

COMUNE DI OLTRONA S. MAMETTE

- 1 APR. 2010

Prot. N. 957

Cat. 10 Classe 9 Fasc.



Analisi di Rischio e Progetto di Messa in Sicurezza Operativa presso Stabilimento STAR Oltrona San Mamette (Co)

preparato per

STAR S.p.A.

Via Dominioni, 2

22070 OLTRONA SAN MAMETTE (CO)

Autori Principali

Luana Vertemati

Alberto Rainero

Direttore Progetto

Umberto Puppini



Codice Rapporto: 3248_R1F3 - Marzo 2010

Tipo Rapporto: Finale



ESI Italia s.r.l. - Via G.B. Pirelli, 26 - 20124 MILANO
Tel +39.02.36567446 Fax +39.02.36567514
milano@esinternational.it www.esinternational.it

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
1.1	Scopo del lavoro.....	6
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, IDROGRAFICO	7
3	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	8
3.1	Generalità.....	8
3.2	Falda sospesa.....	8
3.2.1	Meccanismo di alimentazione del flusso e della contaminazione.....	8
3.2.2	Qualità.....	9
3.3	Falda profonda.....	9
3.3.1	Caratteristiche.....	9
3.3.2	Qualità.....	9
3.4	Contesto locale.....	10
4	MODELLO CONCETTUALE DEL SITO	13
5	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA	14
5.1	Scenario 1 – Falda sospesa.....	14
5.1.1	Parametri sito-specifici per analisi di rischio.....	14
5.1.2	Definizione della sorgente di contaminazione e concentrazioni rappresentative.....	15
5.1.3	Percorsi d’esposizione e recettore finale.....	16
5.1.4	Analisi dei risultati e commenti.....	16
5.2	Scenario 2 - Falda profonda (Pozzo STAR1).....	17
5.2.1	Parametri sito specifici per l’analisi di rischio.....	17
5.2.2	Definizione della sorgente di contaminazione e concentrazioni rappresentative.....	18
5.2.3	Percorsi di esposizione e recettore finale.....	18
5.2.4	Analisi dei risultati.....	19
5.2.5	Calcolo Concentrazioni Soglia di Rischio.....	19
5.3	Sintesi e commenti.....	20
6	SINTESI DEI RISULTATI E PROGETTO DI MESSA IN SICUREZZA OPERATIVA	21
A.1	IDROGEOLOGIA E PIEZOMETRIA LOCALE	29
A.2	MODELLO DI FLUSSO	31
A.2.1	Struttura fisica.....	31
A.2.2	Discretizzazione spaziale.....	31
A.2.3	Infiltrazione efficace.....	31
A.2.4	Conducibilità idraulica.....	32
A.2.5	Condizioni al contorno del modello.....	32
A.2.6	Simulazione statica.....	33
A.2.7	Simulazioni di previsione in condizione dinamica.....	33

Figure nel testo

1. Correlazione concentrazione presso ingresso stripper e precipitazione cumulata
2. Interpolazione profondità e spessore acquitardo – Sezioni AA' e BB' – Scala grafica
3. Interpolazione profondità e spessore acquitardo – Sezioni CC' e DD' – Scala grafica

Figure fuori testo

4. Planimetria stabilimento e ubicazione indagini eseguite – Scala 1: 100
5. Carta Geologica – Scala 1: 20.000
6. Carta Geomorfologica – Scala 1: 20.000
7. Reticolo idrografico – Scala 1: 20.000
8. Modello concettuale – Scala grafica

Allegati

1. Stratigrafie pozzi STAR1 e STAR2
2. Dati di input e output RISC4.0

1 INTRODUZIONE

La costruzione dello stabilimento attualmente di proprietà di STAR S.p.A. di Via Dominioni, 2 a Oltrona San Mamette (Co) risale agli Anni Quaranta. Lo stabilimento è sempre stato attivo nel settore tessile, prevalentemente nello stampaggio dei tessuti. La destinazione d'uso dell'area è industriale.

All'inizio degli Anni Ottanta viene rilevata la contaminazione da solventi clorurati del pozzo STAR1. Le analisi condotte in quegli anni avevano identificato la sorgente di contaminazione nelle perdite provenienti dalle condotte delle acque reflue che attraversavano lo stabilimento in direzione Est-Ovest per scaricarle nel vicino Torrente Antiga. Negli Anni Novanta è stato avviato il depuratore delle acque reflue industriali.

Verso la metà degli Anni Novanta è cominciata l'attività di caratterizzazione e quindi gli interventi per contrastare la diffusione della contaminazione riconosciuta.

Durante lo svolgimento delle attività di caratterizzazione sono state individuate due falde sovrapposte, in particolare:

- la prima, sospesa e fortemente influenzata dagli afflussi meteorici e, quindi, dalla presenza di acqua nell'adiacente Torrente Antiga, è stata misurata a profondità media compresa tra 4,6 e 5,4 m dal p.c. Tale falda non viene rilevata in tutta l'area dello stabilimento ma, a riprova del rapporto che lega i due corpi idrici, si spinge al massimo entro una fascia compresa tra i 50 e i 60 m di distanza dal corso del torrente;
- la seconda, più profonda (oltre 70 m da p.c.), è sede dell'acquifero sfruttato anche a fini potabili in cui la falda scorre ad una profondità di circa 72 m da p.c. con direzione NNO – SSE con gradiente idraulico pari a circa 1,3% (Novembre 1990).

Presso lo stabilimento sono state eseguite diverse campagne di indagine per la valutazione dello stato qualitativo delle matrici ambientali che hanno condotto all'esecuzione di alcuni interventi di bonifica. Le indagini eseguite tra il 1993 e il 1995 avevano evidenziato la presenza di due aree contaminate (Figura 4 – fuori testo):

- la prima, in corrispondenza del magazzino greggi, presentava contaminazione dell'aria interstiziale del sottosuolo da solventi clorurati (Tetracloroetilene e Tricloroetilene); si è intervenuto con un sistema di soil venting che è stato attivo dal 1996 al 1998 portando le concentrazioni di PCE nell'aria interstiziale da 2.000 mg/m³ a meno di 30 mg/m³;
- la seconda area si trova nella zona Ovest dello stabilimento in corrispondenza del pozzo STAR1 con contaminazioni sia della falda sospesa che di quella profonda da solventi clorurati.

Sulla seconda area, nel 1995 si è provveduto alla sostituzione del dreno continuo del pozzo STAR1 con argilla tipo Compactonict fino a circa -12 m da p.c. e all'installazione di 3 pozzetti (P1*, P2* e P3*) limitati alla falda sospesa nelle immediate vicinanze del pozzo STAR1, con l'attivazione di un pompaggio a portate pari a Q= 0,5 – 1,0 l/s finalizzato a evitare il percolamento della contaminazione dalla falda sospesa verso quella profonda.

Il pompaggio dai 3 pozzetti è avvenuto in modo discontinuo perché la falda sospesa è intermittente.

Nel 1998, durante le indagini di approfondimento presso la zona STAR1, sono stati eseguiti 6 sondaggi (T1-T6) lungo il confine Ovest dello stabilimento in cui l'acqua di falda ha mostrato la presenza di PCE e TCE in concentrazioni rispettivamente di circa 500 µg/l e 100 µg/l.

Nel 2001 sono state eseguite ulteriori indagini di approfondimento che hanno dato i seguenti risultati:

- evidenza di concentrazioni di solventi clorurati nell'aria del sottosuolo insaturo (PCE in concentrazioni variabili tra 2,5 e 131,7 mg/m³)
- concentrazioni di solventi clorurati oltre i limiti normativi allora validi (D.M. 471/1999) nei campioni di acqua prelevati dalla falda sospesa.

A Gennaio 2003 è stato presentato il Progetto Preliminare di Bonifica che prevedeva, a seguito di alcune indagini integrative, la progettazione definitiva di una barriera idraulica costituita da 12 pozzetti nell'estremo settore sud occidentale dell'area.

Nel 2003 quindi sono stati eseguiti 6 carotaggi fino a circa 10 m di profondità dal p.c. (S1-S6), tre dei quali sono allestiti a piezometri (S4, S5 e S6) e un ulteriore piezometro (Pz1); sono stati prelevati campioni di terreno, gas interstiziale e acqua di falda sia sospesa che profonda. I campioni sono stati sottoposti ad analisi chimiche per rilevare la presenza di solventi clorurati e i risultati analitici hanno mostrato l'assenza di contaminazione del terreno, presenza sporadica e in basso tenore di PCE nel gas interstiziale e contaminazione dell'acqua sotterranea sia in falda sospesa che in quella profonda anche in STAR2.

Il Progetto Definitivo di Bonifica proposto in precedenza e presentato nel Ottobre 2003 prevedeva l'esecuzione di 9 pozzetti (P101-P109) per l'estrazione delle acque della falda sospesa, insieme ai 3 pozzetti ubicati attorno al pozzo STAR1 (P1*, P2* e P3*). L'obiettivo duplice dell'intervento di *Pump&Treat* era di rimuovere parte dell'inquinamento presente nella fase acquosa e drenare la falda sospesa limitando quindi l'infiltrazione della contaminazione verso la falda profonda. I pozzi sono stati attrezzati con pompe pneumatiche ad aria compressa. L'acqua emunta passava e passa attualmente da un impianto di trattamento per la separazione del solvente dalla fase acquosa e da un filtro a carboni attivi.

Come indicato nel verbale di Conferenza di Servizi del 19 Ottobre 2004 è stato mantenuto attivo il pompaggio del pozzo STAR1.

Il Progetto proponeva anche un monitoraggio ambientale e di efficienza degli impianti mediante il campionamento periodico delle acque presso ingresso allo stripper, uscita dallo stripper, uscita dal sistema di filtri a carboni attivi, pozzo STAR1, pozzetti e/o piezometri nell'area di intervento.

A due anni dalla attivazione dell'impianto di *Pump&Treat* le concentrazioni dei solventi clorurati in falda sospesa risultano in diminuzione ma sono ancora sopra i valori limite, mentre le concentrazioni in falda profonda rilevate presso STAR1 risultano in crescita. Sulla base di questi risultati ARPA Lombardia non ha ritenuto conclusa la prima fase del Progetto di Bonifica (Nota del 29 Dicembre 2008 prot. n. 181631/3/6/6).

A seguito della nota di ARPA Lombardia e dell'incontro tecnico tenutosi presso il Comune di Oltrona S. Mamette il 23 Settembre 2009 è stata accolta la richiesta di STAR S.p.A. di procedere alla presentazione di un Progetto di Messa in Sicurezza Operativa ai sensi del D. Lgs. 152/2006.

Attualmente infatti, con l'emanazione del T.U. Ambientale (D. Lgs. 152/2006 e smi), la contaminazione rilevata presso le falde individuate sotto lo stabilimento definiscono il sito STAR *potenzialmente inquinato*; a seguito di ciò, si rende necessaria l'esecuzione di un'analisi di rischio sanitario e ambientale sito specifica che permetta di valutare gli eventuali rischi per i recettori individuati.

In particolare, inoltre, l'art. 240 dello stesso decreto permette, presso siti dove vi sia ancora attività in esercizio, di intervenire con una Messa in Sicurezza Operativa, che intende 'garantire un adeguato livello di sicurezza per la salute umana e per l'ambiente' fino a quando, cessata l'attività, non si possa eseguire una vera e propria bonifica.

Per supportare la progettazione degli interventi di Messa in Sicurezza Operativa, ESI Italia srl ha verificato la documentazione preesistente ed ha eseguito un'analisi di rischio per la salute dei lavoratori in attività presso lo stabilimento e per la falda profonda nonché un modello di flusso per definire le modalità di sbarramento del flusso della falda profonda.

ESI Italia s.r.l. - Via G.B. Pirelli, 26 – 20124 MILANO
Tel +39.02.36567446 Fax +39.02.36567514
milano@esinternational.it www.esinternational.it

Dopo la consegna nei termini stabiliti, verranno presentate integrazioni spontanee dell'analisi di rischio a seguito della emanazione della D.G.R. Lombardia n. 8/11348 che fornisce ulteriori Linee Guida per l'applicazione dell'Analisi di Rischio sito-specifica.

1.1 Scopo del lavoro

Gli obiettivi dell'incarico sono:

1. eseguire uno studio idrogeologico di inquadramento dell'area
2. ridefinire il modello concettuale dell'area
3. definire il livello di rischio attuale derivante dalla contaminazione della falda sospesa e da quella profonda
4. elaborare un modello di flusso per verificare l'efficacia del pompaggio attivo in STAR1
5. elaborare un progetto di Messa in Sicurezza Operativa ai sensi del D. Lgs. 152/2006 per il contenimento della contaminazione.

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, IDROGRAFICO

Oltrona S. Mamette si trova nel settore prealpino in un territorio a morfologia collinare ad una quota di circa 370 m s.l.m. Nel territorio comunale affiorano (Figura 5 – fuori testo) i seguenti depositi [3]:

- Fluvioglaciale, fluviale e Mindel (Pleistocene Inf.) con litologia costituita da ghiaie, limi e argille fortemente ferrettizzate
- Fluvioglaciale, fluviale e lacustre Riss (Pleistocene Medio) con litologia costituita da ghiaie, limi e argille fortemente ferrettizzate
- Morenico Riss (Pleistocene Medio) con litologia costituita da ghiaie, blocchi e limi ferrettizzati
- Fluvioglaciale e Fluviale Wurm (Pleistocene Sup.) con litologia costituita da ghiaie e sabbie.

Geomorfologicamente (Figura 6 – fuori testo) il territorio comunale di Oltrona S. Mamette è adagiato [3 e 12] su cordoni morenici intermedi (settore Est) e terrazzi fluviali (settore Ovest).

Il reticolo idrografico è caratterizzato dalla presenza del Torrente Antiga, che scorre in direzione N-S in corrispondenza del limite orientale dello stabilimento e che si trova sconnesso dall'acquifero profondo contenuto nel Ceppo, mentre nei periodi di piena alimenta una falda superficiale sospesa presente a circa 5 m dal p.c. (Figura 7 – fuori testo)

3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

3.1 Generalità

Per le definizioni di carattere generale si rimanda agli studi precedenti.

Per gli scopi che si prefigge l'attuale lavoro basterà ricordare che, secondo le indicazioni di precedenti studi [1 e 3], nell'area d'interesse l'acquifero principale è rappresentato dal cosiddetto 'Acquifero sotto il Ceppo', che contiene una falda i cui livelli piezometrici sono compresi tra i 330 e 250 m s.l.m., con direzione NNO- SSE e gradiente medio pari a 1,48%. Localmente è stata accertata la presenza di una falda superficiale sospesa a circa 5 m di profondità dal p.c. [1 e 3], legata alla presenza del flusso nel Torrente Antiga.

3.2 Falda sospesa

3.2.1 Meccanismo di alimentazione del flusso e della contaminazione

La falda sospesa sembra formarsi durante gli eventi di precipitazione quando il Torrente Antiga drena il deflusso del bacino imbrifero di sua competenza. Il deflusso alimenta l'orizzonte sabbioso limoso su cui si trova appoggiato lo stabilimento della STAR saturandolo fino a formare una falda con soggiacenza molto variabile compresa tra un minimo di 3,68 m (presso PzI) e un massimo di 8,79 m (presso PzA) e con direzione di flusso NNO-SSE e gradiente pari a circa 1% [10].

La forma della falda sospesa è già stata rilevata in passato: quando è presente la sua estensione s'interrompe a circa 50 m di distanza dall'alveo del Torrente Antiga, a dimostrare che si disperde in profondità. Sulla base delle verifiche eseguite la sua direzione di flusso sembra guidata dalla forma del tetto dell'acquitrando che la sostiene ed in effetti interessa i settori identificati in precedenza.

Oltre all'oscillazione del livello della falda sospesa, a sostegno dell'ipotesi sopraesposta sta anche il confronto tra la concentrazione dei solventi clorurati misurate all'ingresso del sistema di depurazione installato a Luglio 2006 per la bonifica dei solventi estratti dai pozzetti (P1*, P2*, P3* e dal P101 al P109) e le precipitazioni cumulate nei 15 giorni precedenti il campionamento (Figura 1).

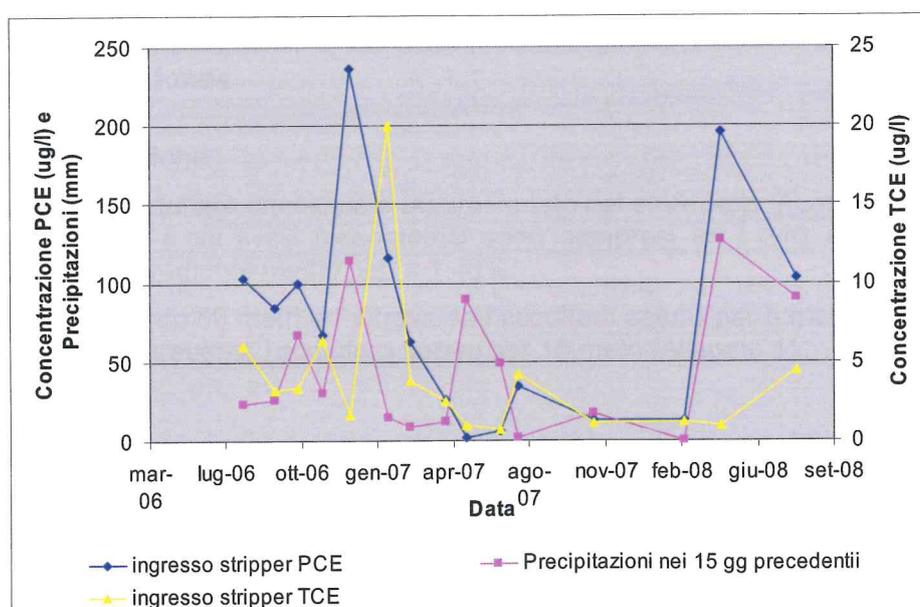


Figura 1 – Concentrazione acqua presso ingresso stripper e precipitazione cumulata 15 gg precedenti (Marzo 2006 – Settembre 2008)

ESI Italia s.r.l. - Via G.B. Pirelli, 26 – 20124 MILANO
Tel +39.02.36567446 Fax +39.02.36567514
milano@esinternational.it www.esinternational.it

Infatti i valori medi delle concentrazioni di solventi clorurati nell'acqua prelevata in ingresso allo stripper del sistema di depurazione presentano andamenti piuttosto simili a quello delle precipitazioni nei 15 giorni precedenti indicando che, a periodi più piovosi, corrispondono incrementi delle concentrazioni di solventi clorurati nella falda sospesa.

Negli studi precedenti si suppone che la sorgente di contaminazione primaria all'interno dello stabilimento sia dovuta a perdite delle condotte di scarico delle acque reflue contenenti solventi clorurati nell'alveo del Torrente Antiga anche prima dell'installazione del depuratore industriale.

Questa ipotesi tuttavia non è stata confermata dalle analisi dei terreni eseguite in passato che infatti presentano solo rari superamenti dei limiti normativi e non nella zona in cui si rinviene la falda sospesa.

Si può quindi ipotizzare che lo scarico delle acque reflue abbia contaminato il fondo del Torrente Antiga e il suo subalveo e che questa contaminazione si diffonda veicolata dalle precipitazioni e quindi di conseguenza al regime di flusso del torrente.

La falda sospesa contaminata, percolando per drenanza attraverso l'acquitrando o attraverso soluzioni di continuità dello stesso, raggiunge, contaminandola, la falda profonda, intercettata dal pozzo STAR1.

3.2.2 Qualità

Gli studi effettuati per la caratterizzazione e la bonifica presso lo stabilimento Star hanno indicato la presenza di una significativa contaminazione della falda sospesa da solventi clorurati e principalmente da Tetracloroetilene e Tricloroetilene.

L'origine di tale contaminazione potrebbe anche essere dovuta a perdite dalle tubazioni di raccolta delle acque reflue contenenti solventi clorurati, che venivano scaricate nel Torrente Antiga prima della costruzione del depuratore.

Nel 2006 è stata attivata una barriera idraulica formata da 12 pozzetti muniti di pompe pneumatiche, alimentate dalla rete di aria compressa di stabilimento [11] che estraggono acqua non appena si forma un battente sufficiente.

3.3 Falda profonda

3.3.1 Caratteristiche

Nell'area d'interesse l'acquifero principale è rappresentato dal cosiddetto 'Acquifero sotto il Ceppo', che contiene una falda i cui livelli piezometrici sono compresi tra i 310 e 250 m s.l.m., con direzione NNO- SSE e gradiente medio pari a 1,48%.

Il pozzo STAR1 è profondo 80 metri ed attraversa l'acquifero saturo per 5 metri. Il pozzo STAR2 è profondo 102 metri ed attraversa l'acquifero saturo per 15 metri (Allegato 1).

3.3.2 Qualità

Presso la falda profonda, intercettata anche per usi potabili, è stato rilevato fin dal 1992 un pennacchio di contaminazione dovuto alla presenza di solventi clorurati costituiti principalmente da Tetracloroetilene e Tricloroetilene.

Secondo gli studi Aquater tale pennacchio che sembra originarsi nel Comune di Olgiate Comasco, è caratterizzato da una direzione di sviluppo N-S e si estende per circa 7,5 km inoltrandosi nel territorio amministrativo del Comune di Lurago Marinone.

Si può notare inoltre che la concentrazione, già elevata a Olgiate Comasco (100 – 500 µg/l) presenta un aumento (fino a concentrazioni superiori a 1.000 µg/l) in corrispondenza del pozzo STAR1.

3.4 Contesto locale

Con le stratigrafie dei carotaggi eseguiti è stato possibile definire la forma della lente limoso-argillosa presente sotto lo stabilimento che sostiene la falda sospesa intermittente.

Attraverso l'interpolazione con il metodo di kriging eseguita con Surfer v 8.0 nella zona Sud-Ovest dello stabilimento adiacente al pozzo STAR1 è stato individuata con buona precisione una depressione in cui il tetto dell'acquitrando si trova alla massima profondità e lo spessore dell'orizzonte si assottiglia (Figure 2 e 3 nel testo).

Nelle stratigrafie dei pozzetti di controllo presso STAR1 non è nemmeno segnalata la presenza di limo argilloso ma di sabbia con ghiaia in abbondante matrice argillosa, indicando una possibile parziale soluzione di continuità.

Poiché l'alimentazione intermittente della falda sospesa può determinare la formazione di un accumulo temporaneo sotterraneo, questo bacino può essere il meccanismo che attiva il trasferimento della contaminazione in profondità.

Si può dunque ipotizzare che, in corrispondenza della depressione che interessa il tetto dell'acquitrando, nel tempo si siano accumulati i solventi clorurati derivanti dai meccanismi descritti al §3.2.1.

In questo modo si dà luogo alla formazione di una sorgente di contaminazione secondaria, alimentata in modo discontinuo nel tempo, rappresentata dall'orizzonte limoso-argilloso che sostiene la falda temporanea e presumibilmente dai sedimenti di subalveo del Torrente Antiga.

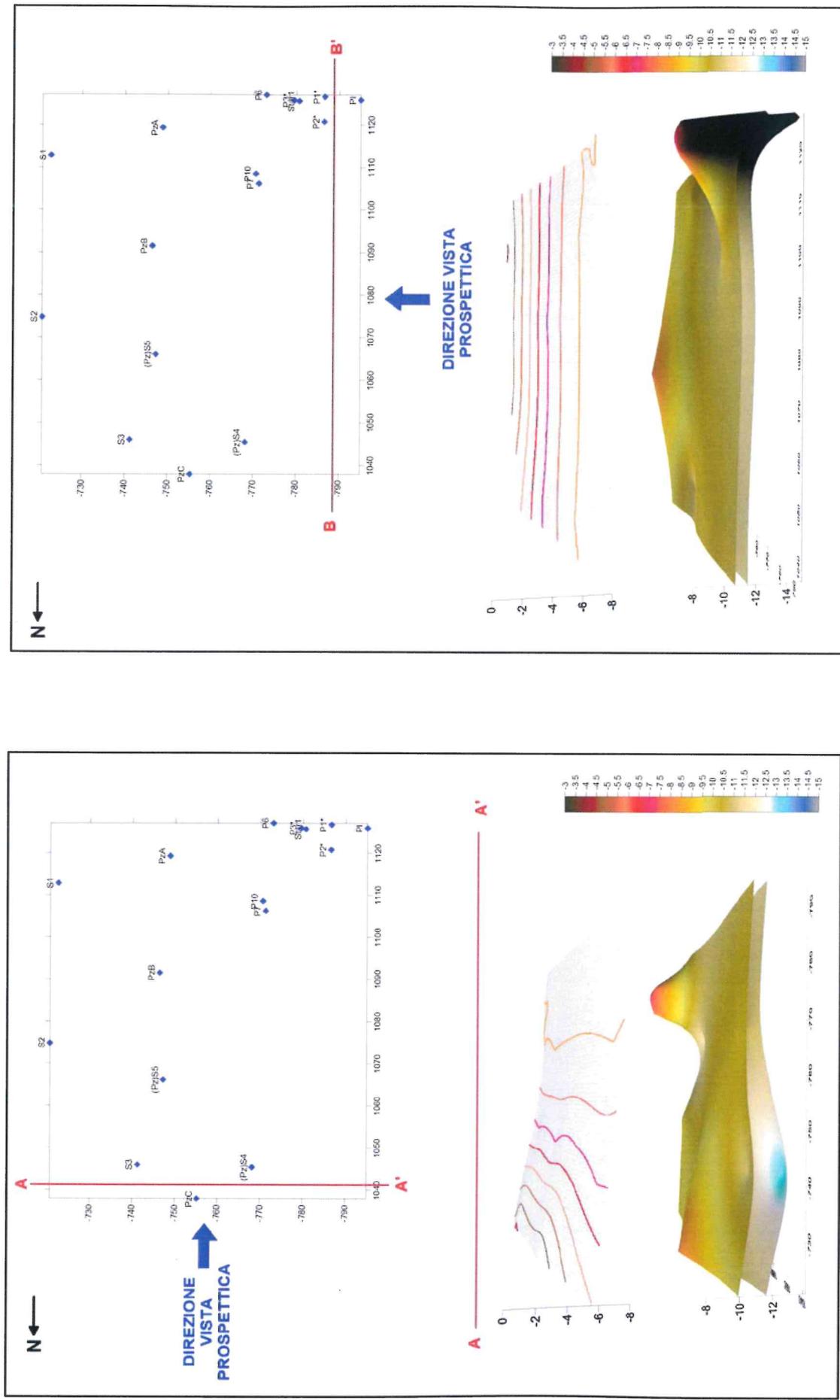


Figura 2 – Piano campagna e superficie tetto (in alto) e letto acquitrando (in basso) – Viste prospettiche A-A' e B-B' – Scala grafica (m)

ESI Italia s.r.l. - Via G.B. Pirelli, 26 – 20124 MILANO
 Tel +39.02.36567446 Fax +39.02.36567514
 milano@esinternational.it www.esinternational.it

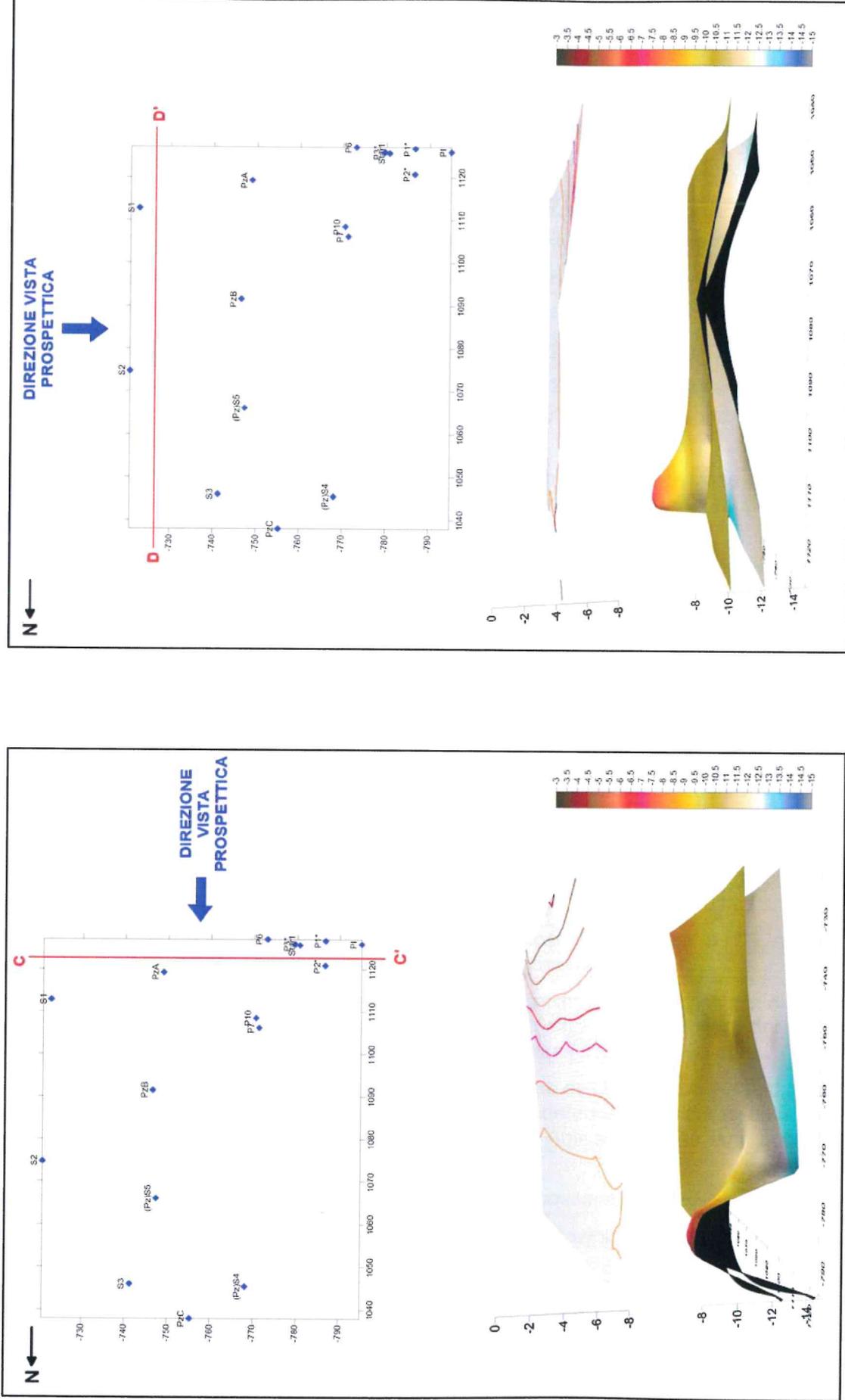


Figura 3 – Piano campagna e superficie tetto (in alto) e letto acquitrando (in basso) – Viste prospettive C-C' e D-D' – Scala grafica (m)

ESI Italia s.r.l. - Via G.B. Pirelli, 26 – 20124 MILANO
 Tel +39.02.36567446 Fax +39.02.36567514
 milano@esinternational.it www.esinternational.it

4 MODELLO CONCETTUALE DEL SITO

Il modello concettuale del sito ha lo scopo di sintetizzare graficamente le informazioni essenziali che lo caratterizzano. Realizzato sulla base dei dati storici disponibili e dei risultati delle indagini condotte sulle varie matrici ambientali esso descrive il sito tenendo conto di:

- caratteristiche fisiche
- sorgenti di contaminazione primarie e secondarie individuate o presunte
- estensione della contaminazione riconosciuta nelle matrici ambientali
- percorsi di migrazione dalle sorgenti ai recettori individuati nello scenario attuale
- recettori.

Il modello concettuale realizzato per lo stabilimento STAR di Oltrona San Mamette rappresenta (Figura 8 fuori testo):

- i tipi di indagini ambientali eseguite (piezometri, sondaggi, sonde gas) e la tipologia di campionamenti eseguiti
- le caratteristiche idrogeologiche del sito in termini di successione stratigrafica generale, livello e dinamica della falda sospesa e della falda profonda e rapporto falda sospesa – Torrente Antiga
- il significato dei risultati delle indagini ambientali eseguite in termini generali di distribuzione delle contaminazioni delle matrici ambientali riconosciute
- le caratteristiche delle sorgenti primarie e secondarie della contaminazione individuate o presunte
- i percorsi di migrazione in profondità e verso la superficie
- i recettori ambientali e umani.

Poiché le indagini effettuate in precedenza non hanno evidenziato contaminazione del terreno sottostante lo stabilimento, considerando anche la correlazione tra contaminazione della falda sospesa e precipitazioni (cfr § 3.2.1), l'origine di tale contaminazione può essere associata a:

- scarichi nel Torrente Antiga di acque reflue contenenti residui di solventi clorurati tramite due linee fognarie che percorrevano il sito da Est a Ovest prima dell'avvio della depurazione, non più esistente e quindi declinante
- contaminazioni provenienti da monte, riconosciute da tempo [1] e presumibilmente veicolate dalle acque, anche di subalveo, del Torrente Antiga.

Secondo lo studio eseguito da Aquater per l'Amministrazione Provinciale di Como; infatti, la contaminazione nella falda profonda si riscontra già a circa 1,7 km a Nord del pozzo STAR1 nel Comune di Olgiate Comasco con concentrazioni comprese tra 100 e 500 µg/l.

Questo lascia ipotizzare che l'alimentazione intermittente della falda sospesa ad opera delle acque defluenti nel Torrente Antiga o nel suo subalveo, determini il rilascio della contaminazione accumulata in tempi storici nel subalveo del Torrente Antiga e/o nelle lenti poco permeabili che formano il letto della falda sospesa.

Pertanto i percorsi di migrazione della contaminazione possono essere:

- volatilizzazione verso l'atmosfera della contaminazione sia dalla falda sospesa che da quella profonda
- percolazione dalla falda sospesa a quella profonda.

ESI Italia s.r.l. - Via G.B. Pirelli, 26 – 20124 MILANO
Tel +39.02.36567446 Fax +39.02.36567514
milano@esinternational.it www.esinternational.it

5 ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA

Le analisi di rischio per la salute umana sono state condotte utilizzando il software RISC v.4.0 (Risk-Integrated Software for Clean-ups), realizzato da Spence Engineering & BP Oil International.

Le analisi di rischio sono state condotte nello scenario attuale.

Ai sensi del D. Lgs. 152/2006, sono stati considerati ammissibili i seguenti valori di rischio per la salute umana:

- sostanze non cancerogene: $HI \leq 1$
- sostanze cancerogene: probabilità addizionale di contrarre tumore $R \leq 1 \times 10^{-5}$.

Sono state condotte alcune analisi di rischio in relazione alla sorgente di contaminazione secondaria considerata e al recettore: in particolare sono state condotte due analisi di rischio relative alla salute dei lavoratori dello stabilimento STAR considerando come sorgenti la falda sospesa o quella profonda (Tabella 1).

Tabella 1 – Scenari considerati nell'analisi di rischio per la salute umana

Scenario	Sorgente	Percorsi di esposizione	Recettore
1	Falda sospesa	Volatilizzazione - vapori indoor Volatilizzazione – vapori outdoor	Lavoratore – RME
2	Falda profonda Pozzo STAR1	Volatilizzazione – vapori indoor Volatilizzazione – vapori indoor Prelievo – Contatto dermico Prelievo Inalazione vapori indoor	Lavoratore – RME modificato

Le Linee Guida APAT evidenziano che, se non sono disponibili misure dirette, bisogna procedere come indicato di seguito:

- si utilizzano dati storici reperibili derivanti da studi precedentemente condotti sull'area in esame, a condizione che si tratti di dati attendibili e provenienti da fonti accreditate;
- in assenza di dati storici, si applicano, ove possibile, i criteri di stima indiretta descritti in corrispondenza di ogni parametro nelle linee guida;
- per i soli parametri elencati in Tabella 3.2.1, qualora non sia possibile applicare alcuno dei criteri suddetti, si utilizzano i valori proposti come default per il Livello 1 di analisi.

Le proprietà chimico-fisiche e tossicologiche dei contaminanti utilizzate per le analisi di rischio come suggerito dalle Linee Guida APAT, sono quelle contenute nel data base ISS-ISPEL e, se non presenti in questo database, quelli contenuti nella banca dati di RISC v.4.0.

Verranno presentate integrazioni spontanee della presente analisi di rischio a seguito della emanazione della D.G.R. Lombardia n. 8/11348 che fornisce ulteriori Linee Guida per l'applicazione dell'Analisi di Rischio sito-specifica.

5.1 Scenario 1 – Falda sospesa

5.1.1 Parametri sito-specifici per analisi di rischio

Le analisi di rischio sono state condotte utilizzando i seguenti parametri sito-specifici (Tabella 2):

Tabella 2 – Parametri sito-specifici

ESI Italia s.r.l. - Via G.B. Pirelli, 26 – 20124 MILANO
Tel +39.02.36567446 Fax +39.02.36567514
milano@esinternational.it www.esinternational.it

Parametro	Valore	Fonte
Edifici		
Superficie pavimento (m ²)	37	Area dell'edificio più piccolo dello stabilimento (edificio F)
Volume edificio (m ³)	100	Area dell'edificio F x 2,70 m (altezza minima utile)
Zona insatura		
Distanza falda – fondamenta edificio (m)	3,68	Soggiacenza minima della falda sospesa (ottobre 2007)

I parametri richiesti da RISC v.4.0 e non derivanti da misure sito-specifiche sono stati tratti dal data-base del software con riferimento a terreni sabbioso limosi che rappresentano l'acquifero che contiene la falda sospesa (Tabella 3).

Tabella 3 – Parametri non sito-specifici

Parametro	Valore	Fonte
Zona insatura		
Porosità totale []	0,25	Data-base RISC v.4.0 per terreni sabbioso-limosi
Contenuto d'acqua []	0,15	Data-base RISC v.4.0 per terreni sabbioso-limosi
Spessore della frangia capillare (cm)	10	Data-base RISC v.4.0 per terreni sabbioso-limosi
Contenuto d'aria nella frangia capillare []	0,01	Data-base RISC v.4.0 per terreni sabbioso-limosi

5.1.2 Definizione della sorgente di contaminazione e concentrazioni rappresentative

Non è stata individuata la sorgente primaria di contaminazione.

La sorgente secondaria di contaminazione considerata è la falda sospesa intermittente contaminata da solventi clorurati, individuata negli studi precedentemente svolti in una fascia parallela al corso del Torrente Antiga, ampia circa 50 – 60 m verso Est.

In particolare i parametri che superano i limiti previsti dalla normativa sono:

- Tetracloroetilene (PCE)
- Tricloroetilene (TCE)
- 1,1 dicloroetilene
- Triclorometano
- 1,2 dicloroetilene.

Le concentrazioni dei parametri di interesse inserite sono pari ai valori massimi registrati nei piezometri che intercettano la falda sospesa negli ultimi anni di monitoraggio .

Inoltre in particolare non sono stati considerati significativi i risultati analitici della campagna di monitoraggio eseguita il 15 Gennaio 2008 perché difforni dai valori rilevati dal laboratorio ARPA nello stesso periodo; infatti la campagna è stata rieseguita il 26 Febbraio 2008 presentando concentrazioni in linea con quelle rilevate dall'ente.

La campagna di monitoraggio che ha presentato le concentrazioni più elevate è quella dell'8 Ottobre 2003 (Tabella 4).

Tabella 4 – Concentrazioni inserite nelle acque sotterranee – Ottobre 2003

Parametro	Concentrazione limite D.Lgs. 152/2006 (µg/l)	Concentrazione rilevata (µg/l)	Sigla piezometro
PCE	1,1	2.620	PzH
TCE	1,5	128	PzI
1,1 dicloroetilene	0,05	1,28	PzI
Triclorometano	0,15	0,52	PzH
1,2 dicloroetilene	60	623	PzI

5.1.3 Percorsi d'esposizione e recettore finale

L'analisi di rischio è stata eseguita considerando i percorsi di esposizione che prevedono la volatilizzazione dei solventi dal tetto della falda sospesa e la diffusione degli stessi nell'aria.

Il recettore finale è il Lavoratore – RME (Reasonable Maximum Exposure) caratterizzato da parametri più sensibili del Lavoratore - Tipico.

5.1.4 Analisi dei risultati e commenti

L'analisi di rischio è stata condotta eseguendo una simulazione a 100 anni (il massimo contemplato dal software) e questa ha previsto le concentrazioni in aria mostrate in Tabella 5.

Tabella 5 – Risultati simulazione del modello di trasporto

Parametro	Concentrazione indoor (mg/m ³)	Concentrazione outdoor (mg/m ³)
PCE	6,70E-03	7,71E-06
TCE	2,88E-04	3,65E-07
1,1 dicloroetilene	4,70E-06	5,18E-09
Triclorometano	8,34E-07	1,29E-09
1,2 dicloroetilene	1,50E-03	2,09E-06

Con questi valori, secondo RISC v.4.0 non si presentano superamenti dei livelli di rischio sanitario massimi ammissibili ai sensi del D. Lgs. 152/2006 (Tabelle 6 e 7).

**Tabella 6 – Risultati analisi di rischio cancerogeno
per i lavoratori da falda sospesa ($R < 10^{-5}$)**

Parametro	Rischio accettabile (SI/NO)	Inalazione Indoor	Inalazione Outdoor
PCE	SI	3,10E-07	1,10E-09
TCE	SI	4,00E-08	1,50E-10
1,1 dicloroetilene	SI	1,90E-08	6,30E-11
Triclorometano	SI	0,00E+00	0,00E+00
Totale	SI	3,69E-07	1,31E-09

**Tabella 7 – Risultati analisi di rischio non cancerogeno
per i lavoratori da falda sospesa ($HI > 1$)**

Parametro	Rischio accettabile (SI/NO)	Inalazione Indoor	Inalazione Outdoor
PCE	SI	4,40E-02	1,50E-04
TCE	SI	3,10E-03	1,20E-05
1,1 dicloroetilene	SI	3,40E-05	1,10E-07
1,2 dicloroetilene	SI	0,00E+00	0,00E+00
Triclorometano	SI	0,00E+00	0,00E+00
Totale	SI	4,71E-02	1,62E-04

L'analisi di rischio eseguita per la contaminazione rilevata in falda sospesa non determina quindi rischi per la salute dei lavoratori. Pertanto in relazione a questo scenario non sono necessari interventi di bonifica o di messa in sicurezza operativa.

5.2 Scenario 2 - Falda profonda (Pozzo STAR1)

5.2.1 Parametri sito specifici per l'analisi di rischio

L'analisi di rischio è stata condotta utilizzando i parametri sito-specifici elencati in Tabella 8.

Tabella 8 – Parametri sito specifici

Parametro	Valore	Fonte
Edifici		
Area basamento (m ²)	37,0	Area Edificio F
Volume edificio (m ³)	100,0	Area Edificio F * 2,70 m
Zona insatura		
Distanza falda fondamenta edificio (m)	– 70,0	Soggiacenza media falda profonda presso lo stabilimento STAR nel Novembre 1990 (Pozzo STAR1)

I parametri richiesti da RISC v.4.0 e non derivanti da informazioni sito-specifiche sono stati tratti dal database del software con riferimento ai terreni limoso-argillosi per caratterizzare l'acquitrando e ai terreni ghiaioso sabbiosi per il terreno insaturo (Tabella 9).

Tabella 9 – Parametri non sito-specifici

Parametro	Valore	Fonte
Acquitrando		
Spessore [m]	0,3	Spessore minimo
Porosità totale []	0,35	Database RISC v.4.0 per terreni limoso-argillosi
Contenuto di acqua []	0,22	Database RISC v.4.0 per terreni limoso-argillosi
Zona insatura		
Porosità totale []	0,25	Database RISC v.4.0 per terreni ghiaioso-sabbiosi
Contenuto di acqua []	0,10	Database RISC v.4.0 per terreni ghiaioso-sabbiosi
Spessore della frangia capillare (cm)	0,10	Database RISC v.4.0 per terreni ghiaioso-sabbiosi
Contenuto di aria nella frangia capillare []	0,03	Database RISC v.4.0 per terreni ghiaioso-sabbiosi

5.2.2 Definizione della sorgente di contaminazione e concentrazioni rappresentative

La sorgente secondaria di contaminazione considerata è la falda profonda individuata, negli studi precedentemente svolti, a circa 70 m di profondità dal p.c. e contaminata da solventi clorurati; in particolare, i parametri che superano i limiti imposti dal D.Lgs. 152/2006 e smi sono:

- Tetracloroetilene (PCE)
- Tricloroetilene (TCE).

Sono state considerate le concentrazioni massime a disposizione rilevate presso il pozzo STAR1 nel periodo di monitoraggio ed in particolare sono stati utilizzati i valori riscontrati da ARPA il 23 Luglio 2008:

- [PCE]= 1.080 µg/l
- [TCE]= 3,6 µg/l.

5.2.3 Percorsi di esposizione e recettore finale

L'acqua prelevata dal pozzo STAR1 viene utilizzata per il processo negli impianti produttivi, vale a dire per la diluizione di alcuni prodotti impiegati negli impianti e veniva addotta ai rubinetti presenti nello stabilimento per usi non potabili, come ad esempio la pulizia dello stabilimento.

Pertanto l'analisi di rischio è stata eseguita considerando:

- i percorsi di esposizione che prevedono la volatilizzazione dei solventi dal tetto della falda profonda e la diffusione degli stessi nell'aria (inalazione indoor/outdoor dei vapori).
- i percorsi che possono determinare un contatto del recettore con l'acqua contaminata durante le attività produttive o di manutenzione (contatto dermico e inalazione dei vapori).

Il recettore finale è il Lavoratore – RME (Reasonable Maximum Exposure) caratterizzato dai parametri più sensibili del Lavoratore - Tipico. Per poter simulare l'esposizione per contatto dermico e inalazione di vapori, non previsti per il recettore, sono stati attivati o modificati alcuni parametri di esposizione.

ESI Italia s.r.l. - Via G.B. Pirelli, 26 – 20124 MILANO
Tel +39.02.36567446 Fax +39.02.36567514
milano@esinternational.it www.esinternational.it

5.2.4 Analisi dei risultati

Per il primo percorso di esposizione è stata eseguita una modellazione di trasporto dei contaminanti per prevedere la volatilizzazione degli stessi e la loro concentrazione in aria (Tabella 10).

Tabella 10 – Risultati simulazione del modello di trasporto

Parametro	Concentrazione indoor (mg/m ³)	Concentrazione outdoor (mg/m ³)
PCE	4,17E-03	5,52E-06
TCE	8,59E-06	1,08E-08

Le concentrazioni simulate in atmosfera non determinano rischi per la salute umana in relazione ai percorsi considerati mentre sussistono rischi per i percorsi relativi all'uso dell'acqua di falda (Tabelle 11 e 12).

**Tabella 11 – Risultati analisi di rischio cancerogeno
per i lavoratori da falda profonda (R<10⁻⁵)**

Parametro	Rischio accettabile (SI/NO)	Percorsi dalla falda		Percorsi dalla zona satura	
		Contatto dermico	Inalazione vapori	Inalazione sostanze volatili indoor	Inalazione sostanze volatili outdoor
PCE	NO	0,00E+00	7,60E-05	1,9E-07	7,3E-10
TCE	NO	1,0E-05	8,30E-05	1,2E-09	4,5E-12

**Tabella 12 – Risultati analisi di rischio non cancerogeno
per i lavoratori da falda profonda (HI<1)**

Parametro	Rischio accettabile (SI/NO)	Percorsi dalla falda		Percorsi dalla zona satura	
		Contatto dermico	Inalazione vapori	Inalazione sostanze volatili indoor	Inalazione sostanze volatili outdoor
PCE	NO	4,4E-03	1,1E+01	2,7E-02	1,0E-04
TCE	SI	2,3E-01	6,5E-02	9,3E-05	3,5E-07

5.2.5 Calcolo Concentrazioni Soglia di Rischio

Poiché sono stati riscontrati alcuni rischi dovuti alla presenza di concentrazioni di solventi clorurati oltre i limiti previsti dalla normativa si è proceduto a identificare i livelli sito specifici di contaminazione residua accettabili per impostare gli interventi di messa in sicurezza operativa necessari (Tabella 13).

Tabella 13 – Concentrazioni Soglia di Rischio

Parametro	Concentrazione limite D.Lgs. 152/2006	Concentrazione Soglia di Rischio
	CSC (µg/l)	CSR (µg/l)
PCE	1,1	100,0
TCE	1,5	3,3

5.3 Sintesi e commenti

Le analisi di rischio condotte per la salute umana dei lavoratori dello stabilimento STAR hanno previsto alcuni rischi dovuti all'utilizzo dell'acqua prelevata dal pozzo STAR1, in particolare per l'esposizione per inalazione e per contatto dermico.

Non si è ritenuto necessario eseguire un'analisi di rischio relativa all'esposizione dei lavoratori all'acqua prelevata dal pozzo STAR2 perché le concentrazioni di solventi clorurati riscontrate durante i monitoraggi passati si sono rivelate già inferiori alle Concentrazioni Soglia di Rischio individuate.

Sono stati eseguiti alcuni interventi alle reti di adduzione dell'acqua tali per cui le spine utilizzate dagli addetti delle pulizie vengono alimentate solo dall'acqua prelevata dal pozzo STAR2. Gli operatori che durante il ciclo industriale possono essere esposti a contatti diretti o indiretti con acqua proveniente dal pozzo STAR1 sono dotati dei necessari DPI atti ad evitare pericoli per la loro salute.

Pertanto già oggi la situazione dello stabilimento permette di escludere la presenza di rischi per la salute umana.

6 SINTESI DEI RISULTATI E PROGETTO DI MESSA IN SICUREZZA OPERATIVA

In base ai dati in nostro possesso, attualmente il ciclo dei solventi presso lo stabilimento non determina rischi di contaminazione a meno di quelli derivanti da incidenti.

Poiché non è stata verificata la presenza di una sorgente di contaminazione nel terreno; è probabile che la quota di contaminazione ascrivibile alle attività svolte nell'area STAR sia legata ad attività svolte in passato le cui conseguenze si leggono oggi nella contaminazione della falda sospesa e, attraverso la percolazione, di quella profonda.

L'analisi di rischio sanitaria eseguita a seguito delle contaminazioni riscontrate in falda sospesa e profonda presso lo stabilimento STAR di Oltrona San Mamette ha individuato la presenza di rischi per i lavoratori dovuta ai percorsi di esposizione diretti di contatto dermico e inalazione di vapori e dalla falda per la stessa falda.

Le modifiche apportate alle reti di adduzione dell'acqua sono tali da escludere che gli addetti delle pulizie e gli operatori della produzione vengano in contatto con acqua proveniente dal pozzo STAR1 determinando quindi l'esclusione di rischi per la salute umana.

A seguito dei risultati dell'analisi di rischio si ritiene di proporre un Progetto di Messa in Sicurezza che preveda di:

- mantenere il sistema di *Pump&Treat* già esistente che intercetta e tratta la falda sospesa prima dello scarico in fognatura, per contrastare il cortocircuito tra falda sospesa e falda profonda
- mantenere il pompaggio presso il pozzo STAR1 alla portata di 240 m³/giorno
- proseguire il monitoraggio ambientale semestrale come previsto in precedenza (Tabella 14)
- prevedere, nel consueto monitoraggio degli ambienti di lavoro, la rilevazione della presenza di Tricloroetilene che, non essendo utilizzato nel ciclo produttivo, potrebbe essere indicatore di una possibile esposizione alla contaminazione proveniente dalla falda.

Tabella 14 – Schema monitoraggio

Monitoraggio degli impianti	Campionamento	Parametri da ricercare
Ingresso al trattamento	Ingresso stripper	Alifatici clorurati
scarico dallo stripper	ingresso GAC	cancerogeni/non cancerogeni
scarico impianto di depurazione	scarico impianto	Alifatici alogenati cancerogeni
Monitoraggio ambientale	Campionamenti	Parametri da ricercare
Falda sospesa	3 piezometri tra Pz 101, Pz102, Pz103, Pz104, Pz105, Pz106, Pz107, Pz108, Pz109, P1*, P2*, P3* e PzY	Alifatici clorurati cancerogeni/non cancerogeni Alifatici alogenati cancerogeni
Falda profonda	STAR1, STAR2	
Monitoraggio degli ambienti di lavoro	Campionamenti	Parametri da ricercare
Atmosfera	Reparti produttivi	Tricloroetilene

Scopo della barriera idraulica della falda profonda è impedire la diffusione della contaminazione a valle.

I valori di concentrazione senza l'effetto di diluizione dovuto al pompaggio sono già inferiori al limite di legge per lo scarico in fognatura a cui perverrà solo il troppo pieno del circuito idraulico a servizio della produzione dello stabilimento.

BIBLIOGRAFIA

1. Aquater. Studi ed indagini rivolti alla bonifica della falda idrica e dei terreni contaminati da solventi clorurati nel Comune di Oltrona S. Mamette (CO) – Relazione conclusiva. Aprile 1992.
2. ARPA Lombardia. Servizio IdroMeteorologico. (Servizio online).
3. G.P. Beretta, E. Denti, V. Francani, P. Sala. Lineamenti idrogeologici del settore sub-lacuale della Provincia di Como. In Acque Sotterranee.
4. EcoAppraisal – Tauw Group s.r.l. Integrazione indagine geognostica e primi interventi di bonifica del sottosuolo e messa in sicurezza della falda idrica. Marzo 1995
5. EcoAppraisal – Tauw Group.s.r.l. Relazione di progetto esecutivo dell'impianto di 'soil venting' installato presso lo stabilimento STAR S.p.A. – Oltrona S. Mamette (CO). Marzo 1995.
6. EcoAppraisal – Tauw Group.s.r.l. Risultati indagini di approfondimento area pozzo STAR1 e proposta di messa in sicurezza falda idrica superficiale. Luglio 1998
7. EcoAppraisal – Tauw Group.s.r.l. Indagini di approfondimento area pozzo STAR1 e falda idrica superficiale – Ricontri analitici. Gennaio 2002
8. EcoAppraisal – Tauw Group.s.r.l. Studio di fattibilità della bonifica del sottosuolo e delle acque di falda nell'area contigua al pozzo STAR1. Maggio 2002
9. EcoAppraisal – Tauw Group.s.r.l. Progetto preliminare di bonifica dell'area STAR. Gennaio 2003
10. EcoAppraisal – Tauw Group.s.r.l. Progetto definitivo di bonifica dell'area STAR. Ottobre 2003
11. EcoAppraisal – Tauw Group.s.r.l. Progetto di bonifica dell'area Star S.p.A. in Oltrona S/M – Rapporto sullo stato dell'intervento a due anni dall'avvio dell'impianto di estrazione e trattamento delle acque di falda. Maggio 2009
12. L. Tulipano, G. Sappa. La valutazione dell'aliquota d'infiltrazione. In Lezioni d'Idrogeologia Applicata Provincia di Como. Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale. Como 2006.
13. Regione Lombardia. GEOportale della Lombardia (Servizio online).
14. Regione Lombardia. Programma di Tutela ed Uso delle Acque. Milano 2005.

FIGURE

- ACQUE INDUSTRIALI
- ACQUE METEORICHE
- ACQUE CHIARIFICATE
- ACQUE PRETRATTATE
- SUPERFICIE RECINTATA PROPRIETA' mq. 28302
- ⊕ POZZI INDUSTRIALI - STAR1 e STAR2
- SONDAGGI ALLESTITI A POZZETTI - P1/P12 (1993-1994)
- △ PIEZOMETRI 3/4" - T1/T6 - (1998)
- PIEZOMETRI 2" e 3" - PzA/PzF - (2001-2002)
- SONDAGGI ALLESTITI A PIEZOMETRI -(Pz)S4/(Pz)S6 - 2003
- POZZETTI PER ESTRAZIONE ACQUA PRESSO STAR1 - P1*/P3* - 1995
- ALTRI PIEZOMETRI - PzX/PzY
- POZZETTI PER ESTRAZIONE ACQUA FALDA SOSPESA - P101/P109 - 2003

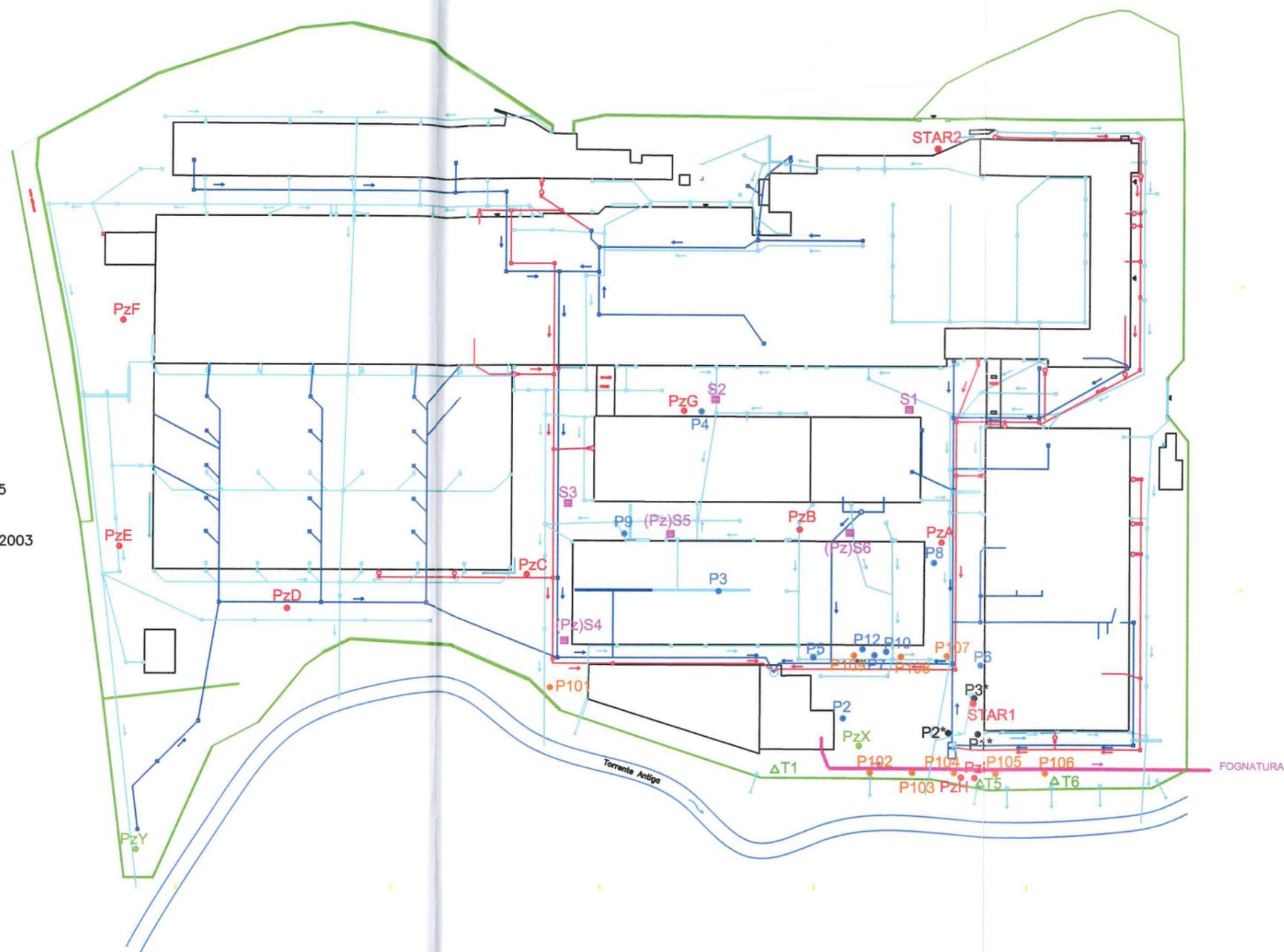
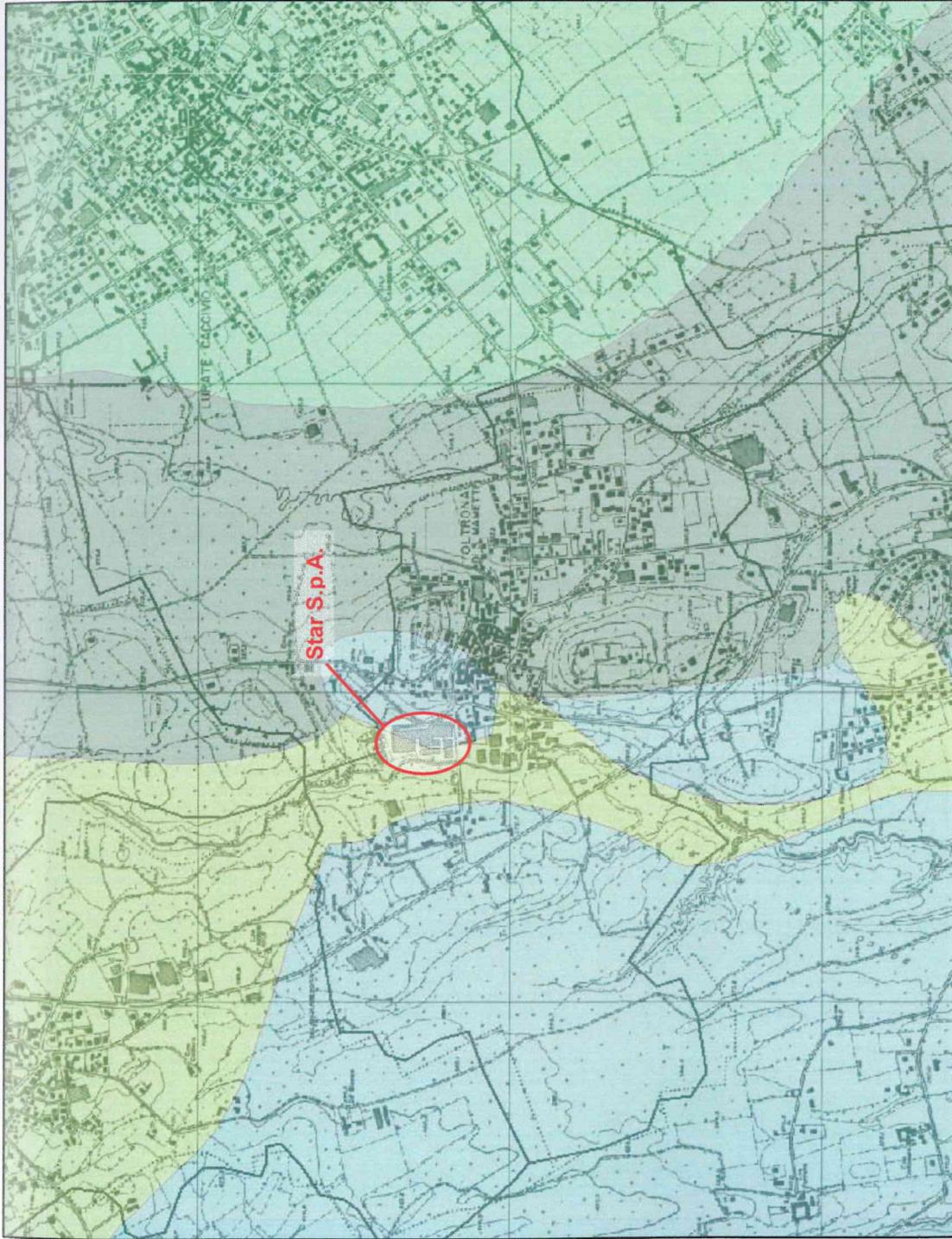


Figura 4
 Planimetria stabilimento con ubicazione indagini

Data
 Febbraio 2010
 Scala
 1:100
 Originale
 A3
 Percorso
 S:\3000_Consulenze\
 3248_CRAB_STAR\Figure

Preparato
 LUV
 Controllato
 UEP
 Revisione
 UEP





LEGENDA



Fluvioglaciale, fluviale Mindel
(Pleistocene Inf.)



Fluvioglaciale, fluviale e lacustre Riss
(Pleistocene Medio)



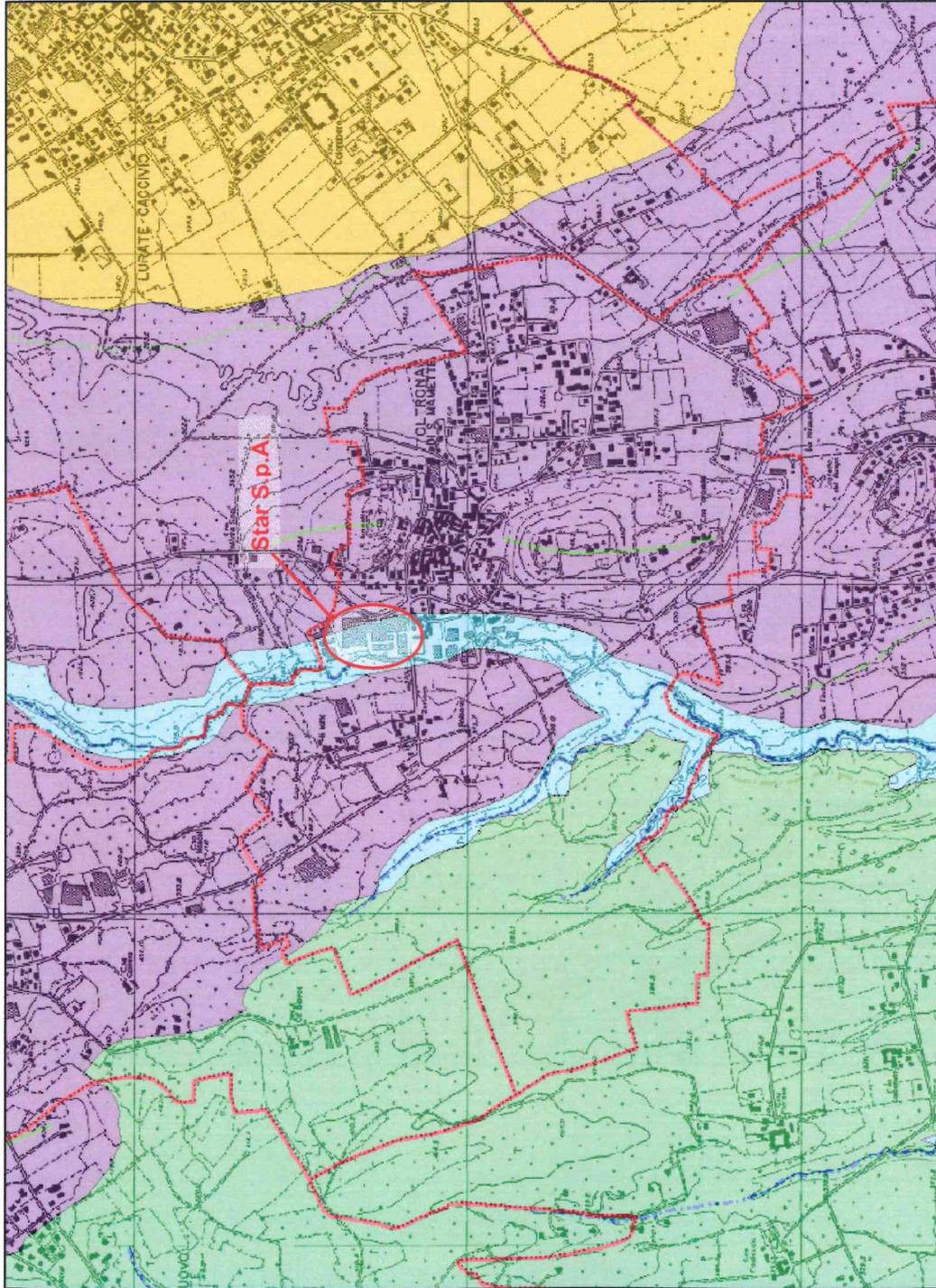
Morenico Riss (Pleistocene Medio)



Fluvioglaciale e Fluviale Wurm
(Pleistocene Sup.)

Figura 5
Carta Geologica

Data	Preparato
Febbraio 2010	LUV
Scala	Controllato
1:20.000	UEP
Originale	Revisione
A4	UEP
Percorso	
S:\3000_Consulenze\3248_CRAB_	
STAR\Figure	



LEGENDA

- Terrazzi fluviali
- Terrazzi antichi
- Cordoni morenici recenti
- Media pianura idromorfa

Figura 6
Carta Geomorfologica

Data	Preparato
Febbraio 2010	LUV
Scala	Controllato
1:20.000	UEP
Originale	Revisione
A4	UEP
Percorso S:\3000_Consulenze\3248_CRAB_ STAR\figure	

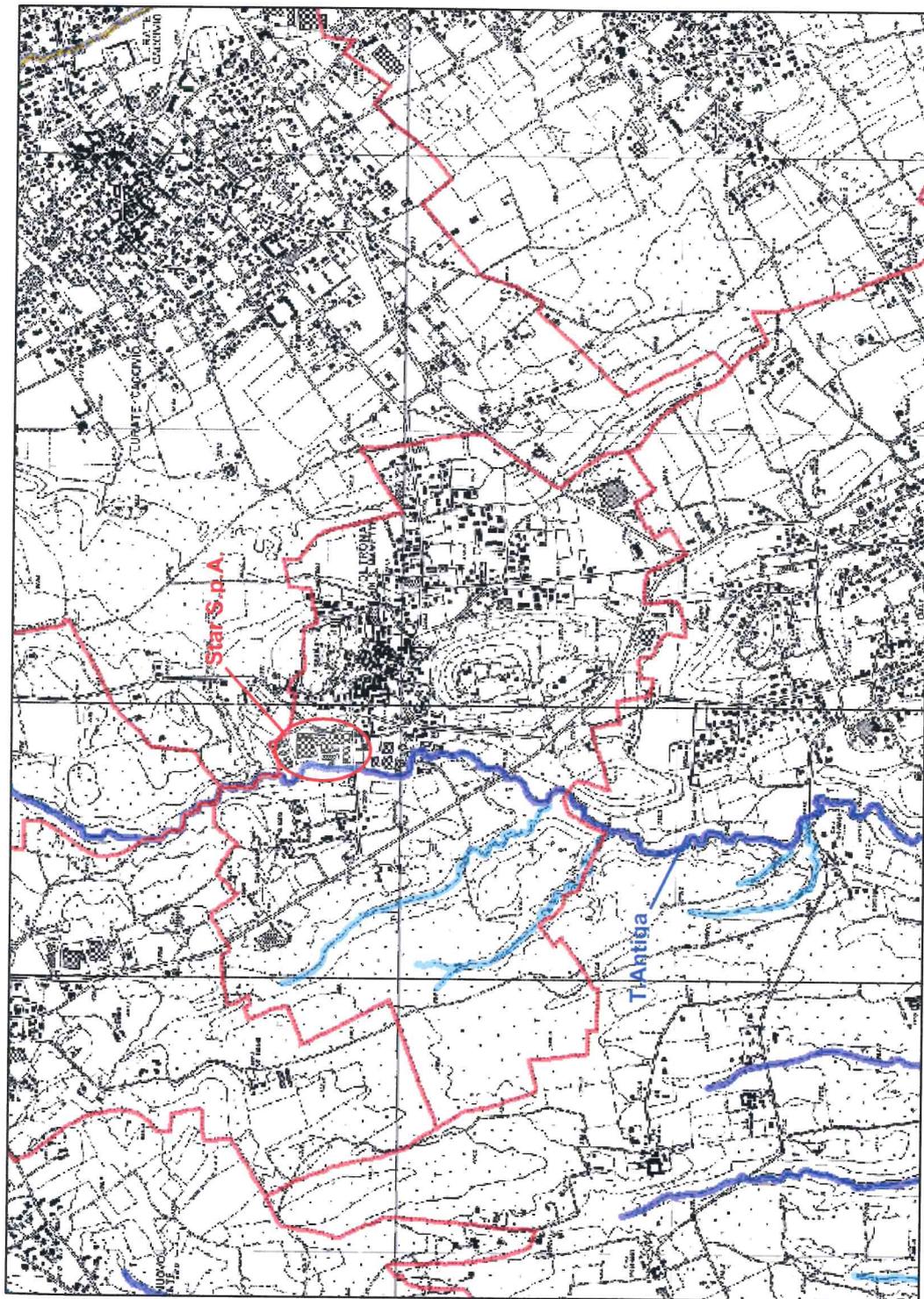


Figura 7
Carta del Reticolo Idrografico

Data	Preparato
Febbraio 2010	LUV
Scala	Controllato
1:20.000	UEP
Originale	Revisione
A4	UEP
Percorso	
S:\3000_Consulenze\3248_CRAB_	
STAR\Figure	

LEGENDA

Geologia e Idrogeologia

- Terreno di riporto
- Ghiaia e sabbia prevalenti
- Limo argilloso
- Conglomerato
- Massimo livello falda sospesa
- Direzione flusso falda sospesa
- Livello falda profonda
- Direzione flusso falda profonda
- Direzione flusso T. Antiga

Sorgente di contaminazione primaria

- Condotta scarico acqua industriale
- Sorgenti di contaminazione secondaria**
 - Contaminazione T. Antiga e subalveo da monte
 - Contaminazione T. Antiga e subalveo da stabilimento
 - Area con falda sospesa contaminata

Contaminazioni

- Direzione trasporto contaminazione verticale
- Direzione trasporto contaminazione verso falda
- Direzione trasporto contaminazione verso superficie

Indagini

- Pozzi STAR1 e STAR2
- Sonde gas
- Sondaggi / piezometri

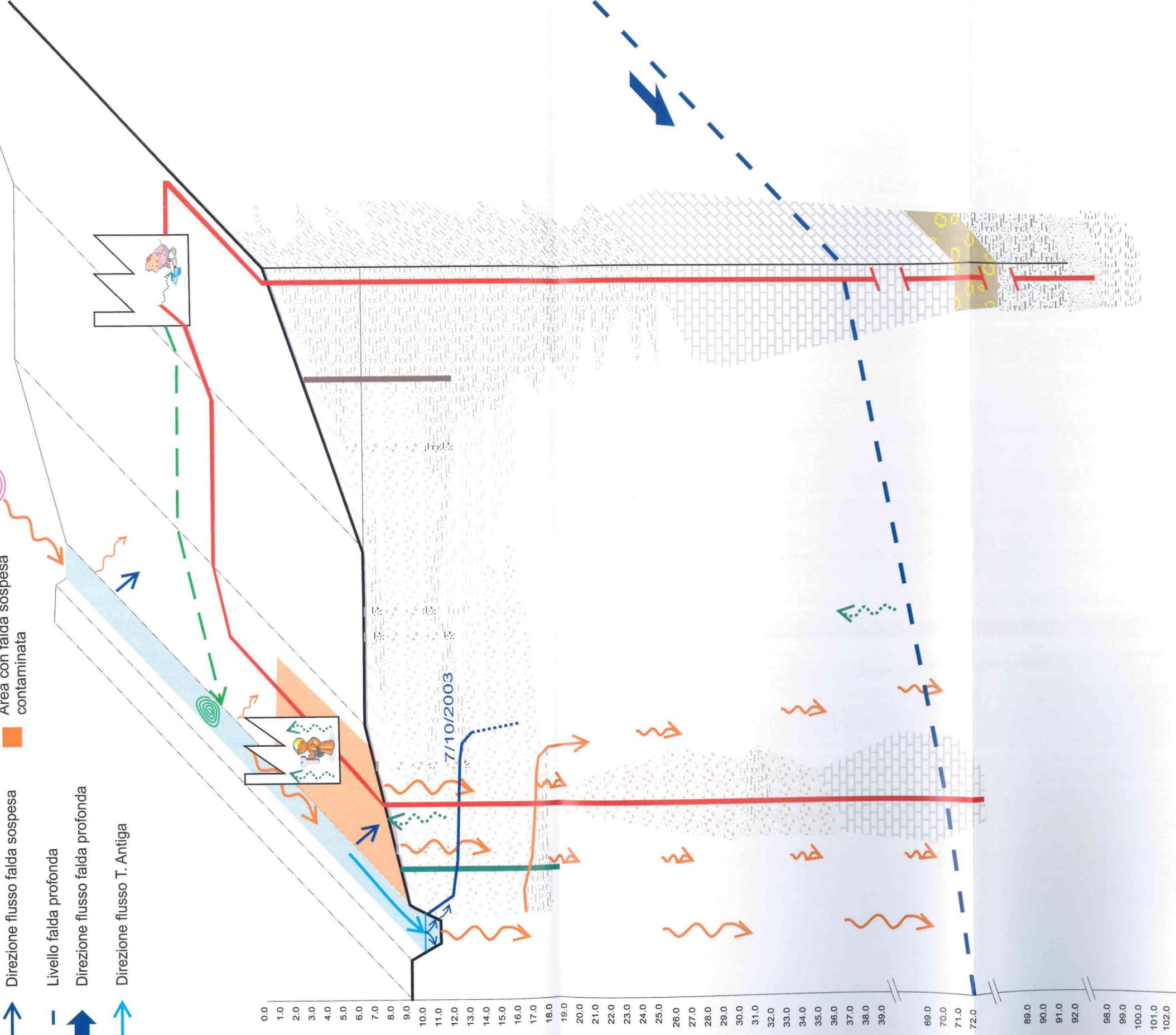


Figura 8

Modello concettuale

Data	Preparato
Febbraio 2010	LUV
Scala Grafica	Controllato
Originale	UEP
A3	Revisione
	UEP

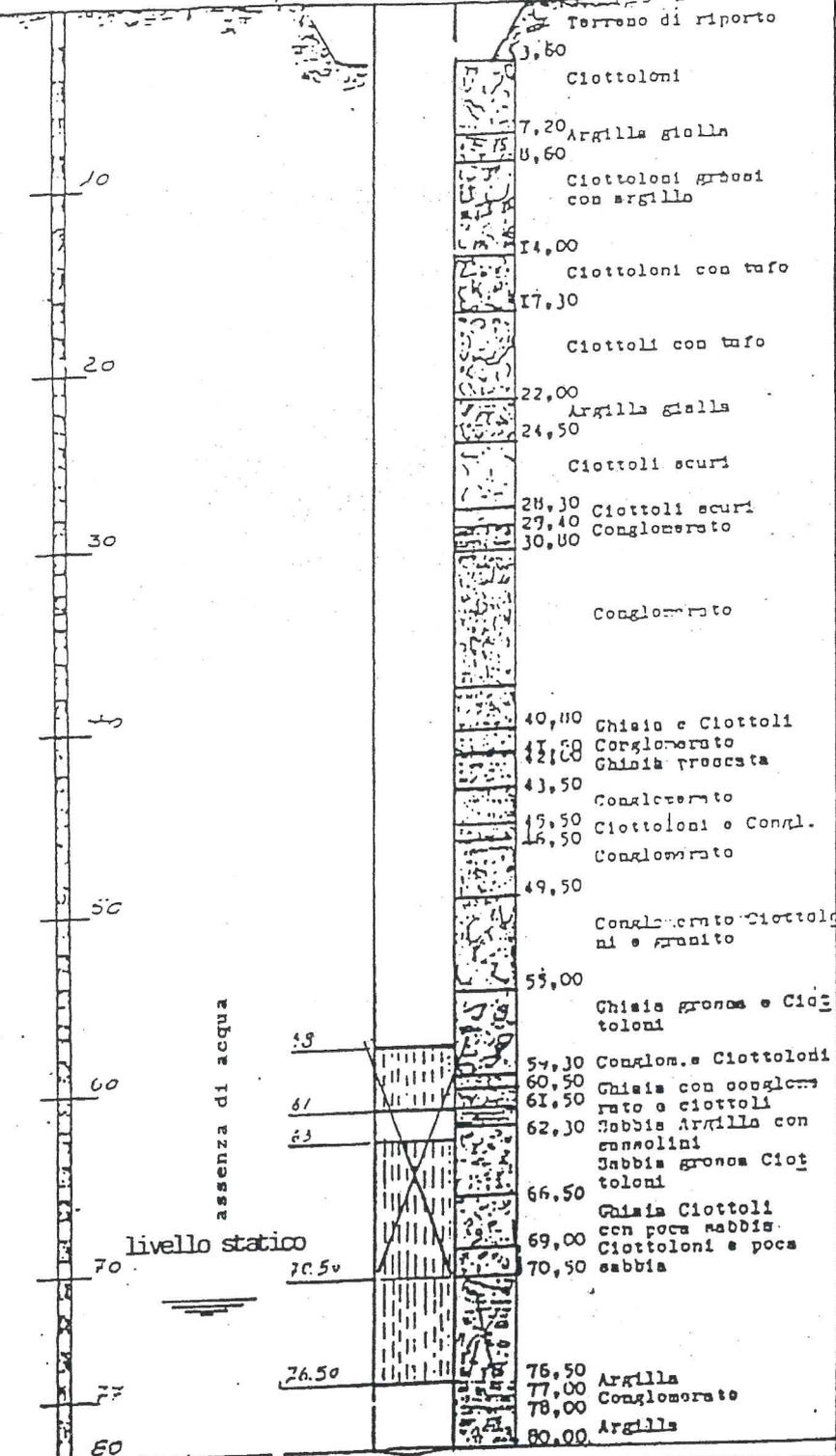
Percorso:
S:\3000_Consulenze\3248_CRAB
_STAR\Figure

ALLEGATI

Stratigrafie pozzi STAR1 e STAR2

ESI Italia s.r.l. - Via G.B. Pirelli, 26 – 20124 MILANO
Tel +39.02.36567446 Fax +39.02.36567514
milano@esinternational.it www.esinternational.it

N° 1



STRATIGRAFIA COLONNARE DETTAGLIATA	N° 5707
Topografo Ing. O. SACCO Via Trento N° 2	
P. A. N. A.	

F. Montagna

20089 Valleambrosia di Rozzano (MI)
Via Monterosa, 60 - tel. 8254341/2

N° 2

POZZO COSTRUITO PER CONTO S T A R S.p.A.

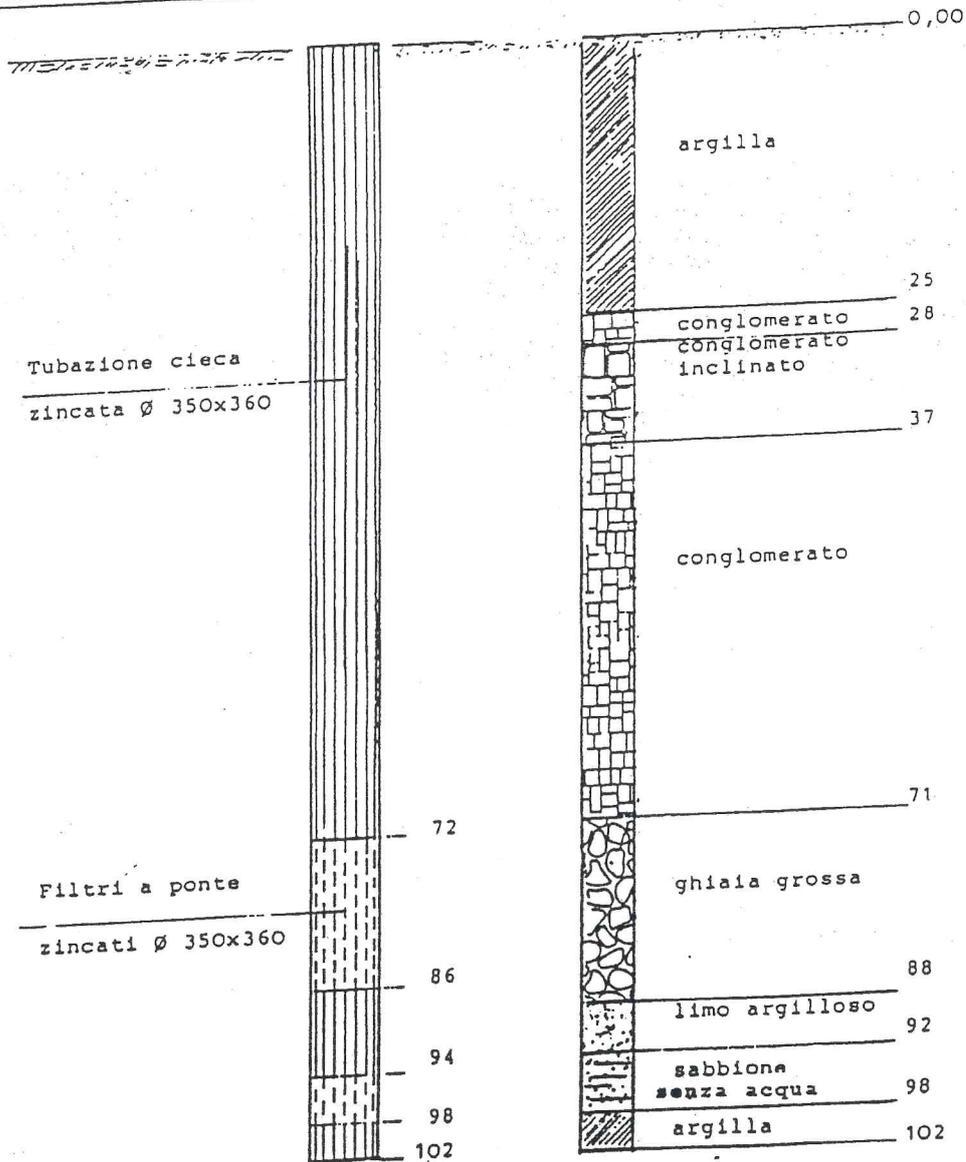
LOCALITÀ ~~Montagna~~ ~~San Nameta~~ Co

Data 20.5.75

Livello statico m 73

PROVE DI PORTATA
Livello dinamico m 75

Portata lit. al l' 1200



Dati di input e output RISC4.0

ESI Italia s.r.l. - Via G.B. Pirelli, 26 – 20124 MILANO
Tel +39.02.36567446 Fax +39.02.36567514
milano@esinternational.it www.esinternational.it

Title:
Oltrona san Mamette
01/29/10 13:37

Scenarios:
Worker - RME

Routes:
INHALATION OF OUTDOOR AIR

Chemicals:
1,1Dicloroetilene
1,2Dicloroetilene
Tetracloroetilene(PCE)
Tricloroetilene
Triclorometano

SCENARIO:

SUMMARY OF INPUT PARAMETERS

1

LIFETIME AND BODY WEIGHT

Body weight (kg)	70.0
Lifetime (years)	70.0

INHALATION OF OUTDOOR AIR

Inhalation rate (m ³ /hr)	2.50
Time outdoors (hours/day)	8.00
Lung Retention Factor (-)	1.00
Exp. Freq. Outdoor Air (events/yr)	250.
Exp. Duration Outdoor Air (yr)	25.0
Absorption Adjustment Factor for Inhalation (-)	
1,1Dicloroetilene	1.0
1,2Dicloroetilene	ND
Tetracloroetilene(PCE)	1.0
Tricloroetilene	1.0
Triclorometano	ND

MEDIA CONCENTRATIONS

Concentration in Outdoor Air (mg/m³)

Obtained from Fate and Transport output
AVERAGE Concentration (over exposure duration)
(used to calculate carcinogenic risk)

Exposure Duration (years)	25.
1,1Dicloroetilene	5.18E-09
1,2Dicloroetilene	2.09E-06
Tetracloroetilene(PCE)	7.71E-06
Tricloroetilene	3.65E-07
Triclorometano	1.29E-09

Concentration used to calculate hazard index

(Averaged over 7 years or exposure duration, if less than 7 years)

Exposure Duration (years)	7.0
1,1Dicloroetilene	5.18E-09
1,2Dicloroetilene	2.09E-06
Tetracloroetilene(PCE)	7.71E-06
Tricloroetilene	3.65E-07
Triclorometano	1.29E-09

SLOPE FACTORS AND REFERENCE DOSES

Inhalation Slope Factor [1/(mg/kg-day)]

1,1Dicloroetilene	0.17
1,2Dicloroetilene	ND
Tetracloroetilene(PCE)	2.00E-03
Tricloroetilene	6.00E-03

Triclorometano	8.05E-02
Inhalation Reference Dose (mg/kg-day)	
1,1Dicloroetilene	9.00E-03
1,2Dicloroetilene	1.00E-02
Tetracloroetilene(PCE)	9.98E-03
Tricloroetilene	6.00E-03
Triclorometano	1.40E-02

SUMMARY OF RESULTS

INHALATION OF OUTDOOR AIR

Daily Doses and Risk for : 1,1Dicloroetilene

CADD (mg/kg-day)	1.01E-09
LADD (mg/kg-day)	3.62E-10
Cancer Risk (-)	6.336E-11
Hazard Index (-)	1.126E-07

Daily Doses and Risk for : 1,2Dicloroetilene

CADD (mg/kg-day)	0.00E+00
LADD (mg/kg-day)	0.00E+00
Cancer Risk (-)	1.458E-07
Hazard Index (-)	0.000E+00

Daily Doses and Risk for : Tetracloroetilene(PCE)

CADD (mg/kg-day)	1.51E-06
LADD (mg/kg-day)	5.39E-07
Cancer Risk (-)	1.078E-09
Hazard Index (-)	1.512E-04

Daily Doses and Risk for : Tricloroetilene

CADD (mg/kg-day)	7.14E-08
LADD (mg/kg-day)	2.55E-08
Cancer Risk (-)	1.531E-10
Hazard Index (-)	1.190E-05

Daily Doses and Risk for : Triclorometano

CADD (mg/kg-day)	0.00E+00
LADD (mg/kg-day)	0.00E+00
Cancer Risk (-)	0.000E+00
Hazard Index (-)	0.000E+00

Title:
Oltrona san Mamette
01/29/10 13:42

Scenarios:
Worker - RME

Routes:
INHALATION OF INDOOR AIR

Chemicals:
1,1Dicloroetilene
1,2Dicloroetilene
Tetracloroetilene(PCE)
Tricloroetilene
Triclorometano

SUMMARY OF INPUT PARAMETERS

SCENARIO:

1

LIFETIME AND BODY WEIGHT

Body Weight (kg)	70.0
Lifetime (years)	70.0

INHALATION OF INDOOR AIR

Inhalation rate (m ³ /hr)	0.830
Time indoors (hours/day)	8.00
Lung Retention Factor (-)	1.00
Exp. Freq. Indoor Air (events/yr)	250.
Exp. Duration Indoor Air (yr)	25.0
Absorption Adjustment Factor for Inhalation (-)	
1,1Dicloroetilene	1.0
1,2Dicloroetilene	ND
Tetracloroetilene(PCE)	1.0
Tricloroetilene	1.0
Triclorometano	ND

MEDIA CONCENTRATIONS

Concentration in Indoor Air (mg/m³)

Obtained from Fate and Transport output
AVERAGE Concentration (over exposure duration)
(used to calculate carcinogenic risk)

Exposure Duration (years)	25.
1,1Dicloroetilene	4.71E-06
1,2Dicloroetilene	1.50E-03
Tetracloroetilene(PCE)	6.73E-03
Tricloroetilene	2.88E-04
Triclorometano	8.34E-07

Concentration used to calculate hazard index

(Averaged over 7 years or exposure duration, if less than 7 years)

Exposure Duration (years)	7.0
1,1Dicloroetilene	4.71E-06
1,2Dicloroetilene	1.50E-03
Tetracloroetilene(PCE)	6.73E-03
Tricloroetilene	2.88E-04
Triclorometano	8.34E-07

SLOPE FACTORS AND REFERENCE DOSES

Inhalation slope factor [1/(mg/kg-day)]

1,1Dicloroetilene	0.17
1,2Dicloroetilene	ND
Tetracloroetilene(PCE)	2.00E-03
Tricloroetilene	6.00E-03

Triclorometano	8.05E-02
Inhalation Reference Dose (mg/kg-day)	
1,1Dicloroetilene	9.00E-03
1,2Dicloroetilene	1.00E-02
Tetracloroetilene(PCE)	9.98E-03
Tricloroetilene	6.00E-03
Triclorometano	1.40E-02

SUMMARY OF RESULTS

INHALATION OF INDOOR AIR

Daily Doses and Risk for : 1,1Dicloroetilene

CADD (mg/kg-day)	3.06E-07
LADD (mg/kg-day)	1.09E-07
Cancer Risk (-)	1.914E-08
Hazard Index (-)	3.402E-05

Daily Doses and Risk for : 1,2Dicloroetilene

CADD (mg/kg-day)	0.00E+00
LADD (mg/kg-day)	0.00E+00
Cancer Risk (-)	3.481E-05
Hazard Index (-)	0.000E+00

Daily Doses and Risk for : Tetracloroetilene(PCE)

CADD (mg/kg-day)	4.37E-04
LADD (mg/kg-day)	1.56E-04
Cancer Risk (-)	3.123E-07
Hazard Index (-)	4.383E-02

Daily Doses and Risk for : Tricloroetilene

CADD (mg/kg-day)	1.87E-05
LADD (mg/kg-day)	6.69E-06
Cancer Risk (-)	4.015E-08
Hazard Index (-)	3.123E-03

Daily Doses and Risk for : Triclorometano

CADD (mg/kg-day)	0.00E+00
LADD (mg/kg-day)	0.00E+00
Cancer Risk (-)	0.000E+00
Hazard Index (-)	0.000E+00

Title:
Oltrona San Mamette
02/05/10 12:53

Scenarios:
Worker - RME

Routes:
DERMAL CONTACT DURING SHOWER
INHALATION DURING SHOWER
INHALATION OF INDOOR AIR

Chemicals:
Tetrachloroethylene(PCE)
Trichloroethylene

SCENARIO:

SUMMARY OF INPUT PARAMETERS

1

LIFETIME AND BODY WEIGHT

Body weight (kg)	70.0
Lifetime (years)	70.0

DERMAL CONTACT DURING SHOWER

Total Skin Surface Area (cm ²)	2.875E+03
Exp. Time For Washing Indoors[hr/d]	3.00
Exp. Freq Groundwater (events/year)	250.
Exp. Duration Groundwater (years)	25.0
DermaI Permeability Coefficient (cm/hour)	
Tetrachloroethylene(PCE)	4.80E-02
Trichloroethylene	0.23

Absorption Adjustment Factor for
DermaI Exposure to Water (-)

Tetrachloroethylene(PCE)	1.0
Trichloroethylene	1.0

INHALATION DURING SHOWER

Volume of Bathroom (m ³)	3.00
Temperature of Shower water (C)	15.0
Shower Flow Rate (l/min)	0.250
Droplet Diameter (cm)	0.100
Shower Droplet Droptime (s)	2.00
Exp. Time For Washing Indoors[hr/d]	3.00
Inhal. Rate in the Shower (m ³ /hr)	0.830
Lung Retention Factor (-)	1.00
Exp. Freq Groundwater (events/year)	250.
Exp. Duration Groundwater (years)	25.0

Absorption Adjustment Factor for
Inhalation (-)

Tetrachloroethylene(PCE)	1.0
Trichloroethylene	1.0

Henry's Law Constant (-)

Tetrachloroethylene(PCE)	0.75
Trichloroethylene	0.42

Molecular Weight (g/mole)

Tetrachloroethylene(PCE)	1.66E+02
Trichloroethylene	1.31E+02

INHALATION OF INDOOR AIR

Inhalation rate (m ³ /hr)	0.830
Time indoors (hours/day)	8.00
Lung Retention Factor (-)	1.00
Exp. Freq. Indoor Air (events/yr)	250.

GW_indoor.txt

Exp. Duration Indoor Air (yr)	25.0
Absorption Adjustment Factor for Inhalation (-)	
Tetracloroetilene(PCE)	1.0
Tricloroetilene	1.0

MEDIA CONCENTRATIONS

Concentration in Groundwater (mg/L)
 - Used to calculate risk and hazard index.

Tetracloroetilene(PCE)	1.1
Tricloroetilene	3.60E-03

Concentration in Indoor Air (mg/m³)
 Obtained from Fate and Transport output
 AVERAGE Concentration (over exposure duration)
 (used to calculate carcinogenic risk)

Exposure Duration (years)	25.
Tetracloroetilene(PCE)	4.17E-03
Tricloroetilene	8.59E-06

Concentration used to calculate hazard index
 (Averaged over 7 years or exposure duration, if less than 7 years)

Exposure Duration (years)	7.0
Tetracloroetilene(PCE)	4.17E-03
Tricloroetilene	8.59E-06

SLOPE FACTORS AND REFERENCE DOSES

Inhalation Slope Factor [1/(mg/kg-day)]

Tetracloroetilene(PCE)	2.00E-03
Tricloroetilene	6.00E-03

Inhalation Reference Dose (mg/kg-day)

Tetracloroetilene(PCE)	9.98E-03
Tricloroetilene	6.00E-03

Dermal Slope Factor [1/(mg/kg-day)]

Tetracloroetilene(PCE)	ND
Tricloroetilene	0.40

Dermal Reference Dose (mg/kg-day)

Tetracloroetilene(PCE)	1.0
Tricloroetilene	3.00E-04

SUMMARY OF RESULTS

DERMAL CONTACT DURING SHOWER

Daily Doses and Risk for : Tetracloroetilene(PCE)

CADD (mg/kg-day)	4.37E-03
LADD (mg/kg-day)	1.56E-03
Cancer Risk (-)	0.000E+00
Hazard Index (-)	4.375E-03

Daily Doses and Risk for : Tricloroetilene

CADD (mg/kg-day)	6.99E-05
LADD (mg/kg-day)	2.50E-05
Cancer Risk (-)	9.983E-06
Hazard Index (-)	2.329E-01

INHALATION DURING SHOWER

Concentration in Bathroom Air (mg/m ³)	
Tetrachloroethylene(PCE)	4.4
Trichloroethylene	1.60E-02
Fraction Volatilized from Shower Water (-)	
Tetrachloroethylene(PCE)	0.27
Trichloroethylene	0.30
Total Mass Volatilized per Shower (mg)	
Tetrachloroethylene(PCE)	13.
Trichloroethylene	4.79E-02

Daily Doses and Risk for : Tetrachloroethylene(PCE)

CADD (mg/kg-day)	1.07E-01
LADD (mg/kg-day)	3.81E-02
Cancer Risk (-)	7.619E-05
Hazard Index (-)	1.069E+01

Daily Doses and Risk for : Trichloroethylene

CADD (mg/kg-day)	3.89E-04
LADD (mg/kg-day)	1.39E-04
Cancer Risk (-)	8.329E-07
Hazard Index (-)	6.478E-02

INHALATION OF INDOOR AIR

Daily Doses and Risk for : Tetrachloroethylene(PCE)

CADD (mg/kg-day)	2.71E-04
LADD (mg/kg-day)	9.67E-05
Cancer Risk (-)	1.935E-07
Hazard Index (-)	2.715E-02

Daily Doses and Risk for : Trichloroethylene

CADD (mg/kg-day)	5.58E-07
LADD (mg/kg-day)	1.99E-07
Cancer Risk (-)	1.196E-09
Hazard Index (-)	9.305E-05

Title:
Oltrona San Mamette
02/02/10 10:42

Scenarios:
Worker - RME

Routes:
INHALATION OF OUTDOOR AIR

Chemicals:
Tetracloroetilene(PCE)
Tricloroetilene

SUMMARY OF INPUT PARAMETERS SCENARIO:
1

LIFETIME AND BODY WEIGHT

Body weight (kg)	70.0
Lifetime (years)	70.0

INHALATION OF OUTDOOR AIR

Inhalation rate (m ³ /hr)	2.50
Time outdoors (hours/day)	8.00
Lung Retention Factor (-)	1.00
Exp. Freq. Outdoor Air (events/yr)	250.
Exp. Duration Outdoor Air (yr)	25.0
Absorption Adjustment Factor for Inhalation (-)	
Tetracloroetilene(PCE)	1.0
Tricloroetilene	1.0

MEDIA CONCENTRATIONS

Concentration in Outdoor Air (mg/m³)

Obtained from Fate and Transport output
AVERAGE Concentration (over exposure duration)
(used to calculate carcinogenic risk)

Exposure Duration (years)	25.
Tetracloroetilene(PCE)	5.25E-06
Tricloroetilene	1.08E-08

Concentration used to calculate hazard index
(Averaged over 7 years or exposure duration, if less than 7 years)

Exposure Duration (years)	7.0
Tetracloroetilene(PCE)	5.25E-06
Tricloroetilene	1.08E-08

SLOPE FACTORS AND REFERENCE DOSES

Inhalation Slope Factor [1/(mg/kg-day)]

Tetracloroetilene(PCE)	2.00E-03
Tricloroetilene	6.00E-03

Inhalation Reference Dose (mg/kg-day)

Tetracloroetilene(PCE)	9.98E-03
Tricloroetilene	6.00E-03

SUMMARY OF RESULTS

INHALATION OF OUTDOOR AIR

GW_outdoor.txt

Daily Doses and Risk for : Tetrachloroethylene(PCE)

CADD (mg/kg-day)	1.03E-06
LADD (mg/kg-day)	3.67E-07
Cancer Risk (-)	7.333E-10
Hazard Index (-)	1.029E-04

Daily Doses and Risk for : Trichloroethylene

CADD (mg/kg-day)	2.12E-09
LADD (mg/kg-day)	7.58E-10
Cancer Risk (-)	4.546E-12
Hazard Index (-)	3.536E-07

APPENDICE

MODELLO DI FLUSSO DELLA FALDA

ESI Italia s.r.l. - Via G.B. Pirelli, 26 – 20124 MILANO
Tel +39.02.36567446 Fax +39.02.36567514
milano@esinternational.it www.esinternational.it

A.1 IDROGEOLOGIA E PIEZOMETRIA LOCALE

Secondo le indicazioni di precedenti studi (Bibliografia 1 e 3) nell'area d'interesse l'acquifero principale è rappresentato dalle 'Ghiaie e Sabbie sotto il Ceppo', con livelli piezometrici compresi tra i 330 e 250 m s.l.m. Inoltre è stata accertata la presenza di una falda superficiale sospesa di tipo intermittente alla profondità media di 5 m dal p.c. (Bibliografia 1 e 3) connessa al Torrente Antiga.

Nella Sezione Idrogeologica A-A' ripresa da precedenti studi (Bibliografia 1 e Allegato), si evidenzia la seguente successione (m da p.c.):

Sezione A-A' – NO-SE

- 0,0 -5,0 m Riporto, terreno vegetale
- 5,0 - 20,0 m Ghiaie in matrice limoso sabbiosa, con trovanti
- 20,0 - 80,0 m Conglomerato (Ceppo).

Alla scala di sito, in base alla stratigrafia del piezometro 3 (Bibliografia 1 e Allegato) ubicato all'interno del perimetro dello stabilimento Star, la base dell'acquifero è a 82,6 m da p.c (291 m s.l.m.):

- 0,0 - 5,0 m Terreno di copertura argilloso
- 5,0 -11,0 m Argilla con rari inclusi per lo più in ciottoli
- 11,0 -20,0 m Ghiaia in matrice argillosa marrone
- 20,0 - 46,1 m Conglomerato ben cementato con fratture e/o fessure
- 46,1 - 82,6 m Conglomerato.

La stessa situazione è confermata dalla lettura delle stratigrafie dei pozzi STAR1 e STAR2.

Sulla base dei dati contenuti nel database del PTUA della Regione Lombardia (Tabella A1 e Bibliografia 14) è stata elaborata la piezometria di Marzo 2003 (Figura A1).

Tabella A1 – Livelli piezometrici falda profonda Marzo 2003
(Fonte: PTUA Regione Lombardia)

Codice	x	y	Monitoraggio	Quote falda (m s.l.m)
PZ0121270001	1493120	5062800	Politecnico Milano	269,65
PZ0121270003	1491920	5062820	Politecnico Milano	263,00
PZ0121270005	1493580	5063340	Politecnico Milano	269,75
PZ0121360001	1492370	5064980	ARPA Lombardia	281,84
PZ0121360002	1491470	5064330	Politecnico Milano	274,95
PZ0121370001	1492420	5067660	Politecnico Milano	337,68
PZ0130100002	1498820	5065600	Politecnico Milano	268,68
PZ0130230001	1492848	5069930	ARPA Lombardia	362,54
PZ0130340001	1500911	5066371	Politecnico Milano	313,93
PZ0130340002	1500420	5065600	ARPA Lombardia	284,71
PZ0131140003	1501092	5065269	Politecnico Milano	294,10
PZ0131690001	1497860	5067095	ARPA Lombardia	311,60
PZ0132450001	1501130	5068040	Politecnico Milano	320,00

ESI Italia s.r.l. - Via G.B. Pirelli, 26 – 20124 MILANO
Tel +39.02.36567446 Fax +39.02.36567514
milano@esinternational.it www.esinternational.it

Il livello piezometrico presso il limite meridionale dello stabilimento si trova a circa 112,5 m s.l.m. e la direzione della falda è NNO-SSE, con gradiente $i = 1,43\%$.

A.2 MODELLO DI FLUSSO

Inizialmente è stato realizzato un modello generale di flusso in regime stazionario rappresentativo delle condizioni della falda profonda contenuta nell'acquifero sotto il 'Ceppo' a Marzo 2003 (Bibliografia 1 e 3). La superficie della falda si trova compresa tra 330 e 295 m s.l.m.

Eventuali variazioni di queste condizioni richiederebbero un aggiornamento delle misure di riferimento. Non è stato considerato il Torrente Antiga perché idrogeologicamente sconnesso con la falda profonda. Successivamente è stata elaborata una simulazione con il pozzo STAR1 in pompaggio per verificare l'efficienza dello sbarramento idraulico.

Il modello di flusso di flusso è stato realizzato con il codice alle differenze finite Modflow mediante il software *Groundwater Vistas v. 5.39*.

A.2.1 Struttura fisica

In generale la costruzione del modello ha inizio con l'inserimento dei dati e degli elementi che definiscono la struttura idrogeologica e le sue condizioni al contorno.

In base ai dati raccolti (Bibliografia 1 e 3 e Allegati), la falda profonda soggiacente l'area in esame è contenuta nell'Acquifero sotto il Ceppo a profondità compresa tra 70 e 80 m da p.c.

Il modello è monostrato ed ha uno spessore verticale di circa 80 m, dal p.c. (370 m s.l.m.) sino a alla quota del tetto delle argille grigio-azzurre e grigio-verdi a circa 290 m s.l.m.

A.2.2 Discretizzazione spaziale

Consiste nella creazione di una maglia tridimensionale suddivisa in colonne (asse x), in righe (asse y) ed in livelli lungo la verticale (asse z). L'unità spaziale di più piccole dimensioni è una cella i, j, k, definita da un numero di riga i, da un numero di colonna j e da un numero di livello k.

Il codice Modflow consente il calcolo del carico piezometrico sulla base degli input inseriti nel modello ed attribuisce questo valore al centro della cella. La dimensione della cella è scelta sulla base di un compromesso tra il grado di precisione che si intende raggiungere con la simulazione e i tempi di elaborazione richiesti dal software, che aumentano con l'aumentare del numero di celle.

L'area su cui è stato costruito il modello generale è ampia circa 8,6 Km² ed è stata discretizzata con una griglia a maglie quadrate ampie 50 x 50 m sull'intera superficie.

A.2.3 Infiltrazione efficace

La ricarica areale o infiltrazione efficace, vale a dire la quantità d'acqua che raggiunge la superficie piezometrica nell'acquifero profondo al netto dell'evapotraspirazione e del ruscellamento superficiale., è stata calcolata mediante la seguente espressione:

$$R = I_e = (P + I_{rr} - E_{Tr}) \times CIP$$

dove:

- R ricarica areale (m/giorno)
- I_e infiltrazione efficace (m/giorno)
- P precipitazioni (m/giorno)
- I_{rr} apporto delle irrigazioni (m/giorno)
- E_{Tr} evapotraspirazione reale (m/giorno).

ESI Italia s.r.l. - Via G.B. Pirelli, 26 – 20124 MILANO
Tel +39.02.36567446 Fax +39.02.36567514
milano@esinternational.it www.esinternational.it

CIP coefficiente d'infiltrazione potenziale (adimensionale), pari alla frazione dell'afflusso idrico totale che raggiunge la superficie della falda, moltiplicando gli afflussi efficaci (P+Irr-ETr) per il CIP.

Per ogni formazione geologica affiorante nell'area del modello è stato scelto un valore di CIP in base a dati di letteratura (Bibliografia 12).

I dati meteo utilizzati si riferiscono a quelli registrati da Febbraio 2002 a Febbraio 2003 presso la stazione pluviometrica di Vertemate con Minoprio (Tabella A2), appartenente alla rete meteorologica di ARPA Lombardia (Bibliografia 2).

Tabella A2 – Infiltrazione efficace relativa al periodo Febbraio 2002 – Febbraio 2003

Stazione	C.I.P. (adim.)	P (mm/anno)	ETp (mm/anno)	Ie (m/giorno)
Vertemate con Minoprio	0.40	4,62	55,23	0,00000323

I valori medi annuali di precipitazione ed evapotraspirazione (Fonte:ARPA Lombardia) elaborati con il metodo di Thorntwaite per la stazione meteo di Vertemate con Minoprio (Tabella A2) hanno consentito di calcolare il valore di ricarica inserito nel modello (Ie= 0,00000323 m/giorno).

A.2.4 Conducibilità idraulica

Sulla base dei dati di una prova di pompaggio (Bibliografia 1 e Allegato) eseguita presso 3 diversi piezometri (Pz1, Pz2 e Pz3) circostanti l'area di progetto è stato calcolato il valore di conducibilità idraulica, considerando uno spessore medio saturo dei tre piezometri pari a 15 m:

- Acquifero sotto il Ceppo
conducibilità orizzontale $k = 20$ m/g
conducibilità verticale $k = 2$ m/g.

A.2.5 Condizioni al contorno del modello

Per garantire l'unicità della soluzione dell'equazione differenziale di flusso è necessario specificare le condizioni idrauliche al contorno dell'area studiata e quindi individuare gli elementi idrogeologici significativi nei pressi del sito. Lungo i margini superiori e inferiori del modello (Tabella A3) sono stati inseriti limiti di carico GHB (General Head Boundary).

Tabella A3 – Condizioni al contorno inserite nel modello

Parametro	Limite Nord	Limite Sud
Altezza piezometrica (m s.l.m.)	330	295
Distanza di applicazione del carico (m)	1000	1000
Spessore saturo nella cella (m)	15	15
Larghezza (m)	50	50
Conducibilità idraulica (m/giorno)	20	20

Questo tipo di condizione al contorno viene utilizzata quando non sono presenti limiti idrogeologici reali ed è quindi necessario inserire un limite idrogeologico fittizio per rappresentare correttamente il deflusso della falda verso valle.

ESI Italia s.r.l. - Via G.B. Pirelli, 26 – 20124 MILANO
Tel +39.02.36567446 Fax +39.02.36567514
milano@esinternational.it www.esinternational.it

A.2.6 Simulazione statica

Il modello generale di flusso della falda è stato usato per eseguire la simulazione in regime stazionario (Figura A2) e rappresentare la condizione di Marzo 2003, elaborata su dati del database dei pozzi/piezometri del PTUA della Regione Lombardia (Bibliografia 14).

La simulazione del flusso in regime stazionario (Figura A3) evidenzia che in corrispondenza del limite meridionale dello stabilimento il livello piezometrico simulato è circa 113,0 m s.l.m., circa 0,5 m più alto rispetto a quello evidenziato nella piezometria di Marzo 2003 (Figura A1).

A.2.7 Simulazioni di previsione in condizione dinamica

Si riportano (Tabella A4) i consumi denunciati per il triennio 2007/2009 dei pozzi STAR1 e STAR2:

Tabella A4 – Consumi annuali denunciati per pozzi Star 1 e Star2

Pozzo	2007 (m ³ /anno)	2008 (m ³ /anno)	2009 (m ³ /anno)
STAR1	197.229	114.675	139.261
STAR2	77.377	103.015	123.040

La media dei tre anni di esercizio dei pozzi STAR1 e STAR2 è rispettivamente pari a 150.340 e 101.145 m³/anno.

Per simulare l'effetto del sistema di controllo della falda in condizione dinamica è stato estratto un TMR (Telescopic Mesh Refinement) ossia un modello di dettaglio alla scala di sito, portando la dimensione delle celle della griglia a 5 x 5 m e inserendo uno strato rappresentativo della quota di captazione del pozzo STAR1 pari a -70 m da p.c. (308 m s.l.m.)

È stato realizzato un modello di flusso dinamico in regime permanente con il pozzo STAR1 in pompaggio alla portata $Q_{tot} = 240$ m³/giorno pari a $Q_{media} = 10,0$ m³/h (Figura A4) ed il pozzo STAR 2 inattivo per verificare la fattibilità di utilizzare il primo pozzo (STAR1) come sbarramento agli inquinanti ed il secondo (STAR2) esclusivamente a servizio delle utenze dello stabilimento.

La simulazione ha evidenziato che dopo 60 giorni l'area di richiamo del pozzo è abbastanza ampia da investire la porzione dello stabilimento in cui è stata identificata la fonte di pericolo.

FIGURE

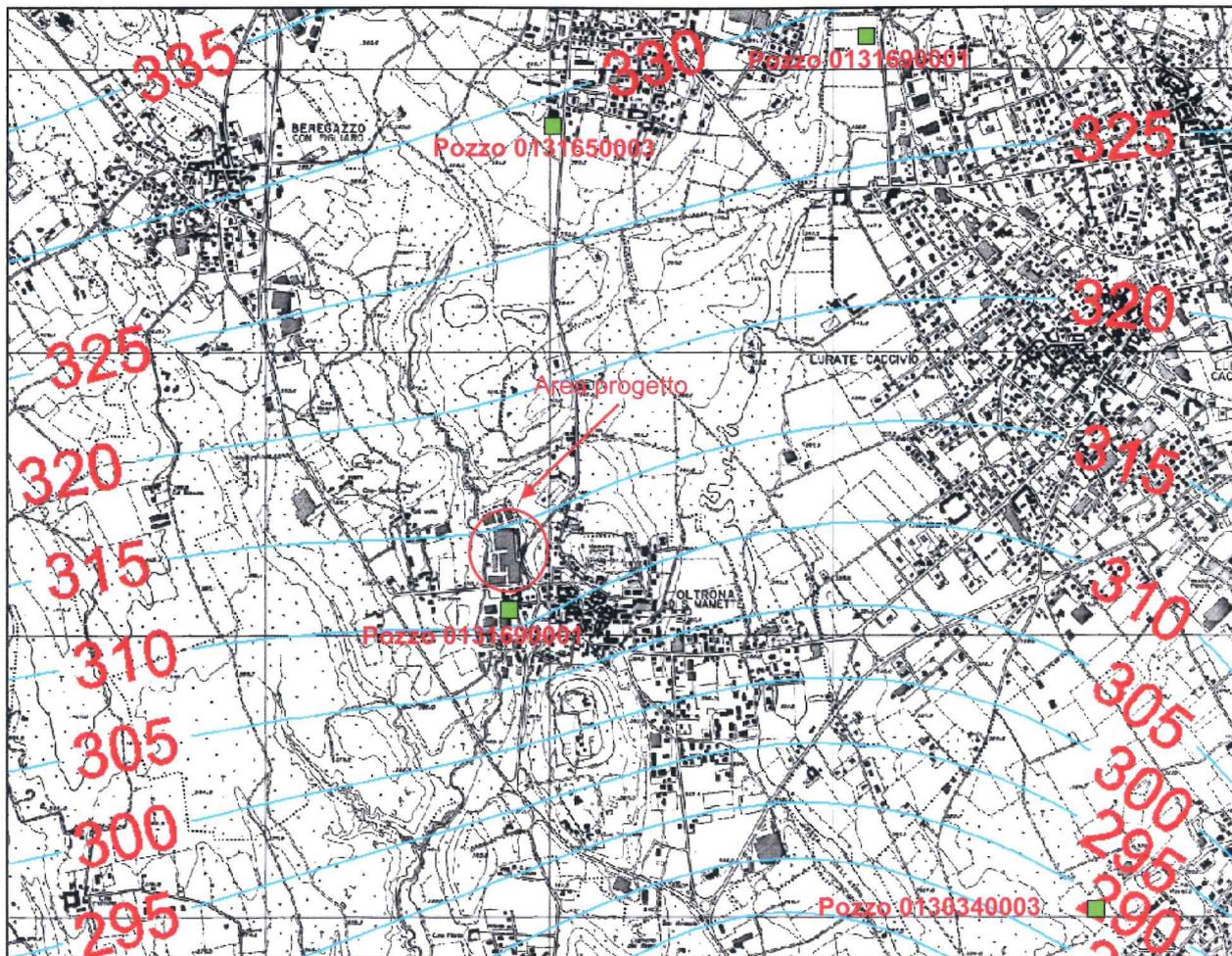


Figura A1 – Piezometria Marzo 2003 (m s.l.m.) – Scala 1:20.000
(Fonte: PTUA Regione Lombardia)

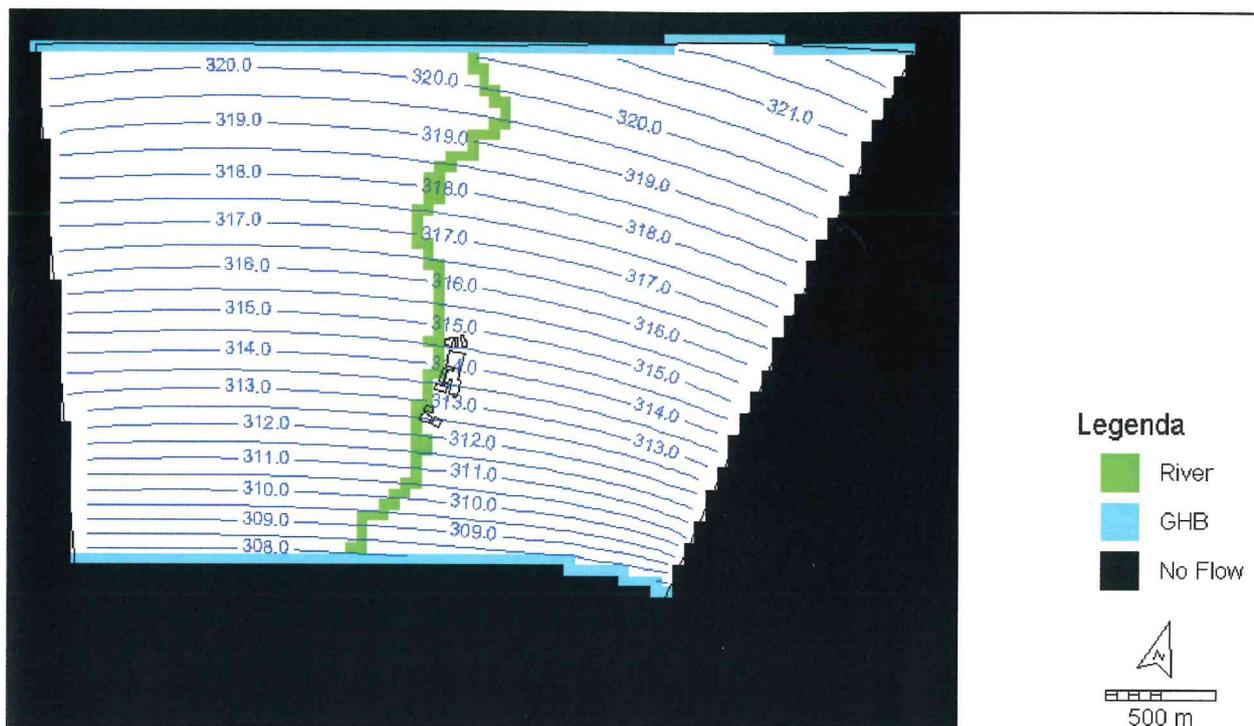


Figura A2 – Simulazione piezometria statica in regime stazionario (equidistanza 0,5 m)
Scala grafica

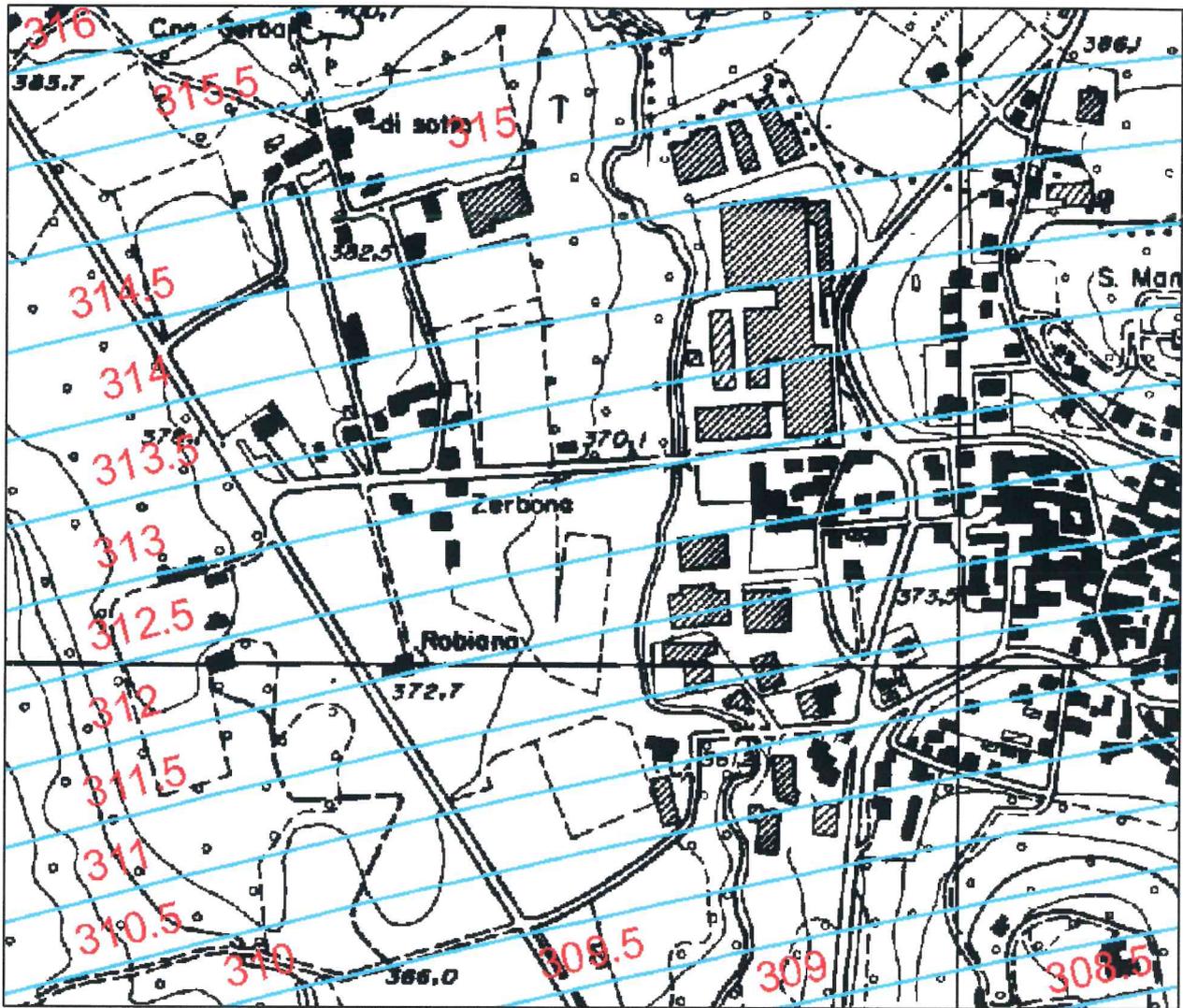
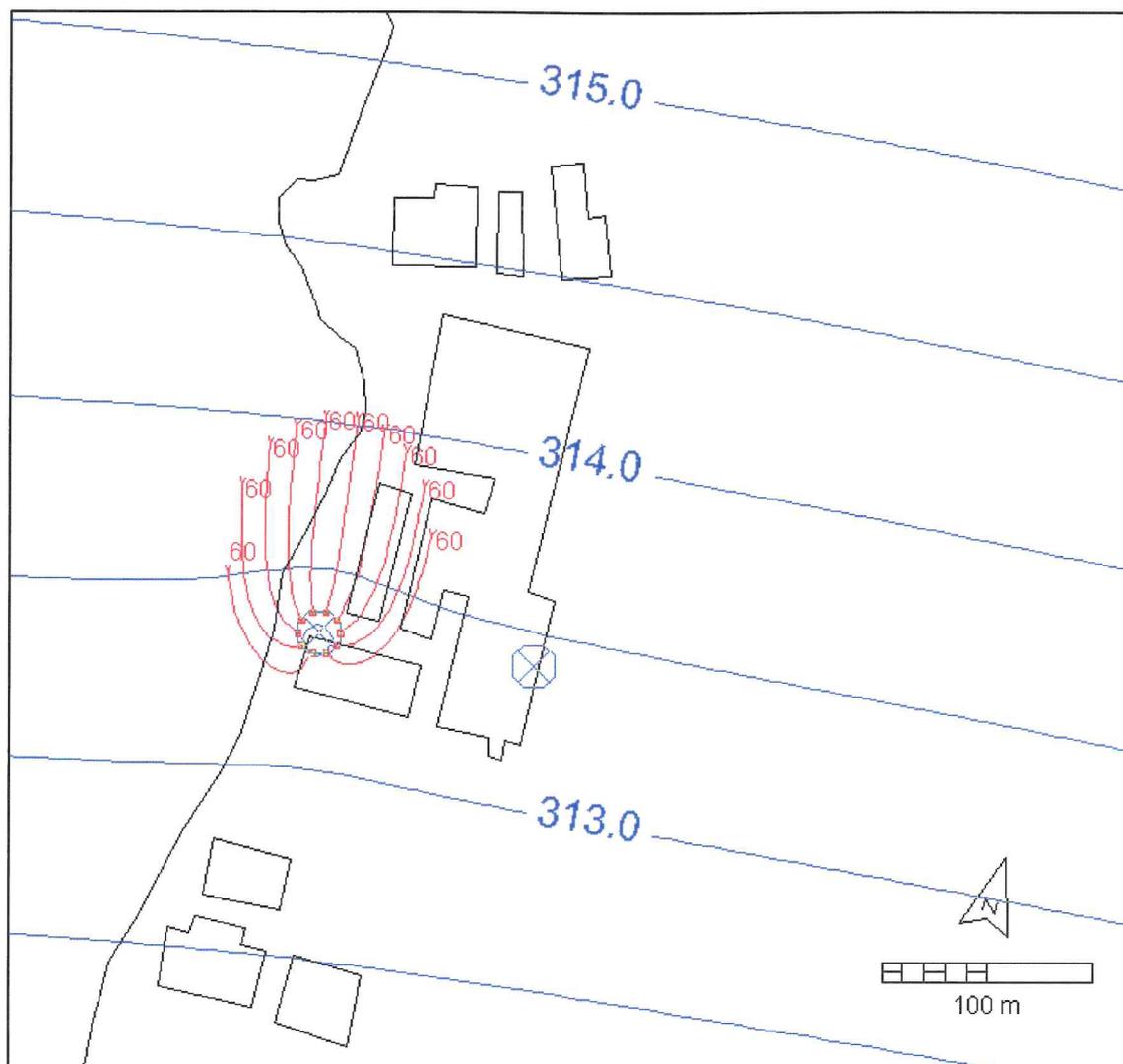


Figura A3 – Dettaglio simulazione piezometria statica in regime stazionario
(equidistanza 0,5 m)



**Figura A4 – Dettaglio simulazione piezometria dinamica in regime stazionario $Q= 240 \text{ m}^3/\text{g}$
(equidistanza 0,5 m) – Scala grafica**

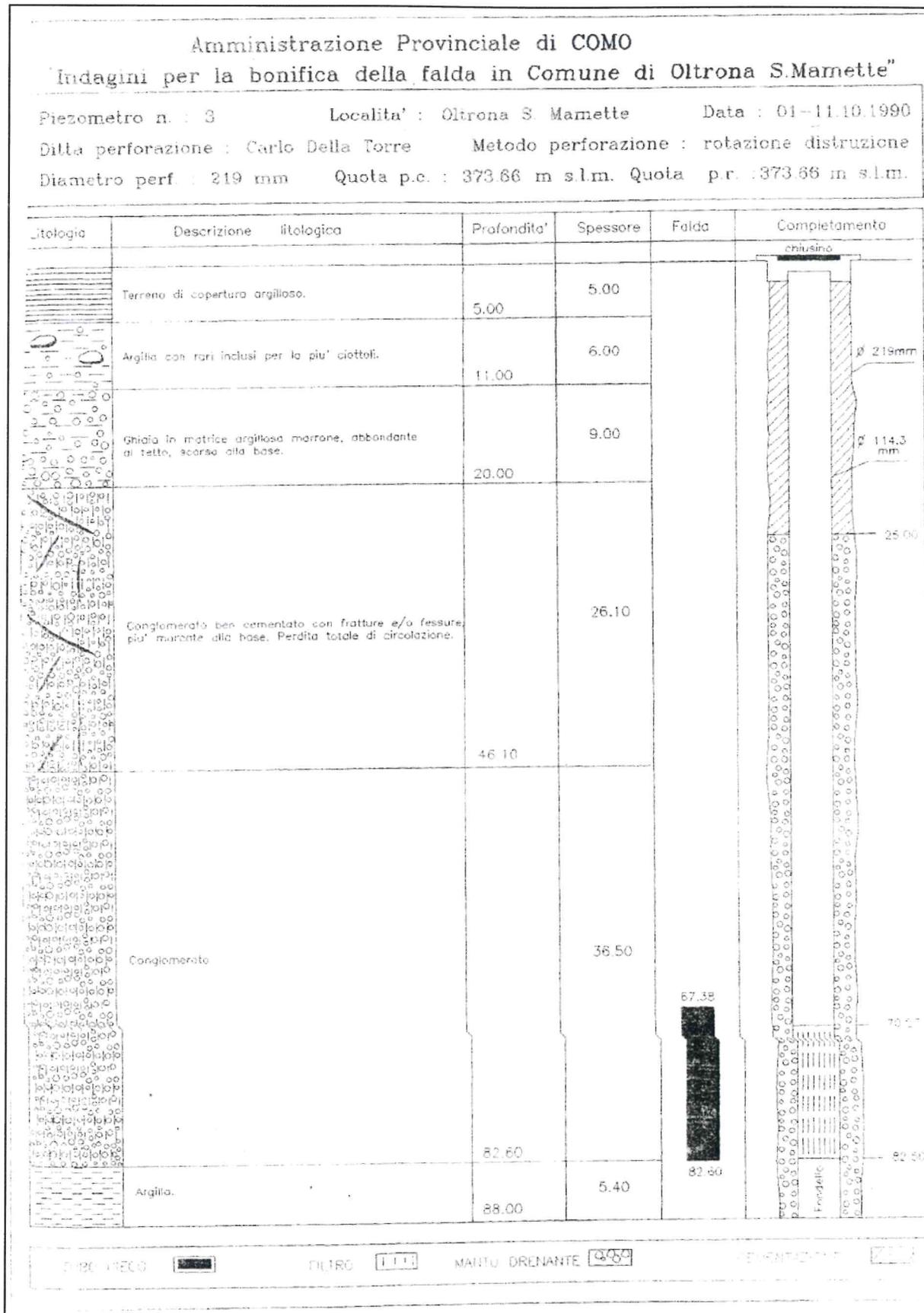
ESI Italia s.r.l. - Via G.B. Pirelli, 26 – 20124 MILANO
Tel +39.02.36567446 Fax +39.02.36567514
milano@esinternational.it www.esinternational.it

ALLEGATI

ESI Italia s.r.l. - Via G.B. Pirelli, 26 – 20124 MILANO
Tel +39.02.36567446 Fax +39.02.36567514
milano@esinternational.it www.esinternational.it

STRATIGRAFIA PIEZOMETRO Pz3
(Fonte: Aquater, 1992)

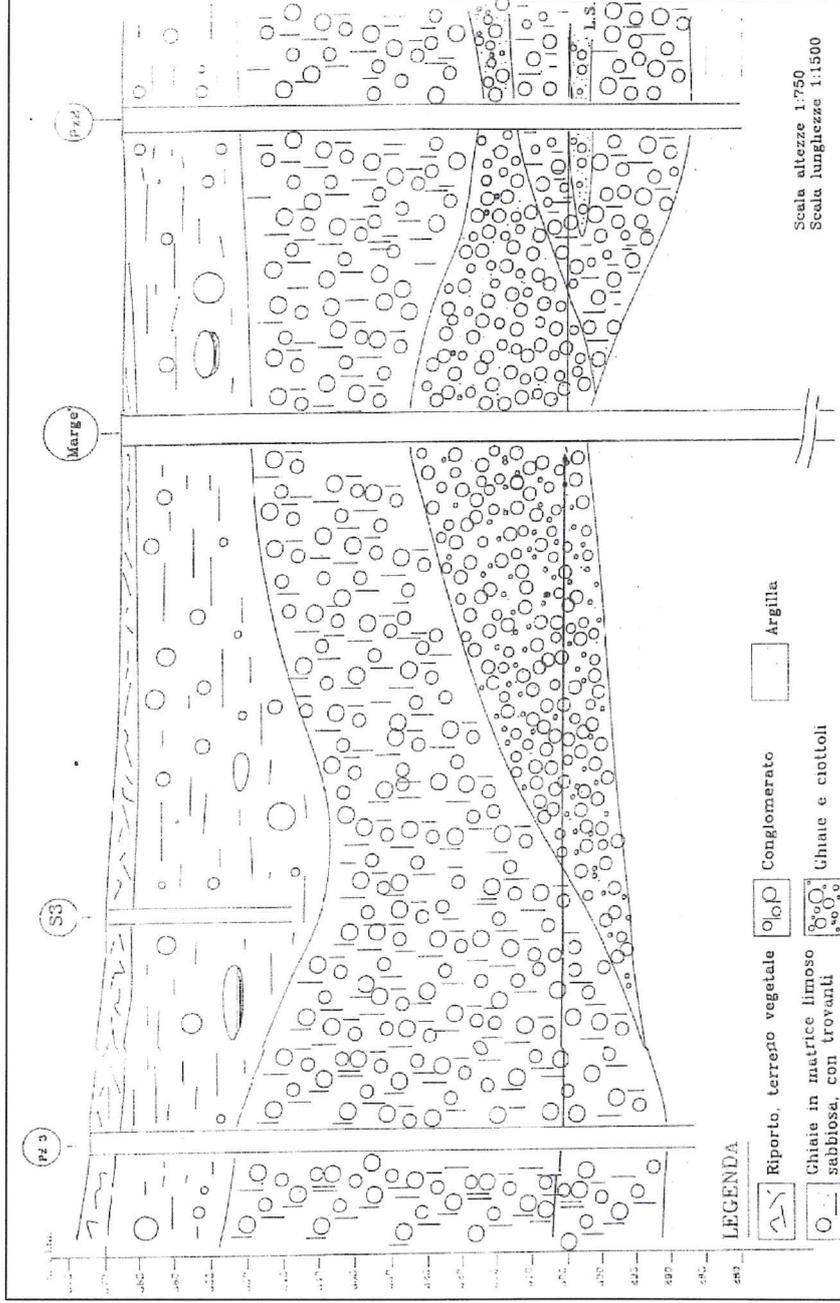
ESI Italia s.r.l. - Via G.B. Pirelli, 26 – 20124 MILANO
Tel +39.02.36567446 Fax +39.02.36567514
milano@esinternational.it www.esinternational.it



ESI Italia s.r.l. - Via G.B. Pirelli, 26 – 20124 MILANO
 Tel +39.02.36567446 Fax +39.02.36567514
 milano@esinternational.it www.esinternational.it

SEZIONE GEOLOGICA A-A'
(Fonte: Aquater, 1992)

ESI Italia s.r.l. - Via G.B. Pirelli, 26 – 20124 MILANO
Tel +39.02.36567446 Fax +39.02.36567514
milano@esinternational.it www.esinternational.it



ESI Italia s.r.l. - Via G.B. Pirelli, 26 - 20124 MILANO
 Tel +39.02.36567446 Fax +39.02.36567514
 milano@esinternational.it www.esinternational.it