

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

**CORSO DI LAUREA
IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO**

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA, AMBIENTALE E DEI MATERIALI - DICAM

TESI DI LAUREA MAGISTRALE

in
Ingegneria Mineraria M

**PROGETTAZIONE DI UN GEODATABASE DELLE MINIERE
ITALIANE ATTIVE DAL 1860 AL 2012, PER APPLICAZIONI
AMBIENTALI, PRODUTTIVE E STATISTICHE**

CANDIDATO
Mauro Italiano

RELATORE
Chiar.mo Prof. Paolo Berry

CORRELATORI
Ing. Annalisa Bandini
Ing. Carlo Cormio

Anno Accademico 2011/2012

Sessione III

INDICE

INTRODUZIONE.....	1
CAPITOLO 1 STORIA DEL DATABASE MINERARIO E QUADRO NORMATIVO	3
1.1. MINIERA, RISORSA/RISERVA E GIACIMENTO MINERARIO	3
1.2. L'ATTIVITÀ MINERARIA IN ITALIA	7
1.3. PRIMO CENSIMENTO DEL PARTRIMONIO MINERARIO NAZIONALE	8
1.3.1. Obiettivi.....	9
1.3.2. Fonti.....	10
1.3.3. Risultati.....	11
1.4. SITI MINERARI ABBANDONATI E CLASSIFICAZIONE IN FUNZIONE DEL RISCHIO STATICO-STRUTTURALE	15
1.4.1. Fonti.....	17
1.4.2. Risultati: quadro dell'attività mineraria su scala nazionale.....	18
1.4.3. Risultati: siti minerari abbandonati.....	22
1.4.4. Rischio statico-strutturale associato alle miniere abbandonate	23
Scelta dei parametri per la gerarchizzazione dei siti.....	24
Indice di rischio statico-strutturale	27
1.5. L'INTERESSE DELL'UE PER LE STRUTTURE DI DEPOSITO MINERARIE: DIRETTIVA 2006/21/CE	30
1.5.1. Recepimento della Direttiva in Italia.....	31
1.5.2. Recepimento della Direttiva negli altri stati europei	31
CAPITOLO 2 BASI DI DATI E DATABASE MANAGEMENT SYSTEM.....	37
2.1. INTRODUZIONE ALLE BASI DI DATI.....	37
2.1.1. Il modello relazionale	38
2.2. IL MODELLO-DATI E LA STRUTTURA DEI DATABASE RELAZIONALI	40
2.2.1. Chiavi candidate, chiavi primarie e chiavi alternative.....	43
2.2.2. Chiavi esterne e integrità referenziale	44
2.2.3. Ridondanze e anomalie.....	45
2.3. NORMALIZZAZIONE	46
2.3.1. Le forme normali principali.....	46
2.4. INTERROGAZIONI E DATI.....	49
2.4.1. Nozioni di SQL.....	49
2.4.2. Tipi di dati	51
2.5. DBMS E R-DBMS.....	52
2.5.1. Microsoft Access®	53
2.5.2. Spatialite (e SQLite).....	53

2.5.3. Vantaggi e svantaggi (ragioni tecniche della migrazione).....	54
CAPITOLO 3 IL DATABASE DELL'ATTIVITÀ MINERARIA DI ISPRA.....	57
3.1. STRUTTURA DEL DATABASE.....	57
3.2. DESCRIZIONE DELLE TABELLE E DELLE TIPOLOGIE DI RELAZIONE	59
3.2.1. Tabella Siti.....	59
3.2.2. Arte mineraria.....	66
Tabella Sistemi di coltivazione.....	66
Tabella Sistemi di trattamento	67
Tabella Piani minerari.....	68
Tabella Sopralluoghi.....	69
Tabella Scarti	70
Inquadramento territoriale	72
Tabella Comuni.....	73
Tabella Province	74
Tabella Regioni.....	75
3.2.3. Inquadramento amministrativo.....	76
Tabella Concessionari.....	77
Tabella Decreti.....	78
3.2.4. Inquadramento geologico	79
Tabella Giacimenti.....	79
Tabella Litologie.....	82
Tabella Minerali.....	83
Tabella Gruppi_minerali.....	83
3.3. PROBLEMATICHE RISCONTRATE	84
3.3.1. Presenza di ridondanze ed anomalie	84
3.3.2. Violazioni delle forme normali.....	86
3.3.3. Criticità informatiche di altra natura.....	87
3.3.4. Standardizzazione dei contenuti	88
CAPITOLO 4 PROGETTAZIONE DEL NUOVO GEODATABASE DELL'ATTIVITÀ MINERARIA ITALIANA.....	91
4.1. STRUTTURA DEL DATABASE.....	91
4.2. DESCRIZIONE DEI CONTENUTI DEL DATABASE	95
4.2.1. Tabella miniere	95
4.2.2. Tabella discariche	99
4.2.3. Informazioni relative all'arte mineraria.....	101
Caratterizzazione delle miniere.....	103
Aspetti progettuali dell'intervento minerario.....	106

Altre informazioni	112
4.2.4. Informazioni relative alle discariche minerarie	115
Valutazione del rischio da contaminazione	116
Altre informazioni	118
4.2.5. Informazioni relative all'inquadramento territoriale	121
Suddivisione territoriale	125
4.2.6. Informazioni relative all'inquadramento geologico	128
Caratterizzazione del corpo mineralizzato.....	129
Definizione delle litologie incassanti.....	133
Identificazione dei minerali estratti	134
4.2.7. Informazioni relative all'inquadramento amministrativo.....	139
Albo dei soggetti concessionari	140
Elenco dei provvedimenti legislativi in materia mineraria.....	141
CONCLUSIONI.....	145
BIBLIOGRAFIA	147
Articoli scientifici e libri.....	147
Siti Internet consultati.....	149
Normativa nazionale e direttive europee	149
Normative in altri Stati membri	150
INDICE DELLE FIGURE E DELLE TABELLE	151
Elenco delle figure	151
Elenco delle tabelle.....	155

INTRODUZIONE

Fin dall'antichità il sottosuolo italiano è stato considerato uno dei più ricchi d'Europa, non tanto in termini quantitativi ma certamente per la grande varietà di minerali utili all'uomo presenti in esso.

Nel corso dei secoli lo sfruttamento delle risorse minerali ha conosciuto fasi alterne di espansione più o meno intensa (che hanno portato l'industria estrattiva italiana a rivestire una posizione di primo piano a livello europeo) e di recessione se non addirittura di dissuasione dell'attività mineraria. In ogni caso, queste alterne vicende hanno lasciato (e continuano a lasciare) le loro tracce sul nostro territorio, in quanto l'estrazione e la valorizzazione delle materie prime minerali implica sempre delle imprescindibili interazioni con l'ambiente naturale, il territorio, il contesto socio-economico.

Tali interazioni possiedono caratteristiche del tutto peculiari, talvolta uniche, che rendono, di fatto, impossibile qualsiasi definizione – in termini generali ed univoci – del rapporto esistente tra la miniera ed il sistema ambiente/territorio.

È evidente come qualsiasi attività umana debba essere subordinata alla profonda conoscenza degli impatti positivi o negativi che essa stessa determina; in tale contesto emerge con chiarezza l'importanza di tenere traccia della storia produttiva del nostro Paese – nel nostro caso, limitatamente al contesto dell'arte mineraria – al fine di dotarsi di un valido strumento di analisi socio-economica, di salvaguardia e valorizzazione ambientale e di pianificazione del territorio.

Sulla traccia di queste considerazioni hanno visto la luce alcuni progetti finalizzati – con differenti obiettivi – al censimento ed alla caratterizzazione del patrimonio minerario nazionale di centri produttivi dismessi e attivi.

Il primo censimento è stato realizzato alla fine degli anni Ottanta dall'Istituto di Scienze Minerarie dell'Università di Bologna, nell'ambito di un programma di ricerca, finanziato dalla Direzione delle attività diversificate dell'Agip Petroli S.p.A. (gruppo ENI). Il progetto era rivolto alla localizzazione dei centri estrattivi che avevano operato a partire dall'unità d'Italia con lo scopo di individuare possibili utilizzazioni di impianti, centri abitativi, villaggi minatori, strutture e cavità sotterranee per nuove finalità.

Successivamente, il tema di ricerca è tornato d'attualità nel XXI secolo e nel 2002 l'ISPRA (ex APAT) ha finanziato il DICMA con l'obiettivo di caratterizzare le miniere

abbandonate al fine di valutarne i livelli di rischio potenziale per la salute degli esseri viventi e per l'ambiente. I dati raccolti nell'ambito di tale ricerca sono stati archiviati in una base di dati (DB 2002) che ha permesso di mantenere memoria di un elevato numero di informazioni.

Nel 2006, a seguito di una serie di tragici incidenti che hanno interessato le discariche minerarie, l'Unione Europea ha emanato la Direttiva 2006/21/CE avente titolo "gestione dei rifiuti delle industrie estrattive" con la quale *"istituisce le misure, le procedure e gli orientamenti necessari per prevenire o ridurre il più possibile eventuali effetti negativi per l'ambiente, in particolare per l'acqua, l'aria, il suolo, la fauna, la flora e il paesaggio, nonché eventuali rischi per la salute umana, conseguenti alla gestione dei rifiuti prodotti dalle industrie estrattive"* (Art. 1).

Sotto questo impulso ed attraverso un'attenta analisi dello stato dell'arte internazionale relativo a censimenti e catalogazione mirate del patrimonio minerario storico ed attuale, è stato realizzato il presente lavoro di Tesi, finalizzato alla progettazione di un geodatabase dell'attività mineraria italiana ultracentenaria. Per tale lavoro di ricerca si è fatto ricorso ai più recenti sistemi di gestione delle banche dati relazionali con funzionalità di interrogazione spaziale ed integrazione con sistemi informativi territoriali. Il lavoro è stato sviluppato attraverso il reperimento, la validazione, l'organizzazione e l'inserimento di centinaia di migliaia di dati in una struttura logica, che permette di effettuare in modo efficiente e flessibile ricerche ed indagini mirate su specifici temi. Tale banca dati relazionale rappresenta un potente strumento utilizzabile anche in ambiti quali la pianificazione territoriale, la protezione ambientale e la valorizzazione del patrimonio minerario.

Nel Capitolo 1 si presenta un inquadramento del contesto normativo e scientifico all'interno del quale il lavoro di Tesi è stato concepito e realizzato. A seguire (Capitolo 2) si forniscono le nozioni tecniche necessarie alla comprensione degli strumenti informatici utilizzati nel presente lavoro di ricerca, e la logica che ha portato alla definizione dell'architettura di archiviazione dei dati. Il Capitolo 3 prende in esame la base dati (DB 2002) realizzata nella collaborazione DICMA-ISPRA, fonte delle informazioni utilizzate per il popolamento del nuovo geodatabase, la cui architettura è descritta nel Capitolo 4.

CAPITOLO 1 STORIA DEL DATABASE MINERARIO E QUADRO NORMATIVO

L'attività estrattiva ha avuto storicamente un ruolo preminente nell'economia del nostro Paese. Tuttavia, negli ultimi decenni del secolo scorso, si è assistito ad un lento ed inesorabile declino del settore minerario che ha portato all'abbandono di numerosi siti e oggi le miniere ancora attive sono in numero limitato.

Il lavoro illustrato in questo elaborato di tesi ha riguardato le miniere italiane che hanno operato nell'arco temporale 1860-2006.

In questo capitolo, dopo un quadro introduttivo con le definizioni di alcuni termini tecnici chiave (miniera, risorsa, riserva e giacimento minerario), si contestualizza il lavoro di tesi nel quadro normativo nazionale ed europeo.

Il capitolo prende in esame le diverse fasi che hanno portato alla realizzazione dell'inventario del patrimonio minerario italiano, che ancora oggi rappresenta un unicum sul territorio nazionale.

1.1. MINIERA, RISORSA/RISERVA E GIACIMENTO MINERARIO

La **miniera**, riferendosi al linguaggio comune, può essere definita come il luogo da cui si estraggono minerali mediante un'attività continuativa ed organizzata in vista dello sfruttamento economico dei minerali.

La distinzione tra cave e miniere è puramente giuridica ed è legata alla tipologia di minerale estratto. Il Regio Decreto 1443/27, che rappresenta ancora oggi la legge di riferimento per il settore estrattivo, distingue i minerali in due categorie. In particolare, all'art. 2 sancisce: *“Le lavorazioni indicate nell’art. 1 [ovvero la ricerca e la coltivazione di sostanze minerali e delle energie del sottosuolo, industrialmente utilizzabili] si distinguono in due categorie: miniere e cave. Appartengono alla prima categoria la ricerca e la coltivazione delle sostanze ed energie seguenti:*

- *minerali utilizzabili per l'estrazione di metalli, metalloidi e loro composti, anche se detti minerali siano impiegati direttamente;*
- *grafite, combustibili solidi, liquidi e gassosi, rocce asfaltiche e bituminose;*

- *fosfati, sali alcalini e magnesiaci, allumite, miche, feldspati, caolino e bentonite, terre da sbianca, argille per porcellana e terraglia forte, terre con grado di refrattarietà superiore a 1630 gradi centigradi;*
- *pietre preziose, granati, corindone, bauxite, leucite, magnesite, fluorina, minerali di bario e di stronzio, talco, asbesto, marna da cemento, pietre litografiche;*
- *sostanze radioattive, acque minerali e termali, vapori e gas.*
- *Appartiene alla seconda categoria la coltivazione:*
- *delle torbe;*
- *dei materiali per costruzioni edilizie, stradali ed idrauliche;*
- *delle terre coloranti, delle farine fossili, del quarzo e delle sabbie silicee, delle pietre molari, delle pietre coti;*
- *degli altri materiali industrialmente utilizzabili ai termini dell'art. 1 e non compresi nella prima categoria.”*

L'art. 826 del Codice Civile menziona le miniere tra i beni del patrimonio indisponibile dello Stato. In quanto beni demaniali, le miniere possono essere coltivate soltanto da chi ne abbia avuto la concessione (art. 14 del R.D. 1443/27), che, come prerequisite, deve avere, *“a giudizio insindacabile del Ministro dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, l'idoneità tecnica ed economica a condurre l'impresa”* (art. 15 R.D. 1443/27).

Diversamente dalle miniere, le cave e torbiere (siano esse a cielo aperto o in sotterraneo) sono invece assoggettate ad un regime autorizzatorio e non concessorio: il proprietario o chi abbia la disponibilità del fondo deve richiedere alla Regione l'autorizzazione alla coltivazione.

La miniera è un bene naturale, che è una *“res nullius”* e non esiste giuridicamente, fintanto che non se ne è accertata l'esistenza. Secondo l'art. 14 del R.D. 1443/27, infatti, *“possono formare oggetto di coltivazione i giacimenti dei quali l'amministrazione abbia riconosciuto l'esistenza e la coltivabilità”*.

Da un punto di vista teorico, la miniera si distingue da tutte le altre attività industriali in quanto legata al concetto di risorsa mineraria, cioè di un potenziale bene reso ciclicamente disponibile o indisponibile dall'esistenza o meno di svariate condizioni, variabili nel tempo. La **risorsa** è costituita da un accumulo di materie prime minerali con tenore anomalo rispetto al valore medio della crosta terrestre, la cui

esistenza è indipendente da fattori esterni. Sono da considerarsi risorse, quindi, tutti i depositi di minerali noti o di cui si ipotizza la presenza (corpo geologico).

La risorsa evolve in **riserva**, quando l'adunamento geologico diviene sfruttabile dal punto di vista economico e tecnico (giacimento). Non è dunque costituita dal corpo geologico che si vuole estrarre dalla crosta terrestre (risorsa), ma da quello che si "può estrarre". In altri termini, il corpo geologico diviene un bene a carattere industriale a seguito della presenza simultanea di più elementi favorevoli, in un intervallo di spazio e di tempo di dimensioni molto variabili e non determinabili a priori.

Più in dettaglio, affinché un adunamento mineralogico di idonee caratteristiche (tenore, forma e dimensioni, tipo di minerale e grado di implicazione tra minerale utile e roccia sterile, ecc.) possa essere definito giacimento minerario è necessario che coesistono condizioni favorevoli in relazione ai seguenti aspetti (Figura 1):

- mercato (interesse per quella particolare materia prima, importanza strategica del minerale, prezzi di mercato e di trasporto, efficacia provata dei prodotti di sostituzione, ecc.);
- economia e finanza (periodi di espansione/contrazione economica, tassi di interesse, benefici fiscali, disponibilità di fondi per gli investimenti, ecc.);
- politica (contesto, stabilità, politica energetica, barriere doganali, vincoli di tutela ambientale, ecc.);
- posizione geografica;
- know-how scientifico e tecnologico;
- presenza di infrastrutture;
- presenza di cultura industriale ed, in particolare, mineraria.

Il risultato del mix di tutte le diverse voci che, in vario modo, concorrono a determinare o meno l'esistenza della miniera influisce anche sulla tipologia, sulle dimensioni, sulla durata della coltivazione e sul tipo e la durata dell'impatto.

Appare chiaro, dunque, che il concetto di giacimento sia dinamico e nel tempo un deposito prima non economicamente sfruttabile può evolvere in giacimento. Pertanto, l'esaurimento della riserva non significa esaurimento del corpo mineralizzato ed è da collegare ad episodi del tutto contingenti, in quanto le condizioni (finanziarie, politiche e di mercato) che hanno determinato la sospensione dell'attività possono cambiare conferendo, nuovamente, al corpo geologico la qualifica di giacimento minerario.

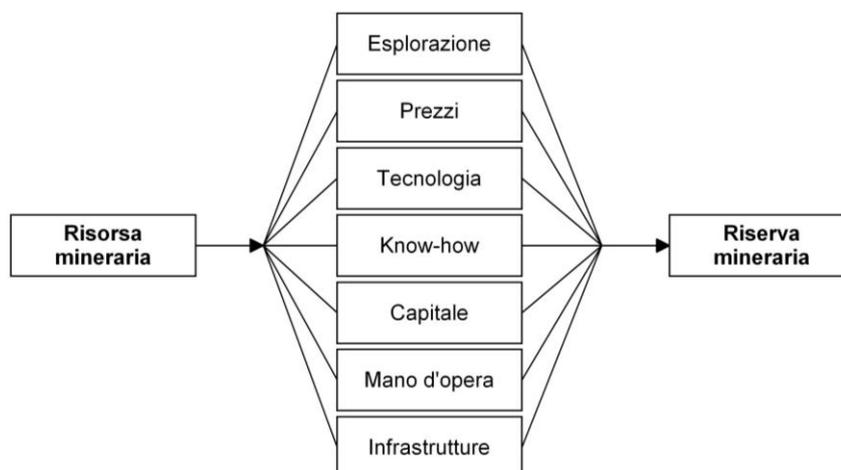


Figura 1 - Conversione di risorsa in riserva (giacimento) e viceversa

Alcuni autori (Zuffardi, 1982) prediligono la distinzione tra giacimento di minerale (ovvero l'adunamento di uno o più minerali in una porzione di crosta terrestre, con concentrazioni superiori alla norma) e giacimento minerario (ovvero la concentrazione naturale, industrialmente sfruttabile, di sostanze minerali utili), dove l'attributo "minerario" è evidentemente derivato dalla parola "miniera" e non già dal sostantivo "minerale". Il concetto rimane comunque lo stesso; taluni adunamenti di minerali, pur non essendo oggi economicamente sfruttabili, possono diventarlo in un prossimo futuro per effetto della mutazione di quei fattori capaci di influire sulla economicità della loro coltivazione.

Analogamente, si ha che l'esaurimento della riserva talora si configura come un episodio del tutto contingente in quanto le condizioni che hanno determinato la sospensione della coltivazione cambiano periodicamente. Inoltre, in considerazione del fatto che le tecnologie e le procedure di arricchimento sono in continua evoluzione, può accadere che un giacimento ritenuto esaurito dal punto di vista mineralogico torni a rivelarsi nuovamente interessante dopo un certo periodo di tempo; si pensi, ad esempio, che con l'evoluzione delle tecniche di arricchimento sono talvolta divenute "coltivabili" le discariche di passate attività minerarie, in quanto contenenti minerali utili in tenori ancora economicamente convenienti.

1.2. L'ATTIVITÀ MINERARIA IN ITALIA

Fin dall'antichità il sottosuolo italiano è stato considerato uno dei più ricchi in Europa, non tanto in termini quantitativi ma per la grande varietà di minerali utili all'uomo presenti in esso (Tozzi Fontana, 1991). Attraversando le diverse epoche storiche, fino a raggiungere quella industriale, l'importanza dell'estrazione mineraria non ha mai registrato fasi di declino degne di attenzione o di analisi.

Com'è da attendersi, la fase di maggiore progresso, in termini di quantità e qualità dei prodotti estratti, ha inizio con la recente epoca industriale. Si viene a stabilire un intenso ed interconnesso rapporto sinergico tra fornitore di materia prima ed utilizzatore del bene minerario che accelera l'evoluzione di un'attività nata con l'umanità.

I giacimenti italiani sono stati oggetto di particolare attenzione, per un lungo periodo di tempo, da parte dell'industria internazionale (francese, inglese, belga, tedesca, ecc.).

Essa ha raggiunto organicità amministrativa ed ampia diffusione con l'unità d'Italia e la crescita successiva è stata fortemente cadenzata dall'industrializzazione del Paese e dagli eventi bellici.

A partire dalla fine degli anni cinquanta del Novecento, si è registrato un progressivo decremento della produzione mineraria, causato dal depauperamento dei giacimenti più superficiali, associato all'incremento dei costi della manodopera, alle condivisibili tutele sindacali, orientate sostanzialmente verso il mantenimento dei livelli occupazionali e salariali. Ultima ma non meno importante concausa della crisi è stata la politica imprenditoriale italiana, fondamentale caratterizzata da una tendenza a "socializzare" le "perdite" economiche ed i rischi d'impresa ed a privatizzare i profitti, destinando i risultati economici positivi verso voci lontane dal contesto minerario.

Conseguentemente è stata penalizzata la ricerca sui giacimenti oggetto di sfruttamento (nel settore minerario la ricerca deve essere condotta con continuità poiché la risorsa rientra tra quelle "non rinnovabili") e l'evoluzione tecnologica.

Con riferimento alla crisi ed alle sue cause, verso la metà del secolo scorso, di fronte alla crescente dismissione di concessioni per lo sfruttamento di giacimenti minerari, da parte di soggetti esteri ed italiani, lo Stato si è visto costretto a surrogare l'imprenditoria mineraria privata, con lo scopo prevalente di salvaguardare i livelli occupazionali.

Con il depauperamento delle risorse sub superficiali, gli scavi minerari si sono addentrati in profondità fino a superare quote di 700 – 800 m sotto il piano campagna; conseguentemente, grazie all'applicazione di tecnologie avanzate, all'intensificazione della meccanizzazione e della potenza installata, si sono potuti coltivare giacimenti sempre più complessi e profondi.

Verso gli anni Ottanta del secolo scorso, a causa di un insieme di mutamenti in ambito economico e sociale, la maggior parte delle miniere che avevano operato nell'ultima decade dell'Ottocento e nel Novecento ha, in un breve lasso di tempo, sospeso l'attività (stand-by) e, dopo qualche anno, ha provveduto alla "chiusura mineraria" dei pozzi e degli accessi, tanto che, nel secolo corrente, sono rimaste produttive solo poco meno di duecento miniere, prevalentemente di minerali industriali e/o ceramici e per lo più coltivate a cielo aperto.

1.3. PRIMO CENSIMENTO DEL PATRIMONIO MINERARIO NAZIONALE

Il primo censimento del patrimonio minerario nazionale è stato operato alla fine degli anni Ottanta dall'Istituto di Scienze Minerarie dell'ex Dipartimento di Ingegneria Chimica, Mineraria e delle Tecnologie Ambientali (DICMA) dell'Università di Bologna, per conto dell'Agip Petroli S.p.A. (Direzione attività diversificate). Il lavoro è stato sviluppato nell'ambito del programma di ricerca "Recupero ambientale di aree minerarie: indagine preliminare relativa alla situazione italiana", promosso dalla stessa compagnia petrolifera italiana e volto alla localizzazione dei vuoti minerari sotterranei derivanti dall'attività estrattiva, nell'ottica dell'individuazione di possibili riutilizzi per nuove finalità.

Grazie alla convergenza tra gli interessi scientifici e culturali dell'Università e quelli aziendali dell'Agip Petroli S.p.A., si è potuto dare inizio ad un articolato programma di ricerca pluriennale rivolta al censimento, alla caratterizzazione e alla catalogazione delle aree che nel secolo compreso tra il 1889 e il 1989 erano state sede di attività di estrazione e di valorizzazione di minerali solidi di prima categoria.

Il lavoro, coordinato e diretto dal Prof. Paolo Berry, ha portato alla realizzazione di un inventario del patrimonio minerario nazionale, che, attraverso l'analisi di più di 7000 titoli bibliografici, ha permesso la raccolta dei dati relativi ad oltre 1200 siti

minerari che hanno operato sul territorio nazionale negli anni dal 1889 al 1989 (Ballestrazzi, Berry, Fabbri, 1991).

1.3.1. Obiettivi

Durante la fase di definizione degli obiettivi del censimento si è escluso che questo dovesse rappresentare esclusivamente un supporto alle tematiche archeologiche, etnografiche o della storia dell'industria mineraria. Si è preferito non tralasciare le possibilità di sfruttamento più diverse dei siti che ci si accingeva a catalogare, dalle attività di carattere museale a quelle di ricerca scientifica in ambito geologico, sismico o geostrutturale.

I vuoti minerari, infatti, possono essere utilizzati al termine della coltivazione per svariate attività, talvolta anche molto distanti dall'attività puramente estrattiva. Nel Nord Europa sono presenti diversi esempi di recupero museale di vecchie miniere (es. miniera di sale di Wieliczka, in Polonia, tra i Patrimoni dell'Umanità dell'UNESCO). I vuoti sotterranei e le complesse opere ingegneristiche di scavo hanno comunque offerto anche ad altri settori e discipline delle potenziali opportunità. Non si può non citare la richiesta, sempre crescente, di aree disponibili in sottterraneo per lo stoccaggio controllato di scorie radioattive e rifiuti tossici, o per la sicura e riparata collocazione di servizi civili (quali centrali elettriche o di telecomunicazione). Allo stesso modo, negli scavi sotterranei è possibile installare laboratori permanenti per il monitoraggio di faglie attive, per il controllo sismico territoriale, per lo studio di falde profonde e per la sperimentazione di nuove tecnologie di scavo. Ad esempio, nella miniera di ferro di Kiruna, in Lapponia il gruppo Luossavaara-Kiirunavaara AB (LKAB), titolare della concessione per lo sfruttamento del giacimento di ferro, ha allestito un laboratorio di prove all'interno della miniera per l'esecuzione di prove in situ di meccanica delle rocce.

Tutti questi progetti richiedono una programmazione ed un coordinamento a livello nazionale o, quanto meno, regionale, basati su una profonda conoscenza delle peculiarità delle aree di intervento.

Questo atteggiamento di indagine ad ampio spettro si è dunque riflesso sulla scelta della struttura di rilevamento e catalogazione dei dati che è stata intrapresa, che voleva essere uno strumento di valutazione preliminare dell'idoneità dei siti minerari alla realizzazione di future attività alternative.

La selezione degli elementi da catalogare è stata realizzata ricercando il numero minimo di parametri, indispensabile ad inquadrare in modo esauriente ciascun sito. Quanto alle caratteristiche dei parametri da selezionare, il criterio è stato quello di privilegiare le informazioni funzionali alla realizzazione di progetti particolarmente significativi dal punto di vista economico, sociale e culturale ovvero, come detto, interventi che superassero meri ripristini geomorfologici, idrogeologici, “ottici”, o a carattere semplicemente conservativo.

1.3.2. Fonti

Il reperimento della documentazione a margine di tale estesa ricerca si è rivelato particolarmente difficoltoso. Con lo scioglimento di numerose Società concessionarie e a seguito della chiusura mineraria di molti siti estrattivi, spesso è andata perduta (o peggio distrutta) buona parte della documentazione tecnica ed amministrativa necessaria per acquisire le informazioni tecniche, storiche e di inquadramento del contesto territoriale ed ambientale. Successivamente, la situazione è andata peggiorando con il passaggio delle competenze in materia mineraria dai Distretti nazionali (facenti capo al Corpo delle Miniere del Ministero dell’Industria e delle Attività Produttive) alle singole Regioni, sancito con l’entrata in vigore della L. 59/1997 (*“Delega al Governo per il conferimento di funzioni e compiti alle Regioni ed enti locali”*), che ha avuto forti ripercussioni sulla reperibilità dei dati relativi all’attività estrattiva.

Parte delle informazioni – circoscritte alle caratteristiche dei giacimenti, alla descrizione dei metodi di coltivazione adottati ed alla tipologia degli impianti – è stata dedotta da opere editoriali storiche e testi universitari di Arte mineraria. Le Relazioni Annuali del Servizio Minerario e Statistica delle industrie estrattive in Italia, a cura del Ministero dell’Industria, si sono rivelate la fonte più continua di notizie; tuttavia tali documenti, redatti per finalità diverse dagli obiettivi del censimento, sono risultati incompleti sia per quanto riguarda l’indicazione delle attività minerarie in atto, sia per le informazioni relative alle vicende gestionali, soprattutto perché a partire dagli anni Cinquanta si è avuto un graduale impoverimento delle informazioni riportate dagli ingegneri di miniera per i siti attivi. Fonti di particolare rilievo sono state la Carta mineraria d’Italia (con le relative memorie illustrative) (Servizio Geologico d’Italia, 1975) e l’Elenco completo delle concessioni minerarie vigenti (Ministero dell’Industria, del Commercio e dell’Artigianato, 1989). Per controlli ed integrazioni sono state consultate molte altre raccolte organiche, come i Bollettini regionali dell’Associazione

Mineraria, le relazioni ed i rapporti inediti redatti da tecnici o consulenti delle società concessionarie, la documentazione inedita curata dai Distretti minerari, oltre a diverse Tesi di Laurea e pubblicazioni tecniche o scientifiche comparse sulle riviste specialistiche.

Complessivamente, sono stati studiati e classificati oltre 7000 titoli bibliografici. Ultimata l'acquisizione dei dati, si è proceduto ad una loro revisione critica con metodo a campione, che ha coinvolto anche funzionari tecnici dei Distretti Minerari ed altri specialisti (come i dirigenti dell'Ente minerario sardo).

1.3.3. Risultati

Alla stesura del primo censimento, la raccolta dei dati ha permesso la caratterizzazione di circa 1200 centri estrattivi distribuiti sul territorio nazionale e la loro catalogazione in apposite schede. Tali schede sintetizzavano le informazioni relative a ciascun centro estrattivo nelle seguenti undici sezioni (Figura 2):

1. concessione, con la denominazione che identifica amministrativamente la concessione;
2. minerali concessi, che riporta i minerali (o gli elementi) per i quali è stata rilasciata la concessione;
3. data di origine della miniera e periodo di produzione, che contiene dati essenziali per la ricostruzione di un quadro storico;
4. riferimenti geografici, che riporta informazioni circa la localizzazione del centro estrattivo (anche in termini di suddivisione amministrativa del territorio);
5. ambiente naturale, contenente informazioni utili a definire il contesto ambientale prevalente ed il pregio dei luoghi limitrofi;
6. ambiente antropico, che riporta informazioni di base riguardanti l'uso del suolo in superficie;
7. rocce incassanti, con l'inquadramento del contesto geologico-tecnico coinvolto dalle operazioni minerarie;
8. giacimento, che riporta una caratterizzazione tecnica del corpo mineralizzato;
9. miniera, contenente informazioni riguardanti i metodi di coltivazione ed i sistemi di trattamento;
10. strutture, impianti e ambiente, che riporta informazioni sull'accessibilità dei cantieri e sullo stato degli impianti;

11. supporti tecnici, con indicazioni sulla reperibilità delle fonti e della cartografia (in prospettiva di un approfondimento della consultazione).

Miniera di:	INGURTOSU - GENNAMARI
Rilevatore:	Elena Bellotti Data: 1991
Sez. 1	
Concessione:	INGURTOSU, (vedi anche: GENNAMARI, CRABULASSU, TINTILLONIS)
Sez. 2	
Minerali concessi:	Minerali di Pb, Zn ed associati
Sez. 3	
Data di origine della miniera e periodo di produzione:	1855 Produzione fino al 1969.
Sez. 4	
Riferimenti geografici:	Foglio 225 Guspini IGM; Tavoletta IV SO 225 - Montevecchio IGM; Coordinate: lat. 39° 31'; long. 3° 57' W.M. Mario; Quota: P.zo Lambert +114, P.zo Casargiu +259 m s.l.m. Ambiente urbano più vicino: INGURTOSU Comune: ARBUS Provincia: (CA) Distretto Minerario: IGLESIAS n° rif. 174
Sez. 5	
Ambiente naturale:	<input checked="" type="checkbox"/> Mare; <input type="checkbox"/> Pianura; <input checked="" type="checkbox"/> Montagna; Valore paesaggistico: <input checked="" type="checkbox"/> alto; <input type="checkbox"/> medio; <input type="checkbox"/> basso.
Sez. 6	
Ambiente antropico:	<input type="checkbox"/> Urbano; <input checked="" type="checkbox"/> Agricolo pastorale; <input type="checkbox"/> Industriale; <input checked="" type="checkbox"/> Abbandonato; <input type="checkbox"/> Zona turistica: Elevato potenziale <input checked="" type="checkbox"/> Miniera isolata: Attualmente in stato di abbandono

Sez. 7	
Rocce incassanti:	Genesi (a): E1 - Ee / S - M Litotipi (b): A, a, γ, π, π ₁ Idrogeologia (falde): Bacino idrogeologico Arburese Permeabilità: <input checked="" type="checkbox"/> Alta; <input type="checkbox"/> Media; <input checked="" type="checkbox"/> Bassa. Resistenza: <input checked="" type="checkbox"/> Alta; <input checked="" type="checkbox"/> Media; <input checked="" type="checkbox"/> Bassa.
Sez. 8	
Giacimento:	Genesi (c): E1 Morfologia (d): fi Idrogeologia (falde): Bacino idrogeologico Arburese Permeabilità: <input type="checkbox"/> Alta; <input checked="" type="checkbox"/> Media; <input type="checkbox"/> Bassa. Resistenza: <input type="checkbox"/> Alta; <input checked="" type="checkbox"/> Media; <input checked="" type="checkbox"/> Bassa. Collocazione: <input checked="" type="checkbox"/> Affiorante; <input type="checkbox"/> Superficiale; <input type="checkbox"/> Media; <input type="checkbox"/> Profonda. Estensione: in direzione 6000 m; Trasversale 3000 m; Profondità 675 m
Sez. 9	
Miniera:	Collocazione cantieri: <input type="checkbox"/> Superficiale; <input checked="" type="checkbox"/> Sottosuolo; <input type="checkbox"/> Mista. Quota raggiunta: 440 m s.p.c. Metodi di coltivazione: Gradino montante con ripieni, Sottolivelli con frana, Trance orizzontali unidiscendenti con frana, Magazzino. Strutture per l'estrazione: <input checked="" type="checkbox"/> Pozzi; <input checked="" type="checkbox"/> Gallerie; <input checked="" type="checkbox"/> Rampe; <input type="checkbox"/> Piste; <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Acqua in miniera: Non si hanno informazioni Portata edotta m ³ /ora. <input checked="" type="checkbox"/> Impianto di eduazione: Non si hanno informazioni <input checked="" type="checkbox"/> Impianto di trattamento: Gravimetrico - Flottazione. <input checked="" type="checkbox"/> Bacino reflui; <input checked="" type="checkbox"/> Discarica sterili.

Sez. 10	
Caratteristiche strutturali ed ambientali:	Accessibilità cantieri in superficie: <input type="checkbox"/> Buona; <input type="checkbox"/> Difficile; <input type="checkbox"/> Stato degli impianti in superficie: <input type="checkbox"/> Buono; <input checked="" type="checkbox"/> Degradato; <input type="checkbox"/> Accessibilità cantieri in sottosuolo: <input type="checkbox"/> Buona; <input type="checkbox"/> Difficile; <input checked="" type="checkbox"/> Impossibile. Stato degli impianti in sottosuolo: <input type="checkbox"/> Buono; <input type="checkbox"/> Degradato; <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Stato ambientale: Degradato <input type="checkbox"/> Utilizzazione attuale: Nessuna <input type="checkbox"/> Recupero: Nessuno <input checked="" type="checkbox"/> Proprietari: Soc. Gruppo ENI, Piombo Zincifera Sarda
Sez. 11	
Supporti tecnici:	Entità della cartografia: <input type="checkbox"/> Abbondante; <input checked="" type="checkbox"/> Scarsa; <input type="checkbox"/> Inesistente. Stato della cartografia: <input type="checkbox"/> Buono; <input checked="" type="checkbox"/> Mediocre; <input type="checkbox"/> Pessimo. Notizie tecniche: <input type="checkbox"/> Abbondanti; <input checked="" type="checkbox"/> Scarse; <input type="checkbox"/> Inesistenti.

Figura 2 - Esempio di scheda di catalogazione (da Ballestrazzi, Berry, Fabbri, 1991)

Le schede sono state compilate con l'ausilio di una nomenclatura convenzionale unificata (Figura 3), che ha reso omogenee le definizioni fornite dai rilevatori.

Inoltre, per ogni Distretto minerario è stata redatta una tabella (Figura 4) riportante l'elenco dei centri estrattivi di competenza e, per ognuno di essi, una sintesi delle notizie riportate nella relativa scheda. In particolare sono stati selezionati alcuni degli elementi indice, utili per una rapida individuazione geografica e per l'inquadramento giacimentologico.

Un'ultima scheda (Figura 5), infine, è stata redatta allo scopo di fornire un sintetico quadro della storia del centro estrattivo dal punto di vista della produzione industriale.

(a) Genesi	(b) Litotipi	Sigle
Endogene Plutoniche	Granito Granodiorite Sienite Diorite Essexite Gabbro Missourite Peridotite	Ei γ gr c δ e g m pe
Endogene Vulcaniche	Porfido quarzifero Porfido Sericitico Porfite Ortiro Trachite Tefrite Diabase Basalto Picrite Liparite Andesite	Ee π π ₁ po o τ t Δ β p λ α
Sedimentarie	Arenaria Breccia Rocce Carbonatiche Conglomerato Diaspri Gesso Marna Tufo vulcanico Argilla Detrito Ghiala Lapilli Materiale morenico Sabbia	S A br C cg D G m tv a d gh l mm s
Metamorfiche	Calcescisti Cloroscisti Filiadi Gneiss Scisti Miascisti Prasenite Quarzite Serpentino	M ca cl fl gn sc ms pr Q se

a

(c) Genesi	(d) Morfologia	Sigle
Endogene Plutoniche Endogene Vulcaniche Sedimentarie Metamorfiche Alterazione		Ei Ee S M Al
	Forma del Giacimento Non definita Ammasso Lenticolare Diss. cavità carsiche Diss. aureolo metam. Diss. ass. rocce ignee Filoniana Colonnare Stratiforme Strat. suborizzontale Strat. senza direzione Colata lavica Alluvionale Eluviale	nd an le cc aum an fi co str stro strsd col all el
	Forma mineralizzazione Massiva Conc. sparsa, venette Conc. lenti, noduli Dessiminata Listata Stockwerk, coccarda Brecciata	mas csv cln dis lis stc br

b

Figura 3 - Nomenclature utilizzate per la compilazione delle sezioni 7 “rocce incassanti” (a) e 8 “giacimento” (b) (da Ballestrazzi, Berry, Fabbri, 1991)

N° Rifer.	Miniera o Gruppo di miniere	I. G. M.		Prov.	Comune	Mine-rale	Genesi	Morfolog. Struttura	Genesi	Litotipo
		F.	Tav.							
27	Acquacalda	129	III SO	GR	Semproniano	Mn	S	st	S	Sc - a
28	Bagni S. Filippo	129	IV NE	SI	Castiglione d'Orcia Abbadia S. Salvatore	Hg	Ei	di	S	C - a
29	Abbadia San Salvatore	129	IV SE	SI	Abbadia S. Salvatore	Hg	Ei	di	S	C - a
30	Monte Civitella - Carpine - Solforate	129	III NE	SI/GR	Piancastagnaio Castell'Azzara Santa Fiora	Hg	Ei	di	S	a - A
31	Abetina	129	III NE	SI	Piancastagnaio	Hg	Ei	di	S	a - A
32 A	Siele	129	III NE	SI	Piancastagnaio	Hg	Ei	di	S	C - a
32 B	Alveo Siele	129	III NE	SI/GR	Piancastagnaio Castell'Azzara	Hg	Ei	di	S	C - a
33 A	Morone Dainelli	129	III NE	SI	Castell'Azzara Santa Fiora	Hg	Ei	di	S	C
33 B	Selvena	129	III NE	GR	Castell'Azzara Santa Fiora Roccalbegna Semproniano Sorano	Hg	Ei	di	S	C - a

Figura 4 - Esempio di inventario dell'attività estrattiva (da Ballestrazzi, Berry, Fabbri, 1991)

N. progr.	147		
Miniera:	INGURTOSU GENNAMARI		
Distretto:	IGLESIAS		
Note		
Anno	Produzione [t]	Numero addetti	Potenza Inst. [kW]
1889	3718	414	
1894	4470	433	
1899	4094	703	
1904	16669	1451	
1909	7450	1257	
1914	26280	1658	
1919	7890	913	
1924	13421	1467	
1929	23754	960	
1934	15654	494	
1939	17543	920	
1944	0	326	
1949	11116	786	
1954	15425	559	
1959	15533	531	
1964	6680	235	
1969	6680	86	
1974	0	30	
1979	0	0	
1984	0	0	
1989	0	0	

Figura 5 - Scheda delle produzioni per centro estrattivo (da Ballestrazzi, Berry, Fabbri, 1991)

1.4. SITI MINERARI ABBANDONATI E CLASSIFICAZIONE IN FUNZIONE DEL RISCHIO STATICO-STRUTTURALE

La necessità di catalogare le informazioni relative ai siti estrattivi attivi e/o abbandonati sparsi nel territorio nazionale è tornata d'attualità negli anni 2000 con l'entrata in vigore della L. 179/2002 (*"Disposizioni in materia ambientale"*) di matrice europea, la quale all'art. 22 disponeva che *"Entro un anno dalla data di entrata in vigore della presente legge il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio effettua il censimento di tutti i siti minerari abbandonati"*.

Precedentemente, già la L. 388/2000 (*"Legge finanziaria 2001"*) sanciva con l'art. 114 che *"Il decreto di cui al comma 17 (decreto Bagnoli) dovrà indicare un elenco di aree industriali prioritarie, ivi comprese quelle ex-estrattive minerarie, rientranti in un piano straordinario per la bonifica ed il recupero ambientale"*.

Tale quadro normativo mette in evidenza un panorama complessivo caratterizzato da alcuni importanti aspetti (Dacquino, 2006), ossia:

- il riconoscimento dell'attività mineraria come patrimonio storico e culturale;
- la consapevolezza delle potenziali fonti di rischio rappresentate dai siti minerari abbandonati;
- la necessità di disporre di una base di dati informativa per quantificare e progettare strategicamente gli interventi;
- l'opportunità di disporre di metodologie adeguate per gerarchizzare i siti sia in funzione delle loro potenzialità turistico-museali che dei rischi ecologico-sanitari e statico-strutturali.

L'esigenza di censire i siti minerari abbandonati italiani, fortemente sentita a livello nazionale, è motivata dal fatto che l'elevato numero di siti estrattivi in stato di abbandono può rappresentare un pericolo per l'uomo e per l'ambiente. In particolare, i rischi associati a questo tipo di siti sono ascrivibili a due tipologie ben distinte:

- ecologico-sanitario, legato al potenziale inquinamento producibile sul suolo e sulle acque di falda dai depositi di minerali sterili soprattutto nel caso di valorizzazioni associate a processi di flottazione;
- statico-strutturale, associato all'eventuale collasso dei vuoti minerari o dei depositi degli sterili (ad esempio, disastro di Stava).

Sulla base di queste considerazioni, dunque, ed, in adempienza a quanto disposto dalla normativa, nel 2002 il Ministero dell’Ambiente e Tutela del Territorio ha delegato all’Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA, già APAT) la realizzazione di un inventario dei siti minerari abbandonati. A tale scopo, l’ISPRA si è avvalsa della collaborazione dell’Università di Bologna (ex DICMA) e le schede di catalogazione del vecchio censimento DICMA, unico censimento organico esistente su scala nazionale, sono state un prezioso punto di partenza per la seconda fase del lavoro di ricerca sui siti minerari abbandonati.

Il piano di lavoro prevedeva quattro fasi operative:

- fase 1: acquisizione, informatizzazione, validazione e verifica del vecchio database (1889-1989);
- fase 2: approfondimento e verifica dei dati contenuti nel vecchio database, integrandolo con informazioni relative ai siti minerari abbandonati prima del 1989 e dei siti ancora attivi, non contemplati nel vecchio inventario, con periodo di copertura 1860-2006;
- fase 3: verifica ed omogeneizzazione del nuovo database e messa a punto di una metodologia per la gerarchizzazione dei siti, in funzione del rischio statico-strutturale ed ecologico sanitario ed individuazione delle potenzialità turistico-museale dei siti;
- fase 4: effettuazione dei sopralluoghi nei siti più importanti, in funzione della gerarchizzazione individuata nella fase 3 ed integrazione del database con informazioni desunte dai sopralluoghi.

Schematicamente, la fase 1 è stata articolata nelle seguenti sottofasi:

- informatizzazione del censimento DICMA (relativo all’arco temporale 1889-1989) finalizzato alla creazione di un database dell’attività mineraria italiana;
- suddivisione del territorio nazionale in otto aree, sufficientemente omogenee dal punto di vista della numerosità dei siti;
- individuazione di soggetti rilevatori, con compiti di verifica/correzione/integrazione dei dati derivanti dal censimento DICMA;
- aggiornamento, verifica ed omogeneizzazione della base di dati realizzata.

Il database è stato dunque vagliato, poi validato e, successivamente, arricchito con dati riguardanti sia i siti pre-1989, sia quelli ancora attivi dopo il 1989 (ad integrazione di quel secolo di attività mineraria già compiutamente censito).

Successivamente, l'attenzione è stata rivolta alla messa a punto di una metodologia per la gerarchizzazione dei siti dismessi in funzione del livello di pericolosità ad essi associato. L'elevato numero di siti italiani, privi di concessione, richiederebbe somme ingenti per l'esecuzione di sopralluoghi, volti a valutare il loro livello di pericolosità e procedere, successivamente, alla loro messa in sicurezza. In questa fase del lavoro, si è presa in esame, come fattore di rischio, la sola instabilità associata ai vuoti di coltivazione con particolare riferimento ai fenomeni di subsidenza causati da crolli e/o collassi dei vuoti abbandonati.

A tal proposito, è stata proposta una metodologia basata sulla definizione di uno specifico indice di rischio statico-strutturale (Berry, Bandini, Dacquino, 2011; Bandini, Berry, Dacquino, 2009) descritta nel Paragrafo 0.

1.4.1. Fonti

Il principale nucleo di reperimento delle informazioni è stato rappresentato dal Censimento del patrimonio minerario nazionale nato dalla collaborazione tra DICMA ed Agip Petroli S.p.A., che, in seguito ad integrazioni successive, al momento della consultazione contava oltre 1500 siti minerari. Per ciò che riguarda l'approfondimento di tale base di partenza ci si è avvalsi della preziosa collaborazione di diversi esperti del settore, ciascuno con competenze relative ad una delle 8 aree omogenee individuate: "Piemonte e Valle d'Aosta", "Lombardia", "Emilia Romagna, Trentino Alto Adige, Veneto e Friuli Venezia Giulia", "Toscana e Liguria", "Umbria, Marche, Lazio e Abruzzo", "Molise, Campania, Puglia, Basilicata e Calabria", "Sicilia", "Sardegna".

Le fonti utilizzate per la raccolta dei dati sono state: le Relazioni Annuali del Servizio minerario (disponibili per gli anni dal 1877 al 1983), i Bollettini allegati alla Rivista mineraria siciliana (per l'intervallo temporale 1960–1990), gli estratti dai testi della Gazzetta Ufficiale della Repubblica e dei Bollettini Ufficiali Regionali (per i decreti di interesse minerario, a partire dal 1957), i registri delle concessioni degli ex Distretti minerari, i siti web delle Regioni e le interviste ai referenti regionali in materia di attività mineraria.

Al termine di questa opera di approfondimento, il censimento è stato ritenuto esaustivo per la descrizione dell'attività mineraria italiana (nel periodo 1860-2006), in particolare per ciò che riguarda:

- il numero di siti minerari dislocati sul territorio nazionale;
- la situazione attuale dei siti (se abbandonati, attivi o inattivi);

- l'ubicazione (in relazione al Comune di competenza);
- l'estensione della concessione (reperita per circa il 90% dei casi);
- l'identificazione dell'ultimo concessionario;
- il periodo di attività;
- i minerali coltivati;
- il tipo di coltivazione (se sotterranea, a cielo aperto o mista);
- le fonti di riferimento.

La grande mole di dati, raccolta in un database realizzato in Microsoft Access 97 (vedi CAPITOLO 3), è stata quindi resa fruibile tramite lo sviluppo di una interfaccia grafica che agevolasse le operazioni di introduzione, modifica, ricerca e consultazione. La maschera di introduzione permette anche la consultazione dello stesso database su base geografica, mediante il pacchetto di routine di MapObjects che simulano le funzioni del GIS ArcView; in aggiunta, è stata resa possibile la visualizzazione di documenti e foto relativi ad alcuni dei siti censiti, e l'estrazione di specifiche analisi di tipo statistico.

1.4.2. Risultati: quadro dell'attività mineraria su scala nazionale

Complessivamente il database, nella sua ultima versione contiene informazioni relative a circa 3000 centri estrattivi operativi nel periodo 1860-2006, suddivisi come segue:

- 684 siti minerari con coltivazione a cielo aperto;
- 2198 siti minerari con coltivazione in sotterraneo;
- 109 siti minerari con coltivazione mista.

È bene sottolineare che, nonostante la perizia impiegata nelle fasi di raccolta e validazione dei dati, il numero reale di concessioni rilasciate e delle associate attività estrattive risultava giocoforza sottostimato; questo perché ogni centro estrattivo può essere costituito da diverse unità operative ed inoltre non tutte le miniere attive in passato venivano concesionate. A scopo esemplificativo si rimanda al caso della Sicilia (Zurli, 1997), regione in cui fino al ventesimo secolo lo sfruttamento minerario era regolato secondo il diritto di proprietà e non tramite il regime delle concessioni; difatti, stando a quanto illustrato nel Repertorio delle miniere del 1927, su 1425 miniere di

zolfo individuate in quel tempo soltanto 51 erano dotate di regolare concessione (Berry, Bandini, Dacquino, 2011).

Dall'analisi dei dati risulta che tutte le Regioni italiane sono (o sono state in passato) sede di attività mineraria (Figura 6 e Tabella 1), ma tra esse spiccano per interesse prevalente la Sicilia (con 765 siti), la Sardegna (427), la Toscana (416), il Piemonte (376) e la Lombardia (294). Complessivamente, circa il 75% delle miniere italiane si colloca in queste Regioni (Tabella 1). Inoltre si evidenzia il caso del Veneto che al 2006, pur contando soltanto 114 siti (Tabella 1), risultava essere la Regione che dopo il Piemonte (34) e la Sardegna (33) presentava il maggior numero di miniere (27) ancora in attività.

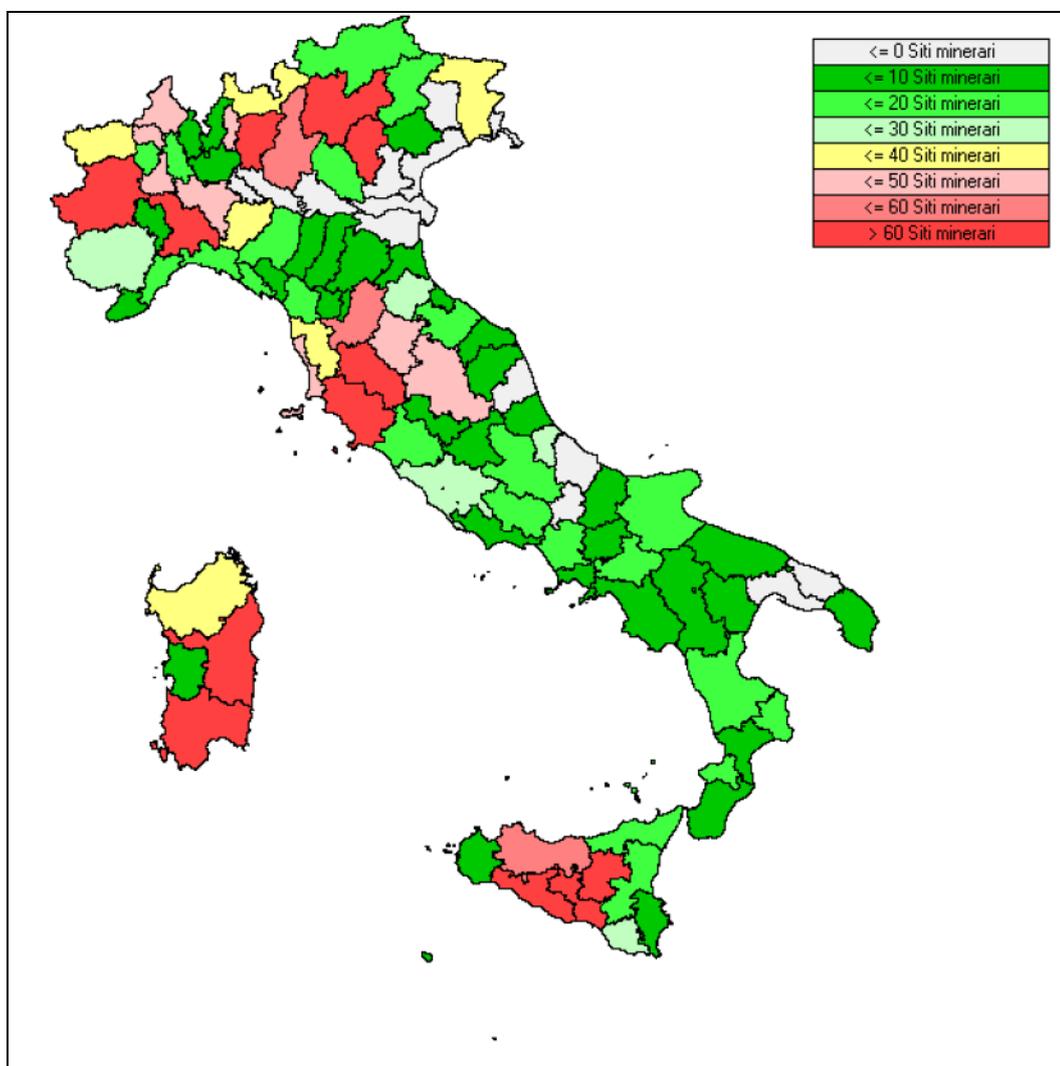


Figura 6 - Distribuzione territoriale, a livello provinciale, delle miniere italiane

Tabella 1 - Distribuzione regionale dei siti minerari italiani

<i>Regione</i>	<i>Siti</i>
PIEMONTE	376
VALLE D' AOSTA	37
LOMBARDIA	294
TRENTINO ALTO ADIGE	80
VENETO	114
FRIULI VENEZIA GIULIA	32
LIGURIA	46
EMILIA-ROMAGNA	86
TOSCANA	416
UMBRIA	52
MARCHE	24
LAZIO	70
ABRUZZO	40
MOLISE	5
CAMPANIA	40
PUGLIA	20
BASILICATA	7
CALABRIA	60
SICILIA	765
SARDEGNA	427
TOTALE	2991

In sostanza, si può affermare che l'attività mineraria del nostro Paese sia stata notevolmente diffusa su tutto il territorio nazionale (Figura 6) ma che abbia generato, allo stesso tempo, alte punte di concentrazione e specializzazione (nella tipologia dei minerali coltivati) in determinati ambiti amministrativi.

È inoltre interessante procedere ad un'analisi su scala temporale. Osservando il grafico in Figura 7 si può notare come, a parte la leggera diminuzione tra il 1925 ed il 1930 (imputabile quasi esclusivamente al crollo dell'attività in Sicilia dovuto all'introduzione della nuova legislazione mineraria nel 1927), si osserva un costante aumento delle concessioni vigenti che prosegue fino agli anni Cinquanta, ed una costante diminuzione dal 1950 in poi, solo in parte occultata dal fatto che vengano considerate come vigenti anche quelle concessioni relative a miniere ufficialmente "aperte", ma inattive ormai da molto tempo.

Il minerale più frequente è lo zolfo (Figura 8), seguito dalla marna da cemento e dai minerali metallici e ceramici. Diversamente dai ceramici che hanno avuto una diffusione capillare sul territorio nazionale, i minerali metallici, sfruttati soprattutto in passato, erano fortemente concentrati in bacini estrattivi, anche se attribuibili a regioni diverse.

Negli ultimi decenni del secolo scorso l'attività mineraria (Figura 8 e Figura 9) è stata alimentata soprattutto dall'espansione dei siti di coltivazione di minerali ceramici (caolino, feldspati, terre refrattarie) ed ad uso industriale (bentonite, terre da sbianca) e si è osservata un'evoluzione dell'attività estrattiva italiana da specificatamente mineraria a tipicamente industriale con coltivazioni prevalentemente a cielo aperto (circa il 68% delle miniere ancora attive al 2006), mentre nel 1860 le miniere erano quasi esclusivamente (98%) coltivate in sotterraneo.

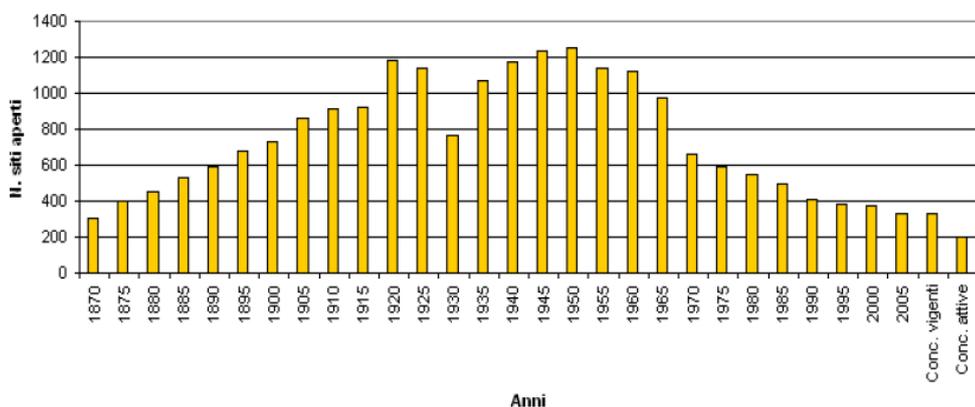


Figura 7 - Andamento dell'attività mineraria in Italia dal 1860 al 2006, in termini di numero di siti attivi

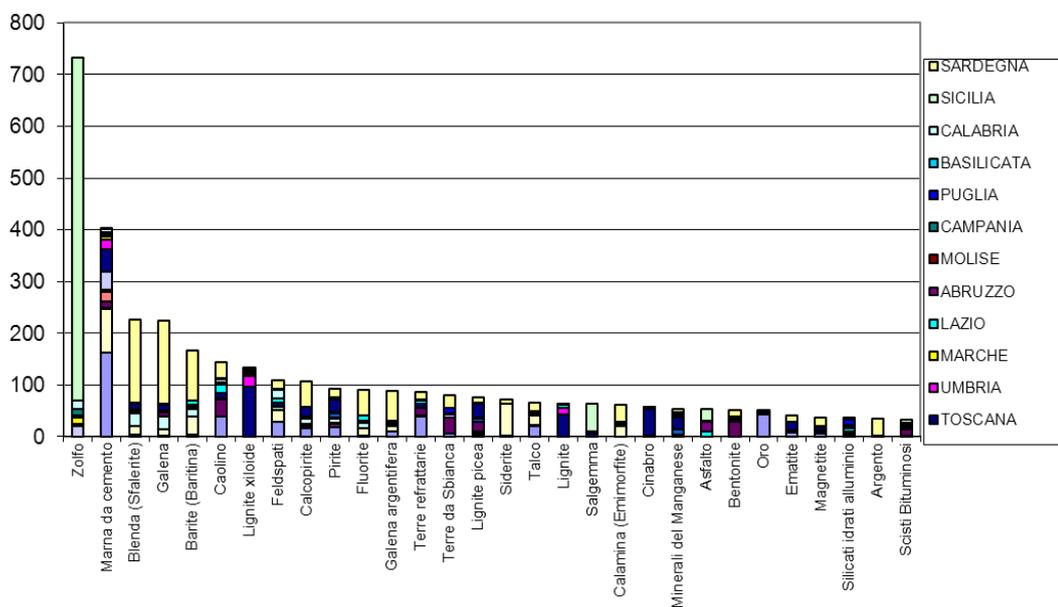


Figura 8 - Principali minerali estratti in Italia (si considerano tutte le miniere attive dal 1860 al 2006)

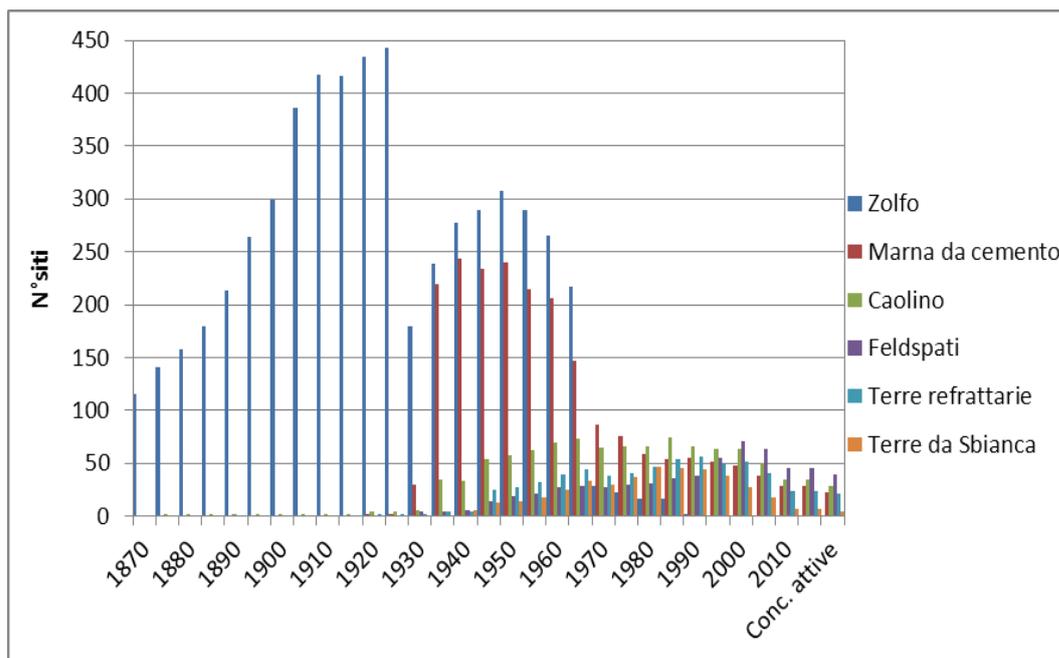


Figura 9 - Evoluzione temporale dello sfruttamento di marna da cemento e minerali ceramici in Italia (nel grafico è rappresentato per confronto l'andamento della coltivazione dello zolfo, principale minerale estratto in Italia)

1.4.3. Risultati: siti minerari abbandonati

L'analisi dei dati raccolti nel database mette in evidenza la presenza di un gran numero di siti, privi di concessione, a testimonianza dell'inesorabile declino che ha colpito il comparto estrattivo di minerali di prima categoria negli ultimi decenni del secolo scorso. Al 2006 le miniere abbandonate rappresentavano l'83% della totalità (ovvero 2473 miniere, di cui 1897 in sotterraneo, Figura 10) ed erano variamente distribuite sul territorio nazionale. Nella maggior parte dei casi si tratta di miniere con coltivazioni in sotterraneo (1897 siti), con 490 siti con vecchie coltivazioni a cielo aperto e solo 86 siti abbandonati coltivati in parte a cielo aperto e in parte in sotterraneo. La Regione col maggior numero di siti abbandonati è la Sicilia (con 756 siti minerari abbandonati su 765 totali).

In generale, la stragrande maggioranza dei siti minerari in stato di abbandono si colloca nelle regioni che hanno avuto la storia mineraria più significativa. Alla Sicilia, seguono, infatti, la Toscana con 347 siti, il Piemonte (339), la Lombardia (249) e la Sardegna (186) (Tabella 2).

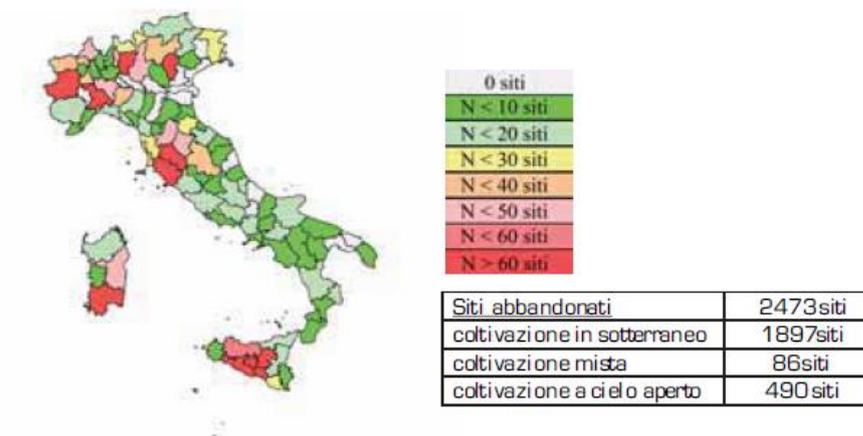


Figura 10 - Distribuzione dei siti minerari abbandonati nelle province italiane

Tabella 2 - Distribuzione territoriale, a livello regionale, delle miniere in stato di abbandono

<i>Regione</i>	<i>N° siti abbandonati</i>
Sicilia	756
Toscana	347
Piemonte	339
Lombardia	249
Sardegna	186
Veneto	86
Emilia Romagna	77
Trentino Alto Adige	56
Lazio	54
Calabria	48
Umbria	45
Liguria	44
Campania	37
Valle d'Aosta	36
Abruzzo	35
Friuli Venezia Giulia	26
Marche	22
Puglia	20
Basilicata	7
Molise	3

1.4.4. Rischio statico-strutturale associato alle miniere abbandonate

Date le limitate risorse umane e finanziarie necessarie per la messa in sicurezza degli innumerevoli siti abbandonati sparsi nel territorio italiano, si è avvertito la necessità di procedere ad una gerarchizzazione dei siti per indirizzare gli interventi solo su quei siti (in numero limitato rispetto al totale dei siti abbandonati censiti), che costituiscono un grave pericolo per l'uomo e per l'ambiente. Con la dismissione mineraria, non è detto che la stabilità delle strutture che definiscono le cavità minerarie

precedentemente create sia garantita nel tempo e si possono manifestare problemi nelle discariche minerarie e nei bacini di flottazione. In particolare, con riferimento alla strutture di deposito, in conseguenza di processi di decadimento delle caratteristiche meccaniche indotte da fattori esterni (eventi sismici, precipitazioni intense, ecc.), si può arrivare all'instabilità delle dighe di contenimento sterile, e, allo stesso modo, i rifiuti abbandonati nei cumuli di discarica possono inquinare il suolo e le falde.

Per quanto riguarda l'eventuale collasso dei vuoti minerari, Berry, Bandini e Dacquino (2009; 2011), hanno proposto una metodologia per la gerarchizzazione dei siti abbandonati in funzione del rischio statico-strutturale.

Scelta dei parametri per la gerarchizzazione dei siti

In generale, i fenomeni deformativi dipendono da numerosi fattori che possono essere così schematizzati:

- metodo/i di coltivazione adottati;
- morfologia del giacimento;
- geometria e orientazione dei vuoti minerari;
- caratteristiche meccaniche del giacimento, delle rocce incassanti e dei terreni di copertura;
- grado e tipo di riempimento dei vuoti (metodi per ripiena);
- topografia della superficie;
- stato di sollecitazione indotto dalle cavità;
- caratteristiche degli interventi di consolidamento e/o di sostegno;
- presenza di discontinuità strutturali;
- effetti indotti dal flusso di acque sotterranee.

La maggior parte delle informazioni indispensabili per una rigorosa analisi di stabilità geomeccanica dei vuoti minerari, tra i quali la profondità, l'ampiezza e la geometria dei vuoti sotterranei e le caratteristiche meccaniche del giacimento, delle rocce incassanti e della copertura, non è disponibile o è andata perduta. Dopo la chiusura mineraria, i vuoti sotterranei diventano inaccessibili ed è impossibile ispezionarli e seguire lo sviluppo dei fenomeni deformativi da essi indotti. In secondo luogo, buona parte della documentazione a disposizione è qualitativa e, di conseguenza, inutile per la valutazione del livello di instabilità secondo un approccio geomeccanico,

fatta eccezione per un limitato numero di miniere. Ad esempio, le Relazioni Annuali del Servizio Minerario, la principale fonte di informazioni, disponibili dal 1877 al 1983, hanno un valore tecnico solo fino agli anni Cinquanta. In aggiunta, molti siti sono stati abbandonati prima dello sviluppo della meccanica delle rocce: il primo congresso della Società Internazionale di Meccanica delle Rocce, ISRM, si è tenuto nel 1966.

Per ovviare a questi inconvenienti Berry, Bandini e Dacquino (2009; 2011) hanno basato la classificazione sui seguenti parametri, disponibili per la stragrande maggioranza dei siti italiani abbandonati:

- **profondità dei vuoti minerari:** tra gli anni Cinquanta e Sessanta del secolo scorso si è assistito ad un progressivo e notevole approfondimento delle coltivazioni, causato dal depauperamento delle porzioni più superficiali dei giacimenti e dai grandi progressi compiuti in ambito tecnologico. I fenomeni destabilizzanti possono essere originati, con maggiore probabilità, da coltivazioni prossime alla superficie: con la profondità, infatti, si attenua la propagazione della subsidenza verso la superficie e gli effetti sulla superficie topografica diventano trascurabili. Pertanto si è scelto di escludere dall'indagine le miniere che nell'ultimo cinquantennio hanno realizzato cavità al di sotto di una certa profondità e quelle che hanno presentato instabilità solo nelle fasi iniziali e più superficiali dello sfruttamento. Il dato sulle profondità delle coltivazioni è tra quelli meno presenti nel censimento (manca in ben 2873 siti) e, per sopperire a questa mancanza, nella definizione dell'indice di rischio si è considerato il tipo di coltivazione, in sotterraneo o mista. Sono state escluse dallo studio le miniere coltivate a cielo aperto;
- **ampiezza dei vuoti:** per la maggioranza delle miniere non si conosce l'esatta geometria dei vuoti e si è scelto di stimarne la probabile estensione sulla base del periodo di coltivazione e dell'estensione areale della concessione;
- **reologia** (effetti dipendenti dal tempo): il censimento delle miniere dismesse ha tenuto conto di tutti i siti attivi nel periodo compreso tra il 1860 e il 2006, ma si osserva che la subsidenza mineraria si estingue solitamente nell'arco di alcuni decenni e dopo un certo periodo (circa venti – trenta anni) si può ipotizzare che il fenomeno sia marginale rispetto al rischio di danni (con l'eccezione dei casi di subsidenza associata a coltivazioni di carbone in Inghilterra, attiva anche 118 anni

dopo la cessazione delle attività). Per questo è possibile individuare come periodo di indagine quello compreso tra il 1950 e i giorni nostri;

- **tipo di mineralizzazione;**
- **morfologia** del giacimento: alcune tipologie di instabilità si verificano in associazione alle coltivazioni di determinati depositi minerari. Ad esempio, la subsidenza ad andamento continuo è molto frequente nel caso di giacimenti tabulari e stratificati (carbone, salgemma, evaporiti, bauxite). Dallo studio sui rischi strutturali connessi a questo genere di deformazioni del terreno si possono escludere, in linea di massima, i filoni subverticali;
- **densità di popolazione** dei comuni che includono le aree estrattive.

Nella ricerca non sono stati presi in considerazione gli effetti dell'acqua sulle cavità sotterranee in quanto la mancanza di informazioni sull'esatta geometria dei vuoti nella maggioranza dei casi non consentiva di valutarne l'influenza. Inoltre, non sono stati considerati i siti di cui risultava mancante o la durata del periodo di coltivazione o l'estensione della concessione. Questa scelta è motivata da due considerazioni:

- la prima, di carattere specifico, in quanto tali parametri sono utilizzati per stimare la probabile estensione dei vuoti; in assenza di essi si dovrebbe ricorrere a stime, inficiando la confrontabilità dei risultati con quelli relativi agli altri siti considerati;
- la seconda, di carattere generale, in quanto si tratta di parametri normalmente disponibili per i siti che hanno avuto un'attività mineraria significativa. La loro mancanza indica, indirettamente, che si è in presenza di siti non particolarmente importanti, di cui si hanno notizie frammentarie e/o incomplete o che, talvolta, sono semplici cantieri di altri siti già registrati e considerati. Non sono stati considerati i siti minerari inattivi perché, anche se l'attività mineraria è terminata da tempo, risultano ancora concessionati e quindi, di fatto, dovrebbero essere tenuti in regime di sicurezza dal concessionario stesso. Non sono stati, infine, presi in considerazione i siti oggetto di recupero museale in atto o in progetto. In questo caso, infatti, le relative aree sono state, o stanno per essere, recuperate e messe in sicurezza, proprio per garantire la fruizione sicura del bene minerario da parte dei visitatori.

Indice di rischio statico-strutturale

L'indice di rischio statico-strutturale (*IRS*), proposto da Berry et al. (2009; 2011), è definito come segue:

$$IRS = CF_1 \cdot CF_2 \cdot CF_3 \cdot CF_4 \cdot CF_5 \cdot CF_6$$

Ciascun coefficiente CF_i tiene conto di uno dei parametri caratterizzanti le cavità minerarie (profondità ed estensione areale delle cavità, reologia, tipo di mineralizzazione, forma e giacitura del giacimento, densità di popolazione dell'area in cui ricade ciascun sito estrattivo).

1° coefficiente (CF_1): **tipologia di sito**. Lo studio è finalizzato a definire un criterio di rischio di instabilità strutturale associata a cantieri minerari sotterranei. Si è attribuito un punteggio più alto (1.2) nel caso di coltivazione mista rispetto ad una coltivazione sotterranea (1) perché si presume sia una coltivazione sub superficiale.

2° coefficiente (CF_2): **coefficiente reologico (di abbandono)**. È calcolato in base al tempo intercorso dall'abbandono del sito (T_{abb} , in anni).

$$CF_2 = \exp \left[-\frac{T_{abb}}{2 \cdot 4.5^2} \right]$$

Le costanti nella formula sono state scelte ad hoc, per avere una funzione esponenziale che tende a zero all'inizio dell'abbandono (quando la miniera dovrebbe essere in sicurezza per le misure messe in atto durante la sua vita) e dopo 30 anni dall'abbandono. Il coefficiente così calcolato tiene conto di un periodo di massima esplicazione della componente reologica (intorno a 15 anni), dell'azzeramento del pericolo dopo 30 anni e di una sostanziale simmetria rispetto al valore massimo.

3° coefficiente (CF_3): **ampiezza dei vuoti**. È stimato come prodotto tra il periodo di coltivazione (T_C , in anni) ed il logaritmo naturale (Log_e) dell'estensione (E , in ettari) della concessione. Il ricorso al logaritmo è considerato necessario sia a causa della non

totale attendibilità del dato, sia perché fa riferimento più all'area concessionata che a quella effettivamente coltivata.

$$CF_3 = T_C \cdot \text{Log}_e(E)$$

4° coefficiente (CF_4): presenza di sali. Si è considerato un punteggio pari a 1.5 per siti estrattivi di sali (tipicamente, salgemma e sali potassici) e pari ad 1 in tutti gli altri casi, perché la presenza di mineralizzazioni a sali (salgemma e/o sali alcalini misti) viene considerata come una condizione particolarmente gravosa. È molto frequente, infatti, osservare fenomeni instabilizzanti che possono sfociare in veri e propri crolli, nelle miniere abbandonate di salgemma, coltivate con il metodo per idrodissoluzione: si può citare, come esempio, la miniera di Timpa del Salto (Belvedere di Spinello, KR, Calabria), dove le elevate sollecitazioni destabilizzanti causate dalla tecnica di coltivazione hanno determinato la creazione di tre camini di collasso con conseguenti gravi ripercussioni ambientali (Gisotti, 1991).

5° coefficiente (CF_5): giacitura del giacimento. Si è assegnato un punteggio pari a 1.2 nel caso di giaciture orizzontali e/o sub-orizzontali e 1 negli altri casi. In mancanza di questo dato la giacitura è stata definita sulla base del tipo di minerale estratto.

6° coefficiente (CF_6): densità di popolazione. Viene calcolato come logaritmo naturale (Log_e) della densità di popolazione (D_P), ottenuta come media ponderata della densità D_{MIN} del comune in cui è ubicata la miniera (peso 0.75) e della densità media D_{MEDIA} dei comuni confinanti (peso 0.25), secondo la seguente formula:

$$CF_6 = \text{Log}_e(D_P)$$

La scala logaritmica tiene conto dell'esteso range di variabilità del dato “densità di popolazione”, riportando il peso del coefficiente a quello degli altri.

L'indice di rischio è stato standardizzato imponendo un range di variazione compreso tra 1 e 100 e la linearità tra valori assoluti e standardizzati in scala logaritmica. Ciò significa che in progressione geometrica, a parte il cambiamento di

range, la successione degli indici di rischio standardizzati rispecchia quella degli indici di rischio assoluti.

Nello specifico si ha:

$$IRSS = 10^{\left[\frac{\log_{10}\left(\frac{IR}{IR_{max}}\right)}{2} - \frac{\log_{10}\left(\frac{IR_{max}}{IR_{min}}\right)}{2} \right]}$$

dove: IR_{min} : minimo valore di IR ; IR_{max} : massimo valore di IR .

Nel complesso, la metodologia utilizzata per il calcolo di rischio statico-strutturale è stata applicata a 819 miniere.

In base ai criteri di gerarchizzazione proposti e all'introduzione di soglie di *cut-off* per la separazione in tre classi di rischio (Berry, Bandini, Dacquino, 2011; Bandini, Berry, Dacquino, 2009), risultano:

- 290 siti minerari con indice di rischio basso;
- 424 siti minerari con indice di rischio medio;
- 105 siti minerari con indice di rischio alto.

In conclusione, il sistema di classifica ha permesso di identificare 105 siti ad elevato rischio di instabilità strutturali che andranno monitorati. Il 73% di questi siti si localizza in sole 4 Regioni italiane; la Sardegna occupa una posizione di estrema rilevanza, ospitando ben 213 miniere classificate con livelli di rischio medio o alto. Seguono la Lombardia (137), la Toscana (84) ed il Piemonte (54).

1.5. L'INTERESSE DELL'UE PER LE STRUTTURE DI DEPOSITO MINERARIE: DIRETTIVA 2006/21/CE

A seguito di una serie di tragici incidenti minerari che hanno interessato le strutture di stoccaggio dei rifiuti derivanti dall'industria mineraria, l'Unione europea ha provveduto a sensibilizzare i governi degli Stati membri circa i rischi rappresentati dalla presenza di depositi di inerti o di bacini di decantazione degli sterili derivanti dai processi di valorizzazione.

I casi dei disastri di Sgorigrad (Bulgaria, 1966), Aberfan (Galles, 1966), Stava (Italia, 1985), Aznalcóllar (Spagna, 1988), Baia mare e Baia Borşa (Romania, 2000) e Ajka (Ungheria, 2010) che hanno spesso causato la perdita di numerose vite umane oltre a incalcolabili danni ai terreni, alle falde e ai corsi d'acqua coinvolti – hanno infatti condotto ad una doverosa riflessione sulla necessità di garantire la stabilità a lungo termine di quelle strutture di deposito, e di prevenire (o meglio, scongiurare) ogni forma di rischio per l'uomo e per l'ambiente tramite una opportuna gestione delle competenze dell'industria estrattiva.

Ha così visto la luce la Direttiva europea 2006/21/CE del Consiglio europeo, relativa alla gestione dei rifiuti delle industrie estrattive, che all'art. 20 dispone che gli Stati membri si adoperino affinché venga *“redatto e periodicamente aggiornato un inventario delle strutture di deposito dei rifiuti chiuse, incluse le strutture abbandonate, ubicate sul rispettivo territorio che hanno gravi ripercussioni negative sull'ambiente o che, a breve o medio termine, possono rappresentare una grave minaccia per la salute umana o l'ambiente”*. La Direttiva inoltre prescrive che *“tale inventario, da rendere accessibile al pubblico, deve essere realizzato entro il 1° maggio 2012”*.

Queste prescrizioni sono state recepite nell'ordinamento legislativo nazionale con l'emanazione del D. Lgs. di attuazione 117/2008, il quale all'art. 20, comma 2, sancisce che: *“Ciascuna autorità competente di cui all'articolo 3, comma 1, lettera gg), compila, senza nuovi o maggiori oneri a carico della finanza pubblica, l'inventario delle strutture di deposito dei rifiuti di estrazione chiuse o abbandonate che insistono nel territorio di competenza e comunica tali informazioni, secondo le modalità da stabilirsi con il decreto di cui al comma 1, all'APAT [oggi ISPRA, n.d.r.], che provvede all'acquisizione ed all'accorpamento delle stesse in un unico inventario nazionale.*

L'inventario nazionale è realizzato entro il 1° maggio 2012 ed è aggiornato ogni anno". Inoltre, al comma 3, si legge che *"l'inventario nazionale di cui al comma 2 è reso accessibile al pubblico mediante la pubblicazione sul sito internet dell'APAT"*.

Ad integrazione di quanto appena esposto si riporta che le *autorità competenti* di cui sopra vengono individuate secondo quanto prescritto dal Regio decreto 1443/27 e ss.mm. e dal D. Lgs. di attuazione 112/98, che istituisce il passaggio di competenze in materia mineraria dagli ex Distretti nazionali alle Regioni.

1.5.1. Recepimento della Direttiva in Italia

Appare dunque chiaro come, in un contesto di crescente sensibilità verso la protezione dell'ambiente e del territorio, non sia più soddisfacente il solo censimento delle aree direttamente interessate dalle operazioni di estrazione dei minerali, ma si renda altresì necessaria la localizzazione e la caratterizzazione di quelle strutture – come discariche e bacini – coinvolte in altro modo nel complesso delle attività dell'industria mineraria.

Durante la fase di definizione degli obiettivi del presente lavoro, è sembrato evidente come neppure lo strumento di censimento più avanzato in tal senso – ovvero il geodatabase dell'attività mineraria italiana – fosse adatto ad assolvere tali compiti; tale strumento è stato attentamente revisionato, ed una esaustiva analisi della struttura della base di dati e delle funzionalità offerte dal software ad essa associato verranno presentate nel Capitolo 3.

Si è ritenuto, dunque, di provvedere alla progettazione di un nuovo geodatabase dell'attività mineraria che potesse accogliere anche le informazioni relative alle strutture di deposito dei rifiuti derivanti dall'attività estrattiva, secondo quanto stabilito dalla Direttiva 2006/21/CE. In questo modo, si dispone di un unico strumento che raccoglie un'enorme quantità di dati sulle miniere italiane e relative discariche. La descrizione dell'architettura concepita per la nuova versione del geodatabase dell'attività mineraria italiana sarà esposta nel Capitolo 4.

1.5.2. Recepimento della Direttiva negli altri stati europei

L'Italia non è l'unico Paese dell'Unione ad aver recepito, con un certo ritardo, le disposizioni della Direttiva 2006/21/CE relativa alla gestione dei rifiuti delle Industrie Estrattive.

In Francia il recepimento formale della Direttiva è avvenuto soltanto nel 2010 con l'*Arrêté ministériel* del 19 aprile dello stesso anno, dal titolo “*Gestion des déchets des industries extractives*” (successivamente integrato dal *Decrét* 220 del 29 febbraio 2011, “*Plans particuliers d’intervention concernant la gestion des déchets de l’industrie extractive*”). Nei provvedimenti si fa menzione di un inventario delle strutture di deposito dei rifiuti dell’attività estrattiva chiuse o abbandonate, che verrà rilasciato soltanto il 12 giugno 2012 con un atto del *Ministère de l’écologie, du développement durable et de l’énergie*.

Nell’inventario (del quale si riporta un estratto, Figura 11) sono elencate 28 strutture di deposito, suddivise come segue, in funzione del tipo di minerale coltivato nelle miniere che conferiscono i rifiuti in quelle discariche:

- tre strutture di deposito per il carbone;
- una per l’uranio;
- una per l’amianto;
- ventitré per minerali metallici in genere.

Il numero di discariche censite è quindi limitato ed anche le informazioni riportate per ciascun sito risultano quantomeno scarse: nel documento rilasciato dal Ministero, per ogni sito sono unicamente indicate la denominazione della Regione e della concessione mineraria, il numero del Dipartimento di competenza ed una nota esplicativa delle operazioni di manutenzione o recupero ivi messe in atto.

Per completezza, sempre in Francia, si segnala l’esistenza del progetto BDSTM (*Bases de Données régionales décrivant les Sites des Titres Miniers*), condotto a partire dal 2001 dall’ente a partecipazione statale GEODERIS, preposto a fornire supporto nella fase di gestione dei siti minerari successivamente alla loro dismissione. Si tratta di una base di dati realizzata con l’ausilio del R-DBMS Microsoft Access, contenente informazioni di carattere amministrativo e tecnico (quali metodi di coltivazione, piani minerari, rapporti) sulle concessioni minerarie delle 22 Regioni francesi. Tuttavia, essendo il database ad accesso riservato, non è possibile fornire ulteriori informazioni circa la classificazione dei dati o la quantità di siti censiti.

Charbon

Région	Dpt	Terrils charbonnier	Substances exploitées	Actions engagées
Lorraine	57	Bassin de saint Charles	Charbon	Etude de stabilité digue en cours
Nord Pas de Calais	59	Bassin à schlamms 31	Charbon	Etude d'aléa
Nord Pas de Calais	62	Terril n°27 dit Labussière Aviation	Charbon	Etude d'aléa

Uranium

Région	Dpt	Site	Substances exploitées	Actions engagées
Rhône-Alpes	42	Bois Noirs - Limouzat	Uranium	Proposition de réaménagement du site et rédaction d'un bilan environnemental par l'exploitant

Figura 11 - Estratto dall'inventario francese delle strutture di deposito dei rifiuti dell'attività estrattiva

In Portogallo, la trasposizione della Direttiva 2006/21/CE nell'ordinamento lusitano è avvenuta con il *Decreto Lei* 10/2010 del 4 febbraio 2010, il quale all'art. 48 dispone che compete alla *Direcção geral de energia e geologia* elaborare e mantenere un inventario delle strutture di deposito di rifiuti chiuse o abbandonate, situate sul territorio nazionale. Tale inventario è stato reso accessibile in data 4 luglio 2012, e riporta l'elenco di 175 siti minerari abbandonati, con alcune ulteriori informazioni riguardanti il destino dei rifiuti derivanti da quelle attività estrattive.

L'inventario è stato realizzato in un foglio di calcolo Excel (Figura 12) e la quasi totalità delle informazioni è inserita in forma logica (con una "X" a contraddistinguere l'operatore "vero"). Vengono così resi disponibili alcuni dati riguardanti i depositi (presenza di contaminazione acida, presenza di danni strutturali, ecc.), ma non è fornita alcuna informazione circa la localizzazione di tali siti.

						Tipo de extracção	
		Minas abandonadas	S/ residuos a encerrar	C/ residuos já encerrados	C/ residuos em fase de encerramento	Céu aberto	Subterrânea
METAIS							
	Cobre - Cu - (14)					4	14
	Alcaria Queimada	X	X				X
	Aparis	X					X
	Azeiteiros (Herdade dos)	X	X			X	X
	Barrigão	X					X
	Bofeta	X	X				X
	Bugalho	X					X
	Caerinha	X					X
	Defesa das Mercês	X					X
	Ferrarias	X	X				X
	Miguel Vacas	X				X	X
	Mocijos	X	X			X	X
	Mostardeira	X					X
	Talhadas (Mina do Carvalho)	X					X
	Tinoca	X		X		X	X
	Ouro - Au - (10)					4	7
	Chaminé	X	X				X
	Escádia Grande	X	X				X
	França	X	X				X
	Freixeda	X		X			X
	Jales	X		X			X
	Monfortinho	X	X			X	
	Poço das Freitas	X	X			X	
	Santo António (Penedono)	X				X	X
	Três Minas	X	X			X	
	Vieiros (Penedono)	X	X				X
	Ferro - Fe - (8)					7	7
	Alto do Sião (Vila Cova)	X	X			X	X
	Alvito	X				X	X

Figura 12 - Estratto dell'inventario portoghese delle strutture di deposito dei rifiuti dell'attività estrattiva

In Spagna, invece, il recepimento è stato realizzato con l'entrata in vigore del *Real decreto* 975/2009 del 12 giugno 2009 (recante la denominazione “*Gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras*”) che imponeva come limite temporale alla realizzazione del censimento delle strutture di deposito di rifiuti minerari un periodo massimo di quattro anni, con decorrenza dalla data di promulgazione del dispositivo (in contrasto con quanto disposto dalla Direttiva europea). Ad ogni modo, alla data di realizzazione del presente lavoro, non è stato possibile reperire in rete alcun inventario delle strutture di deposito ubicate in territorio spagnolo in adempienza a quanto disposto dalla Direttiva europea.

Analoga mancanza è stata rinvenuta dall'analisi del contesto normativo belga, dove la Direttiva europea è stata recepita tramite l'*Arrêté Royal* “*relatif aux plans particuliers d'urgence et d'intervention concernant les installations de gestion de déchets de l'industrie extractive*” del 10 maggio 2009, e l'*Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale* “*relatif à la gestion des déchets de l'industrie extractive*” del 28 maggio dello stesso anno; in questo caso, i dispositivi fissano alla data dell'1 maggio 2012 il termine ultimo per la pubblicazione di un inventario delle strutture di deposito, chiuse o abbandonate, site in Belgio. Tuttavia, bisogna segnalare l'esistenza di

un approfondito censimento dei depositi di scarti derivanti dall'estrazione del carbone (in francese, *terrils*) ad opera della *Direction Générale opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement* della Regione Vallonia (DGARNE). Questi cumuli, numerosissimi nell'area dei bacini carboniferi di Charleroi, Liegi e Borinage, sono spesso sorti a ridosso di quelli che una volta costituivano i borghi minerari (successivamente evolutisi in centri abitati ancora oggi densamente popolati). Lo studio ha permesso di censire ben 981 *terril* sul territorio dell'intera Regione, a testimonianza dell'enorme rilievo in ambito minerario che questa ha rivestito già dalla fine del XVI secolo (Pacyna e Salmon, 2012).

Sono state successivamente implementate su di un applicativo GIS (Figura 13), le informazioni raccolte per ciascun cumulo (Figura 14); tale sistema informativo territoriale, liberamente visitabile dal portale internet della Regione Vallonia, permette la localizzazione dei *terril* all'interno di mappe tematiche anche di differente natura.

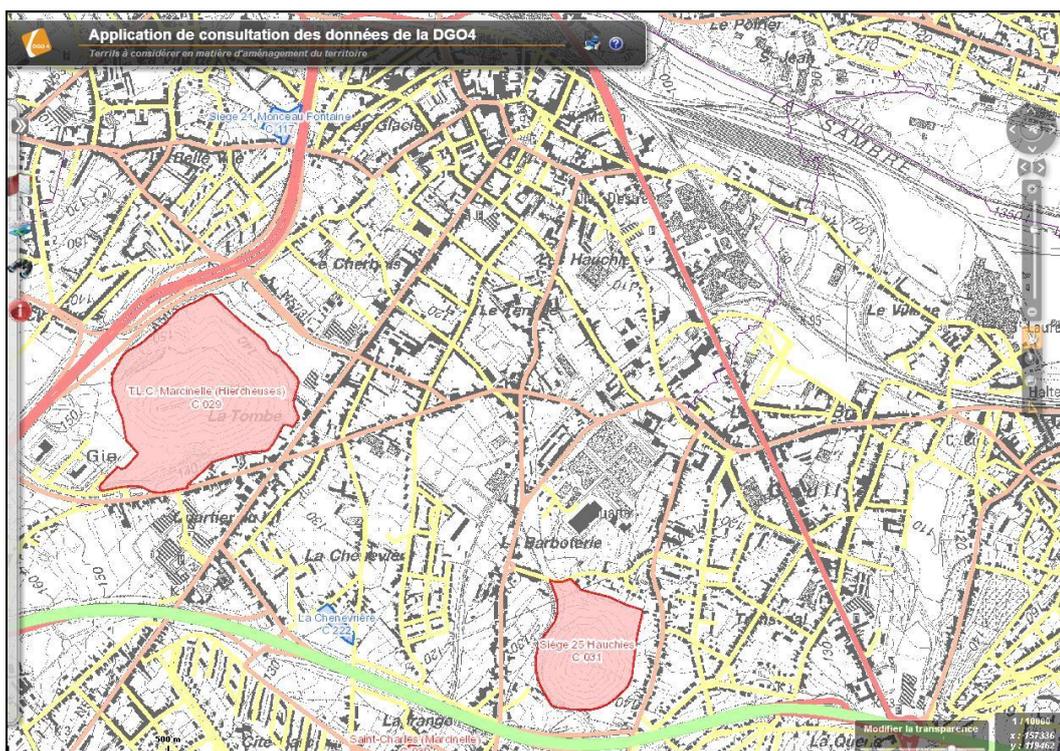


Figura 13 - Visualizzazione su mappe tematiche del perimetro delle discariche minerarie (nella figura è rappresentata l'area della vecchia miniera di carbone di Marcinelle, a Charleroi) (da sito: <http://webgisdgo4.spw.wallonie.be/viewer/#>)

 Détails du terril N° 28		Inventaire des terrils
		Avertissement
Identification du terril		
Nom : Saint Charles 2 Synonymes : Chevalières, N°2 St Charles Bassin Minier : Mons-Borinage Coordonnées Lambert X : 109474.0 Coordonnées Lambert Y : 120423.0 Zone d'implantation : limite zone urbaine et rurale		
Données physiques		
Présence sur le terrain : Terril présent Forme : Cône unique Combustion : en combustion partielle Surface du site (ha) : 13,57 Surface occupée par le terril (ha) : 6,07 Volume (en milliers de m3) : 800 Importance de la couverture végétale : pas de végétation		
Données minières et administratives		
Concession minière (dernière situation) : Ouest de Mons Numéro de la concession : 007 Nom du siège : N°2 Saint Charles Dates d'activités du charbonnage : Début: 1850 Fin: 1925 Arrêté d'assainissement : 01/1971 Classification : A (inexploitable)		
Utilisation du site		
Etat d'exploitation : intact (1987)		
		
Crédit photographique: Djegham & Barbier		

Figura 14 - Esempio di scheda con le informazioni tipo di un terril (da sito: http://carto1.wallonie.be/documents/terrils/fiche_terril.idc?TERRIL_id=94)

CAPITOLO 2 **BASI DI DATI E DATABASE MANAGEMENT SYSTEM**

La disponibilità di grandi quantità di informazioni e la loro efficace gestione ed utilizzazione richiedono l'impiego di idonei strumenti di lavoro; è proprio con queste finalità che la tecnologia delle basi di dati è stata concepita e diffusa. In questo capitolo verranno presentati i concetti fondamentali della teoria delle basi di dati utili a comprendere la descrizione del database dell'attività mineraria italiana nella versione sviluppata da ISPRA, e saranno forniti gli strumenti necessari ad una chiara lettura del lavoro svolto per la progettazione del nuovo database.

2.1. INTRODUZIONE ALLE BASI DI DATI

Dalla metà dello scorso secolo ad oggi, l'utilizzo dei database informatici ha avuto uno sviluppo esponenziale; inizialmente impiegati in campi ristretti e da personale altamente specializzato, sono oggi fondamentali per numerosi software ed applicazioni di uso diffuso su personal computer e dispositivi mobili.

Un **database** è una raccolta di dati – associati tra loro – organizzata in modo da poter essere facilmente accessibile per consultazione o modifica.

Tuttavia, un generico assortimento di informazioni non può essere considerato una base di dati; implicitamente, infatti, alcune prerogative sono imprescindibili affinché si possa opportunamente parlare di database:

- l'insieme dei dati che compone un database è logicamente coerente e possiede un significato (quindi un assortimento casuale di dati non può essere considerato una base di dati);
- un database è concepito, progettato e popolato per uno scopo ben definito (in funzione degli utilizzatori e delle informazioni di loro interesse).

Essendo i database solitamente progettati per la gestione di grandi quantità di informazioni, è molto importante che siano definite con accuratezza le modalità con cui tali dati vengono immagazzinati. Nello sviluppo della teoria delle basi di dati numerosi autori si sono dedicati all'elaborazione di schemi logici, che permettessero allo stesso tempo la catalogazione razionale ed affidabile dei dati ed una semplice e veloce

gestione degli stessi. Si è così giunti all'ideazione di 5 fondamentali modelli di dati, definiti come "l'insieme dei concetti utilizzati per organizzare le informazioni di interesse e descriverne la struttura in modo che essa risulti comprensibile a un elaboratore" (Atzeni et al., 2009):

- il **modello gerarchico**, basato sull'uso di strutture ad albero (ideato negli anni '60, ma tutt'ora ampiamente utilizzato);
- il modello reticolare, basato sull'uso dei grafi (sviluppato all'inizio degli anni '70);
- il **modello relazionale**, basato sull'uso di tabelle e relazioni (definito formalmente agli inizi degli anni '70, ma affermatosi nel decennio successivo);
- il **modello a oggetti**, concepito come un'evoluzione del modello relazionale che estende alle basi di dati il paradigma di programmazione a oggetti (ideato negli anni '80);
- il **modello XML**, sviluppato come rivisitazione del modello gerarchico in cui però i dati non devono sottostare rigidamente ad un'unica struttura logica (ideato negli anni '90).

2.1.1. Il modello relazionale

Il modello adottato per lo sviluppo del presente lavoro di ricerca è quello relazionale, definito per la prima volta da E. F. Codd (1970) e successivamente esteso da altri autori. Il modello relazionale organizza le informazioni in una raccolta di tabelle, collegate tra loro attraverso specifiche relazioni tra le informazioni che contengono.

Una **tabella** (Figura 15) è una tavola bidimensionale costituita da righe e colonne all'interno delle quali vengono archiviate informazioni riguardanti oggetti della stessa natura (entità).

Gli **attributi** di una tabella, rappresentati dalle proprietà catalogate in ogni colonna, permettono di descrivere le caratteristiche degli oggetti archiviati.

La **tupla** (traslitterazione dell'espressione inglese *n-tuple*) rappresenta un generico oggetto classificato in una tabella, composto dall'unione di tutti i suoi attributi. Ogni riga di dati costituisce dunque una tupla. Secondo il modello relazionale, una tabella non deve contenere righe ripetute e ciascuna riga deve essere univocamente identificabile (ovvero rappresenta un unico oggetto dell'insieme).

La **cella** di una tabella rappresenta il luogo all'interno del quale vengono archiviati i singoli dati (in altri termini l'intersezione tra una tupla ed un attributo).

Il **corpo** della tabella è l'insieme di zero o più tuple. Ciò significa che una tabella con zero tuple – ossia una tabella vuota – è ancora una tabella.

Il diagramma mostra una tabella intitolata "AUTOVETTURE" con quattro colonne: "marca", "modello", "anno di serie" e "prezzo di listino (€)". Le righe rappresentano tuple. Una riga è evidenziata in verde (Alfa Romeo Giulietta) e una in giallo (SEAT Leon). Le etichette "Attributo" e "Tupla" puntano rispettivamente a una colonna e a una riga. "Corpo" indica l'intera tabella, e "Cella" indica un singolo dato all'interno di una riga e colonna.

AUTOVETTURE			
marca	modello	anno di serie	prezzo di listino (€)
SEAT	Ibiza	2005	12.250
SEAT	Leon	2008	11.900
FIAT	Grande Punto	2010	9.800
Alfa Romeo	Giulietta	2011	25.400
...

Figura 15- Descrizione degli elementi che costituiscono una tabella di database

Secondo la teoria avanzata da Codd, in un database ben progettato:

- le tabelle descrivono una sola entità;
- le tabelle non presentano record duplicati;
- le colonne (attributi) di cui sono composte sono prive di un ordine stabilito;
- le righe (tuple) di cui sono composte sono prive di un ordine stabilito.

L'interrogazione di un database da parte dell'utente, al fine di compiere determinate operazioni sui dati (selezione, inserimento, cancellazione, ecc.), viene effettuata tramite **query** (interrogazioni). Queste vengono espresse in un linguaggio di interrogazione – il più utilizzato per i database relazionali è SQL (Structured Query Language) – e successivamente interpretate ed eseguite dal software di gestione del database (Data Base Management System, DBMS).

2.2. IL MODELLO-DATI E LA STRUTTURA DEI DATABASE RELAZIONALI

Un *modello-dati* è un complesso di concetti che permette di organizzare e descrivere la struttura con la quale le informazioni vengono archiviate in un database, ovvero il modo in cui rappresentare formalmente e logicamente un insieme di oggetti e/o processi del mondo reale, e si esprime in termini di **entità**, **attributi**, **domini** e **associazioni**.

Per **entità** si intende tutto ciò di cui il database deve registrare informazioni, e nello schema logico assume la forma di una tabella.

L'**attributo**, la cui definizione è stata introdotta nella presentazione del modello relazionale, serve ad identificare un'informazione specifica che descrive l'entità. La scelta del numero e della tipologia di attributi da considerare attiene alla semantica delle entità stesse ed al ruolo che queste hanno nella descrizione del problema oggetto di studio. Finché non si dispone di uno schema logico definitivo non è possibile individuare esaustivamente gli attributi con cui descrivere le entità considerate, ed è necessario procedere con aggiustamenti in corso d'opera. Ad ogni modo, è bene progettare il modello-dati senza aggiungere livelli di complessità non richiesti, limitandosi a soddisfare le esigenze a cui il database dovrà rispondere quando sarà operativo.

Il **dominio** di un attributo definisce l'insieme dei valori che un attributo può assumere. È un concetto talvolta confuso con quello di "tipo di dato", che invece indica il "formato" con il quale il dato viene inserito ed immagazzinato nel database. La differenza tra tipo di dato e dominio risiede nella natura di questi due concetti: il primo, difatti, è di tipo fisico mentre il secondo è puramente logico. Ad esempio, per l'entità "province" l'attributo "sigla", inteso come sigla delle Province italiane, sarà definito come stringa di testo composta da 2 caratteri (tipo di dato) e strettamente corrispondente ad una delle sigle delle Province italiane (dominio).

Sebbene i sistemi di gestione di database non forniscano in genere supporto per la demarcazione dei domini, quest'ultimi sono molto importanti nella fase di progettazione concettuale del modello-dati.

Oltre agli attributi, un modello-dati deve specificare anche le **relazioni** tra entità, ovvero associazioni logiche tra due o più tabelle definite **entità partecipanti**.

Un aspetto importante di una relazione è la **cardinalità**, che viene espressa in un modello-dati suddividendo le relazioni in base al numero di tuple coinvolte per ogni entità. Si distinguono pertanto relazioni di cardinalità **uno-a-uno**, **uno-a-molti** e **molti-a-molti**.

Le relazioni di cardinalità **uno-a-molti** (*1-M*) sono quelle che ricorrono con più frequenza in un database relazionale, e prevedono che ogni tupla di una delle entità partecipanti possa essere associata a più tuple dell'altra entità, ma non viceversa. Ad esempio, un padre può avere più figli ma non vale il contrario (Figura 16).

Le relazioni di cardinalità **uno-a-uno** (*1-1*) sono invece meno comuni delle precedenti, e prevedono che per ogni tupla di un'entità partecipante ci sia un'unica tupla associata dell'altra entità (Figura 17). Un esempio di questo tipo di relazione è il numero di matricola assegnato ad uno studente universitario, che è unico ed identifica un solo individuo.

Le relazioni di cardinalità **molti-a-molti** (*M-M*) ricorrono abbastanza frequentemente tra le tabelle di una base di dati, e prevedono che più tuple di un'entità possano essere associate alla medesima tupla dell'altra entità e viceversa (Figura 18). Per esempio, su più modelli di autovetture può essere installato lo stesso optional e più optional possono essere installati sulla stessa vettura. Queste relazioni non possono essere direttamente implementate e gestite da un DBMS, pertanto vengono scomposte in due relazioni 1-M introducendo una **tabella di associazione**. In tal modo le entità partecipanti originarie saranno in relazione con la nuova tabella, che consentirà di mantenere l'informazione della relazione originaria con cardinalità M-M. Riprendendo l'esempio delle autovetture e degli optional, le tuple della tabella di associazione saranno tutte le possibili combinazioni uniche tra ogni autovettura e gli optional disponibili. La tabella delle autovetture e quella degli optional saranno in relazione 1-M con le rispettive informazioni della tabella di associazione (Figura 19).

Affinché un DBMS possa gestire correttamente le relazioni appena descritte è necessario utilizzare appositi strumenti, chiamati "chiavi".

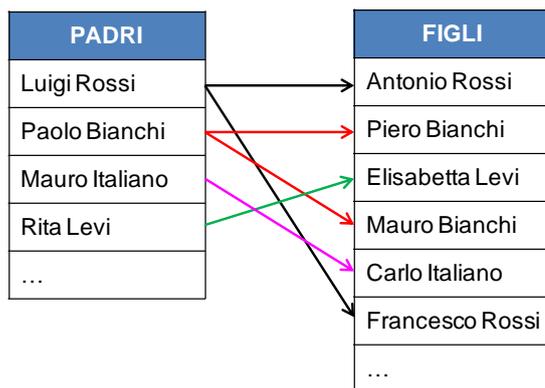


Figura 16 - Relazione 1-M

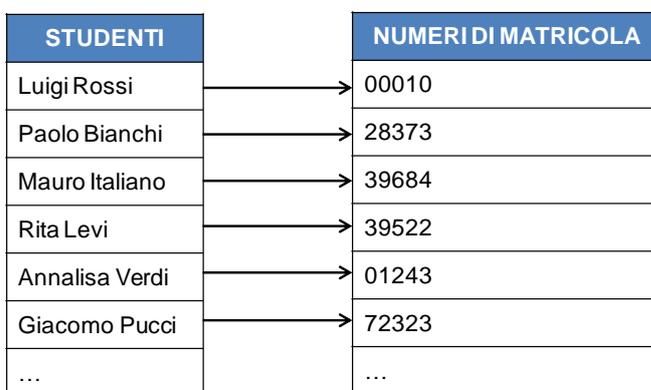


Figura 17 - Relazione 1-1

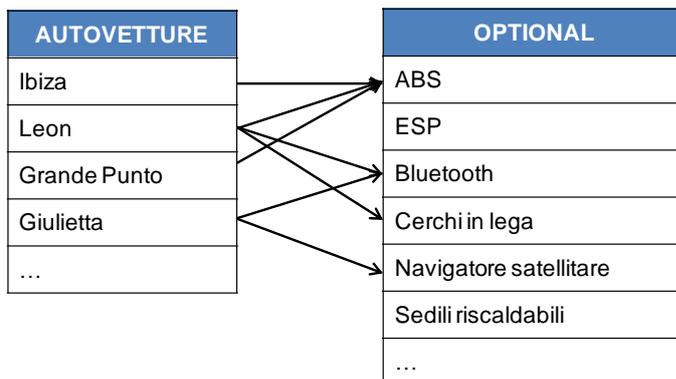


Figura 18 - Relazione M-M

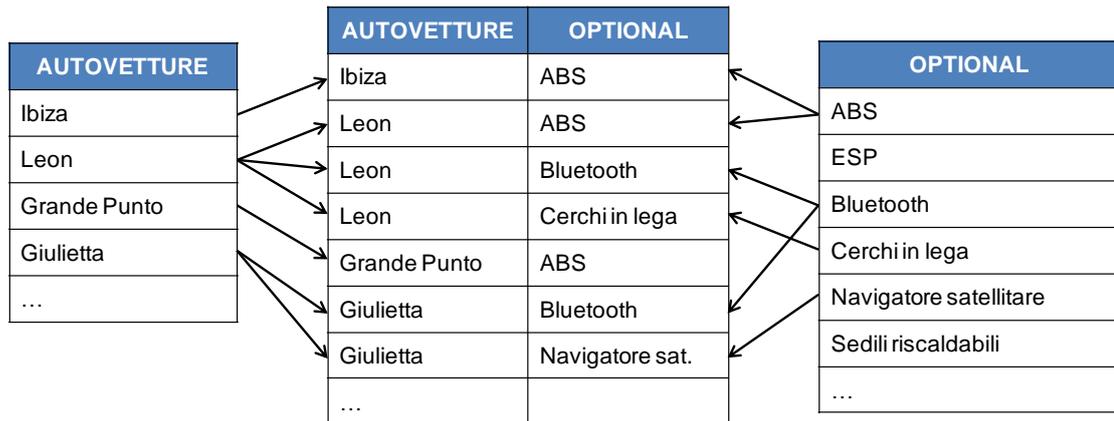


Figura 19 - Relazione M -M di Figura 18 scomposta in due relazioni 1-M

2.2.1. Chiavi candidate, chiavi primarie e chiavi alternative

Si è detto che il corpo di una tabella è un insieme di zero o più tuple, e che per definizione i record sono unici. Questa proprietà implica che ci debba essere una combinazione di attributi che identifichi univocamente le tuple, chiamata **chiave candidata** (candidate key). Per ogni tabella possono esistere una o più chiavi candidate, purché ognuna di queste identifichi univocamente le tuple. Un requisito fondamentale perché una combinazione di attributi sia considerata chiave candidata è che non siano compresi attributi non necessari all'identificazione univoca della tupla. In altre parole, la chiave deve essere irriducibile, ovvero deve essere utilizzata nella sua interezza per non dar luogo a record duplicati.

Sebbene sia possibile individuare più di una chiave candidata per una tabella, nelle implementazioni pratiche una sola di queste è designata come **chiave primaria** (primary key, **PK**). Qualora questa sia composta da più attributi, è definita chiave primaria composta (**PKc**). Nella maggior parte dei casi la **PK** è un numero intero, assegnato in maniera sequenziale alle tuple man mano che queste vengono inserite nella tabella. Nelle tabelle di associazione, invece, la **PK** è composta almeno dalle chiavi primarie delle tabelle di cui risolve la relazione M-M (Figura 15).

Infine, una chiave candidata che non viene scelta come **PK** viene definita **chiave alternativa** (alternate key). Per una specifica tabella, evidentemente, è possibile definire nessuna o più chiavi alternative.

La chiave primaria, oltre a garantire la presenza di record unici nella tabella, viene utilizzata per implementare nel DBMS le relazioni tra le entità del database definite nel modello-dati.

AUTOVETTURE		OPTIONAL		AUTOVETTURE – OPTIONAL	
ID_vettura	PK	ID_optional	PK	ID_vettura	PKc
Marca		Optional		ID_optional	
Modello		
Anno di serie					
Prezzo					
...					

Figura 20 - Chiavi primarie semplici e composte

2.2.2. Chiavi esterne e integrità referenziale

Una **chiave esterna** (foreign key, **FK**) è un attributo (o una combinazione di più attributi) di una tabella il cui contenuto è un sottoinsieme della popolazione della **PK** di un'altra tabella, e viene utilizzata per definire la relazione tra due entità. In altri termini, le informazioni raccolte in una tabella possono essere associate alle tuple di un'altra entità qualora la cella della **FK** dell'una abbia lo stesso valore della **PK** dell'altra (Figura 21). Ad esempio, supponendo di avere una tabella con l'elenco dei fratelli di una famiglia, ed un'altra con l'elenco dei nipoti ed il nome dei rispettivi padri, quest'ultima informazione costituisce una **FK** per identificare i figli di un dato fratello (**PK** nella tabella dei fratelli).

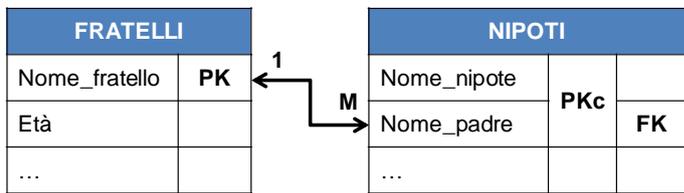


Figura 21 - Chiave esterna utilizzata in una relazione 1-M

Qualora una cella della **FK** dovesse contenere un valore senza corrispondenze nelle celle della **PK** si verificherebbe una violazione dell'**integrità referenziale**. Si ha

una vincolo di integrità referenziale tra due tabelle A e B quando un insieme di attributi in A definito chiave esterna **FK** soddisfa le seguenti due regole:

12. Gli attributi che compongono la **FK** di A hanno lo stesso dominio degli attributi che compongono la **PK** in B: si dice allora che gli attributi di **FK** si riferiscono alla tabella B;
13. Un valore di **FK** in un record di A viene riscontrato come valore di **PK** per un record di B: si dirà, allora, che la tupla di A si riferisce alla tupla di B.

2.2.3. Ridondanze e anomalie

L'inserimento in una singola tabella di informazioni eterogenee (ovvero appartenenti a entità di tipo diverso) può condurre a problemi di ridondanza ed a tre tipi di anomalia (Figura 22).

AUTONOLEGGIO				
Cliente	Vettura	Tariffa (€/giorno)	Inizio noleggio	Fine noleggio
Mario Rossi	Ibiza	30	01/01/2012	07/01/2012
Lucia Bianchi	Leon	35	31/02/2012	11/03/2012
Ettore Fava	Grande Punto	35	10/01/2011	10/02/2011
Mauro Italiano	Giulietta	50	06/06/2013	12/06/2013
...

Figura 22 - Tabella con attributi eterogenei, relativi alle entità “clienti” e “vettura”

Per **ridondanza** si intende la non necessaria ripetizione della stessa informazione in più tabelle con il conseguente spreco di spazio di memoria.

Per **anomalia di aggiornamento** si intende la necessità di dover ripetere, in caso di cambiamento di una informazione, la modifica della stessa in tutte le celle ove tale dato è duplicato.

Per **anomalia di inserimento** si intende la necessità di inserire un certo numero di informazioni, non strettamente necessarie, per poter inserire un nuovo specifico dato.

Per **anomalia di cancellazione**, infine, si intende l'indesiderata eliminazione di alcune informazioni in conseguenza della cancellazione di altre.

Per evitare l'insorgere dei problemi appena esposti, è bene decomporre le tabelle contenenti informazioni eterogenee in più sotto-tabelle, avendo cura di non perdere informazione in questo processo. Questa tecnica viene definita **decomposizione senza**

perdita (in inglese, *lossless decomposition*), e viene applicata ricorrendo al processo di normalizzazione delle tabelle del database.

2.3. NORMALIZZAZIONE

Il processo sistematico che consente di rettificare lo schema di un database che potrebbe presentare ridondanze ed anomalie, attraverso la decomposizione senza perdita delle tabelle, assume il nome di **normalizzazione**. Tale procedimento si estrinseca tramite la verifica della rispondenza del modello-dati a determinate proprietà dette **forme normali**.

Il processo di normalizzazione può essere immaginato come il compimento di una serie di test in grado di “certificare” che, durante il suo utilizzo, nel database non si distruggano dati attendibili né se ne creino di erronei.

Nell’ambito del presente lavoro sono state considerate le tre forme normali principali per poter definire un database come normalizzato.

Secondo la teoria relazionale introdotta da Codd, la costruzione del modello finale di una base di dati avviene partendo da uno schema relazionale iniziale non necessariamente normalizzato e trasformandolo in una successione di altri schemi intermedi, più efficienti dal punto di vista della gestione dei dati. Mediante le forme normali il programmatore può arrivare – per raffinamenti successivi – ad uno schema finale che rispetta tutte le proprietà di richieste ad un database, senza ridondanze né anomalie.

Terminata la costruzione del database nel rispetto delle forme normali che si è deciso di applicare, il progettista può volutamente avviare il processo inverso, chiamato **denormalizzazione**. Denormalizzare significa infrangere consapevolmente le regole della normalizzazione, ed è logico ricorrere a questa pratica soltanto in quei casi in cui la piena ottemperanza alle forme normali non permette di raggiungere gli obiettivi che il database è chiamato a svolgere. Ciò detto, è comunque indispensabile essere a conoscenza di quelli che possono essere i limiti che un modello-dati non normalizzato presenta, e prendere le dovute precauzioni per evitare l’insorgere di anomalie.

2.3.1. Le forme normali principali

Si dice che una tabella è normalizzata secondo la **prima forma normale** (1NF) quando tutti i valori in essa contenuti sono espressi in “forma atomica”.

Il vincolo dell'inserimento di **elementi atomici** (dal greco *àtomos*, indivisibile) impone che tutti gli attributi di una determinata tabella siano descritti tramite un solo valore, e non una matrice o una lista di valori. Se una lista di valori viene memorizzata in una singola cella, non vi è un modo semplice per manipolare i singoli valori e la lettura dei dati (e la loro estrazione) diventa molto più laboriosa e difficile da generalizzare. Inoltre, una tabella che interpreta correttamente la 1NF non dovrebbe presentare gruppi ripetuti.

AUTOVETTURE				
ID_auto	Marca	Modello	Prezzo di listino (€)	Optional
1	SEAT	Ibiza	12.250	ABS, ESP, Bluetooth
2	SEAT	Leon	11.900	Cerchi in lega
3	FIAT	Grande Punto	9.800	ESP, autoradio
4	Alfa Romeo	Giulietta	25.400	ABS, navigatore satellitare
...

Figura 23 - Tabella con attributi in forma non atomica

AUTOVETTURE				
ID_auto	Marca	Modello	Prezzo di listino (€)	Optional
1	SEAT	Ibiza	12.250	ABS
1	SEAT	Ibiza	12.250	ESP
1	SEAT	Ibiza	12.250	Bluetooth
2	SEAT	Leon	11.900	Cerchi in lega
3	FIAT	Grande Punto	9.800	ESP
3	FIAT	Grande Punto	9.800	Autoradio
4	Alfa Romeo	Giulietta	25.400	ABS
4	Alfa Romeo	Giulietta	25.400	navigatore satellitare
...

Figura 24 - Tabella rispondente alla 1NF. Gli attributi "ID_auto" e "Optional" costituiscono una **PKc**

Una tabella rispetta la **seconda forma normale** (2NF) se è normalizzata rispetto alla 1NF ed ogni sua colonna non-chiave è completamente dipendente dalla primary key (Figura 25). Ciò significa che i dati di una tabella devono essere sempre identificabili tramite la chiave primaria.

OPTIONAL		AUTOVETTURE			
ID_auto	Optional	ID_auto	Marca	Modello	Prezzo di listino (€)
1	ABS	1	SEAT	Ibiza	12.250
1	ESP	2	SEAT	Leon	11.900
1	Bluetooth	3	FIAT	Grande Punto	9.800
2	Cerchi in lega	4	Alfa Romeo	Giulietta	25.400
3	ESP
3	Autoradio				
4	ABS				
4	navigatore satellitare				
...	...				

Figura 25 – Tabelle rispondenti alla 2NF. Nonostante la decomposizione, le informazioni originarie sono ancora disponibili. Gli attributi della tabella “Optional” costituiscono una **PKc**, mentre la tabella “Autovetture” ha una PK (ID_auto) ed una chiave alternativa (Modello)

Una tabella rispetta la **terza forma normale (3NF)**, se è normalizzata rispetto alla 2NF e tutte le sue colonne non-chiave sono mutualmente indipendenti (Figura 26).

Un generico esempio di dipendenza tra campi è rappresentato dal caso in cui diverse colonne si presentano coinvolte in operazioni matematiche. Operazioni matematiche di questo genere non vengono svolte automaticamente dai software di gestione di database (come invece avviene nei fogli di calcolo); spetta quindi all’utente eseguire il calcolo ed immetterne il risultato nella cella corrispondente. Oltre a rappresentare una potenziale fonte d’errore, dunque, è preferibile evitare la concezione di campi di questo genere (che conducono palesemente ad anomalie di aggiornamento) e prevedere l’esecuzione delle operazioni di calcolo all’interno delle query.

AUTOVETTURE – OPTIONAL	
ID_auto	Id_Optional
1	1
1	2
1	3
2	4
3	2
3	5
4	1
4	6
...	...

AUTOVETTURE			
ID_auto	ID_casa	Modello	Prezzo di listino (€)
1	1	Ibiza	12.250
2	1	Leon	11.900
3	2	Grande Punto	9.800
4	3	Giulietta	25.400
...

OPTIONAL	
ID_optional	Optional
1	ABS
2	ESP
3	Bluetooth
4	Cerchi in lega
5	Autoradio
6	navigatore satellitare
...	...

CASE PRODUTTRICI	
ID_casa	Nome
1	SEAT
2	FIAT
3	Alfa Romeo
...	...

Figura 26 - Tabelle rispondenti alla 3NF. Grazie all'utilizzo delle chiavi, le informazioni iniziali sono preservate dalla decomposizione senza perdita

2.4. INTERROGAZIONI E DATI

2.4.1. Nozioni di SQL

SQL è un linguaggio per la gestione e l'interrogazione dei dati archiviati in un database relazionale (R-DBMS), il cui campo di applicazione è molto vasto ed include:

- l'inserimento/aggiornamento e la cancellazione di dati (DML, data manipulation language);
- l'interrogazione tramite query (DQL, data query language);
- la creazione e la modifica del database schema (DDL, data definition language);
- il controllo sull'accesso ai dati (DCL, data control language).

A dispetto di quanto definito nel suo nome, dunque, SQL non è soltanto un semplice linguaggio di interrogazione, ma include anche gli altri linguaggi tipici per la progettazione e la gestione/amministrazione dei database.

Le principali istruzioni utilizzate nell'ambito del presente lavoro sono riportate in Tabella 3, mentre in Figura 27 e Figura 28 viene fornito un esempio di interrogazione.

Tabella 3- Elenco dei comandi SQL utilizzati per la realizzazione e gestione del nuovo database

ISTRUZIONE	DESCRIZIONE
ALTER TABLE	Permette la modifica, l'aggiunta o l'eliminazione di attributi e vincoli in una tabella esistente
CREATE TABLE	Permette la creazione di una nuova tabella all'interno della struttura del database, e la definizione di relativi attributi, vincoli e chiavi primarie
CREATE VIEW	Permette la creazione di una vista di una o più tabelle di un database, ovvero una tabella virtuale in cui vengono riportati dati elaborati da una specifica query
DELETE	Permette l'eliminazione di singoli valori o di intere tuple di una tabella
DROP TABLE	Permette l'eliminazione di una tabella dalla struttura del database
DROP VIEW	Permette l'eliminazione di una vista dalla struttura del database
INSERT	Permette l'inserimento di dati in una tabella esistente
SELECT	Permette la selezione di dati presenti in una tabella esistente
UPDATE	Consente di modificare valori relativi a tuple già presenti in una tabella

```

SELECT modello, marca, costo_giornaliero
FROM Autonoleggio
WHERE totale > 100
ORDER BY totale
    
```

Figura 27 - Interrogazione della tabella "Autonoleggio" tramite query SQL. Selezione degli attributi modello, marca e costo giornaliero per le tuple che soddisfano la condizione totale > 100. I risultati vengono ordinati per totale crescente

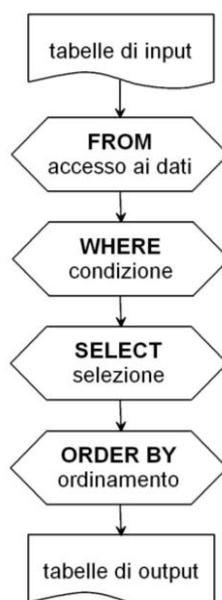


Figura 28 - Sequenza logica dell'esecuzione della query in Figura 27

2.4.2. Tipi di dati

Nell'ambito della teoria dei database il **tipo di dato** (nella bibliografia inglese, *datatype*) è un concetto essenziale nella creazione di una tabella, cui si è fatto accenno in precedenza. In ambiente informatico la definizione del tipo di dato è necessaria affinché i software possano interpretare in maniera esatta la valenza semantica delle variabili, sia quelle immesse dall'utente che quelle generate nelle fasi di esecuzione (Tabella 4). È dunque fondamentale, durante la fase di creazione delle tabelle, definire la tipologia di valori (ad esempio numeri interi, reali o stringhe di caratteri) che ogni colonna potrà contenere.

Tabella 4 - Tipi di dato supportati dal linguaggio SQL

Tipo di dato	Sintassi	Descrizione
Intero (4 byte)	integer	Numero intero dotato di segno (tra -2147483648 e 2147483647)
Intero (2 byte)	smallint	Numero intero dotato di segno (tra -32768 e 32767)
Numerico	numeric(p,s)	Numero intero, con parte decimale e precisione fisse. "numeric(6,2)" indica 4 cifre prima della virgola e 2 dopo la virgola
Decimale	decimal(p,s)	Numero intero, con parte decimale fissa e precisione variabile
Reale	real	Numero in virgola mobile (da -3.40E+38 a 3.40E+38)
Doppia precisione	double precision	Numero in virgola mobile (doppia precisione)
Float	float(p)	Numero in virgola mobile (permette di specificare la precisione)
Stringa di testo	char(x)	"x" indica la lunghezza della stringa da archiviare (Le stringhe più corte, vengono completata da spazi vuoti)
Stringa di testo (lunghezza variabile)	varchar(x)	"x" indica la lunghezza della stringa da archiviare (Le stringhe più corte, non vengono completata da spazi vuoti)
bit	bit	Archivia un solo bit (solitamente 1/0, per VERO/FALSO)
bit varying	bit varying(x)	"x" indica il numero di bit da archiviare
Data	date	Archivia una data nel formato yyyy/mm/dd
Ora	time	Archivia un orario nel formato hh:mm:ss
Data e ora	timestamp	Archivia una data ed un orario nel formato yyy/mm/dd,hh:mm:ss
Ora (con fuso)	time with time zone	Analogo al formato "time", ma archivia anche la zona UTC
Data e ora (con fuso)	timestamp with time zone	Analogo al formato "timestamp", ma archivia anche la zona UTC

Per informazioni più dettagliate sui tipi di dato e sulle regole di affinità, si rimanda alle trattazioni di letteratura specificate in bibliografia.

2.5. DBMS E R-DBMS

In informatica, un DBMS è un software progettato per consentire la creazione, la manipolazione e la gestione di un database.

Se in passato i DBMS erano diffusi principalmente presso grandi aziende e istituzioni (che potevano disporre dei mezzi economici richiesti per l'acquisto delle grandi infrastrutture hardware necessarie a realizzare un sistema di database efficiente), oggi il loro utilizzo è diffuso praticamente in ogni contesto e può essere ospitato su architetture hardware dedicate oppure su semplici personal computer o dispositivi mobili. Le basi di dati sono tipicamente:

- **grandi**, nel senso che possono avere dimensioni anche molto estese e talvolta maggiori della memoria centrale disponibile. Ovviamente possono esistere anche basi di dati “piccole”, ma i sistemi devono poter gestire i dati senza porre limiti alle dimensioni, eccezion fatta per quelle fisiche dei dispositivi;
- **condivise**, nel senso che applicazioni e utenti diversi devono poter accedere secondo opportune modalità a dati comuni, anche contemporaneamente. In quest’ottica si capisce l’importanza dell’assenza delle ridondanze di dati, al fine di scongiurare possibili disallineamenti;
- **persistenti**, cioè hanno un tempo di vita che non è limitato a quello delle singole esecuzioni dei programmi che le utilizzano.

Pertanto un DBMS efficiente deve garantire **affidabilità** (cioè la capacità del sistema di conservare sostanzialmente intatto il contenuto della base di dati in caso di malfunzionamenti hardware e software) e **privatezza** dei dati (assicurando che i diversi utenti vengano abilitati a svolgere soltanto determinate azioni sui dati, attraverso meccanismi di autorizzazione), e deve quindi essere **efficiente** (capace di svolgere operazioni più o meno complesse utilizzando le risorse disponibili per soddisfare le necessità degli utenti) ed **efficace** (devono rendere produttive le attività per le quali sono chiamati ad operare).

Ad oggi, la maggior parte dei DBMS (sia per quanto riguarda il software proprietario che quello libero) implementa il modello relazionale (R-DBMS). Tra questi, i più diffusi sono: Microsoft Access[®], Microsoft SQL Server[®], MySQL[®], Oracle[®], PostgreSQL e SQLite.

2.5.1. Microsoft Access®

Microsoft Access® è un R-DBMS che può gestire dati immagazzinati in formato Access/Jet, SQL Server, Oracle o qualsiasi altro formato compatibile con lo standard ODBC (Open Data Base Consortium); è distribuito all'interno della suite Microsoft Office® già a partire dai primi anni '90.

In Access un unico file comprende tutti gli elementi utilizzabili per lo sviluppo di applicazioni complete: tabelle, query, maschere, report, macro, pagine e moduli. È comunque possibile progettare applicazioni nelle quali si mantenga la separazione fisica tra tabelle di dati (back-end) ed i restanti elementi (front-end). Queste soluzioni permettono di migliorare la distribuzione e la manutenzione di applicazioni condivise tra più utenti.

Il geodatabase dei siti minerari realizzato dall'ISPRA è stato sviluppato con Microsoft Access '97. È presumibile che la scelta sia ricaduta su questo software perché, negli anni in cui si è scelto di procedere all'informatizzazione del censimento delle miniere italiane, Microsoft Access risultava certamente essere il DBMS più diffuso e con la più vasta documentazione tecnica reperibile.

2.5.2. Spatialite (e SQLite)

Spatialite è l'estensione per il supporto di dati spaziali del R-DBMS SQLite (Spatial R-DBMS). È un software con licenza open source e, a differenza di un R-DBMS di tipo convenzionale (tra cui MS Access®), utilizza il datatype GEOMETRY per immagazzinare e processare dati di tipo geometrico.

Il binomio SQLite / Spatialite, grazie alla notevole semplicità strutturale, rende possibile l'installazione e l'esecuzione di uno Spatial DBMS anche su dispositivi con limitate risorse hardware, quali PC obsoleti, smartphone e tablet.

Anche Spatialite, come MS Access®, memorizza l'intero database in un unico file monolitico, e può quindi essere utilmente impiegato anche come mezzo per la redistribuzione di contenuti geografici estremamente complessi.

Spatialite supporta svariate estensioni che consentono ad esempio di importare/esportare dati geografici nel diffuso formato ESRI Shapefile, oppure di caricare direttamente nei database tracciati di *routing* Exif/GPS, immagini in formato JPEG, file CSV o testuali.

Come strumenti a corredo del R-DBMS, Spatialite offre un *front-end* a riga di comando, una GUI SQL (dotata di editor di query) ed un visualizzatore/editor

cartografico; è comunque possibile utilizzare un database SpatiaLite in combinazione con numerose altre applicazioni FOSS, come ad esempio Quantum GIS.

Spatialite utilizza gli stessi tipi di dato supportati da SQLite, che ricorre a 5 “storage classes” alle quali vengono ricondotti i tipi di dato previsti dal linguaggio SQL standard:

- NULL, che identifica l’assenza di un valore (da non confondere con il valore nullo);
- INTEGER, che identifica un numero intero (dotato di informazione sul segno);
- REAL, che identifica un numero floating point;
- TEXT, che identifica una stringa di testo (immagazzinata secondo i sistemi di codifica UTF);
- BLOB, che identifica un set di dati (binari) immagazzinati nella forma con la quale immessi, in modo da consentire l’archiviazione di script in altri linguaggi di programmazione o dati di altra natura.

Com’è evidente, in SQLite non è prevista una specifica classe per i dati di tipo booleano; questi vengono immagazzinati di default come interi, e successivamente interpretati secondo la convenzione “0 = Falso, 1 = Vero”.

2.5.3. Vantaggi e svantaggi (ragioni tecniche della migrazione)

In sede di definizione degli obiettivi del presente lavoro, si è scelto di procedere ad una ristrutturazione dell’architettura della base di dati ed a una sua contemporanea migrazione verso uno Spatial R-DBMS; questo permette infatti, grazie alle capacità di gestione diretta di dati georiferiti che questi software possiedono, di dotare il database di quelle funzionalità di interrogazione spaziale che sono di certo interesse nell’ambito dello sviluppo di un geodatabase.

Nella scelta di uno Spatial R-DBMS, la preferenza è andata su SpatiaLite per una serie di ragioni che cercheremo sinteticamente di esporre.

Il binomio SQLite/Spatialite, com’è prevedibile, non rappresenta l’unico strumento disponibile per il soddisfacimento di quelle prerogative poc’anzi esposte; l’utilizzo del R-DBMS PostgreSQL e della sua estensione spaziale PostGIS, ad esempio, costituisce un mezzo assai affine in termini funzionali a quello scelto. I due strumenti differiscono però in termini architetture, essendo il binomio

PostgreSQL/PostGIS dotato di una maggiore complessità sistemistica che lo rende consigliabile principalmente laddove un'architettura client-server sia indispensabile.

Nella fase di progettazione e sviluppo di una nuova struttura del geodatabase, tuttavia, la disponibilità di un'architettura client-server non rappresentava un vincolo cogente. Qualora uno sviluppo in tal senso possa essere di interesse futuro, non è preclusa la possibilità della migrazione del database da SpatiaLite a PostGIS, che può essere agevolmente effettuata in uno step successivo.

Infine, non è stata trascurata quella che rappresenta un'ulteriore peculiarità di SpatiaLite: la caratteristica del salvataggio di intere basi di dati (con proprie strutture ed informazioni) all'interno di un unico file; se a questo si aggiunge il fatto che SQLite e SpatiaLite vengono rilasciati gratuitamente con licenza MPL (open source e free software) per diversi sistemi operativi, ci si accorge di quanto un database realizzato con tale strumento rappresenti una soluzione affidabile e versatile per il nostro intento.

CAPITOLO 3 IL DATABASE DELL'ATTIVITÀ MINERARIA DI ISPRA

Il database dell'attività mineraria italiana, concepito nell'ambito di un programma pluriennale di ricerca, è stato ideato dal Dipartimento di Ingegneria Chimica, Mineraria e delle tecnologie Ambientali (DICMA) dell'Università di Bologna e realizzato dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) in formato .mdb con l'ausilio del R-DBMS Microsoft Access '97. Le nozioni fornite in precedenza, riguardanti la progettazione delle basi di dati e la corretta interpretazione del modello relazionale, torneranno utili nel corso di questo capitolo, nel quale verranno descritte e commentate la struttura e le potenzialità del database, attraverso una panoramica che permetterà di comprendere l'architettura del suo schema logico e le relazioni esistenti tra le tabelle; saranno inoltre esposti i contenuti di queste ultime ed accennate brevemente alcune funzionalità offerte dall'interfaccia grafica dedicata, attraverso la quale è stata facilitata la fruizione dei contenuti del database. Verranno infine analiticamente ricercate e commentate le problematiche riscontrate nei vari livelli di analisi.

3.1. STRUTTURA DEL DATABASE

La struttura del database è piuttosto semplice, componendosi infatti di 15 tabelle (Figura 29); una di queste, la tabella *Siti*, viene identificata come principale e ad essa sono connesse – direttamente o indirettamente – tutte le altre.

Per poter meglio descrivere la struttura del database, sono stati individuati 4 gruppi di tabelle: queste, quindi, sono state raggruppate secondo specifiche affinità dei loro contenuti o del loro impiego. La tabella *Siti*, a causa della posizione prevalente che ricopre, non verrà fatta convergere in nessuno dei raggruppamenti.

I quattro gruppi possono essere identificati in Figura 29 e vengono schematicamente descritti con le denominazioni:

- **arte mineraria**: composto da tabelle che permettono di archiviare informazioni riguardanti aspetti tecnici e tecnologici dell'attività estrattiva, e consentirne la fruizione per la caratterizzazione delle miniere censite;

- **inquadramento territoriale:** composto da tabelle contenenti informazioni circa la suddivisione amministrativa del nostro Paese, descritta secondo 3 livelli di dettaglio (Comuni, Province, Regioni);
- **inquadramento geologico:** composto da tabelle contenenti informazioni riguardanti la caratterizzazione dei siti minerari da un punto di vista giacimentologico e mineralogico;
- **inquadramento amministrativo:** composto da tabelle che permettono di archiviare informazioni riguardanti i provvedimenti legislativi che hanno istituito le concessioni minerarie ed i soggetti responsabili dell'attività di coltivazione.

Nel prosieguo della trattazione si farà riferimento alle tabelle anche in relazione a quelle che sono le modalità del loro impiego nell'architettura del database. Verranno distinte *tabelle statiche* (popolate già in fase di programmazione) e *tabelle dinamiche* (da popolare nelle fasi di effettivo utilizzo ed immissione di dati del database); talvolta queste ultime si servono dei dati contenuti nelle tabelle statiche per arricchire la descrizione delle entità alle quali fanno riferimento.

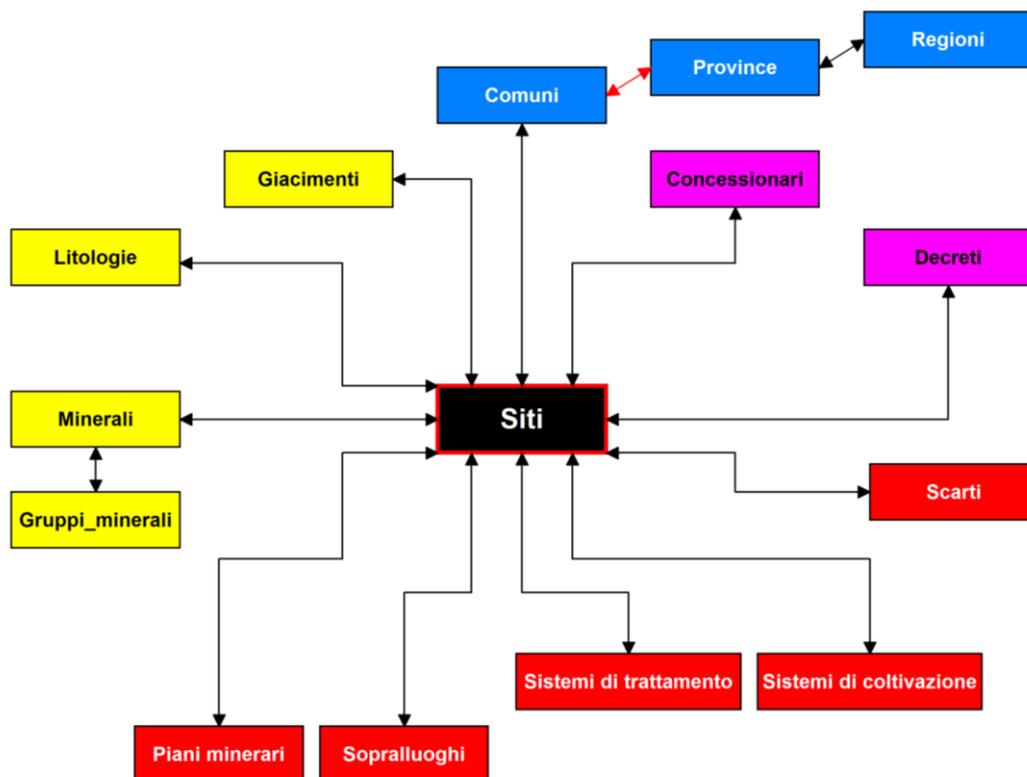


Figura 29 - Schema logico del database dell'attività mineraria di ISPRA

3.2. DESCRIZIONE DELLE TABELLE E DELLE TIPOLOGIE DI RELAZIONE

Procedendo secondo la suddivisione introdotta poc'anzi, le 15 tabelle verranno analizzate singolarmente e per ciascuna saranno approfondite le caratteristiche degli attributi di cui esse si compongono; a seguito di una breve spiegazione delle tipologie dei dati archiviati sarà possibile comprendere le modalità di associazione tra le diverse tabelle. La prima ad essere esposta è la tabella *Siti*, cardine dello schema logico del database.

3.2.1. Tabella Siti

La tabella *Siti* (Figura 30 e Tabella 5) è una tabella dinamica; si compone di ben 39 campi, ed è pertanto deputata all'archiviazione di una grande mole di informazioni; alcune di queste informazioni trovano approfondimento in altre tabelle del database, alle quali sono collegate grazie alla predisposizione di opportuni legami relazionali. Il popolamento della tabella *Siti* viene operato, durante la fase di utilizzo del database, con l'ausilio dell'interfaccia grafica appositamente progettata; tuttavia, questa operazione potrebbe anche essere svolta direttamente tramite DBMS, nel rispetto delle caratteristiche dei campi che ne costituiscono la struttura.

La tabella presenta informazioni riconducibili sostanzialmente a:

- dati amministrativi (ultimo concessionario, anno di inizio/fine coltivazione, estensione della concessione, produzione annua, profondità, ecc.);
- collocazione geografica (Comune, Provincia e Regione di competenza, quota, coordinate geografiche, tavoletta IGM, ecc.);
- aspetti ingegneristici (metodi di coltivazione e sistemi di trattamento);
- geologia e mineralogia (litologie superficiali ed incassanti, minerali estratti, ecc.);
- indici e valutazioni socio-ambientali (rischio statico-strutturale, potenziale turistico, ecc.);
- individuazione delle fonti bibliografiche (fonti, riferimenti).

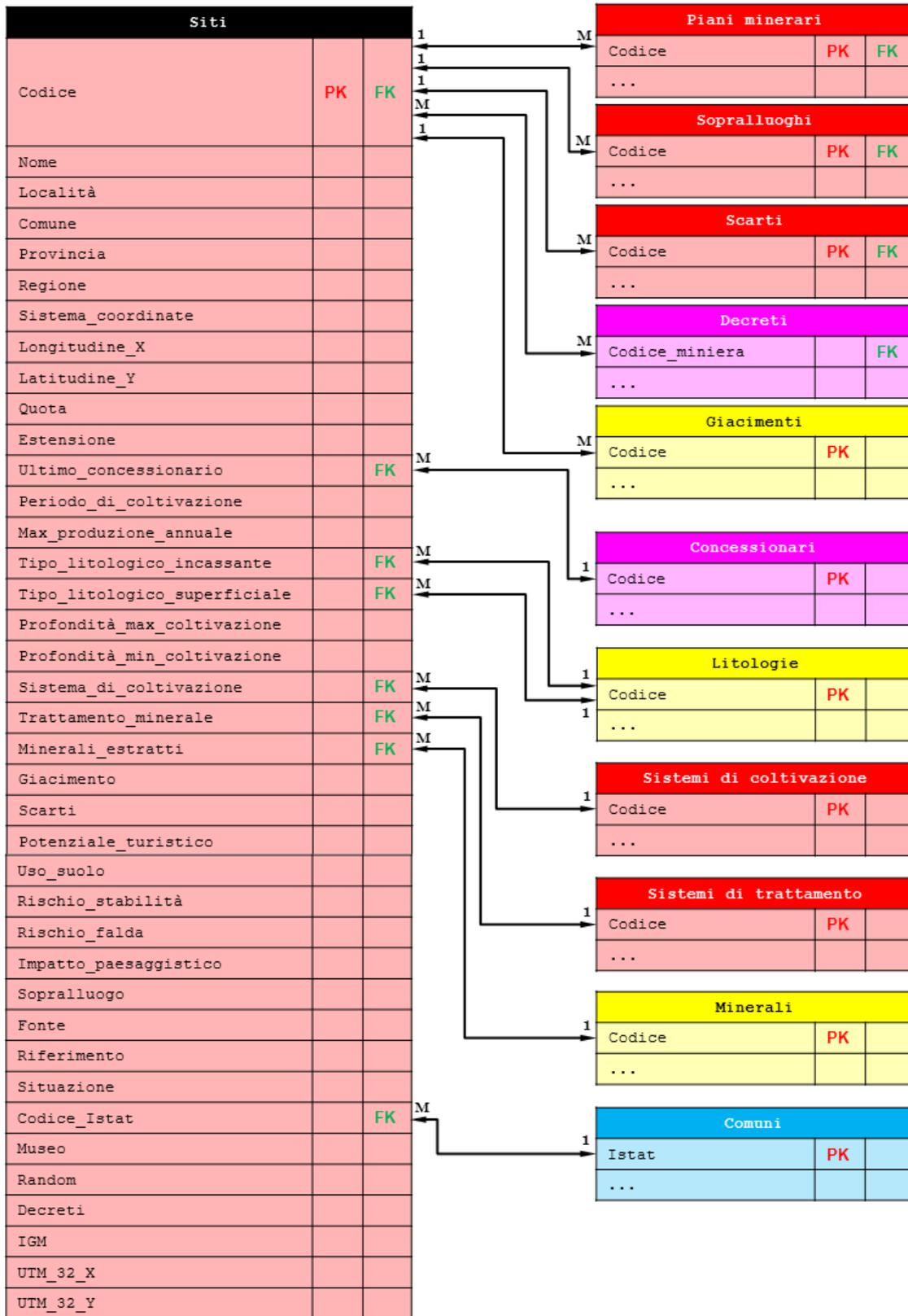


Figura 30 - Schema fisico della tabella Siti

Affinché sia possibile comprendere le modalità di archiviazione delle informazioni all'interno della tabella, verranno elencati e descritti gli attributi di cui essa si costituisce. Successivamente, verranno illustrate le peculiarità di alcuni campi per i quali si rende doveroso un approfondimento.

Tabella 5 - Descrizione degli attributi della tabella Siti. Il simbolo "*" indica un campo contraddistinto da popolamento obbligatorio.

Nome campo	Tipo	Descrizione
* Codice [PK]	TEXT	Codice alfanumerico identificativo del sito minerario
* Nome	TEXT	Denominazione del sito minerario
* Località	TEXT	Elenco dei toponimi in cui ricade il sito minerario
* Comune	TEXT	Nome del Comune in cui ricade il sito minerario
* Provincia	TEXT	Nome della Provincia in cui ricade il sito minerario
* Regione	TEXT	Nome della Regione in cui ricade il sito minerario
* Sistema_coordinate	TEXT	Sistema di riferimento geografico rispetto a cui sono forniti i campi "Longitudine_X" e "Latitudine_Y".
* Longitudine_X	REAL	Coordinata X del sito minerario (o del Comune in cui ricade, se quella del sito è ignota)
* Latitudine_Y	REAL	Coordinata Y del sito minerario (o del Comune in cui ricade, se quella del sito è ignota)
Quota	INT	Quota geografica di riferimento del sito minerario (m s.l.m.)
Estensione	REAL	Estensione della concessione mineraria (ha)
Ultimo_concessionario [FK]	INT	Codice numerico identificativo dell'ultimo titolare della concessione
Periodo_di_coltivazione	TEXT	Anno di inizio e fine coltivazione (nel formato yyyy/yyyy); viene indicato il valore "-999" quando il dato è sconosciuto
Piano_di_coltivazione	TEXT	Tipo di informazione ("Mappa", "Note", "Notizie varie") archiviata nella tabella Piani minerari.
Max_produzione_annuale	INT	Valore del picco di produzione annua del sito minerario (t/y)
Tipo_litologico_incassante [FK]	TEXT	Codici identificativi (separati dal carattere "/") delle litologie incassanti rilevate per il corpo mineralizzato del sito minerario
Tipo_litologico_superficiale [FK]	TEXT	Codici identificativi (separati dal carattere "/") delle litologie superficiali rilevate per il corpo mineralizzato del sito minerario
Profondità_max_coltivazione	INT	Massima profondità di coltivazione misurata dal p.c. (m)
Profondità_min_coltivazione	INT	Minima profondità di coltivazione misurata dal p.c. (m)
Sistema_di_coltivazione [FK]	TEXT	Codici identificativi (separati dal carattere "/") dei metodi di coltivazione utilizzati nel sito minerario

Nome campo	Tipo	Descrizione
Trattamento_minerale [FK]	TEXT	Codici identificativi (separati dal carattere "/") dei sistemi di trattamento del minerale utilizzati nel sito minerario
Minerali_estratti [FK]	TEXT	Codici identificativi (separati dal carattere "/") dei minerali estratti presso il sito minerario
Giacimento	TEXT	Informazioni sintetiche sulla caratterizzazione del corpo mineralizzato del sito minerario
Scarti	TEXT	Informazioni sintetiche sugli inquinanti rilevati negli scarti derivanti dall'estrazione e dal trattamento dei minerali presso il sito minerario
Potenziale turistico	TEXT	Indice descrittivo del potenziale turistico relativo al sito minerario ("A" = alto rischio, "M" = medio, "B" = basso, "MA" = medio-alto, "MB" = medio-basso)
Uso_suolo	TEXT	Uso del suolo riscontrato in superficie, per l'area della concessione relativa al sito minerario
Rischio_stabilità	TEXT	Indice descrittivo del rischio statico-strutturale relativo al sito minerario ("A" = alto rischio, "M" = medio, "B" = basso, "MA" = medio-alto, "MB" = medio-basso)
Rischio_falda	TEXT	Indice descrittivo del rischio ecologico-sanitario relativo al sito minerario ("A" = alto rischio, "M" = medio, "B" = basso, "MA" = medio-alto, "MB" = medio-basso)
Impatto_paesaggistico	TEXT	Indice descrittivo dell'impatto paesaggistico associato al sito minerario ("A", "M", "B", "BM", "M", "MM", "N"; legenda assente)
Sopralluogo	TEXT	Denominazione data al sopralluogo (se presente nella tabella Sopralluoghi) effettuato presso il sito minerario
* Fonte	TEXT	Elenco delle fonti bibliografiche (separate dal carattere "/") utilizzate per il reperimento delle informazioni utilizzate per il popolamento degli attributi relativi al sito minerario
* Riferimento	TEXT	Riferimenti ai volumi, alle pagine e/o alle tavole (separati dal carattere "¶") di ciascuna delle fonti bibliografiche elencate nell'attributo Fonte
* Situazione	TEXT	Contrassegno indicativo della situazione del sito minerario ("A" = sito abbandonato, "T" = sito attivo, "I" = sito inattivo, "P" = sito con permesso di ricerca)
* Codice_Istat [FK]	INT	Codice numerico identificativo del Comune in cui ricade il sito minerario
Museo	TEXT	Indice descrittivo delle potenzialità di riconversione/valorizzazione museale del sito minerario ("A" = riconversione museale in atto, "P" = in progetto, "N" = non prevista)
Random	REAL	Valore numerico reale assegnato in modo casuale all'atto dell'inserimento di un nuovo sito minerario in tabella.
Decreti	INT	Numero di decreti relativi al sito minerario, archiviati nella tabella Decreti
IGM	TEXT	Estremi della tavoletta IGM nella quale ricade il Comune di riferimento per il sito minerario
* UTM_32_X	REAL	Coordinata X del Comune in cui ricade il sito minerario
* UTM_32_Y	REAL	Coordinata Y del Comune in cui ricade il sito minerario

Gli attributi della tabella *Siti* sono popolati talvolta da dati direttamente inseriti dall'utente compilatore e riconducibili alla singola miniera (quota, estensione della concessione, ecc.), talvolta con codici **FK**, utilizzati per richiamare contenuti descrittivi che sono archiviati in altre tabelle del database (litologie, minerali estratti, sistemi di trattamento ecc.).

Tutte le miniere censite vengono associate ad un codice alfanumerico che, oltre a permettere l'univoca identificazione di ciascuna di esse, fornisce al lettore informazioni sintetiche. Il codice viene generato nella forma *TTRRPPPNNN*, in cui:

- *TT* identifica il tipo di coltivazione, ovvero:
 - MS per miniere in sotterraneo;
 - MA per miniere a cielo aperto;
 - MM per miniere a coltivazione mista;
- *RR* indica il codice numerico assegnato alla Regione in cui ricade il sito minerario;
- *PPP* indica il codice numerico assegnato alla Provincia in cui ricade il sito minerario;
- *NNN* è un numero progressivo.

Alcuni attributi della tabella consentono di dotare ogni sito minerario di un'indicazione relativa alla collocazione geografica, attraverso due tipologie di informazione (talvolta presenti allo stesso tempo):

- territoriale: identificando la Regione, la Provincia ed il Comune in cui esso ricade ed elencando i toponimi più prossimi;
- geografico: fornendo le coordinate (*Latitudine_X*, *Longitudine_Y*) rispetto ad un determinato sistema di riferimento geografico (*Sistema_coordinate*). Il sistema di riferimento adottato è l'UTM ED 50, e le coordinate si riferiscono talvolta al fuso 32, talvolta al fuso 33; la specificazione del ricorso all'una o all'altra soluzione viene effettuata proprio nel campo *Sistema_coordinate*, in cui possono comparire le diciture "UTM 32", "UTM 33" o "Comune". Quest'ultima viene utilizzata nel caso in cui non siano disponibili coordinate geografiche specifiche del sito minerario, che sarà dunque localizzato approssimativamente dalle coordinate del Comune in cui esso ricade.

È inoltre presente un gruppo di attributi predisposti per fornire una caratterizzazione del sito minerario tramite la presentazione di indici rappresentativi di determinati aspetti; è il caso dei campi `Potenziale_turistico`, `Rischio_stabilità`, `Rischio_falda`, `Impatto_paesaggistico` e `Museo`. Tali attributi vengono però popolati soltanto per un esiguo numero di siti minerali e – fatta eccezione per l'indice di stabilità statico-strutturale, presentato nel Capitolo 1 – le modalità di calcolo dei relativi indici non vengono presentate nel database, risultando pertanto ignote.

Esistono infine due campi tra i quali è possibile ricostruire una corrispondenza nei contenuti che vi vengono archiviati; ciascuna fonte bibliografica riportata nel campo `Fonte` viene infatti approfondita e dettagliata nel campo `Riferimento`. È dunque possibile ricreare, per ciascun sito minerario, l'associazione fonte-riferimento seguendo l'ordine di archiviazione di tali informazioni, intervallate in fase di immissione tramite il ricorso a speciali caratteri separatori (“/” e “¶”).

In Figura 31 sarà possibile riconoscere alcuni dei campi descritti e comprendere le modalità di archiviazione delle informazioni.

Codice	Nome	Località	Comune	Provincia	Regione	Sistema_coordinate	Longitudine_X	Latitudine_Y	Quota	Estensione
MA05024017	FANTONI	RECOARO TERME	RECOARO TERME	VICENZA	VENETO	Comune	672965	5063653		69
MA05024018	CERETTA	TRISSINO, C. PERONI, C. CERETTA	TRISSINO	VICENZA	VENETO	Comune	685078	5048526		90
MA05024020	COSTALUNGA	SOVIZZO, MONTECCHIO MAGGIORE, CA' PELLIZZARI	MONTECCHIO	VICENZA	VENETO	Comune	688880	5041875		186
MA05024022	S. MARTINO	BROGLIANO, CORNEDO VICENTINO, FRIZZI	BROGLIANO	VICENZA	VENETO	Comune	684802	5051267		320
MA05024024	S. URBANO	MONTECCHIO MAGGIORE, SOVIZZO, COVOLO, CIMITERO	MONTECCHIO	VICENZA	VENETO	Comune	688880	5041875		100
MA05024026	FONTANONE	SAN VITO DI LEGUZZANO, SCHIO	SAN VITO DI LEGUZZANO	VICENZA	VENETO	Comune	685142	5061717		132
MA05024028	CANOVA	MALO, MONTE MALO, S. VITO DI LEGUZZANO, CANOVA,	MONTE DI MALO	VICENZA	VENETO	Comune	684094	5059092		76
MA05024031	VALDIMOLINO	CASTELGOMBERTO, MONTECCHIO MAGGIORE	CASTELGOMBERTO	VICENZA	VENETO	Comune	686919	5050805		65
MA05024032	MONTE CROCE	BROGLIANO e TRISSINO	BROGLIANO	VICENZA	VENETO	Comune	684802	5051267	5000	145
MA05024038	PIANEGONDA	VALLI DEL PASUBIO	VALLI DEL PASUBIO	VICENZA	VENETO	Comune	675944	5067752		29
MA05024039	BERTOZZO	VANDERIA, LE GRAONE	SAREGO	VICENZA	VENETO	UTM 32	689830	5033500		155
MA05024042	COSTA FRATTE	POSINA, VALLI DEL PASUBIO, PASSO ZOMO	VALLI DEL PASUBIO	VICENZA	VENETO	Comune	675944	5067752		77
MA05024043	CROCE DI POPI	VALDAGNO, ALTISSIMO, MONTE BOCCA DEL LOVO,	VALDAGNO	VICENZA	VENETO	Comune	679575	5058064		180
MA05024044	MELEDO ALTO	SAREGO, FONTANA COPERTA, M. PIMPO	SAREGO	VICENZA	VENETO	Comune	688331	5031203		98

Codice	Tipo_litologico_incassante	Tipo_litologico_superficiale	Sistema_di_coltivazione	Trattamento_minerale	Minerali_estratti	Situazione	Codice_istat
MA05024017	.14./24.		.1.		.60./75.	A	05024084
MA05024018	.14./24.				.60./75.	A	05024110
MA05024020	.14./24.				.60./75.	A	05024061
MA05024022	.14./24.				.60./75.	A	05024017
MA05024024	.10./15.		.62.		.60./75.	T	05024061
MA05024026	.14./24.		.62.		.60./75.	T	05024096
MA05024028	.15.		.62.		.60./75.	T	05024063
MA05024031	.14./24.		.62.		.60./75.	A	05024028
MA05024032	.14./24.				.24./48./60./75.	A	05024017
MA05024038	.15.				.24./48.	A	05024113
MA05024039	.15.		.62.	.2./8.	.24./48.	T	05024098
MA05024042	.15.		.62.		.48.	A	05024113
MA05024043	.15.		.62.		.24./48.	T	05024111
MA05024044	.15.				.24.	A	05024098

Figura 31 – Stralcio del corpo della tabella Siti

3.2.2. Arte mineraria

Il gruppo relativo all'arte mineraria (Figura 32) si compone di 5 tabelle; in esse vengono archiviate informazioni afferenti l'inquadramento delle miniere dal punto di vista dell'ingegneria mineraria, che consentono la comprensione e l'approfondimento dei dati contenuti nei record della tabella principale. Sistemi di coltivazione e Sistemi di trattamento sono tabelle statiche, mentre Piani minerari, Sopralluoghi e Scarti, invece, sono tabelle dinamiche popolate essenzialmente durante la fase di utilizzo del database.

Tramite l'interfaccia grafica con la quale è possibile gestire il database non è consentito l'aggiornamento in maniera indipendente di nessuna delle tabelle di questo gruppo; tuttavia, è possibile popolarle durante la fase di inserimento o di modifica di nuovi record nella tabella Siti.

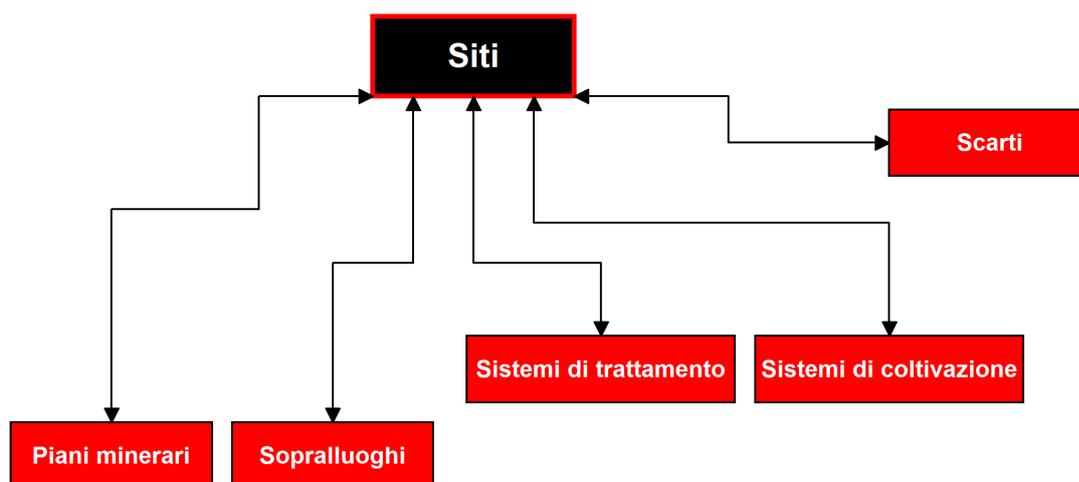


Figura 32 - Schema logico del gruppo "arte mineraria"

Tabella Sistemi di coltivazione

La tabella Sistemi di coltivazione (Figura 33 e Tabella 6) contiene una catalogazione dei metodi di coltivazione riscontrati nel panorama dell'attività mineraria censita. I contenuti qui archiviati sono stati in parte inseriti in una fase precedente alla distribuzione del database, ed in parte immessi da utenti compilatori che hanno operato per il popolamento del set di dati.

In Figura 34 sarà possibile riconoscere i campi descritti e comprendere le modalità di archiviazione delle informazioni.

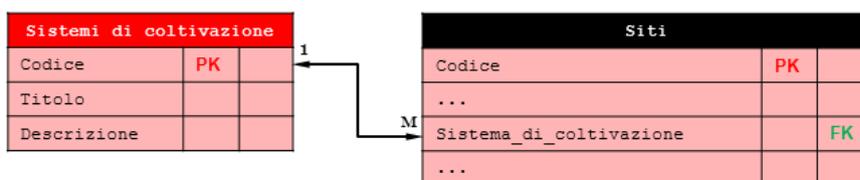


Figura 33 - Schema fisico della tabella Sistemi di coltivazione

Tabella 6 - Descrizione degli attributi della tabella Sistemi di coltivazione

Nome campo	Tipo	Descrizione
* Codice [PK]	INT	Codice numerico identificativo del metodo di coltivazione
* Titolo	TEXT	Denominazione del metodo di coltivazione
Descrizione	TEXT	Indirizzo di localizzazione del file contenente una descrizione del metodo

Codice	Titolo	Descrizione
48	Pilastrini abbandonati senza ordine prestabilito	\\Coltivazione\Pilastrini abbandonati senza ordine
49	Pilastrini abbandonati in posizione regolare prestabilita	\\Coltivazione\Pilastrini abbandonati in posizione regolare
50	Camere lunghe	\\Coltivazione\Camere lunghe.doc
51	Pilastrini lunghi	\\Coltivazione\Pilastrini lunghi.doc
52	Camere e pilastrini	\\Coltivazione\Camere e pilastrini.doc
53	Camere lunghe e franamento a fine coltivazione	\\Coltivazione\Camere lunghe e franamento a fine
54	Pilastrini lunghi e franamento a fine coltivazione	\\Coltivazione\Pilastrini lunghi e franamento a fine
55	Piccole trincee trasversali e franamento a fine coltivazione	\\Coltivazione\Piccole trincee trasversali e franamento a
56	Pilastrini artificiali	\\Coltivazione\Pilastrini artificiali.doc
57	Piccole trincee trasversali e ripiena totale	\\Coltivazione\Piccole trincee trasversali e ripiena
58	Ripiena parziale di pannelli contigui	\\Coltivazione\Ripiena parziale di pannelli contigui.doc
59	Livello diviso in due zone diversamente coltivate	\\Coltivazione\Livello diviso in due zone diversamente
60	Coltivazione a banchi	
61	Coltivazione per gradino rovescio e ripiena	
62	Coltivazione a gradini	

Figura 34 - Stralcio del corpo della tabella Sistemi di coltivazione

Tabella Sistemi di trattamento

La tabella Sistemi di trattamento (Figura 35 e Tabella 7) contiene una catalogazione dei sistemi di trattamento dei minerali estratti riscontrati nei siti minerari censiti. I contenuti qui archiviati sono stati in parte inseriti in una fase precedente alla distribuzione del database, ed in parte immessi da utenti compilatori che hanno operato per il popolamento del set di dati.

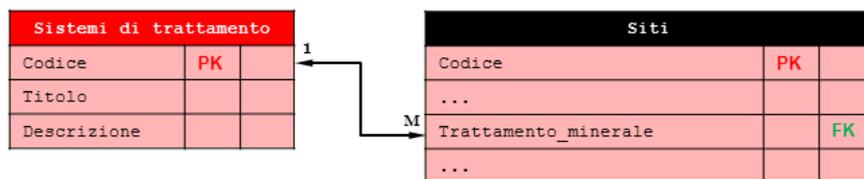


Figura 35 - Schema fisico della tabella Sistemi di trattamento

Tabella 7 - Descrizione degli attributi della tabella Sistemi di trattamento

Nome campo	Tipo	Descrizione
* Codice [PK]	INT	Codice numerico identificativo del sistema di trattamento
* Titolo	TEXT	Denominazione del sistema di trattamento
Descrizione	TEXT	Indirizzo di localizzazione del file contenente una descrizione del sistema

Tabella Piani minerari

La tabella Piani minerari (Figura 36 e Tabella 8) contiene informazioni e approfondimenti estrapolati dai piani minerari di alcuni siti minerari censiti.

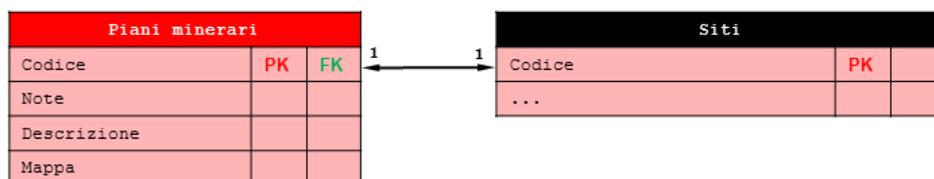


Figura 36 - Schema fisico della tabella Piani minerari

Tabella 8 - Descrizione dei contenuti della tabella Piani minerari

Nome campo	Tipo	Descrizione
* Codice [PK]	TEXT	Codice alfanumerico identificativo del sito minerario
* Note	TEXT	Estremi di localizzazione del piano minerario
Descrizione	TEXT	Indirizzo di localizzazione del file contenente informazioni estrapolate dal piano
Mappa	TEXT	Indirizzo di localizzazione del file contenente mappe estrapolate dal piano

Tabella Sopralluoghi

La tabella Sopralluoghi (Figura 37 e Tabella 9) contiene informazioni riguardanti gli eventuali sopralluoghi operati sui siti minerari censiti.

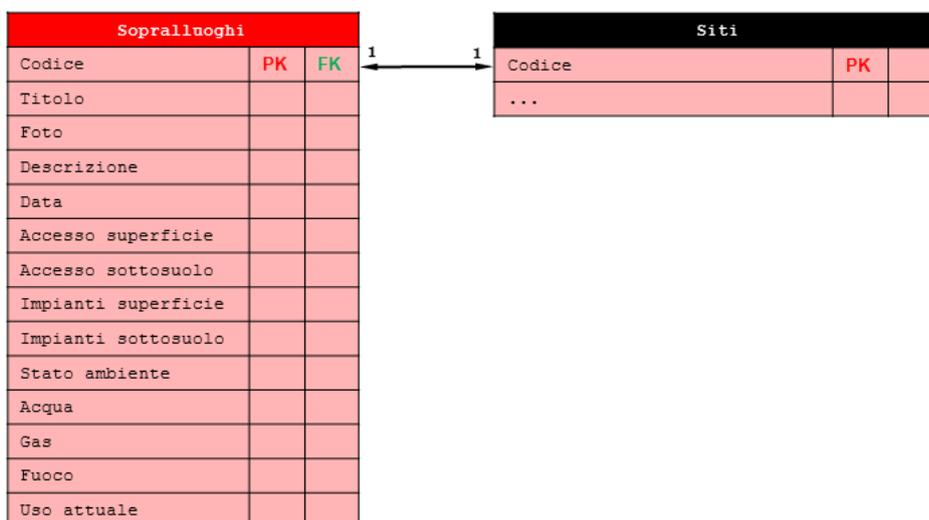


Figura 37 - Schema fisico della tabella Sopralluoghi

Tabella 9 - Descrizione degli attributi della tabella Sopralluoghi

Nome campo	Tipo	Descrizione
* Codice [PK]	TEXT	Codice alfanumerico identificativo del sito minerario
* Titolo	TEXT	Denominazione del sopralluogo
Foto	TEXT	Indirizzo di localizzazione del file di testo contenente foto del sopralluogo
Descrizione	TEXT	Indirizzo di localizzazione del file di testo contenente annotazioni
* Data	TEXT	Data di esecuzione del sopralluogo ("09/99/9999" se sconosciuta)
Accesso superficie	TEXT	Condizioni sull'accesso in superficie ("Buono", "Sufficiente", "Degradato")
Accesso sottosuolo	TEXT	Condizioni sull'accesso in sotterraneo ("Buono", "Sufficiente", "Degradato")
Impianti superficie	TEXT	Condizioni degli impianti in superficie ("Buono", "Sufficiente", "Degradato")
Impianti sottosuolo	TEXT	Condizioni degli impianti sotterranei ("Buono", "Sufficiente", "Degradato")
Stato ambiente	TEXT	Condizioni dell'ambiente circostante ("Buono", "Sufficiente", "Degradato")
Acqua	TEXT	Presenza di acqua in miniera ("SI", "NO", "ND" = dato non disponibile)
Gas	TEXT	Presenza di gas in miniera ("SI", "NO", "ND" = dato non disponibile)
Fuoco	TEXT	Presenza di fuoco in miniera ("SI", "NO", "ND" = dato non disponibile)
Uso attuale	TEXT	Descrizione dell'uso attuale degli ambienti pertinenti al sito minerario

Tabella Scarti

La tabella Scarti (Figura 38 e Tabella 10) si compone di 28 campi; essa contiene una serie di informazioni riguardanti gli scarti di lavorazione ed i rifiuti derivanti dall'attività di coltivazione nelle miniere censite.

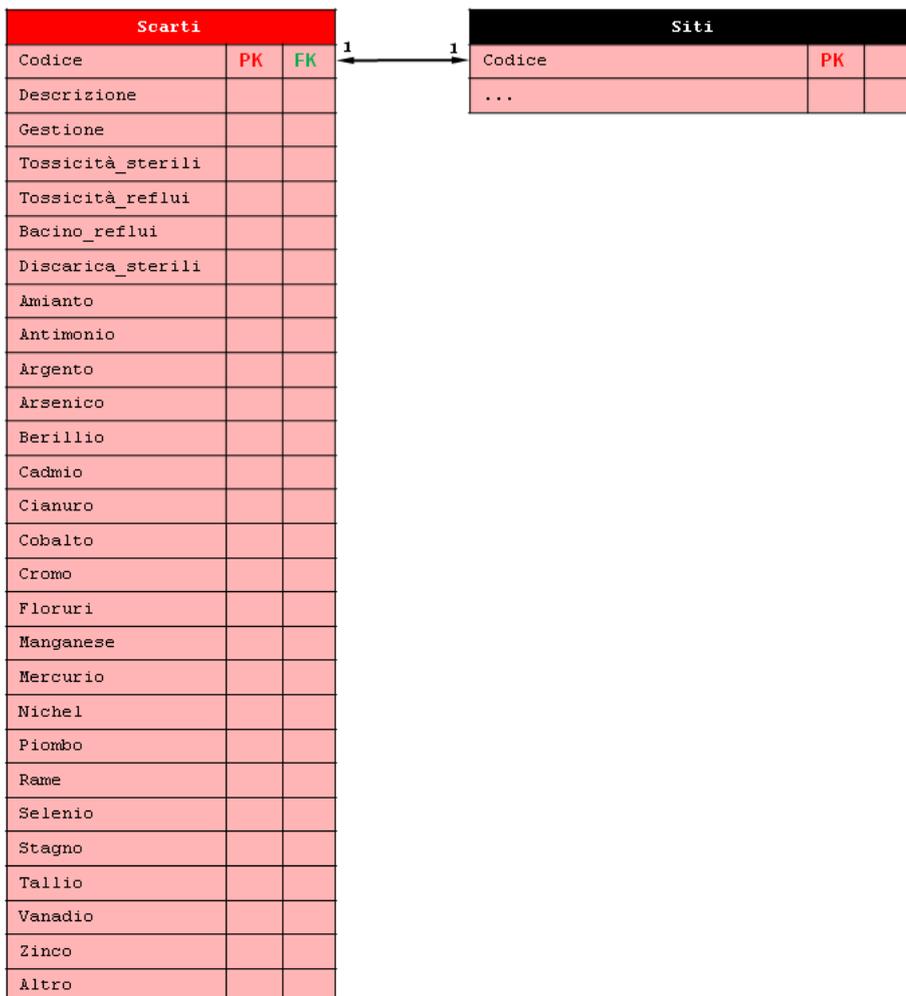


Figura 38 - Schema fisico della tabella Scarti

Tabella 10 - Descrizione degli attributi della tabella Scarti

Nome campo	Tipo	Descrizione
* Codice [PK] [FK]	TEXT	Codice alfanumerico identificativo del sito minerario
Descrizione	TEXT	Elenco degli inquinanti (separati dal carattere "/") per i quali è stato inserito un valore di concentrazione non nullo
Gestione	TEXT	Informazioni sintetiche sulla gestione dei rifiuti dell'attività estrattiva
Tossicità_sterili	TEXT	Indice descrittivo della tossicità degli sterili ("A" = alta, "M" = media, "B" = bassa)
Tossicità_reflui	REAL	Indice descrittivo della tossicità dei reflui ("A" = alta, "M" = media, "B" = bassa)
Bacino_reflui	REAL	Volume (m ³) del bacino di decantazione (se presente)
Discarica_sterili	TEXT	Volume (m ³) della discarica di sterili (se presente)
Amianto	REAL	Concentrazione di amianto rilevata (ppm), se ignota viene inserito il valore "-999"
Antimonio	REAL	Concentraz. di antimonio rilevata (ppm), se ignota viene inserito "-999"
Argento	REAL	Concentrazione di argento rilevata (ppm), se ignota viene inserito "-999"
Arsenico	REAL	Concentraz. di arsenico rilevata (ppm), se ignota viene inserito "-999"
Berillio	REAL	Concentrazione di berillio rilevata (ppm), se ignota viene inserito "-999"
Cadmio	REAL	Concentrazione di cadmio rilevata (ppm), se ignota viene inserito "-999"
Cianuro	REAL	Concentrazione di cianuro rilevata (ppm), se ignota viene inserito "-999"
Cobalto	REAL	Concentrazione di cobalto rilevata (ppm), se ignota viene inserito "-999"
Cromo	REAL	Concentrazione di cromo rilevata (ppm), se ignota viene inserito "-999"
Floruri	REAL	Concentrazione di fluoruri rilevata (ppm), se ignota viene inserito "-999"
Manganese	REAL	Concentr. di manganese rilevata (ppm), se ignota viene inserito "-999"
Mercurio	REAL	Concentr. di mercurio rilevata (ppm), se ignota viene inserito "-999"
Nichel	REAL	Concentrazione di nichel rilevata (ppm), se ignota viene inserito "-999"
Piombo	REAL	Concentrazione di piombo rilevata (ppm), se ignota viene inserito "-999"
Rame	REAL	Concentrazione di rame rilevata (ppm), se ignota viene inserito "-999"
Selenio	REAL	Concentrazione di selenio rilevata (ppm), se ignota viene inserito "-999"
Stagno	REAL	Concentrazione di stagno rilevata (ppm), se ignota viene inserito "-999"
Tallio	REAL	Concentrazione di tallio rilevata (ppm), se ignota viene inserito "-999"
Vanadio	REAL	Concentrazione di vanadio rilevata (ppm), se ignota viene inserito "-999"
Zinco	REAL	Concentrazione di zinco rilevata (ppm), se ignota viene inserito "-999"
Altro	TEXT	Informazioni aggiuntive su altri elementi pericolosi eventualmente rinvenuti

Inquadramento territoriale

Il gruppo relativo all'inquadramento territoriale (Figura 39) si compone di tre tabelle; in esse sono archiviati dati riguardanti la suddivisione territoriale italiana – suddivisa nei suoi livelli comunale, provinciale e regionale – che permettono che le informazioni sui siti minerari possano essere correttamente interpretate e ricercate su diverse scale di dettaglio. Le tabelle *Comuni*, *Province* e *Regioni* contengono informazioni quasi interamente derivate da tavole di aggiornamento periodicamente rilasciate dall'Istat (Istituto nazionale di statistica), in seguito alle operazioni di censimento della popolazione svolte sul territorio nazionale; i codici identificativi degli enti pubblici di governo vengono infatti riportati seguendo fedelmente la numerazione proposta dall'Istituto nazionale di statistica, riconosciuta a livello nazionale. I contenuti delle tre tabelle non sono modificabili tramite l'interfaccia grafica di supporto all'utilizzo del database dalla quale vengono gestite in modalità di *sola lettura*.

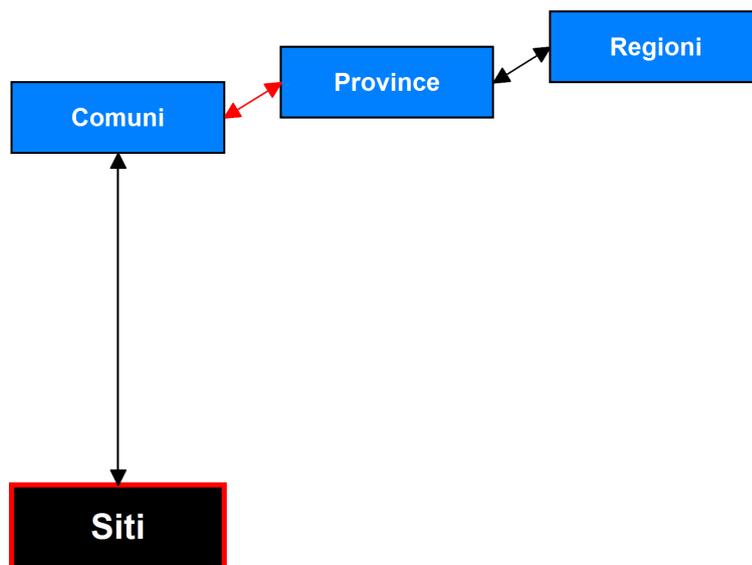


Figura 39 - Schema logico del gruppo "inquadramento territoriale"

Tabella Comuni

La tabella *Comuni* (Figura 40 e Tabella 11) contiene l'elenco dei Comuni italiani ed alcune informazioni aggiuntive su ciascuno di essi. I dati derivati dall'Istat fanno riferimento ad un aggiornamento precedente alla pubblicazione dei risultati del censimento della popolazione del 2001, ed in elenco compaiono alcuni Comuni che già a partire da quella data risultavano essere stati soppressi o soggetti ad operazioni di accorpamento.

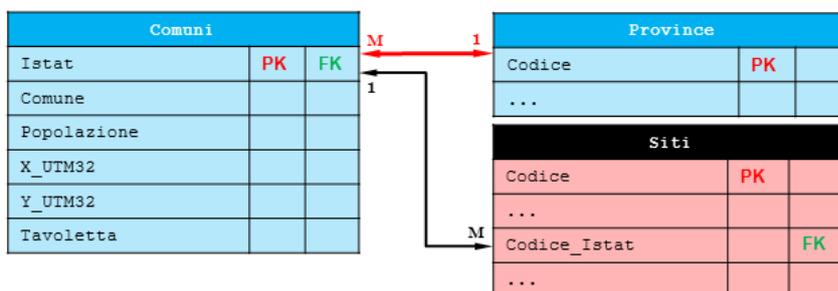


Figura 40 - Schema fisico della tabella Comuni

Tabella 11 - Descrizione degli attributi della tabella Comuni

Nome campo	Tipo	Descrizione
* Istat [PK] [FK]	TEXT	Codice numerico identificativo del Comune
* Comune	TEXT	Nome del Comune
Popolazione	INT	Popolazione residente
X_UTM32	REAL	Coordinata X del Comune in cui ricade il sito minerario
Y_UTM32	REAL	Coordinata Y del Comune in cui ricade il sito minerario
Tavolettina	TEXT	Estremi della tavoletta IGM nella quale ricade il Comune

Il codice numerico composto, identificativo di ciascun Comune, è immagazzinato come stringa di testo e si compone di 8 cifre: le prime due identificano la Regione di appartenenza del Comune, le successive tre ne identificano la Provincia, mentre le ultime tre costituiscono un contrassegno progressivo assegnato ad ogni Comune secondo l'ordine alfabetico. Oltre a ricoprire il ruolo di **PK**, il campo *Istat* è responsabile dell'associazione con altre tabelle del database; viene infatti richiamato nella veste di **FK** dalle tabelle *Siti* e *Province*. La relazione con la tabella

Province è resa possibile dalla struttura composta del codice, dal quale viene “estratto” e letto il gruppo di tre cifre che permette di identificare la Provincia.

In Figura 41 sarà possibile riconoscere i dei campi descritti e comprendere le modalità di archiviazione delle informazioni.

Istat	Comune	Popolazione	X_UTM32	Y_UTM32	Tavoletta
13069040	GESSOPALENA	1706	936499	4669551	147 II SO
13069041	GISSI	3136	959311	4667094	148 III SO
13069042	GIULIANO TEATINO	1326	935146	4697313	147 I NO
13069043	GUARDIAGRELE	9833	931326	4684285	147 I SO
13069044	GUILMI	585	953704	4664098	154 IV NO
13069045	LAMA DEI PELIGNI	1485	929509	4667605	147 III SE
13069046	LANCIANO	35723	944925	4689625	147 I SE
13069047	LENTELLA	783	970348	4665155	154 IV NE
13069048	LETTOPALENA	409	927383	4663048	147 III SE

Figura 41 - Stralcio del corpo della tabella Comuni

Tabella Province

La tabella Province (Figura 42 e Tabella 12) contiene l'elenco delle Province italiane. Anche i dati catalogati in questa tabella sono stati derivati da tavole presumibilmente riferite all'aggiornamento precedente alla pubblicazione dei risultati del censimento della popolazione del 2001, in quanto in elenco compaiono 103 Province (al 2001 erano già 107).

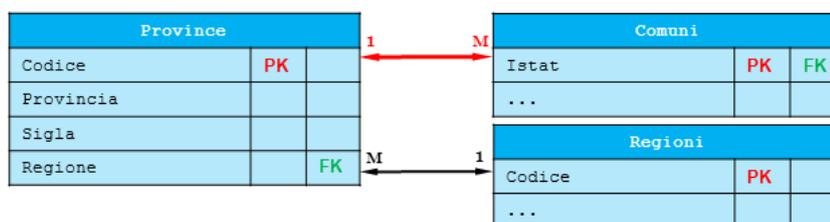


Figura 42 - Schema fisico della tabella Province

Tabella 12 - Descrizione degli attributi della tabella Province

Nome campo	Tipo	Descrizione
* Codice [PK]	TEXT	Codice numerico identificativo della Provincia (standard Istat)
* Comune	TEXT	Nome della Provincia
Sigla	TEXT	Sigla automobilistica della Provincia
Regione [FK]	TEXT	Codice numerico identificativo della Regione

Tabella Regioni

La tabella Regioni (Figura 43 e Tabella 13) contiene un elenco delle Regioni italiane. Anche i dati catalogati in questa tabella sono stati derivati da tavole di aggiornamento rilasciate dall'Istat.

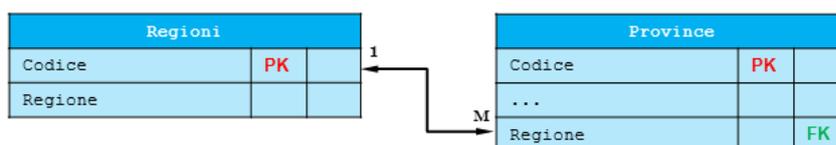


Figura 43 - Schema fisico della tabella Regioni

Tabella 13 - Descrizione degli attributi della tabella Regioni

Nome campo	Tipo	Descrizione
* Codice [PK]	TEXT	Codice numerico identificativo della Regione (standard Istat)
* Regione	TEXT	Nome della Regione

3.2.3. Inquadramento amministrativo

Il gruppo relativo all'inquadramento amministrativo (Figura 44) si compone di due sole tabelle, *Concessionari* e *Decreti*; in questo gruppo sono archiviati dati riguardanti gli aspetti amministrativi che riguardano i siti minerari censiti. La tabella *Concessionari* permette di ricostruire una sorta di albero dei soggetti che hanno o hanno avuto, per almeno un sito minerario, la qualifica di "ultimo concessionario". La tabella *Decreti*, invece, contiene informazioni sui provvedimenti emanati dagli organi di governo (di livello regionale o nazionale) che hanno istituito o interessato le concessioni minerarie censite. Entrambe le tabelle vengono popolate durante le fasi di utilizzo del database, ed i loro contenuti sono modificabili in maniera indipendente rispetto alle altre anche tramite l'interfaccia grafica di supporto all'utilizzo del database.

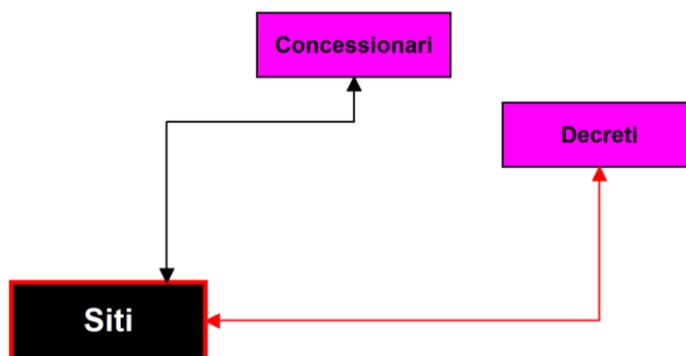


Figura 44 - Schema logico del gruppo "inquadramento amministrativo"

Tabella Concessionari

La tabella Concessionari (Figura 45 e Tabella 14) contiene un elenco dei soggetti (persone fisiche, enti pubblici o privati) che hanno o hanno avuto in concessione una o più miniere tra quelle censite. La tabella, per come è stata progettata e strutturata, permette di raccogliere soltanto le informazioni relative a quei soggetti (siano essi ancora operanti o meno) che sono ritenuti ultimi concessionari di una determinata miniera.

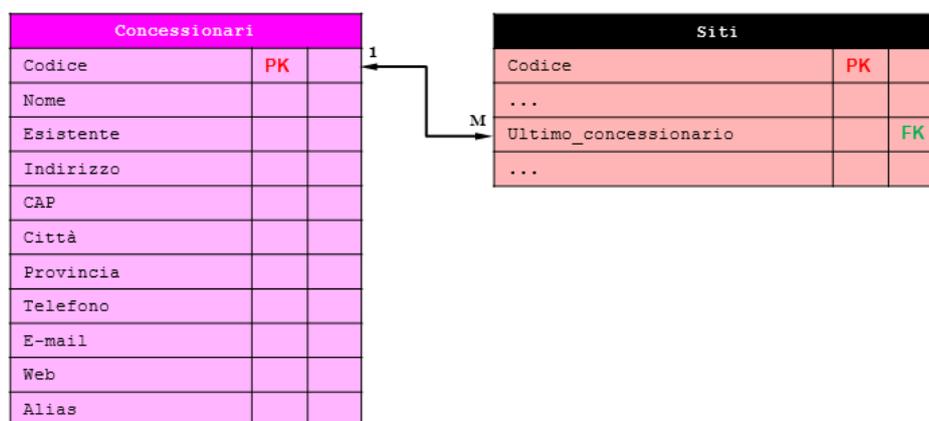


Figura 45 - Schema fisico della tabella Concessionari

Tabella 14 - Descrizione degli attributi della tabella Concessionari

Nome campo	Tipo	Descrizione
* Codice [PK]	INT	Codice numerico identificativo del soggetto concessionario
* Nome	TEXT	Denominazione completa indidentificativa del soggetto concessionario
Esistente	LOGICAL	Contrassegno logico ("VERO" o "FALSO")
Indirizzo	TEXT	Indirizzo della sede legale del soggetto concessionario
CAP	TEXT	Codice di avviamento postale relativo all'indirizzo
Città	TEXT	Nome del Comune relativo alla sede legale
Provincia	TEXT	Nome della Provincia relativa alla sede legale
Telefono	TEXT	Numero di telefono
E-mail	TEXT	Indirizzo di posta elettronica
Web	TEXT	URL del sito web del soggetto concessionario
Alias	TEXT	Denominazione abbreviata del soggetto concessionario

Tabella Decreti

La tabella Decreti (Figura 46 e Tabella 15) contiene un elenco dei decreti e dei provvedimenti normativi che hanno interessato i siti minerari catalogati nel database. La tabella, per come è stata progettata e strutturata, consente l'inserimento di record tra loro identici – in violazione ai criteri fondamentali del modello relazionale – ed in essa non è possibile identificare una **PK**.

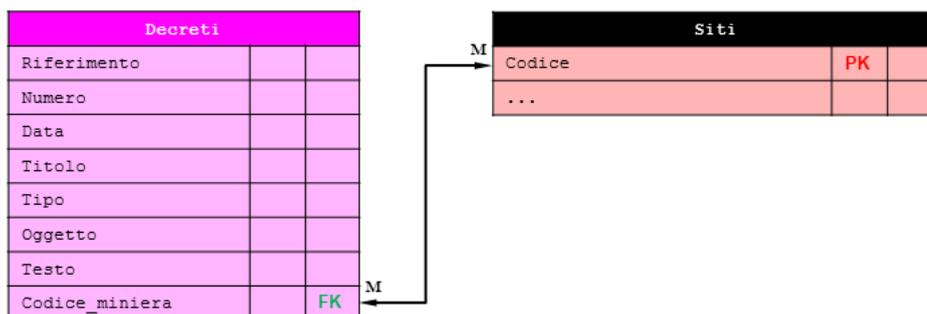


Figura 46 - Schema fisico della tabella Decreti

Tabella 15 - Descrizione degli attributi della tabella Decreti

Nome campo	Tipo	Descrizione
* Riferimento	TEXT	Indicazione della pubblicazione ufficiale di divulgazione del provvedimento ("GU" = Gazzetta Ufficiale della Repubblica, oppure "BUR" + nome Regione)
* Numero	INT	Numero progressivo associato al rilascio del provvedimento
* Data	TEXT	Data di rilascio della pubblicazione ufficiale (nel formato <i>dd/mm/yyyy</i>)
* Titolo	TEXT	Titolo del provvedimento
Tipo	TEXT	Tipologia di provvedimento ("Assessoriale", "Ministeriale", ecc.)
* Oggetto	TEXT	Elenco delle materie (separate dal carattere "/") oggetto del provvedimento ("Concessione", "Rinnovo", "Trasferimento", ecc.)
Testo	TEXT	Stralcio del testo del provvedimento
Codice_miniera [FK]	TEXT	Elenco dei codici alfanumerici (separati dal carattere "/") identificativi dei siti minerari interessati dal provvedimento

3.2.4. Inquadramento geologico

Il gruppo relativo all'inquadramento geologico (Figura 47) si compone di quattro tabelle, che consentono di caratterizzare i siti minerari catalogati secondo aspetti di giacimentologia e mineralogia. Le tabelle `Litologie`, `Minerali` e `Gruppi_minerali` possono essere considerate di tipo statico, in quanto i loro record sono stati quasi interamente inseriti durante la fase di programmazione del database per essere richiamati tramite le **FK** della tabella `Siti`. La tabella `Giacimenti`, invece, viene popolata durante le fasi di utilizzo del database allo scopo di particolareggiare la caratterizzazione di ciascun corpo mineralizzato sottoposto a coltivazione presso le miniere censite.

Tramite l'interfaccia grafica con la quale è possibile gestire il database non è consentito l'aggiornamento in maniera indipendente di nessuna delle tabelle di questo gruppo; tuttavia, è possibile popolarle durante la fase di inserimento o di modifica di nuovi record nella tabella `Siti` (ad eccezione della tabella `Giacimenti`, accessibile in modalità di *sola lettura*).

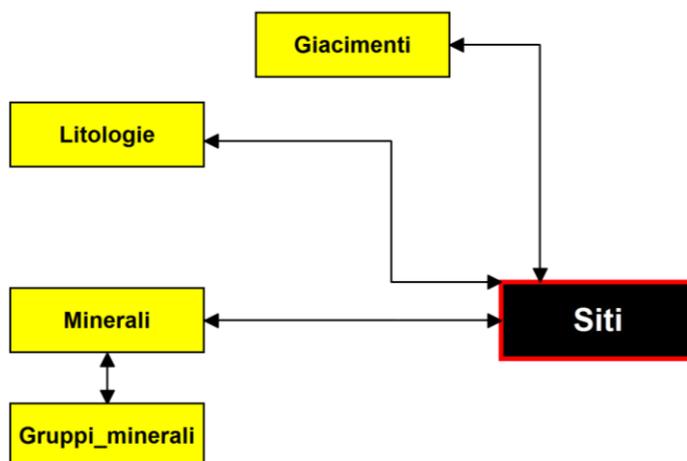


Figura 47 - Schema logico del gruppo "inquadramento geologico"

Tabella Giacimenti

La tabella `Giacimenti` (Figura 48 e Tabella 16) contiene una serie di informazioni per la caratterizzazione dei corpi mineralizzati sottoposti a coltivazione. Gran parte degli attributi della tabella `Giacimenti` (28 dei 36 totali) sono strutturati

per contenere variabili di tipo logico; tramite la definizione del valore “VERO” o “FALSO”, permettono di caratterizzare il corpo mineralizzato secondo:

- l'origine (plutonica, vulcanica, sedimentaria, metamorfica, di alterazione);
- la forma (ammasso, lente, ..., alluvionale, eluviale);
- la mineralizzazione (massiva, sparsa, ..., a coccarda, brecciata);
- la posizione (affiorante, superficiale, medio, profondo).

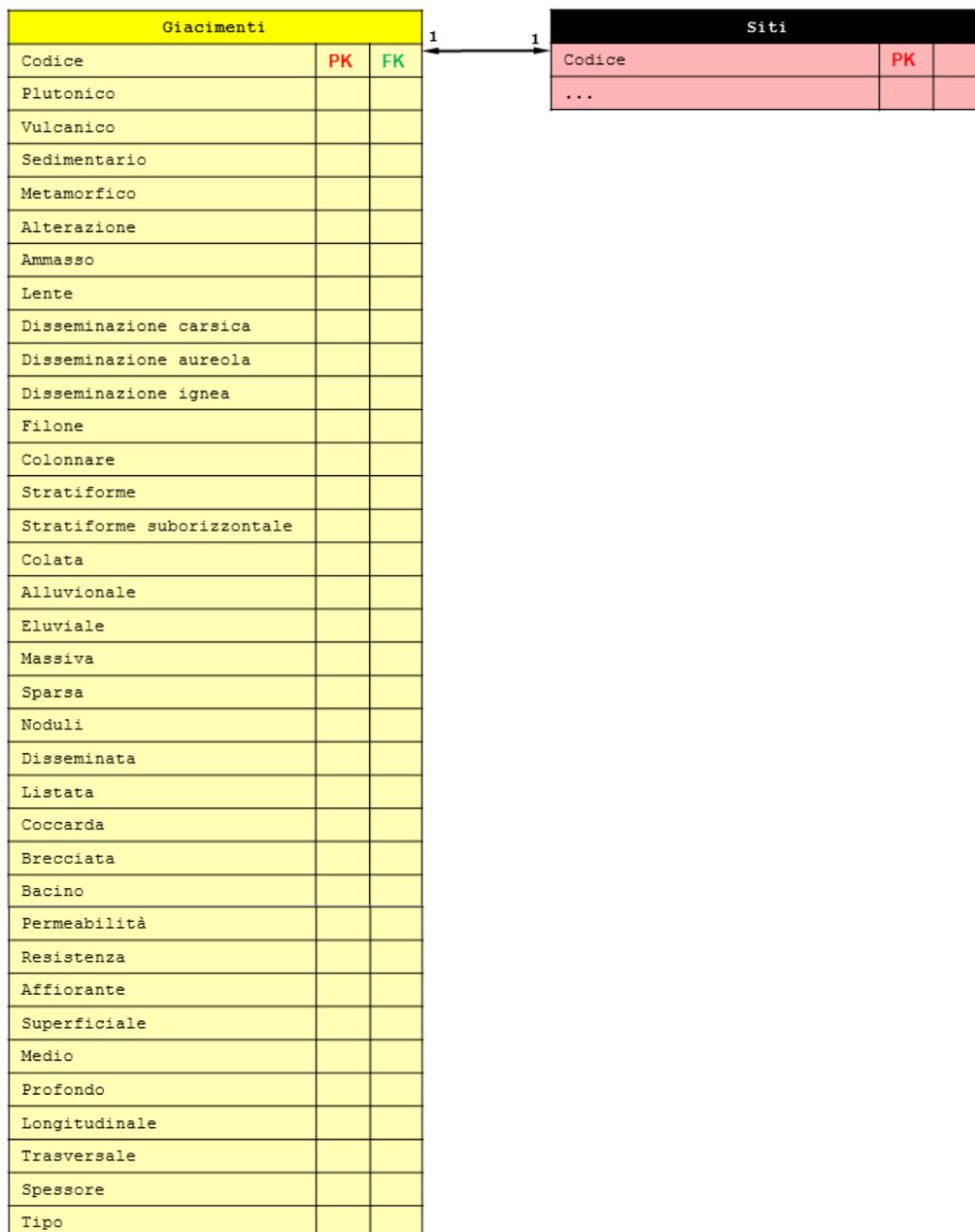


Figura 48 - Schema fisico della tabella Giacimenti

Tabella 16 - Descrizione degli attributi della tabella Giacimenti

Nome campo	Tipo	Descrizione
* Codice [PK]	TEXT	Codice alfanumerico identificativo del sito minerario
Plutonico	LOGICAL	Contrassegno logico ("VERO" o "FALSO") per la caratterizzazione dell'origine
Vulcanico	LOGICAL	Contrassegno logico per la caratterizzazione dell'origine
Sedimentario	LOGICAL	Contrassegno logico per la caratterizzazione dell'origine
Metamorfico	LOGICAL	Contrassegno logico per la caratterizzazione dell'origine
Alterazione	LOGICAL	Contrassegno logico per la caratterizzazione dell'origine
Ammasso	LOGICAL	Contrassegno logico ("VERO" o "FALSO") per la caratterizzazione della morfologia
Lente	LOGICAL	Contrassegno logico per la caratterizzazione della morfologia
Disseminazione carsica	LOGICAL	Contrassegno logico per la caratterizzazione della morfologia
Disseminazione aureola	LOGICAL	Contrassegno logico per la caratterizzazione della morfologia
Disseminazione igneo	LOGICAL	Contrassegno logico per la caratterizzazione della morfologia
Filone	LOGICAL	Contrassegno logico per la caratterizzazione della morfologia
Colonnare	LOGICAL	Contrassegno logico per la caratterizzazione della morfologia
Stratiforme	LOGICAL	Contrassegno logico per la caratterizzazione della morfologia
Stratiforme suborizzontale	LOGICAL	Contrassegno logico per la caratterizzazione della morfologia
Colata	LOGICAL	Contrassegno logico per la caratterizzazione della morfologia
Alluvionale	LOGICAL	Contrassegno logico per la caratterizzazione della morfologia
Eluviale	LOGICAL	Contrassegno logico per la caratterizzazione della morfologia
Massiva	LOGICAL	Contrassegno logico per la caratterizzazione della mineralizzazione
Sparsa	LOGICAL	Contrassegno logico per la caratterizzazione della mineralizzazione
Noduli	LOGICAL	Contrassegno logico per la caratterizzazione della mineralizzazione
Disseminata	LOGICAL	Contrassegno logico per la caratterizzazione della mineralizzazione
Listata	LOGICAL	Contrassegno logico per la caratterizzazione della mineralizzazione
Coccarda	LOGICAL	Contrassegno logico per la caratterizzazione della mineralizzazione
Brecciata	LOGICAL	Contrassegno logico per la caratterizzazione della mineralizzazione
Affiorante	LOGICAL	Contrassegno logico per la caratterizzazione della posizione
Superficiale	LOGICAL	Contrassegno logico per la caratterizzazione della posizione
Medio	LOGICAL	Contrassegno logico per la caratterizzazione della posizione
Profondo	LOGICAL	Contrassegno logico per la caratterizzazione della posizione
Bacino	TEXT	Informazione di natura sconosciuta relativa al bacino idrogeologico
Permeabilità	TEXT	Indice descrittivo della permeabilità del giacimento ("A" = alta, "M" = media, "B" = bassa)
Resistenza	TEXT	Indice descrittivo della resistenza del giacimento ("A" = alta, "M" = media, "B" = bassa)
Longitudinale	INT	Estensione longitudinale del giacimento (m)

Nome campo	Tipo	Descrizione
Trasversale	INT	Estensione trasversale del giacimento (m)
Spessore	INT	Potenza del giacimento (m)
Tipo	TEXT	Elenco degli attributi (separati da virgola) riguardanti la genesi, la morfologia e la mineralizzazione del giacimento contrassegnati dal valore "VERO"

Tabella Litologie

La tabella Litologie (Figura 49 e Tabella 17) contiene una catalogazione delle rocce che è possibile riscontrare come litologie superficiali o incassanti, per i corpi mineralizzati sottoposti a coltivazione presso i siti minerari censiti.

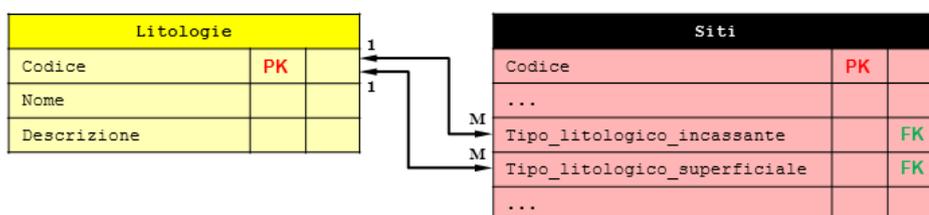


Figura 49 - Schema fisico della tabella Litologie

Tabella 17 - Descrizione degli attributi della tabella Litologie

Nome campo	Tipo	Descrizione
* Codice [PK]	INT	Codice numerico identificativo della litologia
* Nome	TEXT	Nome della litologia
Descrizione	TEXT	Descrizione dell'origine e/o delle caratteristiche della litologia

Tabella Minerali

La tabella Minerali (Figura 50 e Tabella 18) contiene una catalogazione dei minerali oggetto di coltivazione nei corpi mineralizzati dei siti minerari censiti.

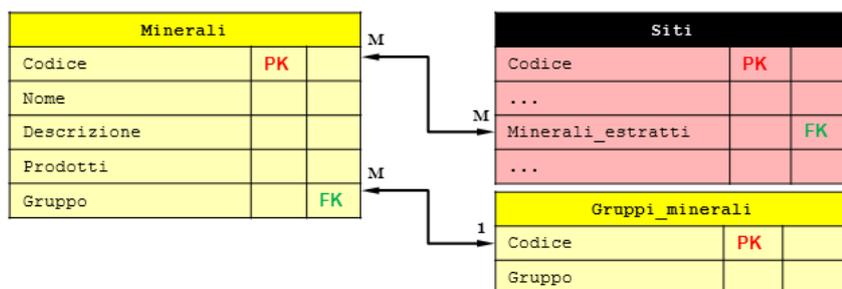


Figura 50 - Schema fisico della tabella Minerali

Tabella 18 - Descrizione degli attributi della tabella Minerali

Nome campo	Tipo	Descrizione
* Codice [PK]	INT	Codice numerico identificativo del minerale
* Nome	TEXT	Nome del minerale
Descrizione	TEXT	Descrizione dell'origine e/o delle caratteristiche del minerale
Prodotti	TEXT	Elenco di materie prime e/o prodotti (separati da virgola) ottenibili dal trattamento del minerale
Gruppo [FK]	INT	Codice numerico identificativo del gruppo di minerali

Tabella Gruppi_minerali

La tabella Gruppi_minerali (Figura 51 e Tabella 19) contiene una catalogazione delle classi di minerali che è possibile riscontrare nella coltivazione dei corpi mineralizzati.

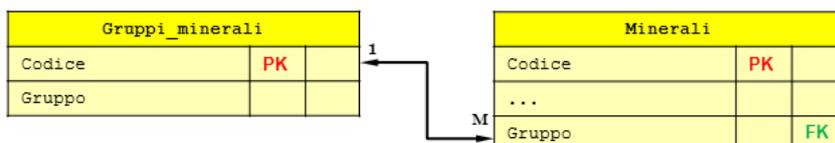


Figura 51 - Schema fisico della tabella Gruppi_minerali

Tabella 19 - Descrizione degli attributi della tabella Gruppi_minerali

Nome campo	Tipo	Descrizione
* Codice [PK]	INT	Codice numerico identificativo del gruppo di minerali
Descrizione	TEXT	Nome del gruppo di minerali

3.3. PROBLEMATICHE RISCONTRATE

L'analisi della struttura del database dell'attività mineraria italiana realizzato da ISPRA ha portato ad evidenziare una serie di criticità riguardanti talvolta l'architettura, talvolta i contenuti della base di dati stessa; le osservazioni sollevate circa le modalità di organizzazione delle tabelle ed alcune delle relazioni che le coinvolgono verranno ora presentate e discusse, in quanto la conoscenza di queste considerazioni è propedeutica alla comprensione del percorso logico che ha portato alla progettazione della nuova architettura proposta.

3.3.1. Presenza di ridondanze ed anomalie

Molte delle criticità rilevate riguardo ai contenuti delle tabelle del database – ed alle modalità della loro gestione – sono state evidenziate all'interno della tabella *Siti*; questa è caratterizzata dalla presenza di un elevato numero di attributi (ben 39), alcuni dei quali concepiti per contenere informazioni già presenti in altre tabelle (dunque ridondanti). L'alto numero di attributi, inoltre, non sembra giustificato dalla necessità di dotare l'entità “miniera” di una particolareggiata descrizione; al contrario, taluni campi sono progettati per contenere informazioni specifiche riferite ad altre entità, in ovvio contrasto con i criteri del modello relazionale.

Procedendo con ordine, si evidenzia come già i campi *Comune*, *Provincia* e *Regione* risultino ridondanti ed inessenziali: il collegamento tra una miniera ed il Comune di riferimento, di fatto, potrebbe essere esaustivamente ricostruito con l'ausilio del solo campo *Codice_Istat*. La presenza dei tre campi sopra citati è ritenuta dunque non necessaria, e potenzialmente responsabile di anomalie di aggiornamento.

Una ridondanza di altro tipo si evidenzia nelle celle relative ai campi *Longitudine_X* e *Latitudine_Y*, che possono contenere le coordinate geografiche della miniera oppure quelle del Comune di riferimento (qualora quelle della miniera non siano note); tralasciando l'ambiguità concettuale che il concepimento di attributo con

tali caratteristiche porta con se, ci si può limitare a considerare che, essendo le coordinate dei Comuni già presenti in altri campi della stessa tabella, esse rappresentano un'inutile ripetizione. Inoltre, più correttamente, le coordinate di ciascun Comune (così come le indicazioni sulla relativa tavoletta IGM) sono già archiviate nella tabella Comuni, e non dovrebbero trovare spazio in una tabella il cui scopo è quello di archiviare informazioni riguardanti l'entità "miniera".

Comune	Provincia	Regione	Sistema_coordinate	Longitudine_X	Latitudine_Y	IGM	UTM_32_X	UTM_32_Y
CASELETTE	TORINO	PIEMONTE	Comune	380655	4995934	56 III NO		
BALANGERO	TORINO	PIEMONTE	UTM 32	382950	5016560	56 IV NO	382950	5016560
USSEGLIO	TORINO	PIEMONTE	Comune	360359	5010518	55 I SO		
CASTELLAMONTE	TORINO	PIEMONTE	Comune	399328	5026416	42 II SO		

Figura 52 - Ridondanze evidenziate nella tabella Siti

Anche nella tabella Concessionari sono state rilevate ridondanze, causate dalla presenza di campi non attinenti alla giusta entità catalogata: è il caso degli attributi Città e Provincia. Da un punto di vista concettuale, la caratteristica "Provincia" attiene al Comune e non certo al concessionario, che è l'entità che vuol'essere descritta in questa tabella. Pertanto, l'associazione di un Comune con la relativa Provincia deve avvenire presso tabelle dedicate ed attraverso il corretto utilizzo delle chiavi primarie ed esterne.

Altro tipo di ripetizioni sono state riscontrate nelle tabelle Scarti e Giacimenti, ai rispettivi campi Descrizione e Tipo. Entrambi i campi prevedono l'archiviazione di informazioni sintetiche estrapolate dalle relative tabelle; l'attributo Descrizione della tabella Scarti, ad esempio, riporta una lista di quelli che sono gli inquinanti riscontrati presso il sito minerario in esame. Tale informazione, che potrebbe essere derogata ad una semplice query, viene inoltre replicata inaccessariamente nella tabella Siti, dove compare nella colonna denominata Scarti.

Codice	Descrizione	Cadmio	Cianuro	Fluoruri
MA20092048	Cadmio/Cianuro/Rame/Vanadio/Zinco	1	1	
MA20092049	Fluoruri			1
MA20092050	Cadmio/Cianuro/Fluoruri/Piombo/Zinco	1	1	1
MA20092051	Argento/Arsenico/Cadmio/Cianuro/Cobalto/Nichel/Piombo/Stagno/Zinco	1	1	
MA20092052	Fluoruri			1
MA20092053	Argento/Cadmio/Cianuro/Fluoruri/Piombo/Zinco	1	1	1

Figura 53 - Ridondanze evidenziate nella tabella Scarti

3.3.2. Violazioni delle forme normali

Alcune delle criticità fin'ora esposte hanno evidenziato – oltre a ripetizioni innesessarie di informazioni – casi di violazione delle forme normali. Spesso questo tipo di irregolarità si concretizza con il mancato rispetto della 1NF, presentando il popolamento degli attributi in forma non atomica. È il caso degli attributi Giacimento, Scarti, Sopralluogo, Fonte e Riferimento della tabella Siti (o del campo Prodotti della tabella Minerali), all'interno dei quali i dati vengono intervallati da simboli (“/”, “¶” o virgole) utilizzati come separatori.

Lo stesso tipo di violazione viene riscontrato nei contenuti dei campi Tipo_litologico_incassante, Tipo_litologico_superficiale, Sistema_di_coltivazione, Trattamento_minerale e Minerali_estratti, nei quali si è fatto ricorso all'inserimento di dati in forma non atomica allo scopo di instaurare una relazione di tipo multi-a-molti tra le diverse entità.

Anche il campo Piano_di_coltivazione può essere considerato popolato in forma non atomica: qui, le date di inizio e fine coltivazione vengono memorizzate (intervallate dal simbolo “/”) come stringa di testo, rendendo così più complicata qualsiasi manipolazione del dato numerico.

Codice	Nome	Sistema_di_coltivazione	Trattamento_minerale	Minerali_estratti
MA01001001	MONTE CALVO	.39.	.2.	.45.
MA01001002	SAN VITTORE	.39./69.	.2./5./26.	.5./37.
MA01001004	UJA E LAGO FELIN (USSEGLIO)			.37.
MA01001005	BALDISSERRO			.45.
MA01001007	VESPIA			.24./48.
MA01001008	ALPE DELLE FRASSE			.55.
MA01001009	LA VALLE			.24./48./75.
MA01002007	CERESEI VI			.24./48./81.

Figura 54 - Campi in forma non atomica nella tabella Siti

Il riscontro di violazioni delle forme normali, ad ogni modo, non è avvenuto nella sola tabella Siti. nella tabella Comuni, ad esempio, il campo Istat ospita un codice numerico complesso di 8 cifre il quale, oltre a fungere da identificativo del Comune, permette di estrapolare l'informazione relativa alla Provincia di competenza; sostanzialmente si verifica il ricorso al medesimo attributo per l'estrazione di due diversi dati, come se si fosse in presenza di un inserimento non atomico. La presenza di un ulteriore attributo contenente solamente il codice numerico identificativo della

Provincia, potrebbe eliminare la violazione, e rendere più semplice la gestione delle associazioni da e verso questa tabella.

Il problema dell'inserimento di dati in forma non atomica è stato aggirato nella tabella `Giacimenti` tramite il ricorso ai *repeating groups*; le caratteristiche che permettono di descrivere il corpo mineralizzato vengono infatti ripetute in una lunga serie di attributi, rendendo l'interrogazione di una tale struttura particolarmente lenta e complessa. Tale inaccortezza si riscontra anche per ciò che riguarda la tabella `Scarti`, nella quale ad essere ripetuti sono i nominativi degli elementi potenzialmente inquinanti (Figura 53).

La tabella `Decreti` rappresenta uno dei casi più complessi e problematici della progettazione e della gestione del database sviluppato da ISPRA; in essa possono essere riscontrate violazioni di tutte e tre le forme normali. La 1NF viene infranta con gli attributi `Codice_miniera` e `Oggetto`, concepiti per contenere (in forma non atomica) informazioni diverse separate da "/". L'assenza di una chiave primaria, infine, e la conseguente "indipendenza" della quale godono i vari attributi (contraria alla 2NF ed alla 3NF), hanno reso vulnerabile la tabella alla possibilità di inserimento di record ripetuti.

3.3.3. Criticità informatiche di altra natura

Talvolta alcune scelte progettuali operate nella definizione della struttura delle tabelle del database di ISPRA hanno condotto a problematiche non necessariamente dovute alla presenza di ridondanze o di violazioni delle forme normali. Ciò dimostra l'importanza della corretta definizione non solo dell'entità da catalogare in una tabella, ma anche dei tipi di dati da assegnare ai rispettivi attributi.

I campi `Uso_suolo`, `Fonte` e `Riferimento` della tabella `Siti` (definiti come stringhe di lunghezza variabile) permettono l'immissione di dati in forma testuale libera, dunque di difficile gestione a livello informatico. Il medesimo inconveniente si riscontra nella tabella `Concessionari`, nella quale i campi `Città`, `Provincia`, `Riferimento`, `Tipo` e `Oggetto` possono essere popolati in forma libera con stringhe di testo di lunghezza variabile; ciò ha portato al verificarsi di errori di digitazione o casi di ambiguità (come l'esistenza di entrambe le diciture "MI" e "Milano" ad indicare chiaramente la stessa Provincia), che minano l'affidabilità dei risultati delle interrogazioni del database.

Codice	Nome	Esistente	Città	Provincia
8	S.p.A. Mineraria Italiana	1	Milano	Milano
9	CISAM Mineraria S.a.s.	0	Marcheno	Brescia
11	Silana Mineraria S.r.l.	0	Milano	MI
12	Montecatini - Società generale per l'industria	0	Milano	MI
13	SAVA Soc. Alluminio Veneto per Azioni	0	ROMA	RM
14	S.A.M.I.P. Soc. An. Mineraria Isole Pontine	0	Roma	RM
15	Italcementi S.p.a. - Fabbriche riunite cemento	0	Bergamo	BG
16	Italmineraria S.p.A.	0	Mialno	Milano
26	Ditta Ferrante Valentino	0		

Figura 55 - Errori di digitazione e ambiguità riscontrati nella tabella *Concessionari*

Altri tipi di perplessità possono essere sollevati circa le modalità di concepimento di alcune relazioni: la tabella *Sopralluoghi*, ad esempio, permette l'associazione al più di un solo sopralluogo per ciascun sito minerario. Qualora fossero reperite informazioni riguardanti una seconda e più recente ispezione bisognerebbe eliminare i dati relativi alla prima, al fine di scongiurare malfunzionamenti del database. Analogamente accade per la tabella *Piani minerari*, tramite la quale non è possibile relazionare ad una miniera più di un piano minerario (a meno che non se ne facciano confluire le informazioni in un unico file di testo).

Esistono, inoltre, alcuni attributi che non sono stati opportunamente descritti nel manuale a corredo del database; ciò ne ha generato un erroneo o mancato utilizzo da parte degli utenti. Il campo *Esistente* della tabella *Concessionari*, ad esempio, presenta una problematicità che non è stata appropriatamente valutata in fase di progetto; il fatto che questo attributo di tipo logico sia stato dichiarato "obbligatorio" impone che venga inserito un valore ("VERO" o "FALSO") anche qualora l'informazione sull'esistenza del soggetto concessionario fosse ignota.

Analoghe critiche possono essere mosse nei confronti del campo *Bacino* della tabella *Giacimenti*, attributo di tipo testuale che non contiene alcun informazione per nessuno dei 2763 corpi mineralizzati censiti (a causa della mancata descrizione della natura del dato che dovrebbe archiviare).

3.3.4. Standardizzazione dei contenuti

Un'ultima osservazione viene riservata alla scelta dei criteri di descrizione delle entità catalogate nel database. Le definizioni utilizzate per definire l'origine, la forma e la mineralizzazione dei giacimenti non trovano riscontro completo e rigoroso nella letteratura specialistica.

Lo stesso discorso è valido per i contenuti delle tabelle Litologie, Minerali, Gruppi_minerali, Sistemi di coltivazione e Sistemi di trattamento. Inoltre, l'utente può liberamente inserire nuove definizioni, poiché non è stato rigidamente definito il dominio delle stesse. Ciò ha comportato il proliferare di definizioni non riconducibili a qualsivoglia standard di classificazione, nonché di informazioni duplicate o l'introduzione di errori di digitazione.

CAPITOLO 4 PROGETTAZIONE DEL NUOVO GEODATABASE DELL'ATTIVITÀ MINERARIA ITALIANA

La riprogettazione del database elaborato da ISPRA nasce dalla volontà di raggiungere diversi obiettivi, ovvero:

- adeguare gli strumenti informatici utilizzati alle nuove tecnologie disponibili ed alla possibilità di sfruttare nuove funzionalità;
- soddisfare le richieste della Direttiva Europea, inventariando e caratterizzando le discariche minerarie;
- renderne più flessibile l'architettura, consentendone l'utilizzo per finalità diverse da quelle considerate nell'ambito del presente lavoro.

Nello sviluppo della nuova architettura si è avuto cura di conservare i dati già archiviati all'interno del database esistente, cercando di individuare ed eliminare le informazioni erroneamente inserite o acquisite (vedi Capitolo 0). Ciò ha comportato la realizzazione di una struttura strettamente rispondente alle prime tre forme normali e quindi in grado di garantire l'assenza di qualsiasi anomalia o ridondanza.

Inoltre, sono state implementate nuove modalità di inserimento dei dati all'interno del database al fine di evitare errori di compilazione, e si è provveduto ad una revisione dei contenuti di diverse tabelle, affinché avessero un riscontro rigoroso nella bibliografia specialistica.

La struttura "elementare" del database consente di utilizzare i dati archiviati per ricavare informazioni di varia natura (di interesse statistico, storico industriale/minerario, pianificazione territoriale, valutazione dei rischi ambientali, ecc.).

4.1. STRUTTURA DEL DATABASE

Obiettivo centrale dell'attività di progettazione è stata la caratterizzazione delle miniere e delle relative discariche, che rappresentano le entità di primario interesse del lavoro di ricerca.

Suddividendo le tabelle in relazione alle entità che esse descrivono, i contenuti del database sono stati ripartiti in 5 gruppi, ovvero (Figura 56):

- **arte mineraria:** le tabelle afferenti a questo gruppo contengono informazioni riguardanti aspetti tecnico-ingegneristici (metodi di coltivazione, sistemi di trattamento, ecc.) e dati di interesse per la caratterizzazione delle miniere censite (informazioni acquisite durante i sopralluoghi, riferimenti bibliografici e variazioni occorse nel tempo);
- **discariche minerarie:** le tabelle contenute in questo gruppo permettono di archiviare informazioni riguardanti la caratterizzazione delle discariche associate all'attività mineraria (tipologia di materiale conferito, riferimenti bibliografici) ed il potenziale di rischio ambientale (concentrazioni residue di minerali utili, presenza di contaminanti);
- **inquadramento territoriale:** in questo gruppo sono collocate quelle tabelle che descrivono la suddivisione amministrativa della Repubblica Italiana (toponimi, Comuni, Province, Regioni);
- **inquadramento geologico:** in questo gruppo sono collocate quelle tabelle contenenti informazioni riguardanti la caratterizzazione (genesì, morfologia, mineralizzazione) dei corpi mineralizzati sottoposti a coltivazione e l'identificazione dei minerali estratti;
- **inquadramento amministrativo:** le tabelle contenute in questo gruppo servono ad archiviare informazioni riguardanti i provvedimenti legislativi di concessione mineraria ed a censire i soggetti responsabili dell'attività di coltivazione (concessionari).

Le tabelle, in funzione del loro impiego nell'architettura del database, sono state distinte in **tabelle statiche** (i cui contenuti sono stati definiti in fase di programmazione), **tabelle dinamiche** (popolate con le informazioni acquisite in fase di utilizzo del database) e **tabelle di associazione** (che permettono di rispettare le forme normali scomponendo una relazione M-M in due relazioni 1-M).

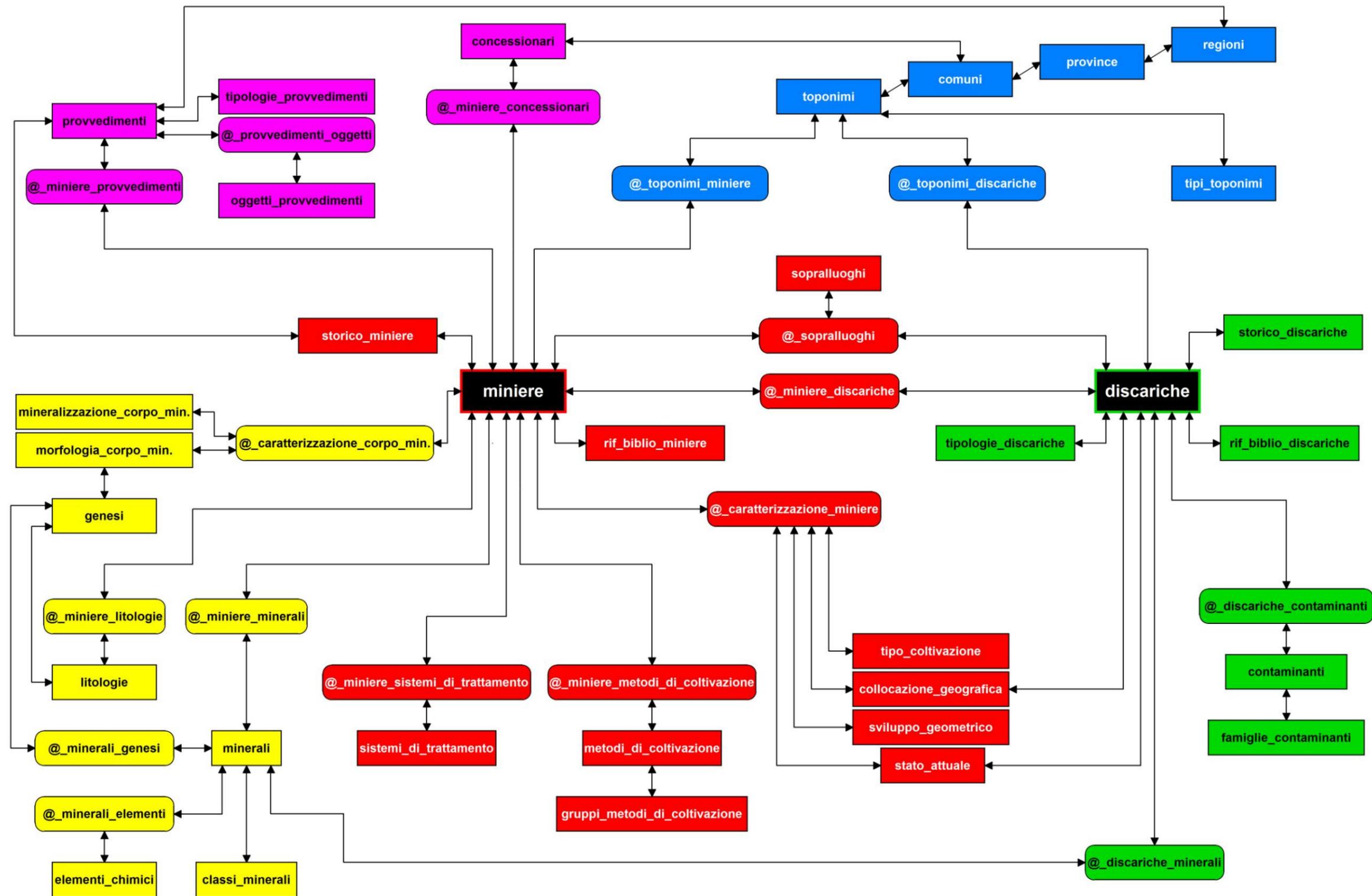


Figura 56 - Schema logico del geodatabase dell'attività mineraria sviluppato

4.2. DESCRIZIONE DEI CONTENUTI DEL DATABASE

Il nuovo geodatabase si compone di 50 tabelle (rispetto alle 15 del database esistente), tutte normalizzate fino alla 3NF e connesse tra loro tramite relazioni 1-1 ed 1-M; le tabelle principali sono quelle che descrivono le miniere e le discariche. Queste due entità presentano una relazione M-M (una miniera può conferire scarti a più discariche, ed una singola discarica può ricevere scarti da diverse miniere), scomposta in due relazioni 1-M con l'ausilio della tabella @_miniere_discariche (Figura 57).

Questa è costituita dalle chiavi primarie delle tabelle `miniere` e `discariche`, di seguito descritte.

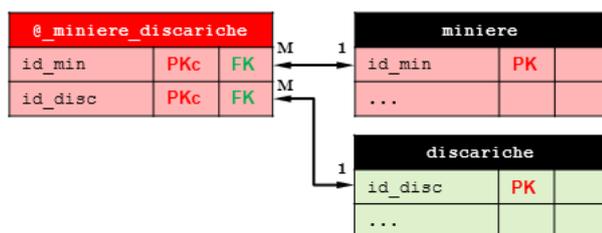


Figura 57 - Schema fisico della tabella @_miniere_discariche

4.2.1. Tabella miniere

La tabella `miniere` (Figura 58) è una tabella dinamica composta da 18 campi, e rappresenta la rivisitazione della tabella `Siti` del database sviluppato da ISPRA.

La tabella è stata rinominata per adeguarsi ad una definizione più rigorosa dei suoi contenuti. All'originario obiettivo del lavoro sviluppato nell'ambito della collaborazione DICMA-Agip, ovvero il censimento dei siti minerari (porzioni di giacimento date in concessione per lo sfruttamento economico-industriale dei minerali), è succeduta la catalogazione condotta da ISPRA (orientata alla valutazione del rischio statico-strutturale dei vuoti minerari) che ha fatto riferimento a quelle aree identificate dai limiti previsti dalle concessioni: le miniere, per l'appunto.

Tutti gli attributi non rispondenti alla 3NF sono stati eliminati ed opportunamente ricollocati in altre tabelle, mentre sono state preservate le informazioni relative a:

- dati amministrativi (anno di inizio/fine coltivazione, produzione annua, profondità, ecc.);

- collocazione geografica (quota, coordinate geografiche, tavoletta IGM, ecc.);
- indici e valutazioni socio-ambientali (rischio statico-strutturale, potenziale turistico, ecc.).

Le relazioni con le altre tabelle del database sono state definite attraverso la chiave primaria (*id_min*), un codice alfanumerico che fornisce informazioni sintetiche sulla collocazione geografica della miniera censita, utilizzato anche per la tabella discariche. Essa si presenta nella forma *XNNNPP*, dove:

- *X* consente di distinguere le miniere (“M”) dalle discariche minerarie (“D”), in altre tabelle nelle quali queste due entità possono comparire allo stesso tempo;
- *NNN* è un numero progressivo (che differenzia le miniere appartenenti alla stessa Provincia);
- *PP* riporta la sigla identificativa della Provincia nella quale ricade la miniera.

Al fine di preservare le informazioni relative all’evoluzione delle miniere nel corso del tempo è stata introdotta nel database la tabella *storico_miniere*. Il database esistente prevedeva la perdita delle informazioni storiche di ogni miniera all’atto dell’inserimento di informazioni più recenti, fornendo in tal modo una descrizione limitata all’ultimo aggiornamento disponibile. Grazie alla nuova tabella, invece, è possibile tener traccia di variazioni che possono aver modificato la concessione originaria, ad esempio nel caso in cui una miniera fosse suddivisa in più entità, o più miniere fossero accorpate in un’unica.

Analogamente, per conservare le informazioni acquisite durante eventuali sopralluoghi, sono stati ridefiniti i campi della tabella *sopralluoghi* ed è stata introdotta la tabella *@_sopralluoghi*, presupponendo che presso una stessa miniera possano essere effettuati più sopralluoghi nel tempo.

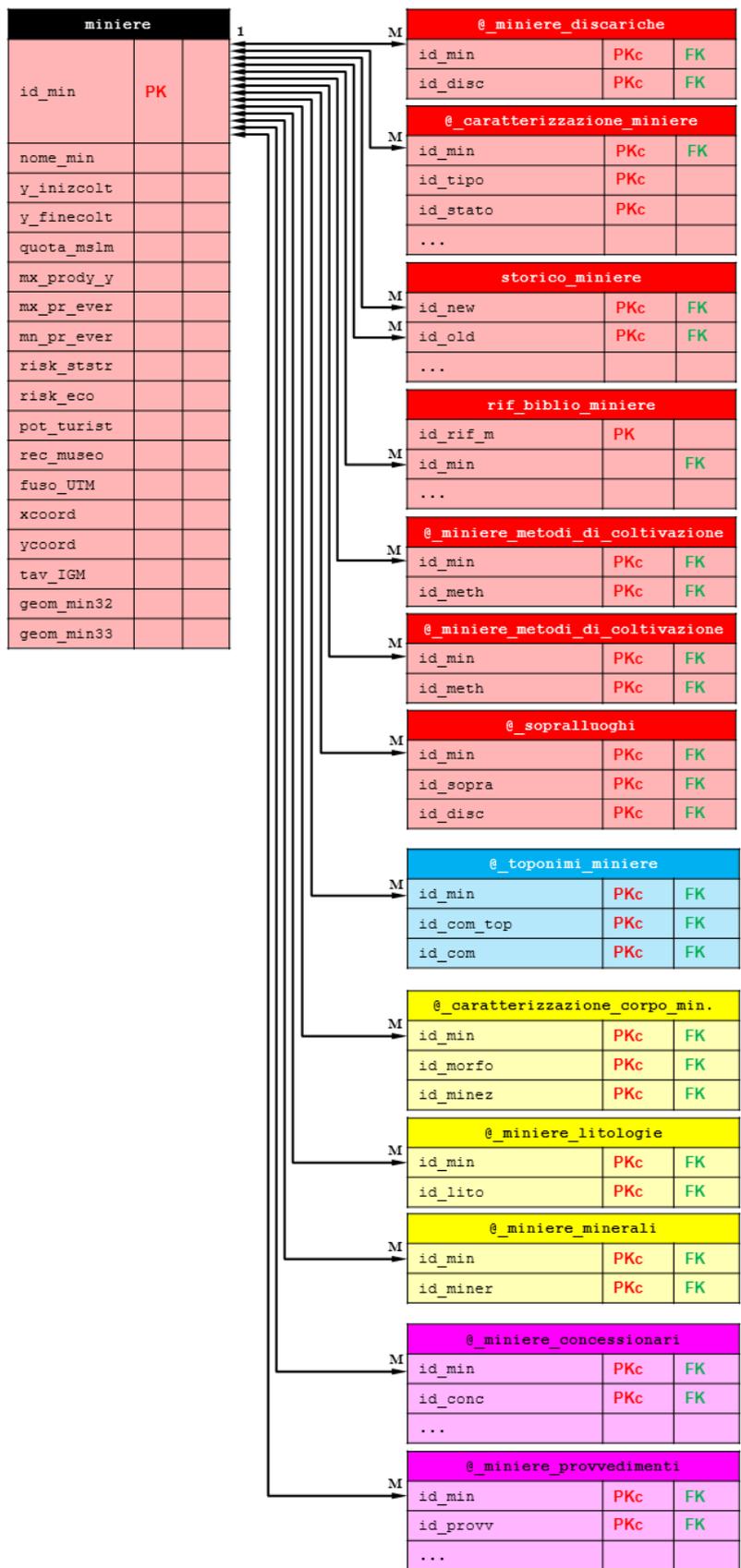


Figura 58 - Schema fisico della tabella miniere.

Tabella 20 - Descrizione degli attributi della tabella *miniere*

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_min [PK]	TEXT	Codice alfanumerico identificativo della miniera
* nome_min	TEXT	Denominazione della miniera
y_inizcolt	INTEGER	Anno di inizio coltivazione (nel formato yyyy)
y_finecolt	INTEGER	Anno di fine coltivazione (nel formato yyyy)
quota_mslm	DOUBLE	Quota geografica di riferimento della miniera (m s.l.m.)
mx_prody_t	DOUBLE	Valore del picco di produzione annua della miniera (t/y)
mx_pr_ever	DOUBLE	Massima profondità di coltivazione raggiunta misurata a partire dal p.c. (m)
mn_pr_ever	DOUBLE	Minima profondità di coltivazione raggiunta misurata a partire dal p.c. (m)
risk_ststr	TEXT	Indice di rischio statico-strutturale dei vuoti minerari ("A" = alto, "M" = medio, "B" = basso, "MA" = medio-alto, "MB" = medio-basso)
risk_eco	TEXT	Indice di rischio ecologico-sanitario ("A" = alto, "M" = medio, "B" = basso, "MA" = medio-alto, "MB" = medio-basso)
pot_turist	TEXT	Valutazione del potenziale turistico ("A" = alto, "M" = medio, "B" = basso, "MA" = medio-alto, "MB" = medio-basso)
rec_museo	TEXT	Valutazione delle potenzialità di riconversione/valorizzazione museale ("A" = riconversione museale in atto, "P" = in progetto, "N" = non prevista)
fuso_UTM	TEXT	Fuso di riferimento rispetto a cui sono fornite le coordinate della miniera, <i>xcoord</i> e <i>ycoord</i> ("UTM 32" o "UTM33")
xcoord	DOUBLE	Coordinata X dell'accesso principale alla miniera nel sistema di riferimento UTM ED 50
ycoord	DOUBLE	Coordinata Y dell'accesso principale alla miniera nel sistema di riferimento UTM ED 50
tav_IGM	TEXT	Estremi della tavoletta IGM nella quale ricade la miniera
geom_min32	POINT	Geometria georiferita per la localizzazione della miniera (ricavata dai valori <i>xcoord</i> e <i>ycoord</i> quando riferiti a fuso 32)
geom_min33	POINT	Geometria georiferita per la localizzazione della miniera (ricavata dai valori <i>xcoord</i> e <i>ycoord</i> quando riferiti a fuso 33)

La localizzazione geografica di ogni miniera censita può essere effettuata sfruttando tre informazioni diverse (caratterizzate da un diverso grado di dettaglio, alternative l'una all'altra ma utilizzabili al contempo):

- **territoriale**: la miniera viene localizzata con riferimento alla Regione, alla Provincia, ed al Comune in cui ricade, nonché dai toponimi situati all'interno dell'area in concessione. Queste informazioni sono contenute nelle tabelle del gruppo "inquadramento territoriale", e relazionate alla miniera tramite la tabella @_toponimi_miniere;
- **geografica**: la miniera viene individuata attraverso le coordinate geografiche (*xcoord*, *ycoord*) definite nel sistema di riferimento UTM ED 50 (fuso 32 o 33,

come specificato nell'apposito campo `fuso_UTM`) e contenute all'interno della tabella `miniere`;

- **spaziale**: la miniera può essere localizzata in un GIS, utilizzando le geometrie puntuali presenti nei campi `geom_min32` e `geom_min33` oppure il perimetro della concessione, archiviato nel campo `geom_conc` della tabella `@_miniere_provvedimenti`.

A differenza della localizzazione territoriale, quella geografica e quella spaziale garantiscono un'individuazione più precisa della miniera, e sono indifferenti alle possibili modifiche amministrative che possono interessare la suddivisione territoriale del Paese (ad es. nascita o soppressione di Province, variazioni di perimetri comunali, ecc.).

Degli indici e delle valutazioni socio-ambientali presenti in tabella (`risk_ststr`, `risk_eco`, `pot_turist`, `rec_museo`) soltanto l'indice di rischio statico-strutturale è stato definito in maniera oggettiva tramite una procedura di calcolo nota e riproducibile; tutti gli altri sono, molto probabilmente, assegnati con una valutazione soggettiva. L'indice di rischio statico-strutturale potrebbe essere ricalcolato in maniera più rigorosa avvalendosi delle funzionalità di interrogazione spaziale di Spatialite.

4.2.2. Tabella discariche

La tabella `discariche` è una tabella dinamica composta da 19 campi, ed è di nuova concezione, poiché il database esistente non prevedeva la caratterizzazione delle discariche minerarie resa necessaria dalla Direttiva Europea 21/2006. È finalizzata principalmente a valutare il rischio di instabilità geomeccanica e di contaminazione delle matrici aria, acqua e suolo. Gli attributi della tabella possono essere distinti in:

- amministrativi (stato, anno di apertura/chiusura, collocazione, ecc.);
- geometrico-geotecnici (superficie, angolo di scarpata, angolo di attrito interno, composizione granulometrica, ecc.).

L'individuazione geografica delle discariche può essere effettuata attraverso le tabelle del gruppo "inquadramento territoriale" (per mezzo della tabella `@_toponimi_discariche`) oppure tramite GIS utilizzando la geometria del perimetro archiviata nella tabella `storico_discariche` (campo `geom_disc`).

Lo stato (aperta o chiusa) e la collocazione geografica (su piano orizzontale o su rilievo) delle discariche vengono descritti attraverso le tabelle stato_attuale e collocazione_geografica, utilizzando le FK id_stato e id_coll. Una terza FK (id_tipod) permette di specificare la tipologia di discarica secondo quanto definito nella tabella tipologie_discariche.

Come per le miniere, anche per le discariche è possibile tener traccia delle modificazioni occorse (sviluppo della discarica nel tempo) grazie alla tabella storico_discariche, e dei sopralluoghi effettuati presso di esse utilizzando le tabelle sopralluoghi e @_sopralluoghi.

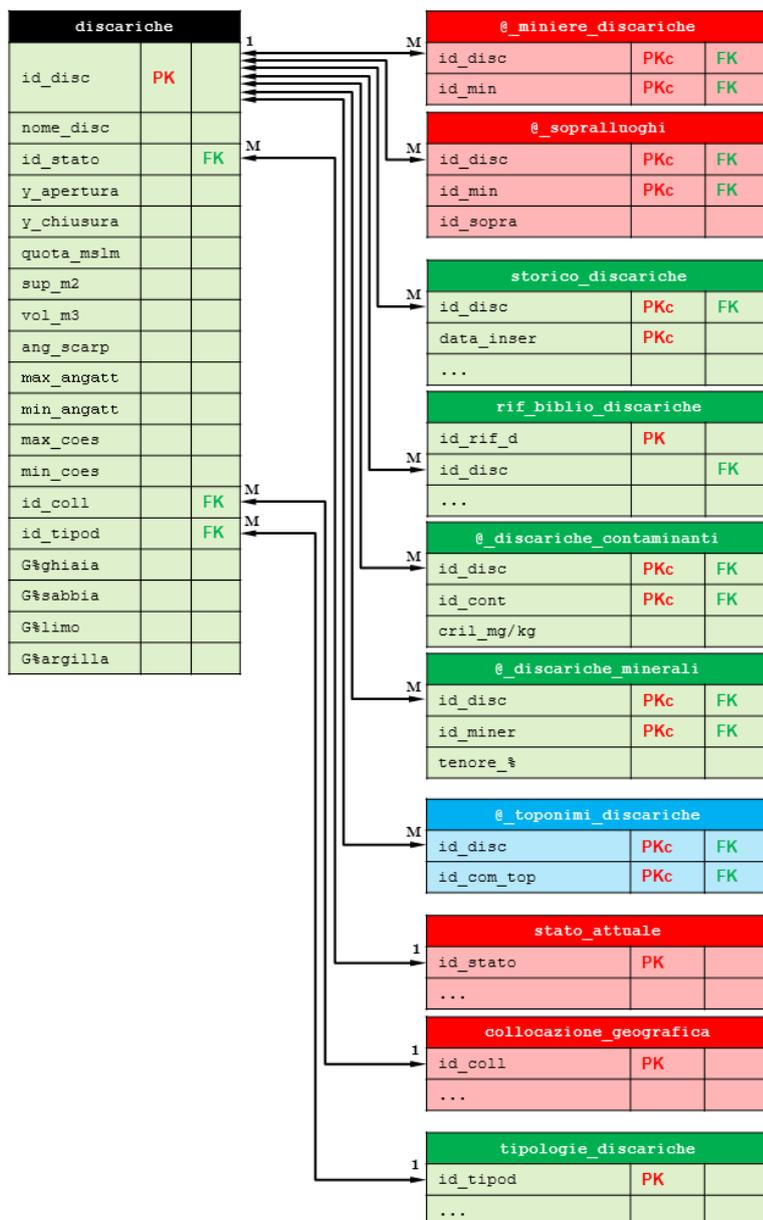


Figura 59 - Schema fisico della tabella discariche

Tabella 21 - Descrizione degli attributi della tabella discariche

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_disc [PK]	TEXT	Codice alfanumerico identificativo della discarica mineraria
* nome_disc	TEXT	Denominazione della discarica mineraria
* id_stato [FK]	INTEGER	Codice numerico identificativo dello stato attuale della discarica mineraria
y_apertura	INTEGER	Anno di apertura (nel formato yyyy)
y_chiusura	INTEGER	Anno di chiusura (nel formato yyyy)
quota_mslm	DOUBLE	Quota geografica di riferimento della discarica mineraria (m s.l.m.)
sup_m2	DOUBLE	Superficie della discarica mineraria (m ²)
vol_m3	DOUBLE	Volume della discarica mineraria (m ³)
ang_scarp	INTEGER	Angolo di scarpata della discarica (gradi sessagesimali)
max_angatt	INTEGER	Massimo angolo di attrito interno del materiale presente in discarica (gradi sessagesimali)
min_angatt	INTEGER	Minimo angolo di attrito interno del materiale presente in discarica (gradi sessagesimali)
max_coes	INTEGER	Valore massimo del coefficiente di coesione del materiale presente in discarica (kPa)
min_coes	INTEGER	Valore minimo del coefficiente di coesione del materiale presente in discarica (kPa)
* id_coll [FK]	INTEGER	Codice numerico identificativo della collocazione geografica della discarica mineraria
* id_tipod [FK]	INTEGER	Codice numerico identificativo della tipologia di discarica mineraria
G%ghiaia	DOUBLE	Percentuale di frazione ghiaiosa del materiale presente
G&sabbia	DOUBLE	Percentuale di frazione sabbiosa del materiale presente
G%limo	DOUBLE	Percentuale di frazione limosa del materiale presente
G%argilla	DOUBLE	Percentuale di frazione argillosa del materiale presente

Gli attributi geometrico-geotecniche sono stati considerati in previsione della definizione di un indice di stabilità geomeccanica, e sono stati selezionati con riferimento alle più diffuse teorie geotecniche per lo studio della stabilità dei pendii (AA.VV., 2000).

4.2.3. Informazioni relative all'arte mineraria

I dati riconducibili agli aspetti ingegneristici riguardanti le miniere sono stati suddivisi in 7 tabelle statiche (tipo_coltivazione, collocazione_geografica, sviluppo_geometrico, stato_attuale, metodi_di_coltivazione, gruppi_metodi_di_coltivazione e sistemi_di_trattamento).

Tre tabelle di tipo dinamico consentono invece di raccogliere informazioni acquisite dall'utente compilatore (storico miniere, rif biblio miniere e sopralluoghi).

L'attribuzione di queste informazioni alle miniere (Figura 60) viene operata grazie a 5 tabelle di associazione.

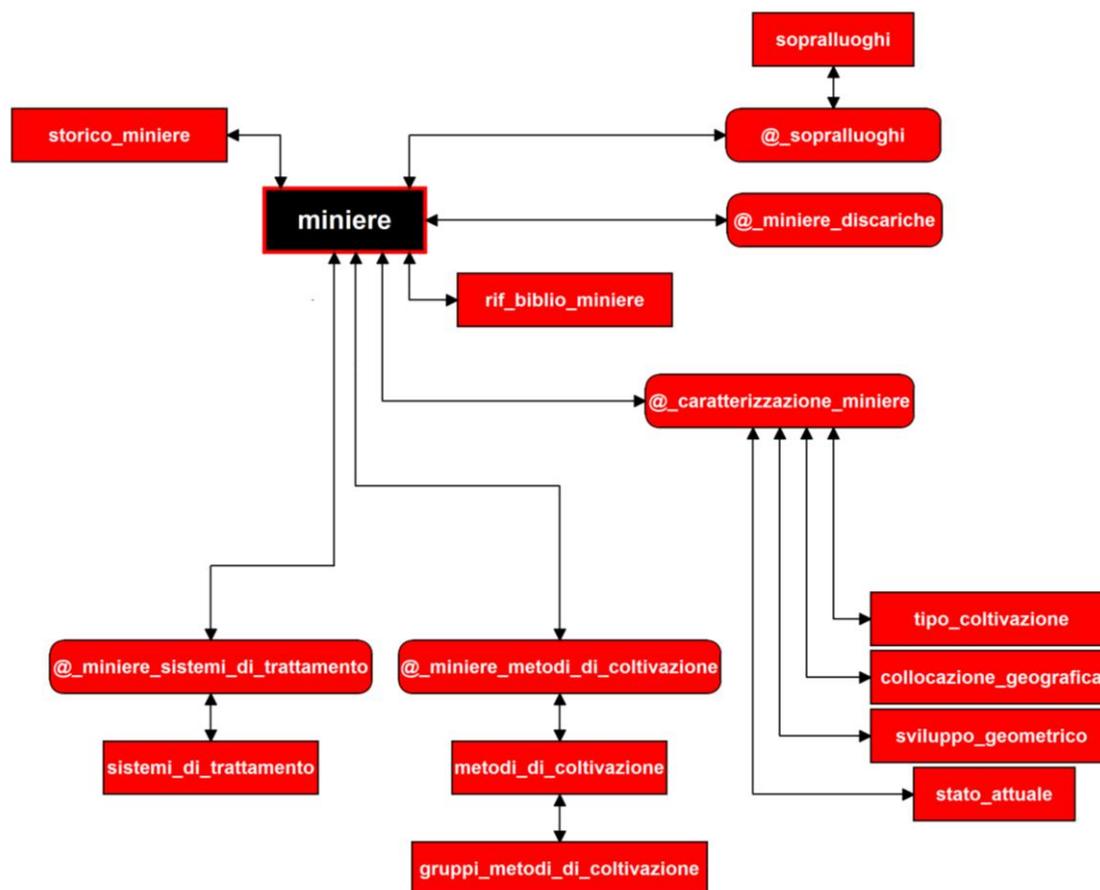


Figura 60 - Schema logico del gruppo "arte mineraria"

Caratterizzazione delle miniere

Le caratteristiche spaziali e lo stato della miniera sono descritti attraverso 4 tabelle.

La tabella `tipo_coltivazione` (Figura 61 e Tabella 22) contiene l'essenziale identificazione delle tipologie di coltivazione adottate nelle attività di sfruttamento dei giacimenti minerari: a cielo aperto o in sotterraneo.

Nel database sviluppato da ISPRA l'informazione sulla tipologia di coltivazione era deducibile soltanto dall'analisi del codice identificativo della miniera (che indicava il tipo di coltivazione ricorrendo alle sigle "MA" per cielo aperto, "MS" per sotterraneo, "MM" per mista). Quella soluzione è stata ritenuta poco flessibile; non era infatti previsto che una miniera potesse cambiare tipologia di coltivazione (come nel caso di una miniera a cielo aperto interessata in una successiva fase di ampliamento dalla coltivazione in sotterraneo), e l'eventuale ricorso alla modifica del codice identificativo avrebbe causato la perdita dei riferimenti con altre tabelle.

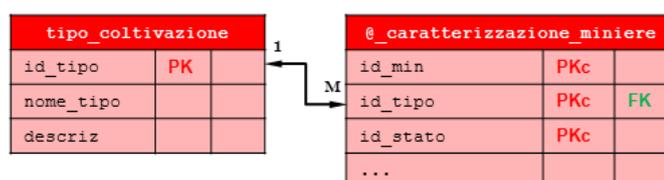


Figura 61 - Schema fisico della tabella `tipo_coltivazione`

Tabella 22 - Descrizione degli attributi della tabella `tipo_coltivazione`

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_tipo [PK]	TEXT	Codice identificativo del tipo di coltivazione ("CA" = cielo aperto, "SO" = in sotterraneo)
* nome_tipo	TEXT	Denominazione del tipo di coltivazione
descriz	TEXT	Descrizione del tipo di coltivazione

La tabella `collocazione_geografica` definisce la posizione in cui può trovarsi una miniera a cielo aperto rispetto alla morfologia dei luoghi:

- su piano orizzontale;
- su rilievo:
 - o culminale;

- pedemontana;
- mezzacosta.

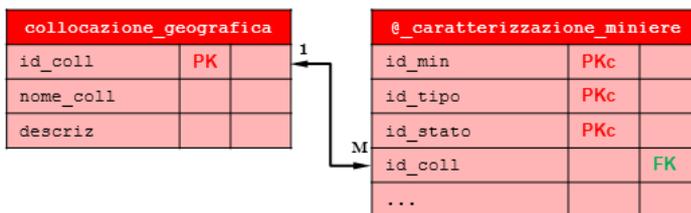


Figura 62 - Schema fisico della tabella collocazione_geografica

Tabella 23 - Descrizione degli attributi della tabella collocazione_geografica

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_coll [PK]	INTEGER	Codice numerico identificativo della collocazione geografica
* nome_tipo	TEXT	Denominazione della collocazione geografica
descriz	TEXT	Descrizione della collocazione geografica

La tabella sviluppo_geometrico (Figura 63 e Tabella 24) definisce la geometria dei fronti di scavo di una miniera a cielo aperto, che può essere:

- aperta;
- chiusa:
 - a fossa;
 - a pozzo.

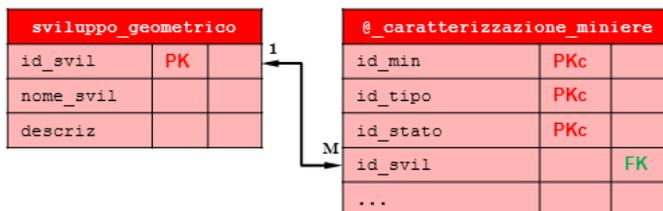


Figura 63 - Schema fisico della tabella sviluppo_geometrico

Tabella 24 - Descrizione degli attributi della tabella sviluppo_geometrico

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_svil [PK]	INTEGER	Codice numerico identificativo dello sviluppo geometrico
* nome_svil	TEXT	Denominazione dello sviluppo geometrico
descriz	TEXT	Descrizione dello sviluppo geometrico

La tabella stato_attuale (Figura 64 e Tabella 25) contiene una catalogazione delle possibili condizioni in cui una miniera può essere riscontrata, che sono:

- miniera attiva;
- miniera inattiva;
- miniera abbandonata;
- miniera con permesso di ricerca.

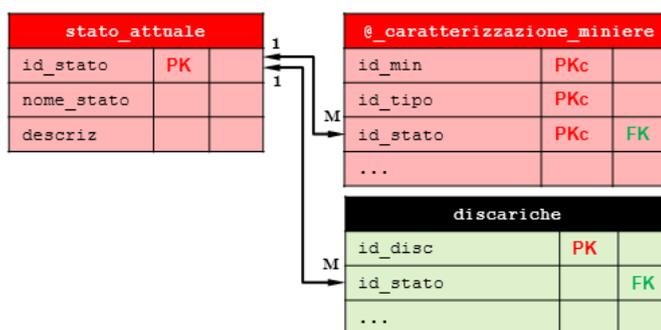


Figura 64 - Schema fisico della tabella stato_attuale

Tabella 25 - Descrizione degli attributi della tabella stato_attuale

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_stato [PK]	INTEGER	Codice numerico identificativo dello stato della miniera
* nome_stato	TEXT	Denominazione dello stato della miniera
descriz	TEXT	Descrizione dello stato

La tabella @_caratterizzazione_miniere (Figura 65) consente di attribuire correttamente ad ogni miniera le informazioni relative alle 4 tabelle appena descritte. È stata parzialmente popolata in sede di progettazione (utilizzando le informazioni reperite dal database esistente); all'atto dell'inserimento di un nuovo record, sono obbligatoriamente richiesti il tipo di coltivazione (cielo aperto o sotterraneo) e la situazione della miniera. L'inserimento della collocazione geografica e dello sviluppo

geometrico è volutamente facoltativo, visto che tali dati potrebbero essere indisponibili o superflui (come nel caso delle coltivazioni in sotterraneo).

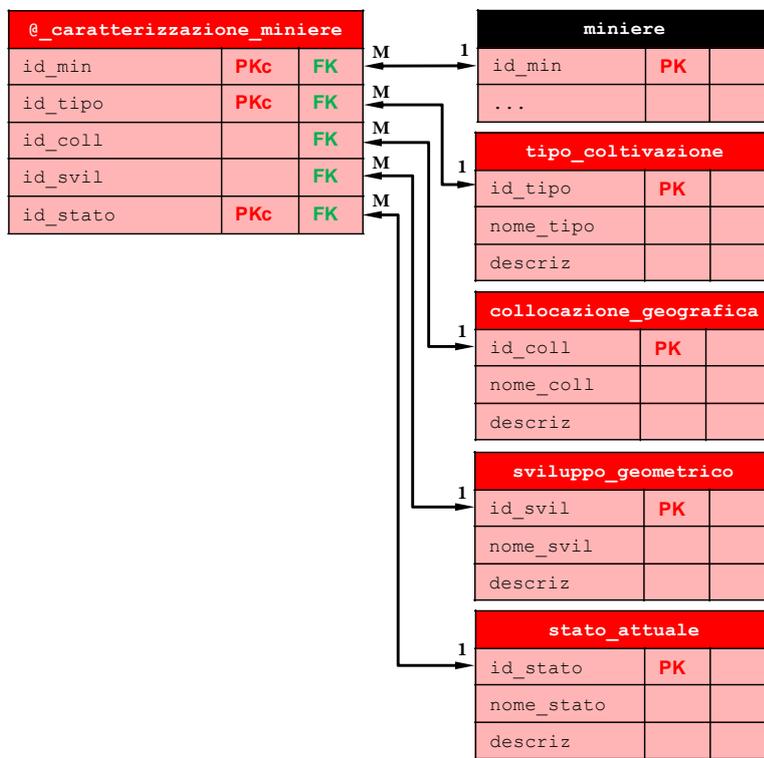


Figura 65 - Schema fisico della tabella `@_caratterizzazione_miniera`

Aspetti progettuali dell'intervento minerario

Nella progettazione di un intervento minerario due tra gli aspetti di maggiore importanza sono il metodo di coltivazione ed il sistema di trattamento del minerale adottati. Al fine di renderne rigorosa la definizione, sono state riviste le tabelle `metodi_di_coltivazione` (`sistemi_di_coltivazione` nel database esistente) e `sistemi_di_trattamento`, facendo riferimento alle classificazioni proposte e riconosciute da esperti del settore a livello internazionale.

Essendo stata riscontrata la mancanza di una logica nella scelta e nell'ordinamento dei metodi di coltivazione nella catalogazione fornita con il database dell'ISPRA, la loro classificazione è stata completamente rivista basandosi su numerose autorevoli fonti bibliografiche (Gerbella, 1948; Gerbella, 1956; Cortez, 1964). Sono state pertanto definite 4 classi di metodi di coltivazione, con le quali è stata popolata la

nuova tabella `gruppi_metodi_di_coltivazione` (Figura 66 e Tabella 26). Le classi sono state identificate come segue:

- coltivazione in sotterraneo:
 - o con vuoti stabili;
 - o per frana;
 - o con ripiena;
- coltivazione a cielo aperto.

Tramite l'assegnazione di ciascuna miniera a una delle classi di tale schematizzazione è possibile caratterizzare i siti minerari non soltanto secondo i metodi di coltivazione attraverso i quali viene operata l'estrazione dei minerali, ma anche rispetto ai possibili fenomeni di instabilità che è logico attendersi da caso a caso. Tali fenomeni possono manifestarsi anche a distanza di tempo dalla cessazione delle attività di estrazione, e – come noto – il censimento del patrimonio minerario ha rappresentato un'occasione irrinunciabile per raccogliere tutte quelle informazioni relative alla caratterizzazione di siti che in taluni casi sono divenuti inaccessibili in seguito alla chiusura mineraria.

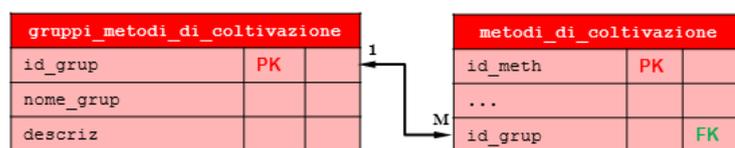


Figura 66 - Schema fisico della tabella `gruppi_metodi_di_coltivazione`

Tabella 26 - Descrizione degli attributi della tabella `gruppi_metodi_di_coltivazione`

Nome campo	Tipo	Descrizione
* <code>id_grup</code> [PK]	INTEGER	Codice numerico identificativo del gruppo di metodi di coltivazione
* <code>nome_grup</code>	TEXT	Denominazione del gruppo
<code>descriz</code>	TEXT	Descrizione del gruppo

Un elenco dei principali metodi di coltivazione riscontrabili in un progetto minerario, raggruppati secondo le quattro categorie appena descritte, è fornito nell'omonima tabella, di tipo statico (Figura 67 e Tabella 27). La classificazione dei metodi di coltivazione proposta nella nuova versione del geodatabase si presenta come segue:

- coltivazione in sotterraneo, con vuoti stabili:
 - senza supporto del tetto, a magazzino pieno;
 - senza supporto del tetto, a magazzino vuoto;
 - senza supporto del tetto, ad imbuti;
 - con supporto del tetto, camere e pilastri;
 - con supporto del tetto, con pilastri artificiali o armamenti;
- coltivazione in sotterraneo, per frana:
 - con frana di tetto tenuta distante dai fronti di produzione;
 - con frana di tetto a contatto coi fronti di produzione;
 - con franamento del minerale utile;
 - con idrodissoluzione;
- coltivazione in sotterraneo, con ripiena:
 - sciolta;
 - cementata, a letto;
 - cementata, a tetto;
- coltivazione a cielo aperto:
 - metodo a gradoni;
 - metodo per platee.

È sembrato opportuno ricondurre la struttura della tabella di catalogazione dei metodi di coltivazione ad una configurazione che fosse snella e di immediata comprensione, ma che potesse comunque garantire un'ampia possibilità di scelta all'utente (e quindi di corretta individuazione del metodo ricercato) nell'atto della consultazione. Tra le numerose classificazioni esaminate (Farinas de Almeida, 1952; Peele, 1956; Fritzsche, 1962; Cortez, 1964), quella dell'italiano Gerbella (1948; 1956) ha fornito un importante punto di partenza nella definizione dei metodi di coltivazione in sotterraneo, nonché un preciso riferimento cui affidarsi nel ricostruire il legame

“metodo di coltivazione-miniera”, essendo il suo studio fondato sulla profonda conoscenza dell'autore nei confronti della casistica nazionale.

Per ciò che concerne le operazioni di coltivazione a cielo aperto, le classificazioni presenti in letteratura appaiono caratterizzate da una struttura sensibilmente più scarna. Com'è logico presumere, la sequenza logica delle operazioni di estrazione risulta notevolmente semplificata quando i cantieri sono localizzati in superficie, dove è possibile operare in condizioni di temperature e pressioni ambientali e non vige alcun impedimento spaziale che sia altamente vincolante. Il fatto che le operazioni possano susseguirsi secondo una configurazione libera da particolari vincoli e riproducibile fintanto che ciò sia ritenuto economicamente conveniente, consente generalmente di affidarsi a tecniche che risultano particolarmente vantaggiose in termini di semplicità operativa.

Infine, si è scelto di ritoccare le classificazioni proposte in letteratura, in maniera da renderle rispondenti alle prerogative desiderate. Pur mantenendo come traccia la suddivisione operata da Gerbella, lo studio dei casi censiti ha portato alla specifica di tre ulteriori categorie all'interno dei metodi per vuoti (per garantire un maggiore livello di dettaglio) ed alla definizione di tre distinti metodi per ripiena e due metodi di coltivazione a cielo aperto.

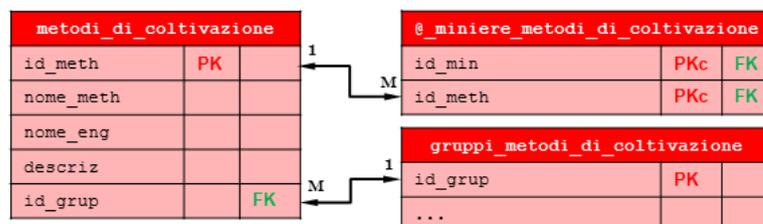


Figura 67 - Schema fisico della tabella `metodi_di_coltivazione`

Tabella 27 - Descrizione degli attributi della tabella `metodi_di_coltivazione`

Nome campo	Tipo	Descrizione
* <code>id_meth</code> [PK]	INTEGER	Codice numerico identificativo del metodo di coltivazione
* <code>nome_meth</code>	TEXT	Denominazione del metodo di coltivazione
<code>nome_eng</code>	TEXT	Denominazione (inglese) del metodo di coltivazione
<code>descriz</code>	TEXT	Descrizione del metodo di coltivazione
<code>id_grup</code> [FK]	INTEGER	Codice numerico identificativo del gruppo di metodi di coltivazione

Poiché presso una stessa miniera possono essere stati adottati più di un metodo di coltivazione, il database sviluppato da ISPRA presentava campi popolati in forma non atomica (più metodi di coltivazione nella stessa cella). Al fine di riportare anche queste informazioni nel rispetto delle forme normali è stata introdotta la tabella @_miniere_metodi_di_coltivazione (Figura 68), costituita dalle sole chiavi primarie delle due entità partecipanti, che ha consentito di recuperare le associazioni tra miniere e metodi di coltivazione inventariate nel database esistente.

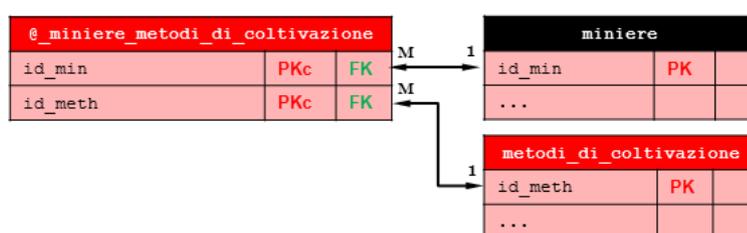


Figura 68 - Schema fisico della tabella @_miniere_metodi_di_coltivazione

Un'analoga riorganizzazione dei contenuti ha interessato la tabella sistemi_di_trattamento (Figura 69 e Tabella 28).

La classificazione dei sistemi di trattamento dei minerali è stata completamente rivista per essere adeguata a quanto esposto da autorevoli fonti bibliografiche (AA.VV., 1982); essa si presenta ora come segue:

- sistemi di comminuzione:
 - macinazione;
 - frantumazione;
- sistemi di classificazione:
 - classificazione volumetrica;
 - classificazione con vagli;
 - classificazione con crivelli;
 - sfangamento rotativo;
- sistemi di concentrazione:
 - separazione con mezzo denso;
 - cernita manuale;
 - cernita ottica;
 - separazione gravimetrica;

- lavaggio;
- separazione magnetica;
- separazione elettromagnetica;
- separazione pneumatica;
- flottazione;
- cianurazione;
- altri:
 - amalgamazione;
 - liquazione;
 - lisciviazione;
 - distillazione;
 - calcinazione;
 - arrostitimento;
 - fusione;
 - desolforazione;
 - pellettizzazione.

Nella definizione dei sistemi di trattamento si è avuto cura di stabilire – per quanto possibile – criteri di convergenza tra essi ed i vecchi sistemi identificati nel database esistente.

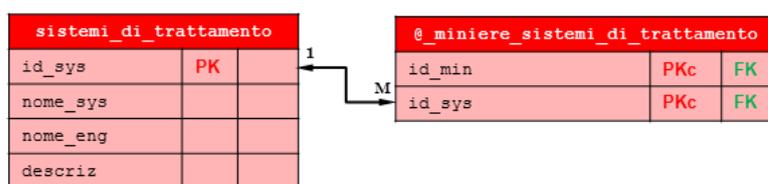


Figura 69 - Schema fisico della tabella sistemi_di_trattamento

Tabella 28 - Descrizione degli attributi della tabella sistemi_di_trattamento

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_sys [PK]	INTEGER	Codice numerico identificativo del sistema di trattamento
* nome_sys	TEXT	Denominazione del sistema di trattamento
nome_eng	TEXT	Denominazione (inglese) del sistema di trattamento
descriz	TEXT	Descrizione del sistema di trattamento

Anche in questo caso, l'associazione miniera-sistema viene realizzata con l'ausilio di una tabella di associazione (Figura 70), che consente l'efficace e sicura realizzazione di una relazione M-M. Essa è stata parzialmente popolata in sede di progettazione, e continuerà ad essere aggiornata durante la fase di utilizzo del database.

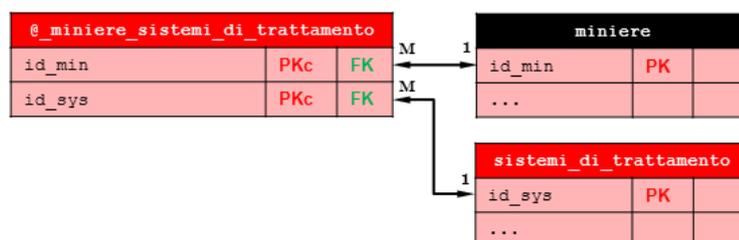


Figura 70 - Schema fisico della tabella @_miniere_sistemi_di_trattamento

Altre informazioni

All'interno del gruppo afferente all'arte mineraria trovano collocazione anche alcune tabelle che, a causa della differente natura delle informazioni che sono chiamate ad archiviare, non possono essere ricondotte alle schematizzazioni operate fin'ora.

La tabella storico_miniere (Figura 71 e Tabella 29), cui si è fatto accenno in precedenza, è una tabella dinamica che consente di tenere traccia delle modificazioni che possono interessare ciascuna miniera. Nei suoi record vengono infatti archiviati i codici identificativi delle concessioni che hanno subito accorpamenti o frazionamenti, e gli estremi per risalire ai provvedimenti legislativi che hanno sancito tali modifiche: se lo stesso codice si ripete all'interno del campo id_old per più di un record è perché la miniera ad esso associata è stata suddivisa in due concessioni; al contrario, se quel dato codice compare con una sola ricorrenza è perché la miniera è evidentemente confluita in una nuova entità (fondendosi assieme ad altre). È una tabella che in fase di progettazione è stata concepita inizialmente vuota, poiché a causa delle modalità di archiviazione dei dati nel database dell'ISPRA non è stato possibile ricostruire in maniera automatizzata lo storico di questo tipo di modificazioni.

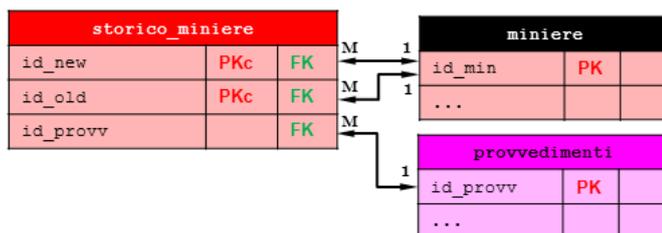


Figura 71 - Schema fisico della tabella storico_miniere

Tabella 29 - Descrizione degli attributi della tabella storico_miniere

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_old [PKc] [FK]	TEXT	Codice alfanumerico identificativo della miniera estinta a seguito di operazioni di accorpamento o frazionamento
* id_new [PKc] [FK]	TEXT	Codice alfanumerico identificativo della miniera sorta a seguito di operazioni di accorpamento o frazionamento
id_provv [FK]	INTEGER	Codice numerico identificativo del provvedimento legislativo responsabile della modifica

La tabella rif_biblio_miniere (Figura 72 e Tabella 30) è una tabella dinamica; permette di tenere memoria delle fonti e dei riferimenti grazie ai quali sono state raccolte le informazioni riguardanti le concessioni minerarie utilizzate per il popolamento del database, consentendo l’archiviazione delle sole informazioni utili al reperimento del materiale bibliografico (autore, titolo, ecc.) o il caricamento di file contenenti testi o immagini. In questa tabella sono stati “migrati” i dati precedentemente archiviati all’interno della vecchia tabella Siti; è tuttavia possibile continuare a popolarla durante la fase di utilizzo del database.

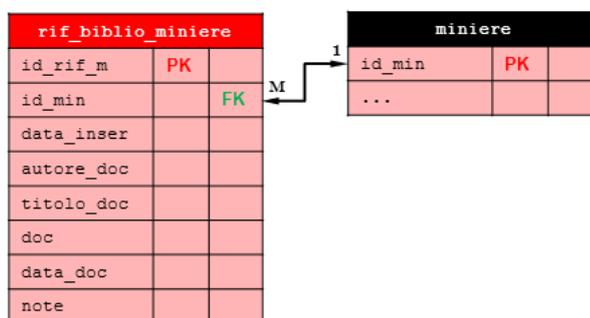


Figura 72 - Schema fisico della tabella rif_biblio_miniere

Tabella 30 - Descrizione degli attributi della tabella rif_biblio_miniere

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_rif_m [PK]	INTEGER	Codice numerico identificativo del riferimento bibliografico archiviato
* id_min [FK]	TEXT	Codice alfanumerico identificativo della miniera
* data_inser	TEXT	Data (nel formato <i>yyyy/mm/dd</i>) di archiviazione del riferimento bibliografico
autore_doc	TEXT	Autore del riferimento bibliografico
titolo_doc	TEXT	Titolo identificativo del riferimento bibliografico
doc	TEXT	Indirizzo di localizzazione del file allegato in qualità di riferimento bibliografico
data_doc	TEXT	Data (nel formato <i>yyyy/mm/dd</i>) di pubblicazione/rilascio del riferimento bibliografico
note	TEXT	Spazio per eventuali note integrative

La tabella sopralluoghi (Figura 73 e Tabella 31), infine, è una tabella dinamica che permette di archiviare informazioni riguardanti gli eventuali sopralluoghi operati sulle miniere o sulle discariche censite. È una tabella che è stata parzialmente popolata in sede di progettazione (con dati relativi a sopralluoghi già effettuati), e continuerà ad essere aggiornata durante la fase di utilizzo del database.

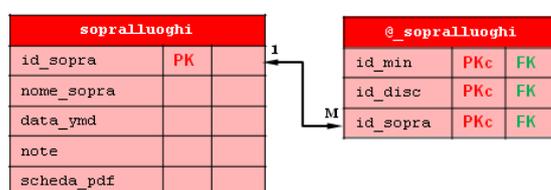


Figura 73 - Schema fisico della tabella sopralluoghi

Tabella 31 - Descrizione degli attributi della tabella sopralluoghi

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_sopra [PK]	INTEGER	Codice numerico identificativo del sopralluogo
nome_sopra	TEXT	Denominazione del sopralluogo
data_ymd	TEXT	Data (nel formato <i>yyyy/mm/dd</i>) di esecuzione del sopralluogo
note	TEXT	Spazio per eventuali note integrative
scheda_pdf	TEXT	Indirizzo di localizzazione del file contenente documenti, immagini e/o schede di rilevazione utilizzate

L'associazione M-M tra i codici identificativi delle miniere (o delle discariche) e quelli dei sopralluoghi effettuati presso le stesse è resa possibile grazie all'esistenza della tabella @_sopralluoghi (Figura 74), che consente di superare la limitazione esistente nel database sviluppato dall'ISPRA (il quale non consentiva di associare allo stesso sito minerario più di un sopralluogo).

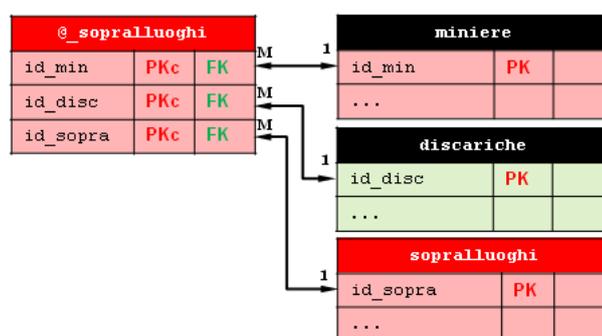


Figura 74 - Schema fisico della tabella @_sopralluoghi

4.2.4. Informazioni relative alle discariche minerarie

I dati riconducibili agli aspetti riguardanti le discariche minerarie sono stati suddivisi in 3 tabelle statiche (tipologie_discariche, contaminanti e famiglie_contaminanti).

Due tabelle di tipo dinamico consentono invece di raccogliere informazioni acquisite dall'utente compilatore (storico_discariche e rif_biblio_discariche).

L'attribuzione di queste ed altre informazioni alle discariche (Figura 75) viene operata grazie a 2 tabelle di associazione.

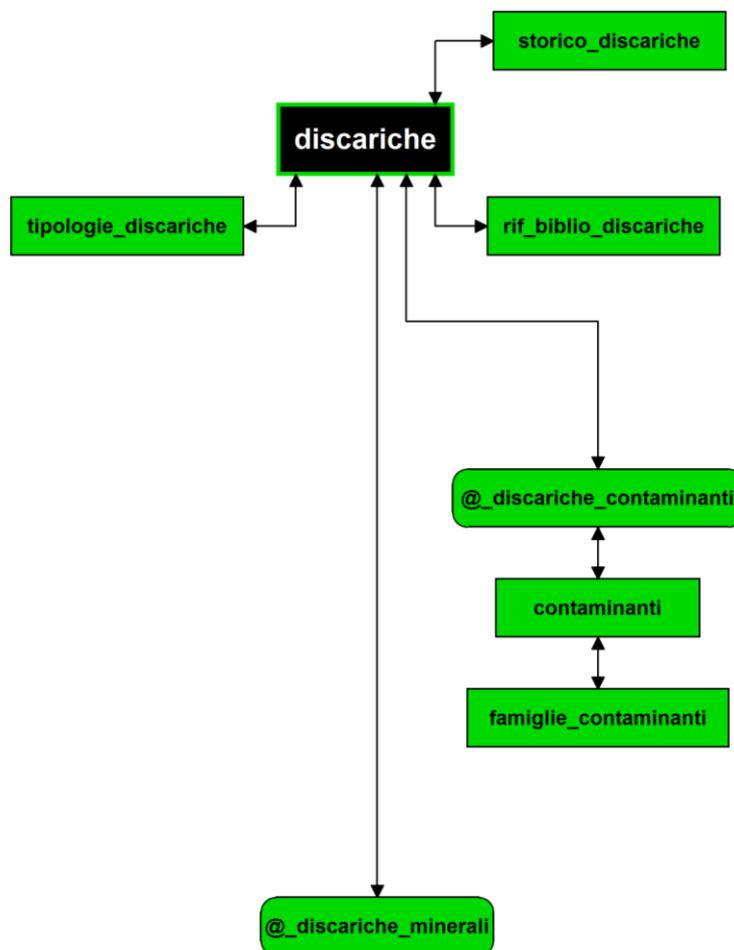


Figura 75 - Schema logico del gruppo "discariche minerarie"

Valutazione del rischio da contaminazione

L'archiviazione e l'interpretazione dei dati riguardanti la contaminazione da sostanze inquinanti riscontrabili presso le discariche dell'attività mineraria vengono attuate attraverso 3 tabelle.

La tabella `contaminanti` (Figura 76 e Tabella 32) è una tabella statica che contiene una classificazione delle sostanze contaminanti (di suolo, sottosuolo e acque sotterranee) così come individuate ed esposte all'allegato 5 del titolo V del D. Lgs. 152/2006. Nel database sviluppato dall'ISPRA nessuna catalogazione delle sostanze contaminanti era stata individuata, e si poteva far ricorso soltanto ad un elenco – presente nella tabella `Scarti` – progettato in violazione alle forme normali.

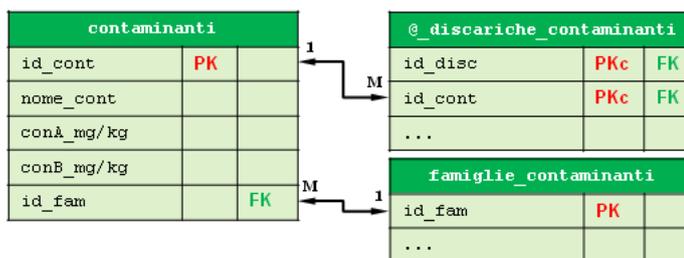


Figura 76 - Schema fisico della tabella contaminanti

Tabella 32 - Descrizione degli attributi della tabella contaminanti

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_cont [PK]	INTEGER	Codice numerico identificativo del contaminante
* nome_cont	TEXT	Denominazione del contaminante
descriz	TEXT	Descrizione del contaminante
conA_mg/kg	DOUBLE	Massima concentrazione (in mg/kg) ammissibile nei siti di categoria A (da D. Lgs. 152)
conB_mg/kg	DOUBLE	Massima concentrazione (in mg/kg) ammissibile nei siti di categoria B (da D. Lgs. 152)
* id_fam [FK]	INTEGER	Codice numerico identificativo della famiglia di contaminanti

I contaminanti individuati nella tabella appena descritta vengono raggruppati in famiglie nella tabella famiglie_contaminanti (Figura 77 e Tabella 33), altra tabella statica popolata secondo quanto esposto all'allegato 5 del titolo V del D.Lgs. 152/2006.

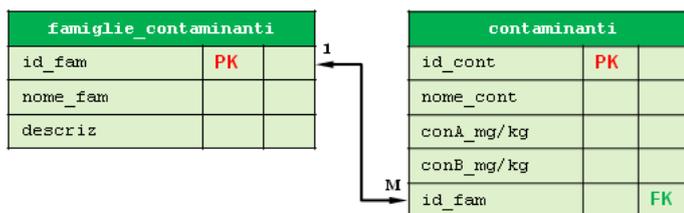


Figura 77 - Schema fisico della tabella famiglie_contaminanti

Tabella 33 - Descrizione degli attributi della tabella famiglie_contaminanti

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_fam [PK]	INTEGER	Codice numerico identificativo della famiglia di contaminanti
* nome_fam	TEXT	Denominazione della famiglia di contaminanti
descriz	TEXT	Descrizione della famiglia di contaminanti

La relazione M-M necessaria per associare alle discariche i contaminanti riscontrati presso di esse viene instaurata tramite il ricorso alla tabella @_discariche_contaminanti (Figura 78 e Tabella 34); grazie all'opportuna definizione di uno specifico attributo è qui possibile riportare i valori di concentrazioni rilevati per ciascuno dei contaminanti riscontrati in discarica.

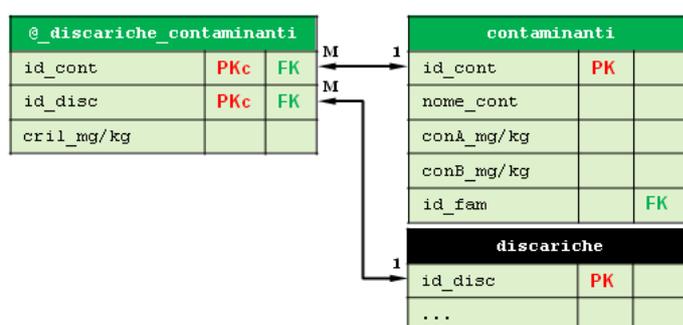


Figura 78 - Schema fisico della tabella @_discariche_contaminanti

Tabella 34 - Descrizione degli attributi della tabella @_discariche_contaminanti

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_disc [PKc] [FK]	TEXT	Codice alfanumerico identificativo della discarica mineraria
* id_cont [PKc] [FK]	INTEGER	Codice numerico identificativo del contaminante
cril_mg/kg	DOUBLE	Concentrazione (in mg/kg) rilevata per il contaminante

Altre informazioni

All'interno del gruppo afferente alle discariche minerarie trovano collocazione anche alcune tabelle che, a causa della differente natura delle informazioni che sono chiamate ad archiviare, non possono essere ricondotte alle schematizzazioni operate fin'ora.

La tabella tipologie_discariche (Figura 79 e Tabella 35) è una tabella di tipo statico; consente l'identificazione della tipologia di discariche sulla base della caratterizzazione del materiale in esse conferito: si differenziano così le discariche di materiali sterili dai bacini di decantazione.

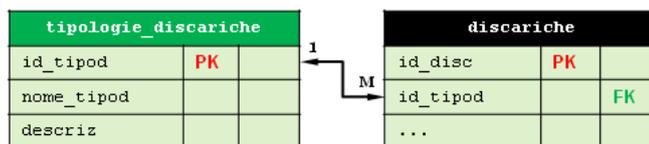


Figura 79 - Schema fisico della tabella tipologie_discariche

Tabella 35 - Descrizione degli attributi della tabella tipologie_discariche

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_tipod [PK]	INTEGER	Codice numerico identificativo della tipologia di discarica mineraria
* nome_tipod	TEXT	Denominazione della tipologia di discarica mineraria
descriz	TEXT	Descrizione della tipologia di discarica mineraria

La tabella storico_discariche (Figura 80 e Tabella 36), cui si è fatto accenno in precedenza, è una tabella dinamica che consente di archiviare dati per la localizzazione geografica delle porzioni di territorio interessate dal deposito di materiale di scarto e di tenere traccia delle eventuali modificazioni che tali aree possono subire nel tempo; i perimetri delle discariche vengono infatti archiviati sotto forma di dati spaziali, che non sono sovrascritti in caso di aggiornamento. È una tabella che in fase di progettazione viene concepita inizialmente vuota: essa verrà popolata a seguito del reperimento dei dati geometrici georiferiti.

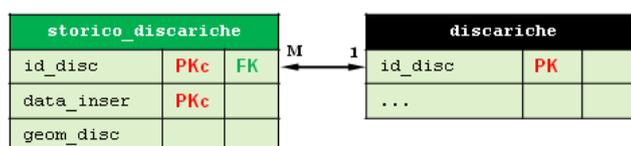


Figura 80 - Schema fisico della tabella storico_discariche

Tabella 36 - Descrizione degli attributi della tabella storico_discariche

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_disc [PKc] [FK]	TEXT	Codice alfanumerico identificativo della discarica mineraria
* data_inser [PKc]	TEXT	Data (nel formato <i>yyyy/mm/dd</i>) di archiviazione dell'attributo geometrico
geom_disc	MULTIPOLYGON	Geometria georiferita per la localizzazione della discarica

La tabella `rif_biblio_discariche` (Figura 81 e Tabella 37) è una tabella dinamica che consente di tenere memoria dei riferimenti bibliografici grazie ai quali sono state raccolte le informazioni riguardanti le discariche minerarie, utili al popolamento del database. È una tabella che in fase di progettazione viene concepita inizialmente vuota: essa verrà popolata durante la fase di utilizzo del database.

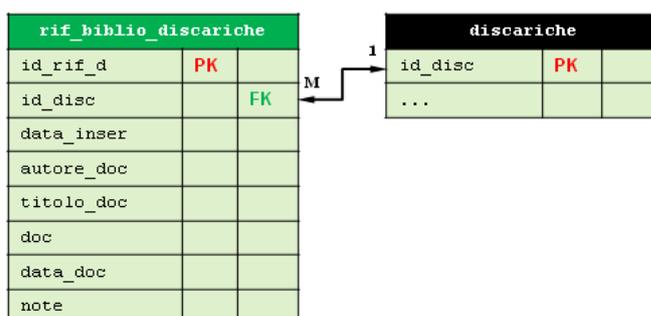


Figura 81 - Schema fisico della tabella `rif_biblio_discariche`

Tabella 37 - Descrizione degli attributi della tabella `rif_biblio_discariche`

Nome campo	Tipo	Descrizione
* <code>id_rif_d</code> [PK]	INTEGER	Codice numerico identificativo del riferimento bibliografico
* <code>id_disc</code> [FK]	TEXT	Codice alfanumerico identificativo della discarica mineraria
* <code>data_inser</code>	TEXT	Data (nel formato <i>yyyy/mm/dd</i>) di archiviazione del riferimento bibliografico
<code>autore_doc</code>	TEXT	Autore del riferimento bibliografico
<code>titolo_doc</code>	TEXT	Titolo identificativo del riferimento bibliografico
<code>doc</code>	TEXT	Indirizzo di localizzazione del file allegato in qualità di riferimento bibliografico
<code>data_doc</code>	TEXT	Data (nel formato <i>yyyy/mm/dd</i>) di pubblicazione/rilascio del riferimento bibliografico
<code>note</code>	TEXT	Spazio per eventuali note integrative

La tabella `@_discariche_minerali` (Figura 82 e Tabella 38), infine, è una tabella di associazione che consente di instaurare una relazione M-M tra i codici identificativi delle discariche e quelli dei minerali utili riscontrati presso le stesse; grazie all'opportuna definizione di uno specifico attributo è qui possibile riportare i valori di tenore rilevati per ciascuno dei minerali riscontrati in discarica.

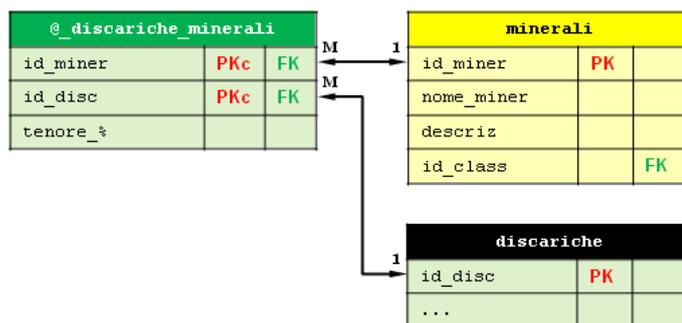


Figura 82 - Schema fisico della tabella @_discariche_minerali

Tabella 38 - Descrizione degli attributi della tabella @_discariche_minerali

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_disc [PKc] [FK]	TEXT	Codice alfanumerico identificativo della discarica mineraria
* id_miner [PKc] [FK]	INTEGER	Codice numerico identificativo del minerale
tenore_%	DOUBLE	Tenore (%) del minerale utile rilevato

4.2.5. Informazioni relative all'inquadramento territoriale

I dati riconducibili alla suddivisione amministrativa del territorio italiano, utili alla localizzazione delle entità descritte nel nuovo database, sono stati suddivisi in 5 tabelle statiche (toponimi, tipi_toponimi, comuni, province e regioni).

L'associazione delle informazioni alle miniere ed alle discariche (Figura 83) viene operata grazie a 2 tabelle di associazione.

In questo gruppo non sono presenti tabelle di tipo dinamico; le informazioni riguardanti la suddivisione territoriale italiana sono state infatti interamente derivate da tavole di aggiornamento periodicamente rilasciate dall'Istat in seguito alle operazioni di censimento della popolazione svolte sul territorio nazionale, e vengono utilizzate nell'ambito del database in modalità di *sola lettura*; il loro aggiornamento (operato esclusivamente da utenti abilitati) deve consistere nella sostituzione delle tabelle statiche al rilascio di nuovi aggiornamenti da parte dell'Istituto nazionale di statistica.

Come si era discusso in precedenza, la localizzazione geografica delle miniere e delle discariche può avvenire secondo diverse modalità; quando non si dispone di dati geometrici georiferiti, il grado di maggior dettaglio è rappresentato dalla associazione della miniera (o della discarica) da localizzare con i codici identificativi dei toponimi che interessano la sua superficie.

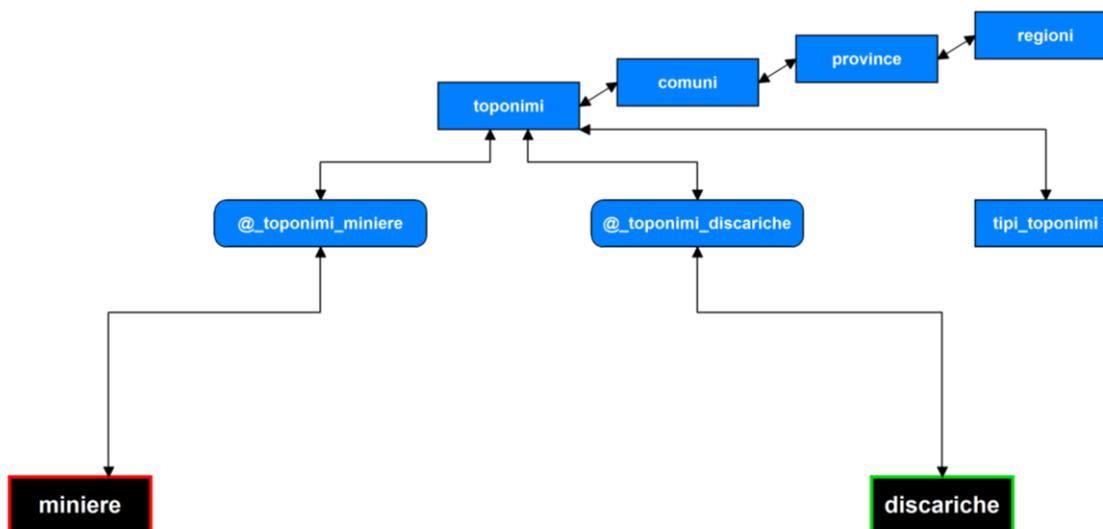


Figura 83 - Schema logico del gruppo "inquadramento territoriale"

La tabella toponimi (Figura 84 e Tabella 39), infatti, contiene un elenco dei toponimi rilevati su tutto il territorio nazionale italiano ed informazioni aggiuntive su ognuno di questi. I dati con i quali la tabella è stata popolata (i più aggiornati reperibili durante la fase di progettazione, per questo livello di dettaglio) fanno riferimento al censimento della popolazione del 2001.

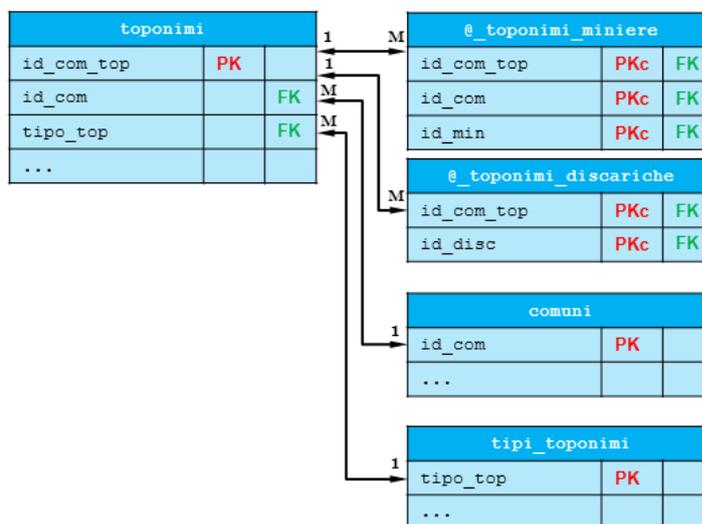


Figura 84 - Schema fisico della tabella toponimi

Tabella 39 - Descrizione degli attributi della tabella toponimi

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_com_top [PK]	INTEGER	Codice numerico composto identificativo del toponimo
* id_com [FK]	INTEGER	Codice numerico identificativo del Comune
* id_top	INTEGER	Codice numerico identificativo del toponimo (all'interno del Comune)
* tipo_top [FK]	INTEGER	Codice numerico identificativo del tipo di località
* nome_top	TEXT	Denominazione del toponimo
* centro_cl	INTEGER	Contrassegno numerico identificativo dei toponimi capoluogo del Comune di riferimento ("1" = SI, "0" = NO)
alt_m	INTEGER	Altitudine (in metri s.l.m.) del toponimo
* pop2001	INTEGER	Popolazione residente nella località (al 2001)
* coord_x	DOUBLE	Coordinata X del toponimo nel sistema di riferimento UTM ED50, fuso 32 (EPSG 23032)
* coord_y	DOUBLE	Coordinata Y del toponimo nel sistema di riferimento UTM ED50, fuso 32 (EPSG 23032)
geom_top	POINT	Geometria georiferita per la localizzazione del toponimo

L'attributo `tipo_top`, chiave esterna, trova la sua descrizione nei contenuti della tabella `tipi_toponimi` (Figura 85 e Tabella 40), che permette di classificare i toponimi secondo determinate tipologia identificate dall'Istat.

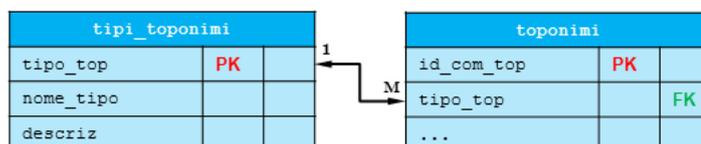


Figura 85 - Schema fisico della tabella tipi_toponimi

Tabella 40 - Descrizione degli attributi della tabella tipi_toponimi

Nome campo	Tipo	Descrizione
* tipo_top [PK]	INTEGER	Codice numerico identificativo del tipo di località
* nome_tipo	TEXT	Denominazione del tipo di località
descriz	TEXT	Decrizione del tipo di località

Per la ricostruzione delle associazioni M-M tra i codici identificativi delle miniere (o delle discariche) e dei relativi toponimi, si fa ricorso all'utilizzo di due apposite tabelle di associazione: @_toponimi_miniere (Figura 86) e @_toponimi_discariche (Figura 87). Entrambe le tabelle vengono popolate durante le fasi di utilizzo del database, e soltanto la prima presenta già una serie di record "importati" dal set di dati che componeva il database sviluppato da ISPRA (in quanto le discariche non venivano in esso censite).

L'analisi della vecchia tabella Siti ha consentito infatti la ricostruzione dell'associazione mineraria-toponimi per un certo numero di siti minerari censiti. Nel campo Località di quella tabella veniva archiviato un elenco dei toponimi ritenuti pertinenti a ciascun sito minerario censito; il campo è stato quindi scomposto, ed al suo interno sono stati ricercati (grazie all'esecuzione di una query di join) gli accoppiamenti tra i nominativi digitati dagli utenti e le denominazioni degli oltre 70000 toponimi individuati sul territorio italiano da Istat. L'abbinamento è stato ricostruito con successo soltanto per il 27% circa dei toponimi digitati manualmente; purtroppo, proprio a causa della libertà di popolamento tramite stringhe testuali dell'attributo del vecchio database, talvolta i toponimi sono stati inseriti con nomi digitati erroneamente o non nella forma individuata dall'Istituto nazionale di statistica (ad esempio, "Montepruno" al posto di "Monte Pruno").

Alle miniere per le quali non è stato possibile associare correttamente un toponimo, è stato quindi accostato in alternativa il codice del comune di riferimento.

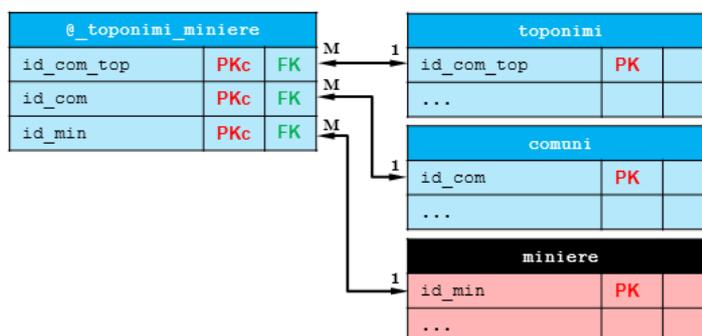


Figura 86 - Schema fisico della tabella @_toponimi_miniere

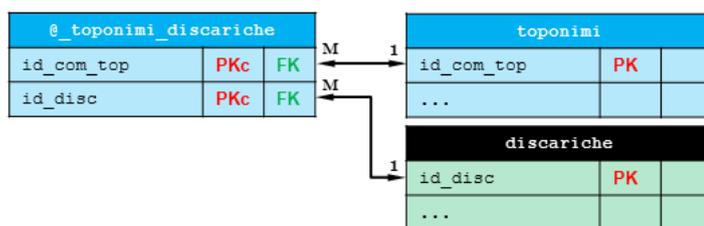


Figura 87 - Schema fisico della tabella @_toponimi_discariche

Suddivisione territoriale

L'associazione di una entità ad uno o più toponimi permette di ricostruire gerarchicamente i diversi livelli di dettaglio relativi alla localizzazione geografica. Tramite un'opportuna definizione delle chiavi primarie ed esterne, infatti, ad ogni toponimo può essere associato uno ed un solo Comune di competenza, ed a ciascun Comune può essere associata soltanto la relativa Provincia (e conseguentemente la Regione).

La tabella *comuni* (Figura 88 e Tabella 41) contiene l'elenco dei Comuni italiani aggiornato alla data 1 gennaio 2011 (le informazioni riguardanti le rispettive popolazioni sono invece relative all'anno 2009). Qualora dovesse risultare necessario l'aggiornamento delle informazioni relative ai Comuni, è sufficiente la sostituzione di questa tabella con la nuova rilasciata dall'Istituto nazionale di statistica, all'interno della quale sono presenti tutti i campi che verranno elencati.

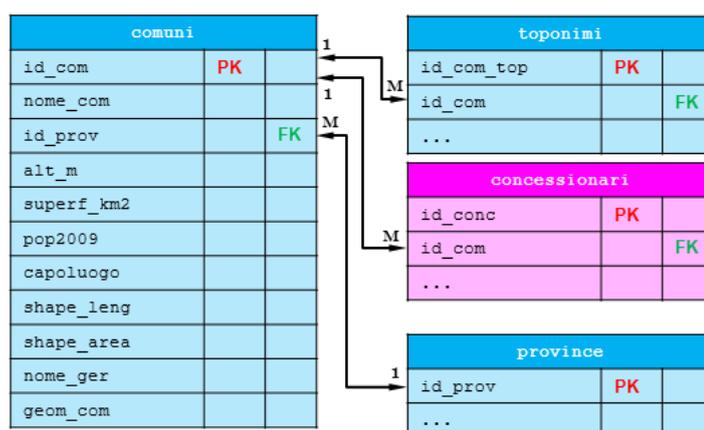


Figura 88 - Schema fisico della tabella comuni

Tabella 41 - Descrizione degli attributi della tabella *comuni*

Nome campo	Tipo	Descrizione
* <i>id_com</i> [PK]	INTEGER	Codice numerico identificativo del Comune
* <i>nome_com</i>	TEXT	Denominazione del Comune
* <i>id_prov</i> [FK]	INTEGER	Codice numerico identificativo della Provincia in cui ricade il Comune
* <i>alt_m</i>	INTEGER	Altitudine (in metri s.l.m.) del Comune
* <i>superf_km2</i>	DOUBLE	Superficie (in km ²) del Comune
* <i>pop2009</i>	INTEGER	Popolazione residente nel Comune (al 2009)
* <i>capoluogo</i>	INTEGER	Contrassegno numerico identificativo dei Comuni capoluogo delle Province di riferimento ("1" = SI, "0" = NO)
* <i>shape_leng</i>	DOUBLE	Lunghezza del perimetro (in m) del territorio comunale
* <i>shape_area</i>	DOUBLE	Coordinata X del toponimo nel sistema di riferimento UTM ED50, fuso 32 (EPSG 23032)
<i>nome_ger</i>	TEXT	Denominazione (in tedesco) del Comune
<i>geom_com</i>	MULTIPOLYGON	Geometria georiferita per la localizzazione del Comune

La tabella *province* (Figura 89 e Tabella 42) e la tabella *regioni* (Figura 90 e Tabella 43) contengono gli elenchi delle rispettive entità governative substatuali, riferite alla suddivisione territoriale italiana aggiornata al 31 dicembre 2012. Qualora dovesse risultare necessario l'aggiornamento delle informazioni relative alle Province ed alle Regioni, è sufficiente la sostituzione di queste tabella con le nuove rilasciate dall'Istituto nazionale di statistica, all'interno della quale sono presenti tutti i campi che verranno elencati, tranne uno: l'attributo *nome_boll* (della tabella *regioni*) non derivato dalle tavole di aggiornamento dell'Istat, ma generato successivamente; esso riporta la denominazione del bollettino regionale di divulgazione dei provvedimenti legislativi di ciascuna Regione italiana. In questo modo la tabella *regioni* può essere utilizzata anche in relazione con la tabella *provvedimenti*, scongiurando la creazione di una ulteriore tabella contenente quell'unica informazione di carattere amministrativo. Va specificato che, a questo scopo, è stato aggiunto un ulteriore record alla tabella *regioni* (recante il codice identificativo "0") che riporta la denominazione del bollettino "Gazzetta Ufficiale della Repubblica", richiamato con notevole frequenza nei record della tabella *provvedimenti*.

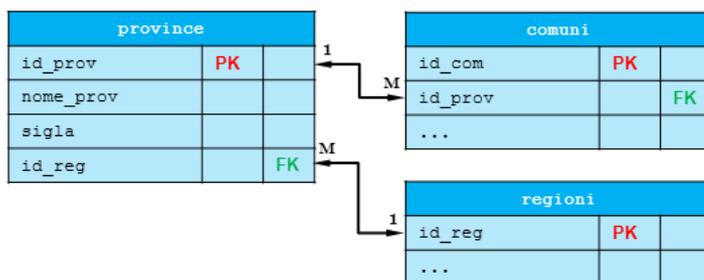


Figura 89 - Schema fisico della tabella province

Tabella 42 - Descrizione degli attributi della tabella province

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_prov [PK]	INTEGER	Codice numerico identificativo della Provincia
* nome_prov	TEXT	Denominazione della Provincia
* sigla	TEXT	Sigla automobilistica della Provincia
* id_reg [FK]	INTEGER	Codice numerico identificativo della Regione in cui ricade la Provincia

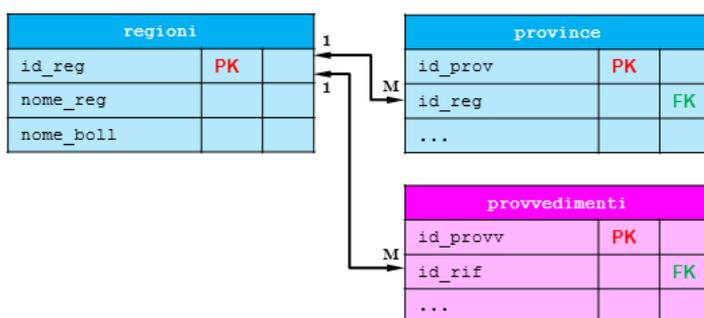


Figura 90 - Schema fisico della tabella regioni

Tabella 43 - Descrizione degli attributi della tabella regioni

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_reg [PK]	INTEGER	Codice numerico identificativo della Regione
* nome_reg	TEXT	Denominazione della Regione
* nome_boll	TEXT	Denominazione del bollettino regionale di divulgazione dei provvedimenti legislativi emanati della Regione

4.2.6. Informazioni relative all'inquadramento geologico

I dati riconducibili agli aspetti riguardanti l'inquadramento geologico dell'attività mineraria sono stati suddivisi in 7 tabelle statiche (genesì, morfologia_corpo_mineralizzato, mineralizzazione_corpo_mineralizzato, litologie, minerali, classi_minerali e elementi chimici).

L'associazione delle informazioni di dettaglio alle rispettive miniere (Figura 91 e Figura 83) viene operata grazie a 3 tabelle di associazione. Esistono inoltre 2 tabelle di associazione (@_minerali_genesì e @_minerali_elementi) necessarie alla definizione di alcune proprietà dei minerali di interesse industriale.

In questo gruppo non sono presenti tabelle di tipo dinamico, in quanto le informazioni necessarie ad una esaustiva (ed omogenea) caratterizzazione degli aspetti di giacimentologia e mineralogia sono presenti nelle tabelle statiche.

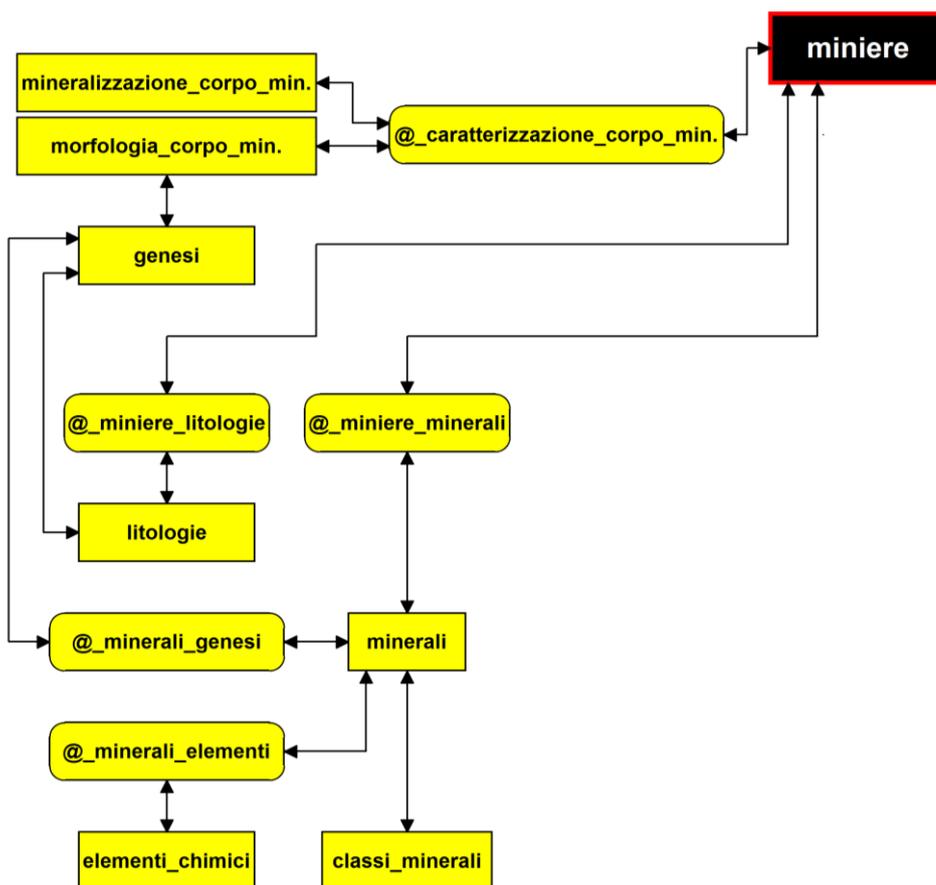


Figura 91 - Schema logico del gruppo "inquadramento geologico"

Caratterizzazione del corpo mineralizzato

Gli aspetti caratterizzanti dei corpi mineralizzati sottoposti a coltivazione dei minerali, vengono descritti attraverso 4 tabelle.

La tabella *genes_i* (Figura 92 e Tabella 44) contiene una classificazione dei meccanismi di genesi che possono originare le litologie, i corpi mineralizzati ed i minerali. Le informazioni catalogate in questa tabella erano precedentemente contenute in una tabella del database esistente, denominata *Giacimenti*; a causa della sua struttura, le informazioni riguardanti i fenomeni di genesi potevano essere relazionati soltanto ai corpi mineralizzati. Nel lavoro di progettazione del nuovo database, oltre a provvedere ad una riorganizzazione delle genesi catalogate, sono stati predisposti legami relazionali anche con le tabelle contenenti informazioni sulle litologie e sui minerali, consentendo così nuove possibilità di interrogazione della base di dati.

Le classificazione delle genesi proposta, risultante dall'attenta analisi di quanto indicato nel quadro bibliografico specifico (Routhier, 1963; Di Colbertaldo, 1967; Font Altaba e Tanelli, 1994), prevede l'esistenza di due livelli di dettaglio così schematizzabili:

- genesi ignea:
 - intrusiva;
 - effusiva;
- genesi sedimentaria:
 - clastica;
 - chimica;
 - organogena;
- genesi metamorfica:
 - di alto grado;
 - di medio grado;
 - di basso grado.

Ad ogni meccanismo di genesi è stato assegnato un codice identificativo univoco, e verso ognuno di essi sono stati fatti confluire i record attinenti alla vecchia classificazione, al fine di preservare le relazioni con i contenuti della tabella *miniére*.

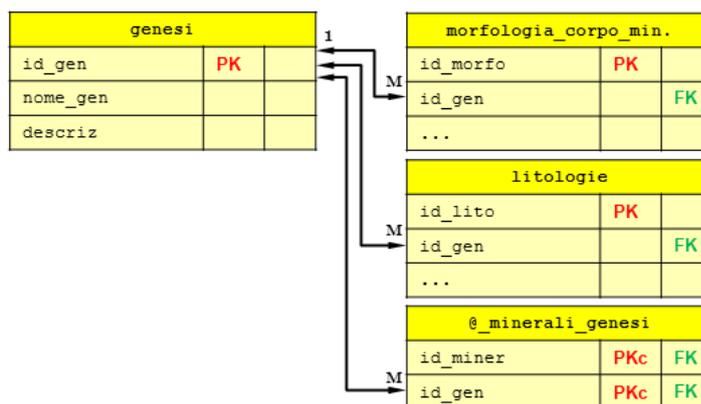


Figura 92 - Schema fisico della tabella genesi

Tabella 44 - Descrizione degli attributi della tabella genesi

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_gen [PK]	INTEGER	Codice numerico identificativo del meccanismo di genesi
* nome_gen	TEXT	Denominazione del meccanismo di genesi
descriz	TEXT	Descrizione del meccanismo di genesi

La tabella morfologia_corpo_mineralizzato (Tabella 45) contiene una classificazione delle morfologie che i corpi mineralizzati assumono in seguito ai fenomeni che ne determinano l'origine. Le informazioni catalogate in questa tabella erano precedentemente contenute in una tabella del database esistente, denominata Giacimenti; a causa della sua struttura, ciascuna morfologia poteva essere associata ad un corpo mineralizzato di qualsivoglia genesi, e viceversa (dando luogo anche a caratterizzazioni palesemente erronee). Nel lavoro di progettazione del nuovo database, oltre a provvedere ad una riorganizzazione delle morfologie catalogate, è stato predisposto legame relazionale con la tabella contenente informazioni sui meccanismi di genesi (permettendo di associare ciascuna morfologia alla sua corretta genesi).

Le classificazione delle morfologie proposta, risultante dall'attenta analisi di quanto indicato nel quadro bibliografico specifico (Routhier, 1963; Di Colbertaldo, 1967), viene di seguito esposta:

- alluvionale (associata alla genesi sedimentaria);
- ammasso (genesi ignea intrusiva);
- colata (genesi ignea effusiva);
- colonnare (genesi ignea intrusiva);
- disseminazione aureola (genesi metamorfica);

- disseminazione carsica (genesi sedimentaria);
- disseminazione ignea (genesi ignea intrusiva);
- eluviale (genesi sedimentaria);
- filone (genesi ignea intrusiva);
- lente (genesi sedimentaria);
- stratiforme (genesi sedimentaria).

Ad ogni morfologia è stato assegnato un codice identificativo univoco, ed a ciascuno di essi è stato associato uno (o più) record attinente alla vecchia classificazione, al fine di preservare le relazioni con i contenuti della tabella *miniere*.

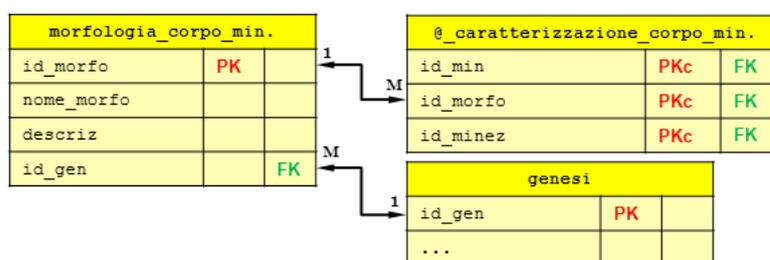


Figura 93 - Schema fisico della tabella morfologia_corpo_mineralizzato

Tabella 45 - Descrizione degli attributi della tabella morfologia_corpo_mineralizzato

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_morfo [PK]	INTEGER	Codice numerico identificativo della morfologia
* nome_morfo	TEXT	Denominazione della morfologia
* id_gen [FK]	INTEGER	Codice numerico identificativo del meccanismo di genesi
descriz	TEXT	Descrizione della morfologia

La tabella *mineralizzazione_corpo_mineralizzato* (Figura 94 e Tabella 46) contiene una classificazione delle tipologie di mineralizzazione che è possibile riscontrare nei corpi mineralizzati sottoposti a coltivazione. Le informazioni catalogate in questa tabella erano precedentemente contenute in una tabella del database esistente, denominata *Giacimenti*; a causa della sua struttura, ciascuna mineralizzazione poteva essere associata ad un corpo mineralizzato di qualsivoglia morfologia, e viceversa. Nel lavoro di progettazione del nuovo database si è provveduto alla riorganizzazione delle tipologie di mineralizzazioni catalogate. Purtroppo non è stato possibile ricostruire la

convergenza delle mineralizzazioni identificate con le relative morfologie; questo perché spesso per ogni giacimento venivano identificate diverse morfologie e diverse mineralizzazioni, rendendo indistinguibile la corretta associazione delle une con le altre.

Le classificazione delle mineralizzazioni proposta, risultante dall'analisi di quanto indicato nel quadro bibliografico specifico (Routhier, 1963), viene di seguito esposta:

- mineralizzazione brecciata;
- mineralizzazione a coccarda;
- mineralizzazione listata;
- mineralizzazione massiva;
- mineralizzazione disseminata o sparsa;

Ad ogni tipologia di mineralizzazione è stato assegnato un codice identificativo univoco, ed a ciascuno di essi è stato associato uno (o più) record attinente alla vecchia classificazione, al fine di preservare le relazioni con i contenuti della tabella *miniere*.

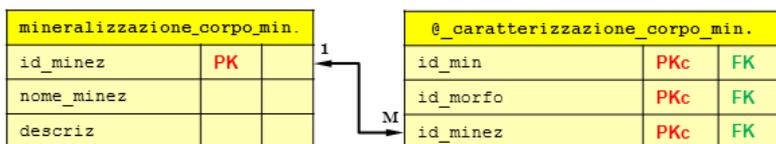


Figura 94 - Schema fisico della tabella *mineralizzazione_corpo_mineralizzato*

Tabella 46 - Descrizione degli attributi della tabella *mineralizzazione_corpo_mineralizzato*

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_minez [PK]	INTEGER	Codice numerico identificativo della mineralizzazione
* nome_minez	TEXT	Denominazione della mineralizzazione
descriz	TEXT	Descrizione della mineralizzazione

La tabella *@_caratterizzazione_corpo_mineralizzato* (Figura 95) consente di attribuire a ciascun corpo mineralizzato (anche più d'uno per miniera) le informazioni relative alle 3 tabelle appena descritte. È stata parzialmente popolata in sede di progettazione (utilizzando le informazioni reperite dal database esistente); all'atto dell'inserimento di un nuovo record (relativo ad un nuovo corpo mineralizzato), è possibile inserire entrambi i dati (morfologia e mineralizzazione associata ad essa) oppure uno solo dei due.

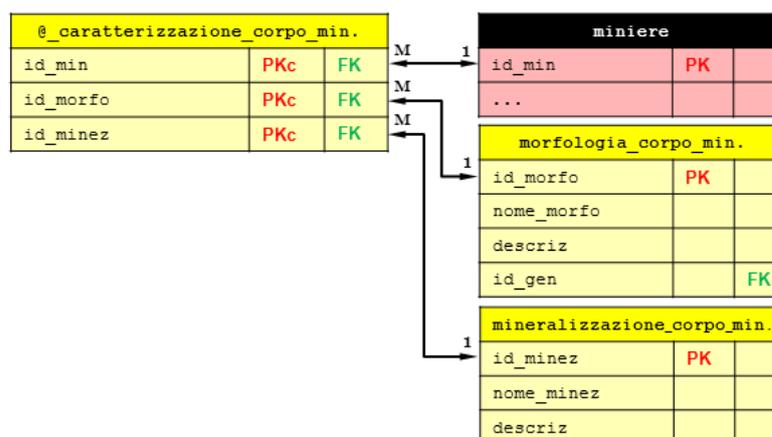


Figura 95 - Schema fisico della tabella @_caratterizzazione_corpo_mineralizzato

Definizione delle litologie incassanti

Gli aspetti descrittivi ed identificativi delle litologie incassanti presenti presso le miniere vengono manipolati attraverso 2 tabelle.

La tabella `litologie` (Figura 96 e Tabella 47) contiene una classificazione delle litologie incassanti che è possibile riscontrare presso i corpi mineralizzati sottoposti a coltivazione. La classificazione delle litologie proposta, risultante dall'attenta analisi di quanto indicato nel quadro bibliografico specifico (Ippolito et al., 1975), prevede l'esistenza di 60 diverse litologie, a ciascuna delle quali è associata una sola possibile genesi (richiamata da una apposita relazione con la tabella di riferimento).

Ad ogni litologia è stato assegnato un codice identificativo univoco, e verso ciascuno di essi sono stati fatti confluire – per quanto possibile – i record attinenti alla vecchia classificazione, al fine di preservare le relazioni con i contenuti della tabella `miniere`. In quella catalogazione venivano differenziate le litologie incassanti da quelle superficiali, ma tale distinzione è stata ritenuta non congruente alla larga casistica di corpi mineralizzati che un database così strutturato è chiamato ad inventariare; se può aver poco senso la definizione di una litologia superficiale per un giacimento stratiforme, ciò che è di sicuro ed indiscutibile interesse è la definizione della roccia incassante che ne ospita la mineralizzazione.

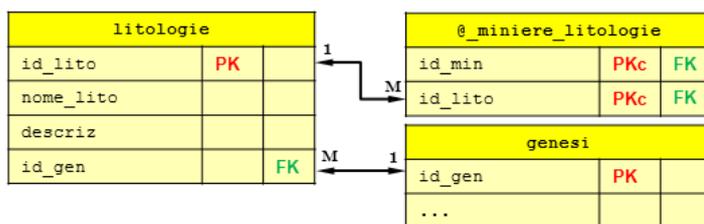


Figura 96 - Schema fisico della tabella litologie

Tabella 47 - Descrizione degli attributi della tabella litologie

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_lito [PK]	INTEGER	Codice numerico identificativo della litologia
* nome_lito	TEXT	Denominazione della litologia
* id_gen [FK]	INTEGER	Codice numerico identificativo del meccanismo di genesi
descriz	TEXT	Descrizione della litologia

L'associazione M-M tra i codici identificativi delle miniere e quelli delle litologie riscontrate presso le stesse è resa possibile grazie all'esistenza della tabella @_miniere_litologie (Figura 97); essa è stata parzialmente popolata in sede di progettazione (utilizzando le informazioni reperite dal database esistente), e continuerà ad essere aggiornata durante la fase di utilizzo del database.

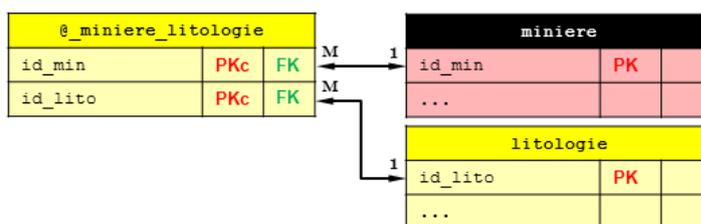


Figura 97 - Schema fisico della tabella @_miniere_litologie

Identificazione dei minerali estratti

L'identificazione e la caratterizzazione dei minerali di interesse industriale coltivati presso le miniere vengono realizzate con l'ausilio di 6 tabelle.

La tabella minerali (Figura 98 e Tabella 48) contiene una classificazione dei minerali di interesse industriale che è possibile riscontrare nel panorama dell'attività mineraria. La classificazione proposta, risultante dall'attenta analisi di quanto indicato

nel quadro bibliografico specifico (Schneiderhöhn, 1962; Font Altaba e Tanelli, 1994), prevede l'individuazione di 254 diversi minerali di interesse industriale, ciascuno dei quali è stato associato ad una classe di minerali specifica (richiamata da una apposita relazione con la tabella di riferimento). Inoltre, tramite una apposita tabella di associazione, ciascun minerale è stato ricondotto al meccanismo di genesi dal quale viene originato (talvolta più di uno) consentendo così nuove possibilità di interrogazione della base di dati.

Ad ogni minerale è stato assegnato un codice identificativo univoco, ed a ciascuno di essi sono stati fatti confluire – per quanto possibile – i record attinenti alla vecchia classificazione, al fine di preservare le relazioni con i contenuti della tabella *miniere*.

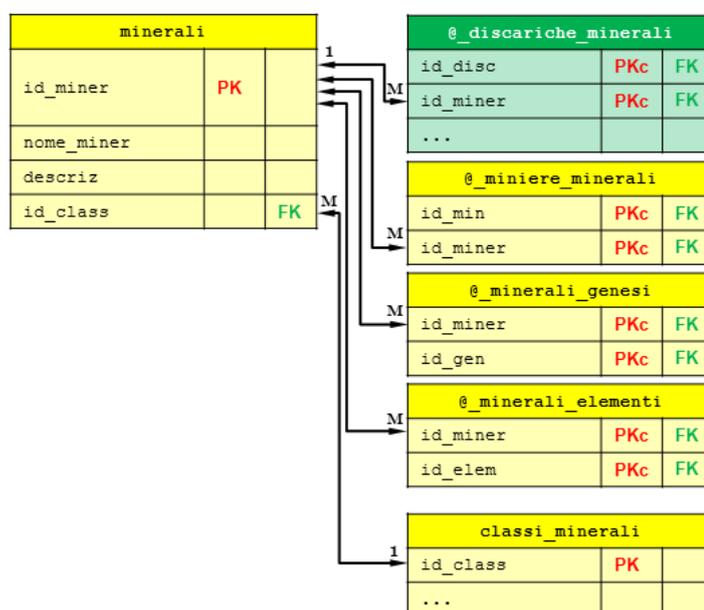


Figura 98 - Schema fisico della tabella minerali

Tabella 48 - Descrizione degli attributi della tabella minerali

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_miner [PK]	INTEGER	Codice numerico identificativo del minerale
* nome_miner	TEXT	Denominazione del minerale
descriz	TEXT	Descrizione del minerale
* id_class [FK]	INTEGER	Codice numerico identificativo della classe di minerali

La suddivisione proposta nella tabella `classi_minerali` (Figura 99 e Tabella 49), risultante dall'analisi di quanto indicato nello stesso quadro bibliografico utilizzato per la definizione dei minerali di interesse industriale (Schneiderhöhn, 1962; Font Alta e Tanelli, 1994), viene di seguito esposta:

- elementi nativi;
- solfuri e solfosali;
- alogenuri ed altri sali;
- ossidi, idrossidi e idrati;
- borati;
- carbonati;
- solfati, cromati, molibdati e wolframati;
- fosfati, arseniati e vanadiati;
- silicati;
- seleniuri e tellururi;
- arseniuri e antimoniuri;
- combustibili solidi e bitumi naturali;
- altri (metallici);
- altri (non metallici).

Ad ogni classe di minerali è stato assegnato un codice identificativo univoco, ed a ciascuno di essi è stato associato uno (o più) record della tabella `minerali`, consentendo così nuove possibilità di interrogazione della base di dati.

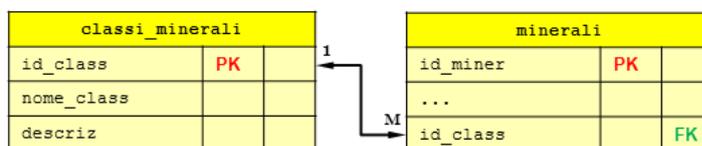


Figura 99 - Schema fisico della tabella `classi_minerali`

Tabella 49 - Descrizione degli attributi della tabella `classi_minerali`

Nome campo	Tipo	Descrizione
* <code>id_class</code> [PK]	INTEGER	Codice numerico identificativo della classe di minerali
* <code>nome_class</code>	TEXT	Denominazione della classe di minerali
<code>descriz</code>	TEXT	Descrizione della classe di minerali

L'associazione M-M tra i codici identificativi delle miniere e quelli dei minerali estratti presso le stesse è resa possibile grazie all'esistenza della tabella `@_miniere_minerali` (Figura 100). Essa è stata parzialmente popolata in sede di progettazione, e continuerà ad essere aggiornata durante la fase di utilizzo del database. In maniera analoga è stata prevista la possibilità di associazione tra i codici identificativi delle discariche minerarie e quelli di minerali utili che è talvolta possibile riscontrare presso di esse, in tenori ancora economicamente sfruttabili; per tale scopo è stata concepita la tabella `@_discariche_minerali`, descritta in precedenza.

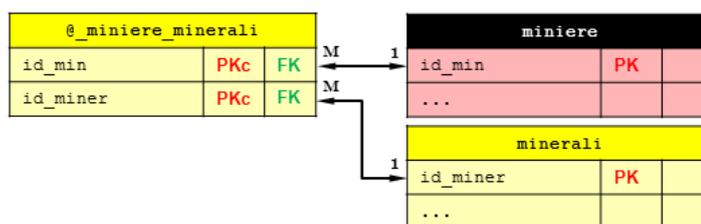


Figura 100 - Schema fisico della tabella `@_miniere_minerali`

Per ciascun minerale è stata inoltre prevista l'associazione ad uno o più meccanismi di genesi che possono averne causato l'origine; questa relazione M-M è gestita tramite il ricorso alla tabella `@_minerali_genesi` (Figura 101) esaustivamente popolata in sede di progettazione.

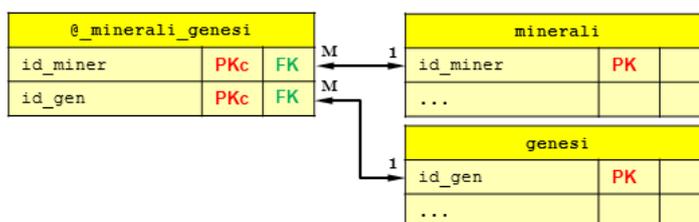


Figura 101 - Schema fisico della tabella `@_minerali_genesi`

Le ultime due tabelle afferenti a questo settore permettono di classificare ed identificare gli elementi chimici che è possibile ricavare dal trattamento dei minerali di interesse industriale. La tabella `elementi_chimici` (Figura 102 e Tabella 50) contiene una classificazione degli elementi chimici che segue il noto schema della tavola periodica di Mendeleev, con il quale vengono ordinati gli elementi chimici sulla base del loro numero atomico. Nel database di ISPRA nessuna catalogazione degli elementi chimici era stata individuata, e si faceva ricorso ad un elenco – presente nella tabella `Minerali` – progettato in violazione alle forme normali.

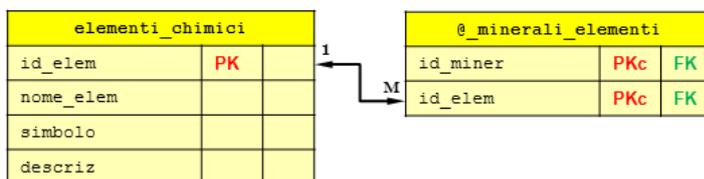


Figura 102 - Schema fisico della tabella `elementi_chimici`

Tabella 50 - Descrizione degli attributi della tabella `elementi_chimici`

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_elem [PK]	INTEGER	Codice numerico identificativo dell'elemento chimico
* nome_elem	TEXT	Denominazione dell'elemento chimico
simbolo	TEXT	Simbolo dell'elemento chimico
descriz	TEXT	Descrizione dell'elemento chimico

Infine, tramite l'analisi dello stesso quadro bibliografico utilizzato per la definizione dei minerali di interesse industriale (Schneiderhöhn, 1962), è stato possibile ricreare l'associazione tra gli elementi chimici ed i minerali dai quali ciascuno di essi può essere ottenuto; è stata così generata la tabella `@_minerali_elementi` (Figura 103) che è stata esaustivamente popolata in sede di progettazione del database.

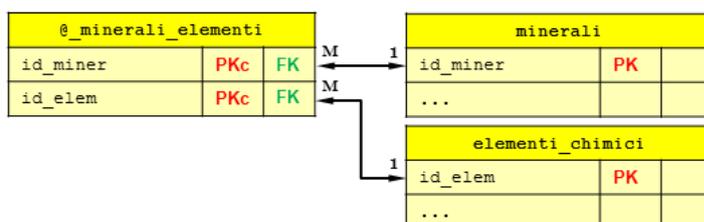


Figura 103 - Schema fisico della tabella `@_minerali_elementi`

4.2.7. Informazioni relative all'inquadramento amministrativo

Le 7 tabelle riconducibili all'inquadramento amministrativo (Figura 104) possono essere suddivise in due particolari aree di competenza: 5 di esse sono utili all'archiviazione dei provvedimenti legislativi in materia mineraria, mentre le restanti 2 consentono di registrare informazioni sui soggetti concessionari che operano lo sfruttamento economico dei giacimenti; due sono infatti le tabelle dinamiche di questo gruppo (concessionari e provvedimenti).

La tabella provvedimenti si serve di 2 tabelle statiche (tipologie_provvedimenti e oggetti_provvedimenti) per fornire ulteriori dettagli sulle entità di interesse.

Le tabelle di associazione (@_miniere_concessionari, @_miniere_provvedimenti e @_provvedimenti_oggetti) garantiscono l'efficace associazione dei contenuti delle tabelle di questo gruppo con le informazioni della tabella miniere.

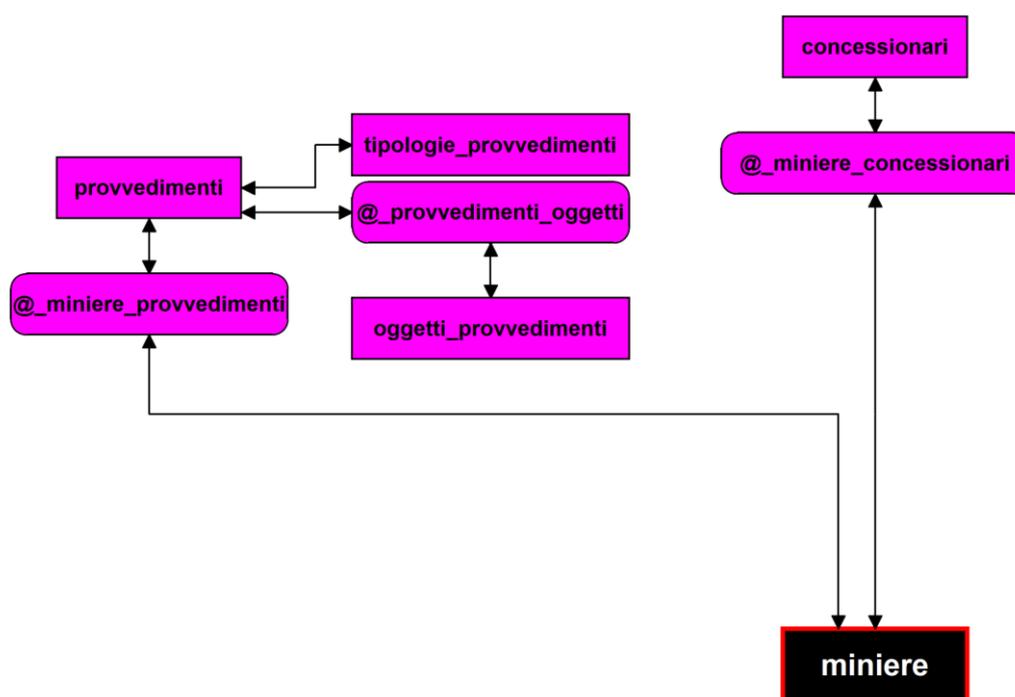


Figura 104 - Schema logico del gruppo "inquadramento amministrativo"

Albo dei soggetti concessionari

Come anticipato, l'identificazione e la raccolta di informazioni riguardanti i soggetti concessionari delle miniere avvengono con l'ausilio di 2 tabelle.

La tabella `concessionari` (Figura 105 e Tabella 51) contiene un elenco dei soggetti (persone fisiche, enti pubblici o privati) che hanno o hanno avuto in concessione una o più miniere tra quelle censite. È una tabella che è stata parzialmente popolata in sede di progettazione, e continuerà ad essere aggiornata durante la fase di utilizzo del database.

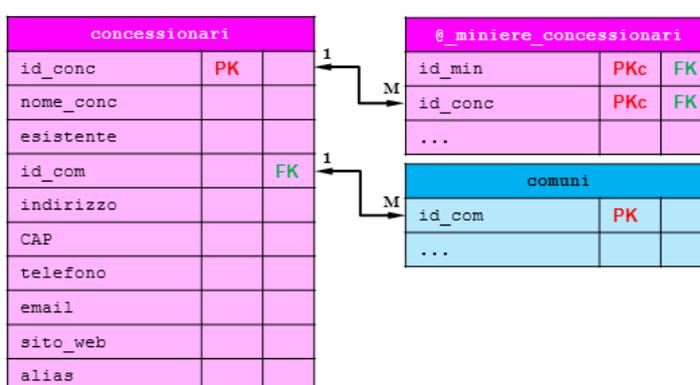


Figura 105 - Schema fisico della tabella `concessionari`

Tabella 51 - Descrizione degli attributi della tabella `concessionari`

Nome campo	Tipo	Descrizione
* <code>id_conc</code> [PK]	INTEGER	Codice numerico identificativo del soggetto concessionario
* <code>nome_conc</code>	TEXT	Denominazione estesa del soggetto concessionario
<code>esistente</code>	INTEGER	Contrassegno numerico identificativo dell'esistenza del soggetto concessionario, alla data di immissione del dato ("1" = SI, "0" = NO)
<code>id_com</code> [FK]	INTEGER	Codice numerico identificativo del Comune in cui ha sede legale il concessionario
<code>Indirizzo</code>	TEXT	Indirizzo della sede legale del soggetto concessionario
<code>CAP</code>	TEXT	Codice di avviamento postale relativo all'indirizzo
<code>telefono</code>	TEXT	Numero di telefono del soggetto concessionario
<code>email</code>	TEXT	Recapito di posta elettronica del soggetto concessionario
<code>sito_web</code>	TEXT	URL del sito internet del soggetto concessionario
<code>alias</code>	TEXT	Denominazione abbreviata del soggetto concessionario

L'associazione esistente tra i soggetti concessionari e le miniere censite viene realizzata grazie all'utilizzo della tabella @_miniere_concessionari (Figura 106 e Tabella 52) che, oltre ad instaurare una relazione M-M tra le due entità, permette di ricostruire uno storico dei soggetti concessionari che si sono susseguiti nella gestione di ciascuna miniera. Essa è una tabella che è stata parzialmente popolata in sede di progettazione (utilizzando le informazioni reperite dal database esistente), e continuerà ad essere aggiornata durante la fase di utilizzo del database.

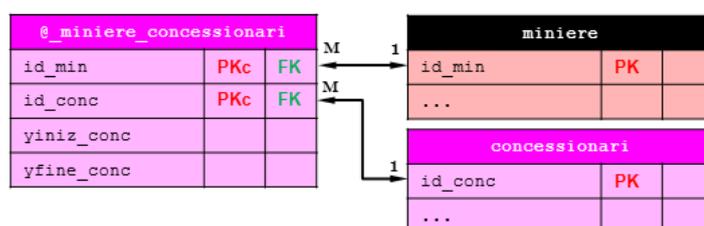


Figura 106 - Schema fisico della tabella @_miniere_concessionari

Tabella 52 - Descrizione degli attributi della tabella @_miniere_concessionari

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_min [PKc] [FK]	TEXT	Codice alfanumerico identificativo della miniera
* id_conc [PKc] [FK]	INTEGER	Codice numerico identificativo del concessionario
yiniz_conc	INTEGER	Anno di inizio concessione
yfine_conc	INTEGER	Anno di fine concessione

Elenco dei provvedimenti legislativi in materia mineraria

L'archiviazione dei provvedimenti legislativi emanati dai diversi organi di governo viene realizzata con l'utilizzo di 5 tabelle.

La tabella provvedimenti è quella che contiene al suo interno l'elenco di tutti quei decreti e provvedimenti normativi che hanno interessato le miniere archiviate nel database. A differenza della versione contenuta nel database dell'ISPRA, la tabella è ora stata dotata di una chiave primaria, che consente di scongiurare l'inserimento di record identici. La tabella è stata parzialmente popolata in sede di progettazione (tramite la migrazione e la validazione dei dati reperiti dal database esistente), e continuerà ad essere aggiornata durante la fase di utilizzo del database.

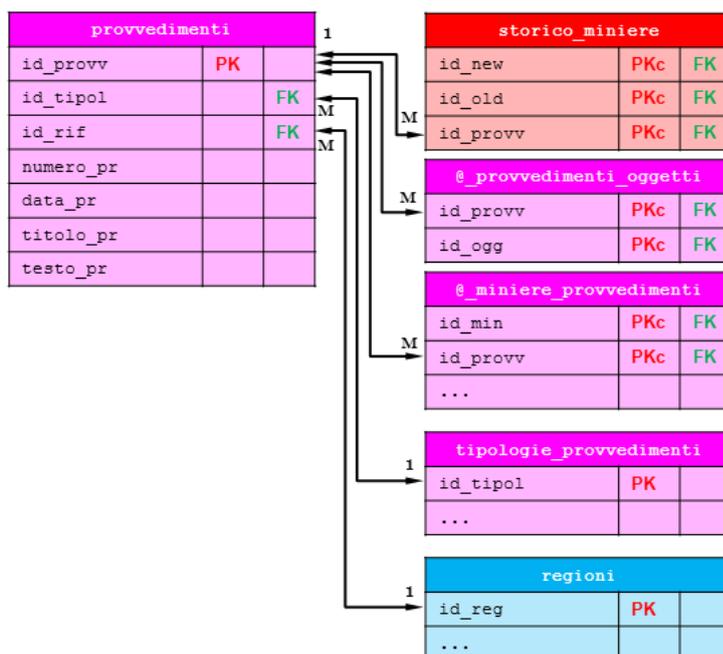


Figura 107 - Schema fisico della tabella *provvedimenti*

Tabella 53 - Descrizione degli attributi della tabella *provvedimenti*

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_provv [PK]	INTEGER	Codice numerico identificativo del provvedimento
* id_tipol [FK]	INTEGER	Codice numerico identificativo della tipologia di provvedimento
* id_rif [FK]	INTEGER	Codice numerico identificativo della Regione emanante
* numero_pr	INTEGER	Numero progressivo associato al rilascio del provvedimento
* data_pr	TEXT	Data (nel formato <i>yyyy/mm/dd</i>) di emanazione del provvedimento
titolo_pr	TEXT	Titolo del provvedimento
testo_pr	TEXT	Stralcio del testo del provvedimento

L'associazione M-M tra i provvedimenti legislativi e le miniere censite interessate dalle loro disposizioni è possibile grazie alla tabella *@_miniere_provvedimenti* (Figura 108 e Tabella 54) che permette altresì di immagazzinare dati geometrici georiferiti che rappresentano i confini perimetrici delle aree concessionate di ciascuna miniera (nel campo *geom_conc*). Essa è stata parzialmente popolata in sede di progettazione (utilizzando le informazioni reperite dal database esistente), e continuerà ad essere aggiornata durante la fase di utilizzo del database.

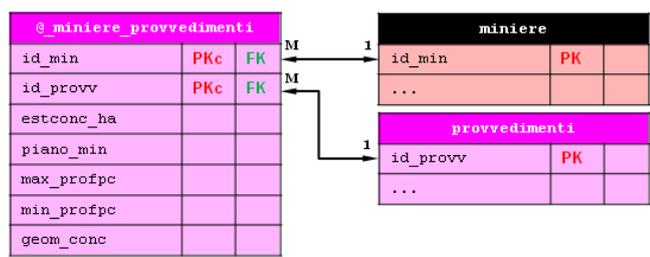


Figura 108 - Schema fisico della tabella @_miniere_provvedimenti

Tabella 54 - Descrizione degli attributi della tabella @_miniere_provvedimenti

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_min [PKc]	TEXT	Codice alfanumerico identificativo della miniera
* id_prov [PKc]	INTEGER	Codice numerico identificativo del provvedimento
estconc_ha	DOUBLE	Estensione della concessione (in ha) prevista dal provvedimento
piano_min	TEXT	Indirizzo di localizzazione del file contenente il piano minerario
max_profpc	DOUBLE	Profondità massima di coltivazione (m dal p.c.) prevista dal piano minerario
min_prof_pc	DOUBLE	Profondità massima di coltivazione (m dal p.c.) prevista dal piano minerario
geom_conc	MULTIPOLYGON	Geometria georiferita per la localizzazione dell'area concessionata

La tabella *tipologie_provvedimenti* (Figura 109 e Tabella 55) contiene un elenco delle tipologie di provvedimento che vengono generalmente emanate dagli enti governativi; i suoi contenuti vengono richiamati dalla tabella *provvedimenti* al fine di fornire maggiori dettagli. Essa è stata esaustivamente popolata in sede di progettazione (a partire dai dati contenuti nel database esistente), e continuerà ad essere aggiornata durante la fase di utilizzo del database.

La tabella *oggetti_provvedimenti* (Figura 110 e Tabella 56) contiene un elenco delle materie oggetto dei provvedimenti che vengono generalmente emanati dagli enti amministrativi; i suoi contenuti vengono richiamati dalla tabella *provvedimenti* al fine di fornire maggiori dettagli. Essa è stata esaustivamente popolata in sede di progettazione (a partire dai dati contenuti nel database esistente), e continuerà ad essere aggiornata durante la fase di utilizzo del database.

L'associazione tra il generico provvedimento e le materie oggetto dello stesso avviene grazie alla tabella *@_provvedimenti_oggetti* (Figura 111) che consente di instaurare una relazione M-M tra le due entità partecipanti. Essa è stata parzialmente popolata in sede di progettazione (sulla base dei provvedimenti censiti alla data di

ultimazione del lavoro), e continuerà ad essere aggiornata durante la fase di utilizzo del database.

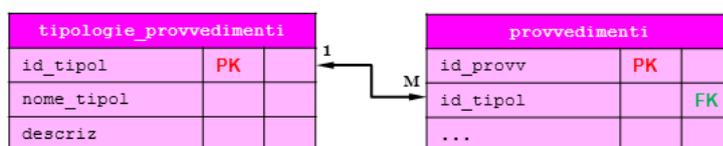


Figura 109 - Schema fisico della tabella tipologie_provvedimenti

Tabella 55 - Descrizione degli attributi della tabella tipologie_provvedimenti

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_tipol [PK]	INTEGER	Codice numerico identificativo della tipologia di provvedimento
* nome_tipol	TEXT	Denominazione della tipologia di provvedimento
descriz	TEXT	Descrizione della tipologia di provvedimento

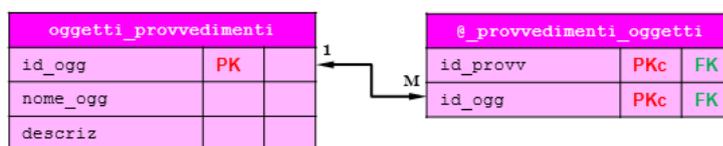


Figura 110 - Schema fisico della tabella oggetti_provvedimenti

Tabella 56 - Descrizione degli attributi della tabella oggetti_provvedimenti

Nome campo	Tipo	Descrizione
* id_ogg [PK]	INTEGER	Codice numerico identificativo della materia oggetto dei provvedimenti
* nome_ogg	TEXT	Denominazione della materia oggetto dei provvedimenti
descriz	TEXT	Descrizione della materia oggetto dei provvedimenti

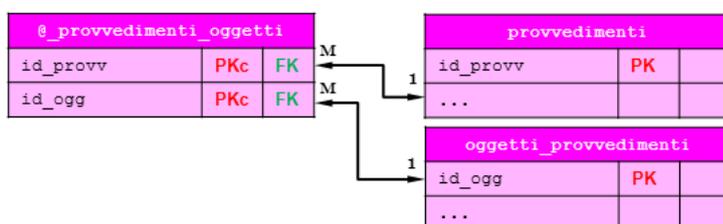


Figura 111 - Schema fisico della tabella @_provvedimenti_oggetti

CONCLUSIONI

Il lavoro di ricerca ha riguardato la realizzazione di un geodatabase per il censimento e la caratterizzazione delle miniere italiane e delle discariche minerarie, a partire dalle informazioni raccolte con il censimento dei siti minerari DICMA – AGIP Petroli S.p.A. e dal database sviluppato nella collaborazione DICMA-ISPRA in cui questi dati sono stati catalogati.

Nel corso di oltre vent'anni sono stati acquisiti da DICMA – ISPRA dati relativi all'attività estrattiva svolta sul territorio nazionale dal 1860 al 2012 (oltre 150 anni), identificando circa 3000 centri estrattivi minerari per i quali sono stati acquisiti oltre 7000 riferimenti bibliografici e centinaia di migliaia di dati, riguardanti gli aspetti tecnico-ingegneristici tipici dell'arte mineraria ed informazioni di natura geometrica, geotecnica, geologica, amministrativa, burocratica e territoriale. Un archivio che non ha eguali a livello internazionale ed è unico nel suo genere, come riscontrato analizzando la bibliografia e lo stato dell'arte più recenti.

Per gestire in maniera efficiente questa grande quantità di dati è stato utilizzato Spatialite, un sistema di gestione dei database relazionali con funzionalità di interrogazione spaziale (Spatial R-DBMS), che ha consentito di ottimizzare le modalità di archiviazione e di elaborazione delle informazioni geografiche, nonché di utilizzare i dati catalogati attraverso un GIS.

Il geodatabase realizzato con la presente Tesi di Laurea è costituito da 50 tabelle normalizzate fino alla terza forma normale e connesse tra loro tramite relazioni 1-1 ed 1-M prevenendo, in tal modo, l'insorgere di anomalie e ridondanze. Tutte le informazioni archiviate nelle numerose tabelle sono collegate alle entità principali, ovvero le miniere e le discariche.

Per soddisfare i requisiti di catalogazione e caratterizzazione dei rischi connessi alle discariche minerarie abbandonate richiesti dalla Direttiva Europea 21/2006/CE, nella tabella relativa alle discariche è prevista l'archiviazione dei dati necessari a valutare il rischio di instabilità geomeccanica e di contaminazione delle matrici aria, acqua e suolo.

I principali risultati ottenibili con il geodatabase descritto nel presente lavoro sono:

- la definizione dei contenuti secondo classificazioni standard che trovano rigoroso riscontro nella bibliografia specialistica nazionale ed internazionale. Conseguentemente, la caratterizzazione delle discariche e delle miniere è omogenea e sono garantite la correttezza e la completezza delle informazioni disponibili;
- la scomposizione delle informazioni raccolte in forma “elementare”, che consente di utilizzare i dati archiviati per ottenere in maniera efficiente informazioni di varia natura (di interesse storico, industriale e minerario, a supporto di attività di pianificazione territoriale, per la valutazione dei rischi ambientali);
- la possibilità di introdurre agevolmente nuove informazioni nel geodatabase per estenderne le applicazioni ad ambiti finora non contemplati;
- la possibilità di utilizzare le informazioni attraverso un GIS, e conseguentemente di confrontarle ed elaborarle assieme ai dati cartografici e tematici prodotti dalle diverse Agenzie di protezione ambientale, dalle Pubbliche Amministrazioni, dalla Comunità Europea e da altri soggetti.

L’approccio scientifico adottato nella progettazione del database consente di applicarlo anche a contesti diversi da quello del patrimonio minerario italiano, candidandolo, pertanto, a potenziale strumento di catalogazione delle miniere e delle discariche per gli Stati membri dell’Unione europea.

BIBLIOGRAFIA

Articoli scientifici e libri

- AA.VV. (1982) *Underground mining methods handbook*. Hustrulid W.A. (Ed.), SME, New York
- AA.VV. (2000) *Slope stability in surface mining*. Hustrulid W.A., McCarter M.K., Van Zyl D.J.A. (Eds.), SME, New York
- Atzeni P., Ceri S., Paraboschi S., Torlone R. (2009) *Basi di dati: modelli e linguaggi di interrogazione*. McGraw-Hill (3 ed.), Milano
- Ballestrazzi P., Berry P., Fabbri S. (1991) Il censimento del patrimonio minerario nazionale ai fini del recupero ambientale delle aree dismesse. *Atti dell'Incontro "Riabilitazione delle Aree Minerarie"*, Abbadia S. Salvatore, pp. 11-20
- Bandini A., Berry P., Dacquino C. (2009) Implementation of a database for risk assessment of abandoned Italian mining sites. *SWEMP2009*. Banff (AL, Canada) 16-18 November 2009. Irvine: The Reading Matrix Inc., volume unico, p. 494-502
- Berry P. (1990) Aspetti tecnico economici dell'impatto ambientale da attività minerarie. *Quarry and Construction*, novembre 1990: 18-28
- Berry P., Bandini A., Dacquino C. (2011) Classificazione dei siti minerari sotterranei abbandonati mediante un indice di rischio statico-strutturale. *Recupero e Valorizzazione delle miniere dismesse: lo stato dell'arte in Italia - ISPRA, Quaderni - Ambiente e società n. 3/2011*, p. 31-43, ISPRA - Settore Editoria, Roma
- Codd E. (1985) "Is Your DBMS Really Relational?" and "Does Your DBMS Run By the Rules?" *ComputerWorld*, October 14 and October 21
- Cortez J.A.S. (1964) *Métodos de exploração por desabamento: exposição crítica*. Tesi di Dottorato, Facoltà di Ingegneria – Università di Porto
- Dacquino C. (2006) Il censimento dei siti minerari in Italia: uno strumento di base per il recupero e l'utilizzo del patrimonio minerario italiano per scopi turistici e museali. *Sessione T22.01 (269) National/ International geological map databases: 73-76*

- Di Colbertaldo D. (1967) Giacimenti minerali. vol. I. CEDAM Ed., Padova
- Farinas de Almeida A. (1952) Os modernos processos de lavra de minas. R.F.E.
- Font Altaba M., Tanelli G. (1994) Mineralogia. Giunti Ed., 94 pp., Firenze
- Fritzsche C.H. (1962) Tratado de laboreo de minas. Labor Barcelona (2nd ed.)
- Gerbella L. (1948) Arte mineraria. vol. 2. Hoepli Ed. (4^a ed.), Milano
- Gerbella L. (1956) Arte mineraria. vol. 1. Hoepli Ed. (3^a ed.), Milano
- Gisotti G. (1991) A Case of Induced Subsidence for Extraction of Salt by Hydrosolution. 4th International Symposium on Land Subsidence, May 1991. IAHS Publ., n. 200: 235-
- Ippolito F, Nicotera P, Lucini P, Civita M, De Riso R (1975) Geologia tecnica per ingegneri e geologi. ISEDI Petrini Ed., 442 pp., Torino
- Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato (1989) Elenco delle Concessioni Minerarie Vigenti al 1989. Direzione Generale delle Miniere
- Pacyna D., Salmon M. (2012) Mining risk management in Wallonia (Belgium): The WebGIS tools in the service of prevention. *GESRIM2012. 1st International Congress on the management of mining wastes and closed mines*. Marrakech (Morocco) 3-6 April 2012
- Peele R. (1956) Mining Engineers' Handbook. John Wiley & Sons (3rd ed.), New York
- Routhier P. (1963) Les gisements métallifères: géologie et principes de recherche. Masson, Parigi
- Schneiderhöhn H. (1962) Erzalagerstätten. Gustav Fischer V. Ed., Stoccarda
- Servizio Geologico d'Italia (1975) Carta Mineraria d'Italia. Scala: 1.000.000
- Tozzi Fontana M. (1991) Note sul patrimonio minerario in Europa. *La Miniera. Tra documento storia e racconto rappresentazione e conservazione*. Edizioni Analisi, 297–309
- Van del Lans F.R. (2001) Introduzione a SQL. Addison-Wesley (2^a ed. italiana), Milano
- Zuffardi P. (1982) Giacimentologia e prospezione mineraria. Pitagora Ed., Bologna
- Zurli M. (1997) Luci e ombre di miniera. Lussografica Ed., Caltanissetta

Siti Internet consultati

- <http://www.isprambiente.gov.it/it/museo/progetti-di-ricerca>
 - (ultimo accesso: 18/01/2013)
- <http://www.wieliczka-saltmine.com/>
 - (ultimo accesso: 25/01/2013)
- <http://www.lkab.com/en/About-us/Overview/Operations-Areas/Kiruna/>
 - (ultimo accesso: 25/01/2013)
- <http://www.wise-uranium.org/mdaf.html>
 - (ultimo accesso: 25/01/2013)
- <http://carto1.wallonie.be/documents/terriils>
 - (ultimo accesso: 28/01/2013)
- <http://webgisdgo4.spw.wallonie.be/viewer/#>
 - (ultimo accesso: 28/01/2013)
- http://itsy.co.uk/ac/0405/sem3/44271_ddi/lec/3_coddsrules.htm
 - (ultimo accesso: 15/02/2013)
- <http://www.deeptraining.com/litwin/dbdesign/fundamentalsofrelationaldatabasesesign.aspx> (Litwin Paul, Fundamentals of relational database design)
 - (ultimo accesso: 15/02/2013)
- <http://www.sqlite.org/datatype3.html> (Datatypes in SQLite Version 3)
 - (ultimo accesso: 05/03/2013)

Normativa nazionale e direttive europee

- Regio Decreto 29 luglio 1927, n. 1443: “Norme di carattere legislativo per disciplinare la ricerca e la coltivazione delle miniere nel regno”
- Legge 15 marzo 1997, n. 59: “Delega al Governo per il conferimento di funzioni e compiti alle regioni ed enti locali, per la riforma della Pubblica Amministrazione e per la semplificazione amministrativa”
- Legge 23 dicembre 2000, n. 388: “Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato (legge finanziaria 2001)”
- Legge 31 luglio 2002, n. 179: “Disposizioni in materia ambientale”

- Legge Regionale 10 dicembre 2009, n. 28: “Disposizioni per l’utilizzo e la valorizzazione del patrimonio minerario dismesso”
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152: “Norme in materia ambientale”
- Direttiva Europea 2006/21/CE: relativa alla gestione dei rifiuti delle industrie estrattive e che modifica la direttiva 2004/35/CE
- 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”

Normative in altri Stati membri

- Arrêté ministériel 19 aprile 2010: “Gestion des déchets des industries extractives”
- Décret 29 febbraio 2011, n. 220: “Plans particuliers d’intervention concernant la gestion des déchets de l’industrie extractive”
- Decreto Lei 4 febbraio 2010, n. 10
- Real decreto 12 giugno 2009, n. 975: “Gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras”
- Arrêté Royal 10 maggio 2009: relatif aux plans particuliers d'urgence et d'intervention concernant les installations de gestion de déchets de l'industrie extractive
- Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale 28 maggio 2009: relatif à la gestion des déchets de l'industrie extractive

INDICE DELLE FIGURE E DELLE TABELLE

Elenco delle figure

Figura 1 - Conversione di risorsa in riserva (giacimento) e viceversa	6
Figura 2 - Esempio di scheda di catalogazione	12
Figura 3 - Nomenclature utilizzate per la compilazione delle sezioni "rocce incassanti" e "giacimento".	13
Figura 4 - Esempio di inventario dell'attività estrattiva.....	14
Figura 5 - Scheda delle produzioni per centro estrattivo	14
Figura 6 - Distribuzione territoriale, a livello provinciale, delle miniere italiane	19
Figura 7 - Andamento dell'attività mineraria in Italia dal 1860 al 2006, in termini di numero di siti attivi	21
Figura 8 - Principali minerali estratti in Italia (si considerano tutte le miniere attive dal 1860 al 2006) ...	21
Figura 9 - Evoluzione temporale dello sfruttamento di marna da cemento e minerali ceramici in Italia...	22
Figura 10 - Distribuzione dei siti minerari abbandonati nelle province italiane	23
Figura 11 - Estratto dall'inventario francese delle strutture di deposito dei rifiuti dell'attività estrattiva .	33
Figura 12 - Estratto dell'inventario portoghese delle strutture di deposito dei rifiuti dell'attività estrattiva	34
Figura 13 - Visualizzazione su mappe tematiche del perimetro delle discariche minerarie	35
Figura 14 - Esempio di scheda con le informazioni tipo di un terril.....	36
Figura 15- Descrizione degli elementi che costituiscono una tabella di database.....	39
Figura 16 - Relazione 1-M.....	42
Figura 17 - Relazione 1-1	42
Figura 18 - Relazione M-M	42
Figura 19 - Relazione M -M di Figura 18 scomposta in due relazioni 1-M.....	43
Figura 20 - Chiavi primarie semplici e composte	44
Figura 21 - Chiave esterna utilizzata in una relazione 1-M	44
Figura 22 - Tabella con attributi eterogenei, relativi alle entità "clienti" e "vettura"	45
Figura 23 - Tabella con attributi in forma non atomica	47
Figura 24 - Tabella rispondente alla 1NF	47
Figura 25 - Tabelle rispondenti alla 2NF	48
Figura 26 - Tabelle rispondenti alla 3NF.....	49
Figura 27 - Interrogazione della tabella "Autonoleggio" tramite query SQL	50
Figura 28 - Sequenza logica dell'esecuzione della query in Figura 27	50
Figura 29 - Schema logico del database dell'attività mineraria di ISPRA.....	58
Figura 30 - Schema fisico della tabella Siti	60
Figura 31 - Stralcio del corpo della tabella Siti.....	65
Figura 32 - Schema logico del gruppo "arte mineraria"	66
Figura 33 - Schema fisico della tabella Sistemi di coltivazione	67

Figura 34 - Stralcio del corpo della tabella Sistemi di coltivazione.....	67
Figura 35 - Schema fisico della tabella Sistemi di trattamento.....	68
Figura 36 - Schema fisico della tabella Piani minerari.....	68
Figura 37 - Schema fisico della tabella Sopralluoghi.....	69
Figura 38 - Schema fisico della tabella Scarti.....	70
Figura 39 - Schema logico del gruppo "inquadramento territoriale"	72
Figura 40 - Schema fisico della tabella Comuni	73
Figura 41 - Stralcio del corpo della tabella Comuni	74
Figura 42 - Schema fisico della tabella Province	74
Figura 43 - Schema fisico della tabella Regioni	75
Figura 44 - Schema logico del gruppo "inquadramento amministrativo"	76
Figura 45 - Schema fisico della tabella Concessionari	77
Figura 46 - Schema fisico della tabella Decreti	78
Figura 47 - Schema logico del gruppo "inquadramento geologico"	79
Figura 48 - Schema fisico della tabella Giacimenti	80
Figura 49 - Schema fisico della tabella Litologie.....	82
Figura 50 - Schema fisico della tabella Minerali	83
Figura 51 - Schema fisico della tabella Gruppi_minerali	83
Figura 52 - Ridondanze evidenziate nella tabella Siti.....	85
Figura 53 - Ridondanze evidenziate nella tabella Scarti	85
Figura 54 - Campi in forma non atomica nella tabella Siti	86
Figura 55 - Errori di digitazione e ambiguità riscontrati nella tabella Concessionari.....	88
Figura 56 - Schema logico del geodatabase dell'attività mineraria sviluppato.....	93
Figura 57 - Schema fisico della tabella @_miniere_discariche	95
Figura 58 - Schema fisico della tabella miniere.	97
Figura 59 - Schema fisico della tabella discariche	100
Figura 60 - Schema logico del gruppo "arte mineraria"	102
Figura 61 - Schema fisico della tabella tipo_coltivazione.....	103
Figura 62 - Schema fisico della tabella collocazione_geografica	104
Figura 63 - Schema fisico della tabella sviluppo_geometrico.....	104
Figura 64 - Schema fisico della tabella stato_attuale.....	105
Figura 65 - Schema fisico della tabella @_caratterizzazione_miniera.....	106
Figura 66 - Schema fisico della tabella gruppi_metodi_di_coltivazione.....	107
Figura 67 - Schema fisico della tabella metodi_di_coltivazione.....	109
Figura 68 - Schema fisico della tabella @_miniere_metodi_di_coltivazione.....	110
Figura 69 - Schema fisico della tabella sistemi_di_trattamento.....	111
Figura 70 - Schema fisico della tabella @_miniere_sistemi_di_trattamento.....	112
Figura 71 - Schema fisico della tabella storico_miniere	113

Figura 72 - Schema fisico della tabella rif_biblio_miniere	113
Figura 73 - Schema fisico della tabella sopralluoghi	114
Figura 74 - Schema fisico della tabella @_sopralluoghi.....	115
Figura 75 - Schema logico del gruppo "discariche minerarie"	116
Figura 76 - Schema fisico della tabella contaminanti	117
Figura 77 - Schema fisico della tabella famiglie_contaminanti.....	117
Figura 78 - Schema fisico della tabella @_discariche_contaminanti	118
Figura 79 - Schema fisico della tabella tipologie_discariche	119
Figura 80 - Schema fisico della tabella storico_discariche	119
Figura 81 - Schema fisico della tabella rif_biblio_discariche.....	120
Figura 82 - Schema fisico della tabella @_discariche_minerali.....	121
Figura 83 - Schema logico del gruppo "inquadramento territoriale"	122
Figura 84 - Schema fisico della tabella toponimi.....	122
Figura 85 - Schema fisico della tabella tipi_toponimi.....	123
Figura 86 - Schema fisico della tabella @_toponimi_miniere	124
Figura 87 - Schema fisico della tabella @_toponimi_discariche.....	125
Figura 88 - Schema fisico della tabella comuni.....	125
Figura 89 - Schema fisico della tabella province.....	127
Figura 90 - Schema fisico della tabella regioni	127
Figura 91 - Schema logico del gruppo "inquadramento geologico"	128
Figura 92 - Schema fisico della tabella genesi.....	130
Figura 93 - Schema fisico della tabella morfologia_corpo_mineralizzato	131
Figura 94 - Schema fisico della tabella mineralizzazione_corpo_mineralizzato	132
Figura 95 - Schema fisico della tabella @_caratterizzazione_corpo_mineralizzato.....	133
Figura 96 - Schema fisico della tabella litologie	134
Figura 97 - Schema fisico della tabella @_miniere_litologie.....	134
Figura 98 - Schema fisico della tabella minerali.....	135
Figura 99 - Schema fisico della tabella classi_minerali	136
Figura 100 - Schema fisico della tabella @_miniere_minerali.....	137
Figura 101 - Schema fisico della tabella @_minerali_genesi	137
Figura 102 - Schema fisico della tabella elementi_chimici.....	138
Figura 103 - Schema fisico della tabella @_minerali_elementi.....	138
Figura 104 - Schema logico del gruppo "inquadramento amministrativo"	139
Figura 105 - Schema fisico della tabella concessionari.....	140
Figura 106 - Schema fisico della tabella @_miniere_concessionari	141
Figura 107 - Schema fisico della tabella provvedimenti.....	142
Figura 108 - Schema fisico della tabella @_miniere_provvedimenti	143
Figura 109 - Schema fisico della tabella tipologie_provvedimenti	144

Figura 110 - Schema fisico della tabella oggetti_provvedimenti 144
Figura 111 - Schema fisico della tabella @_provvedimenti_oggetti 144

Elenco delle tabelle

Tabella 1 - Distribuzione regionale dei siti minerari italiani	20
Tabella 2 - Distribuzione territoriale, a livello regionale, delle miniere in stato di abbandono	23
Tabella 3- Elenco dei comandi SQL utilizzati per la realizzazione e gestione del nuovo database	50
Tabella 4 - Tipi di dato supportati dal linguaggio SQL	51
Tabella 5 - Descrizione degli attributi della tabella Siti.....	61
Tabella 6 - Descrizione degli attributi della tabella Sistemi di coltivazione.....	67
Tabella 7 - Descrizione degli attributi della tabella Sistemi di trattamento.....	68
Tabella 8 - Descrizione dei contenuti della tabella Piani minerari.....	68
Tabella 9 - Descrizione degli attributi della tabella Sopralluoghi.....	69
Tabella 10 - Descrizione degli attributi della tabella Scarti	71
Tabella 11 - Descrizione degli attributi della tabella Comuni	73
Tabella 12 - Descrizione degli attributi della tabella Province	75
Tabella 13 - Descrizione degli attributi della tabella Regioni.....	75
Tabella 14 - Descrizione degli attributi della tabella Concessionari	77
Tabella 15 - Descrizione degli attributi della tabella Decreti.....	78
Tabella 16 - Descrizione degli attributi della tabella Giacimenti	81
Tabella 17 - Descrizione degli attributi della tabella Litologie.....	82
Tabella 18 - Descrizione degli attributi della tabella Minerali	83
Tabella 19 - Descrizione degli attributi della tabella Gruppi_minerali.....	84
Tabella 20 - Descrizione degli attributi della tabella miniere.....	98
Tabella 21 - Descrizione degli attributi della tabella discariche	101
Tabella 22 - Descrizione degli attributi della tabella tipo_coltivazione.....	103
Tabella 23 - Descrizione degli attributi della tabella collocazione_geografica.....	104
Tabella 24 - Descrizione degli attributi della tabella sviluppo_geometrico.....	105
Tabella 25 - Descrizione degli attributi della tabella stato_attuale	105
Tabella 26 - Descrizione degli attributi della tabella gruppi_metodi_di_coltivazione	107
Tabella 27 - Descrizione degli attributi della tabella metodi_di_coltivazione.....	109
Tabella 28 - Descrizione degli attributi della tabella sistemi_di_trattamento.....	111
Tabella 29 - Descrizione degli attributi della tabella storico_miniere.....	113
Tabella 30 - Descrizione degli attributi della tabella rif_biblio_miniere	114
Tabella 31 - Descrizione degli attributi della tabella sopralluoghi.....	114
Tabella 32 - Descrizione degli attributi della tabella contaminanti.....	117
Tabella 33 - Descrizione degli attributi della tabella famiglie_contaminanti	117
Tabella 34 - Descrizione degli attributi della tabella @_discariche_contaminanti.....	118
Tabella 35 - Descrizione degli attributi della tabella tipologie_discariche.....	119

Tabella 36 - Descrizione degli attributi della tabella storico_discariche.....	119
Tabella 37 - Descrizione degli attributi della tabella rif_biblio_discariche.....	120
Tabella 38 - Descrizione degli attributi della tabella @_discariche_minerali.....	121
Tabella 39 - Descrizione degli attributi della tabella toponimi	123
Tabella 40 - Descrizione degli attributi della tabella tipi_toponimi.....	123
Tabella 41 - Descrizione degli attributi della tabella comuni	126
Tabella 42 - Descrizione degli attributi della tabella province	127
Tabella 43 - Descrizione degli attributi della tabella regioni.....	127
Tabella 44 - Descrizione degli attributi della tabella genesi	130
Tabella 45 - Descrizione degli attributi della tabella morfologia_corpo_mineralizzato.....	131
Tabella 46 - Descrizione degli attributi della tabella mineralizzazione_corpo_mineralizzato.....	132
Tabella 47 - Descrizione degli attributi della tabella litologie	134
Tabella 48 - Descrizione degli attributi della tabella minerali	135
Tabella 49 - Descrizione degli attributi della tabella classi_minerali.....	137
Tabella 50 - Descrizione degli attributi della tabella elementi_chimici	138
Tabella 51 - Descrizione degli attributi della tabella concessionari.....	140
Tabella 52 - Descrizione degli attributi della tabella @_miniere_concessionari.....	141
Tabella 53 - Descrizione degli attributi della tabella provvedimenti.....	142
Tabella 54 - Descrizione degli attributi della tabella @_miniere_provvedimenti.....	143
Tabella 55 - Descrizione degli attributi della tabella tipologie_provvedimenti.....	144
Tabella 56 - Descrizione degli attributi della tabella oggetti_provvedimenti.....	144