

**Cliente** Enel Produzione SpA

**Oggetto** C.le di Sulcis - installazione di un nuovo DeSOx sull'Unità 2. Studio per la valutazione delle ricadute delle emissioni convogliate in atmosfera.

**Ordine** Attingimento N. 4000330736 del 12.12.2012 (B2038874)  
A.Q.M. 8400051749 del 07.11.2011

**Note** COIN AG12ESS154 Lettera di trasmissione prot. B2039282  
Prima emissione

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

**N. pagine** 33 **N. pagine fuori testo** 27

**Data** 12/03/2013

**Elaborato** ESS - Pertot Cesare, ESS - D'Aleo Marco  
B2038531 3840 AUT B2038531 1596735 AUT

**Verificato** ESS - Sala Maurizio  
B2038531 3741 VER

**Approvato** ESS - Pertot Cesare (Project Manager)  
B2038531 3840 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 2013 by CESI. All rights reserved

## Indice

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE METEOCLIMATICA.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>STATO ATTUALE DI QUALITÀ DELL'ARIA .....</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI SULLA QUALITÀ DELL'ARIA .....</b>	<b>16</b>
4.3	Risultati della simulazione.....	23
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>30</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>32</b>

## Indice delle tavole

Tavola 01.a - Scenario Ante Operam - SO <sub>2</sub> - Concentrazione media [µg/m <sup>3</sup> ]
Tavola 01.b - Scenario Post Operam - SO <sub>2</sub> - Concentrazione media [µg/m <sup>3</sup> ]
Tavola 02.a - Scenario Ante Operam - SO <sub>2</sub> - Concentrazione giornaliera superata 3 volte [µg/m <sup>3</sup> ]
Tavola 02.b - Scenario Post Operam - SO <sub>2</sub> - Concentrazione giornaliera superata 3 volte [µg/m <sup>3</sup> ]
Tavola 03.a - Scenario Ante Operam - SO <sub>2</sub> - Massimo della concentrazione giornaliera [µg/m <sup>3</sup> ]
Tavola 03.b - Scenario Post Operam - SO <sub>2</sub> - Massimo della concentrazione giornaliera [µg/m <sup>3</sup> ]
Tavola 04.a - Scenario Ante Operam - SO <sub>2</sub> - Concentrazione oraria superata 24 volte [µg/m <sup>3</sup> ]
Tavola 04.b - Scenario Post Operam - SO <sub>2</sub> - Concentrazione oraria superata 24 volte [µg/m <sup>3</sup> ]
Tavola 05.a - Scenario Ante Operam - SO <sub>2</sub> - Massimo della concentrazione oraria [µg/m <sup>3</sup> ]
Tavola 05.b - Scenario Post Operam - SO <sub>2</sub> - Massimo della concentrazione oraria [µg/m <sup>3</sup> ]
Tavola 06.a - Scenario Ante Operam - NO <sub>2</sub> - Concentrazione media [µg/m <sup>3</sup> ]
Tavola 06.b - Scenario Post Operam - NO <sub>2</sub> - Concentrazione media [µg/m <sup>3</sup> ]
Tavola 07.a - Scenario Ante Operam - NO <sub>2</sub> - Concentrazione oraria superata 18 volte [µg/m <sup>3</sup> ]
Tavola 07.b - Scenario Post Operam - NO <sub>2</sub> - Concentrazione oraria superata 18 volte [µg/m <sup>3</sup> ]
Tavola 08.a - Scenario Ante Operam - NO <sub>2</sub> - Massimo della concentrazione oraria [µg/m <sup>3</sup> ]
Tavola 08.b - Scenario Post Operam - NO <sub>2</sub> - Massimo della concentrazione oraria [µg/m <sup>3</sup> ]
Tavola 09.a - Scenario Ante Operam - NO <sub>x</sub> - Concentrazione media [µg/m <sup>3</sup> ]
Tavola 09.b - Scenario Post Operam - NO <sub>x</sub> - Concentrazione media [µg/m <sup>3</sup> ]
Tavola 10.a - Scenario Ante Operam - PM <sub>10</sub> - Concentrazione media [µg/m <sup>3</sup> ]
Tavola 10.b - Scenario Post Operam - PM <sub>10</sub> - Concentrazione media [µg/m <sup>3</sup> ]
Tavola 11.a - Scenario Ante Operam - PM <sub>10</sub> - Concentrazione giornaliera superata 35 volte [µg/m <sup>3</sup> ]
Tavola 11.b - Scenario Post Operam - PM <sub>10</sub> - Concentrazione giornaliera superata 35 volte [µg/m <sup>3</sup> ]
Tavola 12.a - Scenario Ante Operam - PM <sub>10</sub> - Massimo della concentrazione giornaliera [µg/m <sup>3</sup> ]
Tavola 12.b - Scenario Post Operam - PM <sub>10</sub> - Massimo della concentrazione giornaliera [µg/m <sup>3</sup> ]
Tavola 13.a - Scenario Ante Operam - CO - Conc. media massima giornaliera su 8 ore [mg/m <sup>3</sup> ]
Tavola 13.b - Scenario Post Operam - CO - Conc. media massima giornaliera su 8 ore [mg/m <sup>3</sup> ]

## STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	31/01/2013	B2038531	Prima emissione

## 1 PREMESSA

Nell'assetto impiantistico attuale l'Impianto Termoelettrico di Sulcis "Grazia Deledda" è costituito da due Sezioni a carbone della potenza efficiente lorda complessiva pari a 590 MW, funzionanti a differente tecnologia:

- Sezione 3, di potenza pari a 240 MW, funzionante a polverino di carbone;
- Sezione 2, di potenza pari a 350 MW, funzionante a Letto Fluido Circolante.

Il carbone utilizzato per l'attività dell'Impianto è di due diverse tipologie: carbone di provenienza estera, il cui tenore di zolfo è inferiore all'1%, e carbone nazionale, il cui tenore di zolfo massimo è invece pari a circa il 7-8%.

La Sezione 2 non dispone di impianti dedicati per l'abbattimento di SO<sub>2</sub> ed NO<sub>x</sub>, in quanto i reagenti, calcare ed ammoniaca, vengono introdotti rispettivamente in fornace e nella caldaia. In questo modo il gesso prodotto dalla reazione tra il calcare e l'SO<sub>2</sub> viene a trovarsi in miscela con le ceneri, per essere poi trattenuto nei filtri a manica presenti a valle o estratti dal fondo caldaia.

Enel Produzione S.p.A. ha in programma l'installazione nella Sezione 2 di un sistema di desolfurazione dei fumi (DeSO<sub>x</sub>) da realizzare nell'area precedentemente occupata dalla Sezione 1. Il processo di desolfurazione previsto è del tipo ad umido, basato sull'impiego di calcare quale reagente per l'assorbimento e sulla produzione di gesso commerciale quale materiale finale da smaltire.

Il previsto impianto è dimensionato per il trattamento dei gas di combustione provenienti dalla caldaia a letto fluido alimentata con una miscela di carbone locale (CN), carbone d'importazione (CE) e biomassa. In particolare, la presenza del desolfatore permetterà di aumentare la percentuale nella miscela di carbone nazionale, a più alto contenuto di zolfo, consentendo di mantenere costante la concentrazione del biossido di zolfo nei fumi in uscita.

La presente relazione ha lo scopo di valutare gli effetti sulla qualità dell'aria del nuovo assetto impiantistico della Sezione 2 in confronto con la soluzione impiantistica autorizzata con Decreto AIA DVA-DEC-2011-0000579 del 31/10/2011, pubblicato in G.U. il

02 Dicembre 2011. Infatti l'intervento previsto, sebbene non comporti variazioni delle emissioni in atmosfera in termini di concentrazioni dei contaminanti nei fumi in uscita dal camino, produce un abbassamento della temperatura dei fumi, e conseguentemente della loro portata in condizioni effettive e della velocità d'uscita allo sbocco, con un effetto diretto sull'entità delle immissioni sul territorio circostante.

Per quanto detto, lo studio valuta i contributi alla qualità dell'aria attribuibili all'impianto per i seguenti assetti emissivi:

- Ante Operam: immissioni associate alla Sezione 2 nell'assetto attuale;
- Post Operam: immissioni associate alla Sezione 2 nell'assetto previsto a valle dell'installazione del sistema DeSOx.

La valutazione modellistica dell'impatto sulla qualità dell'aria delle emissioni convogliate in atmosfera della sezione 2 di centrale è effettuata mediante l'applicazione del sistema CALMET - CALPUFF finalizzata al confronto con i vigenti Standard di Qualità dell'aria previsti dal D.lgs. 155/2010 in relazione a SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> e CO.

Lo studio comprende una sintetica caratterizzazione meteorologica del sito condotta sulla base di fonti bibliografiche e dati meteorologici rilevati da postazioni in sito.

## 2 CARATTERIZZAZIONE METEOCLIMATICA

La Centrale termoelettrica di Sulcis è ubicata nella costa sud-occidentale della Sardegna, nel Comune di Portoscuso in provincia di Carbonia-Iglesias, all'interno del polo industriale di Portovesme. Il sito è localizzato in corrispondenza della demarcazione tra le aree geografiche denominate Iglesiente e Sulcis, circa 60 km a ovest del capoluogo di Regione, 8 km a nord-est dell'isola di S. Pietro e 10 km a nord dell'isola di S. Antioco.

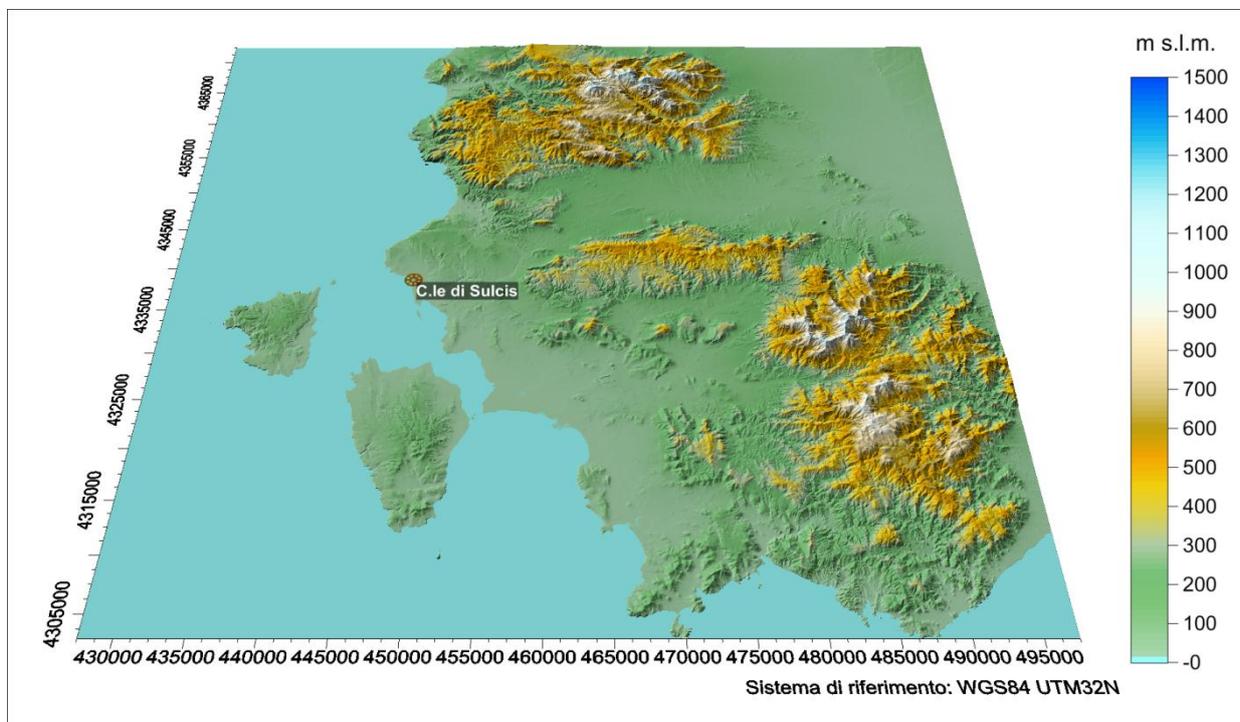


Figura 2.a – Orografia dell'area - Modello Digitale del Terreno SAR a passo 10m realizzato dalla Regione Autonoma della Sardegna

Nell'ambito della suddivisione dei climi su scala mondiale delineata nel 1931 dal meteorologo e geofisico Köppen (Pinna, 1978), 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. L'area della Sardegna meridionale presenta secondo questa classificazione un clima temperato umido con estate asciutta, definito dal codice "Csa" dove:

- il gruppo principale "C" indica un 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;

- il sottogruppo "s" indica un'estate asciutta (stagione a sole alto).
- la terza lettera del codice "a" indica un'estate molto calda; il mese più caldo è superiore a 22 °C.

Lungo le zone costiere della Sardegna, la presenza del mare induce inverni generalmente miti: le temperature invernali scendono raramente sotto lo zero. Le estati sono calde e secche, con temperature che superano normalmente 30 °C e raggiungono anche 35 °C. Le temperature estive più alte sono legate all'arrivo dell'anticiclone subtropicale africano che accompagna le calde correnti sahariane. Le temperature invernali più basse si registrano invece all'arrivo delle correnti fredde di origine artica e russo-siberiana.

Le precipitazioni sono concentrate nel periodo compreso tra ottobre e aprile, mentre tra maggio e settembre, quando nel Mediterraneo dominano gli anticicloni, si estende la stagione secca con tempo stabile e soleggiato. Lungo la costa meridionale, le precipitazioni sono di modesta entità, con medie dell'ordine di 400 mm annui. Le zone occidentali della Sardegna sono mediamente più piovose, per via dell'esposizione alle correnti umide oceaniche che accompagnano il transito dei sistemi perturbati atlantici.

La Sardegna è una regione in generale caratterizzata da una notevole ventilazione. I venti dominanti sono il maestrale e lo scirocco. Il primo in particolare è spesso violento, con velocità che superano facilmente i 100 Km/h.

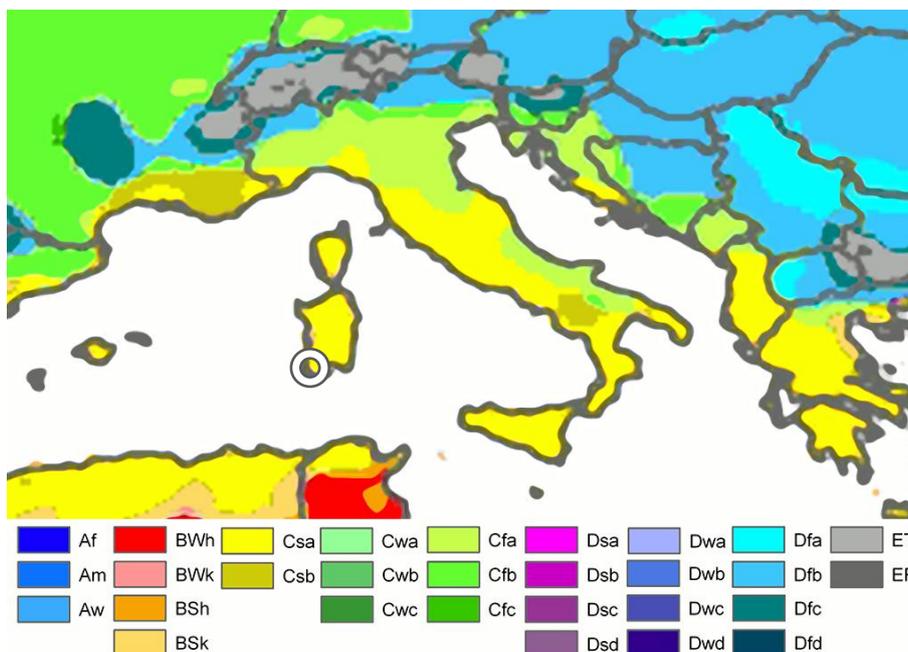


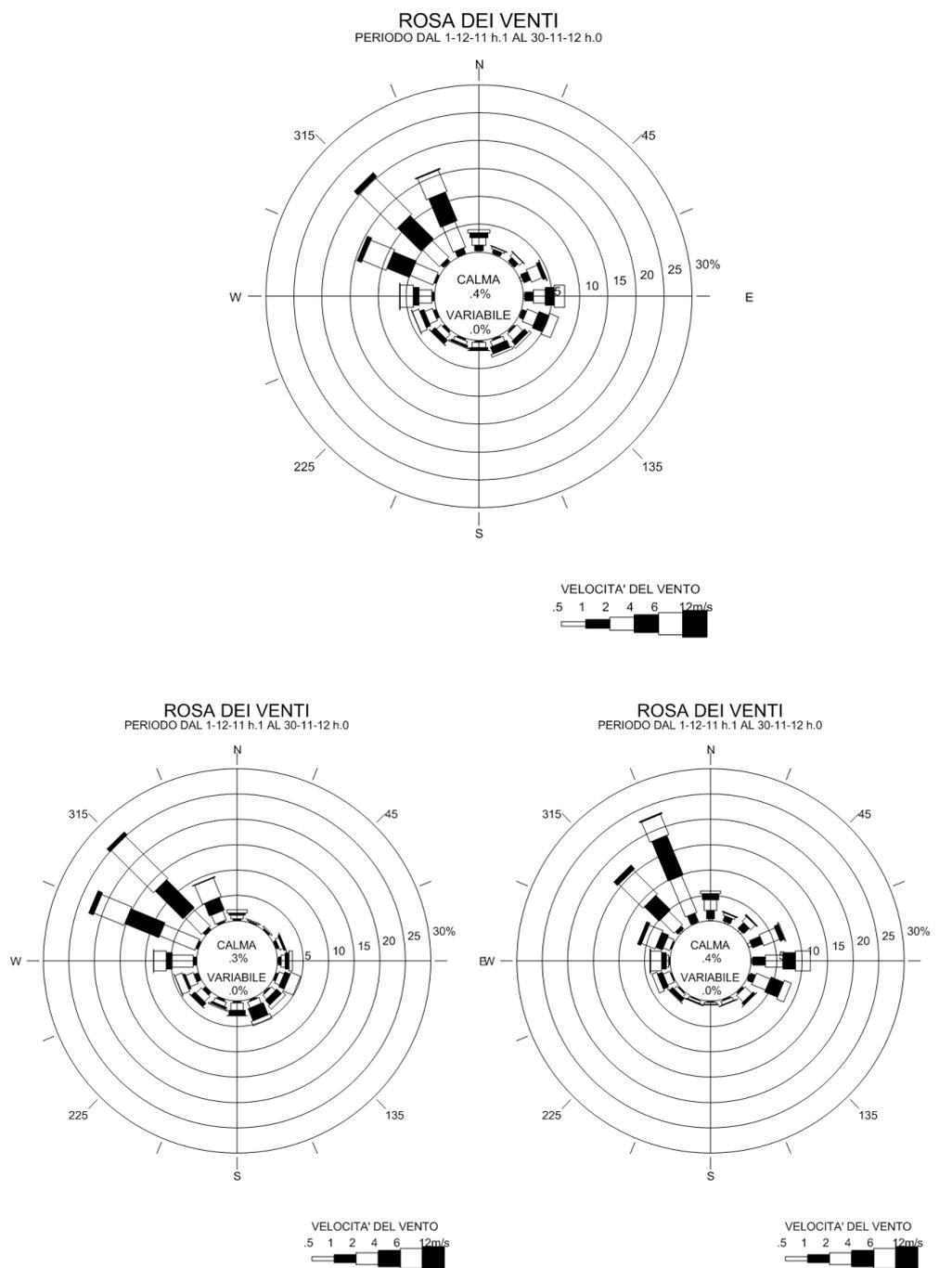
Figura 2.b – sito in esame, cerchio bianco, e classificazione di Köppen Geiger (estratto da elaborazione Univ. di Melbourne).

A livello locale, il clima dell'area presenta caratteristiche tipiche della marittimità indotta dal mar mediterraneo a ovest, anche se evidenzia specificità nel regime anemologico e pluviometrico indotte dalla presenza delle isole di S. Pietro e S. Antioco e dalle strutture orografiche dei monti dell'Iglesiente ad est, con dorsali montane principali e la valle del Cixerri con giacitura ovest-est.

La seguente Figura 2.c riporta, per il periodo 01/12/2011-30/11/2012, le rose dei venti ottenute mediante l'estrazione del dato di vento, in corrispondenza delle coordinate del camino di centrale ed alla quota di 10 m, dai campi di vento tridimensionali prodotti dal modello Calmet descritti al paragrafo 4.

Le elaborazioni descrivono un quadro in linea con le caratteristiche proprie dell'anemonologia locale con la provenienza dominante da nord-ovest (maestrale). Il confronto della rosa dei venti notturna e di quella diurna consente di apprezzare gli effetti al suolo indotti dall'interfaccia terra-mare: la brezza dal settore occidentale durante il giorno opposta a quella notturna dal settore orientale.

La Figura 2.d riporta, sempre per il periodo 01/12/2011-30/11/2012, la distribuzione nelle ore del giorno della classe di stabilità atmosferica secondo la classificazione di Pasquill-Gifford calcolata dal modello Calmet in corrispondenza dell'impianto. Si evidenzia l'effetto mitigante del mare e quello della debole circolazione atmosferica che accentuano rispettivamente la frequenza della classe "C" nelle ore diurne, a scapito delle classi più stabili, e quella della classe "F", durante le ore notturne, riducendo le classi neutre. Tale comportamento è tipico dei siti costieri di transizione tra le caratteristiche dell'atmosfera di ambienti marini e di quelle terrestri.



**Figura 2.c – Rose dei venti a 10 m sls calcolata dai campi del modello Calmet in corrispondenza della centrale. Rosa totale (in alto), diurna (in basso a sx) e notturna (in basso a dx), per il periodo 01/12/2011-30/11/2012**

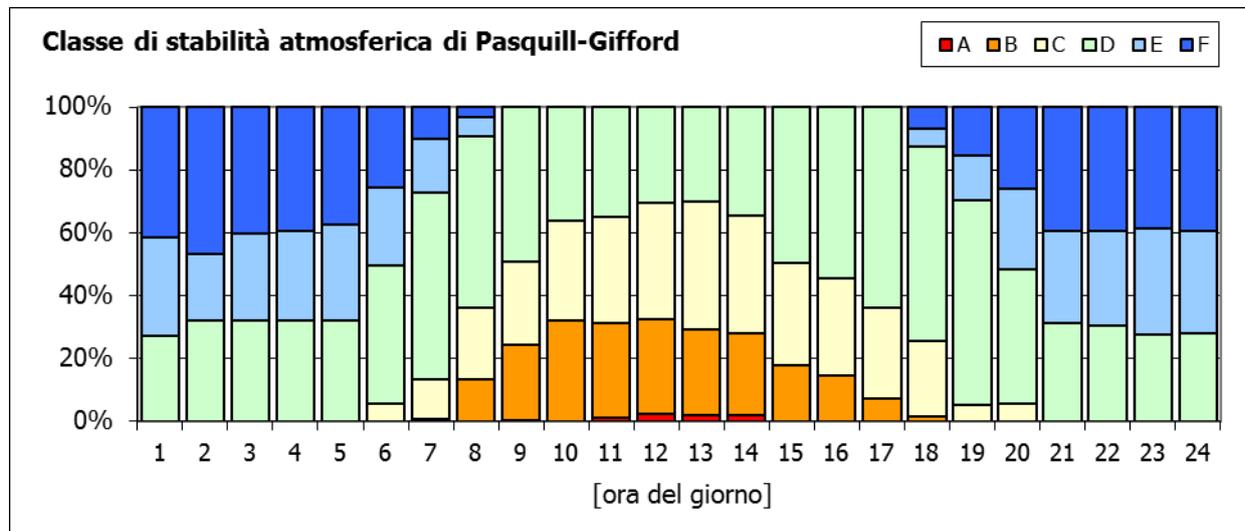


Figura 2.d – Distribuzione per ora del giorno della classe di stabilità atmosferica di Pasquill-Gifford, calcolata dai campi del modello Calmet in corrispondenza della centrale, 01/12/2011-30/11/2012

La Figura 2.e sintetizza l'andamento medio nel giorno dell'altezza dello strato rimescolato calcolato a partire dai campi orari prodotti dal modello Calmet in corrispondenza della centrale. Anche tale parametro evidenzia la natura costiera del sito, con uno sviluppo verticale dell'altezza dello strato rimescolato ridotto rispetto all'entroterra per effetto della prossimità del mare.

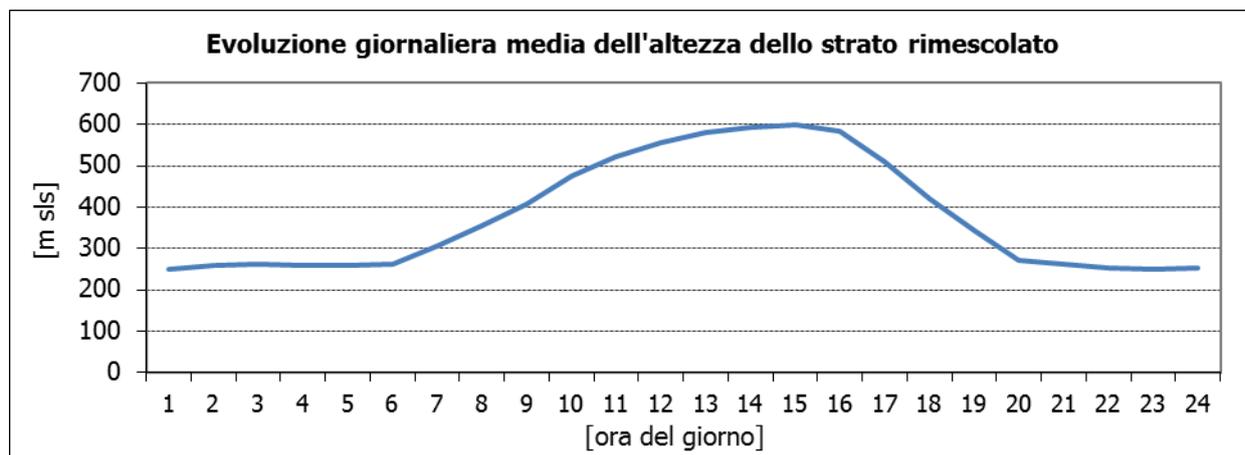


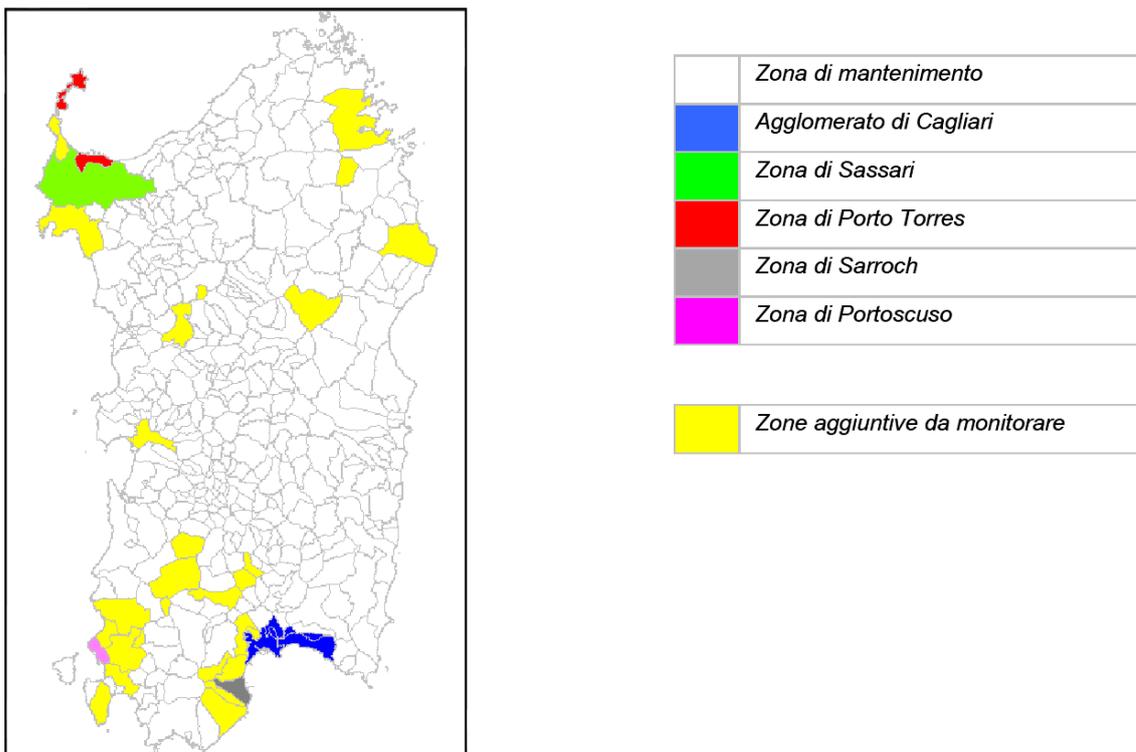
Figura 2.e – Evoluzione giornaliera media dell'altezza dello strato rimescolato calcolata dai campi del modello Calmet in corrispondenza della centrale, 01/12/2011-30/11/2012

### 3 STATO ATTUALE DI QUALITÀ DELL'ARIA

A seguito dell'entrata in vigore del D.lgs. 351/99, oggi abrogato a favore del D.lgs. 155/2010, l'Assessorato della Difesa dell'Ambiente della Regione Sardegna ha effettuato uno studio denominato *"Realizzazione dell'inventario regionale delle sorgenti di emissione, del documento sulla valutazione della qualità dell'aria ambiente in Sardegna e individuazione delle possibili misure da attuare per il raggiungimento degli obiettivi di cui al D.lgs. 351/99"* approvato con delibera della Giunta Regionale n. 55/6 del 29.11.2005.

Lo studio aveva a suo tempo evidenziato, per quanto riguarda la salute umana, alcune criticità relative al biossido di zolfo e ai PM<sub>10</sub>, indicando alcune zone/agglomerati come potenzialmente critiche e dunque da risanare. La zonizzazione per aree omogenee che ne è risultata è rappresentata nella Figura 3.a, da cui risulta che l'area di Portoscuso appartenga alle zone da risanare, mentre i Comuni limitrofi rientrano nelle "zone aggiuntive da monitorare".

*Agglomerati e zone per la protezione della salute umana e degli ecosistemi e zone aggiuntive da monitorare*



**Figura 3.a – Regione Sardegna - agglomerati e zone per la protezione della salute umana e degli ecosistemi e zone aggiuntive da monitorare**

Lo stato attuale di qualità dell'aria è nel seguito descritto facendo riferimento alle Relazioni annuali sulla qualità dell'aria in Sardegna per gli anni dal 2007 al 2010 di ARPA Sardegna, che analizzano la qualità dell'aria nel territorio della Sardegna sulla base dei dati provenienti dalla rete di monitoraggio regionale, gestita da ARPAS, e dalla rete del comune di Cagliari. Gli stessi dati sono periodicamente trasmessi all'ISPRA che li pubblica nella Banca Dati BRACE (<http://www.brace.sinanet.apat.it/>). L'analisi prende in considerazione, per il periodo 2007-2010, le sostanze rilevate dalle postazioni per le quali siano previsti valori limite dal vigente D.lgs. 155/2010: SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> e CO. La valutazione dello stato della qualità dell'aria è condotta, per ciascuna delle sostanze considerate, valutando gli Standard di Qualità dell'Aria posti a confronto con i rispettivi valori rilevati dalla rete provinciale di monitoraggio della qualità dell'aria.

L'area di Sulcis comprende diverse realtà emissive, di tipo industriale, minerario e urbano. Le principali attività con emissioni in atmosfera sono localizzate nell'area industriale di Portoscuso, la quale ospita una serie d'insediamenti industriali di diversa natura la cui produzione varia dall'energia elettrica, all'intera filiera dell'alluminio, ai metalli non ferrosi (piombo e zinco), ecc.

La rete di monitoraggio della qualità dell'aria presente nell'area industriale di Portoscuso conta quattro cabine: due sono dislocate attorno all'area industriale (CENPS2 e CENPS4), vicino alle fonti emissive, una è posizionata nel centro urbano di Portoscuso (CENPS7), una nella frazione di Paringianu (CENPS6). Una quinta stazione di misura prossima all'area di studio è localizzata nel centro urbano di Gonnese - Nuraxi Figus (CENNF1). Le postazioni citate sono localizzate nella Figura 3.b, mentre le loro caratteristiche principali sono riportate nella Tabella 3.a.

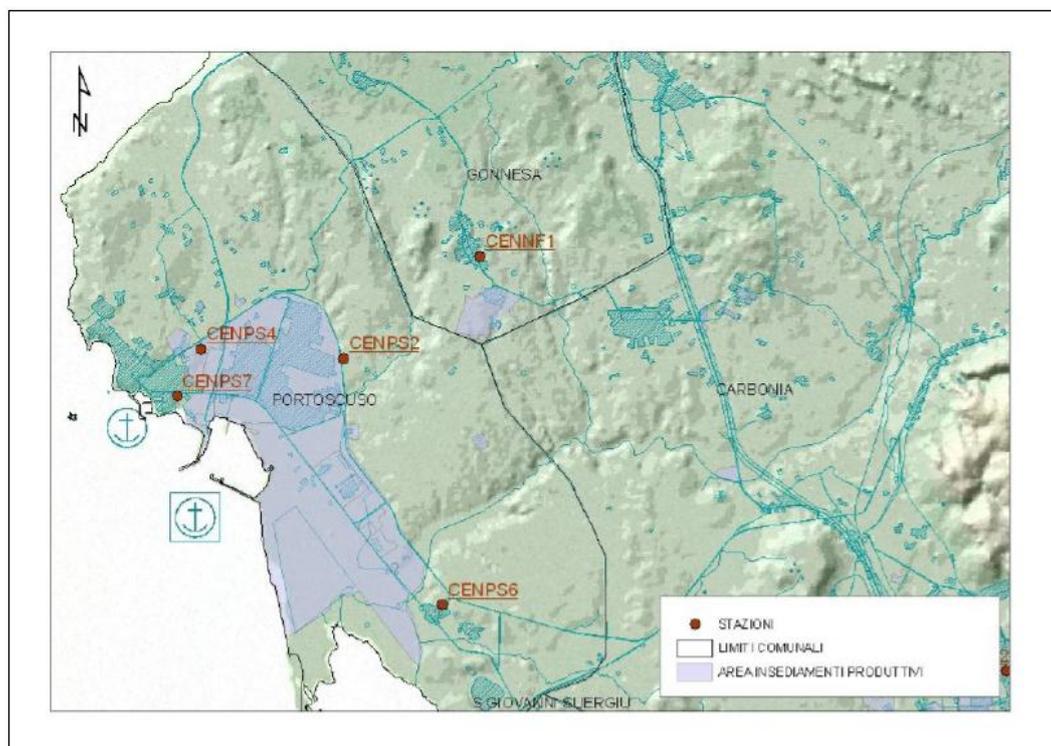


Figura 3.b – Posizione delle stazioni di misura nei pressi di Portoscuso

Tabella 3.a – Centrale di Sulcis – Stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell’aria (fonte: Banca Dati BRACE).

Nome stazione	Comune	Coordinate		Altit. m slm	Tipo Stazione	Tipo Zona	Caratteristica zona
		Lat	Long				
CENPS2	PORTOSCUSO	39.12.31	08.23.10	28	Industriale	Suburbana	industriale
CENPS4	PORTOSCUSO	39.12.31	08.23.24	18	Industriale	Suburbana	industriale
CENPS6	PORTOSCUSO	39.10.38	08.25.49	16	Industriale	Suburbana	ind. / resid.
CENPS7	PORTOSCUSO	39.12.12	08.23.10	25	Industriale	Suburbana	resid. / comm. / ind.
CENNF1	GONNESA	39.13.27	08.25.57	116	Fondo	Suburbana	-

Dalla Tabella 3.b alla Tabella 3.e sono riportati i valori di SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> e CO registrati dalle postazioni prossime a Portoscuso tra il 2007 e il 2010 reperiti, dove disponibili, nelle relazioni annuali sulla qualità dell’aria pubblicati da Arpa Sardegna e integrati, dove necessario, dall’elaborazione dei dati pubblicati nella Banca Dati BRACE.

Dalla pubblicazione ARPAS si ricava che le stazioni di misura dell’area industriale di Portoscuso hanno registrato nel periodo 2007-2010 il rispetto di tutti i limiti di qualità dell’aria previsti dal D.lgs.155/10 in termini di numero di superamenti per SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> e CO.

Un certo numero di superamenti della soglia giornaliera di PM<sub>10</sub> e della soglia oraria e giornaliera di SO<sub>2</sub> sono stati registrati in tutte le postazioni e per tutto il periodo considerato, confermando i risultati dello studio dell'Assessorato della Difesa dell'Ambiente della Regione Sardegna citato al paragrafo precedente, senza tuttavia mai eccedere il numero massimo consentito dalla normativa.

Il biossido di azoto non presenta alcuna criticità, con valori medi annui che per il 2010 variano tra 3.2 µg/m<sup>3</sup> (CENPS2) e 10.5 µg/m<sup>3</sup> (CENPS7) e valori massimi orari compresi tra 41.7 µg/m<sup>3</sup> (CENNF1) e 79.9 µg/m<sup>3</sup> (CENPS7); in entrambi i casi i valori considerati sono ben lontani dai limiti di legge (rispettivamente 40 µg/m<sup>3</sup> e 200 µg/m<sup>3</sup>).

Il monossido di carbonio (CO) è misurato nella sola stazione CENPS4. Le concentrazioni rilevate si mantengono sempre entro il limite di legge (10 mg/m<sup>3</sup> sulla massima media mobile di otto ore).

Stazione	SO <sub>2</sub>		NO <sub>2</sub>		PM <sub>10</sub>		CO
	Numero di superamenti della soglia oraria di 350 µg/m <sup>3</sup>	Numero di superamenti della soglia giornaliera di 125 µg/m <sup>3</sup>	Numero di superamenti della soglia oraria di 200 µg/m <sup>3</sup>	Concentrazione media per anno civile	Numero di superamenti della soglia giornaliera di 50 µg/m <sup>3</sup>	Concentrazione media per anno civile	
unità di misura ->	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]
Limite D.lgs. 155/10 ->	24	3	18	40	35	40	10
CENPS2	0	0	0	5.0	4	22.4	-
CENPS4	3	2	0	7.8	3	17.3	1.2
CENPS6	0	0	0	9.9	0	13.9	-
CENPS7	4	2	0	14.3	11	24.6	-

**Tabella 3.b – Area di Portoscuso - Riepilogo dei superamenti rilevati da ArpaS nel 2007.**

Stazione	SO <sub>2</sub>		NO <sub>2</sub>		PM <sub>10</sub>		CO
	Numero di superamenti della soglia oraria di 350 µg/m <sup>3</sup>	Numero di superamenti della soglia giornaliera di 125 µg/m <sup>3</sup>	Numero di superamenti della soglia oraria di 200 µg/m <sup>3</sup>	Concentrazione media per anno civile	Numero di superamenti della soglia giornaliera di 50 µg/m <sup>3</sup>	Concentrazione media per anno civile	
Parametro ->							Concentrazione media massima giornaliera calcolata su 8 ore
unità di misura ->	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]
Limite D.lgs. 155/10 ->	24	3	18	40	35	40	10
CENPS2	0	1	0	6.9	1	17.0	-
CENPS4	5	2	0	8.2	12	22.0	1.4
CENPS6	1	0	0	8.8	0	12.9	-
CENPS7	6	1	0	16.1	11	24.2	-

**Tabella 3.c – Area di Portoscuso - Riepilogo dei superamenti rilevati da ArpaS nel 2008.**

Stazione	SO <sub>2</sub>		NO <sub>2</sub>		PM <sub>10</sub>		CO
	Numero di superamenti della soglia oraria di 350 µg/m <sup>3</sup>	Numero di superamenti della soglia giornaliera di 125 µg/m <sup>3</sup>	Numero di superamenti della soglia oraria di 200 µg/m <sup>3</sup>	Concentrazione media per anno civile	Numero di superamenti della soglia giornaliera di 50 µg/m <sup>3</sup>	Concentrazione media per anno civile	
Parametro ->							Concentrazione media massima giornaliera calcolata su 8 ore
unità di misura ->	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]
Limite D.lgs. 155/10 ->	24	3	18	40	35	40	10
CENPS2	1	0	0	5.9	21	30.4	-
CENPS4	0	0	0	7.6	7	22.6	0.7
CENPS6	1	0	0	6.1	12	27.5	-
CENPS7	0	0	0	11.8	12	27.8	-

**Tabella 3.d – Area di Portoscuso - Riepilogo dei superamenti rilevati da ArpaS nel 2009.**

Stazione	SO <sub>2</sub>		NO <sub>2</sub>		PM <sub>10</sub>		CO
	Numero di superamenti della soglia oraria di 350 µg/m <sup>3</sup>	Numero di superamenti della soglia giornaliera di 125 µg/m <sup>3</sup>	Numero di superamenti della soglia oraria di 200 µg/m <sup>3</sup>	Concentrazione media per anno civile	Numero di superamenti della soglia giornaliera di 50 µg/m <sup>3</sup>	Concentrazione media per anno civile	Concentrazione media massima giornaliera calcolata su 8 ore
Parametro ->							
unità di misura ->	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]
Limite D.lgs. 155/10 ->	24	3	18	40	35	40	10
CENPS2	4	1	0	3.2	9	28.6	-
CENPS4	0	0	0	4.7	5	23.0	1.2
CENPS6	0	0	0	5.4	3	23.7	-
CENPS7	0	0	0	10.5	16	28.5	-
CENNF1 *	0	0	0	4.8	7	27.2	-
* data di attivazione: 23/06/2010							

**Tabella 3.e – Area di Portoscuso - Riepilogo dei superamenti rilevati da ArpaS nel 2010.**

## 4 VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI SULLA QUALITÀ DELL'ARIA

La Centrale Termoelettrica di Sulcis si compone nell'assetto impiantistico attuale di due Sezioni a carbone, la Sezione 3, di potenza efficiente lorda pari a 240 MW e la Sezione 2, di potenza efficiente lorda pari a 350 MW. Enel Produzione S.p.A. ha in programma l'installazione nella Sezione 2 di un sistema di desolforazione dei fumi (DeSOx). La presenza del desolforatore permetterà di aumentare la percentuale nella miscela di carbone nazionale, a più alto contenuto di zolfo, consentendo di mantenere costante la concentrazione del biossido di zolfo nei fumi in uscita.

La presente relazione ha lo scopo di valutare gli effetti sulla qualità dell'aria del nuovo assetto della Sezione 2 in confronto con la soluzione impiantistica autorizzata. La valutazione degli effetti sulla qualità dell'aria associati alla realizzazione del progetto è stata quindi condotta definendo i seguenti scenari emissivi:

1. Ante Operam: immissioni associate alla Sezione 2 nell'assetto attuale;
2. Post Operam: immissioni associate alla Sezione 2 nell'assetto previsto a valle dell'installazione del sistema DeSOx.

La ciminiera, comune alle due Sezioni di impianto, è alta 250 m ed è costituita da 3 canne fumarie di diametro pari a 4,5 m, una per i fumi provenienti dalla Sezione 2, una per quelli provenienti dalla Sezione 3 e un'altra attualmente non utilizzata che in passato convogliava i fumi provenienti dalla non più esistente Sezione 1.

La Tabella 4.a riporta l'ubicazione e le caratteristiche geometriche della ciminiera mediante cui i fumi prodotti dal processo di combustione sono convogliati in atmosfera. Le caratteristiche emissive delle sorgenti per gli scenari sopra definiti (volume dei fumi, temperatura e velocità d'uscita, concentrazioni di inquinanti all'emissione) sono riportate in Tabella 4.b.

Per entrambe gli scenari, Ante e Post Operam, è stato ipotizzato il funzionamento della Sezione 2 con portata fumi corrispondente al carico nominale e concentrazione di SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, polveri e CO ai limiti emissivi prescritti dal Decreto AIA DVA-DEC-2011-0000579 del 31/10/2011, per un periodo di simulazione compreso tra il 01/12/2011 e il 30/11/2012 (8'784 ore, essendo l'anno 2012 bisestile).

**Tabella 4.a – Centrale di Sulcis – Coordinate e caratteristiche geometriche della ciminiera relativa alla Sezione 2.**

Sorgente	Potenza	COORDINATE WGS84 - UTM 32N		Quota	CIMINIERA		
		EST	NORD		altezza	diametro	sezione
	MW	m	m	m slm	m sls	m	m <sup>2</sup>
Sezione 2	350	448'191	4'338'619	2	250	4.5	15.9

**Tabella 4.b – Centrale di Sulcis – Caratteristiche emissive della Sezione 2.**

Parametro	unità di misura	SCENARIO	
		Ante Operam	Post Operam
Temperatura fumi (**)	[°C]	130	95
	[°K]	403	368
Portata fumi normalizzata	[Nm <sup>3</sup> /h] (*)	1'400'000	1'400'000
Portata fumi tal quale (**)	[m <sup>3</sup> /h]	2'136'000	2'034'000
Velocità di uscita dei fumi (**)	[m/s]	37.3	35.5
SO <sub>2</sub> (***)	[mg/Nm <sup>3</sup> ] (*)	400	400
NO <sub>x</sub> (***)	[mg/Nm <sup>3</sup> ] (*)	200	200
CO (***)	[mg/Nm <sup>3</sup> ] (*)	150	150
Polveri (***)	[mg/Nm <sup>3</sup> ] (*)	20	20
(*) condizioni di riferimento: 273.15 K, 101.3 kPa su base secca, 6% di O <sub>2</sub>			
(**) alla capacità produttiva			
(***) limiti emissivi prescritti dal Decreto AIA DVA-DEC-2011-0000579 del 31/10/2011			

## 4.1 Scelta e Descrizione del sistema modellistico

In base alle caratteristiche del sito e della simulazione da svolgere, si è scelto di utilizzare il sistema modellistico CALMET-CALPUFF sviluppato da Earth Tech Inc.

CALMET (ver. 6.334, liv. 110421) è un modello meteorologico diagnostico per la ricostruzione di campi orari bidimensionali e tridimensionali delle principali variabili meteorologiche e micrometeorologiche a partire da dati al suolo e di profilo misurati o calcolati da altri modelli. CALPUFF (ver. 6.4, liv. 101025) è un modello lagrangiano non stazionario a puff per la ricostruzione di campi di concentrazione e deposizione al suolo di sostanze emesse da sorgenti di varia natura (puntuali, areali, lineari e volumetriche).

Il sistema modellistico CALMET-CALPUFF, dalla validità riconosciuta in ambito scientifico ed istituzionale (è presente nelle linee guida statunitensi ed in quelle nazionali - APAT CTNACE, 2001 - per la simulazione della dispersione delle emissioni in atmosfera), è particolarmente idoneo alla trattazione del caso in oggetto per le seguenti caratteristiche:

- Evoluzione delle masse inquinanti in campi meteorologici tridimensionali, non uniformi e non omogenei;

- Trattazione dell'interfaccia terra/mare;
- Trattazione delle calme di vento.

La scelta del sistema modellistico è allineata anche alle indicazioni del DM 1 ottobre 2002, n. 261 (abrogato da D.lgs. 13 agosto 2010, n. 155) "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" che nell'allegato 1, "Direttive tecniche concernenti la valutazione preliminare" che fornisce importanti indicazioni sulle caratteristiche generali dei modelli matematici e recita:

*"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."*

#### **4.1.1 Modello meteorologico - CALMET**

CALMET (ver. 6.334, liv. 110421) (Scire et al., 2000a) 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 passi per la costruzione del campo. Il primo passo crea un campo iniziale, basato sui venti sinottici, e lo corregge in modo da tenere conto degli effetti del terreno sui flussi e dei venti di pendio. In questa fase, dapprima il modello utilizza i venti sinottici per calcolare una velocità verticale forzata dal terreno e soggetta ad una funzione esponenziale di smorzamento dipendente dalla classe di stabilità atmosferica. In secondo luogo, sono introdotti gli effetti dell'orografia sulle componenti orizzontali del vento mediante l'applicazione iterativa di uno schema di minimizzazione della divergenza sul campo tridimensionale fino al soddisfacimento del vincolo di minima divergenza. Dopo aver introdotto i venti di pendio e gli effetti termodinamici, il campo, a questo punto detto di primo passo, passa alla seconda fase procedurale che introduce i dati osservati, al suolo

ed in quota, 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. Algoritmi specifici trattano la dinamica atmosferica sopra superfici acquose e la loro interfaccia con le superfici terrestri. Recentemente è stata introdotta la possibilità di utilizzare campi di vento generati da modelli meteorologici prognostici (quali ad esempio MM5, RAMs...) come campi d'inizializzazione.

#### ***4.1.2 Modello di dispersione - CALPUFF***

CALPUFF (ver. 6.4, liv. 101025) (Scire J.S. et Al., 2000a) è un modello di dispersione non stazionario multi-strato multi-specie con cui è possibile simulare gli effetti di condizioni meteorologiche variabili nel tempo e nello spazio sul trasporto, trasformazione e rimozione degli inquinanti in atmosfera. Pur potendo essere guidato da meteorologie puntuali semplici, CALPUFF consente di utilizzare a pieno tutte le potenzialità del codice se guidato da campi meteorologici tridimensionali generati da CALMET. CALPUFF implementa algoritmi per la trattazione di effetti prossimi alla sorgente (building downwash, fumigazione, sovra-innalzamento progressivo, penetrazione parziale dello strato rimescolato, interazioni con elementi orografici non risolti dalla griglia orografica), oltre che di deposizione secca ed umida, trasformazioni chimiche, avvezione su suolo ed acque ed interazioni all'interfaccia terra/mare. Il modello può trattare sorgenti emissive puntuali, lineari, areali e volumetriche, dall'emissione variabile in modo arbitrario nel tempo.

CALPUFF utilizza due domini tridimensionali distinti: la griglia meteorologica e quella di calcolo. La prima definisce l'estensione orizzontale del dominio, le dimensioni delle celle, il numero e lo spessore degli strati verticali. Questa coincide con la griglia utilizzata da CALMET e ad essa sono associati i dati meteorologici e geofisici. La griglia computazionale è un sotto insieme, al più coincidente, della griglia meteorologica ed è il dominio in cui sono fatti evolvere i puff ed in cui possono essere calcolate le concentrazioni.

Le emissioni sono schematizzate come un continuo rilascio di sbuffi (puff) d'inquinante rilasciati in atmosfera. Al variare di direzione ed intensità del vento nello spazio e nel tempo la traiettoria di ogni puff cambia in modo da seguire la nuova direzione del vento.

La diffusione dei puff è gaussiana e 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 rilasciato ogni ora, numero calcolato dal modello in funzione delle caratteristiche meteorologiche di quell'ora.

La trattazione di calme di vento avviene attraverso i normali algoritmi contenuti nel codice, consistenti con il modello concettuale in cui le emissioni contemporanee alla calma di vento salgono virtualmente sulla verticale della sorgente, mentre quelle preesistenti ristagnano sulla loro posizione, tutte disperdendosi in funzione del tempo, poiché si assume che questo sbandieri attorno ad una media nulla.

Il calcolo delle componenti della turbolenza atmosferica (syt e szt) può essere effettuato sia in base alle variabili di turbolenza atmosferica prodotte da CALMET (L,  $u^*$ ,  $w^*$ , ecc.), sia mediante i coefficienti di dispersione Pasquill-Gifford-Turner (PGT) in aree rurali (con una formulazione approssimante le equazioni di ISCST-3), e coefficienti di Mc Elroy-Pooler in aree urbane.

La deposizione secca di gas e particelle è trattata attraverso un modello a resistenze basato sulle proprietà dell'inquinante (diametro molecolare, forma, densità, diffusività, solubilità, reattività), sulle caratteristiche della superficie (rugosità superficiale, tipo di vegetazione) e sulle variabili atmosferiche (classe di stabilità, turbolenza). L'algoritmo determina la velocità di deposizione come l'inverso della somma di resistenze (che rappresentano le diverse forze in opposizione al trasporto dell'inquinante dall'atmosfera al suolo) a cui si aggiunge, per le sole particelle, un termine di deposizione gravitazionale. L'atmosfera è schematizzata attraverso cinque strati (layer) che sono caratterizzati dalle differenti proprietà fluidodinamiche che l'atmosfera presenta alle differenti distanze dal suolo.

La deposizione umida è calcolata tramite un algoritmo basato su coefficienti di rimozione empirici dipendenti dalla natura dell'inquinante e della precipitazione.

## 4.2 Applicazione al caso in esame

La simulazione modellistica è stata condotta ricostruendo i campi meteorologici orari per il periodo compreso tra il 01/12/2011 e il 30/11/2012 su un'area di 50x50 km<sup>2</sup> con una risoluzione spaziale di 500m. Tale scelta deriva dalla necessità di riprodurre adeguatamente le caratteristiche del sito in esame, particolarmente complesso per la presenza dell'interfaccia terra-mare, con brezze che possono dissociare la circolazione

atmosferica negli strati più bassi da quella a quote superiori. Importanti sono anche la corretta riproduzione delle inversioni termiche, dell'evoluzione dell'altezza dello strato rimescolato e della stabilità atmosferica. Conseguentemente la scelta dei livelli verticali ha visto una particolare attenzione alla descrizione delle prime centinaia di metri dal suolo.

La ricostruzione dei campi meteorologici è stata condotta mediante il modello meteorologico diagnostico CALMET applicato definendo la seguente griglia tridimensionale:

- Sistema di coordinate = UTM 32N (datum WGS84)
- Definizione orizzontale della griglia:
  - Numero di celle nella direzione X ( $N_x$ ) = 100
  - Numero di celle nella direzione Y ( $N_y$ ) = 100
  - Lato cella (quadrata) = 500 m
  - Coordinate dell'angolo Sud Ovest del dominio (429'500 Est; 4'315'000 Nord)
- Definizione verticale della griglia:
  - Numero di livelli = 10
  - Quote in metri sul livello del suolo = 0, 20, 40, 80, 160, 320, 640, 1280, 1920, 2560, 5120 m

I campi meteorologici sono stati ricostruiti fornendo al modello i campi meteorologici orari tridimensionali prodotti dal modello prognostico WRF, applicato con risoluzione di 3.5 km dal Centro Meteorologico EPSON.

Le concentrazioni in aria ambiente associate alle emissioni del gruppo 2 della centrale sono state calcolate con una risoluzione di 250 m, ottenuta per mezzo di un'operazione di "nesting" di fattore 2 della griglia definita per CALMET. Per evitare effetti di bordo il calcolo delle concentrazioni non è stato condotto nell'area perimetrale del dominio meteorologico per una fascia di 5 km di estensione. La Figura 4.a rappresenta graficamente la localizzazione del dominio di CALMET e la griglia dei recettori.

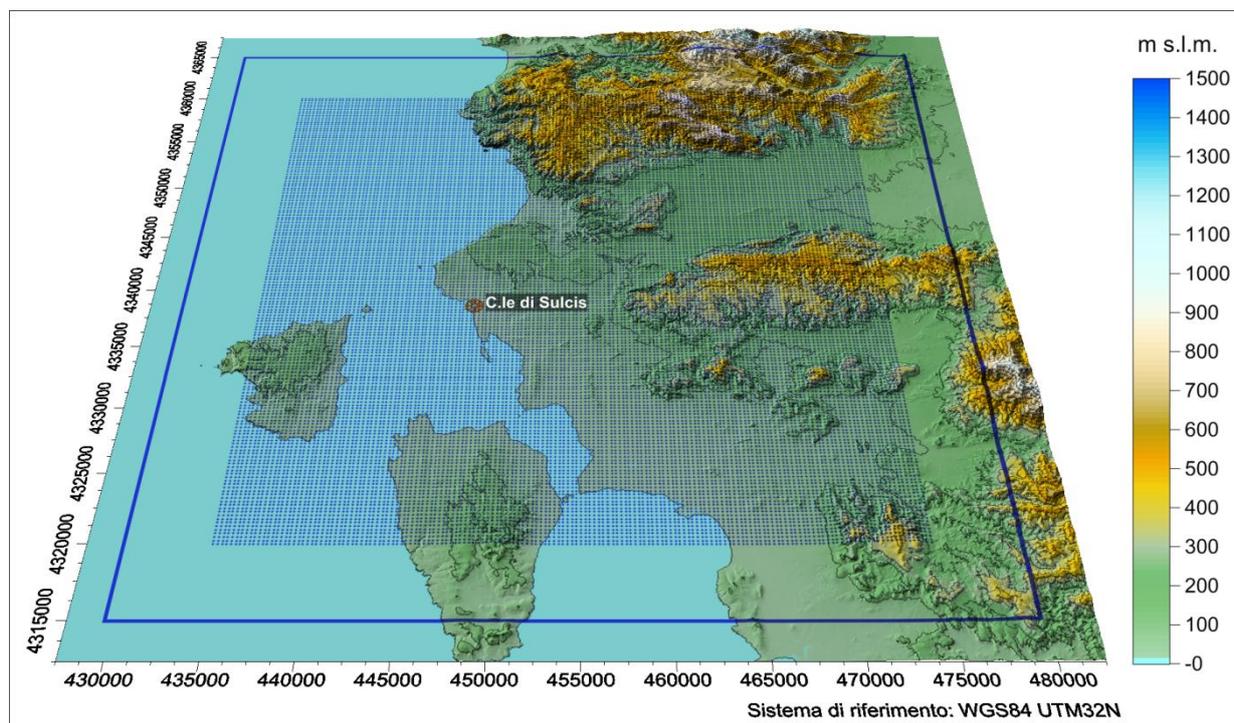


Figura 4.a - Dominio di Calcolo meteorologico (rettangolo blu) e griglia dei recettori (punti blu).

Oltre che sulla griglia regolare sopra descritta, le concentrazioni sono state calcolate puntualmente in corrispondenza del centro abitato di Portoscuso (Popolazione residente ISTAT 2001 di 4'610 ab.; coordinate UTM-32N WGS84 446'655 m Est, 4'340'348 m Nord, quota 6 m s.l.m.) e delle cinque postazioni locali della rete di rilevamento ARPAS (CENPS2, CENPS4, CENPS6, CENPS7 e CENNF1).

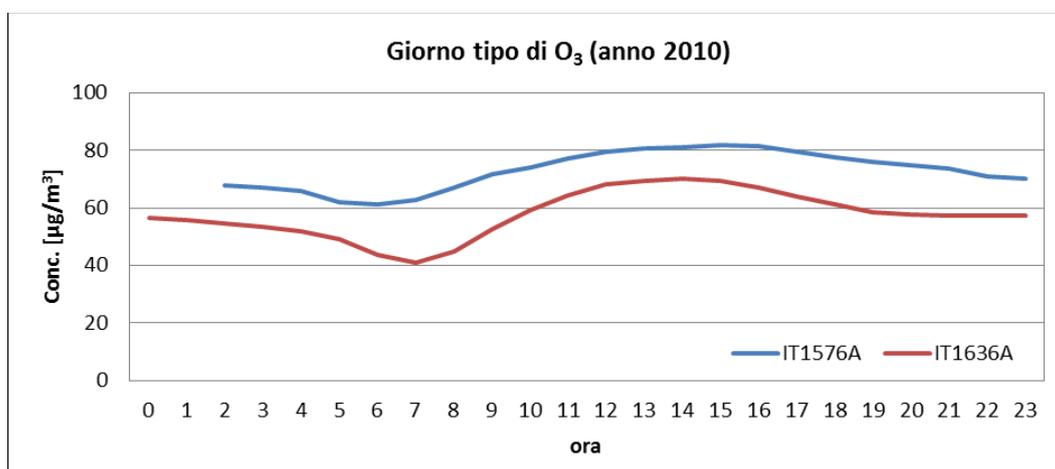
L'input meteorologico prodotto da CALMET e quello emissivo descritto in Tabella 4.a e Tabella 4.b, sono stati quindi forniti a CALPUFF per la stima delle concentrazioni in aria ambiente di  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NO}_2$ , CO e  $\text{PM}_{10}$ . In via cautelativa, tutto il particolato emesso dai camini è stato considerato come  $\text{PM}_{10}$ .

Al fine di calcolare la trasformazione di NO in  $\text{NO}_2$ , è necessario caratterizzare l'andamento delle concentrazioni dell'ozono. Vista la mancanza di disponibilità di dati relativi al periodo di simulazione, è stato fornito come input al modello CALPUFF, per ogni mese, l'andamento nel giorno delle concentrazioni medie su base oraria di ozono misurate nel corso dell'anno 2010 presso due postazioni prossime all'area in studio (ogni dato orario rappresenta la media di tutti i valori registrati nello stesso mese e nella stessa ora cui il dato si riferisce). Le caratteristiche e la localizzazione delle stazioni di misura dell'ozono selezionate come rappresentative sono riportate nella Tabella 4.c. La postazione denominata "IT1576A", appartenente alla Rete della Provincia di Cagliari, è localizzata a circa 1.5 Km a nord-ovest del camino di Centrale, non distante dalla linea di costa; la postazione denominata "IT1636A", appartenente alla Rete di monitoraggio del

Comune di Cagliari, è localizzata a circa 60 Km a est della Centrale. Nella Figura 4.b si riportano gli andamenti del giorno medio annuo per entrambe le postazioni. La fonte delle registrazioni orarie è la banca dati gestita dall’Agenzia per l’Ambiente Europea (EEA) “AirBase - the European Air quality dataBase”.

**Tabella 4.c – Stazioni di ozono utilizzate.**

Codice Stazione	Comune	Tipo Stazione	Tipo Zona	Caratteristiche della zona	UTM32N (WGS84)		Altitudine [m slm]
					Est	Nord	
IT1576A	Portoscuso (CI)	Industrial	Suburbana	Residentiale	446'995	4'339'521	25
IT1636A	Cagliari (CA)	Background	Suburbana	Naturale	508'919	4'342'367	90



**Figura 4.b – Andamento giornaliero medio della concentrazione di ozono, anno 2010.**

### 4.3 Risultati della simulazione

Le seguenti tabelle riportano il confronto tra gli standard della qualità dell’aria previsti dalla normativa vigente e la stima delle ricadute della Sezione 2 della Centrale (considerando la sola terraferma, trascurando quindi la parte sulla superficie marina) prodotte dal modello CALPUFF sulla griglia regolare di recettori per i due scenari considerati, rispettivamente come media spaziale (Tabella 4.d) e nel punto di massimo impatto (Tabella 4.e). Dalla Tabella 4.f alla Tabella 4.h sono riportate le ricadute stimate nel periodo di simulazione associate alle emissioni della Sezione 2, per entrambe gli scenari considerati, in corrispondenza del centro abitato di Portoscuso e delle cinque postazioni locali della rete di rilevamento della qualità dell’aria ARPAS (CENPS2, CENPS4, CENPS6, CENPS7 e CENNF1). Per confronto, nelle stesse tabelle sono riportati i valori registrati dalla RRQA ARPAS nel periodo 2007-2011, ottenuti dall’elaborazione dei dati disponibili nella Banca Dati BRACE (<http://www.brace.sinanet.apat.it/>).

Nella valutazione dei livelli di qualità dell'aria è necessario considerare che i valori registrati dalla Rete di Rilevamento, misurando le concentrazioni in aria ambiente risultanti dagli effetti complessivi di tutte le sorgenti presenti sul territorio, oltre che degli apporti provenienti da aree esterne, tengono implicitamente conto anche dei contributi derivanti dall'esercizio della centrale nella configurazione Ante Operam associati al reale funzionamento verificatosi nel periodo cui si riferiscono.

Si evidenzia un rispetto di tutti i limiti di legge, con ricadute inferiori ai valori limite per tutti gli inquinanti sia per la situazione autorizzata, sia per quella prevista a valle della realizzazione del DeSOx, anche nel punto di massima ricaduta.

**Tabella 4.d – Confronto tra SQA e ricadute della Sezione 2 della Centrale di Sulcis, valore medio spaziale sulla terraferma del dominio di calcolo.**

Parametro	u.m.	Limite di legge (D.lgs. 155/10)	Valore medio sulla terraferma nel dominio di calcolo	
			Ante Operam	Post Operam
SO <sub>2</sub> - Conc. oraria superata 24 volte	[µg/m <sup>3</sup> ]	350	8.0	9.7
SO <sub>2</sub> - N. di sup. della soglia oraria di 350 µg/m <sup>3</sup>	#	24	0	0
SO <sub>2</sub> - Massimo della Conc. oraria	[µg/m <sup>3</sup> ]	-	26	30
SO <sub>2</sub> - Conc. giornaliera superata 3 volte	[µg/m <sup>3</sup> ]	125	2.0	2.4
SO <sub>2</sub> - N. di sup. della soglia giorn. di 125 µg/m <sup>3</sup>	#	3	0	0
SO <sub>2</sub> - Massimo della Conc. giornaliera	[µg/m <sup>3</sup> ]	-	2.8	3.4
SO <sub>2</sub> - Conc. media (protezione della vegetazione)	[µg/m <sup>3</sup> ]	20	0.15	0.19
NO <sub>2</sub> - Conc. oraria superata 18 volte	[µg/m <sup>3</sup> ]	200	3.5	4.2
NO <sub>2</sub> - N. di sup. della soglia oraria di 200 µg/m <sup>3</sup>	#	18	0	0
NO <sub>2</sub> - Massimo della Conc. oraria	[µg/m <sup>3</sup> ]	-	9.4	10.6
NO <sub>2</sub> - Concentrazione media	[µg/m <sup>3</sup> ]	40	0.06	0.07
NO <sub>x</sub> - Conc. media (protezione della vegetazione)	[µg/m <sup>3</sup> ]	30	0.07	0.09
PM <sub>10</sub> - Conc. giornaliera superata 35 volte	[µg/m <sup>3</sup> ]	50	0.025	0.032
PM <sub>10</sub> - N. di sup. della soglia giornaliera di 50 µg/m <sup>3</sup>	#	35	0	0
PM <sub>10</sub> - Massimo della conc. giornaliera	[µg/m <sup>3</sup> ]	-	0.14	0.18
PM <sub>10</sub> - Concentrazione media	[µg/m <sup>3</sup> ]	40	0.007	0.009
CO - Conc. media massima giornaliera su 8 ore	[mg/m <sup>3</sup> ]	10	0.0028	0.0033

**Tabella 4.e – Confronto tra SQA e ricadute della Sezione 2 della Centrale di Sulcis nel punto di massimo impatto.**

Parametro	u.m.	Limite di legge (D.lgs. 155/10)	Valore nel punto di massimo impatto sulla terraferma	
			Ante Operam	Post Operam
SO <sub>2</sub> - Conc. oraria superata 24 volte	[µg/m <sup>3</sup> ]	350	49	56
SO <sub>2</sub> - N. di sup. della soglia oraria di 350 µg/m <sup>3</sup>	#	24	0	0
SO <sub>2</sub> - Massimo della Conc. oraria	[µg/m <sup>3</sup> ]	-	228	208
SO <sub>2</sub> - Conc. giornaliera superata 3 volte	[µg/m <sup>3</sup> ]	125	11	13
SO <sub>2</sub> - N. di sup. della soglia giorn. di 125 µg/m <sup>3</sup>	#	3	0	0
SO <sub>2</sub> - Massimo della Conc. giornaliera	[µg/m <sup>3</sup> ]	-	17	22
SO <sub>2</sub> - Conc. media (protezione della vegetazione)	[µg/m <sup>3</sup> ]	20	1.0	1.1
NO <sub>2</sub> - Conc. oraria superata 18 volte	[µg/m <sup>3</sup> ]	200	23	27
NO <sub>2</sub> - N. di sup. della soglia oraria di 200 µg/m <sup>3</sup>	#	18	0	0
NO <sub>2</sub> - Massimo della Conc. oraria	[µg/m <sup>3</sup> ]	-	67	78
NO <sub>2</sub> - Concentrazione media	[µg/m <sup>3</sup> ]	40	0.40	0.45
NO <sub>x</sub> - Conc. media (protezione della vegetazione)	[µg/m <sup>3</sup> ]	30	0.44	0.49
PM <sub>10</sub> - Conc. giornaliera superata 35 volte	[µg/m <sup>3</sup> ]	50	0.15	0.17
PM <sub>10</sub> - N. di sup. della soglia giornaliera di 50 µg/m <sup>3</sup>	#	35	0	0
PM <sub>10</sub> - Massimo della conc. giornaliera	[µg/m <sup>3</sup> ]	-	0.9	1.1
PM <sub>10</sub> - Concentrazione media	[µg/m <sup>3</sup> ]	40	0.048	0.053
CO - Conc. media massima giornaliera su 8 ore	[mg/m <sup>3</sup> ]	10	0.019	0.024

**Tabella 4.f – Confronto tra SQA e valori di ricaduta di SO<sub>2</sub> della Sezione 2 della Centrale di Sulcis sui recettori discreti.**

		SO <sub>2</sub>								
		Media oraria				Media giornaliera				Media anno civile [µg/m <sup>3</sup> ]
		% dati validi	Massimo [µg/m <sup>3</sup> ]	Soglia superata 24 volte/anno [µg/m <sup>3</sup> ]	N° superam. soglia di 350 µg/m <sup>3</sup>	% dati validi	Massimo [µg/m <sup>3</sup> ]	Soglia superata 3 volte/anno [µg/m <sup>3</sup> ]	N° superam. soglia di 125 µg/m <sup>3</sup>	
<i>Limite di legge -&gt;</i>		90%	-	350	24	90%	-	125	3	20
Porto scuso	Ante	100%	14	0.8	0	100%	1.2	0.23	0	0.011
	Post	100%	15	1.4	0	100%	1.0	0.45	0	0.016
	Post - Ante	100%	1	0.6	0	100%	-0.1	0.22	0	0.005
CENPS2	RRQA-2007	90%	326	80	0	92%	40	32	0	4
	RRQA-2008	93%	399	186	1	96%	126	85	1	8
	RRQA-2009	95%	703	151	1	99%	74	62	0	8
	RRQA-2010	86%	639	126	4	89%	146	43	1	6
	RRQA-2011	94%	296	108	0	98%	54	33	0	4
	Ante	100%	1.2	0.4	0	100%	0.2	0.13	0	0.005
	Post	100%	1.9	0.6	0	100%	0.4	0.16	0	0.007
	Post - Ante	100%	0.7	0.3	0	100%	0.2	0.03	0	0.002
CENPS4	RRQA-2007	95%	529	191	3	98%	143	91	2	6
	RRQA-2008	93%	398	248	5	96%	184	110	2	8
	RRQA-2009	90%	109	58	0	93%	33	25	0	2
	RRQA-2010	93%	94	49	0	96%	34	21	0	2
	RRQA-2011	93%	190	99	0	97%	73	51	0	3
	Ante	100%	57	0.4	0	100%	6.9	0.1	0	0.032
	Post	100%	51	0.7	0	100%	6.8	0.3	0	0.028
	Post - Ante	100%	-6	0.3	0	100%	-0.1	0.2	0	-0.005
CENPS6	RRQA-2007	90%	285	138	0	93%	111	65	0	9
	RRQA-2008	89%	516	145	1	92%	61	59	0	9
	RRQA-2009	90%	490	79	1	92%	48	36	0	7
	RRQA-2010	93%	81	51	0	96%	24	23	0	5
	RRQA-2011	93%	109	71	0	97%	61	35	0	6
	Ante	100%	24	5	0	100%	1	1	0	0.04
	Post	100%	28	8	0	100%	2	2	0	0.08
	Post - Ante	100%	4	3	0	100%	1	1	0	0.04
CENPS7	RRQA-2007	91%	485	211	4	93%	143	113	2	9
	RRQA-2008	90%	724	240	6	92%	138	96	1	8
	RRQA-2009	94%	212	96	0	98%	45	34	0	3
	RRQA-2010	94%	113	45	0	98%	28	18	0	2
	RRQA-2011	94%	103	25	0	97%	20	11	0	1
	Ante	100%	3.4	0.3	0	100%	0.2	0.12	0	0.004
	Post	100%	5.8	0.4	0	100%	0.3	0.15	0	0.006
	Post - Ante	100%	2.3	0.1	0	100%	0.2	0.03	0	0.002
CENN1	RRQA-2007	0%	ND	ND	ND	0%	ND	ND	ND	ND
	RRQA-2008	0%	ND	ND	ND	0%	ND	ND	ND	ND
	RRQA-2009	0%	ND	ND	ND	0%	ND	ND	ND	ND
	RRQA-2010	48%	45	15	0	50%	5	4	0	0.8
	RRQA-2011	92%	61	23	0	95%	13	9	0	1.1
	Ante	100%	38	4	0	100%	3	2	0	0.04
	Post	100%	44	11	0	100%	5	3	0	0.09
	Post - Ante	100%	7	7	0	100%	1	1	0	0.04

**Tabella 4.g – Confronto tra SQA e massimi valori di ricaduta di NO<sub>2</sub> ed NO<sub>x</sub> della Sezione 2 della Centrale di Sulcis sui recettori discreti**

	NO <sub>2</sub>					NO <sub>x</sub>			
	Media oraria				Media anno civile [µg/m <sup>3</sup> ]	Media oraria		Media anno civile [µg/m <sup>3</sup> ]	
	% dati validi	Massimo [µg/m <sup>3</sup> ]	Soglia superata 18 volte/anno [µg/m <sup>3</sup> ]	N° superam. annui della soglia di 200 µg/m <sup>3</sup>		% dati validi	Massimo [µg/m <sup>3</sup> ]		
<i>Limite di legge -&gt;</i>	90%	-	200	18	40	90%	-	30	
<b>Porto scuso</b>	Ante	100%	4.9	0.3	0	0.004	100%	6.8	0.005
	Post	100%	5.2	0.6	0	0.005	100%	7.4	0.007
	Post - Ante	100%	0.4	0.3	0	0.002	100%	0.6	0.002
<b>CENPS2</b>	RRQA-2007	82%	90	44	0	5	82%	188	6
	RRQA-2008	87%	116	63	0	7	87%	192	8
	RRQA-2009	87%	76	43	0	6	86%	80	6
	RRQA-2010	84%	54	22	0	3	84%	58	3
	RRQA-2011	89%	55	36	0	6	89%	215	10
	Ante	100%	0.3	0.1	0	0.001	100%	0.5	0.002
	Post	100%	0.4	0.2	0	0.002	100%	0.6	0.003
	Post - Ante	100%	0.1	0.1	0	0.001	100%	0.1	0.001
<b>CENPS4</b>	RRQA-2007	93%	66	54	0	8	93%	155	10
	RRQA-2008	89%	88	56	0	8	89%	185	11
	RRQA-2009	83%	82	49	0	8	83%	162	11
	RRQA-2010	85%	50	34	0	5	85%	102	6
	RRQA-2011	94%	54	41	0	5	94%	116	5
	Ante	100%	19	0.1	0	0.011	100%	28	0.016
	Post	100%	17	0.3	0	0.009	100%	26	0.013
	Post - Ante	100%	-2	0.2	0	-0.002	100%	-3	-0.002
<b>CENPS6</b>	RRQA-2007	92%	103	54	0	10	92%	308	12
	RRQA-2008	89%	68	48	0	9	89%	104	10
	RRQA-2009	89%	50	30	0	6	89%	84	8
	RRQA-2010	95%	51	28	0	5	95%	60	6
	RRQA-2011	93%	51	35	0	6	93%	108	7
	Ante	100%	8.0	1.8	0	0.013	100%	12	0.02
	Post	100%	9.3	3.0	0	0.027	100%	14	0.04
	Post - Ante	100%	1.2	1.2	0	0.014	100%	2	0.02
<b>CENPS7</b>	RRQA-2007	90%	87	78	0	14	90%	305	18
	RRQA-2008	89%	112	85	0	16	89%	309	19
	RRQA-2009	89%	67	56	0	12	89%	201	13
	RRQA-2010	95%	80	55	0	10	95%	170	12
	RRQA-2011	94%	90	77	0	26	94%	200	31
	Ante	100%	1.2	0.1	0	0.001	100%	1.7	0.0015
	Post	100%	2.0	0.2	0	0.002	100%	2.9	0.0022
	Post - Ante	100%	0.8	0.1	0	0.001	100%	1.2	0.0007
<b>CENNF1</b>	RRQA-2007	0%	ND	ND	ND	ND	0%	ND	ND
	RRQA-2008	0%	ND	ND	ND	ND	0%	ND	ND
	RRQA-2009	0%	ND	ND	ND	ND	0%	ND	ND
	RRQA-2010	46%	42	18	0	5	46%	74	5
	RRQA-2011	91%	30	21	0	6	91%	42	6
	Ante	100%	12	2.3	0	0.015	100%	17.4	0.02
	Post	100%	14	4.7	0	0.029	100%	21.7	0.04
	Post - Ante	100%	3	2.5	0	0.015	100%	4.3	0.02

**Tabella 4.h – Confronto tra SQA e massimi valori di ricaduta di PM<sub>10</sub> e CO della Sezione 2 della Centrale di Sulcis sui recettori discreti**

		PM <sub>10</sub>				CO		
		Media giornaliera				Media anno civile [µg/m <sup>3</sup> ]	Massima giornaliera delle medie mobili su 8 ore	
		% dati validi	Massimo [µg/m <sup>3</sup> ]	Soglia superata 35 volte/anno [µg/m <sup>3</sup> ]	N° superam. annui della soglia di 50 µg/m <sup>3</sup>		% dati validi	Massimo [mg/m <sup>3</sup> ]
<i>Limite di legge -&gt;</i>		90%	-	50	35	40	90%	10
Porto scuso	Ante	100%	0.06	0.0008	0	0.0006	100%	0.0007
	Post	100%	0.06	0.0014	0	0.0009	100%	0.0008
	Post - Ante	100%	-0.01	0.0006	0	0.0003	100%	0.0001
CENPS2	RRQA-2007	89%	91	36	4	22	0%	ND
	RRQA-2008	92%	45	26	0	17	0%	ND
	RRQA-2009	98%	95	46	21	30	0%	ND
	RRQA-2010	88%	71	42	10	29	0%	ND
	RRQA-2011	92%	96	49	28	34	0%	ND
	Ante	100%	0.01	0.0003	0	0.0003	100%	0.0002
	Post	100%	0.03	0.0008	0	0.0004	100%	0.0003
	Post - Ante	100%	0.01	0.0004	0	0.0001	100%	0.0001
CENPS4	RRQA-2007	96%	64	27	3	17	98%	1.2
	RRQA-2008	97%	92	34	13	22	90%	1.4
	RRQA-2009	93%	80	34	7	23	83%	0.7
	RRQA-2010	99%	74	34	5	23	95%	1.2
	RRQA-2011	96%	104	36	10	25	91%	1.7
	Ante	100%	0.35	0.0005	0	0.0017	100%	0.0076
	Post	100%	0.35	0.0008	0	0.0015	100%	0.0072
	Post - Ante	100%	-0.01	0.0002	0	-0.0002	100%	-0.0004
CENPS6	RRQA-2007	96%	48	21	0	14	0%	ND
	RRQA-2008	85%	44	20	0	12	0%	ND
	RRQA-2009	92%	97	40	12	27	0%	ND
	RRQA-2010	96%	66	35	3	24	0%	ND
	RRQA-2011	98%	73	36	10	24	0%	ND
	Ante	100%	0.07	0.004	0	0.002	100%	0.0016
	Post	100%	0.10	0.009	0	0.004	100%	0.0022
	Post - Ante	100%	0.03	0.006	0	0.002	100%	0.0006
CENPS7	RRQA-2007	91%	81	40	11	25	0%	ND
	RRQA-2008	93%	76	37	12	24	0%	ND
	RRQA-2009	99%	92	41	12	28	0%	ND
	RRQA-2010	98%	70	46	17	28	0%	ND
	RRQA-2011	95%	89	40	8	26	0%	ND
	Ante	100%	0.01	0.0002	0	0.0003	100%	0.0002
	Post	100%	0.02	0.0004	0	0.0004	100%	0.0003
	Post - Ante	100%	0.01	0.0002	0	0.0001	100%	0.0001
CENNF1	RRQA-2007	0%	ND	ND	ND	ND	0%	ND
	RRQA-2008	0%	ND	ND	ND	ND	0%	ND
	RRQA-2009	0%	ND	ND	ND	ND	0%	ND
	RRQA-2010	51%	195	34	7	27	0%	ND
	RRQA-2011	95%	104	47	23	34	0%	ND
	Ante	100%	0.18	0.0012	0	0.002	100%	0.003
	Post	100%	0.25	0.0035	0	0.004	100%	0.006
	Post - Ante	100%	0.06	0.0023	0	0.002	100%	0.002

Per i medesimi SQA, si riportano nelle tavole fuori testo le mappe di iso-concentrazione in aria ambiente che definiscono le ricadute della sezione 2 sul territorio. La Centrale è indicata con un simbolo circolare arancione. Come si può notare dalle mappe sia nella situazione ante operam, sia nella situazione post operam, l'impatto è nella gran parte del territorio, e per molti parametri, trascurabile e non significativo. Le principali aree di ricaduta sono localizzate tra Monte Spina e Monte Miai a 17 Km circa in direzione est dalla Centrale e nei pressi di Montecani a circa 17 Km in direzione NNE.

Si sottolinea che l'entità delle ricadute è ancor più trascurabile in considerazione del fatto che esse sono state ottenute sotto assunzioni cautelative di funzionamento a carico nominale del gruppo nei rispettivi scenari; gli impatti associati al reale funzionamento possono essere ritenuti ancor più limitati, essendo presenti periodi d'inattività e livelli emissivi inferiori al limite.

Per entrambi gli scenari, l'impatto nel punto di massima ricaduta è scarsamente significativo per SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>, con valori percentuali in termini di concentrazione media annua rispetto al limite di legge pari a circa il 5% per SO<sub>2</sub> e compresi tra l'1% e il 2% per NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>, e trascurabile per PM<sub>10</sub> e CO che mostrano valori sempre largamente inferiori all'1% rispetto ai relativi limiti di legge.

Rispetto all'assetto attuale, lo scenario che ipotizza l'installazione del DeSO<sub>x</sub> contestualmente all'incremento percentuale di utilizzo del carbone nazionale nella miscela di combustibili produce incrementi complessivamente trascurabili, che in termini di concentrazione media annua nel punto di massima ricaduta si possono quantificare in 0.1 µg/m<sup>3</sup> per SO<sub>2</sub> (limite di 20 µg/m<sup>3</sup>), di 0.05 µg/m<sup>3</sup> per NO<sub>2</sub> (limite di 40 µg/m<sup>3</sup>), 0.06 µg/m<sup>3</sup> per NO<sub>x</sub> (limite a protezione della vegetazione di 30 µg/m<sup>3</sup>), 0.01 µg/m<sup>3</sup> per PM<sub>10</sub> (limite di 40 µg/m<sup>3</sup>), e 0.005 mg/m<sup>3</sup> per la media massima giornaliera su 8 ore di CO (limite 10 mg/m<sup>3</sup>). Per quanto detto, anche sul centro abitato di Portoscuso si possono prevedere incrementi trascurabili, che in termini di medie annue si possono quantificare in 0.005 µg/m<sup>3</sup> per SO<sub>2</sub>, 0.002 µg/m<sup>3</sup> per NO<sub>2</sub> ed NO<sub>x</sub> e 0.0003 µg/m<sup>3</sup> per PM<sub>10</sub>.

I risultati ottenuti in termini di confronto tra la stima del contributo della Sezione 2 e le misure della RRQA nel periodo 2007-2011, mostrano che per entrambi gli assetti la Sezione ha in termini di valori medi annui, per tutte le postazioni e tutti gli inquinanti, un ruolo generalmente trascurabile o poco significativo. In particolare, il contributo è stimabile:

- inferiore di circa 2-3 ordini di grandezza rispetto alla misura della RRQA per il biossido di zolfo (fa eccezione la postazione CENNF1, in cui si stima un contributo inferiore di circa un ordine di grandezza);
- da 2 a 4 ordini di grandezza inferiore per gli ossidi di azoto;

- di circa 4 ordini di grandezza inferiore per il PM<sub>10</sub>;
- inferiore di più di 2 ordini di grandezza per il CO (misurato dalla sola postazione CENPS4).

In conclusione, i contributi alla qualità dell'aria associati al funzionamento della Sezione 2 nell'assetto Ante Operam risultano per quanto detto scarsamente significativi o trascurabili, e permangono tali anche nell'assetto Post Operam.

## 5 CONCLUSIONI

Nell'assetto impiantistico attuale l'Impianto Termoelettrico di Sulcis "Grazia Deledda" è costituito da due Sezioni a carbone della potenza efficiente lorda complessiva pari a 590MW.

Enel Produzione S.p.A. ha in programma l'installazione nella Sezione 2, di potenza pari a 350 MW, di un sistema di desolforazione dei fumi (DeSOx). Il progetto del DeSOx è dimensionato per permettere l'incremento nella miscela di combustibili di alimentazione alla Sezione 2 della percentuale di carbone nazionale, il cui tenore di zolfo massimo è pari a circa il 7-8%, a discapito della percentuale di carbone estero, il cui tenore di zolfo è inferiore all'1%, consentendo al contempo di mantenere costante la concentrazione del biossido di zolfo nei fumi in uscita.

Il presente studio ha avuto lo scopo di valutare i contributi alla qualità dell'aria attribuibili alla sezione per i seguenti assetti emissivi:

1. Ante Operam: immissioni associate alla Sezione 2 nell'assetto attuale;
2. Post Operam: immissioni associate alla Sezione 2 nell'assetto previsto a valle dell'installazione del sistema DeSOx.

Gli impatti associati ai due scenari sono stati confrontati con i vigenti Standard di Qualità dell'aria previsti dal D.lgs. 155/2010 in relazione a SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> e CO al fine di valutarne gli effetti sull'ambiente. Gli impatti associati allo scenario futuro sono stati inoltre confrontati con i rispettivi impatti associati all'assetto attuale al fine di valutare le variazioni indotte dalla realizzazione del progetto.

Le configurazioni emissive assunte sono state le più cautelative, prevedendo l'operatività dell'impianto con livelli di concentrazione di SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, polveri e CO pari ai valori massimi autorizzati.

Per entrambe gli scenari, l'impatto nel punto di massima ricaduta è stimato scarsamente significativo per SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>, con valori percentuali in termini di concentrazione media annua rispetto al limite di legge pari a circa il 5% per SO<sub>2</sub> e compresi tra l'1% e il 2% per

NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>, e trascurabile per PM<sub>10</sub> e CO che mostrano valori sempre largamente inferiori all'1% rispetto ai relativi limiti di legge. Tale risultato è ancor più accettabile in considerazione del fatto che esso sia ottenuto sotto l'assunzione cautelativa di pieno funzionamento alla massima capacità produttiva.

Rispetto all'assetto attuale, lo scenario che ipotizza l'installazione del DeSO<sub>x</sub> contestualmente all'incremento percentuale di utilizzo del carbone nazionale nella miscela di combustibili, produce incrementi complessivamente trascurabili, che in termini di concentrazione media annua nel punto di massima ricaduta si possono quantificare in 0.1 µg/m<sup>3</sup> per SO<sub>2</sub> (limite di 20 µg/m<sup>3</sup>), di 0.05 µg/m<sup>3</sup> per NO<sub>2</sub> (limite di 40 µg/m<sup>3</sup>), 0.06 µg/m<sup>3</sup> per NO<sub>x</sub> (limite a protezione della vegetazione di 30 µg/m<sup>3</sup>), 0.01 µg/m<sup>3</sup> per PM<sub>10</sub> (limite di 40 µg/m<sup>3</sup>), e 0.005 mg/m<sup>3</sup> per la media massima giornaliera su 8 ore di CO (limite 10 mg/m<sup>3</sup>). Per quanto detto, anche sul centro abitato di Portoscuso si possono prevedere incrementi trascurabili, che in termini di medie annue si possono quantificare in 0.005 µg/m<sup>3</sup> per SO<sub>2</sub>, 0.002 µg/m<sup>3</sup> per NO<sub>2</sub> ed NO<sub>x</sub> e 0.0003 µg/m<sup>3</sup> per PM<sub>10</sub>.

In conclusione, i contributi alla qualità dell'aria associati al funzionamento della Sezione 2 nell'assetto Ante Operam risultano scarsamente significativi o trascurabili, e permangono tali anche nell'assetto Post Operam.

## 6 BIBLIOGRAFIA

ARPA Sardegna, 2011. *"Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2010"* - Cagliari, luglio 2011

ARPA Sardegna, 2010. *"Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2009"* - Cagliari, luglio 2010

ARPA Sardegna, 2009. *"Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2008"* - Cagliari, novembre 2009

ARPA Sardegna, 2008. *"Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2007"* - Cagliari, 6-12-2008

Decreto MATTM DVA-DEC-2011-0000579 del 31/10/2011 *"Autorizzazione integrata ambientale per l'esercizio delle centrali termoelettriche di Portoscuso e del Sulcis – "Grazia Deledda" della società Enel Produzione S.p.A. site nel comune di Portoscuso (CI)"*.

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

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.

## TAVOLE

(27 pagine, compresa la presente)