

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

**Oggetto** C.le del Sulcis "Grazia Deledda" - Controllo della polverosità derivante dalla movimentazione di materiali incoerenti. Prescrizione (..). **Periodo Marzo 2015 - Febbraio 2016.**

**Ordine** Accordo Quadro n. 8400060396  
Attingimento n. 4000400041

**Note** Rev. 0 (AG14EMS058 – Lettera di trasmissione B7013001)

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

**N. pagine** 21

**N. pagine fuori testo** -

**Data** 22/06/2016

**Elaborato** EMS Irene Ferrara EMS Marco Casarola

**Verificato** EMS Maurizio Sala

**Approvato** EMS Irene Ferrara

## *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 .....	11
3.3	Ratei di deposizione di carbonio organico ed elementare nelle polveri .....	13
<b>4</b>	<b>VALUTAZIONE DELLE CORRELAZIONI TRA DEPOSIZIONI E CONDIZIONI ANEMOLOGICHE.....</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>18</b>
	<b>APPENDICE 1 .....</b>	<b>19</b>

## STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	22/06/2016	B6027694	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 2015** e **Febbraio 2016**. 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 campionatore 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, Indonesia e Sudafrica) o nazionale (miniere del Sulcis, Sardegna). Il carbone nazionale (Sulcis) viene approvvigionato tramite automezzi dotati di sistemi di trattenimento delle polveri quali portelloni o teloni sul piano di carico. 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 simili a quelli impiegati per l'approvvigionamento del carbone nazionale. 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:

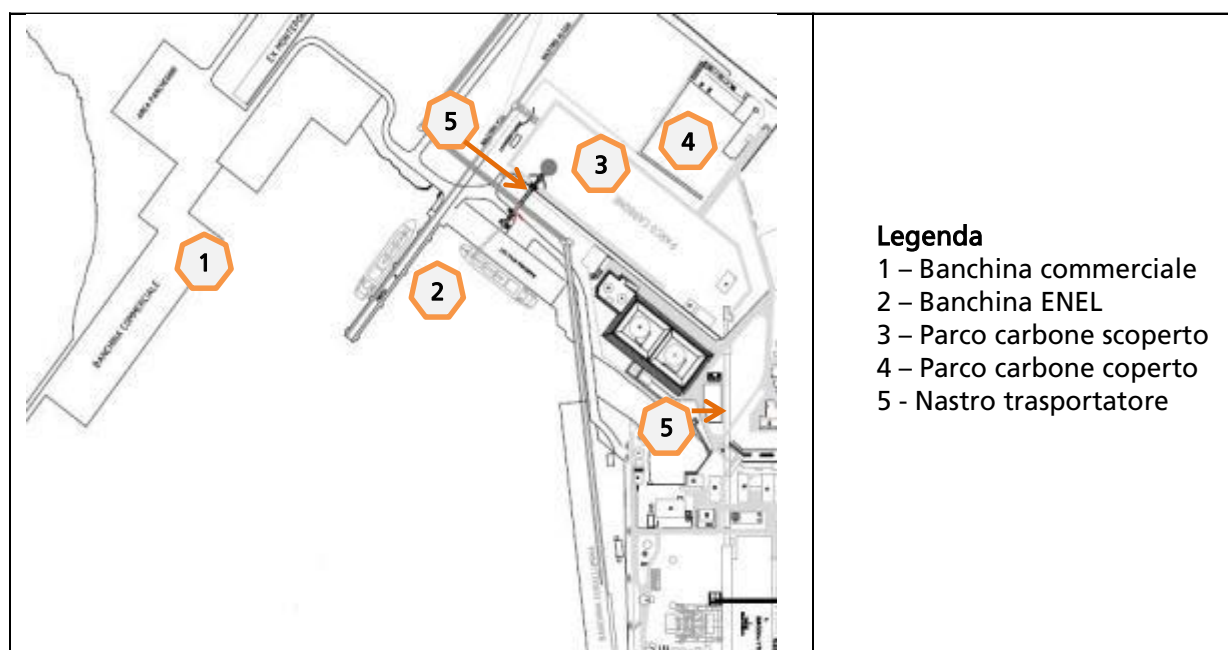


Figura 1 - Estratto della planimetria della Centrale "Grazia Deledda".

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:

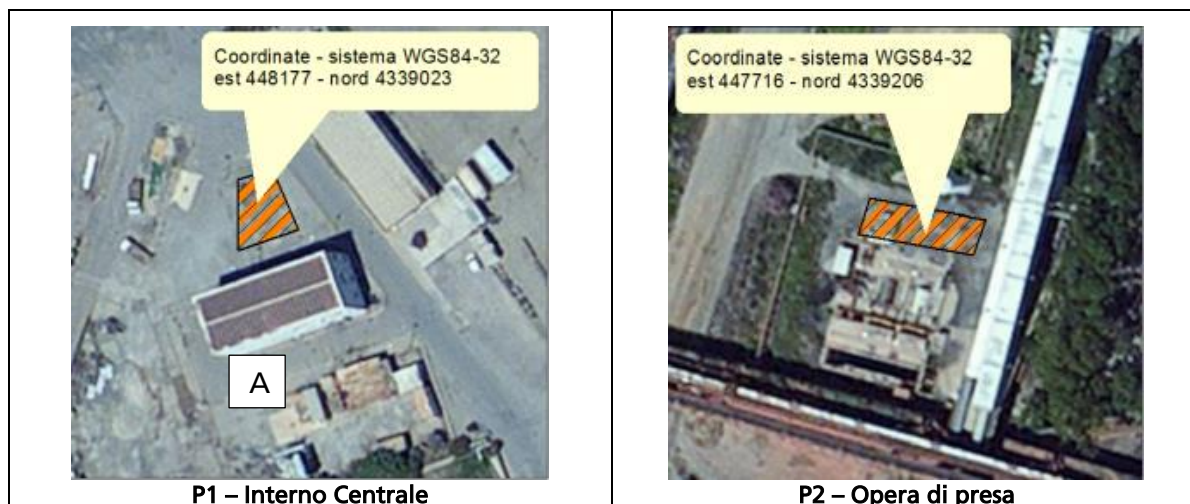


Figura 3 - Dettagli delle zone di posizionamento dei deposimetri.

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 risollevare 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 2015 – Febbraio 2016 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  $\text{mg/m}^2/\text{d}$ ;
- I ratei di deposizione mensile del carbonio elementare e organico e del carbonio totale contenuto nelle polveri, espressi in  $\text{mg/m}^2/\text{d}$ ;

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 '15	26	32	33	78	29	47	34	30	8	20	11	2	61	94	182	52
Aprile '15	4	37	62	68	34	15	33	59	4	16	2	2	75	98	166	42
Maggio '15	5	31	61	20	19	16	32	43	10	13	8	8	82	123	200	61
Giugno '15	2	19	61	53	24	15	40	35	2	21	13	5	123	129	134	44
Luglio '15	8	21	31	34	8	9	30	50	10	18	5	4	55	57	274	127
Agosto '15	7	34	29	68	29	8	37	49	1	7	2	2	76	66	165	128
Settembre '15	4	22	27	73	15	12	33	32	10	17	4	2	21	31	148	85
Ottobre '15	2	0	1	8	1	0	5	14	4	0	1	0	6	25	62	25
Novembre '15	1	0	0	21	8	8	3	0	0	0	0	0	11	47	161	19
Dicembre '15	0	0	1	4	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0	16	0
Gennaio '16	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	36	75	85	14
Febbraio '16	0	0	0	0	3	0	13	8	2	3	3	0	24	62	101	16

Tabella 1 - Frequenze assolute di direzione del vento.

Nella Figura 5, i dati della tabella precedente, relativi alle dodici mensilità (Marzo 2015 - Febbraio 2016), sono riassunti in forma grafica in termini di frequenza relativa per ciascuna direzione di provenienza del vento.

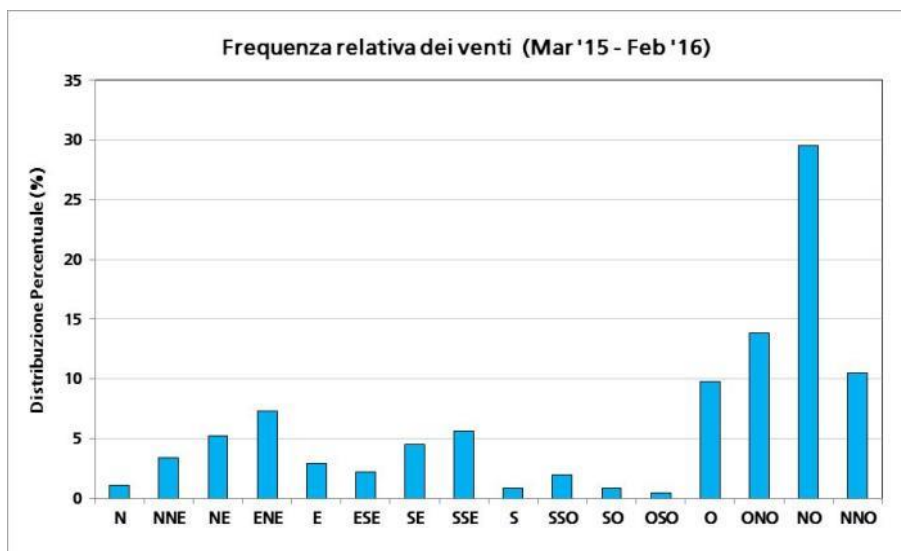


Figura 5 - Frequenza cumulata delle direzioni del vento.

Nel periodo Marzo 2015 – Febbraio 2016, 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 ottobre (v. Figura 6).

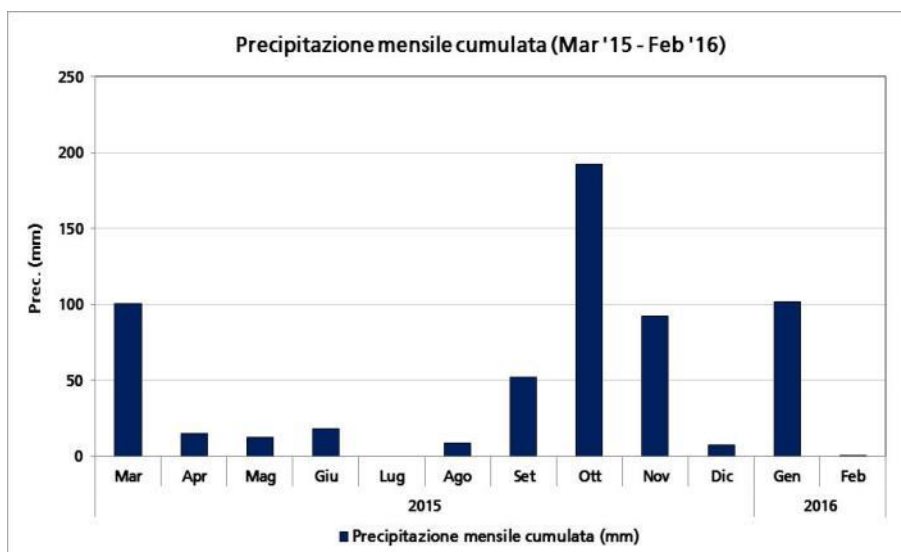


Figura 6 - Precipitazione cumulata mensile (Marzo 2015 - Febbraio 2016).

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). Per insufficienza di dati significativi registrati dal pluviometro di centrale, dalla valutazione è stato escluso il mese di Febbraio, riportato in rosso nei grafici seguenti:

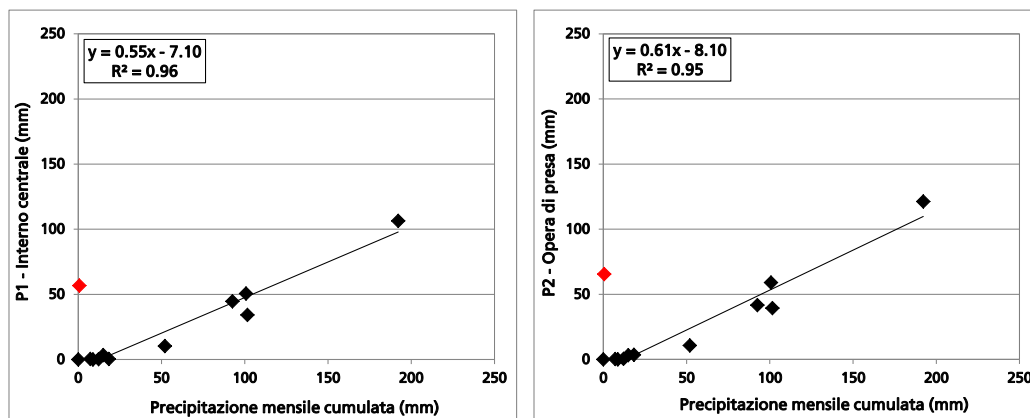


Figura 7 - Correlazione tra dati pluviometrici e volumi di deposizione raccolta.

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  $R^2=0.96$  e  $0.95$  rispettivamente.

Per poter valutare tuttavia, la correlazione tra dati pluviometrici e le precipitazioni raccolte dai campionatori installati nelle postazioni P1 e P2 sull'intero anno, il dato di precipitazione cumulata per il mese di Febbraio è stato ottenuto consultando i dati pubblicati da Arpa Sardegna<sup>1</sup>. Si veda a tal proposito la figura seguente:

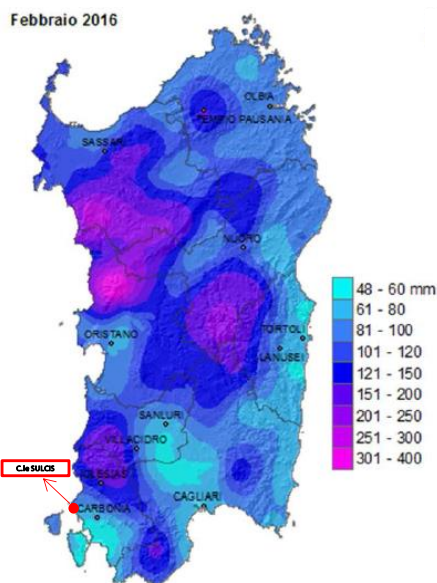


Figura 8 - Valori cumulati mensili di precipitazione registrati nel mese di febbraio 2016 (ARPA Sardegna) con ubicazione della Centrale del Sulcis.

<sup>1</sup> Riepilogo mensile meteorologico e agrometeorologico Febbraio 2016 – Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna, dipartimento meteorologico (http://www.sar.sardegna.it/pubblicazioni/riepiloghimensili/mensili.asp).

Nella correlazione, è stato considerato il dato mediano (70.5 mm) dell'intervallo di precipitazione (61 - 80 mm), indicato per la zona in cui è ubicata la Centrale del Sulcis. Nei grafici seguenti, la correlazione tra la precipitazione mensile Arpa e quella raccolta dai deposimetri nelle due postazioni per il mese di Febbraio è evidenziata in giallo:

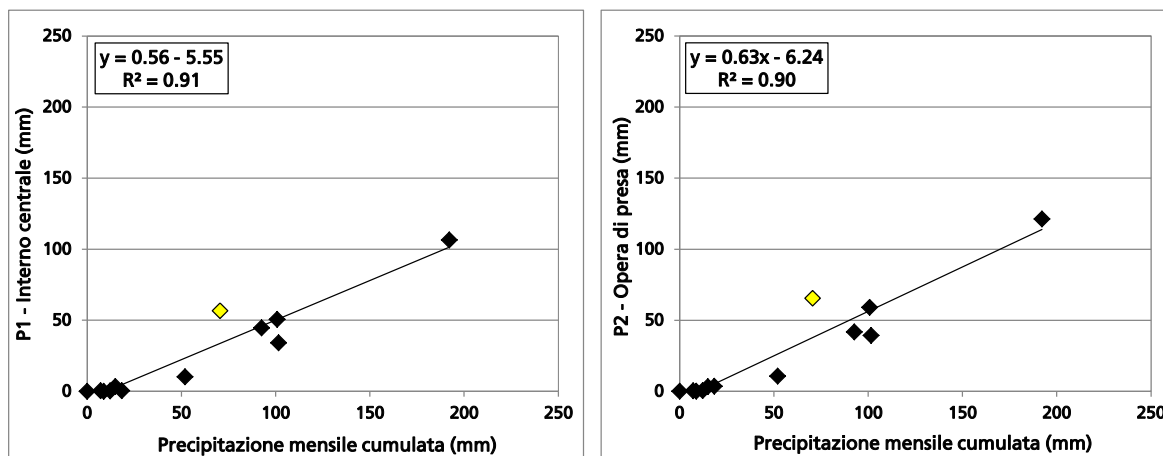


Figura 9 - Correlazione tra dati pluviometrici e volumi di deposizione raccolta.

Sull'intero periodo di campionamento, i dati pluviometrici sono correlati con i dati di precipitazione raccolti dai campionatori ubicati in entrambe le postazioni P1 – Interno Centrale e P2 – Opera di Presa, con  $R^2=0.91$  e  $0.90$  rispettivamente. I dati di precipitazione delle due postazioni presentano inoltre un'ottima correlazione con  $R^2=0.99$  (v. Figura 10).

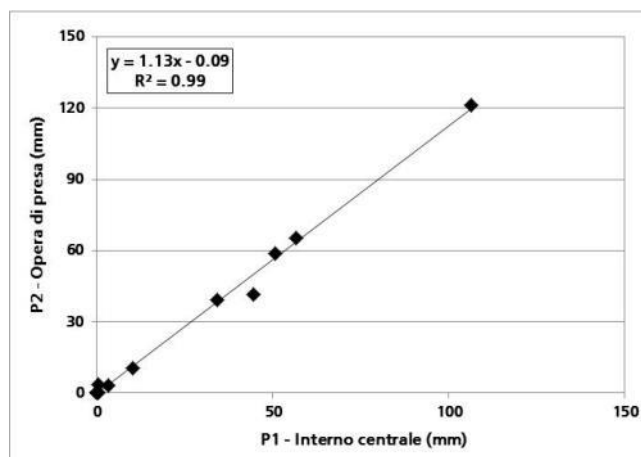


Figura 10 - Correlazione tra volumi di deposizione raccolta nelle postazioni di monitoraggio.

### 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 2015 – Febbraio 2016). I valori sono espressi in  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ .

Mese	P1 - Interno Centrale	P2 - Opera di Presa
Marzo '15	366	732
Aprile '15	457	173
Maggio '15	444	414
Giugno '15	327	228
Luglio '15	392	231
Agosto '15	296	276
Settembre '15	361	262
Ottobre '15	284	362
Novembre '15	906	855
Dicembre '15	70	59
Gennaio '16	107	152
Febbraio '16	156	615
<b>Media periodo <math>\pm</math> Dev.St.</b>	<b>347 <math>\pm</math> 216</b>	<b>363 <math>\pm</math> 247</b>
<b>Mediana</b>	<b>344</b>	<b>269</b>

Tabella 2: Ratei mensili delle deposizioni totali insolubili – Mar '15 - Feb '16 ( $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ ).

I ratei di deposizione delle polveri sedimentabili sono rimasti compresi tra 70 e 906  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$  in P1 – Interno Centrale e tra 59 e 855  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$  in P2 – Opera di Presa.

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

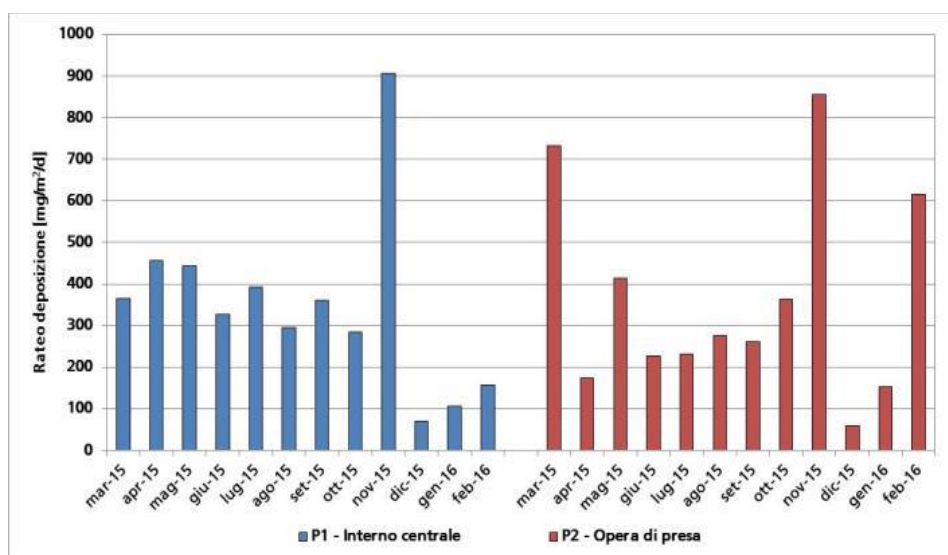


Figura 11 - Ratei mensili delle deposizioni totali insolubili - Mar '15 - Feb '16 ( $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ ).

In P1 – Interno Centrale i valori medi e mediani sono simili, infatti nell'andamento dei dati di polverosità di tipo insolubile riportato in Figura 11 si riscontra solo un caso "anomalo" (Novembre 2015). 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 12.

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  $Q3 + 1.5 \times (Q3 - Q1)$ .

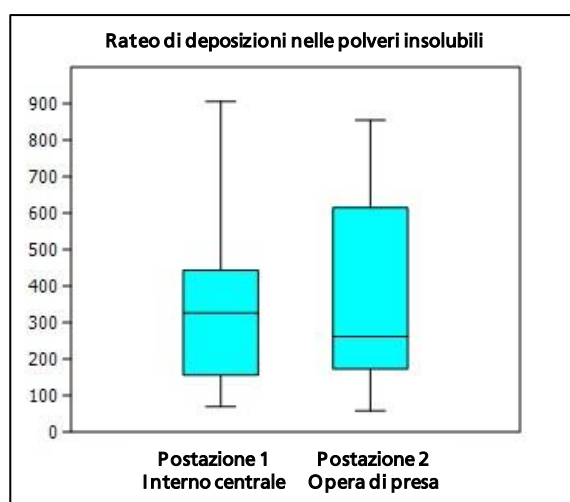


Figura 12 - "Box-plot" dei dati di rateo di deposizione nelle due postazioni (mg/m²/d).

L'analisi di tipo Box – plot non evidenzia particolari situazioni anomale.

Si segnalano comunque, sempre nei limiti della variabilità, le seguenti deposizioni che risultano più elevate rispetto alla media del periodo:

- postazione 1 (Interno Centrale):
  - 906 mg/m²/d a novembre.
- postazione 2 (Opera di Presa):
  - 732 mg/m²/d a marzo;
  - 855 mg/m²/d a novembre;
  - 615 mg/m²/d a febbraio.

### 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 2015 – Febbraio 2016). I valori sono espressi in  $\text{mg/m}^2/\text{d}$ .

Mese	P1 - Interno Centrale		P2 - Opera di Presa		P1 - Interno Centrale	P2 - Opera di Presa
	OC	EC	OC	EC	TC (OC+EC)	TC (OC+EC)
Marzo '15	39	111	87	346	150	433
Aprile '15	58	167	16	53	225	69
Maggio '15	64	204	45	164	268	209
Giugno '15	44	128	28	113	172	141
Luglio '15	61	195	18	61	257	79
Agosto '15	36	90	30	108	126	138
Settembre '15	67	219	35	97	286	132
Ottobre '15	32	85	48	152	117	200
Novembre '15	59	181	5	21	241	26
Dicembre '15	10	7	7	5	17	13
Gennaio '16	17	26	20	65	43	85
Febbraio '16	24	52	32	101	76	134
<b>Media periodo <math>\pm</math> Dev.St.</b>	<b>43 <math>\pm</math> 20</b>	<b>122 <math>\pm</math> 72</b>	<b>31 <math>\pm</math> 22</b>	<b>107 <math>\pm</math> 89</b>	<b>165 <math>\pm</math> 91</b>	<b>138 <math>\pm</math> 111</b>
<b>Mediana</b>	<b>41</b>	<b>120</b>	<b>29</b>	<b>99</b>	<b>161</b>	<b>133</b>

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

Il contenuto totale in carbonio nelle polveri depositate è rimasto compreso nei seguenti *range*: in postazione 1 (Interno Centrale) 17 – 286  $\text{mg/m}^2/\text{d}$ ; in postazione 2 (Opera di Presa) 13 – 433  $\text{mg/m}^2/\text{d}$ . Di seguito è stato valutato il rapporto tra OC ed EC nei campioni del periodo considerato, in entrambe le postazioni di monitoraggio.

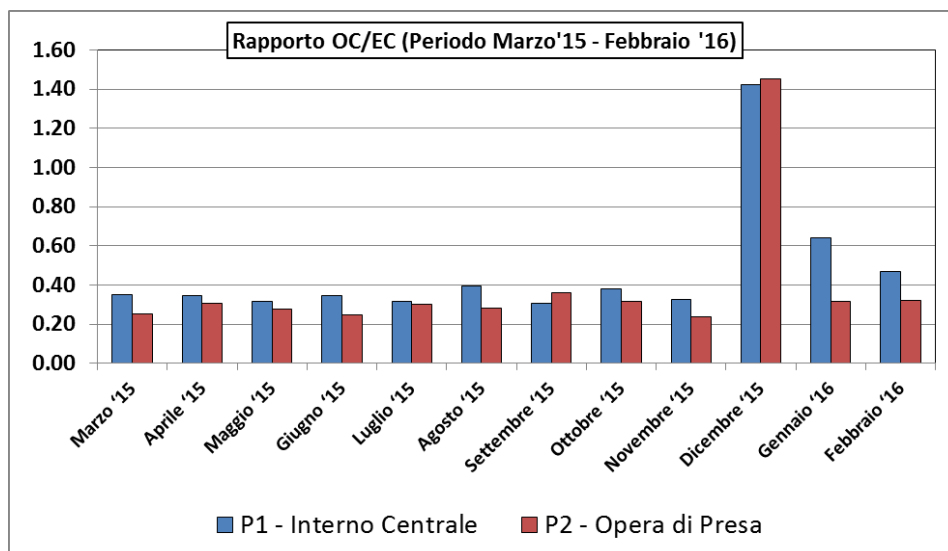


Figura 13 - Variazione del rapporto OC/EC nelle deposizioni raccolte in P1 - Interno Centrale e in P2 - Opera di Presa.

Da Figura 13 emerge che per quasi tutto il periodo analizzato il rapporto OC/EC è all'incirca simile per entrambe le postazioni seppur sia sempre leggermente superiore in P1. Si segnala che nel mese di dicembre 2015 il valore di tale rapporto è molto superiore rispetto a quello riscontrato nel resto dell'anno, ma il dato non è significativo a causa del valore molto basso di deposizione misurato.

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 '15	41%	59%
Aprile '15	49%	40%
Maggio '15	60%	50%
Giugno '15	53%	62%
Luglio '15	65%	34%
Agosto '15	43%	50%
Settembre '15	79%	50%
Ottobre '15	41%	55%
Novembre '15	27%	3%
Dicembre '15	25%	21%
Gennaio '16	40%	56%
Febbraio '16	49%	22%
<b>Media</b>	<b>48%</b>	<b>42%</b>
<b>Minimo</b>	<b>25%</b>	<b>3%</b>
<b>Massimo</b>	<b>79%</b>	<b>62%</b>

Tabella 4 - Contenuto percentuale di carbone nelle polveri insolubili.

Mediamente il contenuto di carbonio nelle polveri si mantiene simile nelle due postazioni, 48% contro 42% rispettivamente.

A livello mensile le percentuali sono comparabili tranne che nel mese di novembre, nel quale la percentuale di carbonio della postazione P1 è molto superiore a quella della postazione P2.

Relativamente ai valori minimi e massimi si denota un contributo maggiore nella postazione interna alla Centrale rispetto a quella esterna.

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

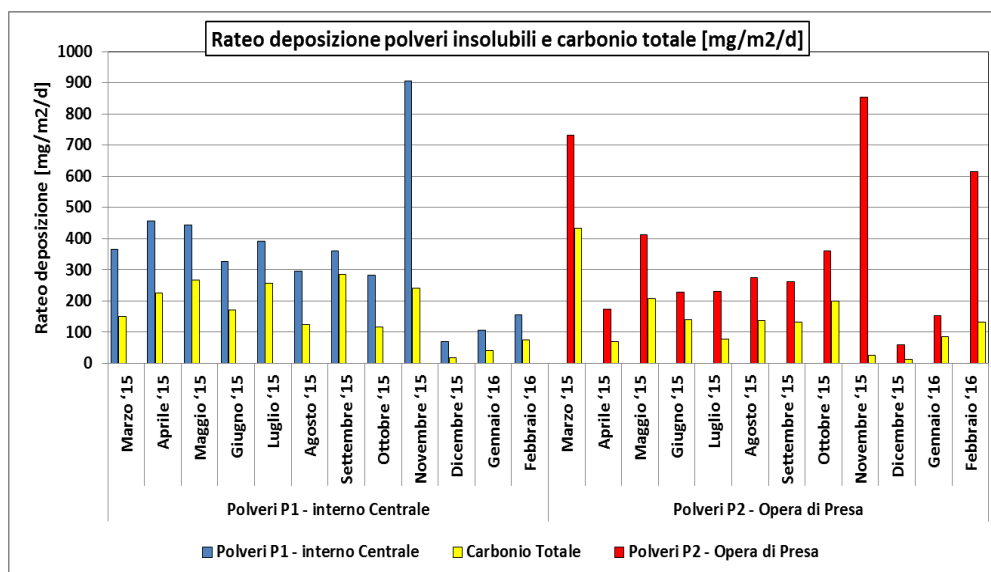


Figura 14 - Rateo di deposizione delle polveri insolubili e contenuto di carbone.

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 a novembre dove è presente elevata polverosità a basso contenuto di carbonio.

#### 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, posta a 10 m di altezza, e riportati sotto forma di rose di vento mensili in APPENDICE 1.

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 risollevarimento 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 15 - Condizioni di sottovento delle postazioni di misura.

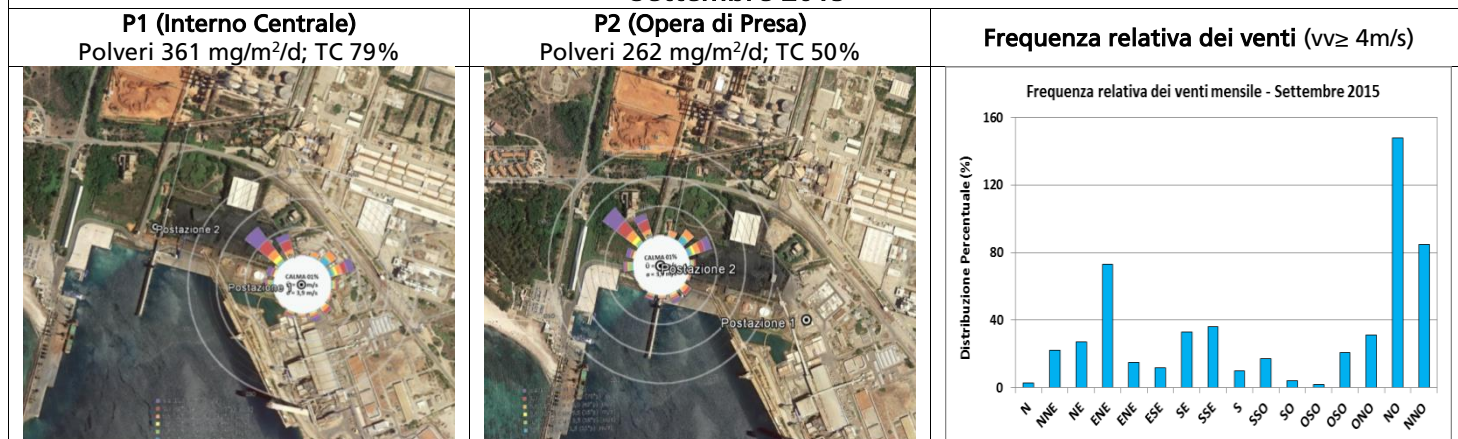
In Tabella 6 è riportata una sintesi dei risultati sinora esaminati. In grassetto sono evidenziati i mesi di settembre e novembre 2015: il primo è caratterizzato da una bassa polverosità ma presenta i valori massimi di carbonio totale in termini percentuali, il secondo presenta la polverosità più elevata per il periodo ma con i contenuti minimi di carbonio totale. Di tali mesi saranno riportate le rose dei venti.

Mese	P1 - Interno Centrale			P2 - Opera di Presa		
	Polveri	TC (OC+EC)	%TC nelle polveri	Polveri	TC (OC+EC)	%TC nelle polveri
Marzo '15	366	150	41%	732	433	59%
Aprile '15	457	225	49%	173	69	40%
Maggio '15	444	268	60%	414	209	50%
Giugno '15	327	172	53%	228	141	62%
Luglio '15	392	257	65%	231	79	34%
Agosto '15	296	126	43%	276	138	50%
<b>Settembre '15</b>	<b>361</b>	<b>286</b>	<b>79%</b>	<b>262</b>	<b>132</b>	<b>50%</b>
Ottobre '15	284	117	41%	362	200	55%
<b>Novembre '15</b>	<b>906</b>	<b>241</b>	<b>27%</b>	<b>855</b>	<b>26</b>	<b>3%</b>
Dicembre '15	70	17	25%	59	13	21%
Gennaio '16	107	43	40%	152	85	56%
Febbraio '16	156	76	49%	615	134	22%
Media periodo $\pm$ Dev.St.	347 $\pm$ 216	165 $\pm$ 91	48% (media)	363 $\pm$ 247	138 $\pm$ 111	42% (media)
Mediana	344	161	46%	269	133	50%

Tabella 6 - Sintesi dei risultati: rateo di polveri insolubili in  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$  e contenuto di carbonio totale (TC) in  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$  e in %.

Di seguito sono riportate le rose dei venti per i mesi evidenziati nella tabella precedente. A destra è inoltre riportata la frequenza dei venti calcolata per i mesi considerati. Per tale analisi sono stati selezionati i dati di vento forte con intensità maggiore uguale a 4 m/s.

### Settembre 2015



Novembre 2015

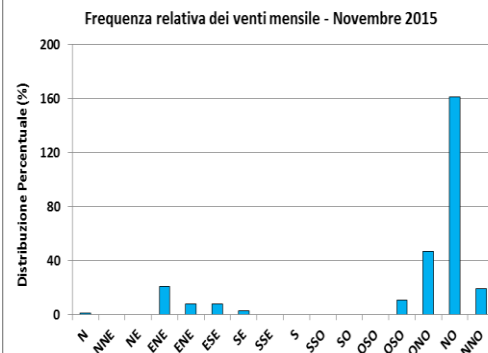
P1 (Interno Centrale)

Polveri 906 mg/m<sup>2</sup>/d; TC 27%

P2 (Opera di Presa)

Polveri 855 mg/m<sup>2</sup>/d; TC 3%

Frequenza relativa dei venti (vv ≥ 4m/s)



Dalla valutazione riportata in precedenza si possono trarre alcune considerazioni. La principale componente o settore di vento che contribuisce alla polverosità del sito di Portoscuso nei mesi considerati è NO, con il contributo seppur minore dei settori ENE e NNO.

A seconda dei settori di vento coinvolti mensilmente, si possono distinguere le seguenti situazioni:

- Nel mese di settembre si riscontra per entrambe le postazioni bassa polverosità ma con elevato contenuto di carbonio in percentuale. Guardando la direzione prevalente dei venti si può intuire che le polveri misurate in questo mese siano quelle provenienti principalmente dal carbonile, infatti alla polverosità della postazione P1 Interno Centrale contribuisce il vento proveniente da NO e NNO, mentre alla polverosità della postazione P2 Opera di Presa contribuisce il vento proveniente da ENE oltre che da NO dove sono presenti aree scoperte. Ciò contribuirebbe, insieme al carbonile, ad una maggiore percentuale di carbonio totale;
- Nel mese di novembre si registra per entrambe le postazioni elevata polverosità ma con un contenuto di carbonio in percentuale molto basso rispetto al resto del periodo. Nella postazione P1 tale situazione può essere giustificata con il fatto che nonostante il vento prevalente giunga da NO e attraversi il carbonile, questo non abbia un'elevata velocità e quindi trasporti con sé solo la polvere proveniente da una possibile movimentazione di terra nelle aree scoperte posizionate dietro al carbonile. Nella postazione P2 tale situazione si giustifica attribuendo come origine della polvere raccolta dai deposimetri le aree scoperte in direzione NO-NNO da dove proviene il vento prevalente.

## 5 CONCLUSIONI

Nel presente rapporto sono stati analizzati i risultati delle misure sperimentali per il periodo compreso tra **Marzo 2015** e **Febbraio 2016** relativamente alle deposizioni di polveri insolubili misurate a Portoscuso e alla determinazione del loro contenuto in carbonio.

Dai risultati è emerso che il rateo delle polveri insolubili nella postazione P1 – Interno Centrale è rimasto compreso tra 70 e 906 mg/m<sup>2</sup>/d ed è stato caratterizzato da un andamento scarsamente variabile. Nella postazione esterna alla Centrale, P2 – Opera di Presa, il rateo delle polveri insolubili è variato tra 59 e 855 mg/m<sup>2</sup>/d e anch'esso ha presentato un andamento poco variabile.

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 considerato 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 2014 a febbraio 2015) si nota che i valori dei ratei delle polveri insolubili misurati nella postazione P1 si sono mantenuti simili, infatti l'anno precedente il rateo era rimasto compreso tra 281 e 844 mg/m<sup>2</sup>/d. Nella postazione P2 invece si nota una diminuzione sensibile della polverosità dato che il rateo delle polveri insolubili nel periodo da marzo 2014 a febbraio 2015 aveva raggiunto valori dell'ordine delle migliaia con un rateo compreso tra 586 e 5001 mg/m<sup>2</sup>/d. La netta diminuzione di polverosità in P2 fa sì che i valori misurati nelle due postazioni nel periodo marzo 2015 – febbraio 2016 risultino simili e pertanto comparabili.

Per quanto riguarda il contenuto di carbonio totale si è riscontrato che le due postazioni sono mediamente simili, 48% della postazione P1 contro 42% della postazione P2, con la postazione Interno centrale che mensilmente è sempre leggermente più ricca di carbonio rispetto alla postazione esterna alla Centrale.

Nel periodo da marzo 2014 a febbraio 2015 invece era stato rilevato che 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 maggiore (46% in P1; 29% in P2) e che il valore del rapporto OC/EC era costantemente maggiore in P1 – Interno Centrale rispetto a P2 – Opera di Presa.

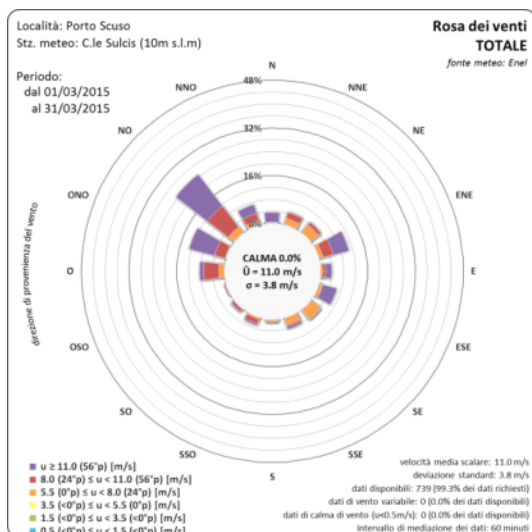
Da un'analisi di correlazione tra la variabile anemologica e le deposizioni di polveri, è inoltre risultato che la polverosità del sito Portoscuso è determinata principalmente da una condizione di vento proveniente da NO che fa sì che l'andamento di tale polverosità sia all'incirca costante durante tutto il periodo tranne alcune eccezioni registrate nei mesi settembre e novembre 2015.

Il periodo compreso tra marzo 2014 e febbraio 2015 caratterizzato da una ventosità più variabile aveva prodotto una variabilità maggiore anche in termini di polverosità e contenuto di carbonio. Ciò aveva consentito di distinguere diverse situazioni legate a più settori di provenienza del vento.

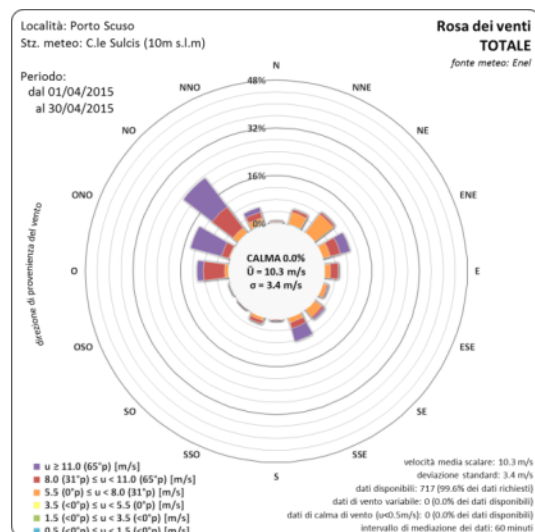
In conclusione si può affermare che il sito di Portoscuso nel periodo da marzo 2015 a febbraio 2016 è stato caratterizzato da una polverosità ridotta e pressoché costante in termini di contenuto di carbonio e ciò è principalmente dovuto alla scarsa variabilità nelle condizioni di vento la cui direzione prevalente è rimasta sempre costante.

## APPENDICE 1

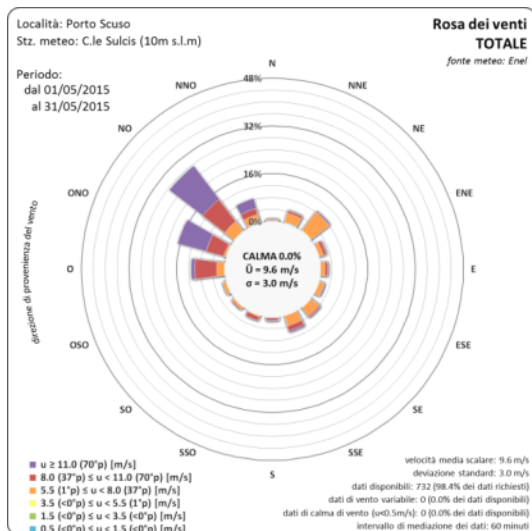
**Rose del vento mensili da Marzo 2015 a Febbraio 2016**  
**Stazione meteo di riferimento: Centrale ENEL del Sulcis (quota: 10 m)**



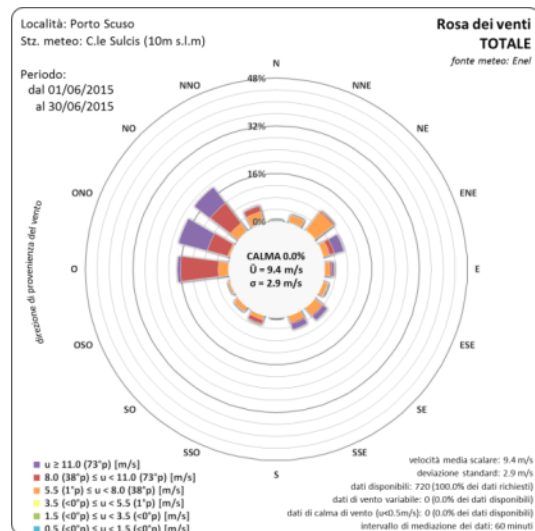
Rosa dei venti: marzo 2015



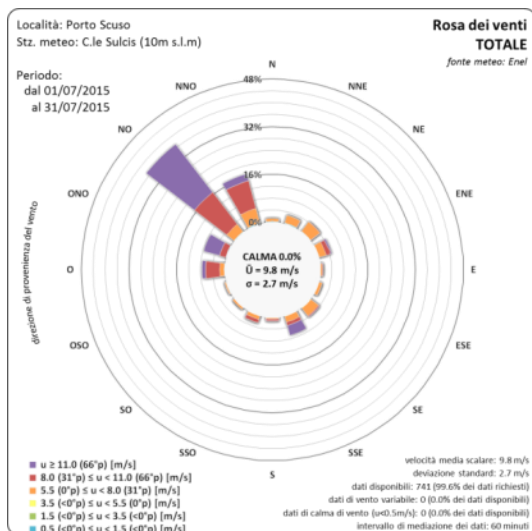
Rosa dei venti: aprile 2015



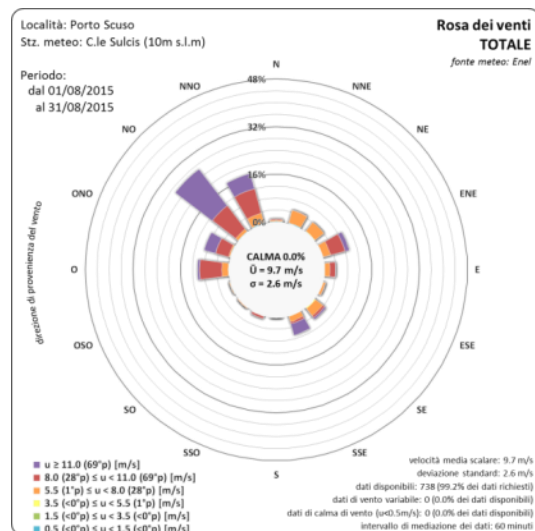
Rosa dei venti: maggio 2015



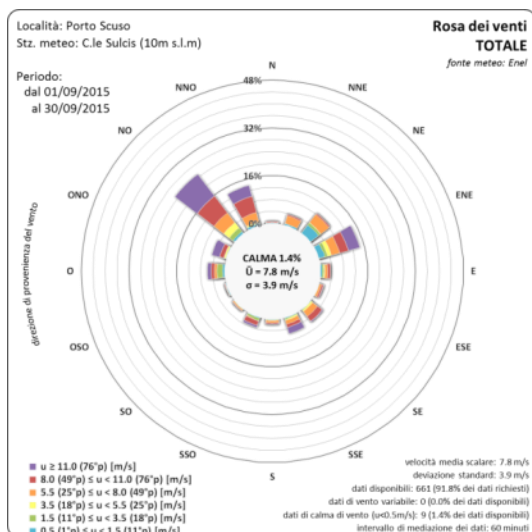
Rosa dei venti: giugno 2015



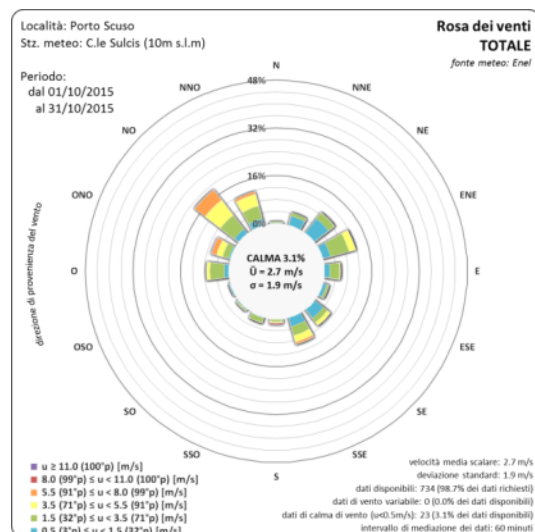
Rosa dei venti: luglio 2015



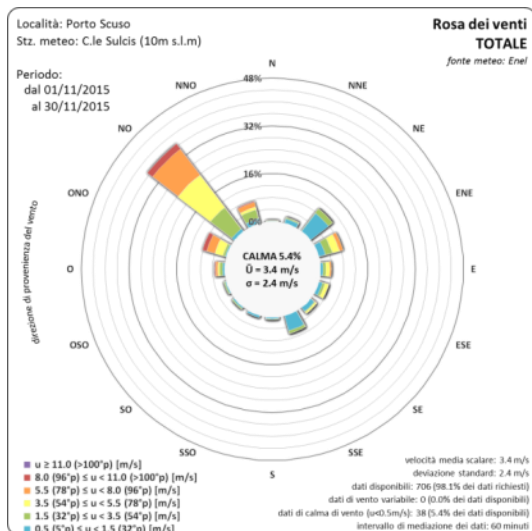
Rosa dei venti: agosto 2015



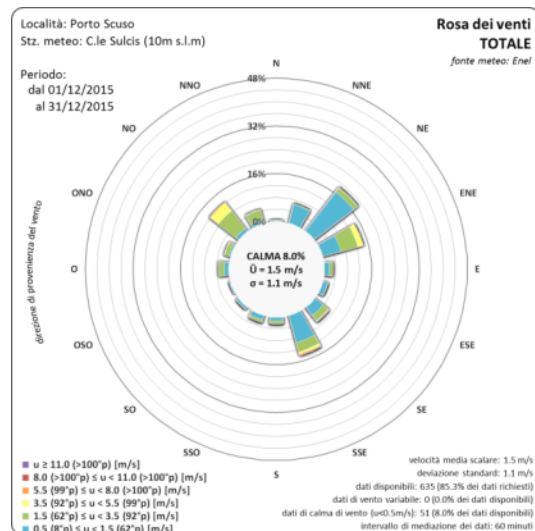
Rosa dei venti: settembre 2015



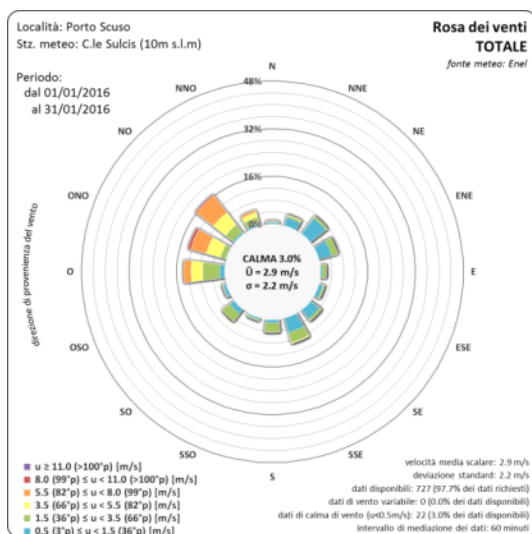
Rosa dei venti: ottobre 2015



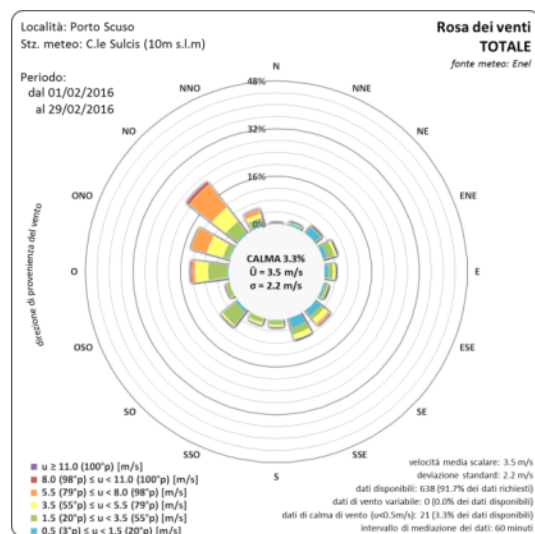
Rosa dei venti: novembre 2015



Rosa dei venti: dicembre 2015



Rosa dei venti: gennaio 2016



Rosa dei venti: febbraio 2016