

# Banca dati geologici e geologico-tecnici della città di Roma

---

CARA P. (\*), PROSPERI M. (\*\*)

## 1. - INTRODUZIONE

La natura del territorio urbano fa sì che gli studi geologici vengano effettuati mediante indagini geognostiche che riguardano in prevalenza la stratigrafia del sottosuolo e che sono effettuate generalmente mediante perforazioni. Accanto a questo tipo di indagini ne esistono altre relative, ad esempio, a cavità, dissesti e affioramenti geologici superficiali. I dati di tali studi in origine sono riportati su supporti cartacei, in forma disomogenea rispetto al loro contenuto informativo ed alla loro formalizzazione. L'esigenza di utilizzare questo patrimonio di informazioni ha rappresentato l'occasione per effettuare una omogeneizzazione dei dati (AMANTI *et alii*, 1995a). È derivata dunque la necessità di realizzare una base di dati comune per l'area urbana di Roma, in cui inserire i dati esistenti e quelli futuri, per una loro gestione coordinata e coerente. La base di dati è stata progettata in previsione di una sua collocazione nel più ampio contesto di un sistema informativo territoriale relativo all'area romana. In tal senso si è anche cercato un riferimento geometrico comune per consentire la generazione di modelli cartografici numerici (AMANTI, CARA & PECCI, 1995b).

La base di dati è stata costruita facendo riferimento al modello Entità-Relazione (CHEN, 1976); per la realizzazione fisica ci si è avvalsi del sistema relazionale di gestione di base di dati dBASE IV™, installato su *Personal Computer*. Per le elaborazioni territoriali e la generazione di cartografia tematica geoambientale, è stato predisposto il collegamento con il software geografico ARC/INFO™ ove risiedono le altre basi di dati geografici.

## 2. - DESCRIZIONE DELL'APPLICAZIONE

L'illustrazione delle specifiche iniziali ovvero dei requisiti informativi, permette di rappresentare in forma schematica gli obiettivi dell'applicazione. In tale descrizione sono compresi sia gli aspetti legati ai dati che si vogliono gestire, sia alle funzionalità operanti su di essi, sia ai vincoli imposti dall'ambiente tecnologico utilizzato.

L'analisi dei requisiti ha riguardato le informazioni geologiche, geologico-tecniche e idrogeologiche, previste nell'ambito del «Progetto Roma» e la descrizione delle operazioni ritenute necessarie per la gestione di questa fase del progetto. In dettaglio le informazioni comprendono:

- il testo che descrive le schede per la catalogazione dei dati provenienti da relazioni geotecniche, archivi di amministrazioni provinciali e comunali, lavori scientifici (AMANTI *et alii*, 1992);

- note del gruppo di coordinamento delle attività informatiche relative al «Progetto Roma».

L'analisi dei requisiti così condotta ha permesso l'individuazione delle seguenti funzioni:

- procedure per la valutazione, standardizzazione e inserimento in forma automatica dei dati provenienti dagli archivi numerici dell'Istituto Nazionale di Geofisica e del Servizio Geologico della Provincia di Roma;

- interfaccia per l'inserimento, la valutazione e l'aggiornamento dei dati esistenti su supporto cartaceo;

- interrogazioni riguardanti le sequenze stratigrafiche e i singoli litotipi, con particolare riferimento ai terreni di riporto;

---

(\*) Presidenza del Consiglio dei Ministri - DSTN - Servizio Geologico - Roma.

(\*\*) Istituto per le Applicazioni del Calcolo "M. Picone" - CNR - Roma.

- interrogazioni riguardanti cavità e dissesti;
- interrogazioni riguardanti la caratterizzazione geologico-tecnica delle unità s.l.;
- interrogazioni riguardanti le falde idriche;
- procedure per il collegamento con il *software* geografico.

### 3. - METODOLOGIA PER IL PROGETTO E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Le attività in cui si è articolata la progettazione della base di dati sono quelle di:

- analisi dei requisiti;
- progettazione;
- realizzazione.

L'applicazione è stata realizzata utilizzando il modello di dati relazionale.

Per quanto riguarda la progettazione, essa comprende le seguenti fasi:

- concettuale;
- logica.

Per le fasi di progettazione concettuale e logica sono stati realizzati degli schemi omonimi. Per la progettazione fisica, come si è detto in precedenza, è stato utilizzato il sistema relazionale di gestione di basi di dati dBASE IV (BORLAND, 1993), versione 2 su *Personal Computer*, mediante il quale è stata implementata la banca dati.

La scelta di un sistema di gestione su *Personal Computer* è derivata dalla volontà di poter offrire all'utenza un sistema installabile su una piattaforma *hardware* di ampia diffusione e basso costo. L'interfaccia utente per l'inserimento dei dati è stata realizzata infatti anche come programma eseguibile memorizzato su dischetto da 3.5 pollici; in tal modo è sufficiente un semplice *Personal Computer* per poter installare il programma applicativo, inserire i dati e fornirli al Servizio Geologico Nazionale in un formato *standard*.

## 4. - PROGETTAZIONE

### 4.1 - CONCETTUALE

Il modello adottato per la realizzazione dell'applicazione è il modello Entità-Relazioni le cui strutture di classificazione sono note in letteratura (CHEN, 1976; BATINI *et alii*, 1986) e sono: l'entità,

la relazione, l'attributo e la gerarchia di generalizzazione. In alcuni casi una entità si dice debole (per esistenza) rispetto ad un'altra entità se per definirla è necessario fare riferimento all'altra entità. In modo analogo una entità è debole (per identificazione) se le occorrenze dell'entità debole non possono essere identificate senza fare ricorso all'altra entità. I due tipi di debolezza possono coesistere.

Dall'analisi effettuata è stato ricavato lo schema concettuale (fig. 2).

Le singole entità dello schema sono descritte di seguito; per la descrizione dei relativi attributi si rimanda al lavoro sui prototipi di schede per la raccolta e l'immissione dei dati geologico-tecnici nella banca dati del Progetto Roma (AMANTI *et alii*, 1992). Allo stato attuale sono state considerate le attività di studio relative alla stratigrafia del sottosuolo, alle cavità, ai dissesti ed agli affioramenti geologici superficiali. In futuro gli studi potranno essere estesi fino a riguardare sorgenti e altri fenomeni geologici ritenuti interessanti. Per brevità, nel seguito ci si limiterà alla descrizione delle chiavi e delle relazioni e cardinalità. Per evidenziare il carattere geografico di talune entità saranno esplicitate le informazioni geometriche utilizzate. In tab. 6 sono comunque elencati gli attributi delle singole entità.

L'entità CAMPAGNA contiene le informazioni relative alla campagna di ricerche geognostiche intraprese da uno specifico ente per conto di un committente in una determinata area.

L'identificatore dell'entità è:

- **Id Campagna**: sigla identificativa della campagna, il dominio è di tipo stringa di caratteri.
- **Id Campagna**: sigla identificativa della campagna, il dominio è di tipo stringa di caratteri.

L'entità principale dello schema è INDAGINE, essa comprende anche le informazioni relative alla sua ubicazione piano altimetrica puntuale. Essa è l'entità «madre» di una gerarchia di generalizzazione che comprende alcune entità «figlie» che specificano il metodo di indagine utilizzato. Nella versione attuale sono state previste solo due entità, relative ai metodi di indagine riscontrati nell'analisi dei requisiti.

L'identificatore dell'entità è la combinazione di:

- **Ente**: sigla dell'ente fornitore del dato, il dominio è di tipo stringa di caratteri;
- **Id Indagine**: numero progressivo univoco, il dominio è di tipo numerico intero.

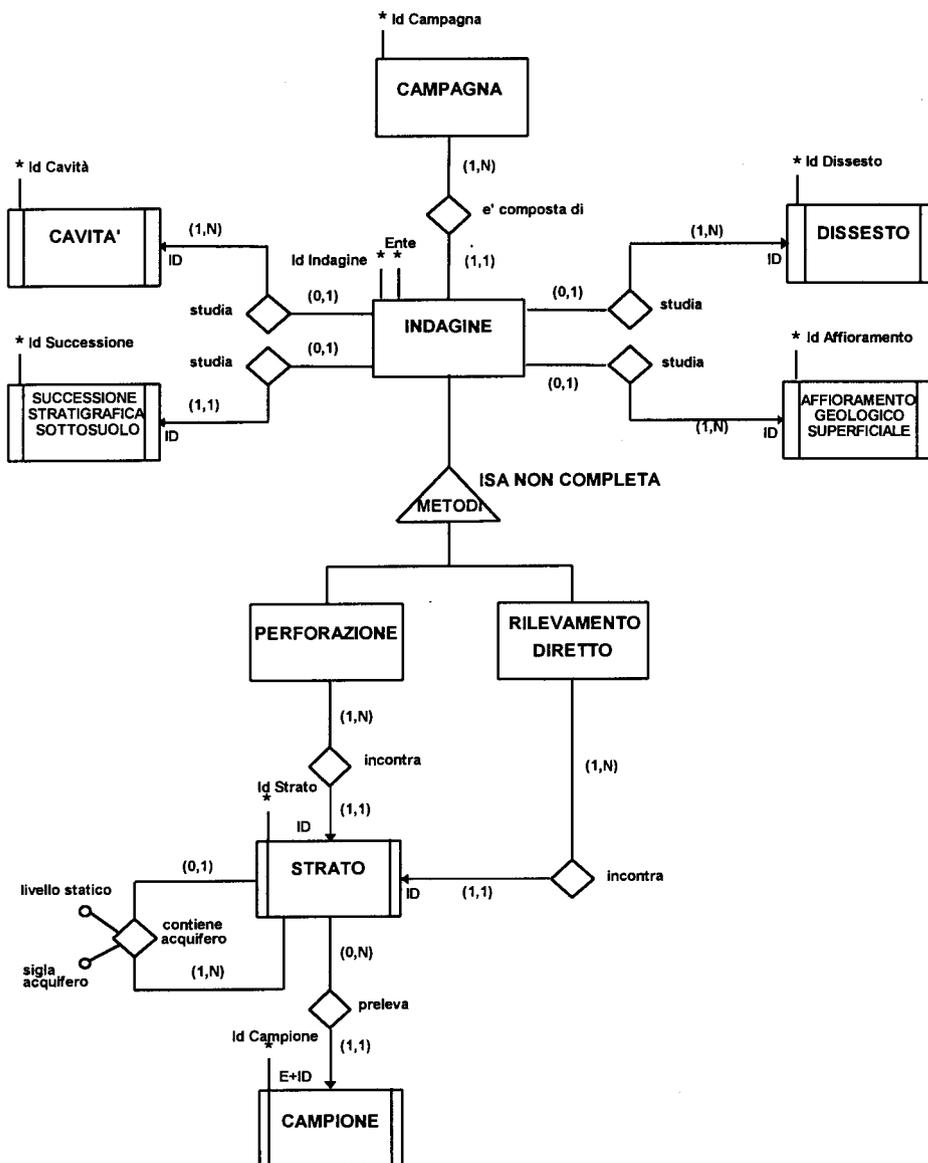


Fig. 2 - Schema concettuale.

L'entit  PERFORAZIONE   «figlia» dell'entit  INDAGINE e contiene le informazioni relative ad una indagine effettuata mediante una perforazione del sottosuolo.

L'entit  RILEVAMENTO DIRETTO   «figlia» dell'entit  Indagine e contiene le informazioni relative ad una indagine effettuata mediante un rilevamento diretto su un affioramento del substrato o in una cavit .

L'entit  CAVITA' contiene le informazioni relative alla presenza di vuoti nel sottosuolo. Sono comprese le informazioni relative alla profondit  massima e minima della cavit  rispetto alla quota del piano

campagna. Essa   considerata entit  debole per identificazione rispetto all'entit  INDAGINE.

L'identificatore dell'entit   :

- **Id Cavit **: numero progressivo univoco, il dominio   di tipo numerico intero.

L'entit , inoltre, eredita l'identificatore dell'entit  INDAGINE:

- **Ente**: sigla dell'ente fornitore del dato, il dominio   di tipo stringa di caratteri;

- **Id Indagine**: numero progressivo univoco, il dominio   di tipo numerico intero.

L'entit  DISSESTI contiene le informazioni relative ad un fenomeno di dissesto. Sono comprese le

TAB. 6 - *Attributi delle Entità*

ENTITÀ	ATTRIBUTI
CAMPAGNA	<i>Id Campagna</i> , Mese, Anno, Classificazione PRG, Amministrazione Committente, Impresa Esecutrice, Circo-scrizione, Località, Argomento, Sigla Mappa, Riferimento Bibliografico
INDAGINE	<i>Ente, Id Indagine</i> , Codice Riferimento, Data, Tipo, Tipo Uso del Suolo, Ubicazione, Quadrante Ventriglia, Note, Note Compilatore
CAVITÀ	<i>Ente, Id Indagine, Id Cavità</i> , Profondità Max., Profondità Min., Altezza Max., Altezza Min., Altezza Media Volta, Percentuale Media Vuoti, Sviluppo Lineare Totale, Superficie Totale, Volume Totale, Tipo Rilevamento, Litologia Tetto, Unità Geologica Tetto, Litologia Letto, Unità Geologica Letto, Età, Tipo Datazione, Accesso, Interesse Archeologico, Utilizzo Attuale, Presenza Acqua, Presenza Utenze, Tipo Dissesto, Tipo Consolidamento, Riferimento Bibliografico, Note, Note Compilatore
DISSESTO	<i>Ente, Id Indagine, Id Dissesto</i> , Potenzialità, Localizzazione Morfologica, Classificazione Fenomeno Franso, Area in Subsidenza, Cedimenti, Riferimento Temporale, Unità Geologica, Litologia, Data Evento Principale, Data Presunta, Lunghezza, Larghezza, Profondità, Cedimenti, Apertura Fessure, Stato Fenomeno, Velocità, Probabile Evoluzione, Probabile Causa Predisponente, Probabile Causa Innescante, Segni Premonitori Accertati, Segni Premonitori Probabili, Danni, Intensità dei Danni, Strutture Danneggiate, Stato Opere Esistenti, Interventi Proposti, Interventi Effettuati, Monitoraggio, Riferimento Bibliografico, Note, Note Compilatore
PERFORAZIONE	<i>Ente, Id Indagine</i> , Sigla, Latitudine, Longitudine, Tipo, Inclinazione, Data, Diametro Max., Diametro Min., Quota Boccapozzo, Attendibilità Quota, Profondità Max., Falda, Numero Strati, Campioni, Piezometro, Riferimento Bibliografico, Note, Note Compilatore
STRATO	<i>Ente, Id Indagine, Id Strato</i> , Quota tetto, Quota letto, Numero Campioni, Litologia, Datazione, Tipo Datazione, Unità Geologica, Ambiente Genetico, Formazione Ventriglia, Unità Litotecnica, Spaziatura Discontinuità, Alterazione, Stato di Alterazione, Tipo Prodotto, SPT, Numero Colpi, Tipo Prova Statica, Profondità Inizio Prova Statica, Resistenza alla Punta, Attrito Laterale, Minima Velocità Onde P, Massima Velocità Onde P, Tipo Prova Onde P, Minima Velocità Onde S, Massima Velocità Onde S, Tipo Prova Onde S, Modulo Elasticità, Tipo Prova, Altre Prove, Riferimento Bibliografico, Note, Note Compilatore
CAMPIONE	<i>Ente, Id Indagine, Id Strato, Id Campione</i> , Sigla, Tipo, Tipo Campionatore, Quota, Fossili, Classificazione USCS, Classificazione CNR-UNI, Saturazione, Umidità Naturale, Limite Liquido, Limite Plastico, Indice Plastico, Limite Ritiro, Consistenza Relativa, Stato Addensamento, Attività Colloidale, Peso Specifico, Carbonati, Densità Naturale, Resistività, Durevolezza, Deformabilità, Resistenza Compressione Semplice, Coesione PPT, Coesione VT, Tipo Prova, Coesione Drenata, Angolo Attrito Drenato, Coesione Non Drenata, Angolo Attrito Non Drenato, CCU, Coefficiente Consolidazione, Modulo Edometrico, Coefficiente Permeabilità, Tipo Prova, Densità AASHO Standard, Umidità AASHO Standard, Densità AASHO Modificata, Umidità AASHO Modificata, CBR, Riferimento Bibliografico, Note, Note Compilatore

informazioni relative alla lunghezza, larghezza e profondità rispetto al piano campagna del dissesto. Essa è considerata entità debole per identificazione rispetto all'entità INDAGINE.

L'identificatore dell'entità è:

- **Id Dissesto**: numero progressivo univoco, il dominio è di tipo numerico intero.

L'entità, inoltre, eredita l'identificatore dell'entità INDAGINE:

- **Ente**: sigla dell'ente fornitore del dato, il dominio è di tipo stringa di caratteri;

- **Id Indagine**: numero progressivo univoco, il dominio è di tipo numerico intero.

L'entità SUCCESSIONE STRATIGRAFICA DEL SOTTOSUOLO contiene le informazioni relative all'assetto geologico del sottosuolo come può essere descritto dall'analisi dei dati di una perforazione. Essa è considerata entità debole per identificazione rispetto all'entità INDAGINE.

L'identificatore dell'entità è:

- **Id Successione**: numero progressivo univoco, il dominio è di tipo numerico intero.

L'entità, inoltre, eredita l'identificatore dell'entità INDAGINE:

- **Ente**: sigla dell'ente fornitore del dato, il dominio è di tipo stringa di caratteri;

- **Id Indagine**: numero progressivo univoco, il dominio è di tipo numerico intero.

L'entità AFFIORAMENTO GEOLOGICO SUPERFICIALE contiene le informazioni derivanti dall'esame di formazioni geologiche affioranti in superficie. Essa è considerata entità debole per identificazione rispetto all'entità INDAGINE.

L'identificatore dell'entità è:

- **Id Affioramento**: numero progressivo univoco, il dominio è di tipo numerico intero.

L'entità, inoltre, eredita l'identificatore dell'entità INDAGINE:

– **Ente**: sigla dell'ente fornitore del dato, il dominio è di tipo stringa di caratteri;

– **Id Indagine**: numero progressivo univoco, il dominio è di tipo numerico intero.

L'entità STRATO contiene informazioni riguardanti i dati geologici e litologici relativi a quello che viene identificato come «strato» nell'ambito di una perforazione. Sono comprese anche informazioni riguardanti la presenza d'acqua (vedi relazione **Contiene acquifero**). Essa è considerata entità debole per identificazione rispetto alla gerarchia di generalizzazione rappresentata da Indagine e dai relativi metodi. Sono comprese le informazioni relative alla posizione altimetrica del tetto e del letto dello strato rispetto alla quota del piano campagna.

L'identificatore dell'entità è:

– **Id Strato**: numero progressivo univoco, il dominio è di tipo numerico intero.

L'entità, inoltre, eredita l'identificatore dell'entità INDAGINE:

– **Ente**: sigla dell'ente fornitore del dato, il dominio è di tipo stringa di caratteri;

– **Id Indagine**: numero progressivo univoco, il dominio è di tipo numerico intero.

L'entità CAMPIONE contiene le informazioni risultanti da prove effettuate su campioni prelevati durante una indagine effettuata mediante una perforazione o un rilevamento diretto. Le informazioni faranno comunque riferimento ad uno specifico strato per cui l'entità è debole per esistenza ed identificazione rispetto all'entità STRATO. È compresa anche l'informazione di posizionamento altimetrico del punto di prelievo rispetto alla quota del piano campagna.

L'identificatore dell'entità è:

– **Id Campione**: numero progressivo univoco, il dominio è di tipo numerico intero.

L'entità, inoltre, eredita l'identificatore dell'entità INDAGINE:

– **Ente**: sigla dell'ente fornitore del dato, il dominio è di tipo stringa di caratteri;

– **Id Indagine**: numero progressivo univoco, il dominio è di tipo numerico intero.

– **Id Strato**: numero progressivo univoco, il dominio è di tipo numerico intero.

Le entità fin qui descritte sono associate dalle seguenti relazioni di cui viene illustrato il significato e la cardinalità:

– **è composta di**: collega ogni occorrenza di campagna dell'entità CAMPAGNA con le occorrenze di indagini dell'entità INDAGINE in essa comprese.

La cardinalità dell'entità CAMPAGNA rispetto alla relazione è (1,N) perché ogni campagna deve essere composta da almeno una indagine, tuttavia non esiste un limite al numero di indagini componenti previste.

La cardinalità dell'entità INDAGINE rispetto alla relazione è (1,1) perché ogni indagine è compresa in una sola campagna.

– **studia**: collega ogni fenomeno geologico considerato (dissesto, cavità, successione stratigrafica del sottosuolo, affioramento geologico superficiale) con le eventuali relative indagini dell'entità INDAGINE mediante le quali tali fenomeni sono stati studiati.

La cardinalità delle entità DISSESTO, CAVITÀ e AFFIORAMENTO GEOLOGICO SUPERFICIALE rispetto alla relazione è (1,N) perché ogni dissesto o cavità o affioramento geologico superficiale deve essere studiato da almeno una indagine ma non esiste un limite al numero di indagini di studio previste. La cardinalità dell'entità SUCCESSIONE STRATIGRAFICA DEL SOTTOSUOLO rispetto alla relazione è (1,1) perché ogni successione è studiata solo da una indagine.

La cardinalità dell'entità INDAGINE rispetto alla relazione è (0,1) perché può verificarsi che non tutte le indagini studino una cavità, un dissesto, una successione stratigrafica del sottosuolo o un affioramento geologico superficiale. In caso contrario una indagine studia un solo dissesto, cavità, affioramento geologico superficiale o successione stratigrafica del sottosuolo.

– **incontra**: collega ogni perforazione o rilevamento diretto delle entità omonime con lo strato dell'entità STRATO che viene incontrato durante la perforazione o il rilevamento stesso.

La cardinalità delle entità PERFORAZIONE o RILEVAMENTO DIRETTO rispetto alla relazione è (1,N) perché ogni perforazione o rilevamento, deve incontrare almeno uno strato (quello superficiale) ma non esiste un limite al numero di strati che è possibile incontrare.

La cardinalità dell'entità STRATO rispetto alla relazione è (1,1) perché il singolo strato investigato è solamente quello incontrato durante la perforazione o il rilevamento diretto.

– **preleva**: collega ogni strato dell'entità STRATO con gli eventuali campioni dell'entità CAMPIONE che è possibile prelevarvi.

La cardinalità dell'entità STRATO rispetto alla relazione è (0,N) dal momento che in uno strato può non essere prelevato alcun campione, tuttavia non esiste un limite al numero di campioni prelevabili.

La cardinalità dell'entità CAMPIONE rispetto alla relazione è (1,1) perché ogni campione può essere prelevato solo da un singolo strato.

– **contiene acquifero**: è una relazione particolare in quanto si riferisce alla stessa entità STRATO che partecipa più di una volta con ruoli diversi alla relazione. La relazione esprime la possibilità che l'entità STRATO possa ospitare un acquifero. Quando questa condizione è verificata, a seconda del tipo di acquifero, è possibile misurare in quello strato o in un altro il livello statico dell'acqua.

La cardinalità dell'entità STRATO rispetto alla relazione è (0,1) perché in ogni strato può esistere eventualmente solo un acquifero. D'altro canto un acquifero può essere contenuto in uno o più strati, per cui la cardinalità dell'entità STRATO rispetto alla relazione è (1,N).

La relazione contiene informazioni relative a:

– **Livello statico**: è la misura del livello statico dell'acqua misurato nello strato. Se la falda è di tipo freatico il livello è quello dell'acquifero contenuto nello strato stesso. Se la falda è di tipo artesiano il livello statico è quello di un acquifero ospitato in un altro strato. Il dominio è di tipo numerico reale.

– **Sigla acquifero**: è la sigla identificativa dell'acquifero. Il dominio è di tipo stringa di caratteri.

#### 4.2 – LOGICA

In questa fase della programmazione lo schema concettuale dell'applicazione è stato tradotto in uno schema coerente con il modello adottato dal sistema di gestione di basi di dati scelto (BATINI, 1987); il modello in questione è il modello relazionale.

Tra le attività comprese in questa fase viene qui descritta la ristrutturazione operata sullo schema concettuale per generare uno schema concettuale «semplificato» (fig. 3) che utilizzi i concetti interpretabili dal modello logico prescelto a partire dal modello Entità-Relazione. Questa attività è indipendente dal modello logico scelto.

La ristrutturazione operata sullo schema di fig. 2 ha riguardato essenzialmente la traduzione della relazione di generalizzazione in una struttura propria del modello logico e la fusione degli attributi di più entità in una sola entità.

Nel dettaglio, si è accorpata l'entità CAMPAGNA con l'entità INDAGINE, fondendo i relativi attributi in quanto visitati dalle stesse operazioni. Ne è derivato che l'identificatore dell'entità Indagine risulta dalla combinazione con **Id Campagna**, per permettere comunque di distinguere indagini di campagne diverse.

La traduzione della gerarchia di generalizzazione ha comportato la generazione di tre entità distinte. In questo caso si è proceduto ad un partizionamento della singola tabella che generalmente si crea nelle entità coinvolte in una generalizzazione. Sono stati infatti individuati gruppi diversi di attributi, ognuno interessato da operazioni differenti; separando tali gruppi di attributi è possibile rendere più efficiente l'accesso ai dati.

La traduzione della gerarchia di generalizzazione ha comportato anche la generazione della relazione **utilizza**, con cardinalità (1,1) dato che ogni indagine viene effettuata utilizzando un solo metodo.

#### 4.3 – MODELLO LOGICO RELAZIONALE

In questa fase finale della progettazione, lo schema semplificato di fig. 3 è stato tradotto nel modello relazionale.

Per meglio comprendere questo passaggio, una relazione nel modello concettuale sarà definita come ER-relazione, mentre la stessa sarà indicata nel modello relazionale come R-relazione. Una R-relazione è una tabella composta da colonne, dette attributi o campi e da righe dette n-ple. Nel modello relazionale le entità diventano R-relazioni, mentre le ER-relazioni sono tradotte (facendo riferimento allo schema di fig. 3), secondo le seguenti indicazioni:

– le ER-relazioni di cardinalità (0,1) e (1,1) senza attributi non generano nuove R-relazioni ma comportano l'aggiunta di campi in più sulla R-relazione relativa ad una entità per l'identificatore dell'altra;

– le ER-relazioni di cardinalità (0,N) e (1,N) senza attributi comportano l'aggiunta di campi in più nella R-relazione relativa all'entità di cardinalità N, corrispondenti all'identificatore dell'entità di cardinalità 1;

– le ER-relazioni di cardinalità (1,N) con attributi generano una R-relazione con un campo per ogni attributo della ER-relazione più un campo per ogni identificatore delle entità che partecipano alla relazione.

Nel modello relazionale l'entità INDAGINE conserva il suo ruolo centrale. Tutte le entità infatti

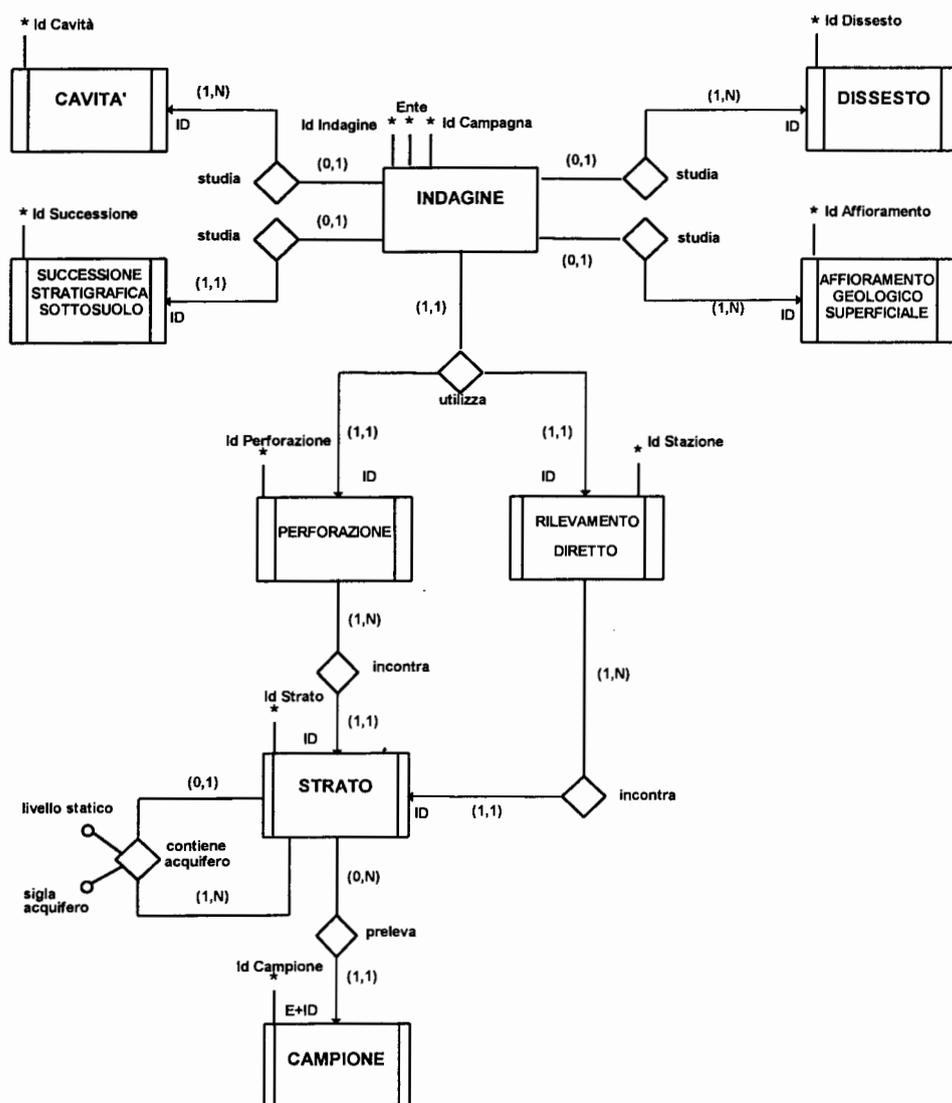


Fig. 3 - Schema concettuale semplificato.

ereditano il suo identificatore e di conseguenza ogni R-relazione ricavata dalle entità ospiterà un campo corrispondenti all'identificatore di INDAGINE.

Le relazioni **studa** sono state tradotte aggiungendo dei campi in più alle entità coinvolte (CAVITÀ, DISSESTI, SUCCESIONE STRATIGRAFICA DEL SOTTOSUOLO, AFFIORAMENTI GEOLOGICI SUPERFICIALI) corrispondenti all'identificatore dell'entità INDAGINE. Questa è una logica conseguenza della «debolezza» per identificazione di queste entità rispetto all'entità Indagine.

Anche le relazioni **incontra** e **preleva** sono state tradotte aggiungendo rispettivamente alle entità STRATO e CAMPIONE campi aggiuntivi corrispondenti all'identificatore dell'entità PERFORAZIONE nel pri-

mo caso e dell'entità STRATO nel secondo. La «debolezza» per identificazione reciproca delle entità PERFORAZIONE, STRATO e CAMPIONE fra di esse e tutte rispetto all'entità INDAGINE ha comportato la sistematica aggiunta anche dei campi corrispondenti all'identificatore dell'entità INDAGINE.

La traduzione della relazione **contiene acquifero** comporta la creazione di una nuova tabella contenente dei campi corrispondenti agli identificatori dell'entità STRATO degli strati coinvolti nei diversi ruoli previsti dalla relazione; nella tabella sono poi presenti i campi corrispondenti agli attributi della relazione.

Lo schema logico relazionale dell'applicazione che si ottiene alla fine del processo di ristrutturazione e traduzione è riportato in tab. 7.

TAB. 7 - Schema logico relazionale: entità, relazioni e identificatori

ENTITÀ	IDENTIFICATORE
INDAGINE	<i>Id Campagna</i> <i>Ente</i> <i>Id Indagine</i>
CAVITÀ	<i>Id Campagna</i> <i>Ente</i> <i>Id Indagine</i> <i>Id Cavità</i>
DISSESTI	<i>Id Campagna</i> <i>Ente</i> <i>Id Indagine</i> <i>Id Dissesto</i>
SUCCESSIONE STRATIGRAFICA DEL SOTTU-SUOLO	<i>Id Campagna</i> <i>Ente</i> <i>Id Indagine</i> <i>Id Successione</i>
AFFIORAMENTO GEOLOGICO SUPERFICIALE	<i>Id Campagna</i> <i>Ente</i> <i>Id Indagine</i> <i>Id Affioramento</i>
PERFORAZIONE	<i>Id Campagna</i> <i>Ente</i> <i>Id Indagine</i> <i>Id Perforazione</i>
RILEVAMENTO DIRETTO	<i>Id Campagna</i> <i>Ente</i> <i>Id Indagine</i> <i>Id Stazione</i>
STRATO	<i>Id Campagna</i> <i>Ente</i> <i>Id Indagine</i> <i>Id Perforazione</i> <i>Id Stazione</i> <i>Id Strato</i>
CAMPIONE	<i>Id Campagna</i> <i>Ente</i> <i>Id Indagine</i> <i>Id Perforazione</i> <i>Id Stazione</i> <i>Id Strato</i> <i>Id Campione</i>
RELAZIONE	IDENTIFICATORE
<i>Contiene Acquifero</i>	<i>Id Strato</i> (misura livello statico) <i>Id Strato</i> (ospita acquifero)

## 5. - FUNZIONI DELL'APPLICAZIONE

Il «Progetto Roma», si articola in due fasi principali: un primo studio «prototipo» nell'area del centro storico della città ed uno successivo, esteso

fino alla cerchia del raccordo anulare (G.R.A.). Per la fase di studio sul centro storico sono state sviluppate alcune delle funzionalità previste per la base di dati, in vista di una definitiva messa a punto dell'intero impianto progettuale precedentemente descritto, in occasione del successivo studio.

Nel seguito saranno illustrate in particolare le funzioni di archiviazione e georeferenziazione dei dati e saranno descritte le attività in corso e gli sviluppi previsti. Per i contenuti delle procedure di omogeneizzazione e archiviazione dei dati numerici già esistenti in possesso dell'Istituto Nazionale di Geofisica e del Servizio Geologico della Provincia di Roma, si rimanda ad AMANTI *et alii* (AMANTI *et alii*, 1995a),

### 5.1 - ARCHIVIAZIONE DEI DATI

Uno dei momenti critici di ogni progetto che riguarda il trattamento numerico dei dati è costituito dalla lunga e costosa fase di inserimento dei dati. Per l'applicazione qui descritta si è proceduto quindi alla realizzazione di procedure che facilitassero tale operazione. Sono state così generate le procedure di interfaccia con l'utente, per l'inserimento dei dati relativi alle entità precedentemente descritte.

L'accesso a queste maschere per l'inserimento dei dati, avviene tramite una ulteriore interfaccia con il sistema, realizzata mediante menù con diversi livelli di informazioni (fig. 4). Le funzioni previste sono quelle di Interrogazione, Aggiornamento, Ricerca, Stampa e Uscita.

In fig. 5 sono rappresentati alcuni esempi di interfaccia per l'inserimento dei dati, relativamente alle schede Strato (fig. 5a) e Campione (fig. 5b). Per facilitare la comprensione dei numerosi campi, ad ognuno di essi è associato un *help* in linea che compare posizionando il cursore sul campo in questione.

L'inserimento è sottoposto ad alcuni controlli. Oltre ai controlli «classici» per intervalli predefiniti e quello che riguarda l'univocità e non nullità dell'identificatore associato a ciascuna scheda, merita un cenno il controllo sull'inserimento dei dati alfanumerici. Data la specifica natura dei dati (AMANTI *et alii*, 1995a), le problematiche collegate alla formalizzazione dei dati (AMANTI *et alii*, 1992) rendono particolarmente delicata la fase di inserimento dei dati alfanumerici. I dati previsti per l'inserimento nelle varie schede sono numerosi e i valori ad essi associati sono sovente riferiti a complesse liste predefinite. I campi di questo tipo sono stati definiti di tipo «enumerato» (AMANTI *et alii*, 1992). Nell'in-

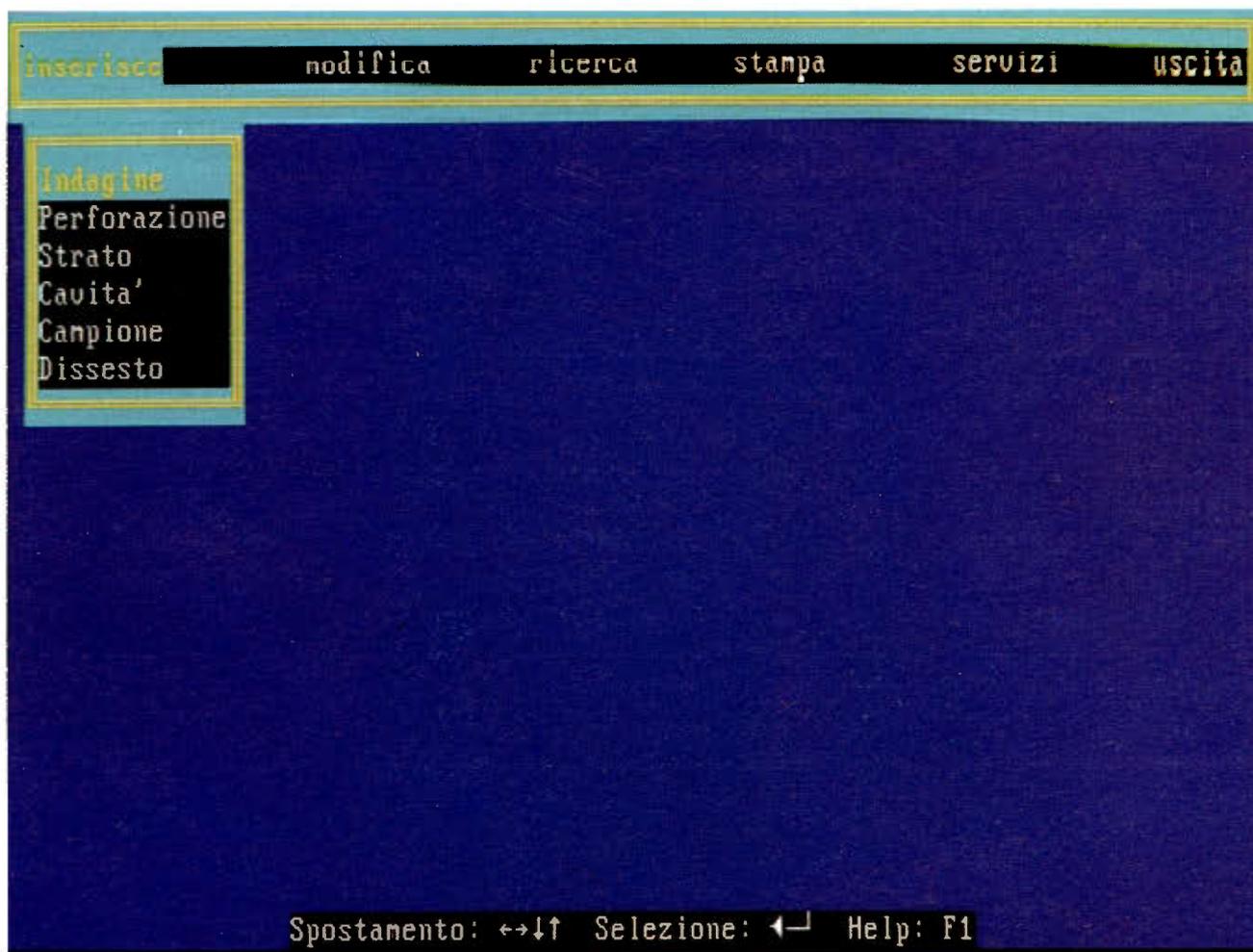


Fig. 4 – Interfaccia utente al sistema integrato.

terfaccia predisposta, l'utente seleziona interattivamente il valore di interesse per i campi «enumerati», da tabelle che sono automaticamente visualizzate quando il cursore è posizionato sul campo; in fig. 6 è mostrato l'esempio di inserimento dei valori previsti per il campo «Tipo Rilevamento» della scheda Cavità. Le tabelle in questione costituiscono delle tabelle «a parte» ed hanno la funzione di facilitare l'inserimento dei dati, garantendo al contempo la corretta associazione dei codici interni.

Per facilitare le operazioni di *editing* sui dati è possibile modificare le schede già introdotte. Per velocizzare gli accessi, ai campi identificatori sono stati associati degli indici.

Una ulteriore e più accurata fase di controllo è stata subordinata alla disponibilità dei dati in forma numerica per evidenti ragioni di opportunità. In questa fase è stato previsto l'inserimento nella base di dati di nuove informazioni relative, ad esem-

pio, all'attendibilità dei dati. Nel controllo «post-inserimento», un ruolo non secondario ha assunto anche la collocazione dei dati in un sistema informativo geografico (vedi paragrafo 5.2.). L'adozione delle funzionalità di analisi spaziale dell'ambiente GIS (*Geographic Information System*) ha offerto un ausilio nell'identificazione di eventuali ridondanze dei dati nei differenti archivi di provenienza.

## 5.2 – GEOREFERENZIAZIONE DEI DATI

Come accennato nell'introduzione, lo scopo dell'applicazione è sia quello di realizzare un contenitore comune di dati – ora dispersi e disomogenei – capace di gestirli in forma automatica e di aggiornarli continuamente, sia quello di costituire un modulo di un più complesso sistema informativo territoriale urbano. Riguardo al primo obiettivo, si è data dimostrazione di come si sia pervenuti, rela-

SCHEDA STRATO			
n.indagine: <input type="text" value="0"/>	n.perforaz.: <input type="text" value="0"/>	ente input: <input type="text" value=""/>	n.strato: <input type="text" value="1"/>
n.cavita':	quota tetto:	quota base:	n.campioni:
lito descr.:		eta':	tipo datazione:
unita' geologica:	ambiente genetico:	formazione Ventriglia:	
unita' lito prel.:			
spaz.disc.:	alterazione:	stato alterazione:	tipo prova din.:
prof.SPT:		n.colpi:	tipo prova stat.:
prof.pen.stat.:		res.punta:	
attr.lat.:		presenza falda:	
min.vel.sism.onde P:		max.vel.sism.onde P:	prova:
min.vel.sism.onde S:		max.vel.sism.onde S:	prova:
modulo elasticita':		prova:	fattore qualita':
altre prove:		rif.bibl.:	
note:		nome compilatore:	

numero della scheda indagine, CTRL-W per terminare

Fig. 5a - Interfaccia utente per l'inserimento dei dati relativi alla scheda Strato.

tivamente all'area «prototipo» del centro storico di Roma, al risultato previsto. La realizzazione del secondo obiettivo si ritiene dovrà costituire l'oggetto del successivo studio su Roma esteso ai limiti del G.R.A. Allo stato attuale, comunque, si ritiene di avere posto alcune premesse significative.

Anzitutto è stato particolarmente curato l'aspetto legato alla georeferenziazione dei dati. Come già visto in precedenza, tramite le informazioni geometriche associate a ciascuna entità (in particolare quelle plano-altimetriche relative all'entità INDAGINE e PERFORAZIONE e di profondità relative alle entità STRATO e CAMPIONE), è ragionevolmente possibile effettuare una collocazione tridimensionale dei dati. I valori e l'attendibilità di tali campi, sono stati oggetto di una cura particolare (AMANTI *et alii*, 1995a; AMANTI, CARA, & PECCI, 1995b). L'ubicazione plano-altimetrica più superficiale è stata infatti riferita ad un comune riferimento cartografico (USICS, 1980 e 1990) e l'operazione di inserimento

delle coordinate spaziali è avvenuta mediante apposite procedure realizzate nell'ambiente funzionale del *software* geografico ARC/INFO™ della ESRI. In particolare, nel *software* geografico è stata realizzata una struttura dati (copertura) a topologia puntuale relativa all'ubicazione delle singole indagini. Una apposita tabella mette in relazione la chiave univoca di ogni occorrenza geografica dell'entità INDAGINE con la corrispondente occorrenza della stessa entità, univocamente identificata mediante la chiave composta da **Ente, Id Campagna e Id Indagine**.

#### 6. ATTIVITÀ IN CORSO E SVILUPPI PREVISTI

È in corso di sperimentazione la realizzazione di procedure di interrogazione della base di dati per la generazione di un modello cartografico relativo

**SCHEDA CAMPIONE**

n.indagine:  0 n.perforaz:  0 n.strato:  0 n.cavita':  0  
n.dissesto:  0 ente input:  T n.campione:  sigla campione:

---

tipo campione:	tipo campionatore:	quota campione:
fossili:	class.USCS:	class.CNR-UNI:
sabbia:	limo:	argilla:
unid.naturale:	lim.liquido:	limo&argilla:
lim.rit:	cons.rel:	stato add:
carbonati:	dens.naturale:	at.col:
durevolezza:	deformabilita':	resistivita':
coesione PPT:	coesione UT:	tipo prova1:
ang.attr.dren:	coes.non dren:	ang.attr.non dren:
coes.dren:	ang.attr.dren:	coes.non dren:
ang.attr.non dren:	CUU:	OCR:
coeff.perm:	tipo prova:	consol:
umidita'aasho stand.:	densita'aasho mod.:	densita'aasho standard:
CBR:	riferimenti bibliografici:	umidita'aasho mod.:
note:	nome compilatore:	EC:

**numero della scheda indagine, CTRL-W per terminare**

Fig. 5b - Interfaccia utente per l'inserimento dei dati relativi alla scheda Campione.

alla mappatura dei cosiddetti terreni di riporto. Il modello in questione prevede l'elaborazione della superficie superiore e inferiore di questa unità ed il calcolo del volume risultante. Lo schema procedurale ipotizzato prevede l'interrogazione della tabella definita «a parte» relativa ai litotipi, per il successivo accesso al file Strato e la conseguente selezione delle occorrenze individuate. Dai *record* selezionati sono estratte alcune informazioni ritenute di interesse, che sono trasferite al *software* geografico ed associate alle entità geometriche mediante la chiave di relazione sopra accennata. I trasferimenti dati rappresentano un punto delicato di questo processo. Attualmente sono effettuati via rete locale mediante file ASCII. Sono tuttavia in corso di sperimentazione collegamenti di livello più alto con il *software* geografico ARC/INFO™. Dalle premesse esposte sulla opportunità di utilizzare uno strumento come il *Personal Computer* per l'inserimento dei dati esi-

stenti e la fornitura di quelli futuri (vedi capitolo II), si prevede di continuare a gestire tale fase utilizzando il sistema di gestione di basi di dati dBASE IV™ su *Personal Computer*. La gestione presso il Servizio Geologico Nazionale dei dati nella loro strutturazione finale in un sistema informativo territoriale, si prevede di effettuarla utilizzando il sistema di gestione di basi di dati relazionale Rdb/VMS™ su *workstation*. Allo stato attuale sono state effettuate numerose verifiche sulla versione corrente del *software* ARC/INFO™ sulle piattaforme *hardware* esistenti presso il Servizio Geologico Nazionale (versione 6.1.3 per VAX/VMS™ e versione 6.1.2 per ALPHA/Open VMS™), relativamente alle funzionalità offerte dal modulo Data Base Integrator™ (ESRI, 1992b), per gestire il collegamento tra il DBMS Rdb/VMS™ e lo stesso ARC/INFO™. L'esito di tali verifiche sembra avvalorare l'ipotesi anzidetta. In definitiva, si provvederà

SCHEDA CAVITA'		n.strato:	1																																										
n.indagine:	94	n.perforaz:	1																																										
ente input:	SGN	n.cavita':	1																																										
prof.max.P.C.:	10,0	prof.min.P.C.:	4,0																																										
altezza max.volta:	7,0	altezza min.volta:	2,0																																										
altezza media volta:	4,5	%med.vuoti 10m.:	0,0																																										
%med.vuoti 20m.:	0,0	%med.vuoti 50m.:	0,0																																										
svil.lin.totale:	0	sup.totale:	0																																										
volume totale:	0																																												
tipo rilevamento:	<table border="1"> <tr> <td>lit.descr.tetto:</td> <td>ESTRAZIONI</td> <td>to:</td> </tr> <tr> <td>eta':</td> <td>tipo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>utilizzo attuale:</td> <td>METODO GEOELETRICO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>presenza di utenze:</td> <td>METODO GEORADAR</td> <td></td> </tr> <tr> <td>tipo consolidament:</td> <td>METODO MICROGRAVIMETRICO</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>METODO SISMICO</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>PERFORAZIONI O INDAGINI PENETROMETRICHE MULTIPLE</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>PERFORAZIONE O SINGOLA PROVA PENETROMETRICA</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>PROFILI ELETTROMAGNETICI</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>RILEVAMENTO TOPOGRAFICO</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td><b>RILEVAMENTO SPEDITIVO DIRETTO</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>SONDA TELEVISIVA</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>SONDA RADAR</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>ALTRO</td> <td></td> </tr> </table>			lit.descr.tetto:	ESTRAZIONI	to:	eta':	tipo		utilizzo attuale:	METODO GEOELETRICO		presenza di utenze:	METODO GEORADAR		tipo consolidament:	METODO MICROGRAVIMETRICO			METODO SISMICO			PERFORAZIONI O INDAGINI PENETROMETRICHE MULTIPLE			PERFORAZIONE O SINGOLA PROVA PENETROMETRICA			PROFILI ELETTROMAGNETICI			RILEVAMENTO TOPOGRAFICO			<b>RILEVAMENTO SPEDITIVO DIRETTO</b>			SONDA TELEVISIVA			SONDA RADAR			ALTRO	
lit.descr.tetto:	ESTRAZIONI	to:																																											
eta':	tipo																																												
utilizzo attuale:	METODO GEOELETRICO																																												
presenza di utenze:	METODO GEORADAR																																												
tipo consolidament:	METODO MICROGRAVIMETRICO																																												
	METODO SISMICO																																												
	PERFORAZIONI O INDAGINI PENETROMETRICHE MULTIPLE																																												
	PERFORAZIONE O SINGOLA PROVA PENETROMETRICA																																												
	PROFILI ELETTROMAGNETICI																																												
	RILEVAMENTO TOPOGRAFICO																																												
	<b>RILEVAMENTO SPEDITIVO DIRETTO</b>																																												
	SONDA TELEVISIVA																																												
	SONDA RADAR																																												
	ALTRO																																												
riferimenti biblio																																													
note:																																													

CTRL-W per terminare

Fig. 6 - Esempio di tabella «a parte» per l'inserimento facilitato dei dati alfanumerici (valori previsti per il campo «Tipo Rilevamento» della scheda Cavità).

a creare in Rdb/VMST<sup>TM</sup> una struttura dati analoga a quella descritta in questo paragrafo, ove riversare i dati esistenti nel sistema di gestione dBASE IV<sup>TM</sup>. In tal modo sarà possibile effet-

tuare la generazione di tutti i modelli cartografici numerici ritenuti utili, tra i quali riveste particolare importanza la carta delle unità geologico-tecniche.