



*Sito: Raffineria Sarroch (Cagliari)*

**IMPIANTO: Complesso "Raffineria + IGCC "**

**Gestore: SARAS SPA**

**Categoria: IPPC 1.2: Raffineria**

**IPPC 1.1: IGCC**

## **DOMANDA DI AUTORIZZAZIONE INTEGRATA AMBIENTALE**

AI SENSI DEL D.LGS. N.59 DEL 18 FEBBRAIO 2005

### **Scheda E - Allegato E.4**

*Piano di monitoraggio e controllo*



ICARO

Gennaio 2007

---



## INDICE

<b>FINALITA' DEL PIANO</b>	<b>5</b>
Sistemi Ambientali Indagati	6
<b>STRUTTURA DEL PIANO</b>	<b>6</b>
Articolazione dei Documenti relativi alle singole Campagne di Monitoraggio	8
<b>A) MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA</b>	<b>10</b>
<b>1.1 MONITORAGGIO IN CONTINUO DEI FUMI DELLE EMISSIONI</b>	<b>10</b>
1.1.1 <i>Monitoraggio continuo emissioni IGCC</i>	10
1.1.2 <i>Monitoraggio continuo emissioni camino centralizzato</i>	18
<b>1.2 CAMPAGNE PERIODICHE EMISSIONI IN ATMOSFERA</b>	<b>23</b>
1.2.1 <i>Scopo dell'indagine</i>	23
1.2.2 <i>Adempimenti</i>	28
1.2.3 <i>Responsabilità</i>	28
1.2.4 <i>Metodologie utilizzate</i>	29
1.2.5 <i>Formato dei risultati</i>	32
<b>1.3 MONITORAGGIO EMISSIONI DIFFUSE E FUGGITIVE</b>	<b>40</b>
1.3.1 <i>Scopo dell'indagine</i>	40
1.3.2 <i>Metodologie utilizzate</i>	40
<b>1.4 MONITORAGGIO DEGLI ODORI</b>	<b>45</b>
1.4.1 <i>Scopo dell'indagine</i>	45
1.4.2 <i>Responsabilità</i>	51
1.4.3 <i>Metodologie utilizzate</i>	51
<b>2.1 MONITORAGGIO ARIA AMBIENTE TRAMITE CENTRALINE FISSE</b>	<b>54</b>
2.1.1 <i>Scopo dell'indagine</i>	54
2.1.2 <i>Adempimenti</i>	55
2.1.3 <i>Responsabilità</i>	61
2.1.4 <i>Metodologie utilizzate</i>	61
2.1.5 <i>Formato dei risultati</i>	62
<b>2.2 MONITORAGGIO PERIODICO MICROINQUINANTI</b>	<b>65</b>
2.2.1 <i>Scopo dell'indagine</i>	65
2.2.2 <i>Adempimenti</i>	67
2.2.3 <i>Responsabilità</i>	68
2.2.4 <i>Metodologie utilizzate</i>	68
2.2.5 <i>Formato dei risultati</i>	72
<b>2.3 MONITORAGGIO PERIODICO DEPOSIZIONE POLVERI</b>	<b>76</b>
2.3.1 <i>Scopo dell'indagine</i>	76
2.3.2 <i>Adempimenti</i>	78
2.3.3 <i>Responsabilità</i>	79



2.3.4	<i>Metodologie utilizzate</i>	79
2.3.5	<i>Formato dei risultati</i>	79
<b>2.4</b>	<b>MONITORAGGIO PERIODICO AEROSOL SALINO</b>	<b>81</b>
2.4.1	<i>Scopo dell'indagine</i>	81
2.4.2	<i>Adempimenti</i>	82
2.4.3	<i>Responsabilità</i>	83
2.4.4	<i>Metodologie utilizzate</i>	83
2.4.5	<i>Formato dei risultati</i>	84
<b>3</b>	<b>APPLICAZIONE MODELLI DI CALCOLO RICADUTE EMISSIONI IN ATMOSFERA</b>	<b>85</b>
3.1	Obiettivi	85
3.2	Dati	85
3.3	Modello di simulazione	85
3.4	SVILUPPO PREPROCESSORE METEOROLOGICO	94
3.5	PREPARAZIONE FILE DI INPUT PER PREPROCESSORE METEOROLOGICO E MODELLO AERMOD 96	
3.6	MODELLAZIONE	96
3.8	DATABASE	97
3.9	PREPARAZIONE REPORTISTICA	98
4.1	<i>Scopo dell'indagine</i>	99
4.2	<i>Adempimenti</i>	99
4.3	<i>Responsabilità</i>	100
4.4	<i>Metodologie utilizzate</i>	100
4.5	<i>Formato dei risultati</i>	101
<b>5</b>	<b>MONITORAGGIO INQUINAMENTO ACUSTICO</b>	<b>103</b>
5.1	Scopo dell'indagine	103
5.2	Adempimenti	107
5.3	Responsabilità	111
5.4	Metodologie utilizzate	111
5.4.1	<i>Introduzione</i>	111
5.4.2	<i>Parametri rilevati</i>	111
5.4.3	<i>Attrezzature utilizzate</i>	113
5.5	Formato dei risultati	113
<b>B)</b>	<b>MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ACQUA</b>	<b>116</b>
<b>1</b>	<b>MONITORAGGIO ACQUE DI SCARICO</b>	<b>117</b>
1.1	Scopo dell'indagine	117



1.2	Adempimenti	117
1.3	Metodologie utilizzate	117
<b>2</b>	<b><i>MONITORAGGIO ACQUE SOTTERRANEE</i></b>	<b>120</b>
2.1	Scopo dell'indagine	120
1.2	Metodologie utilizzate	120
<b>3</b>	<b><i>MONITORAGGIO ACQUE DI MARE</i></b>	<b>130</b>
3.1	Scopo dell'indagine	130
3.2	Adempimenti	131
3.3	Responsabilità	132
3.4	Metodologie utilizzate	132
3.5	Formato dei risultati	139



## INTRODUZIONE

La redazione di un Piano di Monitoraggio e Controllo è prevista dal Decreto Legislativo 18 febbraio 2005, n. 59 recante "Attuazione integrale della Direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento" (G.U. n. 93 del 22/04/2005 – Supplemento Ordinario n. 72).

Il presente Piano di Monitoraggio e Controllo viene predisposto per le categorie IPPC 1.2 – Raffineria e IPPC 1.1 IGCC (oggetto della presente domanda di autorizzazione) dello Stabilimento di Sarroch della Saras SpA.

Il presente Piano di Monitoraggio e Controllo è stato definito sulla base delle attività di monitoraggio già in essere e sulla base delle indicazioni della Linea Guida in materia di "Sistemi di monitoraggio" che costituisce l'Allegato II del Decreto 31 gennaio 2005 recante "Emanazione di linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili, per le attività elencate nell'Allegato I del Decreto Legislativo 4 agosto 1999, n.372" (G.U. n. 135 del 13/06/2005).

Con il termine "monitoraggio" si intende la rilevazione sistematica delle variazioni di una specifica caratteristica chimica o fisica di emissione, scarico, consumo, parametro equivalente o misura tecnica. Esso si basa su misurazioni e osservazioni ripetute con una frequenza appropriata, in accordo con procedure documentate e stabilite, con lo scopo di fornire informazioni utili.

Il termine "controllo" ha invece un significato diverso, rappresentando il complesso di azioni per valutare o verificare un valore o un parametro o uno stato fisico in modo da confrontarlo con una situazione di riferimento o per determinare irregolarità.

Il controllo costituisce una forma di verifica della conformità di un dato oggetto (impianto, apparato, attività, prodotto) ad un paradigma normativo predeterminato. Può essere svolto in forma *preventiva*, anticipando la realizzazione dell'oggetto e valutandone anticipatamente i requisiti sulla base del progetto, o in forma *successiva*, una volta che l'oggetto è stato posto in opera.

## FINALITA' DEL PIANO

In attuazione dell'art.7 (condizioni dell'Autorizzazione Integrata Ambientale), comma 6 (requisiti di controllo) del citato D.lgs. n.59 del 18 febbraio 2005, il presente Piano di Monitoraggio e Controllo ha la finalità principale della verifica di conformità dell'esercizio dell'impianto alle condizioni prescritte nell'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) che verrà rilasciata per le attività IPPC dello stabilimento e farà pertanto parte integrante dell'Autorizzazione.

Va precisato che molte delle attività di monitoraggio inserite in questo Piano venivano effettuate già prima della presentazione della domanda per l'ottenimento dell'Autorizzazione Integrata Ambientale, poiché rientravano nel Piano di Monitoraggio richiesto dal Ministero dell'Ambiente in seguito al giudizio positivo circa la compatibilità ambientale per il "Progetto di modifica della Raffineria con gassificazione degli idrocarburi pesanti per la produzione di energia in cogenerazione" (DEC/VIA/2025) e più in generale nella politica Saras di miglioramento delle performance ambientali con attività di monitoraggio e controllo ambientale sviluppate in proprio integrando e completando le attività prescritte.

La Saras, infatti, realizza da tempo numerose attività di monitoraggio ambientale, in accordo con il proprio Piano di Monitoraggio, operativo da circa un decennio. Le attività di monitoraggio includono controlli sia sulle emissioni dallo stabilimento, sia sullo stato di qualità dell'ambiente circostante.



Per quanto riguarda l'atmosfera, sono effettuati monitoraggi in continuo dei principali inquinanti emessi dal camino dell'IGCC e dal camino centralizzato della raffineria. Monitoraggi periodici sono effettuati sugli altri punti di emissione e per il controllo di microinquinanti.

La qualità dell'aria nell'ambiente esterno è monitorata da tre reti di monitoraggio, di cui una gestita dalla Provincia di Cagliari, una gestita dalla Saras ed una gestita da Polimeri Europa. Le stazioni della rete Saras sono quattro (Villa d'Orri, Sarroch, Porto Foxi a Deposito Nazionale) e sono attrezzate per misurare in continuo la concentrazione nell'aria dei seguenti inquinanti: SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>S, PM10, Ozono e idrocarburi metanici e non metanici.

Attività di monitoraggio sono effettuate sugli scarichi idrici dal sito e nell'ambiente marino, per il controllo dei parametri chimico-fisici e di indicatori di tipo biologico.

Periodicamente sono effettuati monitoraggi del rumore sia nell'ambiente di lavoro sia nell'ambiente esterno, in prossimità dei confini dello stabilimento.

### ***Sistemi Ambientali Indagati***

Come già anticipato nel paragrafo precedente, il piano di monitoraggio della SARAS prevede l'indagine di singoli parametri (concentrazioni di inquinanti, presenza-assenza-abbondanza di specie, stato di salute di determinati organismi) nell'ambito di due sistemi ambientali:

- ***Atmosfera***
- ***Acque ed Ecosistema marino***

### **STRUTTURA DEL PIANO**

Il Piano di monitoraggio è articolato in due sezioni (A e B), la prima relativa al monitoraggio della qualità dell'aria, la seconda relativa al monitoraggio della qualità dell'acqua.

La sezione A è a sua volta divisa nei seguenti capitoli:

#### **1 Sistema di Monitoraggio delle Emissioni**

- 1.1 Monitoraggio in continuo dei fumi delle emissioni
- 1.2 Campagne periodiche di misura e caratterizzazione delle emissioni in atmosfera di inquinanti e microinquinanti di cui alle linee guida del D.Lgs 152 del 03/04/2006 (ex D.M.12 luglio 1990)
- 1.3 Monitoraggio delle emissioni diffuse e fuggitive
- 1.4 Monitoraggio degli odori

#### **2 Monitoraggio della qualità dell'aria**

- 2.1 Centraline fisse per il monitoraggio della qualità dell'aria ambiente
- 2.2 Campagne periodiche per il controllo dell'inquinamento ambientale all'interno e all'esterno della Raffineria dovuto a microinquinanti (furani, IPA, metalli pesanti)



2.3 Campagne periodiche per il controllo dell'inquinamento ambientale all'interno e all'esterno della Raffineria dovuto alla deposizione delle polveri

2.4 Campagne periodiche per il controllo dell'inquinamento ambientale all'interno e all'esterno della raffineria dovuto all'aerosol salino

**3 Applicazione dei modelli di calcolo delle ricadute delle emissioni in atmosfera**

**4 Monitoraggio dello stato di salute della vegetazione.**

**5 Monitoraggio dei livelli di rumore in corrispondenza delle abitazioni più vicine alla raffineria**

La sezione B è a sua volta divisa nei seguenti capitoli relativi al monitoraggio della qualità di:

1. Acque di scarico
2. Acque sotterranee
3. Acque di mare

#### ***Personale coinvolto nel progetto***

Il presente piano di monitoraggio è stato sviluppato da SARAS in collaborazione con la Sartec SpA.

Date la varietà e la complessità degli argomenti oggetto del monitoraggio, è stato necessario in alcuni casi definire metodologie di indagine specifiche per il caso in esame; per lo sviluppo di alcuni punti del piano sono stati, quindi, coinvolti specialisti esterni, esperti nei diversi settori.

#### ***Referente ed esperti coinvolti nella definizione e gestione del Piano di Monitoraggio***

Il referente della definizione e gestione del Piano di Monitoraggio è il Servizio Prevenzione e Protezione (SPP) della Raffineria. Il Servizio cura quindi anche gli aspetti di coordinamento e i rapporti con gli enti esterni. Le indagini sono condotte, secondo le tematiche affrontate, con la consulenza di Esperti o Enti esterni e con la partecipazione diretta di Esperti interni.

Per quanto riguarda gli Esperti esterni è prevista la partecipazione di docenti universitari, liberi professionisti e laboratori di analisi qualificati.

Le indagini relative al capitolo 4 della sezione A (stato di salute della vegetazione) sono attuate con il Dipartimento di Scienze Botaniche dell'Università di Cagliari.

L'esperto delle indagini relative al capitolo 4 della sezione B (stato di salute dell'ambiente marino) è il dott. Carlo Cottiglia, biologo.

Le indagini che richiedono analisi chimiche su emissioni gassose, concentrazioni atmosferiche di aerosol salino, campioni di acqua marina, sedimenti e altro sono affidate al laboratorio della SARTEC SpA, Divisione Ricerche.

Gli esperti interni sono individuati nelle funzioni di Raffineria, alle quali normalmente compete la gestione del particolare aspetto considerato nel punto del monitoraggio in esame.

Per quanto riguarda i controlli che di routine vengono effettuati agli impianti di servizio e/o alla relativa strumentazione di controllo, restano di competenza dei vari servizi ausiliari di raffineria, sempre con il coordinamento del Servizio Prevenzione e Protezione (SPP).



### ***Criteria di Impostazione del Monitoraggio***

Il piano di monitoraggio è stato impostato sulla base:

- di obblighi normativi,
- delle attività già in atto in ottemperanza alle richieste del Ministero, in seguito al giudizio positivo circa la compatibilità ambientale per il "Progetto di modifica della Raffineria con gassificazione degli idrocarburi pesanti per la produzione di energia in cogenerazione" (DEC/VIA/2025),
- di precedenti indagini svolte nell'area di interesse,
- di valutazioni effettuate in base all'apporto diretto di esperti di singoli settori,
- di esperienze sviluppate per altri siti con metodologie adattabili al sito e alla problematica in esame.

A questo scopo, come precisato in precedenza ci si è avvalsi della collaborazione diretta degli esperti coinvolti nel gruppo di lavoro, ma anche di contatti con altri specialisti (Università, Enti Pubblici di controllo, Laboratori di Analisi).

Per alcuni argomenti sono previsti criteri, metodologie di controllo e valori di riferimento dei parametri controllati: ad esempio per il monitoraggio delle emissioni in atmosfera e per il controllo degli scarichi idrici si fa riferimento a linee guida Nazionali.

Per altri punti del monitoraggio, invece non esistono criteri e metodologie standardizzate, come ad esempio nel caso del monitoraggio dell'aerosol salino; pertanto, è necessario definire criteri e metodologie in relazione agli obiettivi del monitoraggio.

Nei documenti che descrivono le campagne di monitoraggio relative ai singoli punti sono stati, quindi, citati i metodi di indagine e di analisi qualora tali metodi risultassero standardizzati, mentre sono stati descritti in dettaglio i metodi specificamente elaborati.

Per quanto riguarda la periodicità delle indagini, per ogni punto del monitoraggio sono stati adottati criteri specifici.

### ***Articolazione dei Documenti relativi alle singole Campagne di Monitoraggio***

I documenti relativi ai vari punti della campagna di monitoraggio sono articolati secondo il seguente schema generale, in accordo all'Allegato II del D.M. 31/01/2005:

#### ***1. Scopo dell'indagine***

#### ***2. Adempimenti***

intesi come obblighi normativi e richieste del Ministero dell'Ambiente;

#### ***3. Responsabilità del monitoraggio***

#### ***4. Metodologie utilizzate***

indicazioni sulla ubicazione dei punti di campionamento e/o analisi, sulla periodicità e la frequenza delle indagini, sui parametri da controllare e sulle relative metodologie di controllo, prelievo ed analisi;

#### ***5. Formato dei risultati***



### *Gestione dei risultati*

L'attuazione del piano di monitoraggio è gestito dal *Servizio Prevenzione e Protezione* (SPP) della SARAS.

Infatti, tra le attività già attualmente di competenza dell'SPP sono presenti:

- il controllo e la verifica del rispetto delle normative e delle autorizzazioni in campo ambientale da parte della raffineria,
- la predisposizione del Rapporto di Sicurezza ai fini della Prevenzione degli Incidenti Rilevanti,
- la predisposizione di indagini di valutazione dei rischi per la salute dei lavoratori sul luogo di lavoro (rumore, microinquinanti, sostanze pericolose, ecc).

L' SPP, in funzione di referente delle indagini, si occupa di coordinare lo svolgimento delle attività e riceve dai responsabili dell'esecuzione delle singole campagne i risultati ottenuti, secondo le modalità definite nei documenti contenuti nel presente documento.



## **A) MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA**

Il monitoraggio della qualità dell'aria presso la raffineria SARAS viene realizzato attraverso la combinazione di:

- Misure dirette in continuo
- Misure dirette discontinue (periodiche e sistematiche)
- Calcoli sulla base di parametri operativi
- Calcoli sulla base di fattori di emissione

Per alcune tipologie di emissioni, ad esempio le emissioni diffuse e fuggitive, le misure sono basate su calcoli o fattori di emissione, per le emissioni convogliate sono dirette in continuo e dirette discontinue a seconda dei parametri e dell'impianto considerato.

Le finalità primarie del monitoraggio sono:

- La valutazione di conformità rispetto ai limiti emissivi prescritti
- La raccolta dei dati ambientali richiesti dalla normativa IPPC e da altre normative europee e nazionali nell'ambito delle periodiche comunicazioni alle autorità competenti
- La comunicazione ambientale richiesta dalla certificazione ISO 14001
- La contabilizzazione delle emissioni richiesta dalla vigente normativa in materia di tasse ambientali sulle emissioni
- La comunicazione degli esiti dello stesso Piano al Ministero dell'Ambiente.

Di seguito si riportano i controlli che sono eseguiti.

## **1 SISTEMA DI MONITORAGGIO DELLE EMISSIONI**

### **1.1 MONITORAGGIO IN CONTINUO DEI FUMI DELLE EMISSIONI**

Presso lo stabilimento Saras sono monitorati in continuo le emissioni del Camino dell'IGCC e del camino Centralizzato di Raffineria.

È prevista la realizzazione di sistemi di monitoraggio in continuo per gli inceneritori Z3-F2 e Z4-F2 e per il camino di CCR e alchilazione. Inoltre al dicembre 2010 è prevista la realizzazione del sistema di monitoraggio in continuo delle emissioni del nuovo camino centralizzato.

#### **1.1.1 Monitoraggio continuo emissioni IGCC**

##### **1.1.1.1 Scopo dell'indagine**

Il monitoraggio in continuo delle emissioni dell'impianto IGCC è relativo ai seguenti parametri:

- portata
- ossidi di zolfo (come SO<sub>2</sub>)
- ossidi di azoto (come NO<sub>2</sub>)
- polveri



- ossido di carbonio
- temperatura
- ossigeno

In particolare le richieste del Ministero dell'Ambiente relativamente alle emissioni dell'impianto IGCC riportate al punto *b)* del giudizio di Compatibilità Ambientale del 28.12.1994 (documento DEC/VIA/2025), ribadite nel successivo documento del 24.03.1995 protocollo 845/95/SIAR sono:

- dovrà essere effettuato il monitoraggio in continuo dei fumi per quanto riguarda le emissioni di ossidi di zolfo come SO<sub>2</sub>, ossidi di azoto come NO<sub>2</sub>, CO e polveri, nonché quello della temperatura e dell'ossigeno
- le concentrazioni di biossido di zolfo (espresso come SO<sub>2</sub>) nei fumi non dovranno superare il valore di 60 mg/Nm<sup>3</sup> (su base secca con ossigeno al 15%),
- le concentrazioni degli ossidi di azoto nei fumi non dovranno superare il valore di 60 mg/Nm<sup>3</sup> (su base secca con ossigeno al 15%),
- le concentrazioni delle polveri nei fumi non dovranno superare il valore di 10 mg/Nm<sup>3</sup> (su base secca con ossigeno al 15%),
- le concentrazioni di monossido di carbonio nei fumi non dovranno superare il valore di 30 mg/Nm<sup>3</sup> (su base secca con ossigeno al 15%)

Inoltre il punto *c)* del giudizio di Compatibilità Ambientale del 28.12.1994 (documento DEC/VIA/2025), prevede il rispetto dei seguenti valori massimi di emissione intesi come bolla di stabilimento, riferiti al complesso della raffineria con l'impianto IGCC e a un tenore di ossigeno del 3% per tutti i camini della raffineria e del 15% per i tre camini dell'impianto IGCC:

	<i>Flussi di massa, tonn/anno</i>			
	<i>SO<sub>2</sub></i>	<i>NO<sub>x</sub></i>	<i>PTS</i>	<i>CO</i>
Complesso raffineria + IGCC	16000	5000	900	1700

Per il controllo degli altri inquinanti e microinquinanti di cui al D.M. 12 luglio 1990 (abrogato dal *D.Lgs. 3 aprile 2006 n° 152*) nelle emissioni dell'impianto IGCC, sono previste campagne periodiche (semestrali) di misura e caratterizzazione delle emissioni.

**1.1.1.2 Adempimenti**

Per il monitoraggio in oggetto esistono gli obblighi normativi di seguito riportati:

*D.Lgs. 3 aprile 2006 n° 152*

Norme in materia ambientale

che abroga le norme:



*D.P.R. 24 maggio 1988 n° 203*

Attuazione delle direttive CEE 80/779, 82/884, 84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali ai sensi dell'art. 15 della L. 183/87

*D.M. 8 maggio 1989*

Limitazioni alle emissioni nell'atmosfera di taluni inquinanti originati dai grandi impianti di combustione

*D.M. 12 luglio 1990*

Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione (Allegato 3B)

*D.M. 21 dicembre 1995*

Disciplina dei metodi per il controllo delle emissioni in atmosfera dagli impianti industriali (sistemi di rilevamento in continuo)

Inoltre vanno rispettate le richieste espresse dal Ministero dell'Ambiente in fase di autorizzazione, già riportate nel precedente paragrafo.

#### **1.1.1.3 Responsabilità**

Il Servizio SPP della SARAS ha la responsabilità del coordinamento e della gestione di tutta l'attività.

#### **1.1.1.4 Metodologie utilizzate**

Per l'impianto IGCC sono presenti 3 sistemi di analizzatori dedicati all'analisi degli effluenti gassosi in uscita da ciascuno dei tre gruppi di produzione dell'energia elettrica e del vapore.

I sistemi includono campionatori, analizzatori e sistemi di acquisizione, registrazione, validazione ed elaborazione dati.

I parametri registrati sono: SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, polveri, O<sub>2</sub>, temperatura e portata.

Le caratteristiche generali degli analizzatori per la misura di SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> e CO sono le seguenti:



Tipo di strumentazione	Estrattiva
Principio di misura	Infrarosso (NDIR)
Periodo di attività senza interventi manutentivi	Maggiore di 7 giorni
Portata di campionamento	10-100 litri/ora
Range di misura SO <sub>2</sub>	0-500 mg/Nm <sup>3</sup>
Range di misura NO <sub>2</sub>	0-300 mg/Nm <sup>3</sup>
Range di misura CO	0-8000 mg/Nm <sup>3</sup>
Valore minimo rilevabile	<1% fondo scala
Drift dello zero	<1% fondo scala ogni 7 giorni
Span drift	<1% fondo scala ogni 7 giorni
Errore totale (drift+linearità)	<2% fondo scala ogni 7 giorni
<i>Tempo di risposta (90% valore finale)</i>	<20 sec max

L'**ossigeno** è rilevato da 3 appositi analizzatori con le seguenti caratteristiche tecniche:

<i>Principio di misura</i>	<i>paramagnetico</i>
<i>Range di misura O<sub>2</sub></i>	<i>0-25 %vol O<sub>2</sub></i>
<i>Tempo di risposta (90% valore finale)</i>	<i>&lt;3,5 sec</i>

Sono inoltre installati:

- tre dispositivi di misura della portata dei gas con sonda di misura basata sulla misura della pressione differenziale;
- tre rilevatori di temperatura installati direttamente sul camino (termocoppie) con range di misura da 0 a 400°C;
- tre rilevatori di polveri di tipo in situ basati su assorbimento nel visibile.

I campioni prelevati in quota sono trasferiti alla strumentazione di misura per mezzo di linee di trasporto controllate e riscaldate. In tal modo il gas viene mantenuto ad una temperatura al di sopra di quella di condensazione dei composti acidi, in modo da prevenire la condensazione e la perdita di componenti significative che devono essere monitorate.

La sezione di campionamento è accessibile ed agibile per le operazioni di rilevazione con le necessarie condizioni di sicurezza.



Tutta la strumentazione del sistema è controllata da tecnici specializzati con frequenza giornaliera. Le operazioni di manutenzione sono annotate su di un apposito registro.

### Certificazioni

Tutte le attrezzature sono scelte in accordo agli standard di sicurezza e di certificazione vigenti, comprese la marcatura CE e la relativa documentazione.

Per la calibrazione automatica l'analizzatore è dotato di speciali celle di calibrazione approvate dal TUV (ente di certificazione tedesco).

### Calibrazione

Ogni analizzatore ha un sistema di calibrazione in campo, automatico, interno, costituito da speciali celle riempite di gas di calibrazione che garantiscono un'autonomia di almeno un anno.

Oltre alla calibrazione automatica è possibile anche effettuare la calibrazione manuale degli strumenti.

### Sistema di acquisizione validazione ed elaborazione dati

Le rilevazioni sono visualizzate dal sistema di controllo remoto dell'impianto (DCS). E' presente un software dedicato alla acquisizione e gestione completa dei dati.

In particolare il sistema nel suo complesso, come richiesto dalla normativa, consente:

- la gestione della segnalazione di allarme e/o anomalie provenienti dalle varie apparecchiature;
- la gestione delle operazioni di calibrazione automatica
- l'elaborazione dei dati e la redazione di tabelle in formato idoneo per il confronto con i limiti secondo i criteri richiesti dalla normativa.

### Segnalazioni di allarme

La gestione dei segnali di allarme avviene tramite avvisi sul video del sistema remoto di gestione, nelle forme seguenti:

- presentazione di tutti i superamenti delle soglie impostate relativamente a ciascun intervallo temporale di elaborazione dati (tempo reale, orario, giornaliero, mensile);
- presentazione dei segnali di allarme in una pagina dedicata che riporta il tempo di inizio e di fine e lo stato dell'allarme;
- visualizzazione sulla pagina corrente dell'eventuale allarme attivo;
- memorizzazione di tutti i segnali di allarme nel corso di un anno;
- possibilità di stampa dei segnali riconosciuti di allarme.



#### 1.1.1.5 Formato dei risultati

Il sistema è in grado di fornire le seguenti informazioni:

- presentazione dei valori misurati in tempo reale con l'eventuale superamento della soglia di prudenza puntuale;
- presentazione dei valori medi orari con l'eventuale superamento della soglia di prudenza media oraria;
- presentazione dei valori medi giornalieri (24 h) con l'eventuale superamento della soglia di prudenza media giornaliera.

E' possibile impostare altri intervalli di tempo per l'elaborazione dei dati (48 h, mensile, ecc.).

Al fine della prevenzione di eventuali episodi di superamento dei limiti è presente una visualizzazione continua dei valori misurati. In particolare viene visualizzato l'andamento dei dati in tempo reale nell'arco di ogni ora, a confronto con un valore di soglia di prudenza, inferiore al valore limite, definito in base ai valori tipicamente riscontrati nell'assetto di marcia ordinario dell'impianto.

I valori elementari, misurati su un intervallo conforme a quanto richiesto dalla normativa, sono trasformati in valori medi orari ed espressi nelle unità di misura richieste (preelaborazione, punto 2.6.3. DM 22.12.95).

Essendo prevista la calibrazione automatica degli analizzatori, la preelaborazione comprende anche la correzione dei valori misurati sulla base dei risultati dell'ultima calibrazione valida.

Poiché la misura è effettuata sui fumi umidi, viene calcolato il valore riferito ai fumi secchi in base alla formula:

$$Cs = Cu / (1 - Uf/100)$$

dove:

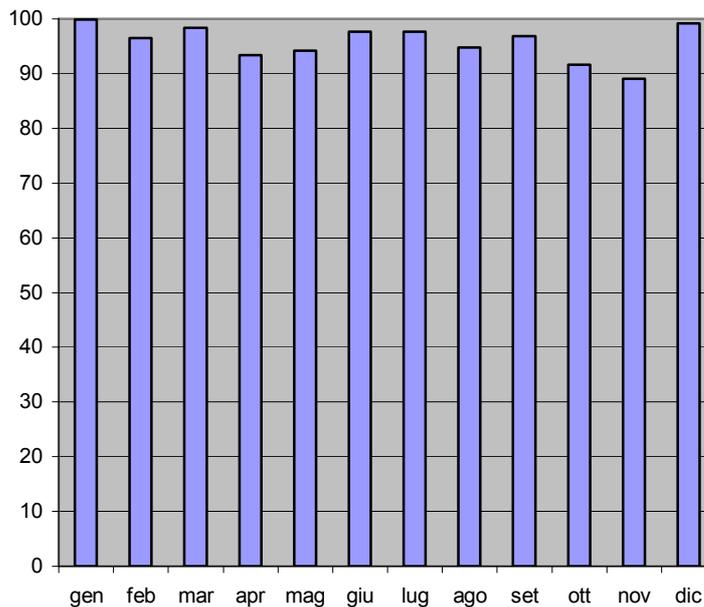
- Cs è la concentrazione riferita ai fumi secchi;
- Cu è la concentrazione riferita ai fumi umidi;
- Uf è il contenuto di vapor d'acqua nei fumi espresso come percentuale del rapporto tra volume di acqua e volume dei fumi umidi.

Viene inoltre calcolato l'indice di disponibilità del dato come rapporto tra le ore di funzionamento dell'analizzatore e le ore di normale funzionamento dell'impianto. Questo valore fornisce una valida indicazione della continuità del monitoraggio delle emissioni.

Di seguito si riportano i valori di questo parametro per l'anno 2004. (Si ricorda che il valore minimo richiesto per legge è pari all'80%).



Periodo	Indice medio di disponibilità di tutti gli analizzatori
<i>Gennaio</i>	100 %
<i>Febbraio</i>	97 %
<i>Marzo</i>	98 %
<i>Aprile</i>	93 %
<i>Maggio</i>	94 %
<i>Giugno</i>	98 %
<i>Luglio</i>	98 %
<i>Agosto</i>	95 %
<i>Settembre</i>	97 %
<i>Ottobre</i>	92 %
<i>Novembre</i>	89 %
<i>Dicembre</i>	99 %
Medio annuo 2004	96 %



I dati rilevati ed elaborati sono conservati a disposizione dell'Autorità preposta al controllo per un periodo minimo di 5 anni, secondo i formati concordati.

Di seguito si riporta un esempio di presentazione oraria dei risultati, trasmessi trimestralmente all'ente di controllo.



Esempio di presentazione oraria dei risultati

CPP: SISTEMA INFORMATIVO AMBIENTALE											22/05/2006 12:37				
Stabilimento 0001		<b>SARAS/SARLUX</b>				Sezione		<b>Camino treno 701 IGCC</b>							
<b>ANDAMENTO ORARIO DELLE GRANDEZZE ACQUISITE DAL SISTEMA RIEPILOGO DEL 09/05/2006</b>															
PARAMETRI		ORE													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Valori di concent. Tal quali	SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	13,3	13,3	13,9	14,8	15,6	16,6	16,5	14,5	14,5	15,2				
	OLVERI (mg/Nm <sup>3</sup> )	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1				
	NOX (mg/Nm <sup>3</sup> )	35,5	35,5	35,1	35,1	35,3	35,8	35,8	35,4	34,7	36,0				
	CO (mg/Nm <sup>3</sup> )	3,4	3,6	3,7	3,8	3,9	3,9	3,8	3,9	3,9	3,7				
Valori di concent. normaliz.	<b>SO<sub>2</sub> (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>	<b>13,1</b>	<b>13,0</b>	<b>13,6</b>	<b>14,5</b>	<b>15,2</b>	<b>16,1</b>	<b>16,1</b>	<b>14,1</b>	<b>14,1</b>	<b>14,9</b>				
	<b>OLVERI (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>				
	<b>NOX (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>	<b>35,0</b>	<b>34,7</b>	<b>34,3</b>	<b>34,3</b>	<b>34,5</b>	<b>34,9</b>	<b>34,8</b>	<b>34,6</b>	<b>33,9</b>	<b>35,2</b>				
	<b>CO (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>	<b>3,4</b>	<b>3,5</b>	<b>3,6</b>	<b>3,7</b>	<b>3,8</b>	<b>3,8</b>	<b>3,7</b>	<b>3,8</b>	<b>3,8</b>	<b>3,6</b>				
Altri parametri relativi ai fumi	O <sub>2</sub> % rif.	15,0 <sup>20</sup>	15,0 <sup>20</sup>	15,0 <sup>20</sup>	15,0 <sup>20</sup>	15,0 <sup>20</sup>	15,0 <sup>20</sup>	15,0 <sup>20</sup>	15,0 <sup>20</sup>	15,0 <sup>20</sup>	15,0				
	O <sub>2</sub> % mis.	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,8	14,8	14,8	14,9	14,9				
	Portata (Nm <sup>3</sup> /h)	0,0 <sup>10</sup>	0,0 <sup>10</sup>	0,0 <sup>10</sup>	0,0 <sup>10</sup>	0,0 <sup>10</sup>	0,0 <sup>10</sup>	0,0 <sup>10</sup>	0,0	0,0	0,0				
	Temp. (°C)	150,7	150,5	150,4	150,5	150,3	150,4	150,3	150,3	150,3	150,2				
	Umidità (%)	6,2 <sup>20</sup>	6,2 <sup>20</sup>	6,2 <sup>20</sup>	6,2 <sup>20</sup>	6,2 <sup>20</sup>	6,2 <sup>20</sup>	6,2 <sup>20</sup>	6,2 <sup>20</sup>	6,2 <sup>20</sup>	6,2				
Stato	IGCC1	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30				
<table border="1"> <tr> <th>CODICI IDENTIFICATIVI DELLO STATO DELLA SEZIONE</th> </tr> <tr> <td>30-Normale funzionamento 31-Non normale funzionamento 32-In funzione (convogliato) 33-Marcia a gasolio 34-Fasi di avviamento/fermata 35-Fasi di arresto</td> </tr> </table>		CODICI IDENTIFICATIVI DELLO STATO DELLA SEZIONE	30-Normale funzionamento 31-Non normale funzionamento 32-In funzione (convogliato) 33-Marcia a gasolio 34-Fasi di avviamento/fermata 35-Fasi di arresto	<table border="1"> <tr> <th>CODICI DI VALIDITA'</th> </tr> <tr> <td>0 - Valido misurato 10 - Invalido (mal funzionamento) 20 - Valido stimato 99 - Invalido (mal funzionamento)</td> </tr> </table>										CODICI DI VALIDITA'	0 - Valido misurato 10 - Invalido (mal funzionamento) 20 - Valido stimato 99 - Invalido (mal funzionamento)
CODICI IDENTIFICATIVI DELLO STATO DELLA SEZIONE															
30-Normale funzionamento 31-Non normale funzionamento 32-In funzione (convogliato) 33-Marcia a gasolio 34-Fasi di avviamento/fermata 35-Fasi di arresto															
CODICI DI VALIDITA'															
0 - Valido misurato 10 - Invalido (mal funzionamento) 20 - Valido stimato 99 - Invalido (mal funzionamento)															



### 1.1.2 Monitoraggio continuo emissioni camino centralizzato

#### 1.1.2.1 Scopo dell'indagine

Il monitoraggio in continuo delle emissioni del camino centralizzato è relativo ai seguenti parametri:

- portata
- ossidi di zolfo (come SO<sub>2</sub>)
- ossidi di azoto (come NO<sub>2</sub>)
- polveri
- ossido di carbonio
- temperatura
- ossigeno

#### 1.1.2.2 Adempimenti

Per il monitoraggio in oggetto esistono gli obblighi normativi riportati al paragrafo 1.1.1.2.

#### 1.1.2.3 Responsabilità

Il Servizio SPP della SARAS ha la responsabilità del coordinamento e della gestione di tutta l'attività.

#### 1.1.2.4 Metodologie utilizzate

Per il camino centralizzato è presente un sistema di analizzatori dedicati all'analisi degli effluenti gassosi in uscita dal camino che include campionatori, analizzatori e sistemi di acquisizione, registrazione, validazione ed elaborazione dati.

I parametri registrati sono: SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, polveri, O<sub>2</sub>, temperatura e portata.

Le caratteristiche generali degli analizzatori per la misura di SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> e CO sono le seguenti:

Tipo di strumentazione	Estrattiva
Principio di misura	Infrarosso (NDIR)
Periodo di attività senza interventi manutentivi	Maggiore di 7 giorni
Portata di campionamento	10-100 litri/ora



Range di misura SO <sub>2</sub>	0-2000 mg/Nm <sup>3</sup>
Range di misura NO <sub>2</sub>	0-300 mg/Nm <sup>3</sup>
Range di misura CO	0-200 mg/Nm <sup>3</sup>
Valore minimo rilevabile	<1% fondo scala
Drift dello zero	<1% fondo scala ogni 7 giorni
Span drift	<1% fondo scala ogni 7 giorni
Errore totale (drift+linearità)	<2% fondo scala ogni 7 giorni
<i>Tempo di risposta (90% valore finale)</i>	<20 sec max

L'**ossigeno** è rilevato da un analizzatore avente le seguenti caratteristiche tecniche:

<i>Principio di misura</i>	<i>paramagnetico</i>
<i>Range di misura O<sub>2</sub></i>	<i>0-10 %vol O<sub>2</sub></i>
<i>Tempo di risposta (90% valore finale)</i>	<i>&lt;3,5 sec</i>

Sono inoltre installati:

- tre dispositivi di misura della portata dei gas con sonda di misura basata sulla misura della pressione differenziale;
- tre rilevatori di temperatura installati direttamente sul camino (termocoppie) con range di misura da 0 a 400°C;
- tre rilevatori di polveri di tipo in situ basati su assorbimento nel visibile.

I campioni prelevati in quota sono trasferiti alla strumentazione di misura per mezzo di linee di trasporto controllate e riscaldate. In tal modo il gas viene mantenuto ad una temperatura al di sopra di quella di condensazione dei composti acidi, in modo da prevenire la condensazione e la perdita di componenti significative che devono essere monitorate.

La sezione di campionamento è accessibile ed agibile per le operazioni di rilevazione con le necessarie condizioni di sicurezza.

Tutta la strumentazione del sistema è controllata da tecnici specializzati con frequenza giornaliera. Le operazioni di manutenzione sono annotate su di un apposito registro.

#### Certificazioni

Tutte le attrezzature sono scelte in accordo agli standard di sicurezza e di certificazione vigenti, comprese la marcatura CE e la relativa documentazione.



### Calibrazione

Ogni analizzatore ha un sistema di calibrazione in campo, automatico, interno, costituito da speciali celle riempite di gas di calibrazione che garantiscono un'autonomia di almeno un anno.

Oltre alla calibrazione automatica è possibile anche effettuare la calibrazione manuale degli strumenti.

### Sistema di acquisizione validazione ed elaborazione dati

Le rilevazioni sono visualizzate dal sistema di controllo remoto dell'impianto (DCS). E' presente un software dedicato alla acquisizione e gestione completa dei dati.

In particolare il sistema nel suo complesso, come richiesto dalla normativa, consente:

- la gestione della segnalazione di allarme e/o anomalie provenienti dalle varie apparecchiature;
- la gestione delle operazioni di calibrazione automatica
- l'elaborazione dei dati e la redazione di tabelle in formato idoneo per il confronto con i limiti secondo i criteri richiesti dalla normativa.

### Segnalazioni di allarme

La gestione dei segnali di allarme avviene tramite avvisi sul video del sistema remoto di gestione, nelle forme seguenti:

- presentazione di tutti i superamenti delle soglie impostate relativamente a ciascun intervallo temporale di elaborazione dati (tempo reale, orario, giornaliero, mensile);
- presentazione dei segnali di allarme in una pagina dedicata che riporta il tempo di inizio e di fine e lo stato dell'allarme;
- visualizzazione sulla pagina corrente dell'eventuale allarme attivo;
- memorizzazione di tutti i segnali di allarme nel corso di un anno;
- possibilità di stampa dei segnali riconosciuti di allarme.

#### **1.1.2.5 Formato dei risultati**

Il sistema è in grado di fornire le seguenti informazioni:

- presentazione dei valori misurati in tempo reale con l'eventuale superamento della soglia di prudenza puntuale;
- presentazione dei valori medi orari con l'eventuale superamento della soglia di prudenza media oraria;



- presentazione dei valori medi giornalieri (24 h) con l'eventuale superamento della soglia di prudenza media giornaliera.

E' possibile impostare altri intervalli di tempo per l'elaborazione dei dati (48 h, mensile, ecc.).

Al fine della prevenzione di eventuali episodi di superamento dei limiti è presente una visualizzazione continua dei valori misurati. In particolare viene visualizzato l'andamento dei dati in tempo reale nell'arco di ogni ora, a confronto con un valore di soglia di prudenza, inferiore al valore limite, definito in base ai valori tipicamente riscontrati nell'assetto di marcia ordinario dell'impianto.

I valori elementari, misurati su un intervallo conforme a quanto richiesto dalla normativa, sono trasformati in valori medi orari ed espressi nelle unità di misura richieste (preelaborazione, punto 2.6.3. DM 22.12.95).

Essendo prevista la calibrazione automatica degli analizzatori, la preelaborazione comprende anche la correzione dei valori misurati sulla base dei risultati dell'ultima calibrazione valida.

Poiché la misura è effettuata sui fumi umidi, viene calcolato il valore riferito ai fumi secchi in base alla formula:

$$C_s = C_u / (1 - U_f/100)$$

dove:  $C_s$  è la concentrazione riferita ai fumi secchi

$C_u$  è la concentrazione riferita ai fumi umidi

$U_f$  è il contenuto di vapor d'acqua nei fumi espresso come percentuale del rapporto tra volume di acqua e volume dei fumi umidi

Viene inoltre calcolato l'indice di disponibilità del dato come rapporto tra le ore di funzionamento dell'analizzatore e le ore di normale funzionamento dell'impianto. Questo valore fornisce una valida indicazione della continuità del monitoraggio delle emissioni.

Di seguito si riporta un esempio di presentazione oraria dei risultati, trasmessi trimestralmente all'ente di controllo.



CPP: SISTEMA INFORMATIVO AMBIENTALE

14/06/2006 11:04

Stabilimento 0001

**SARAS/SARLUX**

Sezione

**Camino centralizzato**

**ANDAMENTO ORARIO DELLE GRANDEZZE ACQUISITE DAL SISTEMA  
RIEPILOGO DEL 13/06/2006**

PARAMETRI		ORE									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valori di concentr. Tal quali	SO2 (mg/Nm3)	646,0	640,4	641,1	636,7	638,9	639,8	619,0	623,3	625,3	611,5
	OLVERI (mg/Nm3)	39,9	41,2	43,2	40,2	40,9	40,1	40,7	39,0	39,1	45,1
	NOX (mg/Nm3)	287,7	289,6	290,8	289,6	288,3	293,3	287,7	286,3	287,2	258,5
	CO (mg/Nm3)	19,6	17,7	15,9	15,9	16,1	16,2	16,1	18,6	19,2	18,9
Valori di concentr. normaliz.	SO2 (mg/Nm3)	883,5	872,4	870,5	871,4	873,6	874,0	843,7	854,6	857,6	842,8
	OLVERI (mg/Nm3)	54,6	56,1	58,7	55,0	56,0	54,8	55,5	53,5	53,7	62,2
	NOX (mg/Nm3)	393,5	394,6	394,9	396,3	394,2	400,6	392,1	392,6	393,9	356,3
	CO (mg/Nm3)	26,7	24,1	21,6	21,8	22,0	22,1	21,9	25,6	26,4	26,0
Altri parametri relativi ai fumi	O2 % rif.	3,0 <sup>20</sup>	3,0								
	O2 % mis.	7,8	7,8	7,7	7,8	7,8	7,8	7,8	7,9	7,9	7,9
	Portata (Nm3/h)	233914,2	234730,8	235290,0	232122,7	232730,1	233021,3	234259,9	232103,7	229521,5	189129,4
	Temp. (°C)	236,0	234,4	233,0	231,3	231,6	232,1	232,6	234,4	237,0	237,2
	Umidità (%)	8,0 <sup>20</sup>	8,0								
Stato	CENTR	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

CODICI IDENTIFICATIVI DELLO STATO DELLA SEZIONE
30-Normale funzionamento
31-Non normale funzionamento
32-In funzione (convogliato)
33-Marcia a gasolio
34-Fasi di avviamento/fermata
35-Fasi di arresto
99-Invalido

CODICI DI VALIDITA'
0 - Valido misurato
10 - Invalido (mal funzionamento)
20 - Valido stimato
99 - Invalido (mal funzionamento)



## 1.2 CAMPAGNE PERIODICHE EMISSIONI IN ATMOSFERA

### 1.2.1 Scopo dell'indagine

Scopo della presente campagna di monitoraggio è il controllo periodico delle concentrazioni degli inquinanti e microinquinanti emessi in atmosfera dai camini annessi ai diversi impianti della raffineria. Tale controllo è effettuato per i seguenti motivi:

- Soddisfare le richieste del Ministero dell'Ambiente relativamente alle emissioni globali di raffineria, riportate al punto c) del giudizio di Compatibilità Ambientale del 28.12.1994 (documento DEC/VIA/2025), e ribadite nel successivo documento del 24.03.1995, protocollo 845/95/SIAR, che richiedono il rispetto dei seguenti valori massimi di emissione, intesi come bolla di stabilimento:

	<i>Flussi di massa, tonn/anno</i>			
	<i>SO<sub>2</sub></i>	<i>NO<sub>x</sub></i>	<i>PTS</i>	<i>CO</i>
<b><i>Raffineria + IGCC</i></b>	16.000	5.000	900	1.700

- Verifica l'accuratezza del sistema di monitoraggio in continuo
- Valutare la conformità rispetto ai limiti emissivi prescritti (D.Lgs 03 aprile 2006, n.152)
- Effettuare la raccolta dei dati ambientali richiesti dalla normativa IPPC e da altre normative europee e nazionali nell'ambito delle periodiche comunicazioni alle autorità competenti
- Raccogliere tutte le informazioni utili per la comunicazione ambientale richiesta dalla certificazione ISO 14001
- Contabilizzare le emissioni come richiesto dalla vigente normativa in materia di tasse ambientali sulle emissioni

La Tabella seguente illustra i camini presenti in raffineria sui quali vengono fatti i campionamenti.

Di seguito si riporta una mappa con l'ubicazione dei vari camini della raffineria.



Tabella - Impianti e loro funzioni

Impianto - Camino	Funzione
Impianto U400 - F461	Desolforazione
Impianto U500 - F501	Desolforazione
Impianto U700 - F701	Desolforazione
Impianto U300 - F301	Desolforazione
Impianto RT2 - F1A	Distillazione atmosferica grezzo e frazionamento benzine
Impianto RT2 - F1B	Distillazione atmosferica grezzo e frazionamento benzine
Impianto VSB - F102C	Craking termico
Impianto VSB - F102B	Craking termico
Impianto CO - Boiler	Conversione di CO in CO <sub>2</sub>
Impianto Vacuum F1-A	Distillazione sottovuoto residuo
Impianto Vacuum F1-B	Distillazione sottovuoto residuo
Impianto Topping 2 - F1	Distillazione atmosferica grezzo e frazionamento benzine e recupero GPL
Impianto Z4 - F2	Conversione di H <sub>2</sub> S in zolfo liquido
Impianto FCC - K1 F3	Conversione catalitica
Impianto Z3 - F2	Conversione di H <sub>2</sub> S in zolfo liquido
Impianto MHC1 (F101 - F251)	Desolforazione e mild-hydrocracking
Impianto MHC2 - F201	Desolforazione e mild-hydrocracking
Impianto Topping 1	Distillazione atmosferica grezzo e frazionamento benzine e recupero GPL
Impianto Caldaia B1-A	Caldaia di potenza
Impianto Caldaia B1-B	Caldaia di potenza
Impianto Caldaia B1-C	Caldaia di potenza
Impianto CCR - F11	Reforming catalitico
Impianto Alchilazione	Produzione benzina alchilata
Impianto IGCC - Linea 701	Gassificazione del TAR
Impianto IGCC - Linea 702	Gassificazione del TAR
Impianto IGCC - Linea 703	Gassificazione del TAR

Nota. Gli impianti Topping 1, Caldaia B1-A, Caldaia B1-B, Caldaia B1-C sono generalmente convogliati al Camino Centralizzato mentre i fumi del forno A1F1 dell'impianto alchilazione convergono al camino dell'impianto CCR.





Nei vari impianti, vengono analizzati i parametri di controllo secondo le determinazioni B1 e B2 riportate nella tabella seguente.

Tabella - Determinazioni sui camini

Impianto camino	Determinazioni B1	Determinazioni B2
Impianto CO - Boiler	sì	sì
Impianto Z3 - F2	sì	no
Impianto Z4 - F2	sì	no
Impianto FCC - K1-F3	sì	no
Impianto U400 - F461	sì	no
Impianto U500 - F501	sì	no
Impianto Topping 2 – F1	sì	sì
Impianto VSB F102C	sì	sì
Impianto VSB F102B	sì	sì
Impianto RT2 - F1A	sì	sì
Impianto RT2 - F1B	sì	sì
Impianto MHC1 (F101 - F251)	sì	no
Impianto MHC2 – F201	sì	no
Impianto U300 - F301	sì	no
Impianto U700 - F701	sì	no
Impianto CCR – F11 (+ ALKY)	sì	no
Impianto Vacuum F1-A	sì	no
Impianto Vacuum F1-B	sì	sì
Camino Centralizzato	sì	sì
Impianto IGCC – Linee 701, 702 e 703	sì	sì



**Determinazioni B1 (parametri sui fumi):**

- temperatura fumi
- portata fumi
- umidità fumi
- polveri totali
- PM<sub>10</sub>
- ossigeno
- biossido di carbonio
- monossido di carbonio
- ossidi di azoto
- ossidi di zolfo
- acido solfidrico
- carbonio organico
- mercurio

**Determinazioni B2 (metalli nelle polveri):**

- arsenico
- piombo
- cobalto
- nichel
- cromo
- vanadio
- rame
- zinco
- cadmio
- mercurio

Vengono inoltre effettuati campionamenti per la determinazione di:

- acido fluoridrico e acido cloridrico nelle emissioni dell'impianto alchilazione (peraltro convogliate al camino F11 dell'impianto CCR)
- ammoniaca nelle emissioni dell'impianto di recupero zolfo (camini Z3-F2 e Z4-F2)
- policlorodibenzofurani (PCDF), policlorodibenzodiossine (PCDD), idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e benzene negli impianti CO Boiler, Camino Centralizzato e tre linee dell'impianto IGCC
- metano e protossido di azoto nelle tre linee dell'impianto IGCC.

*Frequenza dei campionamenti*



La campagna di monitoraggio sopra esposta viene effettuata una volta all'anno per quanto riguarda tutti i camini tranne le tre linee dell'impianto IGCC. Per quest'ultimo infatti il documento del Ministero dell'Ambiente del 24.03.1995, protocollo 845/95/SIAR, al punto 8) specifica che *i controlli delle emissioni dell'impianto IGCC non misurate in continuo, dovranno essere semestrali*. Pertanto per l'IGCC vengono effettuate due campagne di monitoraggio all'anno per ognuna della quali vengono monitorati i parametri sopra esposti.

Infine viene effettuata a novembre una campagna di monitoraggio relativa ai soli NO<sub>x</sub> di 15 camini, avente come scopo un'ulteriore controllo relativo a quest'ultimo parametro per la contabilizzazione delle emissioni di NO<sub>x</sub> per le tasse ambientali.

### 1.2.2 Adempimenti

Per la campagna di monitoraggio in oggetto esistono gli obblighi normativi di seguito riportati:

**D.Lgs. 3 aprile 2006 n° 152**                      Norme in materia ambientale

che ha abrogato le norme:

**D.P.R. 24 maggio 1988 n° 203**                      Attuazione delle direttive CEE 80/779, 82/884, 84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali ai sensi dell'art. 15 della L. 183/87

**D.M 12 luglio 1990**                                      Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione (Allegato 3B)

Inoltre vanno rispettate le richieste espresse dal Ministero dell'Ambiente già riportate nel paragrafo precedente.

### 1.2.3 Responsabilità

La campagna di monitoraggio delle emissioni in atmosfera è affidata alla SARTEC SpA. La SARTEC dispone di tutte le attrezzature, il personale e la competenza per eseguire il lavoro in accordo con quanto prescritto dalla legislazione vigente.

Il programma dei lavori viene concordato preventivamente con il Servizio Prevenzione e Protezione (SPP) della SARAS che si occupa di verificare lo stato di funzionamento regolare degli impianti prima del campionamento e di raccogliere tutti i dati di marcia degli impianti stessi che SARTEC poi elabora ed include nella relazione finale.



## 1.2.4 Metodologie utilizzate

### 1.2.4.1 Metodi analitici

Il controllo delle emissioni gassose provenienti dai camini degli impianti annessi alla raffineria SARAS, incluso l'impianto IGCC, viene effettuato conformemente alle direttive riportate nell'allegato IV al D.M. del 12/07/90 "Linee guida per il contenimento delle emissioni degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione", e al successivo D.M. del 25/08/00 "Aggiornamento dei metodi di campionamento, analisi e valutazione degli inquinanti, ai sensi del D.P.R. 24/05/88, n°203", in accordo con quanto previsto nei seguenti metodi:

#### UNICHIM:

- n° 422/89 Criteri generali per la scelta dei punti di misura e campionamento
- n° 158/88 Strategie di campionamento e criteri di valutazione
- n° 723/86 Solubilizzazione del materiale particellare per la determinazione dei metalli mediante tecniche di spettrometria
- n° 634/84 Determinazione del solfuro di idrogeno
- n° 632/84 Determinazione dell'ammoniaca
- n° 589/83 Determinazione Mercurio totale in flussi gassosi convogliati
- n° 825/88 Campionamento e determinazione di microinquinanti organici

#### UNI:

- 10169/01 Determinazione della velocità e della portata di flussi gassosi convogliati per mezzo del tubo di Pitot

#### UNI EN:

- 13649/02 Determinazione concentrazione in massa di singoli composti organici in forma gassosa (benzene)
- 13284-1/03 Determinazione della concentrazione in massa di polveri in basse concentrazioni
- n° 1948/99 Determinazione di policlorodibenzofurani e policlorodibenzodiossine

#### ISTISAN:

- 88/19 Campionamento e dosaggio di microinquinanti in flussi gassosi convogliati
- 97/35 Determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA). Metodo gascromatografico
- 98/2 Rilevamento delle emissioni in flussi gassosi convogliati (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, HCl e HF) [Decreto 25 agosto 2000-"Aggiornamento dei metodi di campionamento, analisi e valutazione degli inquinamenti ai sensi del D.P.R. 24-05-1988"]

#### EPA:

- 1 "Sample and velocity traverses for stationary sources"
- 160.4 Volatile Residue (gravimetric, Ignition at 550°C)
- 201A Determination of PM<sub>10</sub> Emissions
- n° - 3C Determinazione del metano (esteso anche al protossido d'azoto)

#### ASTM:

- n° D6522-00 Determination of Nitrogen Oxides, Carbon Monoxide, and Oxygen Concentrations in emissions from Natural Gas-Fired Reciprocating Engines, Combustion Turbines, Boilers, and Process Heaters Using Portable Analyzers"



Per i campionamenti di O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, umidità, polveri, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, H<sub>2</sub>S, incombusti e metalli sono effettuati n° 3 prelievi, come richiesto dalla normativa vigente, e nei rapporti di analisi sono riportati i risultati dei tre campionamenti più i dati medi.

Di seguito si riporta una breve descrizione dei metodi di misura impiegati:

### ***Temperatura fumi***

La temperatura dei fumi viene misurata tramite termometro digitale in vari momenti durante i campionamenti.

### ***Portata fumi***

La portata dei fumi è determinata mediante tubo di Pitot collegato ad un flussimetro digitale ('FLOW TEST' della TCR TECORA); vengono eseguite diverse misure di portata durante i campionamenti.

### ***Umidità***

L'umidità è determinata campionando i fumi tramite sonda isocinetica. Vengono separate totalmente le polveri mediante apposito filtro, ed i fumi vengono convogliati nella trappola refrigerata per la condensazione dell'acqua in essi contenuta. I fumi passano poi in una trappola a gel di silice dove perdono la restante umidità.

### ***Polveri totali***

Le polveri totali sono campionate tramite sonda isocinetica su filtro di fibra di vetro.

La determinazione delle polveri totali viene eseguita tramite metodo gravimetrico per differenza peso, previa essiccazione dei filtri a 105 °C.

### ***PM<sub>10</sub>***

Il PM<sub>10</sub> è campionato tramite sonda isocinetica con un preselettore (ciclone) in testa alla sonda, che consente di raccogliere sul filtro le particelle con diametro aerodinamico inferiore a 10 micron. La determinazione del PM<sub>10</sub> è eseguita con metodo gravimetrico per differenza peso, previa essiccazione dei filtri a 105 °C.

### ***Ossigeno, biossido di carbonio e monossido di carbonio***

Questi parametri sono determinati tramite l'analizzatore automatico a celle elettrochimiche, EUROTRON modello GREENLINE 8000.

Prima delle determinazioni si esegue la taratura della cella di lettura dell'ossigeno.



### ***Ossidi di azoto e ossidi di zolfo***

Questi parametri sono determinati mediante l'analizzatore automatico a celle elettrochimiche, EUROTRON modello GREENLINE 8000.

Il campionamento di SO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> agli impianti Z3 e Z4 viene condotto, come richiesto dalla A.S.L. n°8 di Cagliari, utilizzando i metodi indicati nel D.M. del 25/08/00.

### ***Acido solfidrico***

Prelievo tramite sonda in acciaio inossidabile con filtro in lana di quarzo per la separazione dei particolati, assorbimento in una soluzione di acetato di zinco e successiva titolazione iodometrica.

Per quanto riguarda le emissioni del camino dell'impianto Z3 e Z4, ad elevata concentrazione di SO<sub>2</sub>, si procede a far fluire preliminarmente il gas entro una soluzione di assorbimento specifica per ottenere la separazione dei solfiti.

### ***Acido fluoridrico e acido cloridrico***

Prelevi tramite sonda in acciaio inossidabile, assorbimento in soluzione basica e successiva determinazione di fluoruri e cloruri mediante cromatografia ionica.

### ***Ammoniaca***

Prelevi tramite sonda in acciaio inossidabile con filtro in lana di quarzo per la separazione dei particolati, assorbimento in soluzione acida e successiva determinazione spettrofotometrica del prodotto di reazione colorato formatosi con il reattivo di Nessler.

### ***Carbonio organico (idrocarburi incombusti)***

Sul particolato viene determinata la quantità di idrocarburi incombusti per via gravimetrica dopo degradazione termica a 550°C.

### ***Mercurio***

La determinazione del mercurio gassoso viene effettuata per assorbimento su fiala di diossido di manganese in condizioni isocinetiche, solubilizzazione del diossido per trattamento acido, riduzione del mercurio allo stato metallico e determinazione mediante spettrometria di assorbimento atomico senza fiamma.

### ***Benzene***

Campionamento su fiala di carbone attivo, desorbimento con solfuro di carbonio e analisi gascromatografica con rivelatore a ionizzazione di fiamma (FID).



### ***Metano e Protossido d'azoto***

Campionamento su sacca di tedlar e analisi gascromatografica con rivelatore a ionizzazione di fiamma (FID).

### ***Metalli nelle polveri***

Le concentrazioni dei metalli vengono state determinate tramite dissoluzione in soluzione acida delle polveri e spettrometria di emissione atomica ICP.

### ***Policlorodibenzofurani (PCDF), policlorodibenzodiossine (PCDD) e Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)***

Prelievo isocinetico con sonda in vetro pirex, raccolta del particolato su fibra di vetro, dei vapori condensati su trappola refrigerante, e dei vapori non condensati su amberlite. La concentrazione dei policlorodibenzofurani e delle policlorodibenzodiossine viene determinata mediante analisi a ioni selezionati in HRGC/HRMS<sup>1</sup> mentre la determinazione della concentrazione degli idrocarburi policiclici aromatici viene effettuata mediante gascromatografia accoppiata a uno spettrometro di massa. L'analisi di tutte e tre le classi dei composti viene effettuata sulle emissioni dei camini del CO-Boiler, del Camino Centralizzato e delle tre linee dell'impianto IGCC.

#### **1.2.4.2 Apparecchiature di campionamento**

I vari campionamenti per la determinazione dei parametri analitici sono effettuati dalla SARTEC SpA tramite l'utilizzo di apparecchiature tecniche comprendenti:

- sonda isocinetica;
- flussimetro 'flow test TCR TECORA';
- campionatore volumetrico 'bravo TCR TECORA';
- analizzatore automatico di fumi a celle elettrochimiche Eurotron, modello GreenLine 8000.

Tutta la strumentazione di campionamento viene tarata prima dell'inizio della campagna di monitoraggio e nella relazione finale vengono sempre riportati i certificati di calibrazione.

#### **1.2.5 Formato dei risultati**

I risultati delle analisi vengono presentati sotto forma di tabelle sia individuali (per ciascun camino) che riassuntive (come bolla di stabilimento). Tutti parametri sono riferiti ai fumi secchi e a un tenore di ossigeno pari al 3%, come previsto dalla normativa vigente. Solo per le tre linee dell'impianto IGCC il tenore di riferimento per l'ossigeno è pari al 15% come stabilito dal giudizio di Compatibilità Ambientale del 28.12.1994 (documento DEC/VIA/2025).

Per ciascun camino viene riportata una tabella che mostra i risultati delle tre prove più i valori medi, come mostrato dallo schema seguente:

---

<sup>1</sup> Il prelievo viene effettuato da tecnici SARTEC mentre per la quantificazione ci si rivolge ad un laboratorio esterno  
Gennaio 2007



**BOLLETTINO DI ANALISI EMISSIONI**

STABILIMENTO: SARAS S.p.A.  
 IMPIANTO CAMINO:  
 SEZIONE CAMINO: mq  
 DATA:  
 TEMPERATURA FUMI: °C  
 PORTATA FUMI SECCHI AL 15% DI O<sub>2</sub>: Nmc/h

PARAMETRI	det. B1	U.M.	I°PROVA	II°PROVA	III°PROVA	MEDIA
O <sub>2</sub> %		t.q.				
CO <sub>2</sub> %		t.q.				
UMIDITA' %		t.q.				
POLVERI		mg/Nmc				
PM <sub>10</sub>		mg/Nmc				
CO		mg/Nmc				
SO <sub>2</sub>		mg/Nmc				
NO <sub>x</sub>		mg/Nmc (NO <sub>2</sub> )				
NH <sub>3</sub>		mg/Nmc				
H <sub>2</sub> S		mg/Nmc				
HF		mg/Nmc				
Hg		mg/Nmc				
CH <sub>4</sub>		mg/Nmc				
N <sub>2</sub> O		mg/Nmc				
Benzene		mg/Nmc				
INCOMBUSTI		mg/Nmc				
<b>det. B2</b>		<b>METALLI NELLE POLVERI</b>				
Arsenico	come	As	µg/Nmc			
Piombo	come	Pb	µg/Nmc			
Cobalto	come	Co	µg/Nmc			
Nichel	come	Ni	µg/Nmc			
Cromo	come	Cr	µg/Nmc			
Vanadio	come	V	µg/Nmc			
Rame	come	Cu	µg/Nmc			
Zinco	come	Zn	µg/Nmc			
Cadmio	come	Cd	µg/Nmc			
Mercurio	come	Hg	µg/Nmc			

Viene inoltre presentata per ciascun camino una tabella riportante i più importanti dati di marcia dell'impianto nel giorno del campionamento.  
 Infine viene riportata una tabella con i dati calcolati.

Per ciascun camino infatti vengono calcolati stechiometricamente i valori delle concentrazioni e delle portate delle sostanze in uscita per poter confrontare i dati di esercizio con quelli di processo. Tali calcoli si basano sulle seguenti informazioni (fornite dal Servizio Prevenzione e Protezione e dal Servizio Processi della SARAS):

- portate dei combustibili (fuel gas e fuel oil);



- composizione percentuale in peso del fuel gas e peso specifico;
- composizione tipica del fuel oil commerciale (ad eccezione dello zolfo e della densità);
- valori delle concentrazioni dello zolfo e della densità del fuel oil risultanti dalla rilevazione giornaliera dei dati;
- percentuale di ossigeno nei fumi in uscita dal camino.

In particolare i calcoli vengono eseguiti secondo i seguenti criteri:

- A. Il processo di combustione per quanto riguarda il carbonio è spinto fino alla completa formazione dei prodotti di combinazione con l'ossigeno al grado di ossidazione massimo ( $\text{CO}_2$ ), quindi tutto il carbonio si trasforma in  $\text{CO}_2$ .
- B. Il processo di combustione dello zolfo presente nel combustibile (gas e olio) porta alla completa formazione di biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ ). Si precisa che quando i bollettini di analisi del fuel gas forniti dal Servizio Prevenzione e Protezione riportano un tenore di  $\text{H}_2\text{S}$  uguale a 0.05%mol, anche quando questo è inferiore allo 0.05%, per cui eventuali discrepanze tra i valori di emissione della  $\text{SO}_2$  calcolati e misurati possono essere dovuti all'aver usato nel calcolo teorico un contenuto di  $\text{H}_2\text{S}$  pari a 0,05%mol;
- C. Il calcolo delle concentrazioni degli ossidi di azoto è stato effettuato utilizzando formule empiriche (fattori di emissione) riportate nelle specifiche EPA.

*Casi particolari:*

**Impianto recupero zolfo:** per effettuare il calcolo teorico è necessario considerare la composizione e la portata del gas acido in ingresso alla sezione Claus dell'impianto, nonché la quantità d'aria consumata, i prodotti della reazione di conversione  $\text{H}_2\text{S} \Rightarrow$  zolfo e il contenuto di  $\text{SO}_2$  e  $\text{H}_2\text{S}$  nei gas di coda.

**CO Boiler:** oltre alla portata e alla composizione del fuel gas, si considera la composizione del flue gas proveniente dall'impianto FCC: in particolare le percentuali di CO e  $\text{CO}_2$  presenti nel flue gas provengono dai dati del giorno stesso in cui è stato fatto il campionamento, mentre per i restanti componenti ( $\text{H}_2\text{O}$ , ecc.) si considerano i dati tipici di composizione.

Come anticipato prima, i principali dati sperimentali e calcolati relativi a tutti i camini della raffineria, escluso l'impianto IGCC che viene trattato separatamente, sono riportati in tabella riassuntive assieme ai limiti imposti dalla legge.

Nella relazione relativa all'impianto IGCC 1° semestre viene infine riportata una tabella riepilogativa delle emissioni dell'intero stabilimento espresse come flusso di massa.



CONFRONTO VALORI MISURATI/CALCOLATI											
IMPIANTO CAMINO	PORTATA (Nmc/h) 3% secco		CO <sub>2</sub> (% t.q.)		H <sub>2</sub> O (% t.q.)		SO <sub>2</sub> (mg/Nmc)		NO <sub>x</sub> (mg/Nmc)		POLVERI (mg/Nmc)
	Mis.	Calc.	Mis.	Calc.	Mis.	Calc.	Mis.	Calc.	Mis.	Calc.	
Impianto CO BOILER											
Impianto Z3 (F2)											
Impianto Z4 (F2)											
Impianto FCC (K1-F3)											
Impianto U 400 (F-461)											
Impianto U 500 (F-501)											
Impianto Topping 2											
Impianto VSB (F102C)											
Impianto VSB (F102B)											
Impianto RT2 (F1/A)											
Impianto RT2 (F1/B)											
Impianto MHC1 (F101-F251)											
Impianto MHC2 (F201)											
Impianto U 300 (F-301)											
Impianto U 700 (F-701)											
Impianto CCR/ALKY (F11+A1-F1)											
Impianto VACUM (F1-A)											
Impianto VACUM (F1-B)											
Camino Centralizzato											
Impianto B1C											
<b>TOTALE PORTATE (Nmc/h)</b>											
	<b>VALORI MEDI</b>										



RIASSUNTO VALORI MISURATI								
IMPIANTO CAMINO	Co		Ni		Cr		Zn	
	µg/Nmc	mg/h	µg/Nmc	mg/h	µg/Nmc	mg/h	µg/Nmc	mg/h
Impianto CO BOILER								
Impianto Z3 (F2)								
Impianto Z4 (F2)								
Impianto FCC (K1-F3)								
Impianto U 400 (F-461)								
Impianto U 500 (F-501)								
Impianto Topping 2								
Impianto VSB (F102C)								
Impianto VSB (F102B)								
Impianto RT2 (F1/A)								
Impianto RT2 (F1/B)								
Impianto MHC1 (F101-F251)								
Impianto MHC2 (F201)								
Impianto U 300 (F-301)								
Impianto U 700 (F-701)								
Impianto CCR/ALKY (F11+A1-F1)								
Impianto VACUM (F1-A)								
Impianto VACUM (F1-B)								
Camino Centralizzato								
Impianto B1C								
<b>Totale</b>								
<b>Valori di emissione</b>								
<b>Limiti D.M. 12/07/90</b>								



RIASSUNTO VALORI MISURATI												
IMPIANTO CAMINO	Pb		V		Cu		Hg gassoso		Hg polveri		Hg tot	
	µg/Nmc	mg/h	µg/Nmc	mg/h	µg/Nmc	mg/h	µg/Nmc	mg/h	µg/Nmc	mg/h	µg/Nmc	mg/h
Impianto CO BOILER												
Impianto Z3 (F2)												
Impianto Z4 (F2)												
Impianto FCC (K1-F3)												
Impianto U 400 (F-461)												
Impianto U 500 (F-501)												
Impianto Topping 2												
Impianto VSB (F102C)												
Impianto VSB (F102B)												
Impianto RT2 (F1/A)												
Impianto RT2 (F1/B)												
Impianto MHC1 (F101-F251)												
Impianto MHC2 (F201)												
Impianto U 300 (F-301)												
Impianto U 700 (F-701)												
Impianto CCR/ALKY (F11+A1-F1)												
Impianto VACUM (F1-A)												
Impianto VACUM (F1-B)												
Camino Centralizzato												
Impianto B1C												
<b>Totale</b>												
<b>Valori di emissione</b>												
<b>Limiti D.M. 12/07/90</b>												



SCOSTAMENTO PERCENTUALE VALORI MISURATI/CALCOLATI					
IMPIANTO CAMINO	PORTATA (Nmc/h)	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
	3% secco	(% t.q.)	(% t.q.)	(mg/Nmc)	(mg/Nmc)
	Scostam %	Scostam %	Scostam %	Scostam %	Scostam %
Impianto CO BOILER					
Impianto Z3 (F2)					
Impianto Z4 (F2)					
Impianto FCC (K1-F3)					
Impianto U 400 (F-461)					
Impianto U 500 (F-501)					
Impianto Topping 2					
Impianto VSB (F102C)					
Impianto VSB (F102B)					
Impianto RT2 (F1/A)					
Impianto RT2 (F1/B)					
Impianto MHC1 (F101-F251)					
Impianto MHC2 (F201)					
Impianto U 300 (F-301)					
Impianto U 700 (F-701)					
Impianto CCR/ALKY (F11+A1-F1)					
Impianto VACUM (F1-A)					
Impianto VACUM (F1-B)					
Camino Centralizzato					
Impianto B1C					



<b>RIEPILOGO EMISSIONI DELL'INTERO STABILIMENTO E CONFRONTO FLUSSI DI MASSA</b>					
	PORTATE	CO	SO2	NOx	POLVERI
	Nmc/h	g/h	g/h	g/h	g/h
IMPIANTO IGCC					
RAFFINERIA					
<b>TOTALE STABILIMENTO</b>					
Valori di emissione misurati (ton/anno)					
<i>Limiti DEC/VIA/2025 (ton/anno)</i>		1.700	16.000	5.000	900



### 1.3 MONITORAGGIO EMISSIONI DIFFUSE E FUGGITIVE

#### 1.3.1 Scopo dell'indagine

I progressi ottenuti nella riduzione delle emissioni convogliate hanno fatto rivolgere sempre di più l'attenzione ad altri tipi di emissione, come le emissioni diffuse e fuggitive. D'altra parte queste emissioni, anche se notevolmente ridotte rispetto alle prime possono potenzialmente causare danni alla salute ed all'ambiente.

La quantificazione delle emissioni diffuse e fuggitive rappresenta un lavoro estremamente complesso con costi ragguardevoli.

Infatti, esistono tecniche di misura disponibili per la loro valutazione, ma esistendo un elevatissimo numero di sorgenti potenziali il risultato finale potrebbe risultare addirittura inficiato, anche a fronte di costi ragguardevoli, se non si operasse con un approccio metodologico rigoroso a fronte sempre di un programma di monitoraggio credibile.

Prima di ogni cosa è importante presentare il significato di emissioni diffuse e di emissioni fuggitive.

Le emissioni fuggitive sono emissioni di inquinanti nell'ambiente risultanti da una perdita graduale di tenuta di una parte delle apparecchiature designate a contenere un fluido (gassoso o liquido).

Esempi di emissioni fuggitive includono perdite da valvole, tenute di pompe, tenute di compressori, valvole di sicurezza, accoppiamenti flangiati, connessioni filettate, ecc. in definitiva le emissioni fuggitive sono conseguenti ad anomalie.

Le emissioni diffuse sono emissioni derivanti da un contatto diretto di sostanze volatili o polveri fini con l'ambiente in condizioni operative normali di funzionamento.

Le fonti di emissioni diffuse possono avere origine puntuale, lineare, di superficie o di volume.

Esempi di emissioni diffuse sono quelle generate dalle operazioni di riempimento e svuotamento di serbatoi a tetto fisso ed a tetto galleggiante, anche se con diverse modalità, dalle emissioni delle vasche API, dal trattamento delle acque di scarico, dai flottatori, dal caricamento autobotti, da campionamenti, ecc.

Le emissioni da serbatoi di stoccaggio, dalle operazioni di carico e scarico, dal trattamento delle acque di scarico e dai sistemi di raffreddamento sono di solito calcolate basandosi sui fattori di emissione generali (Metodologie di calcolo sono pubblicate dall'API, American Petroleum Institute e dall'US EPA) da testare eventualmente negli impianti specifici.

La Saras utilizza per il calcolo delle emissioni diffuse dai serbatoi il programma di calcolo Tanks 4.09D prodotto dall'EPA. Tali attività di quantificazione delle emissioni diffuse (sia con fattori di emissione che con l'impiego di Tanks 4.09D) vengono realizzate annualmente.

Per quanto riguarda, invece, i metodi di stima delle emissioni fuggitive l'obiettivo principale perseguito è di coadiuvare il programma "Leak Detection And Repair (LDAR)" di localizzazione Perdite e Riparazioni (LPER).

Il programma LPER consiste nel monitorare, selezionando quei componenti che possono dare origine a perdite di prodotti e poi riparare tutti quelli per cui sono state individuate perdite.

Il monitoraggio delle perdite è effettuato conformemente secondo il metodo di riferimento EPA 21 con frequenze predefinite di campionamento.

Nel proseguo viene proposto il programma di monitoraggio delle "fugitive and secondary emissions".

#### 1.3.2 Metodologie utilizzate

##### INTRODUZIONE

Con la denominazione " fugitive e secondary emissions" vengono indicati i rilasci non intenzionali da apparecchiature di processo come difetti di tenuta o altri inconvenienti legati all'esercizio dell'impianto.



Il funzionamento in regola di queste unità comporta generalmente limitati problemi di emissione, che diventano spesso significativi dato l'elevato numero di componenti che possono raggiungere anche decine-centinaia di migliaia in una tipica raffineria di petrolio.

Sulla base di tali presupposti, lo scopo del monitoraggio proposto, che sarà svolto dalla Saras Ricerche e Tecnologie ( SARTEC ) SpA Divisione Ricerche, è l'identificazione, la stima, il controllo delle emissioni fuggitive dell'intero stabilimento della SARAS S.p.A. .

La presente specifica indica la tipologia dei lavori richiesti, riportandone le informazioni generali, per la realizzazione del piano di monitoraggio.

### Riferimenti normativi e tecnici

Il piano di monitoraggio si integra con la normativa nazionale e europea in vigore.

In particolare fa suo:

- Decreto legislativo del 18 febbraio 2005, n° 59 "Attuazione integrale della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento"
- Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) "Reference Document on Best Available Techniques for the Mineral Oil and Gas Refineries" European Commission, Feb. 2003
- Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) "Reference Document on the General Principles of Monitoring" European Commission, Jul. 2003
- "Preferred and alternative methods for estimating fugitive emissions from equipment leaks" Final Report – EPA EIP, Nov. 1996
- "Protocol for Equipment Leak Emission Estimates" – EPA-453/R-95-017 – Nov. 1995
- "National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Source Categories; Organic Hazardous Air Pollutants from the Synthetic Organic Chemical Manufacturing Industry and Seven Other Processes. Subpart H - Equipment Leaks" - Federal Register - Dec. 1992
- "Reference Method 21, Determination of Volatile Organic Compound Leaks" Code of Federal Regulations, Title 40, Part 60, Appendix A. Jun. 1990
- Linee Guida nazionali sulle Migliori Tecniche Disponibili (LG-MTD) Raffinerie di petrolio ottobre 2005
- Linee Guida nazionali sulle Migliori Tecniche Disponibili (LG-MTD) Sistemi di monitoraggio 13/01/2004
- Altre Linee Guida nazionali sulle Migliori Tecniche Disponibili (LG-MTD) in corso di emanazione.

### CRITERIO GENERALE

Il protocollo EPA ("Protocol for Equipment Leak Emission Estimates" – EPA-453/R-95-017 – Nov. 1995) prende le mosse da una fase di inventario delle diverse componenti impiantistiche (fonti di emissione), quali :

- Valvole
- Tenute di pompe
- Tenute di compressori
- Valvole di sicurezza
- Accoppiamenti flangiati di tubazioni
- Connessioni flangiate di apparecchiature a pressione.
- Connessioni filettate di strumentazione.
- Tronchetti
- Prese campione.

Per tali componenti devono essere identificati il numero di ore di funzionamento nell'arco di tempo di interesse (normalmente un anno) e il tipo di servizio (fluido trattato), tra i seguenti :

- Gas = fluidi allo stato gassoso nelle condizioni operative;
- Liquido Leggero = fluidi allo stato liquido nelle condizioni operative, aventi composizione tale che almeno il 20% in peso sia costituito da liquidi con tensione di vapore superiore a 0,3 kPa a 20°C;
- Liquido Pesante = fluidi non classificabili tra i precedenti.



Il protocollo EPA prevede che possano essere applicati diversi metodi, connotati da un grado progressivo di accuratezza dei risultati; la scelta del grado di approfondimento deve essere effettuata sulla base di un'attenta comparazione tra costi e benefici.

In particolare la Committente ha individuato nell'approccio Leak / No leak quello più confacente alle proprie esigenze.

Secondo tale approccio, l'EPA definisce "perdente" (leak) una sorgente nell'intorno della quale sia misurata una concentrazione pari o superiore a 10 000 ppm.

Quindi il numero di componenti viene moltiplicato per un determinato fattore, variabile a seconda che la concentrazione sia minore (No leak) o maggiore (Leak) a 10 000 ppm<sup>2</sup>.

Questo grado di approfondimento richiede che la misura di ciascuna componente venga effettuata con un analizzatore portatile, secondo il Metodo 21 richiamato dall'EPA stessa ("Reference Method 21, Determination of Volatile Organic Compound Leaks" Code of Federal Regulations, Title 40, Part 60, Appendix A. Jun. 1990).

## CURVE DI CORRELAZIONE

Un successivo stadio nella determinazione delle emissioni fuggitive consiste nell'utilizzo di curve di correlazione sviluppate dall'EPA

Correlazioni matematiche consentono di avere una funzione continua su l'intero intervallo di valori invece che valori discreti.

E' previsto nelle metodologie citate un ulteriore livello di raffinazione mediante la verifica dei valori misurati con l'analizzatore portatile con una procedura di misurazione della portata emissiva effettiva per singole tipologie di apparecchiatura / servizio, mediante "impacchettamento" (bagging) della componente.

### 1 Analisi del ciclo produttivo

Vengono censite, per ciascuna area operativa le linee e le apparecchiature contenenti fluidi pericolosi per la salute, la sicurezza, l'ambiente (registrando stato fisico e condizioni di processo). Viene predisposta una prima mappatura degli impianti.

### 2 Verifica di campo

Classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione, presenza di ulteriori potenziali sorgenti di emissione, loro posizionamento nell'impianto, valutazione dell'ambiente di inserimento e della tipologia di ventilazione; stima delle emissioni fuggitive ai fini ambientali, accessibilità ai fini delle successive attività di rilevamento e della programmazione dei relativi itinerari; modalità di intervento degli operatori (frequenza, tempistiche di presenza), con riferimento alla tipologia dell'area di lavoro (ambiente aperto o chiuso, presenza ed efficienza di sistemi di ventilazione, ecc.).

L'attività di rilevamento in campo è prevista tramite l'impiego di:

- Camera IR
- FID

#### *Attività di rilevamento in campo con camera IR*

L'attività di rilevamento in campo con la camera IR, ThermoCAM GasFindIR, ha come finalità l'individuazione delle sorgenti emmissive.

La ThermoCAM GasFindIR è il risultato di più di un ventennio di studi condotti da David Furry e da suoi collaboratori sulla tecnologia delle fotocamere all'infrarosso.

---

<sup>2</sup> Se ritenuto opportuno è possibile applicare anche il metodo cosiddetto dei "fattori stratificati", il quale richiede una precisione maggiore dell'approccio "Leak/No leak", in quanto i fattori di emissioni sono suddivisi nei tre seguenti intervalli di concentrazione : 0-1000; 1001-10'000; >10'000 ppm



I filtri della ThermaCAM sono stati realizzati agli inizi del 2003 e la prima fotocamera venne costruita nel maggio dello stesso anno.

Il confronto della ThermaCAM (ottica passiva, spettri di assorbimento) con altri dispositivi all'infrarosso (sistemi attivi e passivi) ha permesso di verificare che questa macchina rivela:

- Emissioni più modeste
- Maggior numero di emissioni totali
- Minor tempo di ispezione (maggior velocità di acquisizione)

#### ***Attività di rilevamento in campo con FID***

L'attività ha come scopo la misura in campo della concentrazione dei VOC emessi dai componenti individuati dalla camera IR, per poi stimarne l'emissione in termini di massa/ora.

Lo strumento misura il contenuto di idrocarburi del campione di gas per mezzo di un rilevatore a ionizzazione di fiamma (FID). Le cariche elettriche formate durante la combustione delle sostanze organiche contenute nel campione sono prelevate mediante una coppia di elettrodi polarizzati e trasformate quindi in correnti elettriche.

Tali correnti generano una d.d.p. proporzionale alla concentrazione di idrocarburi presenti nel campione.

Le caratteristiche del FID e la procedura di misura eseguita rispettano quanto indicato nella procedura EPA: "Reference Method 21, Determination Of Volatile Organic Compound Leaks" Code of Federal Regulations, Title 40, Part 60, Appendix A. Jun. 1990,

#### ***Stima delle emissioni fuggitive***

Per ogni componente è stimata l'emissione fuggitiva ad esso associata con l'utilizzo della procedura EPA-453/R-95-017-Nov. 1995.

In particolare è applicato l'approccio Leak/No Leak.

In tale approccio, al componente viene associato un fattore di emissione variabile a seconda che la concentrazione dei VOC fornita dal FID sia superiore o inferiore a 10000 ppm .

### **3 Sistematizzazione dei dati e costruzione di un data-base**

L'insieme dei dati raccolti verrà registrato in opportune schede, che compongono il data base, accompagnati da relazioni tecniche riportanti tutti i passaggi analitici, le metodologie applicate, i risultati completi di elaborati grafici.

Inoltre il data base conterrà tutta la documentazione fotografica, la segnalazione di eventuali criticità e ulteriori rilevazioni come:

- Stato di usura della sorgente
- Misure dimensionali (dimetro dello stelo di una valvola)
- Anomalie di installazione o di funzionamento
- .....

In definitiva il database conterrà schede identificative, rappresentazione (grafica e/o fotografica), tipo di fluido trattato, condizioni di processo specifiche (temperatura e pressione); classificazione aree, tipologia sintetica di fluido contenuto (gas, liquido leggero, liquido pesante), periodicità di funzionamento dell'apparecchiatura, accessibilità , fattore di emissione applicabile; Frasi di Rischio, tipologia di ambiente di inserimento, frequenza e durata della presenza di addetti, possibilità di verifica immediata del superamento di concentrazioni pericolose.

### **4 Aggiornamento del data-base ed ottimizzazione delle stime di emissione**

Ottimizzazione del calcolo dell'emissione globale del sito e per area di interesse, l'aggiornamento del data-base, la segnalazione di eventuali criticità e di conseguenti interventi di riparazione/sostituzione a breve termine.

## **FREQUENZA DEL MONITORAGGIO**



La frequenza del monitoraggio previsto in un programma LDAR è tipicamente una funzione del tipo di componente e dei risultati dei monitoraggi precedenti. Componenti con una storia di perdite minime possono essere monitorati con una frequenza ridotta. I componenti con perdite più significative devono invece essere monitorati con una frequenza alta.

In sintesi si può adottare uno schema di monitoraggio così impostato:

- monitorare almeno una volta tutti i componenti accessibili per avere un inventario completo di tutte le apparecchiature e componenti e per valutare le perdite di questi.
- definire un obiettivo di frequenze di misura sulla base degli esiti della prima campagna generale di monitoraggio e delle perdite rilevate:
  - o se le perdite sono < 2%: monitorare quella tipologia di componenti con approccio statistico per ciascuna famiglia, così che ciascun componente è monitorato in un ben preciso intervallo di tempo;
  - o se le perdite sono > 2%: monitorare tutti i componenti di quella famiglia in modo sistematico, in un ben preciso intervallo di tempo, per esempio 1-3 anni;
  - o se le perdite sono > 5%: sviluppare un'indagine al fine di comprendere le cause delle perdite ripetute e ridurle con interventi appropriati;
- monitorare ciascun componente dopo la riparazione.



## 1.4 MONITORAGGIO DEGLI ODORI

### 1.4.1 Scopo dell'indagine

L'odore è definito come "qualunque emanazione percepibile attraverso il senso dell'olfatto".

Tali emanazioni possono essere costituite da prodotti gassosi di natura inorganica o da composti organici particolarmente volatili. Con il termine "inquinamento olfattivo" si indica l'impatto negativo degli odori molesti sull'ambiente circostante e sulle popolazioni esposte.

L'esposizione a stimoli chimici con odore molesto, infatti, pur non comportando l'insorgenza di specifici effetti tossici, anche per la sostanziale assenza di tossicità dei composti coinvolti, ai livelli esigui di concentrazione ai quali essi sono in grado di produrre lo stimolo sensoriale, può generare, in ogni modo, una sgradevole sensazione odorosa che può ripercuotersi sull'equilibrio psicofisico delle persone.

Il problema delle maleodoranze emesse da alcune attività produttive, un tempo considerato un aspetto secondario rispetto ad altri impatti, non è più sottovalutato in quanto è sempre più spesso causa di malcontento e di lamentele non solo da parte delle comunità circostanti le sorgenti di cattivo odore ma anche dagli stessi lavoratori.

Questo fenomeno non è unicamente dovuto ad una più elevata qualità della vita dei cittadini e al fatto che la popolazione è maggiormente sensibile ai problemi che deteriorano l'ambiente, ma molto spesso deriva da reali peggioramenti della situazione creati dallo sviluppo economico e industriale.

Fattore aggravante risulta essere la localizzazione delle fonti, sempre più vicine alle abitazioni o ad attività industriali e commerciali.

Infatti, non è infrequente il caso d'impianti costruiti originariamente su terreni agricoli a qualche chilometro di distanza dalla città ed oggi completamente circondati da quartieri residenziali.

I fenomeni possono accentuarsi in determinate stagioni dell'anno (tipicamente la più critica è quella calda) ed in corrispondenza del verificarsi di particolari condizioni meteorologiche favorevoli allo sviluppo di queste sostanze ed alla loro diffusione nell'ambiente.

Sulla base di tali presupposti, lo scopo di questo piano di monitoraggio, che sarà svolto dalla Saras Ricerche e Tecnologie ( SARTEC ) SpA Divisione Ricerche, è la stima, il controllo e l'analisi dell'impatto olfattivo indotto dai processi produttivi dello Stabilimento Saras di Sarroch.

### Sostanze Odorigene

In riferimento alle emissioni odorigene potenzialmente presenti in una raffineria di petrolio, si può individuare un ristretto gruppo di sostanze, meglio classi, riconosciute come responsabili delle molestie olfattive.

Di seguito è riportata una sintetica descrizione di queste principali classi:

- Composti solforati ridotti ( $H_2S$ , dimetilsolfuro e dimetildisolfuro, mercaptani)
- Acidi grassi volatili (comprendono gli acidi grassi a catena breve  $C_2-C_8$  con il gruppo  $C=O$  con particolare riguardo a quelli a catena di 4 a 7 atomi di carbonio che presentano una soglia olfattiva molto bassa)
- Composti ossigenati (alcooli, aldeidi, chetoni, eteri, esteri)
- Composti azotati (ammoniaca, ammine, ammidi)
- Idrocarburi petroliferi

### CARATTERIZZAZIONE DEGLI ODORI

La completa caratterizzazione di un odorante implica la valutazione di cinque parametri/:

1. concentrazione (in relazione con la soglia olfattiva);
2. intensità;
3. natura chimico-fisica;
4. tono edonistico;
5. qualità.



### **CONCENTRAZIONE E SOGLIA OLFATTIVA DI PERCEZIONE**

La concentrazione di odore viene espressa in modo diverso a seconda della tecnica di analisi impiegata per determinarla.

La concentrazione degli inquinanti gassosi, determinata mediante tecniche analitiche classiche, viene espressa in massa/volume (moli/volume o ppm), e si possono esprimere con le stesse unità di misura anche le concentrazioni dei singoli componenti di un odorante complesso. Tuttavia, le emissioni maleodoranti contengono spesso numerose specie diverse, molte delle quali a concentrazioni molto basse (dell'ordine del ppb o inferiori), che possono quindi essere separate e determinate solo mediante tecniche strumentali altamente sensibili e selettive, e con analisi spesso molto lunghe e costose.

La concentrazione di odore determinata mediante analisi sensoriali (olfattometria) è invece espressa in OU/m<sup>3</sup> (Unità Odorimetriche). L'olfattometria è una tecnica sensoriale che utilizza il naso di soggetti umani per la valutazione della sensazione di odore generata da un odorante singolo o complesso. Essa consiste nell'impiego di uno strumento di diluizione (*olfattometro*), che effettua la miscelazione del campione di odorante con aria neutra e poi lo somministra ai valutatori che partecipano all'analisi (*panel*), i quali devono annusarlo e confrontarlo con un riferimento di sola aria neutra. Inizialmente si produce una diluizione piuttosto spinta del campione originale, in modo che nessun giudice percepisca differenze con l'aria neutra. Dopodiché le diluizioni procedono decrescendo ogni volta di un fattore costante (caratteristico dello strumento, generalmente compreso tra 2 e 3), e ogni nuova concentrazione dell'odorante viene presentata al panel, fino a che non si raggiunge un livello di diluizione alla quale la metà dei valutatori percepiscono l'odore (tale concentrazione corrisponde alla *soglia olfattiva*). Le risposte dei panellist vengono registrate ed elaborate statisticamente dal software che generalmente supporta l'olfattometro e gestisce l'esecuzione della misura. La concentrazione di odore è numericamente uguale al numero di volte che il campione originale è stato diluito (secondo il fattore costante) per raggiungere la soglia del panel.

La soglia olfattiva di percezione è definita come la concentrazione minima di odorante che è percepita dal 50% dei valutatori che partecipano all'analisi (selezionati in modo da avere una sensibilità olfattiva standard, rappresentativa della popolazione media). La soglia di percezione esprime quindi la

concentrazione minima a cui può essere avvertito un odorante (come differenza rispetto al riferimento di aria inodore), ma non implica la capacità dei valutatori di distinguere e identificare tale sensazione. Per questo è stata definita anche la *soglia di riconoscimento*: la concentrazione minima di odorante che ne permette non solo la rilevazione, ma anche l'identificazione e la descrizione, dal 50% del panel (che in questo caso sono giudici esperti in grado di riconoscere e classificare gli odori secondo opportuni vocabolari di descrittori).

### **INTENSITÀ**

L'intensità di odore è la proprietà che esprime la *forza* dello stimolo olfattivo e ne rappresenta l'effetto a valori di concentrazione dell'odorante superiori alla soglia di percezione. Essa quindi porta un'informazione complementare rispetto alla concentrazione, e sebbene spesso i due parametri siano considerati sinonimi, tra di essi esiste una sostanziale differenza: la concentrazione è una misura della quantità di odore presente nel mezzo gassoso, cioè della *grandezza effettiva dello stimolo*, qualunque sia la sua natura, mentre l'intensità è una misura della *grandezza della sensazione* che lo stimolo genera, venendo rilevato e interpretato dal sistema olfattivo, ed è chiaramente dipendente dall'odorante e dall'individuo che lo avverte. In altre parole, tutti gli odori sono appena percepiti a livello della soglia di percezione (1 OU/m<sup>3</sup>), ma a concentrazioni superiori, per esempio 10 OU/m<sup>3</sup>, alcuni saranno ancora deboli, mentre altri saranno avvertiti molto più intensamente.

Sebbene concettualmente diverse, concentrazione ed intensità di odore sono grandezze correlate: solitamente, tanto più elevata è la concentrazione dell'odorante, tanto più intensa è la sensazione che genera. Tuttavia, analogamente a quanto avviene per altri sensi, come vista e udito, la relazione tra grandezza dello stimolo e intensità non è lineare ma logaritmica, del tipo:

$$I = K \log C$$



dove  $C$  è la concentrazione,  $I$  l'intensità di odore e  $K$  la costante sperimentale che lega le due grandezze. La *Figura seguente* rappresenta l'andamento logaritmico della funzione  $I-C$ , evidenziando il fatto che, al di sotto della soglia di percezione ( $C_0$ ), l'intensità rimane costantemente nulla.

Sono stati proposti vari modelli matematici per interpretare la funzione che correla  $I$  a  $C$ . I più utilizzati sono quelli di *Weber-Fechner* e di *Stevens*, che in realtà rappresentano due formulazioni diverse della stessa relazione.

RELAZIONE DI WEBER-FECHNER:  $I = K_W \log (C/C_0)$

dove  $I$  è l'intensità di odore,  $C$  la concentrazione dell'odorante (in  $OU/m^3$ ),  $C_0$  la concentrazione alla soglia di percezione ( $1 OU/m^3$ ), e  $K_W$  è il coefficiente di Weber-Fechner, caratteristico dell'odorante, da determinare sperimentalmente mediante misure olfattometriche sia di concentrazione che di intensità.

RELAZIONE DI STEVENS:  $I = K_S (C - C_0)^n$

dove  $K_S$  ed  $n$  sono i coefficienti di Stevens, anch'essi determinati sperimentalmente.

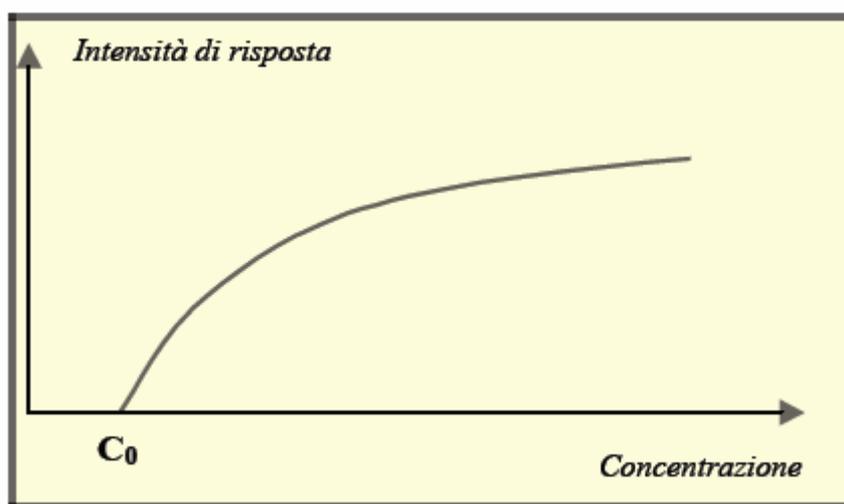


Figura - Andamento qualitativo della relazione tra intensità e concentrazione

Generalmente l'intensità si determina per via olfattometrica, con modalità simili a quelle per la misura della concentrazione, ma presentando al panel concentrazioni dell'odorante superiori alla soglia di percezione. Il panel che partecipa a misure di intensità di odore (come anche di tono edonistico) non è selezionato in modo da avere una risposta olfattiva standard, come avviene per le misure di concentrazione, ma è costituito da esperti di valutazioni sensoriali, "addestrati" a riconoscere e classificare gli stimoli olfattivi. Ad essi è richiesto di assegnare, ad ogni livello di diluizione del campione, un valore di intensità, secondo una scala predefinita. L'utilizzo delle *scale di categoria* (a 4, 5, 6, 7, 11 o più livelli), sintetiche e facilmente riproducibili, consente di esprimere l'intensità di odore in termini quantitativi: ad ogni categoria corrisponde infatti un numero ed una breve descrizione della sensazione odorosa corrispondente a quel livello. In genere si usano scale a sei livelli come quella riportata nella *Tabella seguente*, perché un maggior dettaglio nella classificazione porta ad una maggiore indecisione del panel. L'intensità misurata in questo modo viene espressa mediante un numero adimensionale corrispondente al livello della categoria assegnata al campione.

Tabella Scala di intensità odorosa a 6 livelli

LIVELLO DI INTENSITÀ	DESCRIZIONE
0	nessun odore
1	odore appena avvertito



2	odore debole ma riconoscibile
3	odore chiaramente identificabile
4	odore forte
5	odore molto forte

### **NATURA CHIMICO-FISICA**

Un parametro indicativo della capacità di diffusione dell'odore di una singola sostanza è l'Odor Index (OI), definito come il rapporto (adimensionale) tra la tensione di vapore dell'odorante, espressa in ppm (assumendo che 1 atmosfera corrisponda a  $10^6$  ppm), e la concentrazione minima percepibile dal 100% dei giudici selezionati per l'analisi (sempre in ppm).

L'OI permette di superare l'apparente eccezione di quelle sostanze che, pur presentando una bassissima tensione di vapore, sono fortemente odorose, e viceversa di quelle sostanze dotate di tensione di vapore sufficientemente elevata ma che non danno forti sensazioni di odore. Sono considerati potenzialmente poco odorosi i composti con OI inferiore a  $10^5$ , come alcani e alcoli a basso peso molecolare, mentre i composti con OI più elevato sono i mercaptani, con valori che possono raggiungere  $10^9$ .

### **TONO EDONISTICO**

Il tono edonistico è la proprietà che lega un odore allo stimolo di piacere o di repulsione che può provocare, esprimendone il grado di sgradevolezza o di gradevolezza; è quindi il parametro direttamente responsabile del disturbo e della molestia olfattiva.

La fondamentale differenza tra l'intensità di odore e il tono edonistico, entrambe grandezze che si riferiscono all'effetto provocato dallo stimolo odorigeno, consiste nel carattere maggiormente soggettivo dell'informazione contenuta nel tono edonistico, che si riferisce esplicitamente al giudizio positivo o negativo sulla sensazione ricevuta.

Normalmente, il tono edonistico viene definito tramite una scala a gradini (generalmente 7 o 9) simile a quella utilizzata per la determinazione dell'intensità e può essere valutato per via olfattometrica, a livelli di concentrazione superiori alla soglia di riconoscimento: i valutatori devono essere in grado di percepire l'odore e di distinguerne il grado di sgradevolezza.

### **QUALITÀ**

L'uomo può riconoscere migliaia di odori diversi e associare a ciascuno di essi un codice che il cervello è in grado di interpretare come una specifica sensazione. La qualità (o carattere) è la proprietà che permette di identificare un odore e che lo rende distinguibile dagli altri.

Il metodo più diffuso per la valutazione del carattere di un odore è il *metodo del confronto diretto*, che consiste nel confronto tra l'odorante in esame e un set di sostanze di riferimento, aventi una qualità definita per mezzo di un vocabolario descrittivo, parole o brevi frasi che sintetizzano le caratteristiche della sensazione olfattiva provocata dall'odorante. Il risultato è l'associazione a ciascuna sostanza di uno o più vocaboli, come negli esempi riportati nella *Tabella seguente*. Per l'applicazione del metodo del confronto diretto è quindi necessario l'impiego di un vocabolario, ma anche di valutatori in grado di adoperare quel set di descrittori.

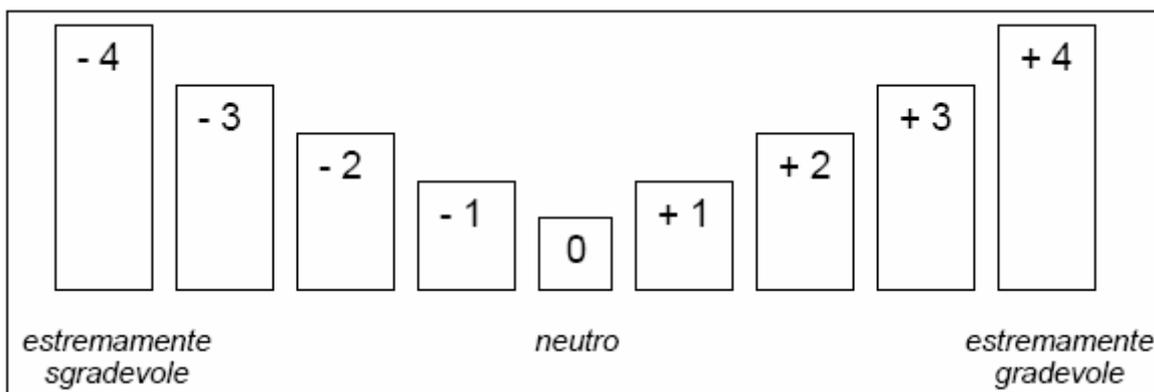


Figura - Scala di tono edonistico a 9 livelli

Tabella - Descrittori di qualità associati ad alcune delle sostanze odorigene più comuni

SOSTANZA	DESCRITTORI	SOSTANZA	DESCRITTORI
Acetaldeide	<i>dolce</i>	n-Esano	<i>solvente</i>
Acetone	<i>dolce, pungente</i>	1-Esano	<i>fiori, piacevole</i>
Acido acetico	<i>pungente</i>	Etanolo	<i>dolce, piacevole</i>
Acido butirrico	<i>dolce, sudore</i>	Etil-mercaptano	<i>cavolo in decomposizione</i>
Acido valerianico	<i>dolce, sudore, formaggio</i>	Etil-solfuro	<i>nauseante</i>
Acido solfidrico	<i>uova marce</i>	Fenolo	<i>medicinale, dolce</i>
Allil-mercaptano	<i>aglio</i>	Metiletil-chetone	<i>dolce</i>
Ammoniaca	<i>pungente, ammoniacale</i>	Metanolo	<i>medicinale, dolce</i>
Anidride solforosa	<i>zolfo, pungente</i>	Metil-mercaptano	<i>cavolo in decomposizione</i>
Benzene	<i>solvente</i>	Metil-solfuro	<i>vegetale marcio</i>
Benzil-mercaptano	<i>sgradevole</i>	Nitrobenzene	<i>lucido da scarpe, amaro</i>
Benzilsolfuro	<i>zolfo, uova marce</i>	Percloroetilene	<i>solvente</i>
o-Bromuro-fenolo	<i>medicinale</i>	Pinene	<i>resinoso, pino</i>
Butil-mercaptano	<i>sgradevole</i>	Piridina	<i>fetido pungente</i>
terz..			
Cicloesano	<i>canfora</i>	Scatolo	<i>fecale</i>
Dimetil-solfuro	<i>vegetale marcio</i>	Tiocresolo	<i>rancido</i>
Diallil-solfuro	<i>aglio</i>	Tiofenolo	<i>putrido, marcio</i>
Difenil-solfuro	<i>gomma bruciata</i>	Xilene	<i>solvente</i>

**TECNICHE DI MISURA DEGLI ODORI**

Le tecniche di misura disponibili sono di tipo *analitico* (come la gas cromatografia accoppiata a spettrometria di massa), per determinare la concentrazione in massa/volume degli *odoranti* (sostanze responsabili dell'odore), o di tipo *sensoriale*, mediante le quali si determinano le caratteristiche dell'*odore* come sensazione (concentrazione, in relazione alla soglia di percezione, intensità, tono edonistico e qualità, a concentrazioni superiori alla soglia). Per quanto riguarda l'olfattometria dinamica, tecnica sensoriale riconosciuta come la più adatta alla misura dell'odore, si fa riferimento a quanto riportato nella Normativa Tecnica CEN 13725.

Saranno anche brevemente descritte due tecnologie innovative: gli analizzatori sensoriali ("nasi elettronici") e la gas cromatografia accoppiata all'olfattometria (GCO).



### **TECNICHE ANALITICHE: GAS CROMATOGRAFIA E SPETTROMETRIA DI MASSA**

La gas cromatografia unita a spettrometria di massa (GC/MS) è una tecnica chimico-analitica molto potente che permette di eseguire analisi accurate sulla composizione chimica di un dato campione gassoso.

La gas cromatografia è una tecnica altamente efficiente di separazione dei componenti di una miscela complessa, che, abbinata ad un rivelatore estremamente sensibile e selettivo come lo spettrometro di massa, consente l'identificazione e la quantificazione di praticamente tutte le specie chimiche presenti. Queste analisi forniscono quindi una lista completa delle concentrazioni di tutte le sostanze presenti nel campione odorigeno.

A causa della soglia generalmente bassa di percettibilità olfattiva degli odoranti, l'analisi diretta non è quasi mai effettuabile, ma è necessario un campionamento che implichi uno stadio di *preconcentrazione*. La preconcentrazione viene realizzata facendo fluire un elevato volume di campione attraverso del materiale adsorbente o assorbente; i metodi più utilizzati sono i seguenti:

- assorbimento su reattivi chimici o su soluzioni di lavaggio specifiche;
- adsorbimento su substrati solidi (trappole di carboni attivi, tenax, ecc.);
- condensazione a basse temperature (trappole criogeniche);
- adsorbimento a basse temperature su un substrato mediante la creazione di un'interfaccia gas-liquido.

È importante scegliere con attenzione il tipo di materiale adsorbente a seconda del tipo di composti che si vogliono determinare.

Successivamente, in laboratorio, si effettua il desorbimento, per via termica o mediante l'uso di solventi. Il desorbimento termico offre i vantaggi di un'esecuzione rapida e di non richiedere manipolazioni dei campioni da parte dell'operatore, ma ha lo svantaggio di una possibile alterazione della composizione dei campioni, specie per quanto riguarda gli analiti termolabili. Utilizzando i solventi invece si ottiene un desorbimento più selettivo (perché viene sfruttata l'affinità tra solvente ed analiti da estrarre), ma la tecnica è maggiormente soggetta ad errori sperimentali, non trascurabili avendo a che fare con livelli molto bassi di concentrazione.

Il campione così trattato viene analizzato mediante GC-MS. La miscela, iniettata nella colonna cromatografica e fatta eluire mediante un gas inerte di trasporto (generalmente He), viene separata nei vari componenti in base alla loro diversa affinità con il substrato che riveste internamente la colonna di separazione. Gli analiti maggiormente affini avranno tempi di ritenzione più lunghi, mentre quelli meno affini per la fase stazionaria saranno meno trattenuti e quindi usciranno più velocemente. Questo permette di avere in uscita, per mezzo di un opportuno rivelatore, il cromatogramma, ovvero una sequenza di picchi la cui posizione sulle ascisse (tempo di ritenzione) indica la specie, mentre l'area di ciascun segnale è proporzionale alla quantità di sostanza eluita. Il rivelatore di maggior pregio (ma anche notevolmente costoso) da abbinare al gas cromatografo è senz'altro lo spettrometro di massa, strumento che effettua la ionizzazione, per via chimica o mediante un fascio di elettroni, di ciascun composto in uscita dalla colonna di separazione: una volta formati, i frammenti molecolari di ogni sostanza vengono separati da un campo magnetico in base al loro rapporto carica/massa ed inviati ad un rivelatore, e dalla combinazione dei vari ioni presenti si ricostruisce lo spettro di massa, caratteristico di ogni composto.

Le determinazioni di tipo analitico offrono i seguenti vantaggi:

- oggettività;
- riproducibilità e ripetibilità;
- accuratezza.

Hanno però alcuni svantaggi:

- per alcuni composti odorigeni a bassissima soglia olfattiva (mercaptani e altri solfuri, scatolo) si possono presentare comunque problemi di sensibilità della strumentazione analitica, dal momento che le concentrazioni che provocano odori percettibili possono essere inferiori al limite di rivelabilità strumentale;
- la calibrazione dei dispositivi strumentali con gli odoranti ambientali oggetto dell'analisi è spesso impossibile perché la loro composizione non è nota;



- nella maggior parte dei casi non esistono relazioni significative tra l'esatta composizione della miscela e la sensazione di odore che essa genera;
- costo elevato e tempi di analisi relativamente lunghi.

Le tecniche analitiche moderne costituiscono quindi potenti strumenti per l'esatta determinazione della composizione degli effluenti maleodoranti, consentendo l'identificazione e la quantificazione di praticamente tutte le specie chimiche presenti. Tuttavia, esse non forniscono alcuna informazione sulla sensazione complessiva di odore che le singole sostanze generano venendo rilevate ed interpretate tramite il senso dell'olfatto.

#### **TECNICHE MISTE: GAS CROMATOGRAFIA ACCOPPIATA AD OLFATTOMETRIA**

La gascromatografia accoppiata all'olfattometria (GCO), ovvero la combinazione di tecniche analitiche e tecniche sensoriali, è un metodo nuovo, frutto di studi recenti, ed ha trovato notevoli applicazioni soprattutto in campo alimentare per la caratterizzazione dei prodotti dal punto di vista olfattivo (studio degli "aromi", in associazione con il senso del gusto). Essa permette di ottenere risposte di tipo sia strumentale che sensoriale ai composti volatili presenti in una miscela e separati per via cromatografica, affiancando ai comuni rivelatori un panel di soggetti umani. L'effluente gassoso in uscita dalla colonna viene diviso in un flusso diretto ad un detector tradizionale (generalmente un rivelatore a ionizzazione di fiamma) per l'identificazione chimica dei singoli analiti, e in un secondo flusso diretto all'olfattometro, nel quale i composti volatili separati in colonna vengono diluiti con aria neutra e presentati ai giudici, registrando le loro percezioni odorose (descrizione dell'odore, inizio e fine della sensazione odorosa, intensità). Per consentire l'associazione delle sensazioni registrate dal panel ai composti in uscita dalla colonna cromatografica, si effettua contemporaneamente la registrazione del dato analitico strumentale (specie chimica e quantità) e della sensazione odorosa fornita dal panel, presentando ai giudici la miscela aria-campione in corrispondenza di ciascun picco in uscita dal rivelatore. In questo modo si può valutare il contributo odoroso di ciascuno dei componenti volatili presenti nella miscela e localizzare, sul tracciato di un cromatogramma, i composti a maggiore attività odorigena.

Il vantaggio più importante della GCO è quello di consentire l'identificazione dei componenti di una miscela odorigena con contributo maggiore all'odore complessivo, e quindi di valutare il potenziale odorigeno delle varie classi di sostanze ed eventuali effetti mascheranti o sinergici tra i diversi odoranti. Uno dei principali svantaggi del metodo è che la scomposizione della miscela iniziale nelle sue componenti non consente più di valutare gli effetti complessivi dati dalla sovrapposizione di tutte le singole specie.

La metodologia è ancora in fase di definizione ma potrebbe avere sviluppi interessanti anche per quanto riguarda le applicazioni ambientali.

#### **1.4.2 Responsabilità**

La campagna di monitoraggio degli odori è coordinata dal Servizio Prevenzione e Protezione (SPP) della SARAS e sarà affidata alla SARTEC SpA che dispone di tutte le attrezzature, personale e competenze per eseguire il lavoro in accordo con quanto indicato dalle tecniche di riferimento.

#### **1.4.3 Metodologie utilizzate**

Il piano di monitoraggio degli odori, che sarà realizzato con una cadenza almeno semestrale, sarà articolato nelle seguenti attività:

##### ***Speciazione delle emissioni odorigene***

La speciazione delle emissioni odorigene, necessaria dato l'elevato numero di composti odorigeni presenti in raffineria, e sarà suddivisa in:

- prelievo campioni d'aria;
- identificazione dei composti e delle loro concentrazioni attraverso l'analisi al GC-MS.



### *Campionamento*

Sulla base dei diversi cicli produttivi (tipologia di materiali processati e qualità delle emissioni reali o presumibili) la Raffineria verrà suddivisa in aree per ognuna delle quali sarà effettuato un prelievo d'aria.

I campioni di aria verranno prelevati con bags di Tedlar del volume di 5 litri. Si utilizzeranno sacche di tedlar in quanto presentano caratteristiche come:

- maneggevolezza;
- sufficiente resistenza meccanica;
- bassa capacità di assorbimento nei confronti degli odoranti;
- inerzia chimica;
- assenza di odore.

Il riempimento delle bags verrà effettuato per pompaggio diretto utilizzando una pompa con portata di 1 l/min.

Prima di effettuare il campionamento effettivo la pompa verrà sottoposta ad un ciclo di "lavaggio", ovvero sarà eseguito un ciclo di funzionamento a vuoto per 10 minuti, in modo da evitare la contaminazione tra due campioni consecutivi.

Un procedimento simile sarà applicato anche alle sacche, che saranno riempite e svuotate più volte sul posto, affinché sia raggiunto l'equilibrio adsorbimento/desorbimento sulle pareti dei sacchetti, assicurando così che il campione non vari la propria concentrazione durante lo stoccaggio.

Il tempo di stoccaggio, cioè il tempo che intercorre tra il campionamento e la misura, sarà ottimizzato in modo da stare al disotto delle 30 ore, come indicato nelle norme CEN TC264/WG2, mantenendo il campione ad una temperatura inferiore ai 25 °C.

### *Analisi chimica*

L'analisi chimica permette di identificare e quantificare i composti chimici che costituiscono la miscela odorigena.

Le molecole responsabili dell'odore sono numerose e molto differenti tra loro. Le molecole universalmente riconosciute come odorigene sono quelle solforate, quelle azotate, quelle organiche con gruppo funzionale carbossilico, aldeidico, idrossilico, carbossilico e altre ancora.

Data la bassa soglia di rilevabilità olfattiva di alcuni composti osmogeni verrà utilizzata la tecnica SPME (Micro Estrazione in Fase Solida).

Con tale tecnica gli analiti vengono preconcentrati su una fase stazionaria legata esternamente ad una sottile fibra di silice fusa, tipicamente della lunghezza di 1 cm.

La fibra è contenuta in un apposito holder, simile ad una microsiringa, che la protegge e permette di esporla per il tempo necessario, sia durante il campionamento che per il desorbimento nell'iniettore del gas-cromatografo.

Il campionamento viene fatto ritirando la siringa nell'ago, quest'ultimo permette l'introduzione della siringa all'interno della sacca perforandone il setto.

Per le analisi verrà utilizzata una fibra trifasica (Carboxen/PDMS/DVB) che permette di adsorbire sostanze con vasto range di polarità, da acidi ad ammine, alcoli, aldeidi, chetoni, terpeni, idrocarburi ed altro.

Il tempo di esposizione della fibra all'interno della sacca è di 1 ora .

Nell'SPME non si effettua una vera e propria estrazione, ma piuttosto viene raggiunto un equilibrio tra l'analita nella matrice e l'analita sulla fase stazionaria, all'equilibrio esiste una relazione tra il numero di moli dell'analita adsorbite dalla fibra e la concentrazione di esso nella matrice, espressa dalla seguente relazione:

$$N = \frac{K_{fg} V_f C_0 V_g}{K_{fg} V_f + V_g}$$



dove  $N$  = moli di analita adsorbite dalla fibra all'equilibrio; moli/L  
 $K_{fg}$  = coefficiente di ripartizione fibra / campione;  
 $V_f$  = volume della fibra  
 $C_0$  = concentrazione iniziale dell'analita nel campione; moli/L  
 $V_g$  = volume del gas, L

Se  $V_g \gg K_{fg}V_f$  allora  $N = K_{fg}V_f C_0$

Se  $V_g \ll K_{fg}V_f$  allora  $N = C_0V_g$

Si ha quindi una relazione lineare tra la quantità estratta e la concentrazione iniziale dell'analita nel campione.

Dopo adsorbimento per 1 ora, la fibra verrà desorbita in modalità splitless nell'iniettore del gascromatografo a 250 °C per 1.5 minuti.

Lo strumento che verrà utilizzato per le analisi è un GC-MS (Mod GCQ Thermoelectron, Rodano (MI), con una colonna DB5 J&W 50m (i.d. 0.32 mm, film thickness 0.50 mm) mantenuta a 35 °C per 5 minuti e poi scaldata fino a 200°C con una velocità di 9 gradi al minuto.

Gli spettri saranno acquisiti nel range 30-350 amu.

Al campione verrà aggiunto uno standard interno, o-xilene D10 (tutti gli idrogeni dello o-xilene sono sostituiti da deuterio), il quale ci permetterà di effettuare un'analisi quantitativa per confronto diretto delle aree degli analiti con l'area dello standard interno.

### ***Parametri caratterizzanti l'emissione odorigena***

Sulla base della composizione della miscela odorigena, la quantificazione dell'impatto odorigeno indotto dall'emissione è valutato attraverso odor threshold (OT) o odour units (OU) emesse.

#### *Odor threshold*

Se nell'emissione odorigena è possibile determinare un composto predominante, "marcatore", la valutazione dell'impatto olfattivo sarà associata all' Odor Threshold di quest'ultimo.

La soglia olfattiva di percezione OT è definita come la concentrazione minima di odorante che è percepita dal 50% dei valutatori (selezionati in modo da avere una sensibilità olfattiva standard, rappresentativa della popolazione media) che partecipano all'analisi.

La soglia di percezione esprime quindi la concentrazione minima a cui può essere avvertito un odorante (come differenza rispetto al riferimento di aria inodore).

Viene anche definita come la concentrazione minima di odorante che ne permette non solo la rilevazione, ma anche la possibilità al 50% dei valutatori di distinguerlo qualitativamente.

L'odor threshold così determinato viene espresso in termini di massa/volume (oppure moli/volume o in ppm).

#### *Odour unit*

Nel caso in cui non sia possibile distinguere all'interno dell'emissione odorigena un composto predominante, l'impatto olfattivo associato all'emissione viene caratterizzato dall' odour unit OU.

In particolare il campione di aria, sottoposto a diluizioni successive con aria deodorizzata, viene fatto "annusare" ad un gruppo di valutatori (panel).

Il numero di diluizioni necessarie per giungere alla soglia di percezione rappresenta la concentrazione di odore espressa in termini di OU/m<sup>3</sup> (unità odorimetriche per metro cubo).

### ***Valutazione dell'impatto olfattivo***

Caratterizzate le emissioni odorigene emesse si valuterà tramite il software AERMOD la ricaduta al suolo sul territorio circostante.

Il modello di dispersione AERMOD, sulla base dei dati meteorologici e cartografici, fornirà la concentrazione del composto predominante o le unità di odore (OU/m<sup>3</sup>) mediate per un periodo di tempo pari a un'ora.

Queste ultime saranno confrontate rispettivamente con l'odor threshold del componente o col valore massimo di 5 OU/m<sup>3</sup>, corretti da un valore P/M (peak to mean ratio) che tiene conto delle fluttuazioni reali.

In caso di riscontro positivo l'ora in esame verrà valutata come un'ora di molestia olfattiva.

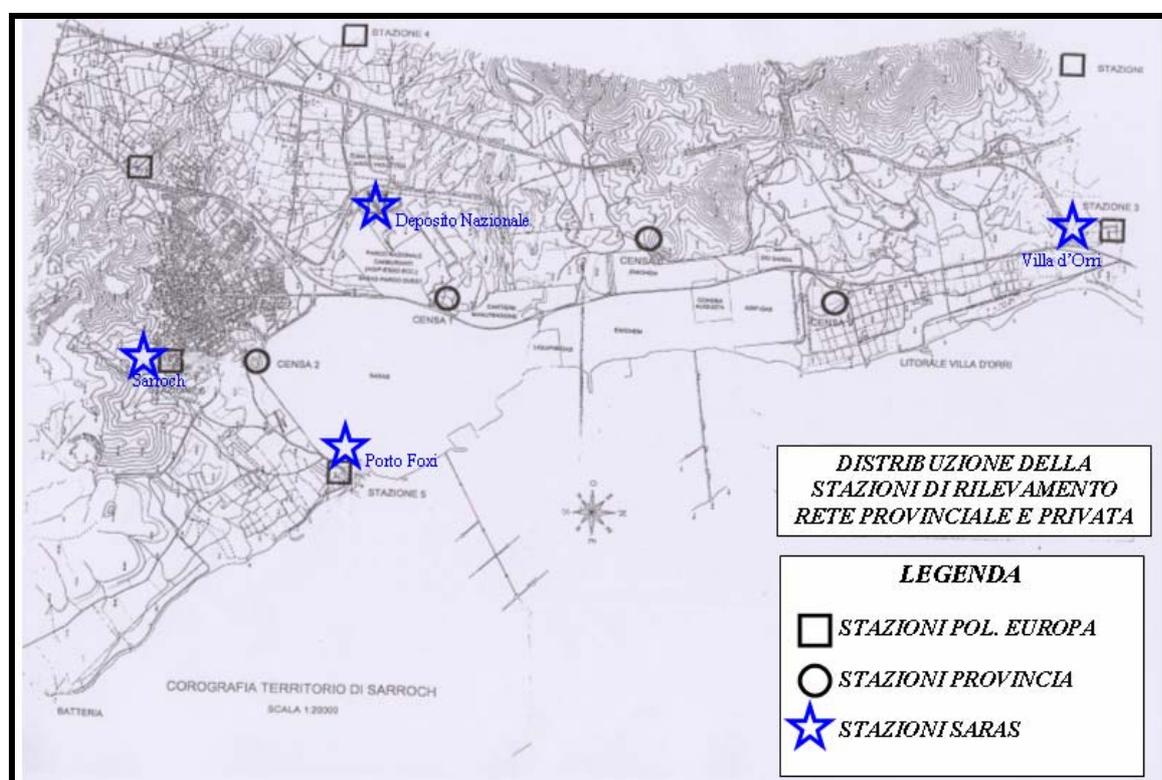
## 2 MONITORAGGIO QUALITÀ DELL'ARIA

### 2.1 MONITORAGGIO ARIA AMBIENTE TRAMITE CENTRALINE FISSE

#### 2.1.1 Scopo dell'indagine

Scopo della presente indagine è il controllo in continuo delle emissioni di SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, H<sub>2</sub>S, PM10, O<sub>3</sub>, NMHC (idrocarburi non metanici) e MHC (idrocarburi metanici) in 4 centraline fisse situate nell'area industriale di Sarroch, denominate "Sarroch", "Porto Foxi", "Villa d'Orri", "Deposito Nazionale".

La figura seguente illustra l'ubicazione delle stazioni.



Le centraline sono ubicate in corrispondenza di punti significativi, in relazione al regime dei venti e/o alla vicinanza di recettori sensibili (zone abitate).

La rete di monitoraggio fornisce le seguenti informazioni:

- monitoraggio della SO<sub>2</sub> in tutte le stazioni;
- monitoraggio degli NO<sub>x</sub> in tutte le stazioni;
- monitoraggio dei PM10 in tutte le stazioni;
- monitoraggio dell'H<sub>2</sub>S in tutte le stazioni;



- monitoraggio del CO in tutte le stazioni;
- monitoraggio dell'ozono in tutte le stazioni;
- monitoraggio degli idrocarburi non metanici in tutte le stazioni;
- monitoraggio degli idrocarburi metanici in tutte le stazioni.

Infine esiste una stazione meteorologica integrata nella stazione n°4 (Deposito Nazionale) in cui vengono monitorati in continuo i seguenti parametri:

- Velocità del vento
- Direzione del vento
- Temperatura
- Pressione atmosferica
- Irraggiamento solare
- Umidità relativa

### **2.1.2 Adempimenti**

Non esistono precisi obblighi normativi sui controlli che le industrie devono effettuare sulla qualità dell'aria riscontrabile nell'area di inserimento; sono, comunque, disponibili i valori guida/limite individuati dalla normativa vigente relativamente ad alcuni inquinanti.

La tabella seguente riporta i principali atti normativi che regolano e disciplinano le norme tecniche in materia di qualità dell'aria relativamente a specifici agenti inquinanti.



**D.P.C.M. 28 marzo 1983**

Il decreto vale ancora ma i limiti di SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, etc. sono contenuti altrove

“Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno”

**D.M. 02 aprile 2002 n°60**

Contiene i limiti relativamente a SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, particelle sospese, PM<sub>10</sub>, Pb, CO, benzene

“Recepimento della direttiva [1999/30/CE](#) del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva [2000/69/CE](#) relativa ai valori limite di qualità aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio”

**D.Lgs. Governo 21 maggio 2004 n° 183**

“Attuazione della direttiva [2002/3/CE](#) relativa all'ozono nell'aria”

**D.P.R. 24 maggio 1988 n° 203**

**ABROGATO dall'art. 280 del D.Lgs 03/04/2006 n.152**

“Attuazione delle direttive CEE 80/779, 82/884, 84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali ai sensi dell'art. 15 della L. 183/87”

**D.M. 15 aprile 1994**

Il decreto vale ancora ma i limiti di SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, etc. sono contenuti altrove

“Norme tecniche in materie di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinamenti atmosferici nelle aree urbane, ai sensi degli artt. 3 e 4 del DPR 203/88 e dell'art. 9 del DM 20 maggio 1991”

**D.M. 25 novembre 1994**

Il decreto vale ancora ma i limiti di SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, etc. sono contenuti altrove

“Aggiornamento delle norme tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di attenzione e di allarme per gli inquinamenti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per la misura di alcuni inquinanti di cui al D.M. 15 aprile 1994 “

**D.Lgs. Governo n° 351 del 04/08/1999**

L'Allegato I Riporta l'elenco degli inquinanti in atmosfera da considerare nel quadro della valutazione e della gestione della qualità dell'aria ambiente

“Attuazione della direttiva [96/62/CE](#) in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente”

Di seguito si riportano i valori limite indicati per la qualità dell'aria ambiente dal Decreto Ministeriale n° 60 del 02/04/2002 per quanto riguarda biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, particelle, piombo, benzene e monossido di carbonio e i valori bersaglio per quanto l'ozono indicati nel D.Lgs. Governo n° 183 del 21/05/2004.



Valori limite per il biossido di zolfo

I valori limite devono essere espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Il volume deve essere normalizzato ad una temperatura di 293 K e ad una pressione di 101,3 kPa.

	Periodo di mediazione	Valore limite	Margine di tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto
1. Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 24 volte per anno civile	42,9% del valore limite, pari a 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore e' ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2005	1° gennaio 2005
2. Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 3 volte per anno civile	nessuno	1° gennaio 2005
3. Valore limite per la protezione degli ecosistemi	Anno civile e inverno (1 ottobre - 31 marzo)	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	nessuno	19 luglio 2001



Valori limite per il biossido di azoto e gli ossidi di azoto

I valori limite devono essere espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Il volume deve essere normalizzato ad una temperatura di 293 K e ad una pressione di 101,3 kPa

	Periodo di mediazione	Valore limite	Margine di tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto
1. Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO <sub>2</sub> da non superare più di 18 volte per anno civile	50% del valore limite, pari a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore e' ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2010	1° gennaio 2010
2. Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO <sub>2</sub>	50% del valore limite, pari a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore e' ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2010	1° gennaio 2010
3. Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	Anno civile	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO <sub>x</sub>	Nessuno	19 luglio 2001

Valori limite per il materiale particolato (PM<sub>10</sub>)

	Periodo di mediazione	Valore limite	Margine di tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto
<b>FASE 1</b>				
1. Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub> da non superare più di 35 volte per anno civile	50% del valore limite, pari a 25 µg/m <sup>3</sup> , all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2005	1° gennaio 2005
2. Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub>	20% del valore limite, pari a 8 µg/m <sup>3</sup> , all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2005	1° gennaio 2005
<b>FASE 2 (1)</b>				
1. Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub> da non superare più di 7 volte l'anno	Da stabilire in base ai dati, in modo che sia equivalente al valore limite della fase 1	1° gennaio 2010
2. Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	20 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub>	10 µg/m <sup>3</sup> al 1° gennaio 2005 con riduzione ogni 12 mesi successivi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2010	1° gennaio 2010

(1) Valori limite indicativi da rivedere con successivo decreto sulla base della futura normativa comunitaria.



Valore limite per il monossido di carbonio

Il valore limite deve essere espresso in mg/m<sup>3</sup>. Il volume deve essere normalizzato ad una temperatura di 293 K e ad una pressione di 101,3 kPa

	Periodo di mediazione	Valore limite	Margine di tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto
Valore limite per la protezione della salute umana	Media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>	6 mg/m <sup>3</sup> all'entrata in vigore della direttiva 2000/69 (13/12/2000). Tale valore e' ridotto il 1° gennaio 2003 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2005	1° gennaio 2005

La media massima giornaliera su 8 ore viene individuata esaminando le medie mobili su 8 ore, calcolate in base a dati orari e aggiornate ogni ora.

Ogni media su 8 ore così calcolata è assegnata al giorno nel quale finisce.

In pratica, il primo periodo di 8 ore per ogni singolo giorno sarà quello compreso tra le ore 17.00 del giorno precedente e le ore 01.00 del giorno stesso; l'ultimo periodo di 8 ore per ogni giorno sarà quello compreso tra le ore 16.00 e le ore 24.00 del giorno stesso.

Valori bersaglio Ozono

Per valore bersaglio, in accordo D.Lgs. Governo n° 183 del 21/05/2004, si intende il "livello fissato al fine di evitare a lungo termine effetti nocivi sulla salute umana e sull'ambiente nel suo complesso, da conseguirsi per quanto possibile entro un dato periodo di tempo".

	Parametro	Valore bersaglio per il 2010
1. Valore bersaglio per la protezione della salute umana	Media su 8 ore massima giornaliera (a)	120 µg/m <sup>3</sup> da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni (b)
2. Valore bersaglio per la protezione della vegetazione	AOT40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18 000 µg/m <sup>3</sup> ·h come media su 5 anni (b)

(a) La massima concentrazione media su 8 ore rilevata in un giorno è determinata esaminando le medie consecutive su 8 ore, calcolate in base a dati orari e aggiornate ogni ora. Ogni media su 8 ore in tal modo calcolata è assegnata al giorno nel quale la stessa termina; conseguentemente, la prima fascia di calcolo per ogni singolo giorno è quella compresa tra le ore 17.00 del giorno precedente e le ore 01.00 del giorno stesso; l'ultima fascia di calcolo per ogni giorno è quella compresa tra le ore 16.00 e le ore 24.00 del giorno stesso.

(b) Se non è possibile calcolare la media i 3 o 5 anni in quanto non è disponibile un insieme completo di dati relativi a più anni consecutivi, i dati annuali minimi necessari per la verifica della rispondenza ai valori bersaglio sono i seguenti:

- per il valore bersaglio per la protezione della salute umana, i dati validi relativi ad un anno,
- per il valore bersaglio per la protezione della vegetazione, i dati relativi a 3 anni.



### 2.1.3 Responsabilità

La gestione dei dati provenienti dalla rete di monitoraggio è curata dal Servizio Prevenzione e Protezione della SARAS SpA che si avvale della società SARTEC SpA, Divisione Automazione, per la manutenzione ordinaria e straordinaria.

### 2.1.4 Metodologie utilizzate

Di seguito si riportano le caratteristiche degli analizzatori installati nelle diverse stazioni.

#### Analizzatore di H<sub>2</sub>S: API Model 101A

Tipo strumentazione :	automatica
Principio analitico:	fluorescenza del biossido di zolfo
Frequenza del campionamento:	10 secondi
Frequenza della calibrazione:	ogni 24 ore
Metodo di calibrazione:	bombola di H <sub>2</sub> S

#### Analizzatore di SO<sub>2</sub>: API Model 100A

Tipo strumentazione :	automatica
Principio analitico:	fluorescenza del biossido di zolfo
Frequenza del campionamento:	10 secondi
Frequenza della calibrazione:	ogni 24 ore
Metodo di calibrazione:	bombola di SO <sub>2</sub>

#### Analizzatore di NO<sub>x</sub>: API Model 200A

Tipo strumentazione :	automatica
Principio analitico:	chemiluminescenza
Frequenza del campionamento:	10 secondi
Frequenza della calibrazione:	ogni 24 ore
Metodo di calibrazione:	bombola di NO+NO <sub>2</sub>

#### Analizzatore di CO: API Model 300

Tipo strumentazione :	automatica
Principio analitico:	assorbimento delle radiazioni infrarosse
Frequenza del campionamento:	10 secondi
Frequenza della calibrazione:	ogni 24 ore
Metodo di calibrazione:	bombola di CO

#### Analizzatore di PM<sub>10</sub>: TEOM 1400a

Tipo strumentazione :	automatica
Principio analitico:	gravimetrico
Frequenza del campionamento:	10 secondi
Frequenza della calibrazione:	ogni 24 ore
Metodo di calibrazione:	taratura annuale a cura della casa costruttrice



Analizzatore di O3: API Model 400A

Tipo strumentazione :	automatica
Principio analitico:	assorbimento di raggi ultravioletti
Frequenza del campionamento:	10 secondi
Frequenza della calibrazione:	ogni 24 ore
Metodo di calibrazione:	lampada UV

Analizzatore di NMHC: NIRA VENUS 301

Tipo strumentazione :	automatica
Principio analitico:	gascromatografo
Frequenza del campionamento:	10 secondi
Frequenza della calibrazione:	ogni 24 ore
Metodo di calibrazione:	bombola di metano+butano

**2.1.5 Formato dei risultati**

Le cabine registrano i valori di ciascun parametro ogni ora e danno l'indicazione sulla validità della misura. La Tabella seguente illustra il modo di presentazione del dato orario per una giornata.



**Dati Ambiente**

**postazione: Deposito Nazionale Tipologia dati: dati validati**  
**data: 17 GENNAIO 2006**

ore	SO2	NO2					
	µg/Nm3	µg/Nm3					
1	4,67 OK	1 OK					
2	13,85 OK	1 OK					
3	15,39 OK	2 OK					
4	16,89 OK	2 OK					
5	16,16 OK	3 OK					
6	16,38 OK	4 OK					
7	6,59 OK	8 OK					
8	6,22 OK	9 OK					
9	6,73 OK	9 OK					
10	2,63 OK	5 OK					
11	16,00 OK	5 OK					
12	18,56 OK	6 OK					
13	19,56 OK	3 OK					
14	18,13 OK	2 OK					
15	4,79 OK	2 OK					
16	3,89 OK	1 OK					
17	2,65 OK	2 OK					
18	2,19 OK	4 OK					
19	1,94 OK	2 OK					
20	1,70 OK	2 OK					
21	1,21 OK	1 OK					
22	1,22 OK	1 OK					
23	1,50 OK	0 OK					
24	0,99 OK	0 OK					
media	8,33	3					

**LEGENDA:**

**OK = media OK**

**NV =Dato invalido**

In base a questi risultati viene elaborata la tabella dei percentili, illustrata di seguito.

Rete di rilevamento:							
Inquinante: CO in mg/Nm3		Tempo mediazione: 1 ora Periodo osservazione: anno					
Periodo rilevamento: 01 GENNAIO 2006/30 GIUGNO 2006							
STAZIONE	ANNO						
	N.	Mediana	90° pc	95° pc	98° pc	Media	S
Villa D Orri	4269	0,41	0,76	0,82	0,91	0,42	0,26
Porto Foxi	4250	0,45	0,88	1,19	1,40	0,47	0,37
Sarroch	749	1,07	1,58	1,86	2,71	1,09	0,50
Deposito Nazionale	4016	0,46	1,54	2,00	2,62	0,70	0,61



Infine vengono preparate le tabelle annuali riepilogative di cui si riporta un esempio di seguito:

Dati Ambiente											
postazione:		Deposito Nazionale Tipologia dati : dati validati									
anno:		2006									
mesi	PM10 µg/Nm3	PTS_2 µg/Nm3	NOx_g ppb	SO2 µg/Nm3	H2S µg/Nm3	NO µg/Nm3	NO2 µg/Nm3	CO mg/Nm3	O3 µg/Nm3	NMHC µg/Nm3	CH4 µg/Nm3
Gen			2	9,25	6	1	2	1,08	68	416	1384
Feb			1	4,69	9	1	2	1,39	70	445	1380
Mar			6	6,31	5	3	8	0,48	69	452	1447
Apr			6	7,59	4	2	9	0,52	75	605	1758
Mag			5	11,40	6	2	8	0,40	75	514	1641
Giu			6	8,42	7	2	9	0,33	81	240	1281
Lug			8	10,11	7	2	12	0,26	75	246	1300
Ago			5	9,21	1	2	7	0,13	55	54	997
Set			7	11,86	0	3	9	0,10	66	109	1712
Ott											
Nov											
Dic											
media			5	8,51	5	2	7	0,55	71	368	1422

**LEGENDA:**

K = media OK

D = dati insufficienti



## 2.2 MONITORAGGIO PERIODICO MICROINQUINANTI

### 2.2.1 Scopo dell'indagine

Scopo del monitoraggio è la determinazione dell'eventuale presenza di alcuni inquinanti in atmosfera, all'interno ed all'esterno dell'area della Raffineria.

In particolare vengono eseguiti i campionamenti per le seguenti determinazioni:

- 1) Polveri totali, organiche ed inorganiche
- 2) Metalli pesanti (Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn)
- 3) Idrocarburi Policiclici Aromatici (naftalene, acenaftilene, acenaftene, fluorene, fenantrene, antracene, fluorantene, pirene, benzo(a)antracene, crisene, benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene, benzo(a)pirene, indeno(1,2,3,c-d)pirene, dibenzo(a,h)antracene, benzo(g,h,i)terilene)

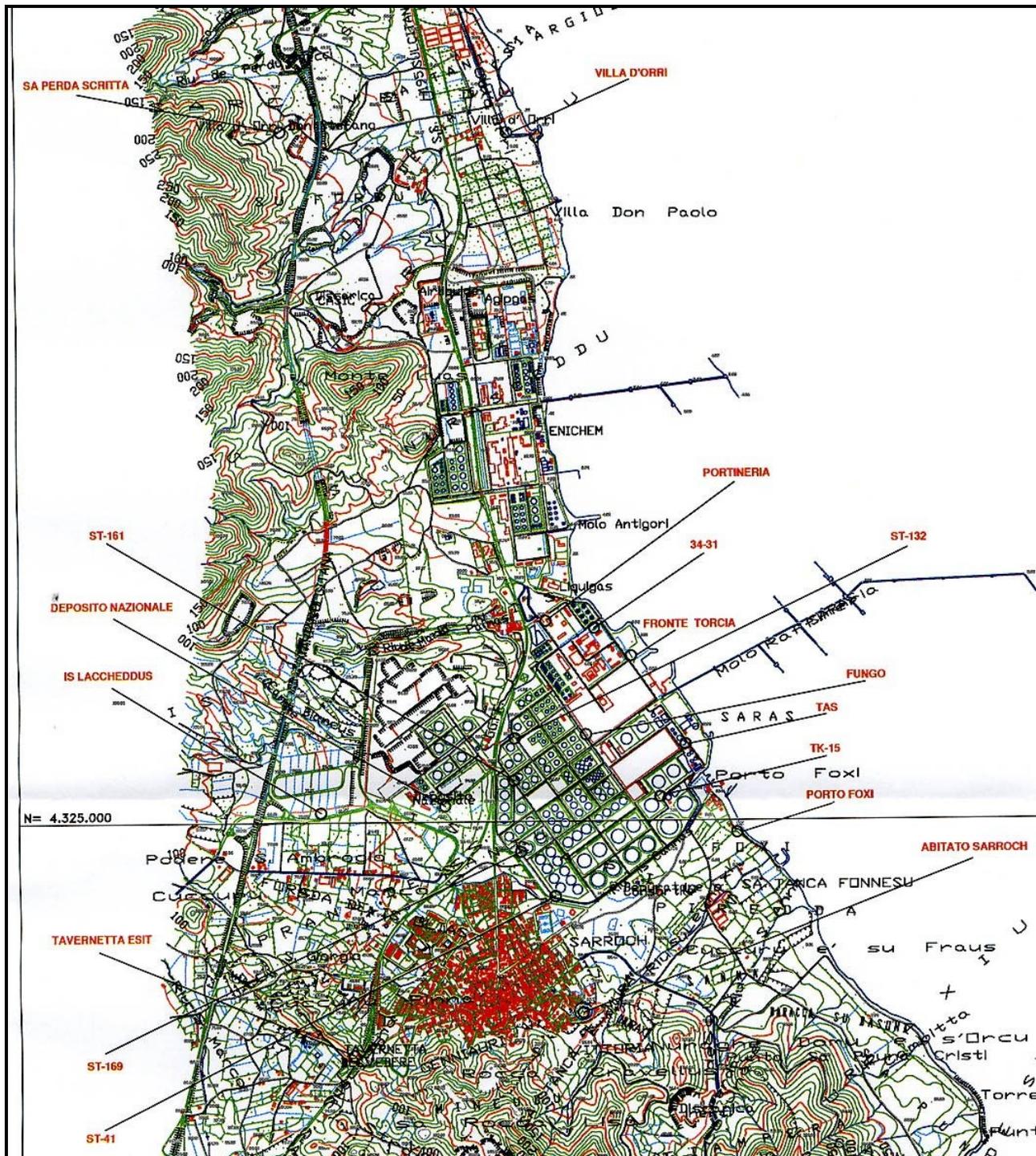
Le postazioni di rilevamento sono dislocate in diciassette siti: sei all'esterno e undici all'interno della Raffineria. La loro denominazione è la seguente:

Postazioni Esterne:	Postazioni Interne:
Is Laccheddus	Fungo
Abitato di Sarroch	ST 132
Porto Foxi	ST 161
Villa D'Orri	ST 169
Tavernetta Esit	ST 41
Sa Perda Scritta	ST 34-31
	Portineria
	Fronte Torcia
	TAS
	TK -15
	Deposito Nazionale

La campagna viene eseguita due volte all'anno, generalmente intorno a febbraio-marzo la prima e ottobre-novembre la seconda.

In ciascun punto di campionamento sono effettuate 4-5 determinazioni, in differenti condizioni atmosferiche, durante le ore diurne di giorni lavorativi.

Per una rapida individuazione dei siti di monitoraggio, si riporta di seguito una planimetria generale della zona, in cui sono evidenziate le postazioni.



Bisogna precisare che i dati rilevati provengono da campionamenti brevi (5-6 ore) con basse portate (1.9 l/min); essi non devono pertanto essere interpretati in termini di rispetto o superamento degli standard, bensì come indicazione sull'andamento degli inquinanti nel tempo.

Le componenti ambientali interessate dalla presente indagine sono:

- la qualità dell'aria



- la salute pubblica (anche in relazione al personale operante in raffineria).

La campagna di monitoraggio viene eseguita al fine di soddisfare il giudizio di compatibilità ambientale del Ministero dell'Ambiente del 28.12.1994, che, al punto e), prevede "l'esecuzione di campagne periodiche per il controllo dell'inquinamento ambientale all'interno e all'esterno della raffineria dovuto a microinquinanti (furani, IPA, metalli pesanti, ecc.) ed alla deposizione delle polveri".

### 2.2.2 Adempimenti

Come già detto nel capitolo precedente, non esistono precisi obblighi normativi sui controlli che le industrie devono effettuare sulla qualità dell'aria riscontrabile nell'area di inserimento; sono, comunque, disponibili i valori guida/limite individuati dalla normativa vigente relativamente ad alcuni inquinanti.

La normativa italiana sulla qualità dell'aria regola il monitoraggio degli IPA (sette composti) nelle sole aree urbane (D.M. 25 novembre 1994). Tuttavia, l'unico composto per il quale è definito un obiettivo di qualità è il Benzo(a)pirene, il cui valore è pari a 1 ng/m<sup>3</sup>. Ciò perché è il composto caratterizzato dalla maggiore evidenza di cancerogenicità.

La normativa italiana sulla qualità dell'aria stabilisce limiti in concentrazione di metalli pesanti nelle polveri per il solo piombo.

Il D.M. Ambiente 2 aprile 2002, n 60 "Recepimento della direttiva [1999/30/CE](#) del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva [2000/69/CE](#) relativa ai valori limite di qualità aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio", individua per il piombo il limite di 0,5µg/m<sup>3</sup> inteso come media aritmetica delle concentrazioni medie delle 24 ore rilevate nell'arco di un anno.

Per ciò che riguarda gli altri metalli pesanti oggetto dei rilevamenti, i valori limite sono quelli stabiliti dall'OMS relativamente alla presenza di Cromo, Nichel e Vanadio nelle aree urbane. La concentrazione per tali metalli è posta pari a 1 µg/m<sup>3</sup>, misurata come media aritmetica delle concentrazioni giornaliere rilevate nell'arco dell'anno.

Ai fini della salvaguardia ambientale e della salute umana la normativa italiana in vigore impone dei limiti in concentrazione per le PTS (ambiente esterno) e per il PM10 (ambiente urbano) contenuti nei seguenti decreti:

D.P.C.M. 28 marzo 1983

Il decreto vale ancora ma i limiti di SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM10, particelle sospese, Pb, CO sono abrogate dal DM 02/04/2002 n. 60 mentre le disposizioni per O<sub>3</sub> sono abrogate da Dlgs 21/05/2004 n.183

"Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni ed esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno"

Individua per le Polveri Totali Sospese il limite di 150 µg/m<sup>3</sup>, inteso come media aritmetica delle concentrazioni medie delle 24 ore rilevate nell'arco di un anno.

D.M. 15 aprile 1994

Il decreto vale ancora ma i limiti di SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM10, particelle sospese, Pb, CO sono abrogate dal DM 02/04/2002 n. 60 mentre le disposizioni per O<sub>3</sub> sono abrogate da Dlgs 21/05/2004 n.183

"Norme tecniche in materie di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinamenti atmosferici nelle aree urbane, ai sensi degli artt. 3 e 4 del DPR 203/88 e dell'art. 9 del DM 20 maggio 1991"

Indica per le PTS un livello di attenzione di 150 µg/m<sup>3</sup> e un livello di allarme di 300 µg/m<sup>3</sup>, riferiti alla



concentrazione media delle 24 ore.

D.M. 25 novembre 1994  
Riporta i limiti per PM10, benzene, IPA

“Aggiornamento delle norme tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di attenzione e di allarme per gli inquinamenti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per la misura di alcuni inquinanti di cui al D.M. 15 aprile 1994”

Indica come “obiettivo di qualità” per il PM10 il valore di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , e per gli IPA, riferiti al benzo(a)pirene, un valore di  $1\text{ng}/\text{m}^3$ ; entrambi i valori sono riferiti alla concentrazione media delle 24 ore.

Decreto Ministeriale n° 60 del  
02/04/2002

Recepimento della direttiva [1999/30/CE](#) del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva [2000/69/CE](#) relativa ai valori limite di qualità aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio.

Individua per il PM10 il valore limite di  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$  per la protezione della salute umana riferito a un periodo di 24 ore, e un valore limite annuale per la protezione della salute umana di  $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Inoltre individua per il piombo il valore limite annuale di per la protezione della salute umana  $0,5\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 2.2.3 Responsabilità

La gestione dell'intera campagna di monitoraggio è affidata al Servizio Prevenzione e Protezione della SARAS SpA che si avvale della società SARTEC SpA per l'esecuzione dei campionamenti e delle analisi. La SARTEC fornisce alla SARAS una relazione per ciascuna campagna in cui riporta i risultati dei singoli campionamenti più i valori medi.

### 2.2.4 Metodologie utilizzate

Le analisi effettuate riguardano i seguenti parametri:

- Determinazione delle polveri
- Determinazione dei metalli nelle polveri
- Determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

#### Determinazione delle polveri

Si effettua la determinazione gravimetrica delle polveri in sospensione nell'atmosfera mediante campionamento di breve durata e raccolta delle polveri su un filtro.



Il metodo di riferimento per il campionamento è Unichim 317; gli stessi campioni sono stati poi trattati opportunamente per la determinazione del contenuto di metalli, come descritto nel paragrafo successivo.

L'apparecchiatura utilizzata è costituita da normale attrezzatura di laboratorio e da:

- Filtri in esteri misti di cellulosa a membrana da 25mm di diametro aventi pori di diametro da 0.8µm.
- Portafiltra in acciaio avente la bocca di entrata di 6mm di diametro.
- Pompa aspirante meccanica rotativa dotata di misuratore volumetrico, sensore isotermico e sensore di pressione atmosferica.
- Bilancia analitica precisione di 0.001 mg.

Per il campionamento si posiziona tramite un morsetto il portafiltra contenente il filtro tarato e fissato su un cavalletto ad una altezza di 150cm dal pavimento e si collega con un tubo flessibile alla pompa.

Il flusso di aspirazione è impostato a 1.9 L/min.

La durata del campionamento è tale da raggiungere un volume di circa 500-600Nltri. Qualora la pompa campioni un volume insufficiente (per esempio in caso si scarichi la batteria) il campione viene considerato non conforme e il campionamento viene ripetuto.

I filtri vengono tarati prima del campionamento su un vetrino di orologio per 2 ore a 95°C (+/-2°C). Raffreddati in essiccatore sono pesati con una bilancia di precisione.

Successivamente al campionamento i filtri con le polveri vengono essiccati, raffreddati e pesati.

La concentrazione delle polveri viene espressa in µg/Nm<sup>3</sup> con la seguente equazione:

$$\text{Polvere totale (}\mu\text{g/Nm}^3\text{)} = \frac{P_2 - P_1}{V}$$

Dove :  $P_1$  = la massa, espressa in µg, del filtro prima del prelievo

$P_2$  = la massa, espressa in µg, del filtro dopo il prelievo

$V$  = il volume espresso in Nm<sup>3</sup>

I volumi sono normalizzati a 273 K.

#### Determinazione dei metalli nelle polveri

La determinazione dei metalli pesanti presenti in atmosfera è effettuata mediante campionamento su filtro (utilizzato per la determinazione delle polveri) e successiva determinazione spettrofotometrica in emissione con tecnica ICP-AES dei metalli pesanti contenuti



nel filtro previa mineralizzazione con acido nitrico in forno a microonde (Metodo EPA 3051 per la mineralizzazione del campione, ed EPA 6010B per i metalli).

Il metodo di riferimento per il campionamento è lo stesso usato per le polveri (Unichim 317).

L'apparecchiatura utilizzata è costituita da normale attrezzatura di laboratorio e da:

- Filtri in esteri misti di cellulosa a membrana da 25mm di diametro aventi pori di diametro da 0.8µm.
- Forno a microonde marca Milestone
- Bombe in teflon e relativi accessori .
- Spettrofotometro ICP-AES, marca Jobin-Yvon.
- Acido nitrico 65% RPE
- Acqua ultrapura MilliQ
- Ottanolo (antischiuma)
- Filtri Whatman 42 diametro 12.5cm

La linea di campionamento è predisposta secondo quanto previsto per le polveri.

I filtri sono aggrediti con 5ml di acido nitrico concentrato in forno a microonde secondo un programma termico preimpostato. Dopo l'attacco il campione viene portato a volume finale di 50ml, filtrato ed analizzato, previa calibrazione per ciascun elemento, con ICP-AES.

La concentrazione dei metalli pesanti viene espressa in µg/Nm<sup>3</sup> con la seguente equazione:

$$\text{Conc. (}\mu\text{g/Nm}^3\text{)} = \frac{C_1 \cdot V_1}{V_2}$$

Dove: C<sub>1</sub>= concentrazione elemento, espressa in µg/l, nella soluzione

V<sub>1</sub>= volume della soluzione in Litri

V<sub>2</sub> = il volume aspirato espresso in Nm<sup>3</sup>

I volumi sono normalizzati a 273 K.

#### Determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici

La determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici presenti in atmosfera è eseguita mediante campionamento su filtro e fiala adsorbente, estrazione (desorbimento chimico) con diclorometano dei composti di interesse e determinazione gascromatografica con identificazione allo spettrometro di massa degli ioni di frammentazione primaria.



Il metodo di riferimento per il campionamento e l'analisi è NIOSH #5515, al quale è stata apportata una variante: l'utilizzo dello spettrometro di massa accoppiato al gascromatografo al posto del detector FID.

L'apparecchiatura utilizzata è costituita da normale attrezzatura di laboratorio e da:

- Filtri in PTFE a membrana da 37mm di diametro aventi pori di diametro da 2µm.
- Portafiltro in plastica.
- Fiale adsorbenti in XAD-2 100mg/50mg
- Pompa aspirante meccanica rotativa dotata di misuratore volumetrico, sensore isotermico e sensore di pressione atmosferica
- Vials da 10ml
- Vials da 2ml
- Filtri in PTFE aventi pori di diametro da 0.45µm.
- Ghiere con setto in silicone/PTFE
- GC 8000 top/MS MD800 marca Thermoquest

La linea di campionamento è costituita da un cavalletto posizionato ad una altezza di 150cm dal terreno sul quale si fissa la pompa e la fiala con cassetta impostando il flusso di aspirazione a 2.0L/min.

La durata del campionamento è tale da raggiungere un volume di almeno 500Nltri. Qualora la pompa campioni un volume insufficiente (per esempio in caso si scarichi la batteria) il campione viene considerato non conforme e il campionamento viene ripetuto.

I campioni vengono desorbiti chimicamente trasferendo il materiale adsorbente, la lana di vetro contenuta nelle fiale, e i filtri in vials da 10ml. Vengono aggiunti 5ml di diclorometano, si chiudono ermeticamente e si lasciano agitare per 20 minuti circa in un bagno ad ultrasuoni. Si filtra l'estratto e si trasferiscono 900µl in un vial da 2ml, contenente 100µl di Standard interno. Il campione è così pronto per l'analisi quantitativa.

La concentrazione degli I.P.A. per ogni singolo composto è espressa in µg/Nm<sup>3</sup> con la seguente equazione:

$$\text{I.P.A. per singolo composto } (\mu\text{g}/\text{Nm}^3) = \frac{C_{fiala} \cdot V_1 + C_{filtro} \cdot V_2}{V_3}$$

Dove :  $C_{fiala}$  = la concentrazione, espressa in µg/l, nella fiala

$C_{filtro}$  = la concentrazione, espressa in µg/l, nel filtro

$V_1$  e  $V_2$  = il volume finale dell'estratto della fiala e del filtro in litri

$V_3$  = il volume campionato espresso in Nm<sup>3</sup>



I volumi sono normalizzati a 273 K.

### **2.2.5 Formato dei risultati**

I risultati della campagna di monitoraggio sono presentati in una relazione semestrale che riassume sotto forma di tabelle per ciascuna postazione i risultati delle determinazioni delle polveri (4-5 ripetizioni per ogni postazione), dei metalli nelle polveri (sempre che le polveri diano risultati positivi), e degli IPA.

Per quanto riguarda questi ultimi sono riportate in relazione anche delle tabelle riassuntive che, per ciascuna postazione e per ogni ripetizione effettuata, riportano la somma degli IPA fino a tre anelli e la somma degli IPA con quattro o più anelli.

Infine, per una visualizzazione più immediata, la relazione contiene dei grafici riepilogativi per quel che riguarda le polveri, gli IPA totali e gli IPA fino a tre anelli e con quattro o più anelli che confrontano i risultati della campagna in oggetto con i risultati delle campagne precedenti.

Di seguito si riportano, a titolo di esempio, il formato delle tabelle incluse nella relazione.



Esempio di Tabella risultati polveri:

**A. Cabine esterne**

Località	Data	Vol.Tot. Nltri	Prova N°	Conc. P.T. $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
Abitato Sarroch				
Is Laccheddus				
Porto Foxi				
Sa perda Scritta				
Tavernetta Esit				
Villa D'Orri				

Standard di qualità D.P.C.M. del 28/03/83 (Ambiente Esterno): Particelle sospese: media aritmetica di tutte le concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno:  $150 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ .

D.M. del 25/11/94 (Aree Urbane): PM10  $40 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ .

I volumi sono stati normalizzati a 273K.



Esempio di Tabella risultati metalli:

**A. Cabine esterne**

Abitato Sarroch										
Data	N°	Cd µg/Nmc	Co µg/Nmc	Cr µg/Nm c	Cu µg/Nm c	Ni µg/Nmc	Pb µg/Nmc	V µg/Nm c	Zn µg/Nm c	Hg µg/Nm c
	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
Is Laccheddus										
Data	N°	Cd µg/Nmc	Co µg/Nmc	Cr µg/Nm c	Cu µg/Nm c	Ni µg/Nmc	Pb µg/Nmc	V µg/Nm c	Zn µg/Nm c	Hg µg/Nm c
	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
Porto Foxi										
Data	N°	Cd µg/Nmc	Co µg/Nmc	Cr µg/Nm c	Cu µg/Nm c	Ni µg/Nmc	Pb µg/Nmc	V µg/Nm c	Zn µg/Nm c	Hg µg/Nm c
	1									
	2									
	3									
	4									
	5									



Esempio di Tabella risultati dettagliati IPA:

#### A. Cabine esterne

##### Abitato Sarroch

volume campionato	(NL)	(NL)	(NL)	(NL)	(NL)
IPA	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
Naftalene					
Acenaffilene					
Acenaftene					
Fluorene					
Fenantrene					
Antracene					
Fluorantene					
Pirene					
Benzo(a)Antracene					
Crisene					
Benzo(b)Fluorantene					
Benzo(k)Fluorantene					
Benzo(a)Pirene					
Indeno(1,2,3,c-d)Pirene					
Dibenzo(a,h)Antracene					
Benzo(g,h,i,)Perilene					
<b>SOMMA FINO A 3 ANELLI</b>					
<b>SOMMA DA 4 ANELLI IN SU</b>					



## 2.3 MONITORAGGIO PERIODICO DEPOSIZIONE POLVERI

### 2.3.1 Scopo dell'indagine

Scopo del monitoraggio è la verifica delle condizioni di ricaduta di polveri nell'area interessata all'attività dell'Impianto di Gassificazione a Ciclo Continuo (I.G.C.C.) come specificatamente richiesto dal Giudizio di compatibilità ambientale del Ministero dell'Ambiente del 28.12.1994 che, al punto e), prevede *“l'esecuzione di campagne periodiche per il controllo dell'inquinamento ambientale all'interno e all'esterno della raffineria dovuto .... alla deposizione delle polveri”*.

L'indagine riguarda l'analisi qualitativa e quantitativa delle ricadute, suddivise in deposizioni secche (particelle sospese in atmosfera) e in deposizioni umide (pioggia) allo scopo di determinare i seguenti composti:

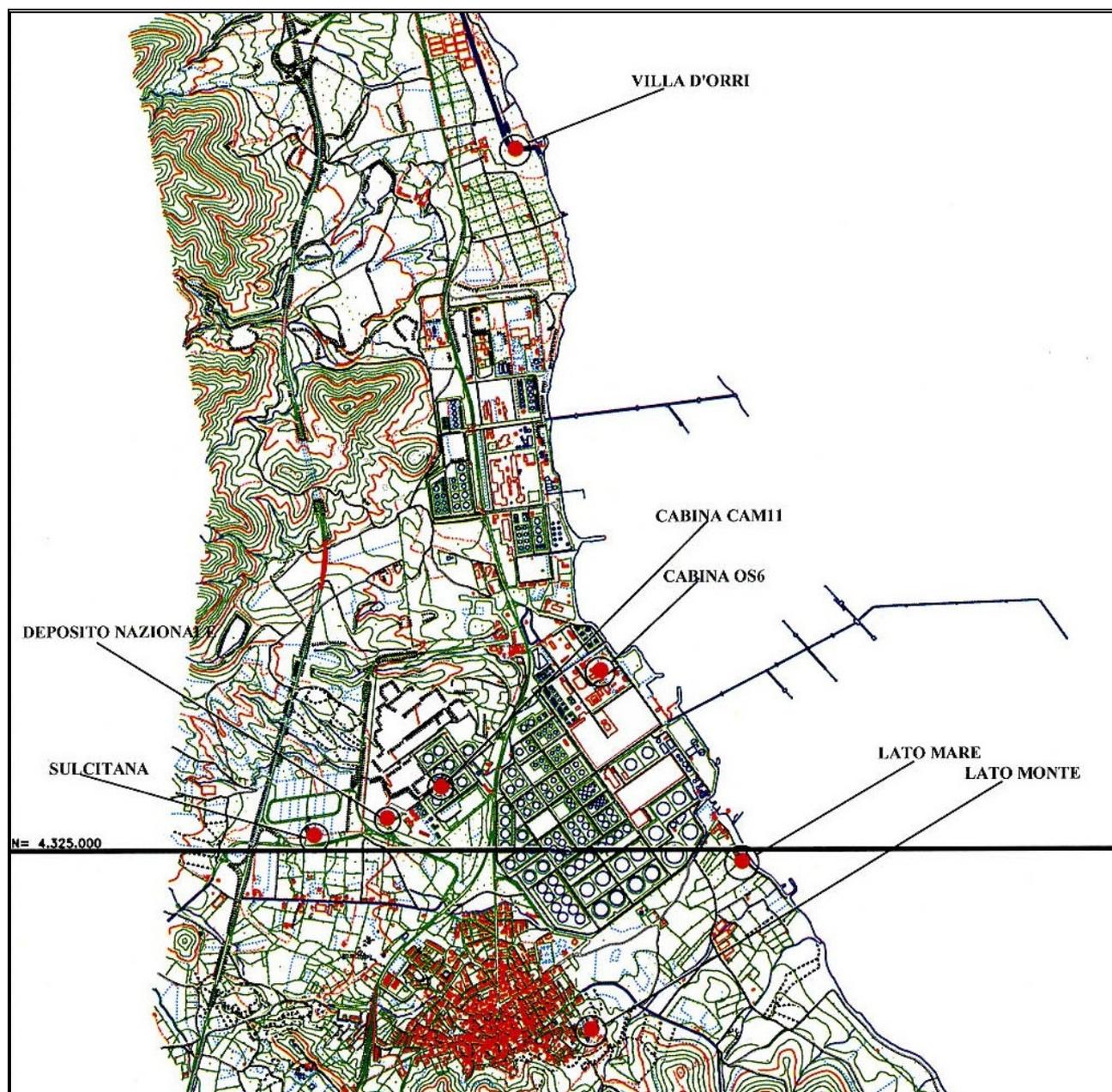
- Sostanze saline in soluzione: Solfato di magnesio, Calcio, Stronzio, Bario, Cloruro di Sodio, Cloruro di Potassio
- Metalli pesanti in soluzione: Zinco, Piombo, Cadmio, Nichel, Vanadio, Rame, Mercurio
- Metalli pesanti su filtro: Zinco, Piombo, Cadmio, Nichel, Vanadio, Rame, Mercurio
- Fluoruri

La fase di raccolta ha una durata di ca. 30 giorni, al termine della quale il campione è stato sottoposto ad analisi.

Le postazioni di rilevamento sono dislocate in 6 siti: quattro all'esterno e due all'interno della Raffineria. La loro denominazione è la seguente:

- Postazioni Esterne:
  1. Villa D'Orri
  2. Sulcitana (Is Laccheddus)
  3. Lato mare (Porto Foxi)
  4. Lato monte (Abitato di Sarroch)
- Postazioni Interne:
  5. Cabina OS6 (prossimità uffici)
  6. Cabina CAM11 (prossimità serbatoi)

Per una rapida individuazione dei siti di monitoraggio, si riporta di seguito una planimetria generale della zona, in cui sono evidenziate le postazioni.



I campionamenti sono eseguiti utilizzando dei deposimetri. Questi sono costituiti da recipienti d'adeguata capacità e da un imbuto di plastica la cui bocca è coperta da una rete in materiale inerte con maglia di un millimetro, che impedisce l'introduzione di corpi estranei.

Con questa metodologia di campionamento si raccoglie il materiale corpuscolato presente in atmosfera che può sfuggire al controllo delle centraline di rilevamento o d'altri sistemi di campionamento atmosferico. Infatti, le particelle appartenenti alle frazioni granulometriche con diametro aerodinamico elevato hanno una velocità di ricaduta superiore alla capacità di captazione dei normali sistemi di rilevamento, che normalmente non captano la frazione granulometrica con diametro aerodinamico superiore a  $10 \mu\text{m}$  e captano solo una parte di quella con diametro compreso tra  $5$  e  $10 \mu\text{m}$ .



Ogni campionamento ha durata media di 30 giorni e, al termine di questo periodo, il materiale raccolto viene sottoposto ad analisi; il campionamento è effettuato pertanto una volta al mese per tutti i 12 mesi dell'anno.

Dal 1998 al 2000 sono state registrate, mensilmente, le ricadute al suolo nell'area circostante lo stabilimento, a costituire un bianco di confronto. Tutti i dati raccolti negli anni successivi sono pertanto posti a confronto con quei valori.

I risultati della campagna di monitoraggio sono presentati in 4 relazioni l'anno, che raccolgono i valori ottenuti relativi a: primo trimestre, primo semestre, terzo trimestre e secondo semestre.

### 2.3.2 Adempimenti

I riferimenti normativi applicabili alla campagna di monitoraggio in oggetto sono elencati nella tabella seguente:

<p>D.P.R 24 maggio 1988 n° 203</p> <p>Il decreto vale ancora ma i limiti di SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, particelle sospese, Pb, CO sono abrogate dal DM 02/04/2002 n. 60 mentre le disposizioni per O<sub>3</sub> sono abrogate da Dlgs 21/05/2004 n.183</p>	<p>"Attuazione delle Direttive CEE 80/779, 82/884, 84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria relativamente a specifici agenti inquinanti"</p>
<p>D.M. 20 maggio 1991</p> <p>Abrogato da D.M. 01/10/2002 n.261</p>	<p>"Criteri per la elaborazione di piani regionali per il risanamento della qualità dell'aria"</p>
<p>D.M. 20 maggio 1991</p> <p>Il decreto vale ancora ma i limiti di SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, particelle sospese, Pb, CO sono abrogate dal DM 02/04/2002 n. 60 mentre le disposizioni per O<sub>3</sub> sono abrogate da Dlgs 21/05/2004 n.183</p>	<p>"Criteri per la raccolta dei dati inerenti la qualità dell'aria"</p>
<p>D.M. 15 aprile 1994</p> <p>Il decreto vale ancora ma i limiti di SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, particelle sospese, Pb, CO sono abrogate dal DM 02/04/2002 n. 60 mentre le disposizioni per O<sub>3</sub> sono abrogate da Dlgs 21/05/2004 n.183</p>	<p>"Norme tecniche in materie di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinamenti atmosferici nelle aree urbane, ai sensi degli artt. 3 e 4 del DPR 203/88 e dell'art. 9 del DM 20 maggio 1991"</p>
<p>D.M. 25 novembre 1994</p> <p>L'Allegato IV riporta i limiti x PM<sub>10</sub>, benzene, IPA</p>	<p>"Aggiornamento delle norme tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di attenzione e di allarme per gli inquinamenti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per la misura di alcuni inquinanti di cui al D.M. 15 aprile 1994"</p>



### 2.3.3 Responsabilità

La gestione dell'intera campagna di monitoraggio è affidata al Servizio Prevenzione e Protezione della SARAS SpA che si avvale della società SARTEC SpA per l'esecuzione dei campionamenti e delle analisi.

### 2.3.4 Metodologie utilizzate

Sui campioni depositati sono determinati, qualitativamente e quantitativamente, i componenti principali secondo lo schema di lavoro a seguito riportato:

- A) Prelievo e sostituzione del deposimetro.
- B) Recupero dal deposimetro del materiale solido sedimentato mediante lavaggio con l'acqua piovana eventualmente raccolta e/o acqua distillata a costituire un unico campione comprendente anche la fase solida.
- C) Separazione delle fasi liquida e solida mediante filtrazione.
- D) Analisi della fase liquida mediante prelievo di un'aliquota e determinazione su di essa di:
  - Residuo Solido Totale
  - Metalli d'interesse tossicologico (cadmio, nichel, mercurio, piombo, rame, vanadio e zinco) mediante Spettroscopia d'Emissione Atomica con sorgente I.C.P.
  - Fluoruri, cloruri, solfati e nitrati mediante Cromatografia Ionica
  - Componenti salini: Magnesio (come Solfato); Calcio, Stronzio e Bario (come elementi) Sodio e Potassio (come Cloruri) mediante Spettroscopia d'Emissione Atomica con sorgente I.C.P.
- E) Analisi del sedimentato solido:
  - Digestione del filtrato con acido nitrico e determinazione dei metalli d'interesse tossicologico (cadmio, nichel, mercurio, piombo, rame, vanadio e zinco) come al punto D.

### 2.3.5 Formato dei risultati

I risultati sono espressi come ricaduta totale in Kg/Km<sup>2</sup>/mese (somma della ricaduta di particolato solido e materiale solubile). Sono inoltre riportati in tabella i risultati relativi alle ricadute dei singoli parametri determinati sia nella fase solida che liquida.

Ciascuna relazione contiene delle tabelle riassuntive relative a:

- Ricadute totali ordinate per postazione
- Ricadute totali ordinate per periodo di campionamento
- Ricadute metalli alcalino e alcalino-terrosi
- Ricadute metalli tossici in soluzione



- Ricadute metalli tossici nel corpuscolato
- Ricadute fluoruri

Oltre alle tabelle riassuntive, le relazioni contengono anche dei grafici riepilogativi.

Di seguito si riportano degli esempi dei formati delle tabelle.

### Progetto di Monitoraggio Ambientale

#### Campionamento mediante deposimetri

##### Ricadute Totali 2004

Stazione Villa D'Orri			
	Ricaduta sostanze solubili Kg/Km <sup>2</sup> /mese	Ricaduta Corpuscolato Kg/Km <sup>2</sup> /mese	Totale ricadute Kg/Km <sup>2</sup> /mese
Luglio			
Agosto			
Settembre			
Ottobre			
Novembre			
Dicembre			



## 2.4 MONITORAGGIO PERIODICO AEROSOL SALINO

### 2.4.1 Scopo dell'indagine

L'indagine è volta a verificare l'eventuale apporto di aerosol marino nell'area in esame dovuta alla presenza di una torre di raffreddamento ad acqua di mare nell'impianto IGCC, in accordo con quanto prescritto al punto e) del parere favorevole espresso dal Ministero dell'Ambiente (DEC/VIA/2025) che prevede l'esecuzione di "campagne periodiche per il controllo dell'inquinamento ambientale interno ed esterno alla raffineria dovuto all'aerosol salino".

Il monitoraggio è effettuato tramite due indagini parallele:

- Studio sulla concentrazione ambientale
- Indagini mediante deposimetri
- Le differenti indagini consentono di ottenere quindi:
  - informazioni sulla effettiva concentrazione in aria della componente salina dell'aerosol (intesa principalmente come cloruri, ioni sodio e magnesio);
  - informazione sulla effettiva ricaduta al suolo della componente salina stessa in un determinato periodo di tempo.

Allo scopo di verificare l'effettivo impatto ambientale in termini di immissioni in atmosfera di aerosol salini, prima dell'avviamento dell'impianto, sono stati effettuati dei controlli per la valutazione della concentrazione atmosferica degli aerosol salini e della ricaduta al suolo dei sali tipicamente contenuti nell'acqua di mare. Questi risultati sono utilizzati come bianchi e confrontati con quelli ottenuti dall'indagine svolte ogni anno, dopo l'entrata a regime dell'impianto di gassificazione.

Le postazioni oggetto del monitoraggio sono in tutto sei, quattro esterne e due interne all'area della raffineria. Quelle esterne sono denominate:

- Porto Foxi (Lato mare)
- Villa d'Orri
- Abitato di Sarroch (Lato monte)
- Is Laccheddus (Sulcitana )

Che rappresentano rispettivamente:

- una stazione ubicata a sud della SARAS molto vicina al mare,
- una stazione ubicata a nord, nelle vicinanze del mare,
- una stazione ubicata a sud, nel centro abitato di Sarroch,
- una stazione ubicata a ovest, a circa 3 km dal mare.

La due postazioni interne sono:

- Cabina Cam11
- Cabina OS6

La mappa seguente illustra la dislocazione delle postazioni.



La campagna di monitoraggio dell'aerosol salino viene eseguita una volta all'anno, quella dei depositimetri una volta al mese, per 12 mesi l'anno.

#### 2.4.2 Adempimenti

Per questa attività non esiste nessun riferimento normativo.



### 2.4.3 Responsabilità

La gestione dell'intera campagna di monitoraggio è affidata al Servizio Prevenzione e Protezione della SARAS SpA che si avvale della società SARTEC SpA per l'esecuzione dei campionamenti e delle analisi. La SARTEC fornisce alla SARAS una relazione l'anno, contenente i risultati dell'indagine sull'aerosol marino e i risultati dei deposimetri relativi al periodo in cui è stato campionato l'aerosol.

### 2.4.4 Metodologie utilizzate

#### 2.4.4.1 Campionamento

I campionamenti di aerosol salino sono eseguiti utilizzando pompe aspiranti ad un flusso di circa 15 l/min.

I filtri sono sostituiti ogni 3-5 giorni in media, in modo tale da avere un volume di campionamento adeguato per eseguire la successiva caratterizzazione dell'aerosol campionato. Per ogni postazione vengono fatti in media 10 campionamenti rappresentativi.

Per ciò che riguarda lo studio delle ricadute al suolo, come detto nel capitolo precedente, i campionamenti sono eseguiti utilizzando dei deposimetri. Questi sono costituiti da recipienti di adeguata capacità e da un imbuto di plastica la cui bocca è coperta da una rete in materiale inerte con maglia di un millimetro, che impedisce l'introduzione di corpi estranei.

Ogni campionamento ha la durata di circa 30 giorni.

#### 2.4.4.2 Metodologia analitica

La metodologia analitica relativa al monitoraggio dell'aerosol marino consiste in:

- assorbimento degli aerosol su membrana di cellulosa del diametro di 47 mm;
- rimozione del materiale salino mediante lavaggio con acqua distillata a caldo;
- determinazione di Magnesio (espresso come Solfato); Calcio, Stronzio, Bario, (espressi come elementi); Sodio e Potassio (espressi come Cloruri) mediante Spettroscopia di Emissione Atomica con sorgente I.C.P.;
- espressione dei risultati in termini di concentrazione dei singoli elementi determinati e del totale degli aerosol salini in  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  d'aria.

Come si nota dalla mappa riportata sopra, le postazioni Is Laccheddus (Sulcitana) e Deposito Nazionale sono molto vicine, pertanto sono considerate come un'unica postazione e i risultati ad esse associati sono riportati assieme.

Per quanto attiene, invece, alla determinazione delle ricadute di sostanze saline, la metodologia analitica, come già descritto nel capitolo precedente, consiste in:

- recupero dal deposimetro del materiale solido sedimentato mediante lavaggio con l'acqua piovana eventualmente raccolta e/o acqua distillata a costituire un unico campione comprendente anche la fase solida;



- separazione della fase solida mediante filtrazione;
- prelievo di un'aliquota della fase liquida e determinazione su di esso di Magnesio (come Solfato); Calcio, Stronzio, Bario, (come elementi); Sodio e Potassio (come Cloruri) mediante Spettroscopia di Emissione Atomica con sorgente I.C.P.;
- espressione dei risultati come ricaduta totale in Kg/Km<sup>2</sup>/mese.

**2.4.5 Formato dei risultati**

La relazione contiene una tabella per ogni postazione indicante le date dei campionamenti eseguiti, i volumi (espressi in Nmc @273K), le concentrazioni di solfato di magnesio, calcio, stronzio, bario, cloruro di sodio e cloruro di potassio, tutte in µg/Nmc, e la concentrazione dell'aerosol totale in µg/Nmc.

Per una visione più immediata, la relazione contiene dei grafici che riassumono i risultati della campagna e li confrontano con quelli delle campagne precedenti.

Di seguito si riportano degli esempi dei formati delle tabelle.

Esempio di tabella riassuntiva:

SARROCH PARCO									
INIZIO CAMP.	FINE CAMP.	MgSO4 µg/Nmc	Ca µg/Nmc	Sr µg/Nmc	Ba µg/Nmc	NaCl µg/Nmc	KCl µg/Nmc	Aerosol tot. µg/Nmc	Volume tot. Nmc @ 273K



### 3 **APPLICAZIONE MODELLI DI CALCOLO RICADUTE EMISSIONI IN ATMOSFERA**

#### 3.1 **Obiettivi**

L'impiego di modelli di calcolo delle ricadute delle emissioni in atmosfera permetterà di effettuare:

##### **L'ANALISI DI CASI SPECIFICI DI FUNZIONAMENTO DELLO STABILIMENTO:**

- ◆ Riavviamento impianto post manutenzione programmata/ straordinaria
- ◆ Individuazione anomalie di strumentazione
- ◆ Individuazione anomalie di processo

##### **CONTROLLO BUON FUNZIONAMENTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO (CONTROLLO REMOTO)**

- ◆ confronto rosa dei venti di più stazioni meteorologiche
- ◆ confronto misure di ricaduta al suolo di più centraline di monitoraggio
- ◆ dati simulati e misurati scorrelati in modo anomalo

#### 3.2 **Dati**

- **Dati emissioni derivanti dalle attività di monitoraggio Saras:**
  - o Emissioni convogliate
  - o Emissioni diffuse e fuggitive
  - o Odori
- **Dati centraline di monitoraggio della qualità dell'aria:**
  - o Centraline Saras
  - o Centraline Provincia di Cagliari

#### 3.3 **Modello di simulazione**

Per le simulazioni delle dispersioni delle emissioni è utilizzato il BREEZE AERMOD GIS PRO 5.1.7. che è stato sottoposto ad un attento studio da parte dell'OAQPS (Office of Air Quality Planning and Standards) dell'EPA per essere inserito nella "Guideline on Air Quality Model", ed è entrato a far parte della modellistica riconosciuta ufficialmente per scopi normativi.

Tale modello è adatto alla simulazione della dispersione di emissioni da sorgenti industriali anche molteplici. E' in grado di calcolare la deposizione secca e umida, gli effetti di scia dovuti agli edifici, la dispersione da sorgenti puntiformi, areali o volumetriche, l'innalzamento graduale del pennacchio in funzione della distanza dalle sorgenti, l'influenza dell'orografia del suolo.

Il BREEZE AERMOD GIS PRO 5.1.7 è uno dei metodi più idonei nell'utilizzo in presenza di orografia complessa e vicinanza con il mare come il caso in esame.

Per quanto riguarda la morfologia del territorio in cui il sito in esame è ubicato, l'area è contraddistinta da una orografia complessa per la presenza di rilievi montuosi e collinari ad ovest, nord-ovest dello stabilimento e del mare ad est.

Considerate le caratteristiche dell'ambito territoriale individuato e la tipologia dei punti di emissione e definita l'analisi preliminare delle ricadute al suolo degli inquinanti primari aerodispersi come obiettivo principale, si è deciso di utilizzare un modello gaussiano ibrido: l'AERMOD dell'EPA. AERMOD è un sistema modellistico costituito dal modello di trasporto e diffusione, dal pre-



processore orografico e dal pre-processore meteorologico. In particolare nella presente applicazione, ambedue i pre-processor sono stati opportunamente integrati.

AERMOD è uno "steady-state plume model", ovvero un modello analitico stazionario a pennacchio che simula la dispersione degli inquinanti in atmosfera basandosi sull'equazione gaussiana, e ne calcola la concentrazione nel dominio d'indagine, in corrispondenza di recettori distribuiti su una griglia (definita dall'utente). Il codice prevede la possibilità di considerare diverse tipologie di fonti emissive (puntuali, areali, volumiche) e a ciascun tipo di sorgente corrisponde un diverso algoritmo per il calcolo della concentrazione. Il modello calcola il contributo di ciascuna sorgente su ciascun recettore e ne somma gli effetti. Poiché il modello è stazionario, le emissioni sono assunte costanti nell'intervallo temporale di simulazione. Il modello è stato utilizzato in modalità shot-term.

Le principali caratteristiche innovative di AERMOD rispetto ai modelli gaussiani non ibridi che lo hanno preceduto sono:

- ✚ trattazione differente della dispersione degli inquinanti nello SBL (Stable Boundary Layer) e nel CBL (Convective Boundary Layer): nel primo caso, in condizioni stabili, la distribuzione di concentrazione segue una curva gaussiana sia in orizzontale che in verticale, mentre nel secondo caso, in condizioni di instabilità, la distribuzione di concentrazione segue una curva gaussiana in direzione orizzontale, e in verticale segue una funzione di densità di probabilità di tipo bi-gaussiano;
- ✚ possibilità di trattare il fenomeno detto "plume lofting" nel CBL, per il quale una porzione di massa del pennacchio emessa dalla sorgente, sale e rimane nella parte superiore dello strato stabile prima di essere mescolata dalla turbolenza del CBL;
- ✚ possibilità di ricostruire i profili verticali delle variabili meteorologiche più significative (vento, temperatura, turbolenza, ecc.) utilizzando i dati rilevati al suolo e in quota;
- ✚ possibilità di considerare fenomeni di deposizione e reazione /trasformazione chimica degli inquinanti;
- ✚ possibilità di trattare condizioni orografiche sia semplici che complesse.

## DESCRIZIONE SISTEMA DI SIMULAZIONE

I dati in input al modello AERMOD sono di quattro tipi:

- ✚ dati meteorologici
- ✚ dati orografici
- ✚ dati di emissione
- ✚ dati geometrici strutture verticali

Per i dati di input meteorologici ed orografici il modello si avvale dell'utilizzo di due programmi :

- ✚ il preprocessore meteorologico;
- ✚ il preprocessore orografico

Per i dati di emissione e geometrici delle strutture verticali AERMOD utilizza sia i dati delle sorgenti emissive della Saras che i dati relativi alla geometria delle strutture verticali (camini, serbatoi e uffici della Saras, edifici cittadini di Sarroch) necessarie per lo studio dell'effetto Building Downwash e dell'effetto Channeling.



La calibrazione del modello è stata eseguita mediante il confronto con i dati raccolti dalle centraline di monitoraggio della qualità dell'aria della Provincia di Cagliari e della Saras.

Il sistema di simulazione si conclude con la rappresentazione grafica dei risultati delle simulazioni.

### PREPROCESSORE METEOROLOGICO

Lo scopo del preprocessore meteorologico è quello di raccogliere ed elaborare i dati meteorologici rappresentativi della zona studiata, per calcolare i parametri dispersivi del PBL e consentire così ad AERMOD di ricavarsi i valori delle variabili più influenti sul trasporto e dispersione degli inquinanti.

L'input del preprocessore consiste di due tipi di dati:

1. DATI ORARI DI SUPERFICIE: parametri rilevati dalle stazioni meteorologiche (10 m dal suolo).  
Comprendono:
  - a. *dati relativi alla stazione*: numero identificativo, coordinate (Gauss-Boaga, Roma 40), quota;
  - b. *dati meteorologici*: temperatura, velocità e direzione del vento, radiazione solare globale, piovosità, umidità relativa, pressione atmosferica.
2. PARAMETRI DI LAND-USE: i parametri di uso del suolo comprendono: Albedo, Rugosità Superficiale e Bowen Ratio

Il pre-processore meteorologico elabora i dati meteorologici descritti per produrre i seguenti parametri, che verranno poi forniti come input ad AERMOD:

1. flusso di calore sensibile;
2. lunghezza di Monin-Obukhov per tutte le ore disponibili;
3. velocità di attrito;
4. altezza di rimescolamento meccanico per tutte le ore disponibili;
5. altezza di rimescolamento convettivo (solo per le ore in cui si ha turbolenza di origine convettiva);
6. velocità di scala turbolenta (solo per le ore in cui si ha turbolenza di origine convettiva);
7. Albedo;
8. Bowen ratio;
9. velocità del vento alla quota di riferimento;
10. temperatura ambiente alla quota di riferimento;
11. radiazione netta;
12. classi di stabilità;
13. gradiente di temperatura potenziale

Inoltre, AERMOD riceve in ingresso alcuni dati di input al pre-processore meteorologico stesso:

1. velocità e direzione del vento;
2. temperatura;
3. turbolenza verticale e laterale.

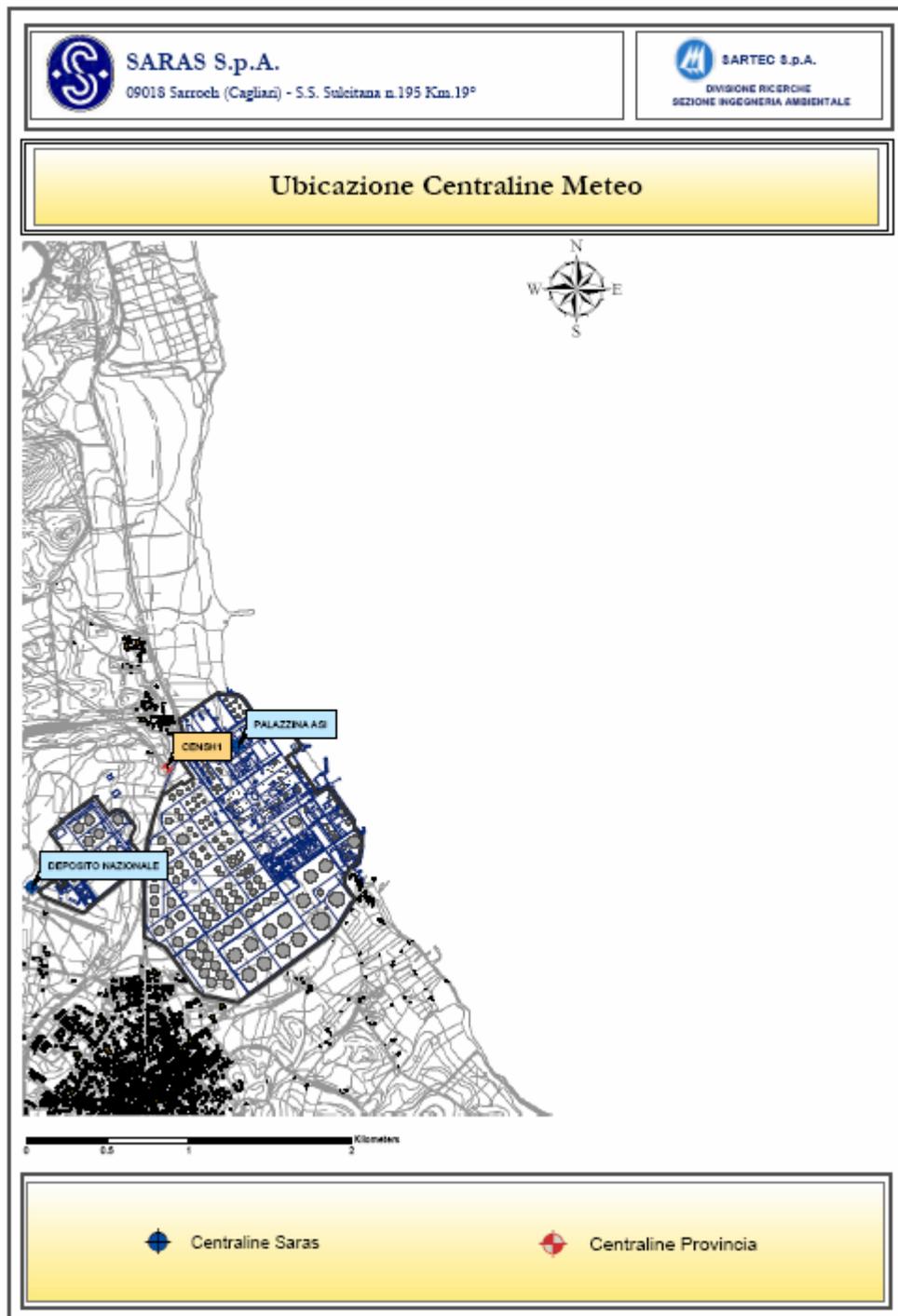
L'output del pre-processore meteorologico viene elaborato da AERMOD per ottenere due file di parametri caratterizzanti il PBL: uno per i valori delle variabili meteorologiche al suolo ed i parametri di superficie, l'altro per i profili verticali delle variabili più significative per il trasporto e la dispersione degli inquinanti che sono:

- velocità del vento



- direzione del vento
- temperatura
- gradiente di temperatura potenziale
- turbolenza verticale
- turbolenza orizzontale

I dati di input al preprocessore meteorologico (dati orari di superficie) sono forniti dalla centraline meteo della Provincia di Cagliari, distinta in figura sotto dalla sigla: CENSH1 e dalle centraline di monitoraggio della Saras SpA , distinte in figura sotto dalle sigle: DEPOSITO NAZIONALE e PALAZZINA ASI.





### Ubicazione Centraline Meteo

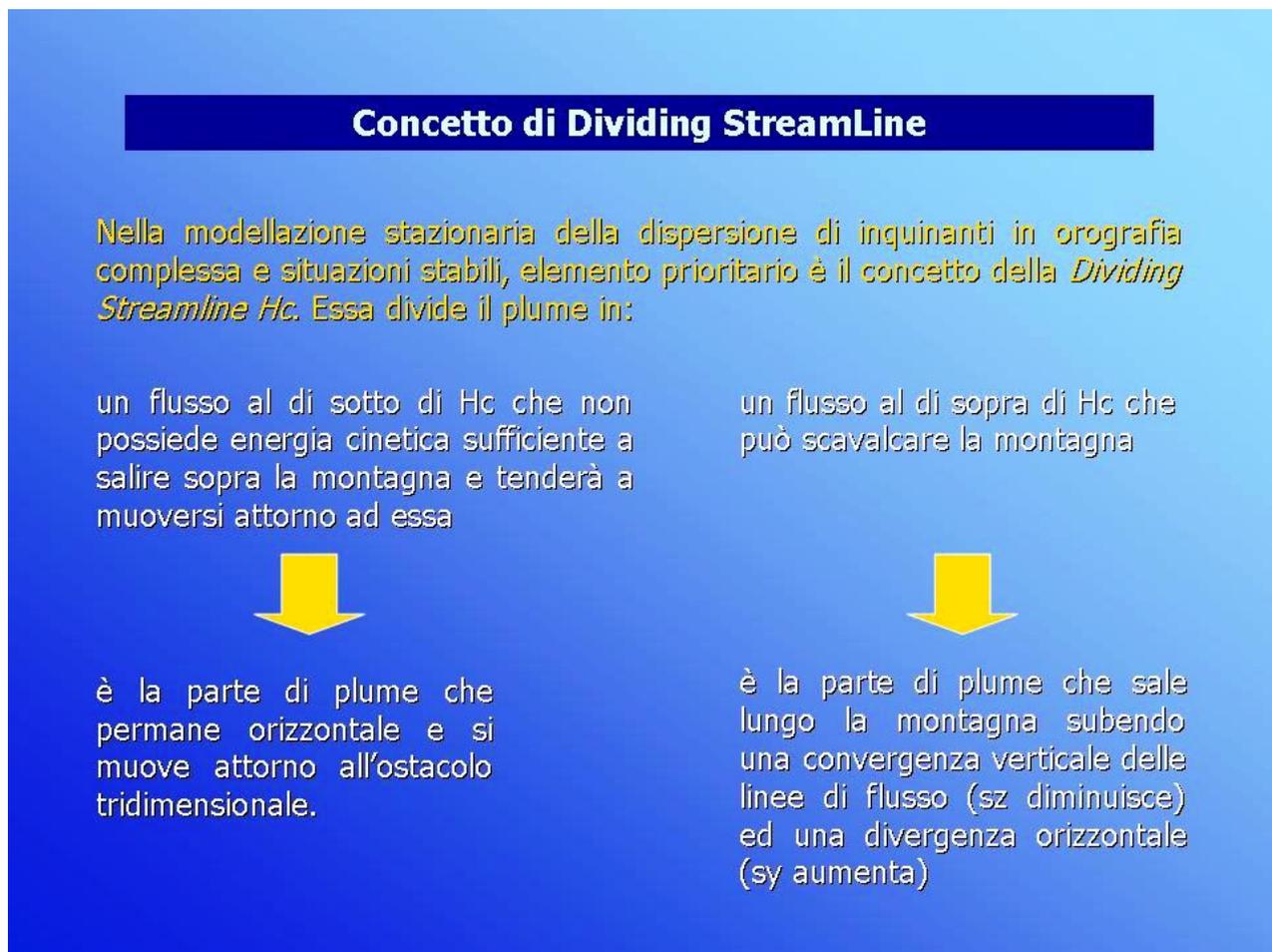
Come è evidente dalla mappa, la disposizione delle centraline meteo garantisce una copertura omogenea del sito in esame.

#### PREPROCESSORE OROGRAFICO

Lo scopo del preprocessore orografico è quello di raccogliere ed elaborare le caratteristiche e l'altimetria del territorio, consentendo l'applicazione di AERMOD a zone sia pianeggianti che a morfologia complessa. Mediante il preprocessore orografico si suddivide il territorio in una griglia di recettori e per ogni punto si introduce una morfologia iniziale, che verrà poi trasformata dal programma in una "morfologia efficace" (da fornire come input ad AERMOD), in dipendenza dall'altitudine e dalla distanza dal recettore.

La capacità di questo preprocessore è di rielaborare i dati sul territorio dal punto di vista del singolo recettore rendendo necessario l'utilizzo di un formato digitalizzato per le mappe. Infatti, il modello si avvale del concetto del "dividing streamline" (dispersione in presenza di ostacoli in condizioni stabili e neutre), cioè di un'altezza caratteristica  $H_c$  che divide il flusso di inquinante in due parti.

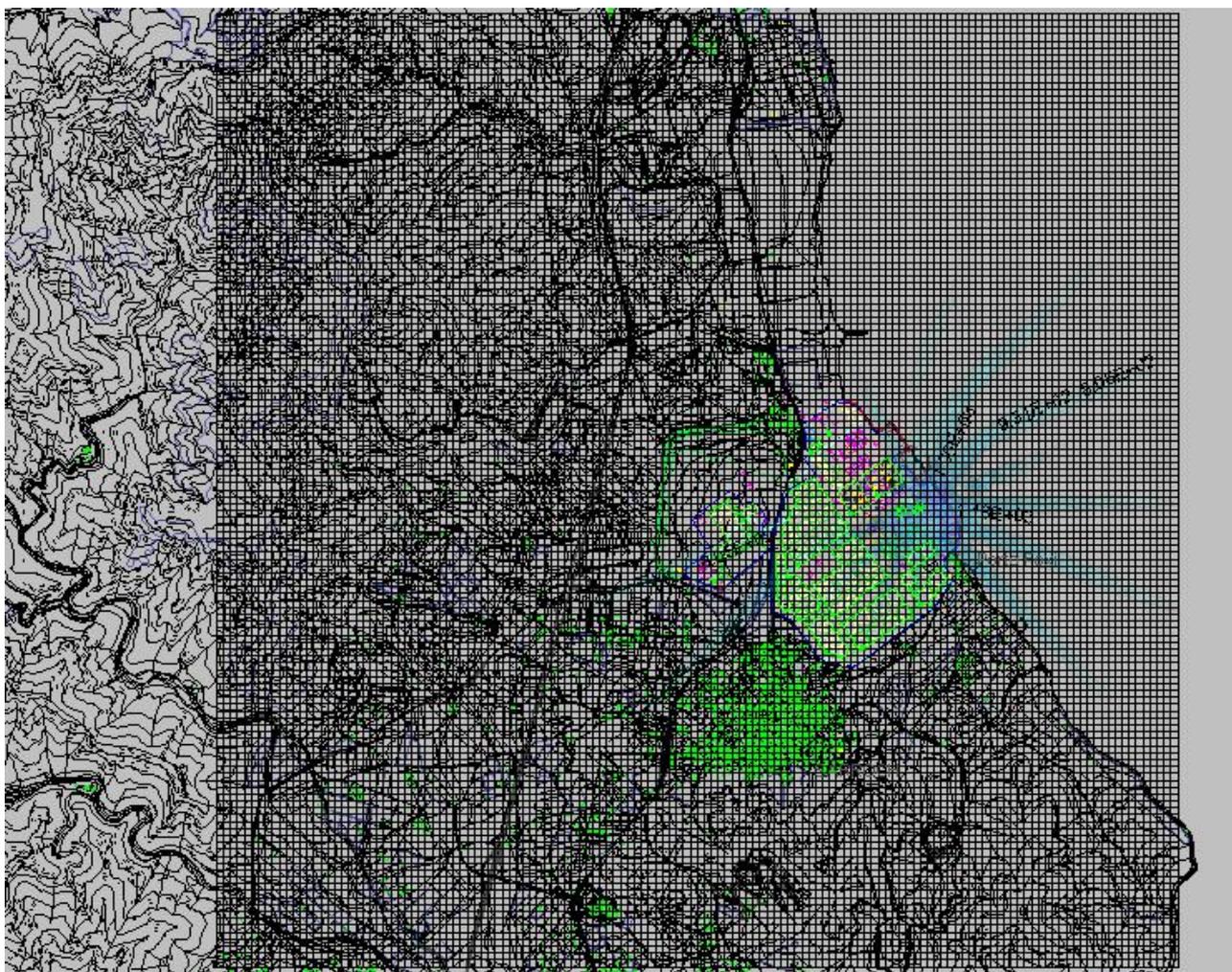
Per maggiore chiarezza vedi la figura seguente:



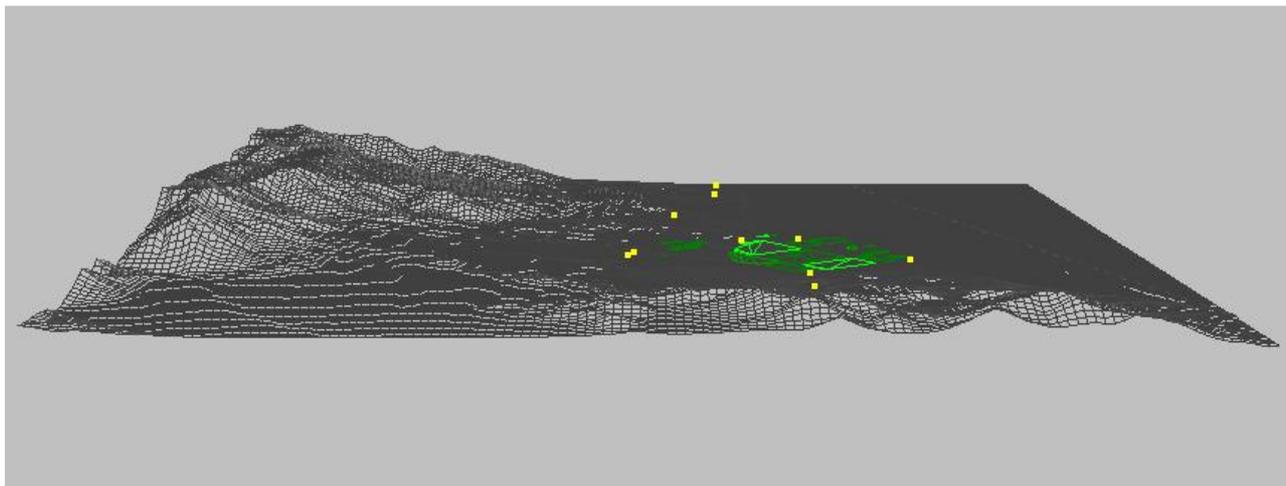
*Descrizione del concetto della Dividing Streamline*

Nota questa altezza, il territorio verrà caratterizzato in modo diverso per ciascun punto della griglia. Il formato digitale è utile perché, per ogni punto dell'area in esame, mette a disposizione un vettore che verrà riempito di volta in volta con le altezze relative ai recettori.

Per quanto riguarda il sito in esame il reticolo di calcolo è stato generato dalle curve di livello presenti nella carta tecnica della Regione Sardegna attraverso una prima elaborazione col Software Autodesk Map 3D e successiva ricostruzione con il Software ESRI ArcGis ver. 9.1 di quattro file GRID ciascuno con maglie 50 m X 50 m per un totale di 14000 nodi, ricoprendo un'area pari a 35 km<sup>2</sup>. Nella figura sotto riportiamo i quattro GRID anzidetti sovrapposti alla cartografia di base (CTR) in cui si nota il sito in esame.



*Rappresentazione GRID sito SARAS e zone limitrofe*



*Rappresentazione tridimensionale GRID sito SARAS e zone limitrofe*

*dati di emissione e geometrici delle strutture verticali*

Inoltre il modello come dati di input utilizza sia i dati di emissione delle sorgenti emmissive della Saras che i dati relativi alla geometria delle strutture verticali necessarie per lo studio dell'effetto Building Downwash e dell'effetto Channeling.

I dati di emissione delle sorgenti emmissive della Saras sono di due tipi:

- + parametri camini:
  - o caratteristiche geometriche (diametro-altezza)
  - o caratteristiche geografiche (coordinate Gauss-Boaga, quota)
- + dati sorgenti:
  - o temperature fumi
  - o velocità fumi
  - o emission rate
  - o portata

I dati relativi alla geometria delle strutture verticali necessarie per lo studio dell'effetto Building Downwash e dell'effetto Channeling sono processati prelevandoli dalla planimetria vettoriale della Saras e dalla planimetria vettoriale della città di Sarroch.

Le operazioni eseguite per la creazione del file di input per AERMOD sono distinte a seconda della geometria dell'edificio.

Per gli edifici a geometria cilindrica (camini, serbatoi) il calcolo delle coordinate geometriche (coordinate x,y del centro, altezza e raggio) è stato eseguito mediante Autodesk Map 3D mentre il calcolo della quota z del centro della base delle strutture cilindriche è stato eseguito per interpolazione col GRID mediante ESRI ArcGis 9.1 .

Per gli edifici a geometria lineare (uffici, e case di civile abitazione) il calcolo delle coordinate geometriche (coordinate x,y e altezza di tutti i vertici) è stato eseguito mediante Autodesk Map 3D

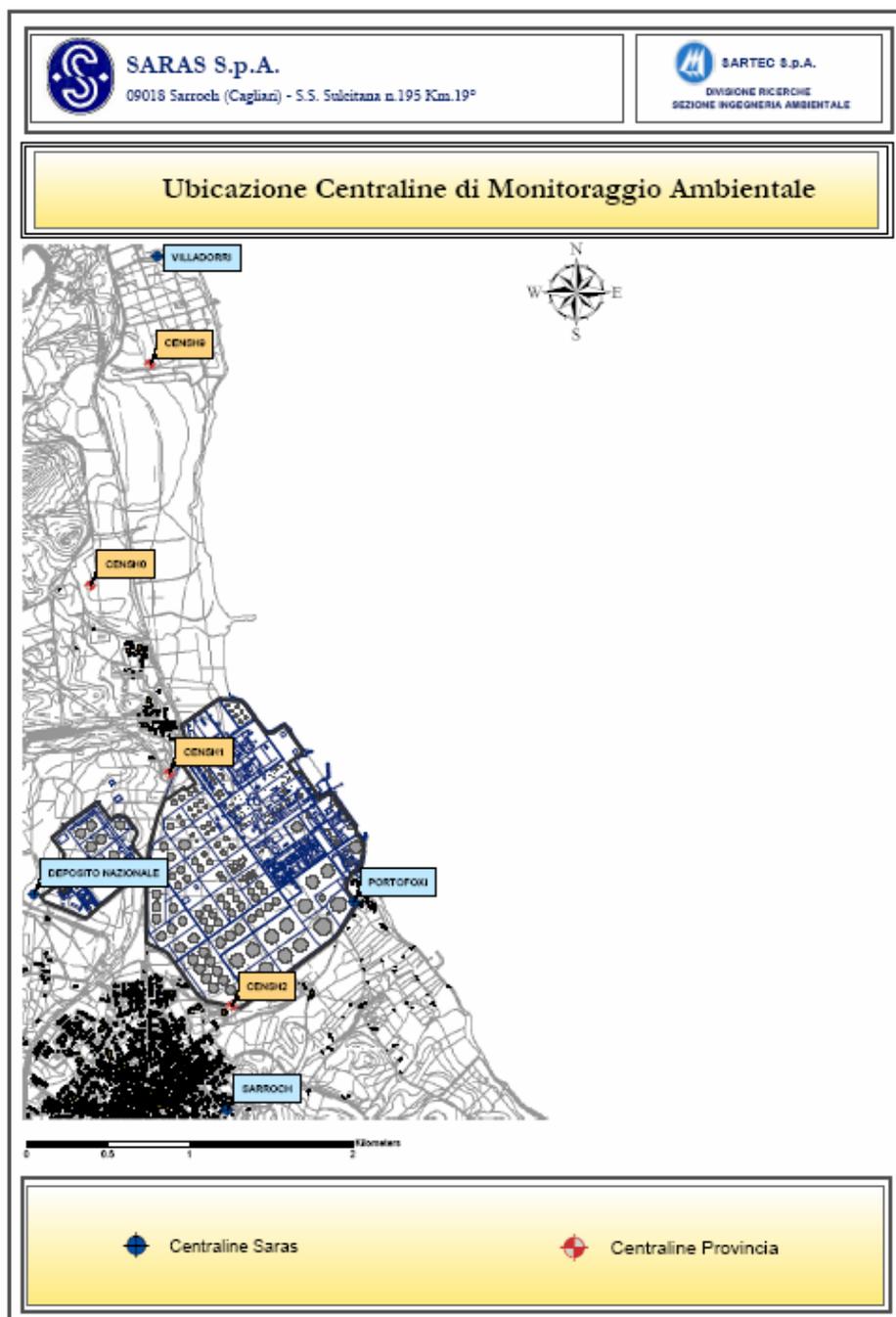


mentre il calcolo della quota z di ciascun vertice è stato eseguito per interpolazione col GRID mediante ESRI ArcGis 9.1 .

I risultati delle operazioni descritte sono stati integrati nel formato richiesto da AERMOD, generato tramite DB Access/SQL.

CALIBRAZIONE

La calibrazione del modello è eseguita mediante il confronto con i dati raccolti dalle centraline di monitoraggio della qualità dell'aria della Provincia di Cagliari, distinte in figura sotto dalle sigle: CENSH9, CENSH0, CENSH1, CENSH2 e dalle centraline di monitoraggio della Saras SpA , distinte in figura sotto dalle sigle: VILLADORRI, PORTO FOXI, DEPOSITO NAZIONALE, SARROCH.



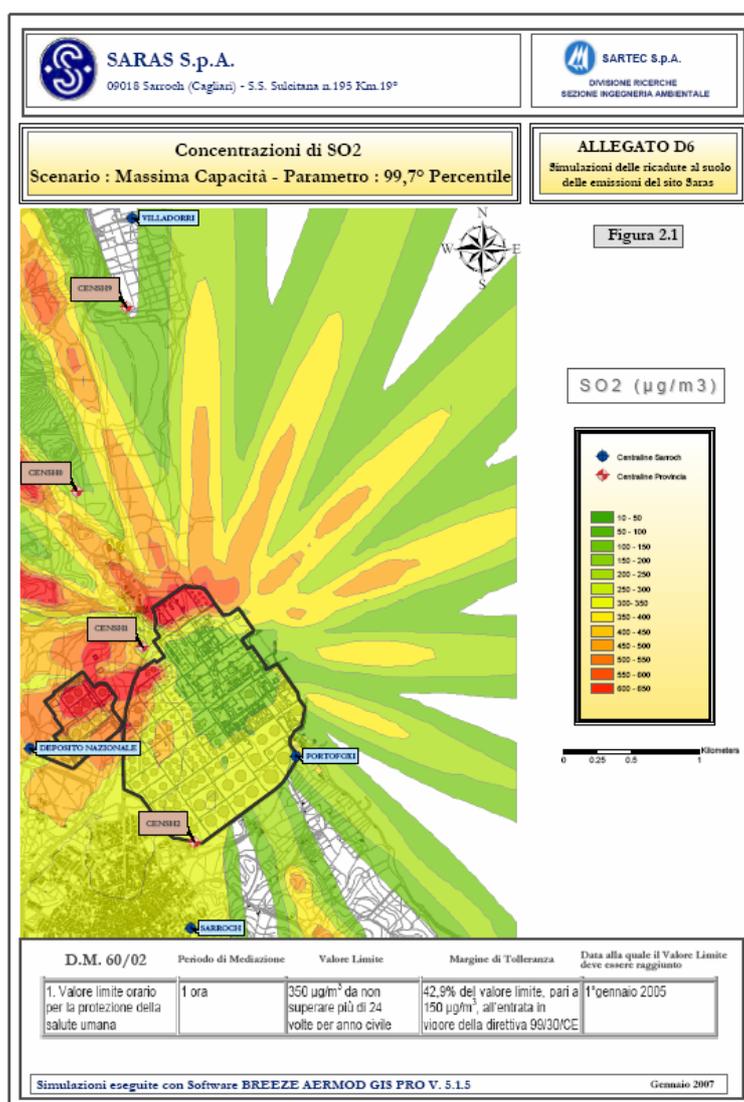


*Ubicazione Centraline di monitoraggio ambientale della SARAS e della Provincia di Cagliari*

Come è evidente dalla mappa, la disposizione delle centraline di monitoraggio ambientale garantisce una copertura omogenea del sito in esame.

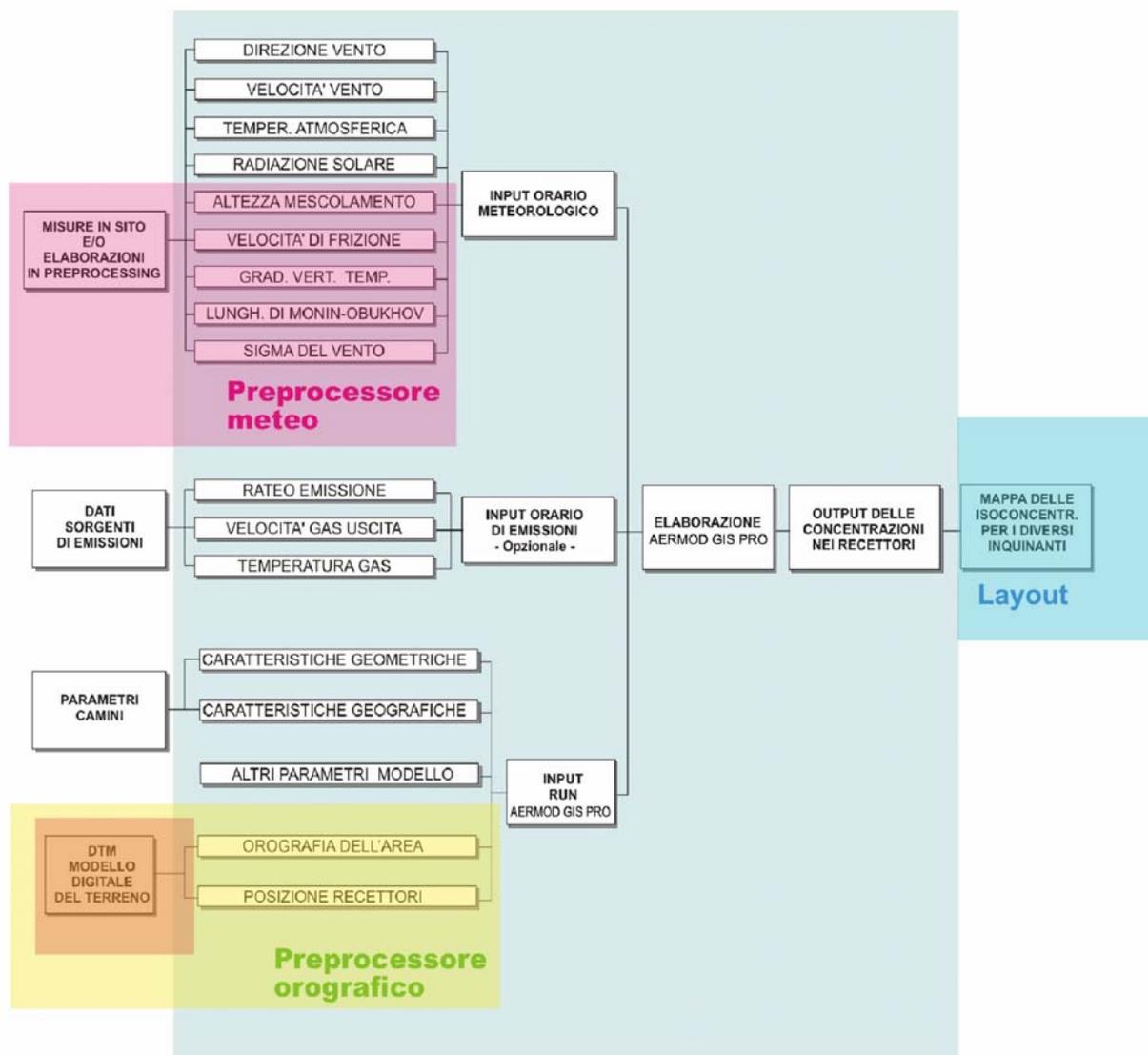
RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEI RISULTATI DELLE MODELLAZIONI

L'output di AERMOD consiste in uno *shape file* che viene elaborato attraverso il software ESRI ArcGis 9.1 con il risultato mostrato nella figura seguente.



*Rappresentazione grafica simulazione modello AERMOD*

Schematicamente si riepiloga il sistema di modellazione utilizzato.



Schema del sistema di modellazione

### 3.4 SVILUPPO PREPROCESSORE METEOROLOGICO

#### ✚ SCRITTURA DEL CODICE DEL PREPROCESSORE METEOROLOGICO PER IL MODELLO AERMOD

◆ Definizione delle formule per il calcolo delle grandezze meteorologiche (classi di stabilità atmosferica, altezza di rimescolamento, scala di velocità convettiva, lunghezza di Monin-Obukhov ed altre)

⇒ studio teorico testi APAT, EPA, AERMET, PCRAMMET



- ◆ **Analisi e progettazione del software**
  - ⇒ diagramma di flusso
  - ⇒ scelta della piattaforma di sviluppo
  
- ◆ **Valutazione, mediante metodi statistici, delle costanti sito specifiche necessarie per il calcolo delle grandezze meteorologiche quali:**
  - ⇒ radiazione solare globale
  - ⇒ radiazione netta
  - ⇒ lunghezza di Monin-Obukhov
  - ⇒ altezza di rimescolamento
  - ⇒ ...
  
- ◆ **Sviluppo di uno strumento per la valutazione del "fitting" dei dati sperimentali**
  - ⇒ costruzione grafici per il confronto dei dati sperimentali e dei dati calcolati dal software o di dati presenti in letteratura
  
- ◆ **Valutazione classi di stabilità atmosferica su base oraria**
  - ⇒ Calcolo o lettura da DB della Radiazione solare Globale su base oraria
  - ⇒ Calcolo o lettura da DB della Radiazione Netta su base oraria
  - ⇒ Lettura da DB della temperatura dell'aria su base oraria
  - ⇒ Calcolo o lettura da DB della copertura nuvolosa su base oraria
  - ⇒ Lettura da DB della velocità media del vento su base oraria
  - ⇒ Lettura da DB della direzione media del vento su base oraria
  - ⇒ Calcolo o lettura da DB dell'albedo su base oraria
  
- ◆ **Valutazione dell'altezza di rimescolamento**
  - ⇒ Calcolo o lettura da DB del flusso di calore sensibile su base oraria
  - ⇒ Calcolo della velocità di attrito su base oraria
  - ⇒ Calcolo o lettura da DB dell'altezza di miscelamento convettiva su base oraria
  - ⇒ Calcolo o lettura da DB dell'altezza di miscelamento meccanica su base oraria
  - ⇒ Calcolo della lunghezza di Monin-Obukhov su base oraria
  - ⇒ Calcolo del Bowen ratio su base oraria
  
- ◆ **Lettura da DB della misura delle precipitazioni su base oraria**
  
- ◆ **Lettura da DB della misura della pressione atmosferica su base oraria**
  
- ◆ **Lettura da DB della misura dell'umidità relativa su base oraria**
  
- ◆ **Calcolo della scala di velocità convettiva su base oraria**
  
- ◆ **Calcolo o lettura da DB del gradiente di temperatura verticale potenziale su base oraria**
  
- ◆ **Calcolo o lettura da DB della deviazione standard della direzione laterale del vento su base oraria**
  
- ◆ **Calcolo o lettura da DB della deviazione standard della velocità verticale su base oraria**
  
- ◆ **Definizione parametri sito specifici**
  - ⇒ albedo (tipo di suolo)



⇒ rugosità del terreno

 **DEBUGGING DEL CODICE SORGENTE DEL PREPROCESSORE**

- ◆ Debugging sintassi
- ◆ Debugging logico

**3.5 PREPARAZIONE FILE DI INPUT PER PREPROCESSORE METEOROLOGICO E MODELLO AERMOD**

 **CREAZIONE DEI FILE METEOROLOGICI IN INPUT PER AERMOD**

 **CREAZIONE DEL FILE OROGRAFICO IN INPUT PER AERMOD**

 **VERIFICA CORRETTA LETTURA DEI FILE DI CUI AI PUNTI 10. E 11. PRECEDENTI IN INPUT IN AERMOD**

**3.6 MODELLAZIONE**

 **DEFINIZIONE SCENARI**

◆ **Tipologia sorgente emissiva**

- ⇒ puntiforme
- ⇒ areale
- ⇒ lineare

◆ **Individuazione Composto Inquinante**

- ⇒ SO<sub>2</sub>
- ⇒ NO<sub>x</sub>
- ⇒ CO
- ⇒ Particolato
- ⇒ COV
- ⇒ .....

◆ **Definizione Recettori**

◆ **Definizione Periodo Simulazione**

- ⇒ media oraria
- ⇒ media giornaliera
- ⇒ media mensile
- ⇒ media annuale

◆ **Studio Area Simulazione**

- ⇒ scelta della geometria delle strutture verticali
- ⇒ definizione della tipologia del suolo
- ⇒ studio influenza del mare (brezze)



## TARATURA DEL MODELLO

### ◆ **Confronto risultati calcolati – risultati sperimentali**

⇒ confronto tabellare e grafico tra le concentrazioni al suolo calcolate dal modello e quelle misurate dalle centraline al suolo (il confronto viene fatto in punti a stesse coordinate)

⇒ confronto tabellare e grafico tra i percentili al suolo calcolati dal modello e quelli calcolati dalle centraline al suolo (il confronto viene fatto in punti a stesse coordinate)

## SIMULAZIONI

- ◆ Running del software (AERMOD)
- ◆ Validazione dei risultati
- ◆ Interpretazione dei risultati

## STUDIO SULLE SOSTANZE ODORIGENE

- ◆ prelievo di campioni d'aria in differenti punti dell'impianto
- ◆ identificazione dei composti e delle loro concentrazioni attraverso l'analisi al GC-MS;
- ◆ definizione delle unità di odore (panel test solo nel caso in cui non si riesca a identificare un marcatore di riferimento)
- ◆ definizione delle portate di emissione
- ◆ Running del software (AERMOD)
- ◆ Validazione dei risultati
- ◆ Interpretazione dei risultati

## 3.8 DATABASE

### CREAZIONE E AGGIORNAMENTO DATA BASE STORICO METEOROLOGICO (dal 2003)

- ◆ Dati Saras
- ◆ Dati Provincia di Cagliari
- ◆ Dati Osservatorio Poggio dei Pini

### CREAZIONE E AGGIORNAMENTO DATA BASE STORICO DATI CENTRALINE DI MONITORAGGIO AL SUOLO

- ◆ Dati Saras
- ◆ Dati Provincia di Cagliari

### CREAZIONE E AGGIORNAMENTO DATA BASE STORICO EMISSIONI CAMINI

- ◆ Dati Saras

### CREAZIONE E AGGIORNAMENTO DATA BASE CARTOGRAFICO

- ◆ Planimetria del sito 2D e 3D
- ◆ Suddivisione dell'area di simulazione in subaree (zona impianti, zona uffici e zone limitrofe)
- ◆ Definizione orografia complessa (ricostruzione modello digitale del terreno)
- ◆ Definizione della geometria delle strutture verticali necessarie per la elaborazione del modello tridimensionale richiesto per lo studio del building downwash e dell'effetto channelling
- ◆ Simulazioni nuove strutture verticali (edifici, camini, serbatoi)

### CREAZIONE E AGGIORNAMENTO DATA BASE RUN TIME DELLE SIMULAZIONI

- ◆ Archivio delle sessioni di simulazione del modello AERMOD
- ◆ Archivio delle sessioni di confronto dati simulati e dati misurati in campo



 **CREAZIONE TABELLE PER INPUT PREPROCESSORE METEOROLOGICO**

- ◆ Definizione del numero di cifre significative della misura sperimentale sia per misure di uguale precisione che per misure di diversa precisione
- ◆ Calcolo delle medie orarie delle grandezze meteorologiche
- ◆ Calcolo dell'errore sulle medie orari

**3.9 PREPARAZIONE REPORTISTICA**

- ◆ Relazione finale
- ◆ Mappe degli scenari

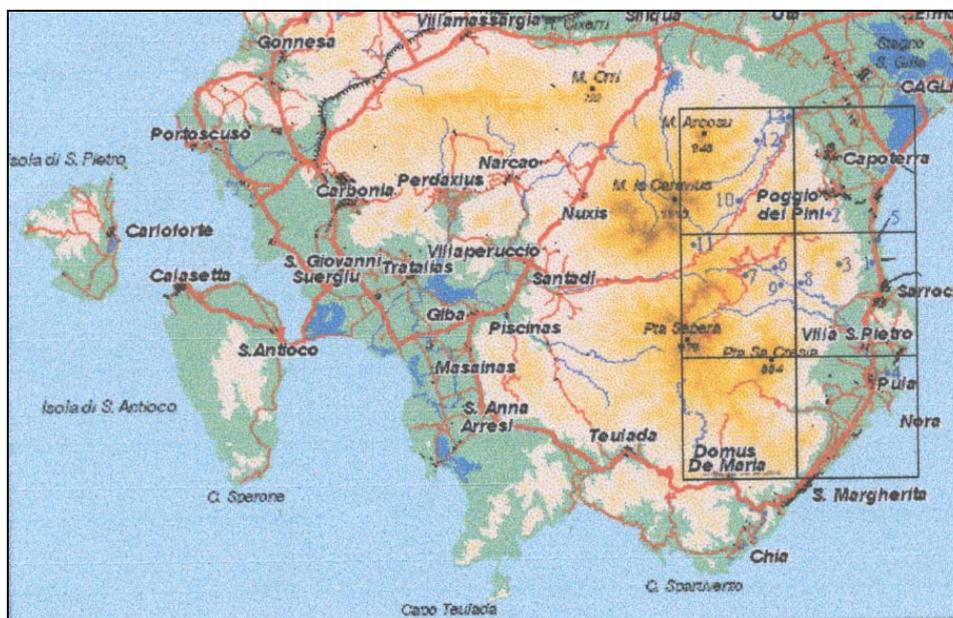
## 4 MONITORAGGIO STATO DI SALUTE DELLA VEGETAZIONE

### 4.1 Scopo dell'indagine

Scopo della presente campagna di monitoraggio è il controllo dello stato di salute della vegetazione nell'intorno della raffineria, al fine di verificarne l'evoluzione dopo la messa in esercizio dell'impianto IGCC, come richiesto dal punto e) delle prescrizioni contenute nel giudizio favorevole espresso dal Ministero dell'Ambiente nella pronuncia di compatibilità ambientale (DEC/VIA/2025) del 28.12.1994 che prevede "l'esecuzione di campagne periodiche per il controllo dello stato di salute della vegetazione".

La richiesta non specifica comunque quali metodologie e che tipologia di indagini eseguire.

La figura seguente illustra l'area indagata.



L'indagine si basa su tecniche di controllo ambientale mediante l'uso di organismi vegetali e in particolare di briofite. In particolare viene applicata la tecnica dei "moss bags", consistente nell'utilizzo di sacchetti contenenti muschio opportunamente esposti nelle aree prescelte per il monitoraggio.

La tecnica del "moss bag" si basa quindi sulla capacità di accumulo delle briofite e prevede l'allestimento e la successiva esposizione di sacchetti contenenti gametofiti di muschio per un periodo massimo di 9 settimane.

### 4.2 Adempimenti

Per questa attività non esiste nessun riferimento normativo.



### 4.3 Responsabilità

La gestione dell'intera campagna di monitoraggio è affidata al Servizio Prevenzione e Protezione della SARAS SpA che si avvale della collaborazione del Dipartimento di Scienze Botaniche dell'università di Cagliari per quanto riguarda l'organizzazione dei campionamenti, la preparazione dei moss-bags e la presentazione dei risultati finali, e della società SARTEC SpA per l'analisi dei metalli.

### 4.4 Metodologie utilizzate

#### 4.4.1 Campionamento

La raccolta del materiale per la preparazione dei *moss bags* è effettuata nell'arco della stessa giornata in un'unica stazione di campionamento, in aree naturali lontane da evidenti fenomeni di inquinamento.

Il feltro è asportato dalle cortecce di uno o più alberi che non abbiano inclinazione maggiore di 10° per evitare ristagni d'acqua e di residui organici ed inorganici, in modo tale che i campioni siano omogenei a livello fisiologico e biochimico. I prelievi sono effettuati ad una altezza da terra superiore ai 100 cm per evitare forti contaminazioni da materiale terrigeno. Il materiale è riposto in una o più buste di carta da filtro.

#### 4.4.2 Realizzazione dei moss bags

I tappetini di muschio sono portati in laboratorio entro 1-2 giorni dal campionamento. I gametofiti sono sottoposti ad un'attenta pulizia che consiste nella rimozione di terriccio, pezzi di cortecchia o di foglie e di altri elementi estranei. I tappetini di muschio ripuliti vengono riuniti formando un unico campione da sottoporre a lavaggio. Quest'ultimo consiste in ripetuti brevi lavaggi in acqua distillata per 5-10 minuti ciascuno, per almeno 7 volte, quindi il materiale viene fatto asciugare all'aria.

L'allestimento dei *moss bags* avviene entro 1-2 giorni dalla fine del trattamento secondo la seguente procedura: si ritagliano quadrati di reticella di nylon di 15 x 15 cm di lato con maglia di circa 2 mm chiusi con un filo di nylon per formare sacchetti contenenti una quantità di muschio pari a 4 grammi.

#### 4.4.3 Esposizione dei moss bags

I *moss bags* sono collocati in sei postazioni. Per ogni postazione vengono appesi 3 sacchetti su rami di alberi isolati, distanti un centinaio di metri tra loro. I sacchetti sono collocati ad un'altezza di 1,5-2 m dal suolo, in modo che pendano circa 5-10 cm dal ramo stesso e siano distanti dal tronco e dai rami principali. Per ciascun sacchetto viene preparata una scheda in cui sono riportati il tipo di forofito, l'altezza da terra del sacchetto, la quota e l'esposizione del sito, l'inclinazione del terreno.

Alcuni sacchetti sono tenuti da parte in una busta di carta da filtro in qualità di *blank*.

Dopo nove settimane i sacchetti sono prelevati usando guanti di lattice e posti in buste di carta da filtro, facendo attenzione che non cadano per terra.

#### 4.4.4 Preparazione e analisi dei campioni

In laboratorio le analisi sono effettuate su tutto il materiale incluso nei *moss bags*.



Ciascun campione viene essiccato in stufa a 45° C per 48 ore, quindi viene finalizzato. Un'aliquota del campione viene poi mineralizzata a microonde tramite attacco con acido nitrico e perossido di idrogeno. Infine sulla soluzione risultante si effettua la lettura dei metalli (arsenico, calcio, cadmio, cromo, ferro, magnesio, mercurio, nichel, piombo, potassio, rame, sodio, vanadio, zinco) tramite spettrometria di emissione atomica ICP.

#### **4.5**    *Formato dei risultati*

I risultati della campagna di monitoraggio sono presentati sotto forma di tabelle e grafici all'interno di una relazione che riporta i valori relativi ai campionamenti effettuati nel corso dell'anno.

Di seguito si riporta un esempio di formato di tabella riassuntiva.





## 5 MONITORAGGIO INQUINAMENTO ACUSTICO

### 5.1 Scopo dell'indagine

Scopo del monitoraggio è il controllo del clima acustico del territorio limitrofo allo stabilimento e in particolare nella vicina area urbana del comune di Sarroch, al fine di:

- Soddisfare le richieste del Ministero dell'Ambiente relativamente alle emissioni dell'impianto IGCC riportate al punto e) del giudizio di Compatibilità Ambientale del 28.12.1994 (documento DEC/VIA/2025), ribadite nel successivo documento del 24.03.1995 protocollo 845/95/SIAR che prevede "l'esecuzione di campagne periodiche per il controllo dei livelli di rumore in corrispondenza delle abitazioni più vicine alla raffineria".
- Definire i livelli di emissione ed immissione del rumore per il rispetto dei limiti imposti dal D.P.C.M. 14.11.1997, norma disciplinante i limiti delle sorgenti sonore, e dal D.M. 11.12.1996, norma disciplinante l'applicabilità del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo.
- Arrivare a formulare il giudizio di conformità acustica per la SARAS S.p.A. e poter così conseguire l'autorizzazione ambientale integrata, ai sensi del D.Lgs. 372/99 e s.m.i..

Campagne di misurazione fonometriche sono state effettuate in Raffineria a partire dal 1999, pertanto prima della messa in esercizio dell'impianto IGCC, e poi in tutti gli anni successivi fino ad oggi. In particolare, le ultime tre campagne (anni 2003, 2004 e 2005), rappresentano la situazione attuale della Raffineria, con gli impianti tradizionali tutti in esercizio e l'ultimo impianto importante, il gassificatore IGCC, perfettamente a regime; inoltre il 2003 rappresenta l'anno di riferimento per la presentazione della domanda A.I.A. (autorizzazione integrata ambientale di cui alla Direttiva Comunitaria n° 96/61/CE recepita con D.Lgs. 372/99, successivamente abrogato dal D.Lgs. n° 59/05 e s.m.i.).

La periodicità della campagna è annuale e al termine di ciascuna campagna viene prodotta una relazione che descrive le sorgenti di rumore, la loro localizzazione, i livelli di emissione sonora, i sistemi di contenimento delle emissioni installati da SARAS, i principali interventi di insonorizzazione effettuati. La relazione è integrata dalla planimetria generale della Raffineria, dal suo inserimento nel contesto urbano di Sarroch e da tutti gli elaborati planimetrici atti a rappresentare il fenomeno di propagazione delle emissioni sonore verso il centro abitato. Tramite idonee rappresentazioni tabellari e diagrammatiche viene verificato l'andamento delle emissioni sonore nel tempo e vengono correlati i valori di immissione misurati con i valori limite assoluti, i valori di attenzione e i valori di qualità.

I punti presso i quali nel corso degli anni sono state effettuate le misurazioni, utilizzate per la redazione della presente Valutazione di Impatto Acustico, sono quelli previsti dal Piano di Monitoraggio, al quale sono stati aggiunti, nel corso degli anni, ulteriori punti sia interni (ai fini della correlazione emissione-immissione) sia esterni (ai fini di una più precisa individuazione dei livelli di immissione) allo stabilimento. Si precisa infatti che le verifiche periodiche di misura e valutazione dell'impatto acustico sono previste al punto 10 del progetto di monitoraggio ambientale predisposto ai sensi del Decreto V.I.A. n° 2025 emanato dal Ministro dell'Ambiente, che ha comportato un vasto monitoraggio del centro urbano del Comune di Sarroch e delle varie aree (abitative, commerciali, artigianali e rurali) circostanti la Raffineria.

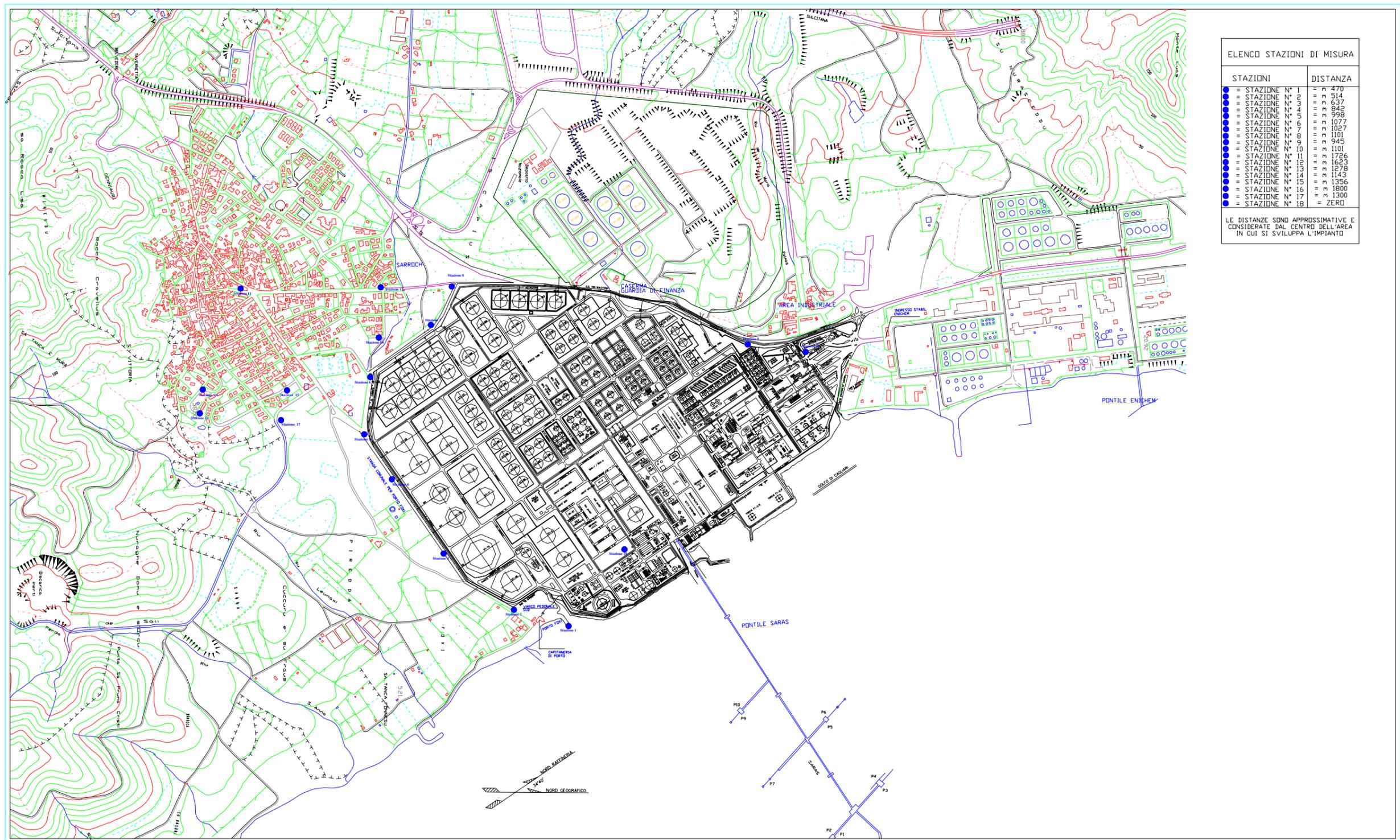
Il quadro riepilogativo dei punti di misura è riportato nella tabella seguente.



Tabella. Localizzazione dei punti di misura

<i>Punto</i>	<i>Localizzazione</i>	<i>Coordinate Fuso n° 32</i>		<i>Campagna di misure</i>
1	Porto Foxi, fronte impianto TAS, a circa 5 m dalla recinzione a rete	502395 E	4325347 N	1999-2003/4/5
2	Porto Foxi, a circa 5 m dalla recinzione fiscale	502233 E	4325347 N	1999-2003/4/5
3	Strada a mare per Porto Foxi, a circa 3 m dalla recinzione a rete, tra i serbatoi ST 15 e ST 16	502084 E	4325012 N	1999-2003/4/5
4	Strada a mare per Porto Foxi, a circa 3 m dalla recinzione a rete, di fronte al serbatoio ST 19	501806 E	4324805 N	1999-2003/4/5
5	Angolo tra strada a mare e strada ovest, a circa 1 m dalla recinzione a rete, di fronte al serbatoio ST 20	501560 E	4324640 N	1999-2003/4/5
6	Strada ovest, a circa 8 m dalla recinzione, di fronte al serbatoio ST 41 lato impianti sportivi SARROCH	501327 E	4324714 N	1999-2003/4/5
7	Strada ovest, a circa 8 m dalla recinzione, di fronte al varco	501159 E	4324924 N	1999-2003/4/5
8	Incroccio fra strada ovest e strada per SARROCH	501014 E	4325010 N	1999-2003/4/5
9	S.S. 195 di fronte ai serbatoi ST 78 e ST 79	501204 E	4326232 N	1999-2003/4/5
10	Parcheggio antistante la Portineria Saras	501260 E	4326462 N	1999-2003/4/5
11	Piazza dell'ex Municipio del Comune di SARROCH, in prossimità della fontanella pubblica	500999 E	4324218 N	1999-2003/4/5
12	Piazzola antistante la centralina di rilevamento dell'inquinamento atmosferico della SARAS	501497 E	4324019 N	1999-2003/4/5
13	Distributore ESSO, strada di accesso a SARROCH	500986 E	4324793 N	2003-4-5
14	Via Sicilia, fine strada, pressi abitazione Sig. SALEMI	501193 E	4324764 N	2003-4-5
15	Via Abruzzi, pressi abitazione Sig. SPANO	501406 E	4324361 N	2003-4-5
16	Via Santa Vittoria, presso i parcheggi confinanti con il Parco Comunale	501230 E	4324018 N	2003-4-5
17	Incroccio Via Sant'Anna e Via Val D'Aosta	501527 E	4324331 N	2003-4-5
18	Interno stabilimento, fronte impianto IGCC e in vista del sistema di emergenza (torce)			2003-4-5

Si riporta di seguito la mappa con i punti di campionamento e misura.





I limiti assoluti di immissione da rispettare per i diversi punti di misura, in base all'attuale classificazione acustica del territorio comunale (in attesa della classificazione basata sulla L. 447/95), come da Piano di Fabbricazione del Comune di Sarroch e dalla Legge 1444/68, e in base ai limiti di cui al D.P.C.M. 1 Marzo 1991 sono riportati nella tabella seguente.

**Tabella. Individuazione dei limiti di riferimento**

<i>Punto</i>	Classificazione acustica [Art. 6 D.P.C.M. 1 Marzo 1991]	Limite Diurno [Tr 06-22] [dBA]	Limite notturno [Tr 22-06] [dBA]
1	<i>Tutto il territorio nazionale</i>	70	60
2	<i>Tutto il territorio nazionale</i>	70	60
3	<i>Tutto il territorio nazionale</i>	70	60
4	<i>Tutto il territorio nazionale</i>	70	60
5	<i>Tutto il territorio nazionale</i>	70	60
6	<i>Tutto il territorio nazionale</i>	70	60
7	<i>Tutto il territorio nazionale</i>	70	60
8	<i>Tutto il territorio nazionale</i>	70	60
9	<i>Tutto il territorio nazionale</i>	70	60
10	<i>Zona esclusivamente industriale</i>	70	70
11	<i>B</i>	60	50
12	<i>B</i>	60	50
13	<i>B</i>	60	50
14	<i>B</i>	60	50
15	<i>B</i>	60	50
16	<i>B</i>	60	50
17	<i>B</i>	60	50

E' da sottolineare che, per alcuni punti di misura, i livelli di rumore attuali sono fortemente influenzati anche da altre sorgenti sonore, diverse dalla raffineria, in primo luogo il traffico veicolare lungo la S.S.Sulcitana e lungo altre strade interne all'abitato di Sarroch. Il rumore generato dalla Raffineria presenta, infatti, una caratteristica emissione del tipo continuo e stazionario. La relativa



immissione, in base alle campagne di monitoraggio finora effettuate, risulta scarsamente influente sul clima acustico caratterizzante le varie zone del territorio circostante, poiché generalmente sovrastata dal livello della rumorosità del traffico veicolare o da altre emissioni sonore localizzate di origine antropica.

## 5.2 *Adempimenti*

Per quanto riguarda i livelli di rumore diffusi nell'ambiente esterno, gli stabilimenti produttivi sono tenuti a verificare la situazione acustica ai confini di stabilimento, in modo da dimostrare il rispetto dei limiti stabiliti dalla legge e, nel caso in cui i limiti non siano rispettati, a presentare un piano di risanamento.

Per quanto riguarda l'ambiente interno, devono essere effettuati dei controlli per individuare il livello di esposizione personale al rumore dei singoli operatori. Tale livello è influenzato, oltre che dal rumore presente nei vari ambienti di lavoro, anche dal tempo che gli operatori trascorrono in tali ambienti.

La verifica nell'ambiente interno può essere effettuata sia mediante indagini di rumore ambientale, i cui risultati, combinati con i tempi di esposizione dei vari operatori, forniscono i livelli di esposizione personale, sia mediante indagini dosimetriche, che indicano direttamente il livello di esposizione.

Le principali leggi applicabili a questa campagna di monitoraggio sono le seguenti:

### ***D.P.C.M. 1 marzo 1991***

“Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno”

Indica i limiti massimi di rumore in funzione della classificazione in zone del territorio comunale e fornisce indicazioni sulla strumentazione fonometrica e sulle modalità di misura del rumore.

### ***L. 26 ottobre 1995 n°447***

“Legge quadro sull'inquinamento acustico”

Stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico.

### ***D.M. 11 dicembre 1996***

“Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo”

Definisce gli impianti a ciclo produttivo continuo, classifica gli impianti esistenti e gli impianti nuovi e indica i criteri di applicabilità del criterio differenziale di misura del rumore.

### ***D.P.C.M. 14 novembre 1997***

“Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore”

Contiene le definizioni e le quantificazioni relative ai valori di emissione, immissione, differenziali, di attenzione e di qualità che le attività umane sono



tenute a rispettare.

**D.M. 16 marzo 1998**

“Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico”

Riporta le modalità sulla base delle quali il tecnico competente in acustica deve effettuare le misurazioni fonometriche e redigere il conseguente rapporto di valutazione.

**D.Lgs. Governo 10/04/2006 n° 195**

“Attuazione della direttiva 2003/10/CE relativa all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (rumore)”

Il particolare, il **DPCM 14.11.1997** introduce nuovi limiti relativamente a:

- valore di emissione, inteso come *'valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora misurato in prossimità della sorgente stessa'*;
- valore di immissione, inteso come *'valore massimo di rumore che può essere immesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno, misurato in prossimità dei ricettori'*;
- valore di attenzione, inteso come *'valore di rumore che segnala la presenza di un potenziale rischio per la salute umana o per l'ambiente'*;
- valore di qualità, inteso come *'valore di rumore da conseguire nel breve, nel medio e nel lungo periodo con le tecnologie di risanamento disponibili, per realizzare gli obiettivi di tutela previsti dalla legge'*.

I valori acustici si differenziano in funzione della classificazione del territorio comunale in zone acustiche, classificazione che è prerogativa del Comune medesimo (art. 4 comma 1 lettera a e art. 6 comma 1 lettera a). La tabella A allegata al D.P.C.M. 14 Novembre 1997 definisce le varie zone del territorio comunale, come segue:

**Tabella A: Classificazione del territorio comunale  
[art.1 D.P.C.M. 14 Novembre 1997]**

<b>CLASSE I - aree particolarmente protette:</b> rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento base per la loro utilizzazione: aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo e allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc.
<b>CLASSE II - aree destinate ad uso prevalentemente residenziale:</b> rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali e artigianali
<b>CLASSE III - aree di tipo misto:</b> rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici
<b>CLASSE IV - aree di intensa attività umana:</b> rientrano in questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali e uffici, con presenza di attività artigianali le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie; le aree portuali, le aree con limitata presenza di piccole industrie
<b>CLASSE V - aree prevalentemente industriali:</b> rientrano in questa classe le aree interessate da



insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni

**CLASSE VI – aree esclusivamente industriali:** rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi

A proposito dei valori di immissione essi si distinguono in:

- valori limite assoluti, determinati con riferimento al livello equivalente di rumore ambientale;
- valori limite differenziali, determinati con riferimento alla differenza tra il livello equivalente di rumore ambientale ed il rumore residuo.

Ai fini della presente indagine sono di interesse i **valori di immissione**, intesi come valori limite assoluti, da controllare in prossimità delle abitazioni più vicine alla raffineria.

I valori limite di immissione da rispettare nelle varie classi, come precedentemente definiti, misurati in dBA (ed espressi in termini di livello equivalente LAeq), sono quelli indicati nella tabella C allegata al DPCM 14 novembre 1997, e precisamente:

**Tabella C: Valori limiti assoluti di immissione – Leq in dB(A)**

[art. 3 D.P.C.M. 14 Novembre 1997]

Classi di destinazione d'uso del territorio	tempi di riferimento	
	diurno (h 06-22) LAeq [dBA]	Notturmo (h 22-06) LAeq [dBA]
I = aree particolarmente protette	50	40
II = aree prevalentemente residenziali	55	45
III = aree di tipo misto	60	50
IV = aree di intensa attività umana	65	55
V = aree prevalentemente industriali	70	60
VI = aree esclusivamente industriali	70	70

In maniera analoga si riportano i valori limite di emissione, i valori di qualità e i valori di attenzione, desunti dalle tabelle B, D e dall'art. 6.

**Tabella B: Valori limiti assoluti di emissione – Leq in dB(A)**

[art. 2 D.P.C.M. 14 Novembre 1997]

Classi di destinazione d'uso del territorio	tempi di riferimento	
	diurno (h 06-22) LAeq [dBA]	Notturmo (h 22-06) LAeq [dBA]
I = aree particolarmente protette	45	35
II = aree prevalentemente residenziali	50	40
III = aree di tipo misto	55	45
IV = aree di intensa attività umana	60	50
V = aree prevalentemente industriali	65	55
VI = aree esclusivamente industriali	65	65



Tabella D: Valori di qualità – Leq in dB(A)

[art. 7 D.P.C.M. 14 Novembre 1997]

Classi di destinazione d'uso del territorio	tempi di riferimento	
	diurno (h 06-22) L <sub>Aeq</sub> [dBA]	Notturmo (h 22-06) L <sub>Aeq</sub> [dBA]
I = aree particolarmente protette	47	37
II = aree prevalentemente residenziali	52	42
III = aree di tipo misto	57	47
IV = aree di intensa attività umana	62	52
V = aree prevalentemente industriali	67	57
VI = aree esclusivamente industriali	70	70

Art. 6: Valori di attenzione – Leq in dB(A)

[art. 6 D.P.C.M. 14 Novembre 1997]

Classi di destinazione d'uso del territorio	tempi di riferimento			
	diurno (h 06-22) L <sub>Aeq</sub> [dBA]		Notturmo (h 22-06) L <sub>Aeq</sub> [dBA]	
	Riferiti a un'ora	Estesi a tutto il tempo di riferimento	Riferiti a un'ora	Estesi a tutto il tempo di riferimento
I = aree particolarmente protette	60	50	45	40
II = aree prevalentemente residenziali	65	55	50	45
III = aree di tipo misto	70	60	55	50
IV = aree di intensa attività umana	75	65	60	55
V = aree prevalentemente industriali	80	70	65	60
VI = aree esclusivamente industriali	80	70	75	70

I valori testè indicati devono essere applicati in presenza di una specifica classificazione acustica del territorio comunale effettuata dal Comune di competenza, mentre in assenza di tale classificazione l'art. 8 comma 1 del D.P.C.M. 14 Novembre 1997 prevede l'applicazione dei limiti di cui all'art. 6 comma 1 del D.P.C.M. 1 Marzo 1991, riportati nella tabella seguente:

Tabella 1: Limiti di accettabilità  
[art. 6 D.P.C.M. 1 Marzo 1991]



Classi di destinazione d'uso del territorio	tempo di riferimento	
	Diurno (h 06-22) L <sub>Aeq</sub> [dBA]	Notturmo (h 22-06) L <sub>Aeq</sub> [dBA]
tutto il territorio nazionale	70	60
Zona A (D.M. 1444/68)	65	55
Zona B (D.M. 1444/68)	60	50
Zona esclusivamente industriale	70	70

### 5.3 Responsabilità

Lo svolgimento delle attività di previsione, monitoraggio ed elaborazione dei risultati e della formulazione del giudizio di conformità è stato commissionato dalla SARAS S.p.A. alla Società di Consulenza Ambientale SICI S.r.l., il cui tecnico competente in acustica ai sensi dell'art. 2 comma 7 della Legge 26 Ottobre 1995, n° 447 ("Legge quadro sull'inquinamento acustico") è l'Ing. Roberto Lassandro.

### 5.4 Metodologie utilizzate

#### 5.4.1 Introduzione

Il principale descrittore del clima acustico è l'andamento temporale nelle 24 ore del livello sonoro equivalente di pressione sonora ponderato A (L<sub>Aeq</sub>), misurato ad intervalli non superiori all'ora. In varie postazioni di misura, con particolare riguardo al centro urbano di SARROCH ed altri punti strategici situati in prossimità del perimetro dello stabilimento, (indicatori validamente rappresentativi dell'effettiva evoluzione temporale dei fenomeni acustici associati agli impianti dello stabilimento) sono eseguite misure in continuo nell'arco delle 24 ore, che acquisiscono i dati dei periodi di riferimento, sia diurno sia notturno.

In alcune posizioni circostanti il perimetro della Raffineria, non coinvolte dalla presenza di persone o di attività umane, sono invece eseguite misure in successione temporale, comunque di durata minima non inferiore a trenta minuti ciascuna, ripetute sino a coprire l'intero arco delle 24 ore.

Le rilevazioni fonometriche sono eseguite secondo le tecniche di misurazione previste dalla normativa vigente, disciplinate in particolare dal D.M. 16.03.1998.

Tutti i monitoraggi sono sempre eseguiti durante la normale attività della Raffineria e pertanto i dati fonometrici raccolti si riferiscono sempre ai livelli sonori determinati dalla situazione di marcia contemporanea degli impianti, condizioni ritenute essenziali ai fini della rappresentazione degli effettivi livelli acustici provocati presso l'ambiente circostante del territorio comunale di Sarroch, rappresentati dal livello di rumore ambientale (in termini di livello di emissione ed immissione), come oltre definito, ai sensi della Legge 447/95 "Legge Quadro sull'inquinamento acustico".

Le misurazioni fonometriche sono eseguite verificando preliminarmente l'assetto impianti previsto in concomitanza delle misure e ripetendo le stesse qualora si verificassero situazioni di funzionamento anomale degli impianti, suscettibili di generare variazioni in diminuzione delle emissioni sonore.

#### 5.4.2 Parametri rilevati

I parametri rilevati, tutti espressi in dBA, sono:



1. Il livello del rumore equivalente, in termini di livello di rumore ambientale "LA<sub>eq,TR</sub>"

Questo parametro è definito dal D.P.C.M. 16 Marzo 1998 come media dei valori del livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata «A» ("LA<sub>eq,TR</sub>"), riferito al tempo di riferimento T<sub>R</sub> che può essere diurno (06.00-22.00) o notturno (22.00-06.00), e relativo agli intervalli del tempo di osservazione T<sub>O</sub>. Esso è dato dalla relazione:

$$L_{Aeq,T_R} = 10 \log \left[ \frac{1}{T_R} \sum_{i=1}^n (T_0)_i 10^{0,1L_{Aeq,(T_0)_i}} \right] \quad \text{dB(A)}$$

Il tempo di osservazione T<sub>O</sub> è un periodo di tempo, compreso nel tempo di riferimento TR, nel quale si verificano le condizioni di rumorosità che si intendono valutare. Il tempo di riferimento TR è rappresentato dall'insieme dei tempi di osservazione:

$$T_R = \sum_{i=1}^n (T_0)_i$$

Nel caso in esame, poiché la sorgente sonora è un impianto a ciclo produttivo continuo, funzionante pertanto nell'arco delle 24 ore con continuità, il tempo di osservazione coincide evidentemente con il tempo di riferimento.

2. I livelli massimi e minimi LASmax e LASmin

3. La Media Aritmetica

4. La Deviazione Standard "s" della misura

Questo parametro è utile per tenere conto delle possibili fluttuazioni dell'emissione della sorgente, dell'oscillazione delle medie dei valori rilevati, delle caratteristiche di propagazione e delle incertezze della misura. E' calcolato sulla media del livello sonoro di ciascun periodo di rilevazione secondo la seguente relazione:

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (L_i - \bar{L})^2} \quad \text{dBA}$$

in cui L<sub>i</sub> è il valore del livello sonoro nell'intervallo di tempo i-esimo, e L è dato dalla relazione seguente:

$$\bar{L} = 10 \log \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1L_i} \right) \quad \text{dBA}$$



5. I livelli percentili L10, L50 e L90, riferiti a ciascuna misura nel breve periodo e nel tempo riferimento.

Si noti che L90, essendo il livello superato per il 90% del tempo di misura, può essere un valido descrittore del rumore di fondo mentre L10, riferendosi al livello superato nel 10% del tempo, è associabile ai fenomeni di tipo sostanzialmente occasionale o locale.

Si fa presente che le misurazioni si riferiscono ad una situazione di marcia contemporanea della raffineria e dell' impianto IGCC, al fine di effettuare una completa valutazione acustica

#### 5.4.3 Attrezzature utilizzate

Le misure sono eseguite mediante l'impiego di fonometri integratori Larson & Davis mod. LD820 e del fonometro analizzatore real-time Larson & Davis mod. 824, interfacciati con software di elaborazione Noise & Vibration Works (Lake-View Software) per l'opportuna elaborazione dei dati.

Tutta la strumentazione rispetta le specifiche previste dalla normativa vigente e richiamate nell'art. 2 commi 1 e 2 del D.M. 16 Marzo 1998; la rispondenza alle specifiche e la validità della taratura della strumentazione è attestata da appositi certificati rilasciati da laboratorio metrologico accreditato SIT/SINAL, allegati alle relazioni specifiche dei vari anni.

Come previsto dall'art. 2 comma 3 del D.M. 16 Marzo 1998, la strumentazione prima e dopo ogni ciclo di misura, è controllata con un calibratore Larson & Davis mod. CA200, di classe 1 secondo la Norma IEC 942:1988, fornendo valori la cui differenza non ha mai superato 0.5 dB.

Anche il calibratore è tarato periodicamente ed è allegato alle relazioni specifiche dei vari anni l'apposito certificato di taratura.

#### 5.5 *Formato dei risultati*

La relazione fornita dalla Società di Consulenza Ambientale SICI S.r.l. contiene, per postazione in cui è stata eseguita la misura, le informazioni seguenti:

- data, luogo, ora dei rilevamenti e descrizione delle condizioni meteorologiche, velocità e direzione del vento;
- tempo di riferimento, di osservazione e di misura;
- catena di misura completa, con relativo grado di precisione e certificato di verifica della taratura (limitatamente alle ultime misurazioni effettuate);
- i livelli di rumore rilevati (nel caso di rilievi di lunga durata, il valore di LAeq,TR, mentre nel caso di misurazioni di breve durata il dato è relativo al livello equivalente della misura LAeq,TM);
- classe di destinazione d'uso alla quale appartiene il luogo di misura;
- modello, tipo, dinamica e risposta in frequenza nel caso di utilizzo di un sistema di registrazione o riproduzione;
- elenco nominativo degli osservatori che hanno presenziato alle differenti misurazioni;
- identificativo e curriculum del tecnico competente responsabile della valutazione.



- Nelle tabelle è riportata attraverso una sigla (F: Impianto fermo - C: Impianto in circolazione - P: Impianto in produzione) la situazione di funzionamento dell'impianto al momento della misurazione.

Le schede di rilevamento dei dati fonometrici riportano la codifica della misura della postazione in cui è stato effettuato il rilievo. Viene inoltre sempre riportata l'ubicazione della postazione in cui è stata effettuata la misura, oltre al giorno, la data, l'orario di inizio e fine misura e la sua durata, relativa alla postazione esterna alla Raffineria. Nella stessa tabella vengono indicati, nel caso di rilievi di lunga durata, il valore di LAeq,TR, mentre nel caso di misurazioni di breve durata il dato è relativo al livello equivalente della misura LAeq,TM.

Ove registrati e presenti, vengono inoltre riportati i tracciati grafici sia della misura relativa alla postazione esterna in esame, sia della misura interna di riferimento. I tracciati si riferiscono all'andamento temporale dei livelli istantanei (Time History; short Leq<sub>00,01</sub>, in dBA).

I grafici offrono l'immediata comparazione visiva dell'evoluzione temporale dei fenomeni sonori relativi ai due differenti punti di misura.

Oltre ai risultati, la relazione contiene anche una valutazione in merito alla conformità acustica della raffineria. Va precisato che verranno eseguite delle valutazioni e verrà emesso un giudizio preliminare in merito alla conformità acustica della Raffineria anche a seguito della più verosimile classificazione acustica del territorio, assegnando cioè le classi acustiche che prevedibilmente saranno assegnate dal Comune di Sarroch alle aree in cui sono state effettuate le misure; tale assegnazione sarà fatta sulla base del Piano Urbanistico Comunale vigente, di indagini effettuate in loco e dell'esperienza del Tecnico Competente.

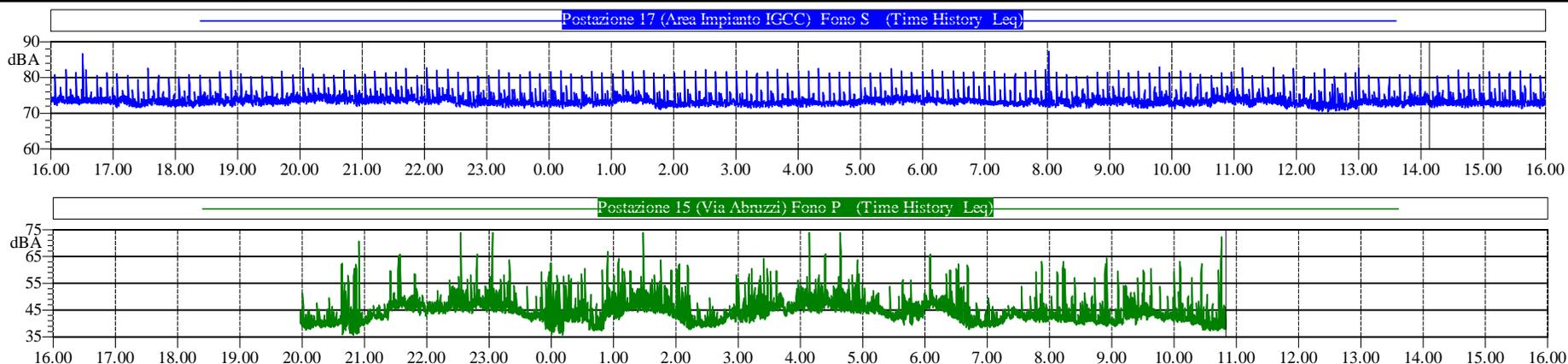
Di seguito si riportano a titolo di esempio i risultati ottenuti per una postazione nel 2004.



2004 - Scheda 15 - Comune di SARROCH: rilevamenti fonometrici del 05 e 06 Agosto 2004, raffronto emissioni/immissioni.

<b>Sito di misura emissioni sorgente:</b>	<b>Postazione 17</b>	<b>Interno stabilimento SARAS S.P.A.</b>
<b>Sito di misura immissioni sonore (ricettore) :</b>	<b>Postazione 15</b>	<b>Via Abruzzi, pressi abitazione Spano.</b>

<b>Dati ricettore</b>
inizio misura
05 Ago 04 / 19.57
termine misura
06 Ago 04 / 10.49
<b>TM (sec)</b>
53.585
<b>LAeq,TM Diurno</b>
<b>46,5 dBA</b>
<b>LAeq,TR Notturno</b>
<b>48,0 dBA</b>



<b>LAeq,T</b>	<b>Post. 17</b>	74,0	73,3	73,4	73,7	74,2	74,0	73,6	73,1	73,1	73,6	73,0	73,0	73,1	74,0	73,7	73,2	73,6	73,3	73,6	73,6	72,6	73,3	73,2	73,0
	<b>Post. 15</b>	-	-	-	-	46,9	47,3	49,3	47,8	45,3	48,9	44,8	46,9	50,5	45,0	47,7	44,8	45,1	45,0	47,0	-	-	-	-	-
<b>Media</b>	<b>Post. 17</b>	73,7	73,2	73,3	73,6	74,1	73,9	73,4	72,9	73,0	73,5	72,9	72,9	73,0	73,8	73,6	73,0	73,2	73,2	73,5	73,5	72,4	73,1	73,1	72,9
	<b>Post. 15</b>	-	-	-	-	40,9	45,4	47,2	44,9	42,8	46,7	42,1	45,6	47,8	44,4	44,4	42,6	42,3	43,6	41,7	-	-	-	-	-
<b>LASmax</b>	<b>Post. 17</b>	86,7	82,6	81,9	81,7	82,6	82,6	82,7	82,1	81,9	81,9	82,2	82,3	82,6	82,5	82,2	82,2	87,3	83,0	81,8	82,8	82,6	80,8	82,1	81,9
	<b>Post. 15</b>	-	-	-	-	70,7	65,9	74,0	74,0	66,9	74,0	62,2	64,3	74,0	56,4	65,9	63,1	64,4	60,5	72,4	-	-	-	-	-
<b>LASmin</b>	<b>Post. 17</b>	72,2	71,6	71,5	71,9	72,0	72,3	71,6	71,4	71,3	71,0	71,5	71,3	71,6	72,2	72,0	71,7	71,3	71,3	71,2	71,1	70,4	71,5	71,5	71,3
	<b>Post. 15</b>	-	-	-	-	35,7	39,6	42,6	35,9	35,7	41,4	37,8	40,1	43,7	39,4	37,8	38,6	38,9	38,9	37,3	-	-	-	-	-
<b>Dev. STD</b>	<b>Post. 17</b>	1,0	0,9	0,9	0,8	0,9	0,8	1,0	0,8	0,8	1,0	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	1,2	0,9	1,0	0,9	1,1	0,8	0,9	0,8	
	<b>Post. 15</b>	-	-	-	-	3,6	3,0	2,6	3,3	3,6	2,8	3,3	2,6	2,8	2,1	4,2	2,7	2,9	2,7	3,9	-	-	-	-	-
<b>L10</b>	<b>Post. 17</b>	74,3	74,1	74,2	74,4	74,9	74,5	74,3	73,4	73,6	74,5	73,4	73,5	73,5	74,6	74,1	73,6	74,1	74,0	74,4	74,3	73,4	73,9	73,9	73,4
	<b>Post. 15</b>	-	-	-	-	43,6	48,5	49,9	48,6	46,9	49,6	45,4	48,6	50,5	46,9	48,5	44,2	44,0	46,5	44,6	-	-	-	-	-
<b>L50</b>	<b>Post. 17</b>	73,6	73,1	73,1	73,5	74,0	73,8	73,4	72,8	72,9	73,5	72,8	72,8	72,9	73,8	73,5	72,9	73,1	73,1	73,4	73,4	72,3	73,0	73,0	72,8
	<b>Post. 15</b>	-	-	-	-	40,0	45,5	46,9	44,4	42,7	46,3	41,3	45,3	47,3	44,3	44,7	42,4	41,7	43,3	41,1	-	-	-	-	-
<b>L90</b>	<b>Post. 17</b>	73,0	72,3	72,4	72,8	73,2	73,1	72,5	72,3	72,3	72,3	72,2	72,0	72,3	73,0	72,9	72,4	72,2	72,3	72,5	72,4	71,5	72,4	72,3	72,2
	<b>Post. 15</b>	-	-	-	-	38,6	41,9	44,7	41,7	38,4	43,8	39,4	42,7	45,3	42,1	39,5	40,0	40,2	40,8	38,5	-	-	-	-	-



## **B) MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ACQUA**

Il monitoraggio della qualità dell'acqua presso la raffineria SARAS è suddiviso in:

- Monitoraggio acque superficiali
- Monitoraggio acque di scarico
- Monitoraggio acque sotterranee
- Monitoraggio acque di mare

Le finalità primarie del monitoraggio sono:

- La soddisfazione delle richieste del Ministro dell'Ambiente che al punto e) delle prescrizioni contenute nel **parere positivo circa la compatibilità ambientale** del progetto relativo alla gassificazione di idrocarburi pesanti, ecc. (DEC/VIA/2025), prevede il “*monitoraggio della temperatura dello scarico dell'acqua di mare e della concentrazione di cloro residua nello stesso, nonché l'esecuzione di campagne di controllo dello stato di salute dell'ambiente marino, secondo le indicazioni contenute nello studio*”.
- La valutazione di conformità rispetto ai limiti di legge
- La raccolta dei dati ambientali richiesti dalla normativa IPPC e da altre normative europee e nazionali nell'ambito delle periodiche comunicazioni alle autorità competenti
- La comunicazione ambientale richiesta dalla certificazione ISO 14001



## 1 **MONITORAGGIO ACQUE DI SCARICO**

### 1.1 **Scopo dell'indagine**

### 1.2 **Adempimenti**

Le principali leggi applicabili a questa campagna di monitoraggio sono le seguenti:

<b>D.Lgs. 3 aprile 2006, n°152</b>	“Norme in materia ambientale”
<b>L. 6 dicembre 1993 n°502</b>	“Conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 9 ottobre 1993, n. 408, recante disposizioni urgenti per la regolamentazione degli scarichi termici a mare” Rispetto del valore di incremento del parametro “temperatura” del corpo recipiente previsti dalla normativa per gli scarichi termici a mare da centrali termoelettriche
<b>Decreto dell'Assessore Regionale n° 34 del 21/01/1997 DADA 21.01.1997 n° 34</b>	“Disciplina degli scarichi delle pubbliche fognature e degli scarichi civili”
<b>Decreto dell'Assessore della difesa dell'Ambiente n° 1699 del 23/06/1997 DADA 23.07.1997 n°1699</b>	Modifica del D.A.D.A. 21 gennaio 1997, n. 34 recante la disciplina degli scarichi delle pubbliche fognature e degli scarichi civili.

### 1.3 **Metodologie utilizzate**

La SARAS recapita i reflui prodotti, dagli eventi meteorici e dalle attività connesse ai propri cicli produttivi, su due corpi idrici ricettori: il mare Mediterraneo e occasionalmente il rio Mascheroni, il quale si immette successivamente sullo stesso mare Mediterraneo.

Il Rio Mascheroni, introdotto precedentemente, ha origine a monte dello stabilimento e della vecchia Strada Statale Sulcitana, con le opere di costruzione del polo industriale e con l'installazione dei primi impianti produttivi, è stato oggetto di sistemazione idraulica, precisamente in alcuni tratti sono stati effettuati la tombinatura ed il rivestimento in cemento armato dell'alveo.

All'interno dello stabilimento vengono prodotte diverse tipologie di acque reflue, quali industriali, di zavorra, sanitarie, meteoriche, di raffreddamento.

Tutti i sistemi di raffreddamento, con acque dolci e salate, presenti nei vari impianti sono costituiti da circuiti a ciclo chiuso in cui avviene il solo reintegro delle acque perse.

In funzione della tipologia dei reflui sono presenti diversi impianti di trattamento i quali recapitano direttamente o indirettamente nel corpo idrico ricettore.



Le acque reflue vengono recapitate attraverso i seguenti scarichi:

- Scarico principale N°1 è costituito da un canale cementato che recapita le acque a mare, al suo interno vi confluiscono gli scarichi provenienti dall'impianto di trattamento acque fognatura oleosa (TAS), dall'impianto di trattamento acque di zavorra (TAZ), gli scarichi di emergenza delle acque meteoriche e gli scarichi delle acque di spurgo della torre di raffreddamento.
- Scarico N°2 è costituito da uno scolmatore di emergenza delle acque di processo.
- Scarico N°3 è costituito da uno scolmatore di emergenza delle acque meteoriche, normalmente avviate al TAZ.
- Scarico N°4 è costituito dalle acque reflue del sistema di trattamento primario delle acque dolci grezze.
- Scarico N°5 è costituito da uno scolmatore di emergenza delle fognature degli impianti.
- Scarico N°6 è costituito da uno scolmatore di emergenza delle acque meteoriche relative ai fabbricati, strade, piazzali, normalmente avviate al TAZ.
- Scarico N°7 è costituito dallo scarico di un impianto di dissalazione multistadio con metodo flash.
- Scarico N°9 è costituito dallo scarico dell'impianto di dissalazione denominato Sarlux Sud.
- Scarico N°10 è costituito dallo scarico dell'impianto di dissalazione denominato Sarlux Nord.
- Scarico N°8 rappresentato dal punto di immissione del Rio Mascheroni nel tratto di mare antistante la raffineria. In particolare lo scarico raccoglie le acque meteoriche della zona nord dello stabilimento.

Nei punti di scarico in mare sono presenti due analizzatori in continuo per la misura degli idrocarburi.

Inoltre si è predisposto il monitoraggio in continuo dei seguenti parametri, relativi all'impianto IGCC:

- Scarico torre di raffreddamento: temperatura, pH, cloro residuo e salinità;
- Scarichi dissalatori: temperatura, ph e salinità.

L'attuale normativa in materia di scarichi idrici prevede i seguenti limiti per i parametri in oggetto:

<i>Inquinante</i>	<i>Valore limite</i>
<i>Cloro attivo libero</i>	Concentrazione massima: <b>0,2 mg/m<sup>3</sup></b>
<i>pH</i>	Valore minimo: <b>5,5</b>
	Valore massimo: <b>9,5</b>



<i>Temperatura</i>	Valore massimo: <i>35°C</i>
--------------------	-----------------------------

Per quanto concerne il monitoraggio dello Scarico principale N.1 sarà effettuato un monitoraggio discontinuo dei seguenti inquinanti secondo la periodicità indicata.

<b>Inquinante</b>	<b>Periodicità</b>
pH	giornaliera
Temperatura	giornaliera
Portata	mensile
Idrocarburi totali	giornaliera
Fenoli	giornaliera
Ammoniaca	giornaliera
Azoto Kjeldal	mensile
Solidi sospesi	mensile
Carbonio organico totale TOC	mensile
COD	giornaliera
Arsenico (As) e composti	mensile
Cadmio (Cd) e composti	mensile
Cromo (Cr) e composti	mensile
Rame (Cu) e composti	mensile
Mercurio (Hg) e composti	mensile
Nichel (Ni) e composti	mensile
Piombo (Pb) e composti	mensile
Zinco (Zn) e composti	mensile
Composti organici alogenati (AOX)	mensile
Benzene, toluene, etilbenzene, xileni (BTEX)	mensile
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	mensile
Cloruri	mensile
Cianuri	mensile
Fluoruri	mensile



## 2 **MONITORAGGIO ACQUE SOTTERRANEE**

### 2.1 **Scopo dell'indagine**

L'obiettivo del piano monitoraggio è la valutazione dell'efficienza e dell'efficacia della barriera idraulica e della barriera fisica.

Inoltre, il piano di monitoraggio dovrà permettere di valutare:

- l'andamento nel tempo della qualità delle acque della falda freatica superficiale;
- l'andamento nel tempo della qualità delle acque della falda profonda, anche al fine di verificare nel tempo il mantenimento dell'assenza di contaminazione di quest'ultima.

Le misure da effettuare in sito sono finalizzate alla verifica dell'efficienza e dell'efficacia della barriera idraulica intendendo con:

- efficienza idraulica il grado di copertura dell'area contaminata operata dalla depressione piezometrica originata dal pompaggio di acque sotterranee;
- efficacia idrochimica la massa di inquinante estratta in un intervallo di tempo rispetto al volume di acqua estratto nello stesso intervallo temporale ed il trend migliorativo degli indici di qualità.

L'efficienza idraulica viene verificata mediante un approccio sperimentale (misure piezometriche in campo) e teorico (modellazione del flusso idrico sotterraneo).

L'efficacia idrochimica viene verificata mediante il prelievo e l'analisi di acque a monte, all'interno e a valle dell'area contaminata.

Queste attività di verifica sono fondamentali soprattutto nell'assetto di messa in sicurezza di emergenza anche al fine di definire gli aggiustamenti in corso d'opera (modifica delle portate di emungimento, realizzazione di eventuali nuovi pozzi, spostamento della posizione dei pozzi dei lotti ancora non realizzati, ecc) per migliorarne le prestazioni.

Le misure e le analisi effettuate da Saras saranno comunicate con dei report periodici alle Istituzioni interessate (Ministero dell'Ambiente, Regione, Provincia, Comune e PMP), anche al fine di definire le verifiche periodiche da parte dell'Ente preposto ai controlli.

### 1.2 **Metodologie utilizzate**

#### **MONITORAGGIO EFFICIENZA ED EFICACIA DELLA BARRIERA IDRAULICA**

Il Piano di monitoraggio dell'efficienza ed efficacia della barriera idraulica è costituito dai seguenti elementi:

- *Dati sperimentali idrodinamici e cartografia piezometrica*
- *Simulazione con i modelli di flusso*
- *Monitoraggio idrochimico*
- *Elementi costitutivi del sistema di monitoraggio*
- *Strategia di campionamento delle acque*
- *Modalità di campionamento*
- *Sonde multiparametriche*
- *Parametri da analizzare*
- *Andamento delle concentrazioni nei punti di monitoraggio*
- *Esecuzione del bilancio di massa*

#### **Dati sperimentali idrodinamici e cartografia piezometrica**

Questo tipo di monitoraggio si basa sulla determinazione dell'efficienza idraulica tramite l'osservazione dei gradienti idraulici, della direzione del flusso delle acque sotterranee e delle



portate prelevate. Tale monitoraggio, fondamentale per la valutazione dell'efficacia del sistema, può essere inteso anche come strumento di valutazione della conformità del sistema.

La bontà dell'efficienza idraulica sarà valutata in relazione alla copertura del fronte inquinante senza coinvolgere acque non contaminate.

Si eviterà il sovradimensionamento del sistema perché potrebbe provocare un impoverimento eccessivo della risorsa idrica sotterranea. In effetti, se in corso d'opera i piezometri di controllo verificassero una situazione differente da quella prevista, può essere modificato il fronte di richiamo con una opportuna variazione della portata prelevata.

Per il monitoraggio del sistema sarà controllato il gradiente, cioè la perdita di carico per unità di lunghezza, che si calcola tra due punti a piezometria nota. La perdita di carico è data dalla differenza tra le quote piezometriche nei due punti. Il gradiente è dato dal rapporto tra la perdita di carico e la distanza tra i due punti. E' una grandezza adimensionale e indica la pendenza della superficie piezometrica.

L'esistenza di gradienti sempre positivi verso l'interno dell'area contaminata garantisce che nessuna parte del pennacchio possa migrare al di fuori dell'area specificamente sottoposta a bonifica, o comunque fuori dalla zona di cattura del pozzo o dell'insieme di pozzi.

Il monitoraggio dei gradienti esercitati dai pozzi della barriera idraulica avverrà con frequenza mensile e sarà effettuato su numerosi punti di misura per poter rappresentare con sufficiente dettaglio le depressioni piezometriche che si formano in presenza di un sistema di pozzi attivi. Sarà quindi calcolato il gradiente orizzontale e saranno prodotte le carte delle isopiezometriche.

Il monitoraggio del livello dell'acqua nei pozzi di estrazione e di iniezione, sarà effettuato in continuo, in modo da valutare la funzione di contenimento durante le varie fasi stagionali. Inoltre saranno scelti dei piezometri spia per i diversi lotti della barriera idraulica per l'effettuazione di misure giornaliere dei livelli piezometrici e di NAPL.

Saranno effettuate frequenti misure del carico idraulico quando vengono modificati i tassi di pompaggio o la configurazione del sistema attivo (per ottimizzare la resa del sistema), o quando il sistema viene perturbato in maniera imprevista (per ricarica improvvisa dell'acquifero, inondazioni, o nuovo pompaggio da pozzi esterni al sito).

La misura dell'insieme dei livelli piezometrici in pozzi e piezometri avverrà in tempi tali da assicurare che i gradienti idraulici o le superfici piezometriche possano tra loro essere considerate puramente dipendenti dalle coordinate spaziali e allo stesso tempo. In generale saranno effettuate tutte le misure in un periodo massimo, in assenza di precipitazioni, di 2-3 giorni; in caso di precipitazioni un periodo di 1-2 giorni, tenendo un piezometro di riferimento per verificare le variazioni indotte dalle precipitazioni. Si farà, inoltre, riferimento ai dati piezometrici raccolti nella fase iniziale relativamente al bilancio idrico.

I dati piezometrici e le superfici elaborate saranno eventualmente arricchite con linee di flusso.

Se le misure dei carichi idraulici e del gradiente idraulico non indicano un netto gradiente verso l'interno, saranno condotte analisi per determinare se il contenimento sia problematico o inefficiente. Saranno registrate tutte le variazioni di direzione ed intensità del gradiente idraulico, basate su dati da almeno tre pozzi. Infatti, anche se la direzione media del gradiente è verso l'interno, può capitare che, a causa di perturbazioni temporanee, saltuariamente si abbia una fuga del contaminante dalla zona di confinamento.

Si deve inoltre sottolineare che non saranno considerati i dati piezometrici derivanti dal pozzo in pompaggio in quanto influenzati dalle perdite di carico.



### **Simulazione con i modelli di flusso**

La verifica del funzionamento della barriera idraulica sarà effettuata anche tramite l'utilizzo di codici numerici, in particolare il codice numerico *MODFLOW*, e nello specifico la sua interfaccia grafica *Visual Modflow versione 4.1* per la modellazione della falda ed il codice *MODPATH* per il tracciamento delle traiettorie dei filetti fluidi nel sottosuolo.

Mensilmente saranno effettuate con i nuovi dati di input (piezometri, portate di emungimento, ecc) nuovi run del modello implementato su Modflow, al fine di valutare l'efficienza della barriera idraulica e ridefinire eventualmente le portate di emungimento.

### **Monitoraggio idrochimico**

Un ulteriore elemento di valutazione di una barriera è costituito dall'efficacia idrochimica che è rappresentata dalla massa di contaminanti estratta nel tempo rispetto alla portata prelevata.

Il controllo della qualità delle acque sarà effettuato con cadenza trimestrale su tutti i pozzi e piezometri dello stabilimento.

Tutti i dati idrochimici raccolti saranno elaborati con metodi statistici.

### **Elementi costitutivi del sistema di monitoraggio**

Il sistema di monitoraggio dell'efficacia idrochimica della barriera idraulica è costituito da:

- tutti i piezometri realizzati nell'area dello stabilimento;
- tutti i pozzi della barriera idraulica.

I piezometri di monitoraggio sono stati realizzati durante la fase di caratterizzazione del sito, ma la loro disposizione potrà essere ulteriormente aggiustata in corso d'opera in funzione dei primi risultati ottenuti.

Inoltre, dal monitoraggio di questi punti possono essere ricavate importanti considerazioni circa le modalità di gestione del sistema di pozzi-barriera, ad esempio per quanto riguarda una selezione delle portate da prelevare da ciascuna sezione di captazione.

Per l'interpretazione dei risultati idrochimici, con riferimento alle diverse sezioni della barriera idraulica (monte idrogeologico, 2° Strada, Strada a Mare) saranno studiati nel dettaglio i seguenti elementi costitutivi della rete di monitoraggio:

- Piezometri di monitoraggio di monte. Questi punti di controllo sono costruiti per conoscere le caratteristiche idrochimiche delle acque in arrivo al tratto di barriera considerato. La loro localizzazione, a monte del tratto di barriera deve poter caratterizzare la qualità media delle acque in transito sull'intero fronte di alimentazione dei pozzi-barriera.
- Piezometri e pozzi di monitoraggio nell'area della barriera. Questi punti di controllo sono utili per valutare la capacità della sezione di barriera di intercettare la contaminazione, l'estensione dell'area contaminata e la sua progressiva riduzione durante il disinquinamento.
- Piezometri di monitoraggio a valle. Questi punti di controllo sono impiegati per dimostrare la tenuta della barriera idraulica e quindi essi devono dimostrare una tendenza alla decrescita dei livelli di concentrazione di contaminanti..

### **Strategia di campionamento delle acque**

Il piano di monitoraggio è stato definito per consentire di ottenere informazioni relative alla situazione iniziale e finale dei fenomeni da controllare.

Si è adottato il criterio del monitoraggio sistematico, in quanto presenta i seguenti vantaggi:

- si possono estrapolare i dati per modelli previsionali;
- è più semplice da gestire;
- i cicli stagionali sono più facilmente individuabili con misure sistematiche del livello di falda;
- è il metodo che storicamente è stato il più utilizzato.



Il monitoraggio sistematico prevede che i campioni vengano raccolti e le misure effettuate ad intervalli regolari. Si determina il periodo delle fluttuazioni stagionali, solitamente di un anno. Si è pertanto definito il numero di campionamenti e misure da effettuare nell'arco dell'anno e di conseguenza il periodo tra una campagna e la successiva:

- campionamenti trimestrali su tutti i pozzi e piezometri (tutti i parametri del piano di caratterizzazione);
- campionamento mensile acqua emunta dai pozzi (tutti i parametri del piano di caratterizzazione);
- campionamento mensile acqua ravvenata nei pozzi (tutti i parametri del piano di caratterizzazione);
- campionamento settimanale acqua emunta dai pozzi e destinata a ravvenamento (tutti i parametri del piano di caratterizzazione);
- misure mensili su tutti i piezometri e pozzi (livelli piezometrici, livelli di NAPL e parametri speditivi);
- misure giornaliere piezometri spia (livelli piezometrici e livella NAPL);
- misure giornaliere sui pozzi (portate, parametri speditivi, NAPL emunto).

I campioni e le misure saranno raccolti entro un tempo breve rispetto al tempo della campagna successiva.

#### **Modalità di campionamento**

Il campionamento delle acque di falda sarà realizzato applicando una metodica di tipo "Low Flow" - Documento EPA/540/S-95/504. Tale metodica permette di superare le maggiori limitazioni alla raccolta di campioni rappresentativi dovute a: miscelazione tra acqua stagnante presente nel pozzo e acqua *fresca* dal filtro durante l'inserimento dell'apparecchiatura per il campionamento, disturbi e risospensioni di solidi sedimentati sul fondo del pozzo dovute all'utilizzo di pompe ad alta portata o alla movimentazione di baiders, introduzione di gas dall'atmosfera durante la produzione o la manipolazione del campione, un utilizzo non appropriato di sistemi di campionamento a vuoto, ecc... In alternativa alla procedura generalizzata di spurgare tre volumi di acqua prima del campionamento, che presenta margini di incertezza, la metodica Low Flow definisce il momento del campionamento basato sulla stabilizzazione di alcuni parametri (pH, conducibilità, redox, ossigeno disciolto) mediante misura con l'utilizzo di strumenti di misura in linea su celle a deflusso.

Le attività di campionamento saranno svolte secondo i seguenti criteri:

- utilizzare basse portate durante lo spurgo e il successivo campionamento in modo da ottenere il minimo abbassamento nel livello del pozzo; l'esatta misura (in ogni caso mai maggiore di 0,5 L/min) sarà determinata dalle caratteristiche di ricarica dell'acquifero, occorre quindi monitorare costantemente il livello;
- massimizzare lo spessore dei tubi e minimizzarne la lunghezza; ogni pompa di campionamento sarà in grado di accettare determinati diametri di tubo che una volta stabiliti non saranno più variati;
- posizionare l'aspirazione della pompa nel punto di campionamento desiderato. La posizione ottimale è in prossimità della finestratura o a "metà" pozzo;
- minimizzare i fattori di disturbo sulla colonna d'acqua stagnante al di sopra dell'intervallo finestrato durante le operazioni di misura del livello e l'inserimento del mezzo campionante. In caso di presenza di surnatante il tubo dovrà essere posizionato tappato e giunto a corretta posizione sarà quindi eliminato il tappo;
- effettuare gli aggiustamenti per stabilizzare la portata il più velocemente possibile;
- monitorare gli indicatori della qualità delle acque durante lo spurgo;
- raccogliere campioni non filtrati per valutare il carico di contaminanti e il potenziale di trasporto nel sistema sotterraneo.

#### **Sonde multiparametriche**



Per la determinazione periodica dei parametri speditivi dei pozzi e piezometri saranno utilizzate delle sonde portatili multiparametriche.

L'analizzatore multifunzione prescelto per la misura della qualità delle acque è una sonda multiparametrica compatta di diametro 47 mm, di robusta costruzione, con la possibilità di eseguire la misura di 13 parametri simultaneamente; le misure eseguite sul campo possono essere memorizzate (fino a 1 mese per misure ogni 15 minuti) e successivamente trasferite su PC. Il sistema di misura può anche essere incrementato installando un GPS (Global Positioning System) contenuto nell'unità U-2002; il GPS è in grado di misurare la località ed il tempo, oltre alle misure della qualità dell'acqua, ed acquisendo la longitudine, la latitudine e la profondità della misura può generare mappe in 3-D.

La calibrazione dei sensori (pH, conducibilità, torpidità, ossigeno disciolto e profondità) è estremamente semplice e rapida, utilizzando le relative soluzioni standard e la tastiera dell'unità di controllo; possono essere eseguite verifiche di calibrazione su un punto della scala oppure, per ottenere una maggiore precisione, su due punti. Nello stesso modo semplice e veloce possono essere calibrati tutti i tre ioni selettivi ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ), ma su un punto solo della scala di misura.

I parametri misurati sono:

- pH
- Ossigeno disciolto
- Conducibilità
- Salinità
- TDS
- Gravità acqua marina
- Temperatura
- Torpidità
- Profondità
- ORP

Qualora dai risultati di una prima fase della campagna di monitoraggio del funzionamento della barriera idraulica si ritenesse necessario, potrà essere previsto il posizionamento su pozzi o piezometri "critici" di sonde multiparametriche per la misura in continuo dei parametri sopraindicati.

Infine su 5 piezometri fronte mare, al fine di valutare il problema dell'ingressione salina, è previsto il posizionamento di sonde multiparametriche per la misura in continuo di livello, temperatura e conducibilità.

### ***Parametri da analizzare***

I parametri che saranno analizzati al fine di verificare l'efficacia idrochimica della barriera idraulica sono quelli previsti per le acque nel Piano di Caratterizzazione.

#### *In campo*

- pH
- Temperatura
- Conducibilità
- O<sub>2</sub> disciolto
- Potenz RedOx

#### *Anioni*

- Solfati
- Nitriti
- Nitrati
- N-ammoniacale
- Cianuri liberi

#### *Cationi*



- Cd
- Co
- Cr tot
- Cu
- Fe
- Mn
- Ni
- Pb
- V
- Zn

#### *Organici*

- Benzene
- Etilbenzene
- Stirene
- Toluene
- p-Xilene
- MeOH
- MTBE
- TAME
  
- Benzo(a)antracene
- Benzo(a)pirene
- Benzo(b)fluorantene
- Benzo(k)fluorantene
- Benzo(g,h,i)perilene
- Crisene
- Dibenzo(a,h)antracene
- Indeno(1,2,3-c,d)pirene
- Pirene
- SOMMA IPA (DM 471)
  
- o,m,p-metilfenolo
- fenolo
  
- Idroc leggeri C5-C9 GROS
- Idroc pesanti C10-C28 DROS
  
- PCB

#### ***Andamento delle concentrazioni nei punti di monitoraggio***

La concentrazione dei contaminanti nelle acque sotterranee e tutte le misure saranno rappresentate con grafici che mostrano l'evoluzione temporale delle concentrazioni e delle altre misure in ogni singolo punto di campionamento/misura e complessivamente con delle interpolazioni su tutto il sito.

#### ***Esecuzione del bilancio di massa***

Mediante la misura delle concentrazioni pregresse nelle diverse matrici ambientali e quelle rilevate in un certo momento dell'intervento sarà eseguito un bilancio di massa per stimare le concentrazioni residue e valutarne teoricamente l'eventuale accettabilità.

La partizione delle fasi nel suolo segue la nota legge:

$$C_e = C_s [K_d + (\theta_w + \theta_a H) / \rho_s]$$



$C_s$  = concentrazione nel suolo (mg/kg)  
 $C_e$  = concentrazione nell'eluato teorico (mg/l)  
 $K_d$  = coefficiente di distribuzione suolo/acqua (l/kg)  
 $\theta_w$  = contenuto d'acqua nella zona non satura  
 $\theta_a$  = contenuto d'aria nella zona non satura  
 $H$  = costante della legge di Henry  
 $\rho_s$  = densità secca del suolo (kg/l)

Si valuterà quindi la massa di inquinanti che viene estratta dal sottosuolo mediante la fase solubile. Inoltre si valuterà la quantità di LNAPL catturato ed emunto dai pozzi della barriera idraulica.

Date le incertezze connesse alla caratterizzazione effettuata, all'eterogeneità del mezzo, alla scarsa conoscenza delle reazioni chimico-fisiche, il calcolo del bilancio di massa darà esclusivamente una indicazione degli andamenti per grandi numeri, cioè per capire se l'ordine di grandezza dei valori in gioco risulta giustificato secondo le conoscenze acquisite.



## MONITORAGGIO DELLA BARRIERA FISICA

Al termine della realizzazione della barriera fisica, sarà realizzato un monitoraggio specifico per la valutazione dell'efficienza della barriera fisica e la verifica dell'assenza di continuità idraulica tra i due lati della barriera.

Le indagini che saranno eseguite per valutare l'efficienza della barriera fisica sono:

- verifica dei livelli piezometrici all'interno ed all'esterno della barriera;
- prove di pompaggio;
- campionamenti ed analisi delle acque dei piezometri.

Essendo la barriera molto estesa (circa 3300 metri), le indagini ed i risultati sono riferiti solo alla porzione di barriera oggetto di indagine, in relazione alla posizione dei piezometri ed al raggio di influenza dei pozzi utilizzati per le prove di pompaggio.

Le attività di monitoraggio pianificate sono quindi:

- verifica del livello piezometrico all'interno e all'esterno della barriera su tutti i piezometri posti nelle diverse sezioni della barriera (16) e nelle zone di cucitura, da condursi con cadenza mensile nei primi 24 mesi e con cadenza trimestrale nei successivi 48 mesi. Si potrà inoltre prevedere l'installazione, su un numero limitato di piezometri, di dispositivi per il rilevamento e la registrazione in continuo del livello piezometrico;
- esecuzione di prove di pompaggio e eventuali prove con tracciante, da condursi cadenza annuale. Queste prove consistono nell'esecuzione di una prova di pompaggio in un settore limitrofo alla barriera verticale e nella valutazione dei livelli piezometrici misurati in piezometri installati sia internamente che esternamente alla barriera stessa. L'andamento dei livelli e la relativa interpretazione consente di verificare:
  - la rispondenza dei risultati ottenuti con i valori di conducibilità idraulica stimati in fase di caratterizzazione idrogeologica del sito;
  - l'assenza di variazione piezometriche nei piezometri esterni al sistema di isolamento a testimonianza dell'assenza di continuità idraulica tra il settore interno alla barriera e quello esterno;
- esecuzione di sessioni di prelievo di campioni di acqua di falda da condursi sui piezometri interni ed esterni alla barriera, con cadenza trimestrale. Le metodiche di campionamento e di analisi sono quelle descritte nei paragrafi precedenti.

Piezometri previsti per il collaudo della barriera fisica ed il monitoraggio periodico		
Coppia di piezometri (Pz IN - Pz OUT) previsti per il collaudo dell'intervento	Posizione	
	Profondità prevista [m da p.c.]	
Pz (A - B)	Settore A - B	20 m
Pz (B - C)	Settore B - C	20 m
Pz (C - D)	Settore C - D	20 m
Pz (D - E)	Settore D - E	20 m
Pz (E - F)	Settore E - F	20 m
Pz (F - G)	Settore F - G	20 m
Pz (G - H)	Settore G - H	20 m
Pz (H - I)	Settore H - I	20 m
Pz (I - L)	Settore I - L	20 m
Pz (L - M)	Settore L - M	20 m
Pz (M - N)	Settore M - N	20 m
Pz (N - O)	Settore N - O	20 m
Pz (O - P)	Settore O - P	20 m
Pz (P - Q)	Settore P - Q	15 m
Pz (Q - R)	Settore Q - R	13 m
Pz (R - S)	Settore R - S	10 m
Pz (B)	"Cucitura" Settore A - B & Settore B - C	20 m
Pz (C)	"Cucitura" Settore B - C & Settore C - D	20 m
Pz (D)	"Cucitura" Settore C - D & Settore D - E	20 m
Pz (E)	"Cucitura" Settore D - E & Settore E - F	20 m
Pz (F)	"Cucitura" Settore E - F & Settore F - G	20 m
Pz (G)	"Cucitura" Settore F - G & Settore G - H	20 m
Pz (H)	"Cucitura" Settore G - H & Settore H - I	20 m
Pz (I)	"Cucitura" Settore H - I & Settore I - L	20 m
Pz (L)	"Cucitura" Settore I - L & Settore L - M	20 m
Pz (M)	"Cucitura" Settore L - M & Settore M - N	20 m
Pz (N)	"Cucitura" Settore M - N & Settore N - O	20 m
Pz (O)	"Cucitura" Settore N - O & Settore O - P	20 m
Pz (P)	"Cucitura" Settore O - P & Settore P - Q	20 m
Pz (Q)	"Cucitura" Settore P - Q & Settore Q - R	15 m
Pz (R)	"Cucitura" Settore Q - R & Settore R - S	13 m

Tabella 10.1 – schema piezometri per monitoraggio barriera fisica

**PERIODICITA' DELLE MISURE**

Nella Tabella seguente sono riportate le periodicità delle misure per il monitoraggio.

ITEM	PARAMETRI	PERIODICITA'
Pozzi barriera idraulica	Portate di emungimento/ravvenamento	giornaliera
Pozzi barriera idraulica	Parametri speditivi (pH, conducibilità e temperatura) acque emunte/ravvenate	giornaliera
Pozzi barriera idraulica	Quantità di NAPL prelevate da skimmer	giornaliera
Pozzi barriera idraulica	Analisi completa acque dei pozzi (emunte e ravvenate) sulla base dei parametri del piano di caratterizzazione	mensile
Pozzi barriera idraulica con acque emunte destinate a ravvenamento	Analisi completa sulla base dei parametri del piano di caratterizzazione	settimanale
Piezometri spia	Livelli piezometrici	giornaliera
Piezometri spia	Livelli di NAPL	giornaliera
Pozzi/piezometri intero stabilimento (inclusi quelli per monitoraggio barriera fisica)	Livelli piezometrici	mensile
Pozzi/piezometri intero stabilimento (inclusi quelli per monitoraggio barriera fisica)	Livelli di NAPL	mensile
Pozzi/piezometri intero stabilimento (inclusi quelli per monitoraggio barriera fisica)	Parametri speditivi (pH, Ossigeno Disciolto, conducibilità, salinità, temperatura, solidi sospesi, torbidità, potenziale redox)	mensile
Pozzi/piezometri intero stabilimento (inclusi quelli per monitoraggio barriera fisica)	Analisi completa sulla base dei parametri del piano di caratterizzazione	trimestrale
Piezometri profondi	Analisi completa sulla base dei parametri del piano di caratterizzazione	semestrale
5 piezometri fronte mare	Monitoraggio continuo per verifica intrusione salina (livello, temperatura e conducibilità)	continuo
Modellazione con Modflow	Verifica efficienza della barriera idraulica	mensile

Tabella – Periodicità misure del Piano di Monitoraggio



### 3 *MONITORAGGIO ACQUE DI MARE*

#### 3.1 *Scopo dell'indagine*

Scopo della presente campagna di monitoraggio è la verifica, mediante l'analisi dei principali fattori ambientali biotici ed abiotici, della qualità dell'ambiente marino nella fascia prospiciente la Raffineria SARAS, al fine di poter verificare gli impatti verificatisi in seguito all'installazione dell'impianto IGCC.

A tal fine è stata effettuata una caratterizzazione ante-operam per poter disporre di una "fotografia" dell'area interessata dai reflui provenienti dall'impianto IGCC, con cui valutare l'eventuale impatto dei nuovi reflui sull'ambiente marino.

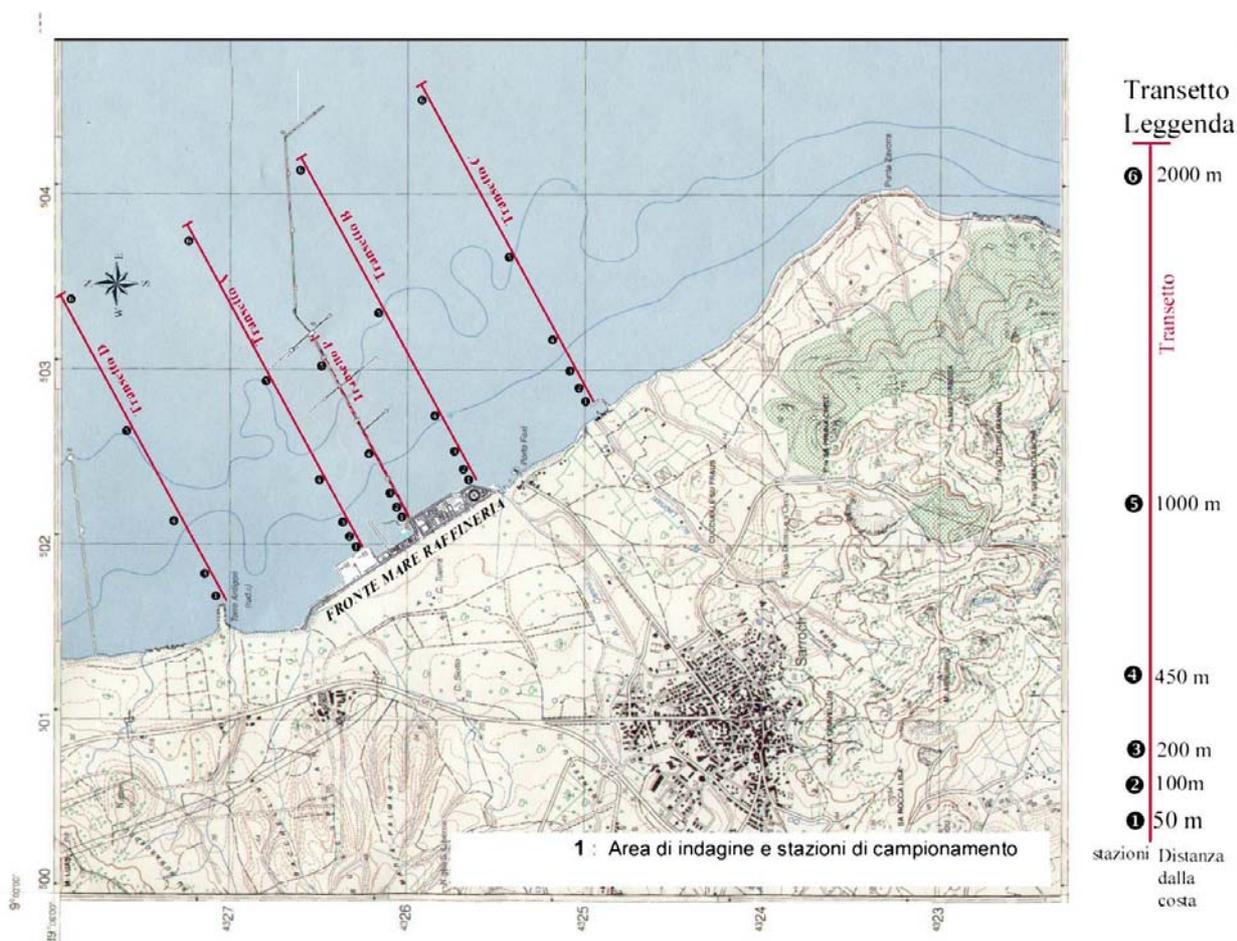
Le prime campagne di rilevamento, luglio 1998 e gennaio 1999, comprendevano esclusivamente una valutazione sui risultati delle indagini sul fitoplancton e zooplancton e le determinazioni della concentrazione della clorofilla fitoplanctonica.

A partire dalla campagna di luglio 1999 si esprime il giudizio sullo stato trofico delle acque facendo riferimento alla classificazione delle acque marine costiere come stabilito nell'Allegato 1 punto 3.4 del D.Lgs. 152/99 (abrogato dal D.Lgs 152/2006).

Il programma di monitoraggio si sviluppa attraverso campagne di rilevamenti condotte con frequenza semestrale nei periodi invernale (gennaio) ed estivo (luglio).

L'area di indagine corrisponde al tratto di mare prospiciente la Raffineria, quindi all'interno del Golfo di Cagliari; si estende per circa 4 km in direzione parallela alla costa (approssimativamente compresa tra il confine degli stabilimenti SARAS e Polimeri Europa e la località Porto Foxi ) e per circa 2,5 km in direzione perpendicolare alla costa.

Nella figura seguente si riporta l'area di indagine e le stazioni di campionamento.



### 3.2 Adempimenti

Per la campagna di monitoraggio in oggetto, esistono obblighi normativi per quanto riguarda i controlli sugli effluenti (principalmente D.Lgs. 03/04/2006 n.152, L.502/93), mentre per quanto riguarda le campagne di controllo dello stato di salute dell'ambiente marino non esistono riferimenti normativi (eccezione fatta per l'incremento di temperatura a seguito di scarichi termici, L. 502/93), e, quindi, si fa riferimento alle richieste del Ministero dell'Ambiente. Il punto e) delle richieste contenute nel **parere positivo circa la compatibilità ambientale** del progetto relativo alla gassificazione di idrocarburi pesanti, ecc. (DEC/VIA/2025), prevede il "monitoraggio della temperatura dello scarico dell'acqua di mare e della concentrazione di cloro residua nello stesso, nonché l'esecuzione di campagne di controllo dello stato di salute dell'ambiente marino, secondo le indicazioni contenute nello studio".

Di seguito si riportano i principali riferimenti normativi.



<i>D.Lgs. 3 aprile 2006, n°152</i>	“Norme in materia ambientale”
<i>L 5 marzo 1985, n°127</i>	<p>“Ratifica ed esecuzione del protocollo relativo alle aree specialmente protette del Mediterraneo, aperto alla firma a Ginevra il 3 aprile 1982”</p> <p>Protocollo per la protezione del Mar Mediterraneo: controllo di installazioni che scaricano in mare; qualità delle acque utilizzate a fini particolari; prescrizioni particolari per gli effluenti che necessitano di un trattamento separato.</p>
<i>L. 6 dicembre 1993 n°502</i>	<p>“Conversione in legge, con modificazioni, del <a href="#">D.L. 9 ottobre 1993, n. 408</a>, recante disposizioni urgenti per la regolamentazione degli scarichi termici a mare”</p> <p>Rispetto del valore di incremento del parametro “temperatura” del corpo recipiente previsti dalla normativa per gli scarichi termici a mare da centrali termoelettriche</p>
<i>D.M. 16 aprile 1996</i>	“Metodologie per la determinazione dell’incremento di temperatura nelle acque marine a seguito di sversamenti di scarichi termici”

### 3.3 Responsabilità

La responsabilità dell'intero monitoraggio dello stato di salute dell'ambiente marino è del Servizio Prevenzione e Protezione della SARAS che si avvale della collaborazione del dott. Carlo Cottiglia che rappresenta l'Espero Esterno. Il suo compito è quello di svolgere l'intera campagna di campionamenti e fornire relazioni sullo stato di salute dell'ambiente marino. A tal fine la SARAS si avvale anche della collaborazione della Sartec Divisione Ricerche per l'esecuzione delle analisi chimiche.

### 3.4 Metodologie utilizzate

E' opportuno precisare che il rilevamento dei parametri è sempre eseguito contemporaneamente al prelievo dei campioni di acqua e alla registrazione dei dati meteorologici.

### Rilevamento dell'incremento termico e salino delle acque

I parametri idrologici sono stati misurati alle profondità di 0,1m, 1,5m, 3,0 m e le corrispondenti coordinate geografiche, lungo l'arco di circonferenza di raggio di 1 km e centro nel punto di emissione dei reflui termici I.G.C.C.

Durante la rilevazione dei parametri sono state registrate le condizioni del mare e le condizioni meteorologiche. Analoga registrazione è stata effettuata sulle correnti con l'ausilio di correntometri portatili e crociere di deriva.



### Incremento termico

Come previsto dalla metodica IRSA l'incremento termico viene determinato come differenza tra i valori superficiali di temperatura misurati a 1000 metri dallo scarico e quello di un punto o di una porzione di corpo idrico non influenzato dallo scarico stesso ovvero, nel caso non sia possibile definirlo, del punto più freddo dell'arco stesso. Qualora non sia possibile definire come temperatura di riferimento un punto esterno all'arco rappresentativo delle condizioni medie del corpo recettore, la metodica prevede di considerare la media delle temperature superficiali misurate alla quota di -0,1 m dei tre punti più freddi del predetto arco aumentata del doppio della deviazione standard.

### Incremento salino

In contemporanea al rilevamento termico, nei medesimi punti dell'arco di circonferenza ed alle tre quote nominali, è misurata la salinità.

Viene valutato lo stato trofico delle acque attraverso l'analisi dei nutrienti; in particolare sono analizzati: fosforo reattivo, fosforo totale libero, azoto nitrico, nitroso, ammoniacale e totale.

Inoltre viene analizzata la clorofilla fitoplanctonica (clorofilla *a*, *b*, *c* e feofitina *a*).

Viene analizzata anche la posidonia oceanica. Si esegue l'indagine di rilevazione delle variazioni nel numero di fasci fogliari per valutare l'attività vegetativa della pianta ovvero il rilevamento di un suo stato di "sofferenza". Si calcolano le infiorescenze, le variazioni della densità dei fasci fogliari, il numero di foglie del fascio fogliare medio, la loro lunghezza, larghezza e superficie per arrivare alla formulazione di un giudizio complessivo sullo stato vegetativo della specie.

Viene analizzato il fitoplancton ed espresso il n° di cellule per litro per:

Cianoficee, Diatomee, Dinoficee, Crisoficee, Coccolitoforidi, Silicoflagellati, Cloroficee e Prasinoficee, Euglenoficee, Picoplancton



## ZOOPLANCTON:

<b>AREA DI INDAGINE</b>	<b>U.m.</b>
Anthomeduse	n°/m <sup>3</sup>
Larve di Molluschi Lamellibranchi	n°/m <sup>3</sup>
Larve di Molluschi Gasteropodi	n°/m <sup>3</sup>
Larve di Anellidi Policheti	n°/m <sup>3</sup>
Policheti	n°/m <sup>3</sup>
Larve di Echinodermi	n°/m <sup>3</sup>
Cladoceri	n°/m <sup>3</sup>
Naupli di Copepode	n°/m <sup>3</sup>
Copepodi Calanoidi	n°/m <sup>3</sup>
Copepodi Ciclopoidei	n°/m <sup>3</sup>
Copepodi Arpaticoidi	n°/m <sup>3</sup>
Larve di Cirripedi	n°/m <sup>3</sup>
Amfipodi	n°/m <sup>3</sup>
Larve di Decapodi Brachiuri	n°/m <sup>3</sup>
Larve di Decapodi (Palemonidae)	n°/m <sup>3</sup>
Appendicolarie	n°/m <sup>3</sup>
Teleostei larve	n°/m <sup>3</sup>
VARIETA'	n°/m <sup>3</sup>
ABBONDANZA LARVE	n°/m <sup>3</sup>
ABBONDANZA TOTALE	n°/m <sup>3</sup>



POSIDONIA OCEANICA:

<b>AREA DI INDAGINE</b>
Variazioni nella densità dei fasci ( $\pm n^\circ/m^2$ )
Numero di fasci/ $m^2$
Stadio della prateria
Numero di foglie adulte/fascio
Numero di foglie intermedie/fascio
Numero di foglie giovani/fascio
Numero di foglie totali/fascio
Foglie adulte con apice rotto %
Foglie intermedie con apice rotto %
Foglie giovani con apice rotto %
Lunghezza foglie adulte (cm)
Lunghezza foglie intermedie (cm)
Lunghezza foglie giovani (cm)
Larghezza foglie adulte (cm)
Larghezza foglie intermedie (cm)
Larghezza foglie giovani (cm)
Superficie foglie adulte/fascio ( $cm^2$ )
Superficie foglie intermedie/fascio ( $cm^2$ )
Superficie foglie giovani/fascio ( $cm^2$ )
Superficie totale foglie/fascio ( $cm^2$ )
Leaf Area Index (L.A.I.) $m^2/m^2$

MACROALGHE *CAULERPA PROLIFERA* in g (w.w.)/ $m^2$

MACROALGHE *CAULERPA RACEMOSA* in g (w.w.)/ $m^2$

FOULING dato da mitili giovani (L<1cm), mitili adulti (L>1cm) e ascidie; per ogni categoria viene indicato il  $n^\circ/m^2$  e i g(w.w.)/ $m^2$

Di seguito si riassumono schematicamente i parametri analizzati.



## Parametri fisici.

<i>Parametro</i>	<i>n° di stazioni</i>	<i>Tipo di indagine</i>	<i>Metodica di riferimento</i>
Temperatura e salinità	<b>profondità - 0,1</b> 8 allineamenti (T1 a T8)	rilevamento in continuo durante l'arco di un'intera giornata	ricevitore satellitare (GPS)
	<b>profondità - 2,5</b> lungo i transetti A, B, C fino a 500 m di distanza dalla costa	rilevamento in continuo durante l'arco di un'intera giornata	ricevitore satellitare (GPS)
	in concomitanza delle indagini chimiche sulle acque, per ogni singola stazione	rilevamento puntuale con sonda parametrica	vedi manuale "Metodi nell'ecologia del Plancton Marino" (Nova Thalassa, vol 11, 1990)
Trasparenza	in concomitanza delle indagini chimiche sulle acque, per ogni singola stazione		disco del Secchi vedi manuale "Metodi nell'ecologia del Plancton Marino" (Nova Thalassa, vol 11, 1990)

## Parametri chimici

<i>Parametro</i>	<i>n° di stazioni</i>	<i>Tipo di indagine</i>	<i>Metodica di riferimento</i>
<i>PH</i>	15 profondità: - 0,1m -1,0 m	in loco tramite sonda multiparametrica	vedi manuale "Metodi nell'ecologia del Plancton Marino" (Nova Thalassa, vol 11, 1990)
<i>OSSIGENO DISCIOLTO</i>	15 profondità: - 0,1m -1,0 m	in loco tramite sonda multiparametrica	vedi manuale "Metodi nell'ecologia del Plancton Marino" (Nova Thalassa, vol 11, 1990)
<i>NUTRIENTI</i>	16 15 nelle stazioni (A1-5; B 1-5; C 1-6) profondità: - 0,1m	prelievo campioni e analisi di laboratorio per: P-P04, N-NH4, N-N02, N-NO3, Si-SiO2	vedi manuale "Metodi nell'ecologia del Plancton Marino" (Nova Thalassa, vol 11, 1990)
<i>INDICATORI DI BIOMASSA</i>	15 profondità: - 0,1m nelle stazioni (A1-5; B 1-5; C 1-5)	prelievo campioni e analisi di laboratorio per: Clorofilla a, b, e feofitina a;	vedi manuale "Metodi nell'ecologia del Plancton Marino" (Nova Thalassa, vol 11, 1990)
<i>INDICATORI DI INQUINAMENTO</i>	15 profondità: - 0,1m nelle stazioni (A1-5; B 1-5; C 1-5)	prelievo campioni e analisi di laboratorio per: Fosforo totale, Azoto totale, Idrocarburi totali, Detergenti e Trialometani (THM); metalli : V, Pb, Hg, Cd, Cu, Zn, Ni.	vedi manuale "Metodi nell'ecologia del Plancton Marino" (Nova Thalassa, vol 11, 1990)

In ogni stazione verranno rilevati i *parametri meteorologici* (temperatura aria, direzione e velocità del vento, irradianza).

## Parametri biologici

<i>Parametro</i>	<i>n° di stazioni</i>	<i>Tipo di indagine</i>	<i>Metodica di riferimento</i>
<i>FITOPLANCTON</i>	10 x 2 profondità: -0,1m -1,0 m lungo i 3 transetti definiti con A, B, C, 3 stazioni per transetto, più un campionamento al largo (2.500 m dalla costa)	analisi qualitative a livello dei principali gruppi sistematici; per ogni gruppo determinazione del n° di cellule per litro	vedi manuale "Metodi nell'ecologia del Plancton Marino" (Nova Thalassa, vol 11, 1990)
<i>ZOOPLANCTON</i>	9 profondità: -1,0 m lungo i 3 transetti definiti con A, B, C, 3 stazioni per transetto	analisi quali-quantitative dei principali gruppi sistematici	vedi manuale "Metodi nell'ecologia del Plancton Marino" (Nova Thalassa, vol 11, 1990)
<i>MACROALGHE</i>	15 lungo i 3 transetti definiti con A, B, C, 5 stazioni per transetto	analisi qualitativa a livello sistematico di specie; stima della biomassa secca per metro quadrato di superficie di fondo	
<i>FAUNA INVERTEBRATA</i>	5 nelle 5 stazioni ubicate lungo il pontile SARAS	raccolta di organismi del "fouling" (mitili, ostreidi e tunicati) sui quali determinare i metalli pesanti (Pb, Hg, V, Cd, Ni)	D.M. 31 luglio 1995 (Metodiche analisi per la determinazione di .... del mercurio e del piombo nei molluschi bivalvi).
<i>POPOLAMENTI DI POSIDONIA OCEANICA</i>	15 lungo i 3 transetti definiti con A, B, C, 5 stazioni per transetto	n° medio di foglie per fascio; frequenze delle lunghezze fogliari; n° medio di foglie giovani, intermedie ed adulte; indice fogliare L.A.I.	
<i>SEDIMENTI</i>	15 lungo i 3 transetti definiti con A, B, C, 5 stazioni per transetto	posizionamento di "trappole" per raccogliere il materiale sedimentato nell'arco di una giornata; i risultati saranno espressi in quantità di sedimento organico ed inorganico (espresso in peso secco). Su alcuni campioni di sedimento verranno determinati fosforo totale, idrocarburi totali, metalli (V,	



	Pb, Hg, Cd, Cu, Zn, Ni)	
--	-------------------------	--

### 3.5 *Formato dei risultati*

I risultati delle campagne di monitoraggio vengono raccolti utilizzando un metodo che consente, per ogni componente o indicatore ambientale indagato, di effettuare:

- un agevole confronto dei valori tra le diverse campagne di indagine;
- di rilevare il trend dei valori e del livello di qualità nel corso delle diverse campagne;
- di evidenziare eventuali parametri che subiscono variazioni nel tempo.

Dopo ogni campagna di monitoraggio i dati e i relativi commenti sono raccolti in 4 volumi.

Il **Volume I** include la raccolta delle relazioni tecniche di commento ai risultati delle singole campagne di indagine.

Nella prima relazione si indica la tipologia delle indagini svolte, l'elencazione dei materiali e dei metodi utilizzati; si descrivono le caratteristiche e le peculiarità dell'area di indagine, le stazioni, gli indicatori ambientali indagati e, in particolare per i metalli pesanti, i dati storici delle acque costiere del Golfo di Cagliari, che possono essere utilizzati per confronto con i dati, raccolti ovvero come riferimento.

Nel caso in cui nel corso dello svolgimento delle campagne di indagine si dovessero effettuare modifiche circa metodi, strumenti, componenti e/o indicatori ambientali ecc., la relazione viene puntualmente aggiornata inserendo nel relativo paragrafo la descrizione della modifica apportata.

Per ogni campagna di rilevamenti, si riporta una relazione di sintesi dei risultati, ove si evidenziano le principali differenze rispetto ai valori pregressi e si esprime un sintetico giudizio critico su alcuni componenti ed indicatori ambientali di particolare importanza. Per ogni componente ambientale indagata viene inoltre segnalata la campagna di indagine nella quale era stata effettuata l'ultima variazione delle metodologie o degli strumenti di indagine.

Nel **Volume II** si riportano, attraverso l'utilizzo di tabelle appositamente predisposte e per ogni componente ambientale o indicatore, i valori misurati nelle singole stazioni.

Nel **Volume III** si riportano, sempre con l'utilizzo di apposite tabelle, i risultati dei calcoli statistici (media e deviazione standard) applicati ai valori misurati nelle singole stazioni. I risultati si riferiscono ai singoli transetti (direttrice sulla quale sono state fissate stazioni) quando si prendono in considerazione esclusivamente i valori rilevati nelle stazioni degli stessi transetti ovvero si riferiscono all'area di indagine quando i calcoli comprendono tutti i valori rilevati.

Al fine dell'esecuzione dei calcoli statistici, i parametri chimici determinati con valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale (D.L.), sono stati considerati, convenzionalmente, presenti nel campione in concentrazione uguale al limite di rilevabilità.

Per quanto concerne le componenti biologiche (fitoplancton, zooplancton, macroalghe), sempre convenzionalmente al fine della esecuzione dei calcoli statistici, viene attribuito il valore "zero" al numero e/o alla quantità degli organismi per quella stazione, quando non rilevati nella stessa stazione.



Nel **Volume IV** si raccolgono le tavole, la gran parte delle quali rappresenta la restituzione grafica delle elaborazioni dei valori termici e salini delle acque dell'area di indagine (mappature ed incrementi) e gli schemi circolatori delle correnti marine rappresentativi del periodo di misure in relazione alle indagini idrobiologiche.