



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI “G. D’ANNUNZIO”
CHIETI – PESCARA

FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI

Corso di Laurea in Scienze Geologiche

TESI DI LAUREA SPERIMENTALE

in

Geologia Applicata

**“ASSETTO IDROGEOLOGICO DEI CORPI
ARENACEI NEI DINTORNI DI ATRI”**

CANDIDATO:

Emanuele FERRETTI

Matricola n° 3111044

RELATORE:

Chiar.mo Prof. Sergio RUSI

CORRELATORE:

Dott. William Palmucci

ANNO ACCADEMICO 2011 - 2012

INDICE

PREMESSA	<i>pag.</i> 4
CAPITOLO 1 Le canalizzazioni storiche di Atri	<i>pag.</i> 6
CAPITOLO 2 Geologia e geomorfologia del territorio Atriano nel contesto della fascia periadriatica	
2.1 Inquadramento geologico della fascia Periadriatica	<i>pag.</i> 18
2.2 Inquadramento geografico	<i>pag.</i> 22
2.3 Stratigrafia e tettonica del rilievo Atriano	<i>pag.</i> 24
2.4 Aspetti geomorfologici del territorio Atriano	<i>pag.</i> 35
CAPITOLO 3 Bilancio idrologico	<i>pag.</i> 41
CAPITOLO 4 Ricostruzione ed analisi della falda freatica	
4.1 Metodologia di lavoro	<i>pag.</i> 47
4.2 Elementi per la definizione dei carichi idraulici	<i>pag.</i> 48
4.3 Caratteri delle litologie affioranti e complessi idrogeologici	<i>pag.</i> 49
4.4 Valutazione dell'infiltrazione efficace	<i>pag.</i> 51
4.5 Morfologia a analisi della superficie piezometrica nei periodi di piena e di magra	<i>pag.</i> 53

CAPITOLO 5 Caratterizzazione chimico-fisica delle acque di falda

5.1 Temperatura*pag.* 64

5.2 Concentrazione idrogenionica (pH).....*pag.* 65

5.3 Conducibilità elettrica.....*pag.* 66

CONCLUSIONI.....*pag.* 72

RINGRAZIAMENTI.....*pag.* 75

BIBLIOGRAFIA*pag.* 76

PREMESSA

Il presente lavoro ha l'obiettivo di fornire le basi per la conoscenza dell'idrogeologia del territorio Atriano attraverso la ricostruzione e analisi della falda freatica.

Per raggiungere questo scopo lo studio è stato articolato in vari passaggi fondamentali, come primo step viene affrontata la tematica storica descrivendo l'antico sistema di canalizzazioni che ha due finalità, la prima è fornire una conoscenza generale sull'architettura e il funzionamento del sistema idrico usato nell'antichità al fine di far comprendere le antiche tecniche di approvvigionamento idrico, mentre la seconda è quella di capire se in qualche modo tale sistema interferisce con la falda e influenza la morfologia della stessa.

Il secondo passaggio è l'analisi geologico-strutturale e geomorfologica dell'area in esame, la caratterizzazione geologica e in particolare la ricostruzione della successione stratigrafica rappresenta uno dei passaggi chiave in quanto fornisce le basi per lo studio dell'idrogeologia di un'area e permette, come nel caso corrente, di suddividere l'area in complessi idrogeologici a diverse permeabilità consentendo una migliore caratterizzazione e valutazione dei parametri idrogeologici.

Le basi vengono fornite anche dall'elaborazione del bilancio idrologico che permetterà di definire in base a dati pluviometrici e di temperatura degli annali idrologici il clima che caratterizza Atri e di quantificare la quantità di acqua che ogni anno arriva e lascia il territorio, inoltre permette di definire i rapporti tra precipitazioni e riserve idriche al fine di stimare i periodi di eccedenza e deficit e

avere anche una stima della lama d'acqua che defluisce in superficie che servirà nei passi successivi per calcolare la percentuale che si infiltra nel sottosuolo in base a dati di portata misurati in situ nelle sorgenti.

Le altre misure eseguite sui punti d'acqua censiti, come quelle di soggiacenza e parametri chimico-fisici ci permettono di arrivare a definire gli ultimi due passaggi fondamentali e di arrivare all'obiettivo principale del lavoro, il primo è la ricostruzione e analisi della superficie piezometrica in due periodi distinti dell'anno con la realizzazione di carte e sezioni idrogeologiche, la prima serie di misurazioni eseguite tra i mesi di Settembre e Ottobre 2012 e la seconda tra Gennaio e Febbraio 2013 ha consentito di ricostruire l'assetto della falda in entrambi i periodi e valutare eventuali variazioni del livello piezometrico.

Il secondo e ultimo passaggio è la caratterizzazione chimico-fisica delle acque mediante misura dei parametri di pH, temperatura e conducibilità elettrica eseguite sempre in due periodi distinti al fine di fornire dei dati concreti sulla caratteristica delle acque di falda e sulla loro qualità.

CAPITOLO 1

Le canalizzazioni storiche di Atri

Il primo passo nello sviluppo del lavoro, è l'inquadramento storico della località oggetto della tesi, Atri (Hatria nell'antichità), la cui fondazione è oggetto di discussione, secondo alcuni autori risalirebbe all'VIII Secolo a.C. probabilmente da popolazioni Illirico - Sicule, secondo altri invece è attribuibile all'età del ferro, ipotesi questa sostenuta dal ritrovamento a Colle della Giustizia di una necropoli risalente a tale periodo, ha rappresentato un importante centro economico e culturale del bacino del mediterraneo.

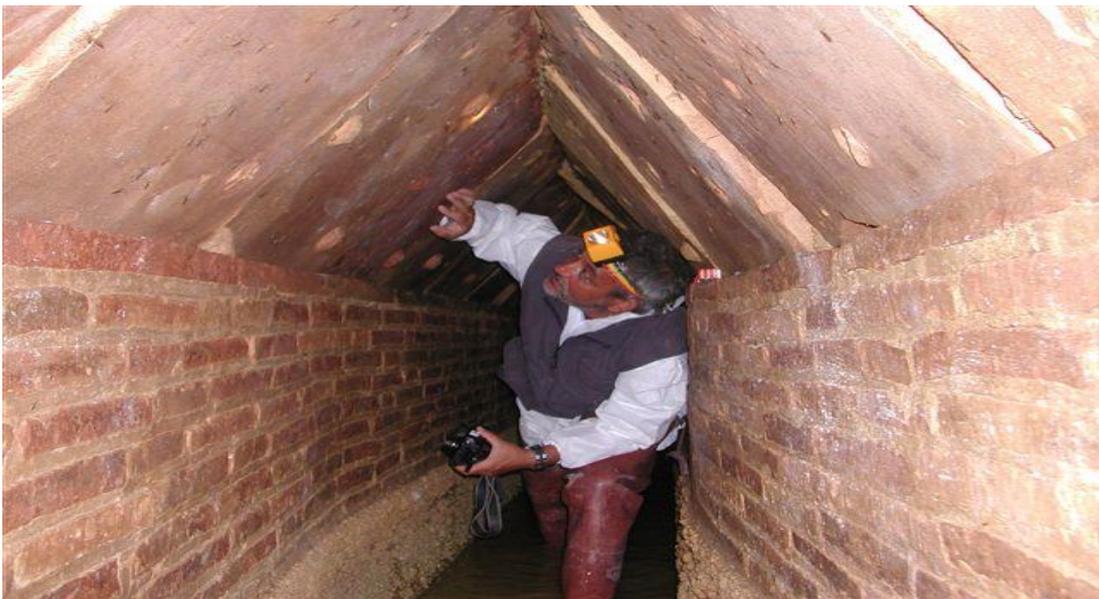
La presenza dell'antico porto commerciale, ora sommerso nei fondali del Mare Adriatico (Il cui nome secondo alcuni deriva proprio da Hatria) di fronte la torre di Cerrano, ha rappresentato nell'antichità il punto nevralgico per gli scambi economici e interculturali con altre civiltà del Mediterraneo, tra queste fu il popolo Arabo ad importare sulla penisola Italica un importante innovazione al livello idrogeologico, con l'introduzione dei *Quant*, ritrovati oltre ad Atri anche a Bisenti, in Sicilia e in provincia di Napoli a Roccarainola.

I suddetti *Quant* (denominazione di origine Araba) (*vedi figura 1*), sono dei canali sotterranei di derivazione Persiana adibiti alla raccolta e smistamento delle acque di falda che si accumulano nel sottosuolo in corrispondenza del substrato argilloso agente da acquiclude, inoltre risultano efficaci anche dal punto di vista ambientale agendo come una sorta di barriera protettiva dagli agenti inquinanti che

potrebbero contaminare le acque e mantengono una temperatura tale da impedire all'acqua di riscaldarsi ed evaporare rapidamente. (Martella,1981)

Dal punto di vista strutturale, possono essere descritti come “*cunicoli di altezza oscillante tra 1,50 e i 2metri e larghi da 50 a 80 centimetri (onde permettere il passaggio dell'operaio addetto ai lavori e alla manutenzione) con pozzi di aerazione, aperti a intervalli regolari, aventi il duplice scopo di areare la galleria e permettere l'estrazione, durante la realizzazione del materiale da scavo*”. (Martella,1981)

Figura 1: FOTO DEL QUANAT DI FONTE CANALA CON L'ARCHEOLOGO V. TORRIERI A LAVORO (Foto Geoconsulting 2007 di D. Fregonese)

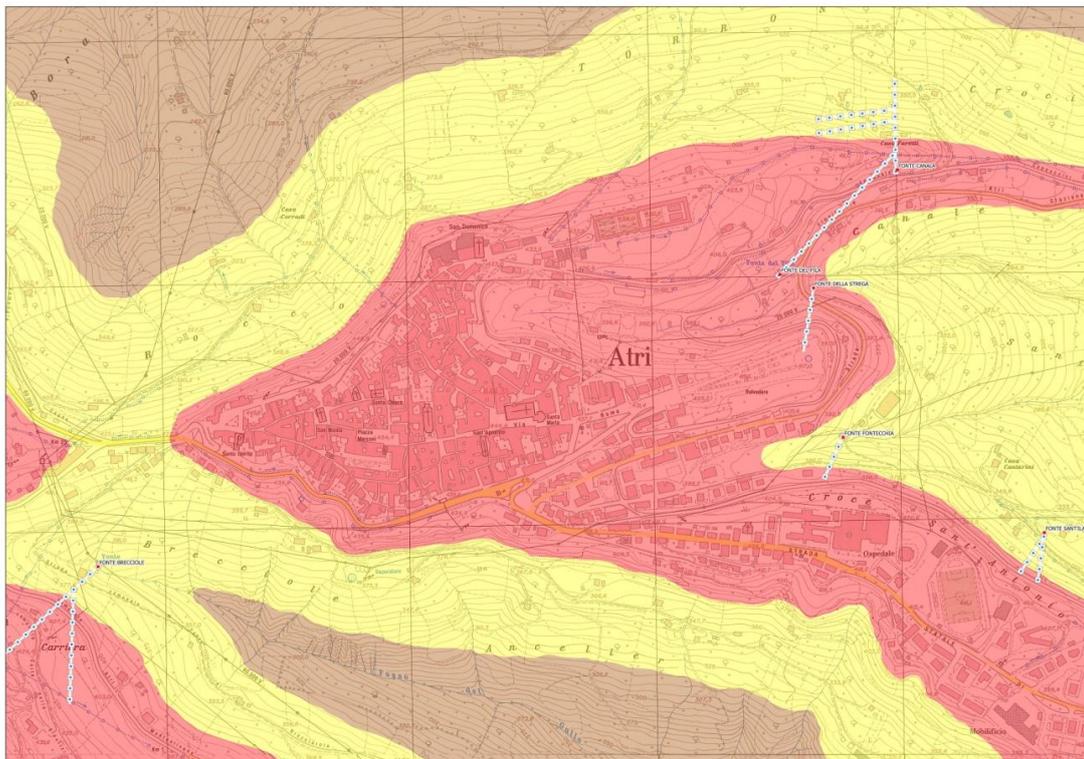


Altro aspetto strutturale importante da non sottovalutare, è la pendenza non molto accentuata dei condotti che consente un lento movimento del fluido al loro interno, questa caratteristica risulta importante per il semplice fatto che con una bassa

velocità di scorrimento veniva ridotto il rischio di potenziale erosione delle pareti che porterebbe successivamente all'intorbidamento delle acque. (Martella,1981)

Il meccanismo di funzionamento di questo complesso sistema ipogeo, risulta piuttosto semplice, le acque meteoriche, dopo essersi infiltrate nel sottosuolo attraverso le litologie permeabili, come i conglomerati nel presente caso, e fermate come già accennato in precedenza, dalle peliti del substrato, vengono, mediante pozzi di captazione, incanalate nei cunicoli e tramite questi inviate nei punti di raccolta rappresentati dai fontanili, dislocati in diversi punti del territorio. (Vedi figura 2)

Figura 2: CARTA CHE MOSTRA L'UBICAZIONE E L'ANDAMENTO DEI QUANAT NEL TERRITORIO ATRIANO



“Le acque di percolazione invece venivano raccolte direttamente sul piano in leggera pendenza dello scavo, mediante il continuo stillicidio dalle pareti e dalla volta del cunicolo, e convogliate fino allo sbocco”. (Martella,1981)

Altro discorso interessante nello sviluppo di questa prima parte di lavoro riguarda le fasi di progettazione, queste, venivano effettuate mediante l’ausilio di diverse tecniche soprattutto per il calcolo delle pendenze ottimali da assegnare ai Quanat.

Le più importanti tecniche risultano essere: quelle orientali, che usufruivano di uno strumento chiamato *“Archipenzolo ad A con filo a piombo pendente dal vertice”* (Martella,1981) (vedi figura 3), quelle Greco-Romane che si avvalevano del Chorobate, questo secondo Vitruvio consisteva in un *“telaio rettangolare lungo 5,20 metri la cui orizzontalità si rilevava mediante il traguardo dei piedi estremi, di cui era munito lo strumento, in rapporto a due fili a piombo che pendevano parallelamente a questi e mediante il controllo del livello di un incavo, ripieno d’acqua, ricavato nella parte superiore del telaio”* (Martella,1981) (vedi figura 4) e infine il sistema molto usato in Persia consistente in un filo di lana, unto di grasso, sul quale venivano fatte scorrere delle gocce di acqua, la velocità di scorrimento di queste ultime, sul filo teso ed inclinato, determinava la pendenza, ovvero il gradiente idraulico, da assegnare al cunicolo, il quale successivamente veniva realizzato seguendo la traccia del filo una volta stabilita la corretta inclinazione.

Figura 3: ARCHIPENZOLO AD A (<http://vitruvio.imss.fi.it/foto>)

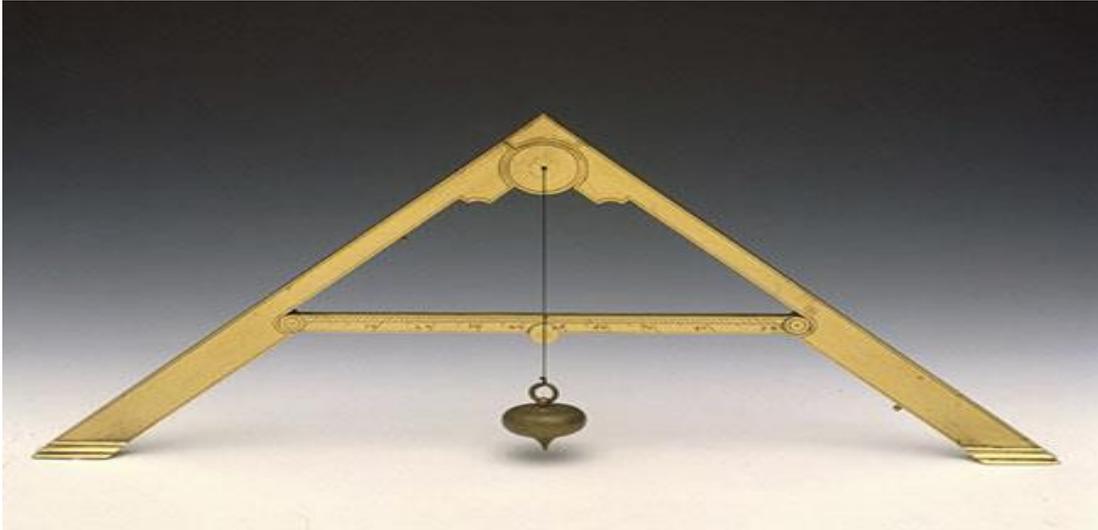
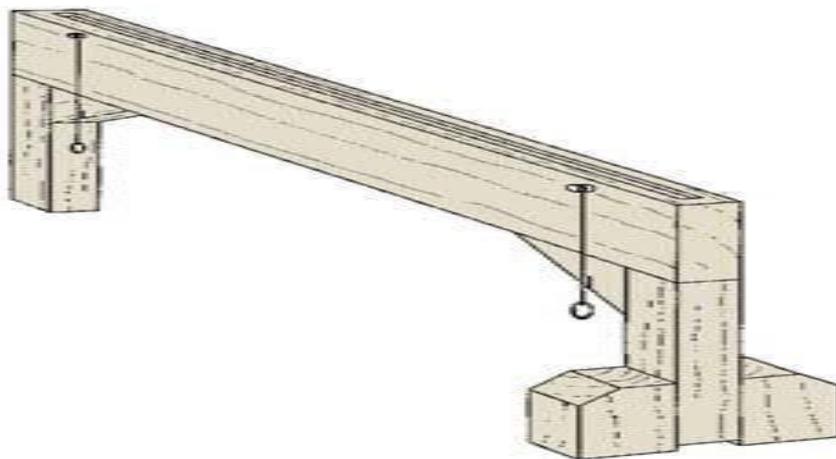


Figura 4: CHOROBATE



Per definire l'orientazione del tracciato, secondo studi effettuati, la tecnica maggiormente utilizzata è quella che prevedeva il controllo dell'allineamento dei pozzi di aerazione. (Martella,1981)

Il sistema idrico di cui sopra oltre ad essere importante sotto l'aspetto idrico risulta importante anche sotto l'aspetto geologico, in quanto va a ridurre i fenomeni

franosì e di dilavamento, infatti, il substrato pelitico presente nell'area in esame, oltre a favorire l'accumulo, favorisce il fenomeno del ruscellamento che può portare a fenomeni franosi, e dunque l'efficacia di queste opere nel ridurre tali fenomeni, come riporta Luigi Martella nel proprio lavoro (1981), si osserva nella zona situata a nord-ovest della località dove il sistema idrico sotterraneo è nullo, ed i fenomeni sopra descritti sono più frequenti e sviluppati.

In conclusione di questa prima parte, il discorso si concentra sui punti di recapito delle acque, che come precedentemente accennato, è rappresentato dai fontanili posti allo sbocco dei cunicoli, che costituiscono un importante patrimonio idrico per il territorio.

Sul terreno sono state individuate e cartografate alcune di queste fontane archeologiche prese come punti di carico idraulico (necessari insieme ai pozzi per la successiva ricostruzione della superficie piezometrica di cui si parlerà più avanti) e anche importanti, per la misura della portata al fine di stimare il deflusso totale della falda e dei parametri chimico-fisici atti ad una caratterizzazione delle acque, anche questi due aspetti verranno sviluppati nei successivi capitoli.

In totale le strutture individuate sono sei, di cui in seguito si parlerà in maniera più ampia:

FONTE CANALA: Situata su Colle Maralto ad una quota di 385 metri s.l.m., *“la fontana da cui esce perennemente acqua, si presenta con un prospetto monumentale in laterizio con nove archi a sesto acuto, incassato nella roccia.*

Ad ogni arco corrisponde una camera intercomunicante con le contigue in modo da depositare eventuali sospensioni”. (Manghisi, 1983) (vedi figura 5)

In base a misure di portata eseguite in loco nel mese di Gennaio 2013 si stima una portata di 0,11 litri al secondo in completo disaccordo con precedenti dati del 2011 che stimavano una portata media di 0,90 litri al secondo sempre per lo stesso mese, questo ci porta ad una prima immediata ma intuibile conclusione, le portate e quindi la quantità di acqua nei *Quanat* sono influenzate dalla quantità di precipitazioni.

Dietro la sua facciata è presente un sistema di cunicoli, il maggiore lungo 105 metri rappresentanti un acquedotto di età Romana. (*vedi figura 1*)

“L’acqua che scorre nei cunicoli, in virtù della leggerissima pendenza, lentamente ma con regolarità ed abbondanza presenta il livello minimo di magra estiva di 30 cm e quello massimo di piena invernale di 70 cm come rivelano le tracce di concrezioni calcaree esistenti lungo la parte bassa delle pareti”. (Martella,1981)

Figura 5: FONTE CANALA



FONTE DEL PILA: E' posta su Colle Maralto a 380 metri s.l.m, 5 metri più in basso rispetto alla precedente, infatti, è alimentata dai medesimi cunicoli della Canala.

“Nel complesso la fonte è formata da un'ampia cortina in mattoni, orientata a Sud e ruotata rispetto all'Est - Ovest di circa 18°, alla cui estremità destra si apre una fornace con volta ad arco scemo a copertura di una vasca abbeveratoio mentre all'interno del corpo murario chiuso si sviluppano le vasche di raccolta e decantazione delle acque”. (Martella,1981) (vedi figura 6 e 7)

Il valore della portata attraverso misure effettuate sul posto analogamente al caso precedente risulta di 0,34 litri al secondo rispetto al valore di 0,90 litri al secondo delle misure dell'anno 2009, confermando le conclusioni tratte nel precedente caso, mentre per la portata media annuale calcolata con i dati del 2009 si ha un valore medio di 0,75 litri al secondo, quindi più basso rispetto alla precedente, ad ulteriore conferma dell'influenza sulla portata del quantitativo e intensità delle precipitazioni.

Figura 6: FONTE DEL PILA



Figura 7: FONTE DEL PILA

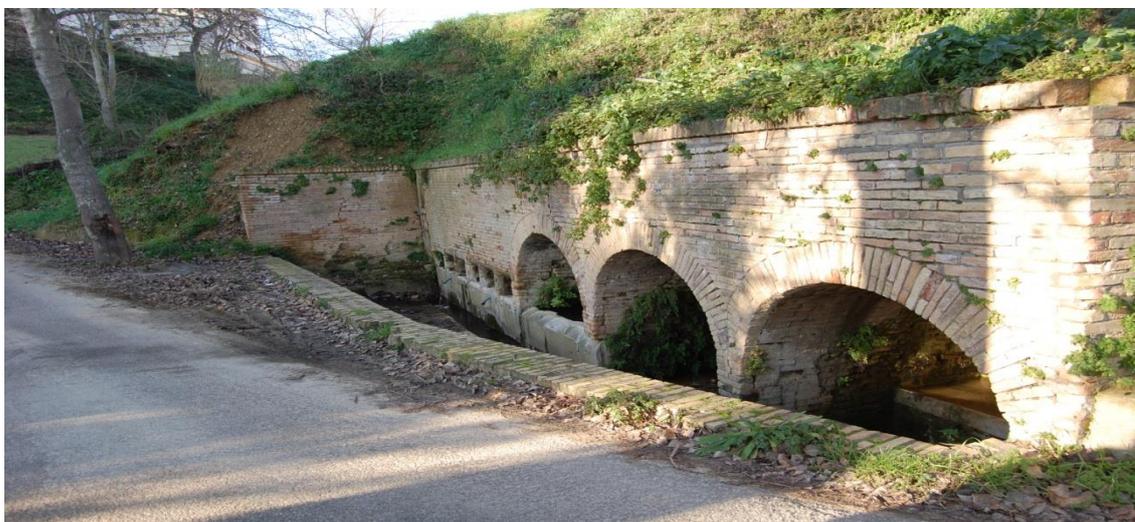


FONTE FONTECCHIA: Ubicata nel versante sud di Colle di Mezzo a 365 metri s.l.m.

“La facciata, che si presenta orientata a Sud - Est e ruotata di 21° rispetto all’asse Nord-Sud, risulta caratterizzata sul lato destro da tre fornici con volte a botte dal sesto leggermente ribassato e sul lato sinistro da un parametro continuo, in mattoni dello spessore di 5 cm in cui si aprono sei finestrelle di aerazione. (Martella,1981) (vedi figura 8).

Il valore di portata si attesta sui 0,18 litri al secondo.

Figura 8: FONTE FONTECCHIA



FONTE SANT'ILARIO: La sua costruzione risale all'inizio del XIV Secolo, ubicata al di sotto di Colle Muralto a 342 metri s.l.m. è la più piccola struttura presente sul territorio e si differenzia rispetto alle altre fontane in quanto in questa non si riscontra la presenza di vasche di decantazione del sedimento, caratteristica comune a tutte le altre, ma solo di vasche adibite all'accumulo di acqua. (vedi figura 9)

Inoltre il sistema di canalizzazione risulta costituito da canali che risultano essere più piccoli rispetto agli altri presenti in zona.

“Attualmente i cunicoli non solo non sono più percorribili per lo stato di inquinamento in cui versano a causa delle infiltrazioni prodotte dalla rete fognante del nuovo ospedale ma anche le acque, un tempo purissime, risultano imbevibili”.(Martella,1981)

Portata stimata di 0,40 litri al secondo, rappresentante uno dei valori più alti insieme alla sorgente Cona che presenta il più alto di 0,93 litri al secondo.

Figura 9: FONTE SANT'ILARIO



FONTE BRECCIOLE: Chiamata anche con il nome di Fonte Santa Croce, è situata

sul versante nord di Colle della Giustizia ad una quota di 363 metri s.l.m.

Strutturalmente “ *si presenta con la facciata orientata a Nord-Est e ruotata di 44° rispetto all’asse Nord-Sud, la partitura d’insieme è caratterizzata dalla presenza, su tutta l’estensione di destra, di un lungo paramento di mattoni in cui si aprono una serie di finestrelle di aerazione alle retrostanti vasche di raccolta e decantazione*”.

(Martella,1981) (vedi figura 10)

L’acqua, proveniente dalla retrostante collina, dopo aver percorso il sistema di canali, in questo caso di dimensioni maggiori rispetto ai precedenti (130 cm in altezza per 115 cm in larghezza), scorre da Ovest verso Est in vasche di decantazione prima e di raccolta poi che risultano intercomunicanti tra loro.

A seguito del calcolo della portata il valore è di 0,25 litri al secondo.

Figura 10: FONTE BRECCIOLE



FONTE DELLA STREGA: Dislocata a 360 metri s.l.m sul versante nord di Colle di Mezzo nei pressi della villa comunale a poca distanza dalla Fonte del Pila, “*il fronte, orientato a Nord e perfettamente ortogonale all’asse Nord-Sud, risulta*

fondamentalmente caratterizzato da due grandiosi fornicelle sulle cui pareti di fondo si aprono rispettivamente quattro finestrelle di aerazione per vano". (Martella,1981)

All'interno sono presenti delle vasche, sia di decantazione che di accumulo, adibite alla raccolta di acqua, costruite con blocchi di roccia consistente chiamata puddinga.

Fino a quando la fontana era funzionante il flusso idrico fuoriuscente dai condotti sotterranei, si muoveva dalla prima vasca di decantazione posta a destra verso sinistra dove terminava la sua corsa nella vasca di raccolta, infatti, allo stato attuale la fontana risulta parzialmente coperta da una muratura a causa della recente costruzione della nuova strada provinciale che collega Atri con il centro abitato di Pineto e quindi il flusso idrico risulta deviato di qualche metro più a valle, facendo risultare la struttura parzialmente inattiva. (vedi figura 11)

Nel complesso *"la struttura medioevale è costituita dalle otto finestrelle di aerazione, dai due grandi arconi a tutto sesto e dalle alte pareti di tamponamento delle vasche di decantazione". (Martella, 1981)*

In questo caso, la valutazione della portata è riferita solo ai dati del 2011 che indicano una portata media intorno ai 0,65 litri al secondo.

Figura 11: FONTE DELLA STREGA



CAPITOLO 2

Geologia e Geomorfologia del Territorio Atriano nel Contesto della Fascia Periadriatica

2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELLA FASCIA PERIADRIATICA

La fascia Periadriatica Marchigiano-Abruzzese, posta a cavallo tra la catena Appenninica ed il mare Adriatico, rappresenta l'edificio post-collisionale più esterno e recente della catena Appenninica, si struttura a partire dal Miocene Superiore-Pliocene Inferiore quando nell'area di avanfossa, posta al fronte della catena in costruzione, si sviluppa una tettonica di tipo compressivo che attraverso l'azione di thrust migranti verso Est crea una serie di bacini minori detti "bacini satellite", nei bacini più interni della Laga e del Cellino si depositano le torbiditi silicoclastiche Mio-Plioceniche che prendono nome dai rispettivi bacini, infatti oggi sono conosciute con i nomi di formazione della Laga e del Cellino, mentre nella porzione più esterna a partire dal Pliocene Inferiore si sviluppa il bacino Periadriatico dove la sedimentazione di depositi marini nell'intervallo Plio - Pleistocene è controllata dall'azione di due dorsali longitudinali (Bellante-Cellino-Attanasio e Campomare-Montesilvano) poste al fronte di due sovrascorrimenti principali. (*Nisio, 1997; Crocetti et al., 2009; Biferi & Adamoli, 2012*) (*Vedi figura 12 e 13*)

Il suddetto bacino Periadriatico nell'intervallo Pliocene inferiore – Pleistocene superiore viene frammentato in 5 diversi settori a variabile subsidenza per opera di faglie trasversali, il generale sollevamento, avvenuto nel Pleistocene, ovvero nelle

fasi finali della strutturazione, della più occidentale catena Appenninica migrante verso l'avampaese Adriatico in un sistema catena – avanfossa – Avampaese, causa il basculamento della successione marina che si ritrova immergente verso Est-Nord Est con assetto monoclinale. (*Centamore et al., 1997; Nisio & Farabollini, 1997; Biferi & Adamoli, 2012*) (vedi figura 12 e 13)

Inoltre il sollevamento differenziato porta il settore Teramano centrale, che tra i 5 è quello che subisce minore subsidenza, in posizione più rialzata.

“Il ciclo sedimentario inizia con alternanze di arenarie e calcareniti con sottili livelli conglomeratici separati da rari livelli pelitici; a sud del fiume Tronto la base della successione è costituita da livelli argillosi.

In tutta l'area, seguono verso oriente potenti unità pelitiche e pelitico-arenacee, entro le quali sono intercalati a varie altezze stratigrafiche livelli clastici sabbioso-conglomeratici, che chiudono il ciclo sedimentario in corrispondenza della fascia costiera”. (*Buccolini et Al., 2006*)

Come accennato all'inizio le litologie presentano un assetto monoclinale con pendenze molto basse comprese tra i 5 ed i 20 gradi con immersione variabile da Est-Nord Est a Nord-Est.

“La struttura nel complesso assume la configurazione di una doppia flessura, con concavità rivolta verso l'alto il cui asse principale è orientato in direzione circa Appenninica e l'asse secondario in direzione Est-Ovest”. (*Buccolini et al., 2006*)

In conclusione, per quanto concerne l'aspetto geomorfologico, la fascia Periadriatica, estesa per circa 60 km, presenta dalla costa procedendo verso i settori montuosi della catena Appenninica diversi settori, in cui l'energia del rilievo diminuisce man mano che ci si avvicina verso la costa, in particolare si riconoscono

due settori ben distinti, un settore collinare esterno e costiero dove si osserva bassa energia del rilievo, infatti, raggiunge quote massime di 400 metri circa, caratterizzato da fenomeni franosi, principalmente da crollo dove sono presenti litologie sabbioso-conglomeratiche e da colamento su litotipi pelitici dove molto spesso, quando ci sono le condizioni, si sviluppa la morfogenesi calanchiva.

“Nella zona costiera in corrispondenza dell’antica falesia si impostano frane da scorrimento rotazionale multiplo estese per alcuni chilometri lungo il litorale”.
(Nisio, 1997)

Il settore collinare interno pedemontano, dove affiorano le torbiditi silico-clastiche delle formazioni della Laga e del Cellino risulta sempre caratterizzato da una non elevata energia del rilievo, infatti, in questo settore le quote non superano gli 800 metri, e si presenta a causa di erosione selettiva su litotipi pelitici e arenacei con una morfologia a Cuesta, presente più raramente anche nel settore esterno.

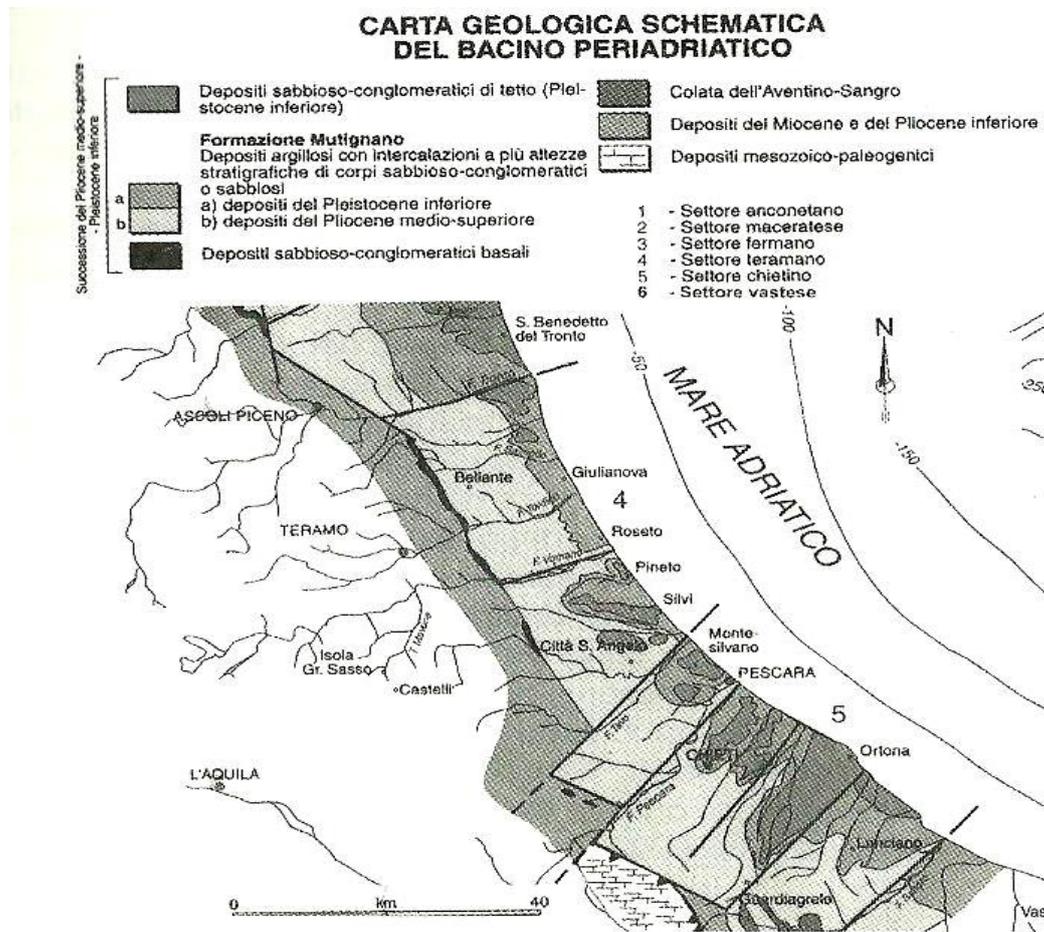
In questo settore sono rilevabili frane da scorrimento traslazionale presenti dove la giacitura degli strati è a franapoggio.

Quindi tutta l’area risulta molto influenzata da fenomeni gravitativi e da erosione areale, inoltre si rilevano anche dei terrazzi di origine climatica, probabilmente dovuti a variazioni glacio-eustatiche, che vanno dal primo ordine risalente al Pleistocene medio al terzo ordine di età Pleistocene superiore, costituiti da ghiaie calcaree, inoltre si avrebbe un anche un quarto ordine di età Olocenica risultante da fattori antropici più che climatici. (Buccolini et al., 2006; Nisio, 1997)

“I fattori principali che hanno guidato e controllato l’evoluzione geomorfologica e dell’area sono stati, il generale sollevamento regionale intenso e rapido dopo il Pleistocene inferiore, le variazioni climatiche ed eustatiche, la

tettonica quaternaria e il basculamento verso Est della fascia periadriatica e i caratteri litologici e l'assetto strutturale delle unità affioranti". (Nisio & Farabollini, 1997; Nisio, 1997)

Figura 11: CARTA GEOLOGICA SCHEMATICA DELLA FASCIA PERIADRIATICA (TRATTA DA GUIDE GEOLOGICHE REGIONALI ABRUZZO, 1° EDIZIONE 2003)



d'acqua che li hanno incisi e aree più rialzate dove sorge l'abitato come Colle della Giustizia, Colle di Mezzo e Colle Muralto che si affacciano sul Mare Adriatico.
(Vedi figura 14 e 15)

Figura 14: FOTO AEREA CHE MOSTRA L'UBICAZIONE DI ATRI TRA I BACINI DEL FIUME VOMANO E DEL TORRENTE PIOMBA (TRATTA DA GOOGLE EARTH)

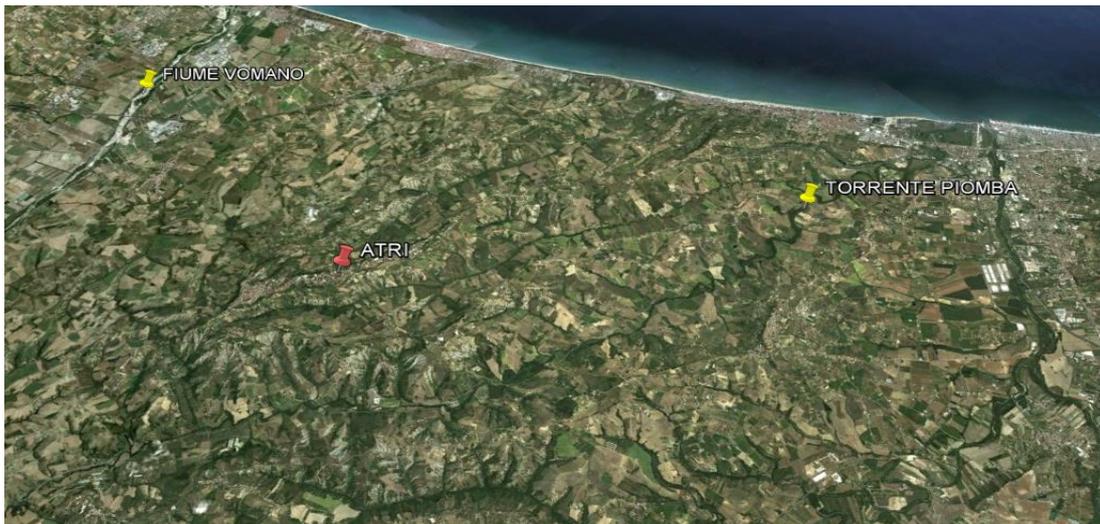


Figura 15: FOTO AEREA CHE MOSTRA IN DETTAGLIO LA DISTRIBUZIONE DELLE AREE DEPRESSE (FOSSI) E RIALZATE (COLLI) NEL TERRITORIO IN ESAME (TRATTA DA GOOGLE EARTH)



2.3 STRATIGRAFIA E TETTONICA DEL RILIEVO ATRIANO

Situato nel settore collinare esterno della fascia Periadriatica, geologicamente è costituito da una successione marina di età Plio-Pleistocenica al cui tetto sono presenti depositi sabbioso-conglomeratici di chiusura, questa successione, nota come formazione di Mutignano, depostasi in un bacino satellite a partire dal Pliocene medio e poggia in discordanza sulla sottostante formazione del Cellino (affiorante nei settori collinari più interni), rappresenta in successione verticale ambienti che vanno da aree di mare poco profondo (shoreface) verso le zone bacinali (offshore) a profondità più elevata, questi un tempo erano in continuità laterale (legge di Walter). (vedi figure 16 e 17)

Figura 16: RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DEGLI AMBIENTI A CUI SONO RIFERITI I TERMINI DELLA FORMAZIONE DI MUTIGNANO

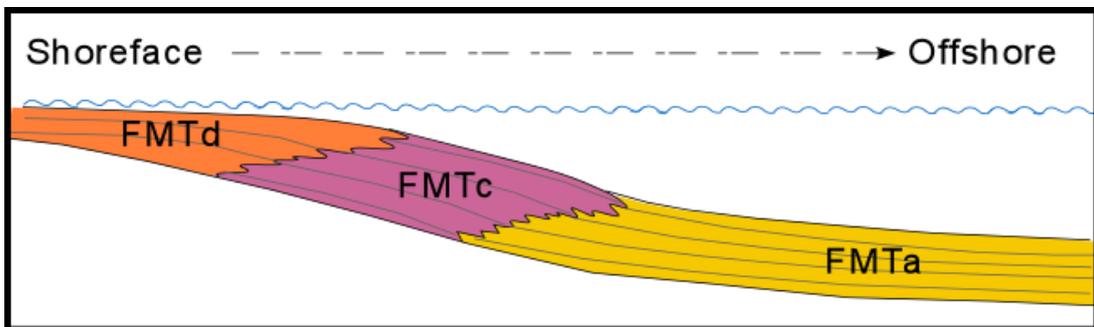
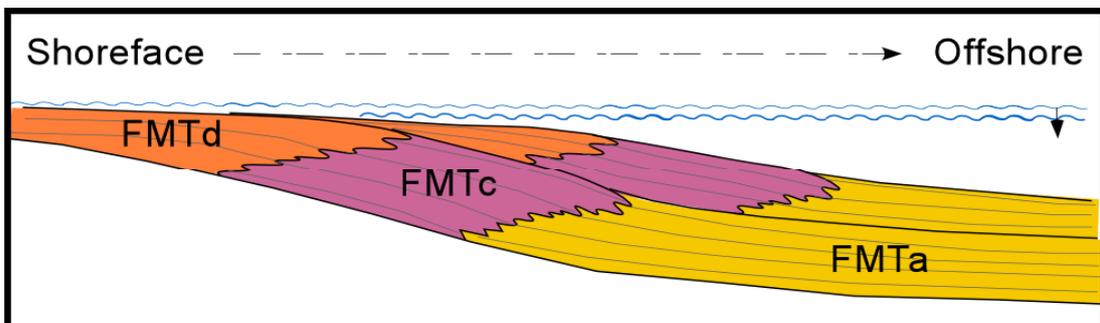


Figura 17: LA FASE DI PROGRADAZIONE CHE PORTA I TERMINI DELLA FORMAZIONE DI MUTIGNANO I IN SUCESSIONE VERTICALE



“I depositi di copertura sabbioso-conglomeratici, hanno età Pleistocenica medio-superiore ad appoggio sia concordante sia erosivo sul substrato marino.

In essi sono rappresentati sedimenti di ambiente fluviale, di spiaggia emersa e sottomarina e di transizione della piattaforma”. (Parea & Valloni, 1983)

Verso l’alto la successione presenta una marcata tendenza coarsening upward, infatti si nota un aumento della dimensione dei granuli, questo a conferma del fatto che verso l’alto si passa ad ambienti fluvio-deltizio-litorali, dove gli apporti e la deposizione di materiale grossolano, come ad esempio ghiaie e ciottoli erano più frequenti ed intense.

Dal lavoro di Parea e Valloni (1983) sulle paloespigge pleistoceniche della zona Atri-Silvi si evince che i corpi sabbioso-conglomeratici di chiusura vanno a formare corpi tabulari dello spessore di circa 10-20 metri rappresentanti cicli deposizionali.

Il territorio in esame rappresenta quindi un lembo di palespiaggia Pleistocenica con sabbie e conglomerati di ambiente costiero poggianti su sedimenti marini arenaceo-pelitici, *“il passaggio dai primi ai secondi è, di caso in caso, spiccatamente erosivo o di transizione graduale”* (Parea & Valloni, 1983) ed è ben visibile in un affioramento posto in zona Colle della Giustizia. (vedi figura 18)

Figura 18: LIMITE TRA LE FACIES COSTIERE SABBIOSO-CONGLOMERATICHE E LE FACIES MARINE ARENACEO-PELTICHE NELL’AFFIORAMENTO DI COLLE DELLA GIUSTIZIA



Il substrato, come riportato dal lavoro di Parea e Valloni (1983) è interessato da sforzi compressivi, dove sistemi di faglie e pieghe interessano i sedimenti Pliocenici più profondi, mentre quelli più recenti di età Pliocene superiore-Pleistocene risentono di una minore attività tettonica.

Dopo quanto fino ad ora detto passiamo alla descrizione più dettagliata della successione stratigrafica composta partendo dal basso da:

ASSOCIAZIONE PELITICO-SABBIOSA (FMTa): Rappresenta il termine basale della formazione di Mutignano, ed è quindi la più antica affiorante nell’area, il range temporale, stabilito in base al contenuto biogeno va dal Pliocene medio al Pliocene superiore, infatti, sono presenti le faune a *Globorotalia Crassaformis* riferibile al Pliocene medio e *Globorotalia Inflata* del Pliocene superiore. (Parea & Valloni, 1983; Biferi & Adamoli, 2012)

E’ costituita da argille e argille marnose grigio azzurre con intercalazioni non molto frequenti di sottili livelli di sabbie ocracee, verso l’alto si ritrovano livelli di sabbie e sabbie siltose che marcano il passaggio con l’unità superiore. (vedi figura 19)

Figura 19: ASSOCIAZIONE PELITICO-SABBIOSA CON LE TIPICHE MORFOLOGIE CALANCHIVE NEL FOSSO BRECCIARA



ASSOCIAZIONE SABBIOSO-PELITICA (FMTc): Databile al Pleistocene inferiore per la presenza della biozona a *Globigerina Cariocoensis* (Parea & Valloni, 1983; Biferi & Adamoli, 2012) è costituita da litotipi sabbiosi e sabbioso-siltosi di tonalità giallo ocre con alternanze di argille e argille-siltose grigie laminate.

L'aumento della frazione sabbiosa man mano che si procede verso il tetto dell'associazione è evidente grazie ad un cambio di tonalità dal grigio al giallo ocre.

All'interno dell'associazione, in particolare nella parte alta dove predominano le sabbie, si notano stratificazioni ad hummocky e flute cast che indicano un ambiente marino ad alta energia. (vedi figura 20)

Sono presenti al suo interno anche popolamenti a *Bivalvi*, oltre alla già citata *Globigerina Cariocoensis*.

Al di sopra di questa associazione poggiano le sabbie e conglomerati di chiusura che marcano il passaggio dalle facies marine alle facies costiere. (figura 18)

Figura 20: ASSOCIAZIONE SABBIOSO-PELITICA CON STRATIFICAZIONE AD HUMMOCKY



ASSOCIAZIONE SABBIOSO-CONGLOMERATICA (FMTd): Di età Pleistocene medio- superiore, poggiante in discordanza sui terreni marini Plio- Pleistocenici, questa associazione rappresenta il ciclo di chiusura con ambienti che variano da fluvio-deltizi a litorali.

Tale litologia risulta terrazzata, con diversi ordini di terrazzi via via più bassi andando verso mare, ad indicare che nel Quaternario la deposizione era condizionata da variazioni glacio-eustatiche unitamente al sollevamento della zona costiera avvenuto durante la costruzione della catena Appenninica che migrava verso oriente. (Parea & Valloni, 1983)

Nella parte alta sono conglomerati mal cerniti in matrice sabbiosa con ciottoli calcarei arrotondati ed isorientati, alla base invece si ritrovano sabbie di colore giallo con stratificazione incrociata tipica di ambiente litorale, tracce di bioturbazione e con frequenti intercalazioni ghiaiose che predominano sui ciottoli che sono presenti in minor percentuale. (vedi figura 21, 22, 23)

Figura 21: ASSOCIAZIONE SABBIOSO-CONGLOMERATICA IN AFFIORAMENTO A COLLE DELLA GIUSTIZIA



Figura 22: PARTICOLARE SUI CIOTTOLI ARROTONDATI ED ISORIENTATI DELL'ASSOCIAZIONE SABBIOSO-CONGLOMERATICA AFFIORANTE A COLLE DELLA GIUSTIZIA



Figura 23: BASE DELL'ASSOCIAZIONE SABBIOSO-CONGLOMERATICA AFFIORANTE IN LOCALITA' ANCELLERA

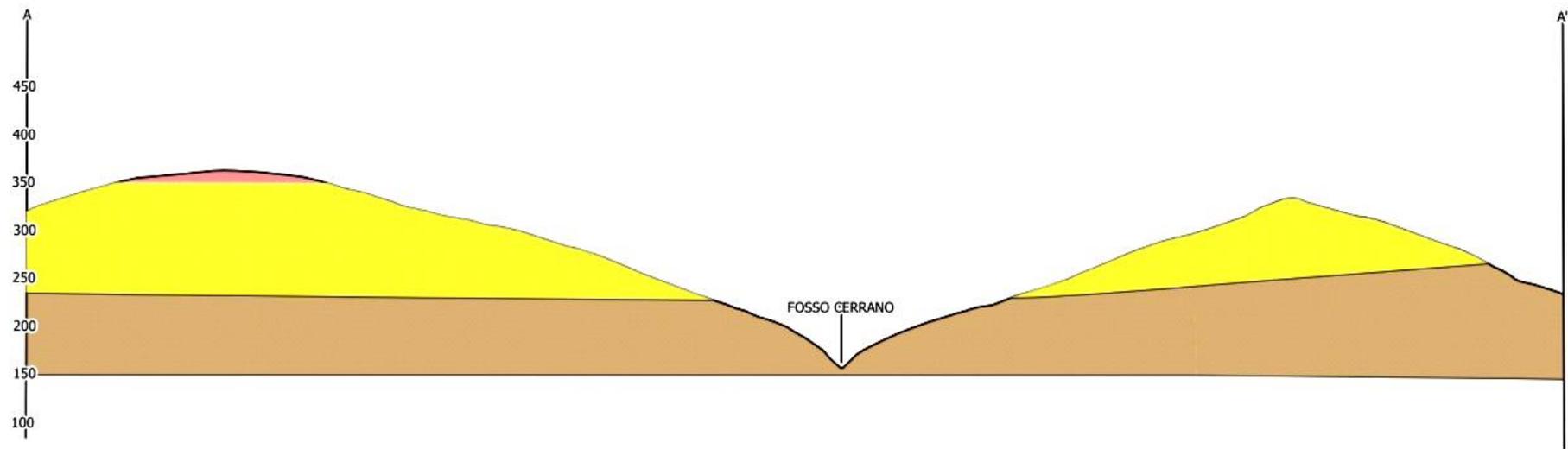


Infine possiamo discutere dei sistemi di faglie che agiscono nel territorio e che sono stati appena accennati ad inizio paragrafo, Parea e Valloni (1983) ne riscontrano due in particolare, uno connesso alle fasi di sollevamento orientato in direzione Nord-Sud circa parallelo alle strutture profonde con rigetto massimo di 50 metri, *“esse sono la conseguenza dell’adattamento della copertura Plio-Pleistocenica ai piegamenti e agli accavallamenti delle formazioni del substrato”* (Parea & Valloni, 1983) ed uno con rigetti minori in direzione Nord Est-Sud Ovest circa ortogonale alla linea di costa.

In allegato è presente la carta geologica corredata di sezioni geologiche (*vedi figure 24, 25, 26*) ottenuta sulla base delle informazioni ricavate dalla carta geologica 1:15000 redatta dai Dottori Umberto Biferi e Leo Adamoli nell’ambito della realizzazione del piano regolatore generale del comprensorio Atriano e da osservazioni effettuate sul terreno.

PRIMO A3 DA INSERIRE

Figura 24: SEZIONE GEOLOGICA A-A'



LEGENDA

ASSOCIAZIONE SABBIOSO - CONGLOMERATICA



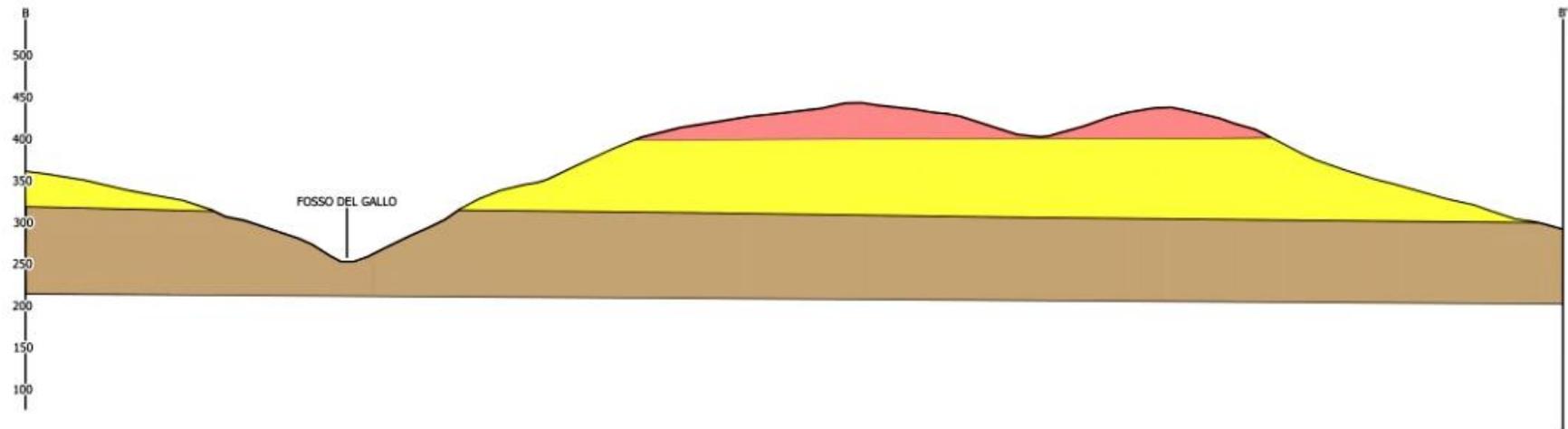
ASSOCIAZIONE SABBIOSO - PELITICA



ASSOCIAZIONE PELITICO - SABBIOSA



Figura 25: SEZIONE GEOLOGICA B-B'



LEGENDA

ASSOCIAZIONE SABBIOSO - CONGLOMERATICA



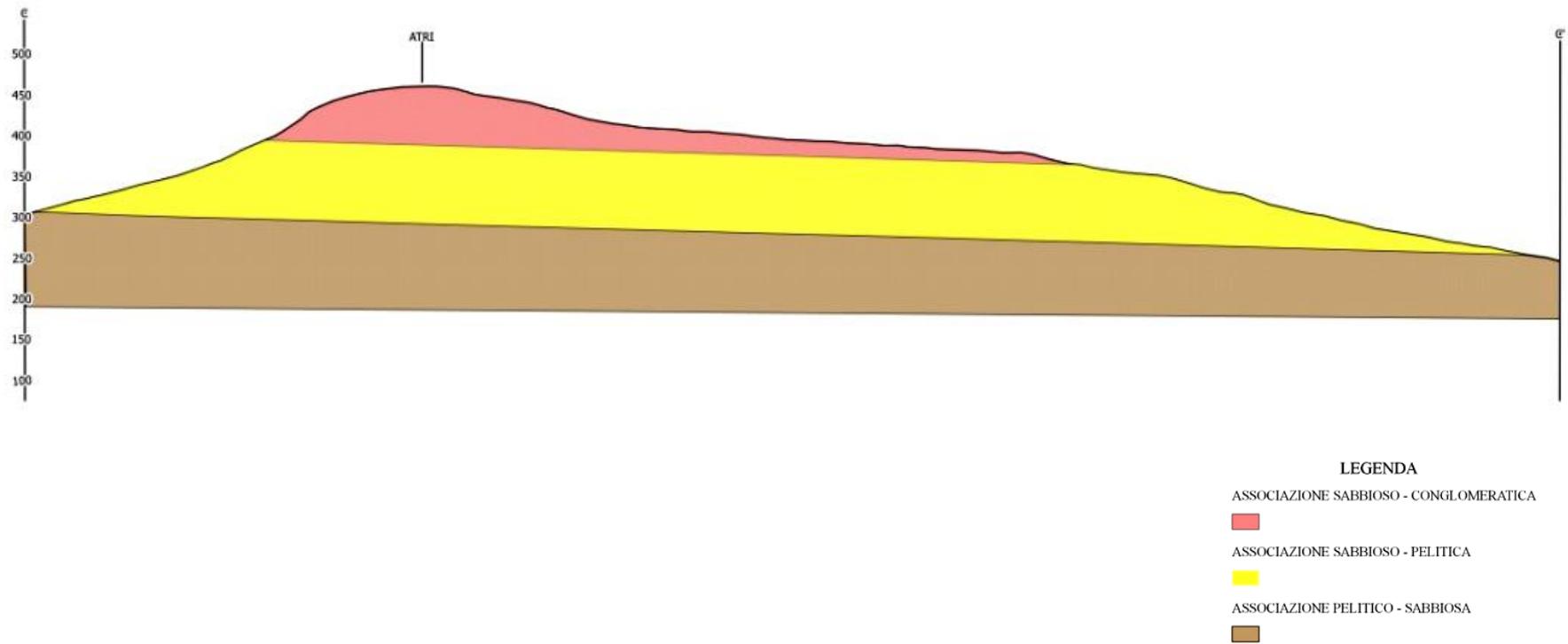
ASSOCIAZIONE SABBIOSO - PELITICA



ASSOCIAZIONE PELITICO - SABBIOSA



Figura 26: SEZIONE GEOLOGICA C-C'



2.4 ASPETTI GEOMORFOLOGICI DEL TERRITORIO ATRIANO

In conclusione di questa ampia seconda parte, si parlerà di quelli che sono gli aspetti geomorfologici del territorio, alcuni dei quali come ad esempio i calanchi sono caratteristici dell'area e rappresentano un patrimonio naturalistico che ha portato alla fondazione della *riserva naturale dei calanchi di Atri*.

Ed è proprio da questi che partirà l'analisi delle forme del rilievo Atriano, questo tipo di morfologia consiste in una serie di piccole vallecole ripide ramificate e gerarchizzate confluenti sulla principale separate da piccole creste aguzze, sono creati dall'azione erosiva dell'acqua che scorrendo sulle argille, le quali favoriscono il ruscellamento superficiale, scava solchi d'erosione concentrata a rivoli chiamati *rill erosion* (vedi figura 27) il cui approfondimento porta allo sviluppo del calanco. (vedi figura 28 e 29)

“Il progressivo approfondirsi dei rivoli, con il graduale aumento della concentrazione dell'acqua entro queste linee preferenziali, provoca un ulteriore incremento del potere erosivo delle acque di ruscellamento.

Si generano così solchi, che una volta innescati, rapidamente si approfondiscono, si allungano e si ramificano”. (Panizza, 1992)

Figura 27: RILLEROSION



Figura 28: MORFOLOGIA CALANCHIVA NEL FOSSO BRECCIARA



Figura 29: CALANCI NEL FOSSO BRECCIARA



La litologia pelitica è necessaria ma non sufficiente per la loro formazione e sviluppo, infatti, secondo G.B. Castiglioni e Mario Panizza ci sono altri fattori che contribuiscono alla nascita e che possono essere divisi in due categorie principali:

1- *FATTORI AMBIENTALI*

2- *FATTORI STRUTTURALI*

I primi riguardano in particolare, l'esposizione del versante che deve affacciarsi a sud in assenza di vegetazione dove l'irradiazione solare è maggiore e favorisce il disseccamento e l'esfoliazione in lamelle, poi trasportate a valle, dell'argilla precedentemente impregnata (imbibita) dall'acqua di ruscellamento che ha scavato i rivoli, processo questo che porterà alla formazione definitiva della morfologia e il clima che deve essere caratterizzato da fasi umide alternate a fasi secche.

I fattori strutturali riguardano la giacitura degli strati, infatti, i calanchi si formano su versanti dove la stratificazione presenta giacitura a reggipoggio che conferisce una maggiore acclività del versante.

Nell'area oggetto di studio si osservano nelle aree più depresse, ovvero nei 4 fossi principali (Fosso Brecciaro, del Gallo, Cerrano e Sabbione) esposti a Sud-Sud Est dove affiorano le peliti della successione marina.

I fenomeni gravitativi costituiscono l'altro elemento morfologico caratterizzante l'area, le frane presenti nel territorio sono classificabili in due tipologie, frane da crollo e da scorrimento, inoltre sono presenti sui lati delle strade anche piccole frane non classificabili. (*vedi figura 30*)

Figura 30: PICCOLA FRANA SUL BORDO DELLA STRADA IN LOCALITA' BRECCIOLE

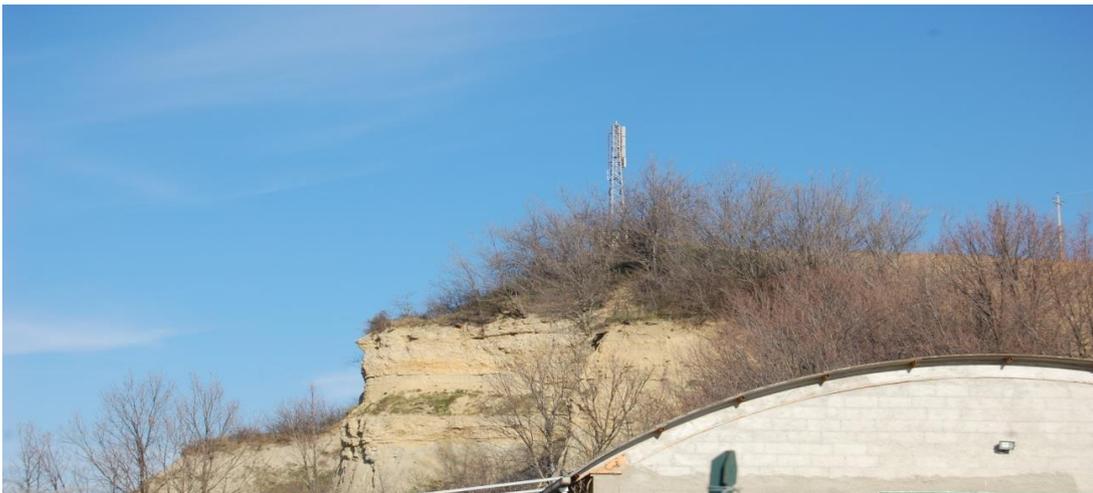


FRANE DA CROLLO: Presenti in località Ancellera, Brecciole e Colle della Giustizia, tali fenomeni secondo Castiglioni consistono nel distacco di masse rocciose che si muovono con movimento verticale da pareti ripide con l'assenza di una vera e propria superficie di scorrimento, nel caso particolare del territorio in questione, si impostano sulle litologie sabbioso-conglomeratiche, e la loro genesi è legata ai calanchi, *“il processo di arretramento dei cigli calanchivi erode il piede dei corpi tabulari sabbioso-ciottolosi che quindi risultano soggetti a crolli”*. (Crocetti et Al., 2009) (vedi figura 31 e 32)

Figura 31: PARETE SUBVERTICALE SABBIOSO-CONGLOMERATICA SOGGETTA A FENOMENI DA CROLLO IN LOCALITA' ANCELLERA



Figura 32: AFFIORAMENTO SOGGETTO A CROLLI NEI PRESSI DI COLLE DELLA GIUSTIZIA



FRANE DA SCORRIMENTO ROTAZIONALE: Si osservano sui versanti poco acclivi con disposizione degli strati a franapoggio presenti nel settore nord del rilievo Atriano, l'agente morfogenetico in questo caso è l'acqua che scorrendo sulla litologia pelitica impermeabile che favorisce il ruscellamento provoca il distacco della massa franosa, che assume un movimento rotatorio dall'alto verso il basso su di una superficie di scorrimento ricurva con concavità rivolta verso l'alto.

Secondo G.B Castiglioni *“avvengono con la neoformazione di superfici di taglio curve entro materiali semicoerenti o pseudo coerenti, quando viene superata la resistenza al taglio dei materiali stessi”*. (Castiglioni, 1989)

Tra i fenomeni gravitativi, come riportato dal lavoro eseguito da Crocetti et al. (2009), vi sono anche movimenti deformativi lenti all'interno dei versanti caratterizzati da litotipi sabbioso-argillosi sul basamento argilloso, il fenomeno si verifica con movimenti di circa 1-2 cm/anno della coltre sabbioso-argillosa sopra il substrato pelitico marino Plio-Pleistocenico.

“i movimenti sono governati dai valori residui della resistenza al taglio dei terreni, e delle variazioni del regime delle pressioni neutre nel sottosuolo, hanno carattere di stagionalità e sono in diretto rapporto con l'andamento delle precipitazioni meteoriche”. (Biferi & Adamoli, 2012)

CAPITOLO 3

Bilancio Idrologico

Prima di introdurre il discorso riguardante l'idrogeologia del territorio Atriano, ci concentreremo in questa parte sul bilancio idrologico, che non è altro che la stima della quantità di acqua che arriva, mediante precipitazioni meteoriche, in una determinata zona e si infiltra nel sottosuolo andando ad alimentare le riserve idriche sotterranee e del quantitativo della stessa che la lascia per evapotraspirazione e deflusso in un determinato lasso di tempo.

Questa quantificazione è espressa mediante la formula $P = ET + I + D$ dove P sono le precipitazioni, ET l'evapotraspirazione, I l'infiltrazione e D il deflusso superficiale.

La sopracitata formula ci dice che di tutta l'acqua che cade al suolo, una parte viene restituita all'atmosfera mediante processi di evaporazione e traspirazione che combinati danno l'evapotraspirazione, una parte si infiltra nel sottosuolo andando ad alimentare la falda acquifera ed un'ultima parte defluisce in superficie con una piccola percentuale che trattiene il terreno sotto forma di acqua di ritenzione data dalla somma dell'acqua capillare, igroscopica e pellicolare.

Analizzando nello specifico questi tre termini:

EVAPOTRASPIRAZIONE: Come già detto è il processo che porta l'acqua ad essere restituita all'atmosfera, consta sostanzialmente di due termini, evapotraspirazione reale (ET) ed evapotraspirazione potenziale (Ep).

Il primo coincide con la quantità di acqua che realmente viene restituita all'atmosfera, viene calcolata mediante la formula introdotta da Turc (1954) che

utilizza i valori di precipitazione e temperatura, $ET = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$ il termine L al

denominatore rappresenta una costante chiamata potere evaporante dell'atmosfera, questa si determina con un semplice calcolo secondo la seguente equazione $L = 300 + 25 \cdot T + (0,05 \cdot T)^2$ con il termine T indicante la temperatura media mensile, talvolta viene usata la temperatura corretta per l'umidità calcolata mediante la sommatoria delle 12 temperature mensili moltiplicate per i valori di precipitazione

mensili diviso il totale di precipitazione annua, $\sum_{i=1}^{12} \frac{P_i \cdot T_i}{P_{tot}}$.

Il secondo termine, evapotraspirazione potenziale (Ep), rappresenta il quantitativo di acqua che l'atmosfera vorrebbe se avesse a sua disposizione tutta l'acqua necessaria e dipende solo dalla temperatura, si determina attraverso la formula ideata e introdotta da Thornthwaite (1948), $Ep = K \cdot [1,6 \cdot ((10 \cdot T_i) / I)^\alpha]$, qui come precedentemente accennato notiamo che non compare il termine di precipitazione poiché dipende solo dal valore di temperatura, ma presenta altri termini come il coefficiente di latitudine K che si calcola mediante il rapporto tra le ore diurne e una costante (12), I che rappresenta l'indice di calore, calcolato facendo

la sommatoria dei 12 indici di calore mensili $\sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T_i}{5}\right)^{1,514}$, la temperatura media mensile (Ti), la potenza α ($\alpha = 0,49239 + 1,792 \cdot 10^{-5} I - 771 \cdot 10^{-7} \cdot I^2 + 675 \cdot 10^{-9} \cdot I^3$) e infine due costanti, 1,6 e 10.

INFILTRAZIONE: Rappresenta la percentuale di acqua che filtra nel sottosuolo, di cui una parte va ad alimentare le falde, in questo caso si parla di *Infiltrazione efficace (Cf)* stimabile secondo la seguente formula $Cf = \frac{F}{P} * 100$ con F che rappresenta l'acqua infiltrata e P le precipitazioni, entrambe espresse in mm.

DEFLUSSO: E' la quantità di acqua in eccesso che il terreno non riesce più ad assorbire e che defluisce in superficie mediante il fenomeno del ruscellamento, il *Coefficiente di ruscellamento* si stima dal rapporto tra il ruscellamento stesso e il volume delle precipitazioni.

Questi ultimi due termini dell'equazione generale del bilancio idrologico, se sommati danno il deflusso totale Q per cui la formula si riduce nella forma $P = ET + Q$ che è il metodo basato sull'evapotraspirazione vera.

Nel nostro caso, per il bilancio dell'area Atriana, il metodo utilizzato è quello basato sull'evapotraspirazione potenziale, in quanto abbiamo più incognite e viene effettuato sulla base di dati pluriennali di Precipitazioni e Temperatura che vanno dal 1990 al 2004.

Il primo passo è il calcolo dell'evapotraspirazione potenziale mese per mese mediante Thornthwaite e la stima delle precipitazioni utili ottenuta con la differenza tra precipitazione ed evapotraspirazione potenziale, da questo poi si possono stimare le riserve idriche, surplus, deficit ed evapotraspirazione reale. (*vedi figura 33*)

Infine sono stati elaborati due grafici il primo (*vedi figura 34*) rappresenta l'andamento delle precipitazioni, evapotraspirazione reale e potenziale, mentre nel secondo (*vedi figura 35*) si stimano i periodi di eccedenza e ricostruzione delle riserve idriche e il periodo di deficit e consumo di acqua da parte del terreno.

Dagli annali idrologici, in base ai dati di precipitazioni e temperature, che come detto sono dati da osservazioni che vanno dal 1990 al 2004 possiamo definire il clima che caratterizza il territorio, dato da estati secche con temperature medie di 23,6 ° C e valori minimi di precipitazioni compresi tra 37,8 mm e 41 mm nei mesi di Luglio e Agosto e inverni più piovosi con la temperatura minima che si aggira intorno ai 5,4 ° C e valori massimi di precipitazioni di 93,3 mm nel mese di Dicembre.

Il totale delle precipitazioni annue ha un valore di 776,1 mm con l'evapotraspirazione potenziale annua stimata di 789,69 mentre quella reale ha un valore di 554,57, questi valori ci permettono di definire il deflusso superficiale mediante la differenza tra precipitazioni (P) ed evapotraspirazione reale (ET), $D = P - ET$, che è di 221,53 mm, valore che successivamente sarà utilizzato nell'ambito della valutazione dell'infiltrazione efficace.

I valori ottenuti ci permettono di definire due tipi di stagione, una umida che da Ottobre si protrae fino ad Aprile, dove abbiamo il valore di precipitazione maggiore dell'evapotraspirazione e quindi abbiamo acqua a sufficienza, sia per soddisfare l'evapotraspirazione e sia per alimentare le riserve idriche, infatti, nei mesi di Ottobre e Novembre, come si può notare dal grafico allegato (*vedi figura 35*), l'acqua va a ricostruire le riserve per poi avere un Surplus di acqua da Dicembre ad Aprile.

La stagione secca, dove il valore di Precipitazione è inferiore di quello dell'evapotraspirazione potenziale, invece va da Maggio a Settembre, qui nei periodi in cui l'acqua delle riserve idriche non è in grado di compensare la differenza tra precipitazioni ed evapotraspirazione (tale differenza costituisce le precipitazioni

utili) si verifica un deficit, stimato, in base alla differenza tra i valori di Ep ed ET, essere di 235,12 mm annui tra Giugno e Settembre (*vedi figura 35*).

In conclusione, a seguito dei dati ottenuti possiamo associare Atri ad un clima prettamente Mediterraneo, con estati calde e secche con elevata evapotraspirazione, dove si registrano deficit e inverni caratterizzati da temperature più basse e valori di precipitazioni più elevati con eccedenze o surplus.

Figura 33: TABELLA DEL BILANCIO IDROLOGICO

MESE	T (°C)	P (mm)	Ep (mm)	P UTILI (mm)	RISERVE IDRICHE	ET (mm)	ECCEDENZA (mm)	DEFICIT (mm)	VARIAZIONE RIS. IDRICHE
OTTOBRE	14,6	83,2	66,04	17,16	17,16	66,04	0	0	17,16
NOVEMBRE	10,4	89,8	40,11	46,69	63,85	40,11	0	0	46,69
DICEMBRE	6,4	93,3	19,64	73,66	100	19,64	37,51	0	36,15
GENNAIO	5,4	72,4	15,3	57,1	100	15,3	57,1	0	0
FEBBRAIO	5,9	62	17,43	44,57	100	17,43	44,57	0	0
MARZO	8,7	62,2	30,85	31,35	100	30,85	31,35	0	0
APRILE	11,7	65,2	47,6	17,6	100	47,6	17,6	0	0
MAGGIO	15,5	50,6	72,1	0	78,5	72,1	0	0	0
GIUGNO	20,9	48,6	111,9	0	15,2	96,7	0	15,2	0
LUGLIO	23,7	37,8	134,43	0	0	37,8	0	96,83	0
AGOSTO	23,6	41	133,79	0	0	41	0	92,79	0
SETTEMBRE	19,4	70	100,3	0	0	70	0	30,3	0
TOT ANNUO	13,9	776,1	789,69	288,13	\	554,57	221,53	235,12	\

Figura 34: *GRAFICO DELL'ANDAMENTO DELLE PRECIPITAZIONI, EVAPOTRASPIRAZIONE REALE E POTENZIALE*

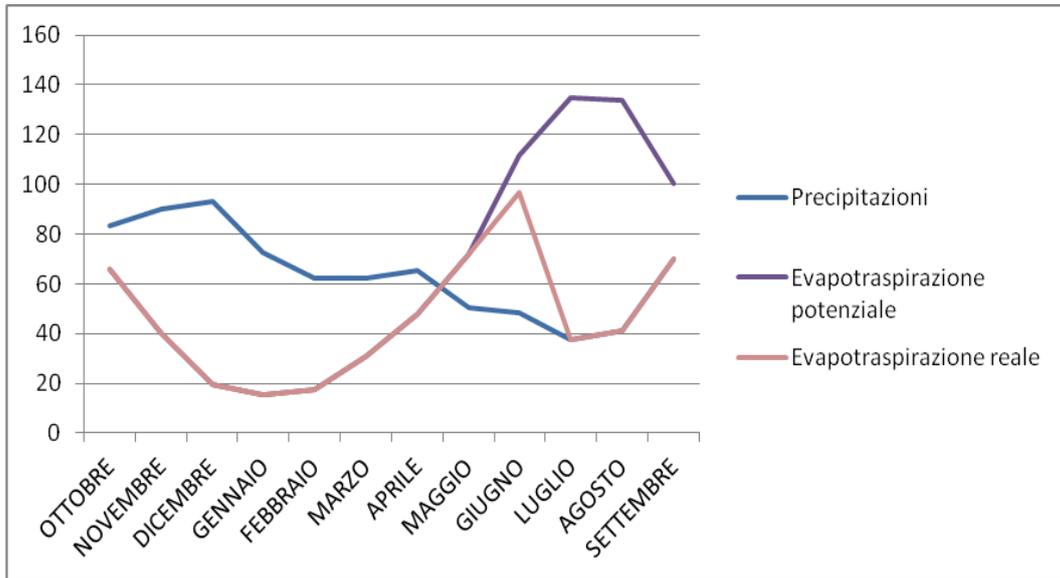
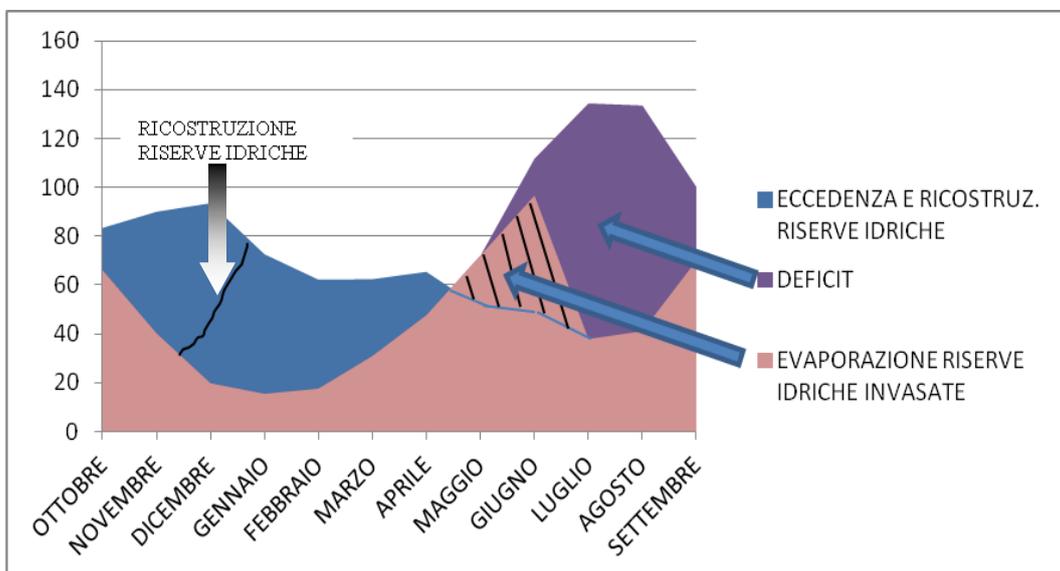


Figura 35: *GRAFICO CON LE AREE RAPPRESENTANTI I PERIODI DI DEFICIT, ECCEDEXZA, RICOSTRUZIONE ED EVAPORAZIONE DELLE RISERVE IDRICHE INVASATE*



CAPITOLO 4

Ricostruzione e Analisi della Falda Freatica

4.1 METODOLOGIA DI LAVORO

In questa parte tratteremo quello che possiamo definire l'argomento principe dell'intero lavoro, ovvero l'idrogeologia del territorio Atriano attraverso la ricostruzione della superficie piezometrica e l'analisi della falda freatica.

Per arrivare a definire e ricostruire l'andamento della superficie piezometrica il primo obiettivo è la ricerca dei punti d'acqua per la determinazione dei carichi idraulici, nel territorio sono stati individuati 24 punti, di cui 15 sono i pozzi e 9 le sorgenti, la raccolta dei dati è stata effettuata in due periodi differenti, al fine di valutare eventuali oscillazioni del livello freatico, mediante le classiche tecniche di misurazione della soggiacenza con l'ausilio del freatimetro da cui poi si è calcolato il carico idraulico che indica la quota rispetto al livello del mare della falda, una prima campagna estiva è stata svolta tra i mesi di Settembre e Ottobre 2012 mentre una seconda invernale a cavallo tra i mesi di Gennaio e Febbraio 2013. (*vedi figure 43, 44, 45*)

L'unione dei punti con eguale carico ha portato alla definizione delle isofreatiche che insieme rappresentano in carta l'acquifero Atriano e permettono di individuarne la geometria, lo spessore e infine assi di drenaggio, spartiacque e linee di flusso.

Sulle sorgenti sono stati anche misurati e calcolati i valori di portata (*vedi figura 36*) utili alla valutazione del deflusso totale e dell'infiltrazione efficace.

4.2 ELEMENTI PER LA DEFINIZIONE DEI CARICHI IDRAULICI

Come precedentemente accennato, per stabilire i carichi idraulici, è necessario disporre di punti di controllo, rappresentati nel nostro caso da pozzi artesiani e sorgenti, i primi permettono una misura diretta mediante uno strumento chiamato freatometro, in particolare consistono in strutture di forma cilindrica infisse nel terreno fino ad una profondità tale da intercettare la falda.

Il secondo elemento utile per le misurazioni sono le sorgenti, in questo caso il carico idraulico non viene calcolato dal valore di soggiacenza come nel precedente caso dei pozzi ma è determinato direttamente dalla quota topografica in quanto queste rappresentano punti di emergenza della falda.

Sono suddivisi in sorgenti naturali dove l'emergenza di acqua sul piano campagna avviene o per contatto tra formazioni più permeabili e quelle meno permeabili, quindi per soglia di permeabilità o per affioramento della superficie piezometrica e sorgenti dove l'acqua fuoriesce non per un contatto tra litologie a permeabilità differente ma dopo avere percorso dei canali sotterranei denominati *Quanat (vedi cap.1)*, che incanalano l'acqua verso i punti di recapito dove sono poste delle fontane archeologiche adibite alla raccolta del fluido (*vedi cap. 1*), da un'attenta analisi possiamo evidenziare che questo sistema di canalizzazioni regola, specialmente nei punti più elevati del territorio, la falda dettando i carichi idraulici e influenzando in modo significativo l'architettura dell'acquifero andando a modificare quelli che erano gli antichi deflussi naturali.

Le quote topografiche di pozzi, sorgenti e fontanili, necessarie per il calcolo dei carichi idraulici, sono state rilevate mediante l'uso dell'altimetro sul terreno e successivamente verificate ed eventualmente corrette con il posizionamento sulla

carta topografica che ha consentito in base alle isoipse un migliore grado di approssimazione.

4.3 CARATTERI DELLE LITOLOGIE AFFIORANTI E COMPLESSI IDROGEOLOGICI

La falda acquifera Atriana è ubicata all'interno delle litologie permeabili della formazione di Mutignano delimitate in basso dal substrato Pelitico a permeabilità inferiore, in base a questa considerazione possiamo dunque suddividere la successione in due complessi ben definiti, uno a più elevata permeabilità rappresentato dall'associazione sabbioso-conglomeratica di tetto e la sabbioso-pelitica ed uno a bassissima permeabilità costituito dalle peliti sabbiose del substrato.

Come è ben noto, la permeabilità (K) è definita come la capacità di una roccia di essere attraversata da un fluido e di immagazzinarlo e dipende in primo luogo dalla litologia, quindi dalla tessitura e dalla dimensione e quantità degli spazi intergranulari intercomunicanti tra loro che consentono il movimento per gravità dell'acqua verso il basso che si accumula in essi una volta raggiunta l'interfaccia impermeabile che limita o non consente più il movimento del fluido verso il basso, il volume dei vuoti rispetto al volume totale della roccia rappresenta la porosità.

I conglomerati e le sabbie come già accennato rappresentano il complesso permeabile andando ad agire come rocce serbatoio per la penetrazione e l'accumulo di acqua nel sottosuolo, hanno valori di permeabilità variabili attorno a 10^{-3} m/s per la sabbioso-conglomeratica costituita da ciottoli calcarei in matrice sabbiosa e valori un po' più bassi per l'associazione sabbioso-pelitica in quanto non si tratta di sabbie pure ma di sabbie contenenti a varie altezze stratigrafiche sottili livelli argillosi che

ne diminuiscono il coefficiente di permeabilità (K) con un range di valori compreso tra $10^{-5} < K < 10^{-2}$ m/s.

Per quanto riguarda la litologia pelitica del substrato che rappresenta il complesso impermeabile agente da acquiclude, i dati utili per la sua caratterizzazione fisico-meccanica sono essenzialmente riferiti al lavoro di Anselmi et al (1994), da cui si apprende che il terreno è classificato come limo-argilloso contenente una frazione sabbiosa variabile, *“i campioni provenienti dai livelli stratigrafici più bassi mostrano un tenore in sabbia (circa il 10%) maggiore rispetto a quelli provenienti dai livelli superiori (intorno al 2%)”*. (Anselmi et Al., 1994)

Le analisi mineralogiche tratte dal medesimo lavoro evidenziano la presenza della calcite, dolomite e quarzo oltre che dei minerali argillosi presenti in misura più abbondante, tra questi ultimi *“prevalgono le argille micacee: infatti l’illite predomina sulla smectite, meno rilevante la presenza di clorite e caolinite”*. (Anselmi et Al., 1994)

Le argille come è ben noto possiedono una bassissima permeabilità che limita o impedisce totalmente il movimento per gravità dell’acqua al loro interno, questo, oltre che dalle caratteristiche tessiturali, è favorito anche dai minerali argillosi che possiedono capacità di adsorbimento, ovvero sono in grado di intrappolare molecole di acqua favorendo il ruscellamento superficiale e sfavorendo l’infiltrazione che risulta molto limitata.

Il valore del coefficiente di permeabilità quindi risulta molto basso a causa della natura della litologia ed è compreso tra $10^{-6} < K < 10^{-8}$ m/s e quindi tale litologia favorisce oltre al già citato fenomeno del ruscellamento anche

l'evapotraspirazione che risultano maggiori dell'infiltrazione già di per se molto scarsa.

4.4 VALUTAZIONE DELL'INFILTRAZIONE EFFICACE

Per concludere questo paragrafo parleremo del discorso riguardante la stima dell'acqua che va ad infiltrarsi nel sottosuolo attraverso la litologia a permeabilità più elevata che come riferito in precedenza è l'associazione sabbioso-conglomeratica di tetto avente un estensione areale di circa 3,58 Km^2 , per effettuare questa stima è necessario disporre dei valori di portata misurati in situ nelle sorgenti (*vedi figura 36*) al fine di trasformare le portate in lama d'acqua che si infiltra in un anno mediante la seguente formula $F = q \frac{t}{A} * 1000$ dove q è la portata totale delle sorgenti pari nel nostro caso a 2,89 litri al secondo, t i secondi in un anno (31536000 s) che moltiplicati al precedente valore di portata media fornisce la portata media annua che è pari a 12614400 litri all'anno corrispondenti a 12614 m^3 all'anno che poi andranno divisi per A che è l'area dei conglomerati in metri quadrati, dalle misure effettuate l'area è di 3,58 Km^2 corrispondenti a 3580000 m^2 , infine in base al valore ottenuto da questo calcolo si stima una percentuale di infiltrazione in base al dato di deflusso di 221,53 mm ottenuto dal bilancio idrologico (*vedi cap. 3*) dalla differenza tra precipitazioni totali (P) ed evapotraspirazione reale (ET).

Dai calcoli eseguiti, risulta che in base ai valori di portata la quantità di acqua che ogni anno si infiltra è pari a 25,45 mm e quindi dal valore di deflusso superficiale di 221,53 mm annui possiamo stimare che una percentuale di acqua pari all'11%

ovvero 24,36 mm va ad alimentare le riserve idriche sotterranee contribuendo alla ricarica della falda acquifera.

Inoltre ipotizzando una portata totale nel periodo di piena di 5,78 litri al secondo, ottenuta moltiplicando per 2 il valore di 2,78 l/s otteniamo un valore di infiltrazione efficace per tale periodo pari a 49,84 mm ovvero il 22,5%.

Infine è stata effettuata, con calcoli analoghi ai precedenti, una stima basata sui valori di portata riferiti ad annate precedenti comprese tra il 2006 ed il 2011, i cui valori sono riportati insieme ai precedenti nelle tabelle che seguono. (Vedi figura 37 e 38)

Figura 36: TABELLA DEI VALORI DI PORTATA MISURATI SU SORGENTI E FONTANILI

SORGENTI E FONTANILI	PORTATA IN LITRI AL SECONDO (2013)	PORTATA IN LITRI AL SECONDO (2006-2011)
FONTE CANALA	0,11 litri al secondo	0,83 litri al secondo
FONTE DEL PILA	0,34 litri al secondo	0,76 litri al secondo
FONTE FONTECCHIA	0,18 litri al secondo	/
FONTE SANT'ILARIO	0,40 litri al secondo	/
FONTE BRECCIOLE	0,25 litri al secondo	/
SORGENTE CONA ROTTA	0,93 litri al secondo	/
FONTE DELLA STREGA	0,65 litri al secondo	0,65 litri al secondo

Figura 37: TABELLA CON I VALORI DI INFILTRAZIONE EFFICACE NEL PERIODO DI MAGRA CON DATI ATTUALI DEL 2013 E DATI STORICI

	<i>PORTATA SORGENTI IN l/s</i>	<i>PORTATA SORGENTI IN l/a</i>	<i>AREA TOTALE DEI CONGLOMERATI</i>	<i>INFILTRAZIONE EFFICACE</i>
<i>dati del 2013</i>	<i>2,89 l/s</i>	<i>91139040 l/a</i>	<i>3,58 Km²</i>	<i>11% (24,36 mm)</i>
<i>dati storici (2006-2011)</i>	<i>3,99 l/s</i>	<i>125828640 l/a</i>	<i>3,58 Km²</i>	<i>15% (33,22 mm)</i>

Figura 38: TABELLA CON I VALORI DI INFILTRAZIONE EFFICACE NEL PERIODO DI PIENA CON DATI ATTUALI DEL 2013 E DATI STORICI

	<i>PORTATA SORGENTI IN l/s</i>	<i>PORTATA SORGENTI IN l/a</i>	<i>AREA TOTALE DEI CONGLOMERATI</i>	<i>INFILTRAZIONE EFFICACE</i>
<i>dati del 2013</i>	<i>5,78 l/s</i>	<i>182278080 l/a</i>	<i>3,58 Km²</i>	<i>22,5% (49,84 mm)</i>
<i>dati storici (2006-2011)</i>	<i>7,98 l/s</i>	<i>251657280 l/a</i>	<i>3,58 Km²</i>	<i>31% (68,67 mm)</i>

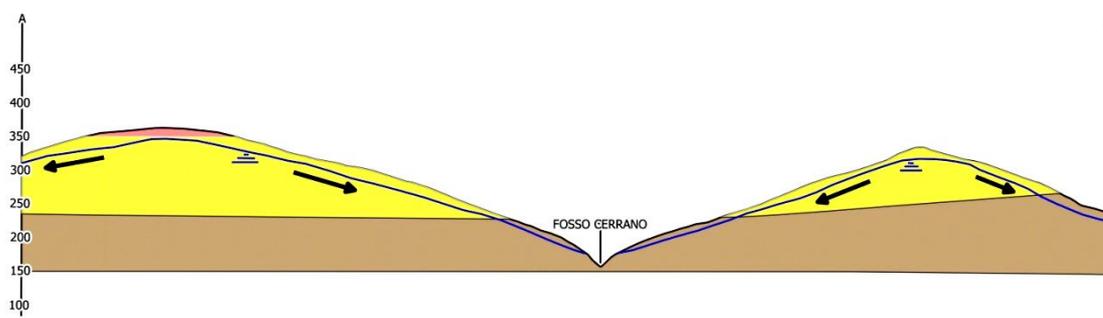
4.5 MORFOLOGIA E ANALISI DELLA SUPERFICIE PIEZOMETRICA NEI PERIODI DI MAGRA E DI PIENA

Come già riportato nel precedente paragrafo la falda Atriana ricostruita mediante valori di carico idraulico misurati in situ su pozzi e sorgenti in due periodi differenti (*vedi figura 43, 44, 45*) è contenuta all'interno del complesso permeabile facente parte della successione Plio - Pleistocenica della formazione di Mutignano.

Si tratta di un falda libera piuttosto superficiale con il flusso idrico, rappresentato in carta dalle direttrici di flusso lungo le linee di massima pendenza, che va dalle quote più elevate verso quelle più basse della falda (*vedi*

figura 39), presenta 3 linee spartiacque principali, una in località Colle della Giustizia orientato in direzione Sud-Est Nord-Ovest che porta il flusso idrico verso il fosso del Gallo e gli altri due con orientazione circa Est-Ovest con le linee di flusso dirette verso i fossi Cerrano, del Gallo e fosso Sabbione, in quest'ultimo possiamo evidenziare che la falda presenta morfologia radiale convergente con l'asse di drenaggio preferenziale orientato in direzione Est-Ovest verso cui le linee di flusso convergono, altri due assi di drenaggio vengono rilevati nel fosso Cerrano.

Figura 39: SEZIONE SCHEMATICA CHE MOSTRA LA MORFOLOGIA DELLA FALDA E CIRCOLAZIONE IDRICA



Le misure eseguite in due periodi distinti, hanno permesso di definire le variazioni del livello piezometrico tra la stagione secca e quella umida, viene evidenziato un innalzamento variabile da 1 a 3 metri dovuto principalmente a 2 motivi, il primo è la quantità di precipitazioni maggiore rispetto al periodo estivo, mentre il secondo è la minore temperatura atmosferica che limita i fenomeni di evapotraspirazione aumentando il quantitativo di acqua che penetra nel sottosuolo attraverso il complesso permeabile.

La variazione del livello piezometrico tra i due periodi, ci permette di fare delle considerazioni di carattere volumetrico, l'aumento medio riscontrato tra la stagione

secca e quella umida è di circa 1,35 metri, questo dato moltiplicato per l'area di infiltrazione che risulta essere di 3,58 Km^2 (3580000 m^2) fornisce il volume di acqua che va ad aumentare il livello piezometrico, a questo punto con diversi valori di porosità (5%, 10%, 20% e 25%) si cerca di stimare l'effettivo volume che entra nel sistema e ricarica la falda nel periodo invernale. (vedi figura 46)

Dai calcoli eseguiti e confrontando con i risultati ottenuti in precedenza (vedi paragrafo 4.4) dove si vede che la quantità di acqua che esce dal sistema è compresa tra 91139 m^3/a e 251657 m^3/a con percentuali di infiltrazione efficace compresi tra l'11% e il 33% possiamo stimare una porosità efficace del 5% che porta ad infiltrarsi un volume pari a 238070 m^3 (238070000 l).

In alcuni pozzi presenti in località Ancellera è stata riscontrata un'anomalia nei valori di soggiacenza che evidenziano un abbassamento variabile da 1 a 5 metri, questo fenomeno è dovuto all'estrazione di acqua contemporanea al periodo di rilevamento che ha portato alla formazione di un cono di emungimento.

In generale dall'analisi delle carte idrogeologiche si nota che l'aumento del livello piezometrico non altera la morfologia della falda che tra i due periodi resta pressoché invariata e si nota inoltre che i deflussi della falda rimangono gli stessi in entrambi i periodi.

SECONDO A3 DA INSERIRE

TERZO A3 DA INSERIRE

Figura 40: SEZIONE IDROGEOLOGICA A-A'

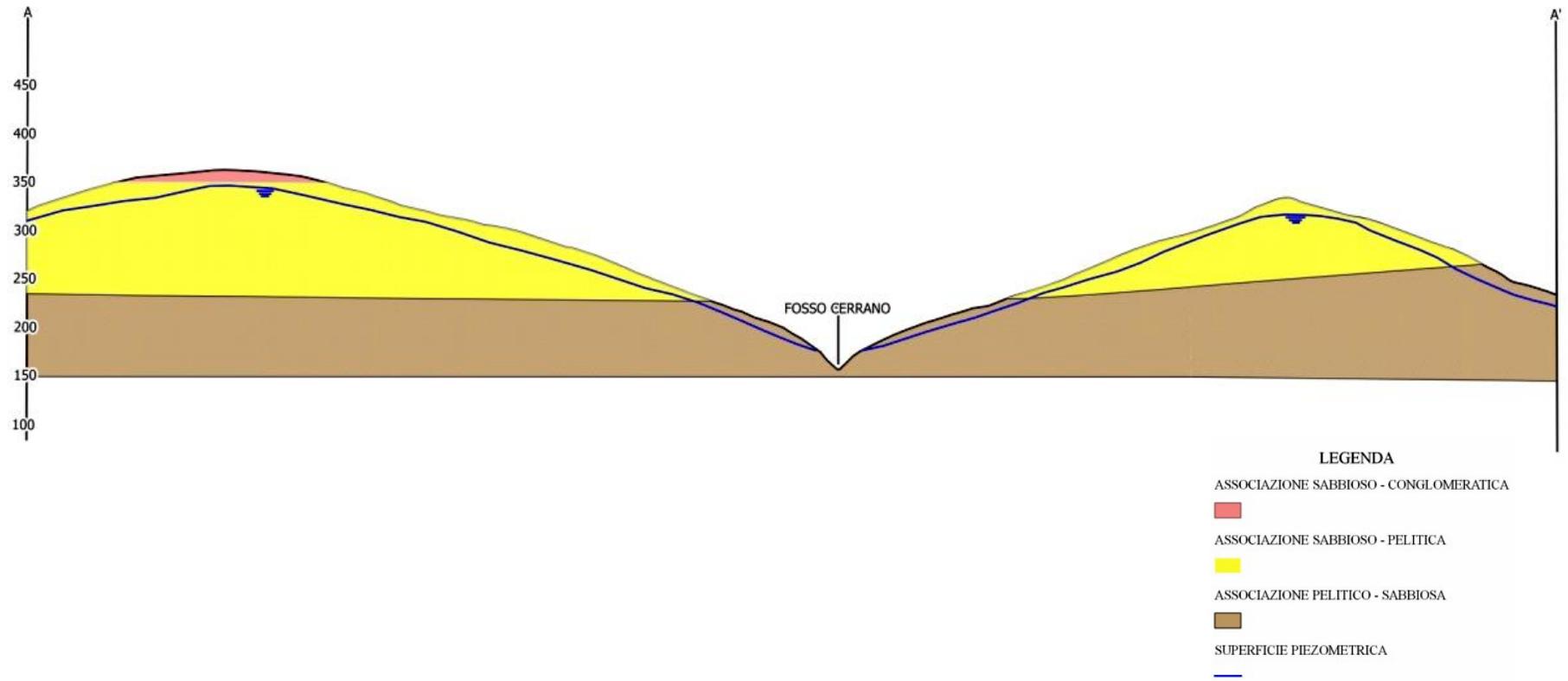
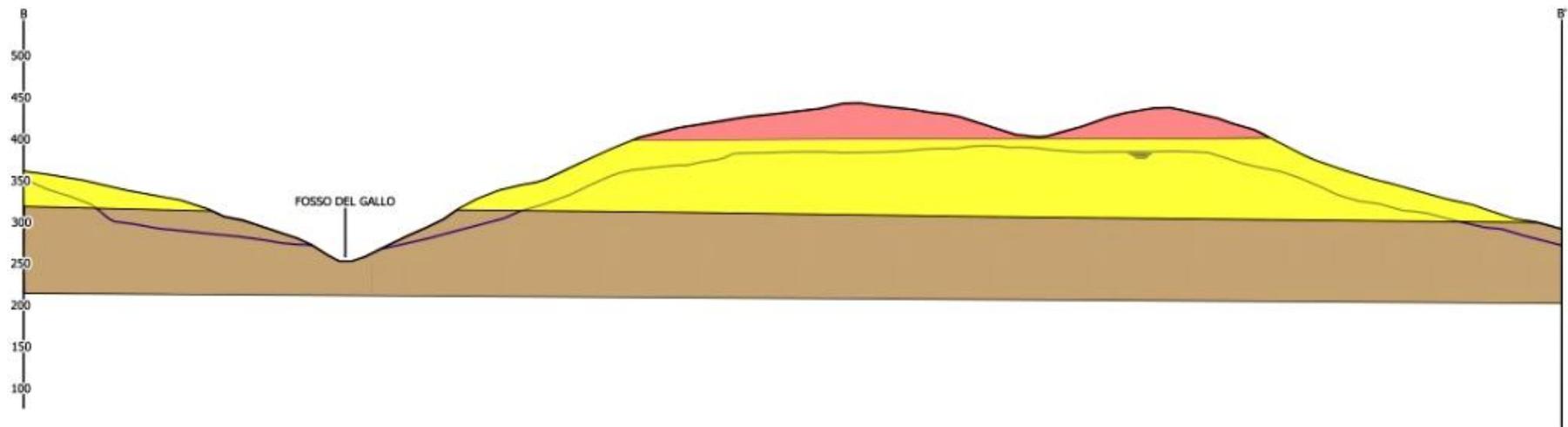


Figura 41: SEZIONE IDROGEOLOGICA B-B'



LEGENDA

ASSOCIAZIONE SABBIOSO - CONGLOMERATICA



ASSOCIAZIONE SABBIOSO - PELITICA



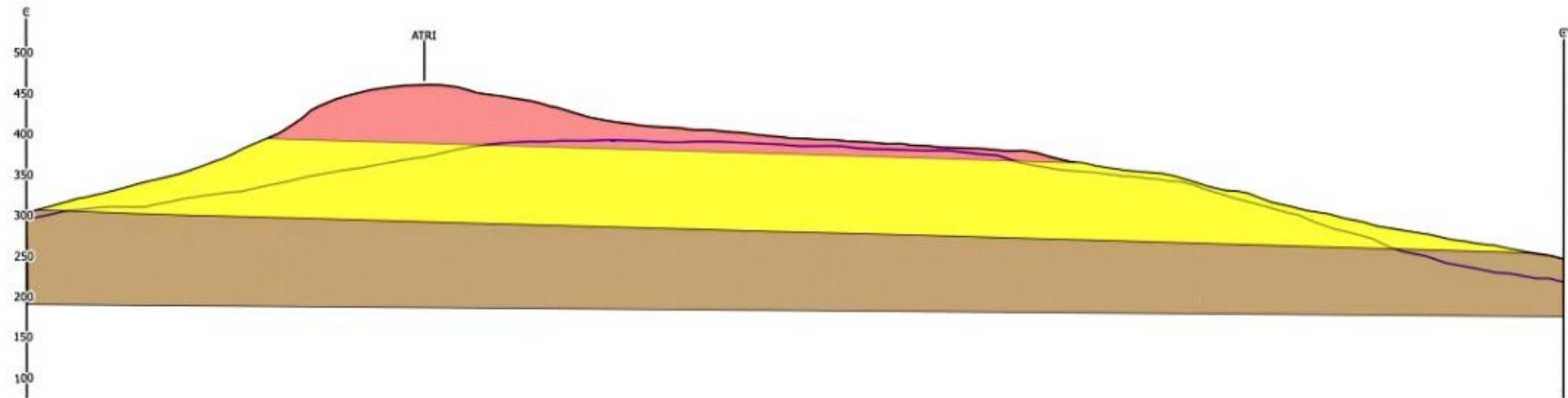
ASSOCIAZIONE PELITICO - SABBIOSA



SUPERFICIE PIEZOMETRICA



Figura 42: SEZIONE IDROGEOLOGICA C-C'



- LEGENDA**
- ASSOCIAZIONE SABBIOSO - CONGLOMERATICA
 - ASSOCIAZIONE SABBIOSO - PELITICA
 - ASSOCIAZIONE PELITICO - SABBIOSA
 - SUPERFICIE PIEZOMETRICA

Figura 43: TABELLA DEI CARICHI IDRAULICI MISURATI NEI POZZI NEI MESI DI SETTEMBRE E OTTOBRE 2012

PUNTI D'ACQUA	SOGGIACENZA	QUOTA	ALTEZZA BOCCAPOZZO	CARICO IDRAULICO (H)	COORDINATE
POZZO A	7,17 metri	352 m s.l.m	40 cm	345,23	Lat: 42°35'09,90"N Lon:13°59'20,68"E
POZZO B	12, 15 metri	330 m s.l.m	80 cm	318,65	Lat:42°35'08,55"N Lon:13°59'21,82"E
POZZO C	2,13 metri	313 m s.l.m	75 cm	311,62	Lat:42°35'01,60"N Lon:14°00'16,83"E
POZZO D	2,13 metri	315 m s.l.m	70 cm	313,57	Lat:42°35'01,76"N Lon:14°00'15,66"E
POZZO E	2,10 metri	192 m s.l.m	63 cm	190,53	Lat:42°35'25,44"N Lon:14°00'25,35"E
POZZO F	2,19 metri	205 m s.l.m	53 cm	203,34	Lat:42°35'28,58"N Lon:14°00'20,99"E
POZZO G	11,19 metri	252 m s.l.m	73 cm	241,54	Lat:42°34'56,66"N Lon:14°00'49,30"E
POZZO H	8,14 metri	366 m s.l.m	80 cm	358,66	Lat:42°34'38,56"N Lon:13°58'48,07"E
POZZO I	6,18 metri	304,2 m s.l.m	76 cm	298,78	Lat:42°34'53,72"N Lon:13°59'33,53"E
POZZO L	4,12 metri	240 m s.l.m	83 cm	236,71	Lat:42°35'10,00"N Lon:13°58'15,73"E
POZZO M	14,14 metri	307 m s.l.m	0 cm	292,86	Lat:42°35'01,19"N Lon:13°59'49,34"E
POZZO N	14,14 metri	380 m s.l.m	60 cm	366,46	Lat:42°34'19,54"N Lon:13°58'33,09"E
POZZO O	21,18 metri	345 m s.l.m	1 m	324,82	Lat:42°34'34,68"N Lon:13°59'02,79"E
POZZO P	4,15 metri	251 m s.l.m	1,14 m	247,99	Lat:42°35'18,85"N Lon:13°59'30,91"E
POZZO Q	2,10 metri	325 m s.l.m	90 cm	323,8	Lat:42°34'14,50"N Lon:14°01'09,46"E

Figura 44: TABELLA DEI CARICHI IDRAULICI DELLE SORGENTI

SORGENTI E FONTANILI	QUOTA	CARICO IDRAULICO (H)	COORDINATE
FONTE CANALA	385 m s.l.m	385	Lat:42°35'04,72"N Lon:13°59'17,33"E
FONTE DEL PILA	380 m s.l.m	380	Lat:42° 34' 58,37"N Lon:13°59'08,55"E
FONTE FONTECCHIA	365 m s.l.m	365	Lat:42°34'47,89"N Lon:13°59'14,02"E

FONTE SANT ILARIO	344 m s.l.m	344	Lat:42°34'42,36"N Lon:13°59'29,70"E
FONTE BRECCIOLE	363 m s.l.m	363	Lat:42°34'38,62"N Lon:13°58'06,41"E
SORGENTE SABBIONE	160 m s.l.m	160	Lat:42°35'17,41"N Lon:14°00'25,43"E
FONTE DELLA STREGA	360 m s.l.m	360	Lat:42°34'57,64"N Lon:13°59'11,78"E
SORGENTE TORRONE	360 m s.l.m	360	Lat:42°35'08,69"N Lon:13°59'13,70"E
SORGENTE CONA	355 m s.l.m	355	Lat:42°34'30,12"N Lon:13°59'56,88"E

Figura 45: TABELLA DEI CARICHI IDRAULICI MISURATI NEI POZZI NEI MESI DI GENNAIO E FEBBRAIO 2013

PUNTI D'ACQUA	SOGGIACENZA	QUOTA	ALTEZZA BOCCAPOZZO	CARICO IDRAULICO (H)	COORDINATE
POZZO A	7,17 metri	352 m s.l.m	40 cm	345,23	Lat: 42°35'09,90"N Lon:13°59'20,68"E
POZZO B	11,15 metri	330 m s.l.m	80 cm	319,65	Lat:42°35'08,55"N Lon:13°59'21,82"E
POZZO C	1,19 metri	313 m s.l.m	75 cm	312,65	Lat:42°35'01,60"N Lon:14°00'16,83"E
POZZO D	1,19 metri	315 m s.l.m	70 cm	314,51	Lat:42°35'01,76"N Lon:14°00'15,66"E
POZZO E	1,13 metri	192 m s.l.m	63 cm	191,5	Lat:42°35'25,44"N Lon:14°00'25,35"E
POZZO F	1,15 metri	205 m s.l.m	53 cm	204,38	Lat:42°35'28,58"N Lon:14°00'20,99"E
POZZO G	6,14 metri	252 m s.l.m	73 cm	246,59	Lat:42°34'56,66"N Lon:14°00'49,30"E
POZZO H	13,18 metri	366 m s.l.m	80 cm	353,62	Lat:42°34'38,56"N Lon:13°58'48,07"E
POZZO I	9,12 metri	304,2 m s.l.m	76 cm	295,84	Lat:42°34'53,72"N Lon:13°59'33,53"E
POZZO L	1,17 metri	240 m s.l.m	83 cm	239,66	Lat:42°35'10,00"N Lon:13°58'15,73"E
POZZO M	14,13 metri	307 m s.l.m	0 cm	292,87	Lat:42°35'01,19"N Lon:13°59'49,34"E
POZZO N	14,11 metri	380 m s.l.m	60 cm	366,49	Lat:42°34'19,54"N Lon:13°58'33,09"E
POZZO O	22,13 metri	345 m s.l.m	1 m	323,87	Lat:42°34'34,68"N Lon:13°59'02,79"E
POZZO P	3,19 metri	251 m s.l.m	1,14 m	248,95	Lat:42°35'18,85"N Lon:13°59'30,91"E
POZZO Q	1,13 metri	325 m s.l.m	90 cm	324,77	Lat:42°34'14,50"N Lon:14°01'09,46"E

Figura 46: TABELLA DELLA STIMA DEI VOLUMI DI INFILTRAZIONE CON DIVERSE PERCENTUALI DI POROSITÀ

AREA INFILTRAZIONE	AUMENTO DEL LIVELLO PIEZOMETRICO	POROSITÀ A'	VOLUMI DI ACQUA CHE SI INFILTRA
3,58 Km ²	1,33 m	5%	238070 m ³
3,58 Km ²	1,33 m	10%	476140 m ³
3,58 Km ²	1,33 m	15%	714210 m ³
3,58 Km ²	1,33 m	20%	952280 m ³

CAPITOLO 5

Caratterizzazione chimico-fisica delle acque di falda

Ultimo passo nello sviluppo del lavoro è quello di fornire una caratterizzazione chimico-fisica delle acque sotterranee attraverso la raccolta di dati misurati direttamente sul terreno su pozzi e sorgenti (*vedi figura 49, 50, 51 e 52*), attraverso strumenti idonei a svolgere questo compito, in due periodi distinti analogamente al caso dei carichi idraulici per la ricostruzione della superficie piezometrica (*vedi capitolo 4*).

I fattori che influenzano la chimica delle acque sotterranee sono diversi e dipendono sostanzialmente dalla composizione della roccia serbatoio, dall'interazione acqua-roccia, dal tempo di residenza dell'acqua nel sottosuolo e dal mescolamento di acque con caratteristiche differenti. (*Celico, 2003*)

Le misure, hanno riguardato in particolare tre parametri di base per caratterizzare le acque sotterranee e si tratta dei valori di: pH, Temperatura in °C e conducibilità elettrica in microsiemens al cm, che verranno qui di seguito analizzati singolarmente uno per volta.

5.1 TEMPERATURA

Dipende sostanzialmente da alcuni fattori, alcuni agiscono sulle acque all'atto dell'infiltrazione influenzando la loro temperatura e sono la stagione, la latitudine e l'altitudine e altri fattori che invece agiscono solo dopo l'infiltrazione quando le acque raggiungono il sottosuolo e sono la profondità di circolazione e le caratteristiche idrodinamiche dell'acquifero. (*Celico, 2003*)

Le misure eseguite nel periodo estivo tra la fine di Settembre ed Ottobre 2012 (*vedi figura 49 e 50*) evidenziano una temperatura variabile tra i 15,4 °C e i 21,1°C nei pozzi e tra 14,1° e 15,8 °C nelle sorgenti, questi valori sono dovuti sia alla stagione più calda e quindi alle elevate temperature che influenzano la temperatura delle acque all'atto dell'infiltrazione e sia alla non elevata profondità di circolazione essendo la falda Atriana piuttosto superficiale, un altro aspetto che subito si nota è il valore di temperatura inferiore nei fontanili rispetto ai pozzi, questo è dovuto principalmente alla struttura dei *Quant* che come riferito nel primo capitolo sono costruiti in modo tale da mantenere una bassa temperatura delle acque al fine di evitarne la rapida evaporazione (*vedi capitolo 1*).

La media delle temperature per tale periodo è di 17,6° C nei pozzi e di 14,8° C nelle sorgenti e fontanili. (*vedi figura 55*)

Per il periodo invernale le temperature nei pozzi (*vedi figura 51*) e nelle sorgenti e fontanili (*vedi figura 52*) hanno valori medi rispettivamente di 14,19° C e 13,78° C quindi più bassi rispetto al periodo estivo (*vedi figura 55*) a causa delle più basse temperature atmosferiche oltre che della bassa profondità di circolazione.

Figura 47: CLASSIFICAZIONE DELLE ACQUE IN BASE ALLA TEMPERATURA SECONDO MOUREN (da CELICO, 2003)

temperature (°C)	< 20	20-35	35-50	> 50
acque	fredde	ipotermali	termali	ipertermali

In base alla classificazione di Mouren (da Celico, 2003) (*vedi figura 47*) che classifica le acque in base alla temperatura in fredde, ipotermali, termali e ipertermali, evidenziamo che nel territorio esaminato abbiamo, a causa delle temperature medie inferiori ai 20°C, acque che sono classificate come fredde in entrambi i periodi esaminati.

5.2 CONCENTRAZIONE IDROGENIONICA (pH)

Rappresenta uno dei parametri di maggior importanza per la caratterizzazione di un'acqua esprimendo la concentrazione degli ioni idrogeno in una soluzione, misurato su una scala con valori compresi tra 0 e 14, ne indica l'acidità se i valori sono inferiori al 7, la basicità se superiori al 7 o la neutralità con valori intorno al 7, quindi fornisce informazioni per capire se un'acqua è contaminata da acidi o da basi forti.

Dalle misure eseguite in situ (*vedi figura 49, 50, 51 e 52*) emerge che i valori sono compresi tra 6,9 e 7,9 nel periodo estivo e leggermente più alti nel periodo invernale compresi tra 7,5 e 8,3 che indicano un ambiente tendenzialmente neutro o leggermente basico. (*vedi figura 53*)

In base al decreto legislativo 31 del 2001 che indica un limite di legge compreso tra 6,5 e 9,5 vediamo che i nostri valori sono perfettamente nei limiti normativi previsti dalla legge e quindi da questo punto di vista l'acqua potrebbe essere usata a scopo idropotabile.

5.3 CONDUCEBILITÀ ELETTRICA

Indica il grado di mineralizzazione di un'acqua, ovvero il quantitativo di sali disciolti in essa, più l'acqua è ricca di ioni carichi, in grado di trasferire corrente elettrica, più il valore della conducibilità sarà elevato, quindi c'è una proporzionalità diretta.

La normativa di legge secondo il decreto legislativo 31 del 2001 prevede che i valori per l'acqua destinata al consumo umano non debbano superare i 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

I dati campionati sul terreno evidenziano valori molto diversi da punto a punto in entrambi i periodi di rilevamento (*vedi figura 49, 50, 51, 52*) e sono compresi da un minimo di 259 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ad un massimo di 1410 $\mu\text{S}/\text{cm}$, questo intervallo indica acque a medio - alta salinità, ed è dovuto principalmente al tipo di roccia serbatoio in cui è contenuta l'acqua, formata prevalentemente da litologie conglomeratiche, sabbiose e argillose, inoltre dipende anche dai tempi di residenza dell'acqua nella litologia, infatti, i valori elevati riscontrati in determinati punti sono dovuti in larga misura a questo aspetto e ci indicano quindi tempi di persistenza più lunghi nella roccia serbatoio.

Figura 48: CLASSIFICAZIONE DELLE ACQUE IN BASE ALLA CONDUCIBILITA' (da MAROTTA & SICA, 1933)

Conducibilità a 20°C (μS/cm)	< 260	260-1320	> 1320
acque	oligominerali	medio - minerali	minerali

La classificazione delle acque basata sui valori di conducibilità (*vedi figura 48*) proposta da Marotta e Sica (1933), che le suddivide a seconda del valore in oligominerali, medio minerali e minerali, ci permette di classificare le acque di falda

Atriana come medio - minerali.

Il confronto tra i valori estivi e invernali evidenzia una generale diminuzione dei valori (*vedi figura 54*), infatti, nel periodo estivo abbiamo una media di 721,81 μS/cm mentre in inverno i valori scendono e la media è di 664,91 μS/cm, questo è dovuto principalmente alla quantità d'acqua che in tale periodo va a ricaricare la falda la quale causa una diluizione dell'acqua già presente nel sottosuolo che quindi abbassa i valori di conducibilità e quindi la concentrazione dei sali disciolti, tuttavia in alcuni punti d'acqua si notano alcune anomalie con aumenti dei valori che in due casi risultano molto significativi.

Figura 49: TABELLA DEI PARAMETRI CHIMICO-FISICI MIUSRATI SUI POZZI NEI MESI DI SETTEMBRE E OTTOBRE 2012

<i>POZZO</i>	<i>pH</i>	<i>CONDUCIBILITA'</i>	<i>TEMPERATURA</i>	<i>DATA E ORA DELLA MISURA</i>
<i>POZZO A</i>	7,8	907 $\mu\text{S/cm}$	18,8°C	28/9/2012 ORE 9:57
<i>POZZO B</i>	6,9	692 $\mu\text{S/cm}$	16,8°C	28/9/2012 ORE 11:50
<i>POZZO C</i>	7,6	438 $\mu\text{S/cm}$	18,3°C	29/9/2012 ORE 10:00
<i>POZZO D</i>	7,6	438 $\mu\text{S/cm}$	18,2°C	29/9/2012 ORE 10:05
<i>POZZO E</i>	6,9	1410 $\mu\text{S/cm}$	16,5°C	29/9/2012 ORE 10:40
<i>POZZO F</i>	7,6	722 $\mu\text{S/cm}$	21,1°C	29/9/2012 ORE 11:05
<i>POZZO G</i>	7,8	564 $\mu\text{S/cm}$	16,3°C	2/10/2012 ORE 11:00
<i>POZZO H</i>	7,1	1071 $\mu\text{S/cm}$	16,6°C	2/10/2012 ORE 10:49
<i>POZZO I</i>	7,9	328 $\mu\text{S/cm}$	17,6°C	4/10/2012 ORE 10:20
<i>POZZO L</i>	7,2	571 $\mu\text{S/cm}$	18,4°C	4/10/2012 ORE 10:55
<i>POZZO M</i>	7,1	733 $\mu\text{S/cm}$	16,6°C	7/10/2012 ORE 10:50
<i>POZZO N</i>	7,1	755 $\mu\text{S/cm}$	15,4°C	6/10/2012 ORE 10:12
<i>POZZO O</i>	6,9	933 $\mu\text{S/cm}$	17,1°C	6/10/2012 ORE 10:40
<i>POZZO P</i>	7,1	816 $\mu\text{S/cm}$	16,3°C	14/10/2012 ORE 11:05
<i>POZZO Q</i>	7,1	809 $\mu\text{S/cm}$	20,1°C	14/10/2012 ORE 11:37

Figura 50: TABELLA DEI PARAMETRI CHIMICO-FISICI MISURATI NELLE SORGENTI E FONTANILI NEI MESI DI SETTEMBRE E OTTOBRE 2012

<i>SORGENTI E FONTANILI</i>	<i>pH</i>	<i>CONDUCIBILITA'</i>	<i>TEMPERATURA</i>	<i>DATA E ORA DELLA MISURA</i>
<i>FONTE CANALA</i>	7,45	715 $\mu\text{S/cm}$	14,6°C	28/9/2012 ORE 9:35
<i>FONTE DEL PILA</i>	7,2	693 $\mu\text{S/cm}$	14,9°C	28/9/2012 ORE 10:15
<i>FONTE FONTECCHIA</i>	7,45	606 $\mu\text{S/cm}$	14,8°C	28/9/2012 ORE 10:25
<i>FONTE SANT'ILARIO</i>	7,1	661 $\mu\text{S/cm}$	15,8°C	28/9/2012 ORE 10:35
<i>FONTE BRECCIOLE</i>	7,5	533 $\mu\text{S/cm}$	14,1°C	28/9/2012 ORE 11:20
<i>SORGENTE CONA</i>	7,3	632 $\mu\text{S/cm}$	14,5°C	14/10/2012 ORE 10:00

Figura 51: TABELLA DEI PARAMETRI CHIMICO-FISICI MISURATI SUI POZZI NEI MESI DI GENNAIO E FEBBRAIO 2013

<i>POZZO</i>	<i>pH</i>	<i>CONDUCIBILITA'</i>	<i>TEMPERATURA</i>	<i>DATA E ORA DELLA MISURA</i>
<i>POZZO A</i>	7,8	633 $\mu\text{S/cm}$	13,6°C	29/1/2013 ORE 10:36
<i>POZZO B</i>	7,7	509 $\mu\text{S/cm}$	13,4°C	29/1/2013 ORE 10:36
<i>POZZO C</i>	7,7	1130 $\mu\text{S/cm}$	13°C	29/1/2013 ORE 10:12
<i>POZZO D</i>	7,7	1130 $\mu\text{S/cm}$	13°C	29/1/2013 ORE 10:15
<i>POZZO E</i>	7,5	838 $\mu\text{S/cm}$	14°C	29/1/2013 ORE 9:43
<i>POZZO F</i>	8,1	259 $\mu\text{S/cm}$	14,2°C	29/1/2013 ORE 9:56
<i>POZZO G</i>	8,3	677 $\mu\text{S/cm}$	13,3°C	29/1/2013 ORE 9:20
<i>POZZO H</i>	7,5	906 $\mu\text{S/cm}$	16°C	29/1/2013 ORE 12:17
<i>POZZO I</i>	8,3	609 $\mu\text{S/cm}$	15,1°C	29/1/2013 ORE 11:59
<i>POZZO L</i>	7,8	557 $\mu\text{S/cm}$	13,8°C	29/1/2013 ORE 11:02
<i>POZZO M</i>	7,6	753 $\mu\text{S/cm}$	15,2°C	3/2/2013 ORE 10:13
<i>POZZO N</i>	7,7	552 $\mu\text{S/cm}$	13,4°C	29/1/2013 ORE 11:41
<i>POZZO O</i>	7,7	716 $\mu\text{S/cm}$	15,7°C	30/1/2013 ORE 10:30
<i>POZZO P</i>	7,7	617 $\mu\text{S/cm}$	13,6°C	29/1/2013 ORE 11:17
<i>POZZO Q</i>	7,6	612 $\mu\text{S/cm}$	14,6°C	29/1/2013 ORE 8:45

Figura 52: TABELLA DEI PARAMETRI CHIMICO-FISICI MISURATI NELLE SORGENTI E FONTANILI NEL MESE DI GENNAIO 2013

<i>SORGENTI E FONTANILI</i>	<i>pH</i>	<i>CONDUCIBILITA'</i>	<i>TEMPERATURA</i>	<i>DATA E ORA DELLA MISURA</i>
<i>FONTE CANALA</i>	7,8	552 $\mu\text{S/cm}$	12,6°C	30/1/2013 ORE 10:05
<i>FONTE DEL PILA</i>	7,6	559 $\mu\text{S/cm}$	14,3°C	29/1/2013 ORE 13:20
<i>FONTE FONTECCHIA</i>	7,8	440 $\mu\text{S/cm}$	13,7°C	29/1/2013 ORE 12:58
<i>FONTE SANT'ILARIO</i>	7,6	515 $\mu\text{S/cm}$	14,9°C	29/1/2013 ORE 13:10
<i>FONTE BRECCIOLE</i>	7,8	384 $\mu\text{S/cm}$	12,9°C	29/1/2013 ORE 12:35
<i>SORGENTE CONA</i>	7,9	496 $\mu\text{S/cm}$	14,3°C	30/1/2013 ORE 9:48

Figura 53: ISTOGRAMMA DEI VALORI DI pH ESTIVI E INVERNALI MISURATI NEI POZZI, SORGENTI E FONTANILI

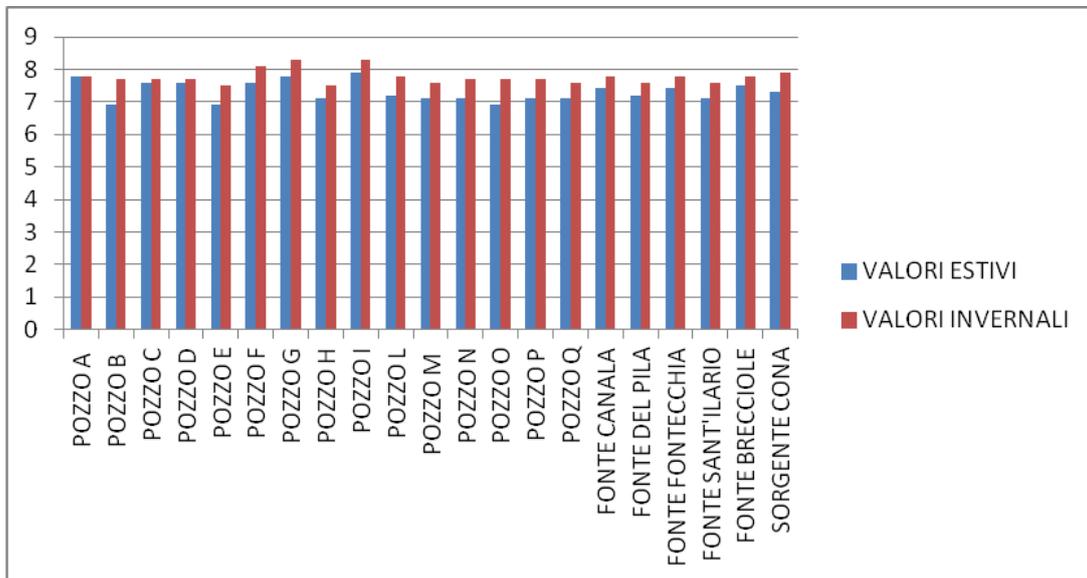


Figura 54: ISTOGRAMMA DEI VALORI DI CONDUCEBILITA' ESTIVI E INVERNALI MISURATI SU POZZI, SORGENTI E FONTANILI

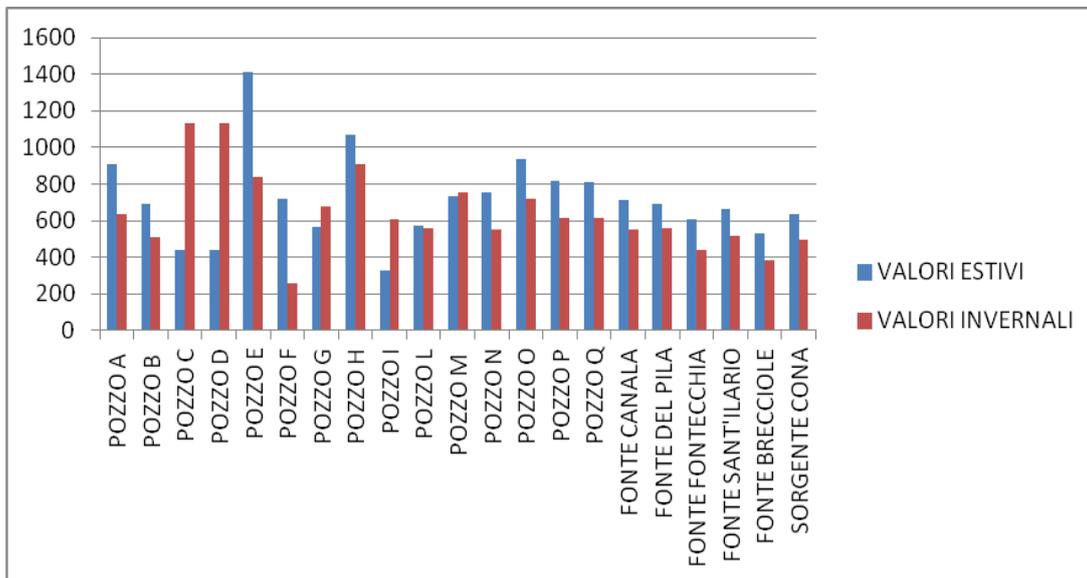
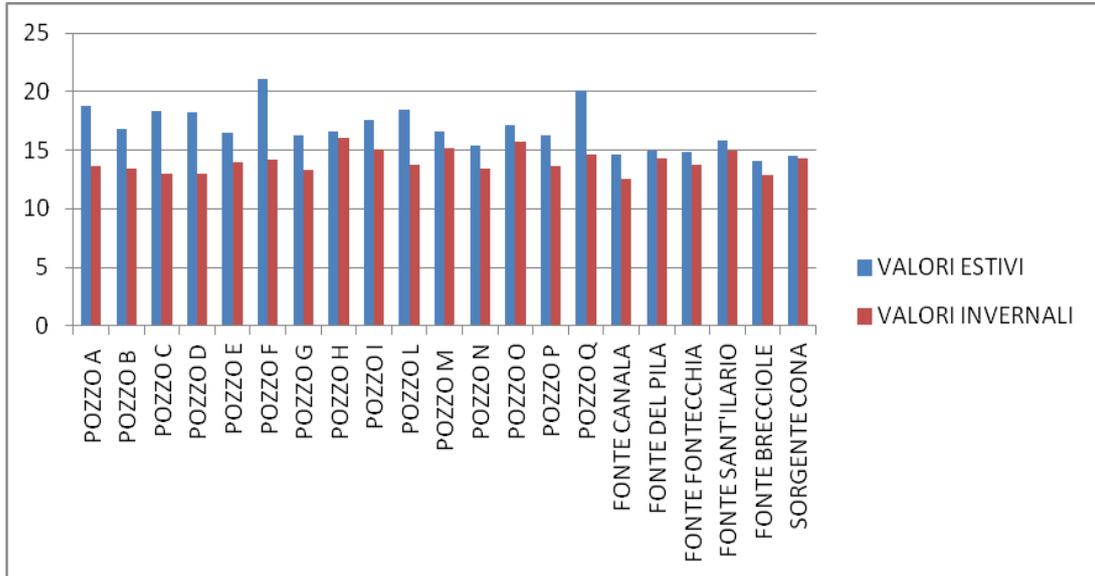


Figura 55: ISTOGRAMMA DEI VALORI DI TEMPERATURA ESTIVI E INVERNALI MISURATI SU POZZI, SORGENTI E FONTANILI



CONCLUSIONI

In base a quanto è stato analizzato nel corso dei vari capitoli possiamo ora trarre una serie di conclusioni derivate dall'elaborazione dei dati:

- L'analisi stratigrafica e litologica ha permesso di stabilire che la falda è contenuta all'interno dell'acquifero permeabile per porosità primaria costituito dalla successione marina di età Plio-Pleistocenica e dai depositi conglomeratici di chiusura riferibili alla formazione di Mutignano.
- La misura di portata nelle sorgenti e la stima del deflusso tramite bilancio idrologico hanno consentito di stimare che la quantità di acqua che ogni anno si infiltra nel sottosuolo alimentando le riserve idriche attraverso il complesso permeabile rappresentato dai conglomerati di chiusura al tetto della successione è pari all'11% (24,36 mm) in fase di magra e 22,5% (49,84 mm) nella fase di piena con i dati del 2013 e al 15% (33,22 mm) e 31% (68,67 mm) con i dati storici di precedenti annate; l'infiltrazione efficace può dunque essere stimata attorno al 20% delle precipitazioni.
- La ricostruzione della superficie piezometrica nei periodi estivo e invernale evidenzia un aumento medio del livello piezometrico di 1,33 metri con un volume di acqua di infiltrazione pari a 238070 m^3 con una percentuale di porosità del 5%, inoltre ha permesso di definire la circolazione idrica mediante i deflussi basati sulla morfologia della piezometrica dove si vede che il flusso è principalmente

diretto verso le aree depresse della falda coincidenti con le aree più ribassate del territorio rappresentate dai 3 principali fossi (del Gallo, Sabbione e Cerrano), e infine dall'analisi delle carte idrogeologiche si è visto che l'aumento del livello piezometrico non comporta una modifica della morfologia della falda e mantiene inalterati i deflussi.

- Le analisi chimico-fisiche eseguite in situ ci dicono che le acque presentano valori di pH e conducibilità elettrica che in base alla normativa rientrano nei limiti consentiti dalla legge per un eventuale uso destinato al consumo umano ed inoltre evidenziano che si tratta di acque leggermente basiche con valori di conducibilità variabili dipendenti soprattutto dai tempi di persistenza dell'acqua all'interno della roccia serbatoio, che nel loro insieme indicano acque a medio-alta salinità e in base alla classificazione proposta da Marotta e Sica come medio-minerali.

Il valore di Temperatura indica una circolazione idrica non molto profonda.

- Il lavoro svolto ha consentito con rilevamenti sul terreno eseguiti mediante le classiche tecniche dell'idrogeologia in due periodi distinti dell'anno di quantificare le risorse idriche sotterranee e valutarne la loro variazione stagionale ai fini di un eventuale sfruttamento. In particolare le stime eseguite secondo le tre metodologie 1) del bilancio idrologico da dati pluvio termometrici, 2) del calcolo dell'infiltrazione efficace dai dati di portata sorgiva, 3) dalla stima delle risorse immagazzinate nell'anno dalla variazione

piezometrica, hanno evidenziato una sostanziale coincidenza ammettendo un coefficiente di infiltrazione del 20% ed una porosità efficace del 5%.

RINGRAZIAMENTI

*Un ringraziamento particolare al professor Sergio Rusi
per avermi seguito con serietà e professionalità
durante tutto lo svolgimento del lavoro.*

*Ringrazio il dottor Delfino Fregonese che
con la sua grande disponibilità mi ha fatto
scoprire aspetti storici e geologici del territorio Atriano
e per avermi fornito materiale utile per lo sviluppo del lavoro.*

*Infine un ringraziamento speciale
alla mia Famiglia
che mi ha sostenuto e supportato
durante l'intero percorso di studi.*

BIBLIOGRAFIA

- Anselmi B., Crovato C., D'Angelo L. & Grauso S. (1994) – *I Calanchi di Atri (Abruzzo): caratteri mineralogici, geotecnici e geomorfologici*. Il Quaternario, 7 (1), 1994; 145-158
- Azzena G. (1981) – *Atri, forma e urbanistica* in Città antiche d'Italia. L'Erma di Bretschneider editore.
- Biferi U. & Adamoli L. (2012) – *Studio geologico, geomorfologico ed idrogeologico del territorio comunale di Atri*. Piano regolatore generale, Atri (2012)
- Biferi U. & Adamoli L. (2012) – *Carta geologica comune di Atri in scala 1:15000*. Piano regolatore generale, Atri (2012)
- Bigi S., Centamore E. & Nisio S. (1997) – *Elementi di tettonica Quaternaria nell'area pedeappenninica Marchigiano – Abruzzese*. Il Quaternario, 10 (2), 359-362.
- Buccolini M., Gentili B., Materazzi M & Piacentini T. (2010) – *Late Quaternary geomorphological evolution and erosion rates in the clave peri-Adriatic belt (central Italy)*. Geomorphology, 116 (2010), 145-161.
- Buccolini M., Gentili B., Materazzi M., Aringoli D., Pambianchi G. & Piacentini T. (2007) – *Human impact and slope dynamics evolutionary trends in the monoclinial relief of Adriatic area of central Italy*. Catena, 71 (2007), 96-109.
- Buccolini M., D'Alessandro L., Fazzini M., Gentili B., Materazzi M., Piacentini T. & Aringoli D. (2006) – *Aspetti morfoevolutivi del settore periadriatico Marchigiano-Abruzzese (Italia centrale)* in «Erosione idrica in ambiente

mediterraneo: valutazione diretta e indiretta in aree sperimentali e bacini idrografici - G.Brigati ed. , 159-175.

Castiglioni G.B. (1986) – *Geomorfologia*. UTET Seconda edizione

Celico P. (2003) – *Elementi di Idrogeologia*. Liguori Editore (2003)

Centamore E. & Rossi D. (2009) – *Neogene-Quaternary tectonics and sedimentation in the Central-Appennines* . Boll. Soc. Geol. It, Vol. 128, No. 1 (2009), pp. 73-88

Ciabatti M. (1982) – *Elementi di Idrologia Superficiale*. CLUEB

Cresenti U., D'Amato C., Balduzzi A. & Tonna M. (1980) – *Il Plio-Pleistocene nel sottosuolo Abruzzese-Marchigiano tra Ascoli Piceno e Pescara*. Geologica Romana, 19 (1980), 63-84

Crocetti C., Cavaglià A. & De Albentis M. (2009) – *Unità idrografica del Bacino regionale del Torrente Piomba-inquadramento della matrice ambientale ed antropica*. Riserva Regionale dei Calanchi di Atri, WWF. www.riservacalanchidiatri.it

Crocetti C. & Cavaglià A. (2009) – *I Calanchi – caratteristiche delle morfologie calanchive*. Riserva Regionale dei Calanchi di Atri, WWF. www.riservacalanchidiatri.it

Farabollini P. & Nisio S. (1997) – *Evoluzione Geomorfologica Quaternaria del Bacino del Fiume Vomano (Abruzzo)*. Il Quaternario, 10 (1), 1997, 101-104

Guida Geologica Regionale d'Abruzzo, BE-MA editrice 1° edizione Settembre 2003

- Manghisi V. (1993) – *Una breve visita ad alcuni ambienti ipogei della città di Atri (Teramo)*. Bollettino del Gruppo Puglia Grotte Castellana-Grotte, Puglia Grotte (1993), 51-53
- Martella L. (1981) – *Le fontane Atriane: Configurazione e formazione di un sistema idrico*. Bollettino d'arte (BdA), LXVI, pp.49-84
- Nisio S (1997) – *Evoluzione geologica e morfotettonica dell'area compresa tra il Gran Sasso ed il mare Adriatico*. Geologica Romana, 33 (1997), 13-27
- Panizza M. (1992) – *Geomorfologia*. Pitagora Editrice Bologna, prima edizione (1992)
- Parea G.C. & Valloni R. (1983) – *Le pale spiagge Pleistoceniche della zona Atri-Silvi (Abruzzo)*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, 114 (1983), 51-82