

**Cliente** Enel PRODUZIONE PSV-AAU

**Oggetto** Centrale Termoelettrica Enel di Portoscuso (CA) – Piano della Caratterizzazione

**Ordine** E mail M. Urbani del 21/11/03

**Note**

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

**N. pagine** 67 **N. pagine fuori testo** 17

**Data** 08/04/2004

**Elaborato** DAM – Linea Acque e Suolo  
Consulenti

R. Garavaglia   
 \* F. Calvenzi, S. Malinverno 

**Verificato** DAM – Linea Acque e Suolo

R. Vitali 

**Approvato** DAM – Responsabile Linea Acque e Suolo

R. Vitali 

**Indice**

<b>SINTESI NON TECNICA.....</b>	<b>4</b>
<b>1   PREMESSA.....</b>	<b>8</b>
<b>2   DESCRIZIONE DEL SITO, ATTUALE E STORICA.....</b>	<b>9</b>
2.1   IL SITO PRODUTTIVO .....	9
2.2   DESCRIZIONE DEL PROCESSO PRODUTTIVO .....	11
2.3   STORIA DELL'IMPIANTO .....	16
2.3.1   Fasi successive di realizzazione degli impianti.....	16
2.3.2   Misure di adeguamento ambientale .....	16
2.3.3   Profilo produttivo della centrale.....	17
2.3.4   Tipologia dei processi.....	17
2.3.5   Attività, operazioni, situazioni e sostanze ambientalmente rilevanti.....	19
2.4   EPISODI AMBIENTALMENTE RILEVANTI OCCORSI IN PASSATO .....	26
2.4.1   Affioramenti di acque salmastre.....	26
2.4.2   Fuoriuscita di acque inquinate da soda .....	26
2.4.3   Perdita di OCD dall'oleodotto tra parco combustibili e gruppi termici.....	26
<b>3   CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEL SITO .....</b>	<b>28</b>
3.1   METEOROLOGIA.....	28
3.2   INQUADRAMENTO GEOGRAFICO TERRITORIALE .....	30
3.3   INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO .....	30
3.3.1   Assetto regionale.....	30
3.3.2   Assetto locale .....	30
3.3.3   Stratigrafia del sito .....	30
3.4   ASSETTO IDROGEOLOGICO .....	34
3.4.1   Assetto regionale.....	34
3.4.2   Assetto del sito.....	34
3.4.3   Pozzi di approvvigionamento .....	36
3.5   DESTINAZIONE D'USO PREVISTA DAGLI STRUMENTI URBANISTICI.....	37
3.6   OBIETTIVI DI RECUPERO DELL'AREA IN FUNZIONE DEI RIFERIMENTI NORMATIVI E DELLA DESTINAZIONE D'USO .....	37
<b>4   MODELLO CONCETTUALE PRELIMINARE.....</b>	<b>41</b>
4.1   IDENTIFICAZIONE DEI CENTRI DI PERICOLO .....	41
4.2   SINTESI DELLO STATO QUALITATIVO DELL'AREA.....	42
4.3   CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DELL'ACQUIFERO.....	42
4.4   STOCCAGGIO E MOVIMENTAZIONE DELL'OLIO COMBUSTIBILE .....	42
4.4.1   Descrizione del deposito degli oli combustibili.....	43
4.4.2   Prodotti Stoccati.....	43
4.4.3   Percorsi di migrazione della contaminazione e vie di esposizione dei possibili bersagli.....	43
4.4.4   Individuazione delle sostanze indicatrici .....	45
4.5   ALTRI CENTRI DI PERICOLO .....	46
4.5.1   Impianto trattamento acque oleose e vecchi serbatoi gasolio.....	46
4.5.2   Serbatoi di esercizio .....	46
<b>5   PIANO DI INVESTIGAZIONE INIZIALE .....</b>	<b>48</b>
5.1   INTRODUZIONE .....	48

5.2	UBICAZIONE DELLE INDAGINI .....	49
5.2.1	<i>Maglia sistematica</i> .....	49
5.2.2	<i>Maglia ragionata</i> .....	49
5.2.3	<i>Maglia complessiva di indagine</i> .....	50
5.2.4	<i>Profondità dei sondaggi</i> .....	50
5.3	METODOLOGIE DI INDAGINE DEL SUOLO/SOTTOSUOLO E ACQUE SOTTERRANEE .....	52
5.3.1	<i>Esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo</i> .....	52
5.3.2	<i>Modalità di prelievo dei campioni di terreno</i> .....	54
5.3.3	<i>Prelievo di campioni di terreno superficiale destinate alla determinazione di Diossine e Furani</i> ...	56
5.3.4	<i>Prove di permeabilità tipo Lefranc</i> .....	57
5.3.5	<i>Installazione dei piezometri</i> .....	58
5.3.6	<i>Misure di soggiacenza della falda</i> .....	60
5.3.7	<i>Modalità di prelievo delle acque sotterranee</i> .....	60
5.4	DETERMINAZIONI ANALITICHE.....	62
5.4.1	<i>Parametri da determinare</i> .....	62
5.4.2	<i>Procedure di laboratorio</i> .....	63
<b>ELENCO DELLE TAVOLE FUORI TESTO .....</b>		<b>68</b>

**ALLEGATO 1** prot. A4/011119 - stralcio dal documento:

*Piano di disinquinamento per il risanamento del territorio del Sulcis-Iglesiente*

Regione Autonoma della Sardegna – Assessorato della Difesa dell’Ambiente. Tot. pagg. 11

## Storia delle revisioni

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	08/04/2004	A4/011108	Prima Emissione

## SINTESI NON TECNICA

Il settore delle bonifiche è stato normato per la prima volta in modo organico dall'articolo 17 del Decreto Legislativo del 5 febbraio 1997, n. 22. Il regolamento tecnico richiesto da tale provvedimento normativo si esplicita con il Decreto Ministeriale del 25 ottobre 1999, n. 471 "Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica ed il ripristino ambientale dei siti inquinati". In tale DM sono stati stabiliti i criteri, le modalità e le procedure per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati e sono stati fissati i limiti di accettabilità della contaminazione dei suoli, il cui superamento obbliga ad effettuare interventi di bonifica.

A queste indicazioni normative si aggiunge l'articolo 1 della Legge 9 dicembre 1998, n. 426 "Nuovi interventi in campo ambientale", in cui si individua un primo elenco di interventi di bonifica di "interesse nazionale".

La centrale Termoelettrica di Portoscuso ricade all'interno del sito di interesse nazionale del Sulcis-Iglesiente-Guspinese, come risulta dalla perimetrazione specificata nel successivo Decreto Ministeriale del 12 marzo 2003.

Secondo le indicazioni contenute nell'Allegato 4 al D.M. 471/99, il "Piano di Caratterizzazione":

- descrive dettagliatamente il sito e tutte le attività che si sono svolte o che ancora si svolgono;
- individua le correlazioni tra le attività svolte e tipo, localizzazione ed estensione della possibile contaminazione;
- descrive le caratteristiche delle componenti ambientali sia all'interno del sito che nell'area da questo influenzata;
- descrive le condizioni necessarie alla protezione ambientale e alla tutela della salute pubblica;
- presenta un piano delle indagini da attuare per definire tipo, grado ed estensione dell'inquinamento.

Il presente lavoro si prefigge quindi di definire il Piano della Caratterizzazione del sito su cui insiste la Centrale Enel di Portoscuso.

Tutti i dati e le informazioni presentate costituiscono la sintesi e la sistematizzazione della documentazione pregressa circa la storia, le geologia, le condizioni attuali del sito e le indagini già effettuate.

Il **Capitolo 2** presenta una dettagliata descrizione del sito, sia nelle sue condizioni attuali che storiche.

La Centrale termoelettrica PORTOSCUSO è costituita da due unità da 160 MW ciascuna dedicata alla produzione di energia elettrica tramite l'uso di olio combustibile denso.

Essa è ubicata in un'area di 136.000 mq compresa nella fascia costiera pianeggiante delimitata a nord-est da rilievi vulcanici, a ovest dal mare e a sud dal rio Flumentepido. L'impianto è inserito all'interno del polo industriale di Portovesme, nel Comune di Portoscuso in provincia di Cagliari ed adiacente allo stabilimento della Società ALCOA ex proprietaria dell'impianto.

La centrale fu realizzata per l'autoproduzione di energia elettrica necessaria alla produzione di alluminio primario, entrata in esercizio nel 1973, è stata acquisita dall'Enel nel 1987, in adempimento alle Direttive CIPE. La configurazione della centrale risente ancora dell'impostazione che gli fu data originariamente.

L'impianto è stato realizzato su aree incolte, occasionalmente adibite a pascolo, mediante livellazione del terreno che si presentava in declivio lungo un asse circa N-S verso il mare.

Dalle informazioni raccolte si riporta che la livellazione, consistita nella realizzazione di due piani su quote differenti, sia stata condotta nel seguente modo:

- il livello superiore (circa 13,50 m s.l.m.), è stato realizzato mediante modeste modifiche del preesistente; su questo piano sono posti il parco combustibili e gli uffici;
- il livello inferiore (circa 7,50 m s.l.m.), è stato realizzato sbancando una porzione di area tale da consentire l'installazione degli impianti tecnologici (sala macchine, generatori, condotti, ciminiera, ecc.);
- nel 1990 il livello inferiore è stato ulteriormente allargato, realizzando un piazzale fino a ridosso degli uffici, mediante sbancamento dell'area.

Nel paragrafo 2.3. vengono quindi presentati:

- i dati relativi alla produzione,
- la tipologia dei processi industriali,
- le attività, operazioni, situazioni e sostanze ambientalmente rilevanti.

Questi ultimi in particolare vengono presi in esame individualmente e presentati sotto forma di schede descrittive.

Nel paragrafo 2.4. vengono descritti ed analizzati gli episodi ambientalmente rilevanti occorsi in passato e presentati i risultati di studi ambientali precedentemente condotti sul sito.

Il **Capitolo 3** presenta una caratterizzazione ambientale del sito, che viene dettagliata nei seguenti punti:

- meteorologia,
- inquadramento geografico-territoriale del sito,
- inquadramento geologico e geomorfologico,
- assetto idrogeologico.

La Centrale Termoelettrica di Portoscuso è situata nel Comune omonimo su di un'area compresa all'interno del polo industriale di Portovesme che si colloca lungo una fascia costiera pianeggiante.

Per quanto concerne l'assetto morfologico e geologico del sito, l'area su cui si imposta la CTE è di tipo subpianeggiante; in particolare si osserva la presenza di una scarpata artificiale che divide in due il sito: la porzione nord, dove si collocano il parco combustibili e gli uffici, si trova a quote comprese tra 13 e 14 m s.l.m., mentre, la porzione a sud, dove si collocano le caldaie e gli edifici tecnologici, è posta a quote comprese tra 7 e 7,5 m s.l.m.

Data l'omogeneità dei depositi alluvionali sabbiosi, che hanno potenze anche superiori ai 15-20 m, il dislivello tra le due porzioni in cui è suddiviso il sito di centrale non dovrebbe comportare particolari variazioni dal punto di vista stratigrafico e idrogeologico.

Sulla base delle informazioni di tipo geologico che sono state raccolte, il terreno, in tutta l'area della centrale, presenta una certa omogeneità di caratteristiche, sia in senso verticale sia in senso orizzontale.

Al di sotto del sito di centrale è presente una formazione alluvionale di discreta permeabilità, costituita prevalentemente da sabbia limosa, dove è presente una falda freatica la cui quota è mediamente di 0,5-1 m s.l.m.. La direzione principale di flusso della falda freatica ha andamento prevalente NNE-SSO, cioè dall'entroterra verso il mare. La principale fonte di ricarica delle acque di falda deriva dalle acque di precipitazione meteorica.

A profondità maggiori sono presenti materiali a matrice più fine, che poggiano poi sul substrato roccioso di natura vulcanica. Spesso il substrato roccioso vero e proprio è sovrastato da un orizzonte di alterazione anche piuttosto potente, caratterizzato da buona permeabilità.

La falda principale si sviluppa nell'orizzonte di alterazione sovrastante il substrato roccioso vulcanico, si tratta di un acquifero in pressione, protetto da un orizzonte piuttosto potente di marne ed argille a permeabilità nulla.

Il sito Enel di Portoscuso non è interessato da corsi d'acqua naturali o artificiali.

L'acqua di raffreddamento, che costituisce la quasi totalità dell'acqua consumata dalla centrale, è prelevata esclusivamente dal mare all'interno del porto commerciale.

Nel **Capitolo 4** viene presentato il cosiddetto Modello Concettuale preliminare, dedotto sulla base delle informazioni esistenti. I dati disponibili vengono presentati in maniera dettagliata per ognuna delle situazioni di attenzione individuate.

Il modello concettuale deve permettere di individuare nel dettaglio le caratteristiche di impianti e strutture presenti sul sito correlandole con la loro potenzialità a generare inquinamento nelle diverse matrici ambientali, quali suolo, sottosuolo, atmosfera, acque superficiali e sotterranee.

Dall'esame delle componenti funzionali del processo produttivo, la sola attività di stoccaggio in grado di presentare un "rischio" significativo per l'ambiente, per la sua rilevanza in termini soprattutto quantitativi, è costituita dallo stoccaggio di olio combustibile denso (O.C.D.) e gasolio presso i relativi serbatoi e la movimentazione di OCD tramite il connesso oleodotto.

La definizione del modello concettuale viene focalizzata a questo elemento prioritario.

Al di sotto del sito di centrale è presente una formazione alluvionale di discreta permeabilità, costituita prevalentemente da sabbia limosa, dove è presente una falda freatica la cui quota nel settore sud, è mediamente di 0,5-1 m s.l.m.. La direzione principale di flusso della falda freatica ha andamento prevalente NNE-SSO, cioè dall'entroterra verso il mare.

Lo sviluppo del Modello Concettuale relativo al centro di pericolo principale, sviluppato relativamente all'identificazione di:

- sorgenti della contaminazione,
- meccanismi di trasporto,

percorsi di possibile esposizione dei recettori,  
potenziali recettori,

non ha portato all'identificazione di alcun possibile recettore di eventuali contaminazioni in atto.

Oltre al centro di pericolo costituito dall'area di stoccaggio e movimentazione dei combustibili, presso l'impianto esistono, o sono esistiti, altri potenziali centri di pericolo di minore rilevanza, tra i quali si segnalano:

- l'impianto trattamento acque oleose (dimesso nel 1980);
- i serbatoi gasolio dismessi o destinati allo stoccaggio di acqua industriale;
- i serbatoi di esercizio.

Nel **Capitolo 5** viene presentato il Piano di Indagini che si intende mettere in atto presso il sito della centrale di Portoscuso. Esso comprende:

- n° 33 sondaggi del terreno,
- n° 3 prelievi di terreno superficiale per la sola determinazione di Diossine e Furani e PCB,
- n° 9 prove di permeabilità di tipo Lefranc, per la caratterizzazione fisica della falda,
- installazione di n° 9 piezometri di controllo dell'acqua sotterranea,
- prelievo ed analisi chimiche di campioni di terreno,
- prelievo ed analisi chimiche di campioni di acque sotterranee,

Vengono illustrate nel dettaglio la localizzazione e le caratteristiche di tutti i punti di indagine e le modalità operative che verranno seguite.

## 1 PREMESSA

Il presente lavoro si inquadra nel nuovo contesto normativo nazionale in ambito di bonifica e ripristino ambientale.

Il settore delle bonifiche, infatti, è stato normato per la prima volta in modo organico dall'articolo 17 del Decreto Legislativo del 5 febbraio 1997, n. 22. Il regolamento tecnico richiesto da tale provvedimento normativo si esplicita con il Decreto Ministeriale del 25 ottobre 1999, n. 471 "Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica ed il ripristino ambientale dei siti inquinati". In tale DM sono stati stabiliti i criteri, le modalità e le procedure per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati e sono stati fissati i limiti di accettabilità della contaminazione dei suoli, il cui superamento obbliga ad effettuare interventi di bonifica.

Questo vale anche per quelle aree in cui si manifesta il pericolo concreto ed attuale di inquinamento.

A queste indicazioni normative si aggiunge l'articolo 1 della L. del 9 dicembre 1998, n. 426 "Nuovi interventi in campo ambientale", in cui si individuano quattordici aree industriali e siti ad alto rischio ambientale su cui attuare i primi interventi di "interesse nazionale".

La centrale Termoelettrica di Portoscuso ricade all'interno del sito di interesse nazionale del Sulcis-Iglesiente-Guspinese, come risulta dalla perimetrazione specificata nel Decreto Ministeriale del 12 marzo 2003.

Le modalità di caratterizzazione sono quelle dettate dal D.M. 471/99 ed in particolare, da un punto di vista puramente operativo, da quanto indicato nell'Allegato 4 del suddetto decreto. In tale allegato infatti è riportato in modo estremamente puntuale l'iter di analisi per giungere alla definizione dello stato di fatto di un sito potenzialmente inquinato, fino all'attuazione del piano di bonifica vero e proprio, nel caso in cui si fosse riscontrato un inquinamento in atto.

La prima di queste fasi è la definizione di un "Piano di caratterizzazione" il quale:

- descrive dettagliatamente il sito e tutte le attività che si sono svolte o che ancora si svolgono;
- individua le correlazioni tra le attività svolte e tipo, localizzazione ed estensione della possibile contaminazione ;
- descrive le caratteristiche delle componenti ambientali sia all'interno del sito che nell'area da questo influenzata;
- descrive le condizioni necessarie alla protezione ambientale e alla tutela della salute pubblica;
- presenta un piano delle indagini da attuare per definire tipo, grado ed estensione dell'inquinamento.

Al fine di rendere organiche queste informazioni si redige una relazione descrittiva finale in cui si sintetizzano i dati raccolti ed elaborate in tre fasi distinte che costituiscono il piano stesso:

1. raccolta e sistematizzazione dei dati esistenti;
2. caratterizzazione del sito e formulazione preliminare del Modello Concettuale;
3. piano di investigazione iniziale.

Il presente lavoro si prefigge quindi di definire il Piano della caratterizzazione del sito su cui insiste la Centrale Enel di Portoscuso.

## 2 DESCRIZIONE DEL SITO, ATTUALE E STORICA

### 2.1 Il sito produttivo

Il sito della centrale a olio combustibile di Portoscuso è ubicato nella costa sud-occidentale della Sardegna, in località “Su Muzioni”, in corrispondenza della demarcazione tra le aree geografiche denominate Iglesiente e Sulcis, circa 60 km in linea d’aria a ovest di Cagliari, in vista delle isole di S. Pietro (circa 8 km a sud-ovest) e di S. Antioco (circa 10 km a sud).

La collocazione geografica della centrale è mostrata nella Figura seguente e, con maggior dettaglio, nella mappa fuori testo presentata nella Tavola I.

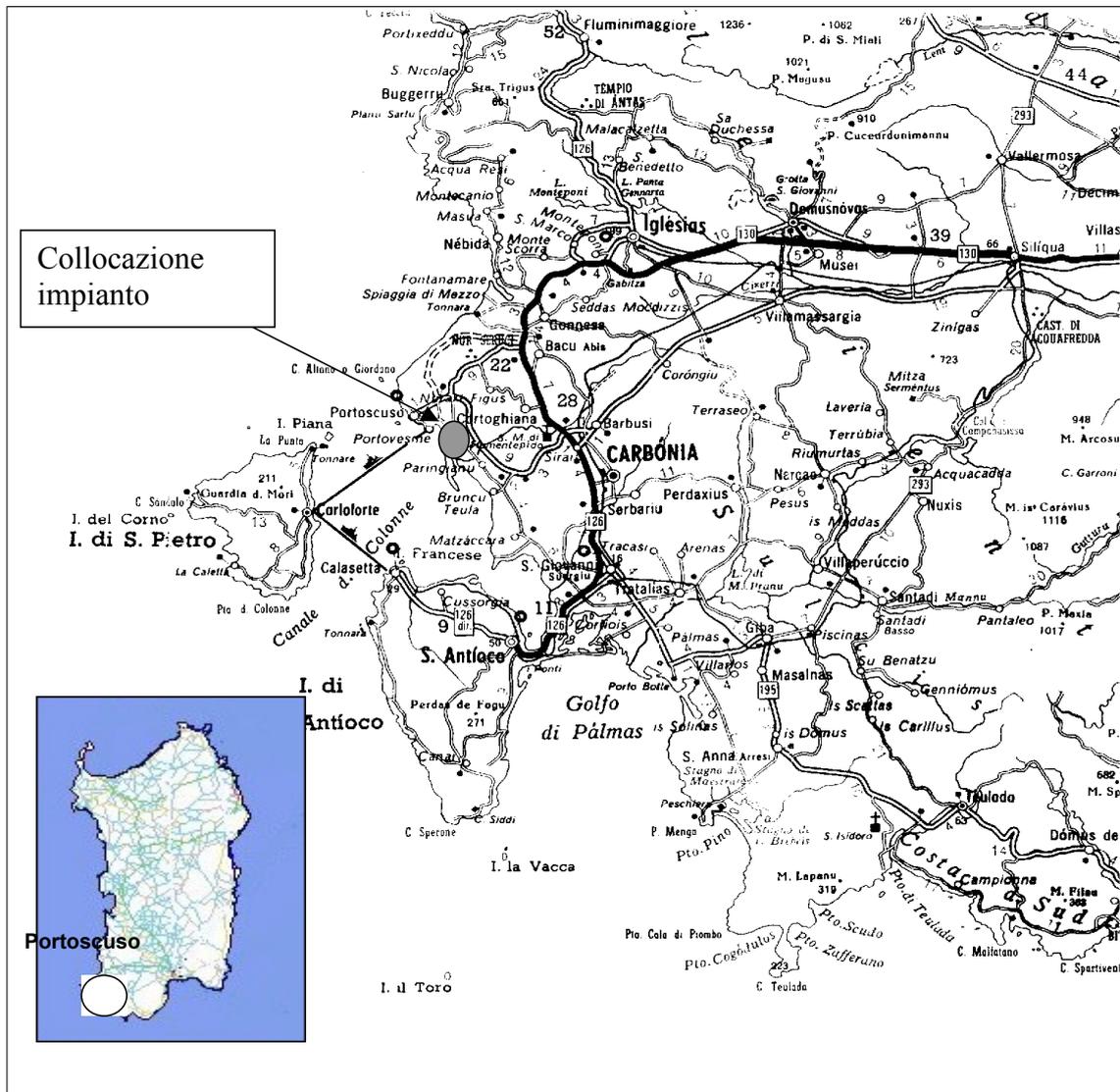


Figura 1: Collocazione geografica dell'impianto

La Centrale termoelettrica PORTOSCUSO è costituita da due unità da 160 MW ciascuna dedicata alla produzione di energia elettrica tramite l'uso di olio combustibile denso.

Essa è ubicata in un'area di 136.000 mq, compresa nella fascia costiera pianeggiante delimitata a nord-est da rilievi vulcanici, a ovest dal mare e a sud dal rio Flumentepido. L'impianto è inserito all'interno del polo industriale di Portovesme, nel Comune di Portoscuso (5.868 ab. – ISTAT '91) in provincia di Cagliari ed adiacente allo stabilimento della Società ALCOA ex proprietaria della Centrale.

L'impianto (vedi Tavola II) è stato realizzato alla fine degli anni '60, su aree incolte, occasionalmente adibite a pascolo, mediante livellazione del terreno che si presentava in declivio lungo un asse circa N-S verso il mare.

Dalle informazioni raccolte si riporta che la livellazione, consistita nella realizzazione di due piani su quote differenti, sia stata condotta nel seguente modo:

- il livello superiore (circa 13,50 m s.l.m.), è stato realizzato mediante modeste modifiche del preesistente; su questo piano sono posti il parco combustibili e gli uffici;
- il livello inferiore (circa 7,50 m s.l.m.), è stato realizzato sbancando una porzione di area tale da consentire l'installazione degli impianti tecnologici (sala macchine, generatori, condotti, ciminiera, ecc.);
- nel 1990 il livello inferiore è stato ulteriormente allargato fino a ridosso degli uffici, mediante sbancamento dell'area, ora detta "piazzale", sul quale sono attualmente posti due grandi edifici adibiti a magazzino. Al fine del contenimento dei terreni del livello superiore, è stato realizzato un muro in c.a..

La configurazione della centrale risente dell'impostazione che gli fu data originariamente, dedicata alla produzione di energia elettrica per autoconsumo all'interno degli impianti dell'ALCOA per la produzione dell'alluminio primario.

Il particolare servizio per cui la Centrale era stata progettata, la rende tuttora difforme dagli schemi classici Enel nel sistema 21 - 220 kV.

L'energia elettrica prodotta dai due alternatori viene immessa in un sistema di sbarre a 21 kV, tuttora di proprietà ALCOA, da cui sono derivate:

- le alimentazioni agli stalli di conversione delle celle elettrolitiche per la produzione di alluminio primario;
- le alimentazioni dei trasformatori di proprietà ALCOA 21/6 kV a due secondari per i servizi ausiliari sia ALCOA che Enel;
- i collegamenti con n° 3 trasformatori elevatori 21/220 kV della potenza unitaria di 200 MVA (di proprietà TERNA posti su area della centrale) interconnessi mediante n° 2 linee elettriche a 220 kV con la stazione SULCIS, anch'esse di proprietà TERNA, permettendo in questo modo un interscambio di energia elettrica con la rete.

Altra difformità è rappresentata dalla presenza, nelle aree del sistema di adduzione acqua di circolazione (raffreddamento o condensatrice), di stazioni di pompaggio acqua mare di proprietà di altre società.

La stazione di pompaggio è sita ad sud-ovest della strada litoranea Paringianu-Portoscuso e perimetrata sui tre lati restanti dalla centrale Sulcis, anch'essa di proprietà Enel Produzione. Il canale di presa preleva l'acqua all'interno del porto commerciale a lato del pontile ex Alsar e passa sotto la centrale Sulcis per circa 500 metri fino alla citata stazione di pompaggio. In questa stazione, oltre alle pompe della centrale di Portoscuso, sono presenti le stazioni di pompaggio delle seguenti società:

- ALCOA n° 4 pompe da 70 mc/h cad. (per raffreddamento stalli di conversione e trasformatori)
- Portovesme Srl (ex ENIRISORSE, ex SAMIM) n° 3 pompe da 450 mc/h cad. (per usi tecnologici ed impianto di osmosi inversa)
- EURALLUMINA n° 2 pompe da mc/h 230 cad. (per usi tecnologici).

Il canale di restituzione delle acque condensatrici segue un percorso sotterraneo che, uscendo dalla centrale di Portoscuso, corre in direzione sud per circa 800 metri in margine alla strada litoranea Paringianu-Portoscuso fino ad una vasca ad angolo; da questa, con un altro canale sotterraneo, traversa

l'insediamento della centrale Sulcis fino a sboccare nel porto commerciale a fianco dello scarico della centrale Sulcis stessa.

Con riferimento alla planimetria presentata nella Tavola II, nel sistema di restituzione confluiscono:

Per ALCOA :

- le acque di raffreddamento trasformatori e convertitori.
- le acque di impianto di depurazione fumi che vengono prelevate dallo stesso sistema di restituzione.

Per NUOVA SAMIM:

- le acque per usi tecnologici ad eccezione di quelle destinate all'impianto di osmosi inversa per la produzione di acqua dolce.

## 2.2 Descrizione del processo produttivo

La Centrale Termoelettrica Portoscuso è composta da due sezioni da 160 MW.

Il combustibile stoccato all'interno di due serbatoi da 25.000 m<sup>3</sup> alla temperatura di 60°C, giunge per caduta, attraverso tubazioni in acciaio al carbonio coibentate, al serbatoio giornaliero e, successivamente, mediante pompe di spinta (pressione di mandata 30 bar) all'interno delle caldaie. Dopo diversi preriscaldamenti, che elevano la temperatura al valore di 120 °C, il combustibile viene immesso nei bruciatori dei due gruppi termici con un consumo orario, per ciascun gruppo, di circa 33.000 kg.

Il vapore ad alta entalpia, prodotto durante la combustione sopra descritta, raggiunge all'interno delle due caldaie (produzione massima pari a 560.000 kg/h di vapore ciascuna) la pressione di 182 kg/cm<sup>2</sup> e la temperatura di 540 °C.

In seguito, attraverso idonee tubazioni di adduzione, entra, alla pressione di 165 kg/cm<sup>2</sup> e temperatura di 538°C, nelle due turbine (tipo a due stadi: alta e media pressione; pressione di ingresso nello stadio di media: 44 kg/cm<sup>2</sup>) dove espandendosi mette in rotazione queste ultime.

Le turbine sono accoppiate, a loro volta, ai rotori degli alternatori, i quali sono rigidamente collegati ad un sistema di sbarre a 21.000 V.

Tale tensione viene, successivamente, elevata sino al valore di 220 kV da tre trasformatori elevatori posti all'esterno della sala macchine. Tali macchine sono di proprietà della Società TERNA, che si occupa anche della loro gestione, pur essendo installate su terreno della Centrale Portoscuso.

Le due sezioni termoelettriche sono composte da:

- due generatori di vapore con caldaie BREDA a circolazione naturale con surriscaldatore e risurriscaldatore, combustione a nafta, pressione di timbro 182 kg/cm<sup>2</sup>, temperatura del vapore 540°C, produzione massima 560.000 kg/h cadauno, economizzatore a serpentine orizzontali, riscaldatore d'aria tipo Ljungström ad asse orizzontale, riscaldatore d'aria a vapore, impianto per la soffiatura della fuliggine, impianto bruciatori nafta costituito da n° 12 bruciatori frontali disposti su tre piani per ogni caldaia;
- impianti di preriscaldamento, filtraggio e spinta nafta ai bruciatori costituiti da:
  - n° 4 elettropompe volumetriche di spinta OCD;
  - n° 4 filtri autopulitori;
  - n° 4 preriscaldatori a vapore.

### **Captatori elettrostatici**

I captatori elettrostatici, sistemati nelle aree fra le caldaie e i camini, constano di una zona adibita al trattamento fumi, di una zona tramogge di raccolta ceneri e di locali per l'alloggiamento delle apparecchiature.

Le zone di trattamento fumi sono costituite da un involucro metallico a forma di parallelepipedo, raccordato ai condotti di ingresso e di uscita fumi mediante apposite cappe; è realizzato in esecuzione stagna a tenuta di gas, con lamiera di spessore non inferiore a 5 mm e coibentato con lana di roccia.

Ogni captatore è equipaggiato con 6 tramogge di raccolta delle ceneri, poste al di sotto dell'involucro e realizzate in lamiera resistente alla corrosione, coibentate con lana di roccia e riscaldate mediante tracciatura a vapore.

Il fondo delle tramogge è dotato del dispositivo per l'estrazione della cenere.

Sul tetto dei captatori elettrostatici sono ubicate le cabine di protezione meteorica, costruite da una struttura metallica con tamponamento laterale e copertura impermeabilizzata in doppia lamiera con interposta lana di roccia; all'interno sono sistemate le apparecchiature elettriche di alimentazione ad alta tensione del captatore; i trasformatori ed i raddrizzatori sono raffreddati con olio silconico avente una temperatura di infiammabilità di circa 350°C.

Al piano terra del captatore della sezione 2, sono sistemati i compressori, l'essiccatore, il riscaldatore d'aria, il trasformatore 6/0,4 kV, i quadri elettrici di potenza ed il quadro comando e controllo del sistema evacuazione ceneri comune.

### **Camini**

La struttura a forma cilindrica è costituita da due tronchi: il primo, alto circa 1,5 m è formato da un anello di cemento armato, spessore circa 0,6 m che serve da raccordo tra la ciminiera vera e propria e la fondazione; il secondo, alto circa 98,5 m è composto, a partire dall'esterno verso l'interno, da tre strati di cemento armato, laterizio e mattoni refrattari antiacido di spessore pari rispettivamente a 0,6, 0,25 e 0,10 metri.

Il diametro esterno del camino è costante per tutta l'altezza ed è pari a circa 6,2 m. Esso è protetto da parafulmine con sette aste verticali in acciaio AISI 316.

### **Turbine a condensazione**

Costruita su licenza della AEG KWU, potenza massima 160 MW.

### **Condensatori**

A due sezioni con sistema di raffreddamento costituito da n° 1 elettropompa di circolazione acqua mare per ogni condensatore ed una elettropompa di riserva comune ai due gruppi.

Il circuito dell'acqua di circolazione provvede alla filtrazione dell'acqua di mare in ingresso all'opera di presa mediante una griglia fissa, dotata di sgrigliatore ed un filtro rotante PASSAVANT.

Due pompe lavaggio griglie provvedono in continuo alla rimozione delle impurità trattenute mediante getti di acqua di mare.

Il condensatore è dotato, inoltre, di un sistema di pulizia TAPROGGE per assicurare la pulizia dei tubi dal lato acqua di mare.

### Ciclo condensato alimento

Costituito da n°5 scambiatori di calore a B.P., n° 1 serbatoio acqua alimento, n° 2 elettropompe di alimento caldaia, n° 4 scambiatori di calore A.P, per ciascuna sezione

### Alternatori

Tipo AEG KWU, da 200.000 kVA, raffreddati ad idrogeno (pressione: 3 kg/cm<sup>2</sup>; quantità all'interno dell'alternatore: 60 Nm<sup>3</sup>), 21.000 V, 5.500 A, Cosfi 0,9, eccitatrice AEG.

I generatori sono rigidamente collegati ad un sistema di sbarre a 21 kV e con:

- n° 16 trasformatori servizi 6/0,4 kV.
- quadri servizi a 6 kV per alimentazione utenze M.T.
- quadri servizi a 0,4 kV per alimentazione utenze B.T.

### NOTA:

Il sistema di sbarre a 21 kV, cui fanno capo gli alternatori dei due Gruppi, è collegato a n° 3 trasformatori elevatori che portano la tensione al valore di 220 kV per l'immissione dell'energia elettrica in rete. Come detto in precedenza, i tre trasformatori sono di proprietà di TERNA S.p.A. e sono installati su terreni di proprietà della Centrale Portoscuso. In conformità alle norme C.E.I., ogni TR è installato al di sopra di una vasca di contenimento di capacità idonea a contenere l'olio isolante che dovesse uscire dal TR in caso di rottura. La tabella seguente riporta i principali dati caratteristici di detti TR.

Rif.	Costruttore	MVA	kV	Anno	Codice	Contenuto in PCB	Peso olio (kg)
TR1	ABB	200	220/21	1992	1AL	assente	59000
TR2	ABB	200	220/21	1992	2AL		59000
TR3	ABB	200	220/21	1994	3AL		59000

*Tabella 1: Dati caratteristici dei trasformatori elevatori di proprietà TERNA*

### Stoccaggio combustibile

Il deposito costiero è collegato con il pontile ex Alsar di approdo delle navi cisterna, di proprietà dello Stato ed in concessione all'Enel con licenza n° 149/1986, mediante oleodotto interrato per il trasporto dell'olio combustibile denso.

Il deposito è così costituito da:

- n° 2 serbatoi di stoccaggio da 25.000 m<sup>3</sup> di O.C.D. in Aq 42, completi di riscaldamento a vapore a serpentine poste sul fondo dei serbatoi. Essi sono posti in un unico bacino delimitato in parte da argini in terra ed in parte da muro in cemento armato; il bacino ha superficie di c.ca 9.000 m<sup>2</sup> e capacità di c.ca 25.000 m<sup>3</sup> (punto 30 della mappa presentata in Tavola II);
- n° 1 serbatoio di servizio O.C.D. da 200 m<sup>3</sup>, completo di riscaldamento a vapore a serpentine poste sul fondo del serbatoio (punto 16 della mappa presentata in Tavola II);
- n° 1 serbatoio di servizio e stoccaggio gasolio da 50 m<sup>3</sup> in Aq 42 (punto 17 della mappa presentata in Tavola II).

Questi ultimi due serbatoi sono posti in un bacino di contenimento, di capacità pari a circa 200 m<sup>3</sup>, delimitato da un muro di contenimento in cemento armato alto circa 1 m.

Le tubazioni di adduzione del O.C.D. sono in acciaio al carbonio, tracciate a vapore ed interamente coibentate.

In riferimento ai vecchi serbatoi di stoccaggio O.C.D., denominati TK3 da 6.000 m<sup>3</sup> e TK4 da 1300 m<sup>3</sup> (punti 28 e 29 sempre della mappa presentata in Tavola II), è da segnalare che gli stessi sono stati svuotati e messi fuori servizio, avviando contestualmente le variazioni delle relative pratiche autorizzative. In particolare, il serbatoio TK3 ha subito un cambio di destinazione d'uso e viene utilizzato per lo stoccaggio di acqua demineralizzata.

### **Pontile**

L'Enel Produzione S.p.A. è titolare di una concessione per l'esercizio di attività portuale nell'ambito del porto di Portovesme, limitatamente al pontile denominato "Ex Alsar", per esercire lo scarico di navi/chiatte per il trasporto di carbone e di olio combustibile.

Più dettagliatamente vengono effettuate le seguenti attività:

- Scarico di navi/chiatte aventi DWT fino a 32.500 con carico di olio combustibile o carbone o petrolcoke;
- trasporto del carbone verso il parco della centrale Sulcis, mediante nastro trasportatore;
- trasporto dell'olio combustibile verso i depositi degli Impianti Enel Sulcis, Enel Portoscuso ed Eurallumina mediante tubazioni;
- trasporto del coke verso i sili di stoccaggio dell'Alcoa tramite nastro trasportatore.

Nella planimetria presentata nella Tavola II, è possibile distinguere le diverse aree significative dell'impianto:

Area n°1- Processo di produzione e trasformazione:

- Un corpo centrale nel quale sono alloggiati le turbine, gli alternatori, i condensatori, gli evaporatori, le sale manovra, le apparecchiature del ciclo termico, gli impianti trattamento condensato.

Area n°2 - Stoccaggio combustibili:

- Un parco per lo stoccaggio dell'olio combustibile, con capacità di circa 50.000 m<sup>3</sup>, costituito da 2 serbatoi (2×25.000 m<sup>3</sup>) a tetto fisso, alimentati da un oleodotto, che li mette in comunicazione con il pontile ex Alsar.
- Un oleodotto, che dal pontile corre in sotterraneo fino all'ingresso in centrale; quindi con tubazioni parte interrate e parte a vista raggiunge il parco combustibili (vedi Tavola II e Tavola III). Il percorso esterno alla C.le Portoscuso è realizzato su aree della Centrale Sulcis, della società Eurallumina e del Consorzio (CNISI).
- L'oleodotto che dal parco combustibili alimenta il serbatoio di servizio da 200 m<sup>3</sup>, corre parte in "pipe rack" e parte in sotterraneo.

Area n°3- Opere idrauliche:

- L'opera di presa, collocata all'interno del porto, in prossimità del lato nord del pontile ex Alsar.
- Le opere idrauliche il trasporto dell'acqua di mare impiegata per i condensatori di vapore, i refrigeranti, ecc.
- Un diffusore per lo scarico delle acque di raffreddamento, adiacente a quello della centrale Sulcis, ubicato nella zona sud del porto all'interno della diga frangiflutti.

Area n°4 - Trattamento acque:

- Gli impianti per il trattamento dell'acqua di mare e industriale, per la produzione dell'acqua demineralizzata, comprendono: 2 dissalatori, due letti misti di rifinitura dei dissalatori, 5 serbatoi di accumulo dell'acqua demineralizzata (il TK3 di cui sopra, e i due da 300 m<sup>3</sup>, indicati dai punti 28 e 23 della Tavola II e due da 80 m<sup>3</sup>).

Area n°5- Trattamento fumi:

- Un impianto di abbattimento polveri, costituito da due precipitatori elettrostatici disposti uno per gruppo e idonei a trattare la portata dei gas di combustione.

Area n°6 – Area per la raccolta e il trasporto ceneri:

- Le opere per la presa (tramogge) e il trasporto (impianto pneumatico in depressione) delle ceneri leggere, raccolte in un silo d'acciaio della capacità di 30 m<sup>3</sup>.

Area n°7 – Depositi temporanei e/o preliminari dei rifiuti:

- Zone destinate a deposito temporaneo e/o preliminare dei rifiuti sotto elencati:

PERICOLOSI (rifiuti contenenti solventi, accumulatori al piombo, rifiuti contenenti amianto, rifiuti contenenti mercurio, pile esauste, rifiuti contenenti vanadio, rifiuti oleosi, morchie e fondi di serbatoio, ceneri).

NON PERICOLOSI (rifiuti urbani misti, ferro e acciaio, metalli non ferrosi, demolizioni, resine di scambio ionico sature).

Area n°8 - Servizi:

- Gli edifici per i servizi logistici: direzione, spogliatoi, portineria, parcheggi, officine (meccanica, elettrica, civile e carpenteria) magazzini, infermeria, laboratorio strumenti e chimico.
- Il pontile (ex Alsar) per l'attracco delle navi carboniere e petrolifere, situato all'interno del porto di Portovesme.

## 2.3 Storia dell'impianto

La centrale di Portoscuso, svolge l'attività di produzione di energia elettrica mediante la combustione di olio combustibile.

La centrale, originariamente di proprietà dell'ALSAR (poi ALCOA) per la fornitura di energia elettrica necessaria alla produzione di alluminio primario, entrata in esercizio nel 1973, è stata acquisita dall'Enel nel 1987, in adempimento alle Direttive CIPI.

La centrale è costituita da due sezioni termoelettriche da 160 MW ciascuna, costituite da caldaie Breda a circolazione naturale.

I fumi di combustione sono emessi da due camini alti 100 m; la centrale è dotata di elettrofiltri per l'abbattimento delle polveri nei fumi.

L'olio combustibile denso, con tenore di zolfo di circa 0.8 % max, è approvvigionato con oleodotto dal pontile ex ALSAR e inviato al parco combustibili liquidi di circa 50.000 m<sup>3</sup> di capacità. L'energia prodotta è immessa in rete attraverso una stazione elettrica a 220 kV.

### 2.3.1 Fasi successive di realizzazione degli impianti

Nella tabella seguente sono presentati i dati identificativi delle sezioni della Centrale e la data di entrata in esercizio commerciale:

Denominazione	Potenza (MW)	Inizio attività (primo parallelo)	Caldaia	Circolazione caldaia
Sezione 1	160	10/01/1973	Breda	Naturale
Sezione 2	160	02/02/1973	Breda	Naturale

*Tabella 2: Dati identificativi delle diverse sezioni della Centrale*

### 2.3.2 Misure di adeguamento ambientale

Rispetto allo stato di costruzione iniziale, nel corso dei vari anni sono state apportate modifiche impiantistiche aventi rilevanza ambientale, di seguito sinteticamente descritte.

Fino al 2001, il rispetto dei limiti imposti dalla normativa allora vigente per le emissioni di polveri, non richiedeva l'impiego di presidi per la riduzione di tali emissioni in questa centrale. In tale regime si aveva la sola produzione di un modestissimo quantitativo di ceneri pesanti, mentre le ceneri leggere erano disperse dai camini.

Nel 2001 e 2002, furono montati, sulle sezioni 1-2, dei sistemi di depurazione fumi a captazione elettrica delle ceneri denominati Elettrofiltri.

Attualmente le emissioni gassose sono controllate con un sistema di monitoraggio continuo che permette di misurare i valori di concentrazione delle polveri, degli ossidi di azoto, degli ossidi di zolfo, dell'ossigeno e dell'ossido di carbonio.

Le tramogge dei due elettrofiltri sono svuotate pneumaticamente e le ceneri sono stoccate in un silo da 30 m<sup>3</sup>.

Per quanto riguarda lo scarico dei vari reflui della centrale, la disposizione era la seguente:

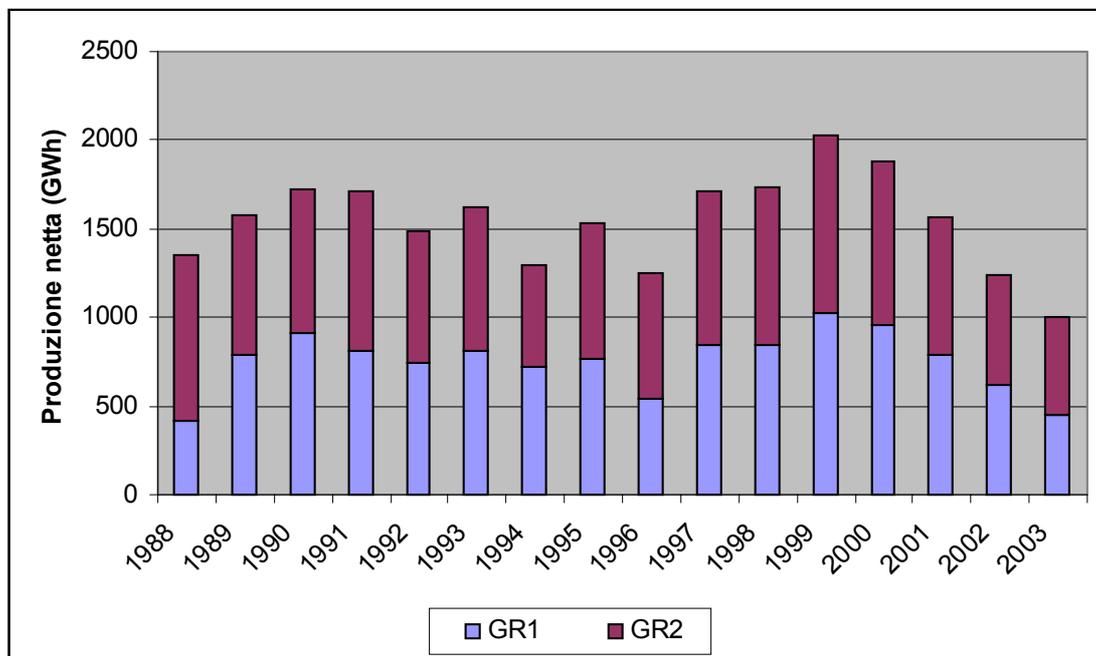
- Una vasca API per la disoleazione delle acque meteoriche del parco combustibili (ancora presente, v. punto 27 della mappa presentata in Tavola II) utilizzata fino alla fine degli anni

'70. In seguito queste acque furono raccolte in un pozzetto presente nel parco; il suo svuotamento avviene secondo necessità.

- Le acque nere venivano trattate in loco e scaricate a mare. Dal 1997 sono state coltate ed inviate al depuratore consortile del Consorzio Nucleo Industriale del Sulcis Iglesiente (CNISI), posto al di fuori del sito.
- Gli impianti di rigenerazione a letti misti e quelli per la produzione di acqua demineralizzata confluivano i loro scarichi, preventivamente neutralizzati, a mare. Dalla fine degli anni '80 furono definitivamente inviati all'Impianto Trattamento Acque Reflue (ITAR) della centrale Sulcis.

### 2.3.3 Profilo produttivo della centrale

La Figura 2 mostra le produzioni nette relative ai due Gruppi di produzione per il periodo 1988-2003.



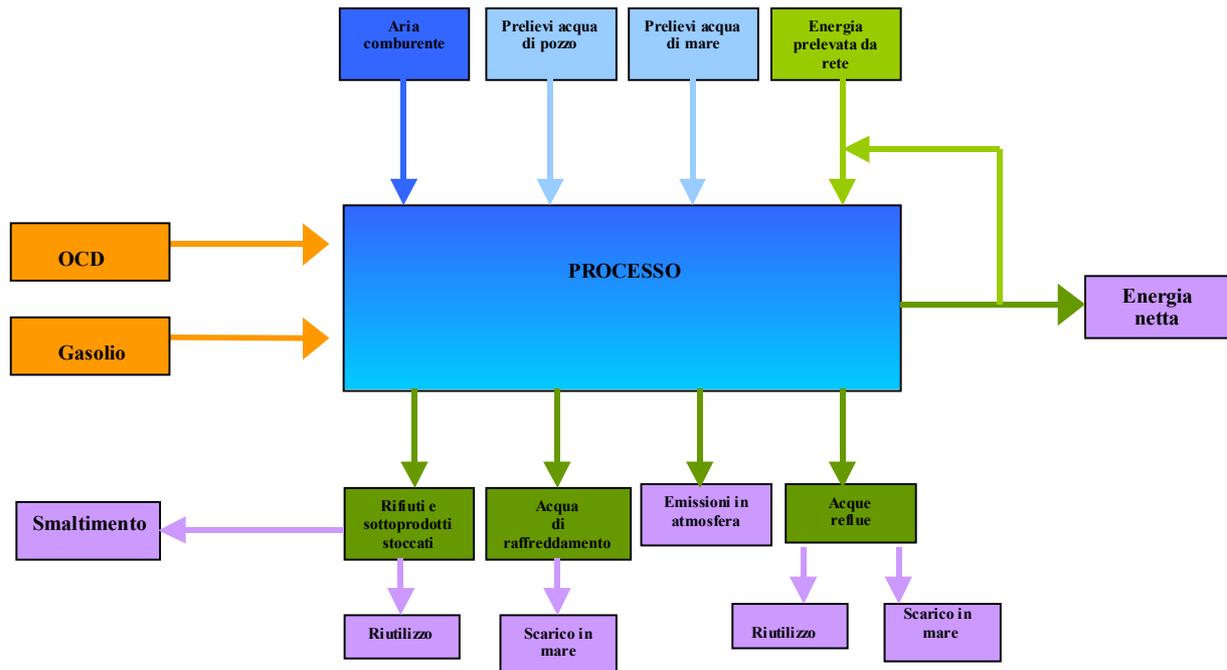
*Figura 2: Produzione netta della C.le Portoscuso suddivisa per Gruppi*

### 2.3.4 Tipologia dei processi

La Figura 3 rappresenta lo schema del processo produttivo, evidenziando in particolare quali sono gli elementi “in entrata” e quali quelli in “uscita”; lo stabilimento quindi viene considerato come una “scatola nera”, in cui tutti gli input sono destinati a diventare output seguendo diverse trasformazioni ma mantenendo inalterate le quantità.

Nella

Tabella 3 invece, sono riportati i dati di input (le quantità in entrata) per le materie impiegate. L'intervallo di tempo considerato è degli ultimi cinque anni fino al 2003.



*Figura 3: Schema a blocchi che sintetizza il processo produttivo*

	Unità di misura	1999	2000	2001	2002	2003
<b>COMBUSTIBILI</b>						
OCD	t	492.497,10	459.775,40	388.363,00	314.310,30	258.271,10
Gasolio	t	54,3	51,5	114,9	156,2	155,7
<b>ACQUA</b>						
Prelievo dal pozzo interno n° 1 per usi industriali	m <sup>3</sup> *10 <sup>3</sup>	65,7	68	72,4	450,85	52,984
<b>REAGENTI CHIMICI</b>						
Acido Solforico 98%	t	18,725	23,324	20,22	18,522	19,031
Sodio Idrato 48%	t	11,097	5,58	23,66	0	6,690
Idrato di Ammonio 24,5%	t	1,14	1,267	0	0	1,800
Ipoclorito di sodio	t	31,626	34,197	80,56	3,749	0
Idrazina idrata (soluzione al 24% eliminata dal 2002).	t	1,428	1,14	3,8	0,456	0,240
Carboidrazide (dal 2003)	t					0,230

*Tabella 3: Consumi di materie prime (dati di input)*

### 2.3.5 *Attività, operazioni, situazioni e sostanze ambientalmente rilevanti*

Per rendere più semplice e immediata la presentazione delle attività ambientalmente rilevanti, sono state realizzate delle schede descrittive per ciascuna di esse.

In generale, le attività connesse al processo produttivo, considerate ambientalmente rilevanti, sono:

- movimentazione e stoccaggio dei combustibili;
- stoccaggio ed uso di materiali e sostanze (escluso rifiuti);
- gestione di rifiuti;
- movimentazione delle ceneri;
- raccolta e trattamento delle acque reflue.

Ciò è scaturito considerando una serie di fattori quali, la natura delle materie prime e delle sostanze impiegate, che possono essere tossiche e/o nocive, la presenza di serbatoi posati al suolo, la presenza di stoccaggi sul suolo, la presenza di vasche interrato o comunque posate sul suolo

Non tutte le attività descritte risulteranno importanti ai fini della definizione del modello concettuale, tuttavia, data la grande quantità di dati pregressi esistenti, si ritiene particolarmente utile fornire un quadro conoscitivo completo; successivamente verranno evidenziati solo gli elementi, le attività e le sostanze che possono essere fonte di "rischio" secondo quanto disposto dal D.M. 471/99.

Un esempio relativo a quanto detto è costituito dalle sostanze pericolose; nelle successive schede, infatti, queste verranno tutte descritte, tuttavia la sola attività di stoccaggio di sostanze che possa presentare un "rischio" significativo per l'ambiente, in termini soprattutto quantitativi, è costituita dalla movimentazione e dallo stoccaggio di olio combustibile presso i relativi serbatoi ed oleodotti.

Tutte le altre sostanze utilizzate nel processo produttivo e/o i rifiuti prodotti si possono considerare marginali, anche se a volte intrinsecamente più pericolosi, dati i loro ridotti quantitativi e le adeguate condizioni d'uso/stoccaggio/smaltimento, e individualmente non costituiscono un significativo rischio per l'ambiente, potenziale, pregresso o attuale.

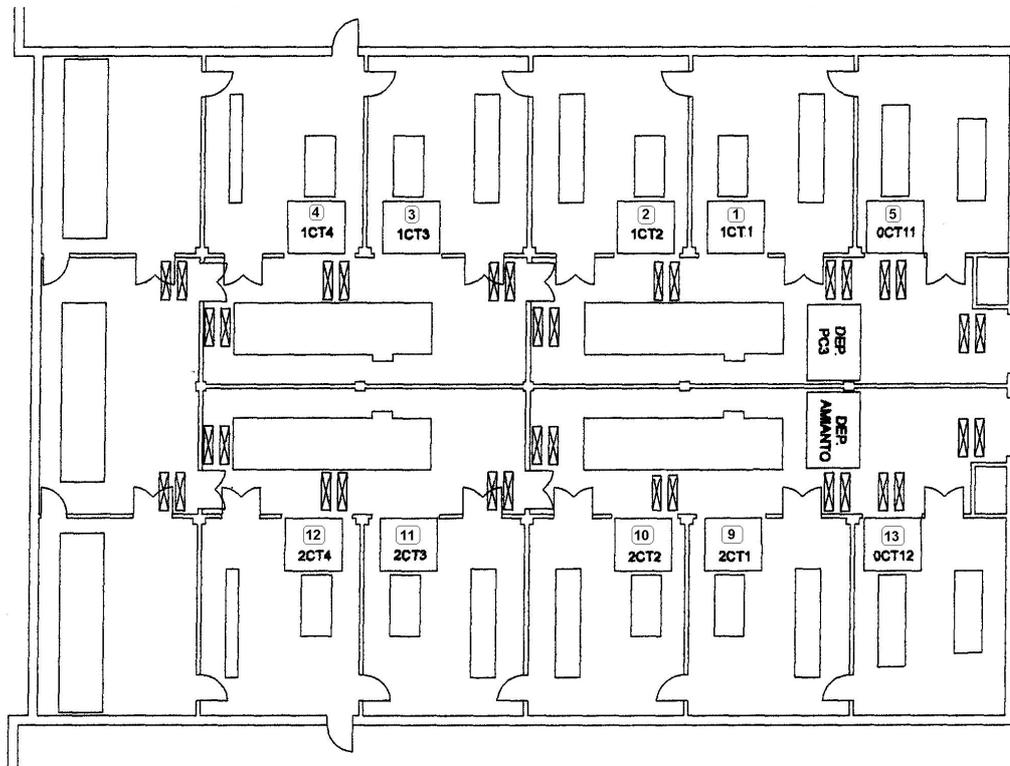
<b>MOVIMENTAZIONE DEI COMBUSTIBILI</b>	
<b>Operazione</b>	<b>Descrizione</b>
Scarico e trasferimento al parco combustibili del OCD	La Centrale viene approvvigionata con olio combustibile via mare; le navi e le bettoline che trasportano olio combustibile vengono scaricate mediante manichette che collegano l'oleodotto al pontile ex Alsar. L'OCD viene convogliato nei serbatoi del parco olio combustibile tramite un oleodotto con tubazioni da 16". La tubazione è completamente interrata (vedi Tavola III). Dai serbatoi l'OCD viene inviato per caduta al serbatoio di servizio mediante oleodotto, parte interrato e parte in elevazione (pipe-rack), da questo prelevato con le pompe ed inviato ai bruciatori di caldaia (v. planimetria presentata nella Tavola II).
Scarico gasolio	Il gasolio necessario per il funzionamento delle torce pilota di accensione caldaia, viene approvvigionato tramite autobotti ed è stoccato nel serbatoio di servizio della capacità di 50 m <sup>3</sup> (v. planimetria presentata nella Tavola II).

<b>STOCCAGGIO ED USO DI MATERIALI E SOSTANZE (ESCLUSO RIFIUTI)</b>	
<b>MATERIALE O SOSTANZA</b>	<b>Descrizione</b>
Oli lubrificanti ed isolanti	<p>Gli oli lubrificanti vengono utilizzati per differenti macchinari all'interno della Centrale. Sono stoccati all'interno della stazione acque condensatrici (punto 33 con riferimento alla Tavola II).</p>
Reagenti di processo	<p>I principali reagenti di processo presenti in Centrale sono: Acido Solforico 98%, Sodio Idrato 48%, Idrato di Ammonio 24,5%, Ipoclorito di sodio necessario alla clorazione dell'acqua condensatrice, Idrazina idrata (soluzione al 24% eliminata dal 2002), Carboidrazide (dal 2003).</p> <p>Questi prodotti sono stoccati in serbatoi posti nell'area riportata con il n° 8 con riferimento alla Tavola II. Detta area è con fondo impermeabilizzato ed afferente all'impianto di raccolta acque reflue acide/basiche.</p> <p>L'ipoclorito di sodio è stoccato in un serbatoio posto nei pressi dell'opera di presa delle acque condensatrici.</p>
Gas compressi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Idrogeno: è impiegato come fluido di raffreddamento degli alternatori ed è previsto un reintegro periodico. In particolare, l'idrogeno viene sfiatato in atmosfera per spiazzamento con CO<sub>2</sub> o azoto e il reintegro dello stesso avviene utilizzando bombole contenenti H<sub>2</sub>. Le bombole di idrogeno, raccolte in pacchi bombole da 16-20 elementi, sono stoccate in fabbricati appositi dotati di tetto mobile (copertura antiscoppio), messa a terra contro le scariche atmosferiche e di un sistema antincendio che ne prevede l'allagamento in caso di bisogno. In caso di rottura dei flessibili di collegamento dei pacchi bombole all'impianto fisso, opportune valvole provvedono ad intercettare automaticamente il gas.</li> <li>• Anidride carbonica: viene impiegata come gas inerte di spiazzamento nelle fasi di riempimento e svuotamento del circuito idrogeno dell'alternatore, prima delle attività di manutenzione. E' inoltre presente come estinguente in molti estintori, sia fissi che mobili, come risulta dagli elenchi costituenti parte integrante del Certificato Prevenzione Incendi.</li> <li>• Azoto: è utilizzato per lo svuotamento del silo ceneri.</li> <li>• Ossigeno, azoto ed argon: tali gas sono utilizzati per la strumentazione e le analisi di laboratorio.</li> </ul> <p>Ossigeno ed acetilene: sono utilizzati nelle attività di saldatura e taglio dei metalli. Nei pressi dell'officina è presente un box di servizio per tali gas.</p>
Amianto	<p>In Centrale sono attualmente presenti macchinari ed impianti tecnologici contenenti amianto incapsulato o tipo "eternit" (cavedio ascensori, coperture uffici e parcheggi, ecc.). L'amianto presente nei gruppi 1 e 2 è stato rimosso e smaltito negli anni 1994/5.</p> <p>I manufatti contenenti amianto sono censiti ed il loro stato di conservazione è regolarmente monitorato.</p>
PCB	<p>In Centrale sono state censite tutte le apparecchiature contenenti PCB in una concentrazione superiore alle 50 ppm, regolarmente denunciate ai sensi della normativa vigente. Tali apparecchiature sono costituite da 16 trasformatori contenenti Askarel per un totale di circa 22.880 kg.</p> <p>La Tabella 4 con riferimento alla Figura 4, Figura 5 ed alla Figura 6, riportano rispettivamente l'elenco e la posizione delle detenzioni di PCB presenti in centrale.</p>

Rif. *	Costr.	MVA	kV	Anno	Codice	Contenuto in PCB	Peso olio (kg)
1	Tamini	1,25	6,3	1970	1CT1	Askarel	1600
2	Tamini	1,25	6,3		1CT2		1600
3	Tamini	1,25	6,3		1CT3		1600
4	Tamini	1,25	6,3		1CT4		1600
5	Tamini	1,25	6,3		0CT11		1600
6	Tamini	0,8	6,3		0CT21		1100
7	Volta Werke	0,96	0,6		1CT11		1170
8	Volta Werke	0,96	0,6		1CT12		1170
9	Tamini	1,25	6,3		2CT1		1600
10	Tamini	1,25	6,3		2CT2		1600
11	Tamini	1,25	6,3		2CT3		1600
12	Tamini	1,25	6,3		2CT4		1600
13	Tamini	1,25	6,3		0CT12		1600
14	Tamini	0,8	6,3		0CT22		1100
15	Volta Werke	0,96	0,6		2CT11		1170
16	Volta Werke	0,96	0,6		2CT12		1170

\*: Con riferimento alle figure 4, 5 e 6.

*Tabella 4: Elenco dei trasformatori contenuti PCB presenti in centrale al 2003*



**Fabbricato elettrico Quota 3.18**

*Figura 4: Posizione dei trasformatori con PCB nel “fabbricato elettrico”*

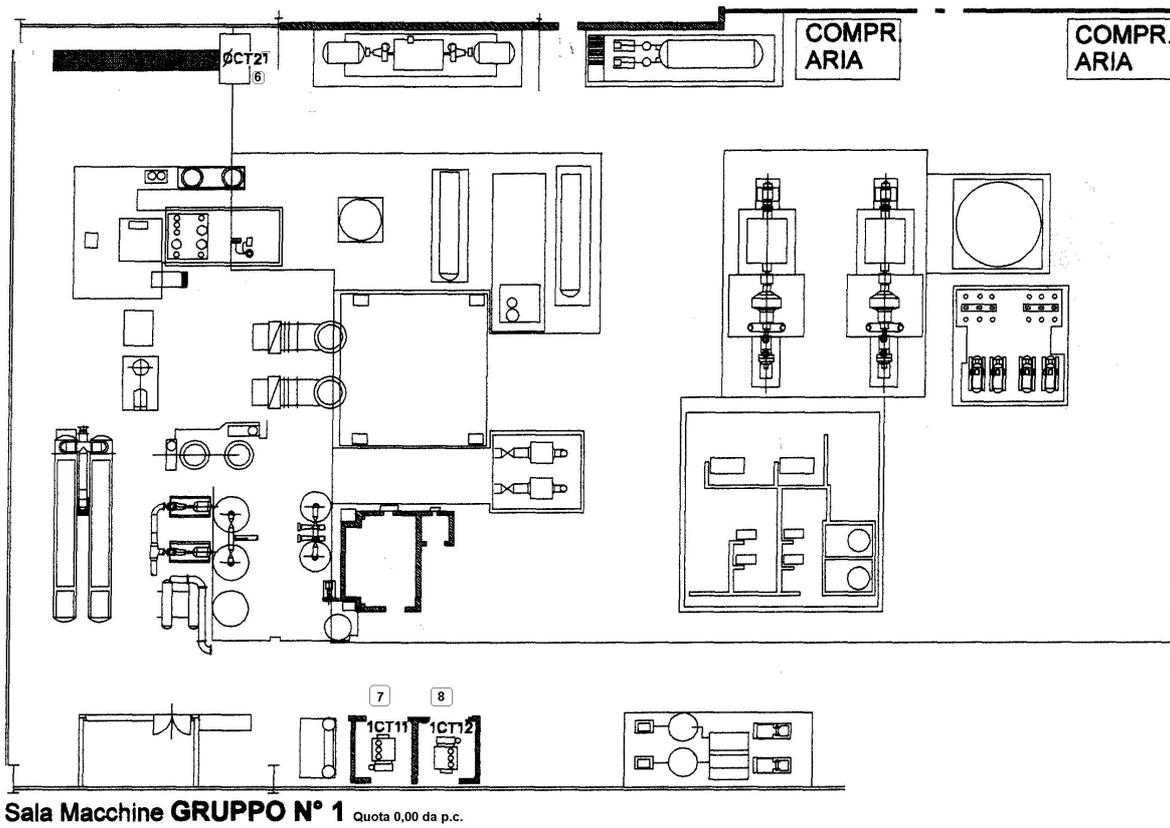


Figura 5: Posizione dei trasformatori con PCB nella sala macchine GR 1.

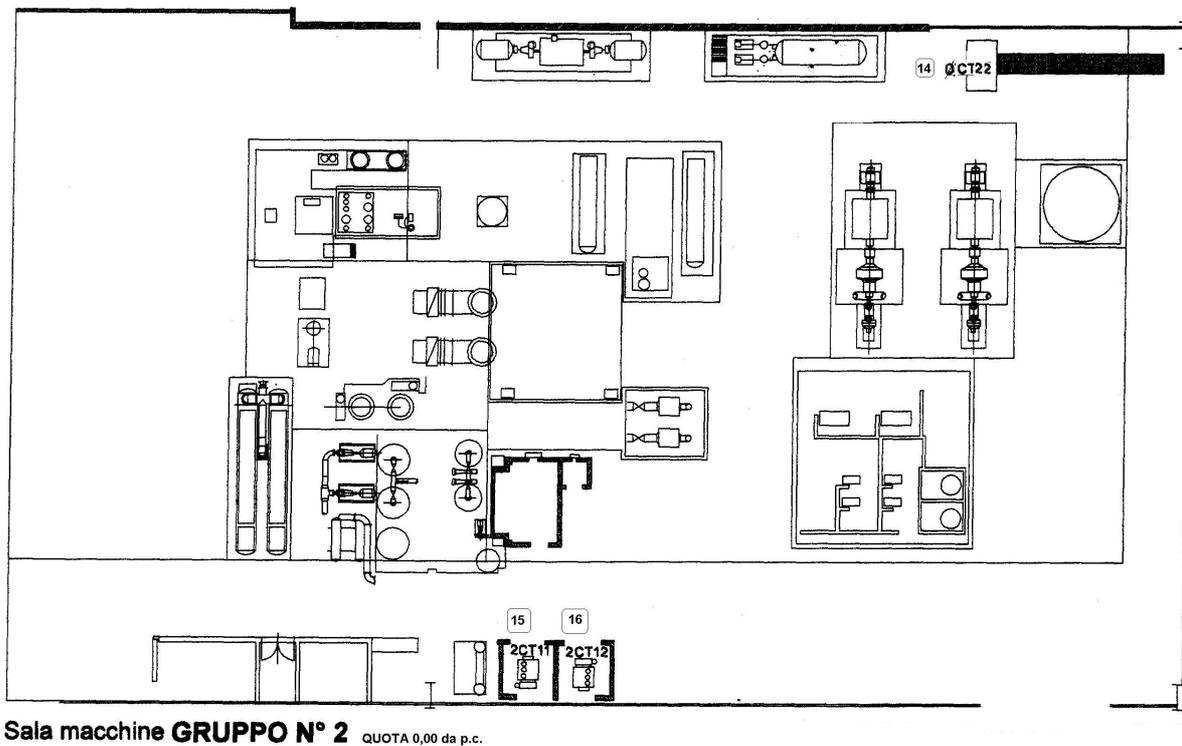


Figura 6: Posizione dei trasformatori con PCB nella sala macchine GR 2.

<b>GESTIONE DEI RIFIUTI</b>	
	<b>descrizione e utilizzo</b>
Rifiuti pericolosi	<p>La planimetria presentata nella Tavola II, mostra le aree dove sono situati i punti di raccolta di tutti i rifiuti (pericolosi e non) prodotti in centrale.</p> <p>Secondo quanto previsto dal D. Lgs. 22/97, i rifiuti pericolosi sono avviati alle operazioni di smaltimento e di recupero, tramite ditte autorizzate o tramite i consorzi obbligatori (consorzio obbligatorio oli usati, consorzio obbligatorio batterie), con cadenza bimestrale o quando il quantitativo raggiunge i 10 metri cubi.</p> <p>Per quanto riguarda, in particolare, l'amianto, le attività di scoibentazione, confezionamento e smaltimento dei relativi rifiuti prodotti, sono sempre state affidate a ditte specializzate, in base ad un contratto di appalto predisposto al fine del rispetto della normativa vigente.</p> <p><u>Ceneri leggere:</u> le ceneri sono raccolte in un silo di processo della capacità di 30 m<sup>3</sup> (punto 36 della mappa presentata nella Tavola II) posto in prossimità delle ciminiere. Lo scarico avviene pneumaticamente e lo smaltimento è condotto da ditte autorizzate.</p>
Rifiuti non pericolosi	<p>I principali rifiuti non pericolosi prodotti in Centrale sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>RSU</u>: prodotti dalla pulizia degli uffici ecc., sono ritirati dal servizio di raccolta municipale;</li> <li>• <u>Imballaggi, legno, carta, plastica, materiale inerte da demolizioni</u>: sono raccolti in appositi spazi e conferiti a ditte autorizzate;</li> <li>• <u>Rottami metallici</u> (alluminio, bronzo, ferro), rottami di vario tipo (cavi e materiale elettrico, rottami di apparecchiature fuori uso, rottami di ceramica, materiale isolante non contenente amianto), sono stoccati nei punti indicati nella planimetria presentata nella Tavola II e conferiti a ditte autorizzate.</li> </ul> <p>Questi rifiuti vengono smaltiti secondo i tempi e le modalità previste dal D. Lgs. 22/97.</p>

<b>RACCOLTA DELLE ACQUE REFLUE</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Descrizione</b>
	<p>In centrale non sono presenti sistemi di trattamento delle acque reflue. I reflui inquinabili drenati da reti fognarie dedicate, sono trasferiti all'esterno del sito per il loro trattamento finalizzato a garantire la conformità degli scarichi della Centrale alla normativa.</p> <p>L'impianto di raccolta delle acque reflue è costituito da tre reti, dedicate rispettivamente alla collettazione delle acque meteoriche, acide/alcaline e sanitarie.</p> <p>Lo schema della rete di raccolta delle acque reflue è riportata in nella Tavola II.</p>
Acque reflue acide/basiche	<p>La rete dedicata, raccoglie i reflui provenienti principalmente dalla rigenerazione dei letti misti e li avvia al serbatoio stoccaggio acque acide/alcaline da 1000 m<sup>3</sup> (posizione 22 della Tavola di cui sopra).</p> <p>Da questo serbatoio sono avviate all'impianto trattamento acque reflue (ITAR) della centrale Sulcis.</p> <p>Le acque meteoriche ricadenti sull'edificio gruppi e sulle aree ad esso adiacenti, sono raccolte da una rete di pozzetti che le convoglia al serbatoio di cui sopra.</p>
Acque oleose	<p>Le acque meteoriche ricadenti nell'area dei bacini del parco combustibili sono raccolte da una rete di pozzetti che le convoglia ad una vasca posta nel parco stesso. Occasionalmente la vasca viene svuotata da ditte autorizzate.</p>
Acque sanitarie	<p>Le acque sanitarie sono raccolte da un sistema fognario dedicato ed avviate all'impianto di trattamento consortile (CNISI).</p>
Acque meteoriche	<p>Le acque meteoriche ricadenti sulle aree considerate non inquinabili del piazzale magazzini sono raccolte da pozzetti dedicati e scaricate nel canale di restituzione delle acque condensatrici.</p>
Acqua di raffreddamento	<p>L'acqua impiegata per il ciclo di raffreddamento viene prelevata all'interno del porto industriale di Portoscuso (lato nord del pontile ex Alsar) attraverso un'opera di presa, comune per i due gruppi.</p> <p>Le opere di restituzione dell'acqua di raffreddamento scaricano nella zona sud della centrale Sulcis sempre all'interno del porto industriale (v. Tavola III).</p> <p>Le uniche alterazioni sulla qualità di queste acque indotte dal processo consistono in un aumento della temperatura tra prelievo e scarico, comunque nel rispetto dei limiti recati dall'autorizzazione allo scarico.</p>

## 2.4 Episodi ambientalmente rilevanti occorsi in passato

In questo paragrafo saranno esaminati gli eventi che hanno determinato sia il ritrovamento di sostanze e materiali inquinanti all'interno dell'area oggetto del presente rapporto, sia gli eventi incidentali occorsi nell'esercizio della centrale che avrebbero potuto lasciare traccia nell'ambiente.

### 2.4.1 *Affioramenti di acque salmastre.*

Da tempo gli impianti della centrale di Portoscuso sono interessati da affioramenti di acque salmastre; in particolare sono stati rilevati nel piazzale dei magazzini della centrale (affioramenti al piano campagna) e, in maniera più evidente, nella stazione di pompaggio delle acque condensatrici.

La stazione di pompaggio è realizzata su piani diversi con quote comprese da -3 a +3 metri slm.

Il piano calpestabile del piazzale della stazione di pompaggio si trova circa alla quota +3 m slm. Poco sopra questo livello si hanno affioramenti in fregio alla recinzione lato strada, che scolano sul piazzale.

Si ritiene che le perdite di acqua marina provengano dalle condotte delle acque condensatrici, poste lungo il lato nord della centrale Portoscuso, che servono stabilimenti confinanti con la centrale stessa. Questa ipotesi viene anche proposta nel documento *Piano di disinquinamento per il risanamento del territorio del Sulcis-Iglesiente*, pubblicato dalla Regione Autonoma della Sardegna – Assessorato della Difesa dell'Ambiente nel maggio 2000, del quale si riporta uno stralcio nell'Allegato 1.

### 2.4.2 *Fuoriuscita di acque inquinate da soda*

Sempre nella stazione di pompaggio di cui sopra, sono anche presenti fuoriuscite dal terreno a quota piazzale di acque alcaline proveniente presumibilmente da stabilimenti confinanti con il sito.

Si ha conoscenza che in tale ambito la società Eurallumina, al fine di recuperare queste acque nel suo processo produttivo, ha realizzato un sistema di aggotamento e rilancio delle stesse verso il proprio stabilimento.

Attualmente la stazione di pompaggio di Eurallumina è ferma, in quanto le acque sodiche che potrebbero essere riutilizzate, presumibilmente vengono rese inservibili dagli affioramenti salmastri di cui al paragrafo precedente.

Anche per questo caso, le ipotesi circa l'origine della contaminazione vengono suffragate dal documento *Piano di disinquinamento per il risanamento del territorio del Sulcis-Iglesiente*, già citato al paragrafo precedente e riportato in stralcio nell'Allegato 1.

### 2.4.3 *Perdita di OCD dall'oleodotto tra parco combustibili e gruppi termici*

Nel maggio del 1999, il personale di conduzione della centrale, segnalava la presenza di affioramenti di OCD sul suolo, in prossimità della portineria dello stabilimento. L'affioramento interessava la terra di riempimento dello scavo, dove corrono sovrapposte (alla profondità di circa 1,5 m) le tubazioni dell'olio combustibile. Nella fattispecie si tratta della tubazione che dal pontile ex ALSAR alimenta i serbatoi di stoccaggio e di quella che da detti serbatoi, "torna" verso i serbatoi di servizio dei gruppi.

La fuoriuscita aveva un'estensione longitudinale di qualche metro e trasversalmente, si presentava della larghezza della sede degli oleodotti (circa 1,5 m).

L'intervento attuato dal personale di centrale è consistito nello scavo per mettere a nudo le condotte, interessando un lunghezza che, pur estesa per motivi di operatività, non superava i 15-20 metri.

E' stata così rilevata una fessurazione nella tubazione di alimentazione dei serbatoi di servizio che è stata riparata mediante l'applicazione di un "collare". Data la modesta entità delle fuoriuscite di OCD, le procedure di controllo dei livelli dei serbatoi e dei consumi di combustibile non hanno potuto evidenziare l'evento con maggiore tempestività.

Le operazioni di rimozione del terreno contaminato e di riparazione della tubazione si sono concluse in meno di due giorni dalla segnalazione dell'evento.

La terra contaminata da OCD risultante dagli scavi, è stata stoccata in circa 75 fusti metallici da 200 litri per un volume approssimativo di 15 m<sup>3</sup> di materiale rimosso. Tale materiale è stato in seguito smaltito tramite un operatore autorizzato.

Il successivo intervento dei tecnici della A.S.L. n° 7, avvenuto a scavi ancora aperti, non ha potuto che constatare l'efficacia delle operazioni condotte dal personale di centrale.

### 3 CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEL SITO

#### 3.1 Meteorologia

Il clima del Sulcis Iglesiente è condizionato dalla presenza della massa marina, che gli conferisce carattere mite e rivierasco, nonché dalla conformazione corografica del territorio e dalla presenza delle due isole di san Pietro e Sant'Antioco. Questi due ultimi fattori determinano frequenti modificazioni del regime dei venti e delle piogge e una circolazione a forte vorticità negativa, con formazioni di correnti troposferiche subsidenti, che dissolvono la maggior parte delle formazioni nuvolose, spiegando l'elevato soleggiamento dell'area.

Nell'area, soprattutto lungo il litorale costiero, l'atmosfera può dirsi generalmente molto umida. Possono verificarsi nebbie da irraggiamento (in occasione di inversioni marcate della distribuzione della temperatura atmosferica nello strato più vicino al suolo) e nebbie da avvezione (brevi e rare).

La piovosità è quella tipicamente scarsa del clima mediterraneo, con frequenze maggiori in coincidenza del tempo di maestrale. Alla scarsità di precipitazioni (più che alle temperature elevate) è da ricondursi anche l'alto indice di aridità di De Martonne nell'area, che nel mese di luglio è pari ad 8 (clima arido circumdesertico) e che, a sua volta, spiega la tipica rada vegetazione a macchia mediterranea.

La tabella seguente mostra le medie mensili di piovosità, in millimetri di precipitazione, ricavate dall'elaborazione dei dati rilevati presso la stazione meteorologica della C.le Sulcis, che è sita a poche centinaia di metri dalla centrale Portoscuso.

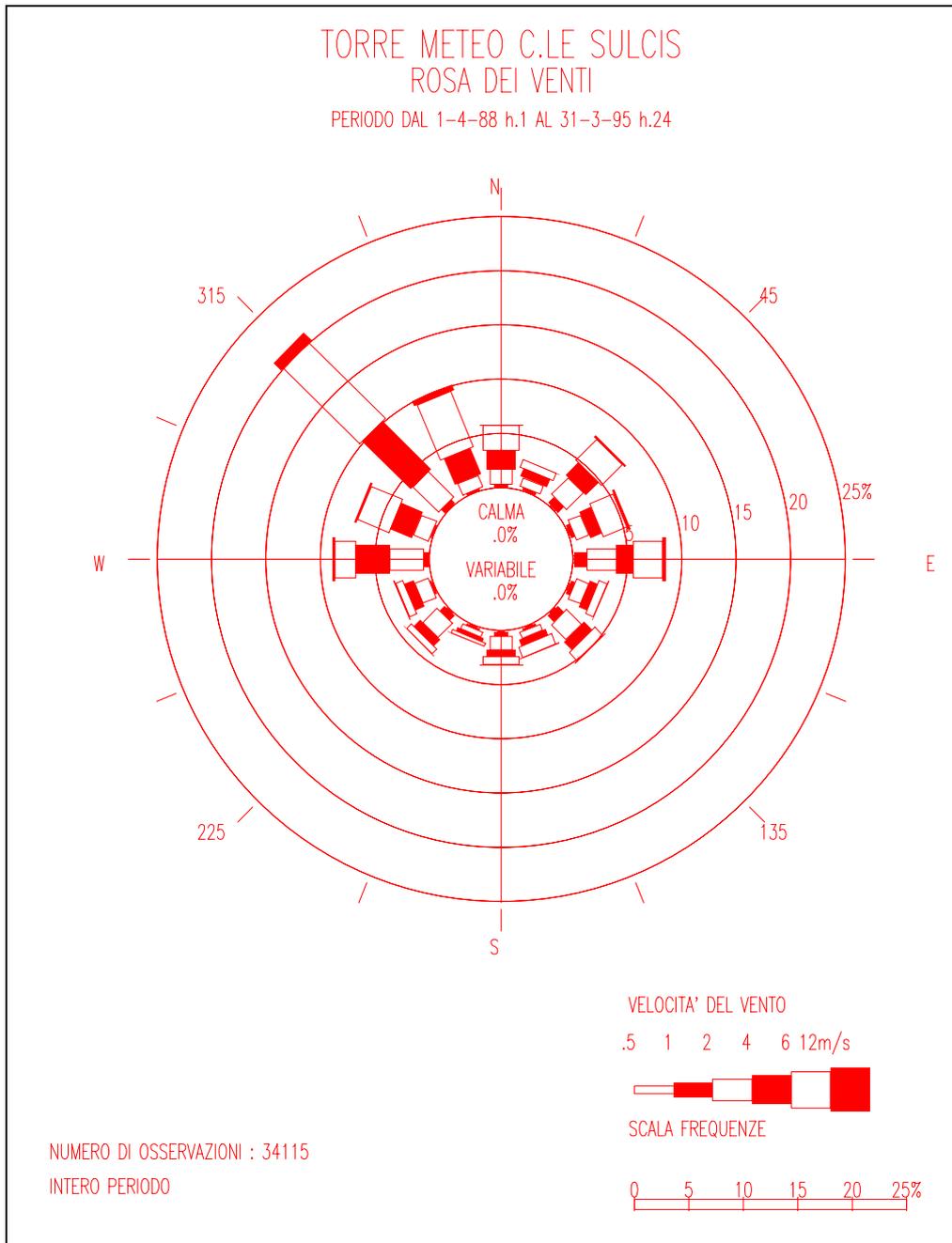
<b>Stazione meteorologica C.le Sulcis - Precipitazione mensile (mm)</b>												
medie mensili calcolate per il periodo 1991-2003												
fonte: banca dati Enel "qualità dell'aria"												
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
32,6	38,8	23,7	32,1	17,9	9,5	1,4	11,1	27,1	42,1	48,5	61,6	345,5

*Tabella 5: media delle precipitazioni mensili*

Per ciò che concerne il regime anemologico, vanno avanzate diverse considerazioni in funzione della scala di osservazione:

- alla scala macro (considerando cioè la circolazione dei venti sulla costa sarda occidentale in rapporto alle condizioni atmosferiche generali del mediterraneo occidentale) si osservano una componente principale da nord ovest (maestrale) e una componente secondaria da sud-est (scirocco). Molto meno frequenti sono i venti da sud-ovest (libeccio), da nord-est (grecale), da nord (tramontana) e da sud (mezzogiorno);
- alla scala meso è confermata la direzione nord-ovest del maestrale sul territorio di Portoscuso, mentre si registra un'influenza dell'orografia sulla direzione dello scirocco, che quando sfocia nella piana di Portoscuso proveniente dalla valle interna, diviene un vento di levante e si dirige verso le isole di Sant'Antioco e San Pietro.
- alla scala locale rileva il regime di brezza della zone costiere.

La Figura 7: *Rosa dei venti del sito* - mostra il regime anemologico presentato come media annua (su sette anni di osservazione) registrati sempre dalla stazione meteorologica della Centrale Sulcis.



**Figura 7:** Rosa dei venti del sito

La qualità dell'aria nel sito è prevedibilmente influenzata dalla presenza di numerose sorgenti inquinanti industriali, nonché dalle emissioni da traffico veicolare e marittimo e dal riscaldamento per uso civile

### 3.2 Inquadramento geografico territoriale

La Centrale Termoelettrica di Portoscuso. è situata nel Comune di Portoscuso su un'area compresa all'interno del polo industriale di Portovesme, che si colloca lungo la fascia costiera pianeggiante.

Il Comune di Portoscuso è situato nella porzione sud-occidentale della Sardegna, in corrispondenza delle aree geografiche denominate Iglesias e Portoscuso, a circa 60 km a ovest di Cagliari.

### 3.3 Inquadramento geologico e geomorfologico

#### 3.3.1 *Assetto regionale*

In termini generali, l'assetto dell'area vasta di indagine si inquadra in un ambito a genesi vulcanica con presenza di litotipi ascrivibili sia al Terziario che al Quaternario.

La morfologia della regione è caratterizzata dalla presenza di rilievi tabulari costituiti dalle rocce vulcaniche che, nello specifico, non interessano l'area della centrale, dato che affiorano estesamente nell'entroterra, ad oltre 1 km dalla linea di costa.

Il complesso magmatico costituisce comunque l'ossatura su cui si imposta il sito, ed è stato probabilmente determinato dal consolidamento dei prodotti di una nube ardente. A questo complesso sono da attribuire i litotipi più antichi, costituiti da rocce vulcaniche a chimismo riolitico (Miocene).

L'intero complesso magmatico è stato interessato da fasi strutturali distensive che hanno generato sistemi di fratturazione principali a direzione NO-SE che interessano i rilievi vulcanici della zona.

Sopra il complesso vulcanico poggiano i sedimenti alluvionali del Quaternario di genesi prevalentemente eolica; si tratta di sedimenti sabbioso-limosi, generalmente quarzosi, localmente cementati in calcareniti.

#### 3.3.2 *Assetto locale*

Per quanto concerne l'assetto morfologico e geologico del sito, l'area su cui si imposta la CTE è di tipo subpianeggiante; in particolare si osserva la presenza di una scarpata artificiale che divide in due il sito, la porzione nord, dove si collocano il parco combustibili e gli uffici, si trova a quote comprese tra 13 e 14 m s.l.m., mentre, la porzione a sud, dove si collocano le caldaie e gli edifici tecnologici, è posta a quote comprese tra 7 e 7,5 m s.l.m.

Per quanto riguarda il sottosuolo del sito, la porzione più superficiale dei terreni è costituita dalla Formazione Quaternaria, la cui potenza media è di circa 80-100 m, composta da depositi limosi e sabbioso-limosi, di origine alluvionale, moderatamente addensati, talora cementati, di colore giallastro-rossiccio e talvolta rimaneggiati ad opera dell'azione antropica.

Al letto della Formazione Quaternaria si identifica uno strato marnoso-argilloso impermeabile che poggia poi direttamente su uno strato di vulcaniti paleogeniche (costituito da trachiti e andesiti).

#### 3.3.3 *Stratigrafia del sito*

Per la definizione dell'assetto stratigrafico del sito si fa riferimento a documentazione pregressa nella quale si riportano i risultati relativi a indagini geognostiche (a fini geotecniche e/o idrogeologici) realizzate in diversi settori del sito di centrale.

La Figura 8 e la Figura 9 riportano i punti di indagine di cui si hanno le informazioni, riassunte nella Tabella 6.

In particolare si fa riferimento ai seguenti documenti:

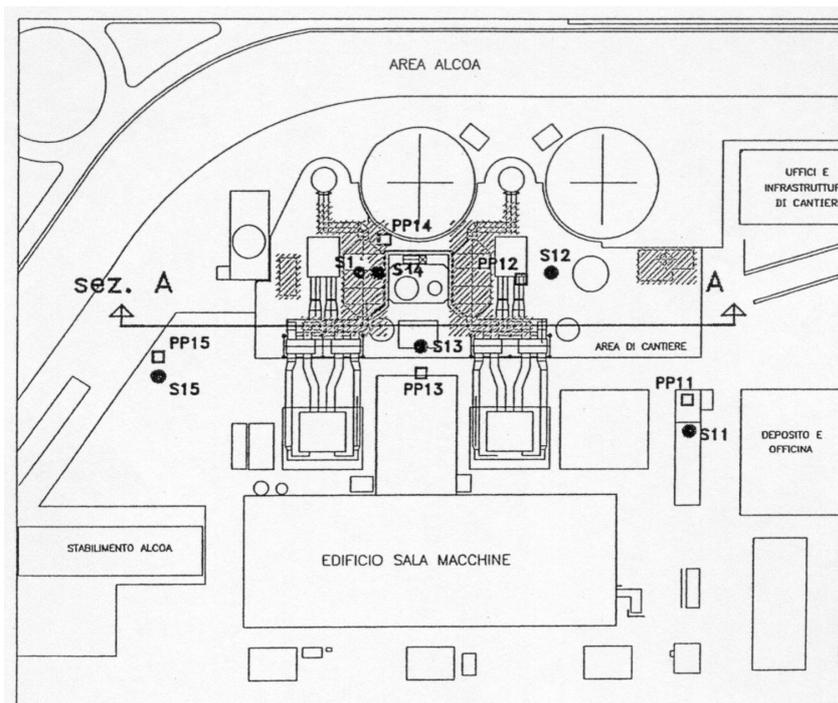
- Relazione idrogeologica finale – Prove di portata e analisi delle acque, redatta per Enel S.p.a. dal Dott. Geol. Sandro Trastu nel giugno del 1999 al fine di ottenere la concessione all'utilizzo di acque sotterranee in località Su Munzuni (Comune di Portoscuso); in questa occasione è stato realizzato un pozzo posto a quota 20 m s.l.m. e profondo 100 m da p.c., denominato Pz 1 nella Figura 8.



**Figura 8:** Ubicazione del pozzo 1

*Fonte:* costruita su base CTR con coordinate ricavate dal rapporto *Relazione idrogeologica finale – Prove di portata e analisi delle acque*, redatta per Enel S.p.a. dal Dott. Geol. Sandro Trastu nel giugno del 1999.

- *Impianto CTE Porto Scuso – Precipitatori elettrostatici e sistemi di evacuazione ceneri – Relazione geotecnica* redatta da Enel Power, nel Gennaio del 2001. Tale piano di indagini si è proposto di indagare l'area dei precipitatore elettrostatici e dei sistemi di evacuazione delle ceneri, allo scopo di verificare le caratteristiche geotecniche dei terreni, in relazione alle fondazioni e alle strutture in progetto. Tale indagine si basa sui dati risultati delle campagne di indagine eseguiti nel 1988-89 e nel 1990-1991 a cura del Prof. Giovanni Calabresi. I punti di indagine sono riportati in *Figura 9*: si tratta di 6 sondaggi a carotaggio continuo (S1, S11, S12, S13, S14 e S15) e 5 prove penetrometriche statiche (PP11, PP12, PP13, PP14 e PP15). I log stratigrafici delle indagini eseguite sono disponibili in archivio di centrale.



**Figura 9** : Ubicazione delle indagini geotecniche eseguite nella centrale di Portoscuso nel 1990 - 1991

L'area di indagine è evidenziata in rosso nell'ambito del sito di centrale; a fianco si riporta una planimetria dettagliata delle indagini (estratta da *Impianto CTE Porto Scuso – Precipitatori elettrostatici e sistemi di evacuazione ceneri – Relazione geotecnica* (Gennaio 2001))

*Legenda:*

- - sondaggi
- - prove CPT

Le caratteristiche dei punti di indagine considerati sono riassunti nella Tabella seguente.

Sigla	Profondità da p.c.	Note stratigrafiche	Note
Pz1	100 m	La stratigrafia è caratterizzata da alternanze di sabbie e marne con una percentuale variabile di argilla fino alla profondità di circa 30 m da p.c.; da 30 a 50 m da p.c. si rileva un orizzonte di trachite alterata; da 50 a 88 m si rilevano livelli argillosi e marnosi; oltre gli 88 m si intercetta un livello trachiandesitico alterato.	
S1	60 m	da 0 a 36 m da p.c. – sabbia da fine a media incoerente color avana/grigia da 36 a 37,20 m da p.c. – limo con sabbia, debolmente argilloso, molto addensato, grigio da 37,20 a 41,80 m da p.c. – Trachiandesite da 41,80 a 58,60 m da p.c. – Tufo litoide da 58,60 a 60 m da p.c. – sabbia da fine con limo color avana	Istallati due piezometri Casagrande
S11	40m	da 0 a 0,80 m da p.c.– terreno di riporto da 0,8 a 19,10 m da p.c. – sabbia da fine a media debolmente limosa color avana (livello di torba da 8.30 a 8.80m da p.c.) da 19,10 a 24 m da p.c. – limo argilloso debolmente sabbioso consistente, color avana da 24 a 36 m da p.c. – sabbia da fine a media color avana da 36 a 40 m da p.c. – limo argilloso - sabbioso , mediamente consistente, color grigio-biancastro	
S12	38 m	da 0 a 36 m da p.c. – sabbia da fine a media incoerente color avana/grigia (livello di torba da 9 a 9,10 m da p.c. e livello di limo argilloso-sabbioso da 21 a 22,5 m da p.c.) da 36 a 38 m da p.c. – Trachiandesite	
S13	40 m	da 0 a 1 m da p.c.– terreno di riporto da 1 a 19,50 m da p.c. – sabbia da fine a media debolmente limosa color avana (livello di torba da 8.60 a 9 m da p.c.) da 19,50 a 23,5 m da p.c. – limo argilloso debolmente sabbioso consistente, color avana da 23,5 a 36 m da p.c. – sabbia da fine a media color avana da 36 a 40 m da p.c. – limo argilloso - sabbioso	
S14	41 m	da 0 a 1,2 m da p.c.– terreno di riporto da 1,2 a 37,30 m da p.c. – sabbia da fine a media debolmente limosa color avana/grigia (livello di sabbia con torba da 8.50 a 9 m da p.c.) da 37,30 a 41 m da p.c. – Trachiandesite	Istallati due piezometri a tubo aperto:
S15	40 m	da 0 a 1 m da p.c.– terreno di riporto da 1 a 5 m da p.c. – limo argilloso-sabbioso color avana da 5 m a 21 m da p.c. – sabbia da fine a media debolmente limosa color avana (livello di sabbia con torba da 11 a 11,3 m da p.c.) da 21 a 24 m da p.c. – limo sabbioso - argilloso mediamente consistente, color avana da 24 a 38,5 m da p.c. – sabbia da fine a media color avana, incoerente da 38,5 a 40 m da p.c. – limo argilloso - sabbioso , consistente, color grigio	Istallato piezometro a tubo aperto.

**Tabella 6:** caratteristiche dei punti di indagine presso la c.le Portoscuso

In base ai dati desunti dai rapporti sopra citati, si può delineare una stratigrafia, fino alla profondità di circa 100 m da p.c., come segue:

- da 0 a 1 m si rileva uno strato di riporto di origine lapidea e/o vegetale;
- da 1 a 30-35-m da p.c. si rileva un orizzonte piuttosto continuo costituito da sabbie limose color avana/grigie; frequente presenza di un livello torboso di scarsa potenza (0,5-1 m) a profondità variabili tra 8 e 11 m da p.c. Si rileva, inoltre, localmente, un livello discontinuo costituito da limo argilloso-sabbioso consistente color avana.  
Data la generale omogeneità e la potenza di questo orizzonte, la scarpata che divide l'area di centrale in un settore Nord (quote 14-15 m s.l.m.) e in uno Sud (quota 7-7,5 m s.l.m.) non costituisce un elemento sostanziale dal punto di vista litologico e idrogeologico.
- a 30-35 a 45-50 m da p.c. si individua un orizzonte trachiandesitico spesso alterato, molto fratturato e ossidato
- da 45-50 a 85-90 m da p.c. si rilevano livelli argillosi e marnosi;
- oltre i 90 m da p.c. è presente nuovamente il substrato trachiandesitico.

In base alla stratigrafia sopra riportata è possibile osservare, in generale, come l'orizzonte di sabbia limosa sia da considerarsi continuo al di sotto del sito di centrale, localmente interessato da intervalli e lenti argilloso-torbose grigio-scuro, ricche di materiale organico in decomposizione di origine paludosa.

Oltre questi depositi sabbiosi si identificano a profondità maggiori materiali a matrice più fine che poggiano poi sul substrato roccioso di natura vulcanica; spesso il substrato roccioso vero e proprio è sovrastato da un orizzonte di alterazione anche piuttosto potente, caratterizzato da buona permeabilità.

### 3.4 Assetto idrogeologico

#### 3.4.1 Assetto regionale

L'area di indagine da un punto di vista idrogeologico presenta, in relazione ai litotipi rilevati, una carattere generale di scarsa permeabilità ( $K$  compreso tra 10 e  $10^{-4}$  cm/s) e la falda acquifera principale, di tipo artesiano, si trova a quote inferiori ai 70-80 m da p.c. in orizzonti costituiti da formazioni trachitico-andesitiche di origine vulcanica. Il tetto di questa falda è costituito da un livello marnoso-argilloso relativamente potente, sovrastato poi dai depositi alluvionali più superficiali dominati dalle sabbie limose giallastre di origine eolica.

Nella formazione alluvionale più superficiale è presente una falda freatica di minor produttività a carattere stagionale e strettamente legata alla presenza del mare; in corrispondenza dei livelli argillosi possono essere presenti piccole falde sospese.

#### 3.4.2 Assetto del sito

La definizione dell'assetto idrogeologico locale e della caratterizzazione fisica della falda superficiale è stata dedotta dai dati riportati negli studi citati nel § 3.3.3 ed, in particolare, si fa riferimento:

- al pozzo Pz 1, di Figura 8;
- ai piezometri individuati installati nei sondaggi S1, S14 e S15 di Figura 9.

Le caratteristiche del pozzo e dei piezometri sono riportati nella Tabella seguente.

Sigla	Prof. da p.c.	Ubicazione	Quota assoluta (m s.l.m.)	Falde captate e fenestrazione	Livello falda
Pz1	100 m	Zona Nord	+15 m	Fenestrato in corrispondenza della falda profonda in pressione (tetto della falda 50 m da p.c., spessore dell'acquifero 40 m)	3 m da p.c. (data – 21 giugno 1999)
S1	60 m	Zona Sud	+7 m	Istallati due piezometri casagrande: - uno a 15 m da p.c. – - uno a 30 m da p.c.;	<ul style="list-style-type: none"> <li>• quota falda freatica - 0,55 m da p.c.;</li> <li>• quota falda in pressione - 1,60 m da p.c</li> </ul> (data – giugno/luglio 1988)
S14 C	41 m	Zona Sud		Istallati due piezometri a tubo aperto: - uno fenestrato da 4,5 a 6 m da p.c. - uno fenestrato da 35 a 41 m da p.c.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• quota falda freatica - 0,9 m da p.c.;</li> <li>• quota falda in pressione - 1,43 m da p.c</li> </ul> (data – giugno/luglio 1988)
S15	40 m	Zona Sud		Istallato piezometro a tubo aperto fenestrato da 28 a 40 m da p.c..	<ul style="list-style-type: none"> <li>• quota falda freatica - 1,66m da p.c.;</li> </ul> (data – giugno/luglio 1988)

**Tabella 7:** caratteristiche del pozzo e dei piezometri presso la c.le Portosucuso

L'acquifero superficiale è costituito dalla formazione sabbioso-limosa e in base alla ricostruzione stratigrafica riportata nel paragrafo precedente, ha uno spessore superiore ai 15-20 metri.

La quota della falda freatica nel sito di centrale ed in particolare nell'area delle caldaie, settore Sud, è mediamente di 0,5-1 m s.l.m. e si sviluppa sostanzialmente nella sequenza alluvionale; essa è sostanzialmente alimentata dalle precipitazioni.

E' possibile comunque individuare una direzione principale di flusso della falda freatica diretto per lo più verso il mare con andamento prevalente NNE-SSO.

Sono localmente presenti lenti e/o livelli discontinui di materiale più fine costituito da torba e/o limo consistente che potrebbero generare la presenza di falde sospese; tuttavia, data la loro discontinuità, è possibile considerare il pacco dei depositi quaternari come un unico acquifero con presenza di una falda principale e di una serie di falde sospese idrogeologicamente interconnesse tra loro (sistema multifalda).

Per quanto concerne la porzione nord del sito, che dal punto di vista dell'assetto morfologico si presenta ad una quota più rilevata e separato dal restante settore da scarpata artificiale che divide in due il sito, non sono a disposizione misure dello strato insaturo, per cui non è possibile fornire dati specifici per quel settore.

Data l'omogeneità dei depositi alluvionali sabbiosi, che hanno potenze anche superiori ai 15-20 m, tale dislivello nell'ambito del sito di centrale non dovrebbe comportare particolari variazioni dal punto di vista stratigrafico e idrogeologico. Non sono tuttavia a disposizione dati sufficienti per una ricostruzione della superficie piezometrica nell'ambito del sito, per cui non è possibile verificare se la presenza della suddetta scarpata morfologica influenzi o meno l'andamento delle isopieze.

La falda principale si sviluppa nell'orizzonte di alterazione sovrastante il substrato roccioso vulcanico; si tratta di un acquifero in pressione, protetto da un orizzonte piuttosto potente di marne ed argille a permeabilità nulla.

### 3.4.3 Pozzi di approvvigionamento

Per l'approvvigionamento idrico della centrale viene utilizzato il Pozzo Pz1 riportato nella Figura 8. La quota sul p.c. del pozzo è di 20 m s.l.m.

La perforazione di tale pozzo è avvenuta con il sistema a rotopercolazione del diametro di 195 mm fino ad una profondità di 100 m da p.c.; successivamente si è provveduto alla realizzazione di un avampozzo con tubo di ferro del diametro di 275 mm sino alla profondità di 40 m, per sorreggere le pareti del foro.

Si suppone quindi che le acque prelevate appartengano sia all'acquifero più superficiale sia a quello in pressione presente nell'orizzonte di alterazione sovrastante il substrato roccioso vulcanico.

La portata specifica del pozzo è di 3,72 l/s.

Sono state eseguite delle prove di laboratorio su un campione di acqua prelevato tramite pompa sommersa ad una profondità di circa 70 m; dai risultati dell'analisi risulta che l'acqua di falda presenta alta salinità con chimismo prevalente a cloruri e bicarbonati di sodio.

La temperatura in uscita dell'acqua è di 20° C, la conducibilità è di 1880 µs/cm e il residuo fisso è di 1.356 mg/l, per cui si può dedurre che si tratta di acqua salmastra, con elevato residuo fisso costituito prevalentemente da cloruri.

In generale è possibile concludere che la qualità delle acque risulta sostanzialmente discreta e idonea all'uso antincendio proposto.

### 3.5 Destinazione d'uso prevista dagli strumenti urbanistici

Gli strumenti urbanistici in vigore nell'area oggetto dello studio sono:

- Piano Urbanistico Comunale, approvato con deliberazione consiliare n. 42 del 19 luglio 1999, esecutiva con provvedimento CO.RE.CO. del 14 settembre 1999.
- Piano Regolatore Generale Consortile (Consorzio Nucleo Industriale del Portoscuso Iglesiente), approvato con D.C.P.M. 28 novembre 1967, modificato con D.A.-R.A.S. il 31 dicembre 1981, n. 2017U.

Il citati strumenti indicano la seguente destinazione urbanistica per l'area della centrale:

- P.U.C: in zona D1 (Area di Nucleo Industriale);
- P.R.G.C.: in zona destinata alle aree disponibili per insediamenti industriali (1<sup>a</sup> lavorazione).

### 3.6 Obiettivi di recupero dell'area in funzione dei riferimenti normativi e della destinazione d'uso

La centrale Enel di Portoscuso è stata inserita nel programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale dei siti inquinati, soggetti ad interventi di interesse nazionale, mediante la Legge n° 426 del 9 dicembre 1998, art. 4) "Nuovi interventi in campo ambientale", in riferimento all'articolo 18, comma 1, del D.Lgs. 22/97 (perimetrazione delle aree di interesse nazionale). La perimetrazione del sito del Sulcis-Iglesiente-Guspinese, quale sito di interesse nazionale, è definita dal Decreto Ministeriale del 12 marzo 2003.

La normativa di riferimento per la bonifica dei terreni contaminati a livello nazionale è costituita dal D. Lgs. n°22 del 5 febbraio 1997 (Decreto Ronchi) e dal relativo Regolamento Attuativo DM n° 471 del 25 ottobre 1999.

Tale Decreto definisce, in relazione alla specifica destinazione d'uso del sito, due livelli di bonifica, cui corrispondono diversi limiti tabellari per le concentrazioni ammissibili degli inquinanti organici ed inorganici nel terreno, superati i quali si deve procedere ad un intervento di messa in sicurezza, bonifica e ripristino ambientale. Tali limiti dovranno essere rispettati nell'intera profondità contaminata. I valori di concentrazione limite accettabili per le sostanze presenti nel suolo e sottosuolo si differenziano in base alla destinazione d'uso:

- verde pubblico, verde privato e residenziale (colonna A),
- industriale e commerciale (colonna B).

La normativa prevede che, qualora i citati limiti non possano essere raggiunti nonostante l'applicazione delle migliori tecnologie disponibili o qualora la fonte inquinante sia costituita da rifiuti stoccati e non sia possibile la rimozione dei rifiuti stessi, nonostante l'applicazione delle migliori tecnologie disponibili a costi sopportabili, secondo i principi della normativa comunitaria, l'Autorità Competente possa autorizzare progetti di "bonifica con misure di sicurezza e ripristino ambientale" o "interventi di messa in sicurezza permanente e ripristino ambientale" che garantiscano, comunque, la tutela ambientale e sanitaria. Nel primo caso, i valori di concentrazione residua ammissibili (obiettivi di bonifica) saranno determinati in base ad una metodologia di analisi di rischio riconosciuta a livello internazionale.

Essendo l'area oggetto del presente studio un insediamento industriale attualmente attivo, i valori limite di riferimento nel caso in esame sono quelli relativi alla destinazione d'uso industriale o commerciale.

Nella Tabella riportata di seguito, sono riportati i limiti di riferimento per i suoli, per i parametri di interesse nel caso in esame.

		<i>DM 471/99 col. B</i>	
	<i>Parametro</i>	<i>C. L.</i>	<i>Unità di misura</i>
	<b>Composti inorganici</b>		
1	Antimonio	30	mg/kg
2	Arsenico	50	mg/kg
3	Berillio	10	mg/kg
4	Cadmio	15	mg/kg
5	Cobalto	250	mg/kg
6	Cromo totale	800	mg/kg
9	Nichel	500	mg/kg
10	Piombo	1000	mg/kg
11	Rame	600	mg/kg
12	Selenio	15	mg/kg
15	Vanadio	250	mg/kg
16	Zinco	1500	mg/kg
	<b>Aromatici</b>		
19	Benzene	2	mg/kg
20	Etilbenzene	50	mg/kg
21	Stirene	50	mg/kg
22	Toluene	50	mg/kg
23	Xilene	50	mg/kg
24	Sommatoria organici aromatici (da 20 a 23)	100	mg/kg
	<b>Aromatici Policiclici</b>		
25	Benzo(a)antracene	10	mg/kg
26	Benzo(a)pirene	10	mg/kg
27	Benzo(b)fluorantene	10	mg/kg
28	Benzo(k,)fluorantene	10	mg/kg
29	Benzo(g, h, i,)perilene	10	mg/kg
30	Crisene	50	mg/kg
31	Dibenzopirene	10	mg/kg
32	Dibenzo(a,h)antracene	10	mg/kg
33	Indenopirene	5	mg/kg
34	Pirene	50	mg/kg
35	Sommatoria policiclici aromatici (da 25 a 34)	100	mg/kg
	<b>Fenoli non clorurati</b>		
67	Metilfenolo (o-, m-, p-)	25	mg/kg
68	Fenolo	60	mg/kg
	<b>Fenoli clorurati</b>		
69	2-clorofenolo	25	mg/kg
70	2,4-diclorofenolo	50	mg/kg
71	2,4,6 – triclorofenolo	5	mg/kg
72	Pentaclorofenolo	5	mg/kg
	<b>Diossine e furani</b>		
89	Sommatoria PCDD, PCDF (conversione T.E.)	$1 \times 10^{-4}$	mg/kg
	<b>PCB</b>		
90	PCB	5	mg/kg
	<b>Idrocarburi</b>		
91	Idrocarburi leggeri C<12	250	mg/kg
92	Idrocarburi pesanti C>12	750	mg/kg
	<b>Altre sostanze</b>		
93	Amianto (fibre libere)	1000	mg/kg

**Tabella 8:** Limiti di riferimento per i suoli (colonna B del D.M. 471/99)

La sopracitata normativa fissa inoltre dei valori limite di accettabilità per le acque sotterranee, validi nel caso in cui il sito in esame non sia classificato come area sensibile, ai sensi della normativa di tutela delle acque dagli inquinanti (D. Lgs n° 152 dell'11 maggio '99) e non sia necessario tutelare la qualità delle acque destinate ad uso potabile.

Nel caso in esame tali limiti sono applicabili in quanto, date le caratteristiche delle acque sotterranee dell'acquifero superficiale, queste non possono essere considerate come una risorsa idrica utilizzabile a fini antropici, tantomeno ad uso potabile.

In Tabella seguente sono riportati i valori limite per le acque, relativi ai parametri di interesse nel caso in esame.

	<i>Parametro</i>	<i>DM 471/99</i>	
		<i>C. L.</i>	<i>Unità di misura</i>
	<b>Metalli</b>		
1	Alluminio	200	µg/L
2	Antimonio	5	µg/L
4	Arsenico	10	µg/L
5	Berillio	4	µg/L
6	Cadmio	5	µg/L
7	Cobalto	50	µg/L
8	Cromo totale	50	µg/L
9	Cromo (VI)	5	µg/L
12	Nichel	20	µg/L
13	Piombo	10	µg/L
14	Rame	1000	µg/L
15	Selenio	10	µg/L
18	Zinco	3000	µg/L
	<b>Inquinanti Inorganici</b>		
19	Boro	1000	µg/L
20	Cianuri liberi	50	µg/L
	<b>Aromatici</b>		
24	Benzene	1	µg/L
25	Etilbenzene	50	µg/L
26	Stirene	25	µg/L
27	Toluene	15	µg/L
28	para-Xilene	10	µg/L
	<b>Aromatici Policiclici</b>		
29	Benzo(a)antracene	0.1	µg/L
30	Benzo(a)pirene	0.01	µg/L
31	Benzo(b)fluorantene	0.1	µg/L
32	Benzo(k)fluorantene	0.05	µg/L
33	Benzo(g, h, i,)perilene	0.01	µg/L
34	Crisene	5	µg/L
35	Dibenzo(a,h)antracene	0.01	µg/L
36	Indenopirene	0.1	µg/L
37	Pirene	50	µg/L
38	Sommatoria policiclici aromatici (31,32,33, 36)	0.1	µg/L
	<b>Alifatici Clorurati Cancerogeni</b>		
39	Clorometano	1.5	µg/L
40	Triclorometano	0.15	µg/L
41	Cloruro di Vinile	0.5	µg/L
42	1,2-Dicloroetano	3	µg/L
43	1,1 Dicloroetilene	0.05	µg/L
44	1,2-Dicloropropano	0.15	µg/L
45	1,1,2-Tricloroetano	0.2	µg/L
46	Tricloroetilene	1.5	µg/L
47	1,2,3-Tricloropropano	0.001	µg/L
48	1,1,2,2-Tetracloroetano	0.05	µg/L

		<i>DM 471/99</i>	
	<i>Parametro</i>	<i>C. L.</i>	<i>Unità di misura</i>
49	Tetracloroetilene (PCE)	1.1	µg/L
50	Esaclorobutadiene	0.15	µg/L
51	Sommatoria Organoalogenati	10	µg/L
	<b>Alifatici Clorurati non Cancerogeni</b>		
52	1,1-Dicloroetano	810	µg/L
53	1,2-Dicloroetilene	60	µg/L
	<b>Alifatici alogenati Cancerogeni</b>		
54	Tribromometano (bromoformio)	0.3	µg/L
55	1,2-Dibromoetano	0.001	µg/L
56	Dibromoclorometano	0.13	µg/L
57	Bromodiclorometano	0.17	µg/L
	<b>Fenoli e clorofenoli</b>		
69	2-clorofenolo	180	µg/L
70	2,4-diclorofenolo	110	µg/L
71	2,4,6 – triclorofenolo	5	µg/L
72	Pentaclorofenolo	0.5	µg/L
	<b>Altre Sostanze</b>		
88	PCB	0.01	µg/L
	Idrocarburi <sup>1</sup>	10	µg/L

*Tabella 9: Concentrazioni limite per le acque sotterranee*

<sup>1</sup> Quale limite di riferimento per gli idrocarburi nelle acque, viene assunto il valore di 10 µg/L, sulla base del parere espresso da Istituto Superiore di Sanità.

## 4 MODELLO CONCETTUALE PRELIMINARE

Il modello concettuale deve permettere di individuare nel dettaglio le caratteristiche di impianti e strutture presenti, o preesistenti nel sito, correlandole con la loro potenzialità a generare inquinamento nelle diverse matrici ambientali, quali suolo, sottosuolo, atmosfera, acque superficiali e sotterranee.

### 4.1 Identificazione dei centri di pericolo

Per ottemperare a quanto proposto in premessa, si deve procedere esaminando ciascuna delle componenti funzionali in cui si può pensare scomposto il processo produttivo, così come descritto nei paragrafi 2.2. e 2.3, e le sue possibili interazioni con l'ambiente, in particolare con il suolo e il sottosuolo.

Come già evidenziato in precedenza, non tutte le attività ambientalmente "a rischio" descritte, risultano parimenti significative ai fini della definizione del modello concettuale.

Peraltro, l'attività di stoccaggio dei combustibili, per la sua rilevanza in termini soprattutto quantitativi, si evidenzia immediatamente per presentare un potenziale rischio significativo per l'ambiente. Questa attività include:

- lo stoccaggio di combustibili, gasolio e olio combustibile denso (O.C.D.) presso i relativi serbatoi e la movimentazione di OCD tramite il connesso oleodotto.

Il modello concettuale preliminare, comprendente l'individuazione delle sorgenti della contaminazione, dei meccanismi di trasporto, dei percorsi di possibile esposizione dei recettori e dei potenziali recettori, verrà in questa sede sviluppato solo relativamente a questo centro di pericolo ritenuto prevalente.

Oltre al centro di pericolo costituito dall'area sopra menzionata, presso l'impianto esistono, o sono esistiti, altri serbatoi di stoccaggio, vasche, ecc., posati sul suolo, tra i quali i più significativi sono:

- l'impianto trattamento acque oleose (dimesso nel 1980);
- serbatoi gasolio;
- serbatoi di esercizio.

Dal punto di vista quantitativo, e date le adeguate condizioni d'uso/stoccaggio/smaltimento, questi centri di pericolo si possono considerare marginali, anche se a volte intrinsecamente pericolosi. Individualmente essi costituiscono un rischio per l'ambiente, attuale o potenziale, significativamente inferiore rispetto al centro di pericolo precedentemente evidenziato.

Si considera che le indagini che verranno condotte, sia secondo la maglia sistematica, sia con punti di indagine aggiunti in maniera ragionata, dovrebbero essere in grado di evidenziare anche contaminazioni del suolo e/o delle acque sotterranee eventualmente prodotte a causa di perdite localizzate o diffuse originate dal complesso dei manufatti e degli impianti.

## 4.2 Sintesi dello stato qualitativo dell'area

La centrale di Portoscuso sorge nella cosiddetta “Area Industriale di Portovesme”. Quest'area è stata resa disponibile ed occupata dagli insediamenti produttivi in un periodo successivo al 1960 su terreni incolti, occasionalmente adibiti a pascolo.

La centrale, originariamente di proprietà dell'ALSAR (poi ALCOA), è entrata in esercizio nel 1973, ed è stata acquisita dall'Enel nel 1987.

Per quanto riguarda la zona occupata dalla centrale è da segnalare che l'attuale “piano campagna” è stato ottenuto mediante la livellazione di una porzione dell'area e lo sbancamento di un'altra porzione, con la creazione di una scarpata artificiale che divide in due il sito. Data l'omogeneità dei depositi alluvionali sabbiosi, che hanno potenze anche superiori ai 15-20 m, tale dislivello non dovrebbe comportare particolari discontinuità dal punto di vista stratigrafico e idrogeologico.

Alla luce delle informazioni raccolte, non sembrano sussistere situazioni di contaminazione in atto.

## 4.3 Caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero

Sulla base delle informazioni di tipo geologico che sono state raccolte, il terreno, in tutta l'area della centrale, presenta una certa omogeneità di caratteristiche, sia in senso verticale sia in senso orizzontale.

Al di sotto del sito di centrale è presente una formazione alluvionale di discreta permeabilità, costituita prevalentemente da sabbia limosa, dove è presente una falda freatica la cui quota è mediamente di 0,5-1 m s.l.m.. La direzione principale di flusso della falda freatica ha andamento prevalente NNE-SSO, cioè dall'entroterra verso il mare. La principale fonte di ricarica delle acque di falda deriva dalle acque di precipitazione meteorica.

A profondità maggiori sono presenti materiali a matrice più fine, che poggiano poi sul substrato roccioso di natura vulcanica. Spesso il substrato roccioso vero e proprio è sovrastato da un orizzonte di alterazione anche piuttosto potente, caratterizzato da buona permeabilità.

La falda principale si sviluppa nell'orizzonte di alterazione sovrastante il substrato roccioso vulcanico, si tratta di un acquifero in pressione, protetto da un orizzonte piuttosto potente di marne ed argille a permeabilità nulla.

## 4.4 Stoccaggio e movimentazione dell'olio combustibile

L'Olio Combustibile Denso (O.C.D.) è il combustibile utilizzato per la produzione di energia elettrica nella centrale Portoscuso.

Gli impianti di stoccaggio e movimentazione dell'Olio Combustibile Denso hanno la potenzialità di causare impatto del sottosuolo a causa di sversamenti accidentali in superficie durante le operazioni di movimentazione oppure di perdite occulte da parte di condotte interrato o del fondo di serbatoi fuori terra. Gli oli fuoriusciti con tali perdite possono infiltrare, per gravità, nei terreni e giungere fino alla falda acquifera.

#### 4.4.1 *Descrizione del deposito degli oli combustibili*

La Centrale viene approvvigionata con olio combustibile via mare; le navi e le bettoline che trasportano olio combustibile vengono scaricate attraverso le stazioni poste sul pontile ex Alsar. L'OCD viene convogliato nei serbatoi del parco olio combustibile mediante una condotta completamente interrata (vedi Tavola III). Dai serbatoi principali, per caduta, l'OCD viene inviato al serbatoio giornaliero posto tra i due gruppi di produzione. Questo oleodotto (v. Tavola II) è realizzato in interrato per circa 100 metri a partire dal parco combustibili, quindi corre in elevazione ("pipe rack") lungo la recinzione dell'impianto, fino all'altezza della portineria (questo tratto è di recente realizzazione, in precedenza era interrato). Prosegue quindi per circa 50 metri in interrato, per terminare in elevazione fino al serbatoio giornaliero. Dal serbatoio "giornaliero", l'olio è infine pompato ai bruciatori di caldaia.

Il deposito dell'olio combustibile denso, con capacità complessiva di circa 50.000 m<sup>3</sup>, è costituito da 2 serbatoi da 25.000 m<sup>3</sup> del tipo metallico, fuori terra, a tetto fisso, dotati di un sistema di riscaldamento a vapore per mantenere la giusta fluidità del prodotto.

Il vapore di riscaldamento è prelevato dal collettore del vapore ausiliario di Centrale.

I due serbatoi dispongono di bacino di contenimento, con fondo e pareti in cemento.

#### 4.4.2 *Prodotti Stoccati*

L'Olio Combustibile Denso è un fluido molto viscoso di colore nero, costituito da una delle frazioni più pesanti della distillazione del greggio. E' composto da idrocarburi che vanno da circa C12 a C25 e hanno un punto di ebollizione che varia da 315° a 540° C. Tipicamente, contiene dal 15% al 40% di idrocarburi aromatici, in prevalenza fenantreni alchilati e naftaleni; una frazione che può variare tra il 15% e il 30% è costituita da composti polari contenenti azoto, ossigeno e zolfo. A temperatura ambiente, presenta una viscosità molto elevata, tale che, allo scopo di renderlo fluido fino al punto di poter essere pompabile, deve venire riscaldato alla temperatura di 55°-60 °C. La densità dell'OCD è inferiore a 1 g/cm<sup>3</sup>, la sua viscosità misurata a 50°C è superiore a 50 cSt.

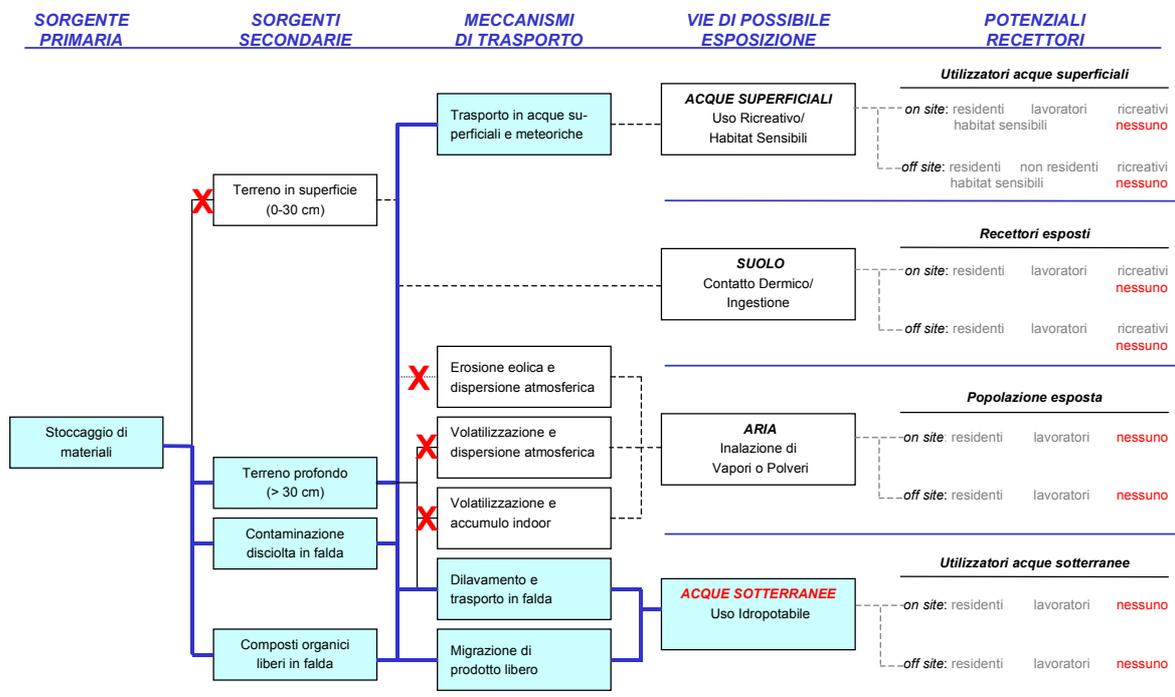
#### 4.4.3 *Percorsi di migrazione della contaminazione e vie di esposizione dei possibili bersagli*

Gli impianti di stoccaggio e movimentazione dei combustibili liquidi (essenzialmente Olio Combustibile Denso) hanno la potenzialità di causare impatto del sottosuolo a causa di sversamenti accidentali in superficie durante le operazioni di movimentazione oppure di perdite occulte da parte di condotte interrate o del fondo di serbatoi fuori terra. Gli oli fuoriusciti con tali perdite possono infiltrare, per gravità, nei terreni e giungere fino alla falda acquifera.

I componenti dell'OCD sono essenzialmente insolubili in acqua perciò, una volta infiltrato fino alla tavola d'acqua, l'OCD arresta il suo movimento verso il basso in quanto galleggia al di sopra dell'acqua. La sua sostanziale insolubilità fa sì che solo frazioni minime di composti organici vengano disciolte nell'acqua e l'olio rimane come fase organica separata flottante sulla superficie della tavola d'acqua.

In queste condizioni, la sua migrazione può continuare, per gravità, in direzione del gradiente idraulico della falda. In ogni caso, i movimenti di migrazione verso il basso dal punto di sorgente e lateralmente lungo la pendenza verso valle della falda, sono molto ostacolati e rallentati dalla viscosità. Per cui, la dispersione di un simile fluido solitamente non interessa vaste aree ed è limitata a brevi distanze dal punto di sorgente. Bisogna però tenere presente che le variazioni di livello della falda, quando siano ampie, hanno la possibilità di allargare l'estensione della contaminazione, specialmente nella direzione verticale.

Il Modello Concettuale del Sito, per quanto riguarda le sorgenti della contaminazione, i meccanismi di trasporto, i percorsi di possibile esposizione dei recettori, i potenziali recettori, è sintetizzato nel diagramma di flusso seguente:



**Figura 10:** diagramma di flusso delle vie di esposizione dei possibili bersagli

### Identificazione delle Sorgenti di Contaminazione

Nel diagramma, la sorgente della contaminazione è indicata come “Stoccaggio di Materiali”; ciò può comportare la presenza di contaminanti nel terreno profondo al di sotto dei serbatoi, anche sotto forma di prodotto organico libero e nella falda acquifera.

Il terreno esposto alla superficie non viene considerato come una fonte secondaria possibile, in quanto nell’area dei serbatoi il terreno di superficie risulta completamente coperto (dai serbatoi stessi, dal rivestimento in cemento del fondo del bacino di contenimento e dalla pavimentazione stradale all’esterno del bacino). Per tale motivo, non sono state considerate attive le vie di migrazione costituite dal ruscellamento superficiale delle acque meteoriche e dalla erosione eolica.

### Identificazione dei Meccanismi di Trasporto

Poiché i costituenti dell’O.C.D. sono altobollenti, i meccanismi di trasporto legati alla volatilizzazione non si ritengono significativi.

Come già rilevato, la zona potenzialmente affetta dalla dispersione sarebbe molto limitata nella sua estensione areale, a causa delle caratteristiche fisiche dell’O.C.D. e rimarrebbe comunque circoscritta alle immediate adiacenze dei serbatoi; pertanto anche la migrazione del prodotto

libero verso le acque superficiali (mare) non viene ritenuta un meccanismo di trasporto plausibile.

I meccanismi di trasporto che rimangono attivi, quindi, si possono così riassumere:

- la solubilizzazione dei contaminanti e il loro trasporto nella falda,
- la migrazione di prodotto libero nel terreno.

#### Identificazione delle Vie di Esposizione

Da questa analisi, risulta che l'unica potenziale via di esposizione, originante dalle diverse matrici ambientali, è costituita dalle

- Acque sotterranee - l'eventuale uso idropotabile della risorsa idrica.

A causa della distanza che intercorre tra gli impianti e la linea di costa, infatti, si ritiene di escludere che le acque superficiali (marine) possano venire interessate dalla eventuale migrazione di contaminanti originanti dal sito in esame.

Per gli stessi motivi sopra esposti circa l'esistenza di una completa copertura dell'area interessata, ai quali si aggiunge il fatto che l'area ha una destinazione d'uso esclusivamente industriale e che è sempre soggetta a guardiania (quindi non sussistono usi residenziali, ricreativi o agricoli del suolo), si esclude qualunque rischio di esposizione attraverso il contatto dermico e l'ingestione accidentale di terreno o inalazione di polveri aerodisperse generate per erosione eolica e risollevarimento di particelle di terreno.

#### Identificazione dei Possibili recettori

Allo scopo di identificare i potenziali recettori, è necessario prendere in considerazione i gruppi o le fasce di popolazione esposta a ciascuna delle vie di esposizione sopra individuate e gli utilizzatori finali delle risorse naturali. Per ogni via di esposizione, inoltre, si può distinguere tra recettori esposti on-site, cioè direttamente sul sito (ad esempio, i lavoratori del sito industriale) e quelli esposti off-site, cioè a distanza dal sito in esame (ad esempio gli abitanti di un centro residenziale prossimo al sito). Nel processo di selezione dei recettori esposti, sono state considerate le vie di esposizione effettive, cioè quelle attualmente esistenti e non quelle solo ipoteticamente possibili.

Si ricorda che l'unica potenziale via di esposizione è stata individuata nelle acque sotterranee.

Nell'area del sito, in particolare nel tratto posto idraulicamente a valle della centrale, non vi è alcun pozzo di emungimento dell'acqua di falda per uso idropotabile. Trattandosi di una zona a decisa vocazione industriale e anche in considerazione del fatto che la falda interessata è quella più superficiale, che viene sfruttata solo per usi industriali, si ritiene non vi siano recettori esposti al rischio derivante dall'utilizzo potabile delle acque sotterranee.

In conseguenza dell'analisi sopra riportata, non si identifica alcun potenziale recettore.

#### **4.4.4 Individuazione delle sostanze indicatrici**

La normativa vigente prevede che *“Per ogni sito sulla base delle attività pregresse, della caratterizzazione specifica e di ogni altra fonte di informazione l'autorità competente seleziona, tra le sostanze indicate in tabella [Tabella 1 – Allegato 1 DM 471/99], “sostanze indicatrici” che permettano di definire in maniera esaustiva l'estensione, il tipo di inquinamento e il rischio posto per la salute pubblica e per l'ambiente. Nelle fasi di campionamento di dettaglio la lista delle sostanze da analizzare potrà essere modificata ed estesa. In ogni caso le analisi dovranno comprendere le sostanze possibilmente presenti che presentano maggiore tossicità, persistenza e mobilità ambientale”*.

In base a quanto emerso dalla ricostruzione storica dei prodotti stoccati nel serbatoio in esame, vengono considerate “sostanze indicatrici” tutti i composti contaminanti contenuti nell’olio combustibile, quali:

- Idrocarburi C<12,
- Idrocarburi C>12,
- Aromatici (BTEX+Stirene)
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).

#### 4.5 Altri centri di pericolo

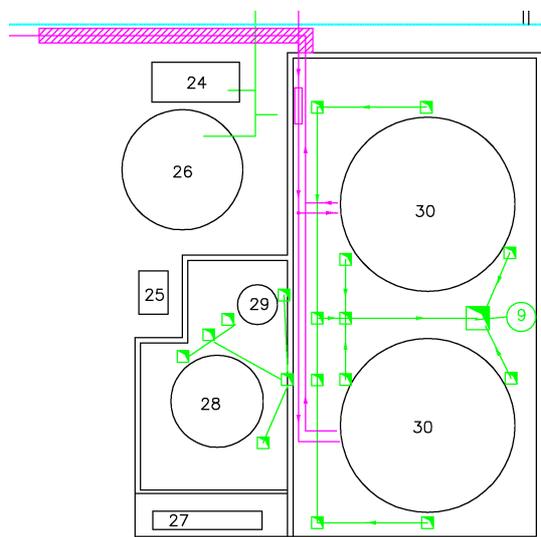
In questo paragrafo saranno descritti i centri di pericolo considerati di minore rilevanza e per i quali non sarà sviluppato il modello concettuale. Si ritiene infatti che le indagini previste sulla base della “maglia sistematica” integrate da quelle condotte secondo una “maglia ragionata”, possano dare conto di eventuali inquinamenti pregressi o in atto, legati alla presenza attuale o passata degli impianti descritti nel seguito..

##### 4.5.1 Impianto trattamento acque oleose e vecchi serbatoi gasolio

L’area di stoccaggio combustibili è interessata oltre che dai serbatoi principali per lo stoccaggio dell’OCD, anche dalla presenza di due serbatoi per il gasolio dismessi e da una vecchia vasca per la disoleazione delle acque reflue raccolte nei bacini di contenimento.

I serbatoi del gasolio identificati nella figura seguente con i numeri 28 e 29, sono da tempo dismessi; in particolare, il 28 è vuoto ed il 29 è stato destinato allo stoccaggio di acqua demineralizzata.

E’ presente anche una vasca di disoleazione (numero 27) non più utilizzata .



**Figura 11:** Area di stoccaggio combustibili

##### 4.5.2 Serbatoi di esercizio

Come mostrato nella figura seguente, in prossimità dei gruppi di produzione sono presenti due serbatoi di esercizio. Il primo, riportato con il numero 16, è il serbatoio giornaliero per l’olio



## 5 PIANO DI INVESTIGAZIONE INIZIALE

### 5.1 Introduzione

Nell'ambito del Piano della Caratterizzazione redatto per il sito della centrale termoelettrica Enel di Portoscuso, è necessario, secondo quanto previsto dal D.M. 471/99, prevedere un piano di investigazione iniziale che permetta di evidenziare e verificare le potenziali contaminazioni in atto.

A seguito della stesura del Piano di Indagini Preliminari, si dovrà procedere alla sua messa in atto. Secondo quanto stabilito dall'Allegato 4 del citato Decreto Ministeriale, si dovrà:

- eseguire il campionamento, le indagini previste e le analisi;
- valutare i risultati delle analisi e di ogni tipo di indagine;
- realizzare la mappatura dell'estensione e del grado della contaminazione per le principali sostanze contaminanti o per rifiuti eventualmente interrati, con la indicazione dei ricettori potenziali od attuali dell'inquinamento;
- evidenziare le vie di migrazione degli inquinanti dal sito alle diverse matrici ambientali e le vie di esposizione attraverso le quali i bersagli possono essere raggiunti.

L'Allegato 2 al D.M. 471/99 prevede un numero minimo di punti di indagine, sulla base delle dimensioni del sito da investigare.

*“Sulla base delle dimensioni del sito da investigare si possono fornire le seguenti indicazioni:*

*<10.000 m<sup>2</sup>: almeno 5 punti*

*10.000 - 50.000 m<sup>2</sup>: da 5 a 15 punti*

*50.000 - 250.000 m<sup>2</sup>: da 15 a 60 punti*

*250.000 - 500.000 m<sup>2</sup>: da 60 a 120 punti*

*> 500.000 m<sup>2</sup>: almeno 2 punti ogni 10.000 m<sup>2</sup>”*

Il sito della centrale Portoscuso ha una superficie di circa 13,6 ettari; sulla base delle indicazioni sopra riportate, ciò corrisponde ad un numero di punti di indagine compreso tra 15 e 60.

Questo documento definisce la localizzazione dei punti di indagine secondo una griglia sistematica quadrata di 100 metri di lato, integrata da una griglia di lato 50 metri nelle aree dei centri di pericolo individuati e stabilisce il posizionamento e la profondità dei piezometri per il prelievo delle acque di falda.

## 5.2 Ubicazione delle indagini

Obiettivi fondamentali delle indagini in situ sono:

- definizione del modello concettuale definitivo del sottosuolo;
- localizzazione, delimitazione e caratterizzazione di dettaglio delle potenziali fonti di inquinamento;
- definizione dell'estensione e del livello del potenziale inquinamento nelle diverse matrici ambientali (ricettori quali suolo, acque, etc.);
- identificazione e caratterizzazione delle possibili vie di migrazione degli inquinanti nonché i potenziali bersagli;
- raccolta di tutte le informazioni utili per indirizzare i successivi interventi di bonifica e/o messa in sicurezza.

In generale il campionamento e le analisi dovranno essere effettuate in modo da fornire un campione rappresentativo della reale concentrazione di una determinata sostanza nello spazio, cioè nell'area e nel volume campionati e l'evoluzione della sua concentrazione nel tempo.

### 5.2.1 *Maglia sistematica*

Come schema di base per le indagini relative ai suoli e alle acque di falda si è assunta una maglia costituita da un insieme di quadrati aventi 100 m di lato. Sono stati posizionati punti di indagine in corrispondenza di tutti i nodi di tale maglia.

La localizzazione di ogni punto rispetto alle possibili interazioni con le strutture esistenti è stata verificata sulla cartografia disponibile e con un apposito sopralluogo presso il sito, in modo da evidenziare quelle aree in cui la esistenza di edifici, impianti, ecc. costringesse ad un riposizionamento dei punti. Di conseguenza, già in questa sede si è provveduto a riposizionare alcuni punti, in funzione delle condizioni logistiche evidenziate (in particolare, alcuni punti della maglia sistematica ricadenti per pochi metri all'esterno dell'area di proprietà Enel, sono stati traslati in modo da riportarli all'interno).

A causa delle dimensioni di alcune delle strutture della centrale elettrica, almeno uno dei punti di indagine non può venire messo in atto in corrispondenza del nodo previsto della maglia e neppure nell'intorno previsto di tolleranza di 20 metri; in particolare, questo è il caso del punto P18, la cui posizione teorica ricade al centro dell'edificio dei gruppi termoelettrici, e che già in questa sede si è provveduto a traslare opportunamente in posizione accessibile.

Data la densità delle infrastrutture di impianto, servizi e sottoservizi, non è possibile a questo stadio confermare con esattezza la precisa ubicazione dei punti di indagine. L'ubicazione definitiva di tutti i singoli punti andrà comunque confermata in sede di cantiere, con l'identificazione di tutti i possibili sottoservizi presenti nell'area interessata e in funzione della situazione logistica.

### 5.2.2 *Maglia ragionata*

Ad integrazione dei punti di indagine situati ai nodi della maglia sistematica, si possono individuare ulteriori punti di indagine, definiti in base a quanto dedotto dal modello concettuale. Questo, infatti, permette di individuare quelle zone che presentano criticità in dipendenza dell'organizzazione delle attività produttive e quindi nelle zone a maggior pericolo e/o probabilità di contaminazione, i cosiddetti "centri di pericolo".

L'ubicazione delle indagini aggiuntive deve essere individuata in modo da monitorare le diverse matrici ambientali là dove si suppone possano essere state contaminate.

In primo luogo, le zone considerate critiche sono quelle relative ad alcune attività di stoccaggio che, per la loro rilevanza in termini soprattutto quantitativi, si evidenziano immediatamente per presentare un "rischio" significativo per l'ambiente; in particolare:

- l'area di stoccaggio dell'olio combustibile denso (O.C.D.) presso il parco nafta,
- il relativo tratto di oleodotto interrato

Oltre a questi, sono stati presi in considerazione anche i centri di pericolo individuati come:

- impianto trattamento acque oleose e vecchi serbatoi gasolio (presso il parco nafta)
- serbatoi di esercizio.

Allo scopo di indagare con sufficienti dettagli anche queste aree, è stata presa in considerazione anche una seconda maglia regolare di indagine, con lato di 50 metri. In prossimità dei centri di pericolo sopra elencati, sono stati selezionati punti di indagine posizionati ai nodi di tale maglia, al più con leggeri scostamenti dalla posizione teorica, al fine di meglio posizionarli rispetto all'obbiettivo da indagare. Inoltre, allo scopo di meglio completare la maglia ragionata, sono stati inseriti nel progetto anche alcuni punti non disposti secondo lo schema regolare.

Oltre a tutto quanto sopra elencato, in aggiunta ai sondaggi meccanici a carotaggio continuo, verranno eseguiti n° 3 campionamenti di suolo superficiale (entro i primi 10 cm), destinati alla sola determinazione di PCDD e PCDF (Diossine e Furani). Questi prelievi saranno eseguiti con attrezzi manuali fino alla profondità massima di 10 cm e su di una superficie quadrata di 1m di lato. I punti di indagine verranno localizzati all'interno di aree non pavimentate e potranno essere ubicati con precisione solo in sede di cantiere.

### **5.2.3 Maglia complessiva di indagine**

L'associazione di tutti i punti di indagine fornisce il quadro completo dei punti di indagine diretta da attuarsi, definisce cioè la maglia di indagine complessiva.

Nella Tavola IV sono riepilogati i punti di indagine della maglia complessiva di indagine, comprensiva sia dei punti disposti secondo la maglia sistematica, sia dei punti di indagine individuati in maniera ragionata.

In totale, vengono individuati 33 punti di indagine.

Inoltre, verranno inseriti nelle indagini n° 3 campionamenti di suolo superficiale (entro i primi 10 cm), destinati alla sola determinazione di PCDD e PCDF (Diossine e Furani).

Il posizionamento sul terreno di tutti i punti di indagine, rispetto alle coordinate della maglia sistematica, verrà confermato per mezzo di rilievi con strumentazione G.P.S. Differenziale, in grado di fornire una precisione di posizionamento pari o migliore di  $\pm 20$  cm.

### **5.2.4 Profondità dei sondaggi**

La profondità dei punti di indagine varia in funzione delle caratteristiche del sottosuolo e della tipologia di analisi che si vuole eseguire in quello specifico punto di campionamento. Le indicazioni di ordine generale che vanno considerate per questa scelta sono:

- necessità di identificare gli acquiferi presenti, in questo caso di predisporre una sola serie di piezometri, che intercettino la falda superficiale;
- necessità di campionare i terreni alle diverse profondità fino al letto della falda superficiale (difficilmente si avranno contaminazioni del suolo a profondità superiori);
- necessità di identificare i diversi tipi di contaminati in funzione della potenziale fonte di inquinamento, in tal caso le sostanze indicatrici avranno comportamenti diversi in funzione della loro natura chimico-fisica e quindi potranno interessare profondità differenti;

Alla luce di queste considerazioni, la profondità dei punti di indagine sarà, in linea di massima, tale da raggiungere le lenti materiale meno permeabile (argilla) che sono estesamente presenti nell'area di centrale e che, generalmente, si rinvencono tra i 10 e i 15 m di profondità da p.c.. La perforazione verrà arrestata entro i primi 50 cm del substrato argilloso, al fine di evitare l'attraversamento completo di eventuali strati a bassa permeabilità di spessore limitato.

Poiché questo orizzonte non può però considerarsi continuo al di sotto del sito di centrale, qualora esso non venisse rinvenuto, la profondità massima del sondaggio verrà interrotta alla quota di 15 metri da p.c.

E' altresì presumibile che, nel settore settentrionale dell'area di indagine, che si presenta più rilevato, la profondità dei sondaggi dovrà essere superiore rispetto a quanto necessario nel settore meridionale, dove il piano di campagna è situato ad una quota di circa 7 metri inferiore.

Presso punti di indagine destinati a venire attrezzati con piezometro, le perforazioni verranno spinte fino al letto dell'acquifero interessato, oppure fino alla profondità massima di 20 metri, tale da garantire comunque di intercettare uno spessore significativo dell'acquifero.

Per tutti i punti della maglia di indagine saranno comunque possibili in corso d'opera modifiche rispetto alla profondità prevista, in funzione delle condizioni lito-stratigrafiche incontrate.

Le coordinate riportate nella Tabella seguente sono dunque da ritenere indicative.

Nella Tabella seguente si riporta uno schema riassuntivo relativo a tutti punti di indagine in relazione alle loro localizzazione e alle relative profondità.

Sigla	Profondità (m dal p.c.)	Tipologia	Coordinate Gauss- Boaga	
			Roma 40 est	fuso est nord
P01	15 max	solo sondaggio	1448400	4340000
P02	20 max	piezometro	1448450	4340000
P03	15 max	solo sondaggio	1448500	4339950
P04	20 max	piezometro	1448348	4339925
P05	15 max	solo sondaggio	1448325	4339900
P06	15 max	solo sondaggio	1448400	4339900
P07	15 max	solo sondaggio	1448500	4339900
P08	15 max	solo sondaggio	1448300	4339850
P09	20 max	piezometro	1448400	4339850
P10	20 max	piezometro	1448450	4339850
P11	15 max	solo sondaggio	1448300	4339800
P12	15 max	solo sondaggio	1448400	4339800
P13	20 max	piezometro	1448282	4339750
P14	15 max	solo sondaggio	1448250	4339700
P15	15 max	solo sondaggio	1448300	4339700
P16	15 max	solo sondaggio	1448400	4339700
P17	15 max	solo sondaggio	1448250	4339650
P18	15 max	solo sondaggio	1448270	4339600
P19	15 max	solo sondaggio	1448400	4339600
P20	20 max	piezometro	1448250	4339550
P21	15 max	solo sondaggio	1448350	4339550
P22	15 max	solo sondaggio	1448220	4339500
P23	15 max	solo sondaggio	1448250	4339500
P24	15 max	solo sondaggio	1448300	4339500
P25	15 max	solo sondaggio	1448200	4339450

Sigla	Profondità (m dal p.c.)	Tipologia	Coordinate Gauss- Boaga	
			Roma 40 fuso est	
P26	20 max	piezometro	1448250	4339450
P27	15 max	solo sondaggio	1448350	4339450
P28	15 max	solo sondaggio	1448230	4339400
P29	15 max	solo sondaggio	1448300	4339400
P30	20 max	piezometro	1448200	4339300
P31	15 max	solo sondaggio	1448150	4339250
P32	15 max	solo sondaggio	1448250	4339250
P33	20 max	piezometro	1448200	4339200
D1	0.1	superficiale	1448350	4339850
D2	0.1	superficiale	1448350	4339650
D3	0.1	superficiale	1448200	4339250

*Tabella 10: maglia complessiva di indagine*

### 5.3 Metodologie di indagine del suolo/sottosuolo e acque sotterranee

Le indagini dirette consistono in sondaggi geognostici, tutti a carotaggio continuo eseguito con tecnica a secco, in cui verranno campionate le matrici suolo/sottosuolo e acque sotterranee, previa installazione di appositi pozzetti piezometrici.

#### 5.3.1 Esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo

*"La scelta del tipo di perforazione deve essere guidata dalle necessità conoscitive poste dal singolo caso tenendo conto del tipo di terreno da perforare nonché dalla necessità di conoscere con esattezza la litologia e la sua successione nel sottosuolo, di effettuare il prelievo di campioni indisturbati o rimaneggiati di terreno, considerando anche l'eventuale presenza di inquinanti volatili e la necessità di installare piezometri"* (Allegato 2, D.M. 471/99)

In tutte le fasi di perforazione verranno adottati tutti gli accorgimenti necessari ad evitare fenomeni di contaminazione indotta generata dall'attività di perforazione (trascinamento in profondità del potenziale inquinante o collegamento di livelli di falda a diverso grado di inquinamento).

Le operazioni di sondaggio verranno eseguite rispettando alcuni criteri di base essenziali al fine di rappresentare correttamente la situazione esistente in sito, in particolare:

- i sondaggi verranno condotti in modo da garantire il campionamento in continuo di tutti i litotipi oggetto delle perforazioni, garantendo il minimo disturbo del suolo e sottosuolo interessati.
- la composizione chimica e biologica del materiale prelevato non deve essere alterata a causa di surriscaldamento, di dilavamento o di contaminazione da parte di sostanze e attrezzature utilizzate durante il campionamento;
- la profondità di prelievo nel suolo verrà determinata con la massima accuratezza possibile, non peggiore di 0,1 metri;
- il campione prelevato sarà conservato e trattato con tutti gli accorgimenti necessari affinché non subisca alterazioni;
- nell'esecuzione dei sondaggi, sarà adottata ogni cautela al fine di non provocare la diffusione di inquinanti a seguito di eventi accidentali.

I carotaggi saranno eseguiti a secco, evitando l'utilizzo di fluidi che potrebbero alterare le caratteristiche chimiche dei materiali da campionare. Solo in casi di assoluta necessità, qualora la consistenza del terreno impedisse l'avanzamento (trovanti, strati rocciosi), sarà consentita la

circolazione temporanea ad acqua pulita, sino al superamento dell'ostacolo. Si riprenderà, quindi, la procedura a secco.

Per le perforazioni, saranno impiegate attrezzature del tipo a rotazione, con caratteristiche idonee all'esecuzione di perforazioni del diametro di almeno 200 mm e della profondità di almeno 20 metri, sia in materiale lapideo che non lapideo.

La tecnica di perforazione deve prevedere l'impiego di una sonda a rotazione del tipo idraulico, che consenta di effettuare, anche in presenza di terreni eterogenei o fratturati, il prelievo continuo di campioni su tutta la lunghezza del foro (carote), con diametro minimo della carota di 85 mm e con rappresentatività non inferiore al 70%. La sonda deve inoltre permettere l'apprezzamento e la localizzazione dei tratti aventi resistenza all'avanzamento difforme dalla media (con particolare riguardo agli eventuali vuoti, fratture, ecc.) ed avere la possibilità di avanzamento idraulico con regolazione manuale.

Le corone e gli utensili per la perforazione a carotaggi verranno scelti di volta in volta in base alle necessità e saranno impiegati rivestimenti, corone e scarpe non verniciate.

Durante la perforazione, al fine di evitare che il terreno subisca surriscaldamento, la velocità di rotazione verrà sempre stata mantenuta su valori moderati in modo da limitare l'attrito tra suolo ed attrezzo campionatore.

Al fine di evitare il trascinarsi in profondità di contaminanti di superficie, oltre che per evitare franamenti delle pareti del foro nei tratti non lapidei, la perforazione sarà eseguita impiegando una tubazione metallica provvisoria di rivestimento. Tale tubazione provvisoria, verrà infissa dopo ogni manovra, fino alla profondità ritenuta necessaria per evitare franamenti del foro. Saranno adottate modalità di infissione tali che il disturbo arrecato al terreno sia contenuto nei limiti minimi. A ogni manovra di avanzamento del carotiere, seguirà l'infissione del rivestimento per il mantenimento del foro. Si dovrà operare a secco anche per l'infissione del rivestimento e per la pulizia di fondo foro. Solo in caso di assoluta necessità, qualora la consistenza del terreno impedisse il raggiungimento del fondo foro da parte del rivestimento, verrà consentita la circolazione temporanea ad acqua pulita sino al superamento dell'ostacolo. Si riprenderà, quindi, la procedura a secco. Al termine di ogni operazione di avanzamento delle tubazioni di rivestimento, si deve procedere ad una manovra di ripulitura del fondo del foro prima di riprendere la perforazione.

Nel caso di perforazioni di durata superiore alla giornata lavorativa, a fine giornata sarà eseguita la misura del livello piezometrico e il perforo verrà protetto da eventuali contaminazioni esterne. Il giorno successivo, alla ripresa del lavoro, si registrerà nuovamente il livello piezometrico, annotando il tutto nella documentazione dell'attività.

Prima di ogni sondaggio, le attrezzature saranno lavate con acqua in pressione e/o vapore acqueo per evitare contaminazioni artefatte.

Durante la perforazione la velocità di avanzamento e la pressione sulle aste saranno mantenute costantemente sul minimo compatibile con il materiale attraversato al fine di non alterarne lo stato e di ridurre i disturbi generati da velocità eccessiva o pressioni non idonee.

Si metteranno in atto accorgimenti di carattere generale per evitare l'immissione nel sottosuolo di composti estranei; tali accorgimenti prevedono:

- la rimozione dei lubrificanti dalle zone filettate;
- l'eliminazione di gocciolamenti di oli dalle parti idrauliche;
- la pulizia dei contenitori per l'acqua;
- la pulizia di tutti le parti delle attrezzature tra un campione e l'altro.

Il materiale, raccolto dopo ogni battuta, verrà estruso senza l'utilizzo di acqua e quindi disposto in un recipiente che permetta la deposizione delle carote prelevate senza disturbarne la disposizione stratigrafica. Il recipiente sarà costituito di materiale inerte, idoneo ad evitare la contaminazione dei campioni prelevati. Per evitare la contaminazione tra i diversi prelievi, il

recipiente per la deposizione delle carote sarà lavato, decontaminato e asciugato tra una deposizione e l'altra. Il materiale estruso sarà riposto nel recipiente in modo da poter ricostruire la colonna stratigrafica del terreno perforato.

Ad ogni battuta, sarà annotata la descrizione del materiale recuperato, indicando colore, granulometria, stato di addensamento, composizione litologica, ecc., riportando i dati in un apposito modulo. Tutto il materiale estratto deve essere esaminato e tutti gli elementi che lo caratterizzano devono essere registrati; in particolare dovrà essere segnalata la presenza di evidenti contaminazioni.

Tutte le carote estratte saranno fotografate, complete delle relative indicazioni grafiche di identificazione. Le foto saranno eseguite prima che il colore dei campioni estratti si alteri per la perdita di umidità.

Tutti i campioni estratti saranno sistemati, nell'ordine di estrazione, in adatte cassette catalogatrici distinte per ciascun sondaggio, sulle quali verranno state indicati chiaramente e in modo indelebile i dati di identificazione del perforo e dei campioni contenuti e, per ogni scomparto, le quote di inizio e termine del campione contenuto.

Per ogni perforo sarà stata compilata la stratigrafia del sondaggio stesso secondo le usuali norme AGI; la descrizione stratigrafica verrà compilata in modo tale da specificare, per ciascun intervallo di profondità sufficientemente omogeneo:

- tipo litologico,
- colore,
- caratteri strutturali,
- particolarità.

Le cassette verranno trasferite presso un deposito in luogo chiuso e ivi immagazzinate per la conservazione.

Al termine delle operazioni, per i perfori nei quali non si dovesse installare un piezometro, si procederà alla chiusura in sicurezza del foro mediante miscela cemento-bentonite per tutta la profondità, in modo da evitare la creazione di vie preferenziali per la migrazione dell'acqua di falda e di eventuali contaminanti.

La posizione sul campo di ogni sondaggio non attrezzato a piezometro sarà segnalata con apposita targhetta identificativa, con sigla sia verniciata che punzonata, posta su picchetto in acciaio o sulla pavimentazione viabile.

### **5.3.2 Modalità di prelievo dei campioni di terreno**

Per quanto concerne le modalità e le procedure di campionamento dei terreni, andranno seguite le indicazioni fornite dal D.M. 471/99.

Secondo quanto previsto dal D.M. 471/99 (Allegato 2), la profondità del prelievo di suolo, sottosuolo o materiali di riporto varia in funzione:

- della necessità di caratterizzare l'area dal punto di vista geologico e idrogeologico;
- di definire la profondità dell'inquinamento;
- la variabilità orizzontale e verticale della contaminazione;
- la presenza di contatto diretto tra gli acquiferi e le fonti di inquinamento.

Per quanto concerne la frequenza dei prelievi in senso verticale, essa potrà essere modificata e/o integrata sulla base delle osservazioni effettuate in sede di campionamento e dell'omogeneità idrogeologica degli strati attraversati.

In generale, nel caso specifico verranno prelevati almeno 3 campioni di terreno:

- un campione nel materiale di riporto superficiale entro il primo metro di profondità;
- un campione in corrispondenza della frangia capillare, cioè all'interno della zona di oscillazione della falda o comunque dell'interfaccia zona satura / zona insatura;

- un campione nel materiale costituente la base dell'acquifero superficiale o, quando non venisse incontrato entro la profondità massima prevista, a fondo foro.

Nello scegliere la profondità esatta a cui prelevare il campione di terreno, si darà preferenza ai livelli di terreno a granulometria fine e/o bassa permeabilità, in quanto questi trattengono maggiormente le sostanze contaminanti eventualmente presenti.

A questi sarà possibile aggiungerne altri a giudizio, in particolare nel caso in cui si manifestino evidenze visive o organolettiche di alterazione, contaminazione o presenza di materiali estranei, oppure in strati di terreno al letto di accumuli di sostanze di rifiuto (se si dovessero riscontrare), ecc..

Ogni campione di terreno prelevato e sottoposto alle analisi sarà costituito da un campione composito nell'intervallo di profondità scelto.

Il numero totale di campioni previsto, nell'ipotesi di 3 campioni per ogni punto di indagine, è pari a 99.

Il prelievo dei campioni verrà eseguito durante le fasi di perforazione. I campioni saranno normalmente di tipo "rimaneggiato", cioè saranno prelevati immediatamente dopo la deposizione della carota nella cassetta catalogatrice e saranno contenuti in appositi contenitori, sigillati e univocamente siglati.

In tutte le operazioni di prelievo dovrà essere rigorosamente mantenuta la pulizia delle attrezzature e dei dispositivi di prelievo, che deve essere eseguita con mezzi o solventi compatibili con i materiali e le sostanze di interesse, in modo da evitare fenomeni di contaminazione incrociata o perdita di rappresentatività del campione.

Il prelievo degli incrementi di terreno e ogni altra operazione ausiliaria (separazione del materiale estraneo, omogeneizzazione, suddivisione in aliquote, ecc.) verranno eseguite in accordo con la Procedura *ISO/DIS 10381-2 Soil Quality - Sampling - Guidance on sampling of techniques*.

Particolare cura verrà posta al prelievo delle aliquote destinate alla determinazione dei composti organici volatili, che saranno rapidamente prelevati, dopo la disposizione delle carote nelle cassette catalogatrici, per mezzo di un sub-campionatore e immediatamente sigillati in apposite fiale dotate di sottotappo in teflon, in accordo con la procedura *EPA SW846 - Method 8035A Closed-System Purge-and-Trap and Extraction for Volatile Organics in Soil and Waste Samples*.

I campioni di terreno prelevati saranno immediatamente trattati e confezionati in campo a seconda della natura e delle particolari necessità imposte dai parametri analitici da determinare.

Ogni campione prelevato sarà suddiviso nelle seguenti aliquote:

aliquota	parametri	trattamento	contenitore	conservazione
<b>A</b>	Metalli (As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, Se, V, Zn) IPA Fenoli clorurati e non clorurati PCB PCDD Idrocarburi C>12 Amianto Contenuto di acqua	nessuno	sacchetto in PE termosaldato	4°C
<b>B</b>	BTEX+Stirene Idrocarburi C<12	nessuno	3 fiale in vetro da 40 ml con sottotappo in Teflon	4°C

**Tabella 11:** suddivisione in aliquote dei campioni di terreno

Tranne nel caso della determinazione di composti volatili, l'aliquota del campione verrà preparata scartando in campo i ciottoli ed il materiale grossolano di diametro maggiore a circa 3 cm, quindi sottoponendo il materiale a quartatura/omogeneizzazione e suddividendolo infine in tre replicati, dei quali:

1. uno destinato alle determinazioni quantitative eseguite dal laboratorio analitico incaricato;
2. uno a disposizione delle Autorità di Controllo per eventuali analisi di verifica;
3. uno destinato all'archiviazione per eventuali futuri approfondimenti analitici, che rimarrà a disposizione presso la centrale.

Tutte le operazioni di preparazione e trattamento verranno effettuate presso il laboratorio chimico di centrale oppure all'interno di un laboratorio mobile appositamente allestito.

Le aliquote ottenute saranno immediatamente poste in refrigeratore alla temperatura di 4°C e così mantenute durante tutto il periodo di trasporto e conservazione, fino al momento dell'analisi di laboratorio.

### **5.3.3 Prelievo di campioni di terreno superficiale destinate alla determinazione di Diossine e Furani**

Per il prelievo dei campioni di terreno destinati alla determinazione delle Diossine e dei Furani, si opererà mediante una procedura manuale.

Il prelievo sarà eseguito per mezzo di scavi manuali su di un'area di circa 1 m x 1 m, per una profondità massima di 10 cm circa. Il materiale risultante da questi scavi verrà omogeneizzato e suddiviso mediante le usuali tecniche di quartatura.

In totale saranno eseguiti n° 3 prelievi; i punti di indagine verranno localizzati all'interno di aree non pavimentate e potranno essere ubicati con precisione solo in sede di cantiere.

#### 5.3.4 Prove di permeabilità tipo Lefranc

Le prove di permeabilità sono finalizzate alla determinazione dei parametri caratteristici dell'acquifero/i ed in particolare della sua permeabilità (coefficiente di permeabilità  $K$ ) e trasmissività.

Nell'ambito della maglia sistematica saranno quindi previste una serie di prove da eseguirsi su alcuni punti di indagine; la scelta dei punti deve essere tale da rendere rappresentativi i parametri di permeabilità e trasmissività per tutto l'acquifero.

Le prove saranno eseguite in avanzamento, entro fori di sondaggio rivestiti fino alla sommità della sezione di prova. In generale, le prove in sito realizzate nei fori di sondaggio verranno eseguite in depositi con permeabilità da media ad elevata ( $K > 10^{-6}$  m/s).

Sarà utilizzato il metodo a carico idraulico costante o a carico idraulico variabile, in funzione della permeabilità dell'acquifero in esame.

Nelle prove a carico costante, si opera mantenendo costante il carico idraulico (o il livello nel pozzo) e si misurano i volumi d'acqua  $\Delta V$  immessi in esso a intervalli di tempo  $\Delta t$ .

Nelle prove a carico variabile, si opera immettendo (o estraendo) acqua dal pozzo e misurando le variazioni  $\Delta h$  del livello d'acqua negli intervalli di tempo  $\Delta t$ .

Prima delle prove, sarà necessario predisporre e realizzare la sezione filtrante; normalmente, essa avrà altezza pari ad almeno 0,50 metri. Se l'acquifero ha tendenza a franare è preferibile procedere alla realizzazione di sezioni filtranti molto basse, al più si può realizzare una sezione piana.

Si dovrà procedere come segue:

- perforazione con rivestimento fino alla quota prefissata
- pulizia del fondo foro
- immissione di materiale granulare e formazione della sezione filtrante
- sollevamento del rivestimento fino alla estremità superiore del filtro.
- misura del livello di falda con freatometro.

Quindi, nel caso delle prove a carico variabile, si procederà all'immissione di acqua pulita nel foro, fino al raggiungimento del piano campagna e a partire da questo livello iniziale si misureranno gli abbassamenti, in corrispondenza di intervalli di tempo prefissati. In generale, la prova verrà protratta fino a raggiungere la stabilizzazione delle letture in corrispondenza del livello di falda misurato precedentemente, oppure quando lo scarto tra due abbassamenti successivi risulti sufficientemente piccolo. In ogni caso, le prove verranno arrestate trascorso un tempo massimo di 2 ore.

Le prove a carico costante dovranno essere protratte fino a raggiungimento del regime stazionario.

Per ogni prova condotta sarà fornito un rapporto di prova, che comprenderà:

- Modalità esecutive della prova,
- Schema della geometria della tasca,
- Livello statico stabile della falda,
- Valori delle misure eseguite,
- Note dell'operatore,
- Calcolo del coefficiente di permeabilità  $K$ .

In linea di principio, le prove di permeabilità verranno condotte presso i sondaggi attrezzati a piezometro, in corrispondenza dell'orizzonte acquifero, come specificato nella Tabella seguente. Rispetto a quanto previsto in tale tabella, la distribuzione delle prove di permeabilità potrà subire modifiche in corso d'opera, a giudizio del geologo che seguirà le indagini, con l'intento di ottenere una soddisfacente caratterizzazione dell'acquifero nel suo profilo verticale e su tutta l'area interessata dai sondaggi. Le prove dovranno interessare l'acquifero da

caratterizzare, non possono dunque venire eseguite a profondità stabilite a priori; sulla base delle informazioni note, tuttavia, è possibile stimare una profondità indicativa.

punto di indagine	Profondità di prova indicativa (metri da p.c.)
P02	porzione superiore dell'acquifero (tra 5 e 10 m)
P04	porzione inferiore dell'acquifero (tra 10 e 15 m)
P09	porzione superiore dell'acquifero (tra 5 e 10 m)
P10	porzione inferiore dell'acquifero (tra 10 e 15 m)
P13	porzione superiore dell'acquifero (tra 5 e 10 m)
P20	porzione inferiore dell'acquifero (tra 10 e 15 m)
P26	porzione superiore dell'acquifero (tra 5 e 10 m)
P30	porzione inferiore dell'acquifero (tra 10 e 15 m)
P33	porzione superiore dell'acquifero (tra 5 e 10 m)

*Tabella 11 ubicazione delle prove Lefranc*

### 5.3.5 Installazione dei piezometri

Come già accennato in precedenza, per l'analisi e il campionamento delle acque sotterranee sono da prevedersi una serie di piezometri che, come numero, localizzazione e profondità, risultino essere coerenti con modello concettuale costruito, in modo da poter caratterizzare univocamente l'influenza del sito sulle caratteristiche complessive degli acquiferi in esame e la mobilità degli inquinati nelle acque sotterranee per la profondità rilevante.

L'importanza dei piezometri è duplice:

- da una parte sono necessari nella fase iniziale dell'indagine per la ricostruzione della superficie piezometrica, l'identificazione delle falde presenti, l'analisi relativa alle loro oscillazioni e l'individuazione del flusso idrico sotterraneo principale (monitoraggio fisico-geometrico);
- dall'altra parte è necessario realizzare una rete significativa di punti di monitoraggio della qualità idrochimica delle falde presenti (monitoraggio qualitativo).

Questo implica che una volta definite le direzioni di flusso idrico sotterraneo, i piezometri destinati alla sorveglianza quali-quantitativa di zone potenzialmente contaminate potranno essere considerati come effettivi "pozzi di monitoraggio".

Il D.M. 471/99 fornisce le seguenti linee guida per l'installazione dei piezometri, in funzione dell'area del sito:

*area compresa tra 100.000 e 250.000 m<sup>2</sup> = almeno 8.*

La profondità dei piezometri non dovrà essere inferiore ai due terzi dello spessore dell'acquifero stesso. Eventuali falde sospese dovranno essere considerate individualmente, al fine di una completa ricostruzione idrogeologica dell'area.

Nella Tabella seguente sono riportati tutti i punti che dovranno essere attrezzati con piezometri, secondo le indicazioni sopra espone, con tutte le relative indicazioni.

punto	Falda interessata	Intervallo finestratura (m. da p.c.)
P02	superficiale	da 1 m a fondo foro
P04	superficiale	da 1 m a fondo foro
P09	superficiale	da 1 m a fondo foro
P10	superficiale	da 1 m a fondo foro
P13	superficiale	da 1 m a fondo foro
P20	superficiale	da 1 m a fondo foro
P26	superficiale	da 1 m a fondo foro
P30	superficiale	da 1 m a fondo foro
P33	superficiale	da 1 m a fondo foro

*Tabella 12: Punti di indagine da attrezzare con piezometri per il campionamento delle acque sotterranee.*

L'ubicazione dei piezometri così definita è riportata nella Tavola V.

Verranno in questo modo sottoposti a controllo un totale di 9 piezometri.

Il numero e l'ubicazione dei piezometri potranno essere integrati sulla base dei risultati delle analisi chimico-fisiche e della definizione di eventuali focolai di contaminazione, in modo da controllare nel tempo l'effetto dei singoli focolai su tutti gli acquiferi potenzialmente interessati dai fenomeni di contaminazione.

La tubazione utilizzata per la realizzazione dei piezometri avrà un diametro esterno nominale di 100 mm, con giunzione a manicotto esterno; la parete avrà uno spessore minimo di 5 mm. La tubazione sarà finestrata, mediante microfessurazioni, alle quote indicative sopra specificate. Dovrà essere realizzata in materiali plastici inerti dal punto di vista chimico e compatibili con gli inquinanti presenti nel sito; normalmente, sarà realizzata in PVC. La larghezza delle microfessurazioni sarà tipicamente di 0,4 mm con spaziatura di 9 mm. La chiusura di fondo tubo sarà eseguita mediante fondello cieco impermeabile.

Per la realizzazione del filtro a ridosso della zona finestrata del tubo sarà utilizzato ghiaietto siliceo, con granulometria uniforme e forme arrotondate. In generale, deve essere evitato l'impiego di filtri artificiali (ad esempio in tessuto) che possono dare problemi di intasamento e di interferenza con i contaminanti.

In corrispondenza del tratto di tubo cieco nella zona insatura, sarà formato un tappo impermeabile costituito da bentonite o miscela cemento/bentonite.

In generale, la tubazione del piezometro dovrà sporgere dal piano di campagna di almeno 30 cm e sarà protetta da un pozzetto in metallo verniciato, munito di chiusura tramite lucchetto. Laddove fosse necessario evitare l'ingombro in superficie, al fine di lasciare libera la viabilità, l'estremità della tubazione sarà alloggiata in un pozzetto interrato in calcestruzzo, protetto da chiusino in ghisa, idoneo per resistere al passaggio di eventuali automezzi.

In tutti i casi, l'estremità della tubazione sarà dotata di tappo di chiusura filettato.

La sigillatura dell'intercapedine tra pozzo e foro di sondaggio nei tratti non finestrati, dovrà essere eseguita con materiali caratterizzati da bassa permeabilità: il materiale più comunemente utilizzato per questo scopo è una miscela di sabbia-cemento-bentonite sodica.

Completata l'installazione della tubazione, si deve procedere alle operazioni di primo spurgo, finalizzate a rimuovere il sedimento presente nel tubo finestrato, nei filtri e nel terreno immediatamente adiacente al sondaggio, al fine di assicurare la possibilità di prelevare campioni di acqua rappresentativi e privi di materiale in sospensione.

Le attività di spurgo devono prevedere la creazione di un flusso attraverso la sezione finestrata del tubo mediante una pompa. Le operazioni di spurgo devono proseguire fino ad ottenimento di acqua chiara e comunque per non meno di 2 ore (il tempo di spurgo è funzione delle caratteristiche di permeabilità dell'acquifero in esame).

Le teste dei piezometri (o comunque un punto di riferimento facilmente accessibile ed identificabile) dovranno essere opportunamente quotate (precisione 0,01 m); sulle teste dovrà essere posto un segnale della quota di riferimento per le misure piezometriche ed inoltre sulle stesse dovrà essere collocata un'apposita targhetta indelebile e inamovibile riportante la quota altimetrica delle testa pozzo ed il codice univoco identificativo dello stesso.

### **5.3.6 Misure di soggiacenza della falda**

Per la definizione della superficie della falda, saranno eseguite misure di soggiacenza della falda, con precisione di almeno 1 cm, presso i piezometri installati.

Il livello statico dell'acqua all'interno di tutti i piezometri sarà misurato per mezzo di un freatimetro, nell'arco della stessa giornata e riferito al livello del mare.

### **5.3.7 Modalità di prelievo delle acque sotterranee**

Secondo le indicazioni del D.M. 471/99, le analisi dovranno essere eseguite su di un campione prelevato in modo da ridurre gli effetti indotti dalla velocità di prelievo sulle caratteristiche chimico-fisiche delle acque, quali ad esempio la presenza di una fase colloidale o la modifica delle condizioni di ossidoriduzione che possono portare alla precipitazione di elementi solubilizzati nelle condizioni naturali degli acquiferi.

Il prelievo dei campioni di acque sotterranee verrà eseguito non prima che siano trascorse due settimane dal termine della esecuzione del piezometro.

Prima del prelievo di acqua sotterranea, i piezometri andranno adeguatamente spurgati, mediante una pompa centrifuga sommersa, avendo cura di rimuovere un volume di acqua pari almeno a circa 3 volte il volume del piezometro e fino al raggiungimento della stabilità nei valori dei principali parametri di qualità dell'acqua, misurati in linea sull'acqua effluente.

Il prelievo dei campioni avverrà sempre immediatamente dopo l'operazione di spurgo.

In generale, ove possibile, sarà data preferenza al campionamento di tipo statico, a causa dell'elevato rischio di contaminazione incrociata associato al prelievo tramite una pompa e le relative tubazioni.

Per i campionamenti statici saranno impiegati dispositivi di prelievo (bailer) monouso, nuovi e sigillati nelle confezioni originali, e corde di manovra anch'esse monouso, costituite da cavo in Nylon monofilo.

Al momento del prelievo, i campioni di acqua saranno sottoposti a misura elettrometrica dei principali parametri di qualità:

- pH,
- conducibilità,
- ossigeno disciolto,
- potenziale di ossidoriduzione,
- temperatura.

Le misurazioni dei campioni di acqua sono effettuate direttamente in campo, utilizzando tecniche elettrometriche, a seconda delle possibilità pratiche, la determinazione viene effettuata secondo uno dei tre seguenti metodi:

- misura in linea durante lo spurgo dei piezometri, con elettrodi alloggiati in una cella di flusso;

- misura in sito con sonda multiparametrica, eseguita nel piezometro immediatamente dopo lo spurgo e il prelievo del campione;
- misura effettuata su di un'aliquota del campione, eseguita immediatamente dopo il prelievo.

Le analisi delle acque sotterranee devono essere eseguite sul campione tal quale, per ottenere la determinazione della concentrazione totale delle sostanze inquinanti; la determinazione dei metalli verrà eseguita su campioni di acqua non filtrata e sedimentata per almeno due ore.

Per la caratterizzazione di sostanze che possono essere presenti in fase di galleggiamento alla superficie della falda, si dovrà prevedere un campionamento con strumenti posizionati in modo da permettere il prelievo del liquido galleggiante in superficie ed evitare diluizioni con acqua proveniente da maggiore profondità.

I campioni di acque sotterranee prelevati verranno immediatamente trattati e confezionati in campo a seconda della natura e delle particolari necessità imposte dai parametri analitici da determinare. I metodi di conservazione devono essere tali per cui si mantenga la conservazione della qualità "chimica" del campione stesso.

Ogni campione prelevato verrà suddiviso nelle seguenti aliquote:

sigla	parametri	trattamento	contenitore	conservazione
<b>A</b>	Metalli (Al, As, B, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, V, Zn,)	(se torbida decantazione per 2 ore) HNO <sub>3</sub> conc. 10 ml/l	bottiglia in HDPE da 100 ml	4°C
<b>B</b>	Cromo esavalente Cianuri	NaOH 10 M 0.1 ml/l	bottiglia in HDPE da 50 ml	4°C
<b>C</b>	Mercurio	HNO <sub>3</sub> conc. 10 ml/l	bottiglia in vetro da 50 ml o fiala da 40 ml	4°C
<b>F</b>	BTEX+Stirene Alifatici Clorurati cancerogeni e non cancerogeni Alifatici Alogenati Cancerogeni Idrocarburi C<12	HCl dil. 1:1 500 µl	3 fiale in vetro da 40 ml con sottotappo in Teflon sigillate senza bolle d'aria all'interno	4°C mantenere le fiale capovolte
<b>G</b>	Fenoli clorurati Fenoli non clorurati	HCl 1:1 5 ml/l	bottiglia in vetro scuro da 1 l. con sottotappo in Teflon	4°C
<b>L</b>	Idrocarburi C>12	HCl 1:1 5 ml/l	bottiglia in vetro scuro da 1 l. con sottotappo in Teflon	4°C
<b>O</b>	Idrocarburi Policiclici Aromatici	nessuno	bottiglia in vetro scuro da 1 l. con sottotappo in Teflon	4°C

*Tabella 14: suddivisione in aliquote dei campioni di acque sotterranee*

Il prelievo degli incrementi di acque sotterranee e ogni altra operazione ausiliaria (filtrazione, aggiunta di reattivi, conservazione, ecc.) verranno eseguite in accordo con la Procedura ISO 5667-11:1993(E) *Water Quality - Sampling - Guidance on sampling of groundwaters*.

I campioni sono stati suddivisi in tre replicati, dei quali:

1. uno destinato alle determinazioni quantitative eseguite dal laboratorio analitico incaricato;
2. uno a disposizione delle Autorità di Controllo per eventuali analisi di verifica;
3. uno destinato all'archiviazione per eventuali futuri approfondimenti analitici, che rimarrà a disposizione presso la centrale.

Tutte le operazioni di preparazione e trattamento verranno effettuate presso il laboratorio chimico di centrale oppure all'interno di un laboratorio mobile appositamente allestito. Le aliquote ottenute saranno immediatamente poste in frigorifero alla temperatura di 4°C e così mantenute fino al momento dell'analisi di laboratorio.

## 5.4 Determinazioni analitiche

### 5.4.1 Parametri da determinare

Il set di parametri da determinare è stato definito sulla base delle attività produttive compiute all'interno della centrale elettrica di Portoscuso e delle considerazioni sviluppate nel Modello Concettuale riportato nel Capitolo 4.

E' stata così operata una selezione, basata sulla effettiva possibilità di presenza di quei contaminanti che sono correlati in maniera specifica all'esercizio di una centrale elettrica e per i quali esiste, anche solo in via potenziale, la possibilità che siano giunti a contatto con il sottosuolo. Questi parametri sono stati individuati come "sostanze indicatrici" nella stesura del Modello Concettuale del sito.

L'elenco dei parametri analitici per i **terreni** è il seguente:

- Metalli (As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, Se, V, Zn);
- Aromatici (BTEX+Stirene);
- Fenoli non clorurati;
- Fenoli clorurati;
- Aromatici Policiclici;
- Idrocarburi C<12;
- Idrocarburi C>12;
- Diossine e Furani (solo su n° 6 campioni superficiali);
- PCB (solo sui campioni superficiali, entro il primo metro del riporto);
- Amianto (solo sui campioni superficiali, entro il primo metro del riporto);
- Contenuto di acqua.

L'elenco dei parametri analitici per i campioni di **acque sotterranee** è il seguente:

- Metalli (Al, As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, V, Zn, Cromo esavalente);
- Inquinanti Inorganici (Boro, Cianuri);
- Composti Organici Aromatici;
- Idrocarburi Policiclici Aromatici;
- Alifatici Clorurati Cancerogeni;
- Alifatici Clorurati non Cancerogeni;

- Alifatici Alogenati Cancerogeni;
- Fenoli e Clorofenoli;
- Idrocarburi totali;
- pH, Conducibilità Elettrica, Ossigeno Disciolto, Potenziale di Ossidoriduzione, Temperatura (misurati in sito).

#### 5.4.2 Procedure di laboratorio

Vengono qui di seguito sintetizzati i parametri analizzati, le tecniche analitiche impiegate e i Metodi Standard di riferimento.

##### 5.4.2.1 Metalli

*Elementi di interesse:*

Al, As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, V, Zn;

*Sintesi del metodo analitico:*

Campioni di acqua: i metalli vengono analizzati direttamente nei campioni acidificati utilizzando uno strumento per spettrometria al plasma con rivelatore di massa (ICP-MS). Solo As e Se a livelli molto bassi di concentrazione vengono analizzati mediante assorbimento atomico con atomizzazione elettrotermica dotato di correzione del fondo per effetto Zeeman.

Nel caso di acque molto saline si procede ad una separazione della matrice mediante resina scambiatrice.

Campioni di terreno:

*procedura A*) i suoli (<2mm) vengono solubilizzati secondo la procedura riportata nel decreto 13-9-1999 (GU 21-10-1999, punto XI) e poi analizzati mediante spettrometria di emissione al plasma con rivelatore ottico (ICP-OES), con rivelatore di massa (ICP-MS), oppure mediante assorbimento atomico con atomizzazione elettrotermica.

*procedura B*) i suoli (<2mm) vengono ulteriormente macinati ed analizzati mediante la tecnica di fluorescenza a raggi X (XRF) con la tecnica della pastiglia. Questa procedura è adatta per il controllo di siti contaminati destinati all'uso industriale e per tutti gli elementi tranne il mercurio.

##### 5.4.2.2 Cromo esavalente

*Sintesi del metodo analitico*

Campioni di acqua: il Cromo VI viene analizzato in soluzione acquosa per via spettrofotometrica, con il metodo alla difenilcarbazide (metodo IRSA 3080 B1).

##### 5.4.2.3 Mercurio

*Sintesi del metodo analitico*

Il Mercurio viene analizzato mediante tecnica strumentale per assorbimento UV, dopo riduzione allo stato elementare e formazione di amalgama

##### 5.4.2.4 Boro

*Sintesi del metodo analitico*

Campioni di acqua: il boro viene analizzato mediante spettrometria di emissione al plasma con rivelatore ottico (ICP-OES). In presenza di livelli di concentrazione molto bassi si utilizza spettrometria al plasma con rivelatore di massa (ICP-MS).

##### 5.4.2.5 Cianuri liberi

*Sintesi del metodo analitico*

Campioni di acqua: i cianuri vengono analizzati secondo il metodo ISO 6703/2 1984, che prevede la reazione con clorammina T e acido barbiturico in presenza di piridina, dopo distillazione.

#### 5.4.2.6 *Composti Organici Aromatici (BTEX)*

##### *Composti di interesse*

- Benzene
- Xilene (o-, m-, p-),
- Toluene
- Etilbenzene
- Stirene

##### *Sintesi del metodo analitico*

Campioni di acqua: estrazione degli analiti mediante tecnica di purge-and-trap, in accordo con metodo EPA - SW 846 n° 5030 e analisi per gascromatografia ad alta risoluzione accoppiata a spettrometria di massa, in accordo con il metodo EPA-SW 846 n° 8260.

Campioni di terreno: i campioni ritenuti di basso livello vengono addizionati di acqua e gli analiti estratti mediante tecnica di purge-and-trap, in accordo con metodo EPA-SW 846 n° 5030 e analizzati mediante gascromatografia ad alta risoluzione accoppiata a spettrometria di massa, in accordo con il metodo EPA-SW 846 n° 8260. I campioni che dalla analisi secondo EPA 5030 risultassero con elevate concentrazioni di analiti sono successivamente estratti con metanolo in ultrasuoni, secondo il metodo EPA-SW 846 n° 5035. Una aliquota della soluzione metanolica viene diluita in acqua e analizzata come i campioni a bassa concentrazione.

#### 5.4.2.7 *Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)*

##### *Composti di interesse*

- Benzo(a)antracene
- Benzo(a)pirene
- Benzo(b)fluorantene
- Benzo(k)fluorantene
- Benzo(g,h,i)perilene
- Crisene
- Dibenzo(a)pirene<sup>2</sup>
- Dibenzo(a,h)antracene
- Indeno(1,2,3-c,d)pirene
- Pirene

##### *Sintesi del metodo analitico*

Campioni d'acqua: estrazione liquido-liquido con solvente (metodo EPA-SW 846 n° 3510), purificazione dei campioni su colonna di gel di silice (metodo EPA-SW 846 n° 3630) ed analisi mediante gascromatografia ad alta risoluzione accoppiata a spettrometria di massa (HRGC/MS), in accordo con il metodo EPA-SW 846 n° 8270, adattato per la determinazione degli IPA pesanti più tossici.

Campioni di suolo: estrazione con solvente, con la tecnica della “pressurized fluid extraction (PFE)”, secondo il metodo EPA-SW 846 n° 3545, purificazione dei campioni su colonna di gel di silice (metodo EPA-SW 846 n° 3630) ed analisi mediante gascromatografia ad alta risoluzione accoppiata a spettrometria di massa (HRGC/MS), in accordo con il metodo EPA-SW846 n° 8270, adattato per la determinazione degli IPA pesanti più tossici.

---

<sup>2</sup> La dizione dibenzo(a)pirene non è corretta chimicamente. In realtà si tratta di quattro composti: dibenzo(a,h)pirene; dibenzo(a,i)pirene; dibenzo(a,l)pirene; dibenzo(a,e)pirene

#### 5.4.2.8 Alifatici Clorurati cancerogeni e non cancerogeni e Alifatici Alogenati

##### Composti di interesse

- Clorometano
- Diclorometano
- Triclorometano
- Cloruro di Vinile
- 1,2-Dicloroetano
- 1,1-Dicloroetilene
- 1,2-Dicloropropano
- 1,1,2-Tricloroetano
- Tricloroetilene
- 1,2,3-Tricloropropano
- 1,1,2,2-Tetracloroetano
- Tetracloroetilene (PCE)
- 1,2-Dicloroetano
- 1,1-Dicloroetilene
- 1,1,1-Tricloroetano
- Tribromometano (Bromoformio)
- 1,2-Dibromoetano
- Dibromoclorometano
- Bromodiclorometano

##### Sintesi del metodo analitico

Campioni di acqua: estrazione degli analiti mediante tecnica di purge-and-trap, in accordo con metodo EPA - SW 846 n° 5030 e analisi per gascromatografia ad alta risoluzione accoppiata a spettrometria di massa, in accordo con il metodo EPA-SW 846 n° 8260.

#### 5.4.2.9 Fenoli e Fenoli clorurati

##### Composti di interesse:

- Fenolo
- 2,4-Dimetilfenolo
- Metilfenoli (o-, m-, p-Cresolo)
- 2-Clorofenolo
- 2,4-Diclorofenolo
- 2,4,6-Triclorofenolo
- Pentaclorofenolo

##### Sintesi del metodo analitico

Campioni d'acqua: preliminare estrazione liquido-liquido con cloruro di metilene del campione di acqua a pH 14 (estrazione dei composti neutri e basici), correzione del pH a 2 ed estrazione dei fenoli con cloruro di metilene, secondo il metodo EPA-SW 846 n° 3510; analisi gascromatografica ad alta risoluzione accoppiata a spettrometria di massa, in accordo con il metodo EPA-SW 846 n° 8270.

Campioni di suolo: estrazione con solvente, con la tecnica della “pressurized fluid extraction (PFE)”, secondo il metodo EPA-SW 846 n° 3545, purificazione dell’estratto mediante partizione acido-base (metodo EPA-SW 846 n° 3650) ed analisi mediante gascromatografia ad alta risoluzione accoppiata a spettrometria di massa (HRGC/MS), in accordo con il metodo EPA-SW846 n° 8270.

5.4.2.10 *Diossine e Furani*

*Composti di interesse e relativo I-TEF (International - 2,3,7,8 TCDD Equivalent Factors):*

Diossine

2,3,7,8 - TCDD	1
1,2,3,7,8 - PeCDD	0.5
1,2,3,4,7,8 - HxCDD	0.1
1,2,3,7,8,9 - HxCDD	0.1
1,2,3,6,7,8 - HxCDD	0.1
1,2,3,4,6,7,8 - HpCDD	0.01
OCDD	0.001

Furani

2,3,7,8 - TCDF	0.1
2,3,4,7,8 - PeCDF	0.5
1,2,3,7,8 - PeCDF	0.05
1,2,3,4,7,8 - HxCDF	0.1
1,2,3,7,8,9 - HxCDF	0.1
1,2,3,6,7,8 - HxCDF	0.1
2,3,4,6,7,8 - HxCDF	0.1
1,2,3,4,6,7,8 - HpCDF	0.1
1,2,3,4,7,8,9 - HpCDF	0.1
OCDF	0.001

*Sintesi del metodo analitico*

Campioni di terreno: estrazione in soxhlet a caldo con toluene (metodo EPA-SW 846 n° 8280). Purificazione dell'estratto organico mediante le procedure previste dal metodo (eventuale preliminare lavaggio acido-base, cromatografia liquida su colonna multistrato e allumina), analisi mediante gascromatografia ad alta risoluzione accoppiata a spettrometria di massa (HRGC/LRMS), in accordo con il metodo EPA-SW 846 n° 8280 e calcolo della concentrazione in tossicità equivalente (T.E.) con i fattori riportati sopra.

5.4.2.11 *PCB**Sintesi del metodo analitico*

Campioni di terreno: estrazione con solvente, con la tecnica della "pressurized fluid extraction (PFE)", secondo il metodo EPA-SW 846 n° 3545, trattamento con acido solforico per distruggere gli interferenti (metodo EPA-SW 846 n° 3665). La determinazione strumentale è effettuata per gascromatografia ad alta risoluzione e rivelatore a cattura di elettroni (HRGC/ECD) secondo il metodo CEI EN 61619, adattato da CESI a campioni ambientali.

5.4.2.12 *Idrocarburi Totali**Composti di interesse*

- Idrocarburi <C<sub>12</sub>
- Idrocarburi compresi tra C<sub>12</sub> e C<sub>25</sub>
- Idrocarburi > C<sub>25</sub>

*Sintesi del metodo analitico*Campioni di acqua:

- Idrocarburi <C<sub>12</sub> : estrazione mediante tecnica di purge-and-trap, in accordo con metodo EPA-SW 846 n° 5030 e analisi mediante gascromatografia ad alta risoluzione con rivelatore FID (metodo EPA-SW 846 n° 8015);
- Idrocarburi >C<sub>12</sub> : estrazione liquido-liquido con solvente (metodo EPA-SW 846 n° 3510), purificazione dei campioni su colonna di gel di silice (metodo EPA-SW 846 n° 3630)

analisi mediante gascromatografia ad alta risoluzione con rivelatore FID (metodo EPA-SW 846 n° 8015).

Campioni di terreno:

- Idrocarburi  $<C_{12}$  : i campioni ritenuti di basso livello vengono addizionati di acqua e gli analiti estratti mediante tecnica di purge-and-trap, in accordo con metodo EPA-SW 846 n° 5030 e analizzati mediante gascromatografia ad alta risoluzione con rivelatore FID (metodo EPA-SW 846 n° 8015). I campioni che dalla analisi secondo EPA 5030 e 8015 risultassero con elevate concentrazioni di analiti sono successivamente estratti con metanolo in ultrasuoni, secondo il metodo EPA-SW 846 n° 5035. Una aliquota della soluzione metanolica viene diluita in acqua e analizzata come i campioni a bassa concentrazione.
- Idrocarburi  $>C_{12}$  : estrazione con solvente, con la tecnica della “pressurized fluid extraction (PFE)”, secondo il metodo EPA-SW 846 n° 3545, purificazione dei campioni su colonna di gel di silice (metodo EPA-SW 846 n° 3630) e analisi mediante gascromatografia ad alta risoluzione con rivelatore FID (metodo EPA-SW 846 n° 8015).

*5.4.2.13 Amianto (campioni di terreno)*

*Sintesi del metodo analitico*

Il contenuto di amianto viene determinato mediante Diffrattometria di Raggi X (XRD) secondo il metodo UNICHIM n° 853 “Determinazione dell’amianto, metodo per diffrazione a raggi X” EM/26, indicato dal D.M. 6/9/1994.

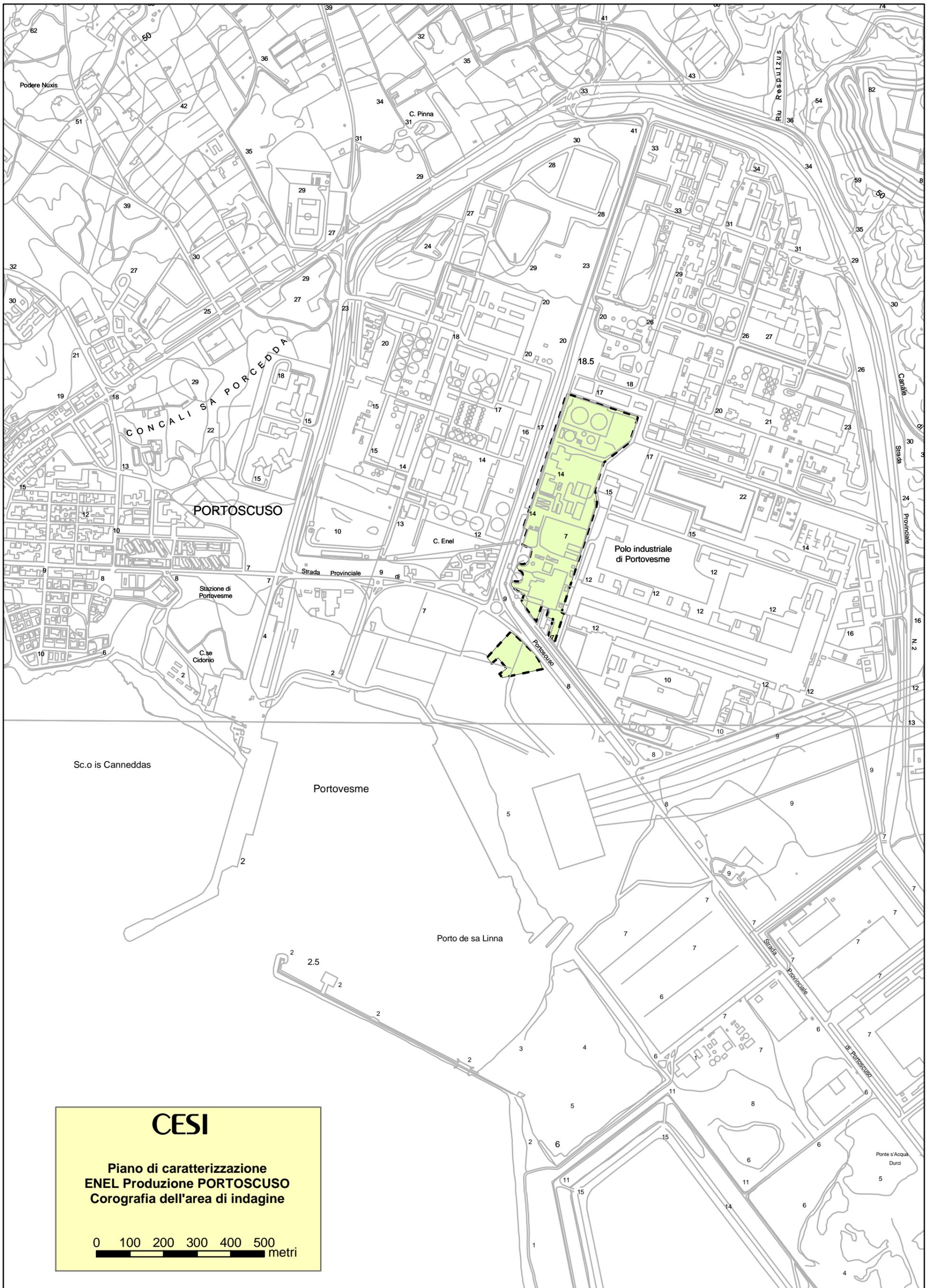
*5.4.2.14 Contenuto di acqua (campioni di terreno)*

*Sintesi del metodo analitico*

Il contenuto di acqua viene determinato nei suoli per via gravimetrica, secondo la procedura riportata nel decreto 13-9-1999 (GU 21-10-1999, punto II.2).

## ELENCO DELLE TAVOLE FUORI TESTO

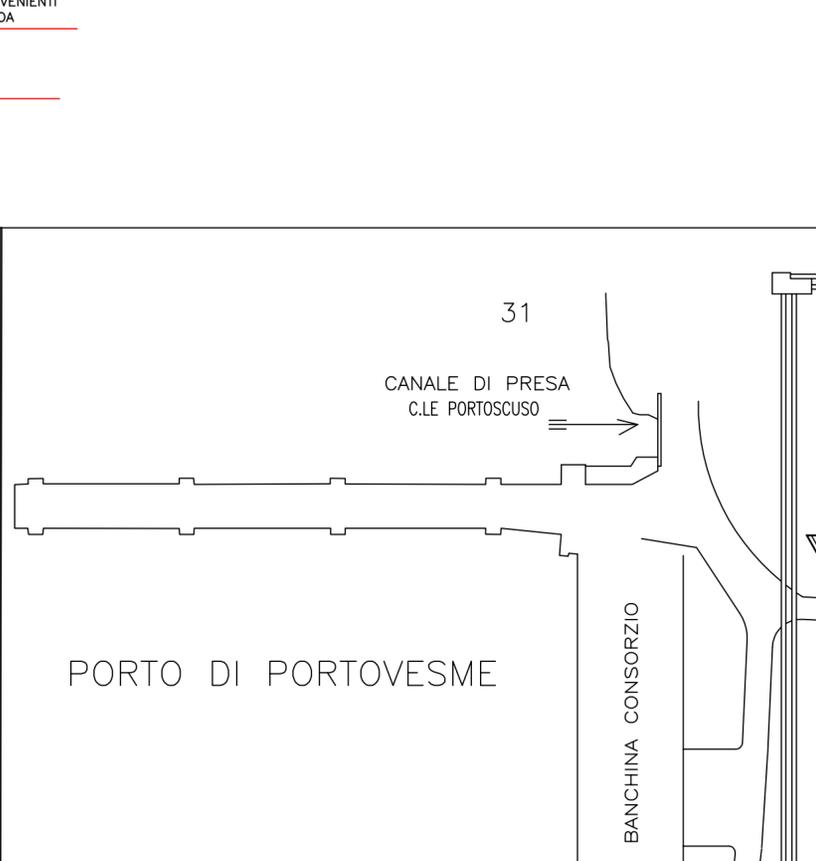
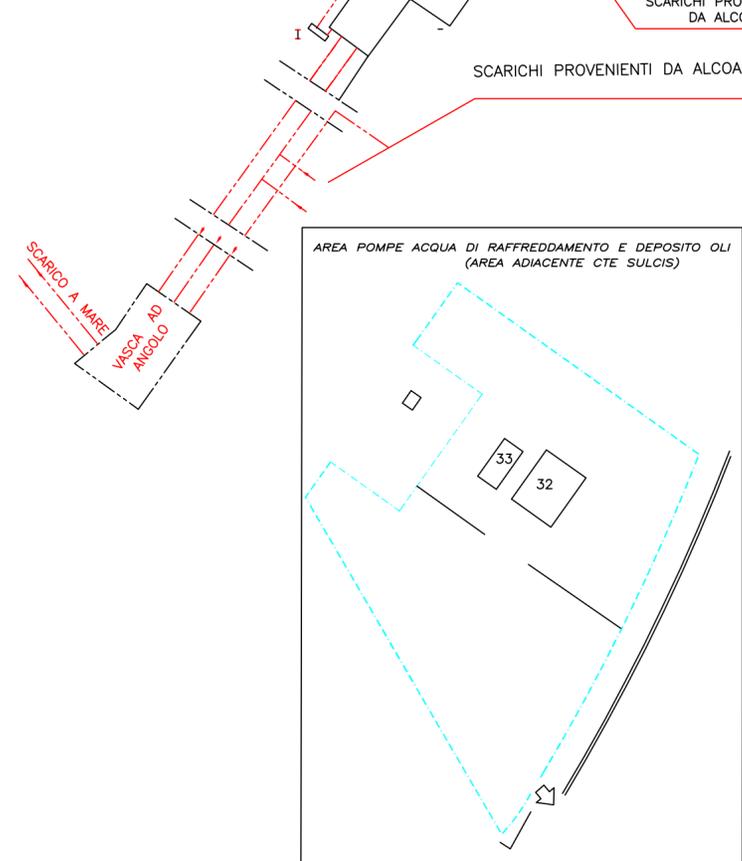
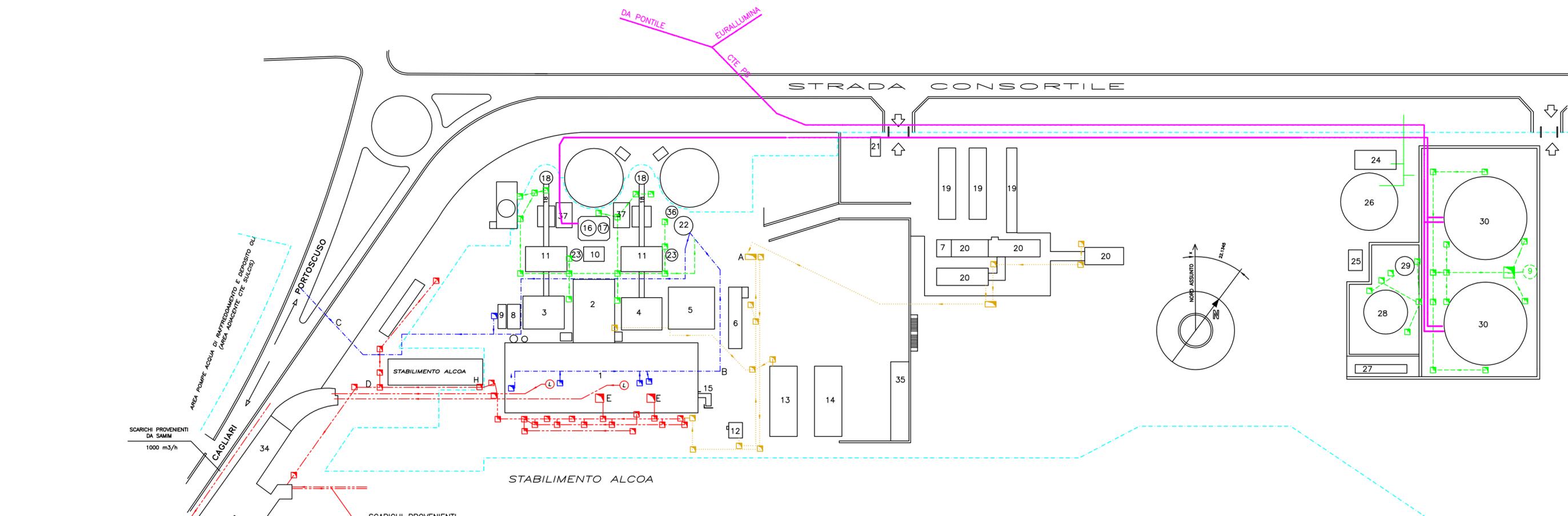
- Tavola I** – Corografia dell'area di indagine (scala 1:10.000)
- Tavola II** – Planimetria dell'impianto
- Tavola III** – Planimetria dei servizi ausiliari
- Tavola IV** – Ubicazione dei punti di indagine (scala 1:2.500)
- Tavola V** – Ubicazione dei punti di indagine attrezzati con piezometro (scala 1:2.500)



# CESI

Piano di caratterizzazione  
ENEL Produzione PORTOSCUSO  
Corografia dell'area di indagine

0 100 200 300 400 500 metri



- INGRESSO ACQUA INDUSTRIALE
- LIMITE DI CONFINI
- ACQUA A VASCA DI RESTITUZIONE
- ACQUE METEORICHE
- ACQUE POTENZIALMENTE ACIDE/ALCALINE
- ACQUE BIOLOGICHE
- LINEA O.C.D. INTERRATA
- LINEA O.C.D. A VISTA

L	ACQUA RAFFREDDAMENTO USCITA CONDENSATORE GR. 1/2
⊥	POZZETTO CAMPIONAMENTO SCARICHI SAMIM
H	POZZETTO CAMPIONAMENTO SCARICHI ENEL
G	VASCA DI RACCOLTA BACINO SERBATOI
F	SCARICHI PLUVIALI SALA MACCHINE
E	SCARICO ACQUA A DISSALATORI
D	SCARICHI ACQUA A VASCA DI RESTITUZIONE
C	TUBAZIONE DI COLLEGAMENTO CON I.T.A.R. SULCIS
B	ACQUE POTENZIALMENTE ACIDE/ALCALINE DI SALA MACCHINE
A	VASCA ACCUMULO E RILANCIO A CNISI
B	SERBATOIO DI NEUTRALIZZ. IMPIANTO TRATTAMENTO CONDENSATO
22	SERBATOIO 1.000 mc. PER ACCUMULO ACQUE POTENZIALMENTE ACIDE/ALCALINE

POS.	DESCRIZIONE
1	EDIFICIO SALA MACCHINE GRUPPO 1 E 2
2	EDIFICIO ELETTRICO GRUPPO 1 E 2
3	GENERATORE DI VAPORE GRUPPO 1
4	GENERATORE DI VAPORE GRUPPO 2
5	EDIFICIO OFFICINE
6	PREFABBRICATO ADIBITO A SPOGLIATOI (opera provvisoria)
7	INFERMERIA
8	TETTOIA SERBATOI ACIDO SOLFORICO E SODA
9	DIESEL DI EMERGENZA
10	EDIFICIO POMPE SPINTA NAFTA/GASOLIO
11	R.A. E CONDOTTI ARIA
12	LABORATORIO CHIMICO
13	PREFABBRICATO ADIBITO A MAGAZZINO (opera provvisoria)
14	MAGAZZINO MATERIALI PESANTI
15	DEPOSITO BOMBOLE IDROGENO
16	SERBATOIO O.C.D.
17	SERBATOIO GASOLIO
18	CONDOTTI FUMI E CAMINI
19	TETTOIA PARCHEGGIO AUTOMOBILI (opera provvisoria)
20	PREFABBRICATO ADIBITO AD UFFICI (opera provvisoria)
21	GUARDIOLA CTE
22	SERBATOIO DA 1000 mc ACQUE ACIDE
23	SERBATOIO DA 300 mc
24	EDIFICIO POMPE ANTINCENDIO
25	EDIFICIO POMPE TRASFERIMENTO COMBUSTIBILE
26	SERBATOIO ACQUA ANTINCENDIO
27	VASCA SEPARAZIONE OLIO
28	SERBATOIO ACQUA DISTILLATA
29	SERBATOIO OLIO FLUIDO SPIAZZAMENTO OLEODOTTO (DISMESSO)
30	SERBATOIO STOCCAGGIO OLIO COMBUSTIBILE
31	OPERA DI PRESA ACQUA MARE (IN AREA PORTO DI PORTOVESME)
32	EDIFICIO POMPE ACQUA DI RAFFREDDAMENTO (IN AREA ADIACENTE CTE SULCIS)
33	DEPOSITO OLI E LUBRIFICANTI (AREA ADIACENTE CTE SULCIS)
34	VASCA DI RESTITUZIONE ACQUA DI RAFFREDDAMENTO
35	DEPOSITO OLI ESAUSTI E ALTRI RIFIUTI
36	SILO CENERI (30 mc)
37	ELETTROFILTRI

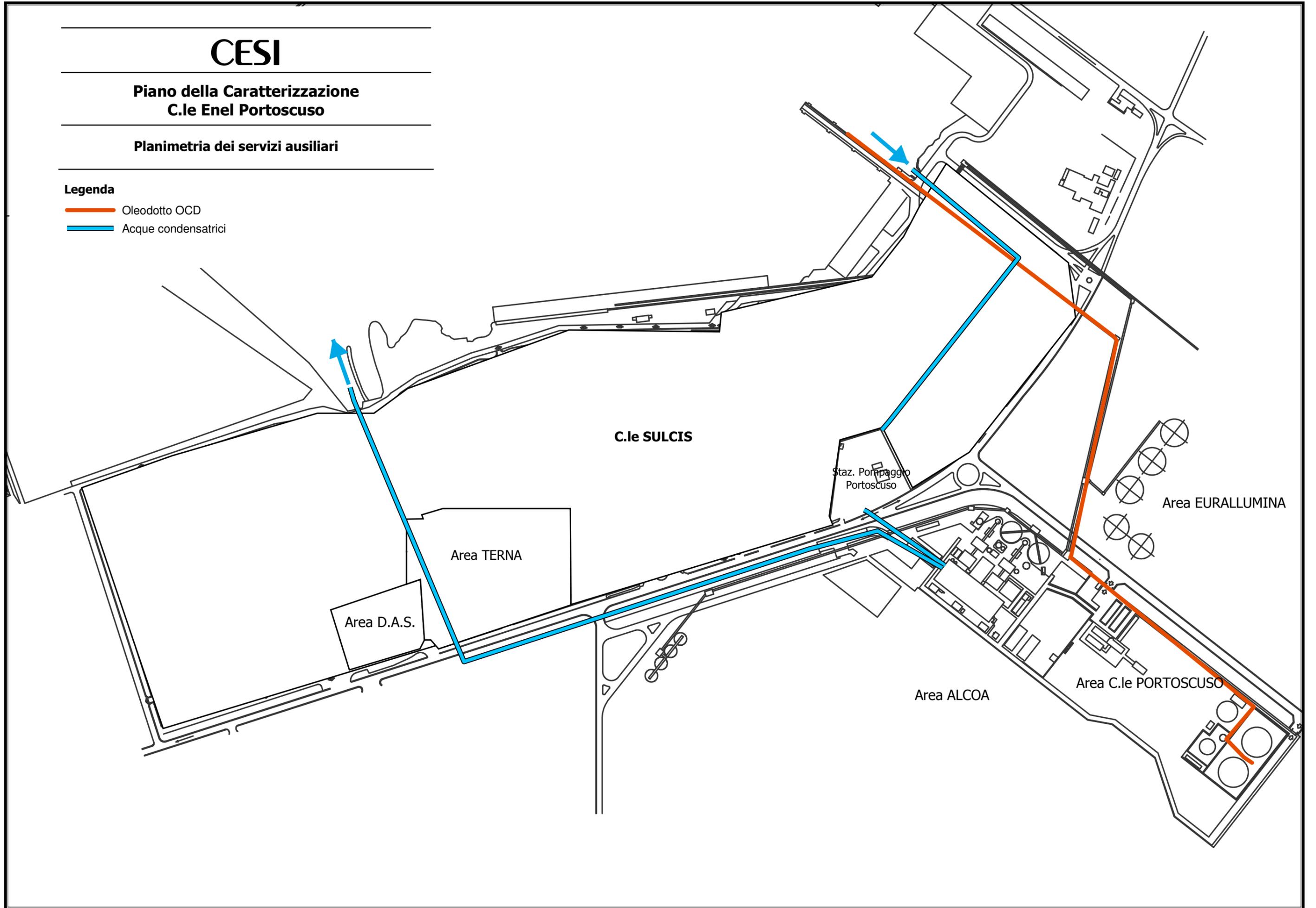
# CESI

## Piano della Caratterizzazione C.le Enel Portoscuso

### Planimetria dei servizi ausiliari

#### Legenda

-  Oleodotto OCD
-  Acque condensatrici



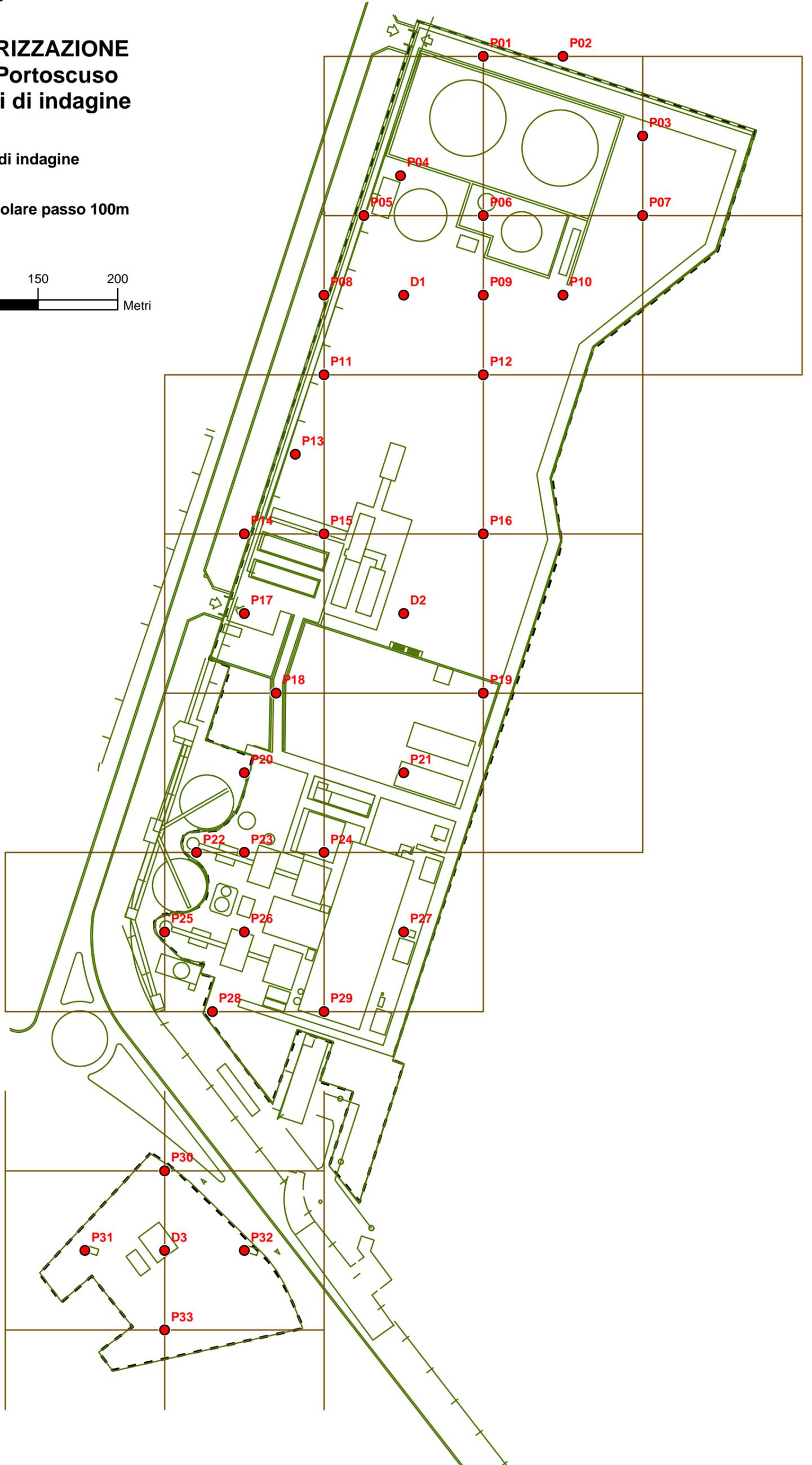
## PIANO DI CARATTERIZZAZIONE ENEL Produzione Portoscuso Ubicazione dei punti di indagine



punto di indagine



maglia regolare passo 100m



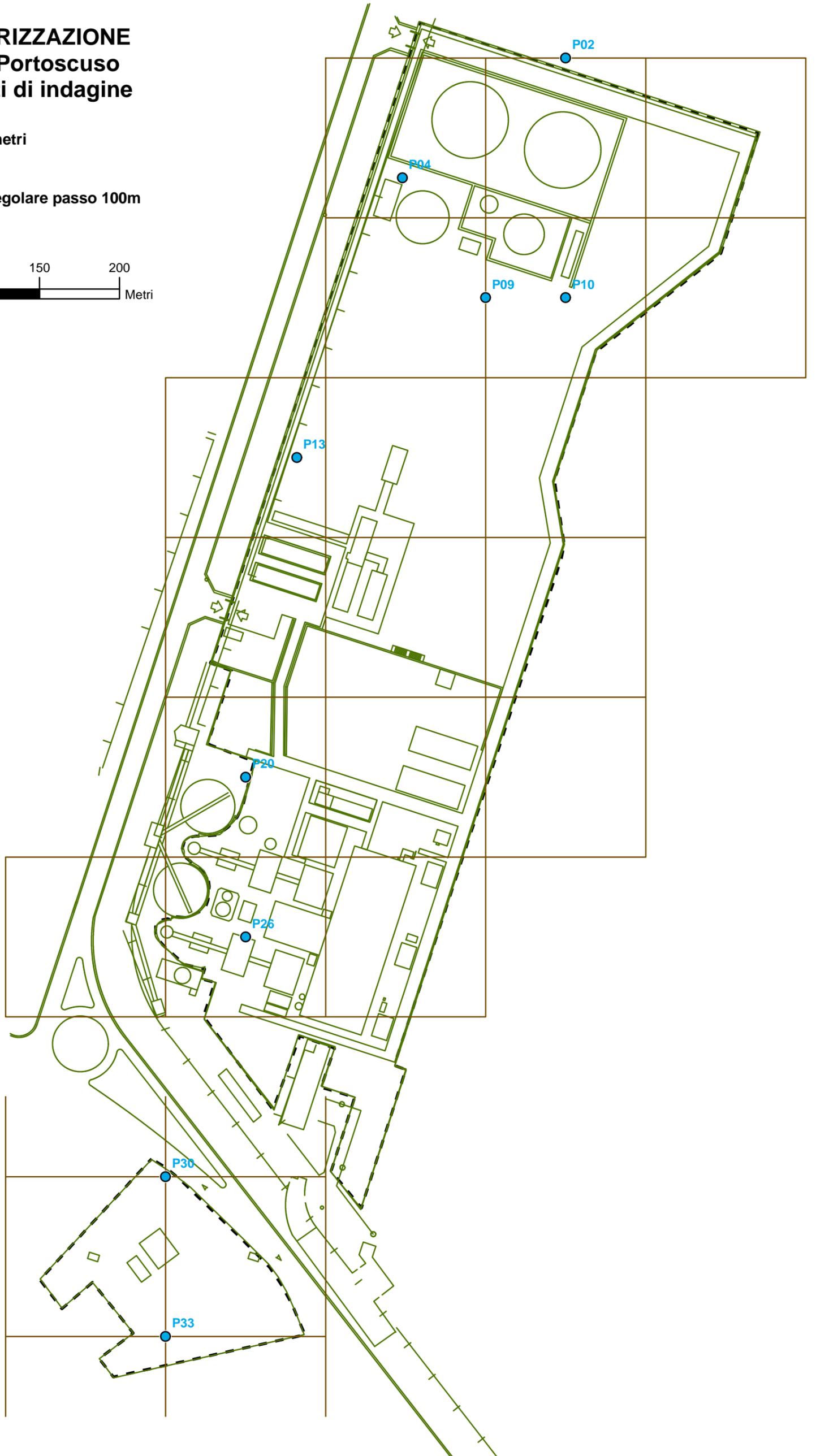
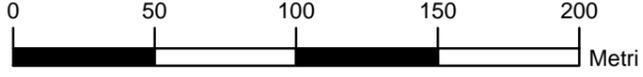
## PIANO DI CARATTERIZZAZIONE ENEL Produzione Portoscuso Ubicazione dei punti di indagine



piezometri



maglia regolare passo 100m



**Allegato 1**

Stralcio dal documento:

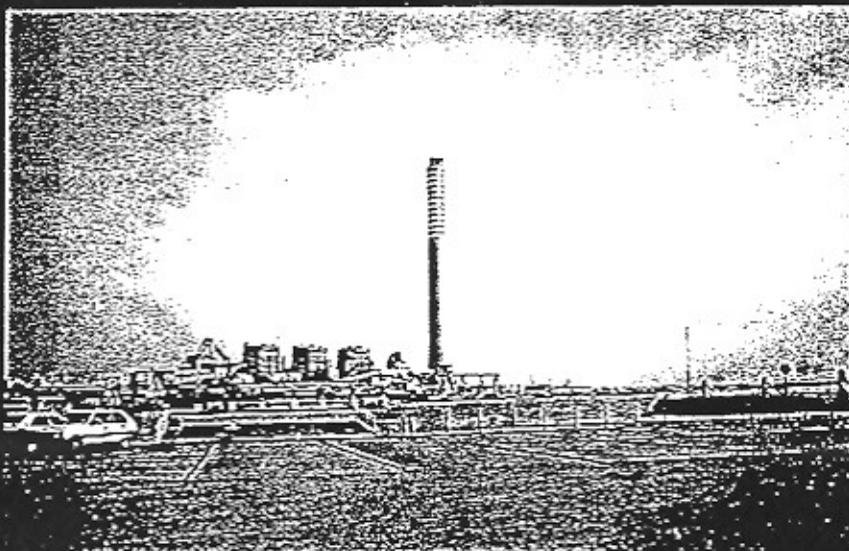
*Piano di disinquinamento per il risanamento del territorio del Sulcis-Iglesiente*  
Regione Autonoma della Sardegna – Assessorato della Difesa dell' Ambiente.

Tot. pagg. 11



Regione Autonoma della Sardegna  
Assessorato della Difesa dell'Ambiente

# Piano di disinquinamento per il risanamento del territorio del Sulcis-Iglesiente



## AGGIORNAMENTO DEL PIANO

Maggio 2000

Segreteria Tecnica del Comitato di Coordinamento

PROT. n.	A4/04419
CESI AMB.	08 APR. 2004
COPIA	DAM/R. GARZUAGLIA

PIANO DI DISINQUINAMENTO PER IL RISANAMENTO  
DEL TERRITORIO DEL SULCIS-IGLESIENTE

AGGIORNAMENTO DEL PIANO  
(ART. 10 DPGR n° 144 03/05/94)

Predisposto dalla Segreteria tecnica  
Con il supporto di



MAGGIO 2000

## 1. GENERALITA'

Il presente documento costituisce il secondo aggiornamento del "Piano di Disinquinamento per il Risanamento del territorio del Sulcis-Iglesiente".

Con esso si intende ottemperare agli obblighi indicati all'articolo 10 del DPGR N° 144 del 3/5/94 e, nel contempo, valutare le necessità di modifica delle linee di intervento del Piano stesso evidenziate dall'analisi dello stato attuale di qualità dell'ambiente.

Per tale motivo il documento considera come base di riferimento lo Stato di Attuazione del Piano stesso e la valutazione dello stato attuale di qualità dell'ambientale e gli scenari di evoluzione dello stesso, degli obiettivi conseguiti a seguito degli interventi già attuati.

Le condizioni che hanno condotto alla formulazione del Piano nella sua forma definitiva, sono note: il polo industriale di Portovesme, sorto alla fine degli anni '60 e sviluppatosi in pochi anni con la concentrazione in un'area limitata di grandi industrie con una intensa attività produttiva, ha determinato, nel territorio del Sulcis-Iglesiente, un progressivo peggioramento della qualità complessiva dell'ambiente nelle sue componenti principali aria, acqua e suolo, fino a determinare vere e proprie emergenze sul territorio.

Ciò è accaduto anche a causa delle politiche industriali precedentemente adottate, poco attente agli aspetti ambientali e alla minimizzazione degli impatti sul territorio.

Il Piano di disinquinamento per il risanamento del territorio del Sulcis-Iglesiente, adottato attraverso apposito atto legislativo (DPCM 23-4-93), intende rappresentare lo strumento operativo, per porre rimedio all'*alterazione degli equilibri ambientali* determinati nell'*area ad elevato rischio di crisi ambientale* dalla presenza di attività industriali concentrate.

In tale atto si legge che viene proposto un Piano teso ad individuare misure urgenti atte a rimuovere le situazioni di rischio e per il ripristino ambientale dell'area, i cui obiettivi erano mirati:

- a ridurre o eliminare i fenomeni di squilibrio ambientale e di inquinamento e alla realizzazione e all'impiego, anche agevolati, di impianti ed apparati per eliminare o ridurre l'inquinamento;
- alla vigilanza sui tipi e modi di produzione e sull'utilizzazione dei dispositivi di eliminazione o riduzione dell'inquinamento e dei fenomeni di squilibrio;
- a garantire la vigilanza e il controllo sullo stato dell'ambiente e sull'attuazione degli interventi.

L'effettiva attuazione del Piano ha visto la realizzazione di interventi atti a ridurre l'inquinamento intervenendo sulle singole fonti causali riconosciute, programmando interventi di bonifica mirati e garantendo la messa a punto di strumenti di controllo e vigilanza.

Si è, in sostanza, scelta la via dell'intervento puntuale e mirato mentre si è trascurata l'adozione di interventi di valenza territoriale che consentissero azioni finalizzate a ridurre le pressioni e gli impatti complessivi sulle componenti ambientali.

In particolare nel polo industriale di Portovesme, il quadro ambientale è caratterizzato dalle seguenti problematiche:

- modifiche della qualità dell'aria per effetto delle immissioni in atmosfera da parte delle industrie;
- polverosità diffusa per effetto dell'assetto viario, dei trasporti delle materie prime e dei cumuli diffusi;
- modifiche della qualità degli acquiferi per effetto di rilasci di sostanze inquinanti (metalli pesanti, alcalinità);
- alterazioni qualitative della falda a causa di eduzioni non controllate (salsificazione della falda);
- deposizione di metalli pesanti nei suoli;
- incremento dei processi erosivi nei suoli;
- modifiche della copertura vegetale;

## Qualità dell'acqua

### La qualità delle acque superficiali e sotterranee

Gli studi effettuati nell'area hanno permesso di delineare un quadro sufficientemente dettagliato ed esaustivo riguardante la qualità delle acque, già durante la realizzazione della scheda Q1-2.

I parametri utilizzati per il calcolo degli indici di qualità sono riportati nelle tabelle seguenti

Tabella degli indici parziali

Parametri	U.M.	INDICI PARZIALI				
		5	4	3	2	1
pH		6,5-8,5	6,0-6,5; 8,5-9,0	5,0-6,0; 9,0-9,5	4,0-5,0; 9,5-10,0	0-4,0; 10,0-14,0
Conducibilità	□S/cm	<1000	1000-1500	1500-2000	2000-4000	>4000
COD	mg/l	<10	10-20	20-30	30-160	>160
Cloruri	mg/l	<50	50-200	200-350	350-1200	>1200
Solfati	mg/l	<150	150-250	250-500	500-1000	>1000
Sodio	mg/l	<50	50-175	175-250	250-500	>500
Nitrati	mg/l	<25	25-50	50-75	75-100	>100
Magnesio	mg/l	<40	40-50	50-75	75-100	>100
Manganese	□g/l	<35	35-50	50-200	200-1000	>1000
Alluminio	□g/l	<100	100-200	200-500	500-1000	>1000
Ferro	□g/l	<100	100-200	200-1000	1000-2000	>2000
Rame	□g/l	<20	20-50	50-75	75-100	>100
Zinco	□g/l	<200	200-300	300-400	400-500	>500
Cromo totale	□g/l	<10	10-50	50-100	100-200	>200
Cadmio	□g/l	<1	1-5	5-10	10-20	>20
Arsenico	□g/l	<10	10-50	50-100	100-500	>500
Mercurio	□g/l	<0,5	0,5-1	1-3	3-5	>5
Piombo	□g/l	<10	10-50	50-100	100-200	>200
PCB e PCT	□g/l	<0,01	0,01-0,03	0,03-0,05	0,05-0,1	>0,1
CBT	N/100ml	<5	5-10	10-100	100-500	>500

Classificazione qualitativa delle acque realizzata sulla base della tabella degli indici parziali

Indice	Grado di qualità
81-100	Ottimo
61-80	Buono
41-60	Mediocre
20-40	Pessimo

Le considerazioni principali sull'argomento emerse nell'ambito del progetto succitato possono essere così riassunte (figure 11-13):

- I valori più alti del pH ricadono ad est di Paringianu, nella zona industriale e sulle discariche dell'Enirisorse di Acqua sa Canna e di Sa Piramide; almeno le ultime tre anomalie sono dovute alla contaminazione delle falde a seguito delle attività industriali.
- La distribuzione del pH nella zona industriale e nell'area di Sa Piramide, indica la presenza di due anomalie con elevati valori di pH ben distinguibili, site in corrispondenza degli stabilimenti dell'Eurallumina, dove in passato si è registrata una perdita di soda nella falda, e della discarica dell'Enirisorse di Sa Piramide.
- I valori più alti di conducibilità sono da attribuirsi con certezza alla presenza di acque salmastre, ma sono evidenti anche anomalie legate alle due discariche Enirisorse (fig. 13).
- La distribuzione dei valori di conducibilità nella zona industriale e nell'area di Sa Piramide indica, oltre all'evidente ingressione marina nel settore meridionale, in corrispondenza della discarica dei fanghi rossi, la presenza di alti valori in corrispondenza della discarica di Sa Piramide.
- Le maggiori concentrazioni in piombo coincidono con le discariche Enirisorse di Acqua sa Canna e, soprattutto, di Sa Piramide.
- Le maggiori concentrazioni in zinco coincidono ancora con le discariche Enirisorse e con l'area mineraria di Carbonia-Nuraxeddu.
- I contenuti in cloruri più elevati sono da attribuirsi ad ingressioni marine (aree costiere di Portoscuso - Matzaccara, di San Giovanni Suergiu - Palmas, di Sant'Antioco) (fig. 13).

Mentre per l'area esterna al polo di Portovesme i risultati degli studi effettuati sono stati considerati sufficienti per la definizione di una rete di monitoraggio, nella zona industriale, dove

il quadro ambientale è ben più complesso e il rischio di inquinamento delle acque è notevole, nell'ambito del progetto Q1-1, sono stati effettuati dei sopralluoghi nei principali stabilimenti (Portovesme s.r.l., Eurallumina, ENEL) al fine di conoscere nel dettaglio le interazioni tra le attività industriali e la falda e fotografare lo stato di salute della stessa.

Nel corso dei sopralluoghi, grazie alla collaborazione delle aziende, sono stati acquisiti dati relativi all'entità ed alla modalità dei prelievi dalla falda, informazioni relative alle caratteristiche geologiche, idrogeologiche, costruttive e di utilizzo dei pozzi presenti, dati analitici su campioni prelevati in passato dagli stessi. Inoltre è stato possibile campionare i pozzi più rappresentativi e sui campioni prelevati sono state effettuate analisi chimico-fisiche in situ (temperatura, conducibilità, pH, Eh) e determinazioni analitiche di laboratorio (Durezza; Residuo Fisso; Bilancio Ionico; Ammoniaca; Nitrati; COD; Metalli) presso il laboratorio chimico Progemisa.

Ciò ha permesso di definire dettagliatamente lo stato qualitativo dei corpi idrici e di progettare le reti di monitoraggio che dovranno vigilare sullo stato di salute delle acque circolanti nel settore.

Le principali considerazioni sono di seguito riassunte.

#### **EURALLUMINA**

Nello stabilimento sono presenti piezometri, pozzi superficiali e profondi per l'emungimento e pozzi per l'immissione di acque dolci, realizzati per contrastare fenomeni di contaminazione causati da perdite di soda registrate in passato.

Si è proceduto a campionare tre piezometri e tre pozzi in emungimento, due dei quali attingono dalla falda superficiale sulle sabbie ed uno dalla falda profonda nelle vulcaniti; sono state effettuate quindi le analisi chimico - fisiche in situ e sui piezometri è stato misurato il livello statico della falda.

L'esame dei dati delle analisi chimico - fisiche effettuate sui campioni prelevati porta alle seguenti considerazioni.

- Si segnala una differenza sostanziale tra le determinazioni analitiche effettuate sulle acque prelevate dai pozzi in emungimento rispetto a quelle prelevate dai piezometri con acque ferme, ad avvalorare la scarsa attendibilità di queste ultime. In particolare i campioni prelevati dai piezometri presentano contenuti in metalli notevolmente più alti, in particolare per quanto riguarda zinco e ferro, come d'altra parte era ipotizzabile sulla base della bibliografia esistente sull'argomento. Più bassi risultano invece i contenuti in cloruri, in particolare rispetto ai pozzi di emungimento che attingono dalla falda superficiale nelle sabbie; ciò è dovuto al richiamo di acque marine causato dal pompaggio. In base a queste considerazioni si preferisce attenersi all'esame dei pozzi in emungimento.

- Il pozzo profondo PP9 (Id Progemisa T555D1091), che insiste sull'acquifero delle vulcaniti e dal quale si prelevano circa 150 metri cubi/giorno, pari a 1,7 l/s, mostra contenuti in cloruri piuttosto elevati (356 mg/l), ma in linea con quanto osservato in altri pozzi insistenti sulle vulcaniti terziarie in settori lontani dalla linea di costa e dall'area industriale; i valori di durezza (24 °F) e di conducibilità (1331  $\mu$ S/cm) indicano comunque una qualità generale media dell'acqua, ma colpiscono gli elevati tenori in Zn (2593  $\mu$ g/l), indicanti probabilmente una contaminazione della falda, dovuta, si può ipotizzare, all'attiguo stabilimento della Portovesme, che tratta come materia prima, come noto, lo zinco. Risultano relativamente elevati anche i contenuti in Al (744  $\mu$ g/l).
- Il pozzo superficiale PS109 (Id Progemisa T555D1111), che insiste sull'acquifero delle sabbie e dal quale si prelevano circa 40 metri cubi/giorno pari a 0,5 l/s, presenta valori di conducibilità (3400  $\mu$ S/cm) e di durezza (110 °F) e contenuti in sodio (458 mg/l), in solfati (636 mg/l), in magnesio (85 mg/l) ed in cloruri (761 mg/l) elevati, ad indicare con certezza la presenza di ingressione marina; i contenuti in metalli risultano in generale bassi, ma spicca il Hg con 3,3  $\mu$ g/l che pur non essendo un dato allarmante indica senza dubbio la presenza di inquinamento.
- Il pozzo superficiale PS111 (Id Progemisa T555D1099), che insiste sull'acquifero delle sabbie e dal quale si prelevano circa 120 metri cubi/giorno pari a 1,4 l/s, mostra ancor più evidentemente la presenza di una ingressione marina. I valori di conducibilità (12390  $\mu$ S/cm) e di durezza (302 °F) ed i contenuti in sodio (1872 mg/l), in solfati (948 mg/l), in magnesio (335 mg/l) ed in cloruri (4122 mg/l) sono particolarmente elevati ed indicano un richiamo di acqua di mare. I contenuti in metalli risultano in generale bassi, ma spicca ancora il Hg con 3,3  $\mu$ g/l e l'Al con 846  $\mu$ g/l.

#### PORTOVESME S.R.L. (EX ENIRISORSE)

Sono stati campionati 4 piezometri mentre un quinto è risultato franato e quindi privo d'acqua.

Le campionature effettuate, pur limitate dall'impossibilità di effettuare lo spurgo dei piezometri, hanno permesso comunque di fare alcune importanti considerazioni, di seguito riassunte.

- Particolarmente preoccupanti risultano i valori di conducibilità riscontrati sul piezometro B (Id Progemisa T555D1025 - 10380 microsiemens/cm), in coincidenza con alti contenuti in sodio (1505 mg/l) ed in cloruri (rispettivamente 3202 mg/l). Tali valori potrebbero essere messi in relazione con una perdita da una tubazione che convoglia acque marine agli impianti Portovesme s.r.l., utilizzate per il raffreddamento degli impianti, o indicare un richiamo di acque marine da parte dei diversi pozzi in emungimento nell'area industriale. In

ogni caso è certo che nella falda è in atto un importante fenomeno di contaminazione, probabilmente non direttamente collegato al ciclo produttivo, che deve essere innanzitutto compreso appieno e sul quale appare assolutamente necessario intervenire. L'esame dei dati storici è ugualmente significativo; pur con le dovute cautele dovute a diversi problemi legati all'acquisizione dei dati pregressi, l'esame dei valori di conducibilità dei piezometri Enirisorse - Portovesme indica in generale un graduale peggioramento qualitativo dal 1991 ad oggi. In particolare il piezometro B mostra valori di conducibilità passanti da 4000 microsiemens/cm negli anni 1991-1993, a 5000 microsiemens/cm negli anni 1994-1997, a 6000 microsiemens/cm nel 1998, a 7500 microsiemens/cm nel febbraio 1998, fino a 10380 microsiemens/cm nel novembre 1999.

- Anche il piezometro D (Id Progemisa T555D1027) presenta elevati valori di conducibilità (8030 microsiemens/cm) in coincidenza con contenuti in sodio ancor più elevati (4014 mg/l) ma contenuti in cloruri più bassi (886 mg/l); in questo piezometro spiccano invece il pH (11,77) ed il colore biancastro dell'acqua. Si è in presenza di un grave fenomeno di inquinamento dovuto probabilmente alla soda.
- In tutti i piezometri campionati i contenuti in metalli indicano fenomeni di inquinamento da metalli diffusi; in particolare il Cd, con valori fino a 2,2 mg/l, il Pb con valori fino a 3,3 mg/l, lo Zn, con valori fino a 21,8 mg/l, l'As, con valori fino a 1,5 mg/l ed il Hg, con valori fino a 4 microgrammi/litro risultano essere i più preoccupanti.

#### ENEL

Sono stati campionati 2 pozzi, dai quali saltuariamente sono effettuati prelievi per il riempimento dei vasconi antincendio, ed una emergenza di falda.

Le campionature effettuate hanno permesso di fare alcune importanti considerazioni.

- Si può osservare che il campione prelevato dal pozzo fermo presenta, rispetto a quello prelevato dal pozzo con pompa in funzione, valori di conduttività e contenuti in ioni maggiori più elevati, pur insistendo sulla stessa falda. Ciò è dovuto al fatto che, nel primo caso, il campionamento ha riguardato acque ferme, e rispecchia quanto illustrato ampiamente in letteratura.
- Si può inoltre affermare come la qualità generale delle acque prelevate dai pozzi sia da considerarsi medio-bassa, ma non particolarmente influenzata dall'attività industriale. Infatti, risultano preoccupanti solo i contenuti in cloro ed in sodio, a segnalare un probabile richiamo di acque marine; contenuti in ferro e zinco leggermente elevati, non sono infatti particolarmente rilevanti.

- Un campione è stato prelevato da un'emergenza di falda sita in uno scavo sulle sabbie, probabilmente una vecchia cava. Nello scavo è sita una stazione di pompaggio della Portovesme, che serve per rilanciare lungo una condotta acqua di mare utilizzata nel ciclo di produzione, ed una stazione di pompaggio di appartenenza Eurallumina, che pompa l'acqua di falda da utilizzare nel ciclo industriale. In quest'area le direzioni di flusso orientate circa N-S indicano che le acque che affluiscono nella zona delle stazioni di pompaggio passano sotto l'area dello stabilimento Eurallumina, ubicato in una zona contigua a quella in oggetto. Le sostanze utilizzate da Eurallumina nel ciclo produttivo, ed in particolare la soda, sono responsabili dell'elevato valore di pH riscontrato (10,88) e degli alti valori in sodio (circa 3,2 g/l); sono da chiarire anche gli elevati tenori in idrocarbonato (3428 mg/l), in piombo (667 microgrammi/l), in arsenico (428 microgrammi/litro).