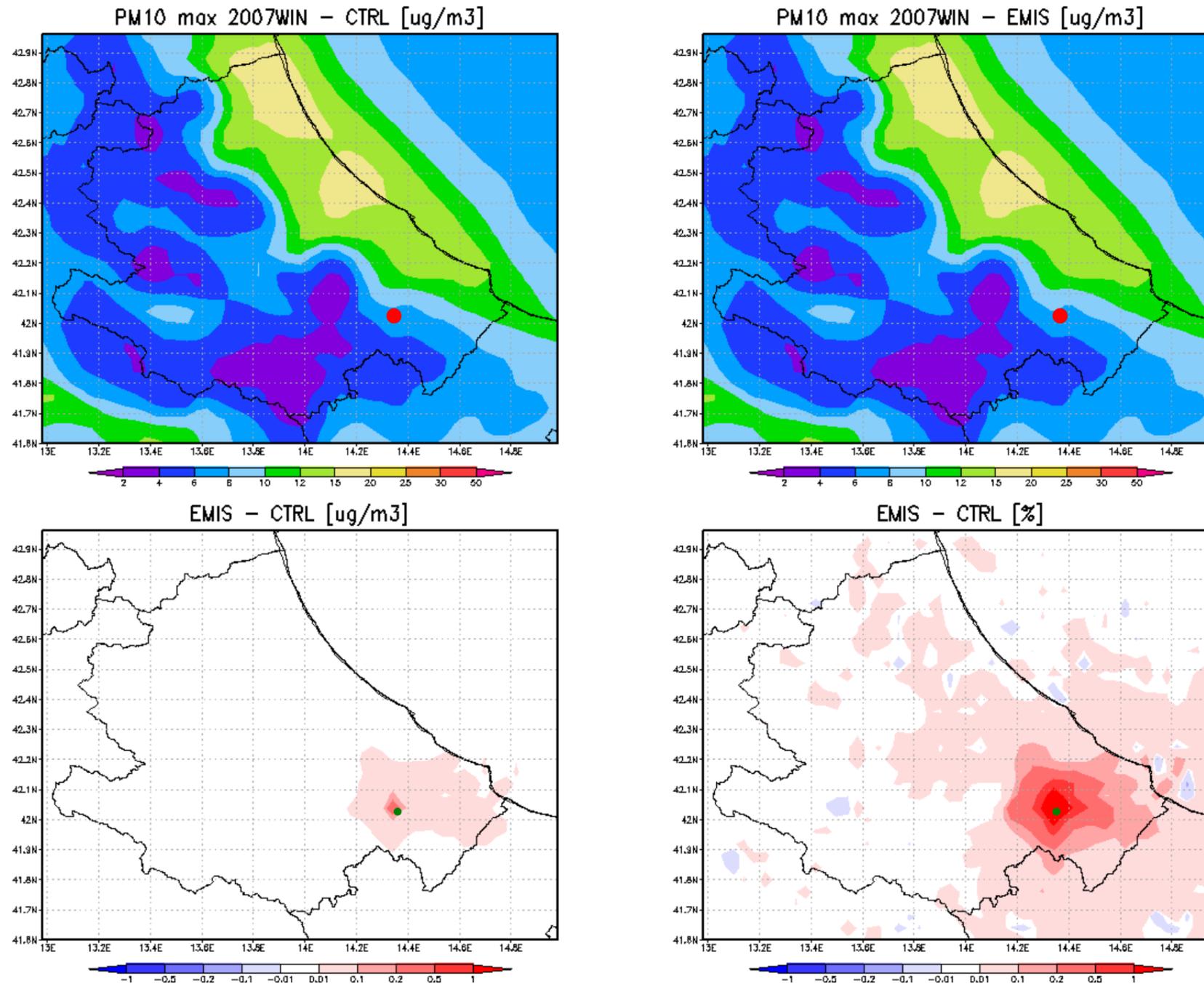
### **3.3. PARTICOLATO**

Similmente a quanto mostrato per l'ozono e il diossido d'azoto, la variazione osservata sulla concentrazione media, media del massimo giornaliero e massima assoluta sul periodo invernale del PM10 a livello superficiale è rappresentato nelle Figure 10, 11 e 12. Le differenze tra i due scenari emissivi (senza e con la centrale elettrica) rimangono sempre relativamente piccoli, minori di  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  o (1%). Queste variazioni non comportano modifiche alla simulazione dei superamenti dei limiti di legge prescritti dal D.Lgs. 155/2010, poiché le zona maggiormente impattate si trovano ben al di sotto dei limiti sia sul massimo giornaliero ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) che sulla media annuale ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). In estate l'impatto delle emissioni della centrale è simile a quello simulato in inverno e non comporta modifiche alla simulazione dei superamenti dei limiti di legge.

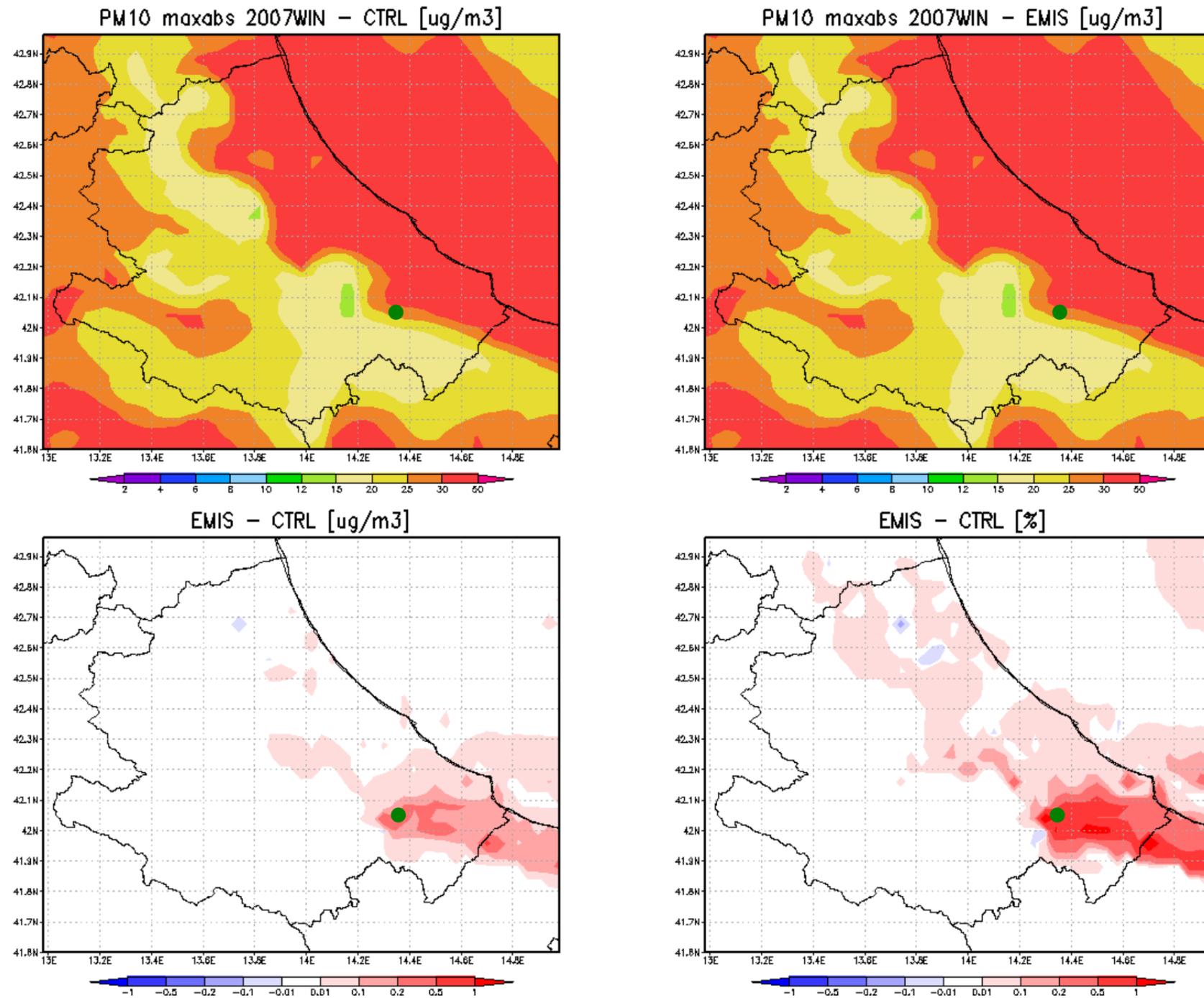
Per i risultati numerici si faccia riferimento alle Tabelle riassuntive date in sezione 3.4.



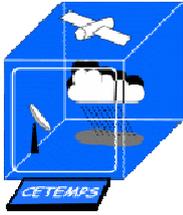
**Figura 10.** Variazione della concentrazione media di PM10 in inverno (Gennaio-Marzo 2007) attribuibile alle emissioni della centrale di trattamento gas di Monte Pallano. In alto a sinistra PM10 medio simulato con CHIMERE nel caso di riferimento (no centrale), in alto a destra PM10 medio simulato con l'aggiunta delle emissioni della centrale. In basso la differenza media assoluta e relativa rispettivamente a sinistra e a destra.



**Figura 11.** Variazione della concentrazione massima giornaliera di PM10 attribuibile alle emissioni della centrale di trattamento gas di Monte Pallano. In alto a sinistra PM10 simulato con CHIMERE nel caso di riferimento (senza centrale), in alto a destra PM10 medio simulato con l'aggiunta delle emissioni della centrale. In basso la differenza media assoluta e relativa rispettivamente a sinistra e a destra.



**Figura 12.** Variazione della concentrazione per l'intero periodo di PM10 attribuibile alle emissioni della centrale di trattamento gas di Monte Pallano. In alto a sinistra PM10 medio simulato con CHIMERE nel caso di riferimento (senza centrale), in alto a destra PM10 medio simulato con l'aggiunta delle emissioni della centrale. In basso la differenza media assoluta e relativa rispettivamente a sinistra e a destra.



### 3.4. RIEPILOGO DELL'IMPATTO SULLE CONCENTRAZIONI INQUINANTI IN ATMOSFERA

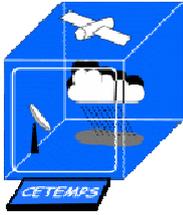
Riepiloghiamo la stima dell'impatto delle emissioni della centrale di Monte Pallano ottenuta con simulazioni del modello CHIMERE per il periodo invernale (Gennaio-Marzo 2007) ed estivo (Giugno-Agosto 2007) nelle Tabelle 2 e 3. I valori sono calcolati in base alle differenze delle due simulazioni senza e con le emissioni della centrale.

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<b>O<sub>3</sub></b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	<b>PM10</b>	<b>PM5</b>	<b>PM2.5</b>
Massimo	0.6	2.9	0.23	0.23	0.14
Media	-1.e-3	1.e-3	7.e-4	7.e-4	6.e-4
Dev. standard	0.02	0.02	0.004	0.004	0.003
Varianza	2.e-4	3.e-4	1.e-5	1.e-5	1.e-5
Mediana	0	0	5.e-9	5.e-9	1.e-9
95° perc.	8.e-5	2.e-3	4.e-3	4.e-3	3.e-3
98° perc.	5.e-4	0.01	0.009	0.009	0.008

**Tabella 2.** Incremento della deposizione di ozono, diossido di azoto e particolato durante il **periodo invernale** (Gennaio-Marzo 2007)

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<b>O<sub>3</sub></b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	<b>PM10</b>	<b>PM5</b>	<b>PM2.5</b>
Massimo	1.7	2.0	0.15	0.15	0.07
Media	1.e-3	1.e-3	3.e-4	3.e-4	2.e-4
Dev. standard	0.02	0.01	0.002	0.002	0.001
Varianza	3.e-4	2.e-4	3.e-6	3.e-6	1.e-6
Mediana	0	0	0	0	0
95° perc.	3.e-3	1.e-3	1.e-3	1.e-3	8.e-4
98° perc.	0.01	0.008	0.003	0.003	0.002

**Tabella 3.** Incremento della deposizione di ozono, diossido di azoto e particolato durante il **periodo estivo** (Giugno-Agosto 2007)



### 3.5. DEPOSIZIONE SECCA E UMIDA

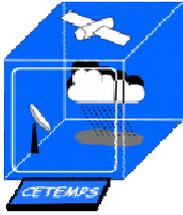
Il contributo alla deposizione secca e umida di specie chimiche da parte della centrale è valutata per l'ozono ( $O_3$ ), per la somma dei composti contenenti azoto ( $NO_y$ ) e per il particolato 10, 5 e 2.5. Tutte queste specie contengono intrinsecamente il contributo della formazione secondaria in atmosfera. L'ozono è un inquinante solo secondario. I composti secondari contenenti azoto ( $NO_y$ ) sono gli ossidi di azoto ( $NO$  e  $NO_2$ ), l'acido nitrico ( $HNO_3$ ), i nitrati organici, l'ammoniaca e i nitrati e ammonio nel particolato. Del particolato, il secondario inorganico deriva dall'ossidazione di  $NO_x$  e  $SO_x$  (nitrati, solfati, ammonio) e il secondario organico dall'ossidazione dei COV.

Nelle Tabelle 4 e 6 riportiamo la deposizione totale mediata sui punti di griglia terrestri per i due periodi di simulazione (invernale e estivo), calcolati in grammi di sostanze per metro quadrato ( $g/m^2$ ). L'incremento della deposizione secca e umida è calcolato come la differenza dei flussi tra le simulazione senza e con le emissioni della centrale sommati sui due periodi simulati ed è riportato nelle Tabelle 5 e 7.

In tutti i casi si osserva un incremento massimo non superiore allo 0.2% della deposizione secca e umida di inquinanti primari e secondari attribuibile alla centrale.

<b><math>g/m^2</math></b>	<b><math>O_3</math></b>	<b><math>NO_y</math></b>	<b>PM10</b>	<b>PM5</b>	<b>PM2.5</b>
Massimo	87.9	36.2	1.1	1.1	1.0
Media	46.3	15.5	0.21	0.21	0.21
Dev. standard	15.0	4.1	0.15	0.15	0.15
Varianza	225	16.3	0.02	0.02	0.02
Mediana	43.9	15.1	0.18	0.18	0.18
95° perc.	74.2	22.9	0.49	0.49	0.49
98° perc.	80.7	24.8	0.60	0.60	0.60

**Tabella 4.** Deposizione totale di ozono, specie azotate e particolato durante il periodo invernale (Gennaio-Marzo 2007)



<b>g/m<sup>2</sup></b>	<b>O<sub>3</sub></b>	<b>NO<sub>y</sub></b>	<b>PM10</b>	<b>PM5</b>	<b>PM2.5</b>
Massimo	1.4e-6	0.05	0.002	0.002	0.002
Media	-1.2e-3	0.002	7.e-5	7.e-5	7.e-5
Dev. standard	0.005	0.004	2.e-4	2.e-4	2.e-4
Varianza	3.e-5	2.e-5	3.e-8	3.e-8	3.e-8
Mediana	-7.e-5	0.001	2.e-5	2.e-5	2.e-5
95° perc.	-6.e-6	0.009	4.e-4	4.e-4	4.e-4
98° perc.	-3.e-6	0.014	6.e-4	6.e-4	6.e-4

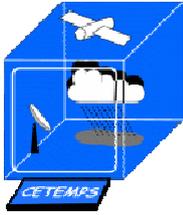
**Tabella 5.** Incremento della deposizione di ozono, specie azotate e particolato durante il periodo invernale (Gennaio-Marzo 2007)

<b>g/m<sup>2</sup></b>	<b>O<sub>3</sub></b>	<b>NO<sub>y</sub></b>	<b>PM10</b>	<b>PM5</b>	<b>PM2.5</b>
Massimo	148.9	42.4	0.13	0.07	0.05
Media	108.9	14.7	0.017	0.016	0.014
Dev. standard	16.4	3.6	0.011	0.009	0.009
Varianza	270	12.8	1.e-4	9.e-5	7.e-5
Mediana	110.1	14.3	0.015	0.014	0.012
95° perc.	133.8	20.5	0.037	0.036	0.033
98° perc.	136.8	23.0	0.043	0.040	0.037

**Tabella 6.** Deposizione totale di ozono, specie azotate e particolato durante il periodo estivo (Giugno-Agosto 2007)

<b>g/m<sup>2</sup></b>	<b>O<sub>3</sub></b>	<b>NO<sub>y</sub></b>	<b>PM10</b>	<b>PM5</b>	<b>PM2.5</b>
Massimo	0.15	0.27	2.e-4	2.e-4	2.e-4
Media	0.003	0.004	2.e-6	2.e-6	2.e-6
Dev. standard	0.013	0.017	2.e-5	2.e-5	2.e-5
Varianza	2.e-4	3.e-4	2.e-10	2.e-10	2.e-10
Mediana	4.e-4	6.e-4	2.e-7	2.e-7	2.e-7
95° perc.	0.012	0.016	2.e-5	2.e-5	2.e-5
98° perc.	0.037	0.039	4.e-5	4.e-5	4.e-5

**Tabella 7.** Incremento della deposizione di ozono, specie azotate e particolato durante il periodo estivo (Giugno-Agosto 2007)



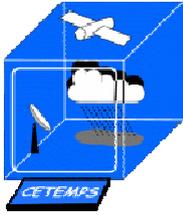
#### **4. CONCLUSIONI**

I valori di concentrazione risultati dalla differenza delle simulazioni senza e con le emissioni della centrale mostrano un lieve peggioramento del superamento dei limiti imposti dal D. Lgs. 155/2010 per l'ozono: le concentrazioni massime di ozono mostrano un lieve aumento, che al massimo è quantificabile in  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  o 0.5%. Per quanto riguarda il diossido di azoto e il particolato, dalle simulazioni non emergono modifiche ai superamenti delle soglie limite imposte dal D.Lgs. 155/2010. Inoltre, il contributo della deposizione al suolo degli inquinanti emessi dalla centrale può essere considerato trascurabile rispetto ai livelli preesistenti.

**Il normale funzionamento della centrale di trattamento determina quindi impatti negativi minimi sulla qualità dell'aria e sulla ricaduta degli inquinanti in deposizione secca e umida.**

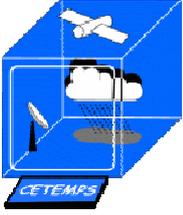
Il Tecnico

Dott. Gabriele Curci



## 5. BIBLIOGRAFIA

- Bessagnet, B., L. Menut, G. Curci, A. Hodzic, B. Guillaume, C. Liousse, S. Moukhtar, B. Pun, C. Seigneur and M. Schulz (2008), Regional modeling of carbonaceous aerosols over Europe - Focus on Secondary Organic Aerosols, *Journal of Atmospheric Chemistry*, 61, 175-202.
- Curci, G., e G. Visconti (2011), Modelli e dati per lo studio dei cambiamenti climatici e la qualità dell'aria, in *Rivista Abruzzese, Rassegna Trimestrale di Cultura*, Giugno 2011, ISBN 978-88-96804-15-5.
- Deserti, M., S. Bande, E. Angelino, G. Pession, F. Dalan, E. Minguzzi, M. Stortini, G. Bonafè, R. De Maria, G. Fossati, E. Peroni, M. P. Costa, F. Liguori, S. Pillon (2008), Rapporto tecnico sulla applicazione di modellistica al Bacino Padano Adriatico, Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici (APAT) e Centro Tematico Nazionale - Atmosfera Clima ed Emissioni in Aria (CTN-ACE). Disponibile al link: [http://www.arpa.emr.it/dettaglio\\_documento.asp?id=1533&idlivello=64](http://www.arpa.emr.it/dettaglio_documento.asp?id=1533&idlivello=64)
- Dudhia, J., (1993), A nonhydrostatic version of the Penn State/NCAR mesoscale model: Validation tests and simulation of an Atlantic cyclone and cold front, *Monthly Weather Reviews*, 121, 1493-1513.
- Guenther, A., Karl, T., Harley, P., Wiedinmyer, C., Palmer, P. I., and Geron, C. (2006), Estimates of global terrestrial isoprene emissions using MEGAN (Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature), *Atmospheric Chemistry and Physics*, 6, 3181-3210.
- Lattuati, M. (1997), Contribution à l'étude du bilan de l'ozone troposphérique à l'interface de l'Europe et de l'Atlantique Nord: modélisation lagrangienne et mesures en altitude. Thèse de sciences, Université Paris 6, France.
- Lollobrigida, F., G. Brusasca, M. Clemente, R. De Maria, M. Deserti, F. Desiato, F. Lena, G. Tinarelli, G. Zanini (2001), Linee guida per la selezione e l'applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la valutazione della qualità dell'aria, Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente Dipartimento Stato dell'Ambiente, Controlli e Sistemi Informativi (ANPA) e Centro Tematico Nazionale - Atmosfera Clima ed Emissioni in Aria (CTN-ACE). Disponibile al link: [http://www.sinanet.isprambiente.it/it/strumenti/catalogo/dettagli\\_metadati?testo=modelli&document\\_type=6&metadata\\_lookup=1001&docid=662](http://www.sinanet.isprambiente.it/it/strumenti/catalogo/dettagli_metadati?testo=modelli&document_type=6&metadata_lookup=1001&docid=662)
- Middleton, P., Stockwell, W. R., and Carter, W. P. (1990), Aggregation and analysis of volatile organic compound emissions for regional modelling, *Atmospheric Environment*, 24, 1107-1133.
- Society, E. I. (1994). Generation of European Emission Data for Episodes (GENEMIS) project, EUROTRAC annual report 1993, part 5. Technical report, EUROTRAC, Garmish-Partenkirchen, Germany.
- Vautard, R., Bessagnet, B., Chin, M., and Menut, L. (2005), On the contribution of natural aeolian sources to particulate matter concentrations in Europe: Testing hypotheses with a modelling approach, *Atmospheric Environment*, 39, 3291-3303.



Centro di Eccellenza di Telerilevamento E Modellistica numerica per la Previsione di eventi Severi  
**Università degli studi dell'Aquila**

---

Wesely, M. (1989), Parameterization of surface resistances to gaseous dry deposition in regional scale numerical models, *Atmospheric Environment*, 23, 1293–1304.