

# URS

Italia

**ANALISI DI RISCHIO E PROGETTO  
DI MESSA IN SICUREZZA  
PERMANENTE DELLA  
"AREA VERDE"**

*CENTRALE TERMOELETRICA DI PIACENZA*

*su incarico di*

*EDIPOWER S.P.A.*

PA, dicembre 2003

URS Italia S.r.l.  
Via Bertieri, 4  
I-20146 Milano  
Italia  
Tel: +39 02 422556.1  
Fax: +39 02 422556.21  
[www.urscorp.com](http://www.urscorp.com)

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>3</b>
1.1	PREMESSA .....	3
1.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	3
1.3	SCOPO DEL LAVORO .....	4
1.4	ORGANIZZAZIONE DEL DOCUMENTO.....	4
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE ED AMBIENTALE</b> .....	<b>6</b>
2.1	DESCRIZIONE DEL SITO.....	6
2.2	IDROGRAFIA SUPERFICIALE .....	6
2.3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DELL'AREA ESTESA.....	7
2.4	GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA DELL'AREA VERDE .....	7
2.5	INDAGINI AMBIENTALI .....	8
2.5.1	<i>Sintesi delle attività di caratterizzazione</i> .....	8
2.5.2	<i>Quadro di sintesi dello stato del sottosuolo</i> .....	8
2.6	MODELLO CONCETTUALE DEL SITO .....	9
2.6.1	<i>Sorgenti di contaminazione</i> .....	9
2.6.2	<i>Vie di esposizione e ricettori</i> .....	10
<b>3</b>	<b>ANALISI DELLE TECNOLOGIE DI BONIFICA</b> .....	<b>11</b>
3.1	CRITERI GENERALI.....	11
3.2	RISULTATI.....	12
3.3	CONCLUSIONI.....	13
<b>4</b>	<b>ANALISI DI RISCHIO</b> .....	<b>14</b>
4.1	OBIETTIVI E METODOLOGIA UTILIZZATA .....	14
4.2	SINTESI DEI RISULTATI E CONCLUSIONI.....	15
4.2.1	<i>Risultati e conclusioni</i> .....	15
<b>5</b>	<b>DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI</b> .....	<b>17</b>
5.1	DESCRIZIONE DI DETTAGLIO DEGLI INTERVENTI.....	17
5.1.1	<i>Attività I – rimozione dei materiali accumulati</i> .....	17
5.1.2	<i>Attività II – livellamento morfologico</i> .....	18
5.1.3	<i>Attività III - confinamento dei tralicci delle linee elettriche</i> .....	18
5.1.4	<i>Attività IV – protezione dei piezometri esistenti</i> .....	18
5.1.5	<i>Attività V – impermeabilizzazione dell'area</i> .....	19
5.1.6	<i>Attività VI - sistemazione e rivestimento della scarpata lato Finarda</i> .....	19
5.1.7	<i>Attività VII – opere di completamento</i> .....	20
5.2	VALIDAZIONE DEGLI INTERVENTI .....	20
<b>6</b>	<b>PRESCRIZIONI E LIMITAZIONI ALL'USO DEL SITO</b> .....	<b>21</b>
<b>7</b>	<b>PIANO DEI CONTROLLI E DEI MONITORAGGI</b> .....	<b>22</b>
7.1	CONTROLLI DELLE OPERE.....	22
7.2	MONITORAGGI AMBIENTALI.....	22

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1	Inquadramento del sito con perimetrazione dell'AREA VERDE
Figura 2	Morfologia, ante operam, dell'AREA VERDE ed ubicazione dei punti di indagine
Figura 3	Sintesi dello stato di contaminazione dei terreni
Figura 4	Andamento della superficie piezometrica
Figura 5	Schema interventi – planimetria generale
Figura 6	Schema interventi – pianta, sezioni e particolari
Figura 7	Schema interventi – sistemazione scarpata lato Finarda - ubicazione sezioni
Figura 8	Schema interventi – sistemazione scarpata lato Finarda – vista, sezioni e particolare

## INDICE DEGLI ALLEGATI

Allegato I	Analisi comparativa delle tecnologie applicabili
Allegato II	Analisi di rischio
Allegato III	Documentazione fotografica dell'area

# 1 INTRODUZIONE

## 1.1 Premessa

In corrispondenza della porzione sud-est della Centrale Termoelettrica di Piacenza, denominata convenzionalmente "Area Verde" (nel seguito AREA VERDE), le indagini di caratterizzazione ambientale hanno evidenziato alcuni superamenti, rispetto ai limiti del DM 471/99 per uso commerciale-industriale, delle concentrazioni di alcuni metalli pesanti a fronte di una generale assenza di contaminazione nelle restanti porzioni della proprietà Edipower.

Le successive campagne di monitoraggio hanno confermato i risultati preliminari nonché l'assenza di impatti significativi a carico della falda e delle acque superficiali individuate come recettori.

Edipower, in previsione di utilizzare l'AREA VERDE come area di cantiere per lavori di conversione a ciclo combinato della Centrale, ha eseguito, nel gennaio÷ottobre 2003, un intervento di pavimentazione dell'area medesima che, avendo indirettamente anche funzioni di impermeabilizzazione, si configura come "messa in sicurezza permanente" ai sensi del DM 471/99.

Il presente documento, volto principalmente a verificare e dimostrare la congruità dell'intervento di cui sopra rispetto all'iter previsto dal DM 471/99, rappresenta il "progetto di bonifica" del sottosuolo della Centrale Termoelettrica di Piacenza di proprietà Edipower S.p.A..

La possibilità di predisporre contemporaneamente un Progetto Preliminare e Definitivo, è stata ritenuta ammissibile dagli Enti.

## 1.2 Documenti di riferimento

Il presente documento è stato sviluppato sulla base dei risultati degli studi di caratterizzazione descritti nei documenti nel seguito elencati:

- "Piano di caratterizzazione della Centrale Termoelettrica di Piacenza – Eurogen S.p.A" – URS, gennaio 2002.
- "Integrazioni al piano della caratterizzazione rev.0 – Centrale Termoelettrica di Piacenza – Edipower S.p.A." - URS, gennaio 2003.
- "Monitoraggio delle acque sotterranee, dicembre/02 – Centrale Termoelettrica di Piacenza – Edipower S.p.A." - URS, gennaio 2003.
- "Monitoraggio delle acque sotterranee, marzo/03 – Centrale Termoelettrica di Piacenza – Edipower S.p.A." - URS, aprile 2003.
- "Monitoraggio delle acque sotterranee, giugno/03 – Centrale Termoelettrica di Piacenza – Edipower S.p.A." - URS, luglio 2003.
- "Monitoraggio delle acque sotterranee – settembre/03 – Centrale Termoelettrica di Piacenza – Edipower S.p.A." - URS, ottobre 2003.
- "Integrazioni al piano della caratterizzazione rev.1 – Centrale Termoelettrica di Piacenza – Edipower S.p.A." - URS, dicembre 2003.

### 1.3 Scopo del lavoro

Gli obiettivi del lavoro sono:

- I. presentare una sintesi della distribuzione dei contaminanti nel sottosuolo della proprietà Edipower;
- II. individuare le modalità di messa in sicurezza e/o bonifica teoricamente attuabili presso l'AREA VERDE ai sensi del DM 471/99;
- III. valutare il rischio, per la salute umana e per l'ambiente, connesso con la contaminazione rilevata presso l'AREA VERDE;
- IV. descrivere gli interventi già in essere presso l'AREA VERDE, fornendone tutti i particolari costruttivi;
- V. validare gli interventi medesimi (in "back analysis"), valutandone la congruenza con le modalità individuate al precedente punto II e con le prescrizioni del DM 471/99;
- VI. proporre eventuali interventi per la "messa a norma" e/o limitazioni all'uso del sito;
- VII. definire il piano dei controlli e monitoraggi post operam.

### 1.4 Organizzazione del documento

Il documento è articolato nelle seguenti sezioni, oltre alla presente introduzione:

#### **Capitolo 2 - Inquadramento territoriale ed ambientale**

Sono descritti sinteticamente il sito in esame, l'evoluzione storica, la rete idrografica e l'assetto geologico ed idrogeologico a scala regionale e locale.

Viene inoltre presentato, in sintesi, il quadro delle indagini condotte e della situazione di contaminazione del sottosuolo dell'area.

#### **Capitolo 3 - Analisi delle tecnologie**

Viene fornita una descrizione delle tecnologie di bonifica potenzialmente adottabili, considerando le caratteristiche geologiche ed idrogeologiche del sito e la tipologia dei contaminanti identificati nel sottosuolo; è inclusa una matrice di screening per la selezione delle tecnologie applicabili al caso in esame.

#### **Capitolo 4 - Analisi di rischio**

Vengono forniti i risultati della analisi del rischio, posto in essere dalla contaminazione accertata presso l'AREA VERDE, nelle condizioni di utilizzo attuali e previste per il futuro.

#### **Capitolo 5 - Descrizione di dettaglio degli interventi**

Vengono validati e descritti nel dettaglio gli interventi già eseguiti presso l'AREA VERDE, fornendo tutti i particolari costruttivi e le specifiche tecniche dei materiali utilizzati.

**Capitolo 6 - Prescrizioni e limitazioni all'uso del sito**

Vengono fornite le prescrizioni relative a vincoli e limitazioni all'uso del sito.

**Capitolo 7 – Piano dei controlli e dei monitoraggi**

Viene definito il programma dei controlli e dei monitoraggi post operam per garantire l'efficienza nel tempo degli interventi eseguiti.

## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE ED AMBIENTALE

Nella presente sezione si presenta una sintesi delle informazioni sul sito in esame, l'assetto geologico ed idrogeologico a scala regionale e locale.

Viene inoltre fornito il quadro di sintesi delle indagini condotte e della situazione di contaminazione rilevata.

### 2.1 Descrizione del sito

L'area della Centrale Termoelettrica Edipower, ubicata nella Pianura Padana emiliana, a sud del fiume Po, risiede nel territorio comunale di Piacenza.

Dal punto di vista viario essa è collegata alla Strada Statale n°9 "Via Emilia", alle Autostrade A1 Piacenza-Milano e A21 Torino-Piacenza-Brescia, alle reti ferroviarie Milano-Piacenza-Bologna e Torino-Piacenza-Bologna tramite un breve raccordo, che si dirama dalla stazione di Piacenza, interposta fra la Centrale stessa e l'abitato di Piacenza.

Il territorio circostante la Centrale si presenta per lo più pianeggiante, digradante dolcemente verso nord ed è caratterizzato dalla presenza di corsi d'acqua naturali ed artificiali, destinati sia al prelievo di acque per l'utilizzo agricolo delle aree limitrofe, sia come recettori di acque di scolo.

L'AREA VERDE, oggetto del presente documento, è collocata nel sito della centrale sopra descritto ed occupa una superficie di circa 3,5 ettari. Essa confina a nord con il viadotto dell'autostrada A21, a sud-ovest con il piazzale autobotti e a sud-est con il canale collettore delle acque denominato "Alte - Finarda" (Figura 1).

L'area, che prima degli interventi del gennaio÷ottobre 2003 risultava invasa da vegetazione spontanea e presentava cumuli di materiali derivanti da attività di scavo e demolizione (Figura 2), attualmente si presenta completamente recintata e pavimentata con conglomerato bituminoso. Nelle fotografie di Allegato III viene documentato l'aspetto dell'AREA VERDE prima del gennaio 2003 ed attualmente, durante la visita in sito del 09/12/03.

### 2.2 Idrografia superficiale

I corsi d'acqua principali del territorio sono il fiume Po, che scorre in direzione ovest-est circa 40 metri a nord dalla Centrale, il fiume Trebbia, che scorre in direzione sud-ovest / nord-est circa 6 chilometri a ovest dell'abitato di Piacenza ed il Torrente Nure che scorre circa 10 chilometri a est di Piacenza, anch'esso in direzione sud-ovest / nord-est.

Il canale collettore Finarda "delle acque alte" scorre parallelamente al confine orientale di stabilimento e recapita gli scarichi fognari dell'abitato di Piacenza al fiume Po, previo loro trattamento presso un impianto di depurazione.

### 2.3 Inquadramento geologico ed idrogeologico dell'area estesa

In base alle analisi stratigrafiche effettuate sulle perforazioni eseguite per la costruzione delle principali strutture della centrale, emerge che il terreno di origine alluvionale è strutturato in strati orizzontali dalle caratteristiche granulometriche ben distinte. In generale la successione litologica è costituita da:

- terreni di riporto fino a circa 9 metri dal piano campagna, rappresentati da sabbie e ghiaie superiormente e limi argillosi negli ultimi 2 metri;
- limi argillosi, non riportati, per uno spessore medio di circa 3 metri (da circa 9 a circa 12 metri);
- sabbie e ghiaie, anche grossolane, per uno spessore medio di circa 6 metri (da circa 12 a circa 18 metri) (sede del primo acquifero);
- limo argilloso per uno spessore medio di circa 8-10 metri (da circa 18 a circa 27 metri);
- ghiaie grossolane e sabbie per uno spessore medio di circa 5 metri (da circa 27 a circa 32 metri);
- sabbie e ghiaie grossolane (da circa 32 metri in poi).

Il livello di limo argilloso che costituisce la base impermeabile del primo acquifero, localmente si interdigita con livelli sabbioso-ghiaiosi che però non appaiono idraulicamente separati tra loro e dal primo acquifero.

Il sistema acquifero locale è costituito da una falda freatica superficiale che ha il pelo libero ad una profondità di circa 10 metri dal piano campagna.

L'analisi dei dati piezometrici storici forniti dalla Centrale evidenzia uno stretto rapporto fra il primo acquifero ed i livelli del Fiume Po. In generale, nel corso dell'anno il fiume drena la falda rappresentandone il livello di base locale.

Falde più profonde sono localizzate al di sotto degli spessi livelli impermeabili, costituiti da sedimenti argilloso-limosi, che confinano parzialmente o in alcuni casi totalmente gli strati saturi individuati.

La direzione del flusso idrico sotterraneo riscontrata nei piezometri di controllo realizzati nel sito di interesse risulta essere complessivamente da sud verso nord, direzione confermata da altri dati riportati in letteratura.

### 2.4 Geologia e idrogeologia dell'AREA VERDE

Nell'AREA VERDE si riscontra una successione stratigrafica lievemente differente rispetto a quanto rilevato all'interno dell'area impianti, ovvero:

- si evidenzia un maggiore spessore dei materiali di riporto a matrice grossolana;
- contrariamente all'area impianti, la falda in particolari condizioni si riscontra già nei materiali di riporto e pare in comunicazione idraulica con i depositi permeabili sottostanti, saturi.

Il sottosuolo è caratterizzato nei primi 25 metri circa da una successione litologica costituita da terreni e materiali di riporto (ghiaie nei primi 5-12 metri, cui fanno seguito argille), sedimenti a bassa permeabilità (argille), ghiaie e sabbie; nelle

quali è impostata una falda freatica la cui superficie si attesta a circa 9,5-10 metri di profondità dal piano campagna.

Il livello di base della falda superficiale, costituito da uno strato argilloso di spessore variabile, è riportato a circa 24 metri di profondità. A queste argille fanno seguito ulteriori ghiaie e sabbie, sedi di un secondo acquifero di tipo confinato.

La direzione principale di deflusso della falda superficiale è da sud verso nord, in direzione del fiume Po.

L'andamento medio della superficie piezometrica è riportato nella planimetria di Figura 4.

## 2.5 Indagini ambientali

### 2.5.1 Sintesi delle attività di caratterizzazione

Le principali attività di caratterizzazione ambientale relative all'AREA VERDE, sono sintetizzate nel seguito. La descrizione dettagliata delle indagini ambientali previste nel Piano della Caratterizzazione e successive integrazioni, è riportata nei documenti elencati al paragrafo 1.2, cui si rimanda per maggiori dettagli.

In particolare, nell'AREA VERDE sono stati eseguiti:

- un rilievo plano-altimetrico di dettaglio con una densità di punti pari o superiore a 70 per ettaro;
- 30 scavi esplorativi;
- 5 sondaggi a carotaggio continuo;
- 6 pozzi di monitoraggio.

Nel corso delle attività di escavazione e di perforazione sono stati prelevati 6 campioni di acque e 27 campioni di terreni. La totalità dei punti di campionamento realizzati nell'AREA VERDE rappresenta pertanto una maglia equivalente media di investigazione di circa 36 metri di lato.

L'ubicazione di tutti i punti di indagine è riportata in Figura 2.

### 2.5.2 Quadro di sintesi dello stato del sottosuolo

Nel seguito vengono riassunte le caratteristiche qualitative del sottosuolo dell'AREA VERDE desunte dalle indagini eseguite per il Piano della Caratterizzazione e successive integrazioni.

Si ribadisce inoltre che le indagini medesime hanno sostanzialmente escluso la contaminazione delle acque sotterranee e dei terreni per le restanti aree della Centrale.

La ubicazione e quantificazione dei superamenti rispetto ai limiti del DM 471/99 è riportata in Figura 3.

#### Terreni

In alcune porzioni si sono rilevate concentrazioni di metalli pesanti eccedenti i limiti di riferimento del DM 471/99 per siti industriali. La conseguente quantità di terreno interessata dalla presenza di materiali interrati risulterebbe pari a circa 43.000 m<sup>3</sup>.

In particolare le concentrazioni eccedenti i limiti di legge risultano relative ai seguenti composti:

- Arsenico, in un solo caso con concentrazione di 115 mg/kg.
- Cadmio, in un solo caso con concentrazioni di 64 mg/kg.
- Cromo totale, in concentrazioni dell'ordine delle centinaia di mg/kg con un solo superamento pari a 1.722 mg/kg.
- Nichel, presente in concentrazioni dell'ordine delle centinaia di mg/kg con un valore massimo di 9.401 mg/kg.
- Piombo, presente in concentrazioni dell'ordine delle centinaia di mg/kg con punte di 2.405 e 2.049 mg/kg.
- Rame, presente in concentrazioni dell'ordine delle decine di mg/kg con un massimo di 1.500 mg/kg.
- Zinco, presente in concentrazioni dell'ordine delle centinaia di mg/kg con punte di alcune migliaia di mg/kg.

Inoltre, nell'area verde risultavano presenti (ante gennaio 2003) cumuli di materiali da scavo e demolizione, privi di evidenze di contaminazione, per un volume stimato di circa 2.000 m<sup>3</sup>.

#### Acque sotterranee

Nel settore sud-orientale del sito (AREA VERDE) non si è rilevata traccia di impatti evidenti sulla qualità delle acque sotterranee, sia dai risultati dell'indagine iniziale che dai successivi monitoraggi periodici, eseguiti in tutto il 2003.

## 2.6 Modello concettuale del sito

L'elaborazione del modello concettuale delle aree in studio ha la finalità di riassumerne le caratteristiche specifiche e di identificare i potenziali recettori eventualmente interessati dallo stato di contaminazione dell'area.

Per la definizione del modello concettuale vengono prese in esame la storicità del sito, le caratteristiche dominanti (idrogeologiche, ambientali, ecc.), le fonti di contaminazione (tipologia delle sorgenti e delle sostanze di interesse) e le possibili vie di trasmissione dei contaminanti (dirette e indirette) nei diversi ambiti e matrici ambientali, allo scopo di valutare l'esposizione di potenziali recettori.

### 2.6.1 Sorgenti di contaminazione

La contaminazione dell'area verde è costituita da *hot spots* di suolo contaminato da metalli; ciò significa che alcuni campioni prelevati superano le concentrazioni limite contenute nell'allegato 1 del D.M. 471/99. Si tratta tuttavia di fenomeni isolati in quanto non si ravvisa alcuna continuità nella contaminazione dell'area. Ciò impone di valutare singolarmente il rischio posto da ciascuna zona contaminata.

La contaminazione è localizzata sia nel **suolo superficiale** (profondità inferiore o uguale a 1 metro dal piano campagna), con evidenza analitica limitata ad un solo campione per il parametro Arsenico, sia nel **suolo profondo** (profondità maggiore di 1 metro).

Non sono state rilevate significative contaminazioni della falda che pertanto non costituisce una sorgente della contaminazione. Essa deve essere considerata un

mezzo intermedio di trasporto attraverso il quale i contaminanti situati nella zona vadosa, mediante dilavamento dovuto principalmente alle acque meteoriche possono raggiungere il recettore.

#### *2.6.2 Vie di esposizione e ricettori*

Le vie di esposizione potenzialmente attive sono legate all'azzoneamento urbanistico attuale dell'area che risulta essere quello "industriale". L'area oggetto dello studio nei prossimi tre anni sarà utilizzata come base operativa (cantiere) per i lavoratori impiegati in opere di conversione a ciclo combinato della Centrale. Negli anni successivi, invece, il sito sarà adibito ad usi diversi, compatibili con le limitazioni e vincoli che verranno definiti.

L'area verde è attualmente pavimentata con conglomerato bituminoso allo scopo di consentirne l'utilizzo per accogliere le baracche di cantiere per le opere di conversione a ciclo combinato della Centrale; detta pavimentazione impedisce inoltre il contatto diretto tra il suolo e gli utilizzatori e limita l'infiltrazione di acqua meteorica, evitando il dilavamento dei contaminanti ed il loro trasporto in falda.

## 3 ANALISI DELLE TECNOLOGIE DI BONIFICA

### 3.1 Criteri generali

I criteri generali per gli interventi di bonifica di siti contaminati sono definiti nell'allegato 3 al D.M. 471/99.

Ulteriori linee guida generali sono reperibili nell'articolo 2 del medesimo decreto (Definizioni) e nel D.Lgs. 22/97 dove si individua esplicitamente la necessità di limitare interventi di bonifica che prevedano il semplice trasferimento dell'ammasso di contaminanti ad altra destinazione.

Il D.M. 471/99 prevede inoltre la possibilità di interventi di bonifica con misure di sicurezza che garantiscano la tutela ambientale e sanitaria con concentrazioni residue nel sito superiori a quelle tabellari (art. 5) e di interventi di messa in sicurezza permanente per ammassi di rifiuti per i quali non sia possibile la rimozione (art. 6).

Le deroghe al raggiungimento degli obiettivi di bonifica intesi come riduzione delle concentrazioni di sostanze inquinanti a valori almeno pari ai valori di concentrazione limite accettabili sono vincolate:

- alla dimostrazione dell'impossibilità di raggiungere tali obiettivi ovvero di rimuovere i rifiuti;
- alla esecuzione di una analisi del rischio che deve essere svolta secondo le direttive dell'Allegato 4 al citato decreto.

Al fine di verificare/dimostrare la congruità dell'intervento già eseguito da Edipower presso l'AREA VERDE rispetto all'iter previsto dal DM 471/99, in questa sezione vengono analizzate le tecnologie potenzialmente applicabili per la bonifica del sito, considerando la tipologia di inquinanti rinvenuti nel sottosuolo e le caratteristiche geologiche ed idrogeologiche delle aree in esame.

In particolare, si è scelto, per chiarezza espositiva, di descrivere le tecnologie distinguendo quelle che interessano la porzione insatura del sottosuolo da quelle applicabili alla porzione satura, indicando quali di queste tecnologie possano essere applicate:

- *in situ*, ossia senza rimuovere la matrice contaminata dalla sua attuale posizione;
- *on site*, cioè rimuovendo la matrice contaminata dalla sua attuale posizione per trattarla e riutilizzarla nel sito stesso;
- *ex situ*, cioè con asportazione e trasferimento della matrice contaminata all'esterno del sito e successivo trattamento o smaltimento.

L'analisi delle tecnologie è stata condotta facendo riferimento alla letteratura internazionale ed all'esperienza professionale di URS Italia nel campo specifico.

Per ogni tecnologia presa in esame e di seguito elencata sono indicati i principali vantaggi e svantaggi ed è formulata una valutazione in merito all'applicabilità al caso in esame.

**Zona insatura:**

- Scavo e Smaltimento (Dig & Disposal)
- Impermeabilizzazione superficiale ed incapsulamento
- Soil Flushing
- Solidificazione/Stabilizzazione (S/S)
- Desorbimento termico (TD)
- Estrazione di Vapori dal Sottosuolo (SVE – Soil Vapour extraction)
- Stimolazione biologica attraverso ventilazione in situ (BV – Bio Venting)
- Iniezione di vapore (SI - Steam Injection)

**Zona satura:**

- Tecniche di recupero del prodotto in fase surnatante;
- Air Sparging e Biosparging (AS – BAS);
- Barriere fisiche;
- Barriere idrauliche;
- Barriere reattive;
- Spiazzamento mediante tensioattivi (SEAR – Surfactant Enhanced Acquirer Recovery);
- Monitoraggio dell'attenuazione naturale (MNA);

**3.2 Risultati**

L'analisi comparativa di ciascuna tecnologia è condotta nel dettaglio in Allegato I mentre, nella tabella seguente, sono sintetizzati i risultati della valutazione eseguita.

*Tabella 1 - Analisi tecnologie potenzialmente applicabili*

Tecnologia	Applicabilità	Zona intervento	Obiettivo
Scavo e smaltimento	<b><i>Appropriata (non idonea)</i></b>	Insatura	Terreni e riporti contaminati da metalli
Impermeabilizzazione superficiale	<b><i>Appropriata (idonea)</i></b>	Insatura + satura	Terreni e riporti contaminati da metalli
Soil washing	<b><i>Appropriata (non idonea)</i></b>	Insatura	Terreni contaminati da metalli
Soil flushing	<b><i>Appropriata (non idonea)</i></b>	Satura	Terreni contaminati da metalli
Solidificazione/Stabilizzazione	<b><i>Appropriata (non idonea)</i></b>	Insatura	Terreni e riporti contaminati da metalli
Estrazione di vapori dal sottosuolo (Soil Vapour Extraction)	Non appropriata (per presenza di contaminanti inorganici)	Insatura	Terreni contaminati da metalli

Stimolazione biologica attraverso ventilazione in situ (BioVenting)	Non appropriata (per presenza di contaminanti inorganici)	Insatura	Terreni contaminati da metalli
Iniezione di vapore (Steam Injection)	Non appropriata (per presenza di contaminanti inorganici)	Insatura	Terreni contaminati da metalli
Desorbimento termico (Thermal Desorption)	Non appropriata (per presenza di contaminanti inorganici)	Insatura	Terreni contaminati da metalli
Sistemi di recupero delle fasi surnatanti	Non appropriata (per assenza di prodotto in fase separata)	Satura	Terreni contaminati da metalli
Air Sparging / Bio sparging	Non appropriata (per presenza di contaminanti inorganici)	Satura	Terreni contaminati da metalli
Monitoraggio attenuazione naturale	Non appropriata (per presenza di contaminanti inorganici)	Insatura + satura	Terreni contaminati da metalli

### 3.3 Conclusioni

Sulla base della analisi delle tecnologie potenzialmente applicabili, gli interventi di impermeabilizzazione superficiale risultano appropriati per la messa in sicurezza permanente del sito di cui trattasi in quanto, rispetto ad altre tecnologie:

- richiedono limitati interventi di escavazione e rimozione di terreno;
- risultano realizzabili a costi sostenibili;
- sono relativamente contenuti i costi di esercizio e manutenzione successivi all'intervento;
- minimizzano i possibili impatti sull'ambiente ed i relativi rischi derivanti dalla dispersione di polveri in caso di scavi e movimentazioni di suoli;
- garantiscono efficacia di risultati sia sulla porzione insatura che, previa verifica del rischio, su quella satura.

## 4 ANALISI DI RISCHIO

In riferimento alla messa in sicurezza permanente dell'AREA VERDE, si è effettuato uno studio valutando il rischio per l'ambiente e la salute umana, associato alla contaminazione del suolo e riporti-misto suoli nella zona insatura. Per detta analisi sono stati utilizzati i dati disponibili dalle indagini di caratterizzazione dell'area.

Nel seguito viene riportata una sintesi della metodologia adottata e dei risultati ottenuti.

La descrizione completa delle elaborazioni è riportata in Allegato II.

### 4.1 Obiettivi e metodologia utilizzata

L'obiettivo dello studio è quello di analizzare, utilizzando metodologie riconosciute a livello internazionale, la situazione ambientale del sito alla luce dei dati di caratterizzazione disponibili e delle destinazioni d'uso dell'area interessata e di individuare eventuali non conformità per le matrici suolo e acque sotterranee, in relazione a valori di riferimento comunemente riconosciuti.

La valutazione è stata effettuata sia in riferimento alla normativa ambientale vigente in Italia che traendo spunto dai più recenti orientamenti metodologici della ricerca in ambito internazionale.

Lo studio effettuato può essere così riassunto:

1. Revisione e rielaborazione dei dati esistenti;
2. Valutazione della qualità delle matrici ambientali di interesse, utilizzando come standard di riferimento le concentrazioni limite riportate nella normativa italiana vigente (DM 471/99);
3. Individuazione di eventuali situazioni di non conformità rispetto agli standard sopra citati.

Nel caso specifico l'analisi è stata effettuata applicando metodologie internazionalmente riconosciute per la valutazione del rischio assoluto per la salute umana, derivante da situazioni di contaminazione di terreni ed acque sotterranee, in accordo con le linee guida dell'American Standard for Testing and Materials, metodologia RBCA – Risk-Based Corrective Action (standard E1739-95 e PS104-98).

In particolare sono stati ipotizzati i seguenti scenari:

- Scenario 1 - assenza della pavimentazione

Tale scenario simula la condizione dei lavoratori che utilizzano le baracche situate nell'area, nell'ambito del cantiere per le opere di realizzazione della nuova centrale, e dei futuri utilizzatori dell'area, in assenza della pavimentazione. Lo scenario è riconducibile ad un ipotetico utilizzo del sito, per gli scopi descritti, nelle condizioni in cui era precedentemente alla realizzazione dell'opera.

- Scenario 2 - presenza della pavimentazione

Tale scenario simula la condizione dei lavoratori che utilizzano le baracche situate nell'area, nell'ambito del cantiere per le opere di realizzazione della nuova centrale, e dei futuri utilizzatori dell'area con pavimentazione integra.

- Scenario 3 - lavori di scavo nell'area o pavimentazione in cattivo stato

Tale scenario simula la assenza parziale della pavimentazione, connessa alla esecuzione di attività di scavo, limitate nel tempo e nello spazio, o al deterioramento della pavimentazione stessa. Le vie di esposizione ed i bersagli sono, cautelativamente, i medesimi che per lo Scenario 1.

## 4.2 Sintesi dei risultati e conclusioni

I modelli di rischio implementati hanno consentito di definire i rischi associati al terreno contaminato presente in superficie, in profondità nella zona insatura e sottofalda nella zona satura.

### 4.2.1 Risultati e conclusioni

L'analisi di rischio, condotta laddove le concentrazioni mostrano un superamento dei limiti previsti dal DM 471/99, per gli scenari considerati, ha preso in considerazione come recettori:

- per un periodo di esposizione triennale, i lavoratori impiegati nelle attività di cantiere per la conversione a ciclo combinato della Centrale e in lavori di escavazione che comportassero contatto diretto con il terreno contaminato;
- successivamente, i fruitori dell'area con destinazione ancora da definire.

Il rischio risulta legato prevalentemente alla contaminazione da metalli nei terreni superficiali, i cui riscontri analitici sono la contaminazione puntuale da Arsenico relativa al TP18 e la contaminazione relativa a Cadmio, Piombo, Rame e Zinco riscontrate a 1,8 metri di profondità (ma estendibili prudenzialmente alla superficie) in corrispondenza del TP3.

Nel caso di lavori di manutenzione della pavimentazione, la via di esposizione "inalazione di suolo" e le vie di esposizione "contatto dermico" ed "ingestione di suolo" (cumulate) determinano un rischio cancerogeno legato alla presenza di arsenico in superficie. Si evidenzia che detto risultato deriva dall'utilizzo, nel modello, di standard di esposizione calcolati su una base di oltre 25 anni e quindi molto cautelativi rispetto a quanto prospettato, come previsto dalla metodologia internazionale.

In fase di realizzazione di lavori di manutenzione della pavimentazione, di opere interratoe o, in corrispondenza di aree in cui la copertura venga a mancare, si dovranno pertanto adottare misure di protezione degli operatori congruenti con le condizioni di contaminazione delle aree di intervento e con i rischi connessi.

Le simulazioni effettuate per valutare l'eventuale rischio derivante da percolazione di acque nel sottosuolo hanno messo in luce come, nelle condizioni normali di infiltrazione, non si osservino situazioni di superamento dei limiti di riferimento al limite di proprietà nella direzione di deflusso della falda, identificato come punto di conformità (circa 500 m) e potenziale recettore finale.

Anche nell'evento più critico legato a fenomeni di infiltrazione accentuata (perdite), la situazione al punto di conformità resta entro i limiti previsti dal D.M. 471/99 (esempio del rame).

La impermeabilizzazione superficiale in asfalto porta ad un decremento della concentrazione in fase dissolta soprattutto al di sotto della sorgente di contaminazione, e ad una maggior redistribuzione della contaminazione nella zona insatura.

La contaminazione nella zona satura, simulata con valori estremamente cautelativi del coefficiente di trasferimento solido/liquido, mostra che a lungo termine le concentrazioni al punto di conformità sono, limitatamente ad alcuni composti, dell'ordine dei µg/l e inferiori ai limiti previsti per le acque sotterranee.

Dal momento che l'orizzonte temporale simulato è molto lungo devono essere previsti periodici monitoraggi delle acque sotterranee al fine di verificare se le condizioni utilizzate nelle simulazioni possano essere ritenute ancora valide a medio (10-20 anni) e lungo termine (50-100 anni).

## 5 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Nel seguito vengono descritti nel dettaglio gli interventi già eseguiti presso l'AREA VERDE, fornendo tutti i particolari costruttivi e le specifiche tecniche dei materiali utilizzati.

In sintesi gli interventi, indirizzati alla messa in sicurezza permanente dei terreni e dei materiali di riporto, hanno previsto la impermeabilizzazione dell'area con:

- conglomerato bituminoso, sulle superfici piane;
- e pannelli in cemento armato, sulla scarpata lato canale Finarda.

Detti interventi sono stati realizzati da Edipower nel periodo gennaio÷ottobre 2003.

### 5.1 Descrizione di dettaglio degli interventi

Si descrivono di seguito i principali interventi eseguiti per la sistemazione della AREA VERDE, al fine di poterla utilizzare come area a servizio del cantiere, durante le attività di conversione a ciclo combinato della centrale termoelettrica.

- I. rimozione dei materiali accumulati;
- II. spianamento orizzontale dell'intera area;
- III. confinamento dei tralicci delle linee elettriche esistenti sull'area;
- IV. protezione dei piezometri esistenti;
- V. impermeabilizzazione dell'area;
- VI. sistemazione e rivestimento della scarpata lato canale Finarda;
- VII. opere di completamento (apertura di passi carrai, realizzazione rete di terra, recinzioni, sistema di raccolta acque meteoriche, posa di condotti e pozzetti per la rete di alimentazione elettrica, punto di fornitura di acqua potabile, posa di palo illuminante e formazione di rete di collegamento elettrico e telefonico).

I particolari costruttivi di progetto, cui si fa riferimento nel corso della trattazione, sono riportati nelle seguenti figure:

- Figura 5 Planimetria generale;
- Figura 6 Pianta, sezioni e particolari;
- Figura 7 Ubicazione sezioni – sistemazione della scarpata lato canale Finarda;
- Figura 8 Vista, sezioni e particolare – sistemazione della scarpata lato canale Finarda.

La descrizione delle attività operative dell'intervento viene esposta nei successivi paragrafi.

#### 5.1.1 Attività I – rimozione dei materiali accumulati

Sull'area verde erano presenti accumuli di materiali, depositi nel corso degli anni e costituiti principalmente da inerti.

I suddetti materiali dopo adeguata selezione sono stati trasportati presso le aree di stoccaggio individuate da Edipower S.p.A. per il successivo riutilizzo e/o smaltimento.

I manufatti in calcestruzzo semplice o armato quali plinti, basamenti, tronchi di pilastri, parti di muratura ecc, sono stati preventivamente demoliti in loco prima del loro trasporto a deposito.

La fase sopra descritta è stata eseguita dopo una serie di scavi esplorativi sulle aree indicate e numerate in Figura 9 al fine di selezionare preventivamente eventuali materiali non recuperabili.

#### *5.1.2 Attività II – livellamento morfologico*

L'operazione di livellamento è stata eseguita per ottenere una superficie orizzontale in tutta l'area. Per tale operazione sono stati utilizzati i terreni accumulati in sito, ripuliti dai materiali estranei, e materiali di cava (ciottoli e ghiaie) fino a colmare le depressioni ancora presenti sul terreno e ad ottenere una superficie liscia. I materiali sono stati successivamente compattati mediante rullo vibrante.

La compattazione e relativa portanza del piano così ottenuto è stata verificata mediante prove di carico su piastra a cicli ripetuti (n. 2 cicli ripetuti) con riferimento alla Norma Svizzera SN670317a.

#### *5.1.3 Attività III - confinamento dei tralicci delle linee elettriche*

L'area di intervento presenta n°3 tralicci di sostegno delle linee elettriche di cui:

- N°2 di proprietà delle Ferrovie dello Stato;
- N°1 di proprietà di Enel Distribuzione.

Il confinamento è consistito nella realizzazione di un cordolo perimetrale in c.a., distante circa 2,50 m dal basamento dei tralicci e sporgente di 30 cm dal piano finito del piazzale.

La raccolta delle acque meteoriche all'interno dell'area perimetrata avviene per mezzo di idoneo pozzetto collegato al sistema principale di drenaggio.

Il volume interposto tra il basamento dei tralicci ed il nuovo cordolo di confinamento, è stato colmato con ciottoloni di cava, intasato con strato di ghiaia - pietrisco e finito con tout-venant bitumato sino al piano del basamento del traliccio stesso.

#### *5.1.4 Attività IV – protezione dei piezometri esistenti*

Sull'area in oggetto sono ubicati n°6 piezometri per il monitoraggio della falda (indicati in Figura 2 con MW2-MW7-MW8-MW9-MW10-MW21).

Detti piezometri sono stati protetti mediante posa in opera di pozzetti in calcestruzzo senza fondo (dimensione interna 80 x 80 cm) dotati di chiusura carrabile a tenuta stagna.

I pozzetti sono stati posati su letto di calcestruzzo magro (spessore di 10 cm) sigillato ulteriormente al fondo con malta cementizia.

### 5.1.5 Attività V – impermeabilizzazione dell'area

Sul terreno, livellato e compattato come descritto al precedente punto 5.2.2 si è steso un geocomposito avente la funzione di separazione, rinforzo e di distribuzione dei carichi nel terreno sottostante.

Il geocomposito (tipo TENAX GT 330) aveva le seguenti caratteristiche:

- accoppiato mediante termosaldatura di geogriglie in polipropilene biorientate ed isotrope con un nontessuto in polipropilene da 140 g/mq;
- struttura piana monolitica con una distribuzione regolare di aperture circa rettangolari che individuano fili longitudinali e trasversali con giunzioni;
- polimero costituente il manufatto: 100% PP (polipropilene);
- peso unitario (ISO 9864): 560 g/mq (di cui 140 g/mq di geotessile);
- resistenza massima a trazione: MD30 kN/m; TD30 kn/m (su singolo filo ISO 10319);
- allungamento a snervamento (ISO 10319): MD11%; TD11%.

Il geocomposito è stato posato per strati, con il geotessile rivolto verso il basso, sormontati per almeno 0,20 m orizzontalmente e longitudinalmente per almeno 0,50 m.

Successivamente alla stesa del geocomposito sono stati realizzati i restanti strati del sistema di impermeabilizzazione, ovvero:

- strato di fondazione, costituito da ciottoloni di cava, steso sul geocomposito, a strati successivi, sino al raggiungimento dello spessore minimo di 40 cm a formare le pendenze necessarie al convogliamento delle acque superficiali ;
- finitura dello strato di cui sopra, mediante stesa e compattazione per rullatura di uno strato (10 cm) di materiale minuto di intasamento (ghiaia con pezzatura di 12-20 mm);
- completamento mediante stesa e rullatura di uno strato di 10 cm di tout-venant bitumato, con 4,50% di bitume sul peso del conglomerato e penetrazione 80-100.

Prima della stesura dello strato di tout-venant bitumato, sono state eseguite ulteriori prove di carico su piastra.

In corrispondenza degli accessi sono state realizzate rampe di accesso e raccordo.

### 5.1.6 Attività VI - sistemazione e rivestimento della scarpata lato Finarda

L'isolamento dell'area è stato completato con il rivestimento della scarpata a lato del canale Finarda mediante:

- riprofilatura della scarpata in terra lato canale;
- realizzazione, lungo il piede della suddetta scarpata, di cordolatura continua in c.a. (dimensioni 0,60 x 0,30 m);
- rivestimento della scarpata e della banchina di sommità, con lastre di calcestruzzo in c.a. a vista gettato in opera, armato con rete elettrosaldata. I pannelli sono stati realizzati ad interasse di 4 m, interrotti con giunti trasversali sigillati con mastice bituminoso.

### *5.1.7 Attività VII – opere di completamento*

Le opere di completamento hanno incluso la recinzione dell'area con relativi varchi provvisti di cancelli, la realizzazione del sistema di raccolta delle acque meteoriche, l'installazione di rete di terra ed utilities.

## **5.2 Validazione degli interventi**

Gli interventi già eseguiti da Edipower presso l'AREA VERDE hanno conseguito la messa in sicurezza permanente dell'area medesima, secondo le modalità previste dal DM 471/99.

La soluzione tecnologica adottata risulta idonea ed applicabile al caso in esame, come dimostrato nel Capitolo 3 (ed Allegato I).

L'accettabilità delle concentrazioni residue nei suoli, superiori ai limiti di riferimento del D.M. 471/99, è stata determinata attraverso una rigorosa valutazione del rischio per la salute umana e per l'ambiente, come dimostrato nel Capitolo 4 (ed Allegato II).

## 6 PRESCRIZIONI E LIMITAZIONI ALL'USO DEL SITO

L'efficacia e la conformità con il DM 471/99 delle opere di messa in sicurezza permanente dell'AREA VERDE, già realizzate, è stata validata con il presente documento, tenendo conto delle seguenti condizioni:

### Scenario 1 - assenza della pavimentazione

Tale scenario simula la condizione dei lavoratori che utilizzano le baracche situate nell'area, nell'ambito del cantiere per le opere di realizzazione della nuova centrale, e dei futuri utilizzatori dell'area, in assenza della pavimentazione. Lo scenario è riconducibile ad un ipotetico utilizzo del sito, per gli scopi descritti, nelle condizioni in cui era precedentemente alla realizzazione dell'opera.

### - Scenario 2 - presenza della pavimentazione

Tale scenario simula la condizione dei lavoratori che utilizzano le baracche situate nell'area, nell'ambito del cantiere per le opere di realizzazione della nuova centrale, e dei futuri utilizzatori dell'area con pavimentazione integra.

### - Scenario 3 - lavori di scavo nell'area o pavimentazione in cattivo stato

Tale scenario simula la assenza parziale della pavimentazione, connessa alla esecuzione di attività di scavo, limitate nel tempo e nello spazio, o al deterioramento della pavimentazione stessa. Le vie di esposizione ed i bersagli sono, cautelativamente, i medesimi che per lo Scenario 1.

Nell'ambito degli scenari sopra individuati, ogni attività che coinvolga i terreni sottostanti l'asfalto, quale ad esempio:

- manutenzione dello strato di copertura, che richieda una parziale e temporanea rimozione del medesimo;
- scavi e/o perforazioni per la realizzazione di opere interrato;

richiederà di gestire il rischio per il personale connesso alla potenziale esposizione ai contaminanti presenti.

Le opere nel sottosuolo, eventualmente autorizzate, dovranno adottare procedure operative volte ad evitare ogni possibile forma di mobilitazione dei contaminati nei terreni.

## 7 PIANO DEI CONTROLLI E DEI MONITORAGGI

### 7.1 Controlli delle opere

Per garantire nel tempo l'efficacia dell'impermeabilizzazione superficiale dovrà essere adottato il seguente piano di manutenzione, da realizzare con cadenza almeno annuale.

- 1) copertura in asfalto:
  - individuazione di aree danneggiate (a causa del transito di automezzi, gelo, ecc.);
  - individuazione di anomalie morfologiche, causate da cedimenti nel sottofondo, con possibili accumuli localizzati di acque meteoriche;
  - ripristino delle pendenze di progetto e rifacimento delle porzioni pavimentazione danneggiate;
  - verifica, manutenzione e pulizia della rete di raccolta e canalizzazione delle acque meteoriche.
- 2) scarpata lato Finarda:
  - controllo ed eventuale ripristino dei giunti in mastice bituminoso, di sigillatura tra le lastre in c.a.;
  - verifica generale degli ancoraggi;
  - verifica, manutenzione e pulizia della rete di canalizzazione delle acque piovane.
- 3) pozzetti e piezometri:
  - verifica, manutenzione e pulizia dei pozzetti di protezione dei piezometri;

### 7.2 Monitoraggi ambientali

Per verificare/confermare le condizioni utilizzate nelle simulazioni dell'analisi di rischio dovrà essere adottato il seguente piano di monitoraggio della qualità delle acque sotterranee, da condurre per un periodo di 5 anni:

- campionamento con cadenza annuale delle acque sotterranee dai piezometri MW2-MW7-MW8-MW9-MW10-MW21;
- analisi chimiche sui campioni prelevati per la determinazione dei parametri potenzialmente critici individuati nei terreni (metalli pesanti).