

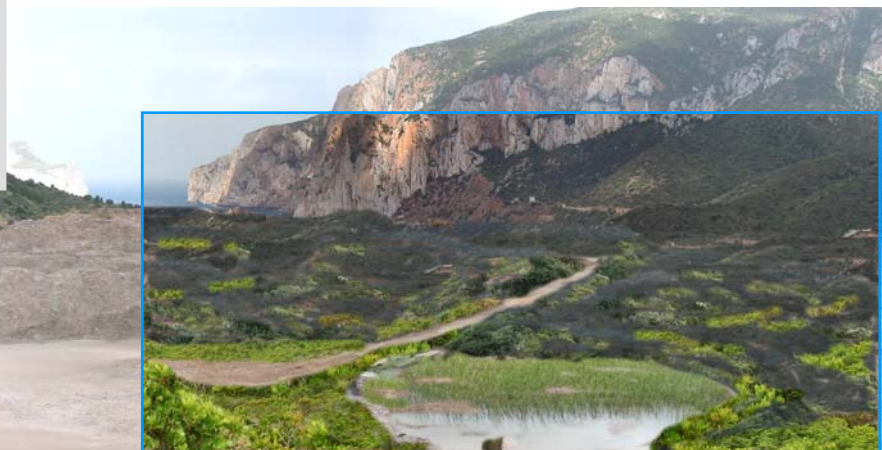


COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA
AMBIENTALE DELLE AREE MINERARIE DEL SULCIS
IGLESIENTE E DEL GUSPINESE
(D.P.C.M. 21.12.07)
O.P.C.M. n.3640 del 15.01.2008



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Linee guida per la caratterizzazione e la bonifica delle aree minerarie dismesse



2009

hanno redatto le presenti linee guida:

Bonaria Boi, Giampaolo Delrio, Alessandro De Martini, Sabrina Demuru,
Roberto Dessì, Alessandro Murgia, Piero Persod, Sergio Pilurzu, Sebastiano Serra,
Isotta Urpi, Elena Zillo

Introduzione.....	1
1. Quadro normativo e iter procedurale.....	4
1.1. Quadro normativo	4
1.2. Iter procedurale	5
1.2.1. Caratterizzazione	5
1.2.2. Messa in sicurezza di emergenza.....	5
1.2.3. Progetto degli interventi	6
2. Caratterizzazione.....	7
2.1. Perimetrazione dell'area e contenuto del Piano della caratterizzazione	7
2.2. Rilievo e descrizione dei centri di pericolo potenziale	13
2.3. Strategie e metodologie di campionatura delle matrici ambientali	15
2.3.1. Predisposizione del programma di campionatura	17
2.3.2. Strategie di campionatura dei centri di pericolo e delle matrici ambientali	17
2.4. Metodologie di campionatura dei centri di pericolo e delle matrici ambientali	20
2.4.1. Campionatura del suolo superficiale	21
2.4.2. Campionatura degli stream sediment	22
2.4.3. Campionatura del sottosuolo	23
2.4.4. Campionatura delle polveri	27
2.4.5. Campionatura delle acque superficiali	27
2.4.6. Campionatura delle acque sotterranee	28
2.5. Conservazione dei campioni e determinazioni analitiche	29
2.5.1. Conservazione dei campioni	29
2.5.2. Preparazione dei campioni	29
2.5.3. Composti da ricercare e test di eluizione	29
2.5.4. Determinazioni analitiche	31
2.5.5. Parametri aggiuntivi	31
2.6. Sistematizzazione ed elaborazione dei dati e rappresentazione cartografica dei risultati	32
2.6.1. Sistematizzazione dei dati	32
2.6.2. Calcolo delle concentrazioni rappresentative dei contaminanti.....	33
2.6.3. Rappresentazione schematica dei risultati del Piano.....	34
3. Messa in sicurezza di emergenza.....	37
3.1. Condizioni di emergenza.....	38
3.2. Interventi di MISE.....	38
3.3. Valutazione degli interventi	39
3.4. Criteri tecnici d' intervento	39
4. Fondo naturale	41
4.1. Individuazione dell'area di prelievo dei campioni di fondo naturale	42
4.2. Prelievo dei campioni di fondo naturale	43
4.3. Calcolo del valore di fondo naturale.....	44
5. Gerarchizzazione dei centri di pericolo	45
5.1. Centri di pericolo di un'area mineraria	48
5.2. La procedura ARAGNA	49
5.3. Applicazione della procedura ARAGNA.....	50
5.3.1. Compilazione della scheda operativa A.....	52
5.3.2. Compilazione della scheda operativa D.....	53

5.3.3. Compilazione della scheda operativa E	55
5.3.4. Compilazione della scheda operativa F	56
5.3.5. Compilazione della scheda operativa G	57
5.3.6. Compilazione della scheda operativa di rischio relativo.....	59
6. Analisi assoluta di rischio.....	61
6.1. Modello concettuale di un'area mineraria	62
6.2. Raccolta dei dati necessari	64
6.3. Calcolo del rischio	68
7. Progetto operativo degli interventi di bonifica e messa in sicurezza	69
7.1. Il Progetto operativo degli interventi.....	69
7.1.1. Struttura e contenuti minimi	72
7.2. Il sito di raccolta	73
7.2.1. Condizioni generali per l'applicabilità.....	74
7.2.2. Indagini specifiche del sito di raccolta.....	75
7.2.3. Criteri costruttivi	77
7.2.4. Sistemi di controllo e sorveglianza.....	85
7.2.5 Il piano di gestione del sito di raccolta	86
7.2.6. Conclusioni	87
7.3. Progettazione e modalità di esecuzione degli interventi di bonifica	87
7.4. La messa in sicurezza permanente	88
7.5. Trattamenti dei rifiuti di estrazione	88
7.5.1. Scelta dei materiali per il trattamento.....	89
7.5.2. Ingegnerizzazione dei trattamenti	89
7.6. Reimpiego dei rifiuti di estrazione	90
7.7. Percolati generati dalle strutture di deposito e dai siti di raccolta e acque risorgive contaminate	90
7.8. Strumenti di prevenzione del progetto operativo.....	92
Glossario	93

Allegati al capitolo 2. Caratterizzazione

Allegati al capitolo 5. Gerarchizzazione dei centri di pericolo

Allegati al capitolo 7. Progetto operativo degli interventi di bonifica e messa in sicurezza

INTRODUZIONE

Le aree minerarie sono un tratto caratteristico del paesaggio della Sardegna, che ospita aree estrattive di minerali metallici tra le più grandi in Europa.

Questa peculiarità paesaggistica deve essere conservata e tutelata, per ragioni storiche e sociali e per favorire il recupero a fini turistici o produttivi delle aree ex-minerarie, che l'amministrazione pubblica, proprietaria nella gran parte dei casi delle aree minerarie abbandonate, intende portare avanti.

La riconversione a fini produttivi e la restituzione alla collettività delle aree deve essere eseguita minimizzando gli effetti della eventuale contaminazione connessa con l'attività estrattiva e tutelando la salute della popolazione e la qualità dell'ambiente. Ciò richiede un'approfondita conoscenza del sito e delle attività che vi si sono svolte; è quindi improrogabile la caratterizzazione delle aree minerarie, la verifica delle situazioni di rischio per la salute pubblica o la qualità dell'ambiente, l'eliminazione delle situazioni di rischio rilevate. Per completare queste attività sono necessarie conoscenze specifiche sui processi minerari e sulle pratiche di gestione dei rifiuti minerari generalmente in uso nelle passate attività estrattive.

Un'area mineraria, per le specifiche caratteristiche, si discosta infatti notevolmente da un'area industriale, tipologia sulla quale sono state elaborate le procedure di caratterizzazione e bonifica presenti nella normativa ambientale. Per questo motivo è necessario un approccio differente, che consenta di ottenere i migliori risultati possibili, con un'adeguata gestione delle risorse economiche.

In seguito alle esperienze maturate si è reso necessario un aggiornamento e un adeguamento alla normativa ambientale vigente delle linee guida per la caratterizzazione e la bonifica delle aree minerarie dismesse; le presenti linee guida, ispirandosi ai principi della Direttiva europea 2006/21/CE, ora attuata in Italia con il decreto legislativo 30 maggio 2008, n. 117, guidano ad una corretta ed approfondita caratterizzazione dell'area mineraria e indirizzano verso gli interventi di bonifica più opportuni in relazione al contesto ambientale in cui essa è inserita.

Le linee guida considerano quanto segue:

1. Le miniere di minerali metallici sono insediate dove l'evoluzione geologica ha permesso la costituzione dei giacimenti minerari e quindi, generalmente, in aree montuose, lontane dai centri abitati.
2. La cessazione dell'attività mineraria ha permesso la ricrescita della vegetazione e, attualmente, gran parte delle aree minerarie abbandonate sono inserite in un contesto naturalistico di grande pregio e sono percepite dalla popolazione come luoghi naturali "incontaminati".
3. In realtà, la presenza di un giacimento metallifero indica che le rocce del giacimento stesso, quelle circostanti ed i suoli da esse derivati possiedono, per condizione naturale, contenuti in metalli molto superiori a quanto normalmente presente nel resto del territorio e superiori, quindi, ai valori di screening generalmente utilizzati per identificare un sito inquinato. L'attività mineraria, pur sottraendo al giacimento gran parte dei metalli in esso contenuti, ha incrementato in maniera esponenziale la possibilità di dispersione dei contaminanti nel territorio, determinando uno stato di

compromissione ambientale ed un potenziale pericolo per i fruitori delle aree minerarie.

4. L'amministrazione pubblica è proprietaria della gran parte delle aree minerarie abbandonate ed intende recuperarle per fini turistici o industriali, o comunque restituirle all'uso pubblico. Il recupero deve avvenire nella salvaguardia della salute pubblica e dello stato di qualità dell'ambiente.
5. Il recupero di un'area potenzialmente contaminata richiede una fase di caratterizzazione ambientale che permetta una corretta progettazione delle eventuali misure di sicurezza necessarie.
6. Al fine di un corretto utilizzo delle risorse economiche disponibili, la fase di caratterizzazione dell'area mineraria, che precede le misure di sicurezza o gli interventi di bonifica, dovrebbe essere accurata, approfondita ed eseguita secondo uno schema logico standard.
7. La caratterizzazione dovrebbe essere eseguita nell'ottica dell'analisi di rischio e valutando quindi, oltre alle caratteristiche delle sorgenti di contaminazione, la possibilità che i contaminanti possano raggiungere i recettori.
8. La caratterizzazione dell'area mineraria dovrebbe consentire la progettazione di interventi che eliminino, o riducano il più possibile, le ripercussioni negative, effettive o potenziali, sull'ambiente o sulla salute umana, connesse con la contaminazione derivata dall'attività mineraria.
9. Considerate le caratteristiche geochimiche tipiche di un'area mineraria, l'opportunità di interventi di bonifica o di misure di sicurezza deve essere valutato in relazione al fondo geochimico naturale del sito. Particolare rilevanza acquista quindi la corretta definizione di tale valore, che sostituisce il limite tabellare della normativa.
10. Per un'efficace gestione delle risorse tecniche ed economiche, la fase di caratterizzazione dovrebbe includere una gerarchizzazione dei centri di pericolo individuati, realizzata prevalentemente in termini di rischio, ma anche in relazione a esigenze sociali e produttive.
11. La fase di caratterizzazione dovrebbe individuare tutte le strutture di deposito dei rifiuti minerari potenzialmente in grado di generare un incidente rilevante. Su queste strutture dovrebbero essere concentrati prioritariamente gli interventi di bonifica o messa in sicurezza.
12. Anche in caso di fondo geochimico naturale elevato, dovrebbe essere eseguita l'analisi di rischio sanitario sui centri di pericoli rilevanti, al fine di ottenere delle indicazioni sul rischio per l'uomo e per indirizzare correttamente le misure di sicurezza e gli interventi di bonifica.
13. Gli eventuali interventi di messa in sicurezza di emergenza da realizzare per fronteggiare gli eventuali stati di emergenza derivanti da situazioni storiche dovranno essere preventivamente autorizzati dall'ente competente.
14. Nelle situazioni di contaminazione diffusa si dovrebbe privilegiare un approccio multidisciplinare per la definizione delle misure di prevenzione in funzione del rischio.
15. Nelle aree degli impianti di trattamento, o a valle di essi, sono frequentemente presenti rifiuti minerari a granulometria fine, soggetti ad una

maggiore dispersione nell'ambiente. Per questa tipologia di rifiuti dovrebbero considerarsi prioritari gli interventi di bonifica o messa in sicurezza.

16. L'analisi dei costi-benefici dovrebbe guidare la progettazione e realizzazione degli interventi nelle aree minerarie; in particolare si dovrebbero privilegiare le opere di messa in sicurezza permanente e le misure di sicurezza, mentre la bonifica con rimozione e la costruzione dei siti di raccolta dovrebbero essere destinati alle situazioni caratterizzate da maggior rischio sanitario.
17. Gli interventi di bonifica o le misure di sicurezza dovrebbero basarsi sul concetto di "migliori tecniche disponibili" (BATNEEC), al fine di rendere disponibili risorse economiche per il maggiore numero di interventi e garantire, attraverso l'attuabilità delle opere, la tutela della salute pubblica e dell'ambiente.
18. La realizzazione di un sito di raccolta, nel riunire in un'unica struttura di deposito più centri di pericolo, determina la restituzione all'uso pubblico di porzioni di territorio, la riduzione dei punti di monitoraggio e la limitazione dei costi della gestione post-operam.
19. Considerati i volumi di rifiuti minerari finì normalmente presenti nelle aree minerarie, gli interventi di bonifica dovrebbero sfruttare le caratteristiche geologiche dell'area per realizzare i siti di raccolta e garantire la minimizzazione dei rischi per l'uomo e l'ambiente.
20. Allo scopo di testare su scala pilota alcuni casi di studio utili per l'impiego su scala reale e costituire base condivisa di conoscenza (per gli addetti alla progettazione e alla realizzazione degli interventi) di valutazione/scelta della tecnologia di trattamento, dovrebbero essere individuate alcune situazioni tipo, su cui sviluppare un programma di prove sperimentali; al fine consentire l'accessibilità ai dati sperimentali, base collettiva di ausilio alle decisioni, il programma delle prove dovrebbe essere sviluppato dall'ente competente e reso pubblico.

1. QUADRO NORMATIVO E ITER PROCEDURALE

1.1. Quadro normativo

Di seguito sono riportate le principali norme di riferimento utilizzate per la redazione del presente documento. Si sottolinea sin d'ora l'importanza del D.Lgs. 30 maggio 2008, n. 117 - recante "Attuazione della direttiva 2006/21/CE relativa alla gestione dei rifiuti delle industrie estrattive e che modifica la direttiva 2004/35/CE", che va a colmare un vuoto normativo e getta le basi per un approccio realistico al problema della gestione dei rifiuti minerari e, conseguentemente, alle bonifiche dei siti minerari dismessi.

- Regio Decreto 29 luglio 1927, n. 1443 - Norme di carattere legislativo per disciplinare la ricerca e la coltivazione delle miniere nel regno.
- Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio 15 marzo 2006, n. 2006/21/CE - Gestione dei rifiuti delle industrie estrattive.
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e successive modifiche e integrazioni – Norme in materia ambientale.
- Decreto Legislativo 30 maggio 2008, n. 117 - Attuazione della direttiva 2006/21/CE relativa alla gestione dei rifiuti delle industrie estrattive e che modifica la direttiva 2004/35/CE.
- Decreto Legislativo 12 aprile 2006, n. 163 – Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE.
- Decreto del Presidente della Repubblica 21 dicembre 1999, n. 554 – Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modifiche e integrazioni.
- Direttiva del Consiglio 24 settembre 1996, n. 96/61/CE - Prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento – IPPC.
- Legge regionale 12 giugno 2006, n. 9 - Conferimento di funzioni e compiti agli enti locali.
- Legge 9 dicembre 1998, n. 426 – Nuovi interventi in campo ambientale.
- Decreto Ministero Ambiente 18 settembre 2001, n. 468 - Regolamento recante: Programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale.
- Decreto Ministero Sanità 6 settembre 1994 - Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto.
- Legge 27 marzo 1992, n. 257 - Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto.
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 21 dicembre 2007 - Dichiarazione dello stato di emergenza in relazione alla grave situazione determinatasi in conseguenza dell'inquinamento delle aree minerarie dismesse del Sulcis - Iglesiente e del Guspinese della Regione autonoma della Sardegna.

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 15 gennaio 2008, n. 3640
 - Interventi urgenti di protezione civile diretti a fronteggiare i danni determinatisi in conseguenza dell'inquinamento delle aree minerarie dismesse del Sulcis - Iglesiente e del Guspinese della regione autonoma della Sardegna.

1.2. Iter procedurale

1.2.1. Caratterizzazione

Il soggetto responsabile dell'inquinamento ovvero il soggetto interessato (di seguito soggetto responsabile) presenta il Piano della caratterizzazione (PdC)¹ all'ente competente, alla Provincia ed al Comune competenti per territorio.

Entro 30 giorni successivi, l'ente competente autorizza con eventuali prescrizioni il Piano della caratterizzazione, sentita la conferenza dei servizi.

Entro 6 mesi dall'approvazione del Piano della caratterizzazione il soggetto responsabile presenta i Risultati delle indagini (RIND) all'ente competente il quale sentita la conferenza di servizi verifica che i risultati siano sufficienti a ritenere conclusa la caratterizzazione in caso contrario verranno richieste le integrazioni. Di seguito l'ente competente adotta la caratterizzazione.

Entro 30 giorni dall'adozione della caratterizzazione il soggetto responsabile presenta un documento con l'eventuale studio dell'analisi del rischio e la definizione degli obiettivi di bonifica (CSC, CSR o valori di fondo). A tal fine l'ente competente convoca la conferenza di servizi e, esclusivamente in fase istruttoria, il soggetto responsabile per l'approvazione di tale documento.

1.2.2. Messa in sicurezza di emergenza

Qualora si manifestino "condizioni di emergenza" improvvise e conclamate il soggetto responsabile deve attivare immediatamente le misure di messa in sicurezza d'emergenza; contestualmente informa l'ente competente e trasmette la relativa documentazione descrittiva al medesimo ente competente che si esprimerà in merito.

In caso di riscontro di condizione di emergenza storica e, pertanto, non derivante da un evento improvviso, le procedure per la messa in sicurezza d'emergenza sono:

- proposta del progetto degli interventi di messa in sicurezza di emergenza, con il relativo programma di monitoraggio all'ente competente, che si esprime in merito entro 30 giorni dal ricevimento;
- attivazione immediata, a seguito del parere positivo da parte dell'ente competente, delle misure di messa in sicurezza d'emergenza proposte nel progetto presentato da parte del soggetto responsabile dell'inquinamento ovvero del soggetto interessato.

In entrambi i casi l'ente competente può richiedere agli enti di controllo la verifica, anche mediante sopralluogo, dell'efficacia e dell'efficienza delle misure di messa in

¹ da redarre come descritto nel capitolo 2

sicurezza d'emergenza poste in essere e la trasmissione della relativa nota, nonché di un dettagliato programma di monitoraggio.

1.2.3. Progetto degli interventi

Entro 3 mesi dall'approvazione del documento recante lo studio dell'analisi di rischio e definizione degli obiettivi di bonifica, il soggetto responsabile presenta all'ente competente il progetto degli interventi sull'area vasta (PROAV), il quale, in contraddittorio con il soggetto responsabile, individua il progetto da sviluppare.

Entro i 3 mesi successivi il soggetto responsabile presenta il progetto operativo di dettaglio degli interventi (PRODE). L'ente competente, sentita la conferenza di servizi, approva entro 30 giorni il PRODE.

Qualora l'ente competente lo ritenga opportuno, in relazione alle dimensioni degli eventuali interventi o al livello di complessità del sito, nell'approvazione del documento recante lo studio dell'analisi di rischio e definizione degli obiettivi di bonifica, potrà prevedere l'esecuzione del solo PROAV.

2. CARATTERIZZAZIONE

2.1. Perimetrazione dell'area e contenuto del Piano della caratterizzazione

La caratterizzazione ambientale di un'area mineraria dismessa ha come obiettivo la determinazione dell'eventuale stato di contaminazione delle matrici ambientali, legato alle attività che per lungo tempo si sono svolte nel sito. I risultati della caratterizzazione sono il principale strumento per la definizione degli interventi di bonifica e/o messa in sicurezza permanente più idonei, da realizzare in relazione alle caratteristiche specifiche del sito ed alla destinazione d'uso futura dello stesso.

Per svolgere correttamente le attività di caratterizzazione è indispensabile in primo luogo procedere alla perimetrazione dell'area d'indagine, ovvero alla delimitazione dell'area che include tutte le sorgenti della potenziale contaminazione, all'interno del bacino idrogeologico sotteso. In tale area verranno svolte le indagini principali, al fine di verificare il potenziale inquinante delle sorgenti di contaminazione e l'eventuale dispersione della contaminazione nel territorio.

La perimetrazione dell'area d'indagine deve essere dunque effettuata a partire dalla identificazione dei centri di pericolo potenziale presenti sul territorio (gallerie, scavi, discariche minerarie, abbancamenti e bacini contenenti residui del trattamento mineralurgico, impianti di trattamento, ecc.), da eseguire mediante l'utilizzo di cartografia tematica, fotografie aeree, documentazione disponibile relativa alle attività svolte nel sito.

Particolare attenzione deve essere posta nei casi in cui sia rilevata la presenza di impianti di trattamento mineralurgico, abbancamenti o bacini di contenimento di residui fini del trattamento stesso, ubicati a ridosso dei corsi d'acqua: infatti i residui di granulometria fine riversati nei rii adiacenti agli impianti quale pratica di smaltimento, oppure erosi dagli abbancamenti che si trovano a ridosso dei fiumi ad opera delle acque superficiali, o ancora sversati nei rii in seguito ad episodi di rottura degli argini dei bacini di contenimento, possono trovarsi dispersi lungo l'intero corso dei rii e formare accumuli nelle parti di alveo caratterizzate da bassa energia di trasporto.

Tali residui, denominati "tailing", devono essere individuati e adeguatamente delimitati, poiché rappresentano centri di pericolo potenziale prioritari.

Per evitare di elaborare una perimetrazione inesatta, l'identificazione dei centri di pericolo potenziale dovrà essere confermata mediante sopralluoghi speditivi sul campo.

Individuate le possibili fonti di inquinamento, è necessario identificare i potenziali percorsi di migrazione dei contaminanti dalle sorgenti ai recettori, in relazione alle caratteristiche delle sorgenti stesse ed alle peculiarità geologiche, idrogeologiche e geomorfologiche del sito. In questo modo saranno individuate le potenziali sorgenti secondarie di contaminazione che devono essere oggetto di caratterizzazione e successiva eventuale bonifica.

Considerato che in un'area mineraria la diffusione della contaminazione avviene principalmente ad opera delle acque superficiali, che erodono gli accumuli di residui di estrazione e trattamento e trasportano i materiali potenzialmente contaminati

verso valle, dovrà essere delimitato il bacino idrografico (o i bacini idrografici) che racchiude tutte le sorgenti di contaminazione, primarie e secondarie, individuate.

In assenza di fenomeni particolari di dispersione dei contaminanti, quali ad esempio un'importante componente di erosione eolica dei materiali fini oppure un bacino idrogeologico differente da quello idrografico associato ad una contaminazione delle acque sotterranee, il bacino così delimitato rappresenta la perimetrazione dell'area vasta.

All'interno dell'area vasta, l'inviluppo dei centri di pericolo costituirà l'area di indagine.

Definita la perimetrazione dell'area vasta e dell'area di indagine, si deve procedere alla redazione del **Piano della caratterizzazione** (PdC), i cui contenuti rappresentano la base per la realizzazione delle successive indagini di dettaglio e per la stesura del Modello concettuale definitivo del sito, da realizzare nell'ambito dei Risultati delle indagini.

Il Piano della caratterizzazione deve affrontare i seguenti argomenti:

A) INFORMAZIONI SULLA LOCALIZZAZIONE DEL SITO E SULLA STORIA DELL'ATTIVITÀ MINERARIA

1. Localizzazione, descrizione del sito e definizione del suo valore ambientale in relazione alla destinazione d'uso prevista. Il sito deve essere inquadrato geograficamente e deve essere indicata l'appartenenza ad aree istituite (Parco Geominerario, Sito di interesse nazionale, ecc.), devono essere evidenziate eventuali peculiarità di carattere ambientale o storico-culturale, deve essere reso noto inoltre l'eventuale titolare della concessione mineraria o il proprietario dell'area; qualora fosse presente un progetto di recupero o riutilizzo, questo deve essere illustrato.
2. Inquadramento urbanistico, infrastrutturale e di pianificazione e gestione del territorio. L'area mineraria deve essere inquadrata in relazione agli strumenti urbanistici e vincolistici vigenti e devono essere descritte le infrastrutture presenti (viabilità, centri abitati, edifici minerari, bacini artificiali, ecc.) e le eventuali attività produttive che si svolgono nel sito.
3. Descrizione della perimetrazione dell'area vasta e dell'area d'indagine. Devono essere indicati i criteri di delimitazione dell'area vasta e dell'area di indagine, con indicazione della superficie totale e dei bacini idrografici interessati.
4. Inquadramento storico delle attività svolte nel sito. Deve essere realizzata una breve sintesi della storia mineraria dell'area, con dati sulla mineralizzazione (paragenesi mineralogiche, tenori, ecc.), indicazioni relative alle tecniche di estrazione e di trattamento utilizzate e alle loro eventuali variazioni nel tempo. Quando possibile devono essere forniti gli schemi di trattamento degli impianti, con indicazione delle sostanze chimiche utilizzate quali reagenti.
5. Censimento dei lavori minerari e dei compendi immobiliari. Sulla base della cartografia tematica, delle fotografie aeree, di eventuali dati storici e di sopralluoghi sul campo, devono essere individuati i principali elementi del

paesaggio minerario (discariche minerarie, scavi, pozzi di estrazione, laghi artificiali, impianti di trattamento, edifici di servizio, ecc.) e ne devono essere sinteticamente illustrate le caratteristiche essenziali.

B) INFORMAZIONI E DATI SULLE CARATTERISTICHE NATURALI DELL'AREA

6. Inquadramento meteo-climatico. Il piano deve contenere i dati rilevati nelle stazioni pluviometriche e termometriche di riferimento e devono essere esaminati nel dettaglio i casi critici.
7. Inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico. Sulla base della cartografia e dei dati storici disponibili dovrà essere ricostruito nel dettaglio il contesto geologico dell'area con descrizione delle formazioni affioranti e dell'assetto strutturale. L'analisi geomorfologica dovrà evidenziare le principali forme e i processi geomorfologici in atto e potenziali. Dovrà poi essere condotto uno studio idrologico e idrogeologico, che contenga dati ed informazioni sui corpi idrici superficiali e sugli acquiferi presenti nel sito. Dovrà essere evidenziata la presenza di pozzi e sorgenti e specificato il loro eventuale utilizzo. Particolare attenzione dovrà essere posta nella valutazione di un potenziale rischio idrogeologico nei casi in cui siano presenti evidenti caratteristiche di pericolosità legate ad eventi critici storici.
8. Inquadramento degli ambienti naturali, flora e fauna. La descrizione dell'ambiente naturale deve essere svolta illustrando le principali specie vegetali e faunistiche presenti nell'area, in relazione alle condizioni climatiche e morfologiche.
9. Descrizione dell'uso del suolo. Devono essere descritti i principali utilizzi del territorio (uso agricolo, forestale, industriale, ecc.) e la copertura attuale del suolo, sia in relazione agli strumenti urbanistici, sia al reale utilizzo del territorio.

C) DATI SULLE CAMPIONATURE ESEGUITE NEL PASSATO

10. Analisi dei dati geochimici storici. Qualora disponibili, devono essere discussi i risultati di precedenti campagne di indagine, al fine di definire preliminarmente lo stato di qualità delle matrici ambientali e di individuare gli eventuali contaminanti.
11. Definizione preliminare del fondo geochimico naturale. Se i dati geochimici storici a disposizione risultassero idonei, in relazione al loro numero, alla matrice (suolo o stream sediment) e all'ubicazione dei campioni, deve essere calcolato un valore di fondo naturale preliminare.

Per ogni argomento esaminato dovranno essere indicate le fonti documentali utilizzate. La trattazione degli argomenti dovrà essere indirizzata alle finalità del Piano della caratterizzazione (individuazione e bonifica dell'eventuale contaminazione), approfondendo i fattori rilevanti per la trasmissione dei contaminanti verso l'uomo e l'ambiente naturale e trascurando gli aspetti esclusivamente scientifici, non influenti per lo scopo del lavoro.

Nel caso siano presenti dei dati di analisi di laboratorio eseguite nel passato, la struttura e l'organizzazione dei dati dovrà essere descritta in dettaglio per consentire una corretta comprensione di tutti i fattori analizzati.

Sulla base dei dati raccolti ed elaborati potrà essere ricostruito il modello concettuale preliminare e si programmeranno le indagini di caratterizzazione.

12. Elaborazione del Modello concettuale preliminare del sito. Sulla base delle informazioni storiche disponibili e di eventuali indagini preliminari condotte sulle matrici ambientali, deve essere elaborato un modello concettuale che possa consentire una corretta impostazione delle successive indagini del Piano di investigazione. Il modello concettuale deve individuare le sorgenti della contaminazione, i bersagli potenziali, i collegamenti attivi e quelli da definire mediante ulteriori indagini. La finalità è quella di identificare le ipotesi sul rilascio dei contaminanti e di focalizzare gli interventi sui collegamenti sorgente-trasmissione-bersaglio individuati come completi. Il modello concettuale preliminare deve essere supportato da uno schema grafico (diagramma di flusso) che consenta una rapida ed intuitiva interpretazione dei fenomeni di trasferimento dei contaminanti dalle sorgenti ai recettori.

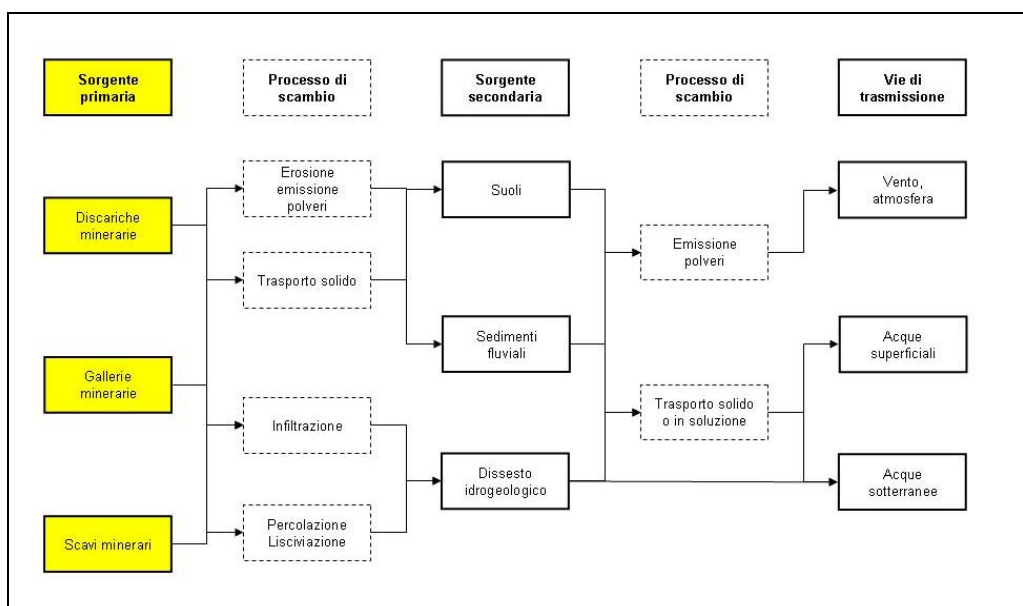


Figura 2.1 – Esempio di Modello concettuale preliminare

13. Progettazione del piano di indagini. Devono essere definite nel dettaglio le attività che saranno svolte in campo ed in laboratorio, finalizzate alla caratterizzazione delle matrici ambientali, con indicazione delle specifiche tecniche. Dovranno essere indicati l'ubicazione e la tipologia delle indagini da svolgere, le analisi chimico-fisiche da realizzare, le metodologie di interpretazione e restituzione dei risultati.
14. Descrizione degli interventi di messa in sicurezza eventualmente effettuati e di quelli previsti nell'area. Il Piano deve contenere una sintesi delle azioni di messa in sicurezza eventualmente già attuate nel sito e di quelle da attuare.

Il Piano della caratterizzazione, che dovrà contenere anche le tabelle di sintesi e la cartografia essenziale indicati nel paragrafo 2.5.3., deve essere approvato dall'Ente competente con le quali devono essere inoltre definite le procedure di controllo e validazione.

In seguito all'approvazione del Piano possono essere avviate le attività di indagine, i cui risultati dovranno condurre ad una rappresentazione dell'eventuale stato di contaminazione di suolo, sottosuolo e acque, e all'elaborazione del Modello concettuale definitivo.

Nel caso in cui le indagini svolte nel sito evidenziassero l'assenza di contaminazione delle matrici ambientali, la caratterizzazione ambientale si riterrà conclusa con l'elaborazione del Modello concettuale definitivo.

Il documento conclusivo dei **Risultati delle indagini** (RIND) includerà tutti i dati raccolti e dovrà contenere:

1. Integrazione ed aggiornamento dei tematismi di caratterizzazione del territorio. Qualora fossero disponibili nuovi dati utili a completare la caratterizzazione dell'area dal punto di vista geologico, idrogeologico, ecc. ed a consentire una migliore comprensione dei fenomeni di trasferimento della contaminazione dalle sorgenti ai recettori, questi dovranno essere inseriti nel Piano di investigazione iniziale.
2. Operazioni sul campo. Dovranno essere illustrate le operazioni svolte sul campo, con indicazione delle modalità di esecuzione dei lavori (sondaggi, campionatura delle matrici solide, campionatura delle acque, ecc.) e dei tempi di realizzazione.
3. Fondo geochimico naturale. Dovrà essere eseguito il calcolo del fondo geochimico naturale utilizzando i dati relativi ai campioni opportunamente prelevati, così come indicato nel capitolo 4.
4. Analisi della dispersione dei contaminanti. Completata la campionatura ed ottenuti i risultati dai laboratori chimici, i dati dovranno essere elaborati per definire la presenza di aree con concentrazioni di contaminanti superiori ai valori di fondo geochimico naturale individuati nel Piano. L'analisi dovrà essere condotta con l'obiettivo di definire il grado e l'estensione della contaminazione delle diverse matrici ambientali nel sito, al fine di delimitare l'area da bonificare e di individuare i volumi di materiali contaminati. I dati dovranno essere espressi sotto forma di tabelle di sintesi, con i valori superiori ai limiti di legge o al fondo naturale evidenziati, di rappresentazioni grafiche e cartografiche, in particolare con carte di rappresentazione della isoconcentrazione dei contaminanti o con carte di punti in relazione alla tipologia del dato.
5. Elaborazione del Modello concettuale definitivo del sito. Sulla base delle indagini eseguite deve essere verificato ed eventualmente modificato il modello concettuale preliminare al fine di ottenere una descrizione dei fenomeni di trasferimento della contaminazione dalle sorgenti ai recettori dello specifico sito. Il modello concettuale definitivo deve essere supportato da uno schema grafico (diagramma di flusso) che consenta una rapida ed intuitiva comprensione dei fenomeni.

6. Formato dei dati. Tutti i dati devono essere inseriti in una struttura organica e consegnati in formato cartaceo e digitale. L'organizzazione dei dati deve seguire il processo logico di analisi della contaminazione delle diverse matrici ambientali e consentire una rapida selezione dei parametri o dei valori di interesse.
7. Validazione dei dati. Qualora sia stata svolta la validazione da parte degli organi competenti è necessario indicarne le modalità e fare riferimento al documento prodotto dall'Ente validante.
8. Conclusioni e proposte di intervento. Nell'indicare i risultati dell'indagine e dunque dopo aver definito accuratamente l'estensione dell'inquinamento delle matrici ambientali, dovranno essere presentate le possibili proposte di intervento per la bonifica o messa in sicurezza permanente del sito.
9. Valutazione del potenziale di riutilizzo dei materiali. Dovrà essere eseguita una valutazione tecnico-economica relativa alla possibilità di riutilizzo dei materiali di scarto dell'attività estrattiva, attualmente dispersi sul territorio. Sulla base dei risultati delle analisi chimico-fisiche dovrà essere valutata l'opportunità di eseguire prove di trattamento mineralurgico in laboratorio e a scala pilota.

Il RIND dovrà includere anche le tabelle di sintesi e la cartografia essenziale indicati nel paragrafo 2.5.3..

2.2. Rilievo e descrizione dei centri di pericolo potenziale

Un “centro di pericolo potenziale” è un accumulo, primario o secondario e legato all’attività antropica, di materiali contenenti sostanze contaminanti, che può avere effetti negativi per l’uomo e l’ambiente.

Un centro di pericolo potenziale può generare un rischio diretto per l’uomo, ma può anche trasferire le sostanze contaminanti, mediante gli agenti atmosferici, alle matrici ambientali e determinare fenomeni di inquinamento anche a notevoli distanze dalla sua ubicazione originaria.

Devono quindi essere considerati centri di pericolo potenziale alcuni tra gli elementi caratteristici del paesaggio minerario quali le discariche minerarie, gli abbancamenti e i bacini di contenimento dei residui finali del trattamento mineralurgico, gli stessi impianti di trattamento e qualunque altra struttura (edifici, accumuli, lavori in sotterraneo che interferiscono con la falda, ecc.) che possa rappresentare una potenziale sorgente di dispersione di elementi contaminanti.

I centri di pericolo possono essere primari, costituiti dai materiali contenenti contaminanti o dai rifiuti prodotti dall’attività mineraria, oppure secondari, generati dal trasferimento delle sostanze inquinanti dai centri di pericolo primari alle matrici ambientali.

I centri di pericolo primari devono essere suddivisi in relazione alla loro origine e quindi:

1. centri di pericolo legati all’attività estrattiva, quali ad esempio gli scavi minerari, le discariche di tracciamento del giacimento oppure di ricerca mineraria;
2. centri di pericolo legati al trattamento del minerale, quali ad esempio i bacini degli sterili minerari, gli abbancamenti di residui finali, gli sterili della gravimetria;
3. centri di pericolo legati alla presenza di rifiuti diversi da quelli di estrazione, quali ad esempio i reagenti utilizzati negli impianti, oli, coperture o detriti di cemento-amianto.

I rifiuti diversi devono essere localizzati con precisione sul territorio, quantificati e caratterizzati ai sensi della vigente normativa sui rifiuti; successivamente devono essere progettati interventi di rimozione e smaltimento.

Nell’ambito della caratterizzazione ambientale i centri di pericolo più tipicamente minerari devono essere individuati sul territorio e dettagliatamente caratterizzati dal punto di vista geografico, storico, fisico e chimico.

La caratterizzazione deve essere condotta sul campo attraverso la compilazione di apposite schede (allegati A-D) e mediante un rilievo di dettaglio a scala adeguata (indicativamente 1:2.000), realizzato sulla base della cartografia esistente, delle fotografie aeree a disposizione e dei sopralluoghi sul campo.

Il rilievo deve definire l’esatta posizione e i limiti geografici di ciascun centro di pericolo, che deve quindi essere riportato nella cartografia da allegare al Piano. Ciascun centro di pericolo dovrà essere rappresentato cartograficamente in base alla sua tipologia, differenziando le discariche minerarie dagli abbancamenti di fini, dai bacini, dagli impianti, ecc.. Dovrà essere inoltre definita la posizione in relazione

ai corsi d'acqua ed agli impluvi, al fine di valutare la probabilità di diffusione dei contaminanti ad opera delle acque superficiali.

La ricostruzione storica dovrà definire l'origine del centro di pericolo ed individuare l'eventuale possibile presenza di sostanze inquinanti non direttamente legate al giacimento minerario.

Del centro di pericolo dovrà essere fornita una descrizione macroscopica ma dettagliata, con informazioni su tipologia, geometria, granulometria, presenza di minerali potenziali generatori di contaminazione, condizioni di stabilità, eventuali interventi di messa in sicurezza realizzati e interferenze con l'ambiente (acque, vegetazione), eventuale presenza di rifiuti diversi.

La redazione delle schede deve permettere di inquadrare rapidamente la tipologia dei centri di pericolo e le loro caratteristiche principali, la cui conoscenza verrà poi completata mediante l'analisi chimico-fisica.

Nell'ambito del rilievo dei centri di pericolo dovranno essere inoltre censiti gli scavi minerari presenti nel sito, le cui caratteristiche principali dovranno essere riportate nell'apposita scheda. La descrizione degli scavi dovrà essere svolta con l'obiettivo di ampliare le conoscenze relative al sito e di valutare la possibilità di utilizzare gli scavi quali Sito di Raccolta nell'ambito degli interventi di bonifica e messa in sicurezza permanente, secondo i criteri riportati nel capitolo 7.

2.3. Strategie e metodologie di campionatura delle matrici ambientali

Il Piano della caratterizzazione deve contenere il programma delle indagini da eseguire per la caratterizzazione ambientale del sito. Tali indagini hanno l'obiettivo di definire le caratteristiche chimico-fisiche dei centri di pericolo potenziale e verificare l'eventuale esistenza di contaminazione nelle matrici ambientali (suolo, sottosuolo, acque superficiali e sotterranee, ecc.), secondo lo schema del Modello concettuale preliminare del sito.

I risultati delle indagini dovranno permettere di individuare e definire le fonti dell'eventuale contaminazione, i meccanismi di trasporto degli inquinanti ed i bersagli ambientali e quindi produrre il Modello concettuale definitivo.

L'area oggetto dell'investigazione dovrà comprendere l'area vasta ed i centri di pericolo (area di indagine), come individuati nel Modello concettuale preliminare; sulla base dei dati storici a disposizione e delle informazioni sintetizzate nel Modello concettuale preliminare le indagini dovranno essere programmate ed eseguite con differenti modalità in relazione alle caratteristiche dei centri di pericolo, alle possibili vie di trasporto e alle condizioni di vulnerabilità dei bersagli.

Le modalità di campionatura dovranno essere inoltre adeguate alla matrice oggetto di indagine e dovranno garantire la rappresentatività del campione.

Le operazioni di prelievo dei campioni dovranno essere accompagnate dalla compilazione di una "scheda del campione" (campioni solidi: allegato E; acque: allegato F), con indicazione del luogo di campionatura (comune, località, coordinate Gauss Boaga), della matrice del campione (suolo, stream sediment, ecc.) e di alcune caratteristiche del materiale prelevato (potenza del campione, tessitura, presenza d'acqua, ecc.).

Nel caso in cui i campioni derivino dall'esecuzione di una canaletta o da pozzetti realizzati con escavatore o ancora da carote estratte dal sottosuolo dopo perforazione con sonda meccanica, la scheda del campione viene sostituita dalla scheda stratigrafica della canaletta, del pozzetto o del sondaggio (allegato G).

Tale scheda deve riportare l'ubicazione del punto di campionatura (comune, località, coordinate Gauss Boaga), la data di esecuzione, la lunghezza complessiva della canaletta o la profondità finale della perforazione, la descrizione della stratigrafia del tratto investigato, con indicazione dell'eventuale presenza della falda acquifera, e le progressive di prelievo dei campioni.

Le operazioni di campionatura dovranno inoltre essere documentate attraverso almeno due fotografie che mostrino il punto di prelievo del campione e l'area nel suo contesto; le fotografie costituiranno uno specifico allegato al Piano, che potrà essere consegnato anche nel solo formato digitale.

Ogni campione prelevato dovrà essere suddiviso in due aliquote, una da destinare alle determinazioni analitiche ed una da conservare quale testimone. Un'eventuale terza aliquota, quando richiesta dal processo di validazione della campionatura e delle determinazioni analitiche, potrà essere prelevata alla presenza dell'Ente di controllo che verbalizzerà il prelievo.

Ciascun campione dovrà essere individuato da una sigla univoca. La costruzione della sigla dei campioni può seguire il seguente indirizzo: i primi caratteri identificano l'area mineraria oggetto della campionatura (ad esempio, per l'area mineraria di Corti Rosas tutti i campioni potrebbero iniziare con CR); i caratteri successivi chiariscono se il punto di campionatura è interno o esterno ad un centro di pericolo (ad esempio DM01 se ubicato sulla discarica mineraria 01, oppure AV se non ubicato su un centro di pericolo e quindi interno all'Area Vasta); due ulteriori caratteri permettono di risalire al tipo di campionatura effettuato (ad esempio SU per i suoli, SD per i sondaggi, ecc.), seguiti da un numero progressivo, da non duplicare, che identifica il campione singolo (suolo, stream, acqua) oppure il sondaggio, la canaletta o il pozzetto, con, di seguito, il numero del campione.

Ad esempio per un suolo prelevato nell'area perimetrata della miniera di Corti Rosas si avrà:

area mineraria	separatore	ubicazione	separatore	tipologia	progressivo	separatore	progressivo
Corti Rosas	-	area vasta	-	suolo		-	
CR	-	AV	-	SU	001	-	

che porterà alla sigla CR_AV_SU001;

oppure per un campione prelevato da un sondaggio intestato in una discarica mineraria (DM001) della miniera di Corti Rosas:

area mineraria	separatore	ubicazione	separatore	tipologia	progressivo	separatore	progressivo
Corti Rosas	-	discarica mineraria	-	sondaggio		-	
CR	-	DM001	-	SD	001	-	01

che porterà alla sigla CR_DM001_SD001-01.

Le sigle suggerite sono le seguenti:

centro di pericolo		tipologia campionatura	
Discarica Mineraria	DM	suolo	SU
		stream sediment	SS
Bacino di Decantazione degli sterili	BD	polvere	PV
		sondaggio	SD
Abbanco di Fini	AF	pozzetto	PZ
		canaletta	CN

Analogo sistema di codifica dei campioni dovrà essere utilizzato per la campionatura delle altre matrici ambientali

2.3.1. Predisposizione del programma di campionatura

L'ubicazione dei punti di campionatura deve essere mirata ad ottenere una corretta definizione delle caratteristiche dei centri di pericolo e dello stato di qualità delle matrici ambientali nell'area oggetto dell'indagine.

Sulla base dei dati e delle informazioni a disposizione, del modello concettuale preliminare e dei sopralluoghi speditivi sul campo, deve essere elaborata una carta a scala adeguata, in relazione all'estensione dell'area oggetto di campionatura, con i punti di campionatura.

L'ubicazione dei punti di campionatura può essere “ragionata” o “sistematica”; nel primo caso la scelta dei punti di prelievo è basata sulle conoscenze acquisite sul sito, che permettono di prevedere la localizzazione delle aree più vulnerabili e delle più probabili fonti di contaminazione. Qualora le informazioni storiche relative alle attività svolte nel sito e alle modalità di funzionamento degli impianti di trattamento non fossero sufficienti per definire una maglia ragionata, si dovranno selezionare i punti di campionatura utilizzando una maglia quadrata (ubicazione sistematica), di ampiezza adeguata alla tipologia ed alle dimensioni del sito (indicativamente con lato 50 oppure 100 metri), che permetta di eseguire una campionatura rappresentativa dell'intera area d'indagine.

In ogni caso le strategie di campionatura proposte dovranno derivare da considerazioni, da riportare nel testo del Piano di caratterizzazione, sugli obiettivi che il programma di campionatura intende raggiungere.

2.3.2. Strategie di campionatura dei centri di pericolo e delle matrici ambientali

2.3.2.1. Campionatura dei centri di pericolo

La campionatura dei centri di pericolo deve permettere di ottenere una caratterizzazione chimico-fisica di tutti i materiali che costituiscono il centro di pericolo stesso.

Il numero di stazioni di campionatura deve essere proporzionale all'estensione del centro di pericolo ed è indicato nella tabella seguente.

superficie (m ²)	n° punti di campionatura
< 5.000	1÷3
5.000 ÷ 10.000	4÷8
10.000 ÷ 50.000	9÷15
> 50.000	15 + 1 ogni 10.000 m ² oltre i 50.000 m ²

Tabella 2.1 – Numero di punti di campionatura in relazione all'estensione del centro di pericolo

Il numero di stazioni deve essere adattato, in aumento o in riduzione rispetto alla tabella, in relazione alle peculiarità del centro di pericolo e sulla base di motivazioni tecniche di supporto adeguatamente illustrate nella relazione tecnica del Piano.

L'ubicazione dei punti di campionatura deve essere scelta in relazione alle caratteristiche macroscopiche di ciascun centro di pericolo, rilevate mediante i sopralluoghi; dovranno infatti essere campionate tutte le tipologie di materiali, eventualmente abbancati in diversi momenti storici o in seguito a differenti fasi dell'attività mineraria, che compongono il centro di pericolo. Ciascun punto di

campionatura dovrà essere accessibile, in condizioni di sicurezza, per le operazioni di prelievo dei campioni da parte dei tecnici.

I criteri da seguire nella scelta dell'ubicazione dei punti di campionatura sono dunque i seguenti:

1. i punti di campionatura devono essere accessibili, in condizioni di sicurezza, agli operatori;
2. i punti devono essere distribuiti in maniera preferibilmente uniforme sull'intero centro di pericolo;
3. i punti devono interessare tutte le diverse tipologie di materiali eventualmente presenti (qualora i materiali che costituiscono il centro di pericolo fossero omogenei, in relazione alla loro origine e alle caratteristiche macroscopiche, il numero delle stazioni potrà essere ridotto; nel caso in cui invece venissero rilevati materiali di diversa origine e natura, la campionatura dovrà essere estesa a tutti i materiali presenti);
4. i punti devono garantire la possibilità di campionare l'intero spessore del centro di pericolo (a tale proposito sono da preferire le zone di erosione, quali ad esempio i canali, laddove può trovarsi esposta l'intera stratigrafia del materiale abbancato) e raggiungere la base rocciosa di appoggio o estendersi, per un campione, al suolo non contaminato sottostante.

2.3.2.2. Campionatura del suolo superficiale

La campionatura dei suoli superficiali viene svolta per verificare l'eventuale dispersione della contaminazione nelle aree circostanti i centri di pericolo e per determinare i valori di fondo geochimico naturale dell'area.

La diffusione delle sostanze contaminanti può originarsi dall'erosione e dal successivo trasporto, ad opera degli agenti atmosferici, dei materiali fini che costituiscono i centri di pericolo, ma anche in seguito alla movimentazione dei materiali (minerali o rifiuti di estrazione) normalmente eseguita in prossimità degli impianti di trattamento.

Tali processi di diffusione della contaminazione avvengono quindi con modalità ed intensità differenti in relazione all'ubicazione del centro di pericolo: nelle aree estrattive la frequente morfologia accidentata facilita l'erosione ed il trasporto, ma le granulometrie tipiche sono grossolane, non soggette a dispersione eolica e facilmente individuabili sul campo, per cui una corretta mappatura del centro di pericolo comprende tutti i residui appartenenti alla discarica mineraria considerata; nelle aree impiantistiche invece sono frequenti i centri di pericolo costituiti da materiali fini e la dispersione della contaminazione può essere mascherata dalle attività antropiche.

Di conseguenza la campionatura dei suoli per la verifica della dispersione della contaminazione deve essere eseguita esclusivamente nelle aree di impianto o dove esistano aree di accumulo di residui fini.

Le stazioni di campionatura devono essere distribuite uniformemente nell'intorno di ciascun centro di pericolo secondo una maglia ragionata, sviluppata tenendo conto delle caratteristiche specifiche del centro di pericolo (morfologia, tipologia di materiali, fenomeni erosivi in atto, ecc.), delle condizioni generali dell'area in esame

(morfologia, presenza di altri centri di pericolo e loro posizione relativa, ecc.) e delle condizioni meteo-climatiche.

La distanza tra le stazioni di campionatura dovrà indicativamente essere di circa 50 metri, con eventuali infittimenti in aree di difficile interpretazione. Riduzioni del numero di stazioni di campionatura dovranno essere adeguatamente motivate.

Per la campionatura dei suoli finalizzata alla costituzione del set di dati da utilizzare per il calcolo del fondo geochimico naturale dell'area si veda il capitolo 4.

2.3.2.3. Campionatura degli stream sediment

L'analisi degli stream sediment, ovvero dei sedimenti fluviali attivi, permette di valutare le caratteristiche dei suoli e delle rocce del bacino idrografico sotteso.

Se nell'area vasta i centri di pericolo sono stati individuati nelle fasi preliminari dello studio, l'analisi degli stream sarà condotta al fine di valutare la diffusione da monte verso valle dell'eventuale contaminazione da questi derivante.

I campioni devono essere ubicati lungo i corsi d'acqua che drenano i centri di pericolo: indicativamente deve essere prelevato almeno un campione a monte e due a valle rispetto ai centri di pericolo individuati.

I risultati analitici potranno essere utilizzati per ubicare correttamente i campioni di suolo dedicati alla definizione del fondo naturale.

Se invece dallo studio non è emersa la presenza di centri di pericolo, il confronto tra le concentrazioni degli elementi contaminanti relative agli stream e i valori del fondo geochimico naturale, permetterà di verificare se la ricerca dei centri di pericolo è stata svolta correttamente o se invece esistono delle sorgenti di contaminazione che non sono state individuate.

Dovranno quindi essere prelevati dei campioni di stream sediment, uno per impluvio principale, sui corsi d'acqua che, pur non drenando centri di pericolo, potrebbero fornire importanti informazioni su mineralizzazioni non coltivate oppure su centri di pericolo non noti.

I risultati analitici potranno essere utilizzati per aggiornare il censimento dei centri di pericolo.

2.3.2.4. Campionatura delle polveri

La campionatura delle polveri sedimentabili viene eseguita al fine di verificare l'eventuale dispersione ad opera del vento dei materiali di granulometria fine, potenzialmente contaminati, provenienti dai centri di pericolo.

Il prelievo delle polveri deve essere realizzato attraverso l'installazione di deposimetri di modello "frisbee", ubicati nell'intorno dei centri di pericolo costituiti da materiali di granulometria fine, sopra e sottovento rispetto alla direzione del vento dominante.

Il numero di deposimetri da installare è direttamente legato al numero di centri di pericolo contenenti materiali a granulometria fine, alle loro dimensioni, alla posizione relativa degli stessi e degli eventuali centri abitati.

Il numero dei prelievi da effettuare e l'intervallo di tempo tra due eventuali prelievi successivi deve essere valutato caso per caso.

2.3.2.5. Campionatura delle acque superficiali

Le acque superficiali devono essere campionate al fine di valutare la presenza di eventuali sostanze contaminanti provenienti dai centri di pericolo. Nell'area perimetrata dovranno quindi essere individuati i corsi d'acqua principali e gli invasi, naturali e artificiali, presenti e dovrà essere valutata l'eventuale possibilità di interferenza tra questi e i centri di pericolo.

Le stazioni di campionatura dovranno essere ubicate lungo i rii e dovranno permettere di prelevare almeno un campione a monte e uno a valle rispetto ai centri di pericolo presenti.

Inoltre dovranno essere campionati tutti gli invasi.

La campionatura delle acque superficiali finalizzata alla caratterizzazione ambientale deve essere singola.

2.3.2.6. Campionatura delle acque sotterranee

La campionatura delle acque sotterranee deve essere svolta per valutare l'eventuale contaminazione della falda derivante dalla presenza di centri di pericolo.

La pianificazione della campionatura dovrà essere preceduta da un censimento delle emergenze, naturali o artificiali, delle acque sotterranee presenti nell'area perimetrata.

Ciascuna emergenza dovrà quindi essere campionata, con campionatura singola.

Dovrà inoltre essere prelevato un campione di acqua per ciascun piezometro, realizzato nell'area, che intercetti la falda acquifera.

Per la verifica della situazione ambientale relativa agli acquiferi sotterranei si procederà secondo quanto previsto dal D.Lgs. 16 marzo 2009 n.30.

2.4 Metodologie di campionatura dei centri di pericolo e delle matrici ambientali

La campionatura deve essere eseguita con lo scopo di determinare le caratteristiche chimico-fisiche dei centri di pericolo e delle matrici ambientali e deve garantire il prelievo di campioni privi di contaminazione incrociata, che devono essere costituiti in loco a secco, e conservati in idonei contenitori a temperatura adeguata, fino alla consegna al laboratorio di analisi.

A seconda della matrice campionata, della metodologia di prelievo e della tipologia di parametri da ricercare, la campionatura dovrà essere svolta secondo precise modalità, indicate nel seguito. In generale si dovranno utilizzare attrezzature in acciaio o plastica (quest'ultima da evitare se è prevista l'analisi dei composti organici), che dovranno essere puliti prima di ogni nuovo campionamento per evitare contaminazioni incrociate.

2.4.1. Campionatura del suolo superficiale

La campionatura dei terreni superficiali viene eseguita al fine di verificare la potenziale dispersione dei contaminanti nelle aree circostanti i centri di pericolo oppure per individuare i valori di fondo geochimico naturale per il sito.

Le modalità di prelievo dei campioni potranno essere selezionate in base alle esigenze dell'operatore, che potrà utilizzare mezzi meccanici o strumenti di perforazione manuali.

Nel punto di prelievo dovrà essere realizzato uno scavo per mezzo di uno strumento funzionante a mano, quale una pala o un carotiere manuale, oppure con un mezzo meccanico quale un escavatore. La profondità di scavo potrà variare in funzione della situazione locale e dovrà comunque essere compresa tra 0÷1 metro.

Nel caso di campionatura per mezzo di scavo realizzato con la pala, il campione di suolo superficiale dovrà essere costituito prelevando il materiale dalle pareti dello scavo stesso, in modo tale da rappresentare tutta la sezione esposta. Il terreno, raccolto con una sassola, dovrà essere conservato in un idoneo contenitore (vedi paragrafo 4) con indicazione della sigla del campione.

Dal campione dovranno essere eliminate le radici e gli eventuali resti vegetali.



Figura 2.2. – Pozzetti di prelievo dei campioni eseguiti a mano



Figura 2.3. – Campionatura con carotatore manuale

2.4.2. Campionatura degli stream sediment

I campioni di stream sediment devono essere prelevati lungo i corsi d'acqua, laddove sia rilevata la presenza di sedimenti fluviali attivi, al fine di valutare le caratteristiche dei suoli e delle rocce del bacino idrografico sotteso.

Vista l'ubicazione in alveo, il prelievo dei campioni deve essere realizzato a mano, con l'ausilio di strumenti quali una pala, prelevando il sedimento sciolto dal greto del corso d'acqua.



Figura 2.4. – Campionatura stream sediment

2.4.3. Campionatura del sottosuolo

La campionatura del sottosuolo può essere condotta con differenti finalità: può essere utilizzata per caratterizzare nel dettaglio i materiali che costituiscono i centri di pericolo oppure per verificare l'eventuale diffusione della contaminazione nei sedimenti profondi. Il sottosuolo può essere campionato a mano o con mezzi meccanici quali un escavatore o una sonda da carotaggio.

Il campionamento a mano può essere eseguito nei centri di pericolo, realizzando nel punto di campionatura una “canaletta”, ovvero una traccia di larghezza pari a circa 20 centimetri, perpendicolare alla stratificazione, che attraversi una sezione completa del corpo discarica.

La “canaletta”, realizzata con un piccone o un altro strumento da scavo, può essere continua per tutta la potenza del materiale da campionare, oppure spezzata, in relazione alla morfologia del centro di pericolo.

Il campionamento con “canaletta” deve essere eseguito utilizzando il seguente procedimento:

1. per ciascuna stazione di campionatura, individuazione dell'area della discarica mineraria dove sia visibile ed accessibile tutto il materiale abbancato, possibilmente sino alla base di appoggio sul substrato (es. sezioni scoperte dall'erosione in corrispondenza di canali, zone di frana, fronte di accumulo della discarica, ecc.);
2. riconoscimento della stratificazione del materiale;
3. realizzazione sulla parete esposta, con un mezzo da scavo manuale quale un piccone, di una traccia di larghezza pari a circa 20 cm (“canaletta”), perpendicolare alla stratificazione;
4. individuazione dei campioni da prelevare in relazione alla stratigrafia;
5. formazione dei campioni mediante prelievo in continuo del materiale lungo la traccia, realizzato scalzando con un piccone il materiale dalla parete esposta dalla traccia stessa e raccogliendolo con una pala, per poi riporlo in un apposito contenitore munito di etichetta.



Figura 2.5. – Canalette eseguite a mano per la campionatura di un centro di pericolo

Il campionamento con escavatore può essere utilizzato per la campionatura dei centri di pericolo oppure per la verifica dello stato di qualità dei sedimenti profondi in relazione alla presenza di sorgenti di contaminazione.

Nel caso di campionatura di un centro di pericolo, il pozzetto deve essere realizzato fino al contatto tra il materiale abbancato e il basamento e il prelievo dei campioni deve avvenire dalla sezione esposta in seguito allo scavo stesso.

I campioni devono essere selezionati in relazione alla stratigrafia e, se possibile, deve essere prelevato un campione di basamento. Il prelievo dei campioni deve avvenire lungo le pareti dello scavo, avendo cura di asportare il materiale in continuo, lungo tutta la superficie esposta, e nella direzione perpendicolare all'eventuale stratificazione.



Figura 2.6. – Pozzetti di prelievo dei campioni eseguiti con mezzo meccanico

Il campionamento per mezzo di sondaggi a carotaggio viene utilizzato per campionare i centri di pericolo o per verificare la dispersione di elementi contaminanti nei sedimenti profondi, qualora la campionatura a mano o con mezzi meccanici quali un escavatore, non garantisca il prelievo di campioni rappresentativi.

Il sondaggio deve essere realizzato con carotiere di diametro di almeno 100 mm e senza l'utilizzo di fluidi, per evitare di far circolare nel sottosuolo eventuali elementi contaminanti presenti nel tratto attraversato; quando l'utilizzo di fluidi è necessario, ad esempio nella perforazione del substrato litoide, deve essere posta particolare attenzione nel provocare il minor impatto possibile sulla qualità dei campioni che dovranno essere prelevati.

Nell'esecuzione del carotaggio, inoltre, la velocità di rotazione deve essere tale da non provocare il riscaldamento della carota e quindi l'alterazione dei materiali.

Non sono ammessi sondaggi a distruzione di nucleo che, per le modalità di esecuzione, possono comportare il trasferimento di alcuni contaminanti tra le matrici ambientali.

La lunghezza del sondaggio deve essere tale da attraversare per circa 3 metri il basamento roccioso in modo da raggiungere con sicurezza la base del corpo discarica.

Dopo l'estrazione, la carota deve essere riposta in apposite cassette catalogatrici in pvc, sulle quali dovranno essere riportati gli intervalli di profondità e le quote alle quali corrispondono le "manovre" operate dalla sonda, ovvero le operazioni di perforazione dei singoli tratti, generalmente lunghi circa un metro.

I campioni, selezionati in relazione alla stratigrafia, devono essere prelevati in continuo e devono essere di lunghezza tra 1 e 2 metri per la porzione più superficiale (0÷6 metri) e sino a 3 metri per quella più profonda. Campioni di lunghezza superiore potranno essere prelevati in caso di omogeneità delle litologie, sulla base di motivazioni tecniche di supporto, ad esempio nel caso di bacini di contenimento dei fanghi o accumuli di residui del trattamento idrogravimetrico.

Possibilmente non devono essere prelevati campioni di lunghezza inferiore al metro e in nessun caso campioni costituiti da materiali di diversa origine e natura. Il basamento deve essere campionato a parte, in un unico campione per tutta la lunghezza estratta dal sondaggio.

Il prelievo dei campioni dovrà essere realizzato dopo aver ripulito la superficie della carota con una spatola, eliminando un sottile strato di materiale, che potrebbe essere stato alterato dal contatto con il carotiere. Una volta eseguita tale operazione dovranno essere prelevati i campioni dividendo la carota in due parti, nella direzione della lunghezza, una parte dovrà essere conservata quale testimone, mentre dall'altra dovranno essere prelevati i campioni.

Per il prelievo di ciascun campione dovranno essere utilizzati strumenti, quali una spatola o una paletta, accuratamente puliti dopo ogni operazione.



Figura 2.7. – Campionatura sondaggio

2.4.4. Campionatura delle polveri

La campionatura delle polveri sedimentabili deve essere eseguita mediante l'installazione di deposimetri di modello "frisbee".

L'operazione di raccolta del materiale depositato all'interno del dispositivo deve essere eseguita ad intervalli di tempo regolari, stabiliti nell'ambito della progettazione del piano delle indagini.

Il prelievo dei campioni deve essere realizzato ripulendo lo strumento con quantità note di acqua distillata e prelevando il materiale depositato.



Figura 2.8. – Prelievo di polveri sedimentabili attraverso un deposimetro modello "frisbee"

2.4.5. Campionatura delle acque superficiali

La campionatura delle acque superficiali (corsi d'acqua, invasi) viene svolta al fine di verificare l'eventuale contaminazione derivante dalla presenza di centri di pericolo.

I campioni devono essere prelevati in un tratto rettilineo del corso d'acqua, nella sua parte centrale ed a profondità intermedia tra le due interfacce suolo/acqua e acqua/aria. Nel caso una tale ubicazione non fosse possibile, ad esempio perché il fiume è troppo largo o troppo profondo, un metodo alternativo per lo specifico campione dovrà essere concordato con l'ente competente.

La campionatura dei laghi e degli invasi deve essere eseguita possibilmente al centro dello specchio d'acqua ed a profondità intermedia tra le due interfacce suolo/acqua e acqua/aria.

Per la campionatura utilizzare dispositivi quali bailer o campionatori a bicchiere. Nella campionatura si dovrà avere cura di non movimentare il deposito di fondo e di non interessare l'eventuale vegetazione.

2.4.6. Campionatura delle acque sotterranee

Le acque sotterranee devono essere campionate per valutare l'eventuale contaminazione derivante dalla presenza di centri di pericolo. A tale scopo dovranno essere prelevati campioni da tutti i luoghi di emergenza della acque sotterranee (pozzi, sorgenti, piezometri).

La campionatura dovrà essere preceduta da uno spurgo del pozzo/piezometro che deve eliminare eventuali residui di origine minerale accumulati nella colonna d'acqua in assenza di prelievi continui. Lo spurgo inoltre elimina tutta l'acqua presente nel pozzo/piezometro (la quantità d'acqua eliminata con lo spurgo deve essere da 3 a 6 volte l'acqua effettivamente contenuta nel pozzo/piezometro) e consente quindi di ottenere un campione rappresentativo della falda sotterranea.

Completato lo spurgo si preleverà il campione in modalità dinamica, a basso flusso per ridurre la turbolenza e l'aerazione dell'acqua.

In caso di potenziale presenza di prodotto libero prelevare preventivamente allo spurgo un campione in modalità statica; utilizzare il bailer e campionare in superficie o a fondo foro in relazione alle caratteristiche fisiche del contaminante. Successivamente eseguire lo spurgo e prelevare un secondo campione in modalità dinamica per le altre determinazioni.

Preventivamente alla campionatura dovrà essere misurato il livello piezometrico e, possibilmente, la quota di fondo foro.

Per la campionatura delle sorgenti utilizzare il punto di distribuzione dell'acqua, verificando preventivamente la pulizia della struttura di distribuzione.

2.5. Conservazione dei campioni e determinazioni analitiche

L'obiettivo principale della caratterizzazione è la conoscenza dello stato qualitativo delle matrici ambientali, ottenuta mediante il prelievo e l'analisi di campioni idonei.

A tale scopo viene programmata ed eseguita la campionatura di suolo, sottosuolo, stream sediment, polveri sedimentabili e acque superficiali e sotterranee, secondo i criteri indicati al capitolo 3.

I campioni prelevati devono essere conservati in contenitori idonei ed inviati al laboratorio chimico per l'esecuzione delle determinazioni analitiche.

Preventivamente deve essere individuata la "suite analitica" dei composti da ricercare per ciascuna matrice.

2.5.1. Conservazione dei campioni

I campioni prelevati devono essere conservati in contenitori appositi in funzione delle analisi a cui dovranno essere sottoposti.

Quelli destinati alle determinazioni analitiche dei metalli, di azoto, fosforo e cianuri liberi, dovranno essere conservati in buste doppie di polietilene ad una temperatura inferiore ai 4°C, mentre quelli per la determinazione dei composti organici, di diossine e furani e dell'amianto, dovranno essere riposti in contenitori decontaminati di polietilene o di vetro e conservati a temperatura inferiore a -20°C.

Ciascun contenitore dovrà essere munito di etichetta con il nome del campione.

2.5.2. Preparazione dei campioni

I campioni prelevati devono essere setacciati a 20 e 2 millimetri; le tre classi granulometriche devono essere pesate, etichettate e conservate separatamente. Le percentuali in peso dovranno essere riportate sulla scheda del campione. La classe inferiore a 2 millimetri sarà oggetto di determinazione analitica secondo quanto riportato nel seguito; le altre due classi saranno conservate per eventuali analisi di controllo.

I campioni selezionati per le analisi granulometriche e per la determinazione della densità non dovranno essere preventivamente setacciati.

2.5.3. Composti da ricercare e test di eluizione

Nell'ambito della caratterizzazione ambientale, la ricerca dei composti chimici è una fase di fondamentale importanza e rappresenta spesso un pesante onere economico.

Nei campioni di solidi e acque prelevati nei bacini di accumulo dei residui di trattamento, nelle aree degli impianti e in quelle delle strutture di servizio, devono infatti essere ricercati, oltre ai parametri di base, anche i composti organici, potenzialmente legati alle attività svolte presso tali siti.

Per i campioni prelevati dai centri di pericolo derivanti dal tracciamento delle gallerie o dallo scappellamento degli scavi, per gli stream sediment, le polveri sedimentabili

e i suoli per il calcolo del fondo, devono invece essere determinate le concentrazioni dei principali elementi contaminanti legati alla mineralizzazione.

Al fine di ottimizzare le risorse disponibili e permettere eventuali approfondimenti successivi delle indagini, le determinazioni analitiche devono essere svolte procedendo in due fasi, una prima fase “di screening” ed una seconda fase “di completamento”.

Nella prima fase “di screening” dovranno essere analizzati i campioni prelevati dai centri di pericolo legati all’attività estrattiva, gli stream sediment, le polveri e i suoli per il calcolo del fondo, ricercando i parametri “di base”: As, Cd, Crtot, CrVI, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Zn, solfati, fluoruri, cianuri liberi; inoltre dovranno essere eseguite, sui campioni prelevati dal 20% delle stazioni di campionatura previste nei bacini di accumulo dei residui e nelle aree degli impianti e delle strutture di servizio, le determinazioni analitiche contenute in una “suite completa”. Tale suite sarà costituita dagli elementi “di base” (As, Cd, Crtot, CrVI, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Zn, solfati, fluoruri, cianuri liberi), dai composti organici aromatici BTEX, dai composti aromatici policiclici, dai composti alifatici clorurati cancerogeni e non cancerogeni, dai composti alifatici alogenati cancerogeni, dai clorobenzene, dai fenoli non clorurati e clorurati e dagli idrocarburi leggeri e pesanti. Infine, in corrispondenza del 10% delle stazioni di campionatura ubicate nei bacini di accumulo dei residui e nelle aree degli impianti e delle strutture di servizio, dovranno essere prelevati campioni di top soil (10 cm dal p.c.) su cui determinare PCB, amianto, diossine e furani.

Qualora la ricostruzione delle attività svolte presso il sito evidenziasse l’utilizzo di particolari sostanze, dovranno essere analizzati anche i relativi parametri, che dovranno comunque essere presenti nelle tabelle di riferimento del D.Lgs. 152/06, che rappresentano il termine di confronto per la verifica della presenza di contaminazione.

I risultati della fase “di screening” permetteranno così di adeguare la suite analitica della fase “di completamento” alle caratteristiche del sito, selezionando solo i parametri per i quali si verificano superamenti dei limiti tabellari.

Nel caso in cui lo screening iniziale mettesse in evidenza la presenza di sostanze contaminanti, le analisi dei relativi parametri dovranno essere estese a tutti i campioni dell’area in cui sono stati riscontrati superamenti dei limiti delle tabelle del D.Lgs. 152/06.

Nel caso si riscontri contaminazione da PCB o diossine, la ricerca andrà estesa alla totalità dei campioni superficiali nonché a quelli lungo le verticali corrispondenti ai punti risultati contaminati, al fine di individuare sia arealmente che verticalmente l’estensione della contaminazione.

Il procedimento per fasi deve essere utilizzato anche per le determinazioni analitiche delle acque superficiali e sotterranee.

Nella fase “di screening”, per il 20% dei campioni prelevati nelle aree dei bacini di contenimento e in quelle degli impianti e delle strutture di servizio, dovranno essere determinati i parametri “di base” (ossigeno disciolto, pH, conduttività, nitrati, ione

ammonio, Al, Ag, As, Be, Bo, Cd, Co, Crtot, CrVI, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Tl, Zn, cianuri liberi, fluoruri, nitriti, solfati) e i composti organici aromatici, gli idrocarburi policiclici aromatici, i derivati alifatici clorurati cancerogeni, i derivati alifatici clorurati non cancerogeni, i derivati alifatici alogenati cancerogeni, i clorobenzeni, i fenoli, i clorofenoli, i PCB e gli idrocarburi totali.

Qualora lo screening iniziale evidenziasse la presenza di sostanze contaminanti con concentrazioni superiori ai limiti delle tabelle del D.Lgs. 152/06, le analisi dei relativi parametri dovranno essere estese a tutti i campioni dell'area.

Sui centri di pericolo che mostrano superamenti dei limiti di legge (fondo naturale o tabelle del D.Lgs. 152/06), e rappresentano dunque un potenziale pericolo per l'ambiente e la salute pubblica, dovranno inoltre essere eseguiti dei test di eluizione.

Il risultato di tale analisi, effettuata secondo i criteri della norma UNI 10802, permetterà di valutare l'eventuale possibilità di trasferimento dei contaminanti dai centri di pericolo alle acque superficiali e sotterranee.

Sulla base delle caratteristiche del centro di pericolo (volumetria, tipologia del materiale, ecc.), dovranno essere selezionati uno o più campioni rappresentativi da sottoporre ad analisi chimica e test di cessione.

2.5.4. Determinazioni analitiche

Le determinazioni analitiche dovranno essere svolte presso laboratori che garantiscano i necessari requisiti di qualità. Le metodiche analitiche da adottare dovranno essere quelle ufficialmente riconosciute e dovranno essere sottoposte ad accettazione nell'ambito della approvazione del piano delle indagini proposto.

Le metodologie utilizzate dovranno in ogni caso garantire l'ottenimento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite previsti dalla normativa vigente.

Per quanto riguarda i materiali solidi, i campioni da sottoporre alle analisi chimiche dovranno essere privi della frazione maggiore di 20 mm e le determinazioni dovranno essere condotte sull'aliquota di granulometria inferiore a 2 mm. La concentrazione rilevata sarà poi attribuita alla totalità dei materiali secchi di granulometria inferiore a 20 mm.

2.5.5. Parametri aggiuntivi

Dovranno essere determinati i parametri sensibili da utilizzare per un'eventuale Analisi di Rischio ("Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati" APAT marzo 2008). In particolare, sui campioni prelevati nel corso della caratterizzazione si raccomanda di determinare frazione di carbonio organico, umidità e pH; nel caso sia necessario applicare l'analisi di rischio sito-specifica a porzioni dell'area mineraria si dovranno determinare i parametri sito-specifici indispensabili, per i quali si rimanda al capitolo 6.

2.6. Sistematizzazione ed elaborazione dei dati e rappresentazione cartografica dei risultati

Nell'ambito della caratterizzazione ambientale viene raccolta una grande mole di informazioni, storiche e di nuova acquisizione.

I dati storici sono generalmente relativi alla cartografia geologica, idrogeologica e strutturale, a piani di miniera e cartografia tecnica, a determinazioni analitiche svolte nell'ambito di differenti progetti, a dati di produttività della miniera, ecc..

I dati di nuova acquisizione vengono invece raccolti nel corso delle indagini e sono relativi principalmente al rilievo di dettaglio delle aree minerarie, alle stratigrafie rilevate mediante sondaggi e pozzetti, alle determinazioni analitiche dei campioni prelevati

L'insieme dei dati raccolti deve essere catalogato sistematicamente e reso disponibile per la consultazione.

2.6.1. Sistematizzazione dei dati

Le notizie storiche e scientifiche raccolte nell'ambito del PdC e i dati relativi alle indagini eseguite nel corso del RIND, devono essere raccolti e catalogati in modo da essere disponibili per qualunque eventuale utilizzo futuro.

I dati raccolti devono essere presentati in formato cartaceo e digitale, utilizzando il formato più idoneo, in relazione alla tipologia delle informazioni da catalogare.

I dati digitali a disposizione possono essere di tipo alfanumerico e geografico; per i primi deve essere realizzata una banca dati informatizzata, mediante l'utilizzo di specifici applicativi, che consenta l'immagazzinamento, l'interrogazione e la visualizzazione delle informazioni. Per i secondi è necessario utilizzare appositi software che permettano di esportare i dati in formati di scambio, utilizzabili dai principali Sistemi Informativi Territoriali.

I dati alfanumerici da inserire nel database devono possedere requisiti di uniformità che rendano possibile la catalogazione; nel caso in cui queste caratteristiche siano assenti è possibile riportare i dati in tabelle di fogli elettronici tipo Excel™.

I dati geografici, generalmente relativi alle caratteristiche geometriche ed alla posizione dei lavori minerari e dei residui (discariche minerarie, abbancamenti di fini, bacini di contenimento, scavi, gallerie, ecc.), oppure alla localizzazione delle indagini eseguite o dei campioni prelevati, devono essere georeferenziati nel sistema di coordinate Gauss-Boaga e forniti in formato shp o dxf.

Entrambe le tipologie di dati devono comunque essere fornite anche in formato cartaceo, sotto forma di bollettini analitici e di cartografia tematica.

Tutte le immagini relative alle fasi di campionatura e le eventuali fotografie utili per chiarire aspetti specifici, anche se utilizzate all'interno del rapporto conclusivo, dovranno essere catalogate ed organizzate in uno specifico allegato al Piano, che potrà essere consegnato anche nel solo formato digitale.

2.6.2. Calcolo delle concentrazioni rappresentative dei contaminanti

A conclusione delle indagini dirette è necessario definire, per ogni contaminante che superi le concentrazioni limite ammissibili, il valore rappresentativo dello specifico centro di pericolo. Sono questi i valori che devono essere riportati nelle tabelle di sintesi dei risultati della caratterizzazione e che sono utilizzati nella cartografia di rappresentazione della contaminazione nell'area mineraria.

In generale un centro di pericolo di un'area mineraria sarà campionato mediante sondaggi, pozzetti con escavatore, canalette o campioni puntuali. I sondaggi interessano l'intero spessore del centro di pericolo e attraversano alcuni metri del basamento; i pozzetti eseguiti con l'escavatore possono raggiungere il basamento roccioso ma difficilmente ne permettono la campionatura; le canalette se correttamente eseguite, sono assimilabile ad un sondaggio, con il vantaggio di avere direzione ortogonale alla stratigrafia di accrescimento della discarica e di consentire al geologo un puntuale controllo dei parametri macroscopici su una superficie più estesa rispetto ad un sondaggio; i campioni puntuali offrono informazioni più limitate ma talora sono l'unico sistema di campionatura possibile.

Si tratta evidentemente di metodi di campionatura molto differenti, che possono generare dati non omogenei che richiedono un trattamento logico preventivo all'elaborazione statistica. La procedura per ottenere i valori di concentrazione rappresentativa dei contaminanti presenti in un centro di pericolo è la seguente:

- individuare i contaminanti che superano le concentrazioni limite ammissibili: l'analisi deve essere estesa a tutti i campioni prelevati nel centro di pericolo, indipendentemente dal punto di campionatura;
- analizzare separatamente ciascun punto di campionatura: ogni sondaggio, pozzetto, canaletta o campione puntuale costituisce un singolo punto di campionatura; se nel punto di campionatura è stato prelevato un campione puntuale, le concentrazioni dei contaminanti di quest'ultimo saranno rappresentative del punto di campionatura; se viceversa è stato utilizzato un sistema di campionatura differente, saranno disponibili più campioni che devono essere oggetto di analisi statistica;
- verificare la presenza di tipologie stratigrafiche differenti, che richiedono analisi statistiche separate: se, ad esempio, un sondaggio ha attraversato il corpo di una discarica mineraria e, al fondo foro, sono stati prelevati campioni di roccia del basamento, questi ultimi dovranno essere trattati separatamente dai campioni di materiale della discarica mineraria; analogamente se si attraversano e campionano rifiuti di natura differente, ad esempio nel caso in cui sopra una bacino sterili siano stati abbancati materiali da demolizione;
- definire il numero di campioni da sottoporre ad analisi statistica: se ad esempio nel punto di campionatura è stato eseguito un sondaggio di 30 metri, con 2 metri superficiali di detrito grossolano (2 campioni), 25 metri di fini di trattamento (12 campioni) e 3 metri di basamento roccioso (1 campione), si dovranno costituire 3 set di dati, uno per litotipo, rispettivamente di 2, 12 e 1 elementi;
- calcolare, per ogni contaminante, il valore di concentrazione rappresentativa del punto di campionatura: se nel punto di campionatura sono stati prelevati 2 o più campioni, calcolare la media pesata sulla lunghezza degli intervalli campionati; eseguire il calcolo per ogni set di dati in cui sono stati suddivisi i campioni prelevati nel punto di campionatura;

- ripetere il procedimento per tutti i punti di campionatura del centro di pericolo;
- costituire un set di dati delle concentrazioni rappresentative dei punti di campionatura, per ogni tipologia stratigrafica presente nel centro di pericolo;
- calcolare, per ogni contaminante, il valore di concentrazione rappresentativa del centro di pericolo: se nel centro di pericolo sono presenti meno di 10 punti di campionatura, indicare il valore massimo; se nel centro di pericolo sono presenti 10 o più punti di campionatura, calcolare l'Upper Confidential Limit al 95%; eseguire il calcolo per ogni set di dati costituito per il centro di pericolo.

Nel caso siano presenti campioni, definiti “non detect”, con valori sotto la soglia di rilevabilità dello strumento analitico (“detection limit”), per costituire il set di dati sostituire il valore non detect con la metà del detection limit per lo specifico parametro analizzato².

2.6.3. Rappresentazione schematica dei risultati del Piano

L'insieme dei dati raccolti nel PdC e i risultati ottenuti mediante le indagini svolte nell'ambito del RIND dovranno permettere di ricostruire la dispersione dei contaminanti e realizzare una apposita cartografia tematica.

Devono quindi essere acquisiti tutti gli elementi utili alla definizione delle caratteristiche dell'ambiente e dell'eventuale grado di inquinamento delle matrici ambientali, con particolare attenzione all'estensione dell'area inquinata ed ai volumi di residui minerari e di suolo contaminato.

I risultati delle attività di indagine dovranno essere espressi sotto forma di tabelle di sintesi e rappresentazioni grafiche e cartografiche tali da consentire al lettore un'immediata comprensione degli aspetti più rilevanti.

Tablette di sintesi essenziali

Il gran numero di dati raccolti nel corso della caratterizzazione di un'area mineraria, da inserire in maniera completa nel Piano presentato, deve essere sintetizzata in tabelle che riassumano i risultati di maggior rilievo per una corretta comprensione dei fenomeni di contaminazione delle matrici ambientali.

Le tabelle di sintesi essenziali da allegare al PdC sono le seguenti:

- Programma di campionatura: numero complessivo dei punti di campionatura previsti dal PdC, suddivisi per tipologia e matrice ambientale, con stima del numero complessivo di campioni da prelevare.

² La sostituzione del non detect con la metà del detection limit è il metodo suggerito sino al 2006 da USEPA; in effetti, nell'elaborazione statistica dei dati una tale sostituzione è considerata un errore ed esistono numerosi metodi per la determinazione dei non detect in da utilizzare in funzione della numerosità percentuale di non detect nell'intero set di dati. In particolare, il software ProUCL prevede l'utilizzo di metodi definiti ROS (regression on order statistics) specifici per distribuzioni normali, lognormali o gamma.

Le linee guida di ISPRA indicano l'utilizzo della sostituzione del non detect con la metà del detection limit nel calcolo del valore di fondo e, per un principio di cautela, la sostituzione con il detection limit nel calcolo della concentrazione rappresentativa della sorgente di contaminazione.

Considerato che il detection limit viene richiesto pari ad almeno 1/10 della concentrazione soglia di contaminazione prevista dalla normativa vigente, si ritiene opportuno, per ragioni di semplicità operativa, indicare un unico metodo di trattamento dei non detect. Nel caso lo ritenga opportuno il progettista potrà utilizzare metodi statistici più validi della sostituzione, esponendo e commentando le scelte effettuate.

- Programma di campionatura dei centri di pericolo: informazioni sulle dimensioni dei centri di pericolo (superficie e volume), numero di punti di campionatura per centro di pericolo, tipologia di campioni previsti (sondaggi, canalette, top-soil, piezometri, ecc.), stima del numero complessivo di campioni da prelevare.

Le tabelle di sintesi essenziali da allegare al RIND sono le seguenti:

- Campionatura eseguita: numero complessivo dei punti di campionatura eseguiti nel corso del RIND, suddivisi per tipologia e matrice ambientale, con consuntivo del numero di campioni prelevati.
- Campionatura dei centri di pericolo: dati sulle dimensioni dei centri di pericolo (superficie e volume), numero di punti di campionatura eseguiti su ogni centro di pericolo, tipologia delle campionature eseguite (sondaggi, canalette, top-soil, piezometri, ecc.), numero complessivo di campioni prelevati.
- Contaminazione dei centri di pericolo: concentrazioni rappresentative dei contaminanti rilevanti nei centri di pericolo, con informazioni sul metodo di calcolo.

Cartografia essenziale

La cartografia tematica dovrà essere riprodotta ad una scala adeguata agli elementi da rappresentare, indicativamente compresa tra 1:2.000 e 1:10.000, e dovrà utilizzare una base topografica possibilmente ufficiale. In tutti gli elaborati cartografici dovranno essere riportati, per la porzione compresa nel taglio cartografico specifico, quali elementi identificativi comuni, l'area perimetrata ed i centri di pericolo individuati dal Piano di caratterizzazione e dal Piano di investigazione iniziale. Possibilmente il reticolo idrografico dovrà essere di colore azzurro.

La cartografia essenziale da allegare al PdC è la seguente:

- Inquadramento dell'area mineraria: rappresentazione su base topografica dell'area vasta perimetrata.
- Carta geologico-strutturale: rappresentazione della geologia dell'area vasta e delle strutture tettoniche rilevanti ai fini del potenziale trasferimento della contaminazione tra posizioni geografiche differenti o tra matrici ambientali differenti. Nel caso si renda necessario produrre cartografie a scale differenti.
- Carta idrogeologica: rappresentazione dell'idrogeologia dell'area vasta, delle strutture tettoniche rilevanti ai fini del potenziale trasferimento della contaminazione tra posizioni geografiche differenti o tra matrici ambientali differenti, delle piezometrie e delle direzioni prevalenti di flusso. Nel caso si renda necessario produrre cartografie a scale differenti.;
- Carta punti di campionatura: rappresentazione su base topografica o tematica rilevante (ad esempio domini litologici differenti) di tutti i punti di campionatura previsti dal Piano di caratterizzazione, con chiara distinzione per tipologia di campione (suolo, stream sediment, centro di pericolo; sondaggio, pozzetto, canaletta, puntuale) e matrice ambientale (suolo e sottosuolo, acqua, polvere).
- Carta dei centri di pericolo: rappresentazione su base topografica o tematica rilevante (ad esempio domini litologici differenti) di tutti i centri di pericolo

individuati dal PdC, con chiara distinzione tra tipologie differenti (discariche minerarie, bacini sterili, abbancamenti di fini, rifiuti di tipo diverso) ed individuazione dell'area di indagine.

- Carta degli impianti di trattamento: rappresentazione su base topografica dell'ubicazione degli impianti di trattamento del minerale e degli edifici di servizio rilevanti ai fini della potenziale contaminazione delle matrici ambientali.
- Carta dei dati storici: rappresentazione su base topografica o tematica rilevante (ad esempio domini litologici differenti) di tutti i dati storici relativi campionature ed analisi eseguite entro l'area perimetrata, alla presenza di pozzi o piezometri, ad altre indagini o interventi rilevanti in relazione alla contaminazione delle matrici ambientali ed alla trasmissione della stessa.

La cartografia essenziale da allegare al RIND è la seguente:

- Eventuale aggiornamento delle cartografie tematiche presentate con il PdC (perimetrazione dell'area, geologia, idrogeologia).
- Carta campioni: rappresentazione su base topografica o tematica rilevante (ad esempio domini litologici differenti) di tutti i punti di campionatura eseguiti nel corso del RIND, con chiara distinzione per tipologia di campione (suolo, stream sediment, centro di pericolo; sondaggio, pozzetto, canaletta, puntuale) e matrice ambientale (suolo e sottosuolo, acqua, polvere).
- Carta dei centri di pericolo: rappresentazione su base topografica o tematica rilevante (ad esempio domini litologici differenti) di tutti i centri di pericolo correttamente perimetrati nel corso del Piano, con chiara distinzione tra tipologie differenti (discariche minerarie, bacini sterili, abbancamenti di fini, rifiuti di tipo diverso).
- Carta della dispersione della contaminazione: rappresentazione su base topografica o tematica rilevante (ad esempio domini litologici differenti) dei valori di concentrazione dei contaminanti attribuiti ai singoli punti di campionatura. Se necessario per maggiore chiarezza, produrre carte differenti per ciascun contaminante rilevante.

Le carte di dispersione della contaminazione potranno essere carte di isoconcentrazione o di punti. Le prime dovranno essere utilizzate in particolare per rappresentare lo stato della falda acquifera, mentre per i terreni potranno essere usate quando le condizioni di omogeneità del suolo e la densità di campionatura lo consentano.

La cartografia dovrà essere chiara e facilmente leggibile, a tal fine si suggerisce di organizzare i dati in modo da poter rappresentare singolarmente ciascuna matrice e ciascun contaminante.

La rappresentazione dovrà permettere di individuare prontamente il livello di superamento dei limiti di legge (valori di fondo naturale o valori delle tabelle della normativa).

3. MESSA IN SICUREZZA DI EMERGENZA

Il D.Lgs. 152/06 all'art. 240, lettera m) definisce la *“messa in sicurezza d'emergenza: ogni intervento immediato o a breve termine, da mettere in opera nelle condizioni di emergenza di cui alla lettera t) in caso di eventi di contaminazione repentini di qualsiasi natura, atto a contenere la diffusione delle sorgenti primarie di contaminazione, impedirne il contatto con altre matrici presenti nel sito e a rimuoverle, in attesa di eventuali ulteriori interventi di bonifica o di messa in sicurezza operativa o permanente”*.

Tale definizione mette in evidenza una condizione di potenziale pericolo imminente che potrebbe causare danni per la salute dell'uomo, dell'ecosistema e dell'ambiente. Ciò è più facilmente deducibile, oltre che dalla definizione sopra riportata, dalla definizione di cui alla lettera t) del medesimo articolo.

“(t)condizioni di emergenza: gli eventi al verificarsi dei quali è necessaria l'esecuzione di interventi di emergenza, quali ad esempio:

- 1) concentrazioni attuali o potenziali dei vapori in spazi confinati prossime ai livelli di esplosività o idonee a causare effetti nocivi acuti alla salute;*
- 2) presenza di quantità significative di prodotto in fase separata sul suolo o in corsi di acqua superficiali o nella falda;*
- 3) contaminazione di pozzi ad utilizzo idropotabile o per scopi agricoli;*
- 4) pericolo di incendi ed esplosioni”*.

La definizione di “messa in sicurezza d'emergenza” presenta un carattere di attuazione immediata e a breve termine degli interventi, nelle more dell'esecuzione della bonifica e/o della messa in sicurezza permanente. Inoltre, gli interventi devono essere finalizzati ad impedire la diffusione dei contaminati potenzialmente pericolosi.

Nelle presenti linee guida si applica il sopra citato concetto di potenziale pericolosità alla realtà delle aree minerarie dismesse. In particolare si delineano gli aspetti legati ad eventi o situazioni determinate nell'ambito della preesistente attività estrattiva, che possono minacciare l'integrità della salute dell'uomo, dell'ambiente, dei beni, degli insediamenti e del paesaggio e rivestono caratteristiche di emergenza.

La normativa prescrive che gli interventi di MISE vadano attuati al verificarsi dell'evento oppure all'atto dell'individuazione della condizione di emergenza. L'esperienza maturata sulle aree minerarie dismesse negli ultimi anni ha evidenziato che sono riscontrabili principalmente due fasi in cui si rende necessario attuare interventi di MISE:

- ad un primo esame dello stato dei luoghi (Fase 1), sia per garantire agli operatori l'accessibilità in condizioni di sicurezza, sia per arrestare l'eventuale processo di decadimento in atto delle strutture minerarie, al fine di preservare le testimonianze dell'attività estrattiva con caratteristiche storico-culturali significative;
- a conclusione del piano di caratterizzazione (Fase 2), quando le conoscenze dello stato dei luoghi e della contaminazione delle matrici ambientali consentono di formulare il modello concettuale definitivo ed evidenziare condizioni di contaminazione che, per evitare la compromissione della salute dell'uomo o della qualità dell'ambiente, non possono attendere il completamento della bonifica e richiedono interventi immediati.

3.1. Condizioni di emergenza

Qualora in un sito minerario si riscontrasse una situazione a cui si attribuisce un carattere di potenziale pericolo imminente, che potrebbe causare danni per la salute dell'uomo, o per la qualità dell'ecosistema e dell'ambiente, tale situazione deve essere identificata quale "condizione di emergenza".

A titolo indicativo, di seguito sono elencate le più comuni condizioni di emergenza riscontrabili nelle aree minerarie dismesse, in ciascuna delle fasi sopradescritte.

Nella Fase 1:

- condizioni di instabilità statica degli abbancamenti dei residui minerari che possono determinare un pericolo per l'incolumità delle persone, quali eventi franosi su edifici o infrastrutture;
- lavori minerari aperti, quali: pozzi, gallerie, scavi o edifici pericolanti;
- rifiuti di natura diversa da quelli estrattivi, abbandonati sul territorio, quali, ad esempio oli esausti, trasformatori elettrici, serbatoi con residui, materiali ferrosi, materiali contenenti amianto.

Nella Fase 2:

- condizioni di instabilità statica degli abbancamenti dei residui minerari;
- dispersione, con conseguente pericolo chimico rilevante, dei residui di trattamento mineralurgico a granulometria fine nelle matrici ambientali;
- immissione delle acque di miniera, con elevate concentrazioni di contaminanti, nei corpi idrici superficiali.

Quantunque le condizioni di emergenza sopraelencate non siano spesso riconducibili ad eventi recenti, ma derivino dalle pregresse attività estrattive condotte secondo le pratiche usuali dei tempi passati e pertanto senza l'obbligo di porre in essere i minimi presidi necessari alla salvaguardia dell'ambiente, in alcuni casi lo stato di abbandono delle aree minerarie dismesse può condurre al verificarsi di un'improvvisa modifica dell'ambiente e comportare un potenziale pericolo immediato per la salute dell'uomo o per la qualità dell'ambiente.

Per questo motivo, nelle citate fasi di indagine, ma anche nel corso delle opere di bonifica, deve essere valutata la necessità di intervenire in emergenza ed evitare un aggravamento ulteriore dello stato di compromissione di queste aree.

3.2. Interventi di MISE

Ove si riscontri una condizione di emergenza è necessario agire tempestivamente, mediante interventi atti ad impedire effetti dannosi per l'ambiente e per la salute umana. In particolare si dovranno eseguire:

- interventi atti ad impedire la diffusione della contaminazione verso le matrici ambientali circostanti;
- interventi atti ad impedire il contatto diretto dei contaminanti con i possibili fruitori dell'area (anche occasionali).

Qualora le azioni sopradette vengano attuate in un'area in cui sia già stata formulata una linea di progetto operativo degli interventi, occorre individuare delle misure di messa in sicurezza d'emergenza che non compromettano, dal punto di vista tecnico ed economico, gli interventi successivi.

In ogni caso le misure di MISE dovranno prevedere l'utilizzo delle "migliori tecniche di intervento a costi sostenibili" (Best Available Technology Not Entailing Excessive Costs, BATNEEC).

3.3. Valutazione degli interventi

Gli interventi di messa in sicurezza da porre in essere, saranno ritenuti di MISE qualora siano attuati in evidente "condizione di emergenza" e le azioni proposte e/o poste in atto, rispondano alle condizioni descritte nel precedente paragrafo (Interventi di MISE).

È bene precisare che nella maggior parte dei casi, le aree minerarie dismesse si trovano in una condizione di compromissione dovuta alla diffusione della contaminazione già avvenuta da diversi decenni. Gli interventi in questi casi dovranno essere conformi ai medesimi criteri sopradescritti e seguiranno l'iter procedurale specifico descritto al capitolo 1.

3.4. Criteri tecnici d' intervento

La tabella 3.1. delinea alcuni criteri tecnici generali a cui far riferimento nell'attuazione degli interventi di messa in sicurezza qualora valutati di emergenza.

Intervento	Funzione	Tecnologia	Criteri tecnici
Sistemi di stabilizzazione statica degli abbancamenti di fini minerari	<ul style="list-style-type: none"> – Impedire smottamenti e frane dei rifiuti di estrazione su edifici e infrastrutture – Contenere la mobilità delle particelle degli inquinanti 	Sistemi di contenimento al piede degli abbancamenti di fini minerari e copertura impermeabile	<ul style="list-style-type: none"> – Sistemi di gabbionate al piede per il contenimento statico degli abbancamenti. Ove necessaria l'impermeabilizzazione della gabbionatura occorre prevedere un adeguato sistema di drenaggio e il trattamento del percolato in relazione alla qualità delle acque. – Canale di guardia per eliminare l'erosione dei fini minerari da parte delle acque di ruscellamento. – Sistema di impermeabilizzazione (capping) che impedisca l'erosione dei fini minerari da parte delle acque zenitali.
Residui minerari a granulometria fine, dispersi negli alvei fluviali	Limitare la dispersione dei contaminanti nelle acque superficiali e nei suoli circostanti l'alveo	<ul style="list-style-type: none"> – Rimozione dei materiali eventualmente presenti nel reticolo idrografico superficiale e nei sedimenti naturali – Contenimento dell'erosione mediante diaframmi 	A seguito della rimozione dei residui minerari dispersi nei letti fluviali ed in funzione dei nuovi profili degli alvei, sarà necessario procedere a diverse opere di sistemazione degli alvei. Nel caso di capping in situ, occorre prevedere le opportune limitazioni d'uso dell'area.
Chiusura degli accessi ai lavori in sotterraneo (gallerie, pozzi, fornelli) e degli scavi minerari	<ul style="list-style-type: none"> – prevenire situazioni di pericolo per l'incolumità delle persone – impedire l'accesso a luoghi pericolosi 	La chiusura delle gallerie dovrà essere realizzata secondo quanto previsto dal Serv. Attività estrattive dell'Ass. Industria della RAS	Nel caso in cui si preveda l'utilizzo di materiale lapideo per il riempimento dei pozzi, fornelli o gallerie, lo stesso dovrà essere conforme a quanto stabilito dall'articolo 10 del D.Lgs 117/08.
Rifiuti dispersi	Rimozione dei rifiuti dispersi nell'area mineraria, in particolare di materiali contenenti amianto (MCA), attrezzature minerarie contenenti sostanze pericolose, cumuli di rifiuti entro gli edifici minerari, strutture in legno o ferro pericolanti o potenzialmente pericolose per l'incolumità delle persone.	Si procederà alla rimozione secondo la seguente priorità: <ul style="list-style-type: none"> – rifiuti costituiti da MCA; – sostanze pericolose; – rifiuti e strutture in legno o ferro. 	I lavori di rimozione dei MCA dovranno essere realizzati nel rispetto integrale della normativa di settore. I rifiuti contenenti sostanze pericolose dovranno essere caratterizzati ai fini della loro classificazione, secondo quanto previsto dalla vigente normativa in materia di rifiuti e gestiti come tali. Qualora vengano previste delle aree di stoccaggio temporaneo, queste dovranno essere opportunamente predisposte al fine di mantenere isolati dalle matrici ambientali i rifiuti accumulati (tramite impermeabilizzazione del fondo, copertura, appositi contenitori ecc.).
Sistemi di trattamento delle acque contaminate che scaturiscono da lavori minerari	Abbattimento dei contaminanti inorganici (*)	impianti di depurazione tradizionali (es. trattamento con correttori di pH, agenti ossidanti, e flocculanti)	La realizzazione degli interventi dovrà prediligere la minimizzazione della produzione dei residui da smaltire.

Tabella 3.1. – Criteri tecnici di intervento

* Qualora le migliori tecniche di intervento non consentano l'abbattimento totale a costi sostenibili occorre valutare un adeguato rapporto tra minimizzazione del carico inquinante e qualità del corpo idrico ricettore.

4. FONDO NATURALE

La definizione di un sito potenzialmente contaminato nella normativa ambientale vigente (D.Lgs. 152/06) prevede, per quanto riguarda il suolo ed il sottosuolo, il prelievo di campioni rappresentativi, la determinazione delle concentrazioni di contaminanti ed il confronto con i valori indicati in una specifica tabella (Concentrazioni Soglia di Contaminazione) ovvero con i valori di fondo naturale.

Una volta completata la caratterizzazione del sito, la successiva fase di bonifica dovrebbe prevedere la rimozione di tutte le fonti di inquinamento, tra le quali i rifiuti derivanti dall'attività estrattiva. Tuttavia l'attività mineraria ha prodotto ingenti volumi di materiali di scarto per i quali le operazioni di bonifica o messa in sicurezza permanente potrebbero determinare condizioni ambientali e paesaggistiche del contesto territoriale non sostenibili. Peraltro le caratteristiche chimico-fisiche dei rifiuti di estrazione che non hanno subito trattamenti mineralurgici sono generalmente simili a quelle dei terreni naturali che ospitano i giacimenti minerari.

Di conseguenza la necessità di proseguire con le indagini ed eventualmente con la bonifica deve derivare da una comparazione tra i valori di concentrazione di contaminanti del centro di pericolo e quelli del fondo naturale.

Nel caso si possa ipotizzare che, nello specifico sito, alcuni valori di concentrazione di contaminanti derivino dai suoli naturali ivi presenti e non, o non solo, dalla sorgente di contaminazione è necessario determinare i valori di fondo naturale per quel sito.

Determinato il fondo naturale, per decidere se il sito possa essere definito potenzialmente contaminato dovranno quindi essere definiti i valori di riferimento: se i valori del fondo naturale sono sempre superiori a quelli delle colonne A e B della tabella 1, allegato 5 al titolo V della parte quarta del D.Lgs.152/06, le concentrazioni del fondo naturale costituiscono i valori di riferimento; se per uno o più contaminanti i valori di fondo naturale sono inferiori a quelli delle tabelle, i valori di riferimento dovranno essere costituiti, per questi soli contaminanti, utilizzando le concentrazioni delle tabelle citate.

I valori di riferimento potranno quindi essere costituiti in parte dalle concentrazioni di fondo naturale ed in parte dalle concentrazioni indicate dalle tabelle citate del D.Lgs.152/06; in quest'ultimo caso dovranno essere utilizzati i valori della colonna appropriata in relazione all'utilizzo dell'area in oggetto (industriale o residenziale).

Sarà quindi il confronto tra le concentrazioni di contaminanti presenti sul sito ed i valori di riferimento a definire se il sito debba essere classificato come potenzialmente contaminato.

Il primo passo è comunque la determinazione del fondo naturale, che è definito come la concentrazione in uno specifico elemento o sostanza chimica naturalmente presente nel suolo del territorio oggetto di indagine e non influenzata da attività antropiche.

Il territorio che ospita una miniera, ed in particolare la zona estrattiva, è quasi sempre caratterizzato da concentrazioni anomale della sostanza chimica oggetto della coltivazione³.

4.1. Individuazione dell'area di prelievo dei campioni di fondo naturale

Obiettivo del calcolo dei valori di fondo naturale è la valutazione della necessità di interventi di bonifica sui centri di pericolo evidenziati dalla caratterizzazione dell'area mineraria; è quindi necessario conoscere l'ubicazione e la geometria dei centri di pericolo e le caratteristiche geologiche e pedologiche dell'area che li ospita.

Infatti la composizione dei suoli dipende direttamente da quella delle rocce che li hanno originati e domini litologici differenti, in generale, determineranno suoli differenti.

Ulteriori differenze composizionali saranno determinate dai processi morfogenetici presenti o passati; dal punto di vista della determinazione del fondo naturale, schematicamente e a grande scala i suoli possono essere suddivisi in residuali (formato dai processi pedogenetici sulle rocce) e trasportati (legati all'azione erosiva delle acque ed al deposito nelle aree vallive).

Per individuare l'area per il prelievo dei campioni di fondo naturale deve essere predisposta una cartografia che riporti i centri di pericolo, i domini litologici, gli eventuali suoli trasportati quali le alluvioni recenti o antiche.

Nella cartografia si selezionerà il dominio litologico che ospita i centri di pericolo e, al suo interno, si individuerà un'area su cui programmare il prelievo dei campioni di fondo naturale. L'area deve possedere i seguenti requisiti:

- appartenenza al dominio litologico che ospita i centri di pericolo;
- assenza di attività antropiche, in particolare minerarie, al suo interno;
- assenza di attività antropiche, in particolare minerarie, a monte;
- caratteristiche pedologiche simili a quelle dell'area che ospita i centri di pericolo;
- caratteristiche giacimentologiche simili a quelle dell'area che ospita i centri di pericolo;
- l'area non deve essere interessata dalla deposizione delle polveri provenienti dai centri di pericolo.

In generale l'area per il prelievo dei campioni di fondo naturale dovrebbe avere le medesime caratteristiche fisiche, chimiche, geo-giacimentologiche e biologiche dell'area oggetto di indagine, ma non essere stata interessata da attività mineraria. Evidentemente un'area simile non esiste, in particolare per le caratteristiche geo-giacimentologiche simili a quelle della miniera: se fosse esistita probabilmente i prospector minerari l'avrebbero trovata, il giacimento sarebbe stato coltivato e l'area non potrebbe dirsi priva di attività mineraria.

È necessario quindi analizzare in dettaglio le aree di affioramento del litotipo di interesse, utilizzando i dati disponibili ed effettuando appositi sopralluoghi, ed

³ Non lo sono i giacimenti sotterranei senza affioramento della roccia incassante e ciò comporta la generale necessità di definizione dei valori di fondo naturale nel corso della caratterizzazione di un'area mineraria.

individuare la porzione di territorio assimilabile all'area mineraria precedentemente allo sviluppo dell'attività estrattiva.

Nel caso di un giacimento impostato su una struttura tettonica, quali ad esempio i filoni quarzosi mineralizzati a Pb-Zn del Guspinese, si dovranno individuare porzioni della struttura non coltivate per motivi quali, ad esempio, la ridotta potenza del filone, ed impostare su di essa la maglia di prelievo dei campioni.

In caso di giacimenti in masse o diffusi si dovrà optare, se possibile, per un'area immediatamente a monte delle gallerie o degli scavi a quote più elevate.

In sintesi, questa prima fase di lavoro per il calcolo dei valori di fondo naturale prevede:

- Realizzazione di una carta dei domini litologici dell'area perimetrata, eventualmente estesa ai bacini idrografici circostanti, che riporti la geologia, le strutture tettoniche e la giacimentologia;
- Individuazione dei centri di pericolo dell'area mineraria, classificati per tipologia (discariche minerarie, bacini sterili, abbancamenti di residui di trattamento), e di tutte le strutture di servizio all'attività mineraria presenti sul territorio, quali ad esempio scavi, imbocchi di gallerie, discariche di tracciamento, strade di cantiere, ecc.;
- Sovrapposizione cartografica dei centri di pericolo sulla carta dei domini litologici;
- Individuazione del dominio litologico (o dei domini litologici) che ospita i centri di pericolo;
- Selezione di una o più porzioni di territorio (aree di prelievo dei campioni di fondo naturale), del dominio litologico individuato, rappresentative della geogiacimentologia dell'area mineraria, non interessate direttamente o indirettamente dai centri di pericolo.

Nel caso i centri di pericolo ricadano su due o più domini litologici differenti dovranno essere calcolati due o più set di valori di fondo e quindi la selezione delle aree di prelievo dei campioni di fondo naturale dovrà essere eseguita separatamente per ogni dominio litologico di interesse.

Non dovranno invece essere calcolati i valori di fondo naturale dei domini litologici non interessati dalla presenza di centri di pericolo oggetto potenziale di interventi di bonifica.

In relazione alle caratteristiche dell'area mineraria potrebbe essere opportuno o necessario determinare valori di fondo differenti per differenti aree della miniera. Ad esempio, nel caso di un'area estrattiva a notevole distanza, anche se sul medesimo dominio litologico, dall'area degli impianti di trattamento, dovranno essere calcolati due set di valori di fondo; quello per l'area estrattiva, verosimilmente caratterizzato da valori elevati nelle sostanze oggetto di coltivazione, non potrà essere utilizzato per valutare la necessità di interventi di bonifica nell'area degli impianti, presumibilmente priva di mineralizzazioni.

4.2. Prelievo dei campioni di fondo naturale

Sulle aree del dominio litologico appositamente individuate costruire una o più maglie regolari, con spaziatura minima di 50 metri, che consentano il prelievo di un numero di campioni tra 15 e 30⁴.

Sulla stazione di campionatura si preleverà un campione di suolo superficiale secondo le modalità indicate nel paragrafo 2.4.1.. Preventivamente al prelievo del campione, si verificherà sul posto l'esistenza dei requisiti di fondo naturale elencati nel paragrafo 4.1..

Quale regola generale, valida per qualunque campione prelevato nel corso del Piano di caratterizzazione, sarà cura dell'operatore compilare l'apposita scheda di campionatura (allegato E) e documentare il prelievo mediante due fotografie che mostrino il contesto del punto di prelievo ed il dettaglio del campione e dello scavo eseguito per il prelievo.

4.3. Calcolo del valore di fondo naturale

I dati dei campioni prelevati per il fondo naturale, controllati per quanto riguarda i requisiti di fondo naturale e per l'attendibilità delle analisi chimiche, costituiranno il set di dati che sarà elaborato statisticamente per la definizione dei valori di fondo.

Nel caso siano presenti campioni, definiti "non detect" con valori sotto la soglia di rilevabilità dello strumento analitico ("detection limit"), per costituire il set di dati sostituire il non detect con un valore pari alla metà del detection limit.

Considerato che lo scopo del calcolo dei valori di fondo naturale è l'utilizzo di tali valori in sostituzione delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione nel processo di valutazione sulla contaminazione dei centri di pericolo, tale calcolo andrà eseguito per i soli contaminanti che, in almeno un centro di pericolo, superano le CSC.

Costituito il set di dati, utilizzare il software ProUCL 4.0, distribuito da USEPA (United States Environmental Protection Agency), e determinare l'Upper Prediction Limit (95% UPL) per ogni contaminante. L'UPL, calcolabile dal menù a tendina "background", in generale coincide con il valore massimo osservato e tende al 95° percentile al crescere della popolazione⁵.

Si raccomanda un'accurata lettura del manuale d'uso del software ProUCL (http://epa.gov/esd/tsc/TSC_form.htm).

Nel caso non fosse possibile determinare i valori di fondo naturale secondo le modalità descritte, potranno essere proposte metodologie alternative, che dovranno essere concordate con l'ente competente.

⁴ Un numero elevato di campioni determina una maggiore probabilità di calcolo del valore di fondo corretto; le caratteristiche del territorio oggetto di indagine determineranno il numero effettivo di campioni che è possibile prelevare, tenendo presente che un set di dati costituito da meno di 10 dati potrebbe portare ad elaborazioni statistiche non corrette.

⁵ La scelta dell'UPL rispetto al 95° percentile è conseguente ai problemi di ambiguità che derivano dall'utilizzo di quest'ultimo: se da un set di dati si calcola il 95° percentile si ottiene un valore sempre più basso del massimo; ciò significa che il campione che ha restituito il valore massimo, che per definizione è un terreno naturale, avendo concentrazione superiore al valore di fondo naturale dovrebbe essere oggetto di bonifica. Nel caso dell'UPL ciò non avviene. Il punto sostanziale del calcolo dei valori di fondo non è la scelta del metodo statistico, ma la corretta individuazione dei punti di campionatura ed il controllo accurato dell'ente competente su un'attività che porta alla ridefinizione dei limiti di legge.

5. GERARCHIZZAZIONE DEI CENTRI DI PERICOLO

Un sito minerario è generalmente costituito da una porzione di territorio sede del giacimento oggetto di coltivazione (“area estrattiva”), dagli impianti di trattamento per l’arricchimento del minerale (“area impianti”) e dalle aree su cui vengono abbancati i residui del trattamento (“area sterili”).

Nell’area estrattiva sono presenti gli scavi, le gallerie, i vuoti in sotterraneo, ma anche le discariche di materiali poco o per nulla mineralizzati derivati dallo scappellamento degli scavi oppure dallo scavo di gallerie di esplorazione o di tracciamento del minerale o ancora utilizzate per servizi diversi della miniera. Queste discariche, costituite prevalentemente da materiali a granulometria grossolana, sono ubicate nell’immediato intorno dell’opera di scavo, generalmente subito a valle, e sono state realizzate abbancando la roccia estratta dallo scavo direttamente sulla superficie naturale del terreno.

La loro ubicazione disseminata sul territorio, spesso nelle zone più impervie, e la loro visibilità evidenziata dal contrasto con la vegetazione, le rende uno dei simboli identificativi di un’area mineraria.

L’area degli impianti concentra le attività proprie dell’attività mineraria e qui sono presenti gli edifici degli impianti di frantumazione e trattamento del minerale, le cabine elettriche, i laboratori, le officine, i magazzini e, spesso, anche il borgo dei minatori.

In quest’area vengono creati i cumuli di minerale da arricchire (“tout-venant”) e quelli di minerale arricchito (“concentrato”), generalmente suddivisi per tipologia (concentrati di piombo, concentrati di zinco, ecc.) e custoditi in apposite strutture; sono presenti piazzali di servizio della miniera, costruiti talora utilizzando materiale di riporto derivato direttamente dalle frazioni di scarto del minerale; possono essere presenti fenomeni di contaminazione non legati ai metalli del giacimento, ma alle sostanze utilizzate per il trattamento (“reagenti”) oppure agli idrocarburi utilizzati dai macchinari.

L’area sterili ospita i materiali (definiti appunto “sterili”), generalmente a granulometria fine, residui dei processi di arricchimento del minerale. Gli sterili, in forma di torbida, sono accumulati entro bacini di decantazione (“bacini sterili”) nei quali avviene la separazione tra solido e liquido, spesso con recupero di quest’ultimo. Nelle miniere più piccole e più vecchie gli impianti venivano costruiti in corrispondenza di un corso d’acqua e gli sterili li direttamente sversati, lasciando al fiume il compito dello smaltimento.

Tale processo è proseguito sino ad anni relativamente recenti e le società minerarie, quale normale pratica mineraria, usavano aprire periodicamente le dighe dei bacini sterili per svuotarli ed avere nuovo spazio per le attività future; di fatto, le dighe sterili avevano lo scopo di limitare le lamentele delle popolazioni locali: tipico è l’esempio della diga a paratie mobili della miniera di Montevecchio, ubicata alla foce del Rio Piscinas, e costruita, su richiesta delle società concessionarie di tonnare, per impedire ai fanghi di flottazione di raggiungere il mare nel periodo di passaggio dei tonni.

La conseguenza di questo metodo di smaltimento è la diffusione dei residui di trattamento dall’impianto

verso valle, lungo tutto l'alveo del corso d'acqua, con accumulo nelle zone più favorevoli dal punto di vista della dinamica fluviale.

In conclusione, un sito minerario è costituito da una estesa porzione di territorio ("area vasta"), generalmente non interessata da contaminazione, che include dei centri di pericolo, di dimensioni e caratteristiche diverse e quindi di pericolosità relativa diversa, dispersi nell'area vasta, spesso anche a diverse centinaia di metri l'uno dall'altro.

L'ampiezza delle problematiche relative alla bonifica delle aree minerarie in Sardegna, le limitate risorse economiche ad esso destinate ma anche le caratteristiche specifiche della gran parte dei centri di pericolo richiedono che, all'interno di un'area mineraria, siano definite delle priorità di intervento.

Conseguentemente, una volta determinate, con il Piano della caratterizzazione, le proprietà di tutti i centri di pericolo, primari e secondari, è necessario gerarchizzarli con una metodologia standard, in modo da consentire l'esecuzione di indagini specifiche ed esecuzione di interventi di bonifica o messa in sicurezza permanente per quelli di maggior rischio relativo.

I criteri e le metodologie di gerarchizzazione possono essere molti e molto differenti, in relazione alle finalità dell'operatore; è possibile infatti gerarchizzare i centri di pericolo per tipologia e contenuto dei contaminanti, per parametri economici (valore dell'area su cui insistono, costo di bonifica, ecc.), per parametri geografici e di contesto (ubicazione in prossimità di centri abitati, di attività produttive ecc.), in relazione alle esigenze di pianificazione territoriale, oppure per un complesso di parametri di natura differente opportunamente collegati.

La Regione Emilia-Romagna ha messo a punto una procedura di analisi relativa di rischio da applicare all'anagrafe regionale dei siti contaminati e denominata A.R.G.I.A. (Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe), che ha lo scopo di gerarchizzare i siti contaminati, in relazione alla loro pericolosità relativa, con l'obiettivo di definire delle priorità di intervento.

ARGIA si basa su un modello concettuale standard (figura 5.1.) e si applica ai siti contaminati censiti dall'anagrafe regionale, di dimensioni spesso rilevanti e ubicati in località anche molto distanti. Le principali caratteristiche sono la facilità di applicazione anche senza il supporto di alcun software, la tracciabilità e la facile identificazione dei percorsi logico/metodologici seguiti, l'applicabilità anche a livello di screening preliminare con poche informazioni disponibili, l'estensibilità a ulteriori livelli di approfondimento dei dati, conservando sempre un criterio di massima cautela, la confrontabilità con i risultati ottenibili attraverso l'applicazione di metodi di analisi assoluta del rischio, la sensibilità agli effetti degli interventi di bonifica.

Sulla base di questa esperienza, l'Ufficio del Commissario ha modificato la procedura ARGIA con l'obiettivo specifico di applicarla ad una singola area mineraria, confrontare centri di pericolo ad essa appartenenti e definirne la pericolosità relativa.

L'applicazione della procedura ARGIA modificata per le aree minerarie consentirà di elaborare una gerarchia di pericolosità dei centri di pericolo basata su dati oggettivi, sostituendo le convinzioni intuitive degli operatori che attualmente determinano l'utilizzo delle risorse economiche destinate alla bonifica delle aree minerarie.

Sulla base della gerarchia si potrà:

- selezionare i centri di pericolo su cui applicare l'analisi assoluta di rischio;
- individuare i centri di pericolo che necessitano di interventi di bonifica o messa in sicurezza permanente;
- definire le risorse economiche che sarebbero necessarie per la bonifica dell'area mineraria;
- suddividere nel modo più corretto le risorse economiche disponibili.

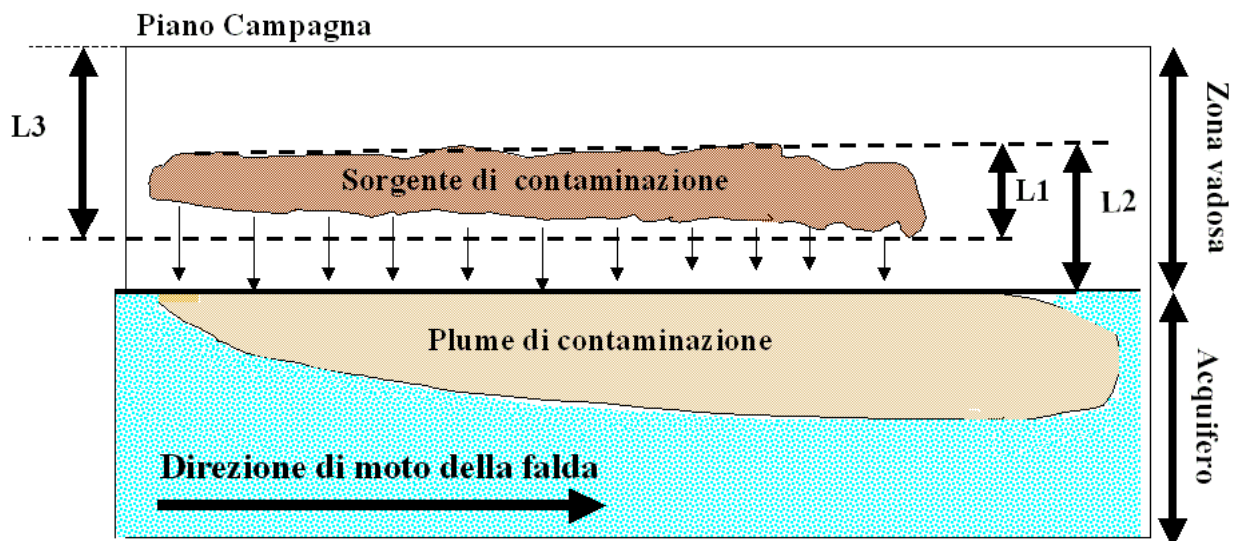


Figura 5.1. – Modello concettuale della procedura ARGIA

Le modifiche previste per l'applicazione di ARGIA ad un'area mineraria si basano su due principali aspetti:

- la nuova procedura deve confrontare centri di pericolo interni ad un'unica area mineraria, per cui le schede punteggi relative a parametri comuni a tutta l'area mineraria (ad esempio la scheda punteggi 15/27, relativa alla localizzazione del sito per scopi idrologici) non influiscono sulla gerarchia e possono quindi essere trascurate;
- il modello concettuale tipico di un'area mineraria, che deve essere utilizzato dalla procedura modificata, è molto differente da quello standard utilizzato da ARGIA, e ciò ha richiesto l'elaborazione di alcune nuove schede punteggi (relative alla dispersione sul suolo dei residui contaminati, alla granulometria dei residui stessi ed alla posizione del centro di pericolo in relazione alla morfologia del sito).

La procedura realizzata a partire dall'ARGIA è stata denominata **ARAGNA** (Analisi relativa di **R**ischio alle **A**ree minerarie dismesse della Sarde**GNA**).

5.1. Centri di pericolo di un'area mineraria

All'interno dell'area vasta che perimetra un'area mineraria si possono distinguere:

- un'area estrattiva, spesso organizzata in più cantieri di estrazione;
- un'area impianti, che racchiude gli impianti di trattamento e, in genere, le strutture di servizio della miniera;
- un'area sterili, con i bacini di decantazione dei residui di trattamento;
- il territorio a valle dell'area sterili, con gli accumuli dei residui di trattamento.

I cantieri minerari si sviluppano, nella gran parte dei casi, con lavori in superficie ed in sotterraneo. Questi ultimi spesso intersecano la falda acquifera che viene depressa, nel periodo di attività della miniera, per consentire la coltivazione; nel momento in cui la miniera viene chiusa la falda risale, invadendo le gallerie ed i vuoti sotterranei, sino a trovare un naturale deflusso verso l'esterno, generalmente costituito dalla galleria di quota più bassa.

Se il giacimento è ospitato da litotipi carbonatici il reticolo dei lavori sotterranei si unisce a quello carsico.

I centri di pericolo generalmente presenti nell'area estrattiva sono le discariche di detrito a granulometria grossolana legate alla presenza di scavi o di gallerie e, in qualche caso, le acque sotterranee contaminate dal contatto con le mineralizzazioni presenti sulle pareti delle gallerie e dei vuoti minerari, oppure dal passaggio entro le ripiene minerarie.

Il modello concettuale di tale porzione di area mineraria deve prevedere quindi una possibile trasmissione della contaminazione attraverso il trasporto solido che, a causa del ruscellamento superficiale, erode le discariche minerarie, ma anche per dissoluzione dei contaminanti nelle acque di infiltrazione e quindi attraverso la falda sotterranea. La possibilità di dissoluzione dei contaminanti deve essere considerata anche nel caso in cui quest'ultima circoli nei lavori in sotterraneo.

In generale, considerate le granulometrie grossolane presenti nelle discariche minerarie, non si avrà trasporto eolico rilevante.

Nelle aree degli impianti mineralurgici i centri di pericolo sono generalmente costituiti da discariche minerarie legate a gallerie di carreggio, da cumuli di materiale che, per diversi motivi, non è stato trattato e dagli impianti stessi e tutte le aree di servizio (cabine elettriche, officine, aree di deposito di reagenti e concentrati ecc.) che potrebbero essere contaminate a causa delle sostanze utilizzate per il funzionamento degli impianti e della miniera.

Gli impianti sono generalmente ubicati su pendii e quindi su basamento roccioso e la trasmissione della contaminazione avviene principalmente per trasporto solido, in particolare a valle degli impianti di trattamento. Nel caso il basamento sia permeabile si potrebbe avere una contaminazione delle acque sotterranee, mentre se l'impianto o il bacino sterili è ubicato su litologie quali, ad esempio, gli argilloscisti, deve essere prevista la possibilità della presenza di una falda nella parte superficiale e fratturata del basamento.

In genere immediatamente a valle degli impianti di trattamento è ubicata l'area sterili, con i centri di pericolo rappresentati dai bacini di decantazione delle torbide che convogliano i residui del trattamento, ma anche dagli abbancamenti senza confinamenti dei medesimi materiali.

Per la costruzione dei bacini sterili, al fine di evitare la contaminazione delle falde acquifere, ma anche per non disperdere l'acqua che veniva riutilizzata in impianto, spesso si utilizzavano aree con substrato impermeabile; le dighe venivano periodicamente aperte ed i bacini svuotati.

Anche in questo caso la trasmissione della contaminazione avviene principalmente per trasporto solido, ma un'importante componente di trasporto eolico si ha nell'immediato intorno delle aree dei bacini di decantazione dei fini di trattamento.

I residui del trattamento mineralurgico che, per carenze nella gestione dei bacini sterili o perché direttamente riversati negli alvei, sono stati trasportati dalle acque superficiali verso valle, si accumulano, per i normali fenomeni di dinamica fluviale, lungo gli alvei ed infine nelle piane di fondo valle.

Si potrà avere quindi un primo tratto di corso d'acqua, impostato su basamento roccioso, dove la trasmissione della contaminazione avverrà per trasporto solido e sarà limitata sulle sponde dalla massima altezza raggiunta durante le piene, ed un tratto dove invece il corso d'acqua raggiunge la piana alluvionale ed i sedimenti contaminati potranno trovarsi dispersi nell'intera area di esondazione.

In questo caso si avrà anche una dispersione per dissoluzione dei contaminanti e trasferimento alla falda dell'acquifero alluvionale, così come in caso di basamento permeabile e trasferimento verso la falda sottostante.

Il trasporto eolico è in genere limitato dalla presenza di livelli di fini residui del trattamento entro strati alluvionali non contaminati.

5.2. La procedura ARAGNA

La procedura ARAGNA deriva direttamente da ARGIA, che deve essere ben conosciuta dall'operatore; si raccomanda quindi la lettura del manuale operativo ARGIA (Allegato H), in particolare per quanto riguarda i paragrafi introduttivi all'analisi di rischio.

Per l'applicazione di ARAGNA ad un sito minerario è necessario aver completato il Piano di caratterizzazione e disporre quindi di tutti i dati necessari alla compilazione delle "schede punteggio" e delle "schede operative".

ARAGNA si compone infatti delle seguenti 6 schede operative⁶ (Allegato I):

⁶ ARGIA ha delle schede operative specifiche per la selezione dei contaminanti rilevanti nelle acque (scheda B) e nei serbatoi, contenitori, bidoni (scheda C). In ARAGNA queste schede sono state eliminate. Nel primo caso perché lo scopo della procedura è di mettere a confronto centri di pericolo di caratteristiche fisiche analoghe e non accumuli di residui minerari con acquiferi; inoltre l'associazione tra un singolo centro di pericolo di un'area mineraria e la presenza di un acquifero contaminato è difficilmente dimostrabile. Nel secondo caso la citata tipologia di rifiuti viene sempre rimossa dalle aree minerarie dismesse quale misura di messa in sicurezza di emergenza nel corso del Piano di caratterizzazione. Al fine di evitare confusioni si è preferito mantenere la denominazione delle schede definita da ARGIA.

Scheda operativa	Tema	Note
A	selezione dei contaminanti rilevanti nel suolo	
D	calcolo del contributo della sorgente	da compilare per ogni contaminante rilevante
E	calcolo del contributo delle vie di trasporto	
F	calcolo del contributo dei recettori	
G	scheda riassuntiva del singolo contaminante	da compilare per ogni contaminante rilevante
H	scheda riassuntiva complessiva	definisce l'Indice di Rischio complessivo del CdP

Tabella 5.1. – Schede operative della procedura ARAGNA

Le schede operative devono essere completate inserendo i valori ottenuti dall'utilizzo delle 24 seguenti schede punteggi (Allegato L):

Scheda punteggi	Fattore rilevante	Parametro	Tipo
1-VOL	sorgente	volume del centro di pericolo	
2-DIS	sorgente	dispersione della contaminazione	
3-CCF_RIP (a, b)	sorgente	caratteristiche chimico-fisiche dell'inquinante	fattori di ripartizione
4-TOX (a, b, c)	sorgente	tossicità	
5-CON	sorgente	concentrazione rappresentativa dell'inquinante	
6-MCO (a, b)	sorgente	modalità di contenimento dell'inquinante	
7-GRA	sorgente	granulometria dei residui	
8-MOR	sorgente	posizione della sorgente in relazione alla morfologia del sito	
9-ACC	sorgente	condizioni di accessibilità del sito	
10-T_ASO_SOG	via di trasporto	soggiacenza della falda	acque sotterranee
11-T_ASO_ACQ	via di trasporto	tipologia dell'acquifero	acque sotterranee
12-T_ASO_LIT	via di trasporto	litotipo dell'acquifero	acque sotterranee
13-T_ASO_DIS	via di trasporto	distanza dalla falda	acque sotterranee
14-T_ASU_LOC	via di trasporto	tempi di ritorno delle piene	acque superficiali
15-T_ASU_POR	via di trasporto	portata	acque superficiali
16-T_ASU_PIO	via di trasporto	piovosità	acque superficiali
17-T_ASU_IDR	via di trasporto	densità idrografica	acque superficiali
18-T_ASU_RUS	via di trasporto	ruscellamento	acque superficiali
19-T_ASU_FCO	via di trasporto	frazione carbonio organico	acque superficiali
20-T_PRO	via di trasporto	profondità del top della zona contaminata	
21-T_AIR_SIN	via di trasporto	indice sinottico	aria
22-T_SOI_LIT	via di trasporto	litotipi della zona vadosa	suolo
23-R_UMA_NDE	recettore	numero, distanza, tipo di esposizione	umano
24-R_NAR_SEN	recettore	densità zone sensibili	naturale-artistico

Tabella 5.2. – Schede punteggi della procedura ARAGNA

5.3. Applicazione della procedura ARAGNA

La prima fase operativa nell'applicazione della procedura ARAGNA ad un'area mineraria consiste nel riorganizzare i dati necessari da utilizzare nelle schede punteggio e nelle schede operative.

La prima scheda operativa (scheda operativa A) permette di individuare i contaminanti rilevanti per il centro di pericolo in fase di valutazione. I dati da utilizzare per la completa compilazione della scheda sono:

- concentrazione rappresentativa per tutti i contaminanti la cui concentrazione supera i limiti normativi di riferimento;
- volume del materiale contaminato, corrispondente al volume della discarica, del bacino sterili o dell'abbancamento in oggetto.

La seconda scheda operativa (scheda operativa D) definisce il contributo della sorgente al rischio complessivo, corretto in relazione alle vie di trasporto. I dati da utilizzare per la completa compilazione della scheda sono:

- superficie della discarica, del bacino sterili o dell'abbancamento in oggetto;
- granulometria del materiale;

inoltre è necessario disporre di informazioni su:

- modalità di contenimento della sorgente di contaminazione (es. dispersa sul suolo, racchiusa entro un bacino ecc.);
- posizione geografica del centro di pericolo rispetto alla morfologia del sito ed alla presenza di impluvi;
- condizioni di accessibilità al centro di pericolo.

Per la compilazione della terza scheda operativa (scheda operativa E), che definisce il contributo delle vie di trasporto, è necessario conoscere:

- la soggiacenza della falda;
- la potenza media del centro di pericolo;
- contenuto in carbonio organico;

inoltre è necessario disporre di informazioni su:

- tipologia dell'acquifero (libero, semiconfinato, confinato);
- litotipo dell'acquifero.

Per la compilazione della quarta scheda operativa (scheda operativa F), che definisce il contributo dei recettori, è necessario conoscere:

- numero di residenti e lavoratori in un intorno di 100, 1000, 3000 e 5000 metri dal centro di pericolo, sulla base di un'intersezione tra il bacino idrografico di riferimento (l'area perimetrata) ed i buffer concentrici di raggio 100, 1000, 3000 e 5000 metri.

Le successive schede operative sono schede riassuntive ed utilizzano i dati presenti nelle precedenti.

Raccolti i dati e le informazioni necessari per ogni centro di pericolo presente nell'area mineraria, si può procedere alla compilazione delle schede operative del primo centro di pericolo e definire il rischio relativo di quel centro di pericolo rispetto al totale dei centri di pericolo dell'area mineraria in oggetto.

5.3.1. Compilazione della scheda operativa A

Inserire nella colonna “contaminante” tutte le sostanze la cui concentrazione rappresentativa supera il limite di riferimento normativo.

Inserire nella colonna “5-CON” la concentrazione rappresentativa di ogni sostanza, calcolata secondo quanto indicato nella scheda punteggio 5-CON.

Inserire nella colonna “1-VOL” il punteggio relativo al volume del centro di pericolo, determinato, sulla base della scheda punteggio corrispondente (1-VOL), come il rapporto tra il volume in metri cubi e 10^9 .

Nella scheda operativa A sarà così definito il Carico inquinante di ogni contaminante, cioè il prodotto del volume del materiale contaminato per la concentrazione rappresentativa del contaminante.

Inserire infine nella colonna “4-TOX” il coefficiente di pericolosità intrinseca di ciascun contaminante, così come rilevato dalla scheda punteggio corrispondente (4-TOX).

Nella scheda operativa A sarà così definito, per ogni contaminante, il Coefficiente di pericolosità specifica, cioè il prodotto del coefficiente di pericolosità intrinseca per il carico inquinante.

Per semplificare il calcolo del rischio è necessario, a questo punto, determinare quali, tra tutti i contaminanti che superano i limiti normativi, sono quelli rilevanti. I contaminanti dovranno quindi essere raggruppati in due classi, quelli cancerogeni e quelli tossici (in base a quanto riportato nella scheda punteggio “4-TOX”); per ciascuna classe si seleziona il contaminante con il coefficiente di pericolosità specifica maggiore (CpsMax) e si individuano quali contaminanti (contaminanti rilevanti) hanno un coefficiente di pericolosità specifica superiore al 10% del CpsMax.

Nel seguito dell'analisi di rischio si continuerà a lavorare esclusivamente con i contaminanti rilevanti.

Utilizzo del foglio elettronico ARAGNA

Rinominare il foglio elettronico “ARAGNA_schede_operative.xls” con il nome del centro di pericolo da analizzare.

Inserire il nome del centro di pericolo nella cella C2.

Inserire nella colonna “contaminante” tutte le sostanze la cui concentrazione rappresentativa supera il limite di riferimento normativo e nella colonna “5-CON” la concentrazione rappresentativa di ogni sostanza, calcolata secondo quanto indicato nella scheda punteggio 5-CON.

Nella scheda operativa A di base sono presenti 10 tra i più frequenti contaminanti presenti nelle aree minerarie della Sardegna; valorizzare le celle relative ai contaminanti presenti nel centro di pericolo in oggetto e lasciare in bianco le altre righe. Nel caso nel centro di pericolo in oggetto siano presenti contaminanti diversi dai 10 già elencati, utilizzare, eventualmente duplicandola, la riga dell'elemento Xxxxxx.

Inserire nella cella “volume della sorgente” il volume stimato dei residui minerali abbancati nel centro di pericolo. I calcoli del coefficiente di pericolosità specifica per ogni contaminante saranno eseguiti.

Selezionare i contaminanti rilevanti, così come sopra indicato.

5.3.2. Compilazione della scheda operativa D

La scheda operativa D deve essere compilata per ogni contaminante rilevante individuato con la scheda operativa A.

Nella riga “2-DIS” inserire il punteggio relativo all'estensione del centro di pericolo, determinato, sulla base della scheda punteggio corrispondente (2-DIS), come il rapporto tra la superficie in metri quadri e un fattore dello spessore del centro di pericolo moltiplicato 10^9 . Nella compilazione manuale non si deve utilizzare il riquadro “Fattore di dispersione dalla scheda 2-DIS”.

Nella riga “3-CCF_RIP” inserire le caratteristiche chimico-fisiche del contaminante, così come rilevate dalla corrispondente scheda punteggio (3-CCF_RIP). Il dato è differente per ogni via di trasporto; trattandosi di fattori di ripartizione dal suolo alle altre matrici ambientali, per il suolo è inserito il valore 1.

Nella riga “4-TOX” inserire le caratteristiche tossicologiche del contaminante, così come rilevate dalla corrispondente scheda punteggio (4-TOX). Il dato è uguale per tutte le vie di trasporto.

Nella riga “5-CON” inserire le concentrazioni rappresentative del contaminante. Il dato è uguale per tutte le vie di trasporto.

Nella riga “6-MCO” inserire il punteggio relativo alla modalità di contenimento dei residui minerali, così come rilevato dalla corrispondente scheda punteggio (6-MCO). Il dato è differente per ogni via di trasporto.

Nella riga “7-GRA” inserire il punteggio relativo alla granulometria dei residui minerali, così come definito dalla corrispondente scheda punteggio (7-GRA). Il dato è uguale per tutte le vie di trasporto.

Nella riga “8-MOR” inserire il punteggio relativo alla posizione del centro di pericolo in relazione alla morfologia del sito, così come definito dalla corrispondente scheda punteggio (8-MOR). Il dato è uguale per tutte le vie di trasporto.

Nella riga “9-ACC” inserire il punteggio relativo alla accessibilità al centro di pericolo, così come definito dalla corrispondente scheda punteggio (9-ACC). Il dato è uguale per tutte le vie di trasporto.

Utilizzo del foglio elettronico ARAGNA

Rinominare il foglio Excel con il nome del primo contaminante rilevante del centro di pericolo in oggetto (ad esempio D_As).

Inserire il nome del contaminante rilevante nella cella E9 (nell'esempio inserire “Arsenico”).

Nella cella “Fattore di dispersione dalla scheda 2-DIS” inserire il valore del fattore relativo allo spessore medio del centro di pericolo, così come indicato nella scheda

punteggio 2-DIS. Il punteggio relativo all'estensione della contaminazione viene calcolato.

Nella riga "3-CCF_RIP" inserire le caratteristiche chimico-fisiche del contaminante rilevante, così come rilevate dalla corrispondente scheda punteggio (3-CCF_RIP). Il dato è differente per ogni via di trasporto.

Nella riga "4-TOX", in corrispondenza della colonna "Punteggio suolo", modificare la formula "=A!G36" sostituendo la cella G36 con la cella corrispondente al contaminante rilevante in oggetto (nell'esempio dell'arsenico sostituire G36 con G18). Il punteggio relativo alla tossicità del contaminante viene calcolato.

Nella riga "5-CON", in corrispondenza della colonna "Punteggio suolo", modificare la formula "=A!D36" sostituendo la cella D36 con la cella corrispondente al contaminante rilevante in oggetto (nell'esempio dell'arsenico sostituire D36 con D18). Il punteggio relativo alla concentrazione del contaminante viene calcolato.

Nella riga "6-MCO" inserire il punteggio relativo alla modalità di contenimento dei residui minerari, così come rilevato dalla corrispondente scheda punteggio (6-MCO). Il dato è differente per ogni via di trasporto.

Nella riga "7-GRA", in corrispondenza della colonna "Punteggio suolo", inserire il punteggio relativo alla granulometria dei residui minerari, così come definito dalla corrispondente scheda punteggio (7-GRA). Il punteggio relativo alla granulometria dei residui minerari viene calcolato.

Nella riga "8-MOR", in corrispondenza della colonna "Punteggio suolo", inserire il punteggio relativo alla posizione del centro di pericolo in relazione alla morfologia del sito, così come definito dalla corrispondente scheda punteggio (8-MOR). Il punteggio relativo alla posizione del centro di pericolo rispetto alla morfologia del sito viene calcolato.

Nella riga "9-ACC", in corrispondenza della colonna "Punteggio suolo" – "Residenti", inserire il punteggio relativo alla accessibilità al centro di pericolo, così come definito dalla corrispondente scheda punteggio (9-ACC). Il punteggio relativo alla accessibilità al centro di pericolo viene calcolato.

Completato l'inserimento dei dati si ottiene il punteggio totale, legato al contributo dello specifico contaminante rilevante (nell'esempio l'arsenico), per ogni via di trasmissione. La scheda D del primo contaminante rilevante (l'arsenico nell'esempio) è completa.

La scheda D deve essere completata per ogni contaminante rilevante del centro di pericolo, quindi eseguire una copia della scheda D appena completata (D_As nell'esempio) e rinominarla con il nome del secondo contaminante rilevante del centro di pericolo in oggetto (ad esempio D_Pb).

In questa seconda scheda D:

- inserire il nome del secondo contaminante rilevante nella cella E9 (nell'esempio inserire "Piombo");
- modificare la riga "3-CCF_RIP" (se necessario, verificare nella corrispondente scheda punteggio);

- nella riga “4-TOX”, in corrispondenza della colonna “Punteggio suolo”, modificare la formula inserendo la cella corrispondente al secondo contaminante rilevante (nell’esempio sostituire G18 dell’arsenico con G26 del piombo);
- nella riga “5-CON”, in corrispondenza della colonna “Punteggio suolo”, modificare la formula inserendo la cella corrispondente al secondo contaminante rilevante (nell’esempio sostituire D18 dell’arsenico con D26 del piombo).

Con queste modifiche si completa la seconda scheda D.

Ripetere le modifiche per creare una scheda D per ogni contaminante rilevante.

5.3.3. Compilazione della scheda operativa E

Nella colonna “trasporto con acque sotterranee” inserire:

- nella riga “soggiacenza della falda”: il punteggio relativo alla soggiacenza della falda in corrispondenza del centro di pericolo, così come definito dalla corrispondente scheda punteggio (10-T_ASO_SOG); nel caso in corrispondenza del centro di pericolo non sia presente un acquifero ben definito stimare il dato con un metodo univoco per tutti i centri di pericolo dell’area mineraria;
- nella riga “tipologia dell’acquifero”: il punteggio relativo alla tipologia dell’acquifero in corrispondenza del centro di pericolo, così come definito dalla corrispondente scheda punteggio (11-T_ASO_ACQ);
- nella riga “litotipo dell’acquifero”: il punteggio relativo al litotipo dell’acquifero in corrispondenza del centro di pericolo, così come definito dalla corrispondente scheda punteggio (12-T_ASO_LIT);
- nella riga “distanza della zona contaminata dal top della falda”: il punteggio definito dalla corrispondente scheda punteggio (13-T_ASO_DIS), per la quale è necessario avere informazioni sullo spessore del centro di pericolo e sulla soggiacenza della falda; nel caso in corrispondenza del centro di pericolo non sia presente un acquifero ben definito stimare il dato con un metodo univoco per tutti i centri di pericolo dell’area mineraria;

Nella colonna “trasporto con acque superficiali” inserire:

- nella riga “profondità del top della zona contaminata”: il valore 1 se il centro di pericolo non ha una copertura superficiale realizzata con terreni non contaminati; il punteggio definito dalla corrispondente scheda punteggio (20-T_PRO) nel caso sia presente una copertura superficiale realizzata con terreni non contaminati.

I campi di tutte le altre righe della colonna mantengono il valore di default perché riferibili a fattori comuni a tutti i centri di pericolo della medesima area mineraria. Valutare se, in casi particolari legati ad aree minerarie di grandi dimensioni, sia necessario valorizzare una cella con valori diversi da quello di default.

Nella colonna “trasporto con aria indoor” inserire:

- nella riga “profondità del top della zona contaminata”: il valore 1 se il centro di pericolo non ha una copertura superficiale realizzata con terreni non

contaminati; il punteggio definito dalla corrispondente scheda punteggio (20-T_PRO) nel caso sia presente una copertura superficiale realizzata con terreni non contaminati.

Il campo “indice sinottico” mantiene il valore di default perché comune a tutti i centri di pericolo della medesima area mineraria.

Nella colonna “trasporto con aria outdoor” inserire:

- nella riga “profondità del top della zona contaminata”: il valore 1 se il centro di pericolo non ha una copertura superficiale realizzata con terreni non contaminati; il punteggio definito dalla corrispondente scheda punteggio (20-T_PRO) nel caso sia presente una copertura superficiale realizzata con terreni non contaminati.

Il campo “indice sinottico” mantiene il valore di default perché comune a tutti i centri di pericolo della medesima area mineraria.

Nella colonna “trasporto con suolo” inserire:

- nella riga “litotipi della zona vadosa”: il punteggio definito dalla corrispondente scheda punteggio (22-T_SOI_LIT); il valore 1 in mancanza di informazioni;
- nella riga “profondità del top della zona contaminata”: il valore 1 se il centro di pericolo non ha una copertura superficiale realizzata con terreni non contaminati; il punteggio definito dalla corrispondente scheda punteggio (20-T_PRO) nel caso sia presente una copertura superficiale realizzata con terreni non contaminati.

Utilizzo del foglio elettronico ARAGNA

Inserire i punteggi come sopra indicato. Il punteggio relativo alla “profondità del top della zona contaminata” è comune alle vie di trasporto acque superficiali, aria outdoor, aria indoor e suolo.

Nel foglio elettronico ARAGNA è sufficiente inserire il punteggio nella cella H39.

5.3.4. Compilazione della scheda operativa F

Sulla base del conteggio di residenti e lavoratori presenti a diverse distanze dal centro di pericolo, inserire nelle celle della scheda operativa i punteggi definiti dalla scheda punteggio 23-R_UMA_NDE.

In relazione alla eventuale presenza di zone sensibili (recettori naturali-artistici), valorizzare anche l'apposita cella con il punteggio definito dalla scheda punteggio (24-R_NAR_SEN).

Utilizzo del foglio elettronico ARAGNA

Nella colonna “Recettori” inserire il numero di residenti e lavoratori presenti a diverse distanze dal centro di pericolo. Il punteggio per i recettori umani viene calcolato.

In relazione alla eventuale presenza di zone sensibili (recettori naturali-artistici), valorizzare anche la cella J38 con il punteggio definito dalla scheda punteggio (24-R_NAR_SEN).

5.3.5. Compilazione della scheda operativa G

Per ciascun contaminante rilevante deve essere compilata una scheda operativa G; in pratica deve esistere una scheda operativa G per ogni scheda operativa D.

La scheda operativa G è una scheda di sintesi che riassume, per ciascun contaminante rilevante, i punteggi relativi ai contributi al rischio della sorgente, delle vie di trasporto e dei recettori; è necessario quindi inserire:

- i punteggi calcolati nell'ultima riga della scheda operativa D del medesimo contaminante (campi A1÷A5);
- i punteggi calcolati nell'ultima riga della scheda operativa E (campi B1÷B5);
- i punteggi calcolati nell'ultima riga della scheda operativa F (campi C1÷C6).

Utilizzo del foglio elettronico ARAGNA

Rinominare il foglio Excel con il nome del primo contaminante rilevante del centro di pericolo in oggetto (nell'esempio G_As).

Nell'intestazione inserire il nome del primo contaminante rilevante (nell'esempio "Arsenico").

In corrispondenza del "Contaminante" (cella C7), inserire il contaminante rilevante in oggetto (nell'esempio "Arsenico").

In corrispondenza della "Concentrazione rappresentativa nel suolo" (cella F7), modificare la formula "=A!D36" sostituendo la cella D36 con la cella corrispondente al contaminante rilevante in oggetto (nell'esempio dell'arsenico sostituire D36 con D18).

In corrispondenza del "Volume del centro di pericolo" (cella G7), modificare la formula "=A!E36" sostituendo la cella E36 con la cella corrispondente al contaminante rilevante in oggetto (nell'esempio dell'arsenico sostituire E36 con E18).

In corrispondenza del "Carico inquinante" (cella H7), modificare la formula "=A!F36" sostituendo la cella F36 con la cella corrispondente al contaminante rilevante in oggetto (nell'esempio dell'arsenico sostituire F36 con F18).

In corrispondenza del "Coefficiente di pericolosità intrinseca" (cella I7), modificare la formula "=A!G36" sostituendo la cella G36 con la cella corrispondente al contaminante rilevante in oggetto (nell'esempio dell'arsenico sostituire G36 con G18).

In corrispondenza del "Coefficiente di pericolosità specifica" (cella K7), modificare la formula "=A!H36" sostituendo la cella H36 con la cella corrispondente al contaminante rilevante in oggetto (nell'esempio dell'arsenico sostituire H36 con H18).

In relazione al riquadro “Contributo della sorgente”:

- in corrispondenza del punteggio A1, modificare la formula “=D_Xx!D37” inserendo la sigla del primo contaminante rilevante (nell’esempio sostituire =D_Xx!D37 con =D_As!D37);
- in corrispondenza del punteggio A2, modificare la formula “=D_Xx!F38+D_Xx!G38” inserendo la sigla del primo contaminante rilevante (nell’esempio sostituire =D_Xx!F38+D_Xx!G38 con =D_As!F38+D_As!G38);
- in corrispondenza del punteggio A3, modificare la formula “=D_Xx!H37” inserendo la sigla del primo contaminante rilevante (nell’esempio sostituire =D_Xx!H37 con =D_As!H37);
- in corrispondenza del punteggio A4, modificare la formula “=D_Xx!J37” inserendo la sigla del primo contaminante rilevante (nell’esempio sostituire =D_Xx!J37 con =D_As!J37);
- in corrispondenza del punteggio A5, modificare la formula “=D_Xx!L38+D_Xx!M38” inserendo la sigla del primo contaminante rilevante (nell’esempio sostituire =D_Xx!L38+D_Xx!M38 con =D_As!L38+D_As!M38).

Viene così calcolato l’indice di rischio per il primo contaminante rilevante.

Creare una copia della scheda G appena completata (G_As nell’esempio) e rinominarla con il nome del secondo contaminante rilevante del centro di pericolo in oggetto (ad esempio G_Pb).

In questa seconda scheda G:

- nell’intestazione inserire il nome del secondo contaminante rilevante (nell’esempio “Piombo”);
- in corrispondenza del “Contaminante” (cella C7), inserire il contaminante rilevante in oggetto (nell’esempio “Piombo”);
- in corrispondenza della “Concentrazione rappresentativa nel suolo” (cella F7), modificare la formula inserendo la cella relativa al secondo contaminante rilevante (nell’esempio sostituire D18 dell’arsenico con D26 del piombo);
- in corrispondenza del “Volume del centro di pericolo” (cella G7), modificare la formula inserendo la cella relativa al secondo contaminante rilevante (nell’esempio sostituire E18 dell’arsenico con E26 del piombo);
- in corrispondenza del “Carico inquinante” (cella H7), modificare la formula inserendo la cella relativa al secondo contaminante rilevante (nell’esempio sostituire F18 dell’arsenico con F26 del piombo);
- in corrispondenza del “Coefficiente di pericolosità intrinseca” (cella I7), modificare la formula inserendo la cella relativa al secondo contaminante rilevante (nell’esempio sostituire G18 dell’arsenico con G26 del piombo);
- in corrispondenza del “Coefficiente di pericolosità specifica” (cella K7), modificare la formula inserendo la cella relativa al secondo contaminante rilevante (nell’esempio sostituire H18 dell’arsenico con H26 del piombo).

In relazione al riquadro “Contributo della sorgente”:

- in corrispondenza del punteggio A1, modificare la formula inserendo la sigla del secondo contaminante rilevante (nell'esempio sostituire =D_As!D37 con =D_Pb!D37);
- in corrispondenza del punteggio A2, modificare la formula inserendo la sigla del secondo contaminante rilevante (nell'esempio sostituire =D_As!F38+D_As!G38 con =D_Pb!F38+D_Pb!G38);
- in corrispondenza del punteggio A3, modificare la formula inserendo la sigla del secondo contaminante rilevante (nell'esempio sostituire =D_As!H37 con =D_Pb!H37);
- in corrispondenza del punteggio A4, modificare la formula inserendo la sigla del secondo contaminante rilevante (nell'esempio sostituire =D_As!J37 con =D_Pb!J37);
- in corrispondenza del punteggio A5, modificare la formula inserendo la sigla del secondo contaminante rilevante (nell'esempio sostituire =D_As!L38+D_As!M38 con =D_Pb!L38+D_Pb!M38).

Viene così calcolato l'indice di rischio per il secondo contaminante rilevante.

Ripetere le modifiche per creare una scheda G per ogni contaminante rilevante.

5.3.6. Compilazione della scheda operativa di rischio relativo

La scheda operativa di rischio relativo è la scheda finale dell'analisi dello specifico centro di pericolo. Viene quindi valorizzata con gli indici di rischio ottenuti per ciascun contaminante rilevante nelle schede operative G e consente di ottenere il valore dell'indice di rischio complessivo del centro di pericolo, sia per i recettori umani, sia per i recettori naturali-artistici.

Utilizzo del foglio elettronico ARAGNA

Se i fogli Excel delle schede G sono stati nominati utilizzando i simboli chimici dei contaminanti (ad esempio G_Sb per la scheda G dell'antimonio, G_As per la scheda G dell'arsenico, ecc.), la scheda riassuntiva finale riporterà l'indice di rischio di ciascun contaminante rilevante.

Se nella scheda operativa A sono stati inseriti dei contaminanti ulteriori rispetto agli iniziali 10, e sono quindi presenti le relative schede operative D e G, utilizzare, eventualmente duplicandola, la riga relativa al contaminante Xx (IRIm Xx).

Per gli altri contaminanti (non rilevanti) presenti nel centro di pericolo, per i quali non sono state create schede D e G, sarà riportato un codice #RIF!

Eliminando la formula per tutti i contaminanti non rilevanti e l'eventuale valore associato al contaminante di esempio Xx, si avrà l'indice di rischio complessivo del centro di pericolo, per i recettori umani e per i recettori naturalistico-artistici.

Il valore da confrontare con gli altri centri di pericolo sarà il più alto tra l'indice di rischio per recettori umani e quello per recettori naturali-artistici

6. ANALISI ASSOLUTA DI RISCHIO

Un sito minerario è generalmente caratterizzato da un elevato numero di centri di pericolo, costituiti prevalentemente da discariche minerarie, legate alla fase di coltivazione, da bacini di decantazione contenenti il residuo del trattamento dei minerali, da abbancamenti degli stessi residui, depositati a valle degli impianti di trattamento.

La loro dispersione sul territorio, spesso in zone impervie, accresce in maniera esponenziale i costi degli interventi di bonifica, rendendo di fatto irrealizzabile la completa bonifica dell'area. Inoltre la frequente posizione in contesti montani scarsamente popolati, in ambienti naturali apparentemente incontaminati e oggetto di specifiche protezioni naturalistiche, determina rapporti costi/benefici molto elevati e complicano ulteriormente l'esecuzione degli interventi standard di bonifica.

Diventa quindi indispensabile gerarchizzare i centri di pericolo ed individuare quelli che realmente determinano un rischio per la salute dell'uomo e per lo stato di qualità dell'ambiente; ciò consente di concentrare le risorse economiche e tecniche su un numero ridotto di centri di pericolo e raggiungere degli obiettivi di bonifica complessivamente validi per l'intera area mineraria.

Da qui l'applicazione dell'analisi relativa di rischio che, unitamente alle considerazioni di opportunità per lo sviluppo del territorio, consentono di discriminare i centri di pericolo più rilevanti da quelli trascurabili.

Il passo successivo consiste nell'individuare quali centri di pericolo devono essere necessariamente sottoposti ad interventi di bonifica; deve quindi essere applicata l'analisi assoluta di rischio al centro di pericolo, secondo i principi dei Criteri metodologici di ISPRA (Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati - APAT marzo 2008) per definire numericamente il rischio sanitario per i fruitori dell'area ed eventualmente dimensionare gli interventi di bonifica.

L'applicazione della metodologia di analisi relativa di rischio descritta nei paragrafi precedenti, basata sulle caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche dei contaminanti e su un modello concettuale esplicito, consente di eseguire l'analisi assoluta di rischio su un numero ridotto di centri di pericolo ed estendere i risultati, in particolare in presenza di rischio, a gran parte dei restanti.

A conclusione del calcolo del rischio associato ai centri di pericolo, che dovranno essere selezionati in relazione alle diverse tipologie presenti in un'area mineraria (discariche minerarie, bacini fanghi, abbancamenti di fini) e dell'estensione dei risultati agli altri centri di pericolo dell'area mineraria, sarà infine possibile selezionare gli interventi indispensabili per ciascun centro di pericolo e consentire l'elaborazione del progetto di area vasta.

Nella valutazione del valore di rischio ottenuto dall'analisi assoluta di rischio è necessario tener conto del frequente background elevato dei metalli nelle aree minerarie: la presenza di valori di fondo superiori ai limiti normativi potrebbe portare, in aree non oggetto di contaminazione mineraria, a valori di rischio non accettabile, dovuti al naturale contenuto geochimico di metalli dei suoli e delle rocce.

Di conseguenza, gli interventi proponibili sui centri di pericolo dovranno necessariamente essere valutati senza trascurare il contesto ambientale su cui il centro di pericolo insiste.

6.1. Modello concettuale di un'area mineraria

In un'area mineraria sono generalmente presenti 3 tipologie di centri di pericolo primari:

- le discariche minerarie: accumuli di residui di terre e roccia legati a fasi di scavo ed ubicati in genere a bocca di galleria o in prossimità degli scavi a cielo aperto;
- i bacini fanghi: accumuli di residui a granulometria fine (generalmente sabbie e fanghi) derivati dal trattamento dei minerali ed abbancati entro apposite strutture di deposito denominate “bacini sterili”;
- gli abbancamenti fini: materiali analoghi a quelli presenti nei bacini fanghi, provenienti dagli stessi bacini fanghi o direttamente dagli impianti di trattamento e dispersi sul territorio, in particolare negli alvei dei corsi d'acqua per motivi diversi.

I centri di pericolo secondari sono invece principalmente i suoli contaminati a causa della presenza di attività o residui minerari.

Le peculiarità dei centri di pericolo primari sono riportate nella tabella 6.1..

	Discarica mineraria	Bacino sterili	Abbancamento fini
Granulometria	grossolana	fine	fine
Concentrazione contaminanti	molto variabile	generalmente elevata	generalmente elevata
Dispersione interna contaminanti	elevata	bassa	bassa
Dimensioni	variabili, spesso ridotte	elevate	molto variabili
Estensione	ridotta	elevata	variabile, spesso elevata
Spessore	variabile	elevato	ridotto
Rapporti con il substrato	disposizione diretta sul suolo naturale	disposizione diretta su roccia, generalmente a bassa permeabilità	disposizione diretta sul suolo naturale, spesso con dispersione nei sedimenti fluviali naturali
Copertura	assente	generalmente assente	assente

Tabella 6.1. – Peculiarità delle tipologie di centri di pericolo di un'area mineraria dismessa

Ciascuna tipologia di centro di pericolo presente in un'area mineraria contribuisce diversamente alla dispersione della contaminazione nelle matrici ambientali e comporta diverse modalità di esposizione del recettore alla contaminazione medesima. Per ogni tipologia di centro di pericolo è quindi possibile schematizzare un differente modello concettuale generico, che deve essere confermato o modificato nei singoli casi in esame.

Modello concettuale generico di una discarica mineraria

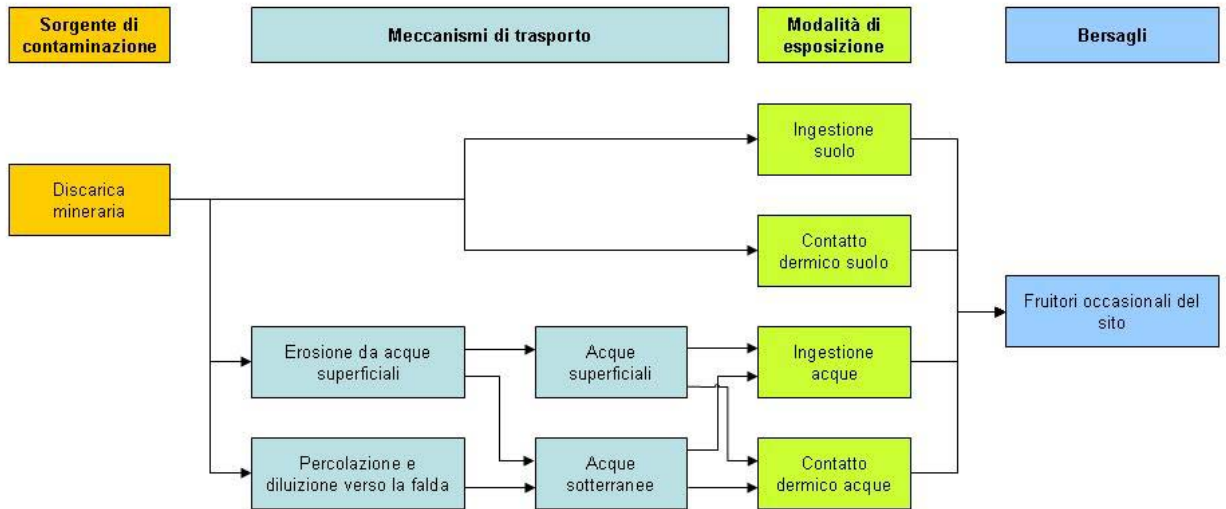


Figura 6.1. – Modello concettuale generico di una discarica mineraria

Modello concettuale generico di un bacino sterili

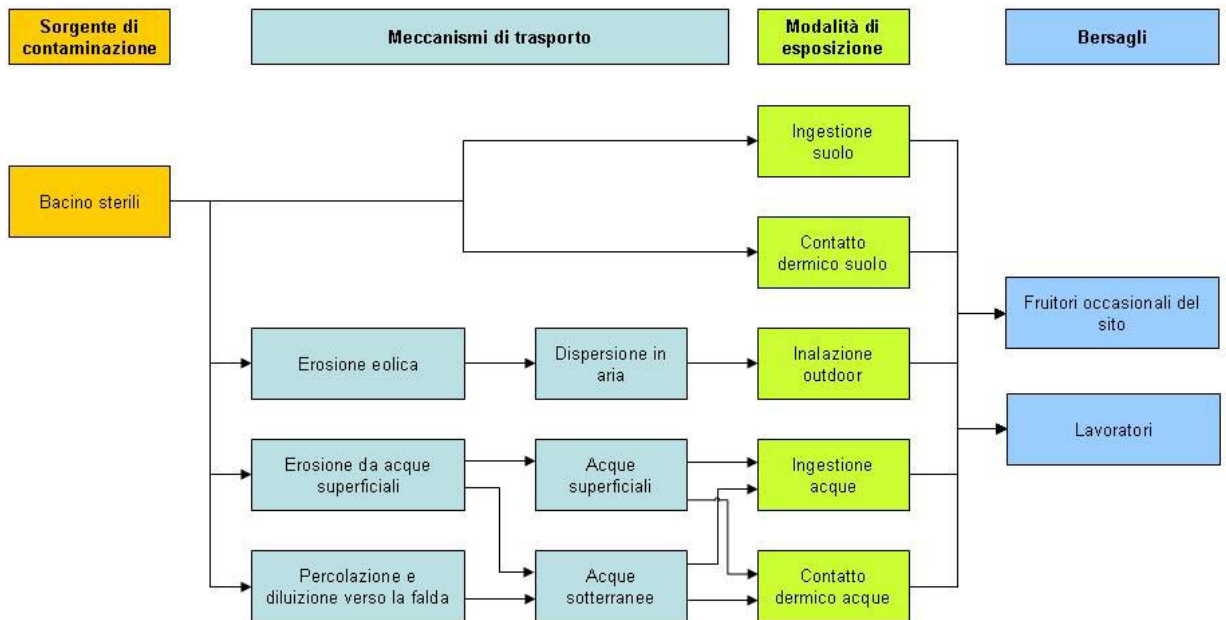


Figura 6.2. – Modello concettuale generico di un bacino sterili

Modello concettuale generico di un abbancamento fini

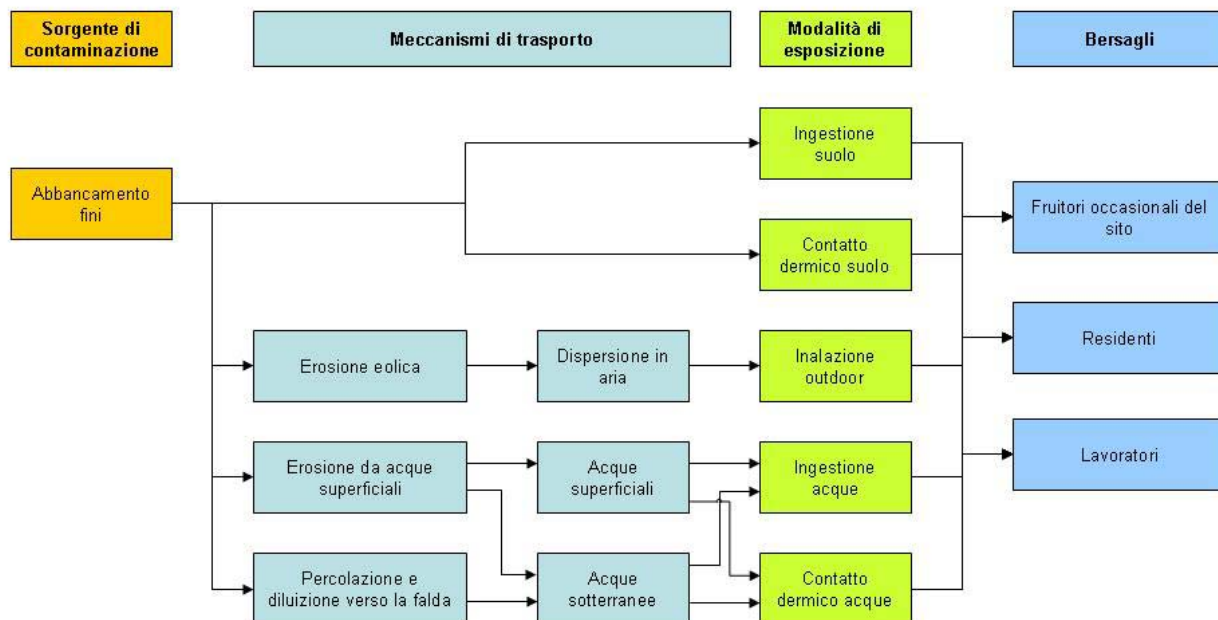


Figura 6.3. – Modello concettuale generico di un abbancamento fini

Questi schemi di modello concettuale indicano le più probabili modalità di trasferimento della contaminazione dalle sorgenti ai bersagli, trascurando le meno probabili, quale ad esempio l'erosione eolica dei residui delle discariche minerarie, generalmente di granulometria grossolana. Caso per caso è quindi necessario eseguire le dovute valutazioni e ricostruire il modello concettuale sito-specifico.

Caso a parte costituiscono i suoli contaminati dalle attività minerarie, sorgenti secondarie di contaminazione normalmente presenti nelle aree di impianto di trattamento e spesso nei dintorni degli abbancamenti di residui a granulometria fine. Il modello concettuale generico è identico a quello degli abbancamenti fini, ma la geometria della sorgente deve essere definita con un'accurata campionatura del suolo.

6.2. Raccolta dei dati necessari

L'analisi assoluta di rischio viene eseguita con l'ausilio di specifici software, che richiedono l'inserimento dei dati necessari al calcolo del rischio sanitario legato alla presenza di contaminanti. Preventivamente all'utilizzo dei software è quindi opportuno disporre dei dati necessari, possibilmente organizzati in maniera sistematica per agevolare l'implementazione ed è quindi conoscere il software che sarà utilizzato.

Attualmente sono disponibili tre software di analisi di rischio: RBCA Toolkit e RISC, di produzione anglosassone, e GIUDITTA, sviluppato dalla Provincia di Milano.

Quest'ultimo è in italiano, è gratuito ed utilizza i database chimico-fisico e tossicologico dell'Istituto Superiore di Sanità: per questo motivo se ne consiglia l'utilizzo.

GIUDITTA può eseguire delle elaborazioni statistiche nel caso sul sito siano stati prelevati campioni in differenti stazioni di campionatura. In generale, per un più completo controllo dei fenomeni di migrazione dei contaminanti, si suggerisce comunque di eseguire le elaborazioni statistiche separatamente (vedi paragrafo XX sulla determinazione della concentrazione rappresentativa dei contaminanti) ed utilizzare il "caso semplice" che prevede un unico punto di campionatura per il centro di pericolo.

I dati necessari per l'implementazione del software GIUDITTA sono i seguenti:

- geometria della sorgente di contaminazione;
- coordinate dei campioni;
- umidità dei campioni;
- concentrazione dei contaminanti nel secco;
- concentrazione dei contaminanti nell'eluato (se disponibile);
- granulometria del materiale;
- densità;
- frazione di carbonio organico;
- dati sull'eventuale falda acquifera;
- eventuali dati sugli edifici presenti.

Devono essere inoltre note le caratteristiche dell'area che permettono la definizione del modello concettuale ed i possibili valori di esposizione dei recettori, che consentiranno di eseguire delle simulazioni utili a valutare gli interventi necessari.

Tutti i dati devono essere il più possibile obiettivi ed oggettivi, perché la rappresentatività dei risultati è fortemente correlata alla rappresentatività dei dati utilizzati come input. L'utilizzo del software in modo pedissequo e senza nessun controllo porterà inevitabilmente a dei risultati potenzialmente lontani dal rischio reale.

Quale pratica operativa, sui campioni prelevati per la caratterizzazione determinare, contemporaneamente alle concentrazioni di contaminanti, pH, umidità e frazione di carbonio organico; dai risultati delle analisi chimiche ricostruire la geometria dell'eventuale sorgente di contaminazione e, su quest'ultima area, selezionare i campioni per la definizione delle classi granulometriche e della densità e determinare gli altri parametri necessari all'analisi di rischio.

Geometria della sorgente di contaminazione

Il Piano di caratterizzazione definisce superficie, spessore medio e volume di ogni centro di pericolo; per eseguire l'analisi assoluta di rischio, in relazione alle differenze di modello concettuale, è necessario distinguere tra suolo superficiale (0÷1 metro) e suolo profondo (>1 metro), e tra saturo ed insaturo.

Nel caso di una discarica mineraria il materiale è generalmente omogeneo e disposto sul suolo naturale; si tratterà quindi di suolo insaturo, con concentrazioni di contaminanti nel materiale superficiale definite dal set di campioni prelevati tra 0 e 1 metri e concentrazioni di contaminanti nel materiale profondo definite dai campioni prelevati oltre 1 metro dal piano di campagna. La geometria è facilmente assimilabile ad un parallelepipedo con area uguale alla superficie del centro di pericolo ed altezza pari allo spessore medio.

Nel caso di un bacino sterili il materiale è generalmente uniforme ma potrebbe esistere una falda interna: si dovrà quindi distinguere tra saturo ed insaturo. Anche in questo caso la geometria del centro di pericolo è di semplice rappresentazione.

Nel caso degli abbancamenti di fini dispersi a valle degli impianti la situazione è più complessa: l'analisi assoluta di rischio si riferisce alla specifica situazione descritta dal Piano di caratterizzazione, ma i fini ubicati in prossimità degli alvei dei corsi d'acqua sono frequentemente movimentati e ciò potrebbe rendere inutilizzabile l'eventuale risultato di rischio ottenuto. Di conseguenza, quale pratica comune, i fini disposti lungo i corsi d'acqua devono essere rimossi e l'analisi assoluta di rischio potrà essere eventualmente applicata laddove, successivamente agli interventi, fosse presente un terreno ancora contaminato ma con geometria non modificabile dagli agenti atmosferici.

Si potrà quindi operare analogamente al caso di un suolo contaminato, con definizione della geometria della sorgente di contaminazione in relazione alle campionature eseguite e con introduzione di tutti i parametri necessari secondo quanto disposto dalla normale procedura di analisi di rischio descritta dai criteri metodologici di ISPRA.

Coordinate dei campioni

L'utilizzo del "caso semplice" previsto da GIUDITTA presuppone un unico punto rappresentativo dell'intero centro di pericolo: le coordinate non sono quindi necessarie e, a conclusione dell'analisi, si otterrà un valore di rischio che caratterizza lo specifico centro di pericolo.

Nel caso si decida di utilizzare il "caso complesso" potranno essere utilizzate le coordinate Gauss-Boaga rivelate dai punti di campionatura.

Umidità

Le concentrazioni dei contaminanti determinate dai laboratori chimici si riferiscono sempre alla sostanza secca, così come richiesto dalla normativa. L'analisi di rischio valuta le condizioni sito-specifiche e deve quindi tener conto della presenza di un'umidità naturale del suolo che determina una proporzionale riduzione delle concentrazioni di contaminanti nel suolo non essiccato.

È necessario quindi conoscere il grado di umidità, espresso in percentuale, dei campioni sottoposti ad analisi chimica e calcolare il valore rappresentativo per il suolo superficiale e per il suolo profondo. Un aumento della percentuale di umidità determina una riduzione della concentrazione di contaminanti, per cui i valori maggiormente conservativi sono quelli più bassi; in assenza di informazioni sull'umidità dei campioni, il non valorizzare il campo indica una concentrazione di contaminanti nel centro di pericolo uguale a quella del campione essiccato.

Concentrazioni rappresentative dei contaminanti nel secco e nell'eluato e frazione di carbonio organico

Le elaborazioni statistiche descritte nel paragrafo XX definiscono i valori di input delle concentrazioni dei contaminanti per il suolo superficiale, per il suolo profondo e per la falda.

Nell'inserimento dei dati è possibile indicare le concentrazioni dei contaminanti nell'eluato, così come determinate dai test di cessione eseguiti sui campioni. In assenza di test di cessione il software calcolerà le concentrazioni teoriche di contaminanti nell'eluato a partire dalle concentrazioni degli stessi nella sostanza secca.

Analogamente sarà determinata la concentrazione rappresentativa del carbonio organico, con l'avvertenza che, in questo caso, il valore maggiormente conservativo ai fini della trasmissione dei contaminanti è il più basso e, di conseguenza l'elaborazione statistica non dovrà calcolare il valore massimo o l'UCL ma invece il valore minimo o l'LCL (Lower Confidential Limit). Nel caso di utilizzo del software ProUCL, che non permette la determinazione diretta dell'LCL, inserire i dati con segno negativo, determinare l'UCL e quindi ottenere l'LCL cambiando il segno dell'UCL.

Granulometria del materiale

I software di analisi di rischio determinano alcuni parametri di default in base alle caratteristiche granulometriche del suolo: è quindi necessaria una valutazione di tipo geotecnico della granulometria del materiale presente nel centro di pericolo (suddivisione percentuale in ghiaie, sabbie, limi ed argille), per consentire al software di modificare tali parametri o per modificarli manualmente nel caso, come succede per GIUDITTA, il software non preveda tale possibilità.

Per la definizione delle corrette percentuali delle diverse granulometrie si devono eseguire almeno 3 analisi granulometriche da campioni rappresentativi dell'area oggetto di analisi di rischio.

Densità

Per densità si intende la massa volumica apparente, che rappresenta il rapporto tra la massa del suolo essiccato ed il suo volume reale.

La determinazione della densità media rappresentativa del centro di pericolo, o della specifica tipologia di terreno, deve avvenire mediante l'esecuzione, secondo le usuali norme tecniche, di almeno 3 misure.

Frazione di carbonio organico

Il carbonio organico deve essere determinato su tutti i campioni di matrice solida prelevati ed elaborato analogamente ai contaminanti, al fine di ottenere un valore rappresentativo del centro di pericolo o della tipologia di materiale cui i campioni appartengono.

Falda acquifera

Il software GIUDITTA richiede l'inserimento di alcuni parametri relativi all'acquifero e del terreno soprastante, quali la soggiacenza della falda o l'infiltrazione efficace, che devono essere misurati in sito o, eventualmente, derivati da misure dirette.

Edifici

In caso di presenza di edifici che insistono direttamente o indirettamente sul centro di pericolo è necessario conoscere alcuni dati costruttivi che consentano una corretta valutazione del rischio associato alla presenza di recettori indoor.

6.3. Calcolo del rischio

Completata la raccolta dei dati e delle informazioni necessarie per una corretta applicazione dell'analisi di rischio si può procedere con il calcolo del valore di rischio e degli obiettivi di bonifica sito-specifici.

L'analisi di rischio può essere infatti condotta in due modalità differenti:

- la modalità diretta permette di calcolare il rischio associato al recettore esposto alla sorgente di contaminazione;
- la modalità inversa consente di calcolare la massima concentrazione di contaminanti compatibile con un rischio accettabile per il recettore.

Con la prima è possibile valutare se la presenza di contaminanti nel sito genera, sulla base delle modalità di esposizione e dell'eventuale attenuazione dovuta ai fattori di trasporto, un rischio sanitario non accettabile per il recettore.

Con la seconda si calcolano gli obiettivi di bonifica sito specifici, ma è utilizzabile anche per eseguire delle simulazioni degli interventi di bonifica e verificare i risultati in termini di rischio.

Per il calcolo del rischio è necessario seguire le procedure descritte da APAT nei "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati" ed utilizzare un software specifico; considerata la natura geochimica dei terreni e delle rocce generalmente presenti in aree minerarie, i risultati dell'analisi di rischio devono essere trattati criticamente con l'obiettivo di evitare interventi di bonifica sovradimensionati rispetto al contesto ambientale su cui il centro di pericolo insiste.

7. PROGETTO OPERATIVO DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA

Un'area mineraria costituisce un caso di inquinamento diffuso : gli accumuli di sterili, i bacini di decantazione e di flottazione, le discariche minerarie, gli abbancamenti dispersi negli alvei dei fiumi, i suoli contaminati ne costituiscono le fonti puntuali di contaminazione. In applicazione dell'articolo 239, comma 3 del D. Lgs. 152/06 e s.m.i. gli interventi di bonifica e ripristino ambientale per le aree caratterizzate da inquinamento diffuso sono disciplinati dalle regioni con appositi piani, redatti nel rispetto dei criteri generali della normativa vigente.

Una mineralizzazione è caratterizzata da una dispersione su un'area vasta di litotipi ad elevata concentrazione di una o più sostanze. In seguito all'attività estrattiva, i residui minerari generati dall'estrazione e/o dal trattamento mineralurgico possono essere dispersi in un'area che può essere ben più grande dell'originaria, anche poiché in passato non era richiesta nessuna tutela dell'ambiente né il ripristino della situazione ambientale precedente alla coltivazione mineraria.

E' necessaria una razionalizzazione dell'approccio agli interventi, con l'obiettivo primo di risolvere le situazioni a maggior rischio e conseguire il massimo risultato ambientale con le risorse a disposizione: ciò implica il ricorso alle migliori tecniche disponibili a costi sostenibili (BATNEEC) nella realizzazione degli interventi ma, ancor prima, l'adozione di scelte strategiche per l'ottenimento degli obiettivi nella gestione dell'inquinamento delle aree vaste.

Le presenti linee guida ed in particolare gli indirizzi alle soluzioni progettuali di intervento, sviluppati secondo criteri di sostenibilità ambientale, costituiscono la base per l'elaborazione di piani di bonifica specifici ed aderenti alla complessa realtà territoriale in questione.

7.1. Il Progetto operativo degli interventi

Le presenti linee guida introducono e descrivono l'approccio strategico alla risoluzione dei problemi di contaminazione delle aree vaste, in particolare con l'adozione dello strumento "Sito di Raccolta" come elemento cardine del progetto operativo, tale da consentire immediati benefici ambientali a costi sostenibili. Di seguito è più dettagliatamente descritto il contesto nel quale si colloca tale scelta di carattere strategico.

In un'area mineraria è possibile individuare diverse tipologie di sorgenti di inquinamento, definibili come centri di pericolo potenziale:

- scavi in sotterraneo;
- scavi in superficie;
- discariche di materiale sterile;
- discariche di materiale debolmente mineralizzato;
- cumuli di materiale mineralizzato;
- cumuli di minerale concentrato;
- bacini di residui del trattamento;
- abbancamenti di fini;

- sedimenti contaminati.

Tra i prodotti dell'attività estrattiva dismessa, quelli che producono il maggior impatto sulle matrici ambientali sono i residui a granulometria fine, generalmente compresa tra le sabbie ed i limi. Tali residui, generalmente caratterizzati dalla stessa matrice, provengono, dalle operazioni di arricchimento dei minerali grezzi, "tout-venant", attraverso processi di trattamento mineralurgico quali l'idrogravimetria e la flottazione e sono presenti nell'area di accumulo a servizio degli impianti entro appositi bacini come torbida ed in essi confinati. La gestione impropria degli accumuli dei residui dell'attività di trattamento, spesso scaricati direttamente negli alvei, ha causato una vasta dispersione di materiali contaminati sabbioso-limosi nel reticolo idrografico a valle degli impianti e dei bacini di residui del trattamento, parzialmente rielaborati dagli agenti atmosferici e spesso frammisti ai sedimenti ed ai suoli naturali.

Nel caso delle aree minerarie localizzate in prossimità della costa, l'energia fluviale ha eroso i materiali contaminati fini, depositandoli nelle foci dei fiumi, negli stagni costieri, nei sedimenti di spiaggia e marini, costituendo accumuli talvolta dispersi in areali notevoli e con spessori anche metrici.

L'approccio alla contaminazione dell'area vasta con il sito di raccolta nasce quindi con l'obiettivo di risolvere le situazioni a maggior rischio mediante il raggruppamento e il confinamento dei materiali fini, nonché dei cumuli di materiale mineralizzato e concentrato, in uno o più siti allestiti allo scopo, dotati di idonei presidi ambientali, da individuare all'interno dell'area vasta. Tale soluzione si pone generalmente come alternativa sostenibile alle opzioni di smaltimento in discarica autorizzata e alla messa in sicurezza permanente di ogni singolo centro di pericolo: ciò considerando nel primo caso i costi di trasporto, smaltimento, impatto su aree esterne all'area mineraria di provenienza e nel secondo i costi di realizzazione di gestione della fase post operam, legato al grande numero di centri di pericolo su cui eseguire le opere ed il loro monitoraggio. Un sito di raccolta complessivo, che permetta di avere garanzie di isolamento degli inquinanti, ha infatti l'effetto di ridurre il numero ed i costi di esecuzione degli interventi di bonifica e di limitare l'incidenza del monitoraggio post operam.

Una linea d'azione simile è già contemplata dalla Direttiva 2006/21/CE del Parlamento europeo e del Consiglio relativa alla gestione dei rifiuti delle industrie estrattive, recepita con D. Lgs. 117/08, dove si invita l'operatore ad utilizzare i rifiuti minerari per la ripiena dei vuoti minerari, con gli adeguati provvedimenti per garantire la stabilità dei rifiuti stessi, impedire l'inquinamento delle acque superficiali e sotterranee, prevedendo quindi la movimentazione dei rifiuti minerari e l'isolamento degli stessi in "siti di raccolta" identificati nell'ambito della stessa area mineraria.

Tale approccio non esclude l'adozione di misure di messa in sicurezza permanente su singoli centri di pericolo per i quali l'ipotesi di asportazione e deposizione nel sito di raccolta sia valutata insostenibile dal punto di vista tecnico-economico.

Il seguente schema (figura 7.1.) esamina il flusso decisionale nell'approccio al progettazione di interventi di bonifica e messa in sicurezza delle aree vaste minerarie; sono riportate altresì alcune opzioni nella scelta del sito di raccolta. Lo schema non contempla gli interventi di messa in sicurezza di emergenza poiché non compresi nel progetto operativo degli interventi.

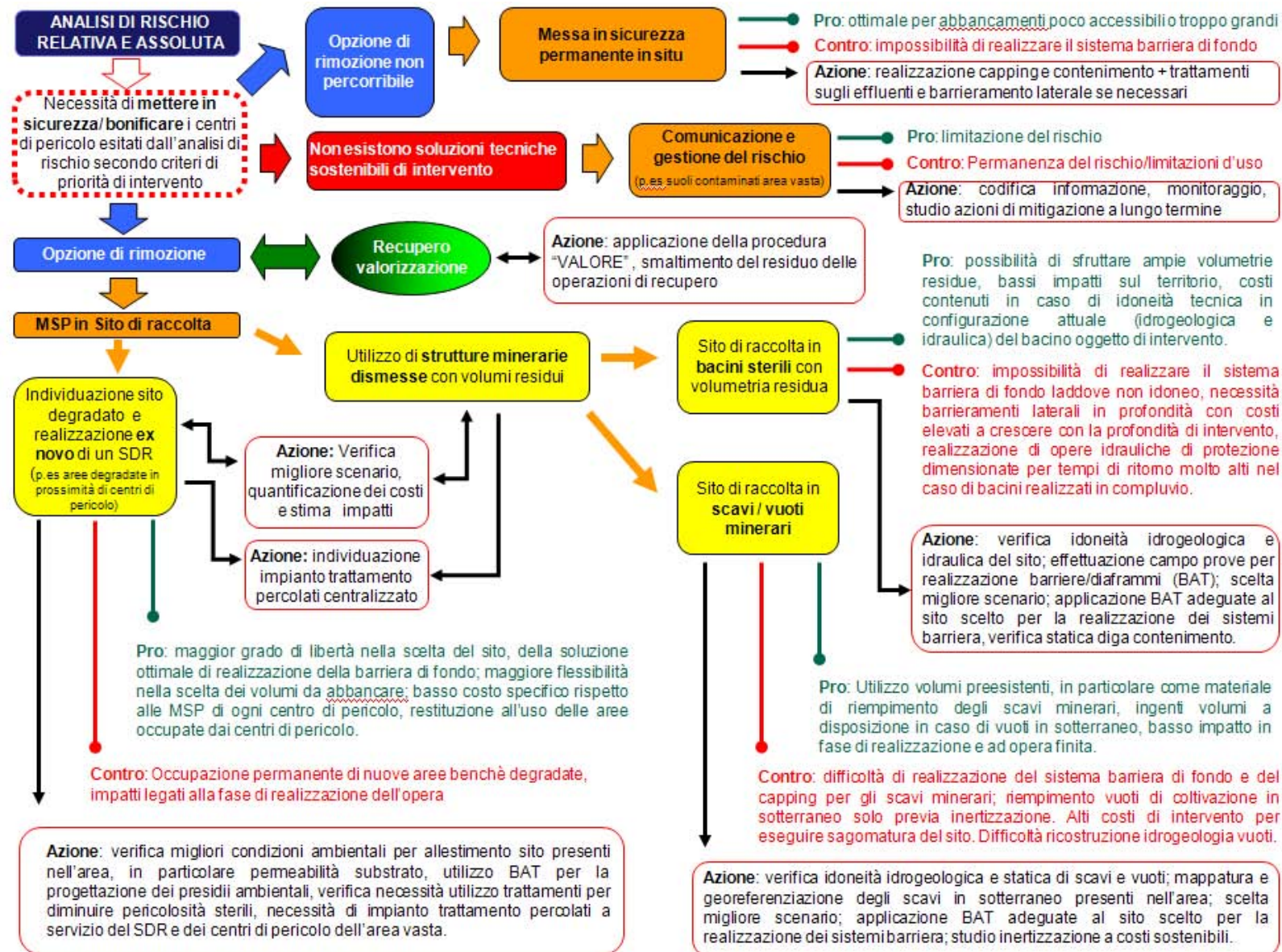


Figura 7.1. – Schema di flusso della progettazione di interventi di bonifica e messa in sicurezza delle aree minerarie

I paragrafi successivi approfondiscono le caratteristiche del sito di raccolta e della messa in sicurezza permanente in situ, le modalità di conduzione delle operazioni di bonifica (asportazione rifiuti minerari e del suolo contaminato se presente alla base dell'abbancamento), dunque le metodologie per il trattamento/condizionamento dei rifiuti di estrazione laddove si renda necessario diminuirne la pericolosità intrinseca e per finire le azioni da porre in essere in aree esterne al perimetro dei centri di pericolo. Si sottolinea che in ogni caso l'approccio progettuale agli interventi di bonifica/messa in sicurezza dovrà contemplare la possibilità di valorizzare i residui minerari presenti nell'area vasta: tale opzione, laddove applicabile anche parzialmente, costituisce la scelta di massima sostenibilità; In un capitolo a parte sono invece trattate le problematiche di trattamento delle acque sotterranee risorgive, spesso caratterizzate da elevatissimi contenuti in metalli pesanti.

7.1.1. Struttura e contenuti minimi

Il progetto operativo, cogliendo gli esiti della caratterizzazione e dell'analisi del rischio, definisce ed esplicita gli obiettivi e le metodologie di intervento. Per quanto detto al paragrafo precedente il progetto si articola in due livelli distinti, formalmente separati in particolare nel caso di macroaree, così come definite dal Piano di Bonifica delle aree minerarie dismesse del Sulcis-Iglesiente Guspinese del marzo 2008:

Il primo livello, denominato PROgetto di intervento sull'Area Vasta (PROAV), consiste nell'inquadramento dell'area mineraria nel territorio, nell'analisi e nella comparazione dettagliata delle diverse tecnologie applicabili al caso specifico, condotta in termini di efficacia, tempistica, impatto e fattibilità economica degli interventi: ciò sulla base degli esiti delle indagini specialistiche preliminari (geologiche, idrogeologiche) presenti nel piano della caratterizzazione o aggiuntive rispetto allo stesso. In particolare, tale livello progettuale deve individuare il/i sito/i di raccolta a servizio dell'area vasta motivandone l'ubicazione in base a criteri di natura tecnica ed economica e la volumetria stimata, gli interventi di messa in sicurezza permanente in situ, gli interventi di bonifica e la definizione degli strumenti di comunicazione e gestione del rischio da adottare per le aree contaminate non oggetto di intervento.

In tale fase dovranno essere condotte le prime prove di permeabilità del substrato funzionali alla verifica di idoneità dell'area individuata per ospitare il sito di raccolta. Il progetto deve essere sviluppato con un livello di dettaglio compatibile con il progetto preliminare definito dalla normativa sui lavori pubblici. La documentazione comprende dunque, oltre ad una relazione circa i vincoli e la pianificazione territoriale dell'area, le relazioni tecniche illustrative e specialistiche e gli schemi grafici necessari all'individuazione delle caratteristiche dimensionali, volumetriche, tipologiche, funzionali e tecnologiche dei lavori da realizzare, in particolare relativamente all'opzione di intervento selezionata a valle dell'analisi comparativa. Tale livello progettuale verifica altresì la possibilità di valorizzare i residui minerari abbancati nell'area.

Il secondo livello, denominato PROgetto Operativo di DETtaglio degli interventi (PRODE), sviluppa la soluzione progettuale individuata al livello precedente. Compatibilmente con la complessità dell'area in esame, sulla base di un progetto di intervento sull'area vasta possono essere sviluppati più progetti di dettaglio con esso compatibili e tra loro disgiunti: ciò anche per consentire che gli interventi di maggiore importanza per il territorio siano sviluppati ed eseguiti con la necessaria

priorità. Il progetto individua compiutamente i lavori da realizzare, nel rispetto delle esigenze, dei criteri, dei vincoli, degli indirizzi e delle indicazioni stabiliti nel progetto di intervento sull'area vasta.

Il progetto deve essere sviluppato secondo un livello di dettaglio compatibile con il progetto definitivo così come definito dalla normativa sui lavori pubblici e contenere tutti gli elementi necessari ai fini del rilascio delle prescritte autorizzazioni e approvazioni. Esso consiste in una relazione descrittiva dei criteri utilizzati per le scelte progettuali, nonché delle caratteristiche dei materiali prescelti e dell'inserimento delle opere sul territorio; nello studio di impatto ambientale ove previsto; in disegni generali nelle opportune scale, descrittivi delle principali caratteristiche delle opere, e delle soluzioni tecniche proposte, delle superfici e dei volumi da realizzare, dei macchinari previsti per l'esecuzione delle opere, negli studi e nelle indagini occorrenti con riguardo alla natura e alle caratteristiche dell'opera, nei calcoli preliminari delle strutture e degli impianti, in un disciplinare descrittivo degli elementi prestazionali, tecnici ed economici previsti in progetto nonché in un computo metrico estimativo.

Gli studi e le indagini occorrenti, quali quelli di tipo geognostico, idrologico, sismico, agronomico, biologico, chimico, i rilievi e i sondaggi, sono condotti fino ad un livello tale da consentire i calcoli delle strutture e degli impianti e lo sviluppo del computo metrico estimativo. Il piano di monitoraggio dell'opera in fase di esecuzione degli interventi e ad opera ultimata ed il piano di manutenzione degli interventi costituiscono parte integrante del progetto operativo di dettaglio. Tale livello progettuale contempla, laddove necessaria, l'analisi delle interazioni SDR-ambiente (Allegato M) per la definizione di dettaglio dei presidi ambientali.

Si evidenzia che la suddivisione nei due livelli suddetti del progetto operativo di bonifica richiama, in una situazione ex post, ciò che il D. Lgs. 117/08 prevede nella gestione dei rifiuti delle attività estrattive attraverso l'adozione di un piano di gestione, dunque nella scelta e nella definizione delle caratteristiche delle strutture di deposito.

7.2. Il sito di raccolta

La progettazione degli interventi di bonifica di un'area mineraria dismessa, in cui sono presenti centri di pericolo dispersi su una vasta area, deve quindi valutare la possibilità di individuare, all'interno del bacino minerario oggetto degli interventi, uno o più siti di raccolta che possano raggruppare i centri di pericolo. Come già schematizzato nel diagramma del flusso decisionale riportato alle pagine precedenti, i siti di raccolta potranno essere individuati all'interno dell'area mineraria perimetrata in corrispondenza di:

- aree degradate o parzialmente degradate non sede di strutture minerarie dismesse benché ubicate nelle immediate vicinanze delle stesse;
- strutture minerarie dismesse: scavi e vuoti minerari, rispettivamente in superficie ed in sotterraneo, bacini dei residui del trattamento mineralurgico, discariche minerarie.

In entrambi i casi il progetto dovrà prevedere il migliore scenario in termini di protezione delle matrici ambientali, sia in fase di realizzazione che di post gestione,

oltre che di sostenibilità economica degli interventi: ciò si concretizza con l'impiego delle BATNEEC applicabili al caso specifico. In particolare, laddove le caratteristiche sito specifiche lo consentano, l'utilizzo di strutture dismesse di cui al p.to 2 è da preferire a quello di aree degradate o parzialmente degradate (p.to 1) nelle quali il sito di raccolta inteso come struttura di deposito andrebbe realizzata ex novo; d'altro canto, la possibilità di realizzare un deposito ex novo consente un maggior grado di libertà nella scelta del sito e nella realizzazione dei presidi ambientali, in particolare della barriera di impermeabilizzazione del fondo e delle sponde del sito di raccolta.

L'area dalla quale saranno asportati i residui minerari sarà oggetto di bonifica e ripristino ambientale; a seguito della verifica delle concentrazioni residuali e dei risultati dell'analisi di rischio l'area potrà essere recuperata alla effettiva fruibilità per la destinazione d'uso conforme agli strumenti urbanistici in vigore.

Il sito di raccolta si configura dunque quale messa in sicurezza in una struttura di deposito: i materiali inquinanti in esso presenti saranno isolati, attraverso appositi presidi ambientali, in modo definitivo dalle matrici ambientali circostanti.

Nel presente documento, in riferimento alla soluzione progettuale del sito di raccolta, sono stabilite:

- condizioni generali per l'applicabilità;
- indagini preliminari da effettuare per stabilire l'effettiva sussistenza delle anzidette condizioni di applicabilità;
- criteri costruttivi da adottare;
- sistemi di controllo post operam.

7.2.1. Condizioni generali per l'applicabilità

Le condizioni di applicabilità riguardano le caratteristiche chimico-fisiche dei materiali da movimentare e le caratteristiche fisiche del sito di raccolta.

La progettazione e realizzazione del sito di raccolta, può essere applicabile rispettando le condizioni riportate di seguito.

I materiali da conferire al sito devono provenire dalla medesima area estrattiva e devono conseguentemente contenere la stessa tipologia di inquinanti, in concentrazioni simili e con caratteristiche mineralogiche analoghe delle specie contaminanti e componenti di matrice analoghe; nell'ambito della stessa area estrattiva è consentito il confinamento di materiali a matrice diversa all'interno dello stesso sito di raccolta alle seguenti condizioni (almeno una di esse):

1. la miscelazione di rifiuti minerari a diversa matrice non incrementi il potenziale di generazione di acidi del mix rispetto a quello della matrice prevalente in massa all'interno del SDR;
2. nel caso diverso da quello del p.to 1 sia prevista:
 - la predisposizione di un lotto idraulicamente indipendente dal resto del sito di raccolta e dotato di specifici presidi ambientali specifico per i rifiuti in grado di incrementare il rilascio di acidi se in mix con i restanti;
 - il trattamento ad hoc dei volumi di rifiuti caratterizzati da rilascio acido sino a valori tali da rientrare nella condizione di cui al p.to 1.

Al sito di raccolta, a meno di particolari situazioni legate alla riconversione a scopi produttivi/ricreativi di specifiche aree, dovranno essere conferiti solo i fini derivanti da trattamenti mineralurgici, in particolare i fini dispersi negli alvei e nei compluvi oltre a quelli depositati presso gli impianti di trattamento. Qualora considerati tecnicamente idonei, i materiali di pezzatura grossolana presenti nelle discariche minerarie potranno essere utilizzati per la realizzazione del sito di raccolta, in particolare per i drenaggi delle acque di percolazione, ma anche per la realizzazione di strutture di sostegno e dei sistemi di drenaggio delle acque superficiali insistenti sul sito di raccolta.

Fatte salve le indicazioni sull'ubicazione del sito di cui al paragrafo precedente e sulla verifica in fase PROAV del migliore scenario nella scelta del sito, devono essere verificate anzitutto la stabilità geotecnica del sito e l'impermeabilità del substrato. Tali condizioni possono essere garantite, laddove ritenuto necessario nell'applicazione delle migliori tecnologie disponibili a costi sostenibili, anche con l'adozione di appositi interventi parte integrante della proposta progettuale: su tutti, in particolare i consolidamenti, la realizzazione di sistemi di impermeabilizzazione artificiale del fondo o di isolamento in generale.

Nella scelta dell'ubicazione sono da escludere, in prima istanza, i siti caratterizzati dall'esistenza di vincoli antropici (come ad esempio le distanze di sicurezza da infrastrutture o centri abitati) e di vincoli naturali di natura geologica (erosioni, frane, pendii ad alto grado di instabilità, fenomeni carsici rilevanti, ecc.) o idrogeologica (aree di alimentazione di acquiferi o contatto con acque di superficie, o soggette ad esondazione, ecc.).

7.2.2. Indagini specifiche del sito di raccolta

Sulla base dei dati provenienti dal Piano della Caratterizzazione, allo scopo di stabilire l'effettiva sussistenza delle condizioni di applicabilità della tipologia di intervento di bonifica proposto, si rende necessario effettuare indagini specifiche sia sui residui minerali da abbancare nel sito di raccolta, sia sull'area dello stesso. Tali indagini devono essere condotte con adeguato dettaglio nella fase di confronto degli scenari possibili, pertanto già nel progetto di intervento sull'area vasta (prima fase), dunque approfondite nel progetto operativo di dettaglio degli interventi (seconda fase).

La fase di indagine specifica deve essere approfondita in particolare sui seguenti aspetti:

- Compatibilità dei residui da abbancare con quelli eventualmente già presenti nel sito, che sono da identificare dal punto di vista chimico fisico in particolare, evidenziando le proprietà in relazione al potenziale di generazione di percolati acidi, il contenuto dei contaminanti;
- Verifica della stabilità geotecnica del sito di raccolta sia attraverso la descrizione della situazione prima del conferimento (prima fase), sia con la previsione delle modifiche che interverranno a seguito dell'aumentare dei carichi litostatici e le variazioni morfologiche del sito previste dalla progettazione: in particolare dovrà essere effettuata su base storica, dunque confermata da indagini dirette e indirette, la ricostruzione dei vuoti in sotterraneo nell'area del sito di raccolta; (seconda fase);

- Condizioni di permeabilità del basamento su cui insiste il sito di raccolta, attraverso una indagine strutturale ed idrogeologica di dettaglio e prove di permeabilità in situ (prima fase);
- Condizioni relative alla eventuale presenza di acque sotterranee, verifica della soggiacenza della falda e della natura della stessa; determinazione di eventuali lenti isolate;
- Condizioni relative allo scorrimento delle acque superficiali, con descrizione e simulazione delle eventuali modifiche a seguito della realizzazione dell'opera (prima fase e seconda fase).

Indagini sui materiali

Le indagini relative alla caratterizzazione dei materiali che si intendono raggruppare nel sito di raccolta, tese ad accertarne la compatibilità con quelli eventualmente già stoccati nel sito, deriveranno dai dati di caratterizzazione o saranno eseguite ex novo su campioni rappresentativi di ciascuna provenienza. Dovranno essere conosciuti la composizione chimica comprensiva degli ossidi maggiori e dei contaminanti in tracce, le concentrazioni di contaminanti negli eluati, la composizione mineralogica, la distribuzione granulometrica e il potenziale di rilascio acido. Sui rifiuti minerari per i quali sia previsto il deposito nel SDR dovrà essere altresì determinata la capacità di ritenzione idrica di campo nelle condizioni geotecniche di progetto. Si richiede l'esecuzione di prove di rilascio acido, "acid base accounting", per la valutazione del potenziale di rilascio di percolati acidi. Queste prove possono essere scelte anche tra quelle normalmente utilizzate nelle procedure per la caratterizzazione dei nuovi siti minerari.

Gli esiti delle prove eseguite dovranno essere considerati nella progettazione di dettaglio dei metodi di contenimento o immobilizzazione dei contaminanti metallici di cui è dato un approfondimento al paragrafo 7.3..

Indagini sul sito destinato ad SDR

Le indagini minime e necessarie alla individuazione ed alla caratterizzazione del sito di raccolta devono comprendere quelle di seguito elencate:

- Indagine geologico-tecnica di dettaglio con cartografia in scala minima 1:2.000 in cui si evidenziano le caratteristiche della zona di imposta del sito e del bacino idrogeologico a cui appartiene, con particolare riferimento alle discontinuità strutturali, stratigrafiche, litologiche, ai parametri di permeabilità del substrato ed alle caratteristiche morfologiche e di stabilità dei versanti adiacenti.
- Indagine idrologica che evidenzi gli aspetti relativi alla idrografia superficiale, alle portate dei corsi d'acqua, alle ipotesi sulle piene e alla stima dei parametri necessari al calcolo del bilancio idrico di bacino.
- Indagine idrogeologica con la descrizione degli acquiferi presenti, del loro grado di vulnerabilità e delle loro interrelazioni con l'area del sito; definizione dei parametri di permeabilità e del modello della circolazione delle acque; uso della risorsa.

- Prove geotecniche sui litotipi su cui è impostato il sito di raccolta, con lo scopo di definire le caratteristiche del substrato e dei residui minerali eventualmente già presenti sul sito.

Dovranno essere definite la competenza e la stabilità dell'ammasso di residui su cui si progetta di eseguire il sito di raccolta. In particolare dovranno essere eseguite prove penetrometriche, prove di carico, prove di taglio, analisi granulometriche, indici di Atterberg, per giungere alla classificazione geotecnica dei terreni. Sul substrato roccioso dovranno essere rilevati i parametri di fratturazione e competenza dei materiali litoidi.

Le indagini dovranno accertare la continuità e le caratteristiche di permeabilità delle litologie del basamento e perimetrali dell'area interessata dall'opera, attraverso prove di permeabilità in situ. Tali prove dovranno essere realizzate secondo le tecniche più adatte al substrato ed in considerazione del modello idrogeologico sito specifico, con particolare attenzione alla ricostruzione spaziale delle zone di differente permeabilità. Il numero minimo consentito, in funzione dell'omogeneità del substrato, è di tre punti di indagine per un sito con un'area inferiore a 10.000 m². Per superfici superiori il numero minimo indicato dipende sempre dall'omogeneità del substrato, così come individuata dal Piano della Caratterizzazione e dall'estensione dell'area del sito:

- almeno 4 prove per aree minori o uguali a 50.000 m²;
- almeno 6 prove per aree tra 50.000 e 100.000 m²;
- almeno 8 prove per aree tra 100.000 e 250.000 m²;
- almeno 1 prova ogni 25.000 m² per aree maggiori di 250.000 m².

Gli esiti delle prove potranno rendere necessari ulteriori approfondimenti.

Sugli acquiferi in cui è localizzato il sito di raccolta, a seguito delle indagini eseguite, si dovranno attribuire significativi intervalli di conducibilità idraulica. Il franco minimo del livello piezometrico dell'eventuale falda presente nel substrato, ovvero del top dell'acquifero nel caso di falde in pressione, deve essere di 2 metri dalla base del sito di raccolta. L'ente competente potrà ritenere idoneo un franco differente in base a valutazioni sito-specifiche legate alle caratteristiche quali-quantitative e di fruizione attuale e futura dell'acquifero.

Nel caso si preveda, o siano state rilevate, acque gravitative nei residui minerali oggetto delle indagini sul sito di raccolta, è necessario uno studio specifico sui parametri di consolidazione degli stessi a seguito di opere di drenaggio, se queste verranno ritenute necessarie per garantire la stabilità del sito stesso.

7.2.3. Criteri costruttivi

I criteri costruttivi del sito di raccolta devono essere coerenti con i principi della messa in sicurezza permanente del sito, assicurando, in particolare, l'isolamento definitivo delle sorgenti contaminanti, nonché la stabilità geotecnica dell'ammasso di residui minerali.

Per garantire tale isolamento occorre dunque dotare il sito dei seguenti presidi:

- sistema di regimazione e convogliamento delle acque superficiali a protezione del sito di raccolta;

- barriera di impermeabilizzazione del fondo e delle sponde del sito, qualora quella propria del substrato naturale risulti insufficiente;
- sistema di copertura superficiale finale del sito;
- sistema di drenaggio interno che minimizzi il battente degli eventuali percolati.

FASE	IMPATTI POTENZIALI	PRESIDI AMBIENTALI
Rimozione fini	Dispersione di polveri e dispersione attraverso le acque superficiali	<ul style="list-style-type: none"> - Adozione di precauzioni nella lavorazione in corrispondenza di giornate particolarmente ventose - Scelta della benna dei mezzi di scavo - Posizionamento del mezzo di carico (camino cassonato) nelle immediate vicinanze del mezzo di scavo - Bagnatura della superficie dell'abbancamento oggetto di scavo in corrispondenza di sterile secco e/o giornata ventosa - Realizzazione opere temporanee (briglie di contenimento) immediatamente a valle dei punti di rimozione dei fini in alveo
Rimozione fini	Qualità dei percolati	<p>Il rimaneggiamento degli sterili minerari e dei tailings genera un'esposizione di nuove superfici all'ossidazione dei solfuri metallici rendendo i potenziali eluati più concentrati dunque si provvederà a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Limitare abbancamenti di materiali di scavo fuori dal mezzo di trasporto - Procedere con regolarità nell'esecuzione dello scavo - Protezione del fronte dell'abbancamento oggetto di scavo con telo impermeabile in corrispondenza di precipitazioni meteoriche intense o di interruzione prolungata dei lavori
Trasporto fini a SDR	Dispersione di polveri	<ul style="list-style-type: none"> - Mezzi di trasporto dotati di copertura
Predisposizione SDR	Dispersione di polveri	<ul style="list-style-type: none"> - Per SDR su bacini sterili/ strutture di deposito esistenti si veda anche il punto: dispersione di polveri nella coltivazione del SDR
Predisposizione SDR	Produzione percolati	<ul style="list-style-type: none"> - Per SDR su bacini sterili/strutture di deposito esistenti si vedano i punti: percolati nella coltivazione del SDR
Coltivazione SDR	Dispersione di polveri	<ul style="list-style-type: none"> - Presenza sistemi di monitoraggio polveri - Adozione precauzioni nelle giornate particolarmente ventose - Bagnatura della superficie in abbancamento in particolare in corrispondenza di sterile molto secco e/o giornata ventosa – bagnatura acqua/ slurry di materiale con funzione adsorbente - Rullatura/compattazione dei rifiuti minerari in abbancamento nel SDR - Copertura degli eventuali abbancamenti provvisori con telone impermeabile in LDPE adeguatamente ancorato - Adozione di un piano di coltivazione adeguato del SDR - Presenza reti di contenimento polveri - Utilizzo dei mezzi procedurato per minimizzare dispersione di polveri
Coltivazione SDR	Produzione percolati	<ul style="list-style-type: none"> - Possibilità di realizzazione della coltivazione in settori differenziati per tipologia di rifiuti minerari in deposito, con adeguati trattamenti se necessari - Copertura rifiuti minerari in abbancamento con telone impermeabile adeguatamente ancorato in corrispondenza di precipitazioni intense - Realizzazione canali di guardia a protezione del SDR da acque di scorrimento superficiale - Piano di gestione del percolato prodotto in fase di cantiere

Tabella 7.1. – Presidi ambientali applicabili ad un sito di raccolta

A garanzia dell'isolamento dei rifiuti abbancati, in specifici casi, potrà essere previsto un sistema passivo di trattamento o pretrattamento degli stessi, di tipo distribuito o localizzato, dunque di un sistema di trattamento dei percolati prima del recapito degli stessi nelle matrici ambientali. Si sottolinea che l'impianto di

trattamento acque/percolati dovrà essere preferibilmente centralizzato, salvo diverse evidenze scaturite dall'analisi tecnico economica del progetto degli interventi sull'area vasta; in ogni caso, l'impianto a servizio del sito di raccolta dovrà essere operativo al momento del conferimento dei rifiuti minerari al sito di raccolta.

E' necessario sottolineare che il parametro fondamentale che distingue il sito di raccolta da uno stoccaggio di rifiuti disciplinati dal D. Lgs. 152/06 e s.m.i. è il tempo effettivo di realizzazione prima della chiusura definitiva, non superiore ai due anni; per volumetrie inferiori a 100.000 m³ il tempo di realizzazione non potrà superare la durata di un anno. In ogni caso, la realizzazione deve essere condotta in modo tale da minimizzare la produzione di percolati: ciò mediante la predisposizione di un piano di coltivazione adeguato in tal senso che preveda, se del caso, la predisposizione di teli e drenaggi provvisori per tutta la durata di tale fase. L'obiettivo primario è quello di evitare la produzione di percolati facendo in modo che l'acqua interstiziale non superi la capacità di ritenzione idrica di campo dei rifiuti in deposito.

Per tutta la fase di cantiere è necessario prevedere adeguati presidi ambientali e sistemi di monitoraggio e controllo, utili a posteriori per la verifica dell'efficacia degli interventi. A scopo esemplificativo e non esaustivo la tabella 7.1. riassume tali presidi.

Regimazione delle acque superficiali

Devono essere eseguite le opere necessarie al controllo del ruscellamento delle acque superficiali al fine di limitare l'infiltrazione nel corpo dell'ammasso. Per conseguire l'obiettivo occorre:

- minimizzare il ruscellamento delle acque in ingresso al sito di raccolta con l'esecuzione di canalizzazioni di guardia perimetrali, il cui dimensionamento deve essere effettuato basandosi su un tempo di ritorno delle piogge più intense di non meno di 100 anni; laddove si intervenga su una struttura mineraria dismessa esistente disposta in alveo (o in un compluvio precedentemente sede di un alveo fluviale o torrentizio) le opere idrauliche devono essere concordate con l'ente competente.
- massimizzare, per contro, il ruscellamento delle acque meteoriche in uscita mediante il conferimento di opportune pendenze del profilo di copertura e dotando la barriera di copertura di un adeguato strato drenante, naturale o artificiale, che riduca ulteriormente il carico d'acqua sullo strato impermeabilizzante sottostante.

Substrato

L'adozione delle migliori tecnologie disponibili a costi sostenibili nell'esecuzione di operazioni di messa in sicurezza permanente, da determinare caso per caso poiché condizionata dalle caratteristiche "prestazionali" della specifica porzione di territorio in questione, dipenderà innanzitutto dal comportamento geochimico (e geotecnico) del rifiuto minerario tal quale o dopo il condizionamento/trattamento con sostanze adsorbenti o immobilizzanti dei metalli pesanti e/o neutralizzanti gli acidi.

La definizione delle prove da effettuare sui rifiuti minerari per la quantificazione e la qualificazione dei comportamenti geochimico e geotecnico sono presenti nella

Decisione della Commissione Ue del 30 aprile 2009 che integra i requisiti tecnici per la caratterizzazione dei rifiuti di cui alla direttiva 2006/21/CE del Parlamento europeo e del Consiglio relativa alla gestione dei rifiuti delle industrie estrattive; in particolare, all'Allegato recante i requisiti tecnici per la caratterizzazione dei rifiuti, per comportamento geochimico si intende la previsione delle proprietà chimiche del drenaggio nel tempo per ciascun tipo di rifiuto, tenuto conto del trattamento previsto, in particolare: - valutazione della tendenza alla lisciviazione nel tempo dei metalli, degli ossianioni e dei sali mediante un test di lisciviazione con variazione del pH e/o prova di percolazione e/o prova di rilascio in funzione del tempo e/o altre prove adeguate - per i rifiuti contenenti solfuri, devono essere effettuate prove statiche o cinetiche al fine di determinare il drenaggio acido e la lisciviazione dei metalli nel tempo; Per comportamento geotecnico i parametri significativi da prendere in considerazione sono: granulometria, plasticità, densità e tenore d'acqua, grado di compattazione, resistenza al taglio e angolo di attrito, permeabilità e indice dei vuoti, compressibilità e consolidazione.

Considerando che i rifiuti minerari abbancati nel sito di raccolta ed ivi protetti dagli agenti atmosferici potranno esplicitare nel breve, medio e lungo termine la propria azione inquinante esclusivamente attraverso le acque di percolazione prodotte durante la limitata fase di abbancamento, il dimensionamento della barriera di fondo dovrà essere condotto in tal senso innanzitutto sulla base degli esiti dei test di cessione e, in particolare, sulla capacità dei rifiuti di generare percolati acidi.

Un'altra considerazione per il dimensionamento della barriera riguarda la geometria dell'abbancamento: indipendentemente dal sistema di drenaggio di fondo, la progettazione dovrà valutare la reale possibilità di formazione di battenti idraulici e in base alle diverse situazioni simularne il comportamento in termini di tempi di attraversamento della barriera a bassa permeabilità e di concentrazioni in uscita dalla stessa. La presenza di sistemi di drenaggio ridondanti e di sistemi adsorbenti/stabilizzanti dei metalli e/o di neutralizzazione degli acidi (sistemi distribuiti o localizzati) costituirà un ulteriore presidio ambientale in aggiunta alle prestazioni strettamente idrauliche della barriera di fondo o in parziale alternativa alle stesse laddove i requisiti idraulici di riferimento non saranno raggiungibili con l'adozione delle migliori tecnologie a costi sostenibili.

Tale approccio flessibile, in sostanza, si basa su un'analisi delle interazioni SDR-ambiente specifica della proposta progettuale, da effettuare sia per la fase operativa sia post-operativa, che comprenda un'analisi integrata della valutazione delle prestazioni e del contesto sviluppata nei seguenti aspetti: valutazione geologica, valutazione geomeccanica, valutazione idrogeologica, valutazione geochimica, valutazione dell'impatto sulla biosfera, valutazione della fase operativa, valutazione a lungo termine, valutazione dei valori di fondo dell'area. La valutazione dei rischi per la fase post operativa è legata in particolare alle possibili disfunzioni del sistema barriera di copertura e di isolamento laterale del sito di raccolta, condizione che porterebbe alla formazione di percolati altrimenti inattesi. L'esito dell'analisi deve consentire la definizione delle misure di controllo e di sicurezza necessarie.

Le presenti linee guida intendono individuare un valore prestazionale idraulico di riferimento da attribuire alla barriera di fondo e delle pareti del sito di raccolta, nell'intorno del quale il progetto potrà prevedere misure di compensazione, di rafforzamento dei presidi o, viceversa, misure meno cautelative sulla base dell'analisi delle interazioni SDR-ambiente. Tale valore, caratteristica della barriera di fondo, detto presidio idraulico di riferimento del fondo, è quantificato in:

1. coefficiente di permeabilità $k \leq 1 \times 10^{-9}$ m/s;
2. spessore della barriera uguale a 1 metro;

allo scopo è altresì ritenuta adeguata una barriera idraulica equivalente dal punto di vista prestazionale pertanto caratterizzata da spessori minori e coefficienti di permeabilità proporzionalmente maggiori. Il concetto di equivalenza si esplicita nella corrispondenza dei tempi di attraversamento della barriera con diverse configurazioni della stessa e a parità di battente idraulico.

Si ritiene che il valore prestazionale di riferimento del presidio sia da ritenersi in prima istanza applicabile a rifiuti minerali che, sottoposti a test di cessione, presentino eluati con pH prossimo alla neutralità e limitata capacità di cessione di metalli nell'eluato.

In corrispondenza di elevata capacità a cessione dei fini destinati a SDR, in particolare in corrispondenza di potenziale di rilascio acido, deve essere effettuata l'analisi delle interazioni SDR-ambiente, con l'obiettivo di valutare la necessità di condizionare i fini con tecnologie di trattamento o, in alternativa, predisporre presidi fisici e/o fisico-chimici proporzionalmente maggiori, dimensionati in base agli esiti dell'analisi. Si evidenzia sin d'ora che il progetto può prendere in considerazione sia trattamenti ad hoc per singoli lotti di fini da asportare, sia sistemi complessivi su scala del sito di raccolta: le due soluzioni dovranno essere valutate in termini di costi e benefici ambientali conseguibili.

In particolare, in considerazione della possibile variabilità di comportamento a cessione dei fini provenienti da diversi abbancamenti e destinati a sito di raccolta, oltre alla caratterizzazione dei singoli abbancamenti, dovrà essere confezionato un campione medio composito. Un approfondimento sulla metodologia da adottare per la definizione dei sistemi di trattamento è presente al cap. 6. Si richiama altresì la necessità che in caso di rifiuti con potenziale di rilascio acido il progetto valuti la compatibilità chimica tra il sistema barriera e il percolato

La compatibilità chimica tra il materiale con funzione impermeabilizzante e il percolato dovrà essere analizzata in fase progettuale. Il provino di materiale rappresentativo, assoggettato al livello tensionale prossimo a quello reale, dovrà essere sottoposto a prova di permeabilità con una soluzione prossima per composizione a quella del percolato in condizioni reali.

La quantità di percolato filtrata attraverso il provino nel corso della prova di laboratorio dovrà essere pari ad almeno 4-5 volte il volume dei pori del provino. La durata della prova deve essere sufficientemente lunga da permettere al fluido permeante di saturare il provino e sviluppare le possibili interazioni fisiche e chimiche con i minerali argillosi costituenti il terreno in esame.

Di seguito è riportato l'approccio progettuale per adattare il presidio ambientale di riferimento suddetto alle diverse tipologie di sito di raccolta.

a) SDR ex novo

a1) SDR ex novo e barriera geologica naturale non sufficiente (inferiore al presidio di riferimento)

All'interno del pacchetto impermeabilizzante di fondo e a completamento della porzione inferiore dello stesso, dovrà essere previsto uno strato di argilla di almeno 50 cm (con $k \leq 10^{-9}$ m/s), tale da esercitare, oltre al contenimento idraulico, le relative

proprietà adsorbenti nei confronti dei metalli pesanti contenuti nell'eluato. Tale strato d'argilla dovrà essere realizzato anche lungo le pareti, per un'altezza di 1 metro dal fondo, così da consentire la realizzazione di un modello di contenimento idraulico "a vasca". Nel caso di rifiuti caratterizzati da potenziale di rilascio acido e/o da elevata capacità di cessione di metalli nell'eluato il pacchetto impermeabilizzante sarà confinato superiormente da un manto in HDPE di 2 mm che dovrà proseguire sulle sponde. Si sottolinea che le geomembrane in HDPE non rientrano nel calcolo dell'equivalenza idraulica, mentre i geocompositi saranno considerati nel calcolo solo se il progetto ne prevede il mantenimento in condizioni di integrità, dopo la posa, attraverso adeguati sistemi di protezione.

a2) SDR ex novo e barriera geologica naturale idonea

In tal caso, come presidio aggiuntivo alla barriera geologica naturale sarà sufficiente la predisposizione di uno strato di argilla compattata pari a 0,2 m con $k \leq 10^{-9}$ m/s, da utilizzare anche con funzione di regolarizzazione, in particolare nel caso di substrato costituito da roccia. Nel caso di rifiuti caratterizzati da potenziale di rilascio acido e/o da elevata capacità di cessione di metalli nell'eluato, il pacchetto impermeabilizzante sarà confinato superiormente da un manto in HDPE di 2 mm che dovrà proseguire sulle sponde.

In entrambi i casi (a1 e a2) il limite inferiore della barriera di fondo deve essere posto al disopra della quota di massima escursione dell'eventuale falda, con un franco di almeno 2 metri, fatte salve differenti valutazioni da parte dell'ente competente.

In entrambi i casi (a1 e a2), superiormente alla barriera impermeabile e separati dalla stessa da un geotessile non tessuto di adeguata grammatura, deve essere realizzato uno strato drenante dello spessore di almeno 0,5 m adeguatamente protetto dall'intasamento, tale da consentire il drenaggio e l'allontanamento in tubo del percolato prodotto in fase di colmata e a copertura non ultimata; in casi particolare tale strato, o parte di esso, può essere sostituito da un geocomposito con funzione drenante, se equivalente dal punto di vista prestazionale. Al fondo impermeabilizzato/impermeabile deve essere conferita un'adeguata pendenza, in modo da favorire il deflusso del percolato ai sistemi di raccolta; Il sistema di drenaggio deve essere progettato e gestito in modo da prevenire intasamenti ed occlusioni per tutto il periodo di funzionamento previsto. Deve, inoltre, essere in grado di resistere all'attacco chimico dell'ambiente di deposito e di sopportare i carichi previsti. In casi di possibile intasamento è preferibile dotare il sito di raccolta di sistemi di drenaggio ridondanti.

b) SDR su struttura esistente

b1) SDR su struttura mineraria di deposito dismessa e barriera geologica naturale non sufficiente

In questo caso il limite prestazionale di riferimento della barriera deve essere raggiunto mediante la realizzazione di una cinturazione dalle prestazioni equivalenti lungo il perimetro del sito di raccolta, sino ad una profondità per la quale sia verificato il tempo di attraversamento in caso di aggiramento in senso verticale della barriera stessa. Tali barriere dovranno essere realizzate secondo le tecniche più

adatte al caso sito-specifico, ad esempio mediante utilizzo della tecnologia jet-grouting o dei diaframmi plastici. In entrambi i casi la caratterizzazione del substrato esistente deve essere indirizzata in tal senso e l'utilizzo della tecnologia deve essere preceduto da una serie di prove in campo utili alla verifica delle prestazioni della barriera.

Il sistema di drenaggio esistente deve essere verificato e, se del caso, integrato. Come nel caso dei siti di raccolta realizzati ex novo il sistema di drenaggio deve recapitare i percolati al sistema di raccolta e trattamento dello stesso. Se del caso, la tubazione di drenaggio potrà attraversare il sistema di cinturazione.

b2) SDR su struttura mineraria di deposito dismessa e barriera geologica naturale idonea

In tal caso il bacino dovrà essere protetto dall'infiltrazione a monte mediante trincee di drenaggio approfondite sino ad 1 m nel basamento roccioso e recapitanti a valle idrogeologica del sito di raccolta. Vale quanto detto al punto precedente per i sistemi di drenaggio dei reflui di percolazione.

c) SDR in scavo superficiale

c1) SDR in scavo minerario superficiale con barriera geologica naturale non sufficiente

La barriera idraulica di fondo di questo tipo di sito di raccolta, di difficile adeguamento, deve essere conseguita mediante l'utilizzo di materiali argillosi e sintetici in combinazione applicabile alla specificità del sito e sino al raggiungimento delle prestazioni minime di cui sopra.

Laddove necessario il sito dovrà inoltre essere protetto dall'infiltrazione a monte mediante trincee di drenaggio approfondite sino ad 1 m nel basamento roccioso e recapitanti a valle idrogeologica del sito di raccolta. Vale quanto detto ai punti a1 e a2 per i sistemi di drenaggio dei reflui di percolazione.

c2) SDR in scavo minerario superficiale con barriera geologica naturale idonea

Se del caso il bacino dovrà essere protetto dall'infiltrazione a monte mediante trincee di drenaggio approfondite sino ad 1 m nel basamento roccioso e recapitanti a valle idrogeologica del sito di raccolta. Vale quanto detto ai punti a1 e a2 per i sistemi di drenaggio dei reflui di percolazione.

d) SDR in deposito sotterraneo

Il deposito sotterraneo, laddove idoneo, costituisce il miglior compromesso aree bonificate – spazi destinati al SDR. I principali problemi legati a tale scelta derivano in genere dalla complessità della distribuzione degli scavi in sotterraneo oltre che dalla non frequente agibilità degli stessi in condizioni di sicurezza. Ad ogni modo, si ritiene che tale caso debba essere considerato tra le opzioni da valutare nel progetto degli interventi sull'area vasta e che la relativa idoneità sia valutata mediante la analisi delle interazioni SDR-ambiente. In particolare, in fase progettuale deve essere accertato l'isolamento del deposito dalla biosfera.

Come detto al principio del paragrafo la progettazione dovrà perseguire la flessibilità dell'approccio mediante l'impiego di tecnologie sostenibili, considerando in ogni caso la necessità del raggiungimento di un obiettivo di miglioramento ambientale all'interno dell'area mineraria.

Particolare attenzione deve essere dedicata, in fase progettuale, alla definizione di soluzioni che minimizzino gli apporti di acque superficiali, meteoriche, di infiltrazione laterale al sito di raccolta.

Copertura

Scopo della copertura superficiale del sito di raccolta è l'isolamento dei residui minerari dalle matrici ambientali circostanti, anche tenendo conto di eventuali assestamenti da prevedere in corso d'opera. La forma finale della copertura e quindi del sito di raccolta, deve essere progettata e realizzata in maniera da garantire una corretta regimazione delle acque, minimizzandone l'infiltrazione.

Il sito di raccolta, in fase di costruzione, deve essere dotato di recinzione per impedire il libero accesso da parte di persone o animali.

La copertura superficiale finale del sito di raccolta deve rispettare i seguenti parametri:

- isolamento dei residui minerari dall'ambiente esterno;
- minimizzazione delle infiltrazioni d'acqua;
- minimizzazione dei fenomeni di erosione;
- resistenza agli assestamenti ed a fenomeni di subsidenza localizzata.

I criteri di messa in opera della copertura superficiale devono rispettare la realizzazione di una struttura multilivelli costituita, dal basso verso l'alto partendo dai residui minerari abbancati, almeno dai seguenti strati, descritti anche dalla figura 7.1:

- strato di separazione: spessore minimo 0,5 m; Tale strato potrà essere realizzato utilizzando il materiale degli abbancamenti delle discariche minerarie di tracciamento laddove idonei da un punto di vista prestazionale relativamente alla rottura della capillarità e alla resistenza meccanica a compressione.
- strato di minerale argilloso compattato, o materiale equivalente, con conducibilità finale minore o uguale a 10^{-8} m/s e spessore finale minimo di 0,3÷0,5 m; l'utilizzo di materiali equivalenti in termini di prestazioni idrauliche come, ad esempio il materassino bentonitico potrà avvenire solamente in condizioni di adeguata protezione dello stesso dal punzonamento dei materiali utilizzati con funzione drenante, pertanto il calcolo idraulico di equivalenza sarà considerato solo in condizioni di protezione dell'integrità del geocomposito.
- geomembrana in HDPE dello spessore di 2 mm;
- strato drenante minerale: spessore minimo 0,3 m; sulle sponde e in base alla specificità del sito, anche in particolari casi, potrà essere utilizzato un geocomposito con funzione drenante con prestazioni equivalenti ai materiali lapidei in termini di portata evacuabile e adeguata resistenza meccanica

- strato superficiale di copertura: spessore minimo 0,5 m. In corrispondenza delle sponde e, in genere, di pendenze non trascurabili (da valutare caso per caso all'interno dell'analisi di stabilità geotecnica dei singoli strati del sistema di copertura), il terreno vegetale potrà essere dotato di geogriglie di rinforzo e biostuoie di protezione dall'erosione; l'utilizzo di tali materiali dovrà essere specificato in progetto.

Le caratteristiche dei materiali utilizzabili per i singoli strati, dal basso verso l'alto partendo dai residui minerari abbancati, sono le seguenti:

1. ghiaie e sabbie passanti al vaglio 200 ASTM minore del 5%;
2. argilla illitica o bentonitica o materiale con caratteristiche equivalenti;
3. ghiaie e sabbie pulite, passanti al vaglio 200 ASTM minore del 5%;
4. terreno vegetale inerbato con essenze autoctone tappezzanti con funzione di contenimento dell'erosione. L'impianto di specie arbustive ed eventualmente arboree endemiche per il recupero ambientale non costituisce parte del progetto operativo di bonifica.

La stesa di ognuno degli strati previsti dalla copertura superficiale deve avvenire in fasi successive accrescendo ogni singolo strato con livelli di spessore massimo di 0,2 m prima della compattazione. La compattazione dei materiali argillosi dovrà essere curata per conseguire la conducibilità idraulica richiesta. Il terreno vegetale di scotico eventualmente ottenuto nella realizzazione del sito di raccolta può essere utilizzato come strato di copertura qualora la caratterizzazione condotta sul terreno tal quale in fase progettuale non evidenzia superamenti dei limiti tabellari (tab 1b, All. 2 alla parte IV, titolo V del D. Lgs. 152/06 e s.m.i.) o dei valori di fondo naturale, laddove superiori ai primi: in tal caso il progetto deve prevedere e quantificare nel dettaglio l'impiego del terreno di scotico. I superamenti tabellari, adeguatamente motivati, devono essere attribuiti alla relativa porzione di terreno circostante rispetto al punto di campionamento ed esclusi dal riutilizzo in copertura: se la relativa contaminazione è di origine chiaramente e prettamente mineraria i suoli di scotico contaminati possono essere abbancati all'interno del SDR, in caso contrario dovranno essere conferiti a smaltimento o a recupero. In fase progettuale di dettaglio il pacchetto di copertura e l'abbancamento devono essere oggetto di verifica di stabilità dell'ammasso nel suo complesso e di mutuo scorrimento dei singoli strati del sistema di copertura.

Dovrà essere quantificata la resistenza tangenziale d'attrito al contatto tra materiali di differente natura. Nel caso di un SDR costruito in pendio è necessario che le stesse verifiche siano condotte anche sul pacchetto di fondo..

7.2.4. Sistemi di controllo e sorveglianza

Per garantire l'efficienza e l'integrità dei presidi ambientali riguardanti il sito di raccolta (sistemi di impermeabilizzazione, sistema di copertura, sistemi di regimazione delle acque, sistemi di drenaggio e raccolta del percolato, ecc.) devono essere previsti regolari controlli in corso d'opera e post operam, che permettano di individuare tempestivamente gli eventuali interventi di manutenzione necessari.

Le attività principali relative al controllo del sito di raccolta riguarderanno:

- misurazione degli assestamenti dell'abbancamento;

- analisi del percolato;
- analisi delle acque superficiali;
- trattamento del percolato;
- manutenzione ordinaria e straordinaria delle opere funzionali ed impiantistiche del sito di raccolta.

Il progetto post operam del sito di raccolta, deve definire inoltre gli aspetti relativi alle attività di seguito elencate:

1. a seguito del completamento del sito di raccolta dovrà essere eseguita una rilevazione topografica della nuova superficie. Sulla base delle rilevazioni verrà quindi progettato ed installato un sistema di monitoraggio degli assestamenti del sito di raccolta, che comprenda un numero minimo di 3 elementi di misura per ettaro di superficie;
2. dovranno essere realizzati piezometri di monitoraggio, in un numero non inferiore a quello enunciato dal precedente punto 4.3, prevedendo almeno n.1 piezometro a monte e n.2 a valle del sito di raccolta, seguendo le indicazioni specifiche del sito, evidenziate dalle indagini idrogeologiche sulle direzioni di flusso negli acquiferi. Ove necessario o su eventuale richiesta delle autorità di controllo, andrà potenziata la previsione minima sopra richiesta, in funzione delle specificità del sito di imposta. Le analisi ed il controllo dei livelli piezometrici, dovranno essere eseguiti con periodicità almeno semestrale sugli elementi indicatori evidenziati dalle precedenti indagini;
3. sui sistemi di regimazione delle acque ed almeno in un punto a monte e due a valle, dovranno essere individuati punti rappresentativi per il campionamento e la misurazione delle acque superficiali. La frequenza di campionamento dovrà essere la stessa del monitoraggio dei piezometri;
4. le analisi degli eluati dell'eventuale impianto di trattamento dovranno essere eseguite contemporaneamente e sugli stessi parametri del sistema di controllo delle acque superficiali e sotterranee;
5. sulla base delle evidenze dei dati di monitoraggio si devono progettare e realizzare tutti gli interventi di manutenzione degli impianti e delle infrastrutture del sito di raccolta, quali aree di accesso, recinzioni ecc. In particolare, dovranno essere ispezionati e mantenuti, la copertura superficiale del sito di raccolta ed i sistemi di regimazione delle acque, verificando che la loro funzionalità non diminuisca a causa di deterioramento dei materiali, oppure dell'ostruzione dei canali di drenaggio.

Dovrà essere predisposto un documento che evidenzi tutti i sistemi di controllo, sorveglianza e monitoraggio, cadenzando le frequenze delle misure ed i parametri da controllare sul sito di raccolta, durante la costruzione e nella gestione post operam. Inoltre si dovranno evidenziare le eventuali limitazioni d'uso rispetto alle previsioni degli strumenti urbanistici.

Questo documento di controllo e monitoraggio dovrà essere approvato dall'ente competente.

7.2.5 Il piano di gestione del sito di raccolta

Considerata la particolare importanza della breve fase di gestione operativa del sito di raccolta, ossia della fase di abbancamento dei rifiuti minerali, al fine della minimizzazione della minimizzazione del rischio legato alla contaminazione delle matrici ambientali – in particolare per la produzione di percolati – il progetto dovrà contenere un Piano di gestione del sito di raccolta. Tale piano dovrà individuare i criteri e le misure tecniche adottate per la gestione della fase operativa e le modalità di chiusura della stessa; la gestione post-operativa del sito di raccolta sarà disciplinata dalle azioni previste dal piano di manutenzione dell'opera e da quelle previste nel piano di monitoraggio.

7.2.6. Conclusioni

In definitiva è possibile riassumere l'approccio alla bonifica delle aree minerarie dismesse basato sul sito di raccolta attraverso quattro momenti tra essi interagenti, di seguito rappresentati in un flusso decisionale specifico (figura 7.2.).

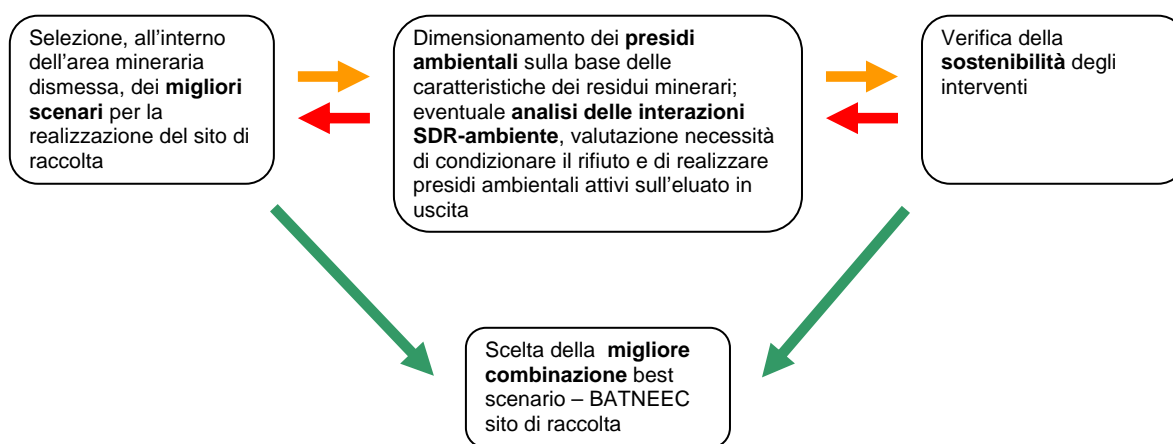


Figura 7.2. – Diagramma di flusso per l'approccio alla bonifica delle aree minerarie dismesse

7.3. Progettazione e modalità di esecuzione degli interventi di bonifica

Il progetto operativo di dettaglio degli interventi dovrà definire con adeguato dettaglio le modalità di bonifica adeguate alle condizioni sito specifiche.

Il monitoraggio ambientale da adottare durante l'esecuzione degli interventi dovrà prevedere sistemi di misura e caratterizzazione chimica e fisica della polverosità indotta dalle operazioni di rimozione. In particolare, la rimozione dei fini da conferire al sito di raccolta dovrà avvenire limitando al massimo la dispersione eolica e, nel caso di interventi in alveo, prevedendo la realizzazione di presidi temporanei quali "vasche di calma" per evitare la dispersione a valle del materiale in fase di asportazione. Il terreno contaminato immediatamente a contatto con il rifiuto asportato dovrà essere abbancato nel sito di raccolta. Per volumi di terreno potenzialmente contaminato (concentrazioni di contaminanti superiori ai valori di fondo) non trascurabili rispetto alla massa del rifiuto asportato il progetto dovrà valutare il superamento delle CSR ed eventualmente la bonifica/messa in sicurezza permanente in situ. In generale l'area oggetto dell'intervento di rimozione dei fini

dovrà essere recintata con reti frangivento; se la rimozione avverrà in pendio, in corrispondenza del margine inferiore dell'abbancamento da rimuovere dovranno essere previste strutture di contenimento temporaneo utili a minimizzare la dispersione a valle; le modalità di rimozione saranno tali per cui in previsione di condizioni meteo particolarmente avverse dovrà essere prevista la predisposizione di presidi ambientali temporanei e a basso costo (es. teli di LDPE). Se del caso il progetto dovrà recare anche le misure per prevenire l'erosione conseguente alla rimozione dei rifiuti. La realizzazione di abbancamenti temporanei e la posizione degli stessi funzione della logistica di cantiere dovrà essere specificata in progetto.

7.4. La messa in sicurezza permanente

La messa in sicurezza permanente in situ riguarda situazioni di abbancamenti di volumi tali da rendere insostenibile l'opzione di rimozione e conferimento a sito di raccolta; si intende applicabile all'interno della medesima messa in sicurezza permanente anche il riposizionamento sull'abbancamento di origine (principale) di modeste quantità di rifiuti da esso provenienti e dispersi nelle immediate vicinanze dello stesso.

Si ritiene valido quanto detto a proposito del sito di raccolta relativamente alla copertura superficiale, alla protezione dalle acque di corrivazione superficiale (canale di guardia) e di infiltrazione sotterranea (trincee drenanti, cinturazioni perimetrali). Dovrà essere in ogni caso valutata la necessità-possibilità di predisporre un sistema di isolamento perimetrale a profondità variabile (in analogia a quanto detto per il sito di raccolta) costituito da diaframmi plastici o ottenuto attraverso jet-grouting o tecnologie ad esse assimilabili. Così come per i siti di raccolta costruiti su bacini sterili, dovrà essere verificata la stabilità delle strutture di contenimento esistenti ed eventualmente dimensionato il sistema di rinforzo. Anche nel caso della messa in sicurezza permanente in situ dovrà essere previsto un idoneo sistema di drenaggio delle acque di percolazione, utile anche ad evitare la formazione di sovrappressioni dannose per la stabilità dell'abbancamento.

7.5. Trattamenti dei rifiuti di estrazione

Come anticipato ai capitoli precedenti, in alcune situazioni si rende necessario operare dei trattamenti sui rifiuti da confinare nel sito di raccolta o un trattamento in situ degli eluati. Laddove le condizioni locali di migliore scenario dell'area mineraria non consentano il raggiungimento degli idonei standard di sicurezza di tipo fisico (barriere, diaframmi etc.) o laddove i residui minerari per i quali si prevede l'abbancamento nel sito di raccolta, o parte di essi, siano caratterizzati da potenziale di rilascio acido e/o da elevata capacità di cessione di metalli nell'eluato, il progetto operativo di dettaglio degli interventi relativo al sito di raccolta o ad una qualsiasi messa in sicurezza permanente dovrà sviluppare l'analisi SDR-ambiente e dettagliare i metodi di trattamento in situ qualora ritenuti necessari a seguito della suddetta analisi.

La valutazione del tipo di trattamento adatto alla situazione sito-specifica consiste in un'analisi tecnico economica di raffronto tra le tecnologie disponibili sul mercato, funzionali alla riduzione della mobilità e della tossicità dei contaminanti presenti nel sito di raccolta, con una particolare attenzione agli effetti lungo termine. L'approccio alla ricerca della migliore tecnologia di trattamento a costi sostenibili consiste

innanzitutto nella scelta del materiale/i da impiegare per il trattamento⁷, dunque nell'ingegnerizzazione dell'impiego in situ del materiale/i scelto.

7.5.1. Scelta dei materiali per il trattamento

La scelta dei materiali da utilizzare per i trattamenti deve essere condotta principalmente su prodotti agevolmente disponibili sul mercato locale o nazionale, con la priorità di utilizzo di materiali derivanti da attività di recupero se concorrenziali dal punto di vista delle prestazioni richieste e del prezzo di mercato.

La scelta deve essere condotta innanzitutto mediante la verifica, su scala di laboratorio, dell'idoneità per ciascuno dei materiale per il trattamento analizzati ed una comparazione preliminare: tali prove preliminari devono essere condotte su un campione rappresentativo del rifiuto minerario specifico (da singolo abbancamento) o sul mix pesato dei rifiuti che si prevede di confinare nel sito di raccolta: ciò a seconda del modello di trattamento. Le percentuali di materiale per il trattamento sul totale del campione sottoposto a prova di laboratorio dovranno essere ragionevolmente commisurate alle quantità impiegabili in campo.

Gli esiti positivi ottenuti in tale fase, a valle di una scelta preliminare del/i materiale per il trattamento da utilizzare, devono essere approfonditi su scala pilota in configurazione tale da simulare il comportamento dei rifiuti nel sito di raccolta o di messa in sicurezza permanente. Il test deve essere sviluppato su un numero sufficiente di lavaggi (batch volumes) tale da restituire informazioni sul comportamento a breve, medio e lungo termine dei rifiuti minerari in abbancamento. In particolare devono essere condotte su scala pilota una prova "in bianco" e una o più prove che impieghino il materiale per il trattamento in una o più configurazioni. I parametri da monitorare con maggiore attenzione sono quelli che presentano maggior rischio nella combinazione della pericolosità intrinseca dell'analita e della sua concentrazione nell'eluato e gli acidi nel caso specifico di generazione degli stessi da parte dei rifiuti oggetto di confinamento. Tale fase deve prevedere un protocollo di gestione di prove e analisi che deve essere approvato dall'ente competente e messo a disposizione degli enti di controllo.

7.5.2. Ingegnerizzazione dei trattamenti

Tale fase consiste nella realizzazione di un modello di trattamento, tarato sulle caratteristiche del sito, dei rifiuti minerari oggetto di confinamento tale da restituire la distribuzione fisica del materiale per il trattamento all'interno del sito e la quantità dello stesso da impiegare per minimizzare a lungo termine gli effetti dei contaminanti sulla salute umana e sull'ambiente. In definitiva il modello può prevedere i seguenti casi di distribuzione del materiale per il trattamento:

- a. Impiego in mix omogeneo sui rifiuti in abbancamento/parte di essi;
- b. Impiego in mix non omogeneo (differenziato per lotti di rifiuto o per zona del sito di raccolta)
- c. Impiego localizzato singolo (tipo PRB) o multiplo (a strati);

⁷ L'EPA, nell'approccio alle land disposal restrictions (limiti allo smaltimento sul suolo) definisce a tale scopo le migliori tecnologie disponibili dimostrate BDAT e basa gli standard di trattamento sulla fattibilità tecnica piuttosto che sull'analisi di rischio.

d. Impiego in combinazione mix/localizzato.

Mentre i modelli a) e b) prevedono principalmente un'azione diretta sul rifiuto e laddove possibile tecnicamente ed economicamente, sono da considerare preferibili, i modelli c) e d), agendo solo sugli eluati o in combinazione rifiuto/eluati sono in genere caratterizzati da un impiego minore di materiale per il trattamento, dunque da un maggiore risparmio di risorse a parità di risultati. Il progetto dei sistemi di trattamento dovrà dunque effettuare anche tale confronto.

Il modello, sviluppato in base agli esiti delle prove su scala pilota e utile per l'implementazione di modifiche da apportare alle stesse, dovrà contemplare le possibili disfunzioni del sistema di isolamento dei rifiuti e simularne il contenimento dei relativi effetti mediante l'impiego dei materiali per il trattamento.

7.6. Reimpiego dei rifiuti di estrazione

I residui minerari derivano dall'estrazione dei minerali dalla roccia mineralizzata o direttamente dalle operazioni di scavo nelle aree minerarie; hanno caratteristiche simili alle rocce presenti sul territorio e contenuti di minerale generalmente modesti dal punto di vista minerario, ma spesso elevati in relazione alle tabelle di concentrazione dei contaminanti presenti nella normativa ambientale.

Si tratta quindi di materiali di potenziale riutilizzo, sia per un'ulteriore estrazione dei minerali, determinata dai progressi nelle tecniche minerarie, sia per usi in altri settori industriali o nell'ingegneria civile.

Il progetto operativo di bonifica deve valutare la possibilità di riutilizzo dei residui minerari, sia per sopperire alle richieste di materie prime, sia per eliminare o ridurre delle fonti di potenziale contaminazione dal territorio.

Tale valutazione dovrà sviluppare gli aspetti tecnici, legislativi e commerciali utili per individuare le migliori metodologie e tecniche di recupero e le migliori opportunità economiche ed ambientali di riutilizzo dei residui minerari.

In particolare dovranno essere definite le caratteristiche specifiche dei residui minerari in relazione alle necessità delle attività industriali potenziali utilizzatori dei residui medesimi, e dovranno essere definiti gli aspetti normativi e burocratici indispensabili per un effettivo riutilizzo dei materiali.

7.7. Percolati generati dalle strutture di deposito e dai siti di raccolta e acque risorgive contaminate

L'approccio progettuale dovrà contemplare la realizzazione di impianti di trattamento centralizzati delle acque contaminate, costituite in particolare dai percolati generati durante la costruzione dei siti di raccolta e dalle acque di infiltrazione in uscita dai bacini sterili. La gestione dei fanghi di risulta del trattamento dovrà essere prevista all'interno della stessa area mineraria, all'interno di una struttura di deposito attrezzata allo scopo e dotata degli idonei presidi ambientali: il sito di raccolta potrà essere adibito a tale scopo durante la fase di costruzione dello stesso. Si evidenzia che gli impianti di trattamento dovranno essere progettati per minimizzare la produzione di fanghi ed il volume specifico dei medesimi: tecnologie passive di captazione e immobilizzazione dei metalli pesanti saranno da preferire ai tradizionali sistemi chimico/fisici di coagulazione/precipitazione che, laddove ritenuto

necessario, potranno essere utilizzati in combinazione con i primi per il raggiungimento di standard di qualità dell'effluente non altrimenti ottenibili. Si veda, a tal proposito, anche quanto descritto al cap. 5. Il piano di gestione del sito di raccolta potrà altresì contemplare il ricircolo dei percolati prodotti in fase di cantiere sulla superficie del SDR stesso: ciò, con l'obiettivo di minimizzare il flusso netto di percolato in uscita dal sito (a trattamento, prima della reimmissione in corpo idrico), massimizzandone l'evaporazione. Il percolato "rilasciato" dopo la fase di chiusura sarà soggetto a trattamento e non potrà essere ri-circolato;

Il problema delle acque di falda contaminate dall'attività pregressa e delle acque risorgenti a bocca di galleria merita un approfondimento specifico. Considerata la natura sotterranea della contaminazione, generata essenzialmente dal contatto tra le acque sotterranee e le rocce mineralizzate o i materiali utilizzati per le ripiene degli scavi, si evince chiaramente che la dimensione del problema del risanamento delle acque sotterranee interessanti il reticolo di scavi minerari è di difficile soluzione.

Mentre dal punto di vista strettamente normativo si può considerare la differenza tra acque risorgive e acque sotterranee e la differenza di approccio - le prime infatti sono acque superficiali per le quali la disciplina delle bonifiche dei siti contaminati non prevede né caratterizzazione né interventi di bonifica e la problematica deve essere affrontata sulla base del rapporto tra il carico di contaminanti e gli obiettivi di qualità dei corpi idrici superficiali mentre le seconde sono soggette alla procedura di bonifica (trattamento sino al raggiungimento dei valori soglia di contaminazione/valori di fondo naturale - dal punto di vista sostanziale il problema è unitario e gli obiettivi devono necessariamente essere tarati su criteri di sostenibilità basati innanzitutto sugli esiti della valutazione dei rischi. Il percorso metodologico suggerito in caso di superamento dei limiti tabellari delle suddette acque sotterranee è dunque il seguente:

1. Definizione dei valori geochimici degli acquiferi;
2. Analisi dell'interazione delle acque superficiali e sotterranee con i recettori – compatibilità con la pianificazione territoriale; monitoraggio degli usi della risorsa all'interno dell'area vasta;
3. Definizione di uno stato di qualità delle acque superficiali e sotterranee compatibile con la pianificazione del territorio;
4. Valutazione dell'attenuazione naturale;
5. Valutazione dei miglioramenti della risorsa idrica ottenibili mediante le azioni di bonifica/messa in sicurezza (in particolare asportazione fini dagli alvei e realizzazione di siti di raccolta)
6. Verifica della possibilità di impedire/limitare il contatto delle acque sotterranee con le sorgenti di contaminazione e monitoraggio nel tempo gli effetti delle azioni⁸.
7. Verifica della possibilità di trattare in modo sostenibile le acque contaminate
8. Verifica della possibilità di eliminare/ridurre gli inquinanti maggiormente pericolosi per l'uomo e gli ecosistemi

⁸ A tal proposito l'EPA contempla la possibilità di utilizzo di tecniche di isolamento di porzioni di scavo minerario mediante il clay-grouting.

L'analisi dei punti suddetti è funzionale alla definizione degli obiettivi di intervento e di quelli di qualità nel breve, medio e lungo periodo, pertanto strumento essenziale per la pianificazione del territorio e alla eventuale taratura della comunicazione del rischio.

7.8. Strumenti di prevenzione del progetto operativo

La bonifica dei terreni contaminati dalla pluriennale dispersione eolica e idraulica di contaminanti ovvero quella delle acque sotterranee contaminate, in particolare quelle interessanti il reticolo di scavi in sottterraneo, è generalmente un problema che, se affrontato con gli obiettivi di conseguire precisi limiti di concentrazione, non ha soluzione economicamente sostenibile. Ciò non toglie che l'analisi di possibili soluzioni allo stato di contaminazione dell'area vasta debba essere parte integrante del progetto operativo nel suo complesso: trattando di un problema di contaminazione diffusa, dovrà essere sviluppato in base ad un approccio multidisciplinare basato sui seguenti punti:

- analisi di rischio;
- valutazione di tecnologie sostenibili e implementazione di studi in campo e prove pilota per la definizione delle stesse (ivi comprese tecnologie di bio/phytoremediation);
- valutazione dell'attenuazione naturale e del suo ruolo nel presente per la definizione di rischi sanitari;
- valutazione del passaggio dei contaminanti attraverso la catena alimentare, verifica della biodisponibilità dei contaminanti;
- valutazione del rischio sanitario specifico e definizione delle misure di prevenzione, limitazione di accesso, informazione neo-pianificazione territoriale⁹.

Tale approccio integrato, contributo essenziale della gestione del rischio, ha l'obiettivo di generare un miglioramento sensibile della qualità dell'ambiente nelle aree vaste interessate dall'inquinamento diffuso, anche a lungo termine e reindirizzare, laddove ritenuto necessario, la pianificazione territoriale delle aree compatibilmente con lo stato di qualità ambientale.

⁹ Le linee guida dell'EPA per la definizione degli interventi nelle aree minerarie dismesse – Abandoned Mine site Characterization and cleanup handbook, all'Appendice G, contemplano l'approccio degli "institutional controls" all'interno della gestione del rischio. Nelle linee guida dell'EPA gli "Health Education Programs" sono utilizzati per informare ed educare la comunità circa i rischi derivanti dalla contaminazione. L'EPA evidenzia la difficoltà e l'importanza di tale attività in una comunità stabile che non percepisce il rischio.

GLOSSARIO

Il presente glossario costituisce uno strumento per una rapida interpretazione dei termini utilizzati nelle linee guida e non si sostituisce alle definizioni della normativa vigente.

abbancamento	deposito di residui minerali di granulometria fine, sabbie limi, generalmente ubicato nelle parti di alveo caratterizzate da bassa energia di trasporto. Sono originati dal dilavamento e trasporto dei residui di trattamento mineralurgico, stoccati in prossimità dei principali impianti di trattamento minerario
analisi granulometrica	determinazione della distribuzione di dimensione delle particelle di un suolo. Per lo scopo delle presenti linee guida si considera sufficiente un'analisi granulometrica effettuata con 2 setacci (20 mm e 2 mm) e 3 classi granulometriche
ARAGNA	procedura di gerarchizzazione dei centri di pericolo all'interno di un'area mineraria, derivata da ARGIA
area degradata	porzione di territorio che, a causa dell'attività estrattiva, è stata privata dei tratti naturali (suolo, vegetazione) e deve essere oggetto di ripristino ambientale
area di impianto	area della concessione mineraria in cui sono ubicati gli impianti di trattamento del minerale e le principali strutture di servizio alla miniera
area di indagine	area che racchiude tutti i centri di pericolo all'interno dell'area vasta
area estrattiva	area della concessione mineraria in cui sono presenti i cantieri di estrazione del minerale
area mineraria	porzione di territorio, formalmente identificata dai limiti della concessione mineraria, che include l'area estrattiva, l'area di impianto e l'area dei bacini sterili
area mineraria dismessa	area mineraria nella quale è cessata l'attività estrattiva
area sterili	area della concessione mineraria in cui è presente il bacino sterili dell'impianto di trattamento
area vasta	area generalmente coincidente con il bacino idrografico che comprende l'area di indagine ed i relativi recettori; deve essere valutata la presenza di fenomeni di maggior dispersione dei contaminanti (erosione eolica dei materiali fini, oppure un bacino idrogeologico differente da quello idrografico associato ad una contaminazione delle acque sotterranee)
ARGIA	procedura di gerarchizzazione dei siti contaminati elaborata dalla Regione Emilia Romagna

bacino sterili	struttura di deposito dei residui minerali di granulometria fine derivanti dal trattamento del minerale, caratterizzata dalla presenza di uno sbarramento perimetrale o di valle
campionatura ragionata	distribuzione sul territorio dei punti di campionatura in funzione delle caratteristiche, naturali e antropiche, del sito
campionatura sistematica	distribuzione geometrica e regolare sul territorio dei punti di campionatura
canaletta	metodologia di campionamento del suolo e dei centri di pericolo basata sul prelievo di uno o più campioni, lungo uno scavo superficiale eseguito sulle superfici esposte dell'oggetto della campionatura, da eseguire perpendicolarmente alla stratificazione del materiale
carota	campione cilindrico di suolo e sottosuolo ottenuto mediante perforazione con sonda meccanica o manuale
centro di pericolo	sorgente potenziale di contaminazione, identificata e definita sul territorio
concentrato	prodotto del trattamento del minerale, con caratteristiche di alta concentrazione in uno o più specifici metalli
concentrazione rappresentativa	valore di concentrazione di un elemento o una sostanza rappresentativo di un centro di pericolo o di una specifica porzione di esso, ottenuto mediante elaborazioni statistiche sui campioni prelevati
contaminazione incrociata	contaminazione dovuta alla mancata o carente pulizia degli strumenti campionatori e da ascrivere, quindi, ai materiali campionati precedentemente
discarica mineraria	accumulo di rifiuti minerali a granulometria prevalentemente grossolana, generalmente derivato dalla costruzione di gallerie o di scavi minerali. La loro caratteristica principale è data dall'eterogeneità dei materiali e dalla loro scarsa omogeneità granulometrica
dominio litologico	porzione di territorio caratterizzato dalla presenza prevalente di uno specifico tipo litologico. Ad esempio un dominio carbonatico rappresenta litologie prevalentemente carbonatiche, quali calcari e dolomie, un dominio silicatico raggruppa formazioni geologiche prevalentemente costituite da arenarie, siltiti e argilliti
ente competente	pubblica amministrazione cui compete l'adozione dei provvedimenti autorizzativi

fini di trattamento	residui a granulometria fine, sabbie o limi, del processo di trattamento del minerale per l'estrazione dei metalli
fondo naturale	valore di concentrazione di un elemento o una sostanza caratteristico del sito in assenza di attività antropiche ed in particolare minerarie, ottenuto mediante elaborazioni statistiche sui campioni prelevati
gerarchizzazione	Classificazione dei centri di pericolo secondo un indice legato al rischio potenziale per i recettori
granulometria	proprietà fisica di un suolo o di un centro di pericolo, basata sulle dimensioni delle singole particelle
inquinamento diffuso	contaminazione o le alterazioni chimiche, fisiche o biologiche delle matrici ambientali determinate da fonti diffuse e non imputabili ad una singola origine
LCL 95	il Lower Confidential Limit con il 95% di confidenza di una media rappresenta una stima della popolazione media. Statisticamente l'LCL 95% di una media è definito come un valore che, quando calcolato ripetutamente per un sottoinsieme di dati scelti a caso, eguaglia o è inferiore al valore vero della media il 95% delle volte. All'aumentare del numero di dati l'LCL 95 tende a coincidere con la media
MISE	messa in sicurezza di emergenza
misure di sicurezza	gli interventi e gli specifici controlli necessari per impedire danni alla salute pubblica o all'ambiente derivanti dai livelli di concentrazione residui di inquinanti nel suolo, nel sottosuolo, nelle acque sotterranee e superficiali o dalla presenza di rifiuti stoccati sottoposti ad interventi di messa in sicurezza permanente, nonché la azioni di monitoraggio idonee a garantire, in particolare, il controllo nel tempo dell'efficacia delle limitazioni d'uso, qualora, pur applicando, secondo i principi della normativa comunitaria, le migliori tecnologie disponibili a costi sopportabili, la bonifica ed il ripristino ambientale non consentono di rispettare i valori di concentrazione limite accettabili previsti dalla normativa vigente
modello concettuale	schema logico di rappresentazione del sito basato sulla diffusione dei contaminanti dalle sorgenti ai recettori, attraverso tutte le possibili vie di trasmissione
non detect	concentrazione di una determinata sostanza non rilevabile dallo strumento analitico di laboratorio ed inferiore, quindi, al limite di rilevabilità (detection limit) relativo alla tecnica analitica utilizzata
PdC	Piano di caratterizzazione

perimetrazione	delimitazione di una porzione di territorio in funzione di uno specifico obiettivo. Per la caratterizzazione di un'area mineraria si deve perimetrare l'area di indagine e l'area vasta
piano di caratterizzazione	indagine preliminare eseguita sull'area mineraria, che contiene tutti i dati e le informazioni disponibili ed un piano di indagini per la verifica e definizione della potenziale contaminazione e l'elaborazione del modello concettuale preliminare
piano di indagini	programma di attività, in particolare di campionatura, da eseguire sull'area mineraria per la verifica e la definizione della potenziale contaminazione
pozzetto	opera di scavo, eseguita manualmente o con mezzo meccanico, atta ad eseguire la campionatura del suolo o del sottosuolo
PRB	barriera permeabile reattiva
PROAV	progetto degli interventi sull'area vasta
PRODE	progetto operativo di dettaglio degli interventi
reagenti	sostanze utilizzate nei processi di estrazione dei metalli dal minerale
rifiuti di estrazione	rifiuti derivanti dalle attività di prospezione o di ricerca, di estrazione, di trattamento e di ammasso di risorse minerali e dallo sfruttamento delle cave
rifiuti diversi	altri rifiuti presenti in un'area mineraria, direttamente o indirettamente legati all'attività estrattiva
RIND	Risultati delle indagini
risultati delle indagini	documento conclusivo della caratterizzazione di un'area mineraria che contiene tutti i dati e le elaborazioni su di essi eseguite; definisce presenza e dimensioni dell'eventuale contaminazione ed elabora il modello concettuale definitivo
SDR	sito di raccolta
sito di raccolta	sito di raccolta è una struttura di deposito funzionale alla messa in sicurezza dei materiali fini e del materiale mineralizzato, opportunamente dotata di idonei presidi ambientali
sondaggio a carotaggio	perforazione del terreno con estrazione di un campione (carota) del tratto attraversato dalla perforazione, con caratteristiche fisiche identiche al terreno campionato
sondaggio a distruzione	perforazione del terreno con estrazione di un campione ottenuto dalla macinazione del terreno del tratto attraversato dalla perforazione

stream sediment	sedimento fluviale attivo rappresentato dai materiali fini, sabbia fine-silt-argilla, trasportati dalle acque di scorrimento del corso d'acqua.
tailing	residui minerari a granulometria fine, derivati dal trattamento del minerale e dispersi a valle dell'impianto di trattamento
tempo effettivo realizzazione	di tempo intercorrente tra l'abbancamento del primo volume di rifiuti e la chiusura completa del sito di raccolta o del relativo lotto (se indipendente dal punto di vista idraulico dal resto del SDR) intesa come momento a partire dal quale le acque meteoriche non potranno più contribuire alla produzione di percolati
tout-venant	minerale grezzo, estratto dalla miniera, destinato al trattamento in impianto
UCL 95	l'Upper Confidential Limit con il 95% di confidenza di una media rappresenta una stima della popolazione media. Statisticamente l'UCL 95% di una media è definito come un valore che, quando calcolato ripetutamente per un sottoinsieme di dati scelti a caso, eguaglia o supera il valore vero della media il 95% delle volte. All'aumentare del numero di dati l'UCL 95 tende a coincidere con la media
UPL 95	l'Upper Prediction Limit con il 95% di confidenza rappresenta una stima di un valore soglia nella parte più alta della curva di distribuzione dei dati. Statisticamente, all'aumentare dei dati l'UPL 95 tende al 95° percentile
validazione	attività di controllo e verifica dei dati di un piano di caratterizzazione
valori di riferimento	concentrazioni dei contaminanti da utilizzare per verificare la necessità di interventi su un centro di pericolo potenziale. I valori di riferimento si determinano dal confronto tra le Concentrazioni Soglia di Contaminazione, indicate dalla normativa, e i valori di fondo naturale

Allegati al capitolo 2. Caratterizzazione

Allegato A – Scheda discarica mineraria

Piano della Caratterizzazione

Scheda DISCARICA MINERARIA

Progetto _____

Codice CdP

Comune

Sezione CTR

Quota m s.l.m.

Data rilievo

Rilevatore

DESCRIZIONE DELLA DISCARICA

Tipologia:

Sterili di scappellamento

Sterili di tracciamento

Sterili di trattamento meccanico

Altro _____

Morfologia:

Sommità

Mezza costa

Fondo valle

Litologia prevalente: _____

Litologia affiorante: _____

Granulometria (%):

pezzame

ghiaia

fini

Minerali presenti: _____

GEOMETRIA DELLA DISCARICA

N° gradoni/fronti: _____

Superficie (m²): _____

Potenza media (m): _____

Volume (m³): _____

Altezza totale (m): _____

Perimetro (m): _____

Angolo di scarpata: _____

Piano della Caratterizzazione

Scheda DISCARICA MINERARIA

CONDIZIONI DI STABILITÀ

Tipologia di dissesto e processi in atto:

Arretramento del bordo	<input type="checkbox"/>	Frana per scivolamento	<input type="checkbox"/>
Erosione eolica	<input type="checkbox"/>	Frana per crollo	<input type="checkbox"/>
Erosione concentrata (canaloni)	<input type="checkbox"/>	Caduta di detrito	<input type="checkbox"/>
Erosione diffusa (solchi)	<input type="checkbox"/>	Frana per colamento	<input type="checkbox"/>
Scalzamento al piede	<input type="checkbox"/>	Frana per ribaltamento	<input type="checkbox"/>

INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA

Non effettuati	<input type="checkbox"/>	Recinzioni	<input type="checkbox"/>	Regimazione idraulica	<input type="checkbox"/>
Effettuati recenti	<input type="checkbox"/>	Rimodellamento	<input type="checkbox"/>	Canale di guardia	<input type="checkbox"/>
Effettuati non recenti	<input type="checkbox"/>				

INTERFERENZE CON L'AMBIENTE

Acque sotterranee

Il CdP sovrasta: falda acquifera sorgente

Acque superficiali

Il CdP contiene un laghetto

Il CdP devia un ruscello

Il CdP presenta deflussi al piede

Vegetazione a contorno

Bosco rado	<input type="checkbox"/>	Macchia alta	<input type="checkbox"/>	Macchia bassa	<input type="checkbox"/>
Bosco	<input type="checkbox"/>	Macchia degradata	<input type="checkbox"/>	Rimboscimento	<input type="checkbox"/>
Pascolo	<input type="checkbox"/>	Seminativo	<input type="checkbox"/>		

Allegato B – Scheda impianto di trattamento/edificio di servizio

Piano della Caratterizzazione

Scheda IMPIANTO DI TRATTAMENTO/EDIFICIO DI SERVIZIO

Progetto _____

Codice CdP _____ Comune _____ Sezione CTR _____

Quota m. s.l.m. _____ Data rilievo _____ Rilevatore _____

DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DI TRATTAMENTO/EDIFICIO DI SERVIZIO

Morfologia: Sommità Mezza costa Fondo valle

Possibilità di accesso: _____

Dimensioni:

Altezza tot (m): _____ Lunghezza (m): _____ Larghezza (m): _____

Superficie interna (m²): _____ Superficie area esterna di pertinenza (m²): _____

Tipologia impianto di trattamento:

Impianto di flottazione Impianto gravimetrico

Altro _____

Tipologia edificio di servizio:

Locale reagenti Locale pompe

Laboratorio chimico Locale compressore

Cabina elettrica Magazzino

Officina meccanica Uffici e servizi

Altro _____

Piano della Caratterizzazione

Scheda IMPIANTO DI TRATTAMENTO/EDIFICIO DI SERVIZIO

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE E RESIDUI PRESENTI

Copertura: _____

Tamponatura: _____

Caratteristiche struttura: _____

Macchinari:	Tipo	Condizioni
	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____

Residui presenti:	Tipo	Quantità
	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____

STATO DI CONSERVAZIONE

CARATTERISTICHE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE

Reagenti utilizzati _____

Altre sostanze chimiche utilizzate _____

Dati di produzione _____

Note _____

Piano della Caratterizzazione

Scheda IMPIANTO DI TRATTAMENTO/EDIFICIO DI SERVIZIO

INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA

Non effettuati Recinzioni Smaltimento rifiuti

Effettuati recenti Smaltimento amianto Demolizione

Effettuati non recenti Smaltimento ferrosi Ristrutturazione

Altro: _____

INTERFERENZE CON L'AMBIENTE

L'impianto/edificio si trova nella seguente posizione rispetto al corso d'acqua: _____

Vegetazione a contorno

Bosco rado Macchia alta Macchia bassa

Bosco Macchia degradata Rimboschimento

Pascolo Seminativo

Allegato C – Scheda abbancamento/bacino di contenimento

Piano della Caratterizzazione

Scheda ABBANCAMENTO/BACINO DI CONTENIMENTO

Progetto _____

Codice CdP Comune Sezione CTR

Quota m s.l.m. Data rilievo Rilevatore

DESCRIZIONE DELL'ABBANCAMENTO/BACINO DI CONTENIMENTO

Tipologia:

Fanghi di flottazione

Sabbie di flottazione

Residui di gravimetria

Altro _____

Morfologia:

Sommità

Mezza costa

Fondo valle

Litologia prevalente: _____ Litologia affiorante: _____

Granulometria (%): pezzame ghiaia fini

Minerali presenti: _____

Provenienza del materiale abbancato: _____

GEOMETRIA DELL'ABBANCAMENTO/BACINO DI CONTENIMENTO

N° gradoni/fronti: _____ Superficie (m²): _____

Potenza media (m): _____ Volume (m³): _____

Altezza totale (m): _____ Perimetro (m): _____

Angolo di scarpata: _____

Piano della Caratterizzazione

Scheda ABBANCAMENTO/BACINO DI CONTENIMENTO

CONDIZIONI DI STABILITÀ

Tipologia di dissesto e processi in atto:

Arretramento del bordo	<input type="checkbox"/>	Frana per scivolamento	<input type="checkbox"/>
Erosione eolica	<input type="checkbox"/>	Frana per crollo	<input type="checkbox"/>
Erosione concentrata (canaloni)	<input type="checkbox"/>	Caduta di detrito	<input type="checkbox"/>
Erosione diffusa (solchi)	<input type="checkbox"/>	Frana per colamento	<input type="checkbox"/>
Scalzamento al piede	<input type="checkbox"/>	Frana per ribaltamento	<input type="checkbox"/>

INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA

Non effettuati	<input type="checkbox"/>	Recinzioni	<input type="checkbox"/>	Regimazione idraulica	<input type="checkbox"/>
Effettuati recenti	<input type="checkbox"/>	Rimodellamento	<input type="checkbox"/>	Canale di guardia	<input type="checkbox"/>
Effettuati non recenti	<input type="checkbox"/>				

INTERFERENZE CON L'AMBIENTE

Acque sotterranee

Il CdP sovrasta: falda acquifera sorgente

Acque superficiali

Il CdP contiene un laghetto

Il CdP devia un ruscello

Il CdP presenta deflussi al piede

Vegetazione a contorno

Bosco rado	<input type="checkbox"/>	Macchia alta	<input type="checkbox"/>	Macchia bassa	<input type="checkbox"/>
Bosco	<input type="checkbox"/>	Macchia degradata	<input type="checkbox"/>	Rimboschimento	<input type="checkbox"/>
Pascolo	<input type="checkbox"/>	Seminativo	<input type="checkbox"/>		

Allegato D – Scheda scavo minerario

Piano della Caratterizzazione

Scheda SCAVO MINERARIO

Progetto _____

Codice CdP Comune Sezione CTR

Quota m s.l.m. Data rilievo Rilevatore

DESCRIZIONE DELLO SCAVO

Tipologia:

Scavo a cielo aperto

Trincea

Assaggio

Morfologia:

Sommità

Mezza costa

Fondo valle

Litologia affiorante: _____

Minerali presenti: _____

Presenza di cumuli:	Cod. CdP	Volume m ³	Tipologia
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	_____
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	_____

GEOMETRIA DELLO SCAVO

N° gradoni/fronti: _____ Superficie (m²): _____

Altezza totale (m): _____ Volume (m³): _____

Angolo di scarpata: _____ Perimetro (m): _____

Piano della Caratterizzazione

Scheda SCAVO MINERARIO

CONDIZIONI DI STABILITÀ

Tipologia di dissesto e processi in atto:

Frana per crollo	<input type="checkbox"/>	Caduta di detrito	<input type="checkbox"/>
Frana per ribaltamento	<input type="checkbox"/>	Frana per colamento	<input type="checkbox"/>
Frana per scivolamento	<input type="checkbox"/>	Altro _____	

INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA

Non effettuati	<input type="checkbox"/>	Recinzioni	<input type="checkbox"/>	Regimazione idraulica	<input type="checkbox"/>
Effettuati recenti	<input type="checkbox"/>	Rimodellamento	<input type="checkbox"/>	Canale di guardia	<input type="checkbox"/>
Effettuati non recenti	<input type="checkbox"/>				

INTERFERENZE CON L'AMBIENTE

Acque sotterranee

Il CdP sovrasta: falda acquifera sorgente

Acque superficiali

Il CdP contiene un laghetto

Il CdP devia un ruscello

Vegetazione a contorno

Bosco rado	<input type="checkbox"/>	Macchia alta	<input type="checkbox"/>	Macchia bassa	<input type="checkbox"/>
Bosco	<input type="checkbox"/>	Macchia degradata	<input type="checkbox"/>	Rimboschimento	<input type="checkbox"/>
Pascolo	<input type="checkbox"/>	Seminativo	<input type="checkbox"/>		

Allegato E – Scheda campione

Piano della Caratterizzazione

Area mineraria:

Sigla campione	<input type="text"/>	Data prelievo	<input type="text"/>																																								
		Rilevatore	<input type="text"/>																																								
<u>Coordinate Gauss - Boaga</u>																																											
X	<input type="text"/>	Comune	<input type="text"/>																																								
Y	<input type="text"/>	Località	<input type="text"/>																																								
Quota	<input type="text"/>	Bacino idrologico	<input type="text"/>																																								
Larghezza del corso d'acqua (m)	<input type="text"/>	Uso del suolo	<input type="text"/>																																								
Contaminazione presente	<input type="text"/>	Litologia affiorante	<input type="text"/>																																								
Note	<input type="text"/>																																										
<table border="0"> <thead> <tr> <th><u>Matrice</u></th> <th><u>Motivo campionatura</u></th> <th colspan="2"><u>Descrizione del campione</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Stream <input type="checkbox"/></td> <td>Contaminazione <input type="checkbox"/></td> <td>Potenza del livello campionato (cm)</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Suolo <input type="checkbox"/></td> <td>Fondo naturale <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Alluvioni <input type="checkbox"/></td> <td>Geotecnica <input type="checkbox"/></td> <td>Tessitura</td> <td>Sabbiosa <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Residui minerari <input type="checkbox"/></td> <td>Biologico <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td>Limosa <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Roccia <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td>Argillosa <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Percentuale di clasti >20 mm</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><u>Analisi richieste</u></td> <td>XRD <input type="checkbox"/></td> <td>Percentuale di clasti tra 20 e 2 mm</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Chimiche <input type="checkbox"/></td> <td>Petrografiche <input type="checkbox"/></td> <td>Presenza d'acqua</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Granulometriche <input type="checkbox"/></td> <td>Indicatori biologici <input type="checkbox"/></td> <td>Fotografie</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>				<u>Matrice</u>	<u>Motivo campionatura</u>	<u>Descrizione del campione</u>		Stream <input type="checkbox"/>	Contaminazione <input type="checkbox"/>	Potenza del livello campionato (cm)	<input type="checkbox"/>	Suolo <input type="checkbox"/>	Fondo naturale <input type="checkbox"/>			Alluvioni <input type="checkbox"/>	Geotecnica <input type="checkbox"/>	Tessitura	Sabbiosa <input type="checkbox"/>	Residui minerari <input type="checkbox"/>	Biologico <input type="checkbox"/>		Limosa <input type="checkbox"/>	Roccia <input type="checkbox"/>			Argillosa <input type="checkbox"/>			Percentuale di clasti >20 mm	<input type="checkbox"/>	<u>Analisi richieste</u>	XRD <input type="checkbox"/>	Percentuale di clasti tra 20 e 2 mm	<input type="checkbox"/>	Chimiche <input type="checkbox"/>	Petrografiche <input type="checkbox"/>	Presenza d'acqua	<input type="checkbox"/>	Granulometriche <input type="checkbox"/>	Indicatori biologici <input type="checkbox"/>	Fotografie	<input type="checkbox"/>
<u>Matrice</u>	<u>Motivo campionatura</u>	<u>Descrizione del campione</u>																																									
Stream <input type="checkbox"/>	Contaminazione <input type="checkbox"/>	Potenza del livello campionato (cm)	<input type="checkbox"/>																																								
Suolo <input type="checkbox"/>	Fondo naturale <input type="checkbox"/>																																										
Alluvioni <input type="checkbox"/>	Geotecnica <input type="checkbox"/>	Tessitura	Sabbiosa <input type="checkbox"/>																																								
Residui minerari <input type="checkbox"/>	Biologico <input type="checkbox"/>		Limosa <input type="checkbox"/>																																								
Roccia <input type="checkbox"/>			Argillosa <input type="checkbox"/>																																								
		Percentuale di clasti >20 mm	<input type="checkbox"/>																																								
<u>Analisi richieste</u>	XRD <input type="checkbox"/>	Percentuale di clasti tra 20 e 2 mm	<input type="checkbox"/>																																								
Chimiche <input type="checkbox"/>	Petrografiche <input type="checkbox"/>	Presenza d'acqua	<input type="checkbox"/>																																								
Granulometriche <input type="checkbox"/>	Indicatori biologici <input type="checkbox"/>	Fotografie	<input type="checkbox"/>																																								

Allegato F – Scheda campionatura acque

SCHEDA DI CAMPIONAMENTO E DI RILEVAMENTO DI DATI QUALI/QUANTITATIVI DELLE ACQUE			
ANAGRAFICA DELLA STAZIONE DI CAMPIONAMENTO E/O MISURA			
Sigla postazione:		Data Rilevamento:	
Rilevatori:			
Area mineraria:			
Tipo d'acqua:		Superficiale	Sotterranea
Tipologia della postazione:			
Sigla campione:			
Note anagrafiche:			
FOTOGRAFIA POSTAZIONE CAMPIONATURA		UBICAZIONE CARTOGRAFICA	
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL PUNTO D'ACQUA			
Longitudine Gauss-Boaga:		Latitudine Gauss-Boaga:	
Quota s.l.m.:			
Comune:		Località:	
Sez. 1:25000:		Sez. 1:10000:	
Note inquadramento geografico:			
PRELIEVO DEL CAMPIONE			
Composizione del campione:		1 L in bottiglia di polietilene	
Modalità di prelievo:			
Note prelievo:			
ANALISI IN SITU			
Qualità organolettiche dell'acqua:			
Temperatura acqua:		°C	
Temperatura aria:		°C	
pH:			
Conducibilità Elettrica Specifica:		µS/cm	
Ossigeno disciolto:		mg/l	
Potenziale redox:		mV	
Note analisi in situ:			
RILEVAMENTO DI DATI QUANTITATIVI			
Soggiacenza:		Livello idrodinamico (da p.c.):	
Portata:		Tipo di portata:	Misurata
			Stimata
			Riferita
Note dati idrostatici ed idrodinamici:			

Allegato G – Schema stratigrafia sondaggio

LOGO

Piano della Caratterizzazione

Risultati delle indagini

XXXX

Località XXXX

Comune d XXXX

Data inizio XXXX

Data fine XXXX

Lat XXXX

Long YYY

Quota m slm 4

XXXX

Profondità finale m 17.5

Falda m 4.5

Prof m	Falda m	Litologia	Descrizione	Campione	pH	As mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
0			Fin di lava eria mista a sabbie ediche, asciutti di colore beige.	XXXX	6.5	119	68.5	6303	13750
			Sabbie di trattamento di colore rossiccio con alla base 2 cm di limo di colore nero.	XXXX	5.9	109	200.6	14130	17780
2			Limo sabbioso asciutto, con livelli più fini umidi e plastici di colore nero. Presenza di fustoli legnosi e materiale organico.	XXXX	5.7	75	50.3	13100	9782
4	4.5		Sabbia limosa di colore nero, umida.						
			Ghiaia centimetrica di scisti con ciastri arrotondati e matrice limosa.						
			Sabbia monogranulare di colore grigio scuro, umida.						
			Ghiaia di colore bruno scuro.						
6									
8			Sabbia fine, monogranulare, sciolta, totalmente saturo. Sono presenti livelli più grossolani.	XXXX	5	-15	6.5	774	1709
10			Sabbie sciolte di colore grigio scuro, con molta acqua. Alla base sabbie più grossolane.						
12			Sabbia monogranulare saturo senza matrice, di colore beige.						
			Sabbia mista a ciastri di scisti.	XXXX	6	-15	2.2	42	330
14									
16			Scisti grigi, fratturati.						
18									
20									
22									
24									
26									

LOGO

Metodo Carotaggio continuo con diametro 101 mm

Inclinazione Verticale

Rilevatore XXXX

Piezometro si

Allegati al capitolo 5. Gerarchizzazione dei centri di pericolo

Allegato H – Manuale operativo ARGIA

A.R.G.I.A.

**Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione
dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe**

MANUALE OPERATIVO

Gruppo di lavoro:

Claudia Ferrari – Regione Emilia-Romagna

Daniela Ballardini, Paolo Cagnoli, Saverio Giaquinta - ARPA Emilia-Romagna

Massimo Andretta, Claudia Magri - Centro Ricerche Ambientali Montecatini

Indice

1.	INTRODUZIONE	3
2.	PREMESSA	4
3.	CENNI AI METODI DI ANALISI RELATIVA DEL RISCHIO (<i>HAZARD RANKING</i>)	5
4.	ALCUNE CONSIDERAZIONI SUI METODI CITATI	7
5.	CARATTERISTICHE GENERALI DI A.R.G.I.A.	9
6.	I FATTORI RILEVANTI	7
7.	IL MODELLO CONCETTUALE.....	10
	7.1 <i>Le Sorgenti di contaminazione</i>	10
	7.2 <i>I Contaminanti indice</i>	11
	7.3 <i>Le Vie e modalità di esposizione</i>	13
	7.4 <i>I Recettori</i>	16
	7.5 <i>Il modello concettuale di A.R.G.I.A. come riferimento per le informazioni mancanti</i>	16
8.	CARATTERISTICHE DELLA STRUTTURA DI CALCOLO DEL MODELLO	18
9.	LE SCHEDE OPERATIVE E LA PROCEDURA DA SEGUIRE.....	19
	9.1 <i>Informazioni preliminari</i>	19
	9.2 <i>Modalità complessive del percorso operativo</i>	23
	9.3 <i>Primo Passo: Selezione dei Contaminanti Rilevanti</i>	25
	9.4 <i>Secondo Passo: Descrizione e parametrizzazione della Sorgente</i>	27
	9.5 <i>Terzo Passo: Descrizione e parametrizzazione delle Vie di Trasporto</i>	31
	9.6 <i>Quarto Passo: Descrizione e parametrizzazione dei Recettori</i>	33
	9.7 <i>Quinto Passo: Calcolo del punteggio complessivo di Rischio Relativo</i>	36
	SCHEMI GENERALI DELLE SCHEDE E DEI PERCORSI DI COMPILAZIONE	39
10.	BIBLIOGRAFIA	41
11.	ALLEGATI	
	1 GLOSSARIO	
	2 SCHEMA METODOLOGICO, PARAMETRI E MODELLO CONCETTUALE	
	3 SCHEDE OPERATIVE	
	4 SCHEDE DEI PUNTEGGI.	

INTRODUZIONE

Il presente manuale nasce da una collaborazione tra Regione Emilia Romagna, ARPA sezione provinciale di Ravenna e Centro Ricerche Ambientali Montecatini nell'ambito di un progetto volto a sviluppare una metodologia innovativa di analisi relativa del rischio applicabile all'anagrafe dei siti contaminati regionali, vale a dire a quelle aree ove sia stato individuato un valore di concentrazione nei suoli o nelle acque dei parametri previsti dal DM 471/99 superiori ai limiti tabellari.

Il manuale è così strutturato: nei primi quattro paragrafi vengono introdotti i concetti basilari dell'analisi del rischio e discusse criticamente e sinteticamente alcune metodologie di analisi relativa ed assoluta del rischio attualmente in uso. Nei quattro paragrafi successivi si procede con la descrizione della nuova metodologia (A.R.G.I.A.), esplicitando la struttura logico-matematica che ne è alla base. Nel paragrafo 9 si illustra infine il calcolo e la parametrizzazione dei fattori analitici ed ambientali.

Il manuale intende fornire una guida tecnica per rendere operativa ed efficace l'esecuzione del calcolo per la gerarchizzazione dei siti contaminati regionali, avvalendosi di strumenti di supporto all'utente, riportati in allegato, quali:

- lo schema ad albero del metodo, in cui vengono individuati i fattori rilevanti ed i rispettivi parametri caratterizzanti. Questo schema è utile per capire quali siano le informazioni richieste per l'analisi relativa del rischio;
- un glossario, di supporto all'utente per qualsiasi chiarimento, anche sulle grandezze utilizzate;
- le schede operative, che guidano l'utente nella ricerca e collocazione dei parametri e nei successivi calcoli.
- le tabelle da cui estrarre i valori dei parametri di interesse (schede punteggi).

Dovendo essere uno strumento ragionevolmente agile, il metodo non può prendere in considerazione tutte le possibili combinazioni di evenienze chimiche ed ambientali suscettibili di verificarsi. Nelle eventuali situazioni non direttamente codificate occorre che chi lo applica faccia riferimento alla propria cultura professionale ed al buon senso, tenendo presente che lo spirito del metodo è decisamente "conservativo", ossia esso si ispira alla cautela preferendo sovrastimare un rischio piuttosto che sottostimarlo.

Per la corretta applicazione del metodo è **indispensabile** la lettura dell'intero manuale, e non quella del solo paragrafo 9.

PREMESSA

La bonifica dei siti contaminati costituisce una delle maggiori problematiche ambientali attuali. Infatti, il numero di siti contaminati conosciuti è in crescente ascesa e, spesso, è impossibile procedere alla loro completa bonifica. Lo squilibrio tra il numero crescente di episodi di contaminazione ambientale e la disponibilità limitata di risorse utilizzabili per gli interventi di bonifica hanno determinato la necessità di adottare strumenti il più possibile oggettivi per la valutazione del grado di inquinamento di un sito e della fattibilità tecnico-economica degli interventi.

L'analisi di rischio sanitario-ambientale è attualmente la tecnica più avanzata per la valutazione del grado di pericolo potenziale relativo ad un sito inquinato e per la definizione delle priorità di intervento tra siti o nell'ambito di eventuali disomogeneità sullo stesso sito. Con questo approccio vengono quantificati i reali pericoli per la salute dell'uomo e dell'ambiente connessi al rilascio di inquinanti e vengono di conseguenza elaborate le opportune strategie di gestione del rischio, evitando di disperdere risorse economiche in situazioni che non comportino effettivi rischi per la salute umana.

Le metodologie di analisi di rischio attualmente disponibili comprendono metodi di valutazione di rischio semi-quantitativi e quantitativi. I primi comprendono quei modelli a punteggio che consentono di creare un semplice sistema di classificazione ordinale dei siti potenzialmente contaminati in rapporto alla loro pericolosità, con l'obiettivo di creare una lista di priorità degli interventi da eseguire [Felli et al., 1998]. Si tratta di analisi **relative** del rischio, che si possono quindi definire come procedure semplificate di analisi dei pericoli derivanti da contaminazioni. L'analisi relativa del rischio rappresenta quindi un valido punto di partenza per la gestione dei problemi di inquinamento, soprattutto se ci si trova di fronte alla necessità di pianificare gli interventi per un numero elevato di casi a fronte di risorse limitate.

I metodi di analisi quantitativi, invece, permettono una valutazione **assoluta** del rischio connesso ad un singolo sito sospetto, e giungono all'effettiva quantificazione numerica degli indici di rischio *slope factor* e *hazard quotient* (vedi glossario), rispettivamente per gli inquinanti cancerogeni e non, attraverso una modellizzazione matematica dei percorsi "sorgente di contaminazione-vie di migrazione-bersagli" e delle modalità di esposizione dei bersagli stessi. Nel caso di pericolo accertato, questo approccio consente la definizione degli obiettivi di risanamento specifici per le condizioni del singolo sito. Le valutazioni di rischio assoluto di un sito contaminato sono difficili da ricavare per la numerosità delle componenti ambientali che vengono considerate; tuttavia consentono di graduare dettagliatamente le fonti di pericolo in relazione a danni prevedibili verso i potenziali recettori, al fine di pianificare gli interventi di bonifica.

In campo ambientale ed in particolare in materia di siti contaminati il D.M. 471/99 richiede l'utilizzo di valutazioni di rischio sia relativo, sia assoluto, rispettivamente nella pianificazione e nel coordinamento degli interventi di messa in sicurezza e bonifica. Per quanto riguarda i metodi di analisi relativa del rischio l'art. 14, comma 3 del Decreto fa esplicito riferimento ai criteri di valutazione comparata del rischio per la definizione delle priorità di intervento, e nell'allegato 4 viene

riportata una descrizione dei principali criteri da seguire nell'analisi assoluta. Questa necessità ha spinto gli addetti ai lavori a dotarsi di metodologie adeguate.

CENNI SUI METODI DI ANALISI RELATIVA DEL RISCHIO (e di Hazard Ranking).

Si ricorda che questi sono modelli che forniscono abbastanza agevolmente (attraverso l'esame dei dati raccolti con sopralluogo e la documentazione disponibile sulle aree di indagine) un punteggio che esprime il grado di pericolosità di un sito espresso su una scala che è propria del modello medesimo: tali metodi dunque non portano a valutazioni su una scala di rischio assoluto, ma i punteggi ricavati sono sufficienti a consentire confronti relativi tra più siti, e quindi di assegnare opportune priorità.

I modelli di analisi relativa del rischio sono quindi adatti allo *screening*, e la loro applicazione consente di selezionare nell'insieme dei siti presenti all'interno dell'anagrafe un sottoinsieme su cui effettuare in via prioritaria azioni quali ulteriori indagini (ad esempio: esecuzione di studi *in situ* aggiuntivi, applicazione di modelli di analisi assoluta del rischio, applicazione di criteri di concentrazione limite), od interventi di risanamento integrali o parziali.

L'esame comparato di alcuni metodi esistenti, condotta nelle fasi propedeutiche alla redazione di A.R.G.I.A. (acrostico di: Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe), ha permesso di creare le fondamenta per un nuovo sistema di valutazione che, con una disponibilità di dati ridotta in quantità e qualità, risultasse efficace a) nel supportare la definizione di una lista di priorità degli interventi in fase di screening iniziale; b) in una analisi più dettagliata richiesta dal programma regionale degli interventi sulle aree inquinate, ad esempio nel valutare in senso relativo gli effetti esplicati da una bonifica.

In ogni metodo di analisi relativa del rischio occorre tenere presente la componente forzosamente approssimata (ed in parte soggettiva) legata all'uso di indicatori sintetici dello stato d'inquinamento, dei meccanismi di trasporto delle sostanze potenzialmente pericolose e di loro effetti sui bersagli recettori. Da tali inevitabili semplificazioni è derivata, nelle fasi di messa a punto e di elaborazione di un modello quale A.R.G.I.A., una complessa problematica relativa alla scelta dell'insieme dei valori numerici attribuibili a ciascun parametro. Dalla scelta di tali valori e dei meccanismi di attribuzione dei singoli punteggi alle diverse componenti ambientali, può alternativamente derivare una corrispondenza buona, oppure solo approssimativa, tra gli indici attribuiti ai siti oggetto di applicazione del modello ed il loro effettivo livello di rischio.

Per considerazioni più approfondite sui metodi di analisi relativa del rischio e per il confronto con la metodologia di analisi assoluta del rischio RBCA Tier 2, sulla base dei dati ottenuti da diverse applicazioni delle metodologie a casi reali, si rimanda a [Andretta, Magri et al., 2000].

Le considerazioni elaborate nel suddetto riferimento e le evidenze emerse dalla prima applicazione del nuovo metodo A.R.G.I.A. sono sintetizzate nella tabella che segue.

Differenze metodologiche					
Caratteristiche considerate	HRS modificato	metodo RER	ARGIA	RBCA tier 1	RBCA tier2
Reperimento dati di input	Facile	Abbastanza facile	Facile, grazie sia alla presenza di un modello concettuale di base (che può essere utilizzato in assenza di dati completi), sia di valori medi di default per la regione Emilia-Romagna.	Molti valori sono ricavabili di default in base alla tipologia del suolo presente	Molti valori sono ricavabili di default in base alla tipologia del suolo presente
Concentrazione inquinante	Non sono considerate	Non sono considerate	Richiesta	Richiesta	Richiesta
Proprietà chimico-fisiche	Volatilità e idrosolubilità	Non sono considerate	Esprese implicitamente dai coefficienti di ripartizione	Presenti nel database	Presenti nel database
Proprietà tossicologiche	Definite in base alle frasi di rischio	Sostanze distinte in: cancerogene, tossiche, nocive, irritanti	Esprese dai coefficienti di pericolosità intrinseca in base alla normalizzazione delle RfD e degli SF	Espressi come: <i>Reference Dose</i> per sostanze non cane e <i>Slope factor</i> per cancerogeni	Espressi come: <i>Reference Dose</i> per sostanze non cane e <i>Slope factor</i> per cancerogeni
Condizioni meteo climatiche	Si definisce la frequenza di occorrenza delle 6 diverse classi di stabilità (A-F+G)	Non sono considerate	Si definisce frequenza di occorrenza delle 6 diverse classi di stabilità (A-F+G)	La classe di instabilità C assunta come default	La classe di instabilità C assunta come default
Definizione dell'area soggetta a rischio potenziale	Zona circostante fino a 5 km	Zona circostante fino a 8 km	Zona circostante fino a 5 km	Area di potenziale rischio coincide con la sorgente di contaminazione	Estensione fino al recettore off-site definito dall'utente
Potenziale numero di recettori	Numero di recettori è legato al numero di abitanti sul sito e nella zona circostante	Numero di recettori è legato al numero di abitanti sul sito e nella zona circostante	Numero di recettori è legato al numero di abitanti sul sito e nella zona circostante	Si considera la probabilità di insorgenza di patologie <i>on site</i>	Si considera la probabilità di insorgenza di patologie <i>on site</i> e <i>off site</i>
Punteggio	Compreso tra 0-100	$E' \geq 0$ e illimitato superiormente	$E' \geq 0$ e illimitato superiormente	Quantificazione numerica del rischio in termini di <i>carcinogenic risk</i> e <i>hazard quotient</i>	Quantificazione numerica del rischio in termini di <i>carcinogenic risk</i> e <i>hazard quotient</i>
Applicazione senza supporto informatico	Facile	Facile	Facile	Difficile in quanto necessita di elaborazione delle proprietà chimico-fisiche delle sostanze per l'applicazione di modelli di ripartizione fra le fasi	Molto difficile sia per le ragioni presentate per il tier 1, sia per la modellizzazione matematica della dispersione dei contaminanti <i>off site</i>
Sensibilità ad interventi di bonifica	Poco sensibile	Non sensibile	Sensibile	Sensibile	Sensibile
Valutazione del rischio ecologico	no	si	Si, riferito alle aree protette	no	si, ma solo per la vita acquatica

ALCUNE CONSIDERAZIONI SUI METODI CITATI.

Se analizziamo la struttura generale dei metodi di analisi del rischio sia assoluta, sia relativa, notiamo come tutte queste metodologie modellino (ovviamente a vari livelli di approfondimento e dettaglio) le seguenti 3 componenti:



Tale schema metodologico viene "rapportato" alla definizione "standard" di rischio:

$$\text{Rischio} = \text{Magnitudo} \times \text{Probabilità}$$

(2)

In termini più generali, volendo anche estendere le nostre considerazioni ad altri tipi di analisi del rischio (e.g., l'analisi del rischio connesso con incidenti rilevanti), possiamo separare la determinazione della "Probabilità" in due termini:

$$\text{Probabilità} = P1 \times P2$$

(3)

dove **P1** rappresenta la probabilità a priori che si verifichi un qualche evento accidentale di magnitudo **M**, mentre **P2** rappresenta la probabilità che tale evento abbia un qualche effetto sui bersagli coinvolti.

Nelle casistiche alle quali si applica lo *screening* le metodologie di *site assessment* prevedono che la probabilità **P1** sia tipicamente pari ad 1 (il sito è accertato che risulti inquinato con almeno un contaminante). Pertanto diviene centrale la determinazione e parametrizzazione di **P2**.

I differenti metodi di analisi di rischio citati nella precedente tabella presentano caratteristiche e peculiarità che dipendono dalle relazioni implementate tra lo schema logico/concettuale (1) e la definizione di rischio (2).

Il metodo RER si fonda in maniera molto diretta sulla definizione (2) del rischio. In questo metodo, la magnitudo **M** è collegata essenzialmente con la

parametrizzazione della sorgente e dei recettori, mentre la probabilità è correlata principalmente con i meccanismi di trasporto dell'inquinante.

Il metodo HRS, invece, concettualmente è riferibile in maniera più diretta allo schema (1), e parametrizza in tal senso le singole componenti: sorgenti, meccanismi di trasporto e bersagli. La magnitudo può essere vista come collegata alla parametrizzazione della sorgente, mentre la probabilità di danno sui recettori dipende, essenzialmente, dalla parametrizzazione dei meccanismi di trasporto e dei bersagli.

Un discorso diverso deve essere fatto per il metodo RBCA (Tier1 e Tier2). Tutta la metodologia RBCA si basa, fondamentalmente, sullo schema concettuale (1) anche se, a livello di Tier 1, si semplifica notevolmente la modellizzazione del trasporto, dal momento che si ipotizza esplicitamente che i recettori siano posti direttamente ed esclusivamente sul sito di interesse. Va però ricordato che RBCA è un metodo di analisi assoluta del rischio e richiede, comunque, una quantità ed un approfondimento dei dati maggiori rispetto alle tecniche di *Hazard Ranking*. Inoltre fornisce stime relative alla probabilità di insorgenza di tumori incrementali (*carcinogenic risk*, dell'ordine di 10^{-6}) o di patologie croniche (*hazard quotient*, dell'ordine di 1), che però hanno valori numerici e significati alquanto differenti, e che non sono direttamente ed immediatamente correlabili fra di loro. Inoltre è necessario, a qualunque livello di applicazione, l'uso dello specifico software dedicato, che si rende indispensabile per le seguenti ragioni:

- la notevole quantità di dati e parametri chimico/fisici e tossicologici richiesti ed impiegati nei calcoli;
- l'impiego di modelli di tipo semi-empirico o analitico di ripartizione fra fasi e di trasporto di inquinanti;
- l'offerta di "tracciabilità" e verificabilità dei differenti modelli concettuali e percorsi metodologici applicati da RBCA.

Mentre nei metodi di analisi relativa il rischio è comunque funzione diretta del numero di recettori potenzialmente interessati dal trasporto di inquinante, nei metodi di analisi assoluta del rischio deve essere fatta particolare attenzione alla loro collocazione (RBCA-Tier2) ed alla tipologia specifica di recettori, l'incidenza dei quali è variabile in base al modello concettuale del sito. Il risultato che si ottiene è, comunque, indipendente dal numero di potenziali recettori presenti.

Il nuovo metodo A.R.G.I.A., come vedremo nei paragrafi successivi, recepisce tutte queste informazioni. Inoltre il calcolo considera l'effettivo numero di recettori e non ricava, diversamente da RBCA, una probabilità di danno riferita a singoli recettori.

5 CARATTERISTICHE GENERALI DI A.R.G.I.A.

Alla luce delle considerazioni del paragrafo precedente, di analisi di sensibilità dei diversi metodi di analisi relativa del rischio e delle loro relazioni con i risultati ottenibili con tecniche di analisi assoluta del rischio, nonché da quanto è emerso da una indagine sulle stime relative alla facilità di reperimento dati appositamente svolta dagli uffici interessati della Regione Emilia Romagna, il nuovo metodo di analisi relativa del rischio è stato realizzato in modo da presentare le seguenti caratteristiche, la contemporaneità delle quali è insolita e peculiare:

- **facilità di applicazione** anche senza il supporto di alcun programma SW, grazie soprattutto alla semplificazione delle schede operative;
- **tracciabilità** e facile identificazione dei percorsi logico/metodologici seguiti;
- applicabilità anche a livello di **screening** preliminare con poche informazioni disponibili (anche solo a livello cartaceo e senza la necessità stringente di sopralluoghi in loco);
- **estensibilità a ulteriori livelli** di approfondimento dei dati, conservando sempre un criterio di massima cautela;
- **confrontabilità** con i risultati ottenibili attraverso l'applicazione di metodi di analisi assoluta del rischio;
- **sensibilità** agli effetti degli interventi di bonifica.

A.R.G.I.A. è stato studiato specificatamente per le aree presenti nell'anagrafe dei siti inquinati e, come tale, si applica solo ai casi in cui siano stati rilevati superamenti, nei suoli o nelle acque, dei limiti previsti dal DM 471/99, che è la norma vigente per la definizione di sito inquinato, e per le sole sostanze ivi menzionate.

L'elaborazione del metodo si è articolata in quattro step fondamentali:

- **fase di caratterizzazione**, in cui si è impostato il sistema definendone le caratteristiche e i limiti di applicabilità, al fine di ottenere un modello concettuale, che rappresenti il più possibile il comportamento del sito reale. In questa fase, ha giocato un ruolo determinante l'analisi approfondita delle peculiarità, dei limiti delle metodologie già esistenti di analisi assoluta e relativa del rischio.
- **fase di elaborazione preliminare** del modello, in cui sono stati attribuiti ai parametri strutturali i valori corrispondenti alle casistiche di interesse;
- **fase di taratura**, in cui si è minimizzato lo scarto tra le risposte ad una stessa sollecitazione da parte del modello e del sistema reale. Tale fase ha permesso di convalidare la bontà del modello scelto e di ricercare i parametri migliori;

- **fase di verifica**, in cui sono state verificate le capacità del modello nella simulazione di altre condizioni e nella capacità di previsione, senza modificare i parametri settati nella fase di taratura.

A queste fasi è seguita l'applicazione vera e propria del metodo a diversi casi reali.

A.R.G.I.A., come ogni modello, descrive una parte della realtà, simulando una versione semplificata della stessa. Quindi per prendere decisioni tecnicamente più valide, in modo rapido ed organico, l'impiego del modello va accompagnato dall'esperienza, dalla professionalità e da attenzione alla qualità dei dati forniti al modello.

6 I FATTORI RILEVANTI

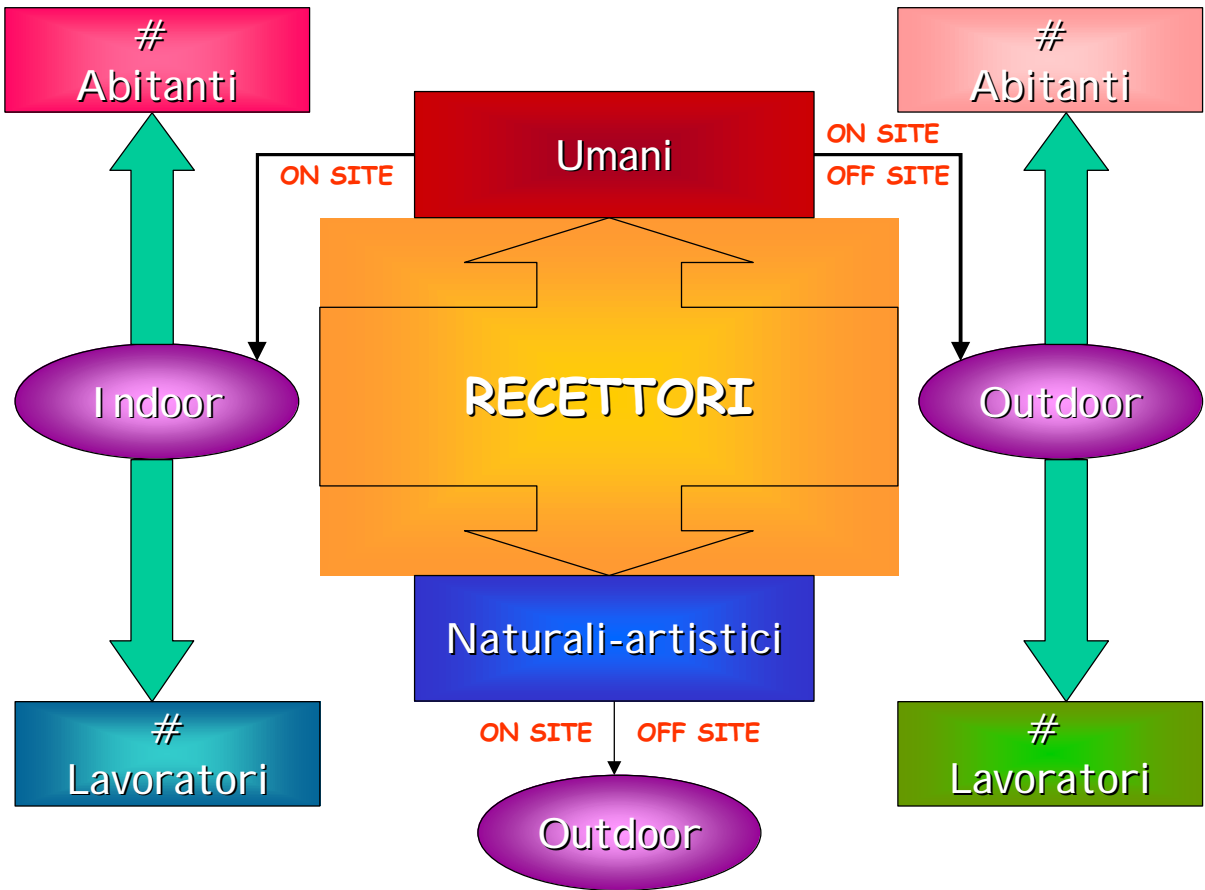
A.R.G.I.A., come altri modelli di *Hazard Ranking*, analizza, per ciascun sito in esame, **tre categorie di fattori rilevanti** (vedi figura seguente) riconducibili a:

- sorgente di contaminazione;
- vie di trasporto;
- recettori.



Ciascuna categoria raggruppa un insieme di parametri, ognuno dei quali ne descrive una caratteristica (vedi figure seguenti). Per questi parametri le Schede Operative di A.R.G.I.A. offrono un range di valori numerici al cui interno andrà scelto quello o quelli corrispondenti al sito in esame.

S O R G E N T E	Estensione della zona contaminata
	Caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche dell'inquinante
	Concentrazione dell'inquinante
	Modalità di contenimento dell'inquinante
	Condizioni di accessibilità del sito

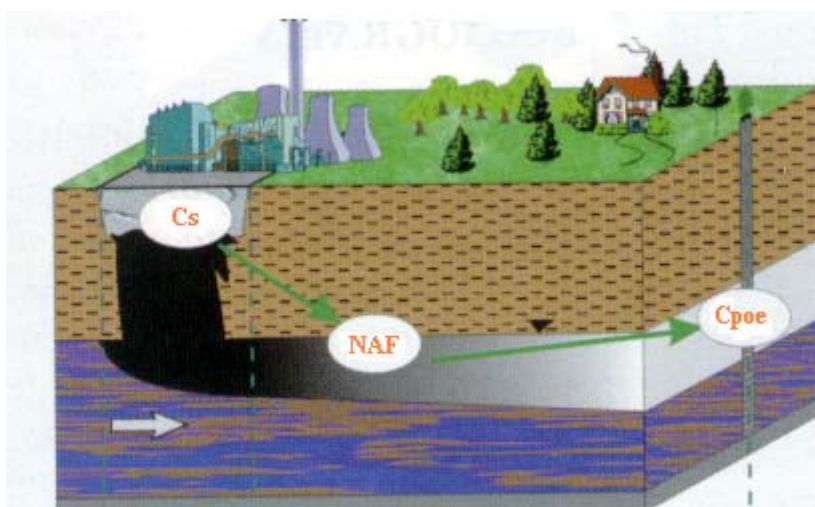


7 IL MODELLO CONCETTUALE.

(comprende importanti informazioni applicative)

Con il termine modello concettuale si intende la rappresentazione teorica di un sistema ambientale e dei processi chimici, fisici e biologici, che specificano le tipologie di coinvolgimento dei citati Fattori Rilevanti. Il modello concettuale di un sito contaminato prevede l'individuazione:

- delle sorgenti di contaminazione e, quindi, la valutazione dei contaminanti indice e della loro concentrazione rappresentativa alla sorgente;
- dei percorsi di migrazione;



- delle vie di esposizione dei recettori

(Cs: Contaminanti alla sorgente, NAF: Fattori di attenuazione (Natural Attenuation Factors, dovuti al trasporto attraverso le diverse vie di migrazione, Cpoe: Concentrazione nei punti di esposizione)

Il metodo A.R.G.I.A. presenta, unico fra i modelli di analisi relativa del rischio, un modello concettuale esplicito al quale è possibile fare riferimento per ovviare alla possibile mancanza di informazioni precise. Questa peculiarità inoltre migliora la tracciabilità del percorso logico seguito, permettendo la confrontabilità con i risultati ottenibili dall'analisi assoluta del rischio.

Nei paragrafi successivi verranno sinteticamente descritte le caratteristiche degli elementi fondamentali del modello concettuale, fornendo nel contempo alcune informazioni utili per la corretta applicazione di A.R.G.I.A..

7.1 Le sorgenti di contaminazione

Come già evidenziato in precedenza, A.R.G.I.A. si applica ai siti presenti nell'anagrafe che, come tali, **devono presentare almeno un valore dei parametri previsti dal DM 471/99, nel suolo o nelle acque, superiori ai limiti tabellari.**

Ne consegue che **le sorgenti primarie di inquinamento che si devono considerare nel modello sono sempre e solo il suolo e/o le acque che presentano valori superiori alla norma.**

Qualora l'inquinamento delle suddette matrici ambientali sia dovuto a **fonti di tipo diverso ancora presenti nell'area di interesse (ad esempio: serbatoi interrati o non, cumuli o bidoni di rifiuti)** il peso di tali fonti nella stima del rischio viene valutato attraverso opportuni parametri che tengono conto delle modalità di contenimento della massa inquinante. Nel caso particolare **di rifiuti interrati o in cumuli, se sono rimovibili vanno rimossi (art. 6 D.M: 471/99), e l'analisi di rischio si effettua sul terreno etc. che ne era a contatto. Solo nei casi nei quali non sia possibile differenziare in alcun modo il rifiuto dal terreno per asportarlo**, il tutto deve essere considerato come suolo inquinato (ad esempio: sostanze liquide sversate e infiltrate nel terreno e, quindi, non separabili).

A.R.G.I.A. permette di considerare tra le sorgenti, nella stima del rischio, anche le così dette **sorgenti secondarie**, rappresentate dalle matrici ambientali (suolo superficiale, sottosuolo, acque superficiali e sotterranee) che hanno subito la contaminazione a partire dalle sorgenti primarie e che, a loro volta, sono divenuti fattori di trasferimento di inquinanti verso altri comparti ambientali o verso i recettori.

7.2 I contaminanti indice

La selezione delle sostanze indice rappresenta un punto cruciale nell'analisi del rischio. A.R.G.I.A. prevede che venga applicato un criterio di screening per la selezione dei cosiddetti contaminanti indice, ossia di quelli che è opportuno considerare nel calcolo.

Inizialmente **si devono considerare tutti e solo quei contaminanti che sono citati nel DM 471/99 e che hanno concentrazioni superiori ai valori tabellari previsti dall'allegato 1**, in quanto il modello focalizza l'attenzione sui siti presenti nell'anagrafe, che è stata costruita applicando il Decreto medesimo. Dalle quantità e qualità di detti contaminanti vengono calcolati, con le modalità descritte più avanti, altrettanti **coefficienti di pericolosità specifica**, definiti come prodotto del rispettivo coefficiente di pericolosità intrinseca per il rispettivo carico inquinante (vedi glossario).

Il **carico inquinante** si calcola come prodotto della concentrazione rappresentativa della contaminazione per l'estensione rappresentativa della stessa.

Con il termine **coefficiente di pericolosità intrinseca** si intende un punteggio normalizzato legato allo *slope factor* (per sostanze cancerogene) o all'inverso della *reference dose* (per sostanze non cancerogene), che corrisponde all'esposizione giornaliera all'unità di massa di inquinante. Gli *slope factors* e le *reference doses* utilizzati in A.R.G.I.A. sono stati assegnati in conformità alle informazioni tossicologiche attualmente presenti nei maggiori database tossicologici (IRIS, RISK, ecc.). In linea con la finalità "cautelativa" del metodo, che tende a salvaguardare al massimo la salute, sono stati scelti i valori più "conservativi" per ciascuna via di esposizione prevista. La pericolosità specifica come sopra calcolata assume valori che differiscono di molto a seconda della presenza o meno di sostanze cancerogene.

In generale, la normalizzazione di questi parametri nel metodo è stata operata ottenendo per le sostanze cancerogene valori uguali o superiori a 1000, mentre per le sostanze non cancerogene è stato posto a 100 il limite superiore. Questa differenza di punteggio è stata adottata proprio per tenere conto delle diverse gravità degli effetti patologici indotti.

La selezione (*screening*) delle sostanze indice in A.R.G.I.A. avviene **escludendo** dai successivi calcoli quegli inquinanti del sito che, pur superando i limiti tabellari del DM 471/99, **risultano avere una pericolosità specificata inferiore al 10% di quella del contaminante con pericolosità specificata massima nella rispettiva categoria (cancerogeni e non) in qualunque sorgente esso si trovi (suolo, acqua). Se presenti, quindi, dopo la selezione rimarranno una o più sostanze cancerogene ed una o più sostanze non cancerogene.**

A titolo di esempio, immaginiamo di avere un sito industriale di 10000 m³ contaminato da BTEX e da benzo(a)antracene. Le concentrazioni rappresentative nel suolo sono riportate nella tabella che segue, e che riporta anche i limiti previsti dal DM 471/99 per un sito a destinazione industriale. Tutti i contaminanti superano i limiti tabellari.

CONTAMINANTI	Concentrazione rappresentativa (mg/kg)	Limiti per uso industriale previsti dal DM 471/99
Benzene	60	2
Benzo(a)antracene	150	10
Toluene	150	50
Xilene	70	50
Etilbenzene	100	50

Benzene e benzo(a)antracene sono state individuate dall'EPA come sostanze cancerogene, rispettivamente in classe A e B2, mentre toluene, xilene ed etilbenzene sono sostanze nocive. In base alla definizione di pericolosità specifica, sono stati calcolati i seguenti coefficienti, moltiplicando fra loro il coefficiente di pericolosità intrinseca, la concentrazione e l'estensione:

Contaminanti	Coefficienti di pericolosità specifica
Benzene	$3.2 \cdot 10^9$
Benzo(a)antracene	$2.1 \cdot 10^{11}$
Toluene	$2.1 \cdot 10^4$
Xilene	$6.0 \cdot 10^2$
Etilbenzene	$1.6 \cdot 10^4$

Confrontando fra di loro benzene e benzo(a)antracene, si nota che il contributo di pericolosità specifica del benzene è inferiore al 10% del contributo del benzo(a)antracene e, quindi, verrà escluso dall'analisi. Allo stesso modo, lo xilene può essere escluso dall'analisi delle sostanze non cancerogene.

A.R.G.I.A., a differenza degli altri metodi di analisi relativa del rischio, richiede come dato di input la **concentrazione rappresentativa** dei contaminanti indice in

corrispondenza di ogni sorgente di contaminazione. Tale valore può essere rappresentato da:

- il valore massimo individuato su tutti i campioni analizzati;
- il 95° percentile di tutti i valori.

La scelta del valore massimo è estremamente conservativa e viene raccomandata nel caso in cui si abbia un numero di dati sui campioni analizzati (anche in periodi di tempo differenti) inferiore o uguale a 20. Per più di 20 campioni, si consiglia di utilizzare il 95° percentile, che è agevole calcolare eseguendo un ordinamento crescente dei dati campionati.

Se la sorgente di inquinamento è il suolo, è **importante ricordare che la concentrazione in input deve essere la concentrazione sul tal quale**. Quindi, se il valore analitico è riferito al secco, si deve riportarlo al tal quale. In assenza di dati specifici, la stima può essere condotta sulla base di informazioni di letteratura sull'umidità dei suoli presenti nell'area di interesse.

7.3 Le vie e le modalità di esposizione

A.R.G.I.A. prevede e richiede l'individuazione delle vie di migrazione e delle modalità attraverso le quali i contaminanti indice possono raggiungere, col tempo, i recettori.

L'esposizione di un soggetto recettore può avvenire sulla verticale della sorgente di contaminazione (esposizione diretta) o a distanza da questa (esposizione indiretta). Nel primo caso, la concentrazione da assumere nell'analisi relativa del rischio coincide con la concentrazione assunta come rappresentativa della sorgente. Nell'altro caso è necessario modellizzare i meccanismi che regolano la migrazione dei contaminanti dalla sorgente di contaminazione fino al punto di esposizione. Per fare questo, entrano in gioco i fattori di ripartizione fra le diverse matrici ambientali coinvolte, per simulare i fenomeni di trasporto e di diffusione della contaminazione. I fattori di ripartizione considerano implicitamente le proprietà chimico-fisiche dei contaminanti e possono, quindi, descrivere la loro distribuzione nei comparti ambientali. In A.R.G.I.A. si è ipotizzato che i fenomeni di ripartizione raggiungano immediatamente le condizioni di equilibrio.

Nel caso di esposizione indiretta si considerano anche i fenomeni di diluizione e di diffusione dalle sorgenti ai punti recettori.

Le **vie di esposizione** possono essere elencate in vari modi. Ad esempio:

- suolo superficiale (spessore di suolo compreso tra il piano di campagna ed 1 metro di profondità);
- suolo profondo (spessore di suolo compreso fra -1 m dal piano di campagna e la base della contaminazione);

- aria indoor (porzione di ambiente aereo nel quale le possibili evaporazioni di inquinanti restano confinate in ambienti chiusi);
- aria outdoor (porzione di ambiente aereo aperto, nel quale le possibili evaporazioni di inquinanti provengono dal suolo superficiale, sottosuolo, acque superficiali ed acque sotterranee);
- acque sotterranee (comprendono sia la falda direttamente interessata dall'inquinamento, sia la falda ricevente il percolamento di sostanze inquinanti dal suolo, sia la falda a contatto diretto con il fondo di un bacino di acqua superficiale);
- acque superficiali (comprendono sia le acque superficiali interessate direttamente da sversamenti inquinanti, sia le acque che ricevono apporti di sostanze dall'immissione di acque sotterranee e/o dal suolo).

Le possibili **modalità di esposizione** considerate nel modello concettuale di A.R.G.I.A. sono:

- l'ingestione di acque sotterranee;
- il contatto dermico ed ingestione di suolo contaminato;
- l'inalazione *indoor* e *outdoor* di vapori e/o particolato dalla superficie del suolo e/o dalle acque;
- il contatto dermico con acque superficiali.

7.4 I recettori

Per quanto riguarda i recettori, il modello concettuale considera due tipologie di recettori:

- recettori umani;
- recettori naturali o artistici.

I **recettori umani** comprendono sia i residenziali, sia i lavoratori. I recettori umani sono differenziati anche in base alla loro localizzazione. A questo proposito, A.R.G.I.A. considera i recettori *on site*, che sono quelli posti in corrispondenza della sorgente di contaminazione ed i recettori *off site*, collocati ad una certa distanza, nell'ambito di tre fasce concentriche: 101-1000 m, 1001-3000 m, 3001-5000 m, misurati dal bordo del sito contaminato (la fascia da 0 a 100 m si considera *on site*).

Il **numero dei recettori umani** *on-site* e nell'ambito delle fasce di interesse è necessario. In carenza del dato specifico si può stimarlo con differenti criteri. Alcune possibilità sono le seguenti:

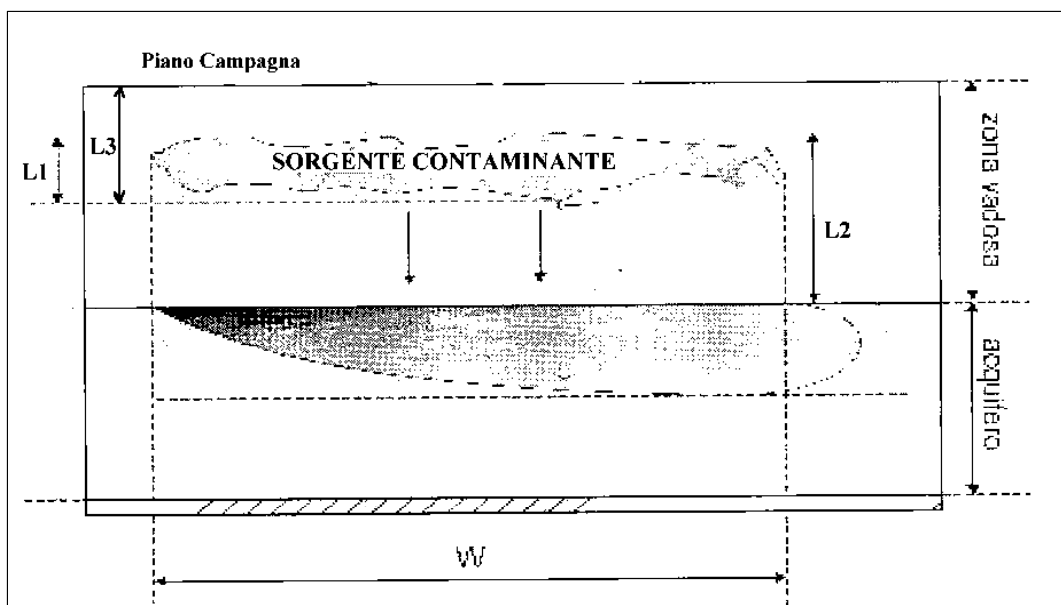
- se si è in prossimità di un centro abitato è possibile considerare la densità media della provincia e del territorio provinciale e, sulla base di questi dati, calcolare per ogni fascia di interesse il rispettivo numero di abitanti;
- un altro criterio prevede che vengano conteggiate su carte in scala (1:25000 o superiori) il numero di unità abitative presenti sul territorio interessato. Quindi, si ipotizza che ogni unità abitativa abbia 4 piani e che per ogni piano si abbiano 4 appartamenti. In ogni appartamento, si ipotizza che viva un unico nucleo familiare, costituito da 2,5 persone.
- in alternativa, avendo a disposizione la metratura totale della superficie abitativa ed ipotizzando uno spazio minimo vitale per persona di 30 m², si potrebbe stimare, dal rapporto di queste grandezze, il numero di abitanti.

La presenza di **recettori naturali-artistici** viene identificata sulla base delle individuazioni operate dal Piano Territoriale Paesaggistico Regionale (PTPR) e dai Piani Territoriali di Coordinamento Provinciale (PTCP) con le terminologie: *zone di particolare interesse paesaggistico-ambientale, zone di tutela naturalistica, zone ed elementi di particolare interesse storico-archeologico o artistico (Artt. 19, 21, 25)*, qualora esse esistano nel raggio di 5 km di distanza dal perimetro del sito contaminato. Quella che viene stimata è la densità delle zone sensibili rispetto all'area sottesa dalla fascia di interesse. Questo parametro adimensionale assume valori compresi fra 0 e 1 ed esprime la frazione di superficie vulnerabile (per motivi naturali o storico-artistici) alla contaminazione.

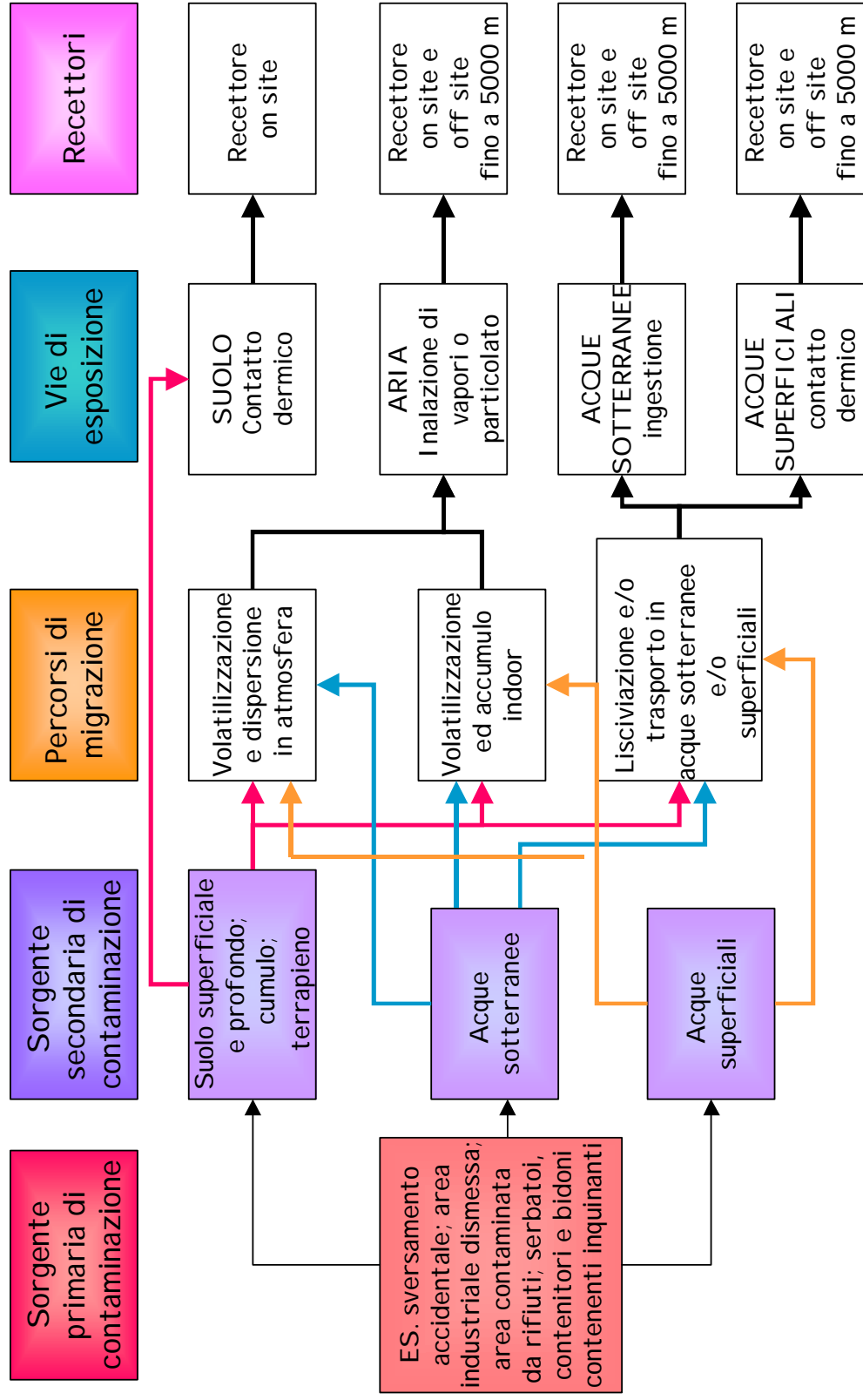
7.5 Il modello concettuale di A.R.G.I.A. come riferimento per le informazioni mancanti.

Diversamente da altri metodi di analisi relativa di rischio, anche in casi di parziale incompletezza nella caratterizzazione del sito, il metodo A.R.G.I.A. permette agli utilizzatori di effettuare l'analisi con criterio di oggettività conservativa e di valutare indipendentemente i risultati ottenuti. Questo risultato è stato raggiunto prevedendo esplicitamente un modello concettuale "di riferimento", già definito a monte dell'intera elaborazione metodologica, **al quale A.R.G.I.A. fa prudenzialmente riferimento per stimare quelle parti della caratterizzazione la cui documentazione sia eventualmente insufficiente.**

Tale modello concettuale è doverosamente "conservativo": ipotizza che la sorgente di emissione abbia una distribuzione di contaminanti indice uniforme e costante nel tempo, che la contaminazione coinvolga gli strati superficiale e profondo del suolo (da 0 a -5 m dal piano di campagna) e che la falda sia a contatto diretto con il suolo contaminato. Si è assunta come tipologia di suolo contaminato quello sabbioso che risulta essere, nella stragrande maggioranza dei casi, la più sfavorevole nei fenomeni di ripartizioni fra le fasi. La falda si estende da -5 a -10 m di profondità rispetto al piano di campagna e si ipotizza che i contaminanti all'interno siano perfettamente miscelati lungo l'intero profilo verticale. Si ipotizza, inoltre, la presenza di un edificio on site, caratterizzato rispettivamente da uno spessore delle fondamenta di 15 cm, da una percentuale di cemento fratturato pari all'1% e da un gradiente nullo di pressione indoor-outdoor. Per quanto riguarda i recettori, infine, il modello concettuale di riferimento prevede che siano considerati i recettori umani e i recettori naturali-artistici entro un raggio di 5 km dal centro del sito.



(ridisegnata dal Manuale 196/1 UNICHIM)



8 CARATTERISTICHE DELLA STRUTTURA DI CALCOLO.

Lo schema metodologico procedurale è stato modellizzato come segue:



L'algoritmo del calcolo viene rappresentato mediante la notazione matematica classica. Il formalismo matematico è utile per comprendere con chiarezza l'elaborazione delle grandezze coinvolte e le relazioni logiche che le legano. Nell'applicazione pratica del metodo, il calcolo è comunque semplice e viene interamente guidato.

A.R.G.I.A. permette di valutare due tipi di indici di rischio:

- indice di rischio sanitario, relativo ai recettori umani;
- indice di rischio relativo ai recettori naturali/artistici.

L'indice di rischio (IRI_m), relativo ad ogni contaminante rilevante m -imo analizzato nel sito, è un numero adimensionale dato da:

$$IRI_m = \sum_i PtS_{im} * PtT_i * PtR_i,$$

$i=1,5$

dove PtS_{im} è il punteggio relativo alla sorgente; PtT_i è il punteggio relativo alle vie di trasporto e PtR_i è il punteggio relativo ai recettori. (Il significato di tutti i parametri è riportato nella legenda dello schema metodologico)

Ovvero, IRI_m è la somma degli indici di rischio relativi alle $i=5$ diverse vie di trasporto (precisamente: acque sotterranee; acque superficiali; suolo; aria indoor; aria outdoor). L'indice di rischio complessivo di un sito è dato dalla somma degli indici relativi a tutti i contaminanti analizzati.

Le vie di trasporto attive sono, come già detto, al massimo 5 e le tipologie di recettori sono: recettori naturali/architettonici ed umani (questi ultimi suddivisi, a loro volta, in 8 categorie: residenziali e lavoratori *on site* e *off site*, in quattro zone: da 0 a 100 m, da 101 a 1000 m, da 1001 a 3000 m, da 3001 a 5000 m).

E' da notare che, a differenza di altri metodi di analisi relativa del rischio (ad esempio l'HRS), non viene calcolata la media quadratica dei tre fattori rilevanti, che tende a sovrastimare l'effetto delle componenti più importanti e sottostimare quelle che lo sono meno. L'impiego del metodo migliora la sensibilità ai punteggi espressi

dalle variabili tal quali e permette di azzerare il contributo al rischio fornito dalle situazioni non pertinenti (vie di fatto non percorse, recettori non coinvolti, etc.).

Il valore dei punteggi si ricava consultando la diverse Schede Punteggi; la compilazione delle Schede Operative guida l'utente di A.R.G.I.A. nel reperimento dei punteggi necessari e nella successione dei calcoli, che sono in ogni caso molto semplici.

9 LE SCHEDE APPLICATIVE E LA PROCEDURA DA SEGUIRE.

9.1. Informazioni preliminari

Gli strumenti principali per l'applicazione del metodo A.R.G.I.A. consistono in:

- 8 Schede Operative (*distinte con lettere da A a H*)
- 27 Schede Punteggi (*distinte con numeri frazionari da 1/27 a 27/27*)

che si trovano allegate al presente manuale.

Le **Schede Operative** sono utilizzate per guidare l'utente:

- nella selezione dei contaminati rilevanti (vedi glossario), fra quelli previsti dal D.M. 471/99 e presenti nel sito con valori di concentrazione superiori ai limiti tabellari;
- nella raccolta e sistematizzazione dei punteggi intermedi e dei punteggi finali per la corretta applicazione del metodo (N.B.: i valori che si immettono non sono quasi mai misure o concentrazioni, ma sono valori che si ricavano da queste con modalità molto varie e che sono denominati, appunto, **punteggi**).

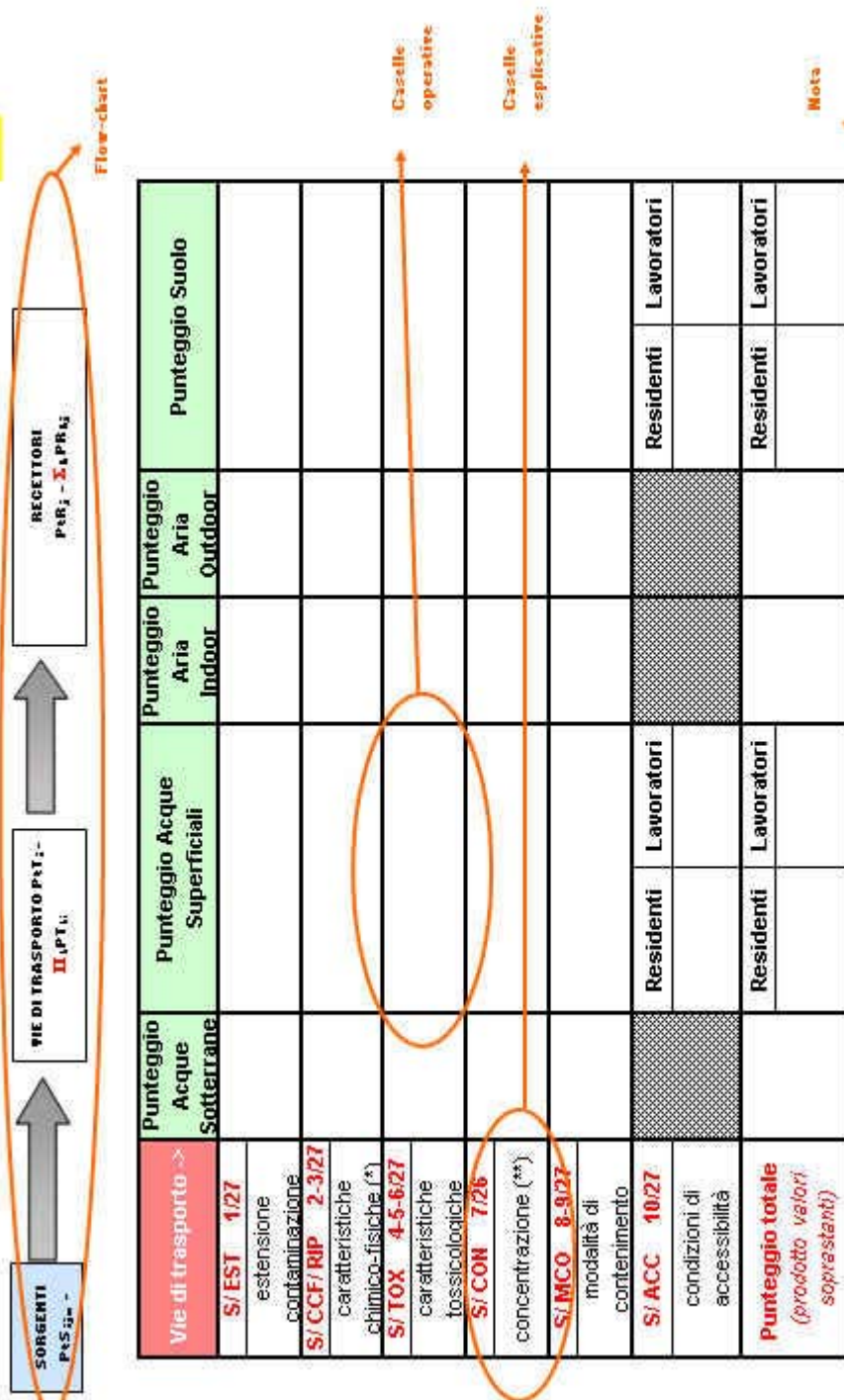
L'applicazione di A.R.G.I.A. si concreta nella compilazione della serie delle schede operative attraverso una procedura composta da cinque passi.

La struttura generale delle Schede Operative è riportata nella figura che segue: gli elementi comuni a tutte le Schede Operative sono:

- La lettera progressiva di identificazione (da A ad H), in alto a destra.
- Il passo metodologico o flow-chart, che indica il punto della procedura metodologica in cui si deve utilizzare la scheda. E' riportato in alto a sinistra.
- Le caselle operative, con le (eventuali) intestazioni, in cui riportare i punteggi reperiti sulle Schede Punteggi. Le caselle da non usare sono campite in scuro.
- Le caselle esplicative, con l'indicazione del parametro da inserire e, in alto e in grassetto, il rimando alla/e Scheda/e Punteggi da utilizzare per ricavarne il valore; oppure con l'indicazione di una operazione da compiere (es. sommare i valori della colonna).
- Le note operative esplicative (eventuali), in basso nella scheda, con indicazioni e commenti importanti per la corretta compilazione della scheda.

Scheda riassuntiva della sorgente

D

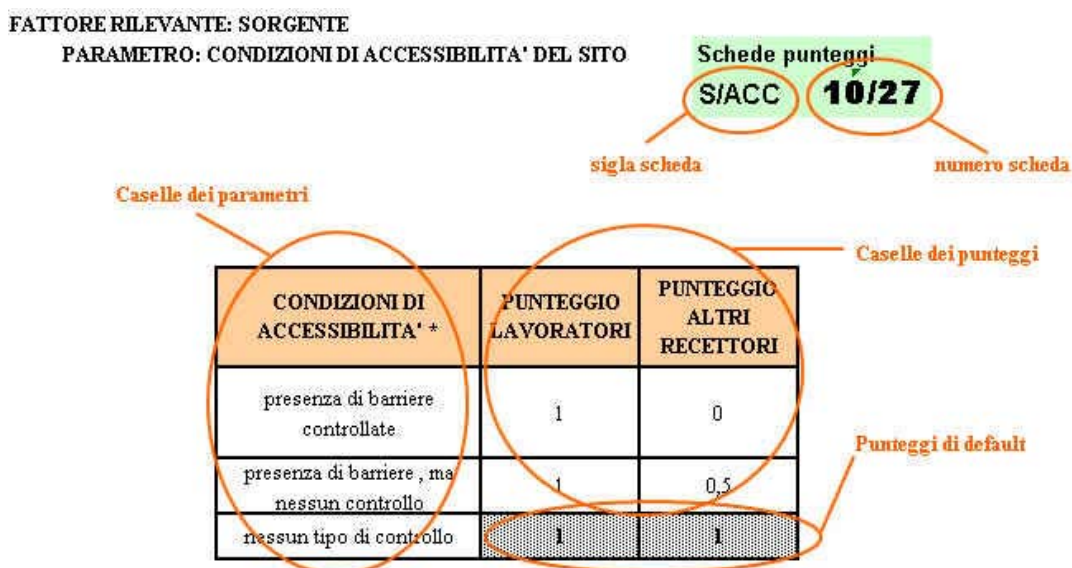


(*) Da inserire solamente se non si hanno a disposizione i dati analitici sulle vie di trasporto coinvolte.
 (**) Inserire, se è disponibile, il dato analitico sulle vie di trasporto coinvolte, altrimenti utilizzare il dato sulla sorgente primaria.

Le **Schede Punteggi** sono utilizzate per individuare o calcolare i punteggi relativi ai parametri dei diversi fattori rilevanti che devono essere inseriti nelle opportune caselle delle Schede Operative. I punteggi concorrono alla determinazione del punteggio finale complessivo.

Le 27 Schede Punteggi presentano la seguente struttura generale:

- Il numero progressivo N/27 e la sigla, in alto a destra¹.
- L'indicazione del Fattore Rilevante e del Parametro relativo a cui la scheda si riferisce (a sinistra in alto).
- Le caselle dei parametri con le diverse alternative del Parametro di riferimento.
- Le caselle dei punteggi corrispondenti. In mancanza di informazioni specifiche, è **indicato in grassetto, in caselle campite, il punteggio di default** da attribuire al parametro di interesse del fattore rilevante.
- Le note esplicative (eventuali), in basso nella scheda, con indicazioni e commenti importanti per la corretta attribuzione del punteggio a cui la scheda si riferisce.



* NOTA BENE: il punteggio può essere diverso da 1 solo nel caso in cui la sorgente di contaminazione sia superficiale, rappresentata da suolo o da acque. In tutti gli altri casi il punteggio da riportare è sempre 1.

Dal punto di vista della determinazione dei punteggi richiesti dalle schede operative, A.R.G.I.A. presenta alcuni utili aspetti innovativi rispetto ad altri metodi di analisi relativa del rischio. In particolare, la stima del rischio relativo è possibile anche avendo a

¹ Ogni Scheda Punteggio oltrechè da un numero progressivo N/27 è individuata anche da un codice del tipo: X/YYY/ZZZ dove: X è il codice, di una lettera, relativo al Fattore Rilevante, YYY è il codice, opzionale, di tre lettere, relativo alla tipologia del parametro di interesse, ZZZ è il codice proprio del parametro di interesse.

disposizione poche informazioni, senza rinunciare al criterio di massima cautela nelle valutazioni. La metodologia, infatti, è stata pensata in modo tale che l'utente possa portare a termine i calcoli del rischio relativo anche avendo a disposizione un numero di dati limitato. A questo scopo, come già detto, in tutti i casi in cui è stato possibile ed ha senso è stato inserito un "valore di default" per ciascun punteggio, evidenziato nelle schede operative in grassetto e con la campitura. Tale valore di default risulta essere, caso per caso, quello più conservativo, compatibilmente con il modello concettuale alla base dell'A.R.G.I.A. e con i dati relativi alle diverse zone dell'Emilia Romagna. Esso è quello da utilizzare, nell'ottica della massima cautela, in assenza di dettagliate informazioni specifiche: il criterio di massima conservatività rispetto al modello concettuale di base garantisce che, qualora successivamente si ottengano le informazioni mancanti, il punteggio di rischio relativo così aggiornato risulti comunque minore o uguale di quello ottenuto in assenza di dati specifici.

Un altro particolare importante, dal punto di vista operativo, è rappresentato dalle modalità di attribuzione dei punteggi relativi al parametro: "Estensione della zona contaminata" del fattore rilevante: "Sorgente" (Scheda Punteggi S/EST-1/27).

FATTORE RILEVANTE: SORGENTE

PARAMETRO: ESTENSIONE ZONA CONTAMINATA

Schede punteggi
s/est **1/27**

O volume o area (preferibilmente volume)

TIPO	INFORMAZIONI DISPONIBILI	UNITA' DI MISURA	PUNTEGGIO			
			Acque sotterranee	Acque superficiali	Aria	Suolo
suolo contaminato	volume	m ³	V/10 ⁹	V/10 ⁹	V/10 ⁹	V/10 ⁹
	area	m ²	A*5/10 ⁹	A*5/10 ⁹	A*5/10 ⁹	A*5/10 ⁹
terrapieno	volume	m ³	V/10 ⁹	V/10 ⁹	V/10 ⁹	V/10 ⁹
cumulo	volume	m ³	V/10 ⁹	V/10 ⁹	V/10 ⁹	V/10 ⁹
bidoni, serbatoi, contenitori	volume	m ³	V	V	V	V
falda	volume	m ³	V/10 ⁹	V/10 ⁹	V/10 ⁹	V/10 ⁹
	area	m ²	A*5/10 ⁹	A*5/10 ⁹	A*5/10 ⁹	A*5/10 ⁹
corpi idrici superficiali con acqua ferma	volume	m ³	V/10 ⁹	V/10 ⁹	V/10 ⁹	V/10 ⁹
	area	m ²	A/(2*10 ⁹)	A/(2*10 ⁹)	A/(2*10 ⁹)	A/(2*10 ⁹)
corpi idrici superficiali con acqua corrente	portata	m ³ /s	1/Q	1/Q	1/Q	1/Q
scarichi	portata complessiva degli scarichi	m ³ /s	Q	Q	Q	Q

Infatti, come si può osservare dalla seconda colonna, per l'attribuzione del punteggio relativo all'estensione della zona contaminata il calcolo da compiere dipende dal tipo di informazione disponibile. Nel caso di "suolo contaminato", "falda inquinata" o "corpi idrici superficiali con acqua ferma", le informazioni richieste sono, in alternativa, il volume (in m³) o l'area interessata all'inquinamento (in m²). Essi vanno intesi, rispettivamente, come *il volume o l'area nei quali sono stati fatti dei campionamenti che presentano valori di concentrazione di inquinanti superiori ai limiti di legge, sulla base dei punti di campionamento eseguiti*. **Si deve impiegare l'area (ove prevista) solo in assenza del dato sul volume**. Per poter attribuire un valore di superficie o di volume alla sorgente di inquinamento, una caratterizzazione minimale richiede almeno i punti di campionamento previsti per la caratterizzazione del sito individuati dall'Allegato 2 del D.M. 471/99. In difetto, l'estensione deve essere stimata con criteri conservativi in merito alla diffusione degli inquinanti nel suolo ed in falda. E' intuitiva la possibilità che contaminanti diversi dello stesso sito possano talvolta occupare estensioni differenti.

Si noti come l'informazione relativa all'area determini un volume presunto che è conforme al modello concettuale di base (in cui si ipotizza un inquinamento della zona vadosa fino al top della falda sotterranea, posta a 5 m dal piano campagna).

9.2. Modalità complessive del percorso applicativo.

Attraverso le Schede Operative l'utente viene guidato nell'attribuzione del punteggio dell'insieme delle sorgenti, delle vie di migrazione attive e dei recettori. Per applicare il metodo A.R.G.I.A., l'utente deve compilare le Schede Operative (*da A ad H ovvero SO/.../...*), inserendo, nelle opportune posizioni, i punteggi attribuiti con l'ausilio delle Schede Punteggi indicate (*da 1/27 a 27/27*). Deve effettuare le operazioni algebriche indicate nelle caselle esplicative delle Schede Operative, ed infine riportare i valori calcolati nelle ultime Schede Operative per le operazioni finali di calcolo effettivo dell'indice di rischio.

Nel seguito vengono riportate le istruzioni di compilazione delle schede. Alcune sono particolarmente estese per quelle schede che, inizialmente, potrebbero risultare più complesse. Il percorso di compilazione è raggruppato in passi. Per ogni passo sono indicati l'Obiettivo che esso persegue, i Criteri applicati e/o da applicare, la o le Schede Operative e Schede Punteggi da utilizzare, ed una Descrizione più o meno estesa delle operazioni da compiere. Frequentemente è presente anche un esempio.

Le prime volte in cui si applica A.R.G.I.A. può insorgere qualche dubbio sulle schede da utilizzare e sul loro numero. Per agevolare il lavoro, alla pag. 39 si riporta uno schema di flusso (con indicate le schede da usare) per un caso relativamente comune e semplice, in cui un suolo è stato contaminato con quattro contaminanti, di cui tre soli risultino da considerare. Alla pagina successiva si trova lo stesso schema, però generalizzato a tutti i casi, che però per questo risulta di comprensione meno immediata.

La tracciabilità del percorso di calcolo di A.R.G.I.A. è notevole; tuttavia, siccome nelle schede non compaiono quasi mai valori reali, ma quasi sempre dei

Punteggi, **si consiglia vivamente di tenere nota di tutti i valori iniziali e di tutte le misure utilizzati per i calcoli.** Questo agevola la correzione di eventuali errori ed i confronti tra siti diversi o tempi diversi.

9.3 Primo passo: Selezione dei Contaminanti Rilevanti

OBIETTIVO: Individuare gli inquinanti, fra tutti quelli presenti nel sito di studio, che superano i limiti di legge e selezionare quelli su cui procedere nell'analisi relativa del rischio. Calcolarne il Coefficiente di Pericolosità Specifica (CPS).

CRITERI APPLICATI: Gli inquinanti vengono ordinati in funzione del loro "Coefficiente di pericolosità specifica" (vedi Glossario). Il calcolo prosegue solamente per quegli inquinanti il cui "Coefficiente di pericolosità specifica" sia >10% del "Coefficiente di pericolosità specifica" massimo entro le schede A, B e C complessivamente considerate, rispettivamente per la categoria delle sostanze cancerogene e per quella dei non cancerogeni (vedi pagg. 24-25). Gli altri contaminanti vanno scartati da tutte le schede.

SCHEDE OPERATIVE: CORI..., ovvero A, e/o B, e/o C. Ogni scheda è relativa ad un solo tipo di sorgente di inquinamento primaria o secondaria che è coinvolta: Suolo (scheda CORIS), Acque (scheda CORIA), Serbatoi-Contenitori-Bidoni (scheda CORISCB). Quindi se ne deve utilizzare una per ogni tipo di sorgente coinvolta.

SCHEDE PUNTEGGI: 7/27, 1/27, 4-5-6/27

DESCRIZIONE: ciascuna scheda operativa consente di distinguere in tutte le sorgenti i contaminanti rilevanti da quelli che sono invece trascurabili. In A.R.G.I.A. sono state individuate le seguenti possibili sorgenti:

- Suolo contaminato, o terrapieno, o cumulo (usare la scheda A , ovvero CORIS);
- Acque contaminate (di falda e/o superficiali) (usare la scheda B , ovvero CORIA);
- Serbatoi, Contenitori, Bidoni (non bonificati) (usare la scheda C , ovvero CORISCB).

Il nome di ciascun inquinante presente in ciascuna sorgente la cui concentrazione analitica (sul tal quale) superi il limite di cui al D.M. 471/99 viene riportato nella II° colonna della scheda, eventualmente preceduto, nella I° colonna, da una sigla abbreviata scelta dall'utente. Nella casella a destra (III° colonna) si inserisce il punteggio corrispondente alla sua Concentrazione Rappresentativa (CR), che si calcola come descritto nella Scheda Punteggi n. 7/27 (ovvero S/CON) (valore massimo o 95° percentile¹). Si ricorda che le concentrazioni vanno espresse **rispetto al "tal quale"** e si raccomanda qui ed altrove la massima attenzione a tutte **le unità di misura, che sono obbligate**. Per materiali particolarmente "solidi" usare invece la concentrazione su sostanza secca. Di seguito, nella IV° colonna si inserisce il punteggio relativo all'Estensione nota (E) della zona contaminata, ricavato dall'applicazione delle operazioni algebriche di cui alla Scheda punteggi n. 1/27 (ovvero S/EST). Si ricorda che, nel caso la sorgente sia "suolo contaminato", o "falda

contaminata”, o “corpo idrico superficiale con acqua ferma” l’informazione da cui partire è preferibilmente il volume (in metri cubi) piuttosto che l’area (in metri quadrati) racchiusi tra i punti di campionamento per i quali si ha un superamento dei limiti di legge. Le estensioni possono eventualmente differire tra inquinanti e/o tra sorgenti.

Nella V° colonna per ogni contaminante si calcola il Carico Inquinante (CI) come prodotto dei punteggi della Concentrazione Rappresentativa e dell’Estensione.

Nella VI° colonna per ogni contaminante si riporta Coefficiente di Pericolosità Intrinseca (CPI), che è il punteggio da ricavare dalle Schede Punteggi 4-5-6/27. Si noti che per ogni sostanza riportata in queste schede risulta un unico valore di CPI, che compare o

¹ Il 95° percentile dei valori di concentrazione può essere ricavato ordinando i dati campionati in ordine crescente e selezionando il penultimo dato, se il numero dei campioni è ≥ 20 e < 40 , il terzultimo se ≥ 40 e < 60 e così di seguito.

nella colonna dei cancerogeni o in quella dei non cancerogeni, e che l’ordine di grandezza dei valori è molto diverso tra le due colonne, perché è molto diversa la pericolosità.

Infine nella VII° colonna si riporta il Coefficiente di Pericolosità Specifica (CPS) di ciascuna sostanza contaminante (relativo a quella sorgente ed a quel sito), calcolato moltiplicando il rispettivo CI per il rispettivo CPI.

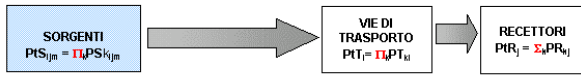
A questo punto per ciascuna sorgente (primaria e/o secondaria) coinvolta dovremmo avere una scheda CORI... con almeno una riga compilata. All’interno di ciascuna scheda CORI... occorre **scartare quei contaminanti cancerogeni il cui CPS è inferiore al 10% di quello della sostanza cancerogena che, tra tutte le schede CORI... di quel sito, ha il CPS massimo, e scartare quei contaminanti tossici non cancerogeni il cui CPS è inferiore al 10% di quello della sostanza tossica non cancerogena che, tra tutte le schede CORI... di quel sito, ha il CPS massimo**, in quanto il loro contributo al rischio complessivo è sicuramente trascurabile. I contaminanti superstiti selezionati in questo modo sono detti “**Contaminanti Rilevanti**” e l’applicazione del metodo si restringe esclusivamente a loro.

NOTA: Per agevolare la comprensione di quanto segue, si anticipa qui che l’applicazione di A.R.G.I.A. prosegue con la compilazione di una o più serie di Schede Operative (da D a G) (una per ciascun contaminante rilevante). Tutte le serie si riuniscono infine nella Scheda Operativa H per il calcolo degli Indici di Rischio Complessivi. Le descrizioni che seguono ovviamente descrivono una singola serie.

ESEMPIO APPLICATIVO: nel seguito viene riportato un tipico esempio esplicativo di utilizzo della Scheda Operativa A (ovvero SO/CORIS), relativa ad un suolo inquinato. In questo esempio, si è ipotizzato che un’area di 300000 m² di suolo, in un sito industriale, fosse inquinata da benzene e da 2-4-6 Triclorofenolo, entrambi cancerogeni. Dal

momento che il CPS del 2-4-6 Triclorofenolo è inferiore al 10% di quello del benzene, nell'analisi successiva verrà considerato solo il benzene.

Selezione dei Contaminanti Rilevanti nel Suolo (CORIS)*



Identificativo	Contaminante	S/ CON 7/27	S/ EST 1/27	Carico inquinante (CI = CR * E)	S/ TOX 4-5-6/27	Coeff. pericolosità specifica (CPS = CPI * CI)
		Concentrazione rappresentativa (CR) nel sito (mg/kg)	Punteggio Estensione della zona contaminata (E) (m ² o m ³) **		Coeff. pericolosità intrinseca (CPI)	
1997/a	Benzene	62	1,50E-03	9,30E-02	5,3E+03	4,90E+02
1997/b	2,4,6 Triclorofenolo	5	1,50E-03	7,50E-03	1,9E+03	1,40E+01
Scheda punteggi in cui cercare il dato o le informazioni						
Da scartare perché inferiore al 10% del CPS del Benzene						

* la scheda è da completare anche nel caso in cui la sorgente primaria di contaminazione, rappresentata da serbatoi, bidoni e contenitori, sia stata rimossa, ma il suolo sia contaminato.

** estensione della contaminazione: in m² o m³ per suolo contaminato; in m³ per terrapieno e cumulo.

9.4 Secondo Passo: Descrizione e parametrizzazione della Sorgente.

OBIETTIVO: per ogni singolo inquinante, caratterizzare il contributo della sorgente al rischio del sito in esame, connesso con i seguenti fattori rilevanti:

- le caratteristiche chimico/fisiche dell'inquinante, espresse dai coefficienti di ripartizione in relazione alle matrici ambientali coinvolte;
- l'estensione dell'area inquinata;
- le concentrazioni di inquinante;
- le (*eventuali*) modalità di contenimento dell'inquinante;
- le (*eventuali*) condizioni e limiti all'accessibilità dell'area in esame.

Il punteggio complessivo della sorgente rappresenta gli impatti di un singolo contaminante, proveniente da tutte le sorgenti interessate (suolo e/o acque e/o contenitori), corretti per i suddetti fattori rilevanti ed esercitati sulle diverse possibili vie di trasporto o di esposizione.

CRITERI APPLICATI: ogni inquinante viene caratterizzato, in relazione agli aspetti sopra citati, in base ai punteggi che si ottengono consultando le Schede Punteggi indicate nella parte alta delle caselle esplicative.

SCHEDE OPERATIVE: Scheda D. Una copia di questa scheda deve essere compilata, in tutte le sue colonne, per ciascuno dei contaminanti rilevanti oggetto dell'analisi.

SCHEDE PUNTEGGI: da 1/27 a 10/27.

DESCRIZIONE: E' la scheda più complessa, e necessita di particolare attenzione. I parametri relativi alla Sorgente (eventualmente scomposta in suolo, acqua, etc.) sono valutati in funzione *dell'impatto sulle diverse vie di trasporto*, una colonna per ciascuna (Acque Sotterranee, Acque Superficiali, Aria Indoor, Aria Outdoor, Suolo). Eventuali caselle non utilizzabili sono campite in scuro. Le colonne vanno compilate anche se la via di trasporto non risulta ancora contaminata. Se invece una via di trasporto non sussiste (es. Aria indoor laddove entro 5 km non esistano edifici, oppure Acque Superficiali qualora nel sito contaminato non esistano corpi idrici superficiali) lasciare vuote le caselle ed immettere zero nella casella del rispettivo Punteggio totale.

La compilazione delle caselle operative risulta ragionevolmente semplice se si seguono le indicazioni riportate nelle rispettive Schede Punteggi e le seguenti importanti note:

- **Le colonne Suolo ed Acque sotterranee richiedono l'immissione delle rispettive concentrazioni rappresentative, se disponibili, ed i rispettivi punteggi di Estensione. Nelle colonne Aria indoor e outdoor immettere il valore di concentrazione rappresentativa nel suolo (se disponibile), ed il punteggio Estensione corrispondente. In quella Acque superficiali, immettere la concentrazione rappresentativa maggiore tra quella nel**

suolo e quella in falda (se disponibili entrambe), con il punteggio

Estensione rispettivo. Questo per tener conto della sorgente che si presume prevalere generalmente su ciascuna via di esposizione.

- Estensione contaminazione (Scheda Punteggio 1/27 ovvero S/EST): è l'estensione della contaminazione della sorgente; quindi usare il dato già immesso nella Scheda Operativa A (o B, o C), con le avvertenze di cui al capoverso precedente.
- Caratteristiche chimico-fisiche (Schede Punteggio 2-3/27 ovvero S/CCF/RIP): queste caselle si compilano SOLO SE NON SI HANNO A DISPOSIZIONE DATI ANALITICI PRECISI SULLE CONCENTRAZIONI NELLE VIE DI TRASPORTO INTERESSATE (ad esempio: se non si conosce la concentrazione nelle acque di falda a fronte di un inquinamento della sorgente suolo). In tal caso, le concentrazioni nelle diverse vie di trasporto vengono **stimate** attraverso il prodotto fra le concentrazioni nella "sorgente" come indicata al primo capoverso, moltiplicata per le caratteristiche chimico/fisiche delle sostanze (fattori di ripartizione tra fasi) che si ricavano dalle Schede Punteggio 2-3/27 (*vedi Nota 1 nella pag. seguente*). I fattori di ripartizione fra le varie fasi sono del tipo *fase1/fase2*: la *fase1* è sempre la fase in cui si trova il contaminante nella sorgente prevalente, di cui al primo capoverso (ad esempio, per un suolo inquinato, *fase1* è, ovviamente sempre il suolo); per *fase2* si intende la fase relativa alla via di trasporto considerata (ad esempio: acqua per le acque sotterranee o superficiali). Quindi nelle Schede Punteggi si trovano le combinazioni suolo/acqua, suolo/aria-outdoor, suolo/aria-indoor, acqua/aria-outdoor, acqua/aria-indoor. Nel caso di ripartizione acqua-suolo si utilizzi l'inverso del fattore di ripartizione suolo-acqua.
Invece, nel caso in cui si abbiano dati analitici di concentrazione rappresentativa riferiti alle diverse sorgenti/vie di trasporto, imputati nelle rispettive caselle, nelle caselle delle caratteristiche chimico/fisiche delle sostanze si deve inserire il valore 1, che è invariante. Nella casella va imputato 1 anche quando la via di trasporto è la stessa della sorgente (ad es. il suolo nell'esempio applicativo delle pagine seguenti).
- Concentrazione: caselle da compilare o con la concentrazione rappresentativa misurata nella rispettiva via di trasporto, SE NOTA, oppure con la concentrazione rappresentativa nella sorgente di cui al primo capoverso (ricopiandola dalla Scheda Operativa A, B, C). In questo secondo caso la presenza del fattore di ripartizione consentirà la stima. Le unità di misura devono essere quelle prescritte nella scheda. Per le vie Aria indoor ed outdoor si è detto di impiegare la concentrazione misurata nel suolo, se disponibile (ed il relativo punteggio Estensione), anche se è inferiore a quella in falda e, per la via Acque superficiali usare la concentrazione maggiore tra quelle in falda ed in suolo, se disponibili (ed il rispettivo punteggio Estensione).
- Tossicità (Scheda Punteggio 4-5-6/27, ovvero S/Tox): queste caselle riprendono il "Coefficiente di pericolosità intrinseca" già immesso nella VI° colonna della Scheda Operativa A,B,C. La *Nota 2* nella pagina seguente spiega come il Coefficiente è stato stimato.
- Modalità di Contenimento (Scheda Punteggio 8-9/27, ovvero S/MCO): la scheda punteggio elenca un'ampia serie di modalità di contenimento per le diverse sorgenti (caselle a sinistra scritte in verticale). Individuata quella opportuna, dalle colonne a destra si ricavano i punteggi da inserire nelle colonne delle diverse vie

di trasporto (se sussistono). Se le modalità di contenimento non sono note, la terza riga della 8/27 indica il valore di default da scrivere (uno).

- Condizioni di Accessibilità (Scheda Punteggio 10/27, ovvero S/ACC): si applica solo quando le possibili sorgenti e vie di trasporto sono suolo e/o acque superficiali. I punteggi vengono distinti per i Lavoratori (esposti al rischio per otto ore su sei giorni settimanali) e per i Residenti (sempre esposti).
- Punteggio totale: si calcola il punteggio come **prodotto** dei valori di ciascuna colonna. L'impatto del singolo inquinante presente ottiene un punteggio per ogni possibile via di trasporto: questi punteggi verranno poi riportati nella scheda operativa G. Se una potenziale via di trasporto non sussiste si immette zero. Ricordare che, se il valore di "concentrazione" inserito non è quello della sorgente, la casella "caratteristiche chimico-fisiche" deve essere posta uguale ad 1.

ESEMPIO APPLICATIVO: nel seguito viene riportata la continuazione dell'esempio esplicativo utilizzato in precedenza, relativo a un'area di 300.000 m² di suolo, di un sito industriale, inquinato da benzene.

Nota 1: Nella Scheda Punteggi 2-3/27 (ovvero S/CCF/RIP) le sostanze chimiche sono raggruppate in classi, con cinque fattori di ripartizione per ogni classe (suolo/acqua, suolo/aria indoor, suolo/aria outdoor, acqua/aria outdoor, acqua/aria indoor). Accanto a questi valori comuni sono stati riportati alcuni valori singoli, per specifiche sostanze, perché il coefficiente di ripartizione di quelle sostanze differisce di più del 10% da quello medio attribuito alla classe.

NOTA 2: Il Coefficiente di Tossicità Intrinseca è determinato riferendosi per le sostanze cancerogene (Tossicità EPA A-C), allo slope factor (Vedi Glossario); per le sostanze non cancerogene (Tossicità EPA D), alla reference dose (vedi Glossario). Il punteggio è stato calcolato in funzione dell'esposizione giornaliera all'unità di massa della sostanza e sulla via di esposizione più cautelativa (ad esempio: litri d'aria inspirata per inalazione, litri di acqua bevuti per ingestione, ecc.). Il punteggio è stato normalizzato in modo che gli inquinanti cancerogeni meno tossici (Anilina, o-Anisidina, m,p-Anisidina, p-Toluidina) abbiano punteggio 1000, mentre la sostanza non cancerogena più tossica (Manganese) abbia punteggio di base pari a 100. I punteggi di base delle sostanze non cancerogene, nella Scheda Punteggi 4-6/27 (ovvero S/TOX) sono già stati moltiplicati per i seguenti ulteriori fattori, al fine di considerare anche altre caratteristiche di pericolosità: sostanze irritanti: 1; sostanze nocive/infiammabili: 1,1; sostanze tossiche: 1,2; sostanze molto tossiche/effetti irreversibili: 1,3.

D

Scheda riassuntiva del contributo della Sorgente corretto per le diverse vie

SORGENTI PIS ₀ =		VIE DI TRASPORTO PT ₀ = II,PT ₀		RECETTORI PIR ₀ = Σ _i PR _{0i}		
Vie di trasporto		Punteggio Acque Sotterranee	Punteggio Acque Superficiali	Punteggio Aria Indoor	Punteggio Aria Outdoor	Punteggio Suolo
SI/EST 1/27	estensione contaminazione	1,5E-03	1,5E-03	1,5E-03	1,5E-03	1,5E-03
SI/CCFI/RIP 2-3/27	caratteristiche chimico-fisiche (*)	1,0E+00	1,4E-01	2,2E-02	8,1E-05	1,0E+00
SI/TOX 4-5-6/27	caratteristiche tossicologiche	5,3E+03	5,3E+03	5,3E+03	5,3E+03	5,3E+03
SI/CON 7/26	concentrazione (**)	3,3E+00	6,2E+01	6,2E+01	6,2E+01	6,2E+01
SI/MCO 8-9/27	modalità di contenimento	1	1	1	1	1
SI/ACC 10/27	condizioni di accessibilità					
Punteggio totale (prodotto valori soprastanti)		2,6E+01	3,4E+01	1,1E+01	4,0E-02	4,9E+02
		Residenti	Lavoratori	Residenti	Lavoratori	Residenti
		0,5	1			0,5
		Residenti	Lavoratori	Residenti	Lavoratori	Residenti
		3,4E+01	6,9E+01	1,1E+01	4,0E-02	2,5E+02
						4,9E+02

Non utilizzati perché esistono i dati analitici specifici su quelle vie

Dato disponibile (falda)

Dato disponibile (suolo)

Caselle inutilizzabili

(*) Da inserire solamente se non si hanno a disposizione i dati analitici sulle vie di trasporto coinvolte

(**) Inserire, se è disponibile, il dato analitico sulle vie di trasporto coinvolte, altrimenti utilizzare il dato sulla sorgente primaria.

ATTENZIONE! Trattandosi di prodotti, le celle non utilizzate vanno riempite con 1, non con 0.

NOTA: le acque sotterranee sono già contaminate, quindi sarebbero una sorgente secondaria, ed occorrerebbe aggiungere un'altra scheda operativa (B). Non lo si è fatto per semplificare l'esempio.

9.5 Terzo Passo: Descrizione e parametrizzazione delle Vie di Trasporto.

OBIETTIVO: Caratterizzare il contributo al rischio del sito in esame, connesso alla “morfologia” delle diverse vie di trasporto, in relazione alle caratteristiche delle matrici ambientali coinvolte.

Per la matrice “acque sotterranee” vengono considerate:

- soggiacenza della falda;
- tipologia dell’acquifero;
- litotipo dell’acquifero;
- distanza della zona contaminata dal top della falda.

Per la matrice “acque superficiali” vengono considerate:

- localizzazione del sito;
- classi di portata;
- precipitazione media annuale;
- densità idrografica;
- ruscellamento;
- frazione di carbonio organico;
- profondità del top della zona contaminata.

Per la matrice “aria indoor/outdoor”, vengono considerate:

- indice meteo-climatico sinottico ;
- profondità del top della zona contaminata.

Infine, per la matrice “suolo” vengono considerate:

- litotipo della zona vadosa;
- profondità del top della zona contaminata.

Il punteggio complessivo delle diverse Vie di Trasporto viene calcolato come **prodotto** dei punteggi parziali relativi alle caratteristiche delle matrici ambientali.

CRITERI APPLICATI: Le Vie di Trasporto vengono caratterizzate, in relazione agli aspetti citati, in base ai punteggi che si ottengono consultando le opportune Schede Punteggi indicate nella parte alta delle caselle esplicative.

SCHEDE OPERATIVE: Scheda Operativa E. Questa scheda deve essere compilata per ciascuno degli inquinanti oggetto dell'analisi, perché **le vie di trasporto possono differire**.

SCHEDE PUNTEGGI: da 11/27 a 25/27.

DESCRIZIONE: Vanno compilate tutte le caselle, tranne quelle campite in scuro. La loro compilazione è semplice, ed è agevolata da indicazioni riportate nelle Schede Punteggi. Come già detto, nel caso manchi l'informazione ogni Scheda Punteggi offre un valore di *default* in grassetto e campito in grigio. Per i termini che non risultino sufficientemente esplicativi si può fare riferimento al Glossario. Nell'ultima riga si calcolano i cinque Punteggi totali come **prodotti** delle caselle soprastanti, che verranno poi riportati nelle schede operative di riepilogo.

ESEMPIO APPLICATIVO: nel seguito si prosegue con lo stesso esempio.

Scheda di calcolo dei contributi delle Vie di trasporto



Può essere diverso da 1 solo se l'inquinante è un fitofarmaco o una sostanza organica complessa

Scheda punteggi dove reperire il dato da inserire nella casella a destra

Parametro	Punteggio Acque Sotterranee	Parametro	Punteggio Acque Superficiali	Parametro	Punteggio Aria Indoor	Parametro	Punteggio Aria Outdoor	Parametro	Punteggio Suolo
TI ASOI SOG 11/27 soggiacenza della falda	0,8	TI ASUI LOC 16/27 localizzazione del sito	0,3	TI AIRI SIN 22/27 indice sinottico	0,7	TI AIRI SIN 22/27 indice sinottico	0,7	TI SOIL LIT 24/27 litotipo della zona vadosa	0,9
TI ASOI ACQ 12/27 tipologia dell'acquifero		TI ASUI POR 16/27 classi di portata		TI AIRI PRO 23/27 profondità del top della zona contaminata		TI AIRI PRO 23/27 profondità del top della zona contaminata		TI SOIL PRO 26/27 profondità del top della zona contaminata	
TI ASOI LIT 13/27 litotipo dell'acquifero	0,5	TI ASUI PIO 17/27 precipitazione media annuale	0,8						
TI ASOI DIS 14/27 distanza della zona contaminata dal top della falda	1	TI ASUI IDR 18/27 densità idrografica	1						
		TI ASUI RUS 19/27 ruscellamento	0,3						
		TI ASUI FCO 20/27 frazione di carbonio organico	1						
		TI ASUI PRO 21/27 profondità del top della zona contaminata	0,5						
Punteggio totale (pondera i valori espressanti)	0,16		0,03		0,35		0,35		0,45

9.6 Quarto Passo: Descrizione e parametrizzazione dei Recettori

OBIETTIVO: Caratterizzare il contributo al rischio connesso all'esposizione di recettori umani e naturalistico-artistici presenti sul sito e/o nelle zone limitrofe.

Il punteggio complessivo è distinto per le diverse Vie di Esposizione dei recettori umani e per la presenza di recettori naturalistico-artistici ("zone sensibili"). Viene calcolato attraverso **somme** successive dei punteggi delle caselle.

CRITERI APPLICATI: I punteggi ed i coefficienti per i recettori umani (residenti e lavoratori) sono stati ricavati sulla base dei risultati ottenuti con modelli numerici di dispersione di inquinanti in aria e in acqua e considerando la loro frequenza di esposizione outdoor/indoor. In particolare, la zona di influenza delle concentrazioni di inquinanti per le diverse vie di esposizione è stata divisa in 4 aree concentriche (centrate sul sito di studio) di raggio:

- 100 m dal perimetro del sito (considerato "on site")
- 101-1000 m
- 1001-3000 m
- 3001-5000 m

In ciascuna zona per il calcolo dei punteggi si è tenuto conto di un ulteriore fattore moltiplicativo stimato sulla base del *numero di bersagli* nella corona circolare di interesse. Il **numero N dei recettori nelle quattro aree è necessario**; se non è noto va stimato **con la massima precisione possibile** (vedi oltre), perché A.R.G.I.A. fornisce risultati che sono molto sensibili a questi dati (vedere anche la nota a piè della pagina seguente).

I recettori di tipo naturalistico/artistico, sono definiti come le zone che il PTPR e/o i PTCP individuano con le terminologie: zone di particolare interesse paesaggistico-ambientale, zone di tutela naturalistica, zone ed elementi di particolare interesse storico-archeologico (Artt.19, 21 e 25). La loro presenza nel raggio di 5 km dal centro del sito comporta l'attribuzione di un punteggio che contribuisce all'indice di rischio.

SCHEDE OPERATIVE: Scheda F . Se ne compila una sola copia.

SCHEDE PUNTEGGI: Schede Punteggi 26/27 e 27/27.

DESCRIZIONE: Vanno compilate tutte le caselle, tranne quelle campite in scuro. La loro compilazione è semplice, ed è agevolata da indicazioni riportate nella Scheda Punteggi 26/27. In questo caso la Scheda Punteggi non offre un valore di *default*. Nella quinta riga si calcolano poi i punteggi relativi ai residenti come **somme** dei punteggi nelle quattro caselle soprastanti, ed allo stesso modo nella decima si calcolano i punteggi relativi ai lavoratori.

Il punteggio per i recettori naturalistici-artistici, desunto dalla Scheda Punteggi 27/27, si immette nell'ultima casella a destra della penultima riga e lo si riporta anche nella casella sottostante. Infine nell'ultima riga si calcolano gli altri cinque Punteggi totali come

somme delle caselle corrispondenti in quinta riga (residenti) e decima riga (lavoratori). I sei totali verranno poi riportati nelle schede operative di riepilogo.

Alcune note per la compilazione. Numero, distanza, tipo di esposizione (Scheda Punteggio 26/27): il numero di residenti nelle diverse zone (cerchio e corone circolari) può essere stimato utilizzando diversi criteri. In mancanza di altre indicazioni, se le aree ricadono in una zona densamente urbanizzata, si può utilizzare il dato degli abitanti del comune o della provincia di interesse per km², moltiplicato per l'area delle diverse corone circolari sotto indicata¹:

Area	Estensione (km ²)
On-site (0-100 m dal perimetro)	0,03
Off-site 1 (101-1000 m)	3,1
Off-site 2 (1001-3000 m)	25
Off-site 3 (3001-5000 m)	50

In alternativa si possono stimare i residenti nelle varie aree osservando (ad esempio su una carta IGM 1:25.000) le unità abitative che ricadono entro le diverse zone. A seconda delle zone occorrerebbe conoscere la tipologia dominante delle unità abitative. Per gli immobili non di lusso e non rurali è ragionevole ipotizzare che gli edifici siano costituiti da 4 piani e che in ogni piano vi siano 4 appartamenti occupati da 2,5 persone (composizione media delle famiglie italiane).

I dati sui recettori umani di tipo lavoratori devono essere utilizzati valutando informazioni precise al riguardo. Va considerato attentamente il fatto che i lavoratori, se abitano nelle aree considerate per i residenti, possono essere presi in considerazione nella precedente tipologia di bersagli (ipotesi spesso, ma non sempre, più conservativa).

Densità zone sensibili (Scheda Punteggio R/NAR/SEN 27/27): si è già detto che per gli scopi di questo tipo di Fattore Rilevante e di Parametro si devono intendere le zone sensibili (ossia i recettori naturalistico-artistici) in base alle definizioni dei corrispondenti articoli del PTPR della Regione Emilia-Romagna. In particolare: zone di interesse paesaggistico ambientale (Art. 19); zone di tutela naturalistica (Art. 25); zone ed elementi di particolare interesse storico-archeologico (Art. 21). I

¹ Se il sito è molto grande le aree delle corone circolari sono notevolmente differenti da quelle teorizzate qui e nelle schede 26/27 e 27/27. In questo caso almeno i coefficienti moltiplicativi della tabella 27/27 andrebbero ricalcolati. Non ricalcolarli rende comunque un indice di rischio maggiore, quindi è conservativo.

referimenti analoghi nei PTCP non corrispondono agli stessi articoli, anche se le denominazioni rimangono invariate.

ESEMPIO APPLICATIVO: nel seguito viene riportata la continuazione dell'esempio guida esplicativo, relativo a un'area industriale di 300000 m² di suolo inquinato da benzene. Si sono assunti 400 residenti che abitano esclusivamente nella fascia da 1001 a 3000 metri dal centro del sito e 30 lavoratori dello stabilimento che risiedono oltre 5 km, quindi da conteggiare come "on site".

Scheda di calcolo del contributo dei Recettori

Via di esposizione/ parametro	RECIPIENTE UMANO					RECIPIENTE NATURALISTICO-ARTISTICO
	Punteggio Acque Sotterranee / ingestione	Punteggio Acque Superficiali / contatto dermico	Punteggio Aria indoor/ inalazione	Punteggio Aria outdoor/ inalazione	Punteggio Suolo/ contatto dermico e ingestione	
recettore on site (0-100 m)	-	-	-	-	-	
recettore off site 1 (101-1000 m)	-	-	-	-	-	
recettore off site 2 (1001-3000 m)	0,01*N	0,05*N		0,13*N		
recettore off site 3 (3001-5000 m)	-	-	-	-	-	
Punteggio totale residenti (somma valori soprastanti)	4	20	0	52	0	
lavoratore on site (0-100 m)	M	5*M	30*M	30*M	M*E-03	
lavoratore off site 1 (100-1000 m)	-	-	-	-	-	
lavoratore off site 2 (1001-3000 m)	-	-	-	-	-	
lavoratore off site 3 (3001-5000 m)	-	-	-	-	-	
Punteggio totale lavoratori (somma valori soprastanti)	30	150	900	900	3,00E-02	
RJ MARI SEN 27127						
zone sensibili *						0
Punteggio totale recettori (somma valori per i residenti e per i lavoratori soprastanti)	3,40E+01	1,70E+02	9,00E+02	9,52E+02	3,00E-02	0

RUMANDR 26/27

* copiare il punteggio anche nella casella sottostante

9.7 Quinto Passo: Calcolo del punteggio complessivo di rischio relativo.

OBIETTIVO: Sistematizzare e calcolare il valore di rischio relativo, secondo il metodo A.R.G.I.A.

CRITERI APPLICATI: Secondo A.R.G.I.A., l'Indice di Rischio complessivo (IRcomplessivo), per un sito inquinato, è dato dalla somma degli Indici di Rischio (IRI) dei diversi Contaminanti rilevanti. Ciascun IRI è calcolato come somma degli indici di rischio delle differenti vie di trasporto (IVT).

SCHEDE OPERATIVE: Scheda Operativa G. La scheda riassume la/e sorgente/i di inquinamento, le vie di trasporto coinvolte ed i recettori interessati. Si compila una scheda per ciascun inquinante rilevante.
Scheda Operativa H: Scheda finale unica.

SCHEDE PUNTEGGI: nessuna.

DESCRIZIONE: Si compila una scheda G per ogni Contaminante Rilevante. In alto, in ognuna delle Schede è utile ma non indispensabile riportare la riga della Scheda Operativa A, B, o C utilizzata per la selezione del Contaminante Rilevante: questo allo scopo di favorire la tracciabilità del percorso logico seguito.

Sotto la riga del contaminante si trovano cinque tabelle: nelle prime due si riportano i punteggi calcolati nella Scheda Operativa D della sorgente (relativa allo stesso contaminante) e nella Scheda Operativa E delle vie di trasporto (relativa allo stesso contaminante); i punteggi immessi, come si può vedere, assumono la denominazione di A1,...A5 e B1,...B5.

Nella terza tabella si riportano i punteggi calcolati nella Scheda Operativa F dei recettori (che è sempre unica). E' composta da due righe: nella prima si riportano i punteggi totali dell'ultima riga della scheda F (che assumono la denominazione di C1,...C5); la seconda riga ha solo una casella, a destra: vi si riporta il punteggio che si trova in basso a destra nella scheda F (quello relativo alle Zone sensibili/naturalistico-artistiche), e che assume la denominazione di C6.

La quarta tabella serve a calcolare l'indice di rischio IRI_m per recettori umani per quel contaminante e da quella sorgente: nelle caselle si immettono i prodotti ivi indicati ($A1 \times B1 \times C1, \dots$), e l'indice di rischio IRI_m si calcola per somma.

La quinta tabella è del tutto analoga e si riferisce ai recettori naturalistico-artistici (notare che si usa sempre C6).

Compilate tutte le schede G dei diversi Contaminanti Rilevanti si copiano i rispettivi IRI_m nelle due tabelle della Scheda Operativa L e li si somma ottenendo a sinistra l'Indice di Rischio complessivo per i recettori umani ed a destra quello per le Zone sensibili/recettori naturalistico-artistici. La scheda H presenta lo spazio per annotare il contaminante a cui ciascun IRI_m si riferisce ed, in basso, uno spazio per segnalare le criticità osservate ed i dati affetti da particolare imprecisione.

ESEMPIO APPLICATIVO: nel seguito si conclude il calcolo per il nostro esempio guida esplicativo, relativo ad un suolo industriale di 300000 m² inquinato da benzene.

Identificativo	Contaminante	Concentrazione rappresentativa nel suolo (mg/kg)	Estensione della zona contaminata	Carico inquinante	Coef. pericolosità intrinseca (CPI)	Coef. pericolosità specifica (CPS)
1997/a	Benzene	62	1,50E-01	9,30E+00	5,30E+03	4,90E+04

Contributo della Sorgente		Punteggio
impatto sulla via Acque Sotterranee	A1	2,6E+01
impatto sulla via Acque Superficiali (sommare punteggi residenti e lavoratori)	A2	1,0E+02
impatto sulla via Aria Indoor	A3	1,1E+01
impatto sulla via Aria Outdoor	A4	4,0E+02
impatto sulla via Suolo (sommare punteggi residenti e lavoratori)	A5	7,4E+02

Contributo delle Vie di trasporto		Punteggio
Acque sotterranee	B1	0,16
Acque superficiali	B2	0,03
Aria Indoor	B3	0,35
Aria Outdoor	B4	0,35
Suolo	B5	0,45

Contributo del Recettore umano	Punteggio ingestione acque sotterranee (C1)		Punteggio contatto dermico acque superficiali (C2)		Punteggio inalazione aria indoor (C3)		Punteggio inalazione aria outdoor (C4)		Punteggio contatto dermico e ingestione di suolo (C5)		Punteggio zone sensibili (C6)
	3,40E+01		1,70E+02		9,00E+02		9,52E+02		3,00E+02		
Recettore naturale-artistico											0

Indice di rischio per recettori umani:

IVT		PUNTEGGIO
indice di rischio acque sotterranee	= A1 x B1 x C1	1,40E+02
indice di rischio acque superficiali	= A2 x B2 x C2	5,10E+02
indice di rischio aria indoor	= A3 x B3 x C3	3,40E+03
indice di rischio aria outdoor	= A4 x B4 x C4	1,30E+01
indice di rischio suolo	= A5 x B5 x C5	1,00E+01
IRIm (somma valori soprastanti)		4,70E+03

Indice di rischio per recettori naturalistici-artistici:

IVT		PUNTEGGIO
indice di rischio acque sotterranee	= A1 x B1 x C6	0
indice di rischio acque superficiali	= A2 x B2 x C6	0
indice di rischio aria outdoor	= A4 x B4 x C6	0
indice di rischio suolo	= A5 x B5 x C6	0
IRIm (somma valori soprastanti)		0



Scheda riassuntiva complessiva

Indice di rischio per recettori umani:

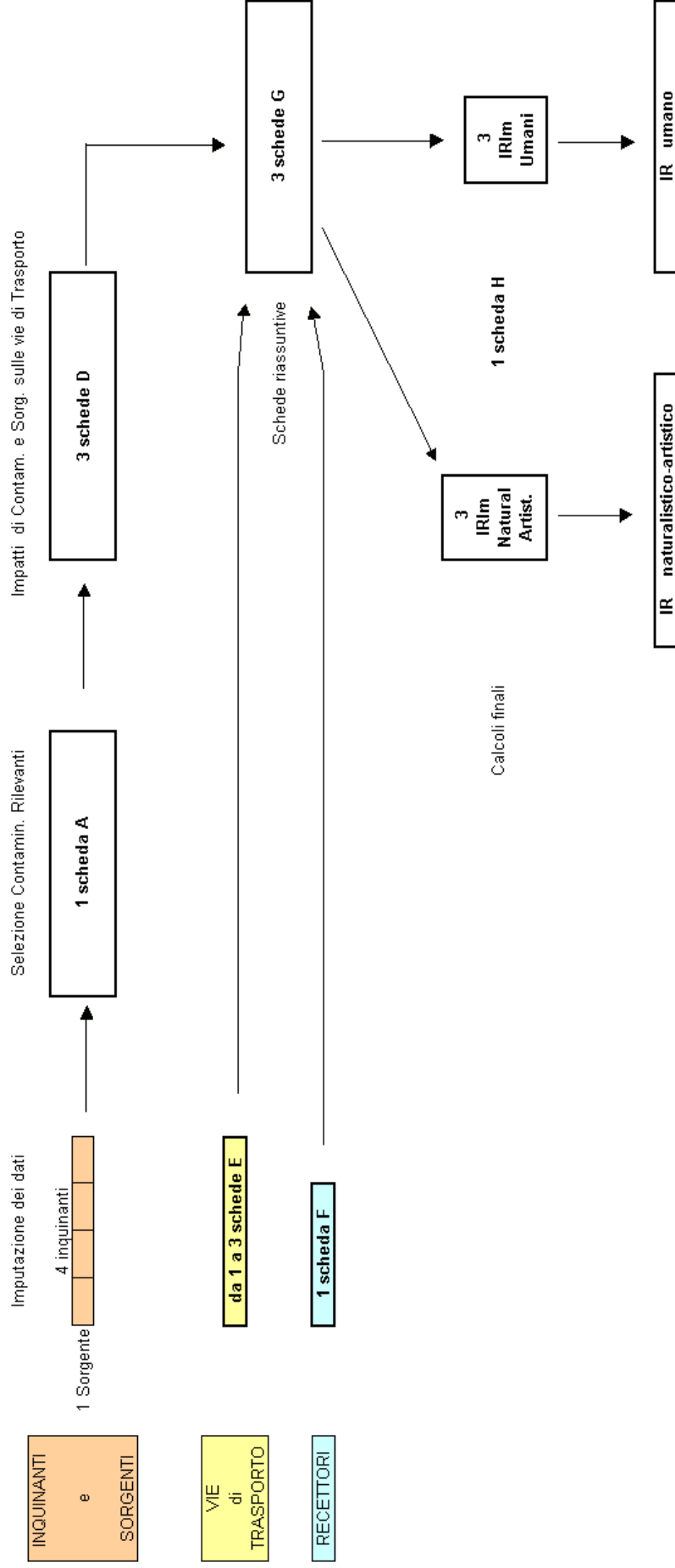
	PUNTEGGIO
IRIm	4,70E+03
IRIm	-
IRIm	-
IRIm	-
IRIm	-
IRIm	-
IRIm	-
IRIm	-
IRcomplessivo (somma valori soprastanti)	4,70E+03

Indice di rischio per recettori naturalistici-artistici:

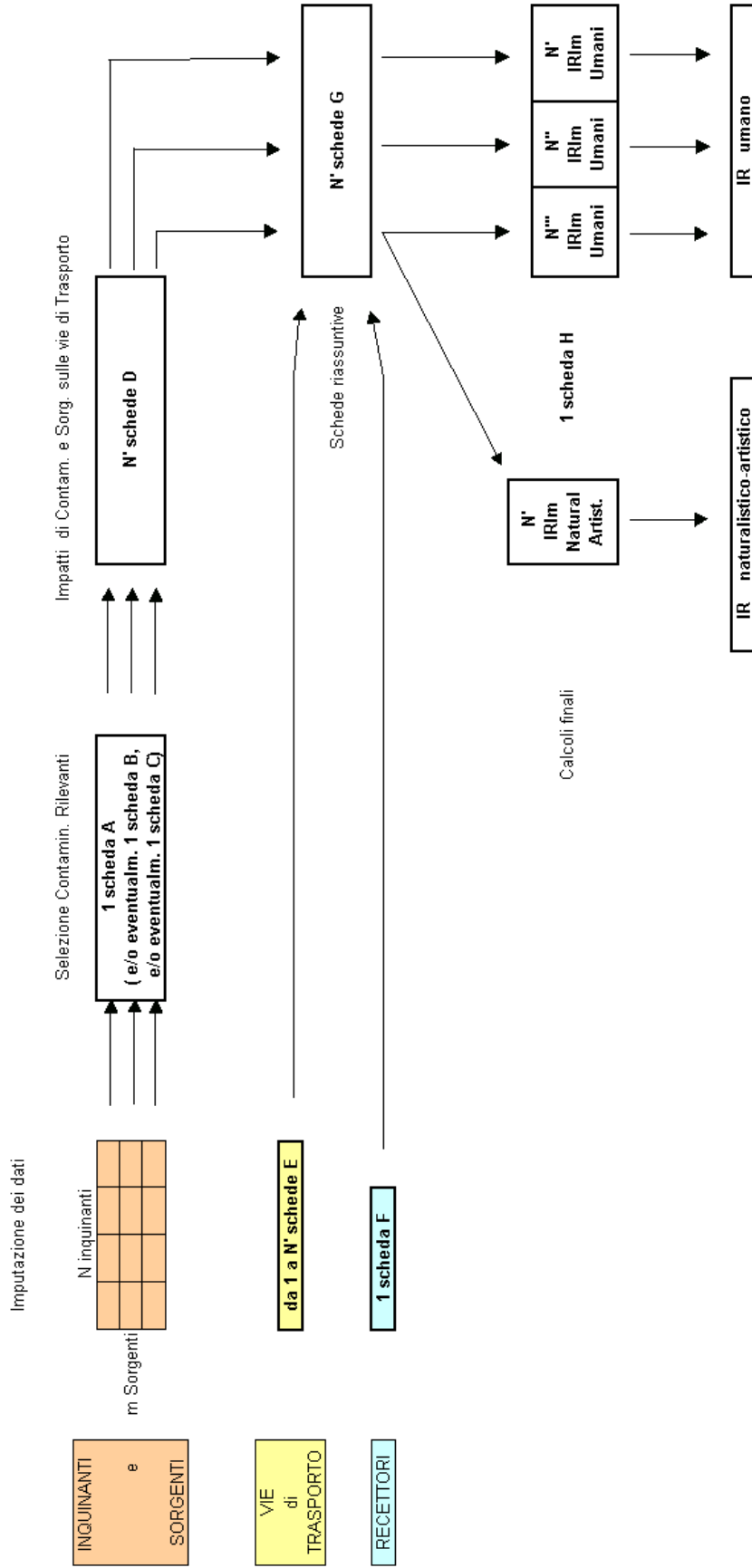
	PUNTEGGIO
IRIm	0
IRIm	-
IRIm	-
IRIm	-
IRIm	-
IRIm	-
IRIm	-
IRIm	-
IRcomplessivo (somma valori soprastanti)	0

CRITICITA' RILEVATE (Riportare l'indicazione degli eventuali parametri che, nell'analisi, hanno presentato maggiori criticità nella determinazione e che sono affetti da maggiore imprecisione):

SCHEMA GENERALE DELLE SCHEDE E DEI PERCORSI DI COMPILAZIONE IN A.R.G.I.A.
 IN UN CASO RELATIVAMENTE FREQUENTE: SUOLO CON 4 CONTAMINANTI DI CUI SOLO 3 RILEVANTI.



SCHEMA GENERALE DELLE SCHEDE E DEI PERCORSI DI COMPILAZIONE IN A.R.G.I.A.



Allegato I – Schede punteggi

FATTORE RILEVANTE: SORGENTE
PARAMETRO: VOLUME CENTRO DI PERICOLO

Scheda punteggio

1-VOL

TIPO	INFORMAZIONI DISPONIBILI	UNITA' DI MISURA	PUNTEGGIO			
			Acque sotterranee	Acque superficiali	Aria	Suolo
suolo contaminato	volume	m ³	V/ 10 ⁹	V/ 10 ⁹	V/ 10 ⁹	V/ 10 ⁹
terrapieno	volume	m ³	V/ 10 ⁹	V/ 10 ⁹	V/ 10 ⁹	V/ 10 ⁹
cumulo	volume	m ³	V/ 10 ⁹	V/ 10 ⁹	V/ 10 ⁹	V/ 10 ⁹
falda	volume	m ³	V/ 10 ⁹	V/ 10 ⁹	V/ 10 ⁹	V/ 10 ⁹
	area	m ²	A* 5/ 10 ⁹	A* 5/ 10 ⁹	A* 5/ 10 ⁹	A* 5/ 10 ⁹
corpi idrici superficiali con acqua ferma	volume	m ³	V/ 10 ⁹	V/ 10 ⁹	V/ 10 ⁹	V/ 10 ⁹
	area	m ²	A/(2 * 10 ⁹)	A/(2 * 10 ⁹)	A/(2 * 10 ⁹)	A/(2 * 10 ⁹)
corpi idrici superficiali con acqua corrente	portata	m ³ / s	1/Q	1/Q	1/Q	1/Q
scarichi	portata complessiva degli scarichi	m ³ / s	Q	Q	Q	Q

FATTORE RILEVANTE: SORGENTE

Scheda punteggio

PARAMETRO: DISPERSIONE DELLA CONTAMINAZIONE**2-DIS**

ALTEZZA MEDIA DEL CdP	Estensione	Fattore	PUNTEGGIO
minore di 1 metro	Volume CdP / 10^9	0.5	Volume CdP / ($10^9 * 0.5$)
tra 1 e 2 metri	Volume CdP / 10^9	1	Volume CdP / ($10^9 * 1$)
tra 2 e 5 metri	Volume CdP / 10^9	2	Volume CdP / ($10^9 * 2$)
maggiore di 5 metri	Volume CdP / 10^9	3	Volume CdP / ($10^9 * 3$)

FATTORE RILEVANTE: SORGENTE
PARAMETRO: CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'INQUINANTE
TIPO: FATTORI DI RIPARTIZIONE

Scheda punteggio

3a-CCF_RIP

CLASSI DI SOSTANZE (DM 471/99)	FATTORI DI RIPARTIZIONE SUOLO/ACQUA	FATTORI DI RIPARTIZIONE SUOLO/ARIA INDOOR	FATTORI DI RIPARTIZIONE SUOLO/ARIA OUTDOOR
componenti inorganici	2.5E-3 cianuro: 1.2E-11 rame: 3.3E-04 tallio, argento: 2.7 E-2	0 Mercurio: 5.1E-04	6.9E-12 Mercurio: 3.1E-05
aromatici	3.5E-02 Benzene: 1.4E-01	2.2E-02 Stirene: 1.1E-03	8.1E-05
aromatici policiclici	8.9E-06 Indenopirene: 2.9E-07	3.3E-10 Indenopirene: 4.6E-13	1.7E-08 Benzo(a)antracene: 5.2E-09 Indenopirene: 6.3E-10
alifatici clorurati cancerogeni	vinilcloruro: 7.9E-02 clorometano: 9.4E-07 1,1,2,2 tetracloroetano: 1.3 E+00	3.2E-02 clorometano: 8.2E-07	9.0E-05 Clorometano: 1.2E-06
alifatici clorurati non cancerogeni	6.2E-02	3.2E-02	9.0E-05
clorobenzeni	4.2E-03 Clorobenzene: 4.3E-02	2.4E-03	4.6E-05
fenoli non clorurati	2.9E-01	1.1E-05	3.8E-06
fenoli clorurati	1.1E-02	1.0E-06	1.3E-06
fitofarmaci	DDT: 3.7E-06 Dieldrin: 2.7E-04 Aldrin: 2.4 E-02	DDT: 3.5E-10 Dieldrin: 8.2E-08 Aldrin: 1.2E-04	DDT: 2.4E-08 Dieldrin: 3.9E-07 Aldrin: 1.5E-05
diossine e furani	PCB: 6.1E-05 2,3,7,8 TCDD: 1.7	PCB: 1.0E-06 2,3,7,8 TCDD: 2.1E-03	PCB: 1.6E-06 2,3,7,8 TCDD: 9.0E-05
idrocarburi leggeri C<12	6.8E-03	3.2E-02	9.0E-05
idrocarburi pesanti C>12	1.9E-06	1.9E-03	5.9E-05

segue nella scheda 3b

FATTORE RILEVANTE: SORGENTE**PARAMETRO: CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'INQUINANTE****TIPO: FATTORI DI RIPARTIZIONE**

Scheda punteggio

3b-CCF_RIP

segue dalla scheda 3a

CLASSI DI SOSTANZE (DM 471/99)	FATTORI DI RIPARTIZIONE ACQUA/ ARIA OUTDOOR	FATTORI DI RIPARTIZIONE ACQUA/ ARIA INDOOR
componenti inorganici	0 mercurio: 5.9 E-05	6.9E-12 Mercurio: 3.1E-05
aromatici	7.9E-05	8.1E-05
aromatici policiclici	3.2E-08 Indenopirene,benzo(a)antracene: 2.3E-09	1.7E-08 Benzo(a)antracene: 5.2E-09 Indenopirene: 6.3E-10
alifatici clorurati cancerogeni	vinilcloruro: 1.0E-03 clorometano: 5.3E-04 1,1,2,2 tetracloroetano: 3.9E-05	9.0E-05 Clorometano: 1.2E-06
alifatici clorurati non cancerogeni	2.9E-04	9.0E-05
clorobenzeni	5.1E-03 Clorobenzene: 5.2E-02	4.6E-05
fenoli non clorurati	3.5E-01	3.8E-06
fenoli clorurati	1.3E-02	1.3E-06
fitofarmaci	DDT: 4.5E-06 Dieldrin: 3.3E-04 Aldrin: 2.9 E-02	DDT: 2.4E-08 Dieldrin: 3.9E-07 Aldrin: 1.5E-05
diossine e furani	PCB: 7.4E-05 2,3,7,8 TCDD: 5.2E-01	PCB: 1.6E-06 2,3,7,8 TCDD: 9.0E-05
idrocarburi leggeri C<12	8.3E-03	9.0E-05
idrocarburi pesanti C>12	2.4E-06	5.9E-05

FATTORE RILEVANTE: SORGENTE**Scheda punteggio****PARAMETRO: TOSSICITA'****4a-TOX**

CLASSI DI SOSTANZE (DM 471/99)	TOSSICITA' EPA	PUNTEGGIO CANCEROGENI	PUNTEGGIO NON CANCEROGENI
Antimonio	D	n.a.	2.6E+01
Arsenico	A	2.6E+06	n.a.
Berillio	B1	1.5E+06	n.a.
Cadmio	B1	1.1E+06	n.a.
Cobalto	D	n.a.	3.7E-01
Cromo III	D	n.a.	8.6E-02
Cromo VI	A	7.4E+06	n.a.
Cianuro	D	n.a.	1.9E-01
Mercurio	D	n.a.	2.0E+01
Nichel	A	3.0E+05	n.a.
Piombo	B2	7.6E+03	n.a.
Tallio	D	n.a.	2.7E+01
Rame	D	n.a.	6.2E-02
Selenio	D	n.a.	6.9E-01
Stagno	D	n.a.	6.7E+00
Vanadio	D	n.a.	7.9E+00
Argento	D	n.a.	8.6E+00
Fluoruri	D	n.a.	2.6E-02
Zinco	D	n.a.	2.4E-02
Manganese	D	n.a.	1.1E+02
Benzene	A	5.3E+03	n.a.
Etilbenzene	D	n.a.	1.6E-02
Stirene	D	n.a.	9.8E-03
Toluene	D	n.a.	1.4E-02
Xylene	D	n.a.	8.5E-04
Benzo(a) antracene	B2	1.4E+05	n.a.
Benzo(a) pirene	B2	1.4E+06	n.a.
Benzo(b) fluorantene	B2	1.4E+05	n.a.
Benzo(k) fluorantene	B2	1.4E+04	n.a.
Benzo(g,h,i) perilene	D	n.a.	6.9E-02
Crisene	B2	2.3E+05	n.a.
Dibenzo(a,h) antracene	B2	1.4E+06	n.a.
Indenopirene	B2	7.4E+06	n.a.
Pirene	D	n.a.	5.8E-02

segue nella scheda 4b

FATTORE RILEVANTE: SORGENTE**Scheda punteggio****4b-TOX****PARAMETRO: TOSSICITA'**

segue dalla scheda 4a

CLASSI DI SOSTANZE (DM 471/99)	TOSSICITA' EPA	PUNTEGGIO CANCEROGENI	PUNTEGGIO NON CANCEROGENI
Clorometano	C	2.8E+03	n.a.
Diclorometano	B2	1.3E+03	n.a.
Triclorometano	B2	1.4E+04	n.a.
Vinilcloruro	A	3.3E+05	n.a.
1,2 Dicloroetano	B2	1.6E+04	n.a.
1,1 Dicloroetilene	C	6.1E+04	n.a.
1,2 Dicloropropano	D	n.a.	1.4E+00
1,1,2 Tricloroetano	C	1.2E+04	n.a.
Tricloroetilene	B2	1.3E+04	n.a.
1,2,3 Tricloropropano	D	n.a.	4.2E+00
1,1,2,2 Tetracloroetano	C	5.1E+04	n.a.
Tetracloroetilene	B2	9.1E+03	n.a.
1,1 Dicloroetano	D	n.a.	1.0E+00
1,2 Dicloroetilene	D	n.a.	1.6E-01
1,1,1 Tricloroetano	D	n.a.	7.9E-02
Tribromometano	B2	2.3E+03	n.a.
1,2 dibromoetano	B2	1.5E+07	n.a.
Dibromoclorometano	C	2.5E+04	n.a.
Bromodiclorometano	B2	1.1E+04	n.a.
Nitrobenzene	D	n.a.	3.4E+00
1,2 Dinitrobenzene	D	n.a.	1.9E+01
1,3 Dinitrobenzene	D	n.a.	1.9E+01
Cloronitrobenzeni	D	n.a.	1.6E+01
Clorobenzene	D	n.a.	2.8E-01
1,2 Diclorobenzene	D	n.a.	1.8E-01
1,4 Diclorobenzene	C	4.7E+03	n.a.
1,2,4 Triclorobenzene	D	n.a.	1.6E-01
1,2,4,5 Tetraclorobenzene	D	n.a.	1.6E+01
Pentaclorobenzene	D	n.a.	2.0E+00
Esaclorobenzene	B2	5.6E+05	n.a.
Fenolo	D	n.a.	3.2E-03
Metilfenolo	C	2.5E+04	

segue nella scheda 4c

FATTORE RILEVANTE: SORGENTE**Scheda punteggio****4c-TOX****PARAMETRO: TOSSICITA'**

segue dalla scheda 4b

CLASSI DI SOSTANZE (DM 471/99)	TOSSICITA' EPA	PUNTEGGIO CANCEROGENI	PUNTEGGIO NON CANCEROGENI
2 Clorofenolo	D	n.a.	3.90E-01
2,4 Diclorofenolo	D	n.a.	5.2E-01
2,4,6 Triclorofenolo	B2	1.9E+03	n.a.
Pentaclorofenolo	B2	2.8E+04	n.a.
Anilina	B2	1.0E+03	n.a.
o- Anisidina	B2	1.0E+03	n.a.
m,p- Anisidina	B2	1.0E+03	n.a.
Difenilamina	D	n.a.	6.9E-02
p-Toluidina	B2	1.0E+03	n.a.
Alaclor	D	n.a.	1.4E-01
Aldrin	B2	6.0E+06	n.a.
Atrazina	D	n.a.	4.1E-02
a- Esacloroesano	B2	2.3E+06	n.a.
b- Esacloroesano	B2	2.3E+06	n.a.
c- Esacloroesano (Lindano)	B2	2.3E+06	n.a.
Clordano	B2	6.1E+04	n.a.
DDT, DDD, DDE	B2	8.6E+04	n.a.
Dieldrin	B2	5.6E+06	n.a.
Endrin	D	n.a.	4.8E+00
PCB's	B2	3.9E+06	n.a.
2,3,7,8 TCDD	B2	2.6E+10	n.a.
TPH C<12	D	n.a.	5.0E-03
TPH C>12	D	n.a.	5.0E-03

L'amianto non è stato incluso in questa classificazione, in quanto il DM 471/99 non è la normativa preminente in presenza di questo contaminante. La priorità dal punto di vista sanitario, rispetto a quella ambientale, fa sì che, in presenza di amianto, sia opportuno procedere alla bonifica da tale inquinante prima di qualunque altro intervento che ricada nell'ambito del DM 471/99.

FATTORE RILEVANTE: SORGENTE

PARAMETRO: CONCENTRAZIONE RAPPRESENTATIVA DELL'INQUINANTE

Scheda punteggio

5-CON

CONCENTRAZIONE RAPPRESENTATIVA DELL'INQUINANTE (mg/kg per il suolo; mg/l per le acque)	PUNTEGGIO
valore massimo MAX (per un numero di dati < 10)	MAX
UCL 95% (per un numero di dati > = 10)	UCL 95%*

* Utilizzare il software ProUCL dell'EPA

FATTORE RILEVANTE: SORGENTE
PARAMETRO: MODALITA' DI CONTENIMENTO DELL'INQUINANTE (della massa inquinante)

Scheda punteggio

6a-MCO

		MODALITÀ DI CONTENIMENTO	Punteggio ACQUE SOTTERRANEE (ingestione)	Punteggio ACQUE SUPERFICIALI (contatto dermico)	Punteggio ARIA (inalazione)	Punteggio SUOLO (contatto dermico ed ingestione)
SUOLO	1	sversamento in terra	1.3	1.3	1.3	1.3
	2	inquinanti sotto terra	1	1	1	1
	3	copertura con cemento	1	0	0	0
TERRAPIENO (*)	4	strato impermeabile, adeguato sistema di controllo e raccolta del percolato, presenza di materiale coprente	0.2	0.2	0.2	0.2
	5	strato impermeabile senza adeguato sistema di controllo e raccolta del percolato, assenza di materiale coprente	0.5	0.6	0.8	0.8
	6	strato impermeabile senza adeguato sistema di controllo e raccolta del percolato, presenza di materiale coprente	0.5	0.3	0.2	0.2
	7	strato impermeabile, adeguato sistema di controllo e raccolta del percolato, assenza di materiale coprente	0.2	0.5	0.8	0.8
	8	strato permeabile, adeguato sistema di controllo e raccolta del percolato, presenza di materiale coprente	0.8	0.4	0.2	0.2
	9	strato permeabile senza adeguato sistema di controllo e raccolta del percolato, assenza di materiale coprente	0.9	0.9	0.9	0.9
	10	strato permeabile senza adeguato sistema di controllo e raccolta del percolato, presenza di materiale coprente	0.9	0.7	0.2	0.2
	11	strato permeabile, adeguato sistema di controllo e raccolta del percolato, assenza di materiale coprente	0.8	0.8	0.8	0.8

segue nella scheda 6b

* Terrapieno: massa di terreno inquinato, pressata e spianata alla sommità, eventualmente addossata ad altre opere di arginatura.

FATTORE RILEVANTE: SORGENTE**Scheda punteggio****PARAMETRO: MODALITA' DI CONTENIMENTO DELL'INQUINANTE (della massa inquinante)****6b-MCO**

segue dalla scheda 6a

		MODALITA' DI CONTENIMENTO	Punteggio ACQUE SOTTERRANEE (ingestione)	Punteggio ACQUE SUPERFICIALI (contatto dermico)	Punteggio ARIA (inalazione)	Punteggio SUOLO (contatto dermico ed ingestione)
CUMULO (**)	12	all'aperto, superficiale, strato sottostante impermeabile, presenza di materiale coprente	0.2	0.2	0.2	0.2
	13	all'aperto, superficiale, strato sottostante permeabile, presenza di materiale coprente	0.8	0.7	0.2	0.2
	14	all'aperto, superficiale, strato sottostante impermeabile, assenza di materiale coprente	0.2	0.5	1	1
	15	all'aperto, superficiale, strato sottostante permeabile, assenza di materiale coprente	0.8	0.8	1	1
	16	all'aperto, interrato, strato sottostante impermeabile, presenza di materiale coprente	0.3	0.3	0.1	0.1
	17	all'aperto, interrato, strato sottostante permeabile, presenza di materiale coprente	0.9	0.6	0.1	0.1
	18	all'aperto, interrato, strato sottostante impermeabile, assenza di materiale coprente	0.3	0.5	0.3	0.3
	19	all'aperto, interrato, strato sottostante permeabile, assenza di materiale coprente	0.9	0.8	0.3	0.3
	20	al chiuso con pavimenti e pareti integri	0.1	0.1	0.1	0.1
	21	al chiuso con pavimenti e pareti non integri	0.3	0.3	0.3	0.3
BIDONI, SERBATOI, CONTENITORI	22	superficiali e integri	0.2	0.2	0.2	0.2
	23	superficiali deteriorati	0.8	0.8	1	1
	24	sotterranei e integri	0.5	0.1	0.1	0.1
	25	sotterranei e deteriorati	1	0.8	0.5	0.8
CORPO IDRICO SUP.	26	presenza di argini o barriere naturali al deflusso in caso di esondazione	1	0.2***	1	0.2
	27	assenza di argini o barriere naturali al deflusso in caso di esondazione	1	0.5***	1	0.5

** cumulo: massa di terreno inquinato, ammassato senza ordine e non pressato, posto sia in superficie che interrato.

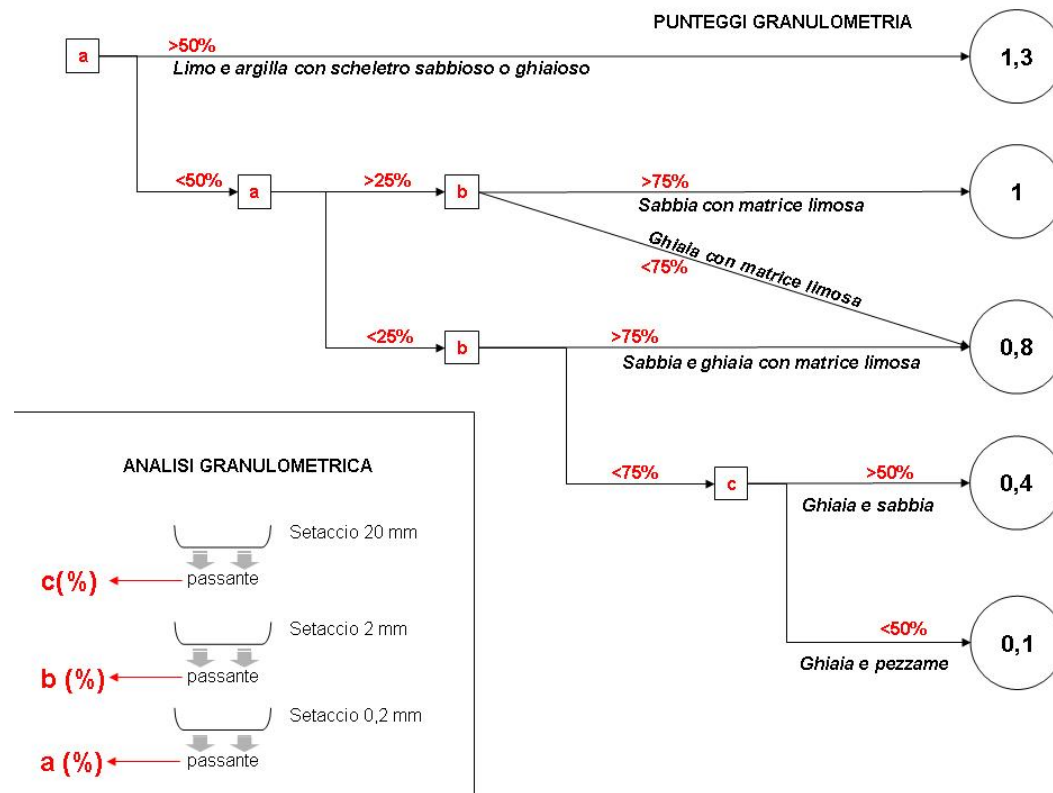
*** verso altri corpi idrici superficiali diversi da quello in esame.

FATTORE RILEVANTE: SORGENTE

PARAMETRO: GRANULOMETRIA DEI RESIDUI

Scheda punteggio

7-GRA



N.B. eseguire l'analisi granulometrica con i setacci 20mm, 2mm e 0,2mm, misurare la percentuale di passante ad ogni setaccio e seguire lo schema logico soprastante

FATTORE RILEVANTE: SORGENTE

**PARAMETRO: POSIZIONE GEOGRAFICA DEL CENTRO DI PERICOLO IN
RELAZIONE ALLA MORFOLOGIA**

Scheda punteggio

8-MOR

POSIZIONE DEI RESIDUI	PUNTEGGIO
fondo valle	1
mezza costa con impluvio	0.7
mezza costa senza impluvio	0.3
sommità	0.1

FATTORE RILEVANTE: SORGENTE

Scheda punteggio

PARAMETRO: CONDIZIONI DI ACCESSIBILITÀ AL SITO**9-ACC**

CONDIZIONI DI ACCESSIBILITÀ *	PUNTEGGIO LAVORATORI	PUNTEGGIO ALTRI RECETTORI
presenza di barriere controllate	1	0
presenza di barriere ma nessun controllo	1	0.5
nessun tipo di controllo	1	1

* NOTA BENE: il punteggio può essere diverso da 1 solo nel caso in cui la sorgente di contaminazione sia rappresentata da suolo o da acque superficiali. In tutti gli altri casi il punteggio da riportare è sempre 1.

FATTORE RILEVANTE: VIA DI TRASPORTO

TIPO: ACQUE SOTTERRANEE

PARAMETRO: SOGGIACENZA DELLA FALDA

Scheda punteggio

10-T_ASO_SOG

SOGGIACENZA DELLA FALDA	PUNTEGGIO
> 100 m	0.4
51- 100 m	0.5
21- 50 m	0.6
11- 20 m	0.7
6-10 m	0.8
2-5 m	0.9
< 2 m	1

FATTORE RILEVANTE: VIA DI TRASPORTO

TIPO: ACQUE SOTTERRANEE

PARAMETRO: TIPOLOGIA DELL'ACQUIFERO

Scheda punteggio

11-T_ASO_ACQ

TIPOLOGIA DELL'ACQUIFERO	PUNTEGGIO
assente	0
confinato	0.15
semiconfinato	0.4
libero	1

FATTORE RILEVANTE: VIA DI TRASPORTO

Schede punteggi

TIPO: ACQUE SOTTERRANEE

12-T_ASO_LIT

PARAMETRO: LITOTIPO DELL'ACQUIFERO

	LITOTIPO DELL'ACQUIFERO	PUNTEGGIO
ROCCE SEDIMENTARIE SCIOLTE	suolo residuale	0.4
	limo alluvionale	0.5
	loess	0.5
	sabbia sedimentaria	0.6
	sabbia alluvionale e fluvio-glaciale	0.7
	ghiaia colluvionale	0.8
ROCCE POROSE	fango indurito, argillite	0.5
	siltite	0.6
	tufo vulcanico	0.65
	arenaria	0.7
	calcare fine	0.8
	calcare	0.85
ROCCE DENSE	calcarenite	0.9
	rocce ignee/ metamorfiche	0.6
	lava recente	0.8
	crostone calcareo	1

FATTORE RILEVANTE: VIA DI TRASPORTO

Scheda punteggio

TIPO: ACQUE SOTTERRANEE**13-T_ASO_DIS****PARAMETRO: DISTANZA DALLA FALDA (L1/L2)**

DISTANZA DALLA FALDA (L1/L2) *	PUNTEGGIO
non noti sia L1, sia L2	1
noti sia L1 sia L2	L1/L2
L2 noto ($L2 \geq 5$), L1 di default = 5 m	5/L2
L2 noto ($L2 < 5$), L1 di default = 5 m (contatto con la falda)	1
L1 noto ($L1 < 5$), L2 di default = 5 m	L1/5
L1 noto ($L1 \geq 5$), L2 di default = 5 m (contatto con falda)	1

L1 = spessore della zona contaminata

L2 = distanza tra il top della zona contaminata ed il top della falda

* qualora nella scheda D si sia utilizzata la concentrazione misurata in falda, il punteggio da attribuire è uguale a 1

FATTORE RILEVANTE: VIA DI TRASPORTO

Scheda punteggio

TIPO: ACQUE SUPERFICIALI

14-T_ASU_LOC

PARAMETRO: LOCALIZZAZIONE DEL SITO PER SCOPI IDROLOGICI

		TEMPI DI RITORNO DELLE PIENE (anni) ^(*)				
		< 50	50-100	101-150	151-200	> 200
POSIZIONE DEL SITO	Dentro la zona di esondabilità	1	0.7	0.5	0.3	0

^(*) Se esistono studi specifici al riguardo

NOTA BENE: se un sito ed i suoi dintorni sono sicuramente non esondabili si immetta 0.

FATTORE RILEVANTE: VIA DI TRASPORTO

TIPO: ACQUE SUPERFICIALI

PARAMETRO: PORTATA

Scheda punteggio

15-T_ASU_POR

CLASSI DI PORTATA (m ³ /s)	PUNTEGGIO
> 1000	0.3
101-1000	0.5
31-100	0.6
10-30	0.8
< 10	1

FATTORE RILEVANTE: VIA DI TRASPORTO

Scheda punteggio

TIPO: ACQUE SUPERFICIALI

16-T_ASU_PIO

PARAMETRO: PIOVOSITA'

PIOVOSITA' (mm/anno)	PUNTEGGIO
< 500	0.3
500-650	0.6
651-800	0.8
> 800	1

FATTORE RILEVANTE: VIA DI TRASPORTO

Scheda punteggio

TIPO: ACQUE SUPERFICIALI**17-T_ASU_IDR****PARAMETRO: DENSITA' IDROGRAFICA**

DENSITA' IDROGRAFICA	PUNTEGGIO
0.001-0.015	0.5
0.016-0.030	0.7
> 0.030	1

$$Dir = [K * S_i l_i \text{ (acque correnti)} + S_i A_i \text{ (acque ferme)}] / 8 \cdot 10^7$$

LEGENDA:

Dir = punteggio attribuito alla densità idrografica;

K= larghezza media dei corsi d'acqua (assunta, per default, = 10 m);

S_i l_i = somma delle lunghezze dei corsi d'acqua (fiumi, torrenti, canali, escludendo il corso d'acqua ricevente del bacino) di lunghezza l_iS_i A_i = somma delle aree dei bacini occupati dalle acque ferme;8*10⁷ = area (in m²) del sottobacino di raggio 5 km

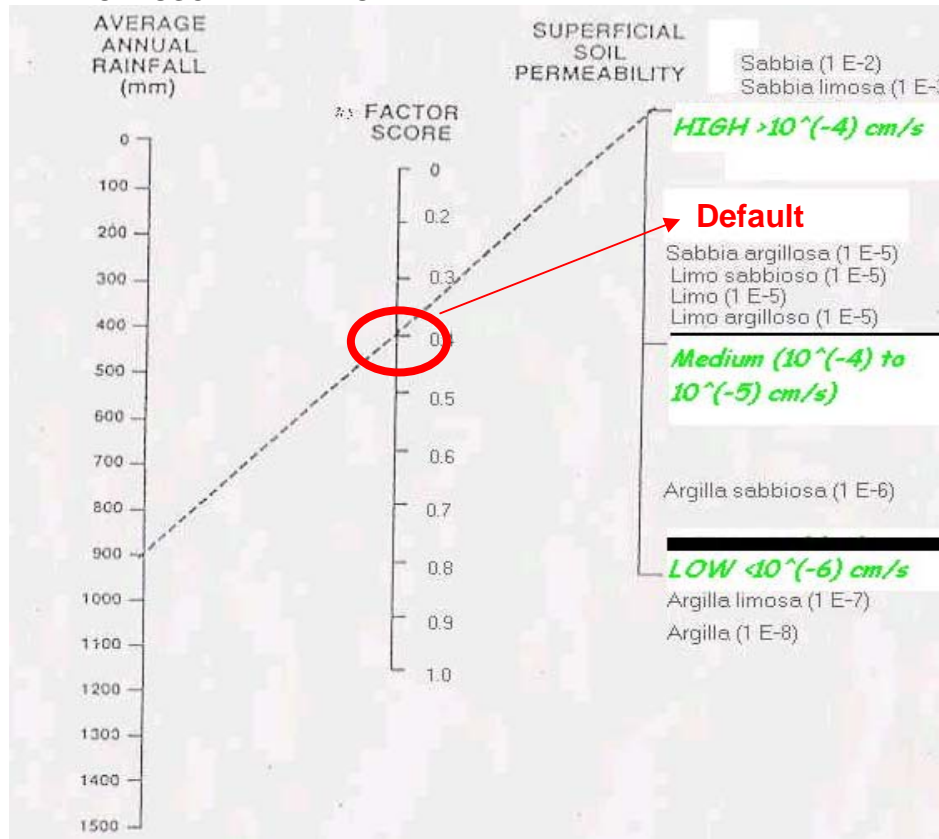
FATTORE RILEVANTE: VIA DI TRASPORTO

TIPO: ACQUE SUPERFICIALI

PARAMETRO: RUSCELLAMENTO

Scheda punteggio

18-T_ASU_RUS



Indicare come punteggio il Factor Score ricavato applicando il nomogramma, oppure quello di default (0,4).

FATTORE RILEVANTE: VIA DI TRASPORTO**TIPO: ACQUE SUPERFICIALI****PARAMETRO: FRAZIONE DI CARBONIO ORGANICO**

Scheda punteggio

19-T_ASU_FCO

FRAZIONE DI CARBONIO ORGANICO	PUNTEGGIO *
0-1 %	1
> 1-2 %	0.6
> 2-3 %	0.5
> 3 %	0.3

* Nota Bene: Applicabile con valori < 1 si usano solo nel caso in cui i contaminanti siano composti organici complessi o fitofarmaci. In tutti gli altri casi il punteggio da usare è 1.

FATTORE RILEVANTE: VIA DI TRASPORTO

Schede punteggi

PARAMETRO: PROFONDITA' DEL TOP DELLA ZONA CONTAMINATA**20-T_PRO**

PROFONDITA' DEL TOP DELLA ZONA CONTAMINATA	PUNTEGGIO
non noti sia L1, sia L3	1
noti sia L1 sia L3	L1/L3
L3 noto ($L3 \geq 5$), L1 di default = 5 m	5/L3
L3 noto ($L3 < 5$), L1 di default = 5 m (zona contaminata superficiale)	1
L1 noto ($L1 < 5$), L3 di default = 5 m	L1/5
L1 noto ($L1 \geq 5$), L3 di default = 5 m (zona contaminata superficiale)	1

L1 = spessore della zona contaminata

L3 = distanza tra il piano campagna e la base della zona contaminata

FATTORE RILEVANTE: VIA DI TRASPORTO**TIPO: ARIA****PARAMETRO: INDICE SINOTTICO**

Scheda punteggio

21-T_AIR_SIN

STAZIONE METEOROLOGICA	PUNTEGGIO INDICE SINOTTICO Q
Piacenza	0.7
Parma	0.7
Monte Cimone	0.5
Ferrara	0.5
Bologna Borgo Panigale	0.7
Marina di Ravenna	0.5
Forlì	0.7
Cervia	0.6
Rimini	0.6

L'indice meteo-climatico sinottico fornisce un'indicazione della frequenza con cui si presentano, nella zona in esame, condizioni atmosferiche sfavorevoli alla dispersione in aria di inquinanti (vedi Glossario).

$$Q = f(E) + f(F+G) + f(b) + f(vf) - [f(E) \cdot f(vf)] f(E) - [f(F+G) \cdot f(vf)] f(F+G) - [f(b) \cdot f(vf)] f(b)$$

f(x) = frequenza di accadimento annuale di x

E, F+G = classi di stabilità atmosferica

b = nebbia

vf = calma di vento (velocità del vento < 1 nodo)

f(x) (vf) = frequenza di accadimento annuale delle calme di vento in condizioni di nebbia o di classe E, o F+G

Q = fattore di dispersione, indicativo della capacità generale di dispersione dell'atmosfera per le emissioni a bassa quota. Tale parametro diminuisce all'aumentare della dispersione.

FATTORE RILEVANTE: VIA DI TRASPORTO**TIPO: SUOLO****PARAMETRO: LITOTIPO DELLA ZONA VADOSA**

Scheda punteggio

22-T_SOI_LIT

LITOTIPO DELLA ZONA VADOSA	PUNTEGGIO
sabbia	1
sabbia limosa	0.9
sabbia argillosa	0.8
limo sabbioso	0.7
limo	0.6
limo argilloso	0.4
argilla sabbiosa	0.3
argilla limosa	0.2
argilla	0.1

FATTORE RILEVANTE: RECETTORE

Scheda punteggio

TIPO: UMANO

23-R_UMA_NDE**PARAMETRO: NUMERO, DISTANZA, TIPO DI ESPOSIZIONE**

RECETTORI	TIPO E DISTANZA	PUNTEGGIO vie di esposizione				
		Acque sotterranee/ Ingestione	Acque superficiali/ Contatto dermico	Aria/ Inalazione		Suolo/ Contatto dermico e Ingestione
residenziali di numero N	on site (0-100 m)	N	5*N	indoor 87 *N	outdoor 13* N	10 ⁻³ * N
	off site 1 (101-1000) m	0.1*N	0.5*N		outdoor 1.3* N	
	off site 2 (1001-3000) m	0.01*N	0.05*N		outdoor 0.13 * N	
	off site 3 (3001-5000) m	0.001*N	0.005*N		outdoor 0.013 * N	
lavoratori (*) di numero N	on site (0-100 m)	N	5*N	indoor 30 *N	outdoor 30 * N	10 ⁻³ * N
	off site 1 (101-1000) m	0.1*N	0.5*N		outdoor 3 * N	
	off site 2 (1001-3000) m	0.01*N	0.05*N		outdoor 0.3 * N	
	off site 3 (3001-5000) m	0.001*N	0.005*N		outdoor 0.03 * N	

(*) Solo nel caso non siano già stati conteggiati come residenti

FATTORE RILEVANTE: RECETTORE

Scheda punteggio

TIPO: NATURALE-ARTISTICO**24-R_NAR_SEN****PARAMETRO: DENSITA' ZONE SENSIBILI**

PRESENZA ZONE SENSIBILI	PUNTEGGIO densità zone sensibili
on site (0-100 m)	$S_i A_i$ (zone sensibili fra 0-100 m)/ $(3.1 * 10^4)$
off site 1 (101-1000 m)	$S_i A_i$ (zone sensibili fra 101-1000 m)/ $(3.1 * 10^7)$
off site 2 (1001- 3000 m)	$S_i A_i$ (zone sensibili fra 1001-3000 m)/ $(2.5 * 10^9)$
off site 3 (3001- 5000 m)	$S_i A_i$ (zone sensibili fra 3001-5000 m)/ $(5.0 * 10^{10})$

$D_{zs} = S_i A_i$ (zone sensibili nella fascia di interesse)/ area sottesa dalla fascia di interesse

LEGENDA

D_{zs} = punteggio attribuito alla densità delle zone sensibili.

$S_i A_i$ = somma delle aree delle zone sensibili

$3.1 * 10^4$ = area (in m^2) della fascia di interesse compresa fra 0-100 m

$3.1 * 10^6$ = area in m^2 della corona circolare della fascia di interesse compresa fra 101- 1000 m

$2.5 * 10^7$ = area in m^2 della corona circolare della fascia di interesse compresa fra 1001- 3000 m

$5.0 * 10^7$ = area in m^2 della corona circolare della fascia di interesse compresa fra 3001- 5000 m

(gli esponenti sono ulteriormente corretti per tenere conto della dispersione dell'inquinante, che aumenta con la distanza)

Zone sensibili definite in base al PTPR: zone di particolare interesse paesaggistico ambientale (Art. 19 *), zone di tutela naturalistica (Art. 25 *), zone ed elementi di particolare interesse storico- archeologico (Art. 21 *).

* I numeri di tali articoli si riferiscono al PTPR dell'Emilia-Romagna. Tali numeri non sempre coincidono con quelli previsti dai PTCP, anche se le denominazioni dei tematismi rimangono invariate in entrambi i piani.

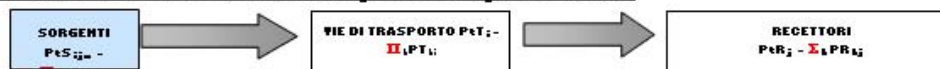
Allegato L – Schede operative

CdP _____

SCHEDE OPERATIVE

D

Scheda di calcolo del contributo della Sorgente corretto per le diverse vie



CONTAMINANTE RILEVANTE Xx

Vie di trasporto su cui impatta ->	Punteggio Acque Sotterrane	Punteggio Acque Superficiali		Punteggio Aria Indoor	Punteggio Aria Outdoor	Punteggio Suolo	
2-DIS estensione contaminazione							
3-CCF_RIP caratteristiche chimico-fisiche (*)							
4-TOX caratteristiche tossicologiche							
5-COH concentrazione (**)							
6-MCO modalità di contenimento							
7-GRA granulometria							
8-MOR posizione							
9-ACC condizioni di accessibilità		Residenti	Lavoratori			Residenti	Lavoratori
Punteggio totale <i>(prodotto valori soprastanti)</i>		Residenti	Lavoratori			Residenti	Lavoratori

Fattore di dispersione dalla scheda 2-DIS

(*) Da inserire solamente se non si hanno a disposizione i dati analitici sulle vie di trasporto coinvolte
 (**) Inserire, se è disponibile, il dato analitico sulle vie di trasporto coinvolte, altrimenti utilizzare il dato sulla sorgente primaria.
ATTENZIONE! Trattandosi di prodotti, le celle non utilizzate vanno riempite con 1, non con 0.

Scheda di calcolo dei contributi delle Vie di trasporto

CdP _____



Parametro	Trasporto con Acque Sotterranee	Parametro	Trasporto con Acque Superficiali	Parametro	Trasporto con Aria Indoor	Parametro	Trasporto con Aria Outdoor	Parametro	Trasporto con Suolo
10-T_ASO_SOG soggiacenza della falda		14-T_ASU_LOC localizzazione del sito		21-T_AIR_SII indice sinottico		21-T_AIR_SII indice sinottico		22-T_SOI_LIT litotipo della zona vadosa	
11-T_ASO_ACO tipologia dell'acquifero		15-T_ASU_POR classi di portata		20-T_PRO profondità del top della zona contaminata		20-T_PRO profondità del top della zona contaminata		20-T_PRO profondità del top della zona contaminata	
12-T_ASO_LIT litotipo dell'acquifero		16-T_ASU_PIO precipitazione media annuale							
13-T_ASO_DIS distanza della zona contaminata dal top della falda		17-T_ASU_IDR densità idrografica							
		18-T_ASU_RUS ruscellamento							
		19-T_ASU_FCO frazione di carbonio organico							
		20-T_PRO profondità del top della zona contaminata							
Punteggio totale (prodotto valori soprastanti)									

Ricordare di immettere punteggi, non misure.

CdP _____

SCHEDA OPERATIVE

F

Scheda riassuntiva del contributo dei Recettori



		RECETTORE UMANO					RECETTORE NATURALISTICO-ARTISTICO
Via di esposizione ->		Esposiz. ad Acque Sotterranee / ingestione	Esposiz. ad Acque Superficiali / contatto dermico	Esposiz. ad Aria indoor/ inalazione	Esposiz. ad Aria outdoor/ inalazione	Esposiz. al Suolo/ contatto dermico e ingestione	Punteggio
		RECETTORI					PUNTEGGI
23-R_UMA_NDE	recettore on site (0-100 m)						
	recettore off site 1 (101-1000 m)						
	recettore off site 2 (1001-3000 m)						
	recettore off site 3 (3001-5000 m)						
	Punteggio totale residenti (somma valori soprastanti)						
	lavoratore on site (0-100 m)						
	lavoratore off site 1 (100-1000 m)						
	lavoratore off site 2 (1001-3000 m)						
	lavoratore off site 3 (3001-5000 m)						
	Punteggio totale lavoratori (somma valori soprastanti)						
24-R_NAR_SEN							
zone sensibili *							
Punteggio totale recettori (somma valori per i residenti e per i lavoratori soprastanti)							

* copiare il punteggio anche nella casella sottostante

CdP _____

Scheda riassuntiva del singolo contaminante _____

SCHEDA OPERATIVE

G

Identificativo	Contaminante	Concentrazione rappresentativa nel suolo (mg/kg)	Volume del centro di pericolo	Carico inquinante	Coeff. pericolosità intrinseca (CPI)	Coeff. pericolosità specifica (CPS)

Contributo della Sorgente		Punteggio
impatto sulla via Acque Sotterranee	A1	
impatto sulla via Acque Superficiali (sommare punteggio residenti e lavoratori)	A2	
impatto sulla via Aria Indoor	A3	
impatto sulla via Aria Outdoor	A4	
impatto sulla via Suolo (sommare punteggio residenti e lavoratori)	A5	

Contributo delle Vie di trasporto		Punteggio
Acque sotterranee	B1	
Acque superficiali	B2	
Aria Indoor	B3	
Aria Outdoor	B4	
Suolo	B5	

	Punteggio ingestione acque sotterranee (C1)	Punteggio contatto dermico acque superficiali (C2)	Punteggio inalazione aria indoor (C3)	Punteggio inalazione aria outdoor (C4)	Punteggio contatto dermico e ingestione di suolo (C5)	Punteggio zone sensibili (C6)
Contributo del Recettore umano						
Recettore naturale-artistico						

Indice di rischio per recettori umani:

IVT		PUNTEGGIO
indice di rischio acque sotterranee	= A1 x B1 x C1	
indice di rischio acque superficiali	= A2 x B2 x C2	
indice di rischio aria indoor	= A3 x B3 x C3	
indice di rischio aria outdoor	= A4 x B4 x C4	
indice di rischio suolo	= A5 x B5 x C5	
IRIm (somma valori soprastanti)		

Indice di rischio per recettori naturalistici-artistici:

IVT		PUNTEGGIO
indice di rischio acque sotterranee	= A1 x B1 x C6	
indice di rischio acque superficiali	= A2 x B2 x C6	
indice di rischio aria outdoor	= A4 x B4 x C6	
indice di rischio suolo	= A5 x B5 x C6	
IRIm (somma valori soprastanti)		



Indice di rischio per recettori umani:

	PUNTEGGIO
IRIm Sb	
IRIm As	
IRIm Cd	
IRIm Hg	
IRIm Ni	
IRIm Pb	
IRIm Cu	
IRIm Sn	
IRIm Zn	
IRIm F	
IRIm Xz	
IRcomplessivo (somma valori soprastanti)	

Contaminante

Indice di rischio per recettori naturalistici-artistici:

	PUNTEGGIO
IRIm Sb	
IRIm As	
IRIm Cd	
IRIm Hg	
IRIm Ni	
IRIm Pb	
IRIm Cu	
IRIm Sn	
IRIm Zn	
IRIm F	
IRIm Xz	
IRcomplessivo (somma valori soprastanti)	

CRITICITA' RILEVATE. (Riportare l'indicazione degli eventuali parametri che, nell'analisi, hanno presentato maggior criticità nella determinazione e che sono affetti da maggior imprecisione);

Allegati al capitolo 7. Progetto operativo degli interventi di bonifica e messa in sicurezza

Allegato M

Indicazioni metodologiche sull'analisi delle interazioni SDR-ambiente

Indicazioni metodologiche sull'analisi delle interazioni SDR-ambiente

La progettazione del SDR deve perseguire la flessibilità dell'approccio mediante l'impiego di tecnologie sostenibili, considerando in ogni caso la necessità del raggiungimento di un obiettivo di miglioramento ambientale all'interno dell'area mineraria. Particolare attenzione deve essere dedicata, in fase progettuale, alla definizione di soluzioni che minimizzino gli apporti di acque superficiali, meteoriche, di infiltrazione laterale al sito di raccolta, alla simulazione del comportamento del SDR in riferimento al contenimento a breve, medio e lungo termine della contaminazione. Poiché il principale vettore della contaminazione è il percolato prodotto nelle fasi di abbancamento, gli specifici presidi dovranno essere in genere costituiti da una combinazione di presidi idraulici e presidi di tipo reattivo, ossia funzionali al condizionamento in situ delle caratteristiche del percolato prima che esso entri in contatto con le matrici ambientali.

L'analisi delle interazioni SDR-ambiente costituisce la fase progettuale più importante nella definizione di tali presidi, in particolare nelle seguenti situazioni:

- residui fini in abbancamento positivi al test di potenziale di rilascio acido o caratterizzati da elevato comportamento a cessione di metalli;
- necessità di combinare presidi idraulici e presidi reattivi, come misura compensativa, laddove l'impiego di tecnologie di impermeabilizzazione per l'ottenimento del presidio idraulico di riferimento non costituisca opzione sostenibile.

L'analisi, dovendo sostanzialmente definire il comportamento idraulico e chimico del SDR dovrà considerare, innanzitutto, i seguenti parametri:

1. tempo effettivo di realizzazione t_r ;
2. spessore e coefficiente di permeabilità previsti per la barriera idraulica (naturale o artificiale);
3. forma del sito (in avvallamento, in rilevato, in pendio) e sistemi di drenaggio;
4. afflussi meteorici e bilancio idrico del SDR;
5. capacità di ritenzione idraulica dei fini in abbancamento;
6. comportamento a cessione dei fini in abbancamento;
7. tipologia di trattamento proposta;

Si definisce tempo critico t_{cr} del sistema barriera quello corrispondente all'attraversamento del sistema da parte del percolato in condizioni di massimo battente idraulico ammissibile, nel punto più depresso del SDR, assumendo costante tale battente per tutto il tempo effettivo di realizzazione del sito. Il battente massimo sarà calcolato in base al bilancio idraulico del SDR nel periodo corrispondente al tempo effettivo di realizzazione.

Nel dimensionamento della barriera idraulica del sito di raccolta dovrà essere sempre verificata la seguente condizione: $t_{cr} \geq c_s * t_r$ (1) con $c_s \geq 1$.

Al coefficiente di sicurezza c_s dovrà essere attribuito un valore sulla base delle caratteristiche di forma del sito e della presenza di sistemi ridondanti di estrazione del percolato, oltre che in base alle caratteristiche di pericolosità dello stesso. L'impiego di sistemi di trattamento, a parità di altre condizioni sito specifiche, consentirà l'attribuzione di valori più bassi del coefficiente suddetto.