

# **ENI S.p.A. – DIVISIONE AGIP**

---

**CONTRATTO: 1C5520401/SI-PM  
6 FEBBRAIO 2002**

**CODICE APPALTATORE: 986643**

**SERVIZIO: STUDIO DELLA SUBSIDENZA ANTROPICA  
GENERATA DALL'ESTRAZIONE DI  
ACQUA DI FALDA LUNGO LA COSTIERA  
EMILIANO-ROMAGNOLA**

**RAPPORTO TECNICO NR. 4**

**CODICE COMMESSA: IA/AGIP\_02\_001**

Bologna, Luglio 2003



Ingegneria Ambientale





Referente per conto di ENI-E.&P: Dott. **Claudio Zoccatelli**

Direzione di progetto: Dott. **Werther Bertoni**, Responsabile del Servizio Geologico del Comune di Ravenna

Lo studio è stato coordinato da ARPA - Struttura Tematica Ingegneria Ambientale.  
Responsabile di progetto: Ing. **Maurizio Morelli**

Le attività previste dallo studio sono state condotte dal seguente gruppo di lavoro:

Ricostruzione dei consumi e dei prelievi da falda

- Ing. **Daniele Cristofori** di ARPA Ingegneria Ambientale

Analisi dei dati piezometrici

- Ing. **Andrea Chahoud** di ARPA Ingegneria Ambientale

Analisi dei dati relativi alla subsidenza

- Dott. **Flavio Bonsignore** di ARPA Ingegneria Ambientale
- Prof. **Marco Unguendoli**, Prof. **Gabriele Bitelli** del DISTART, Dipartimento di Ingegneria delle Strutture, dei Trasporti, delle Acque, del Rilevamento, del Territorio. Università di Bologna

Definizione del modello geologico

- Dott. **Paolo Severi**, Dott. **Ubaldo Cibirin**, Dott. **Lorenzo Calabrese**, Dott. **Fabio Molinari**, Dott. **Paolo Salvatori**, Dott.ssa **Paola Barchiesi** del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna

Impostazione e taratura dei modelli tridimensionali di falda e di subsidenza

- Ing. **Marco Gonella**, Ing. **Pietro Teatini**, Ing. **Massimiliano Ferronato** di MED Ingegneria S.r.l.

---

Durante le fasi terminali delle attività, è improvvisamente mancato il Prof. Marco Unguendoli del quale si ricorda l'altissimo profilo umano e professionale, nonché lo spirito critico e di collaborazione.

**INDICE**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Premessa</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2. Analisi dei dati piezometrici</b>  | <b>3</b>  |
| <b>2.1 Rete regionale di monitoraggio delle acque sotterranee</b>  | <b>3</b>  |
| 2.1.1 Descrizione della Rete   | 3         |
| 2.1.2 I dati disponibili   | 5         |
| 2.1.3 Le elaborazioni  | 14        |
| <b>2.2 Rete di monitoraggio all'interno del "Progetto di gestione delle acque sotterranee della Provincia di Ravenna"</b>            | <b>31</b> |
| 2.2.1 Descrizione della rete   | 31        |
| 2.2.2 Dati disponibili   | 31        |
| <b>3. Analisi dei dati relativi alla subsidenza</b>  | <b>33</b> |
| 3.1 Dati derivati da campagne di livellazione geometrica   | 33        |
| 3.2 Dati dell'Istituto Geografico Militare   | 37        |
| 3.3 Dati di ENI - AGIP   | 39        |
| 3.4 Dati di IDROSER - ARPA   | 39        |
| 3.5 Dati della rete del Comune di Ravenna  | 43        |
| 3.6 Analisi per aree   | 45        |
| 3.7 Misure GPS   | 50        |
| 3.8 Interferometria differenziale InSAR  | 54        |
| <b>4. Il modello geologico di sottosuolo: caratteri interni e geometrie di acquiferi e acquitardi</b>                                | <b>61</b> |
| 4.1 Il quadro conoscitivo e delle attività pregresse del Servizio Geologico in ambito idrostratigrafico                              | 61        |
| 4.2 Le attività svolte   | 61        |
| 4.2.1 Aggiornamento della banca dati geognostici.  | 61        |
| 4.2.2 Analisi delle linee sismiche AGIP  | 62        |
| 4.2.3 Realizzazione di sezioni geologiche di dettaglio   | 62        |
| 4.2.4 Realizzazione di carte in scala 1:50.000 delle superfici di tetto e degli spessori dei complessi acquiferi del gruppo A        | 63        |
| 4.2.5 Caratterizzazione degli acquiferi in base alla loro origine: i sistemi fluviali appenninici ed i sistemi fluvio-deltizi padani | 63        |
| <b>5. Ricostruzione dei consumi e dei prelievi da falda</b>  | <b>73</b> |
| <b>5.1 Ricostruzione dei prelievi autorizzati</b>  | <b>74</b> |
| 5.1.1 Settore civile   | 74        |
| 5.1.2 Settore industriale  | 76        |
| 5.1.3 Settore irriguo  | 79        |
| 5.1.4 Settore zootecnico   | 81        |
| <b>5.2 Calendarizzazione dei prelievi</b>  | <b>83</b> |
| <b>5.3 Ricostruzione dei prelievi non autorizzati</b>  | <b>83</b> |

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| <b>5.4</b> | <b><i>Definizione di possibili scenari futuri</i></b>   | <b>85</b>  |
| <b>6.</b>  | <b>Modelli tridimensionali di falda e subsidenza</b>  | <b>91</b>  |
| <b>6.1</b> | <b><i>Introduzione all'applicazione modellistica</i></b>  | <b>91</b>  |
| <b>6.2</b> | <b><i>Subsidenza misurata ed emungimenti idrici dal sottosuolo nella fascia costiera emiliano-romagnola</i></b> | <b>94</b>  |
| 6.2.1      | <i>Analisi su punti di particolare interesse</i>  | 97         |
| 6.2.2      | <i>Analisi lungo linee di livellazione</i>  | 99         |
| 6.2.3      | <i>Analisi nel Comune di Ravenna</i>  | 103        |
| <b>6.3</b> | <b><i>I dati per l'applicazione modellistica</i></b>  | <b>112</b> |
| 6.3.1      | <i>Geometria del modello</i>  | 112        |
| 6.3.1.1    | Estensione areale del dominio di interesse  | 112        |
| 6.3.1.2    | Modello digitale dell'area di studio  | 113        |
| 6.3.1.3    | Mappe strutturali a scala regionale degli acquiferi di interesse  | 114        |
| 6.3.1.4    | Suddivisione degli acquiferi sulla base della tipologia di sedimenti  | 124        |
| 6.3.2      | <i>Parametri idrogeologici</i>  | 126        |
| 6.3.2.1    | Compressibilità   | 126        |
| 6.3.2.2    | Permeabilità  | 128        |
| 6.3.3      | <i>Distribuzione dei prelievi</i>   | 133        |
| 6.3.3.1    | I dati del 1976   | 133        |
| 6.3.3.2    | I dati del 2000-2001  | 136        |
| 6.3.3.3    | Lo scenario di prelievo futuro  | 138        |
| 6.3.3.4    | Andamento temporale dei prelievi nel modello  | 140        |
| 6.3.3.5    | Distribuzione verticale dei prelievi nel modello  | 142        |
| <b>6.4</b> | <b><i>Il modello ad elementi finiti</i></b>   | <b>149</b> |
| 6.4.1      | <i>Generazione della mesh di calcolo</i>  | 150        |
| 6.4.1.1    | Rappresentazioni bidimensionali   | 152        |
| 6.4.1.2    | Rappresentazioni tridimensionali  | 154        |
| 6.4.2      | <i>Condizioni iniziali del modello di flusso</i>  | 157        |
| 6.4.3      | <i>Condizioni al contorno in regime transitorio del modello di flusso</i>                                       | 159        |
| 6.4.4      | <i>Le condizioni iniziali ed al contorno del modello di subsidenza</i>  | 162        |
| <b>6.5</b> | <b><i>I risultati dell'applicazione modellistica</i></b>  | <b>162</b> |
| 6.5.1      | <i>Calibrazione e validazione del modello di flusso</i>   | 164        |
| 6.5.2      | <i>Calibrazione e validazione del modello di subsidenza</i>   | 173        |
| 6.5.3      | <i>Subsidenza simulata e misurata lungo la linea di costa</i>   | 182        |
| 6.5.4      | <i>Applicazione in fase previsionale</i>  | 186        |
| <b>6.6</b> | <b><i>Conclusioni dello studio modellistico</i></b>   | <b>188</b> |

**INDICE DELLE TABELLE**

|                |  |     |
|----------------|--|-----|
| Tabella 2.1-1  | Numero di stazioni suddivise per tipologia di misura effettuata e numero totale di punti di misura suddivisi per tipo di controllo. ....   | 3   |
| Tabella 2.1-2  | Informazioni anagrafiche sui punti di misura ( <i>RRC.mdb-Anagrafica_RRC</i> ).....  | 6   |
| Tabella 2.1-3  | Conoscenza caratteristiche costruttive punti di misura ( <i>RRC.mdb-Pozzi_RRC</i> ).....   | 9   |
| Tabella 2.1-4  | Posizionamento dei filtri nei pozzi ( <i>RRC.mdb-Filtri_RRC</i> ) .....  | 9   |
| Tabella 2.1-5  | Gruppi acquiferi intercettati dal pozzo: tipo di attribuzione .....  | 10  |
| Tabella 2.1-6  | Descrizione tabella ( <i>RRC.mdb-Stratigrafie_RRC</i> ) .....  | 10  |
| Tabella 2.1-7  | Codifiche litologiche della Banca dati Geognostici.....  | 11  |
| Tabella 2.1-8  | Dati piezometrici ( <i>RRC.mdb-Piezo_RRC</i> ).....  | 12  |
| Tabella 2.1-9  | Anni di riferimento per le misure piezometriche .....  | 12  |
| Tabella 2.1-10 | Pozzi ricadenti nell'area di studio .....  | 14  |
| Tabella 2.2-1  | Gruppi acquiferi intercettati dal pozzo: tipo di attribuzione .....  | 32  |
| Tabella 3.1-1  | Riassunto dei dati di livellazione geometrica disponibili .....  | 33  |
| Tabella 3.8-1  | Analisi comparata locale tra velocità di abbassamento (mm/anno) ottenute dai dati di livellazione e dai dati InSAR. ....   | 57  |
| Tabella 5.1-1  | Emungimenti dalle falde per i diversi usi ( $10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$ ) .....   | 81  |
| Tabella 5.2-1  | Ripartizioni percentuali mensili dei prelievi da falda per i diversi usi.....  | 83  |
| Tabella 5.4-1  | Emungimenti dalle falde per i diversi usi ( $10^6 \cdot \text{m}^3/\text{anno}$ ) al 1976 (tratti dal "Piano acque"), attuali (2000) e previsti per il breve periodo (2008) e il medio periodo (2015).....   | 87  |
| Tabella 6.3-1  | Numero di punti di prelievo suddivisi per tipologia d'uso su scala comunale.....   | 144 |
| Tabella 6.3-2  | Intervalli di profondità di ciascun acquifero all'interno dei comuni di interesse.....   | 146 |
| Tabella 6.3-3  | Percentuale di prelievo da attribuire su scala comunale a ciascun acquifero per destinazione d'uso. Legenda: (1) captazione da profondità inferiori all'acquifero A1.1; (2) captazione da profondità superiori all'acquifero B1; (z) uso irriguo/zootecnico; (i) uso industriale; (c) uso civile ..... | 148 |
| Tabella 6.4-1  | Aree della griglia bidimensionale assegnate alle zone in cui si suddividono gli acquiferi .....  | 152 |
| Tabella 6.5-1  | Intervallo di variazione della permeabilità degli acquiferi e degli aquitard derivanti dalla procedura di calibrazione del modello .....   | 165 |
| Tabella 6.5-2  | Caratteristiche principali dei pozzi piezometrici ubicati in corrispondenza degli assestimetri.....  | 172 |
| Tabella 6.5-3  | Confronto fra i valori di compattazione misurati agli assestimetri , i corrispondenti valori ottenuti dall'applicazione modellistica nel 1997-1998 ed i tassi di subsidenza naturale .....   | 186 |

**INDICE DELLE FIGURE**

|               |   |    |
|---------------|---|----|
| Figura 2.1-1  | Distribuzione dei pozzi della Rete Regionale di Monitoraggio .....  | 4  |
| Figura 2.1-2  | La struttura dell'archivio .....  | 5  |
| Figura 2.1-3  | Gruppo Acquifero A, pozzi della Rete Regionale di Monitoraggio .....  | 7  |
| Figura 2.1-4  | Gruppo Acquifero B, pozzi della Rete Regionale di Monitoraggio .....  | 7  |
| Figura 2.1-5  | Gruppo Acquifero C, pozzi della Rete Regionale di Monitoraggio .....  | 8  |
| Figura 2.1-6  | Durata delle serie storiche dei dati piezometrici .....   | 13 |
| Figura 2.1-7  | Rete Regionale di Monitoraggio, pozzi con misure piezometriche .....  | 13 |
| Figura 2.1-8  | Piezometria media annua 2002 .....  | 16 |
| Figura 2.1-9  | Trend piezometrico – variazione media annua nel periodo 1976-2002 .....   | 16 |
| Figura 2.1-10 | Area di studio – piezometria media anni 1978 e 1983 .....   | 17 |
| Figura 2.1-11 | Area di studio – piezometria media anni 1988 e 1993 .....   | 18 |
| Figura 2.1-12 | Area di studio – piezometria media anni 1998 e 2002 .....   | 19 |
| Figura 2.1-13 | Trend piezometrico – variazione media annua nel periodo 1976-2002 nell'area di studio .....   | 20 |
| Figura 2.1-14 | Analisi serie storiche zona costiera, ubicazione pozzi RA0900, RA2400, RA2900 e RA3300 .....  | 21 |
| Figura 2.1-15 | Analisi serie storiche zona costiera, ubicazione pozzi RA3600, RA5300, RA5401, RA7000 e RA7300 .....  | 21 |
| Figura 2.1-16 | Caratteristiche del pozzo RA0900 e serie storica piezometria .....  | 22 |
| Figura 2.1-17 | Caratteristiche del pozzo RA2400 e serie storica piezometria .....  | 23 |
| Figura 2.1-18 | Caratteristiche del pozzo RA2900 e serie storica piezometria .....  | 24 |
| Figura 2.1-19 | Caratteristiche del pozzo RA3300 e serie storica piezometria .....  | 25 |
| Figura 2.1-20 | Caratteristiche del pozzo RA3600 e serie storica piezometria .....  | 26 |
| Figura 2.1-21 | Caratteristiche del pozzo RA5300 e serie storica piezometria .....  | 27 |
| Figura 2.1-22 | Caratteristiche del pozzo RA5401 e serie storica piezometria .....  | 28 |
| Figura 2.1-23 | Caratteristiche del pozzo RA7000 e serie storica piezometria .....  | 29 |
| Figura 2.1-24 | Caratteristiche del pozzo RA7300 e serie storica piezometria .....  | 30 |
| Figura 3.1-1  | Disposizione dei capisaldi delle reti analizzate .....  | 36 |
| Figura 3.2-1  | Capisaldi della linea 16 IGM e della deviazione D1 verso Marina di Ravenna .....  | 38 |
| Figura 3.2-2  | Abbassamenti puntuali (in m) con riferimento alla quota determinata nel 1999 (livellazione rete regionale ARPA) .....                                     | 38 |
| Figura 3.4-1  | Linea costiera IDROSER (per motivi di leggibilità è riportata la denominazione solamente di alcuni capisaldi) .....                                       | 40 |
| Figura 3.4-2  | Velocità di abbassamento lungo il litorale emiliano-romagnolo nei periodi 1984-1987 e 1987-1999 .....   | 41 |
| Figura 3.4-3  | Abbassamenti lungo il litorale emiliano-romagnolo nei periodi 1984-1987 e 1984-1999 .....   | 42 |
| Figura 3.5-1  | Evidenziazione dei capisaldi della rete comunale di Ravenna che sono stati misurati nella campagna 2002 rispetto al totale dei capisaldi della rete ..... | 43 |



|              |   |    |
|--------------|---|----|
| Figura 3.5-2 | Velocità di subsidenza (mm/anno) nel periodo 1972-1977. E' riportata la traccia dei giacimenti a terra o sottocosta in produzione durante tale periodo.....   | 44 |
| Figura 3.5-3 | Velocità di subsidenza (mm/anno) nel periodo 1977-1982. E' riportata la traccia dei giacimenti a terra o sottocosta in produzione durante tale periodo.....   | 44 |
| Figura 3.5-4 | Velocità di subsidenza (mm/anno) nel periodo 1982-1986. E' riportata la traccia dei giacimenti a terra o sottocosta in produzione durante tale periodo.....   | 44 |
| Figura 3.5-5 | Velocità di subsidenza (mm/anno) nel periodo 1986-1992. E' riportata la traccia dei giacimenti a terra o sottocosta in produzione durante tale periodo o già depletati. ....  | 44 |
| Figura 3.5-6 | Velocità di subsidenza (mm/anno) nel periodo 1992-1998. E' riportata la traccia dei giacimenti a terra o sottocosta in produzione durante tale periodo o già depletati. ....  | 45 |
| Figura 3.5-7 | Velocità di subsidenza (mm/anno) nel periodo 1998-2002 (rete parziale 2002, bozza). ....  | 45 |
| Figura 3.6-1 | Tratta Volano – Pomposa - Lido di Spina: a sinistra la posizione dei capisaldi e a destra la velocità di abbassamento lungo la linea AGIP (in alto) per il periodo 1987-2001 e lungo la linea IDROSER (in basso) per il periodo 1987-1999. ....                           | 46 |
| Figura 3.6-2 | Localizzazione dei capisaldi IDROSER-ARPA, ENI-AGIP e IGM nel tratto tra Cervia e Rimini. ....  | 47 |
| Figura 3.6-3 | Velocità di abbassamento (in mm/anno) dedotte dai dati IDROSER-ARPA (periodo 1987-1999), ENI-AGIP (periodo 1992-2000), IGM (periodo 1990-1999, campagna 1999 ARPA) ....   | 47 |
| Figura 3.6-4 | Carta a curve di uguale velocità di abbassamento (mm/anno) prodotta da una sintesi semplificata dei dati storici disponibili (stralcio dell'area costiera dalla carta regionale) ....   | 50 |
| Figura 3.7-1 | Campagna 1993: (a) rete di inquadramento misurata con modalità statica; (b) semina dei punti determinati con metodologia rapido-statico e collegati a capisaldi di livellazione.....  | 51 |
| Figura 3.7-2 | Schema delle rete regionale GPS per lo studio della subsidenza, con evidenziati i vertici di interesse per la fascia costiera.....  | 52 |
| Figura 3.7-3 | Gli istogrammi mettono a confronto, per ogni vertice GPS, la velocità di abbassamento del suolo relativa al periodo 1999-2002 con la velocità dedotta dal caposaldo di livellazione più vicino, relativa ad un periodo precedente indicato alla base dell'istogramma..... | 54 |
| Figura 3.8-1 | Punti calcolati con interferometria differenziale (PS InSAR).....   | 55 |
| Figura 3.8-2 | Esempio di situazione locale con notevole dispersione nei valori di velocità di abbassamento (mm/anno) di punti PSInSAR vicini. ....  | 58 |
| Figura 3.8-3 | Carta a curve di uguale velocità di abbassamento prodotta per interpolazione dei dati InSAR.....  | 59 |
| Figura 4.2-1 | Fogli geologici della pianura emiliano romagnola realizzati o in corso di realizzazione .....   | 64 |
| Figura 4.2-2 | La banca dati geognostici del Servizio geologico regionale comprendente circa 50.000 stratigrafie di sottosuolo (punti blu) e circa 200 sondaggi e 2000 prove penetrometriche realizzati ex novo (punti rossi).....   | 64 |
| Figura 4.2-3 | Il quadro idrostratigrafico regionale derivante dal Progetto Riserve Idriche Sotterranee (Agip-RER, 1988) .....   | 65 |
| Figura 4.2-4 | Esempio di sezione idrogeologica di pianura derivante dal Progetto Riserve Idriche Sotterranee (Agip-RER, 1988).....  | 65 |

|               |  |     |
|---------------|--|-----|
| Figura 4.2-5  | Sezione sismica AGIP interpretata per la definizione dell'assetto strutturale dell'area di studio.....   | 66  |
| Figura 4.2-6  | Il set di dati utilizzati e le tracce delle sezioni geologiche ricostruite .....   | 67  |
| Figura 4.2-7  | Esempio di sezione geologica dettagliata costruita in scala 1:50.000.....  | 68  |
| Figura 4.2-8  | Il quadro stratigrafico di riferimento per il settore di studio: le relazioni con la ciclicità climatico-eustatica quaternaria .....   | 68  |
| Figura 4.2-9  | Esempio di carta delle isobate del corpo acquifero relativo al complesso A3 .....  | 69  |
| Figura 4.2-10 | Esempio di carta delle isopache del corpo acquifero relativo al complesso A3 .....   | 70  |
| Figura 4.2-11 | Schema che descrive, in sezione, le diverse origini dei corpi acquiferi emiliano-romagnoli: le conoidi e gli apparati fluviali appenninici, gli apparati fluvio-deltizi del Po.....  | 71  |
| Figura 4.2-12 | Esempio di carta in cui è riportata la distribuzione dei corpi acquiferi in un singolo complesso (A3) in base alla loro origine appenninica o padana.....  | 72  |
| Figura 4.2-1  | Ambiti provinciali di riferimento per la stima dei prelievi da falda.....  | 73  |
| Figura 5.1-1  | Pozzi censiti nel Catasto Pozzi riferibili agli usi civili (in blu), irrigui (in verde) e zootecnici (in rosso) in un areale della provincia di Ravenna .....  | 75  |
| Figura 5.1-2  | Metodologia utilizzata per la stima dei fabbisogni e dei prelievi industriali .....  | 78  |
| Figura 5.1-3  | Schema metodologico della procedura di stima dei consumi e dei prelievi irrigui.....   | 80  |
| Figura 5.1-4  | Prelievi da falda connessi ai diversi usi .....  | 82  |
| Figura 5.1-5  | Ripartizione fra comuni costieri e dell'entroterra dei prelievi da falda per i diversi usi nelle provincie di Ferrara, Ravenna, Forlì-Cesena e Rimini .....  | 82  |
| Figura 5.4-1  | Possibile evoluzione degli emungimenti dalle falde per i diversi usi nell'arco temporale 1976 – 2016.....  | 87  |
| Figura 6.2-1  | Principali fattori che concorrono all'abbassamento del territorio nell'area costiera emiliano-romagnola .....  | 95  |
| Figura 6.2-2  | Subsidenza naturale (mm/anno) nella Pianura Padana secondo Carminati e Di Donato <sup>4</sup> .....  | 96  |
| Figura 6.2-3  | Subsidenza naturale (mm/anno) nella Pianura Padana secondo Gambolati e Teatini <sup>5</sup> .....  | 96  |
| Figura 6.2-4  | Caposaldo di livellazione (in blu) e piezometri della rete regionale di monitoraggio (in arancione) sui quali è stata condotta un'analisi puntuale della presenza di una possibile correlazione tra tassi di subsidenza e variazione di piezometria..... | 98  |
| Figura 6.2-5  | Andamento dell'elevazione (m s.l.m.) e del tasso di subsidenza (mm/anno) del caposaldo 16/48' della linea IGM16 confrontato con l'evoluzione della piezometria media (m s.l.m.) nell'area urbana di Ravenna .....  | 99  |
| Figura 6.2-6  | Piezometria (m s.l.m.) e velocità di abbassamento (mm/anno) in corrispondenza ad alcuni pozzi della rete regionale di monitoraggio piezometrico .....  | 99  |
| Figura 6.2-7  | Velocità di variazione della piezometria (m/anno) e tassi di subsidenza (in cm/anno) nell'area prossima alla linea di livellazione IGM16 .....   | 101 |
| Figura 6.2-8  | Velocità di variazione della piezometria (m/anno) e tassi di subsidenza (cm/anno) lungo la linea costiera di livellazione di ARPA.....   | 102 |
| Figura 6.2-9  | (a) Velocità di variazione della piezometria (m/anno) e (b) tassi di subsidenza depurati della componente naturale (mm/anno) nel Comune di Ravenna durante il periodo 1950-1965.....   | 105 |

|               |   |     |
|---------------|---|-----|
| Figura 6.2-10 | (a) Velocità di variazione della piezometria (m/anno) e (b) tassi di subsidenza depurati della componente naturale (mm/anno) nel Comune di Ravenna durante il periodo 1965-1977.....  | 106 |
| Figura 6.2-11 | (a) Velocità di variazione della piezometria (m/anno) e (b) tassi di subsidenza depurati della componente naturale (mm/anno) nel Comune di Ravenna durante il periodo 1977-1982.....  | 107 |
| Figura 6.2-12 | (a) Velocità di variazione della piezometria (m/anno) e (b) tassi di subsidenza depurati della componente naturale (mm/anno) nel Comune di Ravenna durante il periodo 1982-1986.....  | 108 |
| Figura 6.2-13 | (a) Velocità di variazione della piezometria (m/anno) e (b) tassi di subsidenza depurati della componente naturale (mm/anno) nel Comune di Ravenna durante il periodo 1986-1992.....  | 109 |
| Figura 6.2-14 | (a) Velocità di variazione della piezometria (m/anno) e (b) tassi di subsidenza depurati della componente naturale (mm/anno) nel Comune di Ravenna durante il periodo 1992-1998.....  | 110 |
| Figura 6.2-15 | (a) Velocità di variazione della piezometria (m/anno) e (b) tassi di subsidenza depurati della componente naturale (mm/anno) nel Comune di Ravenna durante il periodo 1998-2002.....  | 111 |
| Figura 6.3-1  | Estensione della fascia costiera di interesse (in rosso) e dell'area presa in considerazione nel modello di simulazione di flusso sotterraneo e subsidenza (in blu).....  | 112 |
| Figura 6.3-2  | DEM (Digital Elevation Model) dell'area di studio. (*)Per omogeneità con il sistema cartografico di riferimento adottato dalla Regione Emilia-Romagna, le coordinate sono espresse in UTM Fuso 32, sottraendo alla coordinata Nord la quantità 4000000..... | 114 |
| Figura 6.3-3  | Mappa della quota (m s.l.m.) del top dell'acquifero A1.1. Le tracce sullo sfondo sono rappresentative dei confini dei comuni emiliano-romagnoli ricadenti nell'area modellizzata.....   | 116 |
| Figura 6.3-4  | Mappa della quota (m s.l.m.) del bottom dell'acquifero A1.1. Le tracce sullo sfondo sono rappresentative dei confini dei comuni emiliano-romagnoli ricadenti nell'area modellizzata.....  | 116 |
| Figura 6.3-5  | Mappa della quota (m s.l.m.) del top dell'acquifero A1.2. Le tracce sullo sfondo sono rappresentative dei confini dei comuni emiliano-romagnoli ricadenti nell'area modellizzata.....   | 117 |
| Figura 6.3-6  | Mappa della quota (m s.l.m.) del bottom dell'acquifero A1.2. Le tracce sullo sfondo sono rappresentative dei confini dei comuni emiliano-romagnoli ricadenti nell'area modellizzata.....  | 117 |
| Figura 6.3-7  | Mappa della quota (m s.l.m.) del top dell'acquifero A2.1. Le tracce sullo sfondo sono rappresentative dei confini dei comuni emiliano-romagnoli ricadenti nell'area modellizzata.....   | 118 |
| Figura 6.3-8  | Mappa della quota (m s.l.m.) del bottom dell'acquifero A2.1. Le tracce sullo sfondo sono rappresentative dei confini dei comuni emiliano-romagnoli ricadenti nell'area modellizzata.....  | 118 |
| Figura 6.3-9  | Mappa della quota (m s.l.m.) del top dell'acquifero A2.2. Le tracce sullo sfondo sono rappresentative dei confini dei comuni emiliano-romagnoli ricadenti nell'area modellizzata.....   | 119 |
| Figura 6.3-10 | Mappa della quota (m s.l.m.) del bottom dell'acquifero A2.2. Le tracce sullo sfondo sono rappresentative dei confini dei comuni emiliano-romagnoli ricadenti nell'area modellizzata.....  | 119 |
| Figura 6.3-11 | Mappa della quota (m s.l.m.) del top dell'acquifero A3. Le tracce sullo sfondo sono rappresentative dei confini dei comuni emiliano-romagnoli ricadenti nell'area modellizzata.....   | 120 |
| Figura 6.3-12 | Mappa della quota (m s.l.m.) del bottom dell'acquifero A3. Le tracce sullo sfondo sono rappresentative dei confini dei comuni emiliano-romagnoli ricadenti nell'area modellizzata.....  | 120 |
| Figura 6.3-13 | Mappa della quota (m s.l.m.) del top dell'acquifero A4. Le tracce sullo sfondo sono rappresentative dei confini dei comuni emiliano-romagnoli ricadenti nell'area modellizzata.....   | 121 |

|               |  |     |
|---------------|--|-----|
| Figura 6.3-14 | Mappa della quota (m s.l.m.) del bottom dell'acquifero A4. Le tracce sullo sfondo sono rappresentative dei confini dei comuni emiliano-romagnoli ricadenti nell'area modellizzata..... | 121 |
| Figura 6.3-15 | Mappa della quota (m s.l.m.) del top dell'acquifero B1. Le tracce sullo sfondo sono rappresentative dei confini dei comuni emiliano-romagnoli ricadenti nell'area modellizzata.....    | 122 |
| Figura 6.3-16 | Mappa della quota (m s.l.m.) del bottom dell'acquifero B1. Le tracce sullo sfondo sono rappresentative dei confini dei comuni emiliano-romagnoli ricadenti nell'area modellizzata..... | 122 |
| Figura 6.3-17 | Proiezione assonometrica del top dell'acquifero A1.1 .....   | 123 |
| Figura 6.3-18 | Proiezione assonometrica del top dell'acquifero B1 .....   | 123 |
| Figura 6.3-19 | Suddivisione degli acquiferi A1.1 e A1.2 in funzione dell'origine dei sedimenti e delle proprietà idrauliche .....   | 124 |
| Figura 6.3-20 | Suddivisione degli acquiferi A2.1, A2.2, A3, A4 e B1 in funzione dell'origine dei sedimenti e delle proprietà idrauliche .....   | 125 |
| Figura 6.3-21 | Legge costitutiva cM-z per sabbie e argille superficiali secondo l'elaborazione della Commissione per lo Studio della Subsidenza di Ravenna <sup>12,14</sup> .....                     | 127 |
| Figura 6.3-22 | Stima della permeabilità (m/s) dall'interpretazione delle prove di pompaggio sui pozzi che intercettano l'acquifero A1.1 .....   | 129 |
| Figura 6.3-23 | Stima della permeabilità (m/s) dall'interpretazione delle prove di pompaggio sui pozzi che intercettano l'acquifero A1.2 .....   | 129 |
| Figura 6.3-24 | Stima della permeabilità (m/s) dall'interpretazione delle prove di pompaggio sui pozzi che intercettano l'acquifero A2.1 .....   | 130 |
| Figura 6.3-25 | Stima della permeabilità (m/s) dall'interpretazione delle prove di pompaggio sui pozzi che intercettano l'acquifero A2.2 .....   | 130 |
| Figura 6.3-26 | Stima della permeabilità (m/s) dall'interpretazione delle prove di pompaggio sui pozzi che intercettano l'acquifero A3 .....   | 131 |
| Figura 6.3-27 | Stima della permeabilità (m/s) dall'interpretazione delle prove di pompaggio sui pozzi che intercettano l'acquifero A4 .....   | 131 |
| Figura 6.3-28 | Stima della permeabilità (m/s) dall'interpretazione delle prove di pompaggio sui pozzi che intercettano l'acquifero B1 .....   | 132 |
| Figura 6.3-29 | Densità di prelievo agricolo al 1976 stimato nel PA della Regione Emilia-Romagna .....   | 134 |
| Figura 6.3-30 | Densità di prelievo industriale al 1976 stimato nel PA della Regione Emilia-Romagna.....   | 135 |
| Figura 6.3-31 | Densità di prelievo civile al 1976 stimato nel PA della Regione Emilia-Romagna.....  | 135 |
| Figura 6.3-32 | Densità di prelievo agricolo-zootecnico al 2000-2001 stimato da ARPA .....   | 137 |
| Figura 6.3-33 | Densità di prelievo industriale al 2000-2001 stimato da ARPA .....   | 137 |
| Figura 6.3-34 | Densità di prelievo civile al 2000-2001 stimato da ARPA .....  | 138 |
| Figura 6.3-35 | Densità di prelievo agricolo-zootecnico al 2016 stimato da ARPA.....   | 139 |
| Figura 6.3-36 | Densità di prelievo industriale al 2016 stimato da ARPA .....  | 139 |
| Figura 6.3-37 | Densità di prelievo civile al 2016 stimato da ARPA .....   | 140 |
| Figura 6.3-38 | Ricostruzione qualitativa dell'andamento temporale dei prelievi. I dati a disposizione sono relativi al 1976 ed al 2001.....   | 141 |

|               |   |     |
|---------------|---|-----|
| Figura 6.3-39 | Percentuale di prelievo da attribuire a ciascun acquifero su scala provinciale e in funzione dell'uso .....   | 147 |
| Figura 6.4-1  | Zone utilizzate per la generazione della griglia bidimensionale .....   | 151 |
| Figura 6.4-2  | Griglia bidimensionale a maglia triangolare. Sono evidenziate le tracce delle sezioni Sud - Nord (A-A), Ovest - Est (B-B) e Sud ovest - Nord est (C-C) .....                                      | 153 |
| Figura 6.4-3  | Sezione Sud-Nord della griglia tridimensionale. La scala verticale è amplificata di 100 volte rispetto a quella orizzontale .....   | 153 |
| Figura 6.4-4  | Sezione Ovest-Est della griglia tridimensionale. La scala verticale è amplificata di 100 volte rispetto a quella orizzontale .....  | 154 |
| Figura 6.4-5  | Sezione Sud ovest - Nord est della griglia tridimensionale. La scala verticale è amplificata di 100 volte rispetto a quella orizzontale .....   | 154 |
| Figura 6.4-6  | Rappresentazione assonometrica della griglia tridimensionale con vista dall'alto .....  | 155 |
| Figura 6.4-7  | Rappresentazione assonometrica della griglia tridimensionale con vista dal basso .....  | 155 |
| Figura 6.4-8  | Vista assonometrica dei singoli acquiferi .....   | 156 |
| Figura 6.4-9  | Proiezione assonometrica complessiva degli acquiferi .....  | 157 |
| Figura 6.4-10 | Piezometria iniziale media (condizioni indisturbate) confrontata con il DEM .....   | 159 |
| Figura 6.4-11 | Quota piezometrica imposta all'istante iniziale, al 1976 e al 2001 lungo il boundary settentrionale del modello. Si riporta anche l'andamento del DEM lungo tale allineamento .....               | 161 |
| Figura 6.4-12 | Quota piezometrica imposta all'istante iniziale, al 1976 e al 2001 lungo il boundary occidentale del modello. Si riporta anche l'andamento del DEM lungo tale allineamento .....                  | 161 |
| Figura 6.4-13 | Quota piezometrica imposta all'istante iniziale, al 1976 e al 2001 lungo il boundary sud-occidentale del modello (via Emilia). Si riporta anche l'andamento del DEM lungo tale allineamento ..... | 162 |
| Figura 6.5-1  | Rappresentazione schematica della procedura utilizzata per la calibrazione e la validazione dell'approccio modellistico .....   | 163 |
| Figura 6.5-2  | Mappa della piezometria misurata da ARPA nel 1978 e della piezometria media simulata dal modello nel 1976 .....   | 166 |
| Figura 6.5-3  | Mappa della piezometria misurata da ARPA e della piezometria media simulata dal modello nel 2001 .....  | 167 |
| Figura 6.5-4  | Mappa dei pozzi di misura della piezometria regionale sui quali la piezometria misurata è stata confrontata con quella ottenuta dall'applicazione modellistica .....                              | 168 |
| Figura 6.5-5  | Confronto fra piezometria misurata e simulata nel pozzo FE4600 (località Porto Garibaldi, profondità di captazione 183 m, acquifero A2.2) .....   | 169 |
| Figura 6.5-6  | Confronto fra piezometria misurata e simulata nel pozzo RA2400 (località Casalborgorsetti, profondità di captazione 265 m, acquifero A3) .....  | 169 |
| Figura 6.5-7  | Confronto fra piezometria misurata e simulata nel pozzo RA2101 (località Lido di Savio, profondità di captazione 370 m, acquifero B1) .....   | 170 |
| Figura 6.5-8  | Confronto fra piezometria misurata e simulata nel pozzo FO1700 (località Cesenatico, profondità di captazione 180 m, acquifero A2.2) .....  | 170 |

|               |  |     |
|---------------|--|-----|
| Figura 6.5-9  | Mappa con la posizione degli assestimetri installati da ENI-E.&P lungo la costa emiliano-romagnola .....   | 171 |
| Figura 6.5-10 | Confronto fra piezometria misurata e simulata nel pozzo dell'assestometro SMARLACCA (località Smarlacca, profondità di captazione 150 m, acquifero A2.1) .....   | 172 |
| Figura 6.5-11 | Confronto fra piezometria misurata e simulata nel pozzo dell'assestometro PCTA1 (località Porto Corsini, profondità di captazione 150 m, acquifero A2.1) .....   | 173 |
| Figura 6.5-12 | Confronto fra piezometria misurata e simulata nel pozzo dell'assestometro FIUMI UNITI (località Foce di Fiumi Uniti, profondità di captazione 140, 243 e 360 m, acquiferi A2.1, A3 e B1) .....                     | 173 |
| Figura 6.5-13 | Mappa di subsidenza simulata nel periodo 1950-1977 .....   | 174 |
| Figura 6.5-14 | Mappa della subsidenza misurata nel comune di Ravenna nel periodo 1950-1977 depurata della componente naturale di Figura 6.2-3 .....   | 175 |
| Figura 6.5-15 | Capisaldi della linea IGM16 utilizzati per la stima della subsidenza sul periodo 1950-1977 .....   | 176 |
| Figura 6.5-16 | Confronto fra subsidenza misurata e simulata lungo la linea IGM 16 per il periodo 1950-1977 ....   | 177 |
| Figura 6.5-17 | Mappa di subsidenza simulata nel periodo 1977-2001 .....   | 178 |
| Figura 6.5-18 | Mappa della subsidenza misurata nel comune di Ravenna nel periodo 1977-2001 depurata della componente naturale di Figura 3.....  | 179 |
| Figura 6.5-19 | Confronto fra subsidenza misurata e simulata lungo la linea IGM16 per il periodo 1977-1999 .....   | 180 |
| Figura 6.5-20 | Confronto fra subsidenza misurata e simulata lungo la linea IGM16 per il periodo 1970-1990 .....   | 180 |
| Figura 6.5-21 | Confronto fra subsidenza misurata e simulata lungo la linea IGM16 per il periodo 1990-1999 .....   | 181 |
| Figura 6.5-22 | Mappa della subsidenza simulata dal 1946 al 2001 .....   | 182 |
| Figura 6.5-23 | Caposaldi della linea di livellazione istituita da IDROSER lungo la linea di costa emiliano-romagnola. ....  | 183 |
| Figura 6.5-24 | Confronto fra subsidenza misurata da ARPA e simulata lungo la linea di livellazione costiera per il periodo 1987-1999 .....  | 183 |
| Figura 6.5-25 | Subsidenza misurata e quella simulata lungo la linea ARPA nel periodo 1987-1999 riportata lungo la linea di costa. E' fornita una stima dell'intervallo di incertezza attribuibile ai risultati modellistici ..... | 184 |
| Figura 6.5-26 | Piezometria media simulata dal modello di flusso al 2016 .....   | 187 |
| Figura 6.5-27 | Mappa di subsidenza simulata nel periodo 2001-2016 .....   | 188 |



## 1. PREMESSA

Nel presente ed ultimo “Rapporto tecnico” vengono descritti i dati e le informazioni raccolte e sistematizzate relativamente alle attività previste dall’Allegato 6 - Specifica Tecnica al Contratto nr. 1C5520401/SI-PM tra ENI S.p.A. – Divisione AGIP ed ARPA Ingegneria Ambientale e relativo allo studio della subsidenza antropica generata dall’estrazione di acqua di falda lungo la costiera emiliano-romagnola.

I dati ed informazioni di seguito presentati fanno riferimento a quanto richiesto rispettivamente per le varie fasi previste dallo studio; allo scopo di permettere ad una lettura ed una analisi unitaria dei dati, informazioni ed elaborazioni via via ottenute nel corso dello studio, è parso opportuno riunire in unico documento tutte le fasi fino ad ora svolte e di seguito richiamate:

- Fase 1 Raccolta ed analisi dei dati
  - Piezometria
  - Subsidenza
- Fase 2 Definizione del modello geologico
  - Aggiornamento della banca dati geognostica
  - Realizzazione di carte riferite al gruppo acquifero A e al gruppo acquifero B
  - Realizzazione di sezioni geologiche di dettaglio
  - Dati idro-meccanici dei livelli di interesse
- Fase 3 Ricostruzione dei consumi e dei prelievi da falda
  - Ricostruzione dei prelievi autorizzati
  - Ricostruzione dei prelievi non autorizzati
  - Definizione dei possibili scenari futuri
- Fase 4 Impostazione del modello tridimensionale di falda
  - Caratteristiche del modello di simulazione
  - Costruzione della griglia di calcolo
- Fase 5 Taratura del modello di flusso e simulazioni previsionali
  - Ricostruzione del regime naturale
  - Ricostruzione della piezometria fino allo stato attuale
  - Applicazione in fase previsionale

- Fase 6 Impostazione del modello di subsidenza
  - Caratteristiche del modello di simulazione
  - Costruzione della griglia di calcolo
- Fase 7 Taratura del modello di subsidenza e simulazioni previsionali
  - Taratura del modello di subsidenza
  - Applicazione in fase revisionale
- Fase 8 Analisi e sintesi dei risultati ottenuti



## 2. ANALISI DEI DATI PIEZOMETRICI

### 2.1 RETE REGIONALE DI MONITORAGGIO DELLE ACQUE SOTTERRANEE

#### 2.1.1 Descrizione della Rete

La creazione della Rete Regionale di Monitoraggio delle Acque Sotterranee è avvenuta nel 1976 nell'ambito della predisposizione del Progetto di Piano per la salvaguardia e l'utilizzo ottimale delle risorse idriche; da allora, partendo da una prima definizione dell'insieme dei punti di misura, è iniziata la gestione della rete che, attraverso ricorrenti aggiornamenti, continua tuttora. Negli anni 1987-88 si estesero le indagini alla componente qualitativa, creando così una rete di controllo "quali-quantitativo".

Nella Tabella 2.1-1 viene riportato il numero di pozzi, disaggregato per provincia e complessivo per l'intera rete di controllo, in funzione della tipologia di misurazione, ed il numero totale di punti da essi risultanti per la misurazione del livello piezometrico e per il controllo qualitativo rispettivamente.

Tabella 2.1-1 Numero di stazioni suddivise per tipologia di misura effettuata e numero totale di punti di misura suddivisi per tipo di controllo.

| Provincia            | TIPOLOGIA DI MISURA EFFETTUATA |                        |            |                           | TIPO DI CONTROLLO |            |
|----------------------|--------------------------------|------------------------|------------|---------------------------|-------------------|------------|
|                      | Piezometria                    | Piezometria e Chimismo | Chimismo   | Totale stazioni di misura | "Quantità"        | "Qualità"  |
| <i>Piacenza</i>      | 15                             | 41                     | 1          | <b>57</b>                 | 56                | 42         |
| <i>Parma</i>         | 22                             | 42                     | 8          | <b>72</b>                 | 64                | 50         |
| <i>Reggio Emilia</i> | 24                             | 36                     | 20         | <b>80</b>                 | 60                | 56         |
| <i>Modena</i>        | 31                             | 39                     | 15         | <b>85</b>                 | 70                | 54         |
| <i>Bologna</i>       | 50                             | 49                     | 34         | <b>133</b>                | 99                | 83         |
| <i>Ferrara</i>       | 13                             | 41                     | 1          | <b>55</b>                 | 54                | 42         |
| <i>Ravenna</i>       | 41                             | 29                     | 28         | <b>98</b>                 | 70                | 57         |
| <i>Forlì</i>         | 11                             | 4                      | 21         | <b>36</b>                 | 15                | 25         |
| <i>Rimini</i>        | 4                              | 13                     | 6          | <b>23</b>                 | 17                | 19         |
| <b>Totale</b>        | <b>211</b>                     | <b>294</b>             | <b>134</b> | <b>639</b>                | <b>505</b>        | <b>428</b> |

Nella figura Figura 2.1-1 è riportata la distribuzione dei punti di misura evidenziando per ognuno di questi la diversa tipologia di misurazione possibile.

La densità media dei punti di misura dei parametri quantitativi è mediamente di un pozzo ogni 30 km<sup>2</sup> mentre per i parametri qualitativi è mediamente di un pozzo ogni 36 km<sup>2</sup>.

[illegible]

Nella presente relazione si farà riferimento agli ultimi dati piezometrici disponibili, misurati nell'anno 2002 sui punti di misura nel nuovo assetto della rete. Data l'importanza che rivestono le valutazioni sull'andamento temporale delle serie storiche risulta chiara l'importanza che verrà data ai punti di misura che rappresentano di fatto la continuità nel monitoraggio tra la “vecchia” e la “nuova” rete.

Pagina 4

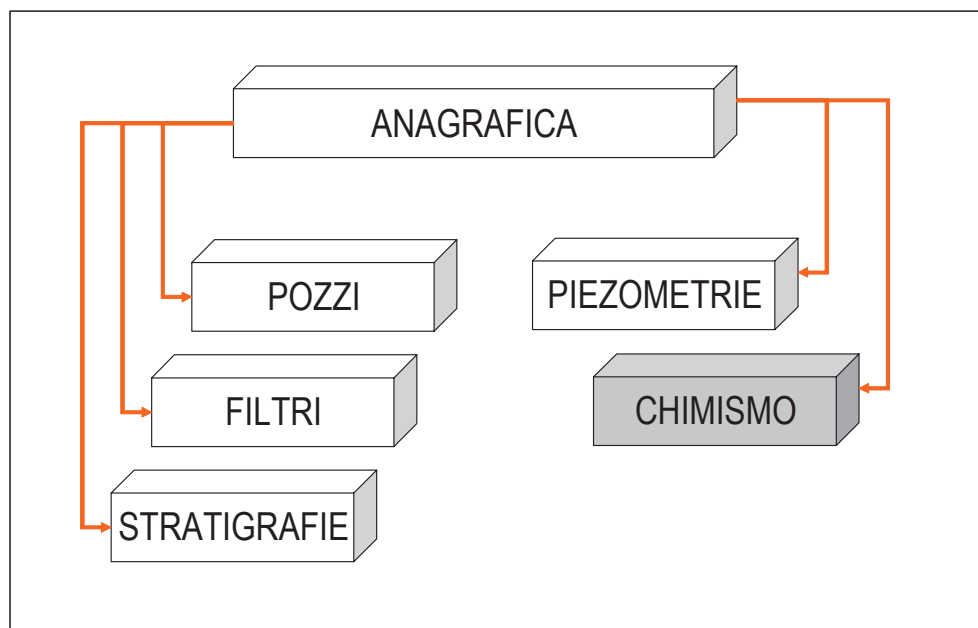
infatti l'aggiornamento recente del quadro conoscitivo sui punti di misura ottenuto attraverso indagini mirate sul campo ed operazioni di incrocio tra diverse banche dati (Banca dati Geognostici e Catasto Pozzi della Regione Emilia-Romagna principalmente).

### 2.1.2 I dati disponibili

In Figura 2.1-2 è riportata la struttura dell'archivio dei dati (**RRC.mdb**) formato dalle seguenti tabelle:

- *Anagrafica\_RRC*: contenente le informazioni di tipo anagrafico sui punti di misura;
- *Pozzi\_RRC*: contenente le caratteristiche dei pozzi ed i gruppi acquiferi captati;
- *Filtri\_RRC*: contenente il posizionamento dei filtri;
- *Stratigrafie\_RRC*: contenente le stratigrafie dei pozzi della rete individuati all'interno della Banca dati Geognostici;
- *Piezo\_RRC* contenente le serie storiche dei dati piezometrici

Figura 2.1-2 La struttura dell'archivio



per una descrizione dei contenuti delle quali si rimanda, rispettivamente, alla Tabella 2.1-2, Tabella 2.1-3, Tabella 2.1-4, Tabella 2.1-6 e Tabella 2.1-8. Relativamente alla tabella **RRC.mdb-Pozzi\_RRC** viene inoltre allegato il relativo shapefile (**Pozzi\_RRC.shp**) di ArcView.

L'archivio contenente i dati chimici non viene descritto in quanto non è stato utilizzato in questa parte del lavoro.

Il quadro delle conoscenze relative alle caratteristiche costruttive dei punti di misura della rete è riportato in maniera sintetica all'interno della tabella ***RRC.mdb-Pozzi\_RRC***.

Particolare attenzione è stata rivolta all'informazione relativa al numero ed al posizionamento dei filtri dei pozzi in modo tale da poter attribuire il dato misurato al relativo orizzonte filtrato.

Tabella 2.1-2 Informazioni anagrafiche sui punti di misura (***RRC.mdb-Anagrafica\_RRC***)

| CAMPO     | DESCRIZIONE  |
|-----------|--|
| POZZO     | Codice identificativo del punto di misura  |
| QCP       | Tipo di misura effettuata sul pozzo:<br>P: pozzo per rilievo piezometrico<br>C: pozzo per chimismo<br>Q: pozzo per entrambe le misure<br>A: pozzo non più misurato |
| XUTM      | Coordinata EST UTM fuso 32 (km)  |
| YUTM      | Coordinata NORD UTM fuso 32 (km)   |
| PROF      | Profondità del pozzo (m)   |
| QUOTA_PR  | Quota del punto di riferimento per la misura (m s.l.m.)  |
| USO       | Uso del pozzo  |
| QUOTA_PC  | Quota del piano campagna misura (m s.l.m.)   |
| CODPROV   | Codice ISTAT della Provincia di appartenenza del pozzo   |
| CODCOM    | Codice ISTAT del Comune di appartenenza del pozzo  |
| COMUNE    | Nome del Comune di appartenenza del pozzo  |
| LOCALITA  | Località di appartenenza del pozzo   |
| INDIRIZZO | Indirizzo del pozzo  |
| FILTRI    | Tipo di filtro (Monofiltro, Multifiltro, Fondo pozzo, Ignoto)  |
| ACQ       | Acquiferi intercettati   |
| BDG       | Codice Banca Dati Geognostici (per i pozzi della rete riconosciuti all'interno di tale banca dati)   |

In particolare tali informazioni, riportate nella tabella ***RRC.mdb-Filtri\_RRC***, hanno permesso di inquadrare la rete di monitoraggio ed i dati su di essa esistenti all'interno della schematizzazione stratigrafica proposta nella monografia “Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna” (Regione Emilia-Romagna, Eni-Agip, 1998) con la conseguente attribuzione del pozzo al gruppo o ai gruppi acquiferi captati. In caso di assenza di informazione circa il posizionamento dei filtri si è proceduto comunque alla classificazione in base al solo dato di profondità. Risulta chiara la differente significatività dell'attribuzione in questo caso rispetto al precedente in quanto il dato può rappresentare una situazione mediata con livelli acquiferi meno profondi. Nella Tabella 2.1-5 sono riportati i risultati del lavoro di classificazione di tutti i punti di misura della rete evidenziando le differenti modalità utilizzate per l'attribuzione. Nella Figura 2.1-3, nella Figura 2.1-4 e nella Figura 2.1-5 sono riportate le distribuzioni spaziali dei punti di misura rispettivamente per i tre gruppi acquiferi A, B e C che ne rappresentano quindi il relativo livello di copertura in termini di monitoraggio. In queste figure sono stati distinti i pozzi che captano acque provenienti da

uno o più gruppi acquiferi simultaneamente (acque miscelate). Nella tabella **RRC.mdb-Pozzi\_RRC** per ogni pozzo classificato è riportata la quota delle basi dei gruppi acquiferi A, B, e C, valori restituiti dalla cartografia del lavoro Riserve Idriche Sotterranee (scala 1:250.000) in corrispondenza della posizione dei punti di misura, ed utilizzate nel processo di attribuzione insieme ai dati sui filtri o di profondità del pozzo; nel campo Tipo\_Attr risiede l'informazione legata alla significatività dell'attribuzione.

Figura 2.1-3 Gruppo Acquifero A, pozzi della Rete Regionale di Monitoraggio

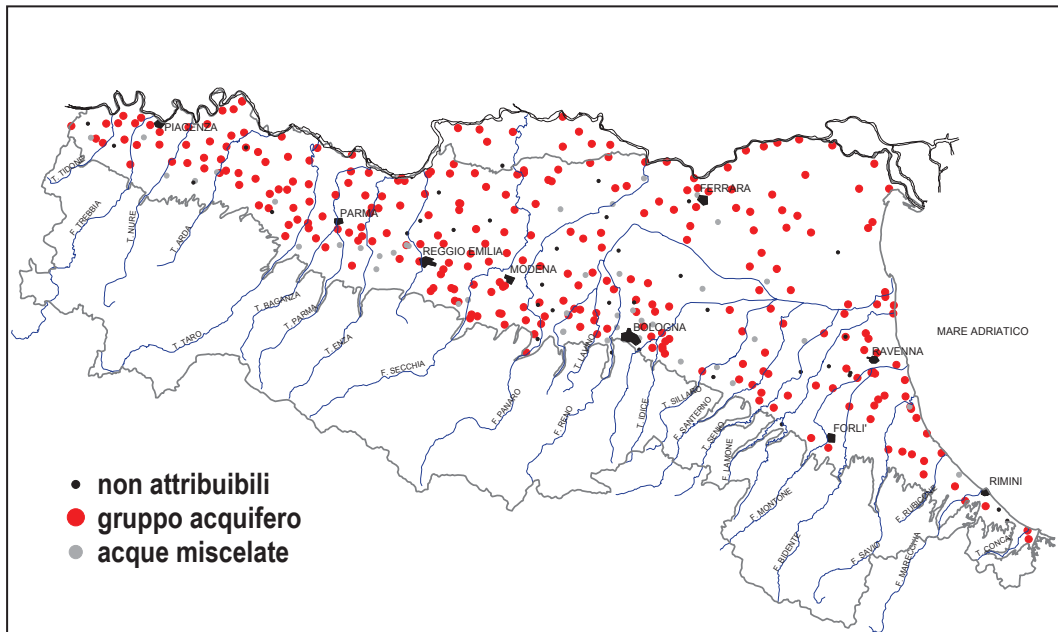
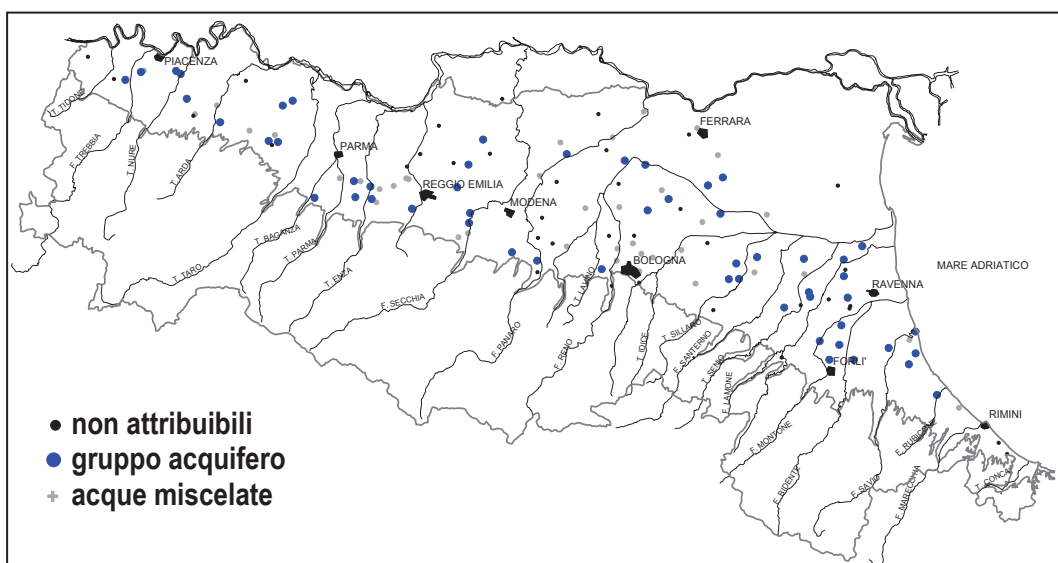


Figura 2.1-4 Gruppo Acquifero B, pozzi della Rete Regionale di Monitoraggio



The map illustrates the geographical distribution of 15 sampling points across the Emilia-Romagna region. The points are categorized into two groups: black dots and green dots. The black dots are located in the northern part of the region, near Piacenza, Parma, Reggio Emilia, Modena, and Bologna. The green dots are located in the southern part of the region, near Bologna, Ravenna, Forlì, and Rimini. The map also shows the major rivers and the Adriatic Sea (MARE ADRIATICO).

Pagina 8

ERROR: undefined

OFFENDING COMMAND: BVMDXX+ArialNarrow-Bold\*1

STACK: