



La Sapienza

Università degli Studi di Roma

Facoltà di Scienze Naturali, Fisiche e Matematiche

Corso di Laurea in Scienze Geologiche

Tesi sperimentale in Idrogeologia

**“Idrogeologia dei Bacini dei Fiumi
Ambro e Tennacola”**

**Relatore:
Prof. Carlo F. Boni**

**Laureanda:
Baldoni Tiziana
N° matricola: 11101343**

Anno accademico: 2002 – 2003

INDICE

1. INTRODUZIONE	Pag. 3
1.1. Scopo del lavoro	Pag. 3
1.2. Studi precedenti	Pag. 5
1.3. Inquadramento geologico	Pag. 7
1.4. Stratigrafia	Pag. 10
2. INQUADRAMENTO STRUTTURALE	Pag. 17
3. IDROGEOLOGIA	Pag. 22
3.1. Le principali sorgenti	Pag. 23
3.2. I complessi idrogeologici	Pag. 24
3.2.1. <i>Complessi permeabili</i>	Pag. 24
3.2.2. <i>Complessi a bassa permeabilità</i>	Pag. 25
4. CLIMATOLOGIA	Pag. 26
4.1. Pluviometria e termometria	Pag. 26
4.2. Evapotraspirazione e precipitazione efficace	Pag. 29
4.3. Infiltrazione efficace	Pag. 31
4.4. Flusso di base	Pag. 31
4.5. Ruscellamento	Pag. 32
5. CENNI DI IDROGEOCHIMICA	Pag. 33
6. RILEVAMENTO IDROGEOLOGICO	Pag. 36
6.1. Sorgenti	Pag. 36
6.1.1. <i>Emergenze puntuali</i>	Pag. 36
6.1.2. <i>Emergenze lineari</i>	Pag. 36
6.2. Idrologia di superficie	Pag. 37
6.2.1. <i>Bacino del Tennacola</i>	Pag. 37
6.2.2. <i>Bacino dell'Ambro</i>	Pag. 39
6.2.3. <i>Bacino del Tenna</i>	Pag. 41

6.3. Considerazioni sulla campagna di misura di portata	<i>Pag. 43</i>
6.4. Carta dell'Idrologia di Superficie	<i>Pag. 47</i>
7. SCHEMA IDROSTRUTTURALE E VALUTAZIONE DELLE RISORSE IDRICHE SOTTERRANEE	<i>Pag. 48</i> <i>Pag. 48</i>
7.1. Assetto Idrogeologico	<i>Pag. 48</i>
7.2. Modello Idrogeologico Concettuale	<i>Pag. 48</i>
8. CONSIDERAZIONE CONCLUSIVE	<i>Pag. 50</i>
9. BIBLIOGRAFIA	<i>Pag. 52</i>
ALLEGATI	
Allegato n° 1: Carta Geologica dei Monti Sibillini Orientali	
Allegato n° 2: Carta delle Precipitazioni e delle Precipitazioni efficaci dei Monti Sibillini Orientali	
Allegato n° 3: Carta dell'Idrologia di superficie del settore settentrionale dei Monti Sibillini Orientali	
Allegato n° 4: Carta Idrogeologica del settore settentrionale dei Monti Sibillini Orientali	

1. INTRODUZIONE

La zona in esame costituisce la porzione più meridionale dell'Appennino Umbro - Marchigiano ed è caratterizzata dal sovrascorrimento dei Monti Sibillini, lineamento tettonico a carattere regionale, che a Sud si raccorda con l'importante lineazione N – S nota come Ancona – Anzio degli Autori. Lungo il fronte di sovrascorrimento si realizza la sovrapposizione dell'Appennino calcareo sui depositi terrigeni più esterni (Calamita F. et al., 1986). L'Ancona – Anzio qui è vista come l'espressione superficiale di una “*lateral ramp*”, di una porzione dei Sibillini (Cooper J. C. 1987).

Nella regione marchigiana è presente, sopra un basamento ercinico, una successione sedimentaria pressoché continua dal Trias superiore al Neogene (Centamore E. et al., 1991).

Oggetto di studio in questo lavoro è il settore settentrionale dei Monti Sibillini Orientali.

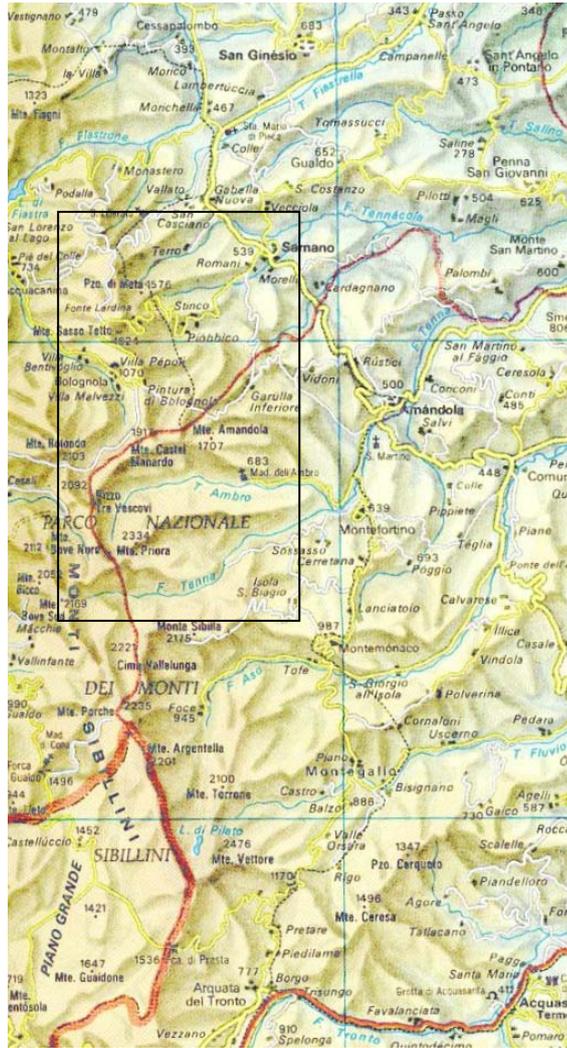
1.1. Scopo del lavoro

Questo studio ha lo scopo di valutare:

- a. i caratteri idrogeologici della regione.
- b. l'entità della risorsa idrica mediamente erogata in superficie dagli acquiferi di estensione regionale.
- c. l'estensione e la natura delle aree di alimentazione e dei serbatoi sotterranei.
- d. i rapporti tra i volumi di acqua erogati dalle sorgenti e l'estensione delle aree di alimentazione.

Per dare queste risposte è stato necessario considerare la geologia, la climatologia, e l'idrogeologia del territorio con studi specifici in parte basati su dati di letteratura, e in gran parte desunti da campagne di misura delle portate erogate dalle sorgenti. Per le sorgenti captate ci si è avvalsi delle informazioni fornite dai gestori degli acquedotti.

1. Introduzione



❖ **Figura 1.1.:** Area di interesse.

1.2. Studi precedenti

I primi studi geologici dell'area dei Monti Sibillini e, in particolare, del settore in esame, risalgono alla metà dell'800. Questi costituiscono il primo tentativo di un ordinamento stratigrafico dei terreni affioranti sulla base dei contenuti in macrofossili e delle analogie con formazioni coeve affioranti in altre parti dell'Appennino. Iniziano in questo stesso periodo anche le prime osservazioni sull'assetto strutturale. Lavori più accurati e precisi furono effettuati tra il 1931 ed il 1935 da Scarsella F. per la stesura del foglio geologico 132 "Norcia" della Carta Geologica d'Italia, pubblicato nel 1941. L'autore ha segnalato in questi studi e nei successivi: l'esistenza nel Giurassico, accanto alle successioni continue, con spessori notevoli, di condensazioni e riduzioni di serie; la rappresentazione della "grande piega - faglia con sovrascorrimenti" al margine orientale dei Sibillini; le modalità della transizione tra la facies Umbro - Marchigiana e quella Laziale - Abruzzese; la coincidenza del sovrascorrimento dei Sibillini con la linea Ancona - Anzio. Scarsella gettò quindi le basi per l'attuale studio dell'area, infatti, ancora oggi gli studiosi si basano sui suoi lavori.

Vari lavori sono stati poi pubblicati per il foglio geologico "124" Macerata (1967), in cui vengono, ad esempio, segnalati i fenomeni di riduzione delle successioni giurassiche del Monte Sassotetto ed è rappresentato il rovesciamento che interessa i versanti orientali dell'area.

Successivamente Centamore E. et al., (1969) in uno studio a carattere stratigrafico distinguono le diverse serie giurassiche (serie completa, serie condensata e serie composta) attribuendole ai dislivelli creatisi nel fondo marino in seguito alla tettonica giurassica.

Parti dell'area sono state, poi, cartografate ed accuratamente studiate dal punto di vista stratigrafico da Centamore E. et al. (1971), Chiocchini M. et al. (1976), Lavecchia G. (1985), Cooper J.C. & Burbi L. (1987).

L'Appennino Umbro - Marchigiano è stato interpretato secondo uno stile deformativo pellicolare (Lavecchia G. & Piali G., 1980; Bally A.W. et al., 1986; Cooper J.C. & Burbi L.,

1. Introduzione

1986) o secondo un campo deformazionale in cui è coinvolto anche il basamento (Lavecchia G., 1985; Barchi M. et al., 1988; Calamita F. et al., 1991).

Il significato della linea Ancona – Anzio è stato largamente dibattuto da diversi autori che ne hanno analizzato la cinematica sia con studi strutturali di dettaglio che nel contesto evolutivo dell'intero arco umbro (Lavecchia G., 1985; Bally A.W. et al., 1986; Calamita F. et al., 1986).

Inoltre è stato posto l'accento sulla differenza nell'entità del raccorciamento, che aumenta verso Sud, di vari settori dell'arco appenninico a causa della rotazione antioraria dell'Appennino (Lavecchia G. & Piali G., 1980; Cosentino D., 1986; Bally A.W. et al., 1986; Festa A., 2002).

La geometria e l'età delle deformazioni compressive e distensive umbro - marchigiane sono state analizzate in numerosi lavori tra i più recenti ricordiamo quelli di Lavecchia G., 1985; Bally A.W. et al., 1986; Calamita F. & Deiana G., 1986; Cooper J.C. & Burbi L., 1987; Lavecchia G. et al., 1987; Calamita F., 1990; Calamita F. et al., 1994; Festa A., 2002.

Studi accurati di idrogeologia risalgono alla fine dell'800, dopo l'unità d'Italia, ma videro un notevole sviluppo solo alla metà del secolo scorso. Nel 1970 il quadro idrogeologico dell'Italia centrale era ancora oscuro e controverso.

Tra il 1970 ed il 1985 sono stati sperimentati e definiti nuovi metodi di ricerca, particolarmente adatti all'analisi delle diverse situazioni idrogeologiche dell'Italia Centro – Meridionale. Le conoscenze sono gradualmente progredite con le ricerche del Celico P. (1978; 1983) e con la pubblicazione delle ricerche sull'idrogeologia dell'Italia centrale di Boni C. et al. (1986), fino a raggiungere buoni risultati ai giorni nostri.

In particolare per quanto riguarda l'idrogeologia della sequenza carbonatica umbro – marchigiana le ricerche effettuate in passato sono scarse; tra gli articoli più recenti ricordiamo quello di Nanni T., (1991).

1.3. Inquadramento geologico

L'area dei Monti Sibillini è caratterizzata dalla successione umbro – marchigiana giurassico – miocenica, che qui è ben esposta.

Nel Trias medio – superiore il dominio umbro – marchigiano rappresenta il margine interno di un'estesa piattaforma carbonatica, articolato in bacini costieri, sabkhas e lagune ristrette, dove si depositarono le Anidriti di Burano. Successivamente su tutta l'area s'instaura un ambiente marino di acque basse in cui si depositano, a partire dal Trias superiore, potenti spessori di Calcare Massiccio. Nel Sinemuriano superiore in seguito ad una fase tettonica a carattere distensivo, connessa con l'apertura dell'Oceano ligure – piemontese, si ha la frammentazione della piattaforma e l'annegamento di alcuni settori di essa con la creazione del bacino umbro – marchigiano, caratterizzato dalla presenza di numerosi seamounts (Calamita F. et al., 1986). Si ha quindi una notevole variabilità di ambienti sedimentari che ha portato alla formazione di tre tipi di successioni: la completa, la condensata e la composta (Centamore E. et al., 1991). La successione completa è tipica dei bacini a rapida subsidenza, è continua, con spessori dell'ordine di varie centinaia di metri, e si estende dal Calcare Massiccio del Burano fino alla Maiolica (Deiana G. & Pieruccini U., 1971). La successione condensata, o ridotta, che costituisce la Formazione del Bugarone, si è deposta su aree di alti strutturali, con scarso apporto sedimentario ed ha spessori esigui con lacune stratigrafiche dovute a vari fattori: erosione sottomarina, mancata sedimentazione e anche, a volte, a periodi di emersione. Presenta litotipi e associazioni fossilifere generalmente diversi da quelli della coeva serie completa, affiora sempre al di sopra del Calcare Massiccio del Monte Nerone e sostituisce le unità giurassiche, dalla Corniola ai Diaspri (Calamita F., 1986; Centamore E. et al., 1991).

La successione composta, situazione più comune nella nostra zona, ha spessori intermedi tra le altre due ed è costituita da termini presenti nella successione completa caratterizzati da spessori ridotti.

1. Introduzione

Con la frammentazione della piattaforma si crea un ambiente pelagico con alti (seamounts) e bassi strutturali caratterizzati da diversi gradi di subsidenza e tassi di sedimentazione. Durante tutto il Giurassico sono frequenti i fenomeni gravitativi, dovuti alle faglie sinsedimentarie, che generano flussi torbiditici che si riversano nelle aree bacinali: ne ritroviamo le tracce nella Corniola che affiora nella Valle dell'Ambro e sulla sinistra della Valle del Tenna (Chiocchini M. et al., 1976). Nel Pliensbachiano c'è un notevole rallentamento della subsidenza che porta ad un parziale riempimento ed alla tendenza ad uniformarsi del bacino; questo, però, non accade nello stesso momento in tutti i punti del bacino, infatti, in molte aree (Fosso il Rio, Valle dell'Ambro ad oriente delle Rocacce, Valle dei Tre Santi, Valle del Fiastrone) si ha tardivamente a causa di un alto dislivello tra i seamounts ed il bacino. La deposizione delle Marne del Sentino, la cui messa in posto inizia nel Pliensbachiano superiore, è alimentata per lo più da materiali, non solo di origine umbro - marchigiana ma anche laziale - abruzzese, provenienti dai seamounts (Chiocchini M. et al., 1976).

Durante il Bajociano - Bathoniano ed il Malm fino al Titonico inferiore compreso riprende una generale subsidenza differenziata che porta ad un lento approfondimento dei seamounts e ad un rapido abbassamento del bacino; sui primi abbiamo una sedimentazione prevalentemente nodulare, mentre nel bacino si formano i Calcari a Posidonia e poi i Calcari Diasprigni. Anche qui come nel Pliensbachiano si sono riscontrati fenomeni torbiditici, le cui tracce ritroviamo nella Valle del Fiastrone dove si riversano i materiali erosi dal vicino Monte Sassotetto e nell'area intorno a Monte Valvasseto dove, insieme ai sedimenti locali, sono stati rinvenuti anche materiali di origine laziale - abruzzese, questa formazione prende il nome di Calcare detritico del Monte Valvasseto.

Si deve tener conto che dal Pliensbachiano al Titonico alcuni alti strutturali sono stati sottoposti ad un'accentuata subsidenza che li ha portati in condizioni bacinali, così da un tipo di sedimentazione ridotta si è passati ad una completa, formando quindi la serie composta

1. Introduzione

(Valle dei Tre Santi, a SE di Monte Valvasseto e nella porzione occidentale del versante destro del Tenna).

Durante il Giurassico si ha la formazione di nuove faglie e la riattivazione di quelle preesistenti con la creazione di fratture beanti, ai bordi degli alti strutturali, riempite di sedimenti recenti; numerose tracce di questi filoni si hanno a Monte Sassotetto. Inoltre alcune faglie giurassiche sono state riprese successivamente come lungo la Valle del Fiastrone, mentre altre sono rimaste inattive come lungo il versante sinistro della Valle del Tenna (Chiocchini M. et al., 1976). Con la sedimentazione della Maiolica e delle Marne a Fucoidi l'area è caratterizzata da una subsidenza uniforme anche se sul fondo si mantengono dei leggeri dislivelli (Chiocchini M. et al., 1976; Barchi M. et al., 1988). Dal Cenomaniano si ha una ripresa della subsidenza differenziale che causa notevoli fenomeni di slumpings e di accumulo di materiali di origine esterna al bacino umbro-marchigiano, in queste condizioni si ha la deposizione della Scaglia Rosata. Con l'avanzare del tempo l'apporto di materiale argilloso e i flussi torbidity aumentano, si passa così da una sedimentazione prevalentemente calcarea – silicea ad una marnoso – calcarea – argillosa. La sedimentazione prevalentemente calcarea – pelagica cessa con la deposizione della Scaglia Cinerea.

All'inizio del Miocene il dominio umbro – marchigiano comincia a risentire degli effetti degli sforzi compressivi, formazione della catena appenninica, attivi nelle aree più occidentali, assumendo via via caratteri di un'avanfossa torbidity (Centamore E. et al., 1991).

1.4. Stratigrafia

- **Calcere Massiccio:** è la più antica unità affiorante; la sua base non affiora mai nella zona in questione. E' un calcare micritico organogeno biancastro e nocciola, spesso vacuolare, a luoghi oolitico, generalmente suddiviso in banchi di spessore metrico che conferiscono a questa formazione l'aspetto massivo che la differenzia dalle altre litologie giurassiche, tutte sottilmente stratificate. Presenta sensibili variazioni di facies e di spessori in relazione all'incipiente tettonica sinsedimentaria che ha articolato la piattaforma carbonatica triassico – liassica: sono state distinte due unità, il Calcere Massiccio del Burano e del M.te Nerone, a sua volta distinto nei membri A e B (Centamore E. et al., 1991). Avendo caratteristiche idrogeologiche non distinguibili, in questo lavoro tali unità non saranno differenziate.

Tra Monte Sasso Tetto e Bolognola il Calcere Massiccio è seguito dai termini della serie ridotta e limitato verso il Fiastrone da una paleoscarpata con andamento ENE – WSW, alla quale si poggiano le formazioni della successione completa. Altri importanti affioramenti si hanno tra Monte Valvaseto e la Valle dei Tre Santi, alle Roccacce nella Valle dell'Ambro, dove è circondato dai termini della successione completa e nella Valle del Tenna. Gli spessori affioranti vanno dalle poche decine di metri ai circa 600 m nella Valle del Tenna. Grazie al pozzo Burano si è valutato uno spessore medio di 700 m per l'intera formazione. (Sinemuriano - Hettangiano)

Successione condensata

- **Bugarone:** il Bugarone è compreso tra il Calcere Massiccio e la base della Maiolica. E' costituito da una successione lacunosa, data da calcari marnosi nodulari, talora dolomitizzati, ricchi in fossili. Ha una potenza di circa 30 – 40 metri. Questa formazione la

ritroviamo sul versante sinistro del Tenna, a Monte Sassotetto, alle Roccacce nella Valle dell'Ambro. (Titonico inf. – Pliensbachiano)

Successione completa

- **Corniola:** è il termine più antico affiorante delle successioni complete e segue il Massiccio con un chiaro andamento trasgressivo. La Corniola è un calcare micritico marnoso di colore grigio o nocciola, molto omogeneo, con una stratificazione di 20 – 30 centimetri. La selce, in liste e noduli, è grigia o nerastra ed è presente soprattutto nella parte superiore. Sono presenti all'interno di questa formazione intercalazioni calcarenitiche e biocalcarenitiche e sottili interstrati marnoso – argillosi. Il più esteso affioramento di Corniola è presente nella Valle dell'Ambro, con uno spessore di 300 metri. Altri affioramenti si hanno nella Valle del Fiastrone, a Fosso il Rio e alla sinistra della Valle del Tenna. (Pliensbachiano - Sinemuriano sup.)

- **Complesso indifferenziato calcareo – silico – marnoso:**

- **Marne del Monte Serrone (o del Sentino) e Rosso Ammonitico:** queste due formazioni sono formate da alternanze di calcari micritici, calcari marnosi, marne calcareo – argillose. Le Marne del Sentino ed il Rosso Ammonitico sono parzialmente eteropici e talvolta le prime sostituiscono completamente il Rosso (vedi il versante destro dell'alta Valle del Tenna). Le Marne del Serrone secondo alcuni studiosi rappresenterebbero il momento di massimo approfondimento del bacino giurassico (Colacicchi R. in Passeri L., Guida Geologica Regionale “Appennino Umbro – Marchigiano”, 1994). Sono molto potenti nelle successioni complete ed hanno uno spessore medio di 20 – 30 metri, mentre il Rosso Ammonitico varia dal metro o alla totale assenza fino alla cinquantina di metri. Si differenziano sostanzialmente per la colorazione, le Marne hanno i toni del grigio, mentre

1. Introduzione

l'altra formazione è sul rosso. Il Rosso è di ambiente meno profondo e caratterizzato da una bassissima velocità di sedimentazione che ha favorito la concentrazione di ammoniti. La migliore esposizione e i maggiori spessori delle Marne del Sentino sono presenti nel versante sinistro della Valle dell'Ambro (circa 80 metri), ma affiorano anche, per esempio, nella Valle dei Tre Santi, nel Fosso il Rio (Chiocchini M. et al., 1976). (Aaleniano - Pliensbachiano).

– **Calcari detritici di Monte Valvaseto:** sono costituiti da calcareniti e calciruditi, spesso gradate, con intercalazioni marnose e selcifere. Nella zona di Monte Valvaseto sono in eteropia parziale o totale con il Rosso Ammonitico (Aaleniano), con i calcari a Posidonia (Bathoniano - Bajociano) e i Calcari Diasprigni (Oxfordiano - Calloviano). Nel versante Sud – Orientale di Monte Valvaseto hanno uno spessore che supera i 100 metri. (Oxfordiano - Aaleniano)

– **Marne e calcari a Posidonia:** è una litofacies ancora leggermente marnosa nella sua parte basale, ma diventa totalmente calcarea dal Bajociano. E' un calcare micritico, marnoso talora nodulare con fine detrito clastico e bioclastico. Nella parte sommitale delle Marne e Calcari a Posidonia sono presenti intercalazioni selcifere e calcarenitiche. Lo spessore dei vari strati varia da 5 centimetri a circa un metro ed il colore è per lo più grigio o avana. Il passaggio dal sottostante Rosso è graduale e di difficile definizione. Questa formazione la ritroviamo negli affioramenti di Fosso il Rio, Valle del Tenna, Valle dell'Ambro, Valle dei Tre Santi e Valle del Fiastrone. Lo spessore totale varia dai 5 ai 90 metri. (Bathoniano/Bajociano - Aaleniano)

– **Calcari Diasprigni:** hanno uno spessore assai variabile, sono costituiti da fitte alternanze di sottili livelli di selce e calcare, questi ultimi variano con una percentuale che va dal 50% alla totale assenza. Si è notato che la selce prevale nella porzione mediana dell'unità. Il colore è per lo più verde, ma assume anche toni rossastri e lo spessore è

1. Introduzione

variabile, generalmente diminuisce con l'approssimarsi dei seamounts giurassici. I Calcari Diasprigni si presentano con una stratificazione quasi sempre netta e gli strati hanno spessori variabili dai 5 ai 20 centimetri. Ci sono buone esposizioni nella Valle dell'Ambro, nella Valle dei Tre Santi (supera i 100 m di spessore), nel versante meridionale di Monte Sassotetto. (Titonico inf. - Calloviano)

- **Maiolica:** è formata da calcari micritici bianchi, ben stratificati, con selce grigio nerastra, con intercalazioni marnoso – argillose più frequenti al passaggio con le Marne a Fucoidi. Le caratteristiche litologiche della Maiolica alla base cambiano se si è deposta nella successione completa o nella condensata, in cui si presenta spesso dolomitizzata, mentre verso il tetto tendono ad uniformarsi. Ha uno spessore che varia da luogo a luogo a causa della notevole articolazione batimetrica del fondale nel Giurassico. Presenta una potenza di 150 metri a Monte Sassotetto, di 175 metri nell'estremità meridionale delle Roccacce, di 400 metri all'Ara della Regina, di 320 metri sul versante destro della Valle dei Tre Santi (Passo Ventoso). (Titonico sup. - Aptiano)

- **Marne a Fucoidi:** la deposizione di questa unità denota un aumento nella componente argillosa. Le Marne a Fucoidi sono costituite da due membri: uno inferiore con livelli marnosi e marnoso – argillosi varicolori a volte fogliettati, ben stratificato, color rosastro e verdastro, con sottili strati calcarei e poca selce e raggiunge circa i 30 – 40 metri di spessore; ed uno superiore calcareo – marnoso, color grigio – verdastro con zone a toni rosati, con selce in liste e noduli e con spessori di 50 – 60 metri. Lo spessore complessivo dell'unità è variabile come per la Maiolica, ma in ogni caso si aggira intorno agli 80 – 100 metri. (Aptiano - Albiano sup.)

- **Scaglia Bianca:** è formata da calcari micritici bianchi, ben stratificati, con frattura scagliosa, intercalati a sottili veli marnoso – argillosi e a livelli di selce che è nera in

1. Introduzione

basso e grigio - rosata verso l'alto. Ha uno spessore di 50 – 70 metri. Il limite inferiore di questa formazione è in corrispondenza dell'ultimo livello grigio – verdastro dei Fucoidi, mentre quello superiore coincide con la comparsa del colore rosso sia nel calcare sia nella selce. Nel passaggio tra la Scaglia Bianca e la Scaglia Rossa c'è il Livello Bonarelli, alto Cenomaniano, ottimo marker regionale, che ha uno spessore complessivo di 1 – 2 metri ed è formato da argille bituminose laminate, nere e giallognole con selce e noduli di pirite. (Turoniano inf. - Albiano sup.)

- **Scaglia Rossa:** è costituita da calcari e calcari marnosi rosati o rosso mattone, a parte al passaggio con la Bianca in cui si presenta sui toni del bianco, con strati di 10 – 60 centimetri di spessore. La Scaglia Rossa ha una frattura scagliosa o concoide, ha selce rossa in livelli e noduli che è quasi assente nella parte mediana della formazione dove i calcari sono più marnosi e presenta intercalazioni sottili, circa 1–2 metri, di marne calcaree e di calcareniti. E' interessata da fenomeni di clivaggio, soprattutto nelle zone lungo il sovrascorrimento, inoltre presenta molto materiale detritico, causa di slumpings, come a Punta Bambucerta, Monte Priora, Pizzo Tre Vescovi ed in altre zone (Eocene medio - Turoniano inf.)

- **Scaglia Variegata:** è costituita da calcari marnosi e marne calcaree, in strati sottili e medi, circa 5 – 30 centimetri, di colore variabile da rosa a grigio – verde ed ha uno spessore di 20 – 40 metri. Il limite inferiore della Scaglia Variegata può coincidere con la scomparsa della selce nella parte superiore della Scaglia Rosata. (Eocene sup. - Eocene medio)

- **Scaglia Cinerea:** si presenta come un'alternanza di calcari marnosi e marne e marne argillose, di colore grigio con uno spessore di 100 – 200 metri. Nella Scaglia Cinerea si ha una maggiore presenza di litotipi calcarei alla base, mentre verso l'alto aumenta

la parte marnoso – argillosa. Si trova spesso piegata in blande anticlinali come nelle valli del Tenna, dell’Ambro e del Tennacola. (Oligocene sup. - Eocene sup.)

- **Bisciario e Marne con Cerroigna:** il Bisciario è rappresentato da calcari, calcari marnosi, calcari silicei lastroidi di colore scuro e da alternanza di marne e marne calcaree; lo spessore dei livelli calcarei varia da pochi decimetri sino a 1 - 2 metri e non è rara la presenza di selce in liste e noduli, soprattutto nella parte basale, e l’intercalazione di livelli cineritici. Nell’area meridionale del bacino umbro-marchigiano è inoltre frequente la presenza di calcareniti torbiditiche costituite da gusci di foraminiferi risedimentati. Lo spessore complessivo della formazione si aggira sui 70 - 90 metri.

Le Marne con Cerroigna sono costituite da marne, marne calcaree e marne argillose in strati medi e sottili con intercalazioni di torbiditi carbonatiche, con frequenti fenomeni di slumping e con strati spessi talora massicci (Cerroigna). Lo spessore va dai 20 ai 40 metri. (Tortoniano medio - Aquitaniano)

- **Depositi Quaternari:**

- **detriti di falda e materiali di frana:** sono presenti sulle pendici dei rilievi, con spessori anche superiori a 20 metri. I detriti di falda sono costituiti da materiali eterogenei a spigoli vivi, sottilmente stratificati. Derivano maggiormente dalla Maiolica e dalla Scaglia Bianca e Rosata, per opera degli agenti esogeni quali il gelo ed il disgelo.

I depositi di frana contengono grossi blocchi spesso immersi in una matrice fine. Accumuli di frana li vediamo, ad esempio, sui versanti della Valle dell’Ambro, sul versante destro della Valle del Fiastrone e alla testata del Fosso il Rio.

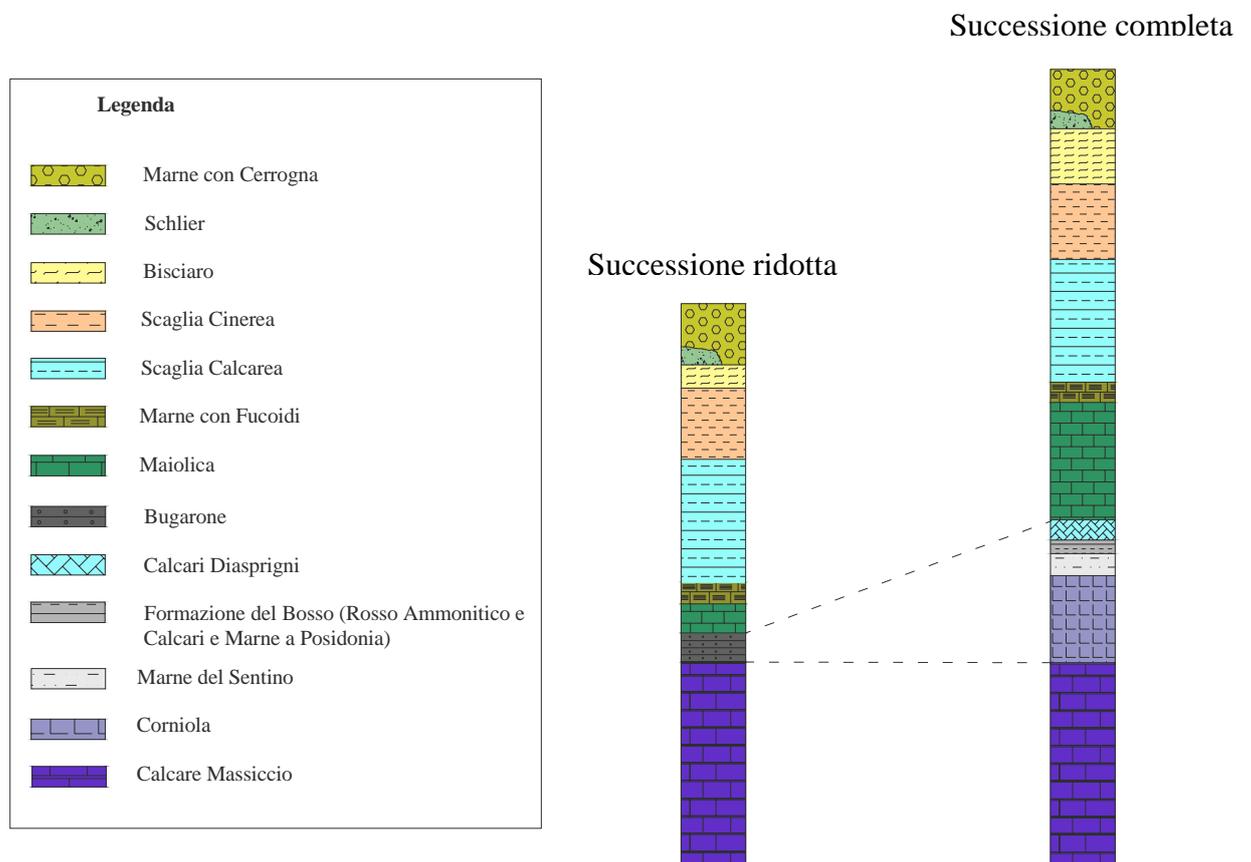
- **depositi alluvionali:** sono alluvioni antiche terrazzate costituite da sabbie argillose inglobanti ciottoli di varie dimensioni e forme, provenienti da tutte le formazioni mesozoico – terziarie. I depositi alluvionali sono presenti lungo le principali valli e

1. Introduzione

presentano spessori massimi di 15 metri ed una modesta estensione laterale, vedi ad esempio la Valle del Tenna, dell'Ambro e del Tennacola.

– **depositi travertinosi:** sono molto diffusi anche se di dimensioni modeste. Si trovano spesso lungo il versante sinistro della Valle dell'Ambro.

– **depositi morenici:** sono costituiti da modesti accumuli di materiale caotico, non classato, di taglia eterogenea e poligenico. Sono presenti alla base di valli moreniche dove si sono depositati in seguito alle ripetute fasi glaciali che interessarono la zona.



❖ **Figura 1.1:** Schema dei rapporti stratigrafici (non in scala).

2. INQUADRAMENTO STRUTTURALE

L'Appennino Umbro – Marchigiano costituisce una catena a sovrascorrimenti costruita a partire dall'Oligocene superiore, dopo la chiusura cretaceo – eocenica del bacino ligure – piemontese. Si è costituito per la progressiva migrazione verso NE di un complesso sistema catena – avanfossa al quale a partire dal Miocene medio, apertura del Tirreno, fece seguito un'onda estensionale (Calamita F. & Deiana G., 1986; Calamita et al., 1991). L'elemento strutturale principale dell'Appennino Umbro – Marchigiano è rappresentato dai thrust tra cui il più importante è quello dei Monti Sibillini, che rappresenta, nel settore a Nord del Fiume Aso, l'accavallamento dei depositi umbro – marchigiani meso – cenozoici sulle antistanti e più esterne formazioni creta – paleogeniche (Lavecchia G., 1985).

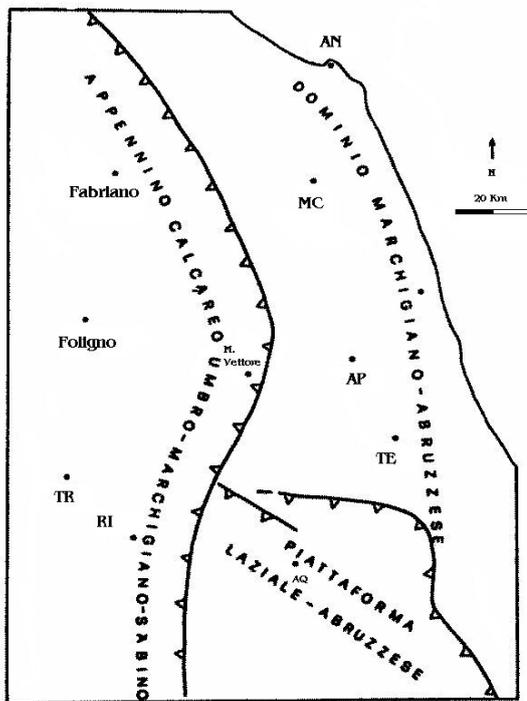
La storia cinematica dell'Appennino Umbro – Marchigiano è stata interpretata come l'alternarsi ed il susseguirsi di fasi deformative transtensive (giurassiche e plio – pleistoceniche) e transpressive (creta – paleoceniche e mio – plioceniche) durante le quali le linee tettoniche profonde principali hanno ripetutamente giocato. L'intero sistema a pieghe e sovrascorrimenti è interpretato secondo uno stile deformativo pellicolare (Lavecchia G. & Pialli P., 1980; Bally A.W. et al., 1986; Calamita F. & Deiana G., 1986; Cooper J.C. & Burbi L., 1986) o come la manifestazione diretta superficiale di discontinuità tettoniche profonde, cioè in risposta ad un campo di forze agente nel sottostante basamento cristallino (Lavecchia G., 1985; Barchi M. et al., 1988; Calamita F. et al., 1991).

Nel Mio – Pliocene si sviluppa un campo deformativo legato al rifting del Tirreno iniziato nel Serravalliano – Tortoniano, che ha dato luogo a pieghe, pieghe – faglie e sovrascorrimenti associati a faglie trascorrenti secondo una direzione di compressione circa SW – NE con un movimento delle masse rocciose verso NE. Nel Plio – Pleistocene si passa ad una tettonica a carattere distensivo con direzione sempre SW – NE, che porta allo sviluppo di faglie ad andamento NNW – SSE che disarticolano le strutture precedenti (Calamita F. et al., 1991). Il livello di scollamento regionale più importante è costituito dalla Formazione triassica delle evaporiti del Burano, che giace sotto il Calcarea Massiccio e

2. Inquadramento strutturale

presenta spessori difficilmente valutabili, ma presumibilmente superiori a 1 Km; scollamenti significativi, comunque, si verificano anche nelle Marne a Fucoidi e nella Scaglia Cinerea (Bally A.W. et al., 1986; Cooper J. C. et al., 1986; Barchi M. et al., 1988).

Lungo il thrust dei Sibillini si realizza l'avanscorrimento di una grossa unità tettonica (Appennino calcareo Umbro - Marchigiano - Sabino) sugli elementi più esterni rappresentati dal "Dominio Marchigiano - Abruzzese" e dalla "Piattaforma Laziale - Abruzzese". Quest'ultima è a sua volta accavallata sulla prima unità. La presenza della piattaforma laziale - abruzzese ha determinato un avanscorrimento differenziale, via via minore verso Sud, per l'unità più interna, Appennino calcareo Umbro - Marchigiano - Sabino, lungo il thrust dei Sibillini (Calamita F. & Deiana G., 1986; Festa A., 2002).



❖ **Figura 2.1:** Schema delle principali unità tettoniche dell'Appennino Umbro - Marchigiano - Abruzzese (da Calamita F. & Deiana G., 1986)

Il sovrascorrimento, vergente ad E, a nord del Monte Sibilla descrive una forma arcuata con una direzione NW - SE fino al Fiume Chienti, mentre è circa N - S a sud del Monte Vettore. Si raccorda, quindi, con la linea Ancona - Anzio; è da notare che l'inclinazione del piano diminuisce progressivamente procedendo verso Nord (Cooper J. C. et al., 1986).

Questo motivo tettonico regionale presenta una struttura

molto complicata, infatti in alcune zone a volte si realizza attraverso una sola superficie principale, mentre in altre per mezzo di due superfici che si intersecano e delimitano un

2. Inquadramento strutturale

corpo intermedio più avanzato rispetto a quello inferiore, ma più arretrato rispetto a quello superiore (Lavecchia G., 1985). Spesso si formano piani di taglio secondari che immergono tutti verso occidente come la struttura principale. I settori interessati dal sovrascorrimento sono intensamente deformati e si sviluppa una dissoluzione per pressione che oblitera per decine di metri la stratificazione e le strutture sedimentarie (Lavecchia G., 1985).

Il movimento tangenziale è più intenso nella parte meridionale, mentre si attenua gradualmente verso Nord; questo è testimoniato dalla diversa intensità dei raccorciamenti che sono maggiori nelle aree a Sud. In un regime tettonico compressivo, e per un'identica sollecitazione meccanica, tali anisotropie sono dovute sia alle diverse risposte deformazionali che i vari settori hanno dato a causa delle differenti successioni stratigrafiche, sia alla rotazione antioraria dell'Appennino, più intensa verso Sud (Bally A. W. et al., 1986; Cosentino D., 1986; Festa A., 2002). Come conseguenza di questo movimento differenziale si ha la formazione di svincoli meccanici trasversali (faglie trascorrenti).

Il fronte dei Sibillini è caratterizzato da una notevole imbricazione osservabile dalla Valle dell'Ambro fino al Monte Vettore dove l'intera sezione stratigrafica si sovrappone a partire dal Massiccio direttamente sul Flysch della Laga (Cooper J. C. et al., 1986). Vedi ad esempio l'area tra il Fiume Ambro e il Fiume Tenna nella quale si ha un sovrascorrimento di circa 1,5 Km. Fa eccezione la parte del sovrascorrimento compresa tra la Valle del Tenna e la Valle dell'Aso, dove si ha solo la sovrapposizione della Scaglia Calcarea su quella Cinerea. Nel settore tra Pizzo di Chioggia e la Valle dei Tre Santi il rovesciamento sembra interessare solo i terreni più superficiali, dalla Maiolica fino alla Scaglia Cinerea, avendo come livello di scollamento le Marne a Fucoidi o la parte superiore della Maiolica (Chiocchini M. et al., 1976).

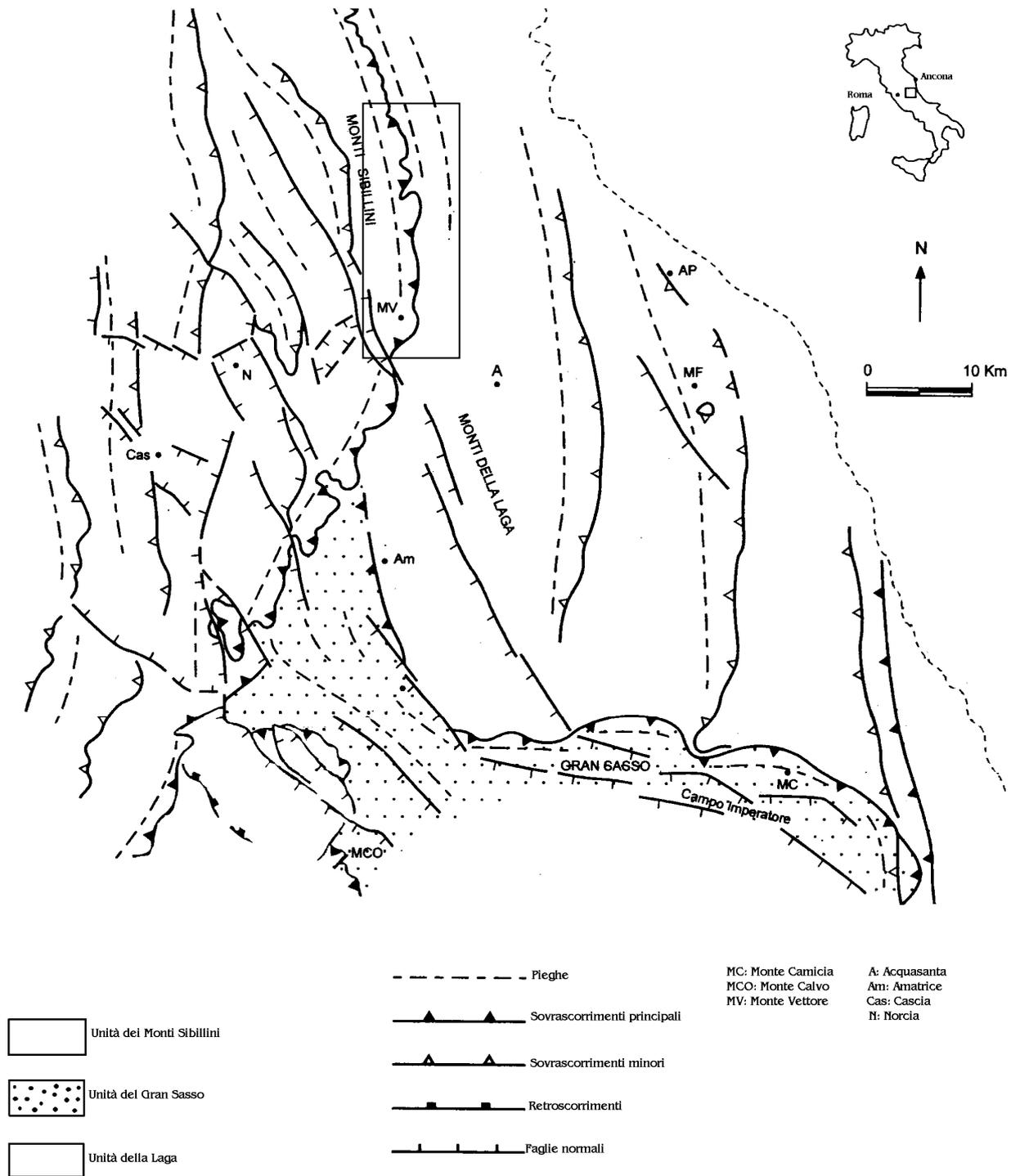
Parte delle faglie giurassiche, immergenti prevalentemente verso Est, sono state riattivate durante l'orogenesi alpina, mentre altre sono stabili (Chiocchini M. et al., 1976). I lineamenti tettonici dell'area dopo l'orogenesi alpina sono rappresentati per lo più da successioni di pieghe anticlinaliche e sinclinaliche subparallele tra loro, orientate SSE –

2. Inquadramento strutturale

NNW. Queste strutture sono poi complicate da numerose faglie per lo più parallele od ortogonali agli assi tettonici. Citiamo, ad esempio, la sinclinale estesa da Cima Cannafusco a Punta Bambucerta, interessante la Maiolica, le Marne a Fucoidi e la Scaglia Rosata che ne costituisce il nucleo. Questa ha un andamento NNW – SSE tendente a N – S nell'estrema terminazione meridionale. I suoi fianchi sono a luoghi disgiunti da faglie, quali quelle ad Ovest di Colle Bassette – Roccacce, quella ad Oriente di Fonte del Fargno e quella di Valle Orteccia nell'alta Valle del Tenna (Chiocchini M. et al., 1976).

“Fasci” di faglie recenti ed attive, per lo più normali, riferite alla fase tettonica distensiva quaternaria, con una direzione media N 150° - 160°, immergenti principalmente a SW e con una lunghezza massima di 30 – 40 Km, dislocano con angoli diversi le strutture plicative più antiche. Il “fascio” di faglie più orientale del Monte Vettore – Monte Bove si interrompe sul piano di sovrascorrimento dei Sibillini dislocandolo, con un rigetto di circa 250 m, grazie alla faglia del Cordone del Vettore. Questo stesso “fascio” disloca anche la macroanticlinale Monte Pietralata – Monte Bove ed il sovrascorrimento, parallelo a quello principale, di Pizzo Tre Vescovi - Cima Cannafusco, ribassandolo verso ovest di circa 350 m (Calamita F. et al., 1992).

2. Inquadramento strutturale



❖ **Figura 2.2.:** Schema strutturale delle unità tettonostratigrafiche della porzione esterna dell'Appennino Centrale (da Calamita F. et al., 1995, modificato).

3. IDROGEOLOGIA

La zona è caratterizzata dalla presenza di litologie calcaree molto fratturate in grado di assorbire gran parte delle acque meteoriche ed alimentare così grandi serbatoi sotterranei. La circolazione idrica sotterranea e la direzione del deflusso avviene principalmente secondo vie preferenziali legate alla fratturazione, all'assetto strutturale delle dorsali, alle dislocazioni principali ed all'inclinazione degli assi delle pieghe (Nanni T., 1991). Le litologie che per la loro alta permeabilità sono in grado di contenere grandi acquiferi e costituire dei complessi idrogeologici sono la formazione del Calcarea Massiccio – Corniola, della Maiolica e della Scaglia Calcareo.

L'acquifero del Complesso Idrogeologico Carbonatico basale, dato dal Massiccio, dalla Corniola e dal Bugarone, se presente, è caratterizzato da tempi di residenza molto alti e costituisce il livello di base della dorsale carbonatica e su di esso sono sospesi gli acquiferi dei Complessi idrogeologici soprastanti della Maiolica e della Scaglia Calcareo (Nanni T., 1991).

I principali corsi d'acqua incidono i rilievi carbonatici e il loro livello spesso coincide con quello piezometrico dando così vita a sorgenti di tipo lineare.

Le sorgenti del Complesso Carbonatico basale sono di numero inferiore rispetto a quelle degli altri complessi, ma presentano portate maggiori, una minore variabilità nei parametri chimici ed emergono frequentemente nell'alveo dei fiumi che, infatti, drenano le acque dell'acquifero di base.

Le sorgenti dell'acquifero della Maiolica presentano regimi, portate e temperatura molto simili a quelle della Scaglia Calcareo, ma si differenziano da questa per una maggiore omogeneità del chimismo e per valori di portata generalmente maggiori (Nanni T., 1991).

La circolazione negli acquiferi della Maiolica e della Scaglia Calcareo è più veloce rispetto a quella nel Massiccio - Corniola.

3.1. Le principali sorgenti

Nei 73 comuni della provincia ascolana agiscono tre consorzi: il Consorzio Idrico Intercomunale del Piceno, il Consorzio Idrico del Tennacola e il Consorzio del Vettore. Il più grande è quello del Piceno, che eroga acqua a 50 paesi. Le sorgenti principali sono a Montemonaco (506 l/s), Capodacqua (273 l/s) e Arquata (326 l/s). Il Tennacola eroga acqua a 26 Comuni e le acque sono prelevate dai Bacini del Tennacola e del Tenna (Capotenna). L'azienda si occupa del cosiddetto "ciclo integrato delle acque", gestendo con la propria struttura tecnico - amministrativa i servizi di approvvigionamento e distribuzione idrica, raccolta e depurazione delle acque reflue, in un bacino di utenza compreso tra i fiumi Chienti e Tenna. Il territorio comprende 112.000 abitanti, serviti da circa 300 km di linee adduttrici e circa 1.600 km di linee distributrici. Il fabbisogno idrico stimato della popolazione dei 26 Comuni delle province di Macerata e Ascoli Piceno (dell'Ambito Territoriale Ottimale) è dell'ordine di 10 - 12 milioni di metri cubi annui.

Il Consorzio del Vettore serve 10 paesi, la sorgente principale è quella di Sasso Spaccato (Fosso Colleluce, Monte Vettore) con una portata media di 70 l/s. Nella Valle dell'Ambro l'acquedotto capta parzialmente le sorgenti dell'Acqua Arva e Vena dell'Acqua.

3.2. I Complessi idrogeologici

3.2.1. *Complessi permeabili*

➤ **Complesso Carbonatico basale:** comprende la formazione del Calcarea Massiccio e della Corniola; nelle successioni condensate comprende anche il Bugarone. Nelle successioni composte o condensate questo complesso è in contatto stratigrafico con il Complesso della Maiolica; il Complesso Carbonatico basale può trovarsi in comunicazione idraulica con il complesso della Maiolica anche per cause tettoniche, (ad esempio lungo la struttura anticlinale di Monte Sasso Tetto – Monte Valvasseto). La permeabilità generalmente molto elevata è dovuta all'intenso stato di fratturazione.

Secondo Nanni, (19991), le maggiori permeabilità sono presenti nel Calcarea Massiccio.

➤ **Complesso della Maiolica:** la permeabilità della Maiolica, generalmente molto alta, dipende dal locale stato di fratturazione. Nella successione completa il contatto idraulico con il Complesso del Massiccio è impedito dal Complesso Calcareao – Silico – Marnoso.

➤ **Complesso della Scaglia Calcarea:** comprende la formazione della Scaglia Bianca e la formazione della Scaglia Rossa. Presenta alta permeabilità per fessurazione. In alcuni settori dove il Complesso della Marne a Fucoidi è stato laminato, risulta in diretto contatto con il complesso della Maiolica (lungo il sovrascorrimento tra l'anticlinale di M. Rotondo e la sinclinale di Monte Cacamillo – Punta Bambucerta (Pontoni F., 1994).

3.2.2. Complessi a bassa permeabilità

➤ **Complesso Calcareo – Silico - Marnoso:** comprende le formazioni delle Marne del Sentino, del Rosso Ammonitico, i Calcari detritici di Monte Valvasseto, le Marne a Posidonia e i Calcari Diasprigni. Nel suo insieme ha una permeabilità molto bassa e costituisce il substrato del Complesso della Maiolica. Funge da acquiclude che separa il Complesso Carbonatico basale dalla Maiolica. Localmente, dove prevalgono litotipi calcarei, questi Complesso è interessato da fenomeni di drainance e svolge il ruolo di aquitard che pone in contatto idraulico l'acquifero della Maiolica con l'acquifero basale.

➤ **Complesso delle Marne a Fucoidi:** comprende le Marne a Fucoidi. Presenta una permeabilità molto bassa e si comporta da acquiclude, separando idraulicamente l'acquifero della Maiolica da quello della Scaglia Calcarea.

➤ **Complesso della Scaglia Cinerea:** comprende le formazioni della Scaglia Variegata e della Scaglia Cinerea. A causa della componente terrigena ha una permeabilità molto bassa e si comporta, quindi, da acquiclude.

4. CLIMATOLOGIA

4.1. Pluviometria e termometria

Nell'arco dell'anno la zona è caratterizzata da condizioni di clima periumido ed umido. Il regime delle precipitazioni è autunnale – primaverile, tipicamente appenninico, con un minimo estivo più o meno accentuato, mentre le precipitazioni nevose si manifestano da Novembre ad Aprile e l'intensità e la permanenza al suolo aumentano con l'altitudine (Damiani A. V., 1975). I valori medi annui delle precipitazioni vanno da un massimo di 1600 mm ad un minimo prossimo ai 1000 mm.

I valori minimi di temperatura si raggiungono nel mese di Gennaio ed i massimi nel mese di Luglio, con un'escursione annuale media di 19,2 °C (Nanni T. et al., 1986).

La misura delle precipitazioni consiste nella determinazione della quantità d'acqua che cade sul suolo in un determinato intervallo. Gli strumenti utilizzati per la misura delle precipitazioni sono i pluviometri. I dati pluviometrici vengono pubblicati dal Servizio Idrografico.

Per calcolare la precipitazione media su una data area sono stati utilizzati il metodo delle isoiete e quello dei topoi di Thiessen, metodi che hanno una relativa rapidità di applicazione.

L'entità della precipitazioni è facilmente rappresentabile con il metodo delle isoiete, linee ad egual precipitazione, che consiste nell'interpolazione delle altezze di precipitazione misurate nelle singole stazioni, ammettendo che sull'allineamento tra due pluviometri contigui esse varino linearmente. Si costruisce prima la carta delle isoiete; successivamente si misurano graficamente le aree comprese tra due isoiete contigue; a ciascuna area si assegna il valore medio di precipitazione desunto dalle isoiete; si moltiplica l'afflusso meteorico medio per l'area compresa tra le isoiete e si ricava il contributo della singola area. Per valutare la precipitazione media si sommano i contributi volumetrici delle aree parziali e li si divide per l'area totale.

4. Climatologia

Il metodo dei topoieti di Thiessen, è dato dalla determinazione grafica delle aree di influenza che sono dei poligoni con al centro una stazione pluviometrica e che avranno come precipitazione media quella della stazione stessa. Per valutare la precipitazione media dell'area considerata si fa lo stesso calcolo utilizzato per le isoiete, ossia la somma dei contributi in volume dei vari topoieti divisa l'area di riferimento.

Per quanto riguarda le temperature, solo le stazioni di Ussita, Montemonaco e Servigliano sono sia pluviometriche che termometriche; così per avere le temperature medie delle altre stazioni pluviometriche si è costruita una retta di correlazione che, attraverso la stretta relazione della quota con le temperature, ha permesso di ricavare i valori mancanti.

Le stazioni metereologiche situate nella zona sono poche e i dati raccolti non permettono estrapolazioni valide. Circa il 30 % della regione si trova al di sopra dei 1500 m, mentre la maggior parte delle stazioni metereologiche sono ubicate a quote inferiori. La stazione di Bolognola, una delle più alte si trova a 1070 m (Damiani A. V., 1975).

Alle quote più elevate la densità delle stazioni diminuisce progressivamente fino a mancare del tutto in corrispondenza dei maggiori rilievi, che costituiscono le principali aree di alimentazione degli acquiferi e dove le precipitazioni sono probabilmente maggiori. Quindi i valori calcolati delle precipitazioni con i dati disponibili sono presumibilmente sottostimati, non tenendo conto degli apporti alle quote più alte; inoltre i dati relativi alle precipitazioni nevose sono registrati da semplici pluviografi che sono poco adatti a misurare le precipitazioni solide e quindi forniscono quindi valori poco attendibili (Boni C. et al., 1986). Stesso discorso vale anche per i dati termometrici delle aree più elevate.

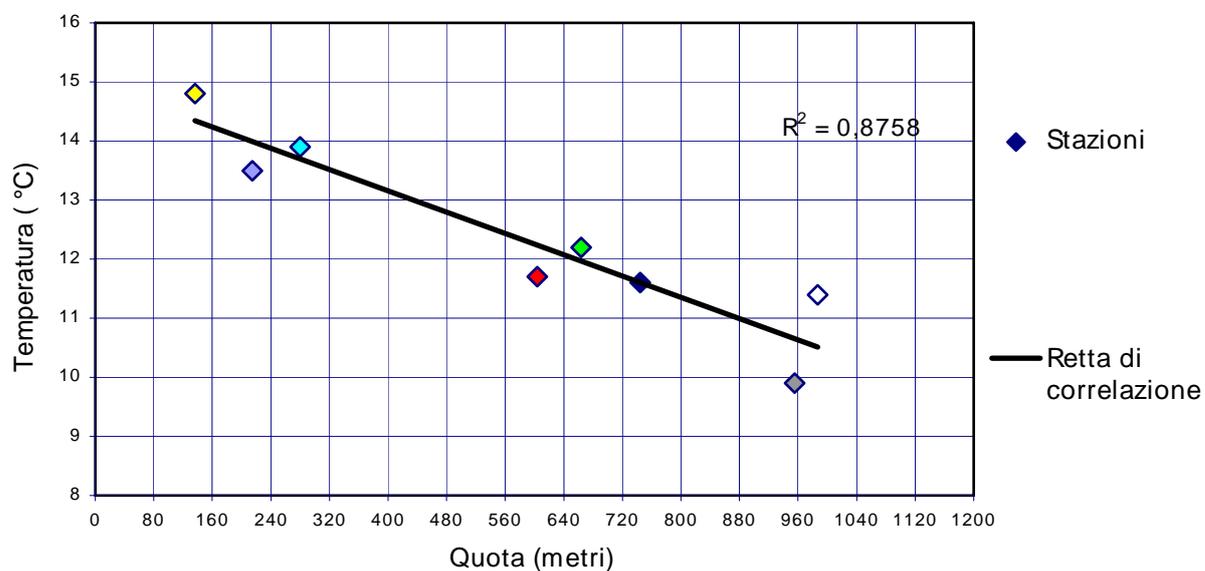
I dati pluviometrici e termometrici utilizzati sono stati ricavati dagli Annali Idrologici di Bologna e di Roma.

Da questi dati si è ricavato che la maggior parte dei Monti Sibillini è compresa nell'isoieta 1400, ma, presumibilmente, è evidente che le zone più elevate ricevono quantità di precipitazioni maggiori.

4. Climatologia

Stazione	Quota	T media
Camerino	664 m	12,2 °C
Macerata	280 m	13,9 °C
Ussita *	744 m	11,6 °C
Montemonaco	987 m	11,4 °C
Servigliano	215 m	13,5 °C
Norcia	604 m	11,7 °C
Amatrice	955 m	9,9 °C
Ascoli Piceno	136 m	14,8 °C

Retta di correlazione



❖ **Tabella 5.1.:** Retta di correlazione. * Per la stazione di Ussita vedi Marzolla, 1994/5, dati inediti.

4.2. Evapotraspirazione e precipitazione efficace

L'evapotraspirazione è l'insieme dei processi chimici e biologici che determinano il passaggio dell'acqua dallo stato liquido a quello gassoso. Dipende dalla temperatura, dall'esposizione al sole, dalle precipitazioni, dalla latitudine, da fattori climatici (umidità, venti). Sono state enunciate alcune formule empiriche per calcolarla, ma in questo lavoro si è utilizzata solo quella di Turc.

$$ETR = P/\sqrt{(0,9 + P^2 / L^2)} \qquad L = 300 + 25 T + 0,05 T^3$$

P = Valore medio annuo delle precipitazioni

T = Temperatura media annua

Questa formula fornisce una stima approssimativa della ETR media annua, quando siano note la precipitazione e la temperatura. E' stata calcolata in corrispondenza di tutte le stazioni pluviometriche.

La precipitazione efficace è data dalla precipitazione totale meno l'evapotraspirazione. Costituisce l'entità di risorsa rinnovabile che alimenta l'infiltrazione efficace ed il ruscellamento.

Utilizzando la formula di Turc con i dati degli Annali Idrologici e i valori di temperatura media si sono ricavati l'ETR e la precipitazione efficace in considerazione di tutte le stazioni, sia di quelle pluviometriche che di quelle termo - pluviometriche. Considerando i valori dell'ETR calcolati si vede che la percentuale dell'evapotraspirazione è circa il 50 % delle precipitazioni medie, ossia la precipitazione efficace è la metà della precipitazione media, quindi il 50 % degli afflussi va ad alimentare direttamente sia il ruscellamento che il flusso di base dei corsi d'acqua.

Con i dati ricavati è stata realizzata la Carta delle Precipitazioni e delle Precipitazioni Efficaci (Allegato n° 2), scala 1:100.000, in cui sono stati costruiti i topoieti e le isoiete delle precipitazioni medie totali ed efficaci.

4. Climatologia

Stazioni	Quota	Anni di misura	P. media	T. media	Area topoieta	P. efficace	ETR
Castelluccio di Norcia	1453 m	67	969,7 mm	8,5 °C		490 mm	479,7 mm
Ussita	744 m	49	969,4 mm	11,6 °C *		410 mm	559 mm
Pieve Bovigliana	451 m	63	1028,8 mm	12,9 °C		423 mm	605.5 mm
Bolognola	1070 m	64	1561,4 mm	10,2 °C	74,3 Km ²	991 mm	570 mm
Fiume di Fiastra	618 m	68	1231,3 mm	12,2 °C		618 mm	613.5 mm
Santa Maria di Pieca	467 m	68	1061,5 mm	12,8 °C		453 mm	608.3 mm
Montefortino	639 m	43	1032 mm	12,1 °C	41,3 Km ²	449 mm	583.4 mm
Amandola	550 m	65	952,2 mm	12,5 °C	30,2 Km ²	372 mm	580.6 mm
San Cristoforo	587 m	34	991,6 mm	12,3 °C		408 mm	583.4 mm
Sarnano	539 m	64	1079,5 mm	12,6 °C		474 mm	605 mm
Servigliano	215 m	64	854,4 mm	13,5 °C		273 mm	581 mm
Foce	951 m	36	1483,5 mm	10,7 °C	78 Km ²	900 mm	584 mm
Montemonaco	987 m	65	1239,5 mm	11,4 °C	31,8 Km ²	649 mm	590 mm
Polverina dell'Aso	831 m	27	975,7 mm	11,2 °C	62,4 Km ²	426 mm	549.7 mm
Comunanza	448 m	36	1014,8 mm	12,9 °C		411 mm	604 mm
Arquata del Tronto	720 m	62	1213,2 mm	11,8 °C		616 mm	597.7 mm
Arlì	288 m	39	960,3 mm	13,8 °C		344 mm	616 mm
Croce di Casale	657 m	38	1032 mm	12 °C		451 mm	580.8 mm
Capo il Colle	539 m	39	869,6 mm	12,5 °C		309 mm	561 mm

❖ **Tabella 4.2:** Dati ricavati dagli annali idrologici, dai poligoni di Thiessen, con la formula di Turc, e la retta di correlazione. *Per la stazione di Ussita vedi Marzolla, 1994/1995, dati inediti.

4.3. Infiltrazione efficace

L'infiltrazione efficace è la frazione di acqua meteorica che penetra nel sottosuolo tanto profondamente da alimentare un acquifero. Questo parametro esprime quindi la capacità di un complesso idrogeologico di assorbire le acque meteoriche sottraendole al ruscellamento. Non dipende solo dalla litologia ma anche dalle locali condizioni climatiche (Boni C. et al., 1986).

In questi rilievi i valori della precipitazione efficace calcolata risultano superiori al 50% delle precipitazioni totali (tabella 5.2.). Per il calcolo dell' Infiltrazione efficace non si è considerato il dato pluviometrico, ma si è adottato il metodo diretto basato sul rapporto tra la portata media erogata dalle sorgenti e la loro area di alimentazione. Il valore viene espresso in mm/anno.

4.4. Flusso di base

Per flusso di base di un corso d'acqua naturale si intende la portata erogata dalle sorgenti che lo alimentano. Il suo regime dipende dal regime di portata delle sorgenti. In questa zona le acque sotterranee restano immagazzinate per lungo tempo nel sottosuolo e riemergono in superficie con un regime del flusso regolare e con modeste variazioni stagionali (Boni C. et al.,1986).

Il flusso di base è responsabile della conservazione degli equilibri ambientali, dello sviluppo della flora e della fauna che necessitano di una quantità minima vitale di acqua nel periodo estivo. Costituisce la risorsa principale per gli approvvigionamenti municipali e per lo smaltimento ed il trasporto degli scarichi liquidi urbani, agricoli ed industriali.

4. Climatologia

4.5. Ruscellamento

Il ruscellamento è la frazione di acqua meteorica che scorre solo in superficie e che non si infiltra nel sottosuolo. In questa zona è molto ridotto, contenuto in valori compresi tra il 10% ed il 20%. Il ruscellamento presenta regime impulsivo ed effimero; pochi giorni dall'ultima pioggia, solo le sorgenti alimentano i corsi d'acqua perenni (Boni et al., 1986).

I fenomeni di ruscellamento sono responsabili di piene ed inondazioni e costituiscono il principale agente di erosione che provoca instabilità nei versanti.

5. CENNI DI IDROGEOCHIMICA

Durante la campagna di misura delle portate sono state effettuate nelle acque dell'Ambro e del Tenna anche misure di temperatura e conducibilità elettrica. Questi dati, ricavati direttamente, sono stati integrati con quelli forniti dal Consorzio del Tennacola.

Le sorgenti del Complesso Carbonatico basale presentano elementi tipici degli acquiferi caratterizzati da circolazione profonda ed un volume elevato delle riserve (alte portate, regime piuttosto regolare, deboli escursioni della temperatura e stabilità dei parametri chimici). La presenza di solfati, di cloruri e del magnesio testimoniano una circolazione profonda in cui le acque sono entrate in contatto con le zone dolomitiche e le Anidriti di Burano presenti alla base del Massiccio (Nanni T., 1991).

Il chimismo delle acque in esame è di tipo bicarbonato – calcico.

La temperatura delle acque è in relazione sia alla quota che alla portata della sorgente (Nanni T., 1991).

5. Cenni di Idrogeochimica

		STAZIONI DI MISURA DELL'AMBRO			
		Amb 930	Amb 855	Amb 820	Amb 700
Giugno '02	Temperatura	11,5 °C	8,9 °C	9,5 °C	10,1 °C
	Conducibilità	252 $\mu\text{S/cm}$	277 $\mu\text{S/cm}$	276 $\mu\text{S/cm}$	275 $\mu\text{S/cm}$
Luglio '02	Temperatura	11,4 °C	9,2 °C	9,2 °C	9,7 °C
	Conducibilità	260 $\mu\text{S/cm}$	277 $\mu\text{S/cm}$	278 $\mu\text{S/cm}$	275 $\mu\text{S/cm}$
Agosto '02	Temperatura	12,5 °C	9,2 °C	9,2 °C	9,7 °C
	Conducibilità	264 $\mu\text{S/cm}$	279 $\mu\text{S/cm}$	281 $\mu\text{S/cm}$	280 $\mu\text{S/cm}$
Settembre '02	Temperatura	8 °C	8,8 °C	8,8 °C	8,9 °C
	Conducibilità	269 $\mu\text{S/cm}$	279 $\mu\text{S/cm}$	281 $\mu\text{S/cm}$	279 $\mu\text{S/cm}$
Ottobre '02	Temperatura	8,8 °C	8,5 °C	8,6 °C	8,6 °C
	Conducibilità	246 $\mu\text{S/cm}$	275 $\mu\text{S/cm}$	278 $\mu\text{S/cm}$	278 $\mu\text{S/cm}$

		STAZIONI DI MISURA DEL TENNA				
		Te 1000	Te 980	Te 950	Te 920	Te 845
Giugno '02	Temperatura	8,7 °C	°C	°C	°C	°C
	Conducibilità	230 $\mu\text{S/cm}$	$\mu\text{S/cm}$	$\mu\text{S/cm}$	$\mu\text{S/cm}$	$\mu\text{S/cm}$
Luglio '02	Temperatura	7,9 °C	8,6 °C	9,7 °C	10,1 °C	10,9 °C
	Conducibilità	228 $\mu\text{S/cm}$	226 $\mu\text{S/cm}$	229 $\mu\text{S/cm}$	232 $\mu\text{S/cm}$	230 $\mu\text{S/cm}$
Agosto '02	Temperatura	7,4 °C	8,3 °C	9,3 °C	10,1 °C	10,7 °C
	Conducibilità	227 $\mu\text{S/cm}$	228 $\mu\text{S/cm}$	232 $\mu\text{S/cm}$	232 $\mu\text{S/cm}$	232 $\mu\text{S/cm}$
Settembre '02	Temperatura	6,9 °C	7,1 °C	7,5 °C	7,7 °C	7,7 °C
	Conducibilità	244 $\mu\text{S/cm}$	245 $\mu\text{S/cm}$	248 $\mu\text{S/cm}$	250 $\mu\text{S/cm}$	249 $\mu\text{S/cm}$
Ottobre '02	Temperatura	7,2 °C	7,5 °C	7,9 °C	8,2 °C	8,6 °C
	Conducibilità	233 $\mu\text{S/cm}$	233 $\mu\text{S/cm}$	237 $\mu\text{S/cm}$	237 $\mu\text{S/cm}$	238 $\mu\text{S/cm}$

		STAZIONI DI MISURA DEL TENNACOLA		
		S	O	A
Giugno '02	Temperatura	8,1 °C	12,5 °C	
	Conducibilità	258 $\mu\text{S/cm}$	257 $\mu\text{S/cm}$	
Agosto '02	Temperatura			7,9 °C
	Conducibilità			249 $\mu\text{S/cm}$

❖ **Tabella 5.1.:** Dati ricavati durante il rilevamento idrogeologico.

5. Cenni di Idrogeochimica

Parametri importanti e sostanze presenti	Capotenna Montefortino	Giampereto Sarnano	Valori guida	Conc. max ammesse
Temperatura dell'acqua alla sorgente	7 °C	8 °C	12 °C	25 °C
Conduttività a 20 °C	201 S/cm	255 S/cm	400 S/cm	/
Residuo fisso a 180 °C	139 mg/l	176 mg/l	/	1500 mg/l
Durezza totale	11,2 °F	14,2 °F	(15) °F	(50) °F
Bicarbonati	146 mg/l	177 mg/l	/	/
Silice	5 mg/l	5,2 mg/l	/	/
Cloruri	1,6 mg/l	4 mg/l	25 mg/l	/
Solfati	1,7 mg/l	2,9 mg/l	25 mg/l	250 mg/l
Sodio	1,2 mg/l	2,4 mg/l	20 mg/l	175 mg/l
Potassio	0,33 mg/l	0,56 mg/l	10 mg/l	/
Calcio	44,1 mg/l	55,7 mg/l	100 mg/l	/
Magnesio	0,47 mg/l	0,72 mg/l	30 mg/l	50 mg/l
Ferro	/	/	50 g/l	200 g/l
Manganese	/	/	20 g/l	50 g/l
Rame	/	/	100 g/l	1000 g/l
Fluoro	0,24 mg/l	0,12 mg/l	/	1,5 mg/l
Nitrati	0,7 mg/l	1,9 mg/l	5 mg/l	50 mg/l
Nitriti	< 0,01 mg/l	< 0,01 mg/l	/	0,1 mg/l
Composti organoalogenati	/	/	1 g/l	30 g/l
Cadmio	/	/	/	5 g/l
Cromo	/	/	/	50 g/l
Mercurio	/	/	/	1 g/l
Piombo	/	/	/	50 g/l
Selenio	/	/	/	10 g/l

❖ **Tabella 5.2.** : Caratteristiche chimiche e chimico - fisiche delle acque di sorgente del Consorzio del Tennacola

6. RILEVAMENTO IDROGEOLOGICO

6.1. Sorgenti

Le sorgenti che alimentano il flusso di base dei corsi d'acqua si possono raggruppare in due grandi categorie: sorgenti puntuali e sorgenti lineari.

6.1.1. *Emergenze puntuali*

Le sorgenti puntuali sono le più note ed appariscenti perché le loro acque emergono in superficie in punti chiaramente identificabili o in aree circoscritte. Si trovano ad una quota ben definita e danno generalmente origine ad un corso d'acqua perenne (Boni et al., 1999).

6.1.2. *Emergenze lineari*

Le acque della sorgente lineare emergono in superficie in modo diffuso così il corso d'acqua non è alimentato da un solo punto, ma la sua portata aumenta man mano che procede verso valle perché ha più punti di alimentazione. La lunghezza della sorgente può variare da qualche centinaio di metri a qualche chilometro (Boni et al., 1999).

6.2. Idrologia di superficie

6.2.1. *Bacino del Tennacola*

Il Fiume Tennacola è un affluente del Fiume Tenna ed ha inciso la propria valle tra i Monti Valvasseto e Castel Manardo. Mostra un leggero carattere conseguente, secondo linee di massima pendenza normali agli assi tettonici appenninici. Per regressione della testata ha decapitato il Torrente Salino, privandolo del corso superiore e dell'afflusso dei rii di Gabella Nuova e Terro; evidenza di questo si ha nei tipici gomiti di cattura (Damiani A. V., 1975).

Il rilevamento idrogeologico ha avuto inizio in località le Cese, dove il torrente, in data 2 Luglio 2002, si trovava in condizioni prossime all'esaurimento. Risalendo la valle si sono incontrate le prime di diverse opere di captazione gestite dal Consorzio Idrico del Tennacola di cui si dirà in seguito.

I primi affioramenti incontrati sono di Scaglia Cinerea prima e Calcarea poi. Risalendo verso monte la successione stratigrafica si trova completamente rovesciata: affiorano a quota inferiore le Marne a Fucoidi, quindi la Maiolica e i Calcari Diasprigni. La valle progressivamente si va restringendo fino ad essere molto stretta in corrispondenza dell'affioramento di Calcarea Massiccio, in contatto tettonico con i Diaspri a causa di faglie che l'hanno dislocato e sollevato. Percorrendo la gola verso Sud in direzione di Castel Manardo, sulla parete in destra idrografica si osservano modeste sorgenti diffuse non totalmente captate dall'Acquedotto del Tennacola.

Ancora più a monte ritroviamo altre captazioni e l'alveo risulta completamente secco. Al contatto con le Marne a Fucoidi del Monte Castel Manardo c'è l'ultima sorgente del Tennacola, Fonte Gorga, interamente captata.

In conclusione il corso del Tennacola, in periodo estivo, risulta quasi ovunque in totale esaurimento. Tutte le acque sorgive sono state captate per uso municipale. I gestori dell'acquedotto affermano che viene operata una derivazione valutata 150 l/s da 7 diversi punti di prelievo distribuiti lungo la valle a quote differenti. Informazioni poco attendibili

6. Rilevamento Idrogeologico

indicano portate massime dell'ordine dei 300l/s. Le sorgenti, in parte localizzate in parte diffuse, sono ubicate a vari livelli nel Complesso della Scaglia Calcarea, in quello della Maiolica e nelle intercalazioni calcaree depostesi all'interno del Complesso Calcarea – Silico – Marnoso. Si tratta di sorgenti relativamente modeste che erogano in magra portate variabili tra pochi l/s ad alcune decine di l/s.

Le sorgenti sono ubicate in un contesto idrogeologico particolare dovuto alla presenza di un'articolata linea di accavallamento, che si sviluppa su vari piani in un contesto prevalentemente compressivo. I calcari della Scaglia Calcarea e della Maiolica appaiono laminati a vari livelli ed interessati da pieghe irregolari che assumono localmente carattere spettacolare. Questa situazione da origine a linee di discontinuità tettoniche che assumono la funzione di acquiclude o di aquitard in seno a complessi carbonatici certamente dotati di elevata permeabilità d'insieme.

In questo contesto prendono origine locali acquiferi sospesi sovrapposti che alimentano sorgenti prevalentemente diffuse a quote molto diverse in seno allo stesso complesso o in complessi calcarei sovrapposti.

Nella situazione attuale le emergenze naturali non sono più osservabili perché opere di captazione costituite da articolate gallerie drenanti derivano le acque all'interno dei rilievi prima che possano venire a giorno. Sgorge in superficie oggi solo l'esigua portata che non viene prelevata dalle opere di captazione. Il fenomeno delle emergenze diffuse era certamente molto più imponente e spettacolare prima dell'antropizzazione della valle. A testimonianza della originaria situazione idrogeologica restano estesi affioramenti di travertino che ammantano le pareti calcaree in corrispondenza delle originarie emergenze diffuse. Si può dedurre che la portata naturale complessiva erogata dalle sorgenti della valle del Tennacola oscilla tra massimi di 300 l/s e minimi inferiori ai 150 l/s.

6.2.2. *Bacino dell'Ambro*

Il Fiume Ambro è anch'esso un affluente del Fiume Tenna. Il suo reticolo idrografico è poco sviluppato nella parte alta della valle e presenta un andamento sub – parallelo. Inizialmente è orientato N - S ma poi assume una direzione E - W, questo angolo potrebbe essere dovuto ad un arretramento della testata di un fiume conseguente (Damiani A.V., 1975). Il fiume scorre in una valle profondamente incisa con pareti alte diverse decine di metri. L'alta valle è formata da un circo glaciale tra le cime di Pizzo Tre Vescovi e Monte Priora.

Il rilevamento ha interessato la valle dalla Madonna dell'Ambro fino alla sorgente, posta a quota 1245 m. A N - W rispetto al santuario è visibile lo sperone roccioso del Balzo Rosso. Questo è interessato dal fronte del sovrascorrimento dei Sibillini che qui si sviluppa su due piani, infatti la Maiolica, in strati verticali, poggia in contatto tettonico sulla Scaglia Calcarea, a sua volta sovrascorsa sulla Cinerea.

Proseguendo verso monte tra quota 700 m e 820 m si notano estese fasce di detrito in entrambi i versanti, ma in sinistra idrografica ci sono frequenti emergenze, dovute alla presenza dei livelli impermeabili di Scaglia Cinerea intercalati alla Scaglia Calcarea, che danno origine ad acquiferi distinti sovrapposti. Gli acquiferi alimentano sorgenti diffuse che hanno originato depositi di travertino antichi e di neoformazione.

Attraversati i brevi affioramenti di Scaglia Cinerea circa a quota 820 m inizia un affioramento di Corniola che si estende fino al Calcarea Massiccio delle Roccacce, a quota 1200 m circa. In questo tratto tra 820 m e 950 m il corso d'acqua risulta perenne, perché alimentato da sorgenti lineari. In corrispondenza di potenti depositi detritici il percorso del fiume diviene a tratti subalveo, quindi il deflusso di superficie appare irregolare e non è pertanto direttamente misurabile. A monte di quota 950 m il fondovalle è secco fino a quota 1050 m circa dove sono ubicate in parete suggestive cascate alimentate da sorgenti diffuse che hanno origine nella formazione della Corniola, intensamente laminata.

6. Rilevamento Idrogeologico

L'alto strutturale di Calcarea Massiccio delle Roccacce è delimitato da faglie che non si prolungano né nei Calcari Diasprigni né nella soprastante Maiolica, da questo si deduce che le faglie in questione agirono prima della messa in posto dei Calcari Diasprigni e delle Marne del Serrone, che si deposero sulle preesistenti scarpate di faglia fino a suturare la disgiunzione (Ciarapica G. e Passeri L., 2001 in Guida Geologica Regionale - Parte Seconda).

La campagna di misura di portata eseguita lungo il corso dell'Ambro tra il Giugno 2002 e l'Ottobre 2002 ha consentito di valutare l'entità delle risorse idriche erogate dalle sorgenti in periodo estivo. L'alto corso dell'Ambro ha origine dalla sorgente più elevata ubicata a quota 1245 m, posta al contatto stratigrafico tra il Complesso della Maiolica ed il Complesso Calcareao – Silico – Marnoso. Il corso dell'Ambro tra quota 1245 m e quota 950 m circa è caratterizzato da un deflusso prevalentemente subalveo variabile da pochi l/s a valori presumibili di alcune decine di l/s.

A quota 855 m, nel corso dell'estate 2002, si sono misurate portate variabili tra 100 l/s e a 250 l/s. Tra quota 855 m e quota 820 m nello stesso periodo si sono misurate portate variabili tra 230 l/s e 400 l/s, con un incremento medio di circa 150 l/s. Tra quota 820 m e 700 m la portata cresce ulteriormente ed il corso d'acqua assume portate variabili tra minime di 260 l/s e massime di 450 l/s circa, con un incremento medio di 50 l/s.

Le acque dell'Ambro sono state captate solo da modeste opere di presa che derivano complessivamente una decina di l/s.

A valle del santuario della Madonna dell'Ambro la Società Elettromeccanica Adriatica deriva a scopo idroelettrico una portata massima di 500 l/s a quota 680 m e li rilascia completamente 300 m più a valle.

I dati di portata rilevati figurano nella Carte dell'Idrologia di Superficie, (Allegato n° 3), nella Carta Idrogeologica, (Allegato n° 4) e nelle figure 6.1., 6.2. e 6.3..

6.2.3. *Bacino del Tenna*

L'alta valle del Tenna è impostata, da Sud verso Nord, lungo il versante di Monte Porche – Cima Vallelunga costituito da Maiolica e Calcari Diasprigni, unità che ammantano, insieme alla Formazione del Sentino, l'esteso nucleo liassico del Monte Palazzo Borghese – Monte Lieto – Monte Vettore, nel vicino bacino del fiume Aso. A partire dalle sorgenti vere e proprie del Tenna la valle assume invece un andamento SW – NE (Damiani A. V., 1975).

La Valle del Tenna presenta un'ottima esposizione della serie composta, infatti sul versante N- W di Cima Vallelunga si osserva il passaggio diretto dal Calcare Massiccio del Monte Nerone alla porzione superiore dei Calcari Diasprigni, mentre procedendo verso Est, sul versante destro della valle, al tetto del Calcare Massiccio del Monte Nerone, dislocato da faglie, si ha la sovrapposizione diretta dei Calcari a Posidonia (Chiocchini M. et al., 1976).

Il rilevamento delle portate è iniziato in località “Le Pisciarelle”, a quota 845 m circa, che è caratterizzata dal sovrascorrimento della Scaglia Rossa sulla Scaglia Cinerea e della Maiolica in strati contorti e spesso raddrizzati sulla Scaglia Calcareo. Tale sovrapposizione tettonica è ben visibile sul versante opposto della valle.

Proseguendo verso W la valle è incisa nel Calcare Massiccio, gola dell'Infernaccio, che è in contatto tettonico con la Maiolica attraverso una faglia inversa (Ciarapica G. e Passeri L., 2001 - Guida Geologica - Parte Seconda). Lungo l'Infernaccio ci sono tracce di travertino prodotte da modeste emergenze diffuse. Superata la stretta forra si attraversano prima la Maiolica e poi i Calcari Diasprigni intensamente tettonizzati. Il contatto tra questa formazione ed il Calcare Massiccio è dato da una faglia NNW – SSE che separa l'area con la successione giurassica ridotta del Tenna da quella con la successione completa, più orientale. Sopra il Calcare Massiccio del versante Nord della Sibilla poggia, infatti, la sottile Formazione del Bugarone, localmente i Calcari Diasprigni, poi la Maiolica ben stratificata e le Marne a Fucoidi coperte da pendii erbosi.

6. Rilevamento Idrogeologico

Proseguendo sulla sinistra idrografica del Tenna in prossimità di Casale Grottoni vi è un canalone di detrito dovuto ad una faglia paleogiurassica che mette in contatto tettonico la successione completa rappresentata da Maiolica e Calcari Diasprigni con il Calcarea Massiccio coperto dal Bugarone. Il fiume in riva destra, a circa 990 m, riceve l'apporto di pochi litri secondo del fosso Le Vene.

La sorgente del Tenna, Capotenna, 1178 m, interamente captata dal Consorzio Idrico del Tennacola, è situata al contatto tra il Complesso della Maiolica ed il Complesso Calcarea – Silico – Marnoso, in un settore della valle parzialmente colmato da detrito. L'impianto di presa preleva una portata media di 100 l/s, come risulta da informazioni fornite dal gestore. A valle dell'originaria sorgente l'alveo è secco fino a quota 1050 m circa.

Nell'estate 2002 a quota 1000 m si sono misurate portate variabili tra 80 l/s e 180 l/s circa. Le misure eseguite tra quota 1000 m e 845 m indicano che la portata complessiva risulta sostanzialmente invariata.

Alla stazione delle Pisciarelle, 845 m, si registra una portata variabile fra circa 100 l/s e 280 l/s; risulta sostanzialmente invariata nei valori minimi, 94 l/s, con sensibili incrementi nei valori massimi, 280 l/s.

Tutte queste misure sono comunque condizionate dall'esistenza di un flusso subalveo che non può essere misurato in corrispondenza delle sezioni utilizzate. In conclusione la portata naturale complessiva erogata dalle sorgenti del Tenna risulta variabile tra minimi di 200 l/s e massimi di circa 350 l/s.

I dati considerati sono sintetizzati nella Carta dell'Idrologia di Superficie, (Allegato n° 3), nella Carta Idrogeologica, (Allegato n° 4), e nelle figure 6.1., 6.2. e 6.3..

6.3. Considerazioni sulla campagna di misura di portata

Le misure di portata sono state realizzate in un intervallo di tempo che va da Giugno 2002 ad Ottobre 2002 per misurare le portate di magra necessarie alla valutazione del flusso di base in periodo estivo. La campagna ha interessato il Fiume Ambro ed il Fiume Tenna, poiché il Fiume Tennacola è interamente captato dall'Acquedotto omonimo.

La misura del flusso di base ha grande importanza negli studi di Idrogeologia perché permette di conoscere la portata complessivamente erogata in diversi momenti dell'anno e di risalire quindi alla valutazione del regime di flusso. Il flusso di base è inoltre indispensabile per il calcolo del bilancio idrogeologico e per la valutazione dell'Infiltrazione efficace.

Nella regione studiata la valutazione del flusso di base può essere solo parziale perché il territorio non è accessibile nell'intero periodo invernale per la presenza di un manto nevoso che permane in fondovalle fino alla primavera. Nelle stagioni intermedie, Primavera ed Autunno, particolarmente piovose, la misura del flusso di base è resa difficile da costanti apporti dovuti al processo di ruscellamento. Nonostante queste limitazioni i dati acquisiti sono risultati essenziali per proporre un modello idrogeologico concettuale e pervenire ad un valore significativo dell'Infiltrazione efficace. E' probabile che i dati di portata utilizzati per queste valutazioni siano approssimati per difetto sia per la scarsa attendibilità delle informazioni fornite dai gestori della reti acquedottistica sia perché è stato possibile solo registrare portate di magra ordinaria estiva.

6. Rilevamento Idrogeologico

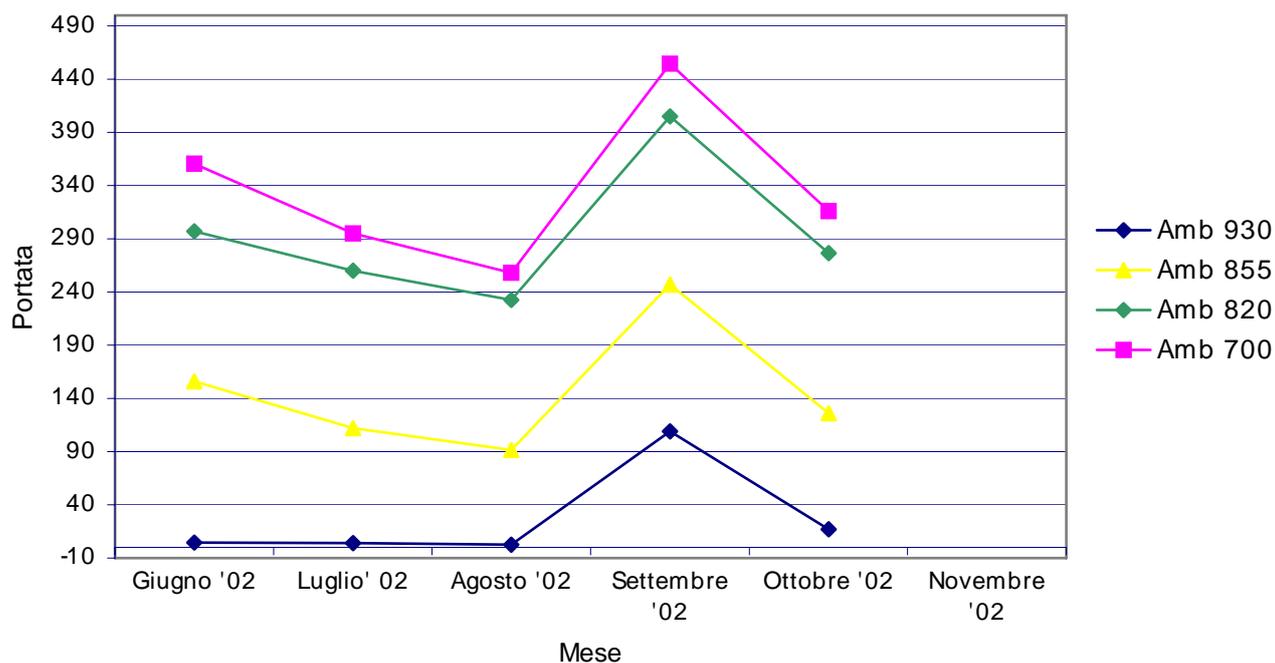
	AMBRO			
	Amb 930	Amb 855	Amb 820	Amb 700
Giugno '02	4,7 l/s	155,9 l/s	296,9 l/s	360,3 l/s
Luglio '02	3,8 l/s	112 l/s	260,3 l/s	294,8 l/s
Agosto '02	2,5 l/s	91,28 l/s	232,5 l/s	257,9 l/s
Settembre '02	108,9 l/s	246,7 l/s	404,8 l/s	454,4 l/s
Ottobre '02	16,8 l/s	125,9 l/s	276,5 l/s	316,1 l/s

	TENNA				
	Te1000	Te 980	Te 950	Te 920	Te 845
Giugno '02	178,1 l/s	143,1 l/s	172,9 l/s	148,5 l/s	177,2 l/s
Luglio '02	80,6 l/s	104,6 l/s	126,2 l/s	106 l/s	94,2 l/s
Agosto '02	114,9 l/s	109,6 l/s	114,8 l/s	128,8 l/s	112,2 l/s
Settembre '02	171,2 l/s	216,5 l/s	256,7 l/s	246 l/s	284,6 l/s
Ottobre '02	140,6 l/s	148,5 l/s	190,4 l/s	177 l/s	174,1 l/s

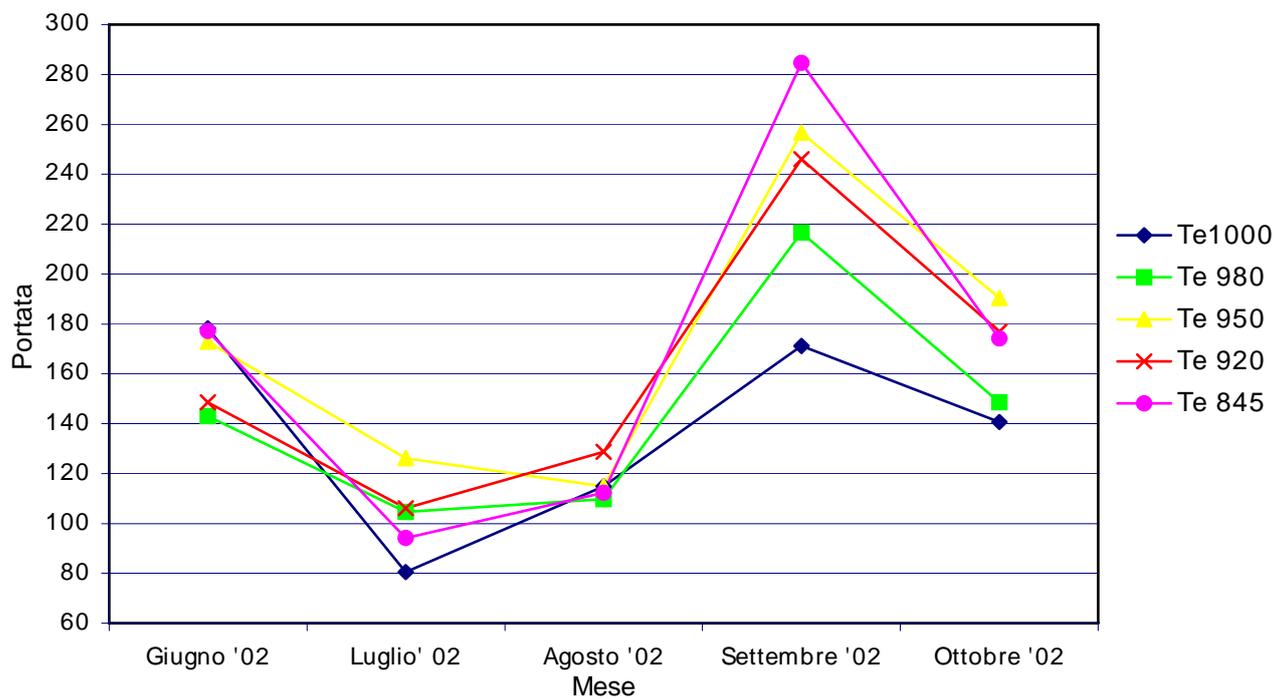
❖ **Figura 6.1.:** Tabella portate

6. Rilevamento Idrogeologico

Idrogramma del Fiume Ambro

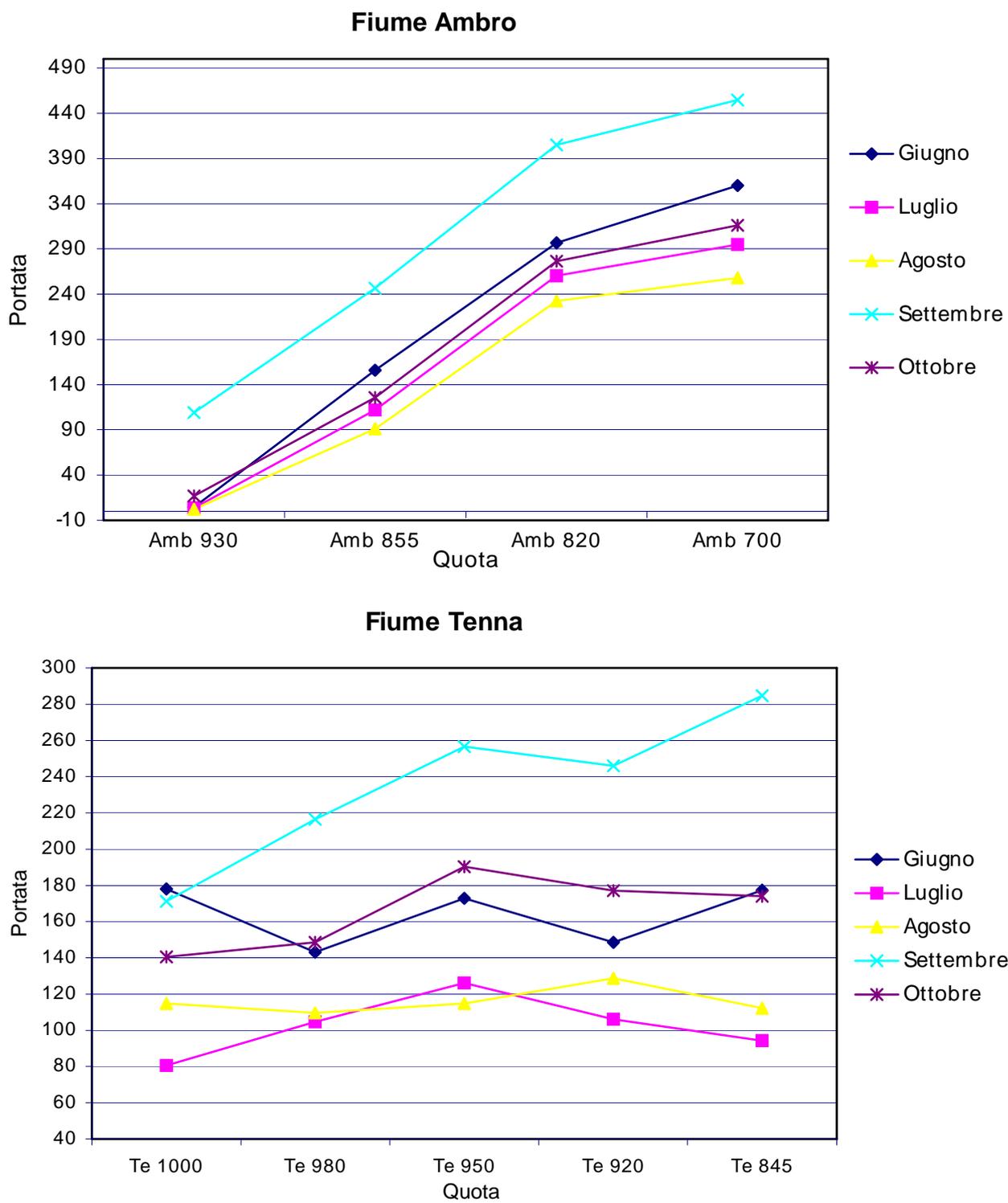


Idrogramma del Fiume Tenna



❖ **Figura 6.2.** : Idrogrammi dei fiumi Ambro e Tenna

6. Rilevamento Idrogeologico



❖ **Grafico 6.3.:** Andamento della portata con la quota.

6.4. Carta dell'Idrologia di Superficie

Per sintetizzare i risultati della campagna di misura delle portate è stata allestita la Carta dell'Idrologia di Superficie (Allegato n° 3), scala 1:25.000, nella quale sono state cartografate tutte le sorgenti lineari, le stazioni di misura e sono stati misurati i vari incrementi in alveo, tra diverse stazioni.

7. SCHEMA IDROSTRUTTURALE E VALUTAZIONE DELLE RISORSE IDRICHE SOTTERRANEE

7.1. Assetto Idrogeologico

Per poter meglio delineare l'assetto geologico – strutturale dell'area in esame è stata elaborata, grazie ai riferimenti bibliografici ed a specifici controlli di campo, una Carta Geologica (Allegato n° 1), scala 1:25.000, che interessa un'area compresa tra il Fiume Fiastrone a Nord e le pendici meridionali del Monte Vettore a Sud.

E' stata realizzata, inoltre, una Carta Idrogeologica (Allegato n° 4), scala 1:25.000, in cui sono stati rappresentati i vari Complessi Idrogeologici, al fine di evidenziare la tipologia degli affioramenti che costituiscono le aree di alimentazione delle sorgenti.

7.2. Modello Idrogeologico Concettuale

Sono state misurate le aree degli affioramenti dei Complessi Carbonatico basale, della Maiolica e della Scaglia Calcarea che costituiscono le principali aree di alimentazione delle sorgenti identificate. Poiché l'aquiclude rappresentato dal Complesso Calcareao – Silico - Marnoso non sempre è presente e in alcune aree risulta talmente alterato da permettere fenomeni di *drainance*, si è ritenuto opportuno considerare un unico acquifero indifferenziato.

Nel territorio considerato i complessi più permeabili assumono caratteri idrogeologici variabili e discontinui in relazione allo stress tettonico che hanno subito. Nel locale contesto strutturale gli aquiclude intercalari che generalmente separano gli acquiferi sovrapposti sono sovente dislocati da faglie che hanno rigetti nettamente superiori al loro spessore.

Risulta in definitiva che la porzione della catena dei Sibillini, qui considerata, è sede di un sistema indefinito di acquiferi in parte sovrapposti ed in parte in connessione idraulica che alimentano sorgenti irregolarmente distribuite nel territorio. In tale situazione non è stato possibile identificare acquiferi indipendenti, ma solo un unico grande acquifero

7. Schema idrostrutturale e valutazione delle risorse idriche sotterranee

indifferenziato, che si estende con continuità dalle pendici meridionali del Monte Vettore fino a Pizzo di Chioggia e alimenta le sorgenti distribuite lungo il corso dei fiumi Aso, Tenna, Ambro, Tennacola e Fiastrone.

Nel tentativo di allestire un modello idrogeologico concettuale si è, infatti, notato che, confrontando le aree di ciascun complesso con le portate delle rispettive sorgenti, i valori di Infiltrazione Efficace media annua ottenuti non apparivano realistici: troppo alti per il Complesso della Maiolica. Nell'elaborazione dei dati sono state formulate molte ipotesi, ma tutte sono state poi abbandonate.

Assunta, quindi, l'esistenza di un unico acquifero basale indifferenziato, esteso da Pizzo di Chioggia a Nord fino all'intero Monte Vettore a Sud, per poter allestire un modello idrogeologico significativo e calcolare un attendibile valore di Infiltrazione efficace è stato necessario considerare l'intera area di alimentazione dell'acquifero dei Sibillini Orientali, fino alle pendici meridionali del Monte Vettore, ben oltre i limiti del settore oggetto di studio di dettaglio di questa tesi. Si sono quindi prese in considerazione anche le emergenze distribuite nella Valle dell'Aso e del Fiastrone. L'infiltrazione efficace totale è risultata essere pari a circa 710 mm/a.

E' stato effettuato, inoltre, il calcolo dell'Infiltrazione efficace anche del settore settentrionale, oggetto di questo lavoro, che è risultato essere di 745 mm/a.

Il bilancio appena presentato è riprodotto nella carta che segue.

8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La geologia dei Monti Sibillini Orientali è stata oggetto di studi approfonditi che hanno messo in evidenza condizioni stratigrafiche assai complesse dovute alla contiguità di successioni molto diverse, soprattutto nei termini giurassici. Sono presenti successioni complete che passano bruscamente a successioni composte e lacunose. Anche l'assetto strutturale, caratterizzato da un motivo traslativo dominante a vergenza orientale, contribuisce a rendere poco evidenti i rapporti di giacitura tra masse litoidi prevalentemente calcaree e le formazioni calcareo – silico – marnose che a queste si intercalano. Per questo motivo l'idrogeologia di questo territorio all'inizio di questo lavoro, risultava definito solo nelle sue linee essenziali illustrate in carte di sintesi regionale alla scala 1:500.000, (Boni et al., 1986), e 1:100.000, (Nanni in Centamore et al., 1991) o in lavori specifici su particolari problematiche.

L'indagine idrogeologica riassunta in questa tesi di laurea ha affrontato diversi temi che vengono brevemente richiamati. Sono stati identificati i più incisivi aspetti del contesto climatico della regione che vengono sintetizzati nella Carta delle precipitazioni e delle precipitazioni efficaci in allegato n° 2. Sono state identificate tutte le più significative emergenze distribuite nel territorio e se ne è valutata la portata media. Questo risultato è stato ottenuto con una laboriosa campagna di misura delle portate delle sorgenti e dei corsi d'acqua che ha fornito una valutazione significata della risorsa idrica sotterranea disponibile. Ai dati direttamente rilevati sul campo si sono aggiunti i dati di portata relativi alle sorgenti captate per uso municipale che sono stati raccolti presso gli Enti Concessionari. I risultati di questa ricerca sono sintetizzati nella Carta dell'Idrologia di superficie, allegato n°3 e nelle schede di misura in allegato 5.

Per valutare l'estensione territoriale delle aree di alimentazione delle singole emergenze o dei principali gruppi di sorgenti si sono considerati diversi aspetti della geologia del territorio in gran parte desunti dalla letteratura disponibile ed in particolare

8. Considerazioni conclusive

dalla cartografia geologica. Tutti questi elementi sono stati controllati sul campo per valutare il ruolo giocato dalle singole formazioni nel contesto idrogeologico regionale. Come risultato questa ricerca ha prodotto la Carta geologica, allegato n°1, e la Carta idrogeologica, allegato n° 4.

Sia per le condizioni stratigrafiche sia per gli effetti della tettonica è risultato che il ruolo idrogeologico dei complessi litologici non corrisponde a quello comunemente osservato nel contesto umbro – marchigiano. In particolare si è riscontrato che i complessi idrogeologici calcareo – silico – marnosi, alternati ai complessi prevalentemente calcarei, non assumono il ruolo di acquiclude perché risultano o eccessivamente ridotti nei loro spessori o frammentati da faglie con rigetti superiori al loro spessore. Anche i complessi calcarei, che svolgono il ruolo di acquiferi, appaiono sovente tanto laminati da perdere le loro tipiche caratteristiche di permeabilità lungo le fasce di intensa tettonizzazione. Per queste ragioni la dorsale dei Monti Sibillini Orientali risulta saturata da un articolato acquifero disomogeneo non suddivisibile in acquiferi distinti.

A conclusione dello studio sono stati prodotti due modelli idrogeologici concettuali, uno relativo al settore settentrionale, studiato in dettaglio in questa tesi, e l'altro esteso all'intera dorsale:

L'intera dorsale, estesa su una superficie di 106 Km^2 , eroga una portata media di 2385 l/s per un'Infiltrazione efficace di 710 mm/anno;

Il settore settentrionale, esteso su una superficie di 56 Km^2 , eroga una portata media di 1325 l/s per un'Infiltrazione efficace di 750 mm/anno.

9. BIBLIOGRAFIA

Bally A. W., Burbi L., Cooper J. C. & Ghelardoni R. (1986) – *La tettonica di scollamento dell'Appennino centrale*. Prestampe atti 73° congresso Soc. Geol. It., **Roma 30 – 9/4 – 10**, pp. 75 - 78

Barchi M., Guzzetti F., Lavecchia G., Lolli O. & Bontempo R. (1988) – *Sezioni geologiche bilanciate attraverso il sistema a pieghe Umbro-Marchigiano: 1) la sezione Trevi - Valle dell'Ambro*. Boll. Soc. Geol. It., **107**, pp. 109 – 130

Boni C., Bono P. & Capelli G. (1986) – *Schema idrogeologico dell'Italia centrale*. Mem. Soc. Geol. It., **35**, pp. 991 – 1012

Boni C., Bono P., Capelli G., Lombardi S., Zuppi G.M. (1986) – *Contributo all'idrogeologia dell'Italia centrale: analisi critica dei metodi di ricerca*. Mem. Soc. Geol. It., **35**, pp. 947 – 956

Boni C. & Ruisi M. (1999) - *Nuovi metodi di valutazione delle risorse idriche rinnovabili nel bacino dell'Aterno – Pescara*. Giornata Mondiale dell'acqua (29 Marzo 1999). REGIONE LAZIO, Assessorato Opere e Reti di Servizi e Mobilità.
http://www.llpp.regione.lazio.it/eventi/eventi/Idro_99/Progidro99.htm#Programma

Calamita F., Centamore E., Deiana G. & Micarelli A. (1986) – *Evoluzione tettonico sedimentaria dell'area Umbro – Marchigiana dal Trias al Pleistocene*. Studi geologici Camerti, **volume speciale “La geologica delle Marche”**, pp. 89 – 90

9. Bibliografia

Calamita F., Centamore E., Deiana G. & Ridolfi M., (1995) – *Caratterizzazione geologico – strutturale dell’area Marchigiano – Abruzzese esterna (Appennino Centrale)*. Studi Geologici Camerti, **volume speciale 1995/1**, pp. 171 - 181

Calamita F. & Deiana G. (1986) – *Evoluzione strutturale neogenico – quaternaria dell’Appennino Umbro – Marchigiano*. Studi geologici Camerti, **volume speciale “La geologica delle Marche”**, pp. 91 - 98

Calamita F., Deiana G., Invernizzi C. & Pizzi A. (1991) – *Tettonica*. Da **“L’ambiente fisico delle Marche”**, Regione Marche, Assessorato urbanistica. Ed. S.E.L.C.A., pp. 69 - 79

Calamita F., Pizzi A., & Roscioni M. (1992) – *I “fasci” di faglie recenti ed attive di M. Bove e di M. Castello – M. Cardosa (Appennino Umbro – Marchigiano)*. Studi Geol. Camerti, vol. spec. (1992/1), pp. 81 - 95

Centamore E. & Micarelli A. (1991) – *Stratigrafia*. Da **“L’ambiente fisico delle Marche”**, Regione Marche, Assessorato urbanistica. Ed. S.E.L.C.A., pp. 5 – 58

Centamore E., & Panbianchi G., Deiana G., Calamita F. & Cello G., Dramis F., Gentili B. e Nanni T. (1991) – *Foglio 2, scala 1:100.000*. Da **“L’ambiente fisico delle Marche”**, Regione Marche, Assessorato urbanistica. Ed. S.E.L.C.A.

Chiocchini M., Deiana G., Micarelli A., Moretti A. & Pieruccini U. (1976) – *Geologia dei Monti Sibillini Nord-Orientali*. Studi Geologici Camerti, **II**, pp. 7 - 44

Ciarapica G. e Passeri L. (2001) – *Guide geologiche regionali della Società Geologica Italiana - Appennino Umbro* –**volume secondo**. BE.MA editrice

9. Bibliografia

Cooper J. C. & Burbi L. (1986) – *Stili strutturali nell'area dei M. Sibillini*. Prestampe atti 73° congresso Soc. Geol. It., **Roma 30 – 9/4 – 10**, pp. 111 - 114

Cosentino D. (1986) – *Alti strutturali mesozoici e loro implicazioni geodinamiche durante la tetto-genesi dell'Appennino centrale: un esempio nei M.ti sibillini meridionali*. Mem. Soc. Geol. It., **35**, pp. 349 – 356

Cooper J. C. & Burbi L. (1987) – *The geology of the central Sibillini Mountains*. Mem. Soc. Geol. It., **35**, pp.323 - 347

Damiani A.V. (1975) – *Aspetti geomorfologici e possibile schema evolutivo dei Monti Sibillini (Appennino Umbro-Marchigiano)*. Boll. Serv. Geol. It.,**46**, pp. 231 - 314

Deiana G. & Pieruccini U. (1971) – *Primi dati sul Giurassico dei Monti Sibillini*. Studi Geol. Camerti, **I**, pp. 91 – 95

Festa A. (2002) – *Evoluzione strutturale del settore meridionale del sovrascorrimento dei M.ti Sibillini (Appennino Centrale)*. Mem .Soc. Geol. It., **57**, pp. 369 - 377

Lavecchia G. (1985) – *Il sovrascorrimento dei Monti Sibillini: analisi cinematica e strutturale*. Boll. Soc. Geol. It., **104**, pp. 161-194

Lavecchia G. & Piali G., (1980) – *Appunti per uno schema strutturale dell'Appennino Umbro – Marchigiano. 2) La copertura*. Studi Geol. Camerti, **VI** ,pp. 23 - 30

9. Bibliografia

Marzolla A. (1994/1995) – *Contributo all'idrogeologia del bacino dei fiumi Tenna ed Aso (Sibillini Sud – Orientali)*. Tesi di laurea, Università di Roma "La Sapienza", Roma. Dati inediti.

Ministero dei lavori pubblici (1919 – 1993) – *Annali idrologici, parte I e II*. Pubbl. Serv. Idrografico compartimento di Roma e Bologna. Poligr. dello Stato, Roma

Nanni T. (1991) – *Caratteri idrogeologici delle Marche*. Da **"L'ambiente fisico delle Marche"**, Regione Marche, Assessorato urbanistica. Ed. S.E.L.C.A., pp. 117 – 207

Nanni T. & Vivalda P. (1986) – *Inquadramento idrogeologico ed influenza della tettonica sugli acquiferi di subalveo delle pianure marchigiane*. Studi geologici Camerti, **volume speciale "La geologica delle Marche"**, pp. 105 - 133

Passeri L., (1994) - *Guide geologiche regionali della Società Geologica Italiana - Appennino Umbro* – **volume primo**. BE.MA editrice

Pontoni F. (1994) – *Studio idrogeologico e geochimico integrativo per la razionalizzazione ed eventuale potenziamento delle risorse idriche captate dall'acquedotto comunitario dell'Acquasanta (Comune di Bolognola)*. Relazione esplicativa. Comunità montana Zona "T" Alta Valle del Fiastrone, Chienti, Nera.

Pontoni F. (1994) – *Studio idrogeologico e geochimico integrativo per la razionalizzazione ed eventuale potenziamento delle risorse idriche captate dall'acquedotto comunitario dell'Acquasanta (Comune di Bolognola)*. Rapporto di progresso. Comunità montana Zona "T" Alta Valle del Fiastrone, Chienti, Nera.

9. Bibliografia

Scarsella F., et al., (1967) - *Carta Geologica d'Italia, Foglio 124, "Macerata"*. Servizio geologico d'Italia.

Scarsella F., (1941) – *Carta Geologica d'Italia, Foglio 132, "Norcia"*. Servizio geologico d'Italia.

Scarsella F. (1947) – *Sulla geomorfologia dei Piani di Castelluccio e sul carsismo dei Monti Sibillini*. Boll. Soc. Geol. It., **66**, pp. 28 – 36

Scarsella F. (1950) – *Sui rapporti stratigrafici del "Calcere Massiccio" (calcere di scogliera Hettangiano) con i soprastanti piani stratificati della serie giura - liassica nell'Appennino Umbro-Marchigiano*. Boll. Soc. Geol. It., **69**, pp. 96 - 98

Tarragoni C. (2000/2001) – *Modello concettuale e simulazione numerica delle condizioni di flusso degli acquiferi dell'Alto bacino del Fiastrone*. Tesi di laurea, Università "La Sapienza", Roma. Dati inediti