

**AUTOSTRADA (A14) : BOLOGNA-BARI-TARANTO**


**AMPLIAMENTO ALLA TERZA CORSIA  
DEL TRATTO RIMINI NORD-PEDASO**

**TRATTO: SENIGALLIA - ANCONA NORD**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**DOCUMENTAZIONE GENERALE**

**RELAZIONE IDROGEOLOGICA GENERALE**

 <b>ingegneria europea</b>	<b>IL PROJECT ENGINEER:</b> Ing. Michele Pastorino Ord. Ingg. Savona N.1104	<b>IL DIRETTORE TECNICO :</b> Ing. Maurizio Torresi Ord. Ingg. Milano N.16492
	<b>RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</b>	<b>RESPONSABILE FUNZIONE "STUDI E PROGETTI"</b>

WBS - Rif. elaborato		DIRETTORIO		FILE		DATA:	REVISIONE		
-		codice commessa		N.Prag.		GIUGNO 2008		n.	data
-		1	1	1	4	2	3	0	2
		GEI		GEO		100			
						SCALA:			
						-			

ELABORAZIONE GRAFICA A CURA DI :	CONSULENZA:	
ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI :	COORDINATORE GEOINGEGNERIA:	Ing. Tiziano COLLOTTA - O.I. Lecco N. 122
	RESPONSABILE PROG. SPECIALISTICA:	Dott. Vittorio BOERIO - O.G. Lombardia N. 794

VISTO DELLA COMMITTENTE

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....</b>	<b>4</b>
2.1	IDROGRAFIA ED IDROLOGIA.....	5
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE .....</b>	<b>9</b>
3.1	SINTESI GEOLOGICA DELL'AREA MARCHIGIANA SETTENTRIONALE .....	9
3.2	ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA MARCHIGIANA .....	9
3.2.1	<i>COMPLESSI IDROGEOLOGICI DELLA SEQUENZA PLIO-PLEISTOCENICA .....</i>	<i>11</i>
3.2.2	<i>COMPLESSI IDROGEOLOGICI DELLE PIANURE ALLUVIONALI .....</i>	<i>12</i>
	Parametri idrodinamici dei depositi delle pianure alluvionali.....	13
	Andamento della freaticimetria .....	13
3.3	CHIMISMO DELLE ACQUE.....	14
<b>4</b>	<b>CARTOGRAFIA DEI COMPLESSI IDROGEOLOGICI E LEGENDA.....</b>	<b>17</b>
4.1	COMPLESSI DEI DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI .....	17
4.1.1	<i>COMPLESSO IDROGEOLOGICO DEI DEPOSITI DI VERSANTE, DI FRANA E ELUVIO COLLUVIALI (GEO: DT; EC).....</i>	<i>17</i>
4.1.2	<i>COMPLESSO IDROGEOLOGICO DEI DEPOSITI ALLUVIONALI (GEO: A1; A2).....</i>	<i>18</i>
4.1.3	<i>COMPLESSO IDROGEOLOGICO DEI DEPOSITI LITORANEI ANTICHI E ATTUALI (GEO: Q).....</i>	<i>18</i>
4.2	COMPLESSI DEI DEPOSITI MARINI PLIO-QUATERNARI E DI AVANFOSSA ADRIATICA.....	18
4.2.1	<i>COMPLESSO IDROGEOLOGICO DEI DEPOSITI ARGILLOSI ED ARGILLOSO- MARNOSI (GEO: QA; PA).....</i>	<i>18</i>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....</b>	<b>20</b>
5.1	ANALISI DELLE CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE LUNGO IL TRACCIATO.....	20
5.1.1	<i>DAL KM 196+000 AL KM 197+000 (AREA GALLERIA CAVALLO) .....</i>	<i>20</i>
5.1.2	<i>DAL KM 197+000 AL KM 206+800.....</i>	<i>21</i>

5.1.3	DAL KM 206+800 AL KM 214+000 (AREA FIUME ESINO) .....	21
5.2	ELEMENTI DI INTERESSE PROGETTUALE .....	22
6	<b>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI</b> .....	<b>24</b>
7	<b>FONTI DI DATI E REFERENTI</b> .....	<b>25</b>
	<b>APPENDICE</b> .....	<b>26</b>

## 1 PREMESSA

La presente relazione rappresenta, unitamente alla cartografia tematica, le risultanze dello studio idrogeologico generale condotto nell'ambito del *Progetto esecutivo di ampliamento alla terza corsia dell'Autostrada A14 Bologna – Bari – Taranto*, nel tratto compreso tra Senigallia e Ancona nord.

Lo studio idrogeologico ha consentito di elaborare la cartografia dei complessi idrogeologici, che costituisce parte integrante delle presenti note, in quanto sintetizza graficamente tutti gli elementi di interesse, anche mediante l'ausilio di profili in scala 1:5.000/500 costruiti lungo l'intero tracciato di progetto.

Laddove i dati disponibili lo hanno consentito, si è proceduto nella ricostruzione della superficie freatica mediante isopieze, nell'individuazione degli assi principali di deflusso e nella definizione degli spartiacque sotterranei.

In particolare l'analisi idrogeologica ha preso spunto dal quadro delle conoscenze geologiche e geomorfologiche acquisite nel corso della progettazione preliminare e definitiva, nonché dagli studi e dai dati bibliografici reperiti; a completamento dell'analisi specifica è stata condotta una campagna di monitoraggio dei livelli di falda su una fascia di territorio posta a cavallo del tracciato per circa 1.5 km di larghezza. Tale monitoraggio è stato realizzato sia su piezometri installati all'interno dei fori di sondaggio, sia sui pozzi presenti lungo il tracciato dell'autostrada A14.

Particolare attenzione è stata dedicata alle aree caratterizzate da criticità geomorfologica (aree in dissesto) ed a quelle per le quali il progetto prevede la realizzazione di opere d'arte (gallerie, viadotti, ecc.).



## 2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il tratto autostradale della A14 oggetto di ampliamento è compreso tra il casello autostradale di Senigallia, posto a SE del Fiume Misa, ed il casello autostradale di Ancona nord, posto ad est del Fiume Esino. Il tracciato, in questo tratto, corre parallelamente alla linea di costa, a meno di 1 km da essa, fatta eccezione per le zone prossime ai centri abitati costieri quali quello di Senigallia e Falconara Marittima, dove arretra verso l'interno.



Fig. 1 Tracciato autostradale della A14 e individuazione del tratto in esame (tratto da Atlante stradale De Agostini, ridisegnato).

L'assetto orografico della fascia centro-settentrionale delle Marche, in cui ricade l'area oggetto di approfondimenti, è caratterizzato da una notevole variabilità altimetrica e può suddividersi in tre fasce longitudinali facilmente distinguibili che, da ovest verso est, possono essere così descritte:

- a. fascia pre-appenninica, di modesta estensione, ubicata nell'estrema porzione nord occidentale, da Castel d'Elci a nord fino alla Serra di Burano a sud. Le

quote più elevate sono quelle di M. Sodo Pulito (1.125 m s.l.m.) e Pian della Serra (1.020 m s.l.m.).

- b. fascia appenninica propriamente detta, rappresentata essenzialmente da due dorsali montuose pressoché parallele, il cui orientamento è NW-SE a nord e circa N-S a sud, costituisce, insieme al limitrofo Appennino umbro, l'arco dell'Appennino Umbro-Marchigiano. Le due dorsali in esame (i cui rilievi superano mediamente i 1.000 m, con la quota massima relativa al M. Catria, 1.701 m s.l.m.), sono separate da una fascia collinare sviluppata da Visso ad Acqualagna, con rilievi che raramente superano i 600 m.
- c. fascia sub-appenninica, estesa ad oriente fino al litorale Adriatico, essenzialmente collinare con quote sui 500 m, fatta eccezione per la parte pedemontana delle strutture di M.te Pietralata, M.te Paganoccio che interrompono l'uniformità del paesaggio con quote dell'ordine dei 900 m.

Nel dettaglio la situazione orografica del tratto in oggetto è caratterizzata dalla presenza di due rilievi con quote superiori ai 1.000 m (M.te Catria 1.701 m s.l.m. e M.te Maggio 1.361 m s.l.m.), che verso NE cedono il passo ad un paesaggio collinare più morbido, con quote medie dell'ordine dei 400-500 m, solo a luoghi interrotto da rilievi prossimi ai 1.000 m s.l.m. (es. M.te Pietroso).

## **2.1 IDROGRAFIA ED IDROLOGIA**

I maggiori corsi d'acqua della Regione Marche (Foglia, Metauro, Cesano, Esino, Musone, Potenza, Chienti, Tenna, Aso e Tronto) attraversano da ovest ad est la fascia appenninica e quella sub-appenninica, con valli strette e profonde nella prima fascia citata e più ampie nella seconda (AA.VV., 1990).

I corsi d'acqua presenti nell'area di studio sono caratterizzati da un continuo approfondimento del loro alveo; questa tendenza ha avuto inizio assai recentemente e sembra essere connessa anche a fattori antropici, quali l'edificazione di sbarramenti artificiali lungo i fiumi, l'uso del suolo e l'estrazione di inerti in alveo (Gentili & Pambianchi, 1988).

La immediata conseguenza dell'assetto orografico delle Marche prima descritto è una diminuzione pressoché costante delle quote procedendo dal margine occidentale della regione verso il litorale.

La quasi totalità dei corsi d'acqua della regione sfocia nel Mare Adriatico; fa eccezione il Fiume Nera che, pur nascendo in territorio marchigiano, dopo alcuni chilometri supera il confine umbro per confluire nel Fiume Tevere, di cui è noto il recapito tirrenico.

Solo una minima parte dei bacini idrografici ricade al di fuori del bordo occidentale marchigiano, in quanto il confine con l'Umbria segue con buona approssimazione l'andamento della displuviale appenninica.

Tutti i corsi d'acqua presentano, in grande, uno sviluppo sub-parallelo (Fig. 2); tra le caratteristiche comuni possiamo sottolineare il regime torrentizio, la ridotta lunghezza degli alvei ed il profilo trasversale asimmetrico delle valli.

Il carattere torrentizio dei corsi d'acqua marchigiani può essere ben evidenziato osservando l'andamento nel tempo delle portate, caratterizzate da piene estremamente copiose rispetto alle medie ed alle magre. Tale regime è direttamente connesso con il regime climatico dell'area, caratterizzato da estati calde e secche, mentre le piogge sono concentrate soprattutto nel periodo autunnale e invernale. Inoltre il regime torrentizio può essere correlato con la diffusa presenza di acquiferi calcarei, che restituiscono in tempi piuttosto brevi ai fiumi le acque piovane, non rendendo graduale il loro rilascio.

I fiumi che interessano il settore in oggetto sono, da nord verso sud, quelli elencati nella Tabella 1.

<b>CORSO D'ACQUA</b>	<b>LOCALITA' FOCE</b>
FOSSO RUBIANO	Marina di Montemarciano
FIUME CESANO	Falconara Marittima (nord)

Tabella 1 Tabella riepilogativa dei maggiori corsi d'acqua attraversati dal tratto autostradale A14 in esame (Fano - Senigallia).



Il regime dei corsi d'acqua ha condizionato la morfologia degli alvei che presentano letti ghiaiosi assai ampi entro cui, tranne che in brevi periodi di maggior portata, le acque divagano entro alvei di magra assai ridotti.

Le lunghezze dei fiumi sono modeste così come ridotte sono le dimensioni dei relativi bacini imbriferi.

La profondità delle acque è, senza eccezioni, esigua e quindi nessuno dei fiumi marchigiani risulta navigabile, se non per l'estremo tratto della foce, spesso adattato a porto-canale.

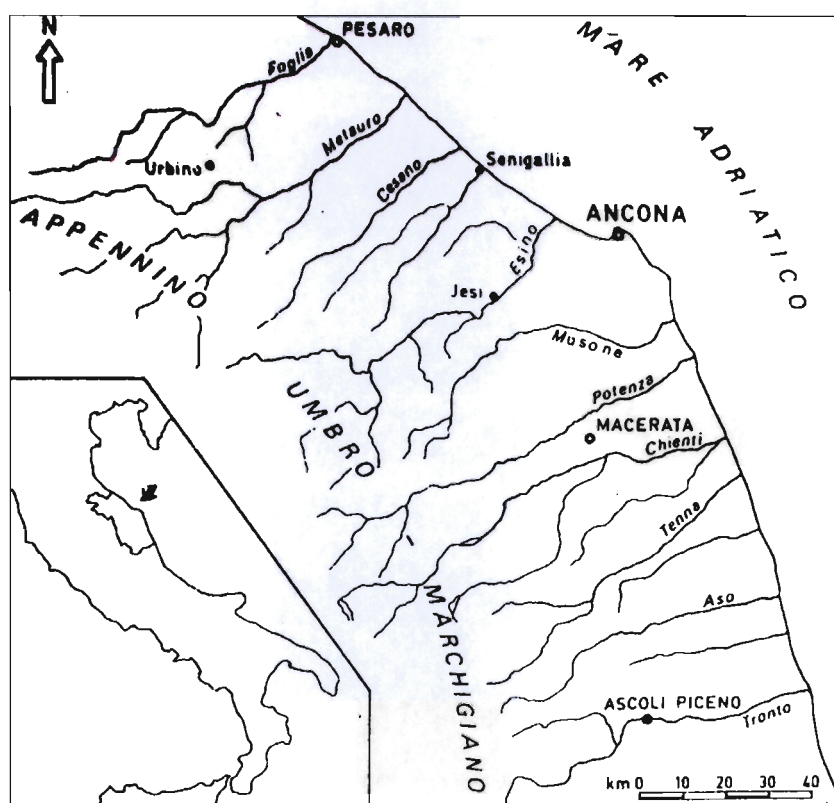


Fig. 2 Schema della Regione Marche mostrante l'andamento dei principali fiumi (tratto da Nanni & Vivalda, 1986).

Nel suo complesso il reticolo idrografico risulta fortemente condizionato da due fattori principali: il gradiente regionale e la presenza di importanti dislocazioni tettoniche; in particolare il controllo tettonico ha influenzato i tracciati dei reticoli del drenaggio superficiale.

Inoltre, durante il periodo di magra la circolazione idrica superficiale scompare quasi totalmente, in quanto le acque scorrono prevalentemente all'interno dei detriti di sub-alveo.

Di seguito vengono brevemente schematizzate le principali caratteristiche dei più importanti fiumi sopra elencati.

Il Fosso Rubiano ha origine nella fascia collinare, a circa 6 km dalla linea di costa, in località Monte Solazzi. Il suo corso si sviluppa inizialmente in direzione ENE per poi piegare, contrariamente ai principali corsi d'acqua dell'area, verso SE disponendosi così parallelamente alla linea di costa e, dopo un percorso di circa 15 km, sfociare presso Marina di Montemarciano.

Più a sud si incontra il Fiume Esino. Questo corso d'acqua ha origine alle pendici del M. Cafaggio, in provincia di Macerata, e dopo un tratto orientato quasi S-N, attraversa l'intera provincia di Ancona, sfociando poco a NW di Falconara Marittima. La sua asta principale misura 75 km ed ha una pendenza media pari a 1.2%. Il suo bacino (1.203 km<sup>2</sup>) risulta molto esteso trasversalmente nel tratto appenninico, per poi restringersi nella porzione medio - finale; la sua quota media è di circa 400 m s.l.m. Tra i principali affluenti ricordiamo il Torrente Sentino, il Torrente Giano ed il Torrente Esinante.



### **3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE**

Nel presente capitolo vengono analizzate le caratteristiche idrogeologiche generali dell'area interessata dall'intervento, dopo averla inquadrata all'interno del contesto geologico - strutturale del versante adriatico dell'Appennino centrale.

#### **3.1 SINTESI GEOLOGICA DELL'AREA MARCHIGIANA SETTENTRIONALE**

Dal punto di vista geologico nell'area in esame (territorio marchigiano settentrionale) si individuano due principali settori: il Bacino Umbro-Marchigiano, in cui affiorano alcune tra le rocce più antiche che si rinvencono nella Catena appenninica, e l'Avanfossa Marchigiana.

Il primo è un settore paleogeografico, che si è formato in seguito alle azioni tettoniche che lo hanno separato dalla Piattaforma laziale - abruzzese; l'Avanfossa Marchigiana invece, si è formata in seguito alle prime fasi di corrugamento mioceniche che hanno determinato l'individuazione di bacini di avanfossa.

Il tratto autostradale in questione, compreso tra Senigallia e Ancona nord, interessa i domini geologico-strutturali dell'Avanfossa Adriatica, facente parte del Bacino Marchigiano Esterno.

#### **3.2 ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA MARCHIGIANA**

Sulla base del quadro geologico appena tratteggiato, ma ampiamente descritto all'interno della "Relazione geologica e geomorfologica", cui si rimanda per eventuali approfondimenti, le diverse formazioni geologiche individuate a scala regionale e i depositi continentali presenti nell'area di studio possono essere raggruppati in due macrocomplessi idrogeologici, differenziabili sulla base delle loro caratteristiche idrodinamiche e di immagazzinamento (porosità, trasmissività ecc). Di seguito vengono sinteticamente descritte le caratteristiche di ciascuno dei macrocomplessi individuati: "Complessi idrogeologici della sequenza plio-pleistocenica" e "Complessi idrogeologici delle pianure alluvionali".

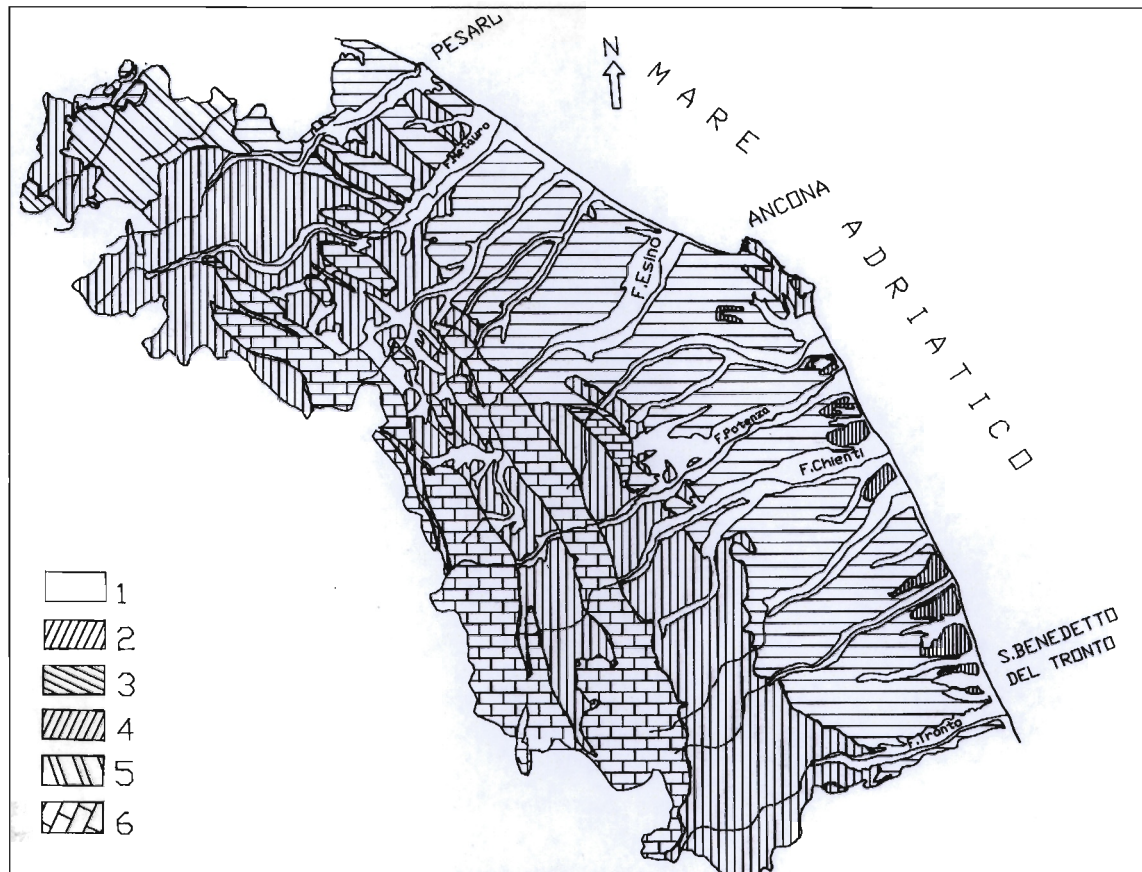


Fig. 3 Distribuzione schematica dei complessi idrogeologici nella regione Marche 1) Complesso dei depositi di origine alluvionale e di spiaggia; 2) Complesso dei depositi arenacei, arenaceo-conglomeratici, arenaceo-pelitici di chiusura della sequenza quaternaria; 3) Complesso delle argille, argille-marnose plio-pleistoceniche con intercalati corpi arenaceo-pelitici; 4) Complesso dei flysch della formazione marnoso-arenacea e dei depositi dei bacini minori intrappenninici; 5) Complesso della colata gravitativa della Val Marecchia costituita principalmente da argilliti e marne caotizzate con intercalati ed inglobanti litotipi calcarei e calcarenitici; 6) Complessi idrogeologici delle dorsali carbonatiche (da Nanni, 1991).

### 3.2.1 Complessi idrogeologici della sequenza plio-pleistocenica

Nelle porzioni interne della regione Marche affiora il complesso dei depositi arenaceo-sabbiosi e conglomeratico-ghiaiosi; si tratta di terreni intercalati alle argille plio-pleistoceniche, che risultano essere sede di acquiferi a permeabilità elevata (arenarie poco cementate, sabbie medio - fini e livelli ghiaioso - conglomeratici).

La presenza delle argille alla base e al tetto dei livelli permeabili, con funzioni di *aquiclude* e la geometria dei corpi arenacei e sabbiosi pliocenici, permettono la formazione di acquiferi confinati.

L'alimentazione delle falde è principalmente connessa con le piogge e, secondariamente, con le acque superficiali. Nei depositi pleistocenici costieri sono localmente presenti falde con forti escursioni annuali e strettamente dipendenti dalle precipitazioni meteoriche; a questi depositi sono connesse le sorgenti, in gran parte a regime stagionale, presenti nei versanti prossimi alla costa.

Le unità sabbiose presentano notevoli variazioni laterali di spessore, tali da generare corpi a geometria lenticolare. In superficie le unità sabbiose pleistoceniche affiorano per aree molto estese lungo i versanti a reggipoggio e spesso costituiscono il substrato di fossi o torrenti. Quando occupano versanti a franapoggio, e l'erosione concentrata determina l'affioramento del substrato argilloso sottostante, si osservano le tipiche manifestazioni sorgentizie di versante, frequenti nella zona collinare marchigiana.

Le sorgenti hanno una portata modesta che raramente supera 1.0 l/s.

Le risultanze delle ricerche petrolifere condotte dall'AGIP (ENI, 1972) mostrano che le unità arenacee plioceniche profonde sono sature di acqua salata o salmastra e, soltanto in rari casi, di acqua dolce; mentre le unità arenacee del Pliocene superiore e quelle pleistoceniche risultano sature proprio di acqua dolce.

Anche alcuni sondaggi profondi eseguiti per ricerche idriche in alcune pianure alluvionali (Molinari *et alii*, 1971) confermano quanto precedentemente affermato.



L'acqua degli acquiferi, grazie alla loro particolare configurazione geometrica è frequentemente in pressione.

### 3.2.2 Complessi idrogeologici delle pianure alluvionali

Gli acquiferi delle pianure alluvionali costituiscono una delle principali fonti di approvvigionamento idropotabile delle Marche; nei depositi alluvionali hanno infatti sede gli acquiferi di sub-alveo, che vengono utilizzati mediante captazioni per uso idropotabile, industriale ed agricolo nella maggior parte dei comuni della fascia costiera.

I quantitativi annui emunti (secondo una stima per difetto) ammontano a circa 102–106 m<sup>3</sup> (dati del 1984).

In generale i depositi alluvionali, antichi e recenti, sono formati da corpi ghiaiosi, ghiaioso - sabbiosi e ghiaioso – limosi con intercalate lenti argilloso - limose e sabbioso-limose di varia estensione e spessore. I depositi terrazzati di alto ordine (terrazzi bassi), sempre in continuità idraulica tra loro, rappresentano il vero acquifero di sub-alveo, mentre quelli di basso ordine (terrazzi alti) costituiscono spesso acquiferi isolati e sono legati ai terrazzi bassi da depositi detritici di spessore variabile.

Qualora siano presenti con continuità apprezzabile, anche i depositi terrazzati alti possono essere in contatto idraulico con quelli più recenti del Pleistocene superiore fungendo, quindi, da zone di ricarica per le aree di pianura alluvionale attuale.

Gli spessori delle alluvioni nell'ambito delle diverse pianure risultano molto variabili e sono compresi fra 60 metri (pianure alluvionali in prossimità della costa) e 0-15 metri (lombi di alluvioni terrazzate più piccoli); gli spessori dei depositi dei terrazzi intermedi si aggirano mediamente sui 20-30m.

Nei depositi alluvionali sono presenti falde a superficie libera, mentre in prossimità della costa si rinvengono acquiferi multistrato con falde semiconfiniate; l'alimentazione di tutti gli acquiferi deriva principalmente dalle acque fluviali.

Nell'ambito dei fondovalle e delle pianure, associati ai numerosi affluenti dei fiumi principali, si ritrovano depositi di argille limoso - sabbiose a permeabilità bassa; questi terreni sono sede di acquiferi caratterizzati da forte escursione stagionale.

In corrispondenza delle pianure maggiori (es. Esino, Potenza, Cesano) la presenza di corpi ghiaioso - sabbiosi all'interno di depositi più estesi e potenti di materiali fini conferisce agli acquiferi caratteristiche di multistrato. Situazione differente si descrive nelle pianure minori, (es. Musone, Aso, Tenna) dove sussistono generalmente condizioni di monostrato in cui gli acquiferi sono sostenuti da un *aquiclude* costituito principalmente da argille del substrato su cui sono state incise le valli.

L'andamento del contatto fra depositi e substrato plio-pleistocenico (*aquiclude*) presenta, nell'insieme, caratteristiche simili, soprattutto quando in sinistra idrografica sono presenti i terrazzi alti (I e II ordine); in tal caso il substrato è generalmente inclinato verso l'asta fluviale in sinistra idrografica, mentre in destra ha forma di truogolo. Tale assetto è correlabile con l'evoluzione tettonica delle valli che ha prodotto un generalizzato "basculamento" verso nord.

#### Parametri idrodinamici dei depositi delle pianure alluvionali

I dati riguardanti i parametri idrodinamici dei depositi alluvionali si riferiscono generalmente ai litotipi ghiaioso - sabbiosi e sono stati ottenuti mediante prove di portata: valori di trasmissività compresi tra  $1.7 \cdot 10^{-2}$  e  $2.5 \cdot 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s e permeabilità variabili da circa  $5 \cdot 10^{-2}$  m/s a  $2 \cdot 10^{-3}$  m/s. La permeabilità dei litotipi che costituiscono le coperture argilloso - limose e limoso-argillose presenta invece valori variabili da  $2 \cdot 10^{-4}$  a  $8 \cdot 10^{-8}$  m/s

La porosità media effettiva dei depositi alluvionali, definita sulla base di indagini condotte da enti pubblici, risulta essere di circa il 10%.

#### Andamento della freaticimetria

In corrispondenza dei terrazzi bassi e della piana alluvionale l'andamento della freaticimetria è abbastanza complesso e diverso da un sub-alveo all'altro. La



complessità è da imputare, oltre che a differenze di permeabilità, anche alla morfologia del substrato, alla presenza di numerose opere di captazione e all'infiltrazione di acque superficiali dagli alvei degli affluenti principali. In prossimità della costa si osserva, invece, un andamento più regolare delle curve isofreatiche, che tendono a disporsi parallelamente alla linea di costa, con un gradiente medio di circa 0.0037 (Nanni, 1986).

I caratteri freaticometrici rimangono pressoché costanti durante tutto l'anno; solo nella parte bassa dell'acquifero ed in prossimità della costa si verificano sensibili variazioni stagionali legate ai forti prelievi durante la stagione estiva. L'escursione freaticometrica media annuale è di circa 2 m con un massimo di 5 m (costa e stagione estiva); i massimi freaticometrici si registrano in primavera (marzo, aprile, maggio), mentre i minimi in autunno (ottobre-novembre).

Confrontando le freaticometrie storiche con il regime pluviometrico dell'area si nota, inoltre, una stretta relazione fra queste due grandezze; la risposta degli acquiferi alle precipitazioni, infatti, si risente generalmente con un ritardo di circa 1-2 mesi.

### **3.3 CHIMISMO DELLE ACQUE**

Il chimismo delle acque è strettamente collegato ai litotipi con cui esse entrano in contatto, sia direttamente (per circolazione idrica) che indirettamente (per mescolamento con acque a diversa composizione ionica).

Le sorgenti emergenti dagli acquiferi carbonatici (fig. 4) mostrano una facies idrochimica generale bicarbonato-calcica con tenore salino che si aggira, in media, intorno a 0.5 g/l; localmente si hanno condizioni diverse: per alcune sorgenti della Scaglia si verifica un arricchimento in solfati, cloruri e sodio come conseguenza del mescolamento con acque ricche di questi elementi e derivanti, probabilmente, dalla mobilitazione di acque ad alto tenore salino contenute nei depositi miocenici, ed in particolare messiniani, che spesso fungono da tampone ai bordi delle strutture carbonatiche. In certi casi l'arricchimento in solfati, cloruri e magnesio può essere correlato con la risalita, attraverso discontinuità tettoniche principali, di acque vadose entrate a contatto con le anidriti di Burano. Anche per le emergenze nella Maiolica il

chimismo caratteristico è bicarbonato-calcico ed il tenore salino è in genere inferiore a quello della Scaglia (circa 0.3 g/l). L'aumento di tale parametro è collegato ad apporti idrici a maggiore salinità provenienti, presumibilmente, dall'acquifero del Calcare Massiccio. Il chimismo delle acque emergenti dal Calcare Massiccio è sempre bicarbonato-calcico con variazione di concentrazione degli elementi maggiori.

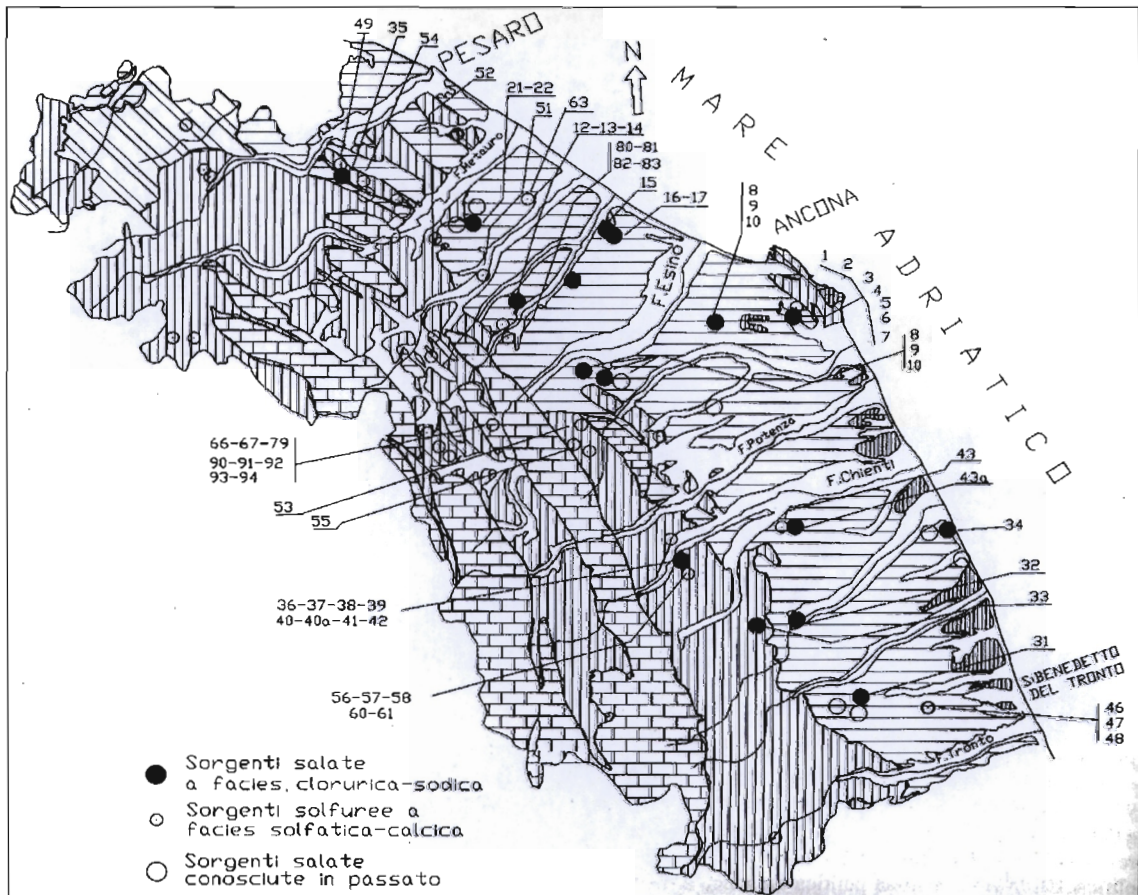


Fig. 4 Ubicazione delle principali sorgenti con acque sulfuree e salate (da Nanni, 1991).

Tali acque si differenziano da quelle della Maiolica e della Scaglia per una minore variabilità dei parametri chimici. L'arricchimento in solfati, cloruri e magnesio deriva, probabilmente, dal mescolamento con acque di lisciviazione delle anidriti di Burano presenti alla base del calcare Massiccio (Nanni, 1991). In alcuni casi (ad es. Gola di Frasassi e sorgenti sulfuree nella zona) si può ritenere che l'aumento di solfati, cloruri e magnesio sia legato alla presenza dei depositi messiniani e pliocenici posti al letto degli elementi tettonici attraverso i quali sono sovrascorse le litologie del Calcare Massiccio (Duchi *et alii*, 1987).



Le sorgenti connesse con i depositi della sequenza mio-pleistocenica sono piuttosto numerose e generalmente presentano facies bicarbonato-calcica. Una caratteristica di tali depositi è anche la presenza di molteplici emergenze sulfuree e salate, connesse rispettivamente con i depositi evaporitici messiniani e con le acque salate presenti nella sequenza pliocenica. Pertanto mentre le acque sulfuree a facies solfato-calcica sono legate principalmente alla lisciviazione dei litotipi evaporitici, quelle salate a facies clorurino - sodica derivano in primo luogo dalla risalita, attraverso discontinuità tettoniche, delle acque contenute nei depositi pliocenici (Nanni, 1991).

Il chimismo delle acque degli acquiferi alluvionali è stato trattato in bibliografia per i fondovalle dei fiumi Esino, Musone, Aspio, Potenza e Cesano ma i concetti di base sono estensibili ai restanti fondovalle d'interesse. La facies idrochimica generale delle acque di falda è bicarbonato-calcica con valori bassi di salinità (<1 g/l) come conseguenza dell'infiltrazione delle acque superficiali di origine appenninica. In genere un allontanamento dall'asta fluviale corrisponde ad un aumento del tenore salino; localmente tale parametro tende a variare anche notevolmente (valori compresi fra 0.5 ed oltre 25 g/l) (Nanni, 1991).

È possibile affermare che le acque di sub-alveo, almeno per i fondovalle precedentemente nominati, derivano da un mescolamento di acque bicarbonato-calciche, cloruro-sodiche e solfato-calciche; ne consegue che la presenza di acque cloruro – sodiche - magnesiache in campioni prelevati è indice di aree in cui la falda è sottoposta ad intensi emungimenti (richiamo di acque più profonde).

Un altro aspetto importante del chimismo è la presenza di acque calcico – clorurino - sodiche ricche in magnesio e solfati nella fascia costiera (individuate, in bibliografia, nel sub-alveo dei fiumi Musone, Esino, Aspio); situazione, questa, evidentemente connessa con fenomeni di intrusione marina (Nanni, 1991).

## 4 CARTOGRAFIA DEI COMPLESSI IDROGEOLOGICI E LEGENDA

Il tratto autostradale oggetto di studio interessa esclusivamente termini ascrivibili ai complessi idrogeologici delle pianure alluvionali e delle successioni marine plio-pleistoceniche.

Il complesso dei depositi continentali delle pianure è caratterizzato principalmente da depositi alluvionali attuali e dai depositi terrazzati costituiti da ghiaie, ghiaie-sabbiose e limi con intercalazioni di lenti argilloso - limose e/o limoso - sabbiose (Pleistocene-Olocene). In questi depositi sono presenti, in genere, falde monostrate a superficie libera che costituiscono una fonte di approvvigionamento idrico di discreta importanza. In prossimità della costa possono essere presenti acquiferi multistrato con falde semiconfinate o confinate. La ricarica degli acquiferi è legata principalmente all'infiltrazione delle acque superficiali e la trasmissività è piuttosto variabile (indicativamente da  $10^{-1}$  a  $10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s). Generalmente i depositi più permeabili sono quelli connessi con le alluvioni attuali e recenti mentre i meno permeabili sono quelli dei depositi terrazzati antichi (Nanni, 1991).

I depositi delle successioni plio-pleistoceniche sono prevalentemente argilloso – limosi e non sono sede di acquiferi degni di nota (tra Senigallia ed il Fosso Rubiano).

I dati relativi alle caratteristiche litologiche e strutturali acquisiti mediante il rilevamento in sito e l'analisi litostratigrafica delle carote (Fasi geognostiche A, B, C, E) hanno consentito di elaborare la carta dei complessi idrogeologici, che nell'area di stretto interesse progettuale distingue le seguenti tipologie:

### 4.1 COMPLESSI DEI DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

#### 4.1.1 Complesso idrogeologico dei depositi di versante, di frana e eluvio colluviali (GEO: EC)

Detriti sciolti o coesivi rinvenibili generalmente al piede dei versanti; sono connessi a fenomeni di dissesto, alterazione ed erosione del substrato. In tale contesto esiste la possibilità di rinvenire falde a superficie libera di spessore, estensione ed importanza

variabile ma generalmente ridotta; le caratteristiche di permeabilità per porosità sono contraddistinte da spiccata eterogeneità, con variabilità da bassa a discreta ( $10^{-7} \div 10^{-4}$  m/s).

#### **4.1.2 Complesso idrogeologico dei depositi alluvionali (GEO: A1; A2)**

Ghiaie sabbiose con lenti ed intercalazioni limose ed argillose; in generale contengono gli acquiferi più potenti relativamente all'area d'interesse progettuale. La permeabilità è di tipo primario e cioè per porosità, caratterizzata da spiccata variabilità in relazione alla eterogeneità granulometrica locale dei depositi; mediamente essa è classificabile da bassa a discreta ( $10^{-6} \div 10^{-4}$  m/s), con locali incrementi fino a buona ( $10^{-4} \div 10^{-2}$  m/s).

#### **4.1.3 Complesso idrogeologico dei depositi litoranei antichi e attuali (GEO: Q)**

E' costituito da ghiaie e sabbie alternate a limi argillosi e argille limose con livelli di torba; presenta acquiferi generalmente modesti alimentati dalle piogge e dagli sversamenti lungo le fasce di contatto con gli acquiferi più interni.

Tale complesso è caratterizzato da valori medi di permeabilità per porosità variabile da bassa a discreta ( $10^{-6} \div 10^{-4}$  m/s).

### **4.2 COMPLESSI DEI DEPOSITI MARINI PLIO-QUATERNARI E DI AVANFOSSA ADRIATICA**

#### **4.2.1 Complesso idrogeologico dei depositi argillosi ed argilloso-marnosi (GEO: QA; PA)**

Argille ed argille-limose a luoghi debolmente marnose con sporadiche intercalazioni di livelli sabbiosi; il complesso argilloso è caratterizzato da una circolazione idrica sotterranea molto limitata o assente. Le intercalazioni sabbiose, dove presenti con potenza superiore al metro, possono contenere piccole falde anche in pressione, il che potrebbe determinare la presenza di modeste sorgenti a regime stagionale con



portata molto bassa. Generalmente i depositi presentano permeabilità per porosità bassa o molto bassa ( $10^{-6}+10^{-8}$  m/s) e possono rappresentare l'*aquiclude* degli acquiferi presenti nella fascia di territorio di studio.

## 5 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Di seguito viene proposta una sintesi delle caratteristiche idrogeologiche dei diversi settori di territorio interessati dal tratto autostradale in oggetto.

In assenza di riferimenti bibliografici, le descrizioni di seguito riportate sono riferite alla campagna di misure realizzata nell'ambito del presente lavoro; l'intero set delle misure effettuate viene riportato in appendice alla presenti note.

Di seguito vengono analizzati, nello specifico, i diversi tratti sui quali è stato possibile definire la posizione della superficie freatica e le principali direttrici di deflusso sotterraneo (per la denominazione dei pozzi e dei sondaggi citati si veda la carta dei complessi idrogeologici).

### 5.1 ANALISI DELLE CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE LUNGO IL TRACCIATO

#### 5.1.1 Dal km 196+000 al km 197+000 (Area Galleria Cavallo)

Il rilevamento geologico condotto assieme all'analisi delle stratigrafie dei sondaggi ha evidenziato la presenza di depositi a bassa permeabilità costituiti prevalentemente da argille e argille-limose con sporadiche intercalazioni di livelli sabbiosi caratterizzanti tutto il settore.

Ne deriva che i quantitativi d'acqua presenti nel sottosuolo sono, in genere, minimi anche se non si può escludere l'esistenza di falde modeste contenute nei litotipi sabbioso-limosi intercalati. L'analisi delle piezometriche misurate nei pozzi censiti, assieme alle testimonianze reperite sul posto, confermano l'esistenza di orizzonti sabbiosi correlabili comunque a scarse disponibilità idriche.

### 5.1.2 Dal km 197+000 al km 206+800

I litotipi argillosi ed argilloso - sabbiosi affioranti, caratterizzati da una bassa permeabilità, possono ospitare piccole falde in pressione solo saltuariamente ed in corrispondenza dei pochi livelli sabbiosi intercalati a quelli argillosi. Rappresentativo del comportamento di questo complesso è il sondaggio B5-S3Nbis, attrezzato mediante cella piezometrica di Casagrande installata a circa 24.0 m dal p.c. in corrispondenza di argille-limose alternate a livelli di sabbia fine che diventano più frequenti proseguendo in profondità. Le misure piezometriche effettuate in più periodi mostrano valori molto differenti (-1.60 m in data 10/12/04 e -20.70 in data 06/10/04) evidenziando così un'ampia variabilità del dato riconducibile ad una scarsa capacità d'immagazzinamento dei corpi idrici.

### 5.1.3 Dal km 206+800 al km 214+000 (Area Fiume Esino)

In questo tratto si rinvengono i litotipi limo-sabbiosi alternati alle ghiaie, ascrivibili ai depositi alluvionali, sovrapposti ai depositi prevalentemente argillosi plio-pleistocenici. Tale assetto favorisce la formazione di importanti acquiferi alluvionali sostenuti dai litotipi argillosi che svolgono il ruolo di *acquiclude*. Dai dati desunti sia dalle misure attuali sia da bibliografia (Nanni, 1985; Folchi Vici *et alii*, 2001) sono stati ricostruiti gli assi di drenaggio e le relative linee spartiacque.

In corrispondenza della progressiva 208+500 si evidenzia un asse di drenaggio persistente con andamento presunto verso nord-est.

Tra le progressive 210+800 e 213+800, partendo dalla conformazione delle linee isofreatiche elaborate sulla base dei livelli piezometrici acquisiti in corrispondenza dei pozzi ubicati a ridosso dell'asse stradale, è stata ricostruita la locale superficie piezometrica e l'asse di drenaggio evidenzia un richiamo verso nord-est delle acque di falda. Tale situazione è confermata, inoltre, dalla presenza di una linea spartiacque persistente che segna il confine tra due settori a differente circolazione idrica sotterranea, in parte riconducibile alla presenza di litotipi a differente permeabilità. Tale eterogeneità litologica, rilevata anche dall'esame dei profili stratigrafici di sondaggio, evidenzia l'intercalazione, all'interno dei litotipi alluvionali, di

depositi più permeabili (ghiaie e/o sabbie) e di altri più fini che separano di fatto tali corpi acquiferi generando, localmente, un sistema idrico più complesso con falde semi, o totalmente confinate.

## **5.2 ELEMENTI DI INTERESSE PROGETTUALE**

Lo studio idrogeologico condotto nell'ambito della progettazione in questione consente di evidenziare alcuni elementi di potenziale criticità emersi dallo studio riguardo alla problematica specifica.

Dal quadro configuratosi si evince che il tracciato di progetto prevede essenzialmente la realizzazione di rilevati che insistono sui depositi alluvionali delle pianure costiere. Questi sono sede di acquiferi freatici e confinati, oggetto di sfruttamento per uso industriale ed irriguo. Inoltre il tracciato di progetto prevede l'ampliamento dei viadotti necessari per superare gli impluvi e gli alvei dei corpi d'acqua presenti e un'opera in sotterraneo (Galleria Cavallo).

Eventuali interferenze tra gli acquiferi ed il tracciato di progetto riguardano essenzialmente la loro vulnerabilità. La probabilità di sversamenti accidentali di sostanze tossiche e/o inquinanti dalla sede stradale e dalla fascia ad essa prossima, infatti, aumenta con il prevedibile incremento dei flussi di traffico su un'arteria ampliata come quella di progetto. La presenza di numerosi pozzi nelle vicinanze del tracciato stradale ed in particolare di pozzi ad uso irriguo/idropotabile situati a quote inferiori rispetto all'asse della strada, rappresenta un carattere di criticità rilevante nell'analisi idrogeologica.

Nel caso di falde freatiche prive di coperture protettive (terreni di bassa permeabilità) la vulnerabilità degli acquiferi è generalmente "molto elevata"; tale vulnerabilità diventa "bassa" nel caso di coperture mediamente permeabili o fini (praticamente impermeabili). La vulnerabilità della falda profonda risulta generalmente "bassa" in funzione della reale impossibilità di comunicazione con gli acquiferi sovrastanti.

Nell'analisi si tiene conto, comunque, che il progetto prevede una sostanziale sovrapposizione all'attuale tracciato dell'Autostrada A14 e che, pertanto, le



condizioni di vulnerabilità dell'acquifero e di potenziale rischio da inquinamento sono già esistenti.

Tale elemento di criticità potrà essere mitigato attraverso la predisposizione di idonei interventi di salvaguardia delle falde attraverso sistemi di raccolta e canalizzazione delle acque stradali e di eventuali sostanze inquinanti accidentalmente sversate sulla sede.

Per quanto concerne la possibile interferenza con la falda da parte delle opere di fondazione profonda, sarà opportuno prevedere sistemi di canalizzazione delle acque tali da consentire un'accettabile continuità ai flussi idrici.

Per quanto concerne gli eventuali scavi preliminari alla realizzazione di trincee e/o zone di imbocco e della galleria, sarà necessario ipotizzare un parziale drenaggio delle falde.



## 6 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

AA. VV. (1990) – *L'ambiente fisico delle Marche: geologia, geomorfologia ed idrogeologia*. Ed Reg. Marche e S.E.L.C.A., pp. 255, Firenze.

DUCHI V., PRANZINI G., PAOLILLO F. (1987) – Chimismo delle acque di Fabriano-Jesi: un elemento di conferma del sovrascorrimento infrapliocenico del fronte Umbro-Marchigiano. *Bollettino Società Geologica Italiana*, 106, pp. 525-535, Roma.

FOLCHI VICI D'ARCEVIA C., NANNI T., MARCELLINI M., SICILIANI A. & VIVALDA P. (2001) – Cartografia idrogeologica del bacino del Fiume Esino (Marche) tra la dorsale carbonatica marchigiana e la costa mediante l'uso di un GIS. *Memorie Società Geologica Italiana*, 56, pp. 339-351, Roma.

GENTILI B. & PAMBIANCHI G. (1988) – *Segnalazione di alcuni episodi fluvio-lacustri nelle Marche centro-meridionali*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 2(1), 59-60.

MOLINARI C., LIPPARINI T. & BASSI G. (1971) – *Risorse idriche delle Marche*. Ente Sviluppo Marche.

NANNI T. (1985) – *Le falde di subalveo delle Marche: inquadramento idrogeologico, qualità delle acque ed elementi di neotettonica*. Ed Regione Marche, 2, pp. 112, 15 tav., Ancona.

NANNI T. & VIVALDA P. (1986) – Inquadramento idrogeologico ed influenza della tettonica sugli acquiferi di subalveo delle pianure marchigiane. *Studi Geologici Camerti*, vol. spec. "La geologia delle Marche", pp. 105-133, Camerino.

NANNI T. (1991) – Caratteri Idrogeologici delle Marche. In "*L'Ambiente fisico delle Marche*". Ed. da Regione Marche – S.E.L.C.A., pp. 117-206, Firenze.

## 7 FONTI DI DATI E REFERENTI

*Ente/Istituto:* Università degli Studi di Camerino (MC)

*Referente:* Prof. Materazzi

*Materiale acquisito:* Tesi di Laurea riguardante il Fiume Chienti (Carta delle isofreatiche e dei pozzi).

*Ente/Istituto:* Università degli Studi di Camerino (MC)

*Referente:* Prof. Materazzi

*Materiale acquisito:* Tesi di Laurea riguardante il Fiume Metauro (Carta delle isofreatiche, stima della vulnerabilità dell'acquifero, carta del substrato impermeabile e sezioni).

*Ente/Istituto:* Università degli Studi di Camerino (MC)

*Referente:* Prof. Materazzi

*Materiale acquisito:* Tesi di Laurea riguardante il Fiume Tenna (Carta delle isofreatiche, carta del substrato impermeabile e ubicazione dei pozzi).

*Ente/Istituto:* Provincia di Macerata

*Referente:* Dott. Geol. Campagnoli

*Materiale acquisito:* Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (Carta delle isofreatiche).

*Ente/Istituto:* ASET di Fano

*Referente:* Dott. Garofalo

*Materiale acquisito:* Ubicazione pozzi (in formato *.shp*) e relative schede.

*Ente/Istituto:* Provincia di Rimini

*Referente:* Dott. Geol. Massimo Filippini e Geom. Sartini

*Materiale acquisito:* Carta delle isofreatiche della falda superficiale (PIAE) in scala 1:10000 (1995).

*Ente/Istituto:* Provincia di Rimini

*Referente:* Dott. Geol. Massimo Filippini e Dott. Salvatori

*Materiale acquisito:* Ubicazione dei pozzi (in formato *.shp*) e misure piezometriche della campagna di monitoraggio degli ultimi quattro anni.

## **APPENDICE**

### **MONITORAGGIO PIEZOMETRICO**



**POZZI**

<b>Sigla</b>	<b>Data misure</b>	<b>Falda dal p. c. (m)</b>	<b>Uso</b>	<b>Note</b>
119	19/12/04	7.30	Irriguo	
120	19/12/04	4.90	Irriguo	
121	19/12/04	650	Irriguo	
122	19/12/04	7.70	Irriguo	
124	19/12/04	8.50	Irriguo	
125	19/12/04	5.85	Irriguo	
127	19/12/04	4.90	Irriguo	
129	19/12/04	9.10	Irriguo	
141	20/12/04	5.20	Irriguo	
143	20/12/04	2.00	Irriguo	
144	20/12/04	13.50	Irriguo	
145	20/12/04	18.00	Irriguo	
146	20/12/04	3.80	Irriguo	
147	20/12/04	1.45	Irriguo	
148	20/12/04	2.50	Irriguo	
151	20/12/04	3.45	Irriguo	
152	20/12/04	4.65	Irriguo	
153	20/12/04	3.10	Irriguo	
154	20/12/04	3.15	Irriguo	Tende ad essicarsi nella stagione calda

## PIEZOMETRI DA BIBLIOGRAFIA

Sigla	Tipo	Data misure	Profondità cella (m)	Falda dal p.c. (m)	Fonte
P201 (PSV7003) (km 195+200)	Casagrande	11/04/1994	20	- 7.32	ANIDRO
P212 (PSV7004) (km 195+200)	Casagrande	01/03/1994	15	- 0.17	ANIDRO
P214 (PSV7005) (km 195+400)	Casagrande	16/12/1999	15	- 0.90	ANIDRO
P1 (PJJ7201) (km 198+380)	Casagrande 1	31/03/2001	6.30	0.00	ANIDRO
	Casagrande 2	31/03/2001	14	0.00	ANIDRO
P2 (PJJ7204) (km 198+380)	Casagrande 1	26/02/2007	14.20	0.00	ANIDRO
	Casagrande 2	26/02/2007	6.30	0.00	ANIDRO
P3 (PJJ7203) (km 198+460)	Casagrande 1	17/12/1999	6.30	- 1.20	ANIDRO
	Casagrande 2	17/12/1999	14.20	- 1.20	ANIDRO
P4 (PJJ7205) (km 198+470)	Casagrande 1	11/12/1998	8	- 2.00	ANIDRO
	Casagrande 2	11/12/1998	13.80	- 2.00	ANIDRO
P3 (PJJ7218) (km 198+450)	Casagrande 1	11/06/2001	7	- 2.10	ANIDRO
	Casagrande 2	11/06/2001	15	- 2.10	ANIDRO
P101 (PSV7066) (km 199+350)	Casagrande	20/12/2000	15	- 9.80	ANIDRO
P102 (PSV7007) (km 199+350)	Casagrande	17/04/1997	15	- 3.20	ANIDRO
P103 (PSV7008) (km 199+500)	Casagrande	20/04/1997	15	- 8.20	ANIDRO
P104 (PSV7009) (km 199+500)	Casagrande	17/10/1995	15	0.00	ANIDRO
P1 (PSV7010) (km 199+650)	Casagrande	14/04/1999	19.45	- 1.50	ANIDRO
P2 (PSV7158) (km 199+650)	Casagrande	02/10/1996	17.90	- 6.33	ANIDRO
P3 (PSV7011) (km 199+810)	Casagrande	15/12/1994	20.93	- 0.91	ANIDRO
P7 (PSV7012) (km 200+100)	Casagrande	28/03/1994	18.14	- 3.36	ANIDRO
P105a (PSV7013) (km 200+130)	Casagrande	13/06/1994	15	- 8.12	ANIDRO
P106 (PSV7014) (km 200+130)	Casagrande	10/04/1995	15	- 5.66	ANIDRO
P6 (PSV7015) (km 200+200)	Casagrande	10/04/1995	29.83	- 1.75	ANIDRO
P108 (PSV7017) (km 200+200)	Casagrande	08/03/1995	15	- 7.73	ANIDRO
P1 (PSV7018) (km 200+320)	Casagrande 1	15/12/1995	5	- 1.01	ANIDRO
	Casagrande 2	26/03/1996	15	- 3.17	ANIDRO
P2 (PSV7019) (km 200+350)	Casagrande 1	26/03/1996	5	- 0.79	ANIDRO
	Casagrande 2	01/03/1994	15	- 3.87	ANIDRO
P3 (PSV7020) (km 200+390)	Casagrande 1	22/09/2002	5.3	0.00	ANIDRO
	Casagrande 2	20/12/2000	15	0.00	ANIDRO
P9 (PSV7022) (km 200+830)	Casagrande	10/09/1998	29.12	- 5.00	ANIDRO



P110 (PSV7023) (km 202+240)	Casagrande	01/03/1994	15.00	- 1.68	ANIDRO
P109 (PSV7501) (km 200+240)	Casagrande	02/10/1996	30.00	- 8.28	ANIDRO
P111 (PSV7024) (km 202+330)	Casagrande	11/12/1998	15.00	- 6.00	ANIDRO
P112 (PSV7025) (km 202+300)	Casagrande	22/04/1996	15.00	- 0.41	ANIDRO
P18 (PSV7026) (km 202+590)	Casagrande	17/10/1995	29.94	- 0.06	ANIDRO
P17 (PSV7159) (km 202+590)	Casagrande	22/04/1996	30.48	- 2.31	ANIDRO
P16 (PSV7027) (km 202+610)	Casagrande	22/04/1996	29.87	- 1.46	ANIDRO
P114 (PSV7028) (km 202+950)	Casagrande	13/06/1994	15.00	- 6.08	ANIDRO
P113 (PSV7029) (km 203+000)	Casagrande	24/01/1994	15.00	- 4.39	ANIDRO
P115 (PSV7030) (km 203+130)	Casagrande	27/10/1997	15.00	- 0.80	ANIDRO
P116 (PSV7031) (km 203+250)	Casagrande	09/03/1995	15.00	- 0.55	ANIDRO
P117 (PSV7032) (km 203+250)	Casagrande	24/10/1997	15.50	- 4.70	ANIDRO
P118 (PSV7033) (km 203+350)	Casagrande	10/04/1995	15.00	0.00	ANIDRO
P119 (PSV7034) (km 203+350)	Casagrande	25/03/2004	15.00	- 1.40	ANIDRO
P100 (PSV7035) (km 203+590)	Casagrande	25/03/2001	25.50	0.00	ANIDRO
P102 (PSV7037) (km 203+590)	Casagrande	16/12/1999	23.83	0.00	ANIDRO
P2 (PJJ7221) (km 204+035)	Casagrande	26/02/2007	15.00	- 5.60	ANIDRO
P4 (PJJ7222) (km 204+035)	Casagrande 1	26/02/2007	5.00	- 3.96	ANIDRO
	Casagrande 2	26/02/2007	15.00	- 3.88	ANIDRO
PZ1 (PSV7174) (km 205+380)	Casagrande 1	27/03/1996	5.50	- 0.24	ANIDRO
	Casagrande 2	27/03/1996	10.10	- 0.26	ANIDRO
PZ4 (PSV7176) (km 205+395)	Casagrande 1	13/12/1996	5.20	- 2.60	ANIDRO
	Casagrande 2	13/12/1996	10.10	- 2.57	ANIDRO
PZ2 (PSV7515) (km 205+510)	Casagrande 1	13/12/1996	5.40	- 0.37	ANIDRO
	Casagrande 2	13/12/1996	9.80	- 0.09	ANIDRO
PZ3 (PSV7177) (km 205+610)	Casagrande 1	13/12/1996	5.30	- 1.31	ANIDRO
	Casagrande 2	13/12/1996	9.60	- 1.25	ANIDRO
P13 (km 204+480)	Casagrande	19/01/1988	-	- 3.64	Da stratigrafia
P14 (km 204+450)	Casagrande	19/01/1988	-	- 5.88	Da stratigrafia
P21 (km 203+830)	Casagrande	19/01/1988	-	- 23.19	Da stratigrafia
P22 (km 203+840)	Casagrande	19/01/1988	-	- 22.32	Da stratigrafia
P23 (km 203+840)	Casagrande	19/01/1988	-	- 1.58	Da stratigrafia
S1 (km 197+890)	Tubo Aperto	05/01/2005	-	assente	Da stratigrafia
S3 (km 197+910)	Tubo Aperto	05/01/2005	-	assente	Da stratigrafia



S5 (km 198+050)	Tubo Aperto	05/01/2005	-	assente	Da stratigrafia
S7 (km 197+990)	Tubo Aperto	05/01/2005	-	assente	Da stratigrafia
S8 (km 197+940)	Tubo Aperto	05/01/2005	-	assente	Da stratigrafia

NOTA: Per le indagini bibliografiche è stata riportata la lettura che nel set di misure analizzato ha registrato i valori di soggiacenza più prossimi al piano campagna. Le progressive indicate in tabella sono relative al tracciato autostradale di progetto.

## **PIEZOMETRI FASI A-B-E**

**A14: Autostrada Bologna Bari Taranto**  
 Tratto: Senigallia Ancona nord - Progetto esecutivo  
 Letture piezometriche (fase A - Fase B - fase E) - (aggiornamento febbraio 2007)

SONDAGGIO							TUBO APERTO 1			TUBO APERTO 2			CASAGRANDE CELLA 1				CASAGRANDE CELLA 2						
Foro di sondaggio	Fase	Progressiva	Corsia	COORD GAUSS-BOAGA EASTHING [m]	COORD GAUSS-BOAGA NORTHING [m]	UBICAZIONE	Data lettura gg/mm/aa	Livello falda (dal p.c.) mt.	Profondità max pozzo mt.	Profondità max pozzo mt. prevista	Livello falda (dal p.c.) mt.	Profondità max pozzo mt.	Profondità max pozzo mt. prevista	Livello falda (dal p.c.) mt.	fondo dal p.c. mt.	fondo dal p.c. mt. previsto	Livello falda (dal p.c.) mt.	fondo dal p.c. mt.	fondo tubo dal p.c. mt.				
														Tubo 1	Tubo 2	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 1	Tubo 2	previsto			
SV4-S3	SV	194+600	N	2376143.151	4840412.156	fuori A14	18/10/2006 16/02/2007	1.35 0.76	14.25 14.22	18.00													
B5-S1	B	194+520	S	2376004.850	4840318.229	piede rilevato svinc Senigallia	20/12/2004 18/10/2006 16/02/2007							4.20 2.53 2.88	4.20 2.63 2.89	? 8.35 8.33	? 20.33 20.32	20.40					
E3-S21	E	194+763	S	2376198.335	4840175.763	ciglio trincea	15/05/2006 21/06/2006 04/07/2006 07/11/2006 16/02/2007							6.55 7.52 7.8 8.49 9.32	6.55 7.52 7.8 8.54 9.38	? ? ? 22.26 22.22	? ? ? 22.46 22.42	25.00					
E4-S0	E	195+230	N	2376612.161	4839942.927	piede rilev. Vicino sottovia SP N.2	05/06/2006 07/11/2006 16/02/2007							1.51 1.24 1.16	1.52 1.63 1.35	? 17.93 17.91	? 17.94 17.89	18.00					
E4-S0bis	E	195+480	S	2376674.408	4839706.137	piede rilev vicino edificio	25/05/2006 07/11/2006 22/02/2007							1.20 1.32 NA	1.21 1.48 NA	? 13.49 NA	? 13.49 NA	14.00	2.93 1.09 NA	2.95 1.68 NA	? 24.95 NA	? 24.94 NA	25.00
E4-S1	E	196+005	S	2376942.293	4839242.297	piede rilevato vicino sottovia	20/03/2006 07/11/2006 22/02/2007	0.78 1.45 0.95	? 20.16 20.02	20.00													
B5-S2	B	196+600	S	2377477.836	4838995.148	fuori A14 zona Case Marpugo	20/12/2004 18/10/2006 22/02/2007							7.30 4.49 3.14	7.30 4.65 3.30	? 35.04 35.05	? 17.14 35.05	34.60					
E4-S3	E	196+887	S	2377758.589	4838953.302	Imb. Sud Galleria Cavallo	05/05/2006 07/11/2006 22/02/2007							11.48 5.54 6.75	11.49 5.52 6.75	? 11.96 11.93	? 11.96 11.93	12.00					
D5-S1	Deposito	197+000	N	2378607.982	4839327.316	fuori A14 a valle vito Morignano	22/02/2007							5.64	5.68	11.42	11.43	11.50					
E4-S4	E	197+080	S	2377996.569	4838958.869	piede rilevato fuori A14	28/03/2006 07/11/2006 22/02/2007	2.32 - D	? - D	12.00													
E4-S5	E	197+100	N	2378028.534	4839018.768	ciglio trincea vicino case	10/05/2006 07/11/2006 22/02/2007	7.83 7.90 8.38	? 23.61 23.48	24.00				7.93 7.98 8.39	7.99 8.12 8.82	? 35.19 35.17	? 35.24 35.20	35.00					
B5-S3	B	197+250	S	2378174.279	4838988.656	sotto viadotto Morignano	20/12/2004 11/04/2006 18/10/2006 22/02/2007							3.20 0.91 INT P.C. INT P.C.	3.20 0.43 27.74-0.28 1.14	? 27.70-0.28 INT P.C. INT P.C.	? 27.56 27.56 27.55	27.00					
E4-S7bis	E	197+280	N	2378172.131	4839137.752	fuori A14 vicino fosso	05/04/2006 07/11/2006 22/02/2007	0.51 0.48 0.58	? 11.34 11.40	12.00													
E4-S6	E	197+400	N	2378314.833	4839035.791	sotto viadotto Morignano	03/04/2006 07/11/2006 22/02/2007							0.71 1.05 0.93	0.72 1.38 1.86	? 11.95 11.94	? 11.94 11.95	12.00					
B5-S3N	B	197+620	N	2378540.165	4839068.110	sotto viadotto Morignano	20/12/2004 11/04/2006 18/10/2006 22/02/2007							4.80 3.98 - D	4.80 4.13 - D	? 24.00-0.25 - D	? 24.00-0.25 - D	24.30					
E4-S8	E	198+020	N	2379309.909	4838946.801	fuori A14	13/06/2006 07/11/2006 22/02/2007	3.62 1.96 2.15	? 18.57 18.16	20.00													
E4-S9	E	198+180	N	2379309.909	4838946.801	piede rilevato	13/06/2006 07/11/2006 22/02/2007	0.62 1.47 1.39	? 20.35 20.12	20.00													
E4-S10	E	198+393	N	2379309.909	4838946.801	fuori A14 vicino fosso	25/05/2006 07/11/2006 22/02/2007	0.00 0.00 0.00	? 26.10 26.35	25.00													
B5-S3Nbis	B	198+700	S	2379431.884	4838630.502	sotto viadotto La Gabriella	11/04/2006 07/11/2006 22/02/2007							0.00 0.58 0.00	0.10 1.12 0.00	6.50-0.12 19.00 24.01	24.00-0.12 24.00 23.98	24.30					







