

6. SISTEMI DI MONITORAGGIO

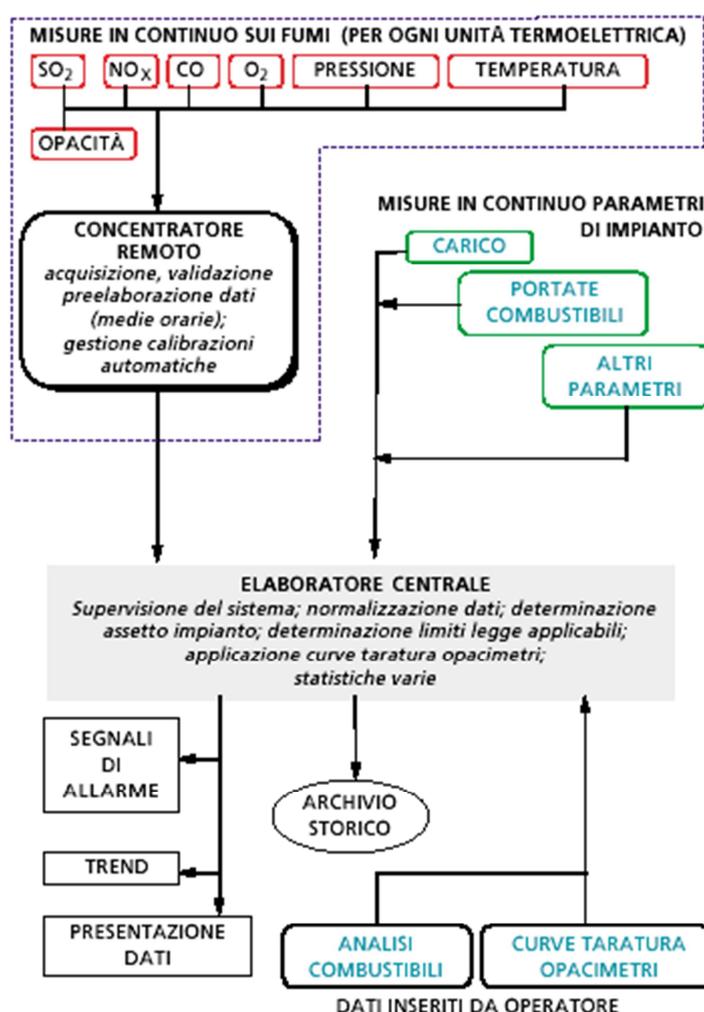
Indice

6	SISTEMI DI MONITORAGGIO	753
6.1	Sistema di Misura delle Emissioni (SME)	753
6.2	Monitoraggio della qualità dell'aria	756
6.2.1	Proposta di Adeguamento della RRQA.....	757
6.2.2	Misura delle Polveri nell'area delle banchine.....	759
6.2.3	Campagne di rilevamento dei microinquinanti e ricadute al suolo.....	760
6.3	Rete di monitoraggio biologico	761
6.3.1	Struttura del Progetto	764
6.4	Riferimenti normativi e fonti	768

6 SISTEMI DI MONITORAGGIO

6.1 Sistema di Misura delle Emissioni (SME)

Ciascuna sezione della Centrale di Porto Tolle è dotata di un sistema di misura delle emissioni (SME), che consente la determinazione di SO₂, NO_x, CO, polveri e O₂ in modo continuo ed automatico. Le caratteristiche tecniche delle apparecchiature facenti parte dello SME, nonché la loro gestione e taratura, sono descritte in modo dettagliato nel "Protocollo del Sistema di Monitoraggio delle Emissioni" e nelle procedure gestionali ad esso collegate. Nel seguito si riporta lo schema di principio dello SME:



Ciascuna sezione termoelettrica è dotata di un sistema di taratura, acquisizione, validazione e memorizzazione dei dati, indipendente dalle altre sezioni. Dall'acquisitore locale, le informazioni relative alle emissioni di ciascuna sezione termoelettrica vengono inviate ad un sistema centrale (comune a tutte le sezioni), che riceve anche i dati di funzionamento dell'impianto (carico elettrico, portate combustibili, etc.).

Il sistema centrale esegue le elaborazioni statistiche dei dati, serve da archivio di lungo periodo e fornisce l'interfaccia funzionale e di supervisione all'operatore.

In ogni sezione il sottosistema dedicato all'analisi dei composti in fase gassosa è costituito da:

- sonda di campionamento inserita nel condotto del camino, dotata di filtro assoluto per particolato, inserito in una testa di prelievo riscaldata;
- linea riscaldata di trasporto del gas campionato dalla sonda al sistema di trattamento/analisi;
- sistema di deumidificazione;
- analizzatori di SO₂, NO_x, CO ed O₂.

Poiché il principio di misura dell'analizzatore degli ossidi di azoto consente la determinazione della concentrazione del solo monossido di azoto (NO), il gas da analizzare, prima di essere inviato allo strumento, passa attraverso un convertitore che permette la riduzione degli ossidi di azoto superiori (NO_x) a monossido.

Il sottosistema per la misura della concentrazione del particolato è costituito invece da un opacimetro con relativi accessori. Tale strumento esegue una determinazione di tipo indiretto (attraverso la misura dell'estinzione di un fascio luminoso), direttamente sul condotto dei fumi, ed è periodicamente tarato o verificato, con il metodo di riferimento (gravimetrico) (UNI EN 13284:1-2003).

Il sistema di monitoraggio delle emissioni è interamente controllato da microprocessori locali e da un computer centrale che permettono:

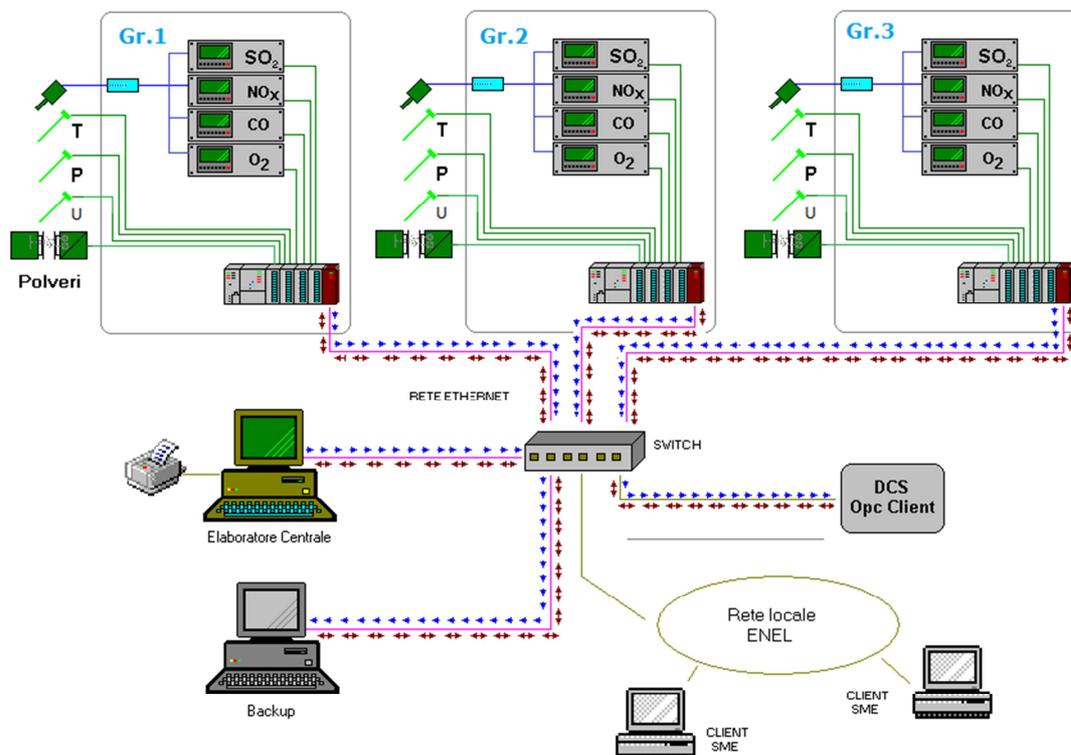
- la supervisione e la regolazione automatica dei vari componenti;
- la calibrazione automatica a cadenze fisse degli strumenti (impiegando miscele di gas campione in bombole a concentrazione certificata per gli analizzatori di gas e sistemi ottici per l'opacimetro);
- la correzione dei dati mediante l'applicazione delle curve di taratura;
- la memorizzazione dei valori orari e l'elaborazione dei dati per la verifica del rispetto dei limiti.

Per il monitoraggio delle emissioni, dopo gli interventi di trasformazione della centrale a carbone, per ciascuna delle tre nuove sezioni è previsto un nuovo sistema di misura in continuo al camino dei valori di emissione, in ottemperanza al D.Lgs. 152/2006 e s.m.i..

In particolare le sostanze monitorate e i relativi sistemi di rilevamento saranno:

- SO₂, NO_x, CO e O₂: con misura continua tramite sistemi di analisi del tipo a estrazione di campione;
- polveri: con determinazione continua tramite misure dell'opacità dei fumi, con strumenti di tipo ottico;
- temperatura, pressione, umidità.

Il nuovo sistema prevederà la sostituzione della strumentazione e della parte elaborativa e sarà strutturato secondo l'architettura riportata nel seguente schema semplificato.



In particolare i criteri generali dal punto di vista hardware e la struttura di riferimento del sistema saranno così costituite:

- n° 1 CRED (Elaboratore Centrale e Backup) costituito da una coppia di piattaforme server in configurazione mutuamente ridondata destinato alla validazione dei dati elementari provenienti dai concentratori remoti dei singoli gruppi, al calcolo e memorizzazione dei valori medi orari nonché all'esecuzione delle elaborazioni per la verifica del rispetto dei valori limite di Legge;
- n° 1 Concentratore Remoto per ciascuna sezione di produzione destinato all'acquisizione dei dati elementari provenienti dalla strumentazione in campo e la loro trasmissione al CRED tramite rete ethernet;
- n° 1 interfaccia DCS per l'acquisizione dei dati di impianto dal sistema di supervisione delle unità termoelettriche (carico elettrico, portata combustibile, etc.);
- n° 1 Stazione HMI per ciascuna sezione di produzione destinata alle visualizzazioni dei dati per gli operatori di unità in sala manovra.

I dati destinati all'Autorità di controllo saranno resi disponibili da periferiche collegate direttamente al CRED (stampanti, modem, etc.) e sistemi di trasmissione dedicati.

Tutta la strumentazione sarà certificata QAL1 e il controllo di qualità sarà assicurato con l'applicazione della Normativa UNI EN 14181.

6.2 Monitoraggio della qualità dell'aria

Il monitoraggio della qualità dell'aria è finalizzato alla caratterizzazione del livello dell'inquinamento atmosferico in un determinato territorio e, nel caso dell'area circostante la Centrale termoelettrica di Porto Tolle, alla valutazione dei potenziali effetti sulla componente atmosferica correlati al pregresso e all'attuale esercizio della centrale e alla futura conversione a carbone dell'impianto.

A tal fine Enel ha elaborato e propone un progetto di monitoraggio che prevede una serie di azioni integrate di controllo allo scopo di tenere sotto osservazione, sia in termini qualitativi che quantitativi, l'incidenza ambientale indotta dall'esercizio a carbone della centrale.

Sostanzialmente il piano si basa sull'aggiornamento strumentale delle attuali postazioni fisse della rete di rilevamento della qualità dell'aria, sull'installazione di postazioni dedicate al monitoraggio delle emissioni diffuse generate dalla movimentazione dei materiali introdotti con la trasformazione a carbone dell'impianto (carbone, ceneri, calcare e gessi), sull'esecuzione di periodiche campagne di misura per il controllo delle deposizioni sia secche che umide e per la misura delle concentrazioni degli inquinanti in aria (microinquinanti organici e inorganici).

Più nel dettaglio il piano prevede:

- l'integrazione della strumentazione della esistente rete di rilevamento della qualità dell'aria;
- l'installazione di una postazione di misura delle polveri nell'area delle banchine carbone e calcare/gesso/ceneri per la caratterizzazione dell'impatto sulla qualità dell'aria derivante dalle attività di movimentazione dei prodotti;
- l'esecuzione di campagne periodiche di misura dei microinquinanti;
- l'attivazione di una rete di biomonitoraggio terrestre, anche sulla base delle indicazioni ottenute dalle precedenti esperienze.

Complessivamente, quindi, il piano di monitoraggio ha come obiettivo quello di fornire un quadro completo della situazione ambientale nella cosiddetta "area vasta" (cioè l'ambito di sostanziale estensione delle prevedibili interferenze ambientali della centrale).

Tale programma va ad aggiungersi alle attività di monitoraggio già descritte nel precedente paragrafo, che prevedono un nuovo sistema di misura in continuo al camino dei valori di emissione, in ottemperanza al D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. per ciascuna delle tre nuove sezioni a carbone e l'esecuzione di periodiche campagne di misura dei microinquinanti presenti al camino secondo le indicazioni di cui al Piano di Monitoraggio e Controllo.

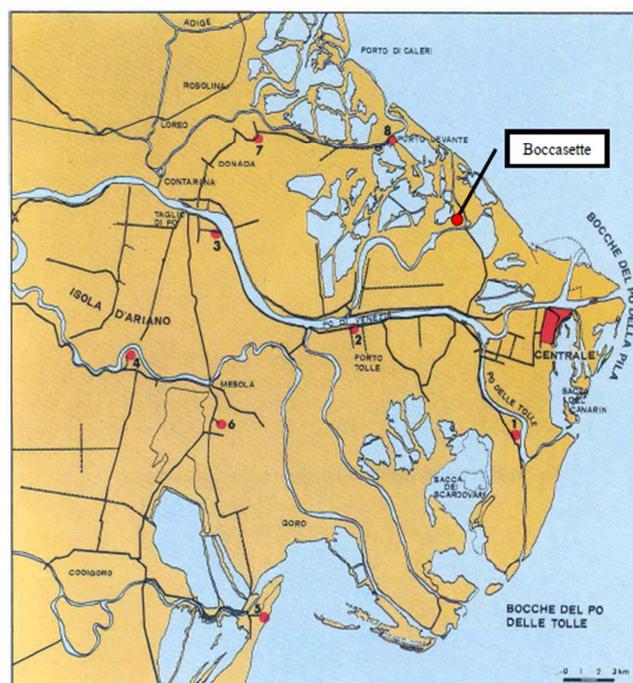
Si riporta nei seguenti paragrafi una sintesi dei piani di monitoraggio, già inviati da Enel alle ARPA di riferimento con nota n. 53905 del 27/12/2010 per loro valutazioni, e a cui si rimanda per maggiori dettagli.

6.2.1 Proposta di Adeguamento della RRQA

Nel comprensorio intorno alla Centrale di Porto Tolle, Enel esercisce una rete di otto postazioni della Rete di Rilevamento della Qualità dell’Aria (RRQA) la cui configurazione attuale è riassunta nella tabella seguente con indicazione dei parametri misurati:

ID	Località	Distanza e direzione dalla Centrale	Caratteristiche anemologiche	Parametri misurati			
				SO ₂	PM10	NOx	Meteo
1	Scardovari	Circa 6.9 km a SSW	Sottovento per venti da NNE	X	-	-	-
2	Cà Tiepolo	Circa 12.8 km a W	Sottovento per venti da Est	X	X	X	-
3	Taglio di Po	21.4 km a W-WNW	Sottovento per venti da E-ESE	X	-	X	-
4	Massenzatica	25.6 km a W-WSW	Sottovento per venti da E-ENE	X	-	-	-
5	Lido di Volano	24.5 km a SW	Sottovento per venti da NE	X	-	-	X
6	Case Ragazzi	21 km a WSW	Sottovento per venti da ENE	X	-	X	-
7	Cà Cappello	21 km a WNW	Sottovento per venti da ESE	X	X	-	-
8	Porto Levante	14.4 km a NW	Sottovento per venti da SE	X	-	-	-
Meteo	Centrale di Porto Tolle	-	-	-	-	-	X

Nella figura sottostante l’ubicazione delle postazioni è indicata dai numeri riportati nella tabella precedente:



Già nel SIA presentato nel 2005 e successive integrazioni, è stato proposto un riassetto che includeva lo spostamento della postazione di Massenzatica (ID 4) a Boccasette.

Durante l'incontro tra Enel, ARPA Emilia Romagna e ARPA Veneto del 05/05/2010 a Rovigo è stato stabilito di apportare ulteriori modifiche alla configurazione della RRQA, come di seguito riassunto:

- viene individuata la collocazione di una centralina fissa rappresentativa di fondo urbano a Mesola (Fe), che dovrà misurare PM₁₀, PM_{2.5}, NO_x, CO, SO₂ e Ozono (punto 1);
- viene eliminata la postazione di Case Ragazzi (FE) della vecchia configurazione, in quanto sarebbe molto vicina a quella di Mesola (punto 2);
- viene individuata la collocazione di una centralina fissa a Ca' Mello (RO), quale punto di massima ricaduta che dovrà misurare PM₁₀, PM_{2.5}, NO_x, CO, SO₂, e Ozono (punto 3);
- alla luce di quanto previsto dalla DGRV n. 687 del 09 marzo 2010, che stabilisce che le centraline Enel verranno prese successivamente in carico da ARPAV, verrà valutata l'integrazione della centralina di Ca' Tiepolo (RO) di Enel con quella di ARPAV, ubicata in località Porto Tolle, in considerazione della loro vicinanza e con l'obiettivo finale di mantenere invariato il numero delle postazioni Enel previste in Decreto VIA (punto 4);
- la definizione di microscala della collocazione delle centraline di Mesola e Ca' Mello verrà concordata rispettivamente con ARPA Emilia Romagna e con ARPA Veneto.

A seguito di tutte le modifiche sopra citate, la proposta dell'adeguamento della RRQA di Enel comporterà la configurazione riassunta nel prospetto sottostante, con indicazione di quella che sarà la dotazione strumentale aggiornata di ciascuna postazione.

Località	Distanza e direzione dalla Centrale	Caratteristiche anemologiche	Parametri misurati						
			SO ₂	PM10	PM2.5	NO _x	CO	Ozono	Meteo
Scardovari	Circa 7 km a SSO	Sottovento per venti da NNE	X	X	-	X	X	X	-
Taglio di Po	Circa 21km a O-ONO	Sottovento per venti da E-ESE	X	X	-	X	X	X	-
Lido di Volano	Circa 25 km a SO	Sottovento per venti da NE	X	X	-	X	X	X	X
Cà Cappello	Circa 21 km a ONO	Sottovento per venti da ESE	X	X	-	X	X	X	-
Porto Levante	Circa 14 km a NO	Sottovento per venti da SE	X	X	-	X	X	X	-
<i>Boccasette</i>	<i>Circa 7 km a NO</i>	<i>Sottovento per venti da SSO</i>	<i>X</i>	<i>X</i>	<i>-</i>	<i>X</i>	<i>X</i>	<i>X</i>	<i>-</i>
<i>Ca' Mello</i>	<i>Circa 8 km a OSO</i>	<i>Sottovento per venti da ENE</i>	<i>X</i>	<i>X</i>	<i>X</i>	<i>X</i>	<i>X</i>	<i>X</i>	<i>-</i>
<i>Mesola</i>	<i>Circa 20 km a OSO</i>	<i>Sottovento per venti da ENE</i>	<i>X</i>	<i>X</i>	<i>X</i>	<i>X</i>	<i>X</i>	<i>X</i>	<i>-</i>
Centrale	-	-	-	-	-	-	-	-	X

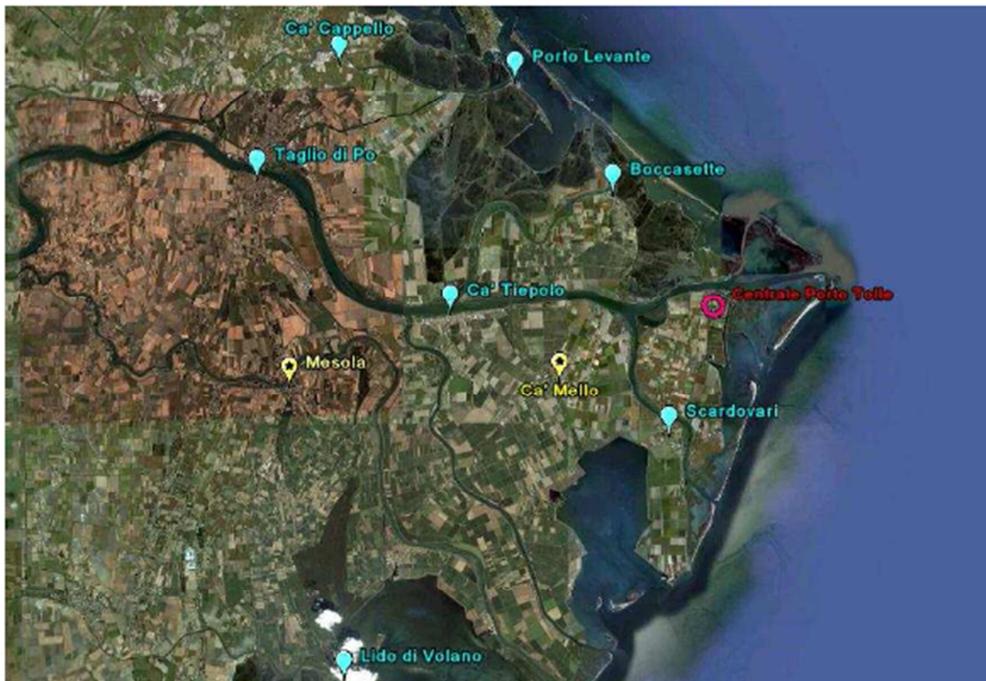
Nel prospetto precedente, le postazioni fisse di nuova ubicazione e i parametri di monitoraggio che saranno integrati in ciascuna postazione sono stati evidenziati in grassetto corsivo. Come si può osservare, il progetto di adeguamento prevede che:

- tutte le postazioni saranno dotate di strumentazione per la misura di SO₂, PM₁₀, NO_x, CO e Ozono ampliando ed integrando i monitoraggi della precedente configurazione della RRQA;

- i parametri meteorologici della RRQA continueranno ad essere acquisiti nella postazione di Lido di Volano e presso la Centrale stessa.

Le strumentazioni di misura saranno contenute in adeguate cabine climatizzate e sarà prevista la trasmissione in automatico dei dati grezzi alla dotazione informatica di elaborazione. I dati elaborati saranno trasmessi alle ARPA di riferimento con il formato e la frequenza che verrà concordata in tavoli tecnici. Infine, le caratteristiche tecniche della strumentazione che andrà ad integrare quella già esistente della RRQA di Enel saranno sottoposta al parere delle ARPA di riferimento e, in particolare, con ARPAV per quanto attiene la RRQA di Enel, in funzione di quanto previsto nella DGRV n. 687 del 09 marzo 2010, in cui si stabilisce che in futuro ARPAV prenderà in carico tali centraline.

L'ubicazione delle postazioni di quella che sarà la configurazione definitiva della RRQA di Enel è mostrata nella figura che segue, evidenziando in giallo le postazioni di Ca' Mello e di Mesola in cui sarà misurato anche il PM_{2.5}. La postazione di Mesola è principalmente dedicata alla misura del PM_{2.5} in un sito di fondo urbano.



6.2.2 Misura delle Polveri nell'area delle banchine

Già nel SIA presentato nel 2005 e successive integrazioni, Enel aveva proposto l'installazione di una postazione di misura delle polveri in area banchine, prendendo in considerazione il monitoraggio delle polveri totali (PTS). Dato che, attualmente, tale valutazione si esplica preferibilmente attraverso la determinazione del PM₁₀, per il quale esistono limiti normativi di riferimento, pare opportuno prendere in considerazione il monitoraggio del PM₁₀ piuttosto che quello delle PTS.

Al fine di monitorare l'eventuale influenza delle operazioni di movimentazione dei materiali della Centrale sulla concentrazione in aria del PM₁₀, si propone pertanto di ubicare una apparecchiatura di monitoraggio in continuo in un punto molto prossimo alle banchine. L'ubicazione esatta sarà concordata con ARPA Veneto, supportata da un sopralluogo di fattibilità, una volta che il cantiere di costruzione della Centrale sarà in fase avanzata nella zona di interesse. Inoltre, essendo la banchina sita in un'area di impianto, i rilievi di PM₁₀ verranno utilizzati per la verifica della salubrità nei luoghi di lavoro, e pertanto saranno confrontati con i limiti di esposizione professionale dei lavoratori¹.

La strumentazione, salvo l'introduzione nel prossimo futuro di nuove tipologie di strumentazione, sarà del tipo a misurazione diffrattometrica, utilizzando il principio della nefelometria ortogonale, o a fotometria laser, utilizzando il sensore a scattering di laser a 90°. In ogni caso, le apparecchiature di misura saranno dotate di acquisitori di dati e di possibilità di trasmissione dei dati via modem o wireless fidelity (Wi-fi) a computer remoti per l'elaborazione e presentazione dei risultati.

La postazione sarà dotata anche di stazione meteorologica per la misura di parametri al suolo, al fine di poter correlare la polverosità ambientale alle effettive emissioni dovute alle movimentazioni dei materiali.

6.2.3 Campagne di rilevamento dei microinquinanti e ricadute al suolo

Con riferimento a quanto già proposto nel SIA del 2005 e successive integrazioni, in relazione al monitoraggio dei microinquinanti in aria ambiente, si propone di adottare uno schema di protocollo di indagine triennale che preveda l'esecuzione di campagne annuali così distribuite nel tempo:

- primo anno - campagna di bianco: effettuazione di due campagne di monitoraggio di microinquinanti in aria, da condursi una in primavera - estate, l'altra in autunno - inverno, ciascuna della durata di 28 giorni consecutivi (4 settimane). Le campagne saranno rappresentative della fase di bianco, ovvero con la Centrale non ancora in esercizio.
- secondo anno – avvio della Centrale: effettuazione di due campagne di monitoraggio di microinquinanti in aria, da condursi una in primavera - estate, l'altra in autunno - inverno, ciascuna della durata di 28 giorni consecutivi (4 settimane). Le campagne saranno rappresentative delle fasi di avviamento dei gruppi della Centrale.
- terzo anno – esercizio commerciale: effettuazione di due campagne di monitoraggio di microinquinanti in aria, da condursi una in primavera - estate, l'altra in autunno - inverno, ciascuna della durata di 28 giorni consecutivi (4 settimane). Le campagne saranno rappresentative della fase di esercizio commerciale della Centrale salvo problemi di collaudo e avvio dei gruppi.

¹ Nel caso di ambienti di lavoro, i pertinenti limiti sono: Polveri non classificate: ACGIH – TWA 3'000 µg/m³ (respirabili); Coal dust – carbone bituminoso: ACGIH – TWA 900 µg/m³ (respirabili).

- quarto anno – esercizio commerciale: effettuazione di due campagne di monitoraggio di microinquinanti in aria, da condursi una in primavera - estate, l'altra in autunno - inverno, ciascuna della durata di 28 giorni consecutivi (4 settimane). Le campagne saranno rappresentative della fase di esercizio della Centrale.

I periodi effettivi di esecuzione delle campagne saranno concordati con le ARPA di riferimento. Ogni campagna di monitoraggio sarà condotta in due postazioni e saranno prelevati campioni di PM₁₀, destinati alla determinazione di: metalli, cationi, anioni ed Idrocarburi Aromatici Policiclici (IPA). Si propone di effettuare le determinazioni dei parametri previsti (metalli, specie ioniche e IPA) in campioni di giorni alterni di ciascuna settimana.

In aggiunta alle campagne di cui sopra, si propone anche un piano di monitoraggio delle ricadute al suolo attraverso la caratterizzazione delle deposizioni atmosferiche umide e secche, raccolte su base mensile utilizzando deposimetri di tipo "bulk", ubicati in due postazioni nell'intorno della Centrale. Le deposizioni verranno caratterizzate per metalli, cationi, anioni ed Idrocarburi Aromatici Policiclici (IPA).

L'attuazione di tale monitoraggio comprenderebbe ed estenderebbe quello proposto da ENEL all'interno del SIA del 2005 e successive integrazioni, che era basato su campagne periodiche annuali per la caratterizzazione delle deposizioni umide e secche, raccolte con campionatori wet&dry. Nella presente proposta si è fatto riferimento, invece, alla normativa nazionale più recente (D.Lgs. 155/10) che prevede invece l'utilizzo di campionatori di tipo "bulk" per il monitoraggio delle ricadute atmosferiche di alcuni metalli e dei microinquinanti organici.

Si propone di caratterizzare le deposizioni atmosferiche in due postazioni, che siano rappresentative di zone che subiscono differenti influenze; in particolare:

- zona rappresentativa delle maggiori ricadute della Centrale (stimata dal modello CALPUFF);
- zona collocata ai margini dell'area di ricaduta delle emissioni della Centrale (stimata dal modello CALPUFF), che può rappresentare un buon indicatore delle deposizioni nelle zone influenzate da altre sorgenti.

Ciascuna postazione sarà dotata di un campionario di tipo "bulk" per metalli e specie ioniche e di un campionario di tipo "bulk" per IPA. Tali campionatori raccolgono insieme le deposizioni umida e secca. Le deposizioni atmosferiche saranno raccolte su base mensile.

6.3 Rete di monitoraggio biologico

Tra le tecniche di monitoraggio della qualità dell'aria, che normalmente sono di tipo strumentale, si può prevedere la progettazione di un sistema di biomonitoraggio della qualità dell'aria in funzione delle caratteristiche del territorio monitorato, come già

proposto ed inviato nel febbraio 2011 (protocollo ENEL-PRO-10/02/2011-0006442) agli Enti Competenti. Tale processo deve considerare i diversi aspetti specifici del contesto di applicazione ed in particolare:

- la situazione territoriale, sia dal punto di vista dell'uso del suolo che da quello della disponibilità di organismi vegetali idonei allo scopo;
- la tipologia e l'ordine di grandezza delle concentrazioni delle sostanze/elementi che possono essere monitorati;
- le potenziali sorgenti delle sostanze/elementi presenti nell'area di interesse;
- la dinamica diffusiva delle emissioni dell'impianto termoelettrico considerate;
- l'esistenza di indagini ambientali pregresse, che hanno utilizzato tecniche assimilabili, la disponibilità di metodiche consolidate (normate o messe a punto nell'ambito di ricerche inter-universitarie) o in corso di normazione, applicabili nel contesto specifico.

L'area di pertinenza ricopre una superficie di 24 x 25 km circa. Dei 600 km² considerati, le terre emerse ed i corpi idrici non marini occupano circa 488 km². Il territorio, ove si collocano centri urbani e industriali a bassa densità abitativa (17,3 km²), ha vocazione principalmente agricola (262,7 km²). La vegetazione naturale occupa circa 15,2 km², mentre ben più ampia, data la realtà fluviale del territorio, è la porzione interessata da zone umide (72,4 km²) e ancor più cospicua quella occupata da corpi idrici (95,3 km²) (Tabella 6.3.1).

Tabella 6.3.1 - Classi Corine Land Cover livello 1 e area di copertura nell'ambito del territorio di pertinenza.

Corine Livello 1	Legenda	Area (ha)
1	Aree artificiali	1.732
2	Aree agricole	26.270
3	Foreste e aree seminaturali	1.515
4	Zone umide	7.239
5	Corpi idrici	9.528
Totale	Terre e corpi idrici non marini	46.286

Le aree di interesse sono quindi costituite in massima parte da aree agricole con limitata disponibilità di elementi vegetali (es. alberi) utilizzabili ai fini del biomonitoraggio.

Bisogna inoltre considerare il particolare andamento della falda superficiale delle aree sia agricole che naturali, che in alcuni casi si trovano sotto il livello del mare/fiume; tale andamento può comportare una notevole variabilità spazio-temporale del contributo dell'assorbimento radicale agli elementi contenuti nelle foglie delle specie arboree. Il fenomeno considerato porta a sconsigliare l'utilizzo del bioaccumulo fogliare come indicatore della diffusione degli elementi in traccia veicolati in aria.

Per quanto riguarda le metodiche da utilizzare, il tipo di bioclima presente nell'area considerata limita la scelta ai protocolli applicativi nazionali in materia di

biomonitoraggio; infatti le norme tecniche disponibili a livello europeo sono quelle tedesche emesse dalla VDI (Verein Deutscher Ingenieure) sotto forma di guidelines che, in qualità del carattere nazionale dell'organismo che le produce, devono essere principalmente applicabili al territorio tedesco. Infatti, la norma VDI 3957 Part 13: 2005-1, che fornisce una proposta di protocollo per il mappaggio della diversità lichenica come indicatore della qualità dell'aria (bioindicazione), a pag. 4 riporta la frase "This method of mapping lichens is adapted to Central European conditions"; è quindi ovvio che quanto prescritto dalla norma non può essere applicato in toto nel territorio italiano, proprio per la sostanziale diversità bioclimatica. Per quanto riguarda i principi utilizzati dalla norma VDI, sempre a pag. 4, al capoverso successivo, viene riportato "A guideline based on the same proposal exists in Italy (ANPA, 2001)". Ovviamente questo non è sinonimo di identità delle due guidelines, ma di sostanziale condivisione dei principi utilizzati. Inoltre, di recente è iniziato il percorso in sede CEN della norma europea nel campo della bioindicazione (CEN WG31/TC264), in cui l'ente normativo italiano (UNI) è rappresentato da membri della Società Lichenologica Italiana ed in particolare dal Dott. Guido Incerti e dal Dott. Paolo Giordani, che sono due degli autori del piano di monitoraggio coordinato dal Prof. Mauro Tretiach; è pertanto importante considerare anche le indicazioni che sono emerse in questa sede.

Per quanto riguarda le sostanze/elementi che possono essere monitorati, sulla base della letteratura disponibile e dei metodi consolidati, si ritiene che la progettazione del biomonitoraggio debba considerare sia i gas fitotossici emessi direttamente dalle varie sorgenti (SO_2 e NO_x) che i principali elementi in traccia che derivano dalle sorgenti antropiche e da quelle naturali (es. suolo). Relativamente agli elementi in traccia, in accordo a quanto previsto per il monitoraggio delle ricadute al suolo, dei microinquinanti e per la caratterizzazione del PM_{10} , si possono considerare Al, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Ti, Zn, V. Occorre però tenere presente che alcuni degli elementi indicati potrebbero essere presenti nei biosensori vegetali a concentrazioni decisamente inferiori ai limiti di rilevabilità consentiti dalle moderne tecniche analitiche.

La conoscenza di sorgenti emissive locali sia di tipo antropico sia di tipo naturale e la considerazione delle sorgenti remote per alcuni elementi (es. Cd) è sicuramente il presupposto per corretta interpretazione dei dati che verranno raccolti dal sistema di biomonitoraggio. Nel caso specifico, le attività emissive antropiche nell'area, oltre alla produzione di energia elettrica, sono l'agricoltura intensiva con l'utilizzo di fertilizzanti, la bruciatura delle stoppie ed il sollevamento delle polveri di suolo, l'essiccazione del foraggio con emissioni di NO_x e SO_2 ed elementi in traccia a seconda del combustibile utilizzato ed il traffico veicolare della SS 309 Romea. La modellazione delle dinamiche diffusive delle emissioni in atmosfera dell'impianto termoelettrico Enel (modello CALPUFF con dati meteo di riferimento anni 2007 – 2009) ha individuato aree di massima influenza

delle sostanze gassose e del particolato in aria che sono ubicate entro un raggio di circa 10 km; inoltre le aree di massima deposizione al suolo di elementi emessi sono ubicate entro un raggio di qualche centinaia di metri dal punto di emissione. I valori stimati, sia nel caso delle concentrazioni in aria che nel caso delle deposizioni, sono relativamente bassi; in particolare per quanto riguarda le deposizioni, si osserva che le quantità come mg/m^2 anno dei vari elementi risultano tali da non determinare, nell'arco di vita di un impianto, variazioni misurabili delle concentrazioni degli stessi elementi nei suoli interessati dai valori massimi (aree ristrette dell'ordine dell'ettaro) (CESI, 2007).

Nel territorio considerato nell'ambito della procedura di VIA sono già state effettuate indagini con le tecniche di biomonitoraggio della qualità dell'aria e, pur evidenziando difficoltà di applicazione delle metodiche normate disponibili (es. Bioindicazione lichenica ANPA, 2001), hanno fornito alcune indicazioni di massima sulla variabilità di alcuni parametri misurati con le tecniche adottate; si tratta di dati che possono essere utilizzati in modo conservativo per orientarsi nella definizione dell'entità dello sforzo campionario.

In conclusione occorre valutare che il territorio da monitorare presenta diverse caratteristiche limitanti per alcune tecniche di biomonitoraggio utilizzate:

- potenziale variabilità spazio-temporale del contributo dell'assorbimento radicale al contenuto fogliare degli elementi indagati, determinata dalla variabilità del livello della falda superficiale, che sconsiglia l'utilizzo del bioaccumulo fogliare delle specie arboree;
- possibilità di interferenza dell'aerosol marino nello sviluppo di bioaccumulatori erbacei coltivati in vaso (es. *Lolium* sp.), che può comportare efficienze di bioaccumulo diverse in funzione della distanza dalla costa.

Pertanto si propone di utilizzare le tecniche che fanno riferimento ai licheni, sia autoctoni che alloctoni, che sono supportate da numerosi lavori sperimentali e da recenti attività di normazione e di studio da parte di gruppi di lavoro inter-universitari italiani.

6.3.1 Struttura del Progetto

Sulla base di quanto esposto nel paragrafo precedente, il *team* di esperti dell'Università di Trieste ha realizzato un progetto del sistema di biomonitoraggio del territorio circostante la centrale termoelettrica di Porto Tolle, articolandolo su tre reti di biosensori, di cui due costituite da biosensori spontaneamente presenti nel territorio (licheni epifiti) ed una da realizzare con un biosensore appositamente collocato (trapianti di licheni fruticosi):

- Rete con i licheni epifiti come bioindicatori. La tecnica fornisce stime sintetiche degli effetti sinergici degli inquinanti atmosferici sulle comunità licheniche epifite. I risultati consistono in indici statistici di diversità biologica e misure di abbondanza delle singole specie licheniche riferite alle stazioni di rilevamento. I dati vengono utilizzati

per la produzione di modelli geostatistici di distribuzione della diversità lichenica, in forma cartografica, correlata agli effetti sinergici degli inquinanti. Il pattern di distribuzione delle diverse specie nel territorio di interesse costituiscono strumenti interpretativi in ragione della diversa sensibilità delle singole specie ai diversi inquinanti, con particolare riferimento ai principali gas fitotossici (SO_2 , NO_x). La tecnica prevede protocolli standardizzati e riconosciuti da ISPRA a livello nazionale (ANPA, 2001) e tutt'ora in fase di normazione in sede europea (CEN WG31/TC264). Mediante una strategia di campionamento stratificato-randomizzata, basata su 4 strati di campionamento identificati da macrocategorie di uso del suolo, sono state identificate 57 stazioni potenzialmente rilevabili, ripartite nei diversi strati proporzionalmente alla loro superficie di copertura. L'effettiva campionabilità delle stazioni dovrà essere verificata durante la fase gestionale del monitoraggio. In caso di assenza dei requisiti prescritti in una o più stazioni, queste potranno essere sostituite utilizzando la lista delle stazioni aggiuntive. In ciascuna stazione dovranno essere effettuati 4 rilievi di biodiversità lichenica, in corrispondenza delle quattro direzioni cardinali, sul tronco di tutti gli alberi idonei, situati entro il perimetro della stazione. Ogni rilievo consiste nella lista di tutte le specie presenti in una stringa verticale di 5 quadrati di 10 cm di lato, con associata la frequenza di ogni specie nell'ambito della stringa. Il numero teorico totale di rilievi da effettuare è quindi di $57 \times 4 = 228$. Per ogni rilievo i dati vanno archiviati compilando un'apposita scheda, in cui, unitamente ai dati relativi all'albero, si riportano le frequenze delle specie rilevate. Per ogni rilievo e per ogni stazione va calcolata la Biodiversità Lichenica, come specificato dal protocollo ISPRA (ANPA, 2001).

- Rete con licheni epifiti autoctoni come bioaccumulatori. La tecnica fornisce misure di concentrazione di elementi in traccia in campioni di talli lichenici spontaneamente presenti nel territorio di interesse. I risultati consentono la stima del pattern di deposizione degli elementi monitorati, riferiti a periodi di tempo relativamente lunghi, corrispondenti alla crescita delle porzioni talline prelevate. Le procedure di campionamento e di determinazione analitica delle concentrazioni sono state recepite da ISPRA in forma di linee guida operative (Nimis e Bargagli, 1998). Il processo di normazione a livello nazionale è in corso di avviamento presso l'Ente Nazionale di Unificazione (UNI). L'applicabilità di tale tecnica nel caso in oggetto è stata confermata da un sopralluogo che ha effettuato una verifica della disponibilità di materiale autoctono della specie *Xanthoria parietina* (L.) Th.Fr. in quantità sufficiente in un numero adeguato di siti idonei al prelievo. La localizzazione delle stazioni di bioaccumulo avverrà per quanto possibile in corrispondenza, o nel sito più immediatamente prossimo entro il medesimo strato di campionamento, a quelle selezionate per la bioindicazione. Per fornire una valutazione della precisione delle osservazioni si ricorrerà a uno studio della variabilità delle concentrazioni degli elementi a livello intra-stazione. A tale scopo sono identificate a priori due stazioni per ciascuno strato di campionamento, disposte a distanza differente dalla sorgente putativa, lungo le direttrici di diffusione principali. In ciascuna stazione si verranno effettuate analisi elementari su 4 aliquote del materiale prelevato, costituenti altrettante repliche per ciascun elemento e per il medesimo sito. Per poter valutare il grado di contaminazione di origine terrigena dei campioni lichenici, si effettueranno

analisi dei medesimi elementi in traccia in campioni di suolo prelevati in corrispondenza di ciascun sito di asporto dei talli lichenici.

- Rete con i licheni epifiti alloctoni come bioaccumulatori. La tecnica fornisce misure di concentrazione di elementi in traccia in campioni di talli lichenici appositamente trapiantati nel territorio di interesse. I talli lichenici vengono prelevati in località remote non soggette a noti fenomeni di contaminazione ed esposti nelle stazioni di monitoraggio per periodi di tempo predeterminati. Rispetto all'utilizzo di licheni autoctoni, questa metodica risolve alcuni limiti operativi, inclusa la dislocazione delle stazioni di esposizione, che può essere pianificata in funzione del contesto specifico di applicazione. Inoltre è possibile seguire con precisione le dinamiche delle deposizioni, selezionando opportunamente la cadenza temporale e la durata dei periodi espositivi. Le applicazioni che utilizzano i trapianti lichenici possono quindi essere ripetute con elevata frequenza temporale (mensile, stagionale, semestrale, etc.) e sono particolarmente indicate in caso di studi ex-post. Le procedure metodologiche sono del tutto analoghe a quelle illustrate per i licheni autoctoni limitatamente alla fase di determinazione analitica degli elementi in traccia, già recepita in sede di standardizzazione (Nimis & Bargagli, 1998). Riguardo alla fase di raccolta ed esposizione dei campioni, le procedure sono ancora in fase di standardizzazione, ma la letteratura scientifica sull'argomento è storicamente vasta e documenta numerose esperienze in diversi contesti territoriali (per una review nazionale v. Loppi, 2006). Si ricorrerà all'esposizione di materiale monospecifico di *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf var. *furfuracea* o, in alternativa, di *Evernia prunastri* L. (Ach.). La scelta dell'una o dell'altra specie viene demandata alla fase gestionale del monitoraggio, in relazione alle esigenze organizzative dei soggetti esecutori, riguardo alla reperibilità, preparazione ed esposizione dei campioni. I campioni dovranno essere esposti lungo 3 transetti due dei quali disposti sulle direttrici principali di diffusione delle emissioni, ed uno, di controllo, lungo una direzione potenzialmente non soggetta, tutti centrati sulla sorgente putativa. La definizione dei transetti è stata predisposta utilizzando sia i risultati della modellistica diffusionale, sia le serie storiche dei dati anemometrici rilevati a terra, riferiti alla stagionalità di esposizione dei campioni. Si prevede l'allestimento di 6 stazioni per ciascun transetto, localizzate a distanza crescente dalla sorgente putativa entro un raggio massimo di 20 km, costituite da appositi espositori, sui quali fissare i talli lichenici ad un'altezza di quattro metri dal suolo, per evitare eventuale contaminazione derivante da sollevamento di polveri terrigene. Riguardo alla stima della possibile contaminazione terrigena durante il periodo di esposizione, si prevede di effettuare l'analisi di campioni di suolo prelevati in corrispondenza di ciascuna stazione, in analogia a quanto riportato per il bioaccumulo con licheni autoctoni. Il piano di campionamento dovrà essere integrato con misure effettuate su 12 campioni di materiale biologico non esposto in campo, per valutare il grado di contaminazione preesistente nella matrice biologica utilizzata per le singole esposizioni. Per quanto riguarda la qualità delle misure e la valutazione del rapporto tra le concentrazioni degli elementi in aria e nei campioni esposti, si ricorrerà all'utilizzo di un numero aggiuntivo di stazioni di bioaccumulo attivo, in corrispondenza alle postazioni di misura strumentale previste dal piano integrato di monitoraggio della qualità dell'aria, la cui localizzazione verrà concordata durante la fase di gestione del monitoraggio. Per valutare la precisione delle osservazioni

effettuate sui campioni biologici, si effettuerà uno studio della variabilità locale a livello di singola stazione, basato sull'effettuazione di misure analitiche replicate su 4 campioni nell'ambito della stessa stazione. Per descrivere le dinamiche temporali di deposizione ed accumulo, si attuerà l'esposizione dei campioni per due periodi non consecutivi di 3 mesi ciascuno, identificati in base alle dinamiche climatiche mensili, corrispondenti ai periodi giugno - agosto e dicembre - febbraio.

In generale, l'elaborazione dei dati prevede tecniche di statistica descrittiva, analisi della varianza, analisi multivariata (classificazione ed ordinamento) e cartografia computerizzata. Per tutti gli studi i risultati della prima campagna dovranno essere considerati non solo ai fini del monitoraggio, ma anche come riferimento per la valutazione della qualità del dato, in termini di livello di precisione delle stime, dipendenti dal numero e dallo schema di posizionamento delle stazioni di monitoraggio. Durante la fase gestionale dovranno essere specificati i valori relativi al livello di probabilità e al corrispondente intervallo di confidenza dei parametri di interesse di ciascuna tecnica applicativa. Per le campagne successive alla prima, tali valori dovranno essere confrontati con i risultati ottenuti nelle prime campagne. Queste verranno pertanto considerate vere e proprii studi pilota, ai fini dell'ottimizzazione delle reti di monitoraggio per le attività successive.

6.4 Riferimenti normativi e fonti

Decreto 12 luglio 1990 "Linee guida per il contenimento delle emissioni degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione".

Decreto 20 maggio 1991 "Criteri per la raccolta dei dati inerenti la qualità dell'aria".

Decreto 21 dicembre 1995 "Disciplina dei metodi di controllo delle emissioni in atmosfera dagli impianti industriali".

Anpa, 2001 Manuale Operativo I.B.L. (Indice di Biodiversità Lichenica).

Castello M., Cenci R.M., Gerdol R. - 1999 Proposte di normative per l'uso di briofite quali bioaccumulatori di metalli in traccia Workshop ANPA "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale", Atti 2/1999.

Nimis P.L., 1999 "Metodologia per la bioindicazione della qualità dell'aria tramite licheni epifiti basata sulla misura della biodiversità", Workshop ANPA "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale", Atti 2/1999.

Nimis P.L., Bargagli R., 1999 "Metodologia per l'utilizzo di licheni epifiti come bioaccumulatori di metalli in traccia", Workshop ANPA "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale", Atti 2/1999.

Piervittori R., 1999 "Licheni come bioindicatori della qualità dell'aria: stato dell'arte in Italia", Workshop ANPA, "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale", Atti 2/1999.

VDI 3957 Part 2 Vorentwurf Nr1, 1999 "Verfahren der standardisierten Graskultur. Verein Deutscher Ingenieure".

Decreto legislativo 4 agosto 1999, n.351 "Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e gestione dell'aria ambiente".

Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n.155 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" (GU n. 216 del 15 settembre 2010 - Suppl. Ordinario n. 217).