

**Cliente** ENEL Produzione S.p.A.

**Oggetto** C.le del Sulcis "Grazia Deledda" - Controllo della polverosità derivante dalla movimentazione di materiali incoerenti. **Periodo Marzo 2016 - Febbraio 2017.**

**Ordine** Accordo Quadro n. 8400101944  
Attingimento n. 4000427044

**Note** Rev. 0 (A1300000560 – Lettera di trasmissione B7025223)

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

**N. pagine** 21 **N. pagine fuori testo** -

**Data** 05/10/2017

**Elaborato** EMS - Casarola Marco  
B7020268 2721035 AUT

**Verificato** EMS - Sala Maurizio  
B7020268 3741 VER

**Approvato** EMS - Ferrara Irene (Project Manager)  
B7020268 2041855 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 2017 by CESI. All rights reserved

## *Indice*

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>SINTESI DEL PROTOCOLLO OPERATIVO DI MONITORAGGIO</b> .....	<b>3</b>
2.1	Sistemi di movimentazione e stoccaggio dei materiali incoerenti.....	3
2.2	Rete di monitoraggio .....	5
2.3	Tipologia di deposimetri utilizzati e frequenza di campionamento.....	6
2.4	Metodi di analisi .....	7
<b>3</b>	<b>SINTESI DEI RISULTATI</b> .....	<b>7</b>
3.1	Caratteristiche meteorologiche del periodo.....	7
3.2	Ratei di deposizione di polveri insolubili .....	10
3.3	Ratei di deposizione di carbonio organico ed elementare nelle polveri .....	12
<b>4</b>	<b>VALUTAZIONE DELLE CORRELAZIONI TRA DEPOSIZIONI E CONDIZIONI ANEMOLOGICHE</b> .....	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>17</b>
	<b>APPENDICE 1</b> .....	<b>18</b>
	<b>APPENDICE 2</b> .....	<b>19</b>

## STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	05/10/2017	B7020268	Prima emissione

## 1 PREMESSA

La Centrale ENEL "Grazia Deledda" ha ricevuto l'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) per l'esercizio della Centrale con decreto autorizzativo del MATTM del 31/10/2011 (Prot. DVA DEC-2011-0000579). Nelle prescrizioni contenute in tale decreto autorizzativo (Art. 1, comma 6), è previsto che venga effettuato il controllo delle emissioni di polveri dal carbonile tramite deposimetri come indicato al punto 9.2 c) del Parere Istruttorio. CESI S.p.A, su incarico di ENEL, ha redatto una proposta di monitoraggio (Rapporto CESI B2036812) che risponde ai contenuti della citata prescrizione, che tiene conto di quanto già esistente nonché dei monitoraggi in corso riferibili ad altre prescrizioni della Centrale del Sulcis e delle simulazioni modellistiche. In particolare, nel piano di monitoraggio si sono considerati 2 punti di campionamento, collocati nelle immediate vicinanze della movimentazione dei materiali pulverulenti (vedi Figura 2).

Nel presente rapporto sono riportati i risultati delle misure sperimentali per il periodo compreso tra **Marzo 2016** e **Febbraio 2017**. Sono anche riportate le elaborazioni condotte per la ricerca di eventuali correlazioni con le variabili meteorologiche.

## 2 SINTESI DEL PROTOCOLLO OPERATIVO DI MONITORAGGIO

Nel successivo paragrafo sono descritti sommariamente:

- i sistemi di movimentazione dei materiali incoerenti della Centrale del Sulcis;
- la configurazione dei punti di monitoraggio corredati da una descrizione sommaria della tipologia di campionario e della modalità di esecuzione delle prove di campo;
- le metodologie analitiche utilizzate.

### 2.1 Sistemi di movimentazione e stoccaggio dei materiali incoerenti

Per quanto riguarda prettamente la Centrale "Grazia Deledda", nel seguito sono riassunti alcuni dati significativi con particolare riferimento alla movimentazione e stoccaggio del carbone nell'area dell'impianto, utili ad inquadrare le zone più interessate ad eventuali deposizioni di polveri di carbone disperse durante il ciclo produttivo.

L'assetto attuale della Centrale Grazia Deledda del Sulcis comprende 2 gruppi termoelettrici alimentati a carbone:

- sezione 2 termoelettrica di produzione SU2, con caldaia a letto fluido circolante, con potenza di 350 MW<sub>e</sub> (800 MW<sub>t</sub>);
- sezione 3 termoelettrica di produzione SU3, con caldaia convenzionale da 240 MW<sub>e</sub> (670 MW<sub>t</sub>).

Entrambe le sezioni di produzione termoelettrica possono essere alimentate in co-combustione di carbone e biomasse. La sezione 2 è autorizzata all'utilizzo di biomasse per un massimo del 15% di input termico, la sezione 3 per un massimo del 5%.

Nel periodo oggetto della presente campagna di monitoraggio, il carbone utilizzato nella combustione era di provenienza estera (Colombia e Russia). Il carbone estero è approvvigionato via mare tramite chiatte o navi autoscaricanti alla banchina ENEL Riva Est. Qualora avvengano forniture notevoli di carbone, che richiedono l'attracco di navi ad elevato tonnellaggio, viene impiegata la Banchina Commerciale. Lo scarico del carbone alla banchina ENEL Riva Est viene effettuato con braccio meccanico che afferisce ad una tramoggia dedicata e da essa il carbone viene trasferito al parco carbone con un nastro trasportatore. Per lo scarico dal Pontile ENEL viene utilizzata una gru scorrevole e, tramite nastri trasportatori, il carbone viene inviato al parco carbone. Nel caso di scarico alla Banchina Commerciale, il carbone viene trasferito al parco carbone con automezzi. In Figura 1 è mostrato un estratto della planimetria della Centrale "Grazia Deledda" in cui sono individuati il parco carbone, le banchine di scarico (banchina commerciale ed ENEL) ed i nastri trasportatori:

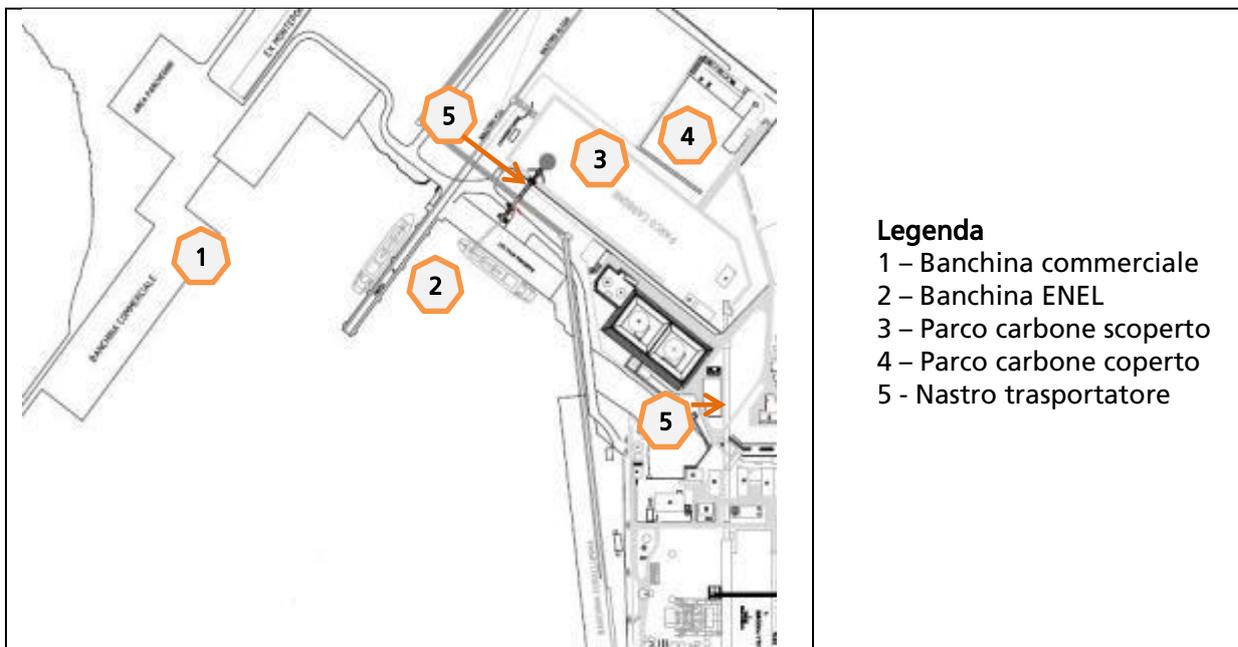


Figura 1 - Estratto della planimetria della Centrale "Grazia Deledda".

Il parco carbone ha una superficie totale di 40'000 m<sup>2</sup> di cui circa 32'600 m<sup>2</sup> sono scoperti e 7400 m<sup>2</sup> hanno una copertura dagli agenti atmosferici. La parte coperta alloggia il combustibile impiegato nella sezione termoelettrica 2 (SU2 – caldaia a letto fluido) per garantire il funzionamento ottimale del sistema di alimentazione. Complessivamente, il parco carbone potrebbe contenere fino a 170'000 tonnellate di carbone, di cui 153'000 nella parte scoperta e 17'000 al coperto, ma i disposti del vigente Decreto AIA hanno ad oggi di fatto limitato la capienza a 120'000 tonnellate avendo dovuto fissare l'altezza dei cumuli di carbone a 8 metri anziché 12 metri. Il parco carbone è cintato con una rete di contenimento e sono installati sistemi di bagnatura per limitare la dispersione di polveri. Come già specificato, al suo interno il carbone viene separato in base alla qualità in cumuli dell'altezza massima di 8 metri. Dal parco, il combustibile viene inviato ai silos di esercizio e alla caldaia tramite tramogge e nastri.

## 2.2 Rete di monitoraggio

Secondo quanto definito nel Piano di Monitoraggio sono stati individuati 2 punti di campionamento non molto lontani dal parco carbone rappresentati in Figura 2. In ogni punto è stato posizionato un deposimetro bulk del tipo "bottle+funnel per la raccolta delle polveri provenienti da esso, secondo quanto descritto nella prescrizione contenuta nel decreto autorizzativo del MATTM del 31/10/2011 (Prot. DVA DEC-2011-0000579) che richiede appunto il monitoraggio delle emissioni di polveri da esso.



Figura 2 - Individuazione delle zone di posizionamento dei deposimetri.

Le zone di posizionamento dei deposimetri sono mostrate in maggior dettaglio nelle figure seguenti:

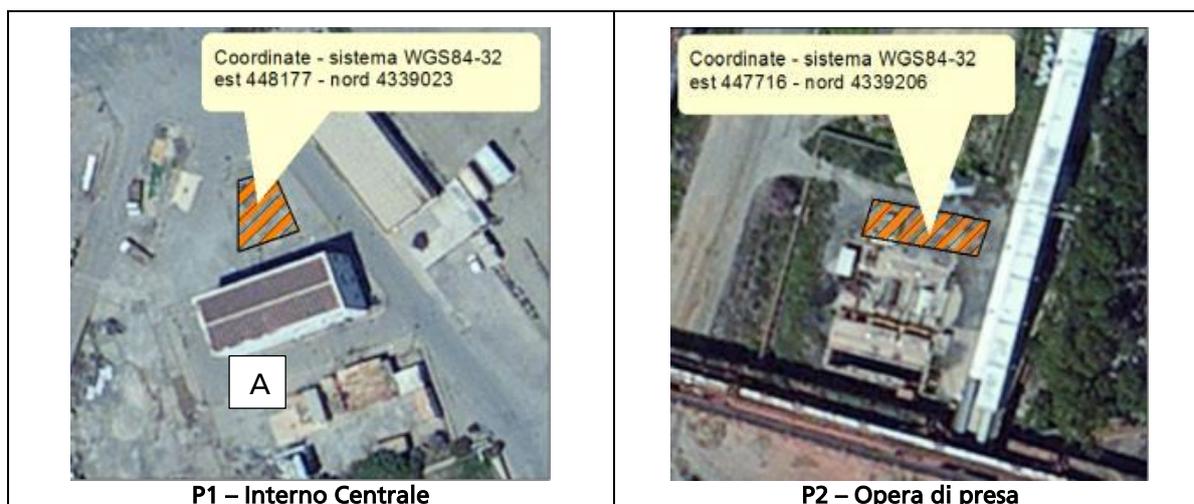


Figura 3 - Dettagli delle zone di posizionamento dei deposimetri.

La postazione 1 si trova nella zona antistante l'edificio strumenti a circa 300 m dal centro del parco carbone. Nel punto previsto, il deposimetro è completamente libero di raccogliere le polveri provenienti dal parco carbone per venti con direzione dal quadrante nord. La postazione è potenzialmente schermata dall'edificio indicato con "A" in figura solo per venti dal quadrante sud, ma non da altre direzioni. La postazione si trova in posizione relativamente poco disturbata dalle attività lavorative della Centrale sebbene esse siano comunque possibili (traffico, attività manutentive, ecc.) che possono generare o risolleverare polveri.

La postazione 2 si trova invece ad ovest del parco carbone, in area completamente cintata e praticamente esente da possibili influenze dovute ad attività manutentive, ma subisce l'influenza solo delle polveri trasportate dai venti. Tale postazione, come accennato sopra, riceve le polveri dal parco carbone solo nel caso di venti provenienti dal quadrante est. I venti prevalenti dal quadrante nord trasportano potenzialmente le polveri depositate in aree scoperte dello stabilimento di Eurallumina che potrebbero interessare anche l'area della Centrale. In tal senso la postazione 2 è, per la maggior parte del tempo, rappresentativa dei valori di fondo di polveri sedimentabili della zona.

### 2.3 Tipologia di deposimetri utilizzati e frequenza di campionamento

Il monitoraggio delle deposizioni viene condotto utilizzando deposimetri "bulk" del tipo "bottle+funnel" (modello "Depobulk", LabService, Bologna), conformi agli apparati richiesti dalle norme di riferimento. Tali deposimetri sono sistemi passivi in grado di raccogliere indistintamente la frazione umida e secca delle deposizioni atmosferiche (deposizione atmosferica integrale). I deposimetri "bottle+funnel" sono costituiti da due parti: quella superiore è l'imbuto di raccolta delle deposizioni umide e secche mentre la parte inferiore costituisce la bottiglia di raccolta. L'apparato di raccolta è isolato dall'ambiente esterno tramite una camicia rimovibile di materiale polimerico (Figura 4).

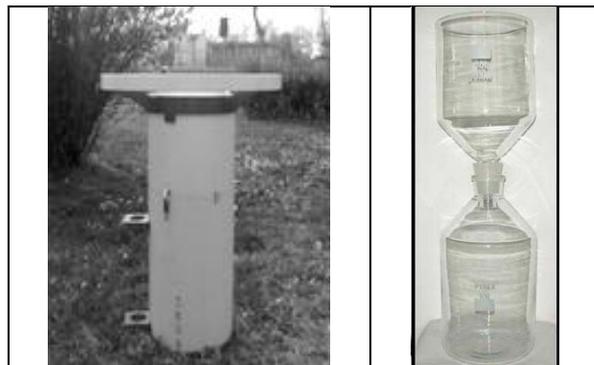


Figura 4 - Vista esterna del deposimetro (a sinistra); parte interna (imbuto e bottiglia) (a destra).

In ciascuna postazione di Figura 3 è stato installato un deposimetro per il campionamento delle polveri. In conformità alla norma, i deposimetri sono stati posizionati su pali a circa 180 - 200 cm da terra per minimizzare le influenze dal terreno dovute agli schizzi di acqua in caso di piogge intense. Considerando un diametro dell'imbuto di raccolta di 0.21 m, il volume massimo di acqua piovana che può essere raccolto dal deposimetro è di circa 10 litri, corrispondente ad un'altezza massima di precipitazione di poco inferiore a 300 mm. La frequenza di campionamento è su base mensile, così come è richiesto dalla prescrizione di riferimento.

## 2.4 Metodi di analisi

La quantità di precipitazione è stata determinata gravimetricamente per differenza tra il peso lordo della bottiglia e la sua tara.

La quantità di deposizione delle polveri sedimentabili insolubili, comprensiva della polvere presente nella bottiglia di raccolta e quella rimasta sull'imbuto, è stata determinata mediante analisi gravimetrica delle polveri raccolte. Le polveri insolubili sono state raccolte su filtri, mediante filtrazione sotto vuoto della fase acquosa e impiegando una bilancia analitica modello Mettler Toledo MT5 (matricola CESI 025885) per le misure gravimetriche.

Sul materiale raccolto sui filtri è stata inoltre eseguita l'analisi del contenuto di carbonio organico (OC) ed elementare (EC). La somma dei due ha fornito il carbonio totale (TC).

## 3 SINTESI DEI RISULTATI

Nel seguente capitolo sono riportati i risultati della caratterizzazione meteorologica del periodo Marzo 2016 – Febbraio 2017 e delle deposizioni totali, in attuazione della prescrizione. In particolare sono riportati:

- L'andamento dei parametri meteorologici (dati anemometrici e pluviometrici);
- I ratei di deposizione mensile delle polveri sedimentabili insolubili in acqua, espressi in mg/m<sup>2</sup>/d;
- I ratei di deposizione mensile del carbonio elementare e organico e del carbonio totale contenuto nelle polveri, espressi in mg/m<sup>2</sup>/d.

La sintesi dei dati anemologici, desunti dall'anemometro della Centrale a 10 m di altezza, riassunti su base mensile nel paragrafo seguente, sono inoltre rappresentati come rose dei venti mensili in Appendice 1.

### 3.1 Caratteristiche meteorologiche del periodo

Le condizioni anemologiche tipiche della zona sono caratterizzate da direzioni di provenienza del vento prevalentemente dai quadranti nord occidentali, come riportato in Figura 5. Le rose dei venti mensili sono state ricavate dai dati forniti dalla stazione meteorologica della Centrale Enel, posta a 10 m di altezza, in quanto ritenuta più rappresentativa per le deposizioni di polveri sedimentabili. Le rose dei venti mensili sono riportate in Appendice 1. La tabella che segue riporta le frequenze mensili assolute della direzione del vento:

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSO	SO	OSO	O	ONO	NO	NNO
Marzo '16	4	0	0	20	4	0	7	12	0	0	0	0	7	81	119	20
Aprile '16	4	0	1	20	4	7	8	26	2	0	0	0	14	38	61	36
Maggio '16	3	1	3	62	23	0	6	21	1	0	0	0	37	87	79	30
Giugno '16	8	0	1	2	0	0	0	15	0	0	0	0	3	56	129	39
Luglio '16	9	1	0	1	1	0	2	12	0	0	0	0	12	62	115	43
Agosto '16	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	46	110	44
Settembre '16	7	0	0	2	0	0	0	12	3	0	0	0	0	80	73	12
Ottobre '16	5	0	0	15	15	3	9	12	0	0	0	0	0	22	43	21
Novembre '16	8	0	6	54	8	7	33	6	1	0	1	0	3	33	51	4
Dicembre '16	3	0	1	98	16	10	15	2	2	0	0	0	0	22	29	3
Gennaio '17	24	1	0	46	23	8	6	5	0	0	0	0	6	64	63	28
Febbraio '17	2	0	0	5	20	10	12	2	0	1	0	0	13	40	39	3

Tabella 1 - Frequenze assolute di direzione del vento.

Nella Figura 5, i dati della tabella precedente, relativi alle dodici mensilità (Marzo 2016 - Febbraio 2017), sono riassunti in forma grafica in termini di frequenza relativa per ciascuna direzione di provenienza del vento.

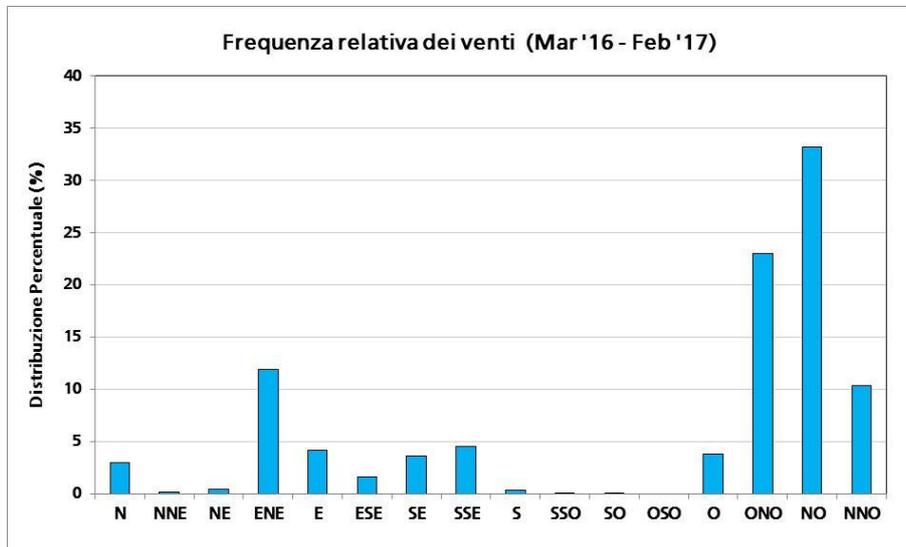


Figura 5 - Frequenza cumulata della direzione del vento.

Nel periodo Marzo 2016 – Febbraio 2017, oltre ai quadranti nord – occidentali, con settori prevalenti NO e ONO, è possibile riscontrare anche la presenza di componenti da Est. I dati di frequenza di provenienza del vento sono stati utilizzati per individuare eventuali correlazioni con le deposizioni di polveri insolubili (v. cap 4).

Nel periodo di monitoraggio sono state registrate forti piogge durante il mese di novembre (v. Figura 6).

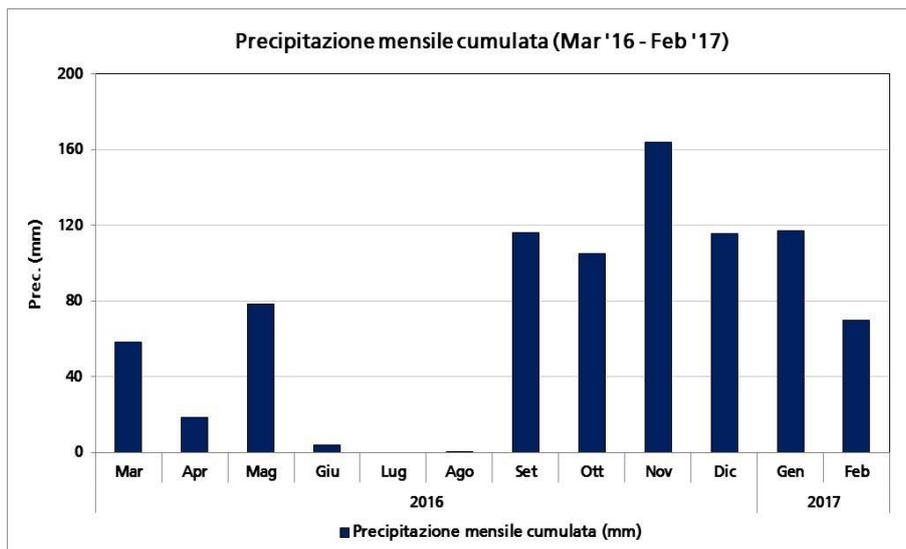


Figura 6 - Precipitazione cumulata mensile (Marzo 2016 - Febbraio 2017).

I dati pluviometrici risultano correlati con le precipitazioni raccolte dai campionatori installati in Postazione 1 – Interno Centrale e in Postazione 2 – Opera di Presa (v. Figura 7).

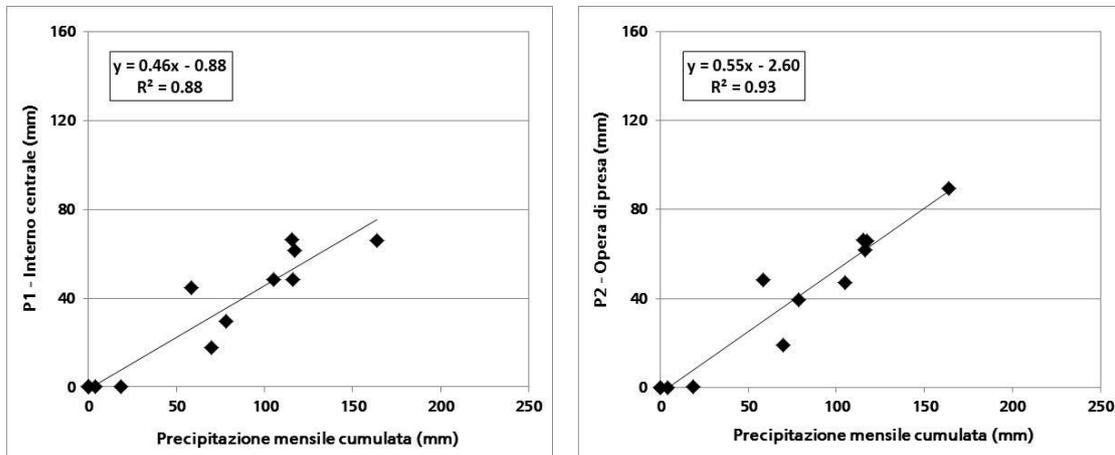


Figura 7 - Correlazione tra dati pluviometrici e volumi di deposizione raccolta.

I dati pluviometrici sono correlati con i dati di precipitazione raccolta dai campionatori ubicati in entrambe le postazioni P1 – Interno Centrale e P2 – Opera di Presa, con  $R^2=0.88$  e  $0.93$  rispettivamente.

I dati di precipitazione delle due postazioni presentano inoltre un'ottima correlazione con  $R^2=0.96$  (v. Figura 8).

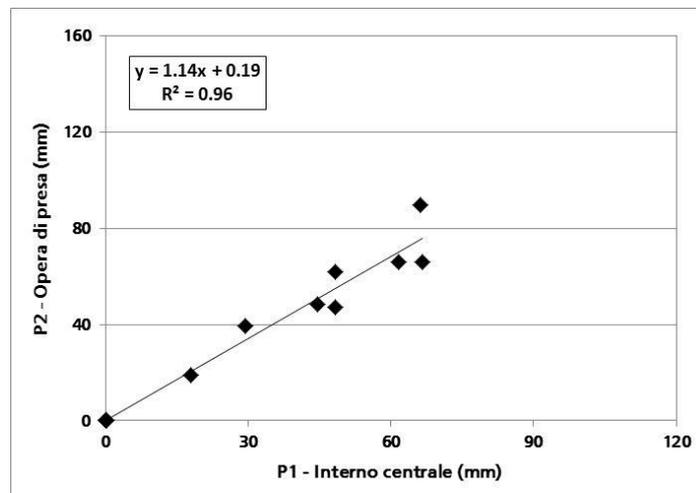


Figura 8 - Correlazione tra volumi di deposizione raccolta nelle postazioni di monitoraggio.

## 3.2 Ratei di deposizione di polveri insolubili

Nel seguito, per ciascuna postazione, sono riportati i ratei mensili di deposizione di polveri sedimentabili insolubili in acqua, e alcuni valori statistici riferiti al periodo considerato (Marzo 2016 – Febbraio 2017). I valori sono espressi in  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ .

Mese	P1 - Interno Centrale	P2 - Opera di Presa
Marzo '16	205	216
Aprile '16	239	1172
Maggio '16	393	552
Giugno '16	238	122
Luglio '16	354	152
Agosto '16	189	73
Settembre '16	124	170
Ottobre '16	132	142
Novembre '16	184	193
Dicembre '16	166	137
Gennaio '17	155	81
Febbraio '17	133	88
<b>Media periodo <math>\pm</math> Dev.St.</b>	<b>209<math>\pm</math>86</b>	<b>258<math>\pm</math>314</b>
<b>Mediana</b>	<b>187</b>	<b>147</b>

Tabella 2: Ratei mensili delle deposizioni totali insolubili – Mar '16 - Feb '17 ( $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ ).

I ratei di deposizione delle polveri sedimentabili sono rimasti compresi tra 124 e 393  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$  in P1 – Interno Centrale e tra 73 e 1172  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$  in P2 – Opera di Presa. La media del periodo è rispettivamente di 209  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$  e di 258  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ , valori che si possono definire medio-bassi secondo quanto riportato nelle tabelle di APPENDICE 1 e considerando che il sito di misura è in area industriale.

I dati riportati nella Tabella 2 sono rappresentati nel grafico seguente:

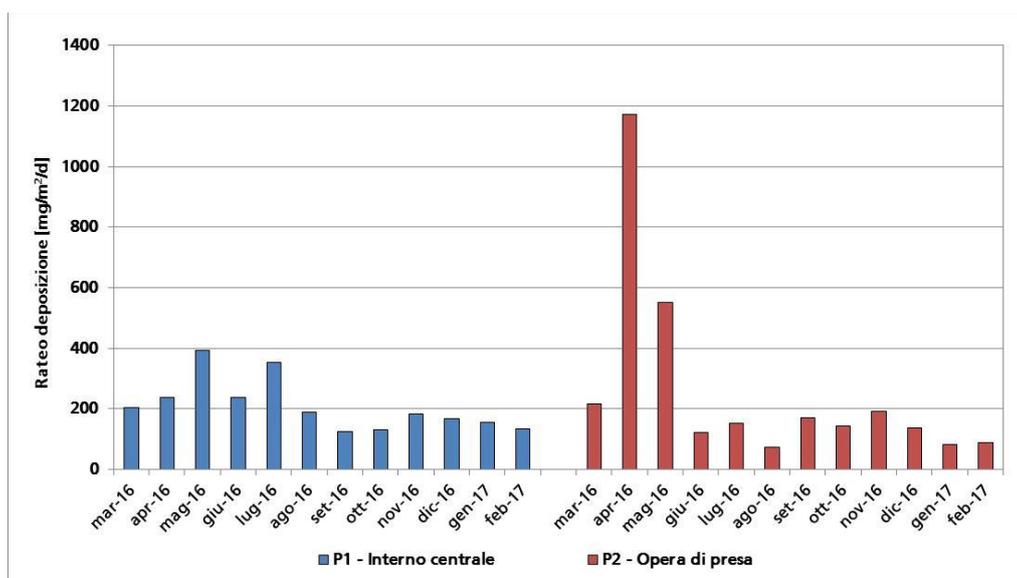


Figura 9 - Ratei mensili delle deposizioni totali insolubili - Mar '16 - Feb '17 ( $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ ).

In P1 – Interno Centrale i valori medi e mediani sono simili, infatti nell’andamento dei dati di polverosità di tipo insolubile riportato in Figura 9 si nota una certa costanza senza la presenza di dati “anomali”. In P2 – Opera di Presa invece tali valori sono caratterizzati da una variabilità maggiore: per valutare quindi la presenza di eventuali valori “anomali” nei dati di deposizione, si è fatto ricorso ad una valutazione statistica impiegando le rappresentazioni a “box and whiskers plot” o “box plot” mostrati in Figura 10.

Per ogni serie di dati, sono pertanto rappresentati:

- un rettangolo (box) in cui la linea inferiore e superiore rappresentano il primo e terzo quartile “Q1” e “Q3” (rispettivamente il 25° e 75° percentile), tagliato da una linea che rappresenta la mediana;
- una barra che parte dal primo quartile e termina al valore minimo del set di dati;
- una barra superiore che parte dal terzo quartile e termina al valore massimo del set di dati.

Il 50% dei dati cade quindi all’interno del box, mentre del restante 50% dei dati, il 25% ricade sopra il box e un altro 25% ricade sotto il box. La linea mediana divide esattamente a metà il set dei dati. Un “outlier” o punto anomalo è normalmente definito tale quando è inferiore a  $Q1 - 1.5 \times (Q3 - Q1)$  o maggiore di  $Q3 + 1.5 \times (Q3 - Q1)$ .

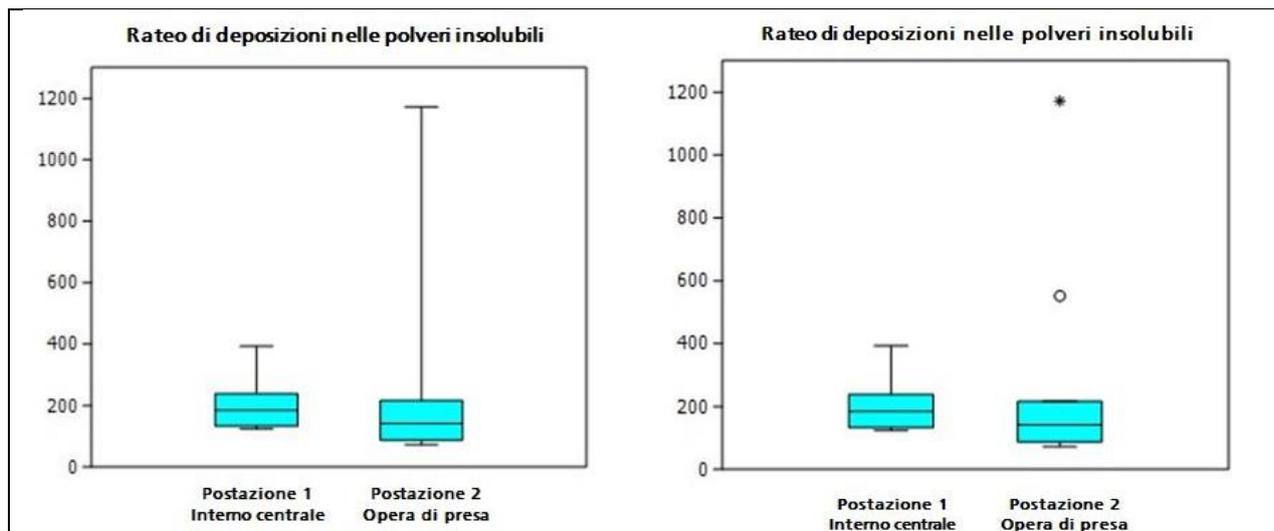


Figura 10 - "Box-plot" dei dati di rateo di deposizione nelle due postazioni (mg/m<sup>2</sup>/d).

L’analisi di tipo Box – plot evidenzia due situazioni anomale per la postazione P2, indicate nel secondo grafico della Figura 10:

- 1172 mg/m<sup>2</sup>/d ad aprile;
- 552 mg/m<sup>2</sup>/d a maggio.

Per la postazione P1 si segnalano comunque, sempre nei limiti della variabilità, le seguenti deposizioni che risultano più elevate rispetto alla media del periodo:

- 393 mg/m<sup>2</sup>/d a maggio;
- 354 mg/m<sup>2</sup>/d a luglio.

Detto ciò, nelle successive valutazioni, a titolo conservativo, si utilizzerà l’intero data-set comprensivo dei due dati outlier di aprile e maggio 2016 prima evidenziati.

### 3.3 Ratei di deposizione di carbonio organico ed elementare nelle polveri

Nella tabella seguente, per ciascuna postazione, sono riportati i ratei mensili di deposizione di carbonio elementare ed organico nelle polveri e la somma dei due (Total Carbon) e alcuni valori statistici riferiti al periodo considerato (Marzo 2016 – Febbraio 2017). I valori sono espressi in  $mg/m^2/d$ .

Mese	P1 - Interno Centrale		P2 - Opera di Presa		P1 - Interno Centrale TC (OC+EC)	P2 - Opera di Presa TC (OC+EC)
	OC	EC	OC	EC		
Marzo '16	8	11	15	41	19	55
Aprile '16	33	51	136	443	83	579
Maggio '16	35	44	48	117	79	165
Giugno '16	21	30	11	17	50	28
Luglio '16	56	125	21	50	181	70
Agosto '16	30	67	11	25	96	35
Settembre '16	14	25	19	48	39	67
Ottobre '16	14	17	10	20	30	30
Novembre '16	30	64	27	89	93	116
Dicembre '16	12	19	14	48	31	62
Gennaio '17	33	60	13	29	93	42
Febbraio '17	15	11	10	14	26	21
<b>Media periodo ± Dev.St.</b>	<b>25 ± 14</b>	<b>44 ± 33</b>	<b>28 ± 36</b>	<b>78 ± 119</b>	<b>69 ± 46</b>	<b>106 ± 155</b>
<b>Mediana</b>	<b>25</b>	<b>37</b>	<b>15</b>	<b>44</b>	<b>65</b>	<b>59</b>

Tabella 3 - Contenuto di Carbonio Organico (OC) ed Elementare (EC) nelle polveri ( $mg/m^2/d$ ).

Il contenuto totale in carbonio nelle polveri depositate è rimasto compreso nei seguenti *range*: in postazione 1 (Interno Centrale) 19 – 181  $mg/m^2/d$ ; in postazione 2 (Opera di Presa) 21 – 579  $mg/m^2/d$ . Di seguito è stato valutato il rapporto tra OC ed EC nei campioni del periodo considerato, in entrambe le postazioni di monitoraggio.

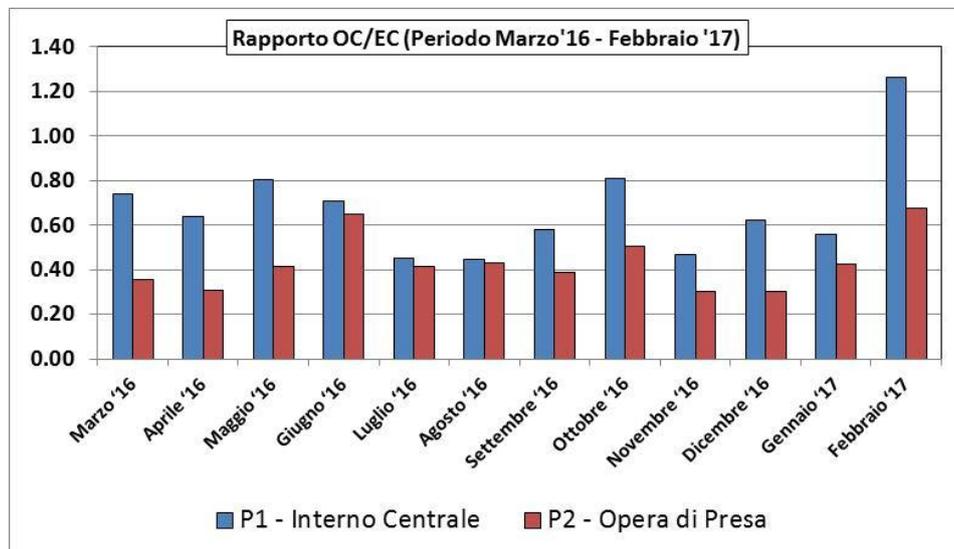


Figura 11 – Variazione del rapporto OC/EC nelle deposizioni raccolte in P1 - Interno Centrale e in P2 - Opera di Presa.

Da Figura 11 emerge che per quasi tutto il periodo analizzato il rapporto OC/EC è sempre leggermente superiore in P1, a suggerire una diversa origine delle polveri depositate nelle due postazioni. Solo nei mesi estivi tale rapporto è all'incirca simile in entrambe le postazioni. Da segnalare che nel mese di febbraio 2017 il valore di tale rapporto è molto superiore rispetto a quello riscontrato nel resto dell'anno e che la differenza tra le due postazioni è la più marcata.

Il rateo del TC è stato rapportato al rateo delle polveri insolubili ed è stata calcolata la percentuale di carbonio contenuto in esse.

Mese	%carbonio nelle polveri insolubili	
	P1 - Interno Centrale	P2 - Opera di Presa
Marzo '16	9%	26%
Aprile '16	35%	49%
Maggio '16	20%	30%
Giugno '16	21%	23%
Luglio '16	51%	46%
Agosto '16	51%	48%
Settembre '16	31%	39%
Ottobre '16	23%	21%
Novembre '16	51%	60%
Dicembre '16	19%	45%
Gennaio '17	60%	52%
Febbraio '17	20%	24%
<b>Media</b>	<b>33%</b>	<b>39%</b>
<b>Minimo</b>	<b>9%</b>	<b>21%</b>
<b>Massimo</b>	<b>60%</b>	<b>60%</b>

Tabella 4 - Contenuto percentuale di carbonio nelle polveri insolubili.

Mediamente il contenuto di carbonio nelle polveri si mantiene simile nelle due postazioni, 33% contro 39% rispettivamente.

A livello mensile le percentuali sono comparabili tranne che nei mesi di marzo e dicembre, nei quali le percentuali di carbonio della postazione P2 sono molto superiori a quelle della postazione P1.

Relativamente al valore minimo si denota un contributo maggiore in P2 rispetto a P1 e per il valore massimo si riscontra invece un contributo identico nelle due postazioni.

Di seguito è riportato il rateo di deposizione delle polveri insolubili e del carbonio contenuto in esse.

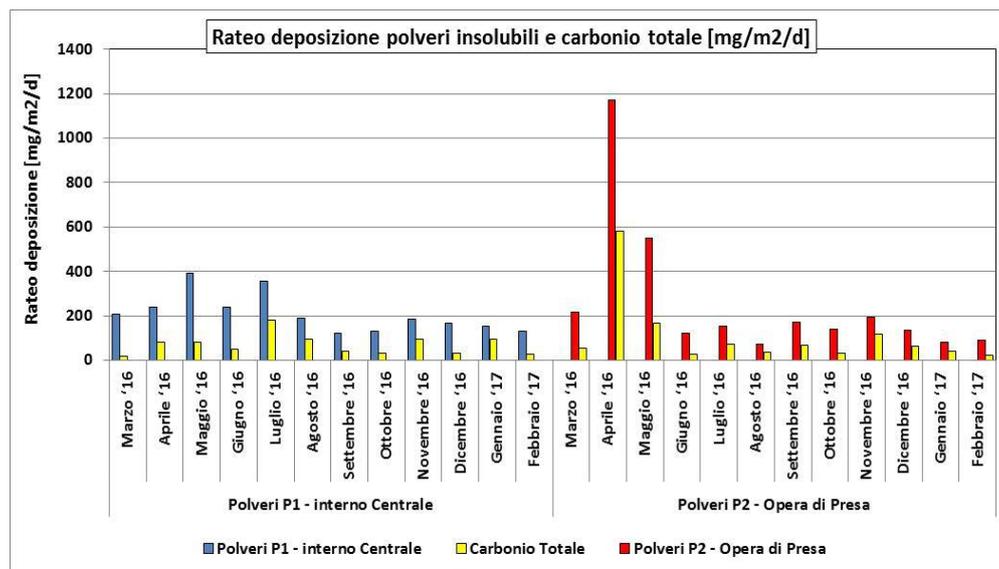


Figura 12 - Rateo di deposizione delle polveri insolubili e contenuto di carbone.

Il rateo di deposizione delle polveri è all'incirca simile per le due postazioni così come il contenuto di carbonio in tutto il periodo registrato. L'unica differenza significativa la si riscontra ad aprile dove è presente elevata polverosità a alto contenuto di carbonio in P2.

## 4 VALUTAZIONE DELLE CORRELAZIONI TRA DEPOSIZIONI E CONDIZIONI ANEMOLOGICHE

I valori di polverosità misurati sono stati confrontati con i dati anemologici ricavati dalla stazione meteorologica della Centrale e riportati sotto forma di rose di vento mensili in APPENDICE 2.

Per le valutazioni riportate di seguito sono state identificate le condizioni di sottovento per ciascuna postazione relativamente ai potenziali punti emissivi di polveri, nel tentativo di evidenziare una correlazione tra la polverosità misurata dai deposimetri e il tempo di permanenza sottovento a movimentazione e stoccaggio dei materiali. Inoltre, in qualità di punto di emissione di polveri da risollevarmento di terreno, sono state considerate anche le aree scoperte che delimitano il perimetro della Centrale. Le condizioni di sottovento selezionate sono riportate nella tabella seguente:

<i>Condizioni di sottovento a stoccaggio, movimentazione materiali e aree scoperte</i>			
	Carbonile	Nastro Trasportatore	Aree scoperte
<i>P1 – Interno Centrale</i>	ONO – NNO	SO – O	-
<i>P2 – Opera di presa</i>	NE – E	SE – SO	NO – NNO

Tabella 5 - Condizioni di sottovento delle postazioni di misura.

La figura seguente mostra le direzioni riportate nella tabella precedente:



Figura 13 - Condizioni di sottovento delle postazioni di misura.

In Tabella 6 è riportata una sintesi dei risultati sinora esaminati. Sono stati evidenziati per entrambe le postazioni i mesi più significativi in termini di percentuale di carbonio totale all'interno delle polveri per il periodo preso in considerazione.

Mese	P1 - Interno Centrale			P2 - Opera di Presa		
	Polveri	TC (OC+EC)	%TC nelle polveri	Polveri	TC (OC+EC)	%TC nelle polveri
Marzo '16	205	19	9%	216	55	26%
Aprile '16	239	83	35%	1172	579	49%
Maggio '16	393	79	20%	552	165	30%
Giugno '16	238	50	21%	122	28	23%
Luglio '16	354	181	51%	152	70	46%
Agosto '16	189	96	51%	73	35	48%
Settembre '16	124	39	31%	170	67	39%
Ottobre '16	132	30	23%	142	30	21%
Novembre '16	184	93	51%	193	116	60%
Dicembre '16	166	31	19%	137	62	45%
Gennaio '17	155	93	60%	81	42	52%
Febbraio '17	133	26	20%	88	21	24%
Media periodo ± Dev.St.	209±86	69 ± 46	33% (media)	258±314	106 ± 155	39% (media)
Mediana	187	65	27%	147	59	42%

Tabella 6 - Sintesi dei risultati: rateo di polveri insolubili in mg/m<sup>2</sup>/d e contenuto di carbonio totale (TC) in mg/m<sup>2</sup>/d e in %.

A seguito dell'analisi congiunta dei dati riportati in tabella 6 con la frequenza relativa dei venti mensile rappresentata dalle rose dei venti riportate in APPENDICE 2 si può affermare che la principale componente o settore di vento che contribuisce alla polverosità del sito di Portoscuso nel periodo considerato è NO, con il contributo minore ma comunque significativo in alcuni mesi del settore ENE.

A seconda dei settori di vento coinvolti si possono distinguere le seguenti situazioni nei mesi più significativi evidenziati:

- Per la postazione P1 nei mesi di luglio e agosto si riscontra nelle polveri un contenuto di carbonio in percentuale superiore alla media. Guardando la direzione prevalente dei venti si può intuire che le polveri misurate in questi mesi siano quelle provenienti principalmente dal carbonile, infatti alla polverosità della postazione contribuisce il vento proveniente da NO e NNO.  
Nei mesi di novembre e gennaio si registra un altrettanto elevato contenuto di carbonio in percentuale nelle polveri. La direzione prevalente è ENE ma la maggiore intensità dei venti provenienti dal settore ONO-NO fa sì che il contributo del carbonile sia ancora significativo.
- Per la postazione P2 nei mesi di aprile e maggio si rilevano le polverosità più elevate del periodo con deposizioni molto superiori agli altri mesi. Il settore di vento prevalente è NO quindi la polvere raccolta può essere riconducibile a fonti di contaminazione esterna all'impianto. Per i mesi di luglio e agosto si possono fare le stesse considerazioni anche se la polverosità è molto inferiore.  
Nei mesi di novembre e gennaio si registrano le percentuali maggiori di carbonio nelle polveri. Ciò è giustificato dal fatto che la direzione prevalente del vento è ENE, pertanto la polvere raccolta dai deposimetri ha come origine il carbonile al quale la postazione risulta sottovento. Non è comunque da trascurare il possibile contributo di aree esterne situate in direzione ONO-NO dove il vento ha forza maggiore.

- Per entrambe le postazioni, negli altri mesi del periodo non evidenziati, nonostante si verificano le stesse distribuzioni di vento, il contenuto di carbonio è inferiore a causa della possibile diversa provenienza delle polveri.

Considerando la frequenza relativa dei venti, che suggerisce che la principale componente che contribuisce alla polverosità del sito è NO, si può affermare che nel periodo compreso tra marzo 2016 e febbraio 2017 la postazione P1 è più frequentemente sottovento al carbonile e la postazione P2 è più frequentemente sopravento al carbonile.

Confrontando i dati con quelli del periodo precedente da marzo 2015 a febbraio 2016, si nota che i valori dei ratei delle polveri insolubili misurati nella postazione P1, tra 124 e 393 mg/m<sup>2</sup>/d con una media di 209 mg/m<sup>2</sup>/d, si sono ridotti notevolmente, infatti l'anno precedente il rateo era rimasto compreso tra 70 e 906 mg/m<sup>2</sup>/d con una media di 347 mg/m<sup>2</sup>/d. Nella postazione P2, con un rateo di polveri compreso tra 73 e 1172 mg/m<sup>2</sup>/d e media per il periodo di 258 mg/m<sup>2</sup>/d, si nota un aumento nel valore massimo di polverosità registrato rispetto al periodo da marzo 2015 a febbraio 2016 che aveva un rateo compreso tra 59 e 855 mg/m<sup>2</sup>/d, ma in generale si può constatare anche per la postazione P2 una riduzione dei valori dei ratei delle polveri insolubili dato che nel periodo precedente la media era di 363 mg/m<sup>2</sup>/d.

Per quanto riguarda il contenuto di carbonio totale nelle polveri si è riscontrato che le due postazioni sono mediamente simili, 33% della postazione P1 contro 39% della postazione P2, con la postazione esterna alla Centrale che mensilmente è quasi sempre leggermente più ricca di carbonio rispetto alla postazione Interno Centrale, pur con una spiccata variabilità avendo rilevato valori compresi tra il 9 e il 60% in P1 e tra il 21 e il 60% in P2.

Anche nel periodo da marzo 2015 a febbraio 2016 la differenza media in termini di carbonio organico tra le polveri misurate nella postazione interna alla Centrale e quelle misurate nella postazione esterna alla Centrale era piuttosto ridotta (48% in P1; 42% in P2) ma il valore del rapporto OC/EC era costantemente maggiore in P1 – Interno Centrale rispetto a P2 – Opera di Presa con percentuali comprese tra il 25 e il 79% per la prima e tra il 3 e il 62% per la seconda.

Da un'analisi di correlazione tra la variabile anemologica e le deposizioni di polveri, è inoltre risultato che la polverosità del sito Portoscuso è determinata principalmente da una condizione di vento proveniente da NO con contributo minore della componente da ENE nei mesi finali del 2016. Tale condizione fa sì che l'andamento della polverosità sia all'incirca costante durante tutto il periodo tranne alcune eccezioni registrate nei mesi iniziali presi in considerazione, mentre il contenuto di carbonio totale nelle polveri è caratterizzato da una variabilità maggiore.

Il periodo compreso tra marzo 2015 e febbraio 2016 era stato caratterizzato anch'esso da una ventosità costante e proveniente prevalentemente da NO, producendo un andamento all'incirca costante sia in termini di polverosità che di contenuto di carbonio.

## 5 CONCLUSIONI

Nel presente rapporto sono stati analizzati i risultati delle misure sperimentali per il periodo compreso tra **Marzo 2016** e **Febbraio 2017** relativamente alle deposizioni di polveri insolubili misurate a Portoscuso e alla determinazione del loro contenuto in carbonio.

Il rateo delle polveri insolubili nella postazione P1 – Interno Centrale è rimasto compreso tra 124 e 393 mg/m<sup>2</sup>/d ed è stato caratterizzato da un andamento scarsamente variabile. Nella postazione P2 – Opera di Presa il rateo delle polveri insolubili è variato tra 73 e 1172 mg/m<sup>2</sup>/d e anch'esso ha presentato un andamento poco variabile escludendo i mesi di aprile e maggio 2016. La media per il periodo è stata rispettivamente di 209 mg/m<sup>2</sup>/d e di 258 mg/m<sup>2</sup>/d.

Da specificare che nei mesi di aprile e maggio 2016 sulla postazione P2 si siano registrate deposizioni di principale provenienza da Nord-Ovest pertanto riconducibili a fonti di contaminazione esterna.

Il contenuto medio annuale di carbonio totale nelle due postazioni è all'incirca simile, 33% nella postazione P1 e 39% nella postazione P2, ma con la postazione esterna alla Centrale mensilmente quasi sempre più ricca di carbonio totale. L'andamento del contenuto di carbonio totale nelle polveri è variabile in entrambe le postazioni passando dal 9 al 60% in P1 e dal 21 al 60% in P2.

In conclusione si può affermare che il sito di Portoscuso nel periodo da marzo 2016 a febbraio 2017 è stato caratterizzato da un indice di "medio-bassa" polverosità (v. criteri di classificazione in APPENDICE 1) nonostante si tratti di un sito industriale e ciò è principalmente dovuto alla scarsa variabilità nelle condizioni di vento la cui direzione prevalente NO è rimasta quasi sempre costante. Le deposizioni risultano abbastanza variabili invece in termini di contenuto di carbonio, a testimonianza delle possibili differenti origini delle polveri raccolte nei deposimetri.

## APPENDICE 1

### Valori di riferimento per le deposizioni di polveri

In Italia non sono stati adottati valori normativi o di riferimento per le deposizioni di polveri. Per una valutazione dei valori di deposizione misurati nella centrale del Sulcis, si può fare riferimento al rapporto finale del gruppo di lavoro della Commissione Centrale contro l'Inquinamento Atmosferico del Ministero dell'Ambiente che riporta la seguente classificazione dell'indice di polverosità basata sul tasso di deposizione gravimetrico:

Classe di polverosità	Polvere totale sedimentabile (mg/m <sup>2</sup> /d)	Indice di polverosità
I	<100	praticamente assente
II	100 - 250	bassa
III	251 - 500	media
IV	501 - 600	medio-alta
V	>600	elevata

Tabella 7 - Classi di Polverosità in funzione del tasso di deposizione.

Di seguito alcuni valori di riferimento adottati in alcune nazioni europee in aree urbane. Il valore di 350 mg/m<sup>2</sup>/d è spesso preso a riferimento anche per l'Italia<sup>1</sup>:

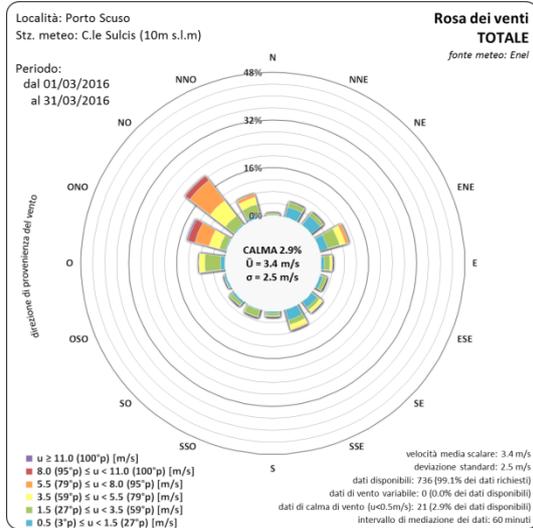
Stato	Rateo deposizione [mg/m <sup>2</sup> /d]	Riferimento
Germania (media annua)	350	TA Luft, 2002
Austria (media annua)	210	Gesamte Rechtsvorschrift für Immissionsschutzgesetz-Luft, Fassung vom, 2013
Svizzera (media annua)	200	Ordinanza contro l'inquinamento atmosferico (OIA 1986), media aritmetica annuale
Slovenia (media annua)	200	Decree on limit values, alert thresholds and critical imission values for substances into the atmosphere). (Ur. L. RS št.73/1994)
Norvegia	167	Espresso come 5 g/m <sup>2</sup> /30 giorni. Norway, 2004. Forskrift om begrensning av forurensning, FOR 2004-06-01 nr 931. (Regulation on limitation of pollution).
Belgio-Fiandre (media mensile)	350	VLAREM II order of the Flemish Government of 1 June 1995 concerning General and Sectoral provisions relating to Environmental Safety. Appendix 2.5.2. Environmental quality standards for particulate fallout
Regno Unito e Scozia (media mensile)	200	Environment Agency, 2013

Tabella 8 - Valori di riferimento europei per la deposizione di polveri in aree urbane.

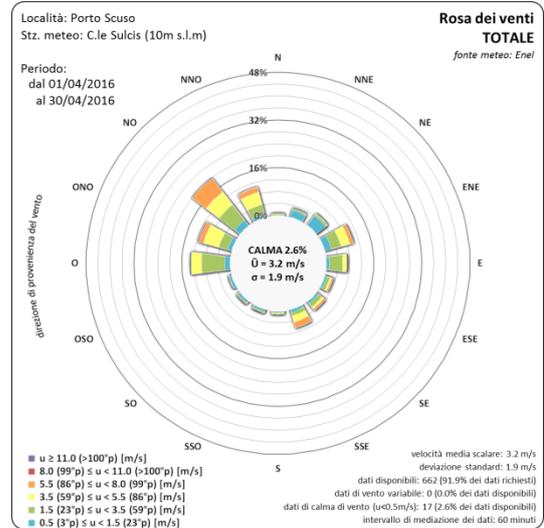
<sup>1</sup> Si veda anche G. Settimo "Evoluzione storica e normativa delle deposizioni atmosferiche e stato dell'arte nazionale", Seminario Depositioni atmosferiche, Brescia, 2014. Consultabile al sito: [http://ita.arpalombardia.it/ITA/area\\_download/index](http://ita.arpalombardia.it/ITA/area_download/index)

## APPENDICE 2

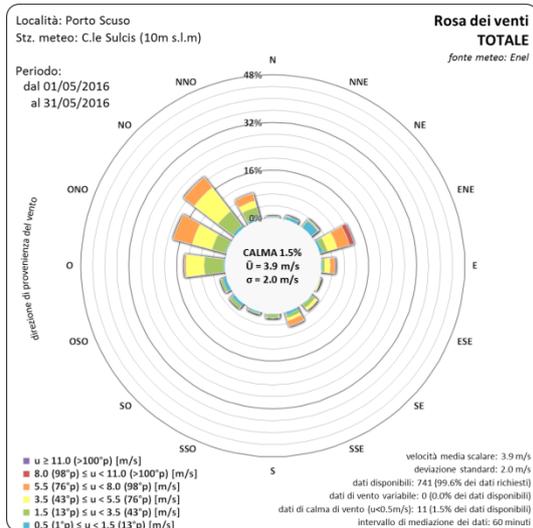
**Rose del vento mensili da Marzo 2016 a Febbraio 2017**  
**Stazione meteo di riferimento: Centrale ENEL del Sulcis (quota: 10 m)**



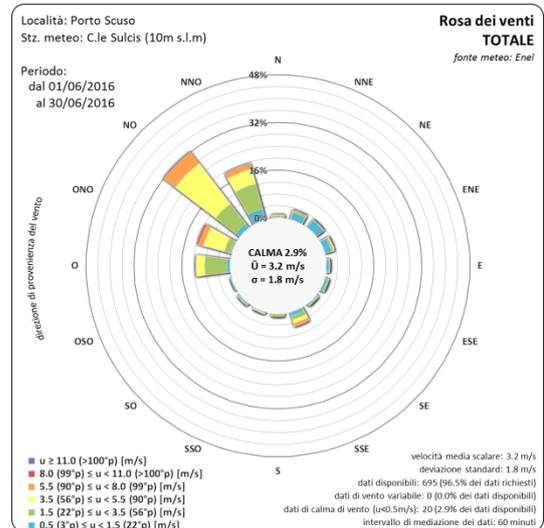
Rosa dei venti: marzo 2016



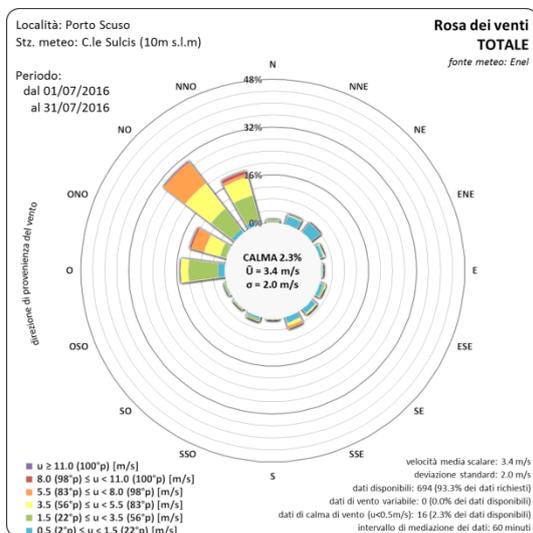
Rosa dei venti: aprile 2016



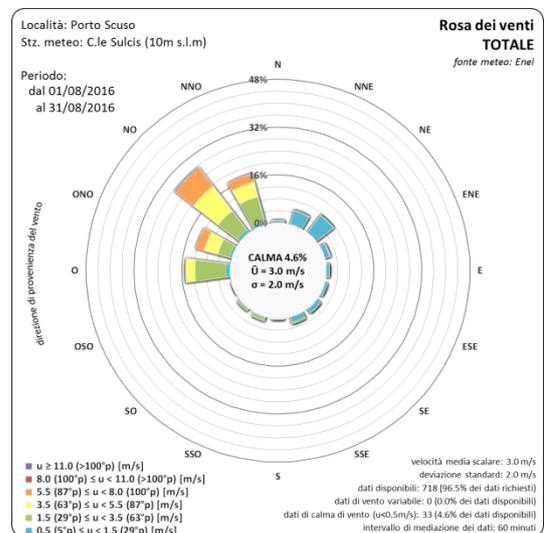
Rosa dei venti: maggio 2016



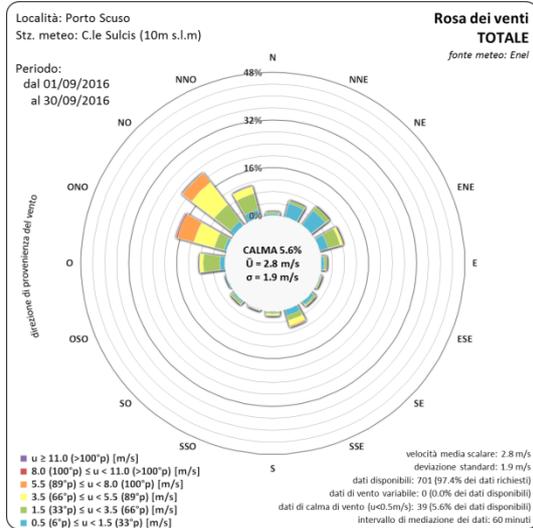
Rosa dei venti: giugno 2016



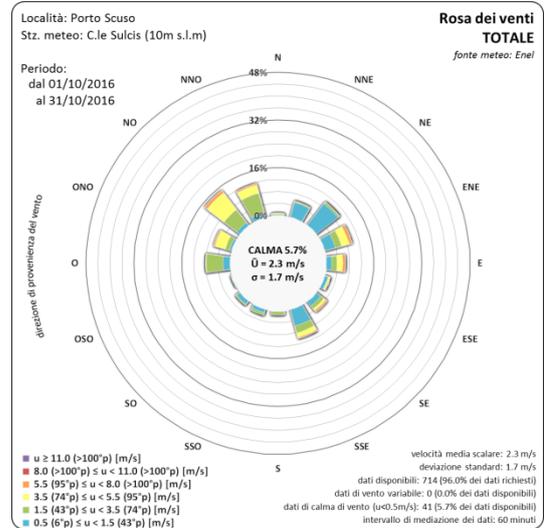
Rosa dei venti: luglio 2016



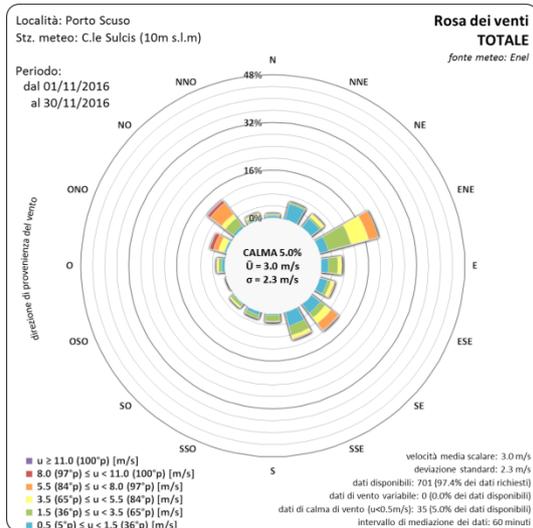
Rosa dei venti: agosto 2016



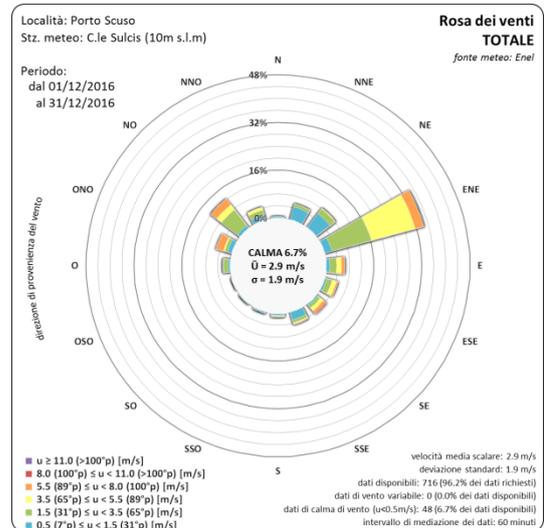
Rosa dei venti: settembre 2016



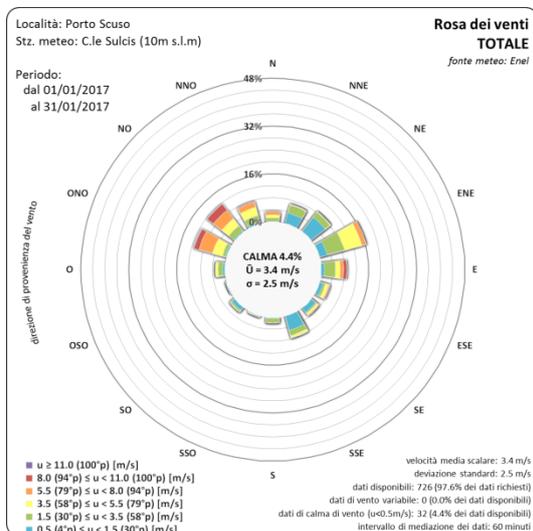
Rosa dei venti: ottobre 2016



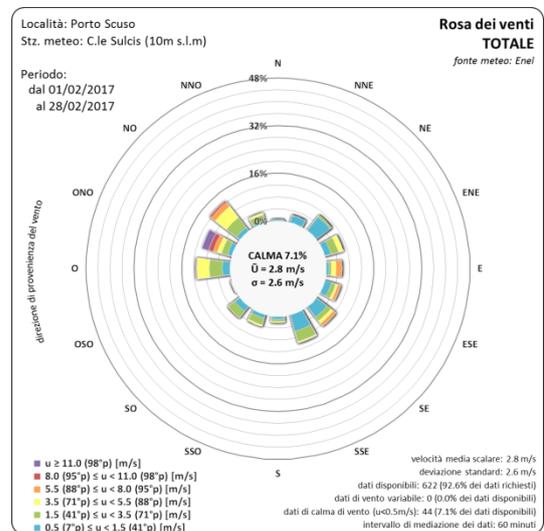
Rosa dei venti: novembre 2016



Rosa dei venti: dicembre 2016



Rosa dei venti: gennaio 2017



Rosa dei venti: febbraio 2017