



EcoAppraisal® Environmental Audit
a subsidiary of American Appraisal

I 6 + 8

AKZO NOBEL CHEMICALS S.p.A.

INSEDIAMENTO DI ARESE (MI)

**PROGETTO PER IL RISANAMENTO AMBIENTALE
DEL SOTTOSUOLO E DELLA FALDA IDRICA**

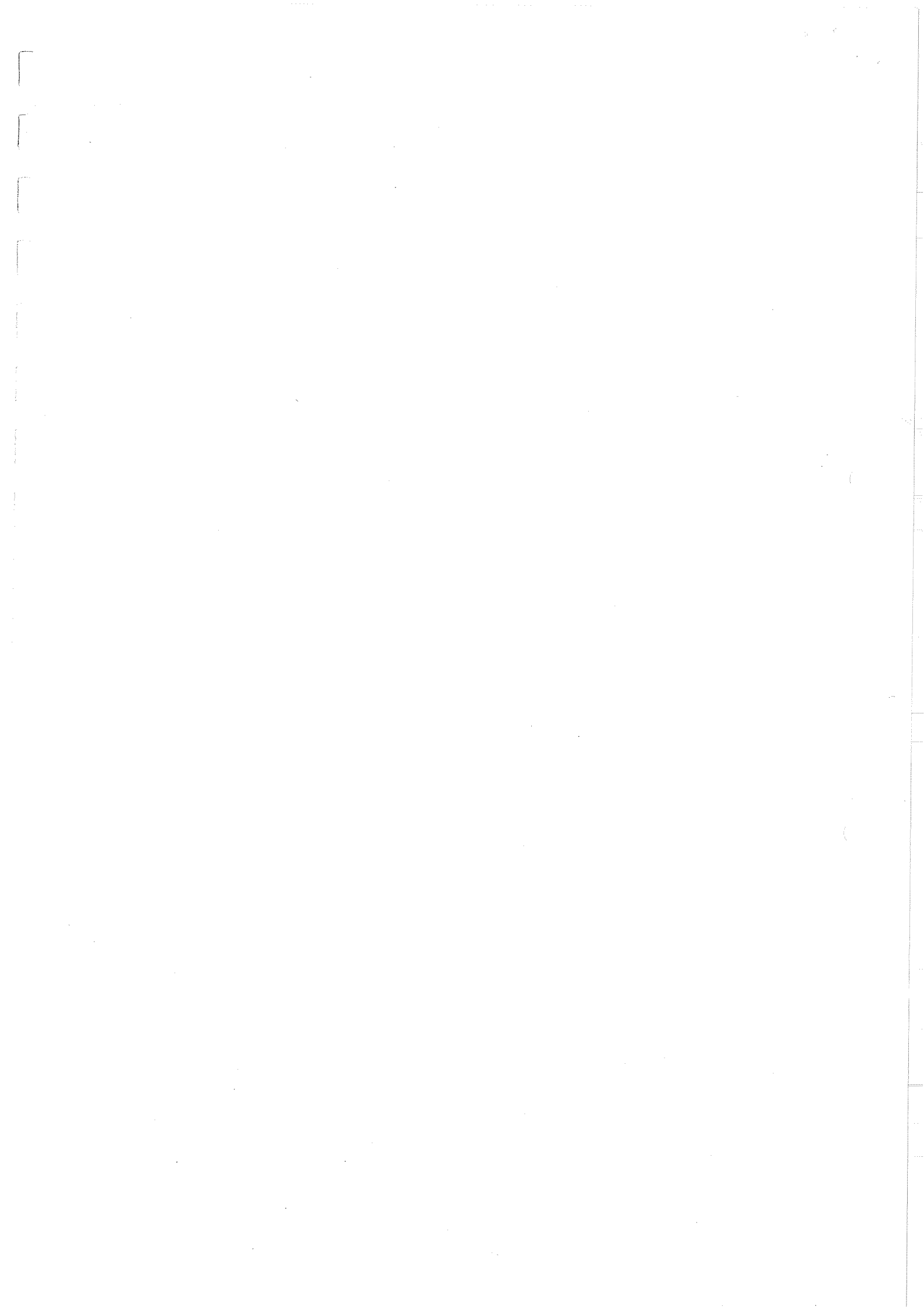
*Valutazione delle indagini svolte e
studio di fattibilità della bonifica*

Febbraio 1997

AKZO NOBEL CHEMICALS S.p.A.

**Progetto per il risanamento ambientale
del sottosuolo e della falda idrica**

Ns. Rif. AR-mg ar97R002





EcoAppraisal Environmental Audit
a subsidiary of American Appraisal

Indice

1. PREMESSA	4
2. OBIETTIVI E SVILUPPO DEGLI INTERVENTI	6
3. PRIMO INTERVENTO	9
3.1 Valutazione dei dati ambientali esistenti e programmazione delle indagini di approfondimento	9
3.1.1 Operazioni svolte nell'indagine del Marzo 1996	9
3.1.2 Valutazioni e programmazione delle indagini di approfondimento	10
3.2 Inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area	12
3.2.1 Unità geologiche	13
3.2.2 Struttura idrogeologica	14
3.2.3 Andamento del flusso sotterraneo	16
3.2.4 Caratteri idrogeologici locali	17
3.3 Indagine geognostica sul sottosuolo e sulla falda idrica	24
3.4 Risultati	27
3.4.1 Caratteristiche del sottosuolo	27
3.4.2 Risultati analisi chimiche	28
3.4.3 Confronto con i dati precedenti (Marzo 1996)	30
4. SECONDO INTERVENTO	32
4.1 Sondaggi nell'area circostante il pozzo PZH/ II (AREA 2)	32
4.2 Risultati analitici	33
4.3 Sbarramento idraulico	35
4.4 Prove di pompaggio	38
4.5 Modellaizzazione dell'acquifero e dell'effetto del pozzo di messa in sicurezza	39
5. RIFERIMENTI NORMATIVI SULLA VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DEI SUOLI E DELLA FALDA IDRICA	43
5.1 Suolo e sottosuolo	43
5.2 Acqua di falda	45

AKZO NOBEL CHEMICALS S.p.A.

Progetto per il risanamento ambientale
del sottosuolo e della falda idrica

Ns. Rif. AR-mg ar97R002



EcoAppraisal® Environmental Audit
a subsidiary of American Appraisal

6. VALUTAZIONI	46
6.1 Assetto idrogeologico e contaminazione del suolo e delle acque sotterranee	46
7. FATTIBILITA' DEGLI INTERVENTI DI RIPRISTINO	51
7.1 Messa in sicurezza della prima falda	52
7.2 Asportazione dei materiali anomali	52
7.3 Intercettamento delle acque in area PZ/HII	52
7.4 Approfondimento delle indagini	53



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

1. PREMESSA

Nei primi mesi del 1996 la società AKZO NOBEL CHEMICALS S.p.A., nell'ambito di direttive pervenute dalla casa madre olandese relative all'avviamento di procedure di certificazione ambientale degli insediamenti del Gruppo, provvedeva alla realizzazione di un intervento di indagine ambientale sul sottosuolo e sulla falda idrica all'interno del proprio insediamento posto in Arese, Via Vismara 80.

I risultati delle indagini evidenziavano nel sottosuolo di alcune aree elevate concentrazioni di sostanze organiche (COD, Ammoniaca, Estratto Etereo) e nell'acqua della prima falda, campionata in alcuni dei piezometri realizzati, di concentrazioni di ammoniaca superiori ai limiti normativi indicati nel D.P.R. 236/88 inerente la qualità dell'acqua destinata al consumo umano.

A seguito di tali risultanze, la citata AKZO NOBEL CHEMICALS affidava nel Novembre 1996 alla scrivente EcoAppraisal S.r.l. di Giussago l'incarico per la predisposizione di un progetto di fattibilità per il risanamento ambientale delle aree oggetto dei fenomeni rilevati.

Sulla base delle informazioni desunte dalle prime indagini sopra citate, EcoAppraisal ha quindi provveduto alla stesura di un protocollo tecnico, consegnato dalla Committenza all'Azienda USSL Ambito territoriale n. 33 di Rho in data e all'Amministrazione Comunale di Arese in data, per la realizzazione di una indagine di approfondimento, ritenuta necessaria al fine di acquisire ulteriori dati di dettaglio utili alla progettazione successiva.

Nel corso della realizzazione delle indagini previste nel protocollo, a seguito dell'individuazione, non rilevata in precedenza, di fenomeni di contaminazione da benzene dell'acqua prelevata in un piezometro, si è eseguito, su richiesta della U.S.S.L. citata, un ulteriore ampliamento dell'indagine prevista e un provvisorio intervento di messa in pompaggio forzato della falda, utilizzando alcuni dei piezometri disponibili, al fine di evitare l'eventuale diffusione del fenomeno rilevato.



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

Le operazioni condotte da EcoAppraisal, sono state svolte rispettivamente, le prime dall'11 al 14 Novembre 1996, le seconde nelle giornate del 3 e dell'11 Febbraio 1997; le operazioni di messa in pompaggio dei pozzi sono iniziate in data 24 Gennaio 1997.

Alle varie operazioni in campo hanno presenziato tecnici della USSL citata i quali hanno provveduto a prelevare campioni di terreno e di acqua di falda per i propri accertamenti analitici eseguiti presso i laboratori del P.M.I.P. di Parabiago.

Tutto ciò premesso, nella presente relazione vengono descritte le varie operazioni svolte, espresse valutazioni sui risultati delle stesse e formulati quindi giudizi sulla necessità e opportunità di procedere al risanamento e alla messa in sicurezza dei fenomeni rilevati individuando alcune proposte di fattibilità.



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

2. OBIETTIVI E SVILUPPO DEGLI INTERVENTI

Come detto in premessa, sono state realizzate due serie di interventi.

La prima, basata sui risultati delle precedenti indagini del Marzo 1996, è stata finalizzata ad acquisire ulteriori dati progettuali e all'aggiornamento dei dati chimici già esistenti (nell'indagine del Marzo 1996 erano stati realizzati carotaggi, pozzi spia e varie analisi chimiche sia su campioni di terreno che di acqua di falda come descritto al Capitolo 3).

La seconda serie, richiesta dalla USSL, è stata finalizzata ad accertare l'entità e la natura di un fenomeno di contaminazione da benzene riscontrato, nel corso della indagine sopracitata, nell'acqua presente nei primi metri del sottosuolo e captata da un piezometro (PZH/II) posto in una specifica zona dell'insediamento (fenomeno non rilevato nel corso dell'indagine del Marzo 1996).

In dettaglio gli obiettivi specifici e le operazioni svolte nei due interventi sono stati i seguenti:

a. Primo intervento

obiettivi:

- valutazione dei dati analitici esistenti, desunti dalle relazioni dell'indagine svolta nel Marzo 1996;
- acquisizione e valutazione di informazioni generali sull'attività svolta nello stabilimento;
- acquisizione e valutazione di informazioni sull'assetto geologico e idrogeologico del territorio;
- acquisizione e valutazione di ulteriori informazioni sull'esatta natura sia delle sostanze chimiche che dei comparti ambientali coinvolti (sottosuolo e falda idrica) già individuati nell'indagine precedente;
- definizione di un progetto di fattibilità per interventi di ripristino ambientale.



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

operazioni svolte:

- sopralluoghi nello stabilimento e colloqui con funzionari dello stesso;
- esecuzione di carotaggi e scavi geognostici con installazione di n. 1 pozzo spia;
- analisi chimiche su campioni di terreno prelevato ai sondaggi citati e su campioni di acqua di falda prelevati ai pozzi spia già esistenti;
- valutazione delle informazioni raccolte.

b. secondo intervento

obiettivi:

- accertare l'eventuale presenza di composti aromatici nel terreno insaturo nelle aree prospicienti il pozzo spia dove è stata riscontrata presenza di benzene (pozzo PZH/II);
- accertare l'entità dell'eventuale trasporto e diffusione del solvente in oggetto nell'acqua presente nel sottosuolo nell'intorno del pozzo citato;
- mettere in atto in via cautelativa e provvisoria un sistema di sbarramento della prima falda;
- accertare le caratteristiche idrauliche della stessa.

operazioni svolte:

- esecuzione di sondaggi geognostici nel sottosuolo nelle aree circostanti il pozzo PZH/II in oggetto;
- analisi chimiche su campioni di terreno e di acque prelevati ai sondaggi citati;
- installazione di elettropompe a immersione in alcuni pozzi-spia già esistenti, esecuzione di prove di



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

pompaggio ed emungimento forzato delle acque
sotterranee;

•analisi chimiche su campioni di acqua di falda
prelevati ai pozzi di sbarramento.



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

3. PRIMO INTERVENTO

3.1 Valutazione dei dati ambientali esistenti e programmazione delle indagini di approfondimento

3.1.1 Operazioni svolte nell'indagine del Marzo 1996

Nell'indagine condotta dalla Committenza agli inizi del 1996 erano state realizzate varie operazioni finalizzate ad accertare la qualità del sottosuolo e delle acque sotterranee in relazione all'attività svolta nel sito.

Rimandando per ogni dettaglio alle relazioni conclusive di tali indagini, già consegnate dalla Committenza all'USSL n. 33 nel Luglio 1996, vengono di seguito riassunti i dati più significativi in base ai quali sono state condotte le indagini di cui alla presente relazione.

a. Indagine georadar

Un primo intervento realizzato mediante strumentazione georadar (Febbraio 1996), aveva permesso l'individuazione di zone con anomalie elettromagnetiche nel sottosuolo associabili alla presenza di materiali estranei e/o terreno rimaneggiato.

Una prima serie di sondaggi superficiali (profondità di circa 50 cm) aveva individuato in alcune di tali zone, presenza di terreni con anomalie organolettiche e visive.

b. Carotaggi

In corrispondenza delle ultime zone citate, erano stati successivamente realizzati carotaggi geognostici spinti sino a 10 m di profondità dal piano campagna (**Allegato 2**) e prelevati n. 26 campioni alle varie profondità su cui sono state svolte analisi chimiche.

Non sono state redatte le stratigrafie del sottosuolo dei vari carotaggi né quindi documentate eventuali anomalie organolettiche e visive dei terreni carotati.

Tra tutti i parametri ricercati si sono rilevate in alcuni punti significative concentrazioni di COD,



EcoAppraisal[®] Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

sostanze grasse e localmente anche di ammoniaca (**Allegato 3**).

c. Acqua di falda

Sono stati realizzati , in fasi successive, numerosi pozzi spia spinti a varie profondità dal piano campagna.

Anche di tali perforazioni non sono state redatte le stratigrafie ma solo generici appunti di cantiere riportanti la profondità della falda e il posizionamento dei filtri.

In alcuni casi i pozzi sono stati realizzati a pochi metri uno dall'altro, a diversa profondità e con diverso posizionamento dei filtri (**Tabella 1**).

Sui pozzi più profondi erano stati inoltre effettuati prelievi di acqua e analisi chimiche che avevano permesso di accertare (**Allegato 3**) presenza di elevate concentrazioni di ammoniaca, superiori ai limiti cautelativamente adottati di 0.5 mg/l di cui al citato D.P.R. 236/88 (PZD: 17.7 mg/l, PZE: 20 mg/l, PZF: 2.4 mg/l).

3.1.2 Valutazioni e programmazione delle indagini di approfondimento

Ai fini della predisposizione di un progetto per la realizzazione di interventi di risanamento e/o di messa in sicurezza delle situazioni evidenziate nelle indagini citate, si è proposta la realizzazione di un'ulteriore indagine di approfondimento finalizzata ad acquisire specifici dati progettuali e all'aggiornamento dei dati chimici esistenti in relazione ai seguenti aspetti non evidenziati nelle indagini:

- caratteristiche fisiche (natura ed estensione) del sottosuolo in corrispondenza delle aree con anomali valori di COD, estratto etereo e ammoniaca;
- caratteristiche litologiche del sottosuolo in relazione al riscontrato inquinamento da ammoniaca dell'acqua di falda campionata nei pozzi spia ubicati in alcune di tale aree;



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

- assetto idrogeologico del sottosuolo (acquiferi, piezometria, direzione di flusso, ecc..) e caratterizzazione chimica dell'acqua presente a pochi metri dal p.c.;
- origine dei fenomeni rilevati.

TABELLA 1
Caratteristiche costruttive dei pozzi spia
realizzati nel Marzo 1996

Sigla pozzo	Profondità m da p.c.	Fenestratura m da p.c.
PZ A/I	30	27 ÷ 30
PZ A/II	18	15 ÷ 18
PZ B	30	27 ÷ 30
PZ C	30	27 ÷ 30
PZ D/I ^①	30	27 ÷ 30
PZ D/II ^①	18	15 ÷ 18
PZ E/I	30	27 ÷ 30
PZ E/II	21	18 ÷ 21
PZ F	27	24 ÷ 27
PZ G	27	24 ÷ 27
PZ H/I ^①	30	27 ÷ 30
PZ H/II	9	6 ÷ 9
PZ I/I	30	27 ÷ 30
PZ I/II	19.5	16.5 ÷ 19.5
PZ L/I	30	27 ÷ 30
PZ L/II	9	7 ÷ 9
PZ M	27	24 ÷ 27
PZ N	30	27 ÷ 30

① Intasato



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

3.2 Inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area

Lo stabilimento AKZO NOBEL CHEMICALS, di circa 30.000 mq di estensione, è ubicato nel territorio comunale di Arese al confine con quello di Bollate, a circa 2-3 km a Nord-Ovest della città di Milano.

Più in dettaglio, risulta posto immediatamente a ridosso del centro abitato di Arese e a poche decine di metri da aree residenziali (**Allegato 1**).

I confini sono:

- a Nord: Via Vismara e aree residenziali;
- a Est: Torrente Guisa e aree agricole poste in Comune di Bollate;
- a Sud: Canale artificiale (scolmatore Nord-Ovest di Milano) e aree agricole poste in Comune di Bollate;
- a Ovest: Capannone industriale.

A circa 500 m a Sud-Est dello stabilimento è posto il centro abitato del Comune di Ospiate; mentre a circa 2 Km sempre a Sud si trova l'autostrada A8 (Milano-Laghi).

L'assetto idrografico del territorio è contraddistinto da una rete di rogge e canali poco sviluppata caratterizzata da corsi d'acqua naturali e artificiali di differente importanza: la rete idrografica presenta un andamento Nord-Sud, in accordo con la morfologia della media pianura lombarda caratterizzata da una superficie debolmente inclinata verso Sud.

Il corpo idrico principale più vicino all'area è il torrente Guisa che con andamento Nord-Sud passa a pochi metri dalla recinzione di confine Est della stessa (in corrispondenza dell'area risulta artificialmente impermeabilizzato da 15 circa anni).



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

Per quanto riguarda gli elementi idrografici di carattere artificiale, è da segnalare il Canale scolmatore Nord-Ovest Milano parallelo al confine Sud di stabilimento con direzione Est-Ovest, a pochi metri dallo stesso, e il canale Villoresi che si trova a circa 2 km a Nord del Comune di Arese.

3.2.1 Unità geologiche

Il settore esaminato è caratterizzato dalla presenza in affioramento e nel sottosuolo di depositi di origine fluvioglaciale a litologia prevalentemente grossolana costituita dalle unità di seguito descritte.

Fluvioglaciale Mindel ("Diluvium antico Auct."): i sedimenti appartenenti a tale unità costituiscono il ripiano più elevato del terrazzo delle Groane che con andamento Nord-Sud si rinviene sino all'altezza della C.na Castellazzo in Comune di Bollate, posta a Nord-Est dell'area in esame a circa 1 km dalla stessa. Sotto l'aspetto litologico l'unità è costituita da ghiaie fortemente alterate immerse in matrice limosa ed è facilmente riconoscibile per il caratteristico vetusol superficiale ("ferretto") dello spessore di circa 3 m, che la rende poco permeabile alle acque di infiltrazione.

Fluvioglacliale Riss ("Diluvium medio Auct."): i sedimenti appartenenti a tale unità bordano ad Ovest quelli del fluvioglacliale Mindel costituendo un secondo terrazzo, altimetricamente ribassato di alcuni metri rispetto al precedente.

Tali depositi si estendono su quasi tutto il territorio comunale di Arese, interessando anche l'area industriale AKZO NOBEL.

Essi evidenziano una litologia simile a quella precedente differenziandosi per la minore abbondanza di matrice limosa e per la presenza di un orizzonte pedogenetico meno alterato rispetto a quello che contraddistingue l'unità precedente.

La permeabilità dello strato superficiale è in genere scarsa ed è localmente influenzata dallo spessore del suolo, che talora può essere ridotto o mancare a causa del dilavamento operato dalle acque meteoriche.



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

Fluvioglaciale Wurm ("Diluvium recente Auct."): i depositi appartenenti a tale unità costituiscono il livello fondamentale della pianura che si estende su tutto il territorio centro meridionale della pianura milanese.

Il fluvioglaciale wurmiano è rappresentato in prevalenza da ghiaie e sabbie che conferiscono all'unità una permeabilità superficiale elevata, anche per la presenza di un orizzonte di alterazione poco sviluppato.

Nell'ambito di questa unità localmente si possono rinvenire anche lenti limose e argillose di limitata estensione areale.

Tali depositi affiorano immediatamente a Sud dello stabilimento poco dopo il Comune di Ospiate.

3.2.2 Struttura idrogeologica

Le informazioni sulla natura litologica del sottosuolo sono numerose e ben distribuite sul territorio circostante l'area.

La struttura idrogeologica, sulla base di vari studi desunti dalla letteratura, può risultare suddivisa schematicamente nelle seguenti unità idrogeologiche.

- La prima risulta costituita in larga prevalenza da materiali ghiaioso-sabbioso-limosi con discontinue intercalazioni argillose di spessore ed estensioni limitate.

Tale "litozona" da un punto di vista idrogeologico costituisce l'acquifero più superficiale (primo acquifero) generalmente caratterizzato da discreta produttività.

La parte sommitale di tale acquifero risulta captata dai pozzi spia realizzati nell'area nel Marzo 1996, spinti sino a circa 28 m di profondità dove è presente un setto argilloso a scarsa permeabilità di circa 3 metri di spessore.



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

Test realizzati su alcuni di tali pozzi hanno evidenziato una bassa potenzialità dell'acquifero per la presenza di una significativa frazione limo argillosa.

L'acquifero superficiale è separato da quello sottostante (seconda unità idrogeologica) da livelli limoso-argillosi, caratterizzati da una conducibilità idraulica che limita lo scambio d'acqua nella direzione verticale.

- Tale seconda unità, che raggiunge una profondità di circa 80 m nell'area in esame, è rappresentata da ghiaie sabbiose, conglomerati, sabbie e arenarie alternate a ghiaie limose e lenti limo-argillose.

Sotto l'aspetto idraulico le falde in essa contenute risultano in condizioni semiconfiniate e localmente possono avere caratteristiche prossime a quelle confinate.

Il pozzo per l'approvvigionamento idrico dello stabilimento (profondo 85 m dal piano campagna) sfrutta la falda contenuta in questa unità idrogeologica (filtri tra 60 e 78 m).

L'insieme degli acquiferi contenuti nella prima e nella seconda unità citata viene identificato con l'"acquifero tradizionale".

- L'unità idrogeologica inferiore è costituita da sedimenti limoso-argillosi con lenti torbose e, più in profondità all'interno della facies marina, con fossili.

Le falde contenute in depositi ghiaiosi e sabbiosi localmente presenti in tale ultima unità sono a carattere confinato e con scarsa produttività.



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

3.2.3 Andamento del flusso sotterraneo

A scala regionale l'andamento del flusso idrico sotterraneo può essere ricostruito in base alle misurazioni effettuate mensilmente entro i pozzi di monitoraggio della rete piezometrica provinciale, gestita dal Consorzio Acqua Potabile di Milano e dalla Provincia di Milano.

I pozzi della rete di rilevamento consentono di individuare il flusso idrico nei suoi aspetti più generali fornendo indicazioni sull'acquifero tradizionale.

Come evidenziato in **Figura A**, che rappresenta la piezometria relativa al Marzo '94, l'andamento della falda nel territorio considerato manifesta un flusso convergente verso Milano a causa della distorsione del flusso idrico sotterraneo provocata dal forte emungimento del capoluogo.

Nel settore di Arese la direzione di flusso ha un andamento di circa NW-SE con gradiente idraulico variabile tra 0.5 e 0.7%.

Le quote piezometriche sono comprese tra 132 e 140 metri sul livello del mare.

Si devono tuttavia segnalare significative oscillazioni del livello piezometrico che risulta a ciclicità stagionale in relazione ai periodi di apertura e chiusura del Canale Villoresi. La massima elevazione della falda coincide con il periodo irriguo Agosto-Settembre mentre la minima nel trimestre Marzo-Maggio.

L'escursione stagionale è di circa 2-3 m.



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

3.2.4 Caratteri idrogeologici locali

a. Caratteristiche del sottosuolo dell'area AKZO NOBEL CHEMICALS

La determinazione delle caratteristiche del sottosuolo presso l'area in esame è stata condotta principalmente analizzando la documentazione esistente (stratigrafia dei pozzi pubblici presenti nel territorio), i dati relativi alla stratigrafia del pozzo presente nel sito e, in parte, sulla base delle poche informazioni relative ai pozzi spia realizzate nell'indagine del Marzo 1996 e dei carotaggi realizzati nel presente intervento.

Le caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo dell'area desunte dalla stratigrafia del pozzo (**Allegato 4**) confermano in linea generale i caratteri idrogeologici già descritti nel precedente paragrafo in quanto vengono evidenziati i due corpi acquiferi principali denominati nella terminologia corrente primo e secondo acquifero (acquifero tradizionale).

In **Figura B** è rappresentata una sezione idrogeologica del territorio.

- Il primo acquifero contiene una falda libera e si rinviene sino a una profondità di circa 35 m dal piano campagna: esso risulta compartimentato da una lente argillosa posta tra 29 e 32 m dal piano campagna, che consente di individuare due livelli di falda.

La prima tra i 12 e i 29 m dal piano campagna, la seconda (semiconfinata) tra i 32 e 35 m.

La prima falda a superficie libera è sostenuta dalla lente argillosa che si rinviene a 28 m dal piano campagna; lo spessore della falda è di circa 15 m.

Per l'acquifero che la contiene, come si esporrà nel capitolo relativo alle prove di pompaggio, sono state rinvenute scarse caratteristiche di permeabilità.

I pozzi spia presenti nell'area attraversano e drenano solo la parte inferiore della falda superficiale, essendo posizionati i dreni tra i 18 e i 28 m circa dal piano campagna, dove ha inizio la già citata lente argillosa di circa 3 m di spessore.



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

La seconda falda di tipo confinato (tra i 32 e 35m) non risulta captata dai pozzi presenti nell'area.

La falda a superficie libera non risulterebbe comunicante con la sottostante (semiconfinata) se non spostandosi verso Sud Est dove la lente argillosa tende a chiudersi.

- Il secondo acquifero è presente a profondità superiore ai 50 m sino a oltre 80 m.

Esso è formato da litologie ghiaiose, sabbiose, conglomeratiche e contiene una falda semiconfinata.

Questo acquifero viene captato dal già citato pozzo per l'approvvigionamento idrico di stabilimento.

b. Andamento del flusso idrico della falda contenuta nel primo acquifero

Nel corso delle indagini sono state effettuate misure piezometriche ai pozzi spia captanti la prima falda al fine di ricostruire una carta piezometrica di dettaglio.

Preliminarmente alle misure piezometriche sono state rilevate le quote topografiche di tutti i punti d'acqua, i cui valori sono riportati in Tabella 2 insieme ai più recenti dati di livello piezometrico espressi come soggiacenza e come quota assoluta (rilievo del 24.02.97).

In **Figura C** è rappresentata la piezometria relativa all'ultima campagna di rilievo.

La carta piezometrica elaborata mostra una direzione di flusso NW-SE con una locale anomalia determinata dalla presenza di uno spartiacque il cui asse risulta posizionato all'incirca lungo la diagonale che collega i vertici NW e SE del perimetro industriale.

Le quote piezometriche sono comprese tra i valori di 146.8 m s.l.m. nel settore Nord Occidentale e 146 m in quello Sud-Orientale.



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

Il gradiente idraulico della prima falda si mantiene su valori medi di circa 0.4% mentre la soggiacenza risulta variabile tra un minimo di 11.67 m nel pozzo PZM e un massimo di 12.10 m nel pozzo PZD/I.

Di particolare interesse è anche il dislivello esistente tra il carico idraulico della prima falda e quello della seconda falda che, sulla base dei dati di livello statico registrati nel pozzo industriale, si attesta sui 4 m.

In generale quindi si può rilevare che l'andamento del flusso idrico risulta analogo a quello riscontrato a scala territoriale nelle carte piezometriche redatte dalla Provincia di Milano (1994).

Di particolare interesse ai fini delle successive valutazioni, è infine il rilievo in 2 pozzi spia posti al confine Est di stabilimento (PZL/II e PZH/II) e spinti sino a 9 m circa dal piano campagna, di acqua alla profondità di circa 4 m dal piano campagna.

Tale situazione, rilevata anche nel corso delle perforazioni del Maggio 1996, sempre nei punti ubicati a ridosso del confine Est citato (PZE, PZD, PZF, PZG e PZI) è stata confermata inoltre nel corso delle ultime indagini, durante le quali si è installato un pozzo spia (PZ1) intestato a 8 m dal piano campagna, posto anch'esso nei pressi della recinzione Sud-Est dell'area.

Test di pompaggio effettuati su tali pozzi PZH/II, PZL/II PZ1, hanno evidenziato una potenzialità quasi nulla di tale "acqua superficiale" che risulta contenuta in materiali a bassa permeabilità e originata probabilmente sia da infiltrazioni dal vicino torrente Guisa che da accertate perdite di acqua da tubazioni poste all'interno dello stabilimento (perdite da tubazioni di trasporto dell'acqua industriale di raffreddamento e della rete anti-incendio collocate in corrispondenza degli impianti posti nelle vicinanze degli stessi pozzi H, F, G e I).



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

TABELLA 2

Dati rilievo piezometrico del Febbraio 1997

Pozzo	Quota di riferimento m s.l.m.	Soggiacenza m da p.c.	Quota piezometrica (m s.l.m.)
PZA/I	158.320	11.93	146.38
PZB	158.499	12.09	146.409
PZC	158.317	11.92	146.397
PZD/I ^①	157.983	12.10	145.883
PZE/I	157.921	11.94	145.981
PZF	157.903	11.80	146.103
PZG	158.156	12.00	146.156
PZH/I ^①	157.999	10.60	-
PZI/I	158.143	11.90	146.243
PZL/I	158.157	-	-
PZM	158.455	11.67	146.785
PZN	158.222	12.00	146.222

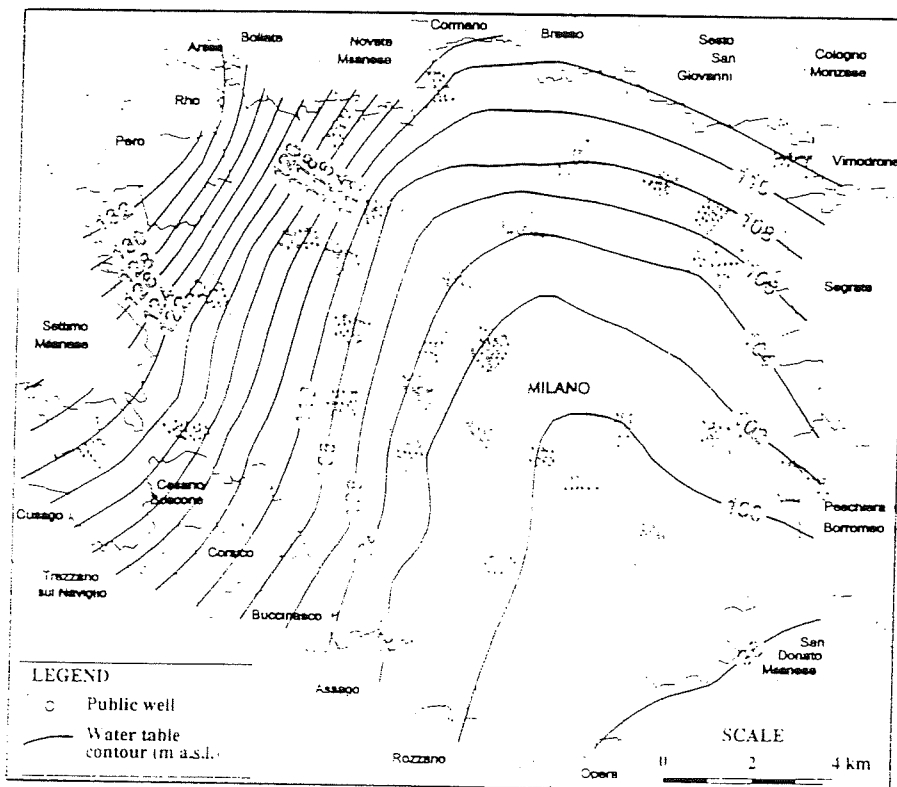
① Intasato



EcoAppraisal Environmental Audit
a subsidiary of American Appraisal

FIGURA A

Piezometria area milanese Marzo 1994
redatta da Provincia di Milano

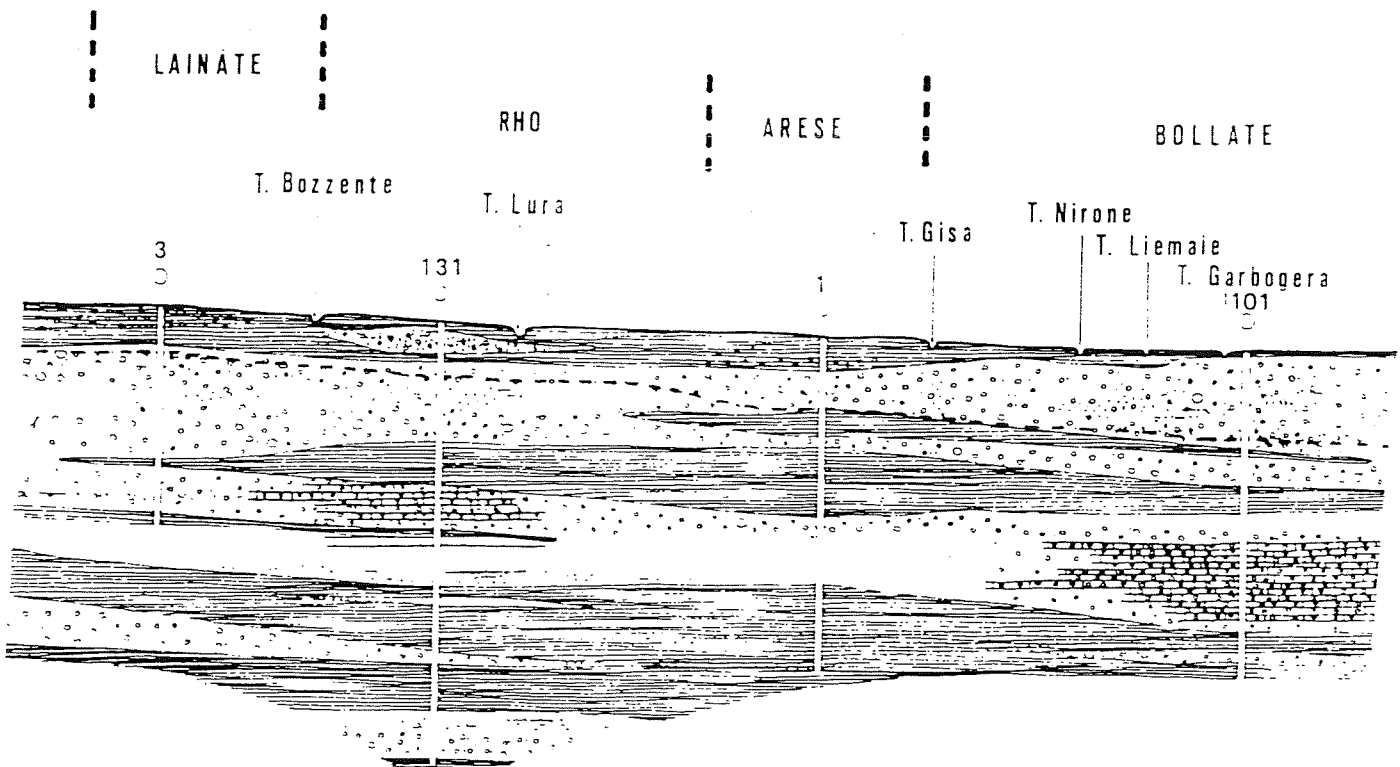




EcoAppraisal Environmental Audit
a subsidiary of American Appraisal

FIGURA B

Sezione idrogeologica del territorio in esame



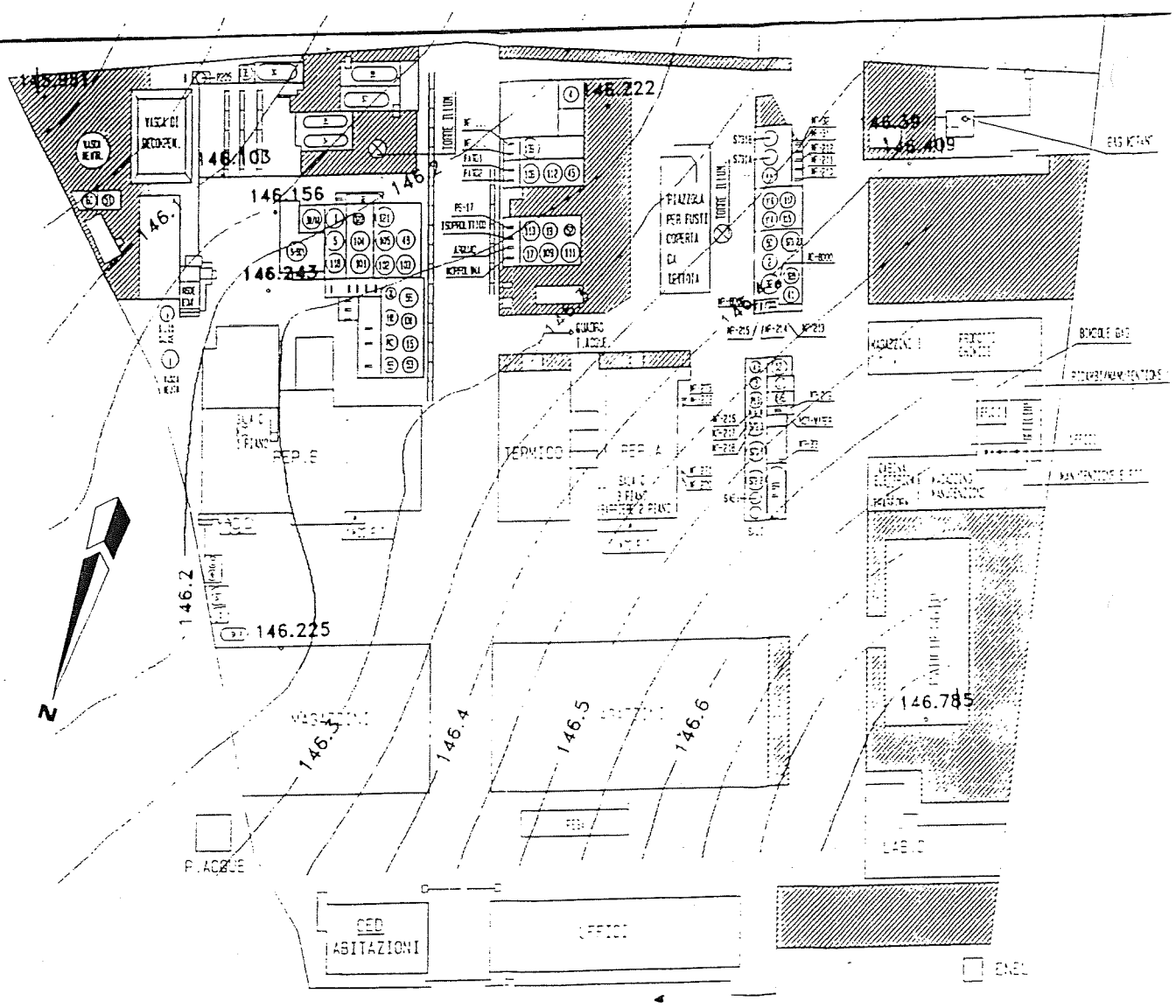


EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

FIGURA C

Piezometria statica area Akzo Nobel
(rilievo del Febbraio 1997)





EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

3.3 Indagine geognostica sul sottosuolo e sulla falda idrica

a. Carotaggi geognostici e prelievo campioni di terreno.

Con riferimento alla planimetria riportata in **Allegato 5**, sono stati realizzati complessivamente n. 11 carotaggi, di cui uno attrezzato a pozzo spia, nel corso dei quali sono stati effettuati vari prelievi di campioni di terreno per le successive analisi chimiche.

I carotaggi sono stati ubicati in corrispondenza della zona dove le indagini precedenti avevano già rilevato presenza di anomalie.

b. Scavi geognostici

Sempre con riferimento alla planimetria in allegato 5, sono stati realizzati inoltre n. 12 scavi geognostici spinti mediamente a circa 2.5 ÷ 3.0 m dal p.c.

Anche in questo caso sono stati prelevati campioni di terreno di cui n.1 destinato ad analisi chimiche.

c. Prelievi campioni di acqua di falda

Tra tutti i pozzi spia disponibili, sono stati scelti per il campionamento sia alcuni di quelli intestati nella prima falda (PZA, PZE/I, PZF, PZM, PZN) che quelli captanti l'acqua superficiale (PZH/II, PZL/II e PZ1), non analizzata nell'indagine del Marzo 1996.



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

d. Analisi chimiche

- Terreni

Sui campioni di terreno sono state effettuate analisi con ricerca di:

- Ammoniaca;
- Fosforo;
- Estratto etereo;
- TOC;
- Solventi aromatici/alifatici (su n. 6 campioni).

- Acqua di falda

Sui campioni di acqua di falda sono state effettuate analisi con ricerca dei seguenti parametri:

- Ammoniaca,
- Fosforo;
- Oli minerali;
- TOC;
- Solventi clorurati;
- Solventi Aromatici/Alifatici.



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

TABELLA 3

Dati identificativi dei carotaggi

Sigla	Profondità m dal p.c.	Sigla Campioni	Profondità campioni m dal p.c.	Campioni analizzati
S1	8.0	S1/1	2.0 ÷ 3.0	
		S1/2	3.0 ÷ 4.0	X
		S1/3	4.0 ÷ 5.0	X
		S1/4	5.0 ÷ 5.7	
		S1/5	6.0 ÷ 6.3	X
		S1/6	7.7 ÷ 8.0	X
S2	5.0	S2/2	0.8 ÷ 2.0	
		S2/2	2.0 ÷ 3.0	
		S2/3	3.7 ÷ 4.0	
		S2/4	4.0 ÷ 4.3	
		S2/5	4.3 ÷ 5.0	X
S3	7.0	S3/1	6.8 ÷ 7	X
S4 ^①	8.0			
S5	3.4	S5/1	0.8 ÷ 1.1	X
		S5/2	2.6 ÷ 3.0	X
S6	3.0	S6/1	0.2 ÷ 0.6	
		S6/2	1.6 ÷ 2.4	X
S7	3.3	S7/1	1.0 ÷ 1.2	
S8	3.3	S8/1	1.0 ÷ 1.2	
S9	8.3	S9/1	1.7 ÷ 2.5	X
		S9/2	2.5 ÷ 4.8	X
		S9/3	5.7 ÷ 7.3	X
S10	6.5	S10/1	4.8 ÷ 5.2	X
		S10/2	5.2 ÷ 6.5	X
S11	8.0	S11/1	4.5 ÷ 4.6	
		S11/2	4.7 ÷ 4.8	X
		S11/3	4.8 ÷ 6.8	X
		S11/4	6.8 ÷ 7.0	X

① Carotaggio attrezzato a pozzo-spia siglato PZ1.



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

3.4 Risultati

3.4.1 Caratteristiche del sottosuolo

- Litologia

I caratteri litologici del sottosuolo sono illustrati nelle stratigrafie delle perforazioni riportate in **Allegato 6**.

In generale si può osservare che il sottosuolo dell'area, almeno sino a circa 8 m di profondità dal piano campagna, è costituito da materiali alluvionali prevalentemente sabbioso-ghiaiosi in matrice sabbioso-limoso.

Localmente è presente in superficie e con spessori variabili da pochi decimetri a circa 1 metro, materiale di riporto ghiaioso-sabbioso con laterizi, al di sotto del quale si rinviene uno strato decimetrico limo-argilloso debolmente sabbioso che costituisce il suolo originario su cui si trova l'insediamento.

Solo nei sondaggi ubicati nel settore Est di stabilimento (S1 ÷ S8) si è osservato ristagno di acqua nei fori a circa 4÷5 m di profondità dal piano campagna.

Per tale motivo il sondaggio S4 è stato attrezzato a piezometro (PZ1) al fine di poter accertare mediante analisile caratteristiche di tale acqua.

- Anomalie organolettiche e visive

Nel corso dei carotaggi e degli scavi, si sono accertate anomalie organolettiche e visive dei terreni indagati come di seguito descritto:

•Carotaggi S1, S2, S3, PZ1 (AREA 1).

In tali sondaggi è stato rinvenuto materiale di colore nerastro, addensato, localmente frammisto a sabbia limosa con rara ghiaia, con odorazione associabile a sostanze grasse.



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

In S1 compare a circa 0.8 m dal piano campagna con spessore di circa 4 m (sino a 5.0 m dal piano campagna) mentre in S2, S3 e PZ1 si rinviene al di sotto del materiale di riporto anch'esso con colorazione grigio-nerastra, a circa 3 m di profondità ma con spessori decimetrici.

- **Sondaggi S5, S6, S7, S8 (AREA 2).**

In tali sondaggi a profondità di circa 1 m dal piano campagna e sino a fondo foro (circa 3.5 m) il sottosuolo ghiaioso in matrice limo-sabbiosa, è caratterizzato da colorazione grigio nerastra con odorazione di natura organica associabile a materiale in decomposizione.

- **Sondaggi S9, S10, S11 (AREA 3)**

In tali sondaggi non sono state evidenziate anomalie organolettiche e/o visive dei terreni carotati ad eccezione del carotaggio S9 dove si è osservato tra 1.7 e 2.5 m dal p.c. terreno con colorazione grigia e odore di natura organica assimilabile a quello di materiale in decomposizione.

- **Scavi (AREA 4)**

Materiale analogo a quello rilevato in AREA 1 è stato rinvenuto subito sotto la superficie del piano campagna in corrispondenza di n. 3 scavi ubicati nel settore Ovest di stabilimento (scavi n.4,5,6).

Il materiale è stato rinvenuto subito sotto il piano campagna sino a profondità di circa 1.5 ÷ 2.0 m.

3.4.2 Risultati analisi chimiche

a. Terreni

Nelle seguenti Tabelle 4 e 4.1 sono riportati i risultati delle analisi condotte sui campioni di terreno.



EcoAppraisal® Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

Tabella 4
Analisi Terreni
(valori in mg/kg su terreno t.q.)

Sigla Campione	Ammoniaca	TOC	Fosforo Totale	Estratto etereo	Aromatici alifatici
S1/2	70.9	1200	430	< 4.0	
S1/3	34.6	2900	715	31	< 0.01
S1/5	12.1	1100	280	< 4.0	
S1/6	10.4	600	250	< 4.0	
S2/5	10.1	1100	550	< 4.0	
S3/1	10.6	1000	480	< 4.0	< 0.01
S5/1	57.1	1100	415	< 4.0	< 0.01
S5/2	< 5.0	900	255	26	
S6/2	< 5.0	2400	590	95	
S9/1	12.3	5700	1360	< 4.0	
S9/2	< 5.0	1200	300	< 4.0	< 0.01
S9/3	< 5.0	2100	405	34	
S10/1	< 5.0	1100	280	< 4.0	
S10/2	< 5.0	1500	715	< 4.0	
S11/2	< 5.0	600	355	< 4.0	
S11/3	< 5.0	1100	365	20	< 0.01
S11/4	< 5.0	900	770	< 40	< 0.01
SCAVO	10.8	67900	1540	18030	

Su n. 2 campioni di terreno provenienti dal carotaggio S1 dove erano state evidenziate le anomalie citate, sono stati effettuati test di cessione con acqua/CO₂ e analisi sull'eluato con i seguenti risultati:

Tabella 4.1.
Analisi terreni : Test di eluizione
Valori in mg/l

Sigla	Ammoniaca	Fosforo
S1/3	1.58	< 5.00
S1/5	0.18	< 5.00



EcoAppraisal[®] Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

b. Acqua di falda

Nella seguente Tabella 5 sono riportati i risultati delle analisi condotte sui campioni di acqua di falda.

Tabella 5
Risultati analitici acqua di falda
(valori in µg/l)

PARAMETRO	SIGLA POZZI DI PRELIEVO							
	PZ 1	PZ E/I	PZ F	PZ H/II	PZ L/II	PZ N	PZ A/II	PZ M
PH	6.87	6.73	6.68	6.03	6.57	7.00	6.73	7.00
OLII MINERALI	5.43	14.6	16.9	917	15.50	8.90	5.43	9.88
FOSFORO - P	< 100	< 100	980	5400	< 100	< 100	< 100	< 100
SOLVENTI ALIFATICI	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
TOC	3800	410	2170	50700	1060	< 100	< 100	< 100
AMMONIACA	7500	2100	5340	18200	1180	100	< 50	< 50
COMPOSTI ORGANOALOGENATI	1.63	5.63	11.70	3.70	13.5	8.46	11.70	7.59
SOLVENTI AROMATICI	< 10	< 10	< 10	698 [ⓐ]	< 10	< 10	< 10	< 10

[ⓐ] come benzene

Sui campioni di acqua di falda sono state eseguite analisi chimiche anche dalla USSL citata con determinazione di un maggior numero di parametri oltre a quelli sopra indicati, come riportato in **Allegato 7**.

3.4.3 Confronto con i dati precedenti (Marzo 1996)

- Acqua di falda

Sono confermate le concentrazioni di ammoniaca di cui alla precedente indagine del Marzo 1996 ai pozzi captanti la prima falda ubicati nel settore Sud-Est



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

dell'area (PZE/I, PZF) posti idrogeologicamente a valle del sito.

Risultano invece diversi i risultati relativi agli oli minerali che in questo caso risultano leggermente superiori ai precedenti.

Nella precedente indagine non erano state analizzate le acque superficiali, che sono risultate anch'esse con elevate concentrazioni di ammoniaca e, in un solo caso (PZH/II) anche di benzene.

Anche altri parametri rilevati con significative concentrazioni nella presente indagine (ferro, manganese, sostanze organiche come n-esano, fosforo) non erano stati ricercati nella precedente verifica citata.

- Terreni

Risultano significativamente diverse, tranne poche eccezioni, le concentrazioni di ammoniaca ed estratto etereo rilevate nelle due indagini.

Nella prima i valori risultano infatti superiori anche di 1 - 2 ordini di grandezza rispetto a quelli attualmente rilevati.



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

4. SECONDO INTERVENTO

4.1 Sondaggi nell'area circostante il pozzo PZH/ II (AREA 2)

Come già detto, il secondo intervento è stato svolto con lo specifico scopo di accertare l'entità e la diffusione del fenomeno di contaminazione da benzene riscontrato nell'acqua superficiale prelevata al pozzo PZH/II.

A tale scopo sono stati effettuati mediante la tecnica definita "geoprobe", campioni di terreno e della stessa acqua superficiale nelle aree prospicienti il pozzo H citato (planimetria in Allegato 8).

In dettaglio sono state effettuate n. 8 prospezioni di seguito schematicamente caratterizzate (Tabella 6).

Tabella 6
Dati identificativi sondaggi area PZH/II

Sigla	Profondità m da p.c.	Sigla campione terreno	Profondità campione terreno m da p.c.	Sigla campione acqua	Profondità acqua m da p.c.
SG 1	50	SG 1/1	2 ÷ 2.6	SG 1/W	5.0
		SG 1/2	3.2 ÷ 3.7		
SG 2	4.8	SG 2/1	2.8 ÷ 3.0	SG 2/W	4.8
SG 3	4.9	SG 3/1	2.5 ÷ 3.0	SG 3/W	4.7
SG 4	6.0			SG 4/W	5.5
SG 5	6.0			SG 5/W	5.5
SG 6	6.0			SG 6/W	5.5
SG 7	6.0	SG 7/1	2.0 ÷ 2.6	SG 7/W	5.4
		SG 7/2	5 ÷ 5.6		
SG 8	6.0	SG 8/1	2.5 ÷ 2.9	SG 8/W	5.5



EcoAppraisal[®] Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

4.2 Risultati analitici

Sui campioni sopra indicati sono state eseguite analisi chimiche i cui risultati sono di seguito illustrati.

Tabella 7
Analisi chimiche terreni sondaggi in aree circostanti il pozzo PZH/II
(valori in mg/kg)

Sigla	Benzene	Toluene	Xilene	Etilbenzene
SG1/1	< 1.0	< 1.0	16.1	4.4
SG1/2	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0
SG2/1	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0
SG3/1	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0
SG7/1	5.25	1.90	4.71	1.45
SG8/1	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0

(Il campione SG7/2 non è stato analizzato).

Su n. 2 campioni di terreno sono stati inoltre effettuati test di eluizione con acqua/CO₂ e analisi chimiche con i seguenti risultati:

Tabella 7.1
Analisi chimiche terreni sondaggi in aree circostanti il pozzo PZ H/II
Test di eluizione con CO₂
(valori in mg/l)

Sigla	Ammoniaca	Fosforo
SG1/1	1.67	< 5.00
SG2/2	1.32	< 5.00



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

Tabella 8
Analisi chimiche acqua superficiale
in aree circostanti il pozzo PZH/II
(valori in mg/l)

Sigla	Benzene	Toluene	Xilene	Etilbenze	Ammoniaca	N-Esano
SG1/W	0.6	0.06	0.07	0.02	-	-
SG2/W	0.03	0.01	<0.01	<0.01	6.0	0.06
SG3/W	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	-
SG4/W	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	4.6	0.03
SG5/W	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	6.6	0.05
SG7/W	0.61	0.02	0.02	<0.01	7.1	0.15
SG8/W	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	2.7	0.01
SG6/W	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	2.58	0.02



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

4.3 Sbarramento idraulico

In via preliminare e cautelativa è stato avviato in data 24.01.1997 un sistema di emungimento forzato sia della prima falda che dell'acqua rilevata nei primi metri del sottosuolo nel settore Sud-Est di stabilimento (AREE 1 e 2).

Lo scopo principale era quello di impedire un'eventuale diffusione del fenomeno di contaminazione da benzene rilevato al pozzo PZH/II e secondariamente dei fenomeni di contaminazione da ammoniaca rilevati ai pozzi PZF, PZE, PZL/II e PZ1.

Sono stati pertanto attrezzati con elettropompa a immersione i seguenti pozzi di cui si indicano le portate di emungimento.

Tabella 9
Portate di emungimento dei pozzi di sbarramento

Sigla Pozzo	Portata l/h
PZ H/II	164
PZ L/II	200
PZ1	340
PZD/I	1800
PZE/I	1850
PZF	3550
Totale l/h	7904

Sono state effettuate analisi chimiche sui campioni rappresentativi delle acque emunte da tutti i pozzi al fine di definire la possibilità dello scarico delle stesse nell'impianto di depurazione di stabilimento in relazione ai limiti di cui alla Tabella C Legge 319/78.

I risultati sono indicati in **Tabella 10**.



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

Tabella 10
Analisi chimiche acque sbarramento idraulico
(valori in mg/l)

PARAMETRO	DATA PRELIEVO			
	21.1.97	12.2.97	24.2.97	Tabella C
Benzene	0.147	<0.01	<0.01	0.4 [ⓐ]
Toluene	<0.01	<0.01	<0.01	
Xilene	0.025	<0.01	<0.01	
Etilbenzene	<0.01	<0.01	<0.01	
Ammoniaca	3.48	0.34	0.25	30
Fosforo	1.04	<0.1	<0.1	10
Ferro	3.55	0.36	0.32	4
Manganese	3.83	2.64	3.19	4
Altri come N-Esano		0.02	0.011	

① **Solventi organici aromatici**

Sono stati inoltre effettuati contestualmente alle precedenti, campionamenti e analisi delle acque anche al pozzo PZH/II con i seguenti risultati.

Tabella 11
Analisi acqua Pozzo PZH/II
(valori mg/l)

PARAMETRO	DATA PRELIEVO			
	Nov. 96	21.1.97	12.2.97	24.2.97
Benzene	0.698	0.910	0.26	<0.01
Toluene	-	0.03	0.01	<0.01
Xilene	-	0.14	0.06	0.014
Etilbenze	-	0.02	<0.01	<0.01
Altri come N-Esano	-	0.350	0.09	<0.01



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

E' stato infine effettuato in data 24.2.97 un campionamento e analisi dell'acqua del torrente Guisa con i seguenti risultati.

Tabella 12
Analisi chimiche acqua del Torrente Guisa
(valori in mg/l)

Parametro	Valori in mg/l
Benzene	<0.01
Toluene	<0.01
Xilene	<0.01
Etilbenze	<0.01
Ammoniaca	29.7
Fosforo	3.27
Altri come N-Esano	<0.01



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

4.4 Prove di pompaggio

E' stata effettuata una prova di pompaggio al fine di determinare i parametri del primo acquifero per verificare, a mezzo di modello di flusso analitico, l'efficacia dell'intervento di messa in sicurezza delle aree 1 e 2 ponendo in esercizio i pozzi PZE, PZD e PZF.

In particolare è stata effettuata una prova di pompaggio a portata costante nel pozzo PZF al fine di determinare i valori di trasmissività, conducibilità idraulica (K), nonché il raggio di influenza della captazione in determinate condizioni di pompaggio.

Durante il test sono stati mantenuti sotto osservazione, oltre al pozzo in pompaggio, anche i più vicini pozzi PZG e PZI.

Le loro distanze dal punto di emungimento sono rispettivamente di 12.2 e 23 m.

Di seguito vengono descritti i risultati della prova.

- Prova in data: 24.2.97
- Inizio prova: ore 9.05
- Livello statico all'inizio della prova: m 11.81 da bocca pozzo
- Portata : 11/s
- Durata della prova: 4 ore

La curva di abbassamento relativa al pozzo in prova, mostrata nel grafico semilogaritmico in **Figura D** mostra che dopo 3 ore di pompaggio vengono raggiunte condizioni di regime stazionario; la stessa consente di ricavare, attraverso il metodo di Jacob, i seguenti valori:

$$T = 9.7 \cdot 10^{-4} \text{ mq/s}$$

$$k = 3.2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

Durante la prova i piezometri di controllo hanno mostrato abbassamenti che dopo 1 ora di pompaggio sono risultati di 0.09 e 0.03 m, rispettivamente per i piezometri PZG e PZI.

Utilizzando i suddetti abbassamenti è possibile valutare approssimativamente un raggio di influenza di poco superiore ai 30 m.



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

La potenzialità specifica della falda è stata ricavata tarando il cono di depressione provocato dall'emungimento del pozzo sino a far convergere, al tempo di 1 ora e fissati i rimanenti parametri idraulici, gli abbassamenti sperimentali registrati in pozzo e nei piezometri sotto controllo.

Questo sistema di elaborazione degli effetti dinamici, che consente pertanto di ottenere una situazione aderente a quella che si viene a creare nella realtà con la messa in esercizio del pozzo PZF, ha fornito un valore di:

$$S_y = 0.025$$

4.5 Modellizzazione dell'acquifero e dell'effetto del pozzo di messa in sicurezza

I risultati ricavati dalle prove in situ sono stati utilizzati per effettuare una simulazione della deformazione della falda a seguito della messa in esercizio del pozzo PZF (piezometria dinamica), utilizzando un codice numerico di tipo analitico.

In sostanza l'elaborazione è stata ottenuta detraendo alla piezometria statica, sulla base del principio di sovrapposizione degli effetti, l'abbassamento prodotto dal pozzo.

Quale piezometria statica di riferimento, è stata utilizzata quella riportata in **Figura C**, mentre per quanto concerne i rimanenti dati di "input", un valore di portata del pozzo di 11/s e un tempo di pompaggio pari a quello sperimentalmente osservato per il raggiungimento di un regime stazionario (3 ore).

La piezometria dinamica risultante, riportata in **Figura E** consente di verificare l'idoneità del pozzo PZF in termini di completa cattura di un eventuale pennacchio di inquinanti.

Infatti le condizioni di sbarramento idraulico della falda sono garantite appieno in quanto il fronte di drenaggio coinvolge completamente il settore di messa in sicurezza.

Non è stato consentito effettuare prove anche ai pozzi PZE e PZD in quanto non sufficiente l'approfondimento



EcoAppraisal Environmental Audit

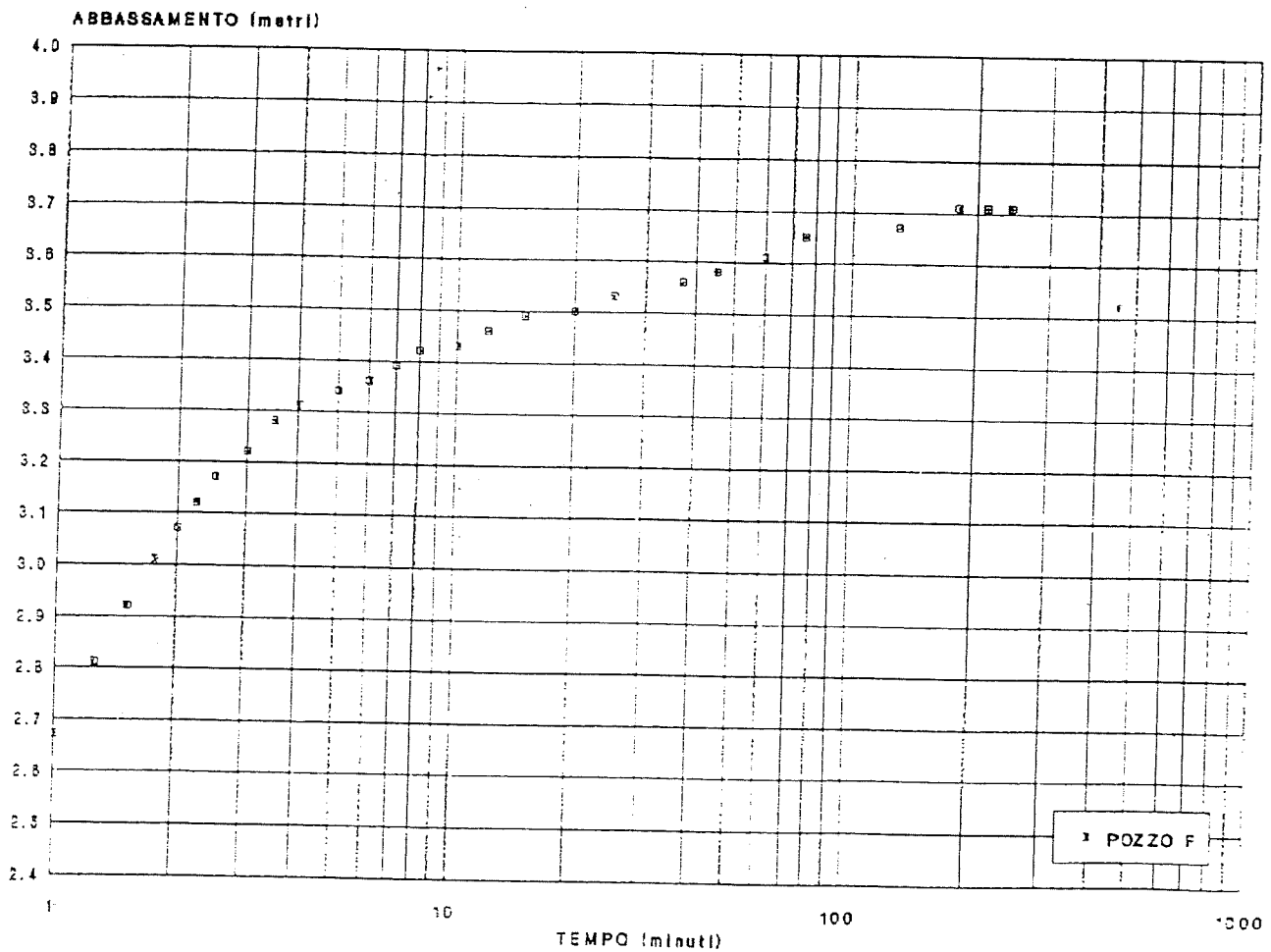
a subsidiary of American Appraisal

della pompa nei pozzi stessi (interrotto a circa 16 m dal p.c.) risultati intasati e con portate basse.



EcoAppraisal Environmental Audit
a subsidiary of American Appraisal

FIGURA D
Diagramma prova di pompaggio

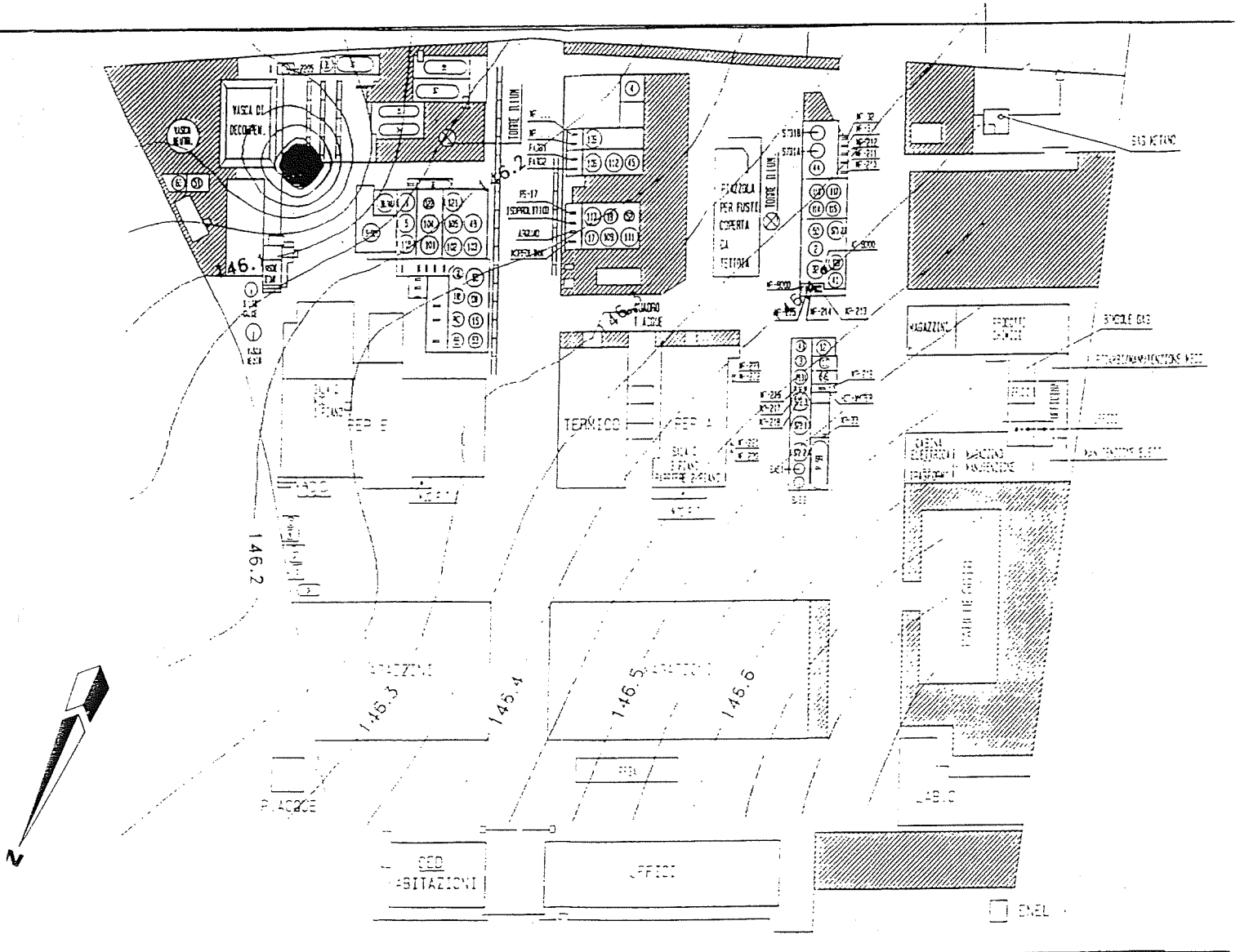


PROVA IN DATA: 24-02-1997



EcoAppraisal Environmental Audit
a subsidiary of American Appraisal

FIGURA E
Piezometria dinamica





EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

5. RIFERIMENTI NORMATIVI SULLA VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DEI SUOLI E DELLA FALDA IDRICA

5.1 Suolo e sottosuolo

Per la valutazione dei risultati analitici sul suolo vengono prese a riferimento le norme regionali di cui alla Delibera dell'1.8.1996 n. 6/17252 "Standard di qualità dei suoli per la bonifica dei terreni contaminati nel territorio lombardo".

In tali norme vengono indicati gli obiettivi della bonifica del suolo e del sottosuolo, sia in funzione della protezione delle acque sotterranee, dove presenti, che in funzione dell'uso previsto dell'area.

Vengono definiti dei limiti tabellari di riferimento per i suoli in relazione sia all'uso degli stessi che a indici di rischio delle acque sotterranee.

Rimandando all'**Allegato 9)** per ogni dettaglio, sono di seguito riassunti i limiti tabellari *definiti* per la protezione della falda e l'uso del suolo in riferimento ai parametri ricercati nell'indagine e contemplati nella delibera citata.



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

Tabella 13
Delibera Regione Lombardia 6/17252
Valori in funzione dell'uso del suolo
(valori in mg/kg)

PARAMETRO	USO DEL SUOLO		
	Valore agricolo	Residenziale	Industriale
Benzene	0.2	1.25	5
Toluene	10	62.5	250
Etilbenzene	10	62.5	250
Xilene	10	62.5	250
Ammoniaca ^①	-	-	-
Fosforo ^①	-	-	-

① Non contemplato nella Delibera.

Tabella 13 a.
Delibera Regione Lombardia 6/17252
"Valori a protezione della falda"

PARAMETRO	ELUATO µg/l			TERRENO T.Q. mg/kg		
	i.r. Alto	i.r. Medio	i.r. Basso	i.r. Alto	i.r. Medio	i.r. Basso
Benzene	20	40	80	1.25	2.5	5
Toluene	20	40	80	62.5	125	250
Etilbenzene	20	40	80	62.5	125	250
Xilene	20	40	80	62.5	125	250
Ammoniaca	1000	2000	4000	①	①	①
Fosforo	20000	20000	20000	①	①	①

① non contemplato nella Delibera

i.r. Indice di rischio



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

5.2 Acqua di falda

Gli standard di qualità delle acque sotterranee sono definiti nel DPR 236/88 Attuazione della Direttiva C.E.E. n. 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano e successive integrazioni e modifiche.

In tale decreto vengono definite le concentrazioni massime ammissibili (CMA) per le varie sostanze, che vengono assunte come requisiti di qualità delle acque destinate al consumo umano.

Questi valori si riferiscono alle solo acque destinate al consumo umano, ma vengono generalmente adottati dalle autorità sanitarie, in termini cautelativi, anche per le acque sotterranee non direttamente interessate da prelievi a scopi potabili.

Tali concentrazioni possono costituire gli obiettivi assoluti degli stessi interventi di bonifica in attesa che vengano definiti eventuali limiti da parte del Ministero dell'Ambiente, a seguito della applicazione del D.Lgs. 22/97.

Vengono di seguito indicate nella Tabella 14 le C.M.A. relative ai parametri in oggetto.

Tabella 14
C.M.A. D.P.R. 236/88

Parametro	C.M.A. in µg/l
Solventi aromatici	10 (parametro n. 28 del D.P.R.)
Ammoniaca	500
Fosforo	-
Oli minerali	10
Ferro	200
Manganese	50



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

c. Qualità del sottosuolo

- Aree 1 e 4

Le anomalie organolettiche e visive riscontrate nell'area 1 sono riconducibili probabilmente ad attività di lavaggio fusti svoltesi agli inizi degli anni '60.

Tali materiali sono caratterizzati da elevati valori di fosforo (centinaia di mg/kg) e di ammoniaca (centinaia di mg/kg).

Con riferimento ai limiti tabellari già citati (tab. 13) si rilevano nei campioni provenienti dai sondaggi S1 (area 1), valori di concentrazione di ammoniaca sull'eluato leggermente superiori a quelli ammessi a protezione della falda dalla Regione Lombardia (1.53 mg/l contro un limite di 1.00 mg/l).

Presenza di analoghi materiali accumulati nel sottosuolo sono stati rinvenuti nell'area 4.

Area 2

Il sottosuolo dell'area 2 presenta anomalie organolettiche e visive dei terreni associate alla presenza di materiale organico probabilmente derivante da perdite dei sottoservizi fognari collocati in corrispondenza di tali aree.

Le caratteristiche principali sono individuate dalla presenza di ammoniaca e di fosforo in concentrazioni analoghe alle precedenti.

Anche in questo caso i valori di ammoniaca sul terreno sono superiori ai limiti tabellari adottati dalla Regione Lombardia.

Significativa è la presenza di benzene nei campioni provenienti da n. 3 sondaggi ubicati nelle immediate vicinanze del pozzo spia PZ/HII.

I valori sul terreno t.q. sono dell'ordine di centinaia/migliaia di ug/kg, superiori a quelli ammessi sia a protezione della falda che per l'uso del terreno.

AKZO NOBEL CHEMICALS S.p.A.

Progetto per il risanamento ambientale
del sottosuolo e della falda idrica

Ns. Rif. AR-mg ar97R002



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

6. VALUTAZIONI

6.1 Assetto idrogeologico e contaminazione del suolo e delle acque sotterranee

a. Assetto idrogeologico

Si ritiene di dover differenziare la natura delle acque sotterranee captate dai vari pozzi spia presenti nell'area.

- Prima falda (acquifero tradizionale)

La prima falda è quella captata dai pozzi spia con profondità variabile tra 18 e 30 m dal p.c.

Si tratta di una falda libera contenuta nel corpo acquifero denominato nella terminologia corrente "primo acquifero", caratteristico del sottosuolo di gran parte dell'area Milanese.

Presenta scarse caratteristiche di trasmissività e non viene attualmente utilizzata a scopi idropotabili; localmente può essere utilizzata per l'approvvigionamento idrico industriale.

Risulta captata da tutti i pozzi spia esistenti nell'area ad eccezione dei pozzi siglati PZH/II, PZL/II e PZ1.

Il livello piezometrico è attestato a una profondità di circa 12 m dal p.c. e la direzione di flusso orientata circa NW-SE.

I pozzi PZM, PZA, PZB e PZC risultano pertanto collocati idrogeologicamente a monte del sito, mentre i pozzi PZE, PZD, PZF, PZG, PZ1, PZI, a valle.

- Acque nei primi metri di sottosuolo

Si tratta di acque sotterranee rilevate a circa 4 - 5 m di profondità dal p.c. solo nel settore orientale dello stabilimento (AREE 1 e 2).

Risulta contenuta in materiali alluvionali a bassa permeabilità con rilevante frazione limo-sabbiosa.



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

La sua origine è imputabile a infiltrazione di acqua nel sottosuolo sia per perdite dall'alveo del vicino torrente Guisa che per perdite da tubazioni (alcune già intercettate e ripristinate) di trasporto dell'acqua industriale di raffreddamento passanti in tali zone.

Risulta difficilmente pompabile dai pozzi spia PZH/II, PZL/II e PZ1, dove si raccoglie con portate bassissime (qualche decina di litri/ora).

Si ritengono possibili, seppur lenti, scambi idrici tra tale acqua e quella della prima falda sottostante; ma durante l'emungimento forzato dei pozzi spia più profondi non sono state rilevati abbassamenti in quelli più superficiali (misure effettuate in un periodo di 24 ore).

Non è stato ancora possibile verificare scambi idrici orizzontali tra le aree 1 e 2 in relazione agli apporti sia da parte del torrente Guisa che da parte delle perdite delle tubazioni all'interno dello stabilimento.

b. Qualità delle acque sotterranee

Le varie analisi condotte su campioni di acqua di falda, hanno accertato presenza di anomale concentrazioni di varie sostanze come di seguito descritto.

- Ammoniaca

L'acqua di falda captata dai primi pozzi spia a circa 12 m di profondità dal p.c. (primo acquifero), risulta con elevate concentrazioni di ammoniaca solo in corrispondenza dei pozzi PZE/I e PZF ubicati idrogeologicamente a valle dello stabilimento in corrispondenza delle aree 1 e 2.

I valori di ammoniaca risultano superiori di circa un ordine di grandezza rispetto alle concentrazioni di cui al DPR 236/88 (0.5 mg/l) e precisamente di 2.1 e 5.3 mg/l rispettivamente per PZE/I e PZF.

Anche l'acqua rinvenuta a circa 4 - 5 m di profondità nelle stesse aree 1 e 2 risulta con concentrazioni di ammoniaca analoghe a quelle della sottostante falda sopra citata.



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

- Solventi aromatici

Valori di solventi aromatici superiori ai limiti di cui al DPR citato (0.01 mg/l) sono stati rilevati nei campioni dell'acqua rinvenuta a 4 - 5 m dal p.c. in alcuni dei punti di prelievo ubicati in area 2.

Significativa è la concentrazione del benzene nel punto PZH/II, con valori massimi di 0.9 mg/l, mentre inferiore di circa un ordine di grandezza è la concentrazione di Xilene (valore massimo 0.14 mg/l).

- Altri solventi espressi come N-Esano e oli minerali

Significativa concentrazione di altre sostanze organiche espresse come N-Esano, sono state rilevate nelle analisi condotte dagli Enti di Controllo in tutti i pozzi campionati e in quelle eseguite dalla scrivente ai punti di prelievo siglati SGW in AREA 2).

I valori sono dell'ordine delle centinaia di µg/l.

In particolare si rileva come anche al pozzo PZM, ubicato idrogeologicamente a monte dello stabilimento, i valori sono significativamente alti (430 µg/l), indicando come il fenomeno possa essere non direttamente imputabile alle attività svolte nel sito.

- Ferro e Manganese

Sempre dai risultati delle analisi condotte dalla USSL, si è osservata infine presenza di significative concentrazioni di Ferro e Manganese solo nei pozzi ubicati in corrispondenza delle aree 1 e 2, già oggetto di contaminazione di ammoniacca.

In relazione alla qualità delle acque sotterranee emunte dai pozzi in esercizio, si deve infine rilevare la significativa diminuzione delle concentrazioni nelle stesse sia del benzene che dell'ammoniaca dopo circa un mese dall'inizio delle attività di pompaggio.



c. Qualità del sottosuolo

- Area 1 e 4

Le anomalie organolettiche e visive riscontrate nell'area 1 sono riconducibili probabilmente ad attività di lavaggio fusti svoltesi agli inizi degli anni '60.

Tali materiali sono caratterizzati da elevati valori di fosforo (centinata di mg/kg) e di ammoniaca (decine di mg/kg).

Con riferimento ai limiti tabellari già citati (tabella 13) si rilevano nei campioni provenienti dal sondaggio S1 (area 1), valori di concentrazione di ammoniaca sull'eluito leggermente superiori a quelli ammessi a protezione della falda dalla Regione Lombardia (valori di 1.53 mg/l contro un limite di 1.00 mg/l).

Presenza di analoghi materiali accumulati nel sottosuolo sono stati rinvenuti nell'area 4.

Area 2

Il sottosuolo dell'area 2 presenta anomalie organolettiche e visive dei terreni associabili a presenza di materiale organico probabilmente derivante da perdite del sottoservizi fognari collocati in passato in corrispondenza di tali aree.

Le caratteristiche principali sono individuate da presenza di ammoniaca e di fosforo in concentrazioni analoghe alle precedenti.

Anche in questo caso i valori di ammoniaca sull'eluito sono superiori ai limiti tabellari adottati dalla Regione Lombardia.

Significativa è la presenza di benzene nei terreni provenienti da n. 3 sondaggi ubicati nelle immediate vicinanze del pozzo spia PZ/HII.

I valori sul terreno t.g. sono dell'ordine delle centinata/migliata di ug/kg, superiori a quelli ammessi sia a protezione della falda che per l'uso del



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

suolo (1250 ug/kg e 5000 ug/kg) dalla Regione Lombardia.

d. Origine e diffusione dei fenomeni

I fenomeni di contaminazione da ammoniaca dell'acqua della prima falda e di quella presente nei primi metri di sottosuolo possono essere imputabili a:

- presenza dei materiali nel sottosuolo in area 1 con elevati tenori di ammoniaca;
- infiltrazione nel sottosuolo di acqua proveniente dal torrente Guisa anch'essa con elevate concentrazioni di ammoniaca;
- innesco di reazioni geochimiche che possono determinare, per infiltrazione nel sottosuolo di acqua con elevato carico organico, condizioni particolari con conseguente messa in soluzione di ferro e manganese e sviluppo di ammoniaca (**Allegato 10**)

I fenomeni di contaminazione da benzene rilevati solo nell'acqua superficiale rinvenuta nell'immediato intorno del pozzo PZH/II, sono imputabili a presenza di concentrazioni dello stesso benzene nei terreni insaturi soprastanti.

Tale acqua risulterebbe con scarsa mobilità sia in senso verticale che orizzontale, non avendo rilevato presenza di benzene sia negli stessi pozzi superficiali che profondi presenti nelle zone adiacenti.



EcoAppraisal Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

7. FATTIBILITA' DEGLI INTERVENTI DI RIPRISTINO

Viene di seguito descritta una proposta di fattibilità per interventi di ripristino e/o di messa in sicurezza delle situazioni riscontrate a cui potrà seguire, dopo approvazione dell'ente di controllo, lo sviluppo di una dettagliata progettazione e quindi la stesura di un progetto di base ed esecutivo (entro una settimana dall'approvazione).

Sulla base dei riscontri e delle valutazioni già esposte, si ritiene necessario operare con una serie di interventi finalizzati a:

- messa in sicurezza della falda e ripristino di alcune aree del sottosuolo;
- accertamento contestuale dell'origine di alcuni dei fenomeni rilevati al fine di definire gli stessi obiettivi di bonifica.

Risulta infatti non ancora accertato l'eventuale contributo ai fenomeni di contaminazione da ammoniaca delle acque sotterranee operato dalle acque che si infiltrano dal torrente Guisa, e l'origine delle elevate concentrazioni di composti organici espressi come n-Esano rilevati in tutti i punti di rilievo.

Schematicamente le principali fasi di intervento prevedono le seguenti operazioni:

1. Bonifica

- a. messa in sicurezza della prima falda idrica mediante emungimento forzato ai pozzi spia posti a valle dello stabilimento (attività in corso);
- b. asportazione dei materiali anomali rinvenuti nel sottosuolo nelle aree 1 e 4;
- c. intercettazione localizzata ed emungimento dell'acqua superficiale presente nelle aree circostanti il pozzo PZH/II.



EcoAppraisal® Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

2. Approfondimento delle indagini

- a. verifiche analitiche di dettaglio con individuazione di parametri "traccianti" (chimici e batteriologici) caratterizzanti le acque del torrente Guisa;
- b. monitoraggio chimico ed eventualmente batteriologico delle acque emunte dai vari pozzi in esercizio;
- c. installazione di un pozzo spia ubicato a monte dello stabilimento (di riferimento).

7.1 Messa in sicurezza della prima falda

Verranno tenuti in emungimento i pozzi attualmente attrezzati con elettropompa a immersione: PZF, PZE, PZD.

Come già verificato dalle prove di pompaggio le condizioni di sbarramento idraulico sono garantite in quanto i fronti di drenaggio coinvolgono i settori di messa in sicurezza.

7.2 Asportazione dei materiali anomali

Nelle aree 1 e 4 si asporteranno mediante escavazione e carico su automezzi i materiali anomali ivi esistenti, che si configureranno come rifiuti speciali non tossico e nocivi (rifiuti non pericolosi) e smaltibili in discariche di II cat. tipo B.

Le aree di scavo saranno quindi ripristinate con materiali inerti di riempimento previa verifica dell'asportazione di tutti i materiali anomali.

7.3 Intercettazione delle acque in area PZ/HII

L'acqua presente nell'immediato sottosuolo dell'area circostante il pozzo PZH/II sarà intercettata localmente mediante realizzazione di una trincea allestita con tubi drenanti posati a circa 5 m di profondità dal p.c.

L'acqua sarà convogliata in un pozzetto di recupero e quindi scaricata nel già citato impianto di trattamento



EcoAppraisal® Environmental Audit

a subsidiary of American Appraisal

L'acqua sarà convogliata in un pozzetto di recupero e quindi scaricata nel già citato impianto di trattamento acque dello stabilimento previa verifica chimica dell'idoneità allo scarico.

7.4 Approfondimento delle indagini

Nel corso delle operazioni di emungimento forzato della falda saranno effettuate verifiche chimiche e batteriologiche sulle acque emunte dai pozzi stessi e su quelle presenti nel torrente Guisa.

Tali verifiche proseguiranno anche a seguito dell'asportazione dei materiali in area 1 per accertare eventuali variazioni nei fenomeni di contaminazione in relazione alle verifiche chimiche sopracitate.

Ulteriori verifiche chimico-fisiche saranno realizzate sui terreni di fondo scavo nell'area 1 al fine di accertare la presenza di processi di decomposizione organica che potrebbero influire sulla qualità delle acque stesse.

Se ritenuto necessario verrà effettuato un pozzo-spia nelle aree esterne al confine Est di stabilimento anche per verificare direttamente i gradienti idraulici e l'entità degli scambi idrici tra il torrente Guisa e la falda.

Tali verifiche consentiranno di definire gli obiettivi di decontaminazione della falda in relazione all' eventuale riscontrato contributo del torrente Guisa alle situazioni di degrado in essa riscontrata.

Infine si procederà con l'installazione di un pozzo-spia posto idrogeologicamente a monte dello stabilimento e in aree non sede di attività produttiva attuale e/o pregressa.

Si potrà così verificare la qualità dell'acqua di falda in ingresso in relazione ai significativi tenori di composti organici espressi come n-esano riscontrati in tutti i pozzi.