

LE BONIFICHE DEI
SITI CONTAMINATI
E DEI
BENI CONTENENTI AMIANTO
ALLA LUCE DELLA NORMATIVA AMBIENTALE

Modulo 2 – tecniche di bonifica

Dott. Sergio Citran
Firenze, 4 marzo 2021



1^a Parte

Attività di caratterizzazione
Modello concettuale del sito
Analisi di Rischio

2^a Parte

Bonifica dei siti
Criteri di scelta degli interventi
Tipologia di interventi sui suoli sulle acque
Attività degli organi di controllo

Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 - Testo Unico Ambiente (TUA)

Parte quarta - Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinati

Titolo V - Bonifica di siti contaminati (artt. 239÷253)

I CRITERI GENERALI PER LA CARATTERIZZAZIONE ANALISI DI RISCHIO E BONIFICA DEI SITI VENGONO RIPORTATI NEGLI ALLEGATI ALLA PARTE QUARTA

Allegato 1 - criteri generali per l'analisi di rischio sanitario ambientale sito-specifica

Allegato 2 - criteri generali per la caratterizzazione dei siti contaminati

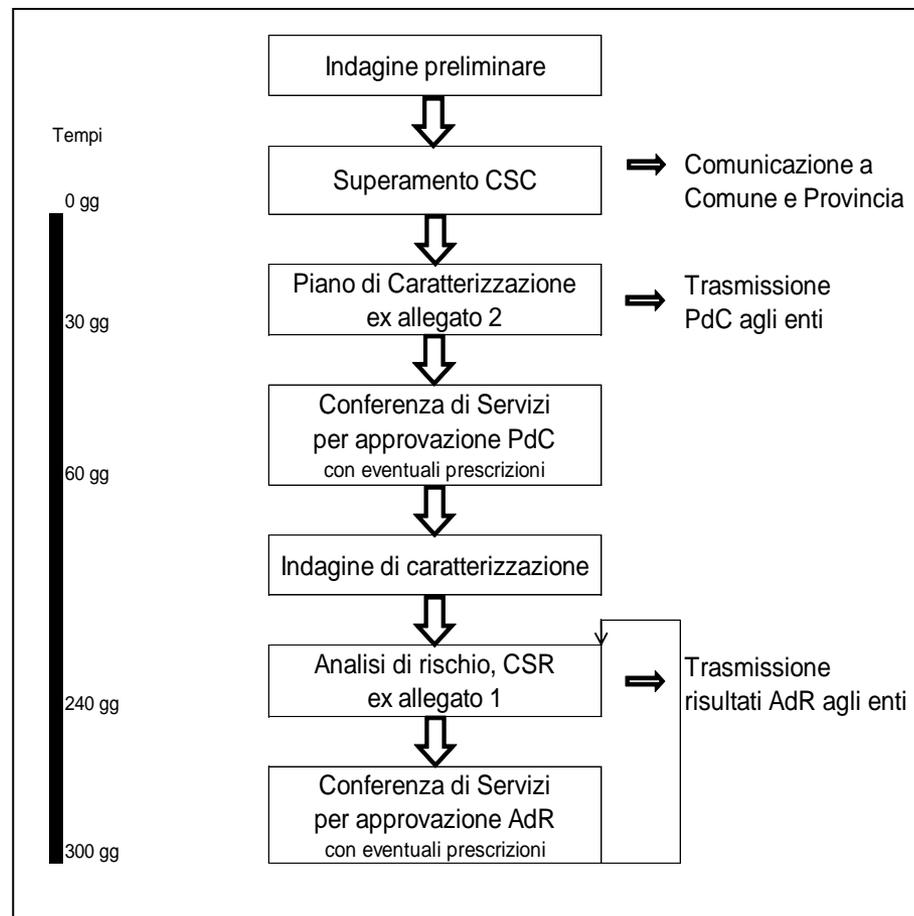
Allegato 3 - criteri generali per la selezione e l'esecuzione degli interventi di bonifica e ripristino ambientale, di messa in sicurezza (d'urgenza, operativa o permanente), nonché per l'individuazione delle migliori tecniche d'intervento a costi sopportabili

Allegato 4 - criteri generali per l'applicazione di procedure semplificate

Allegato 5 - concentrazione soglia di contaminazione nel suolo, nel sottosuolo e nelle acque sotterranee in relazione alla specifica destinazione d'uso dei siti

Attività di caratterizzazione aspetti progettuali e operativi

La caratterizzazione ambientale di un sito è identificabile con l'insieme delle attività che permettono di ricostruire i fenomeni di contaminazione a carico delle matrici ambientali, in modo da ottenere informazioni di base su cui prendere decisioni realizzabili e sostenibili per la messa in sicurezza e/o bonifica del sito.



La caratterizzazione ambientale dei siti contaminati si sviluppa attraverso le seguenti fasi

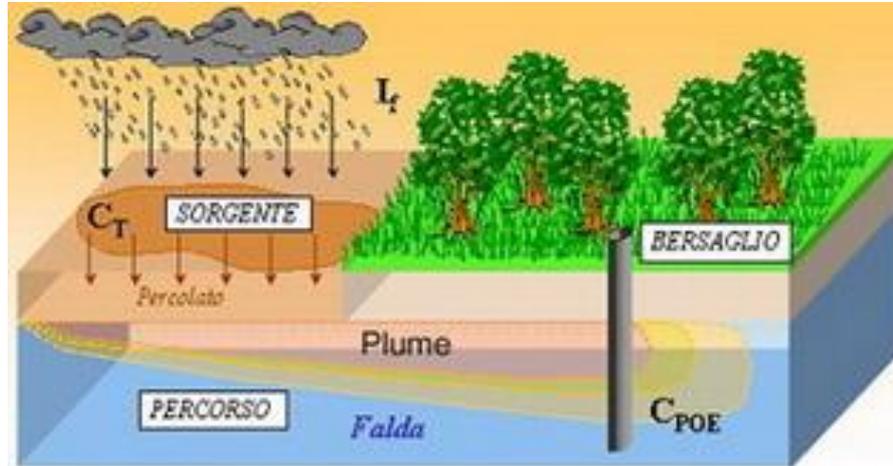
(Allegato 2 al Titolo V, Parte Quarta del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.)

1. Ricostruzione storica del sito
2. Elaborazione del modello concettuale preliminare del sito
3. Pianificazione ed esecuzione delle indagini ambientali
4. Elaborazione dei risultati delle indagini e rappresentazione dello stato di potenziale contaminazione del sottosuolo
5. Elaborazione del Modello concettuale definitivo
6. Analisi di rischio per identificare i livelli di concentrazione residua accettabili

RICOSTRUZIONE STORICA DEL SITO ED ELABORAZIONE DEL MODELLO CONCETTUALE PRELIMINARE DEL SITO

con l'elaborazione del Modello concettuale del sito ci si pone l'obiettivo di:

1. Identificare le sorgenti contaminazione (primarie e secondarie)
2. Identificare le vie di migrazione dei contaminanti
3. Individuare i bersagli della contaminazione



Rappresentazione grafica MCS (fonte: www.isprambiente.gov)

La ricostruzione storica del sito ed elaborazione del modello concettuale preliminare del sito prevede l'individuazione, descrizione e rappresentazione dei seguenti temi

Inquadramento territoriale del sito (cartografie tecniche, catastali, rilievi aerofotogrammetrici, PRG, certificato destinazione d'uso)

Planimetrie di dettaglio del sito (presenza e ubicazione impianti, serbatoi stoccaggio, depositi rifiuti, sottoservizi, aree pavimentate/impermeabilizzate)

Inquadramento della situazione al contorno (urbanistica, presenza di pozzi, corsi d'acqua)

Analisi di cicli lavorativi e progressi (sostanze chimiche utilizzate, rifiuti prodotti, eventuali incidenti/sversamenti)

Definizione del modello geologico idrogeologico e idraulico del sito (stratigrafia terreni, permeabilità terreni, caratteristiche degli acquiferi, livelli falda, oscillazioni stagionali, regime acque superficiali ed interferenza con falda)



Attività di caratterizzazione aspetti progettuali e operativi

Ricostruzione storica del sito: informazioni sull'evoluzione storico-geografica del territorio
(strumenti disponibili cartografia topografica dell'Istituto geografico Militare – Carta Tecnica Regionale)

Area Industriale di Porto Marghera: Evoluzione di un'area destinata a deposito prodotti petroliferi dal 1940 ad oggi.

Darsena adibita a punto di sbarco prodotti petroliferi riempita con materiali vari sulla quale sono stati realizzati edifici di servizio

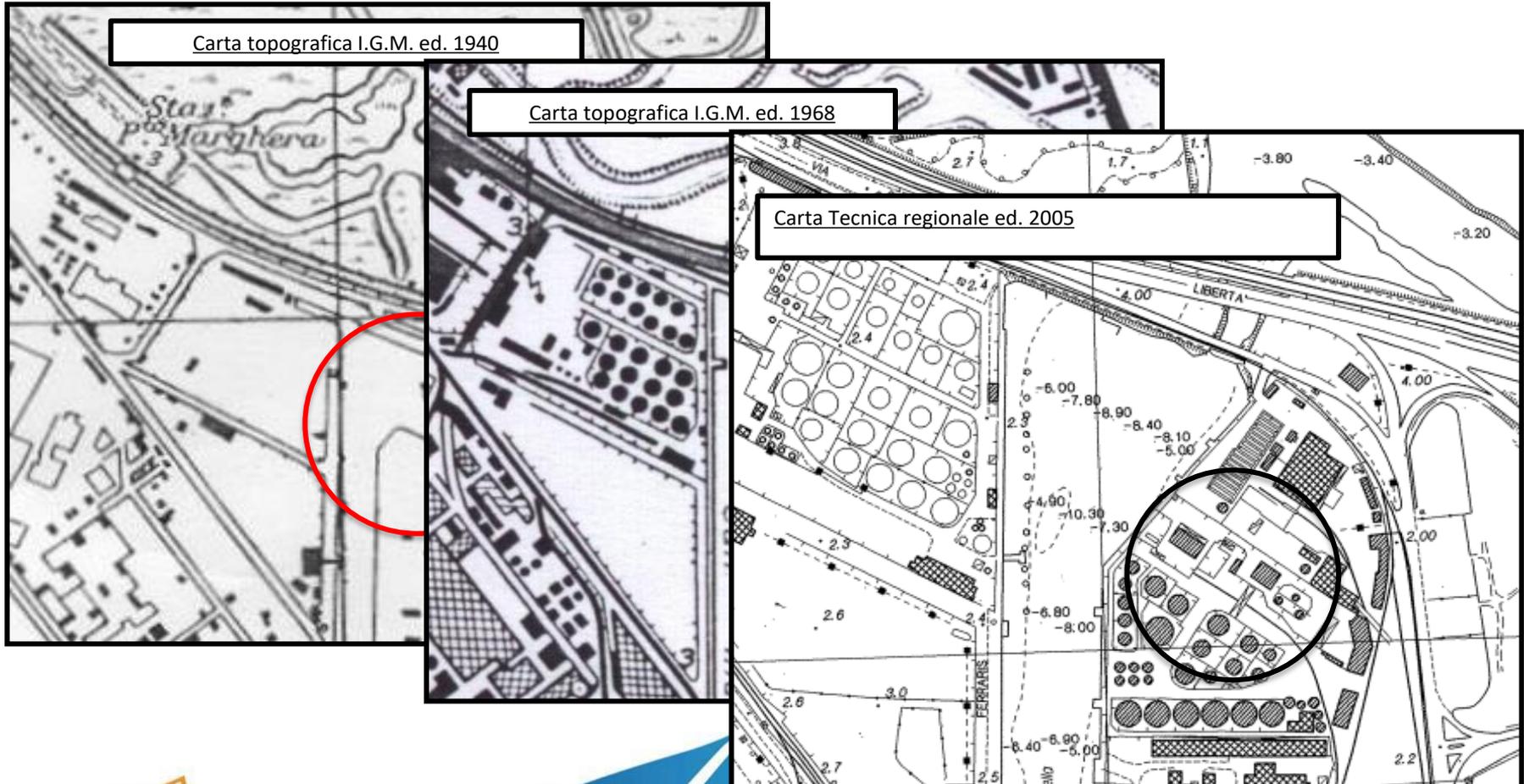
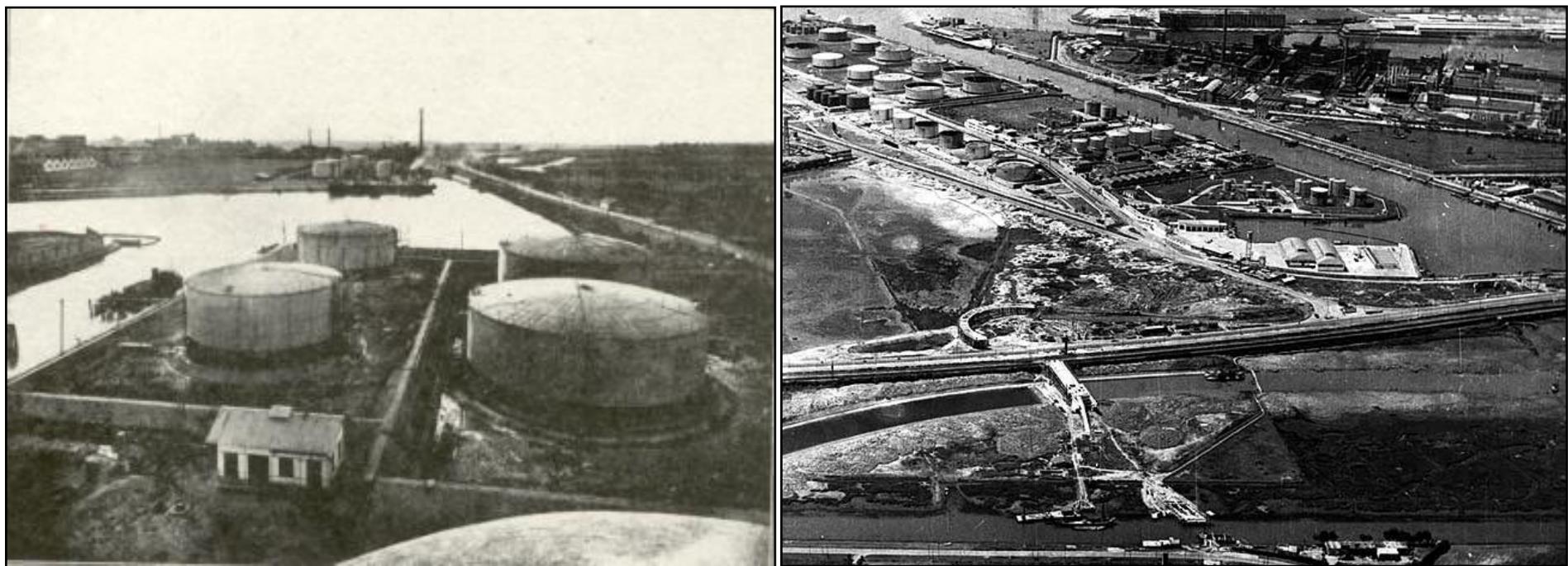
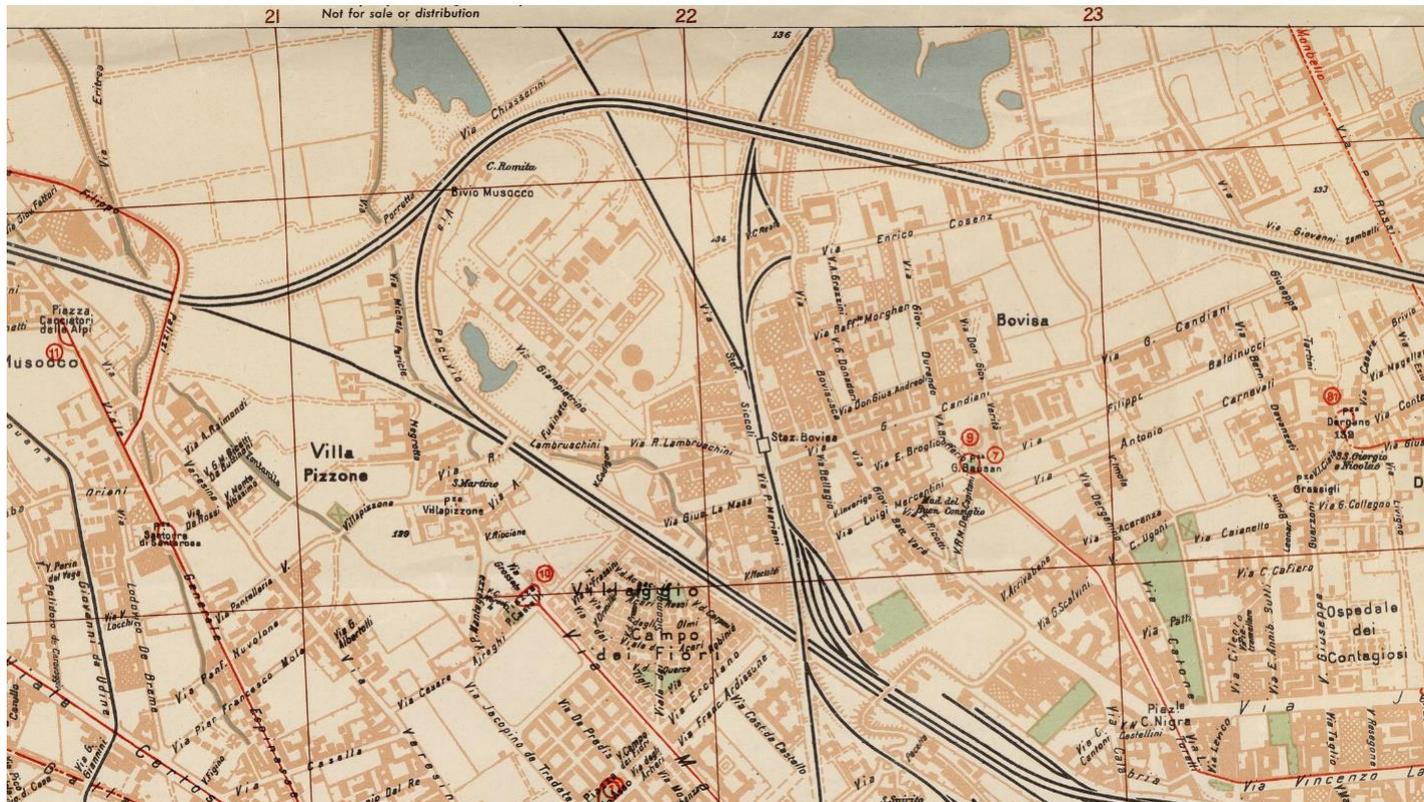


Foto da archivio storico



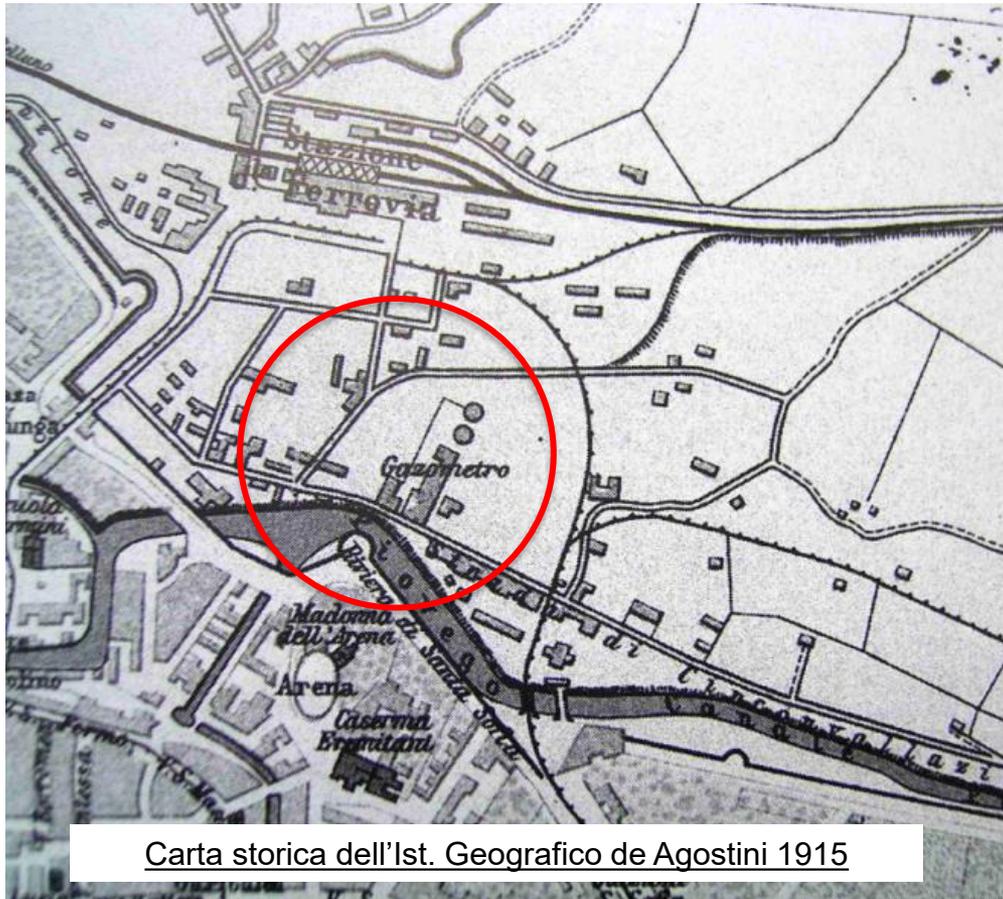
Archivio cartografie storiche Carta topografica di Milano del 1942 (ed. US Army)

<http://legacy.lib.utexas.edu/maps/italy.html>

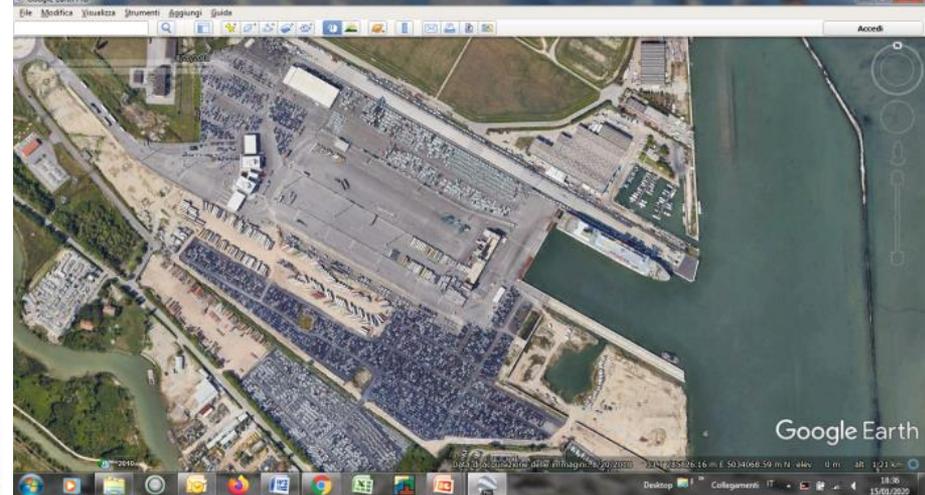
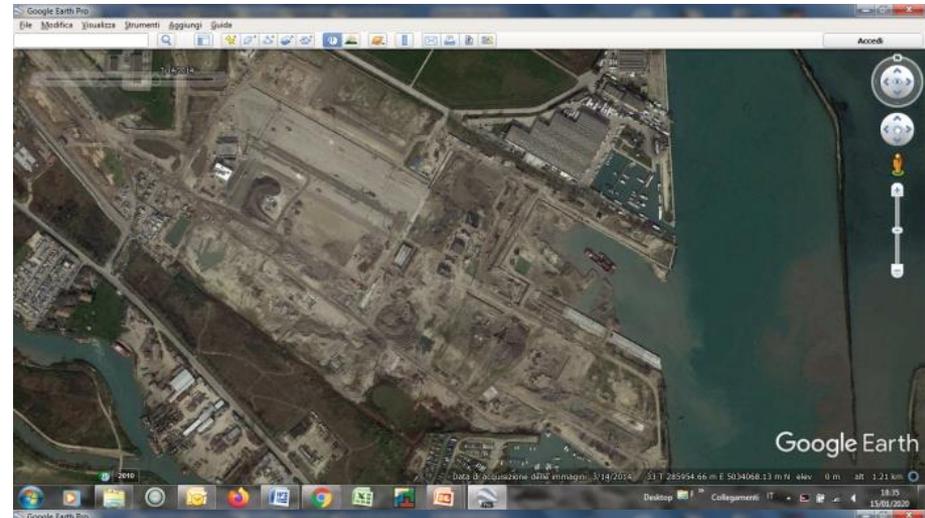
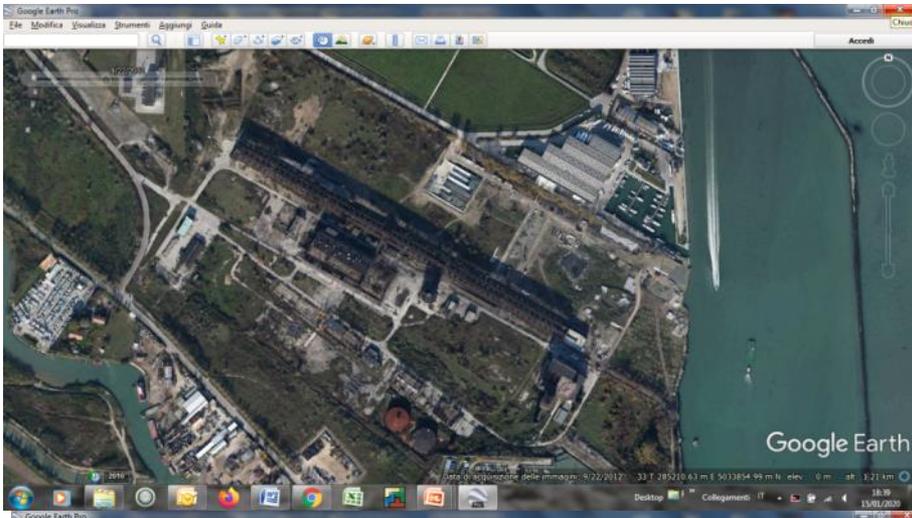


Attività di caratterizzazione aspetti progettuali e operativi

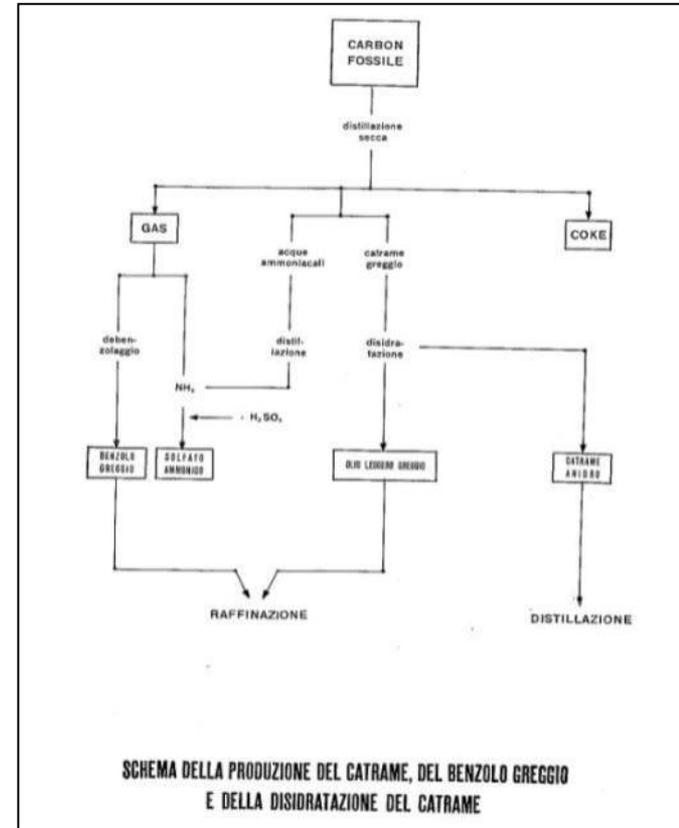
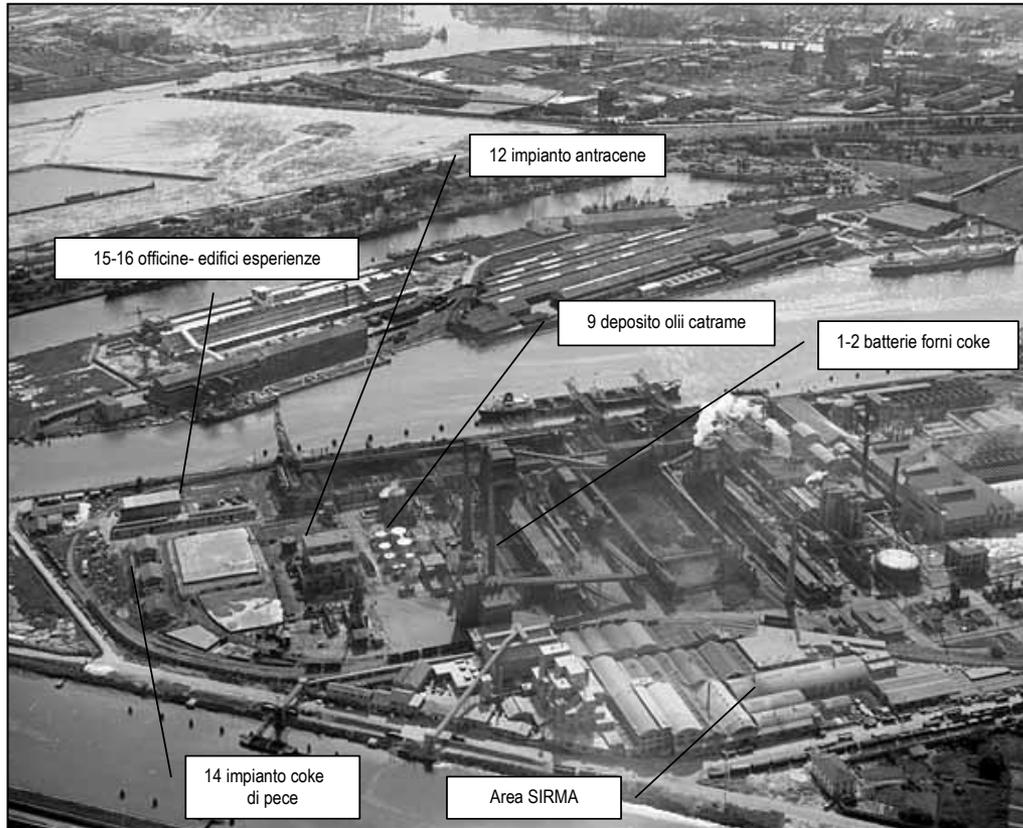
Utilizzo della documentazione storica per studiare l'evoluzione del territorio per individuare le situazioni che potenzialmente possono aver generato la contaminazione delle matrici sotterranee



Evoluzione storico-geografica del territorio (strumenti disponibili Google Earth funzione raccolta immagini storiche)



Ricostruzione storica del sito: planimetrie, layout impianti, progetti relativi alla costruzione del sito, foto storiche sono materiali utili all'individuazione delle attività svolte nel passato ed individuazione delle sorgenti di contaminazione e delle aree critiche che saranno oggetto di indagine



Sopralluoghi in sito: per scovare informazioni sulle caratteristiche e utilizzo dell'area

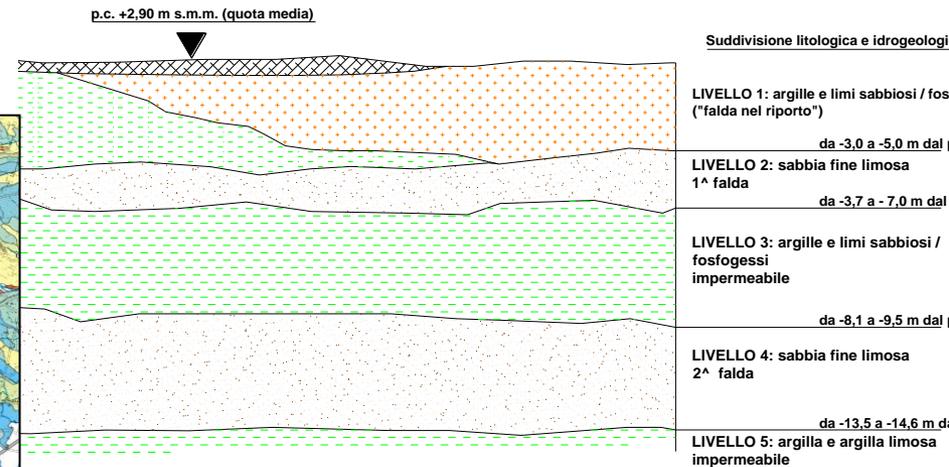
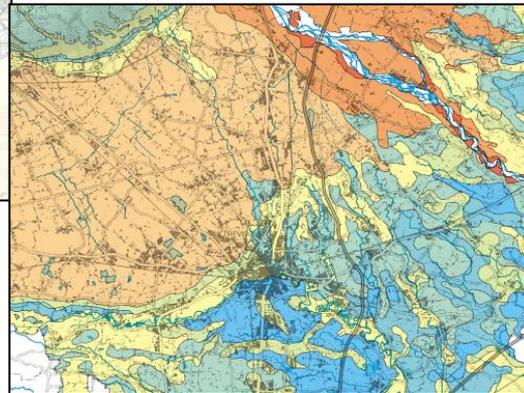
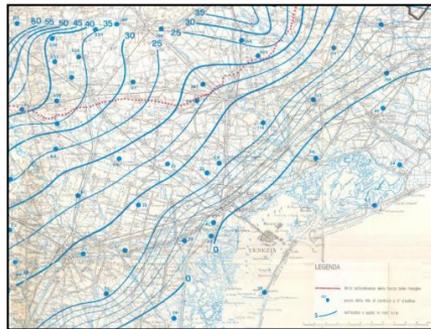
Es. area dismessa e abbandonata (fallimento), ex fabbrica conserve alimentari in seguito utilizzata per deposito rotami metallici. Dal sopralluogo si sono ritrovate tabelle identificative dei rifiuti depositati (CER 17.04.03 – Piombo)



La successiva indagine in sito ha evidenziato la contaminazione da piombo (oltre che da altri inquinanti compatibili con le informazioni reperite dal sopralluogo)

Modello concettuale del sito: Parte fondamentale del processo che porterà alla definizione del Modello Concettuale del Sito è la definizione preliminare delle caratteristiche idrogeologiche della stratigrafia del sottosuolo, degli acquiferi superficiali e profondi in quanto possibili veicoli della contaminazione.

Strumenti disponibili: carte geologiche, idrogeologiche, studi e indagini svolte nel sito e nelle aree contermini anche con finalità diverse dalla caratterizzazione ambientale.



METODI DI INDAGINE

INDAGINI INDIRETTE:

- Rilievi aerofotogrammetrici
- Georadar
- Tomografie elettriche
- Magnetometria

Vantaggi: forniscono una visione d'insieme del sottosuolo

Svantaggi: l'interpretazione dei dati è difficoltosa e soggetta a molteplici fattori influenti

INDAGINI DIRETTE:

- Sondaggi geognostici con carotaggio continuo del terreno
- Piezometri di monitoraggio acque sotterranee
- Trincee con escavatore

Vantaggi: permettono il prelievo di campioni di suolo e acqua da analizzare

Svantaggi: sono puntuali (rappresentative di un volume limitato di terreno)

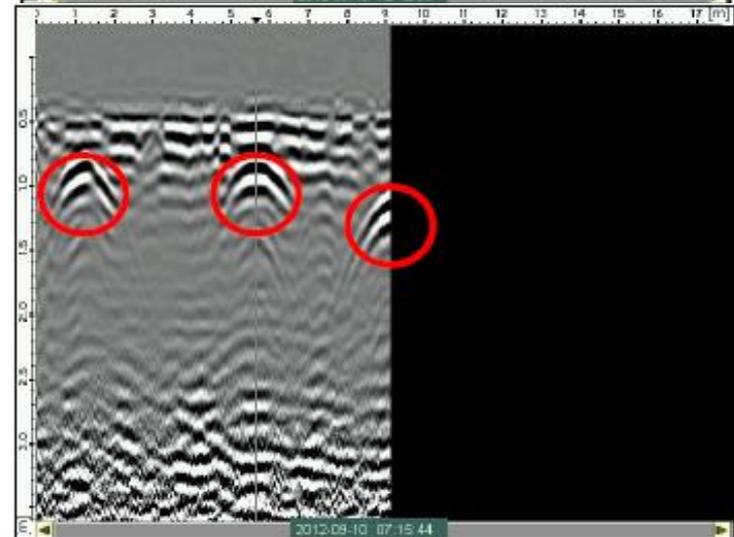
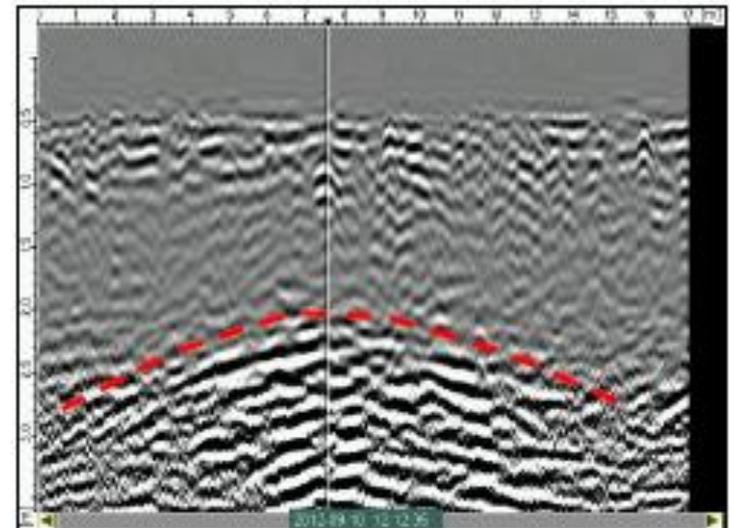


RILIEVI AEROFOTOGRAMMETRICI CON DRONE



GEORADAR

Il **georadar** (GPR-ground penetrating radar), è si basa sull'analisi delle riflessioni di onde elettromagnetiche trasmesse nel terreno. Tale metodo fornisce, a partire da una profondità di alcuni metri fino al limite di alcune decine di metri, una "sezione" del terreno indagato dalla superficie



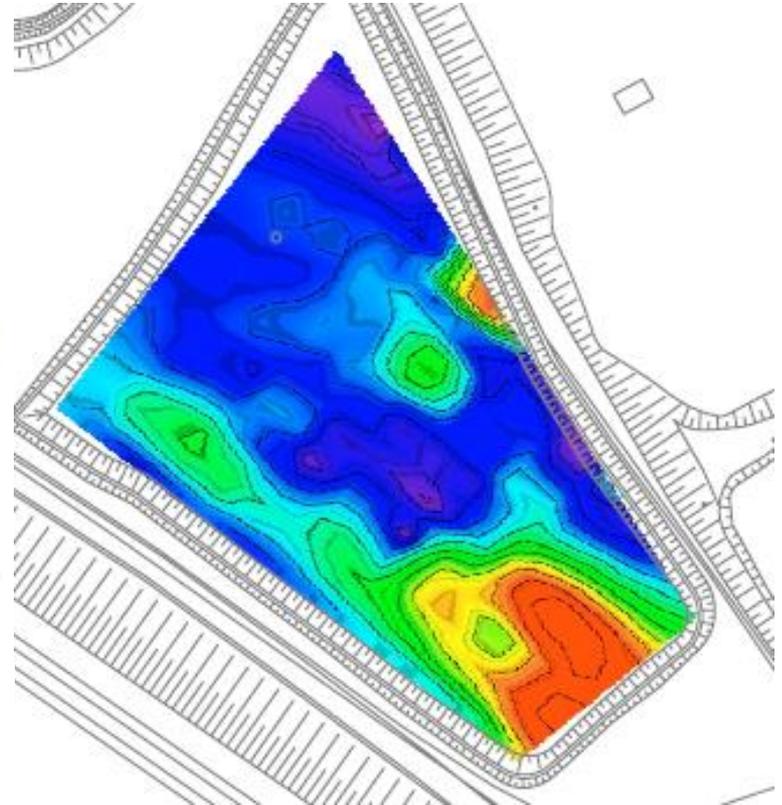
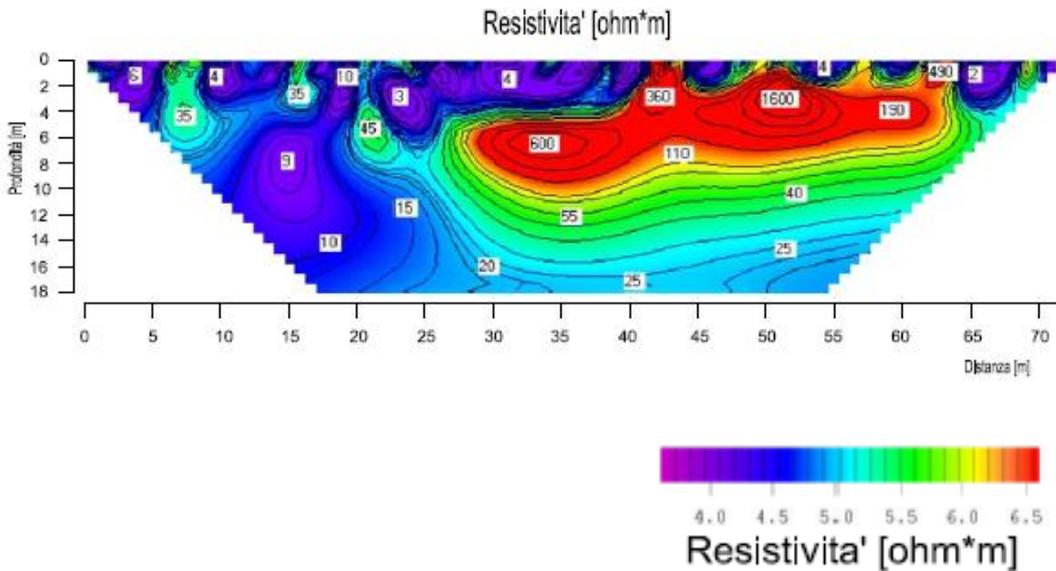
PROSPEZIONI GEOELETTRICHE

Il metodo geoelettrico consiste nella misura della resistività del sottosuolo effettuando delle misure dalla superficie immettendo corrente elettrica nel terreno tramite elettrodi.



PROSPEZIONI GEOELETTRICHE

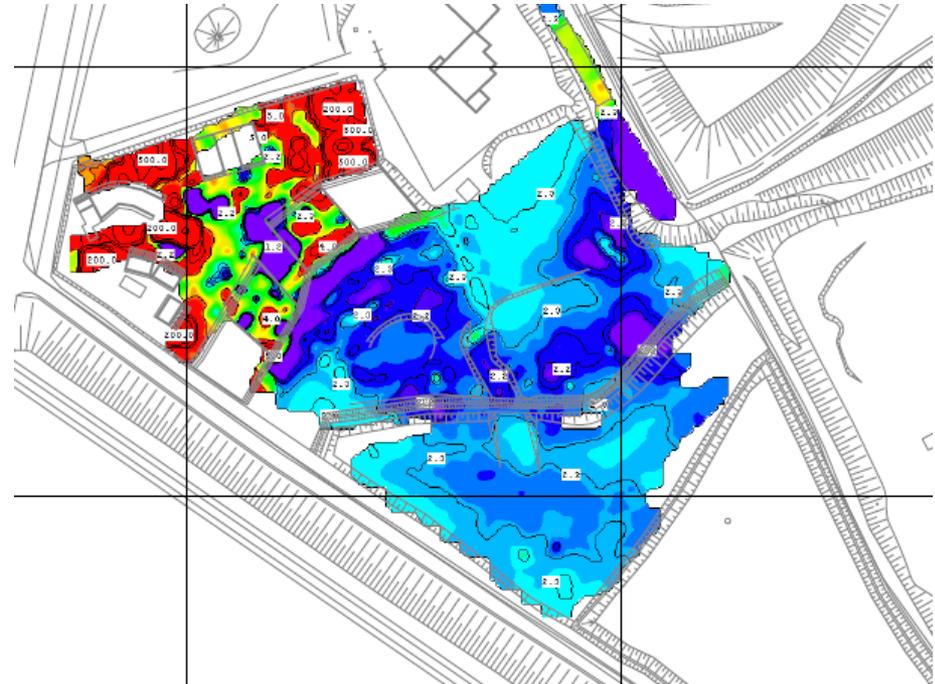
I risultati della prospezione vengono rappresentati tramite mappe e sezioni del terreno che mostrano le zone a diversa resistività



PROSPEZIONI MAGNETOMETRICHE

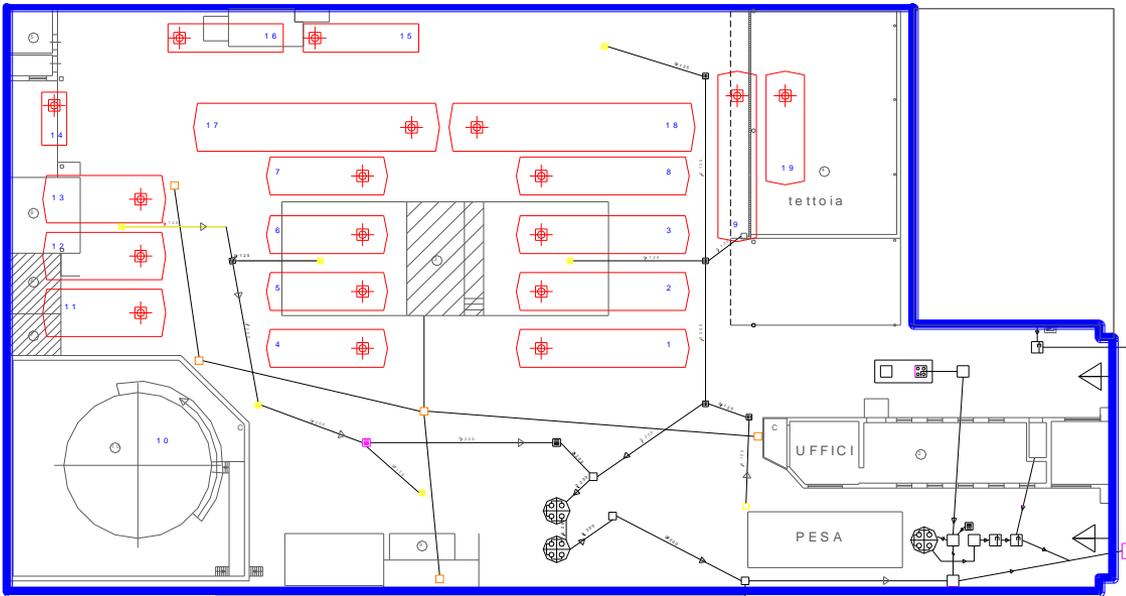
La prospezione magnetometrica si basa sulla misura delle variazioni localizzate del campo magnetico terrestre o del suo gradiente.

Le variazioni magnetiche registrate in superficie dal magnetometro riflettono la differenza esistente tra la suscettività magnetica rimanente (proprietà caratteristica degli elementi) delle diverse formazioni/strutture rilevate e la suscettività media del terreno che le contiene



Attività di caratterizzazione aspetti progettuali e operativi

Utilizzo di metodi di indagine indiretta anche per segnare sul terreno l'esatta ubicazione di manufatti interrati prima dell'esecuzione delle indagini dirette (sondaggi)



PIANIFICAZIONE ED ESECUZIONE DELLE INDAGINI DIRETTE

Scopo

Verificare l'esistenza di fenomeni di inquinamento delle diverse matrici (suolo, sottosuolo, acque sotterranee)

Definire i percorsi di migrazione (attivi e potenziali) degli inquinanti verso i recettori

Ricostruire nel dettaglio le caratteristiche geologiche e idrogeologiche dell'area

Ottenere i parametri da utilizzare per la l'elaborazione dell'Analisi di Rischio sito specifica

Obiettivo

Definire il Modello Concettuale Definitivo



PIANIFICAZIONE ED ESECUZIONE DELLE INDAGINI DIRETTE

In questa fase è necessario definire:

1. Ubicazione e tipologia di indagini da svolgere e profondità di investigazione (sondaggi, piezometri monitoraggio, indagini geofisiche, prove in sito)
2. Piano dei campionamenti (numero campioni, quote prelievo, livelli da campionare)
3. Protocollo di analisi (lista degli analiti da ricercare e metodiche di analisi – chimiche e geotecniche)



PIANIFICAZIONE ED ESECUZIONE DELLE INDAGINI DIRETTE

Numero di punti campionamento e criteri di ubicazione:

Diversamente da quanto prevedeva la normativa precedente (D.M. 41/99) il D.Lgs. 152/06 non fornisce indicazioni sul numero di sondaggi da eseguire in funzione dell'estensione planimetrica del sito.

Criteri per l'ubicazione e scelta del numero di punti di indagine:

- Criterio ragionato (centrato sui centri di pericolo): basato sulle informazioni desunte dal MCS preliminare
- Criterio sistematico (disposizione a griglia regolare): in assenza o scarsità di informazioni sul sito

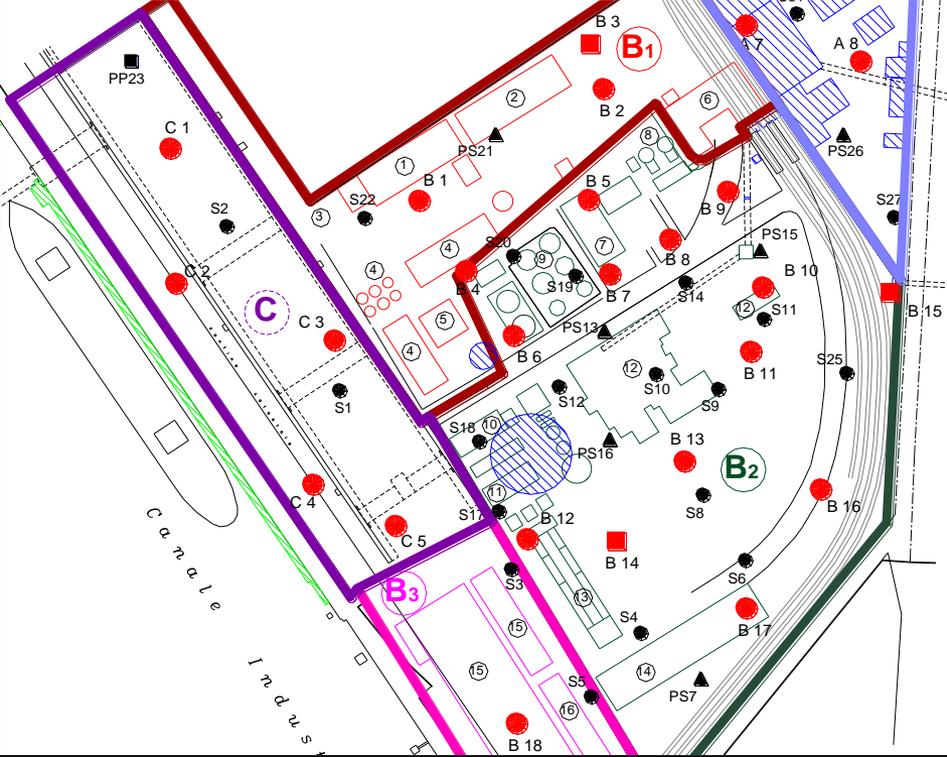
In casi particolari si possono adottare entrambi i criteri



PIANIFICAZIONE ED ESECUZIONE DELLE INDAGINI DIRETTE

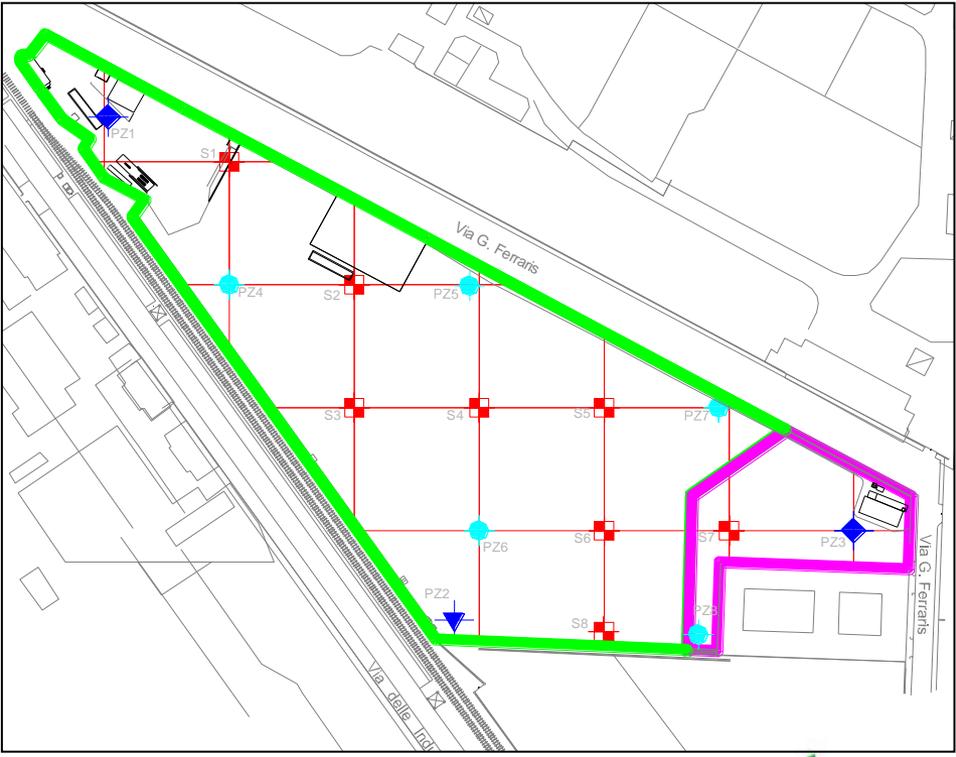
CRITERIO RAGIONATO

basato sull'individuazione dei centri di pericolo



CRITERIO SISTEMATICO

In assenza di informazioni



PIANIFICAZIONE ED ESECUZIONE DELLE INDAGINI DIRETTE

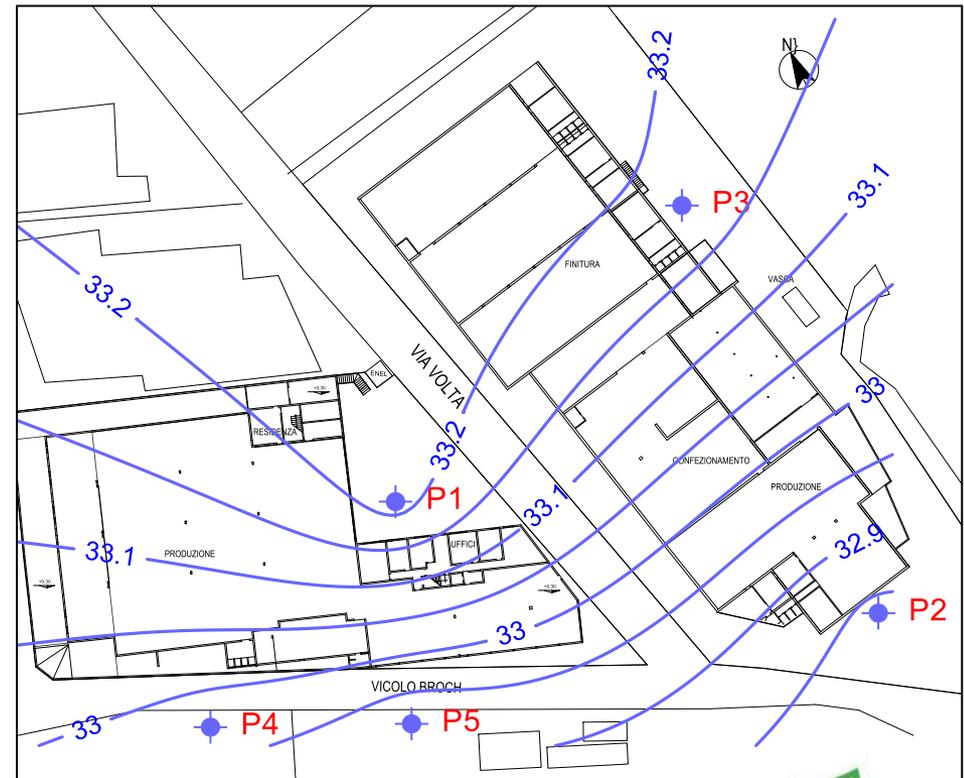
Quanti piezometri per campionamento e monitoraggio delle falde?

Ricostruzione della piezometria (direzione e gradiente della falda): almeno 3 per ciascun acquifero interessato dall'indagine

Posizionamento monte-valle rispetto ai centri di pericolo (devo capire cosa "entra" e cosa "esce" dal mio sito).

A volte si può rendere necessario l'utilizzo di punti di prelievo esterni al sito

Determinazione del punto di conformità per la successiva analisi di rischio (per verificare il rispetto o meno delle CSC)



INDAGINI DIRETTE

Sondaggi a carotaggio continuo con l'impiego di perforatrici idrauliche

Profondità raggiungibili: diverse decine di metri anche in presenza di acque di falda

Possibilità di eseguire sondaggi inclinati per investigare aree non raggiungibili dalla verticale



INDAGINI DIRETTE

Il materiale estratto con la perforazione (carote) viene raccolto in cassette portacarote per essere classificato e quindi campionato



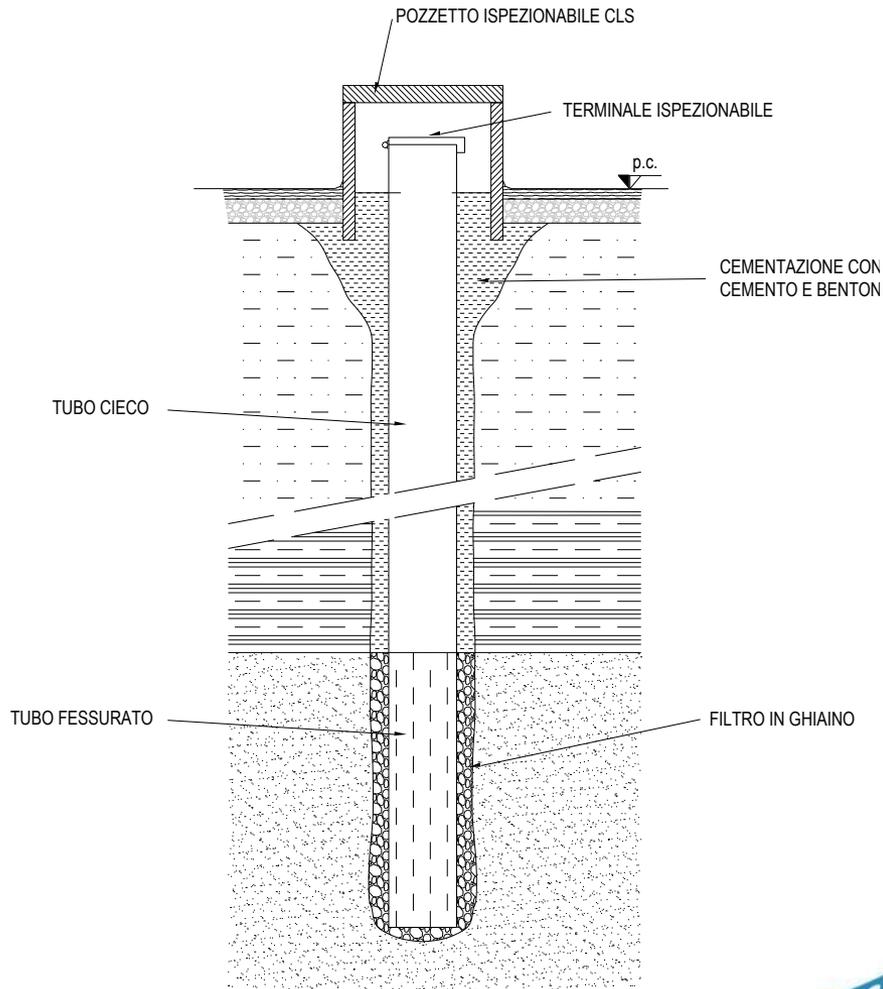
INDAGINI DIRETTE

Piezometri per monitoraggio falda

Generalmente di diametro compreso tra i 3 e 6 pollici (75-150 mm) -Materiale PVC – HDPE, talora anche in acciaio INOX



INDAGINI DIRETTE



INDAGINI DIRETTE

Scavi con benna (escavatore)



Profondità limitata (max 2-3 m dal p.c.)



Difficoltà in presenza di falda



INDAGINI DIRETTE

Scavi con benna (escavatore)



Indagini in sito per il campionamento terreni
Importante eseguire un accurato rilievo topografico planialtimetrico!

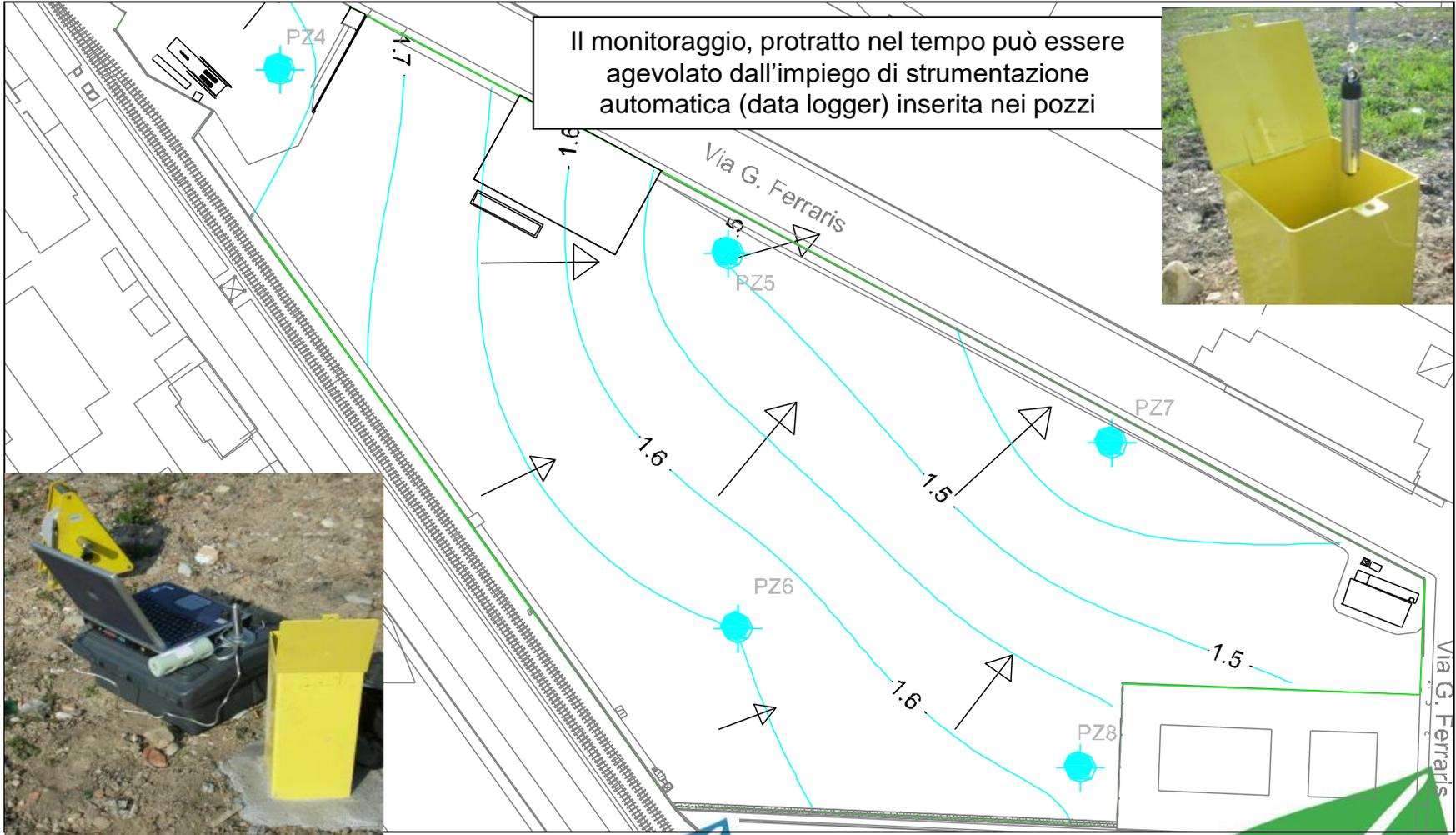
Di fondamentale importanza per posizionare correttamente i punti di indagine.

Ricostruire con esattezza i rapporti tra i diversi livelli stratigrafici

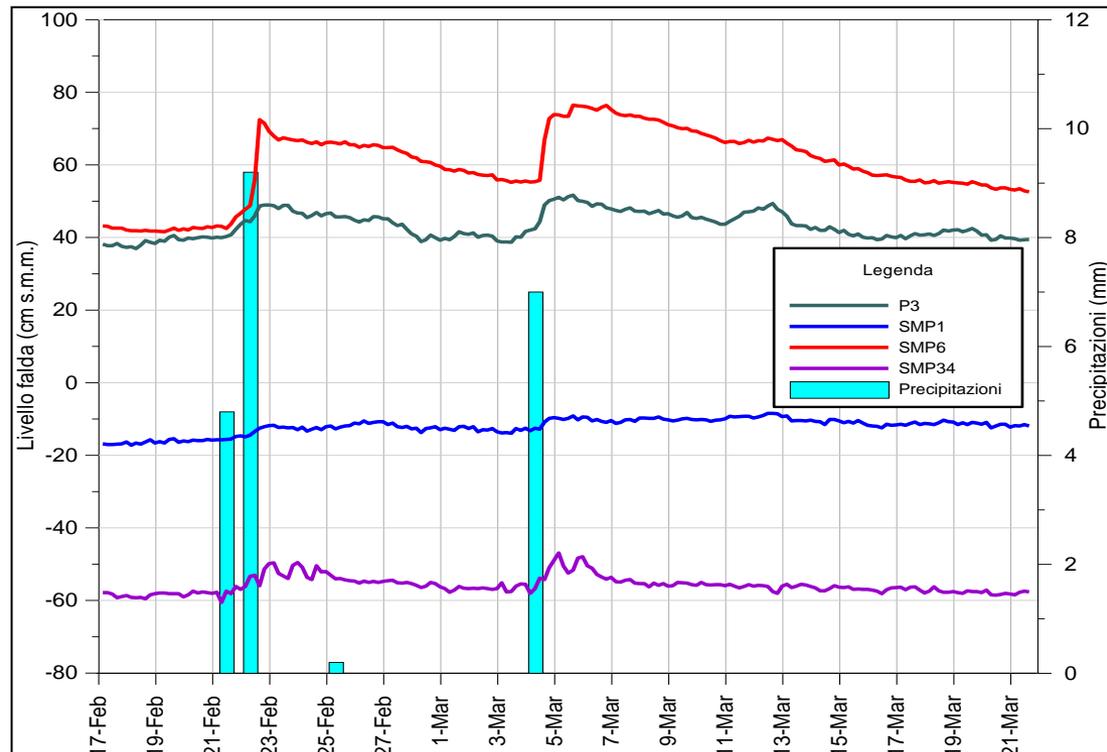
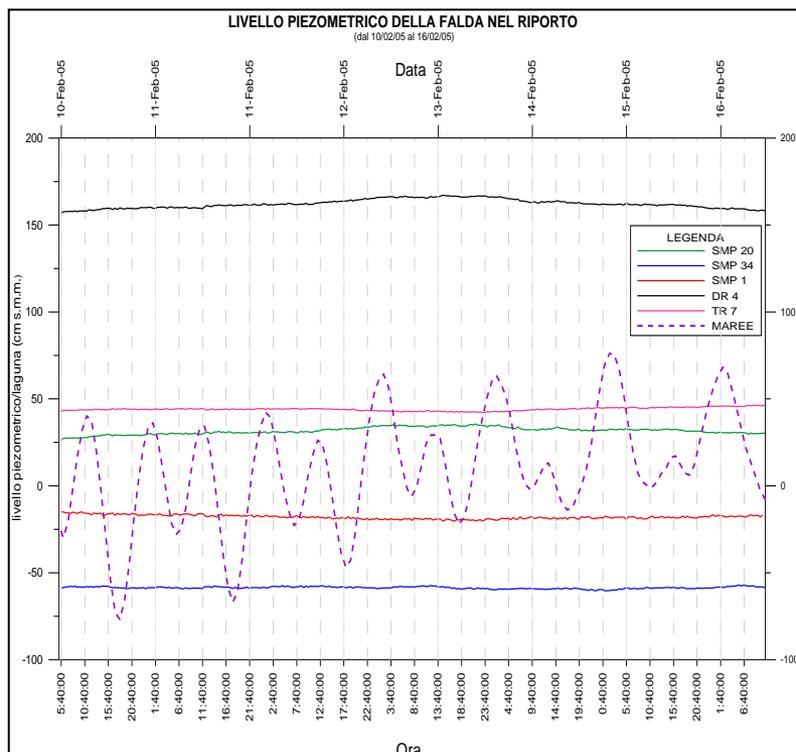
Determinare con precisione la quota altimetrica della testa dei pozzi di monitoraggio e rilevare la quota della Falda



Monitoraggi idrogeologici per determinare la direzione di deflusso della falda

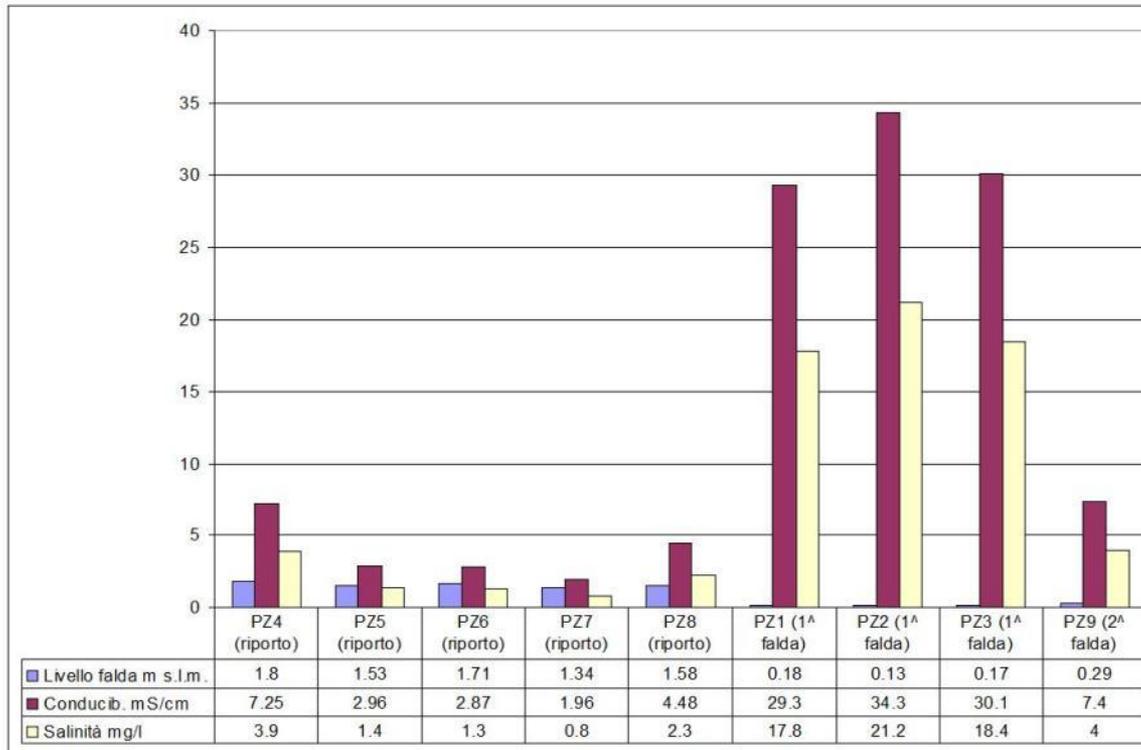


Monitoraggi idrogeologici per determinare il regime della falda Interazioni con i corpi idrici superficiali e le precipitazioni meteoriche



Monitoraggi idrogeologici

misure in campo per la determinazione dei parametri idrochimici
(pH, conducibilità/salinità.....)



FORMAZIONE DEI CAMPIONI DA ANALIZZARE

Quanti campioni vanno prelevati in ogni verticale investigata?

Il D.Lgs. 152/06 all'allegato 2 prevede:

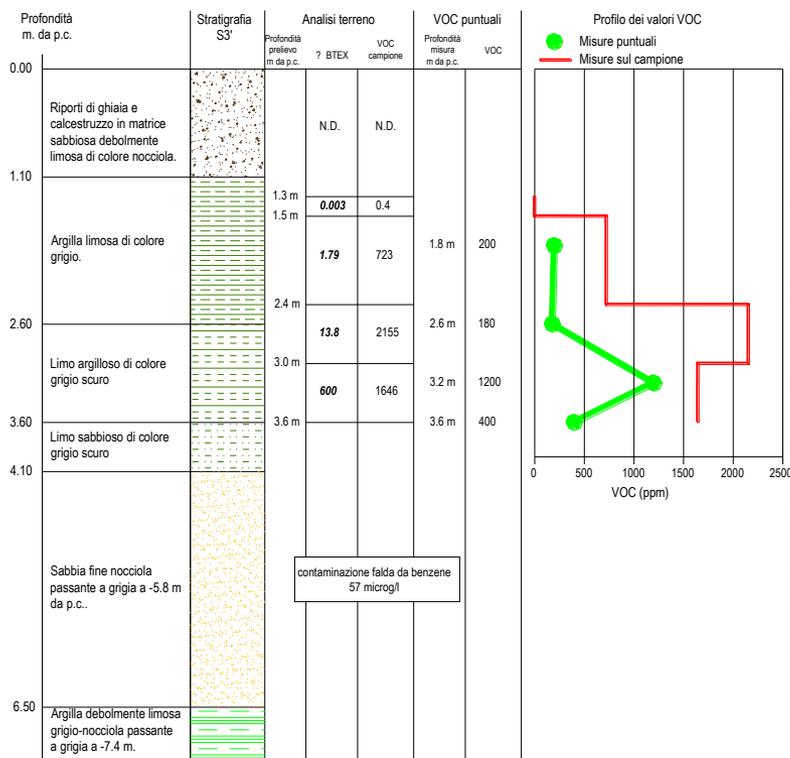
- Campione 1: da 0 a -1 m dal p.c.
- Campione 2: 1 m che comprenda la zona di frangia capillare
- Campione 3: 1 m nella zona intermedia tra i due campioni precedenti

Si tratta di indicazioni generali che vanno adattate caso per caso alla situazione sito specifica!



FORMAZIONE DEI CAMPIONI DA ANALIZZARE

Il punto di prelievo del campione può essere scelto attraverso la misura in campo dei VOC mediante fotoionizzatori portatili (PID) che danno una indicazione sulla presenza di sostanze volatili.



FORMAZIONE DEI CAMPIONI DA ANALIZZARE



La formazione del campione da analizzare deve essere privato della frazione maggiore di 2 cm (da scartare in campo) e le determinazioni di laboratorio dovranno essere condotte sull'aliquota di granulometria inferiore ai 2 mm. La concentrazione del campione dovrà essere determinata riferendosi alla totalità dei materiali secchi comprensiva anche dello scheletro.

Sul materiale di sopravaglio, qualora si avesse evidenza di elementi di origine antropica – test di cessione per valutare il grado di lisciviazione che può subire il materiale.

Per l'analisi di composti volatili si preleva un campione puntuale che viene raccolto entro vials secondo la metodica ASTM 4547-98

Le analisi chimiche dovranno essere condotte adottando metodologie ufficialmente riconosciute, tali da garantire l'ottenimento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite



SELEZIONE DEI PARAMETRI DA RICERCARE CON LE ANALISI

La selezione delle sostanze chimiche da analizzare: si basa sull'esame del ciclo produttivo e/o dei dati storici (processo industriale, materie prime utilizzate, prodotti reflui ecc.).

Quindi è il Modello Concettuale del Sito preliminare che lo determina sulla base delle informazioni riguardanti i centri di pericolo, attività svolte, e prodotti impiegati nel ciclo produttivo.



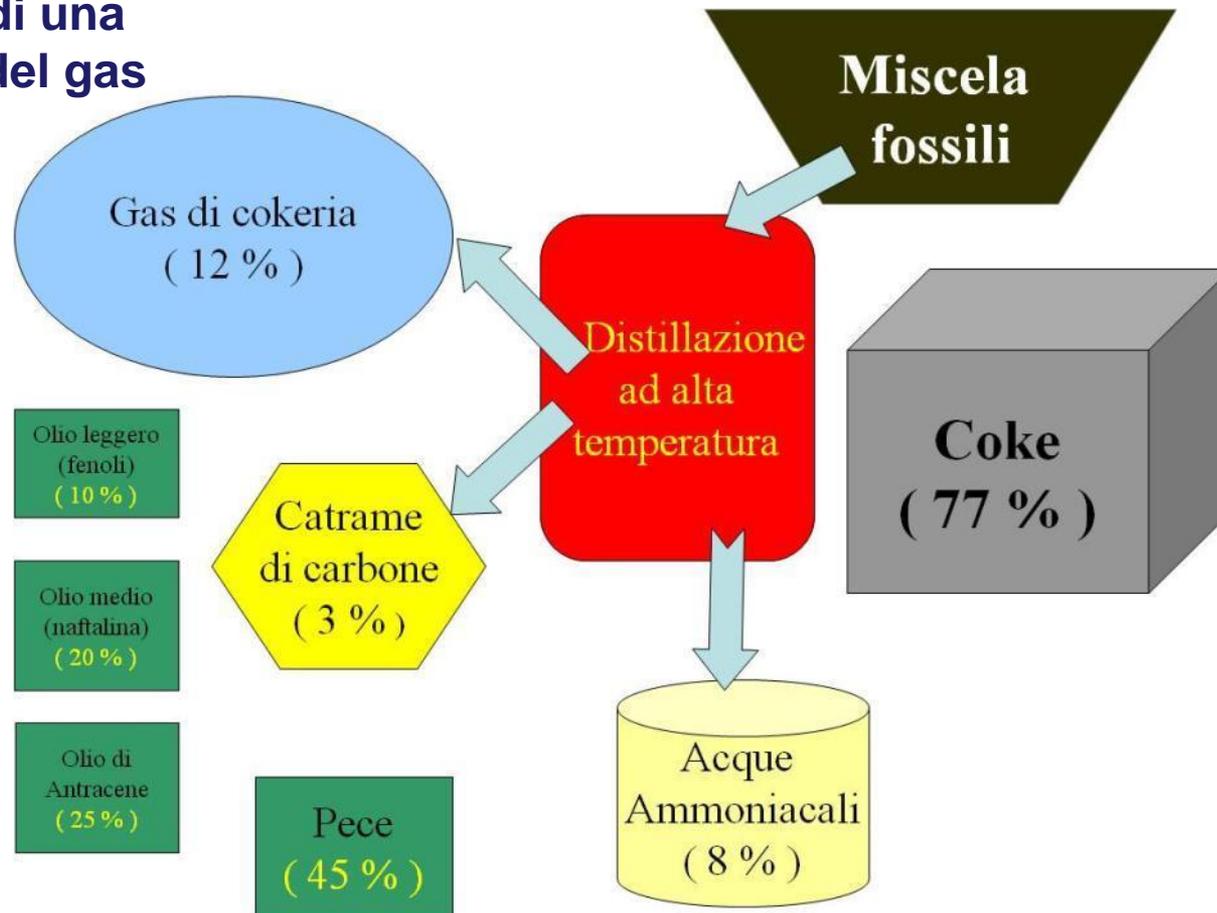
SELEZIONE DEI PARAMETRI DA RICERCARE CON LE ANALISI

Sostanze inquinanti in funzione delle caratteristiche produttive svolte sul sito (Provincia di Milano - linea guida n. 5 Linee guida per la selezione degli analiti da determinare nella caratterizzazione dei siti inquinati)

Sostanza	verde pubblico privato residenziale mg/kg	commerciale e industriale mg/kg	1.1 impianti di combustione	1.2 raffinerie di petrolio e di gas	1.3 cokerie	1.4 impianti di gasificazione e liquefazione del carbone	2.1 impianti di arrostimento e sinterizzazione di minerali metalliferi compresi i minerali solforati	2.2 impianti per la produzione	2.3 (a) impianti per la produzione di metalli ferrosi: laminazione a caldo	2.3 (b) impianti per la produzione di metalli ferrosi: forgiatura con magli	2.3 (c) impianti per la produzione di metalli ferrosi: applicazione di strati protettivi di metallo fuso	2.4 fonderie di metalli ferrosi	2.5 (a) impianti per la produzione di metalli grezzi non ferrosi	2.5 (b) impianti per la fusione e lega di metalli non ferrosi	2.6 impianti per il trattamento di superficie di metalli e materie plastiche	3.1 impianti destinati alla produzione di clinker e calce viva
Composti inorganici																
<i>Antimonio</i>	10	30										X				
<i>Arsenico</i>	20	50	X	X	X		X				X		X	X	X	X
<i>Berillio</i>	2	10														
<i>Cadmio</i>	2	15	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cobalto</i>	20	250														
<i>Cromo totale</i>	150	800	X	X			X	X	X		X	X	X	X	X	X
<i>Cromo VI</i>	2	15	X	X			X	X	X		X	X	X	X	X	X
<i>Mercurio</i>	1	5	X	X	X		X	X		X	X		X	X		X
<i>Nichel</i>	120	500	X	X			X	X			X	X	X	X	X	X

SELEZIONE DEI PARAMETRI DA RICERCARE CON LE ANALISI

Ciclo produttivo di una cokeria/ officina del gas



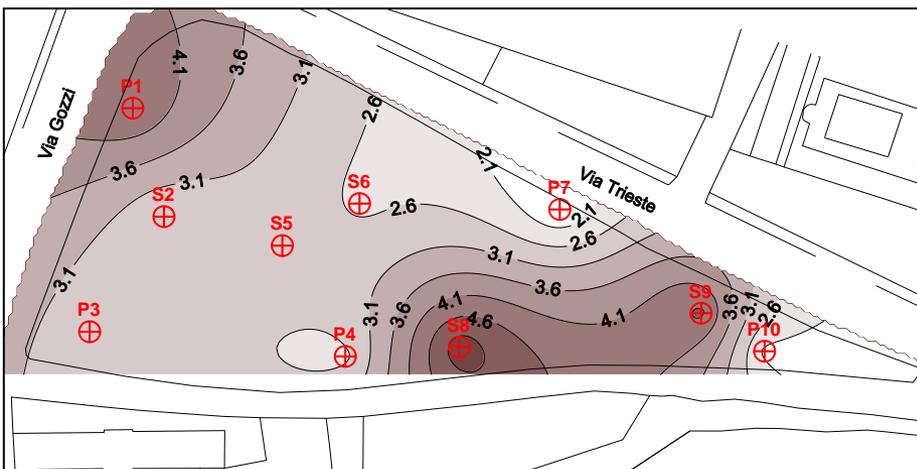
CRITERI DI RESTITUZIONE DEI RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE

I risultati delle indagini sono raccolti in un rapporto finale dove attraverso tabelle di sintesi e rappresentazioni grafiche e cartografiche vengono illustrate:

- La situazione stratigrafica e idrogeologica di dettaglio del sottosuolo attraverso sezioni geologiche.
- La direzione di flusso delle acque di falda con indicazione dei punti di misura.
- La distribuzione spaziale della contaminazione dei suoli e delle acque di falda

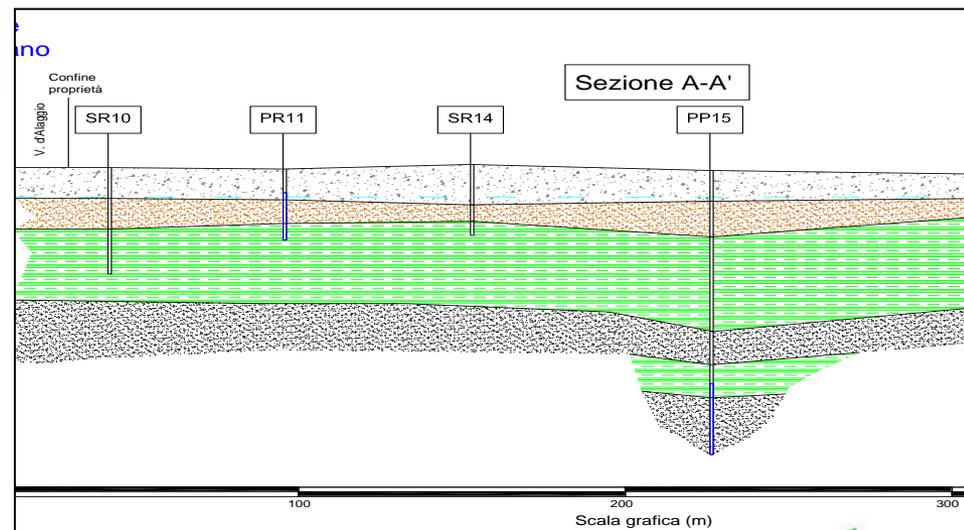


Criteria per la rappresentazione dei risultati delle indagini

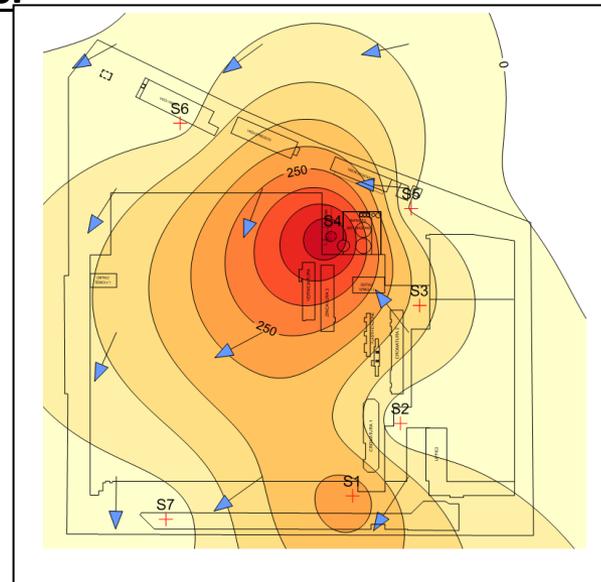
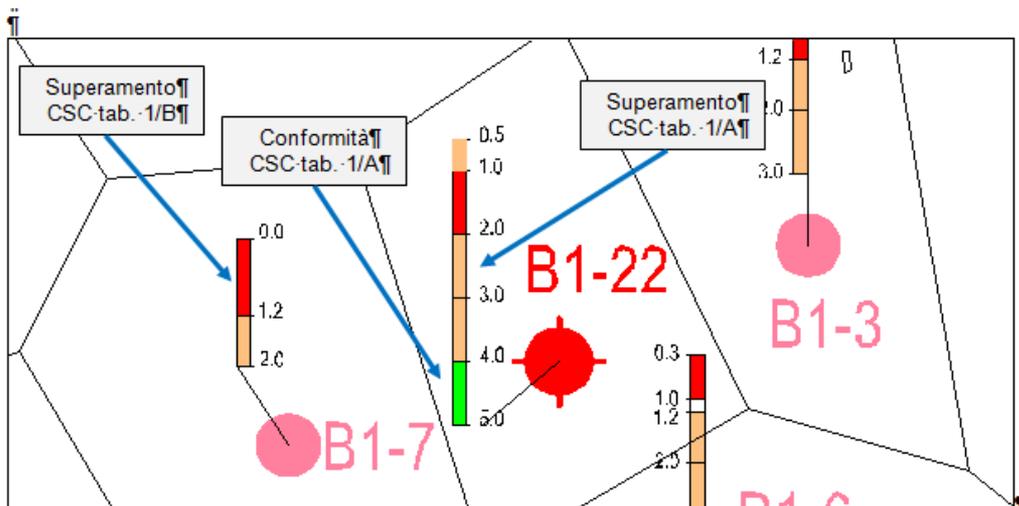


Mappe con rappresentazione della geometria dei corpi litologici presenti nel sottosuolo

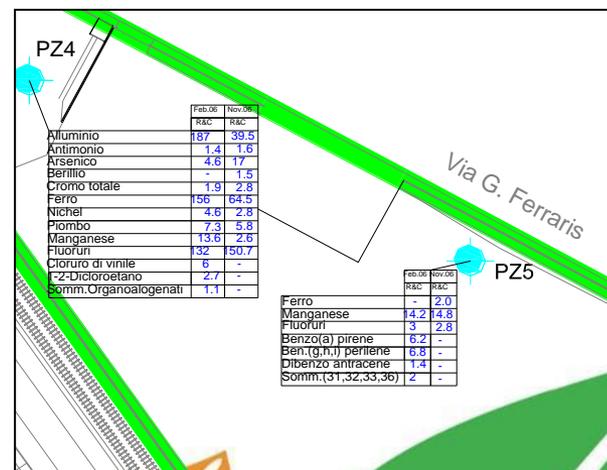
Sezioni stratigrafiche con rappresentazione dello spessore dei vari livelli litologici



Criteria per la rappresentazione dei risultati delle analisi

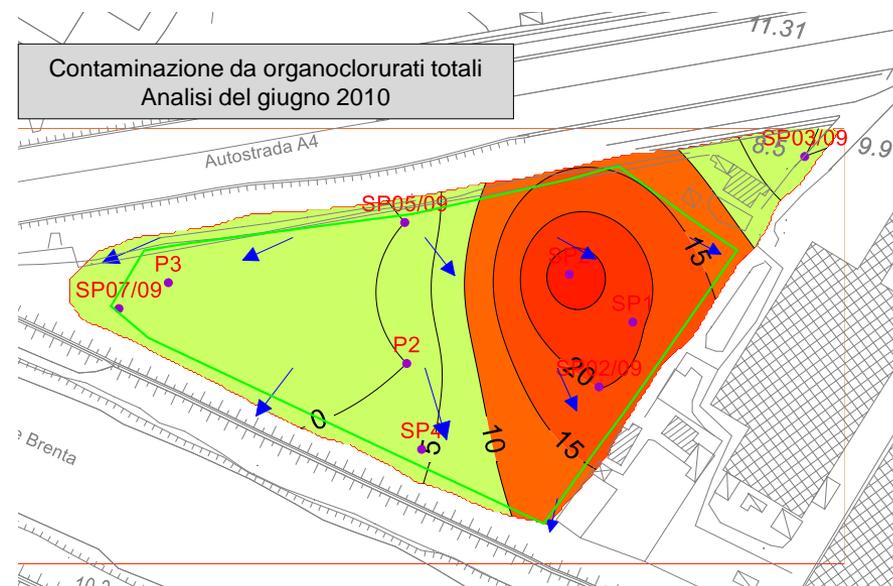
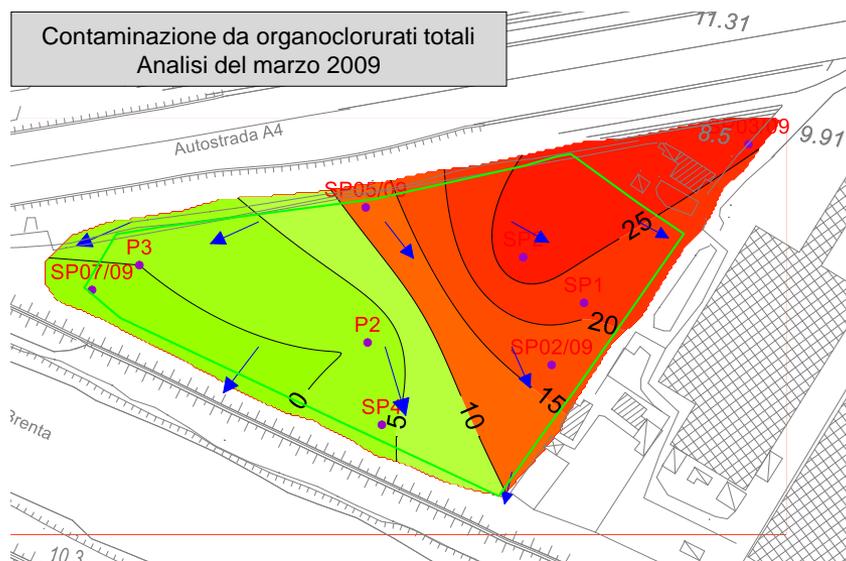


I risultati delle analisi possono essere rappresentati graficamente tramite mappe con riportate tabelle/grafici che danno una visione d'insieme sulla distribuzione della contaminazione

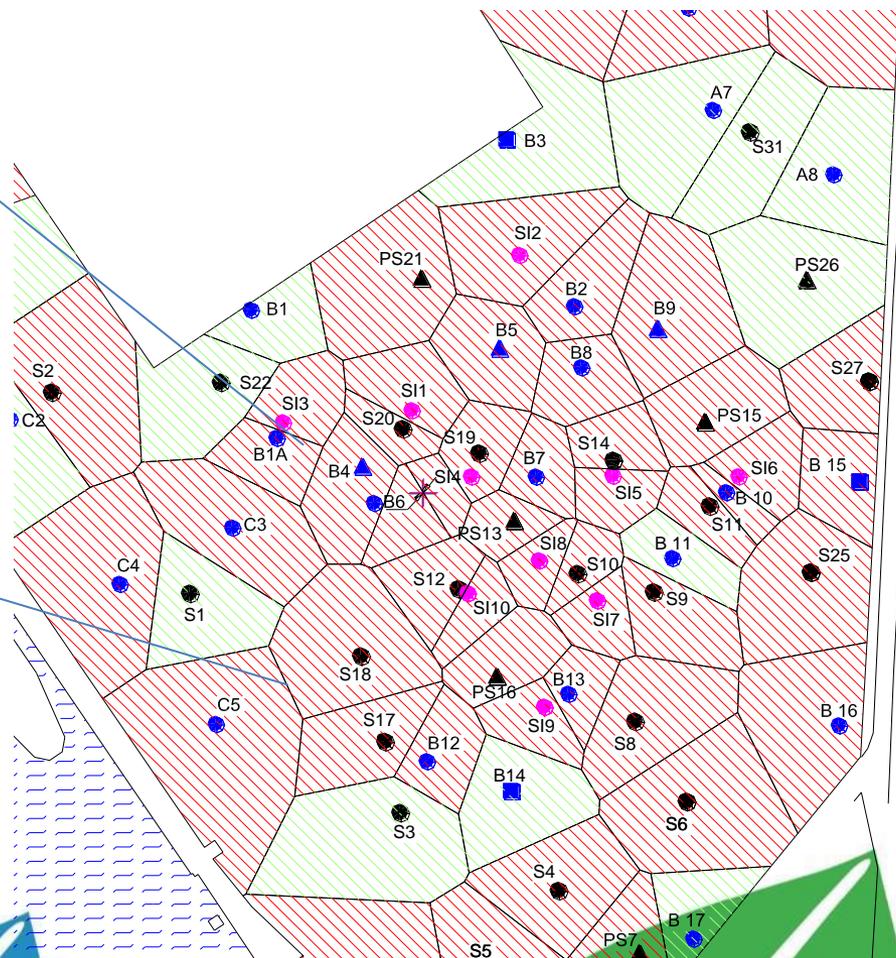
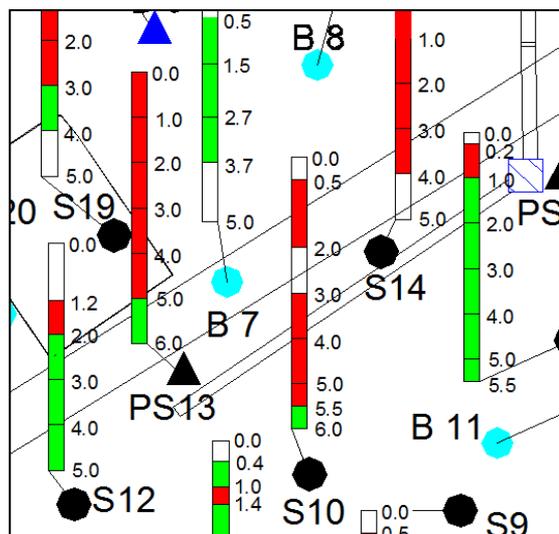


Criteria per la rappresentazione dei risultati delle analisi

Per la falda (disponendo di un adeguato numero di punti di monitoraggio e campionamenti protratti nel tempo) si possono rappresentare gli esiti delle analisi con curve di isoconcentrazione e la loro evoluzione temporale.

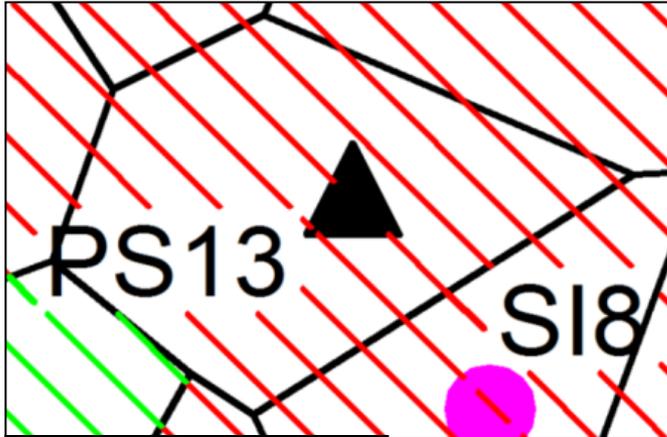


Criteria for the representation of the results of the investigations



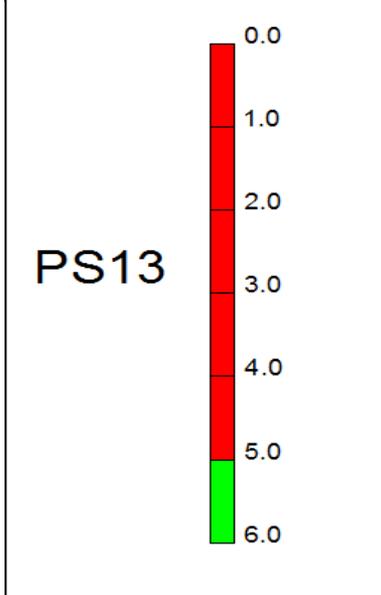
Al termine della caratterizzazione vengono identificate le aree interessate dalla contaminazione del terreno tramite suddivisione dell'intero sito in poligoni di influenza (Thiessen)

Rappresentatività del dato analitico:



- Potenziale contaminazione da 0.0 a 5.0 m da p.c.
- Superficie poligono: 507 mq
- Volume terreno potenzialmente contaminato: 2535 mc
- Volume terreno analizzato: 0.04 mc* (~ 1/10000)

* Diametro carota 10 cm x 5 m di lunghezza



ANALISI DI RISCHIO

Analisi di rischio sanitario sito specifica: analisi sito specifica degli effetti sulla salute umana derivanti dall'esposizione prolungata all'azione delle sostanze presenti nelle matrici ambientali.

Analisi di rischio ambientale sito specifica: analisi del trasporto nelle acque sotterranee al punto di conformità della contaminazione presente nelle diverse matrici ambientali.

Viene condotta con i criteri generali stabiliti dall'allegato 1 del TUA e dai criteri metodologici dell'ISPRA con l'ausilio di database dell'ISS

L'applicazione della procedura di analisi di rischio viene effettuata con l'ausilio di appositi software approvati da ISPRA : Risk-net , Rome, BP-Risc, Giuditta ecc....



ANALISI DI RISCHIO

MODALITA' DIRETTA

Si stima il rischio sanitario per il recettore esposto, sia posto in prossimità del sito (onsite) che ad una certa distanza (off-site), conoscendo la concentrazione in corrispondenza della sorgente di contaminazione.

MODALITA' INVERSA

Si calcola la massima concentrazione in sorgente compatibile con la condizione di accettabilità del rischio, avendo fissato il livello di rischio per la salute ritenuto accettabile per il recettore esposto.
Calcolo delle CSR

L'Analisi di Rischio parte dalla definizione del Modello Concettuale Sito specifico (MCS), basato sull'individuazione e parametrizzazione di 3 elementi

1) Sorgenti di contaminazione

2) Meccanismi di trasporto degli inquinanti

3) Modalità di esposizione dei bersagli



ANALISI DI RISCHIO - modello concettuale del sito

Risk-net 3.1.1 Pro

Risk-net 3.1.1 Pro File New Site

Descrizione del sito
Modello Concettuale del Sito
Receptor

Input
Contaminanti indicatori
Concentrazione in sorgente
Fattori di esposizione
Parametri del sito

Output
Rischio
CSR
CSR cumulative

Risultati Dettagliati
Fattori di Trasporto
Concentrazioni al POE
Tassi di Esposizione
Dettaglio Rischi
Dettaglio CSR
Dettaglio CSR cumulative
Trasporto off-site
Dettaglio Concentrazioni

Caratterizzazione standard Caratterizzazione integrativa Caratterizzazione prodotti alimentari

Modello Concettuale del Sito Seleziona Tutti Deseleziona Tutti Default Help

Sorgente	Percorso di esposizione	On-Site	Off-Site
Suolo Superficiale	Contatto diretto	<input checked="" type="checkbox"/> Ingestione di suolo e contatto dermico	<input checked="" type="checkbox"/> No Off-site
	Volatilizzazione Erosione Vento	<input checked="" type="checkbox"/> Inalazione Vapori Outdoor	<input checked="" type="checkbox"/> On-Site <input type="checkbox"/> Off-Site
		<input checked="" type="checkbox"/> Inalazione Vapori Indoor	<input checked="" type="checkbox"/> On-Site <input type="checkbox"/> No Off-site
		<input checked="" type="checkbox"/> Inalazione Polveri Outdoor	<input checked="" type="checkbox"/> On-Site <input type="checkbox"/> Off-Site
		<input checked="" type="checkbox"/> Inalazione Polveri Indoor	<input checked="" type="checkbox"/> On-Site <input type="checkbox"/> No Off-site
		<input checked="" type="checkbox"/> Lisciviazione in Falda	<input checked="" type="checkbox"/> POC = 0 m <input type="checkbox"/> POC > 0 m
Suolo Profondo	Volatilizzazione	<input checked="" type="checkbox"/> Inalazione Vapori Outdoor	<input checked="" type="checkbox"/> On-Site <input type="checkbox"/> Off-Site
		<input checked="" type="checkbox"/> Inalazione Vapori Indoor	<input checked="" type="checkbox"/> On-Site <input type="checkbox"/> No Off-site
	Dilavamento	<input checked="" type="checkbox"/> Lisciviazione in Falda	<input checked="" type="checkbox"/> POC = 0 m <input type="checkbox"/> POC > 0 m
Falda	Volatilizzazione	<input checked="" type="checkbox"/> Inalazione Vapori Outdoor	<input checked="" type="checkbox"/> On-Site <input type="checkbox"/> Off-Site
		<input checked="" type="checkbox"/> Inalazione Vapori Indoor	<input checked="" type="checkbox"/> On-Site <input type="checkbox"/> Off-Site
	Diretto	<input checked="" type="checkbox"/> Protezione risorsa idrica	<input checked="" type="checkbox"/> POC = 0 m <input type="checkbox"/> POC > 0 m

ANALISI DI RISCHIO

SORGENTI DELLA CONTAMINAZIONE

SORGENTI PRIMARIE:

dalle quali trae origine la contaminazione del sottosuolo (serbatoi interrati, tubazioni, sottoservizi, rifiuti). Questa deve essere rimossa o messa in condizione di non peggiorare la situazione (MESSA IN SICUREZZA DI EMERGENZA)

SORGENTI SECONDARIE:

porzioni di matrici ambientali contaminate dalla sorgente primaria:

- suolo superficiale (<1 m da p.c.)
- suolo profondo (>1 m da p.c.)
- acque sotterranee

LA PROCEDURA DI ANALISI DI RISCHIO SI APPLICA SOLAMENTE ALLE SORGENTI SECONDARIE (le s. primarie vanno rimosse o isolate)

ANALISI DI RISCHIO

Modalità di esposizione (contatto tra inquinate e bersaglio)

DIRETTE: se la via di esposizione coincide con la sorgente (es. ingestione diretta di acqua contaminata, contatto dermico, ...)

INDIRETTE: il contatto del recettore avviene a seguito di una migrazione dello stesso ad una certa distanza dalla sorgente (es. inalazione di vapori e particolato..)

- Ingestione di acqua
- Ingestione di suolo
- Contatto dermico
- Inalazione di vapori (indoor-outdoor)
- Inalazione particolato

ANALISI DI RISCHIO

RECETTORI O BERSAGLI

Recettori umani:

- Presenti nel sito (on site): AdR a protezione dei residenti e/o lavoratori
- Fuori del sito (off site):

Recettori ambientali :

AdR a protezione della risorsa idrica



ANALISI DI RISCHIO

Il rischio viene calcolato riferendosi a dei valori indice adimensionali:

Il valore di rischio incrementale accettabile nei riguardi delle sostanze cancerogene, stabilito dal D.Lgs 3 aprile 2006 n. 152, che è pari a:

- 1×10^{-6} per il valore di **rischio individuale** calcolato (ovvero associato ad una singola specie chimica inquinante per una o più modalità di esposizione)
- 1×10^{-5} per il valore di **rischio cumulativo** calcolato (associato alla presenza di più specie chimiche inquinanti per una o più modalità di esposizione).

L'indice di pericolo per le sostanze non cancerogene HI uguale a 1 sia per i singoli valori individuali, sia per il valore cumulativo



ANALISI DI RISCHIO

Mediante l'analisi di rischio si determinano le CSR a protezione della salute umana e dell'ambiente, quindi si stabilisce se il sito è contaminato o non contaminato, e si definiscono le strategie di bonifica/messa in sicurezza.

Possibili esiti dell'analisi di rischio:

1 Concentrazione dei contaminanti presenti < CSR

- La conferenza dei servizi, con l'approvazione del documento dell'analisi del rischio, dichiara concluso positivamente il procedimento (piano di monitoraggio).

2 Concentrazione dei contaminanti presenti > CSR

- Il responsabile dell'inquinamento deve predisporre (in alternativa)
 - un **progetto operativo degli interventi di bonifica** o
 - un **progetto di messa in sicurezza operativa** o
 - un **progetto di messa in sicurezza permanente**.

Attività di caratterizzazione aspetti progettuali e operativi

