

Le grandi sorgenti del fiume Tirino (Abruzzo)

Nota dei Soci CARLO BONI (*), ALESSANDRA PIANELLI (**), SIMONA PIERDOMINICI (***) & MANUELA RUISI (****)

RIASSUNTO

Il bacino del fiume Tirino (fig. 1) ha una superficie di 150 km²; il corso d'acqua ha una lunghezza di 13 km ed una portata media del flusso di base di 15 m³/s. Il flusso di base è sostenuto da grandi sorgenti alimentate dall'acquifero carbonatico del Gran Sasso-Sirente orientale, che si estende su un'area di circa 1000 km². La valle del Tirino incide il margine sudorientale dell'Unità strutturale del Gran Sasso, dove questa si sovrappone al margine settentrionale dell'Unità del Morrone. La locale successione stratigrafica è costituita da depositi carbonatici meso-cenozoici, di scarpata-bacino prossimale. Il fronte orientale dell'Unità del Gran Sasso, con netto andamento meridiano, taglia la valle del Tirino all'altezza di Bussi e prosegue verso la depressione di Popoli. Questo elemento strutturale costituisce un netto limite idraulico che chiude ad est il grande acquifero del Gran Sasso-Sirente orientale. La valle del Tirino corre lungo una depressione che ha ospitato un esteso bacino lacustre pleistocenico. I depositi lacustri, prevalentemente limoso-sabbiosi, colmano il fondovalle e si appoggiano sui versanti carbonatici a quote variabili tra 500 e 340 m.

Il corso d'acqua è alimentato da due gruppi sorgivi (Capestrano e Pesciano, in riva destra e Capo d'Acqua, in riva sinistra) posti a quote prossime ai 340 m; da sorgenti lineari, individuate lungo il corso del fiume e distribuite tra quota 335 e 310; dalla grande sorgente del Basso Tirino, posta a quota 250 circa. Le sorgenti a quota più elevata sono ubicate dove la copertura di depositi fluvio-lacustri, che poggia sui versanti calcarei a quote superiori a 350, risulta erosa fino a quota 340 circa. In corrispondenza di queste sorgenti l'acquifero carbonatico risulta libero o debolmente imprigionato sotto la copertura fluvio-lacustre. Le sorgenti lineari del medio Tirino sono alimentate da un fenomeno di *drainance* che, dall'acquifero carbonatico imprigionato, si sviluppa fino in superficie, attraverso i depositi fluvio-lacustri. La sorgente del Basso Tirino viene qui per la prima volta chiaramente ubicata ed accuratamente descritta. Si tratta di una sorgente puntuale molto ben localizzata alimentata da un acquifero artesiano che ha un potenziale idraulico di almeno 15 m superiore alla quota di emergenza. La sorgente eroga una portata molto stabile che, nel corso dell'ultimo secolo, è variata tra 5 e 7 m³/s. La portata delle sorgenti poste a monte di quota 310 (misurata dalla stazione idrometrica di Madonnina) è sempre molto stabile nel corso dell'anno, con ridottissime variazioni stagionali, ma molto variabile su lungo periodo. Tra il 1932 e il 1943 la portata media a Madonnina è aumentata da 10 a 14 m³/s; tra il 1971 e il 1992 la portata è diminuita da 10 a 6 m³/s. Le variazioni, positive e negative, di circa 4 m³/s (rispetto ad un valore medio di circa 9 m³/s) si osservano solo nelle sorgenti poste a quote più elevate, mentre la portata della sorgente del Basso Tirino è sempre caratterizzata da notevole stabilità. Si dimostra che normali variazioni cicliche dell'afflusso meteorico, dell'ordine del 20% rispetto ai valori medi, sono sufficienti a produrre variazioni di portata cicliche dell'ordine di alcuni metri cubi al secondo, che interessano particolarmente le sorgenti di quota più elevata.

TERMINI CHIAVE: *sorgente, idrogeologia, acquifero artesiano, Gran Sasso-Sirente, Tirino, Abruzzo.*

(*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Roma «La Sapienza» (carlo.boni@uniroma1.it).

(**) Via Colle Cappellino 20 - 00020 Mandela (Roma).

(***) Via Salvatore Talamo, 9 - 00177 Roma (pierdominici@ingv.it).

(****) Via Latina, 49 - 00179 Roma (mruisi@tiscalinet.it).

Lavoro eseguito con il contributo della Facoltà di Scienze M.F.N. 1999 - Università di Roma «La Sapienza».

ABSTRACT

Main springs of Tirino river basin (Abruzzo).

The Tirino river basin is only 150 km² wide; the river is 13 km² long and has a mean base flow discharge of 15 m³/s. Overland runoff has negligible values all over the year. The base flow is supported by the contribution of many springs fed by the Gran Sasso-Sirente carbonate aquifer, which extends over an area of 1000 km². Tirino valley is located near the south eastern margin of the Gran Sasso structural unit, where it overthrusts the northern margin of the Morrone structural unit (VEZZANI & GHISETTI, 1998; CENTAMORE *et alii*, 1992; BIGI *et alii*, 1995). The local stratigraphic sequence consists of meso-cenozoic detrital limestones. The Gran Sasso eastern thrust cuts the Tirino valley near Bussi and goes on to the eastern margin of the Popoli plain, where the large springs of Pescara river are located; this thrust acts as a hydraulic barrier. The Tirino valley is partially filled by pleistocenice lacustrine deposits, which overlap the carbonate slopes up to an altitude of 500 m a.s.l. (GIULIANI & SPOSATO, 1995). The lacustrine marly and clay impervious sediments confine the lower carbonate aquifer in artesian conditions. The upper springs (Capestrano-Pesciano and Capo d'Acqua) are located at 340 m a.s.l. on both sides of the valley. Between 335 and 310 m of altitude the river flow is fed by «linear springs» (BONI *et alii*, 1986). At 250 m a.s.l., the main spring of the Tirino river is located in the river bed; it is named «Sorgente del Basso Tirino» (Lower Tirino spring). The upper springs are located where the terrace of impervious lacustrine deposits is eroded down to an altitude of 340 m a.s.l. At this level the carbonate aquifer, which feeds the springs on both sides of the valley, is in a free condition, or partially confined. At a lower altitude (325-310 m) the carbonate aquifer, due to its artesian condition, feeds «linear springs» by «drainance» through lacustrine deposits. Around the Basso Tirino spring the piezometric head of the carbonate aquifer is located more than 15 m above ground level. This spring has a very regular discharge regime ranging from 7 to 5 m³/s. The cumulated discharge of all springs located upstream Madonnina hydrometric station (310 m) is very regular over the year, but has been affected by cyclic variations during the last century. Between 1932 and 1943 the mean discharge gradually rose from 10 to 14 m³/s; between 1971 and 1992 the mean discharge decreased from 10 to 6 m³/s. The mean discharge at Madonnina station has been evaluated 9 m³/s. Cyclic variations of the spring discharges have been referred to cyclic variations of precipitation.

KEY WORDS: *spring, hydrogeology, artesian aquifer, Gran Sasso-Sirente, Tirino, Abruzzo.*

INTRODUZIONE

Il Bacino idrografico del F. Tirino ha caratteri molto singolari e poco conosciuti. Ha una superficie di circa 150 km², circondata da ampie depressioni endoreiche; è percorso da un fiume lungo 13 km che versa nel Pescara una portata media di circa 15 m³/s, equivalente a quattro volte l'afflusso meteorico che riceve il suo bacino; il regime di portata è caratterizzato da estrema stabilità nel corso dell'anno, ma mostra grande variabilità di lungo periodo, riscontrata in un secolo di osservazioni.

Il Bacino del F. Tirino ha un'estensione pari al 5% dell'intero bacino dell'Aterno-Pescara, ma versa nell'asta principale una portata pari al 40% del suo flusso di base;



Fig. 1 - Ubicazione dell'area
- Location of investigated area.

il ruscellamento di superficie dà un contributo trascurabile al deflusso totale.

Queste caratteristiche idrologiche sono ancora poco note perché i dati idrometrici giornalieri, pubblicati a partire dal 1971, si riferiscono ad una stazione, ubicata nell'abitato di Bussi (in località Madonna), dove la portata del fiume è nettamente inferiore a quella che si osserva quattro chilometri più a valle, alla confluenza con il Pescara.

La portata del Tirino è quasi interamente alimentata da grandi sorgenti che, complessivamente, hanno un bacino di alimentazione esteso su un'area di almeno 600 km².

In questo lavoro vengono descritte le modalità di alimentazione del fiume, viene considerato il suo regime e vengono, in particolare, definite le condizioni di emergenza che caratterizzano le principali sorgenti, nel quadro dell'assetto idrogeologico locale.

STUDI PRECEDENTI

La letteratura che ha considerato la geologia del bacino del Tirino e delle aree adiacenti è molto vasta. Per gli scopi di questo lavoro pare sufficiente citare la recente «Carta Geologica della Regione Abruzzo» (VEZZANI & GHISETTI, 1998), la «Carta Geologica dei bacini della Laga e del Cellino e dei rilievi carbonatici circostanti» (Marche meridionali, Lazio nord-orientale, Abruzzo settentrionale) (CENTAMORE *et alii*, 1992), un'analisi sull'assetto strutturale della valle del Tirino (BIGI *et alii*, 1995) e la descrizione dei depositi fluvio-lacustri pleistocenici che hanno parzialmente colmato la depressione del Tirino (GIULIANI & SPOSATO, 1995).

La letteratura che descrive l'idrologia e l'idrogeologia dell'area è, invece, molto povera. Il magistrale lavoro del PERRONE (1900) descrive le sorgenti e il corso del Tirino e fornisce le prime significative misure di portata. A seguito di questo lavoro, per valutare la potenzialità idraulica del fiume, il Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici esegue, tra il 1923 e il 1943, periodiche

misure di portata delle sorgenti e del corso d'acqua in località Ponte S. Martino-Busicaglia, Madonna e Bussi Scalo. Dopo il periodo bellico, nel 1971, la misura delle portate viene ripresa alla sola sezione di Madonna; gli ultimi dati pubblicati sono del 1992.

Nel 1983 CELICO pubblica un'ampia sintesi dei risultati acquisiti dal Progetto Speciale 29 della Cassa per il Mezzogiorno, nella quale descrive, molto sinteticamente, la situazione riscontrata nella valle del Tirino. Analogamente lo Schema Idrogeologico dell'Italia centrale (BONI *et alii*, 1986) si limita ad indicare le principali sorgenti allora note e le relative portate medie, senza fornire dettagli significativi. Le due monografie sono concordi nel riconoscere il bacino di alimentazione delle sorgenti del Tirino esteso nella vasta dorsale carbonatica del Gran Sasso-Sirente.

Nel 1992 la REGIONE ABRUZZO ha dato incarico ad Aquater di redigere la «Carta Idrogeologica dei bacini regionali abruzzesi». Questo lavoro inedito, eseguito in gran parte da BONI & PIANELLI (coautori di questa nota), ha fornito una descrizione molto dettagliata dell'idrogeologia della valle del Tirino ed, in particolare, delle sue sorgenti.

Nel 1998 il DIPARTIMENTO PER I SERVIZI TECNICI NAZIONALI, nel quadro degli studi per la valutazione delle risorse idriche sotterranee nazionali, ha incaricato il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Roma «La Sapienza» di eseguire uno studio idrogeologico sul vasto bacino rappresentativo dell'Aterno-Pescara, che doveva servire come indagine tipo per la valutazione ed il monitoraggio delle risorse idriche sotterranee. La direzione scientifica dello studio è stata assunta da BONI che si è avvalso della collaborazione di RUISI e di PIERDOMINICI (coautori di questa nota). Lo studio, ancora inedito, ha ulteriormente approfondito le conoscenze della valle del Tirino.

Recentemente sono stati pubblicati, in varie sedi, i primi risultati del «Progetto Idrologia» finanziato dal Consorzio di Ricerca del Gran Sasso (PETITTA & MASSOLI-NOVELLI, 1998; STIGLIANO *et alii*, 1999; FARRONI *et alii*, 1999). Questi lavori presentano gli stati di avanzamento della ricerca condotta su un'area molto vasta. Nel bacino del Tirino sono state eseguite alcune campagne di misura delle portate, uno studio idrologico sulle precipitazioni meteoriche ed indagini geochimiche.

ASSETTO GEOLOGICO DELLA DEPRESSIONE DEL TIRINO

Per definire l'assetto geologico della depressione del Tirino sono stati presi in considerazione due schemi strutturali (VEZZANI & GHISETTI, 1998; CENTAMORE *et alii*, 1992; BIGI *et alii*, 1995) che differiscono per alcuni aspetti. In entrambi gli schemi, la valle del Tirino incide il margine sud-orientale dell'unità strutturale del Gran Sasso, dove questa si sovrappone a quella del Morrone. I litotipi affioranti nell'area sono tutti riferibili alla successione meso-cenozoica di scarpata-bacino prossimale, a partire dal termine più antico, riferibile alla Formazione delle Calcareniti ad Entrochi del Dogger-Malm, fino ai termini più recenti riferibili alle Calciruditi di Rigopiano, del Pliocene inferiore (fig. 2).

I due schemi esaminati differiscono in particolare sull'attribuzione della struttura di M.te Picca all'Unità del Gran Sasso (VEZZANI & GHISETTI, 1998) o a quella del Morrone (BIGI *et alii*, 1995).

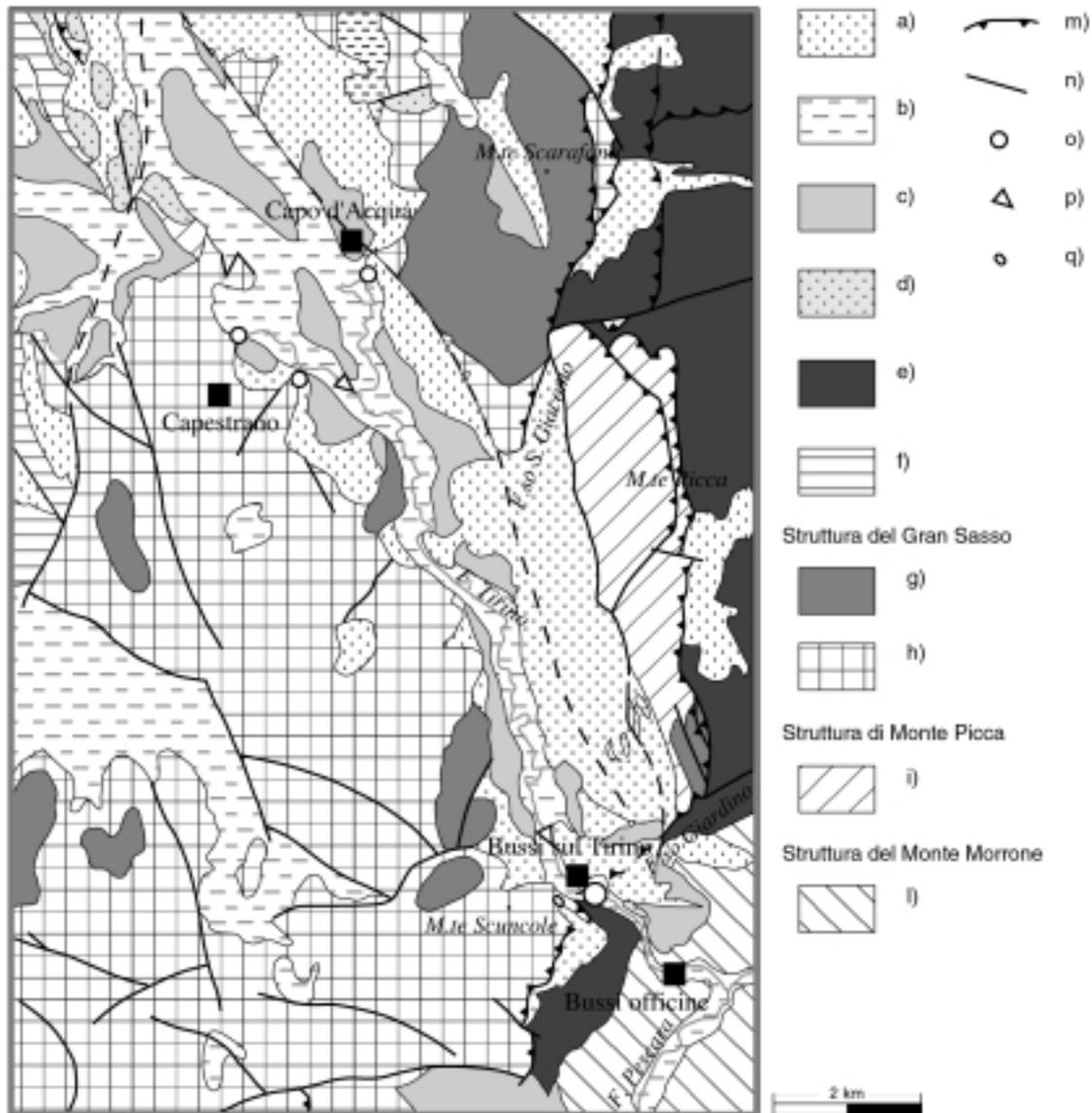


Fig. 2 - Carta idrogeologica della bassa valle del Tirino (base geologica desunta da: VEZZANI & GHISETTI, 1998; BIGI *et alii*, 1995). LEGENDA: a) detriti di falda e coperture detritico-colluviali (Olocene-Pleistocene superiore); b) depositi lacustri argilloso-limoso-sabbiosi, depositi fluviali ghiaioso-sabbiosi, travertini (Olocene-Pleistocene superiore); c) depositi lacustri argilloso-limoso-sabbiosi, depositi fluviali ghiaioso-sabbiosi, travertini, livelli di tuffi e depositi detritici (Pleistocene superiore-medio); d) calciruditi e conglomerati calcarei, passanti verso l'alto ad una alternanza pelitico-arenacea (Pliocene inferiore); e) alternanze torbiditiche pelitico-arenacee con intercalazioni di arenarie, marne argillose con rari livelli siltitici (Pliocene inferiore-Messiniano post-evaporitico); f) calcari di margine di piattaforma (Titonico inferiore-Lias superiore); g) complesso prevalentemente calcareo-marnoso (Miocene medio-inferiore); h) complesso indifferenziato, prevalentemente calcareo di scarpata-bacino prossimale (Oligocene-Titonico); i) successione indifferenziata prevalentemente calcarea (Oligocene-Titonico); j) successione indifferenziata prevalentemente calcarea (Dogger-Miocene); l) successione indifferenziata prevalentemente calcarea (Oligocene-Titonico); l) successione indifferenziata prevalentemente calcarea (Dogger-Miocene); m) sovrascorrimenti; n) faglie; o) sorgenti puntuali; p) sorgenti lineari; q) nuovo campo pozzi Acquedotto Giardino (M.te Scuncole).

- Hydrogeological map of the Low Tirino Valley. LEGEND: a) fan and colluvial deposits (Holocene-Upper Pleistocene); b) lacustrine deposits (sands, silts and clays), alluvial deposits (sands, gravels and conglomerates), travertine (Holocene-Upper Pleistocene); c) lacustrine deposits (sands, silts and clays), alluvial deposits (sands, gravels and conglomerates), travertine, pyroclastic levels (Upper-Medium Pleistocene); d) conglomerates and sandstones (Lower Pliocene); e) turbidites sequences consisting of marls, shales and sandstones (Lower Pliocene-post-evaporitic Messiniano); f) shelf edge limestones (Lower Tortonico-Upper Lias); g) marls and calcarenites complex (Medium-Lower Miocene); h) slope deposits complex (debtital-organic limestones) (Oligocene-Tortonico); i) carbonate sequence of Monte Picca (Oligocene-Tortonico); l) carbonate sequence of Monte Morrone (Dogger-Miocene); m) overthrusts; n) faults; o) springs; p) linear springs; q) well field.

Nel primo caso il fronte orientale della struttura del Gran Sasso correrebbe ad E di M. Picca in direzione meridiana, per piegare bruscamente a SW lungo il F.so Giardino, attraversare la valle del Tirino all'altezza di Bussi e proseguire ad est di M. Scuncole.

Nella seconda ipotesi il fronte orientale del Gran Sasso correrebbe, con andamento meridiano, tra Croce di Forca (M.te Scarafano) e Bussi sul Tirino. Questo motivo

frontale, all'altezza del F.so San Giacomo, risulterebbe interrotto dalla linea distensiva (o dal sistema di motivi distensivi) NNW-SSE che, molto presumibilmente ha dato origine alla depressione che ha ospitato l'esteso bacino lacustre pleistocenico. Questi motivi tettonici distensivi non sono osservabili perché coperti da potenti spessori di depositi fluvio-lacustri, ai quali si sovrappongono coltri detritiche recenti. Tra il fronte orientale del Gran Sasso ed

il limite nord-occidentale della struttura del Morrone sono implicate successioni prevalentemente marnoso-argillose mio-plioceniche.

In entrambi i casi la linea tettonica frontale del Gran Sasso costituisce anche un limite idraulico a flusso nullo, che passa in corrispondenza del centro abitato di Bussi sul Tirino e che separa le due grandi dorsali carbonatiche.

Di particolare interesse, ai fini di questa ricerca, è risultato l'articolo di GIULIANI & SPOSATO (1995) che descrive i depositi fluvio-lacustri pleistocenici, depositi nella depressione del Tirino.

Gli Autori mettono in evidenza la presenza di: breccie calcaree cementate appoggiate sulle dorsali carbonatiche tra quota 1000 e 600 m circa; limi calcarei stratificati bianchi con sabbie e conglomerati intercalati a breccie di versante che costituiscono un terrazzo esteso tra i 500 ed i 430 m di quota; un terrazzo, incassato su una superficie di erosione, costituito da limi, sabbie, argille e ghiaie tra i 420 ed i 350 m di quota; un terrazzo più basso costituito da limi biancastri con prodotti vulcanici, tra quota 370 e 340 m.

Da questa descrizione e da appositi controlli di campo, risulta che i depositi lacustri terrazzati, in gran parte coperti da detriti di falda e da conoidi più recenti, si appoggiano sui versanti carbonatici della valle, a quote comprese fra 500 e 350 m circa.

Lungo l'attuale fondo valle i depositi fluvio-lacustri pleistocenici sono coperti da depositi alluvionali recenti ed attuali.

ASSETTO IDROGEOLOGICO DELLA DEPRESSIONE DEL TIRINO

Il fiume Tirino, lungo il suo corso di circa 13 km, riceve apporti sorgivi che, durante l'ultimo secolo, sono variati da un massimo di circa 18 m³/s, negli anni quaranta, ad un minimo di circa 12 m³/s, nell'ultimo decennio. Il bacino di alimentazione delle sorgenti del Tirino si deve pertanto estendere su un'area molto vasta che, secondo gli schemi regionali proposti, comprende parte del grande sistema del Gran Sasso-Sirente orientale.

In questa nota viene preso in considerazione l'assetto idrogeologico riscontrato nella ristretta area più prossima al fiume (fig. 2), per illustrarne le condizioni idrogeologiche che danno origine alle sorgenti, senza entrare in merito all'estensione dell'acquifero che le alimenta.

Viene allegata una scheda descrittiva delle principali sorgenti che riassume le conoscenze acquisite.

Il corso del Tirino ha origine a quota 337, dalle sorgenti ubicate presso Capestrano. Questa sorgente, che in passato erogava circa 1000 l/s, è oggi quasi interamente esaurita. Due chilometri più a valle, a quota 335, il corso d'acqua che ha origine a Capestrano riceve il contributo delle sorgenti di Presciano. Le emergenze sono distribuite a quota variabile tra 340 e 335 su un fronte di un centinaio di metri. Le emergenze più elevate sono invase in una grande vasca artificiale che alimentava un suggestivo mulino, mentre le sorgenti poste a quote inferiori danno origine ad un piccolo lago che viene alimentato da acque risalenti. Un antico pozzo, costruito nei pressi del lago, eroga naturalmente una modesta portata ad una quota di circa due metri

superiore, rispetto al livello del lago. La portata complessiva delle sorgenti di Presciano era di 1600 l/s nel 1900 (PERRONE), di 1000 l/s dal 1953 al 1976 (SERVIZIO IDROGRAFICO), circa 800 l/s nel 1992-93 (REGIONE ABRUZZO). Il corso d'acqua riceve ancora apporti subalvei lungo un tratto di circa 1 km tra quota 335 e 325, dove confluisce con un altro ramo proveniente dalla località Capo d'Acqua.

Le sorgenti di Capo d'Acqua hanno origine a quota 340 dalla coltre detritica che borda le pendici occidentali del rilievo di M.te Scarafano; le acque sono invase in un bacino artificiale che alimenta una centrale idroelettrica e un sistema di irrigazione. La loro portata era di 5000 l/s, fino agli anni ottanta; attualmente è di circa 3000 l/s.

Dopo la confluenza dei due rami di monte, il Tirino scorre sui depositi fluvio-lacustri pleistocenici per alcuni chilometri, lungo i quali la sua portata si mantiene costante. Tra quota 320 e 310 il corso del Tirino riceve l'apporto di alcune sorgenti minori e consistenti apporti subalvei, già osservati dal Perrone nel 1900 e più volte verificati dalle più recenti campagne di misura. Le portate variano da 1900 l/s misurati nel 1900 a 1700 l/s valutati nel 1992; la misura più recente è di soli 600 l/s.

Nell'abitato di Bussi è ubicata la Stazione idrometrica di Madonnina. Poco a valle della stazione, l'acqua del Tirino viene interamente derivata da un canale idroelettrico a servizio del grande centro industriale di Bussi Scalo, dove l'acqua viene restituita in alveo, poche centinaia di metri a monte della confluenza con il Pescara.

L'abitato di Bussi è costruito, in gran parte, su un esteso piastrone di travertino che dà origine ad un salto morfologico di circa 30 metri. A valle della derivazione idroelettrica, in corrispondenza del salto morfologico, si trovavano le cascate descritte dal Perrone; oggi questo tratto di alveo è completamente secco.

Ai piedi dell'originaria cascata si trova la grande sorgente del Basso Tirino, che non è mai stata accuratamente descritta, perché la sua origine è molto singolare e perché attualmente la sua portata è interamente captata per uso idroelettrico.

Tutti gli Autori che hanno studiato il Tirino si sono resi conto che la portata del fiume, tra Bussi e la confluenza con il Pescara, aumenta di diversi metri cubi al secondo ma, non avendo identificato alcuna sorgente ben localizzata, hanno ritenuto che l'aumento di portata fosse riferibile ad apporti subalvei o che la sorgente fosse ubicata nel centro industriale di Bussi scalo, difficilmente accessibile. Una precisa descrizione della sorgente è stata data nei rapporti inediti di Aquater (1992-93) e dei Servizi Tecnici Nazionali (1998-99). La sorgente del Basso Tirino, che eroga costantemente una portata variabile tra 5 e 7 m³/s, è ubicata ai piedi della originaria cascata formata dal corso del Tirino, immediatamente a valle dell'abitato di Bussi. Le acque della sorgente (fig. 3) sono derivate, da una traversa alta una decina di metri costruita negli anni trenta, in una vecchia condotta in cemento (diametro esterno 3 metri) che le porta allo stabilimento industriale di Bussi Scalo, dove sono utilizzate da una centrale idroelettrica, prima di esser restituite al fiume. Nel centro industriale vengono restituite in alveo sia le acque dell'alto Tirino, interamente derivate a Bussi, sia le acque del Basso Tirino, derivate alla sorgente.

Nel tratto di fiume compreso tra la sorgente del Basso Tirino e il Centro industriale Ausimont, scorrono in al-



Fig. 3 - Sorgente «Basso Tirino». Opera di captazione vista dall'alto. Una traversa, alta 10 m circa, crea un piccolo bacino che alimenta una condotta idroelettrica di 3 m di diametro. Il bacino è compreso tra l'opera di captazione e una ripida parete di travertino.

- *Basso Tirino Spring. Bird's view. A weir 10 m high produces a small basin which feeds a hydraulic conduit (diam. 3 m). The basin is limited on one side by the weir and on the other side by a very steep travertine escarpment.*



Fig. 4 - Sorgente «Basso Tirino». Opera di captazione vista dal basso. La sorgente è ubicata nell'alveo del Tirino immediatamente a monte della traversa. Le acque sorgive risalgono in pressione fino alla quota di coronamento (262 m): 6 m³/s sono derivati dalla condotta idroelettrica; la portata in eccesso trabocca e torna nell'alveo naturale.

- *Basso Tirino Spring. The spring is located in the river bed, immediately upstream the weir. Artesian spring waters rise up to the top of the weir (262 m of altitude): 6 m³/s are constantly diverted into the hydraulic conduit; the exceeding discharge overflows in the river bed.*

veo poche centinaia di litri al secondo, alimentate in parte dalle perdite diffuse ai piedi della traversa ed in parte dal trabocco che supera il coronamento, quando la portata della sorgente è superiore alla massima portata derivabile dalla vecchia condotta (fig. 4).

A valle del Centro Industriale le acque utilizzate nel ciclo produttivo (circa 1500 l/s) vengono rilasciate direttamente nel fiume Pescara da un canale artificiale, mentre la maggior parte della portata, utilizzata dalle due centrali idroelettriche, viene rilasciata nell'alveo naturale del Tirino, poco a monte della confluenza.

ANALISI DELLE CONDIZIONI DI EMERGENZA

Dalle osservazioni di campo, sulle condizioni di emergenza, è risultato quanto segue:

a) Le sorgenti di Capestrano e di Presciano sono ubicate in due punti particolari, dove i depositi fluvio-lacustri pleistocenici, che costituiscono il terrazzo di quota 380-350 m appoggiato sul versante calcareo, sono erosi a quote inferiori a 340 m. Situazione analoga, mascherata da coperture detritiche recenti, dovrebbe trovarsi anche a Capo d'Acqua, sul versante opposto della valle.

b) Le sorgenti di Presciano sono distribuite in una ristretta area, a quote variabili tra 340 e 335 m. Le emergenze più elevate sono direttamente alimentate dalle acque provenienti dallo sperone calcareo che si incunea nei depositi fluvio-lacustri, mentre le sorgenti più basse sono alimentate da acque in pressione, risalenti in superficie attraverso modesti spessori di depositi limoso-argillosi. Il potenziale dell'acquifero è di due metri superiore alla quota di campo. Analogo fenomeno si verifica, per circa un chilometro a valle di Presciano, lungo il corso d'acqua che solca i depositi lacustri limoso-sabbiosi, tra quote 335 e 325 m. Il grande bacino artificiale che capta le sorgenti di Capo d'Acqua, ha totalmente mascherato le originarie condizioni di emergenza. A valle della captazione, il ramo di Capo d'Acqua che solca i depositi lacustri, non risulta alimentato fino a Ponte San Martino, dove confluisce con il ramo di Capestrano.

c) Tra quota 325 e 320 m, il Tirino scorre sui depositi lacustri e non riceve apprezzabili apporti subalvei. Tra quota 320 e 310 m il fiume è nuovamente alimentato da alcune sorgenti distribuite in riva destra e da apporti subalvei di circa 2 m³/s, registrati in passato, ridotti attualmente a valori inferiori ad 1 m³/s. È pertanto presumibile che il fiume sia alimentato da un diffuso fenomeno di *drainance* attraverso la coltre dei depositi fluvio-lacustri.

d) La grande sorgente del Basso Tirino è certamente alimentata da un acquifero carbonatico imprigionato sotto i depositi lacustri pleistocenici. Prima della costruzione dell'opera di captazione le acque emergevano ai piedi della cascata di Bussi, in un'area molto ristretta dell'alveo naturale del Tirino. Le acque che emergevano in pressione si aggiungevano a quelle provenienti dalla cascata, in una zona di alta turbolenza. Questa singolare situazione ha reso difficile la precisa ubicazione della sorgente del Basso Tirino, che non è stata riconosciuta nemmeno dall'espertissimo PERRONE. Le opere di captazione della sorgente sono costituite da una traversa alta una decina di metri, che dà origine ad un ristretto bacino artificiale (compreso tra la struttura e la scarpata di travertino) dove le acque sorgive risalgono in pressione; il livello si stabilizza alla quota del coronamento, posto a 262 m, quando la condotta alimentata dal bacino artificiale è in esercizio con una portata di 6 m³/s (fig. 3 e fig. 4). Quando la condotta non è in esercizio le acque sorgive traboccano dalla traversa perché hanno un potenziale superiore alla quota del coronamento.

Questa situazione viene confermata anche dalla quota del livello piezometrico dei pozzi in costruzione (a servizio dell'«Acquedotto del Giardino») sulle pendici nord-orientali di M.te Scuncole. Questi pozzi, perforati nella dorsale carbonatica a quota 343 m, profondi 90 m, attraversano un acquifero molto produttivo, che ha un livello piezometrico posto a quota 282 m, più elevato di venti

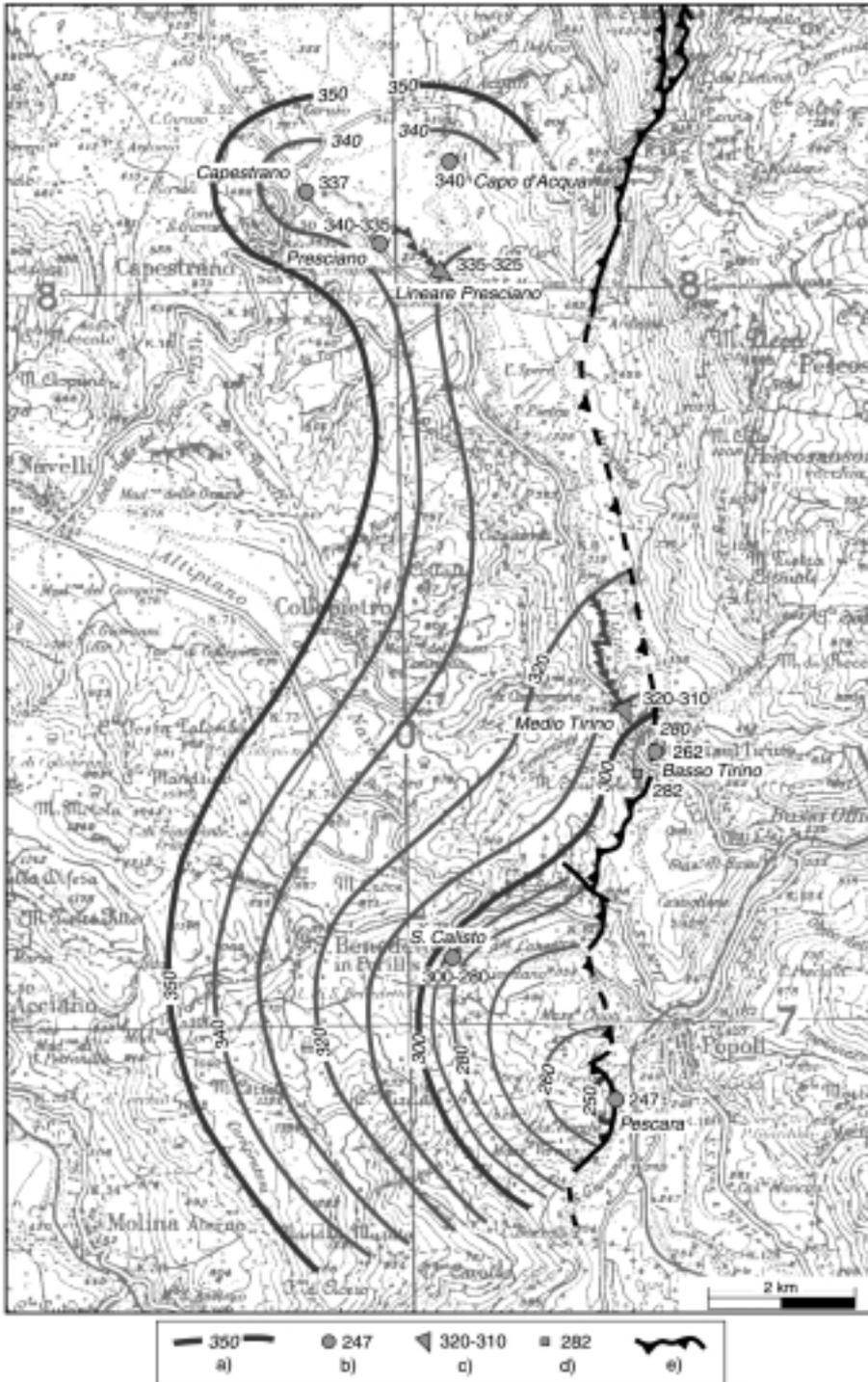


Fig. 5 - Ipotesi di campo piezometrico. Il grande acquifero del Gran Sasso-Sirente è sbarrato ad est dal sovrascorrimento orientale del Gran Sasso. Le grandi sorgenti del Basso Tirino e del Pescara sono ubicate a 250 m di quota. Le linee di flusso dell'acquifero regionale sono dirette da W a E. LEGENDA: a) isopieze; b) sorgente puntuale e quota (m slm); c) sorgente lineare e quote (m slm); d) campo pozzi e quota del livello piezometrico (m slm); e) sovrascorrimento. - Probable piezometric field of the regional aquifer: the thrust of Gran Sasso acts as the eastern hydraulic barrier of the aquifer. Tirino and Pescara main springs are at 250 m a.s.l. along the structural line. Regional groundwater flow is directed from W to E. LEGEND: a) piezometric contour lines; b) spring; c) linear spring; d) well field; e) overthrust.

Dai tipi dell'Istituto Geografico Militare. (Autorizzazione n. 5633 in data 17/09/02).

metri, rispetto alla quota di coronamento della traversa, che dista dalla perforazione circa 250 m.

Dalle considerazioni sopra esposte si può dedurre che le sorgenti di Capestrano e di Presciano sono alimentate da un acquifero libero in corrispondenza delle emergenze poste a quota superiore a 335 m. A quote topografiche inferiori l'acquifero, imprigionato sotto la coltre fluvio-lacustre pleistocenica, risulta artesiano ed alimenta per *drainance* le sorgenti lineari riconosciute a monte di Bussi. In corrispondenza della sorgente Basso Tirino l'acquifero risulta artesiano, con un potenziale superiore di almeno 15 m rispetto alla quota della sorgente.

IPOTESI DI CAMPO PIEZOMETRICO

I dati di potenziale dell'acquifero acquisiti nell'area del Tirino e nella depressione di Popoli, consentono di formulare un'ipotesi di campo piezometrico, coerente con le osservazioni di terreno (fig. 5). Il sovrascorrimento Rìgopiano-Bussi corrisponde ad un limite a flusso nullo che, con andamento sub-meridiano, chiude ad est la struttura idrogeologica del Gran Sasso. Ad ovest di questa linea, le dorsali carbonatiche risultano sature a quota 350 m nell'area di Capestrano; lungo la valle del Tirino l'acquifero dei carbonati ha ovunque un potenziale superiore alla quota del corso d'acqua; nei tratti dove si sono

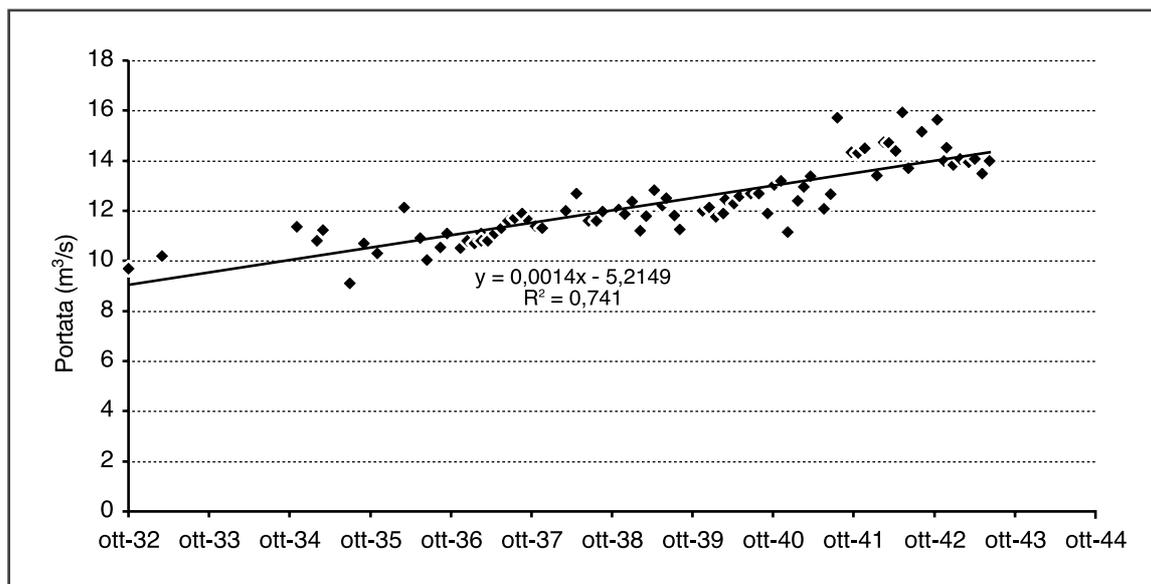


Fig. 6 - Fiume Tirino alla stazione idrometrica di Madonna. Portate medie mensili del periodo 1932-43. I valori medi crescono gradualmente da 9 a 14 m³/s.

- Tirino River at Madonna hydrometric station. Mean monthly discharges (1932-43). Mean values rise from 9 to 14 m³/s.

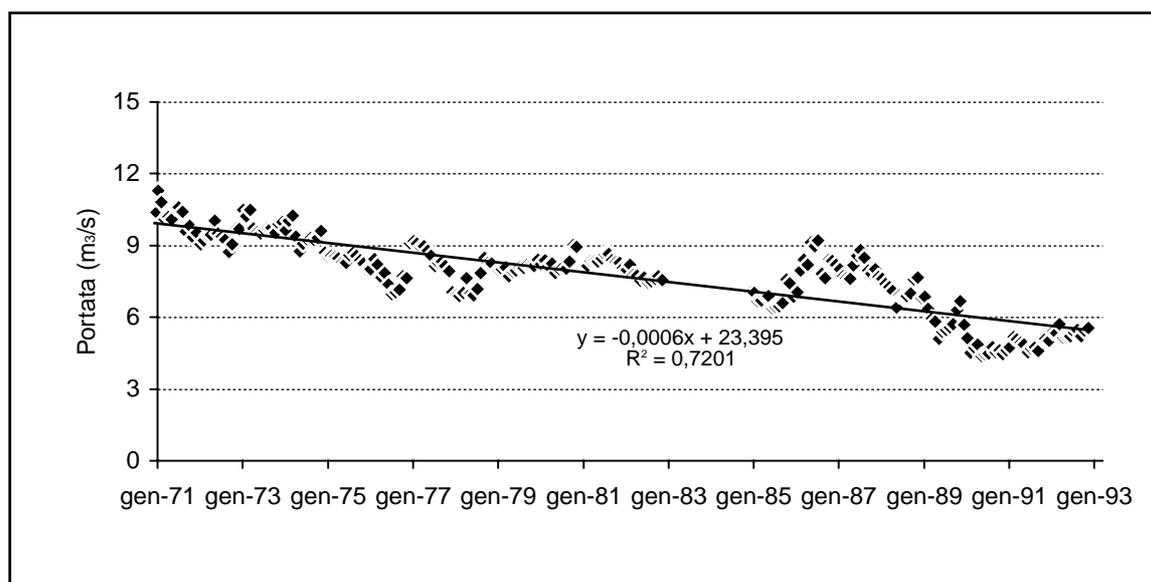


Fig. 7 - Fiume Tirino alla stazione idrometrica di Madonna. Portate medie mensili del periodo 1971-92. I valori medi diminuiscono gradualmente da 10 a 6 m³/s.

- Tirino River at Madonna hydrometric station. Mean monthly discharges (1971-92). Mean values decrease from 10 to 6 m³/s.

identificate le sorgenti lineari il Tirino è alimentato per *drainance*. In corrispondenza della sorgente Basso Tirino si osserva un marcato semi-cono di depressione prodotto dall'emergenza, molto localizzata, di 6 m³/s. A sud-ovest di Bussi il campo piezometrico passa intorno a quota 300-280 m in corrispondenza del gruppo di sorgenti San Calisto (che eroga una portata media complessiva di circa 2000 l/s), per deprimersi a quota 250 m circa in corrispondenza delle Sorgenti del Pescara, che erogano una portata di circa 7,5 m³/s.

Dall'interpretazione proposta risulta che le sorgenti di Capestrano e Presciano, le sorgenti lineari, quelle del Basso Tirino e quelle del Pescara sono alimentate da un ac-

quifero che ha direzione di flusso dominante da ovest verso est, mentre le sorgenti di Capo d'Acqua risultano presumibilmente alimentate da un acquifero che ha direzione di flusso da nord verso sud, parallela al limite idrostrutturale Rigopiano-Bussi.

REGIME DI PORTATA DELLE SORGENTI

Le schede delle sorgenti allegate riassumono tutti i dati reperiti sulla portata erogata dalle singole sorgenti. Risulta, in sintesi, una notevole variabilità nelle sorgenti poste a quota più elevata ed in particolare una progres-

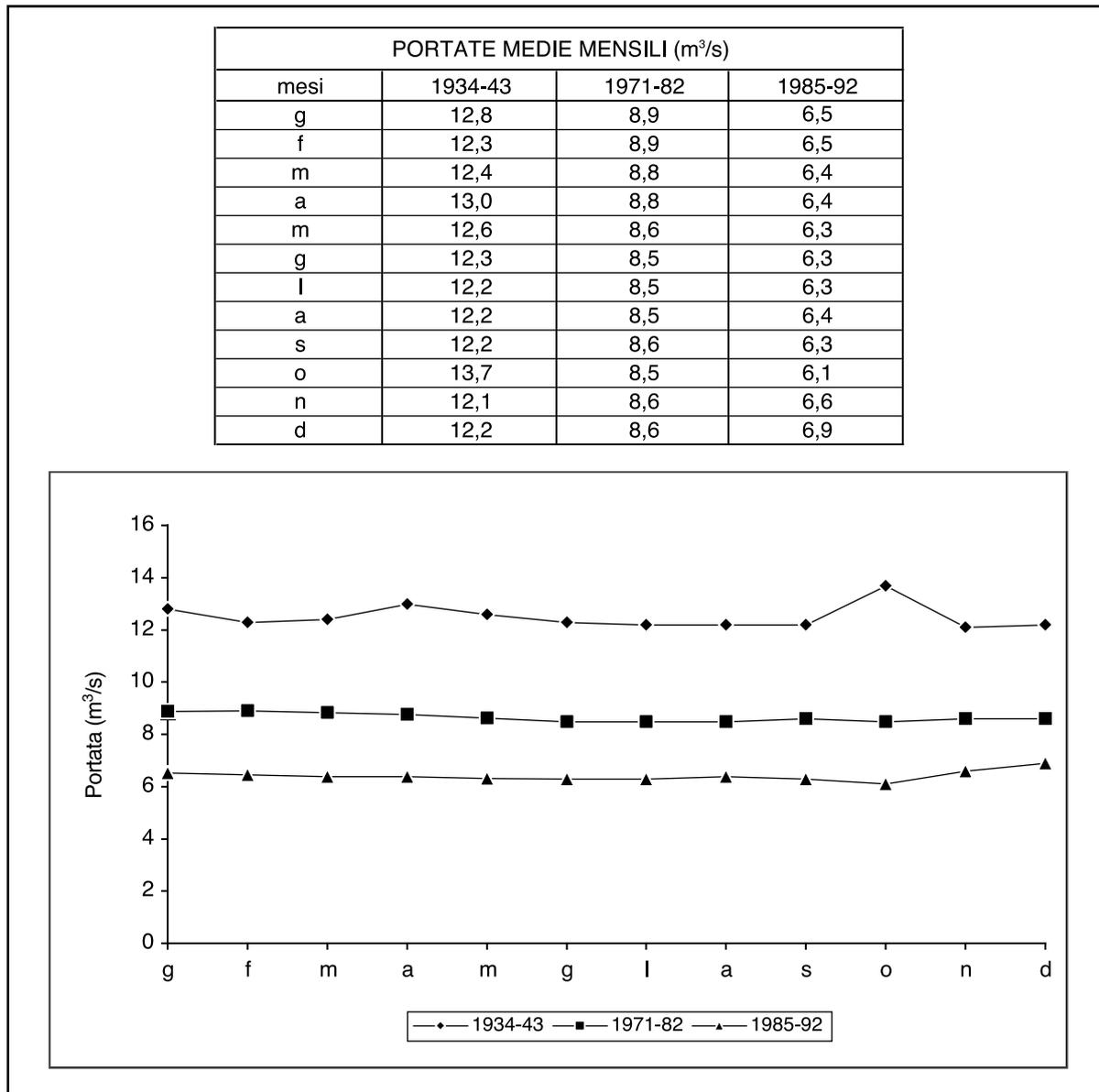


Fig. 8 - Fiume Tirino alla stazione idrometrica di Madonna. Portate medie mensili dei periodi: 1934-43, 1971-82, 1985-92. Si nota una estrema regolarità delle portate nel corso dell'anno. La portata media è di 9 m³/s; nel periodo 1934-43 la portata è superiore e nel periodo 1985-92 è inferiore ai valori medi.

- Tirino River at Madonna hydrometric station. Mean monthly discharges of the following periods: 1934-43, 1971-85, 1985-92. The discharge is extremely regular all over the year. Mean discharge is 9 m³/s. Discharges are higher in 1934-43, and are lower in 1985-92, compared to the mean value.

siva diminuzione della portata, con minimi assoluti registrati negli ultimi anni. La stazione idrometrica di Madonna fornisce il valore complessivo della portata erogata da tutte le sorgenti ubicate a monte. Il contributo del ruscellamento alla portata del fiume è trascurabile ed effimero; apporti apprezzabili si hanno solo in aprile ed ottobre. Per descrivere il regime di portata, registrato alla stazione di Madonna, sono stati preparati i grafici di figg. 6, 7, 8, 9 e 10. Nella figura 6, relativa al periodo 1932-43, risulta che la portata media cresce progressivamente da valori di circa 9 m³/s a valori di poco superiori a 14 m³/s, con massimi di 16. Nella fig. 7, relativa al periodo 1971-92 (ultimi dati pubblicati dal Servizio Idrografico), risulta al contrario che la portata

media decresce progressivamente da valori di circa 10 m³/s a valori di poco inferiori ai 6 m³/s.

Nei grafici delle figg. 8 e 9 risulta una sorprendente stabilità delle portate durante l'intero arco dell'anno; non si osservano variazioni stagionali. Solo nei mesi di aprile ed ottobre si notano modestissimi apporti dovuti a fenomeni di ruscellamento. Nella fig. 8 sono invece evidenti marcate variazioni di portata di lungo periodo.

Nella fig. 10 vengono riportati i dati (1924-34) acquisiti alla stazione idrometrica di S. Martino (7 km a monte di Madonna), alla stazione di Madonna, tra il 1934 e il 1943 e alla stazione di Bussi Scalo, tra il 1924 e il 1943. Da questo confronto risulta evidente

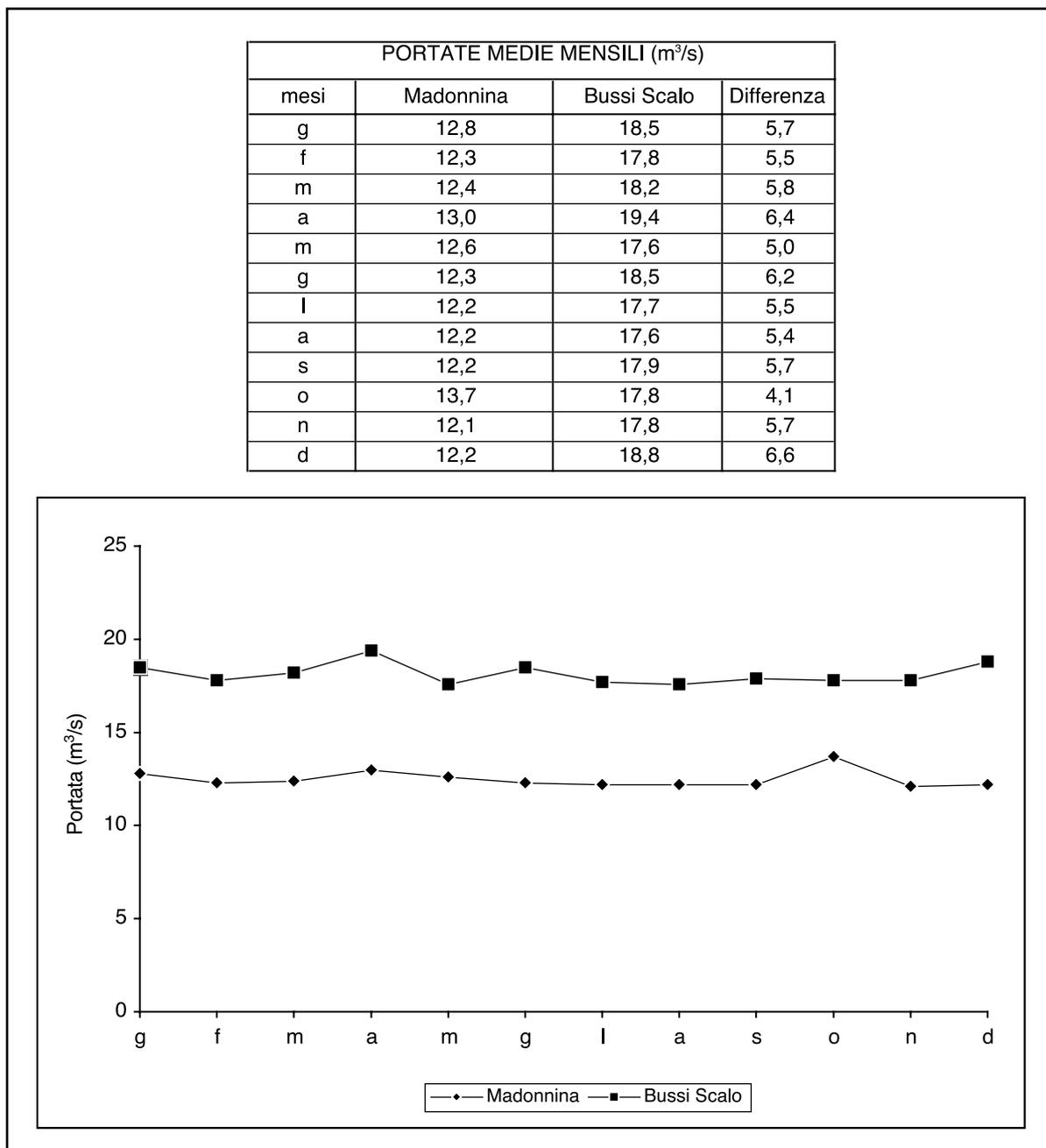


Fig. 9 - Fiume Tirino alle stazioni di Madonna (quota 310) e Bussi Scalo (quota 242). Confronto fra le portate medie mensili del periodo 1934-43. La portata misurata a Bussi Scalo, a valle della Sorgente Basso Tirino, è più elevata in media, di 5,6 m³/s.
 - Madonna and Bussi Scalo hydrometric stations on Tirino River (1934-43). Mean discharge at Bussi Scalo is 5,6 m³/s higher.

che, tra la stazione di Madonna e quella di Bussi Scalo, si registra un aumento pressoché costante di circa 6 m³/s, riferibile alla sorgente del Basso Tirino. Gli stessi valori sono riportati in modo più evidente nella fig. 9.

Una elementare elaborazione dei dati acquisiti porta alle seguenti conclusioni.

Alla stazione di Madonna la portata media registrata tra il 1934 e il 1943 è pari a 12,5 m³/s; nel periodo 1971-82 è pari a 8,6 m³/s e quella del periodo 1985-92 è pari a 6,4 m³/s (fig. 8), per un valore medio di 9,2 m³/s. La portata del periodo 1934-43 risulta superiore del 36% rispetto alla media; analogamente la portata del periodo

1985-92 risulta inferiore del 30% rispetto alla media calcolata.

La portata della sorgente Basso Tirino è invece estremamente stabile nel tempo, con valori prossimi a 6 m³/s. Lo confermano anche attendibili informazioni raccolte presso lo stabilimento AUSIMONT di Bussi Scalo, che utilizza integralmente la portata della sorgente del Basso Tirino per la produzione di energia elettrica. Dai tabulati risulta che la produzione della centrale, dagli anni trenta in cui è entrata in produzione, non ha mai subito apprezzabili variazioni e che la portata utilizzata è di 6,2 m³/s.

Se alla portata misurata alla stazione di Madonna si aggiunge una portata costante di 6,2 m³/s, si ricava che la

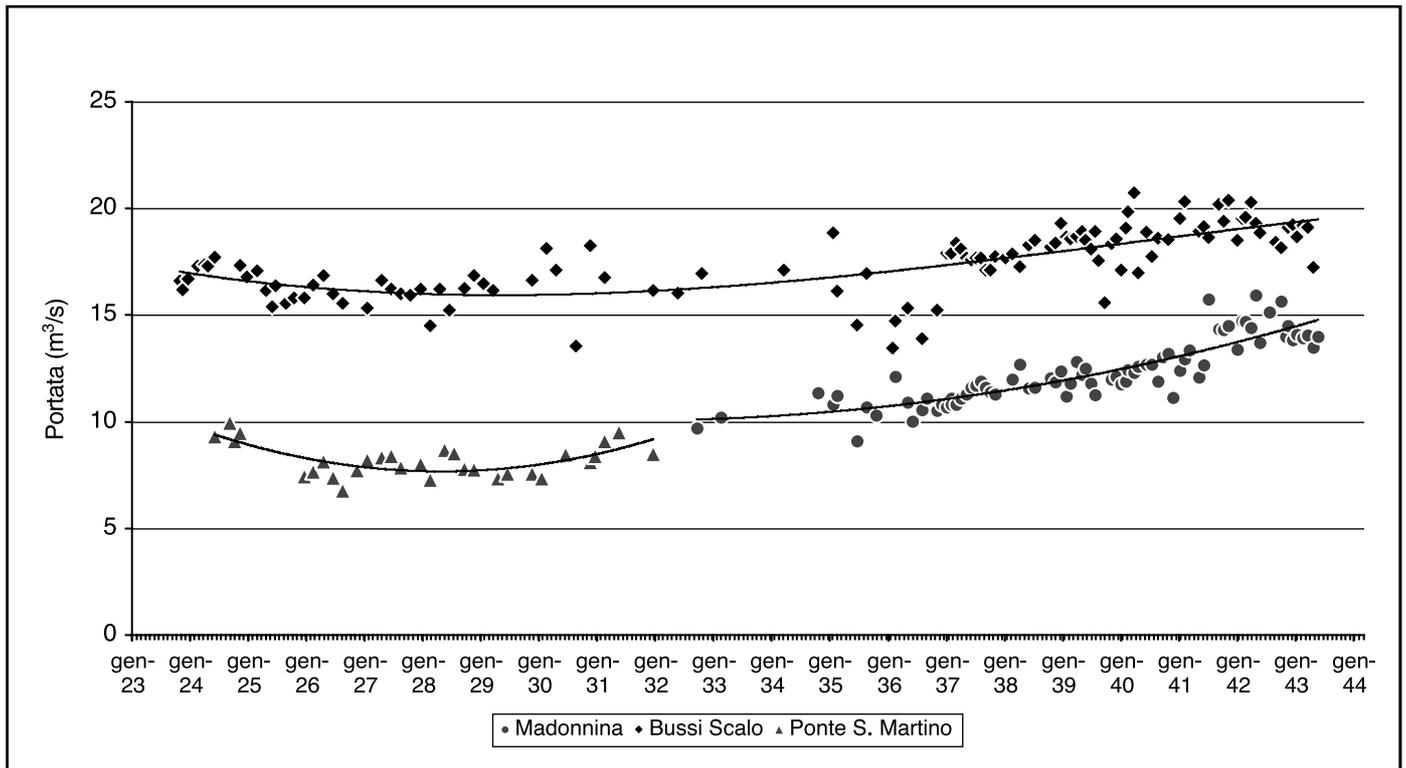


Fig. 10 - Fiume Tirino. Confronto delle portate medie mensili registrate alle stazioni di S. Martino (periodo 1924-34), Madonnina (periodo 1934-43) e Bussi Scalo (periodo 1924-43). Risulta evidente un aumento pressoché costante di circa $6 \text{ m}^3/\text{s}$ a Bussi Scalo, dovuto al contributo della Sorgente Basso Tirino.

- Tirino River. Mean monthly discharge at S. Martino (1924-34), Madonnina (1934-43) and Bussi Scalo (1924-43) hydrometric stations. Bussi Scalo values are constantly $6 \text{ m}^3/\text{s}$ higher, due to the discharge of Basso Tirino Spring.

portata media del Tirino, nel periodo 1934-43, è pari a $18,5 \text{ m}^3/\text{s}$, nel periodo 1971-82 è di $15,2 \text{ m}^3/\text{s}$ e nel periodo 1985-92 è di $12 \text{ m}^3/\text{s}$. Mediando tutti i valori noti degli ultimi settant'anni si ricava la portata media di $15 \text{ m}^3/\text{s}$, con massimi di $18,5 \text{ m}^3/\text{s}$ e minimi di $12 \text{ m}^3/\text{s}$. Rispetto ai valori medi risulta un aumento di circa il 21%, nel decennio 1934 al 1943, e una diminuzione del 18%, nel periodo 1985-92.

Le sorgenti del Tirino hanno un regime di portata, di breve periodo, estremamente stabile, privo di variazioni stagionali, che indica tempi di residenza nel sottosuolo pluriennali e percorsi sotterranei medi dell'ordine delle decine di chilometri. L'acquifero che versa nel Tirino una portata media di $15 \text{ m}^3/\text{s}$, deve avere, in prima approssimazione, un'area di alimentazione di circa 600 km^2 , e deve ricevere una infiltrazione efficace media di circa 750 mm/a . In tali condizioni, una variazione media del 20% dell'infiltrazione efficace, su periodi relativamente lunghi, comporta una corrispondente variazione di portata, in eccesso o in difetto, di circa $3 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dalla fig. 5 risulta che le sorgenti di Capo Pescara e di San Calisto, con ogni probabilità fanno capo allo stesso acquifero che alimenta le sorgenti del Tirino. La sorgente di Capo Pescara, posta a quota 247 (la più bassa di tutto il gruppo) ha un regime di portata molto stabile, con modeste variazioni stagionali, da $5,5$ a $8,5 \text{ m}^3/\text{s}$, con valori medi di $7,5 \text{ m}^3/\text{s}$; si dispone di misure eseguite dal Servizio Idrografico negli anni '50 che hanno fornito dati molto simili a quelli acquisiti dal PERRONE nel biennio 1898-1899. Mancano attendibili misure recenti. Il gruppo di sorgenti di San Calisto, posto a quota più elevata, ha

un regime di portata più variabile, con valori massimi di $2,7 \text{ m}^3/\text{s}$ e minimi di circa $2 \text{ m}^3/\text{s}$.

L'acquifero delle sorgenti del Pescara e del Tirino eroga quindi una portata media complessiva di circa $25 \text{ m}^3/\text{s}$ che deve essere alimentata da un'area di circa 1000 km^2 , per una infiltrazione efficace di 750 mm/a . Le variazioni di portata di lungo periodo interessano prevalentemente le sorgenti poste a quota più elevata, con oscillazioni positive e negative di circa $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$, rispetto ai valori medi.

Per giustificare questa variabilità sono sufficienti oscillazioni cicliche dei valori di infiltrazione efficace dell'ordine dei 100 mm/a , che possono corrispondere a variazioni di afflusso meteorico dell'ordine dei 150 mm/a .

Variazioni di questo ordine di grandezza sono state verificate (FARRONI *et alii*, 1999) nell'intera struttura del Gran Sasso e risultano anche dalla fig. 11, dove sono evidenziati i valori medi di precipitazione di alcune stazioni del bacino del Tirino dal 1930 al 1996. Si osservano oscillazioni più o meno marcate che tendono decisamente a valori negativi nell'ultimo decennio considerato.

Le variazioni registrate alla stazione di Madonnina (fig. 8), rientrano in questo campo di variabilità, mentre la sorgente del Basso Tirino ha conservato una portata costante.

Il diverso regime di portata che si osserva tra le sorgenti poste a quota più elevata, a monte di Madonnina e quella del Basso Tirino può trovare la sua spiegazione nelle diverse condizioni di emergenza che si sono descritte nel capitolo precedente. La sorgente del basso Tirino è alimentata da un settore dell'acquifero, imprigionato sotto depositi lacustri a bassa permeabilità, con potenziale

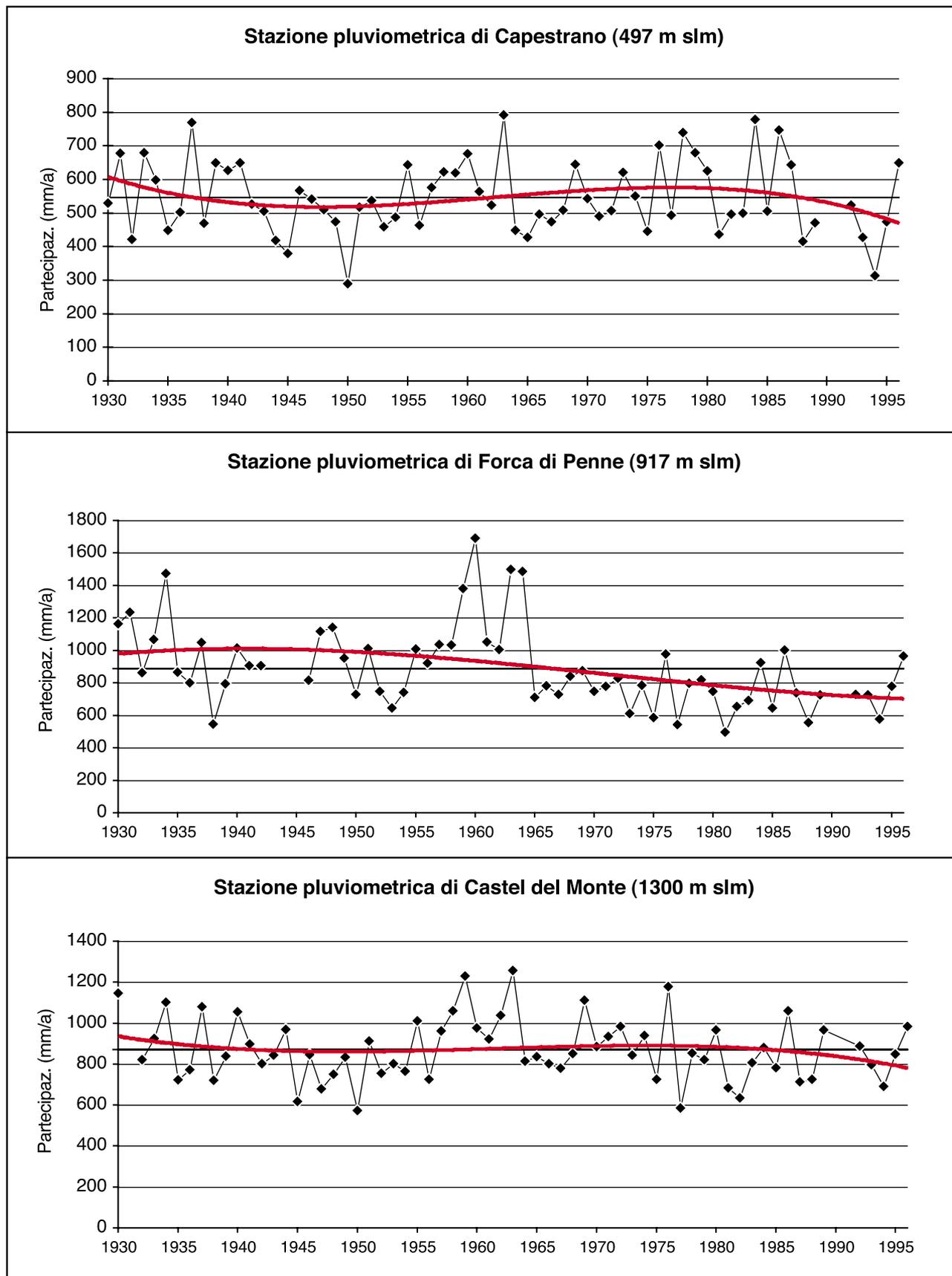
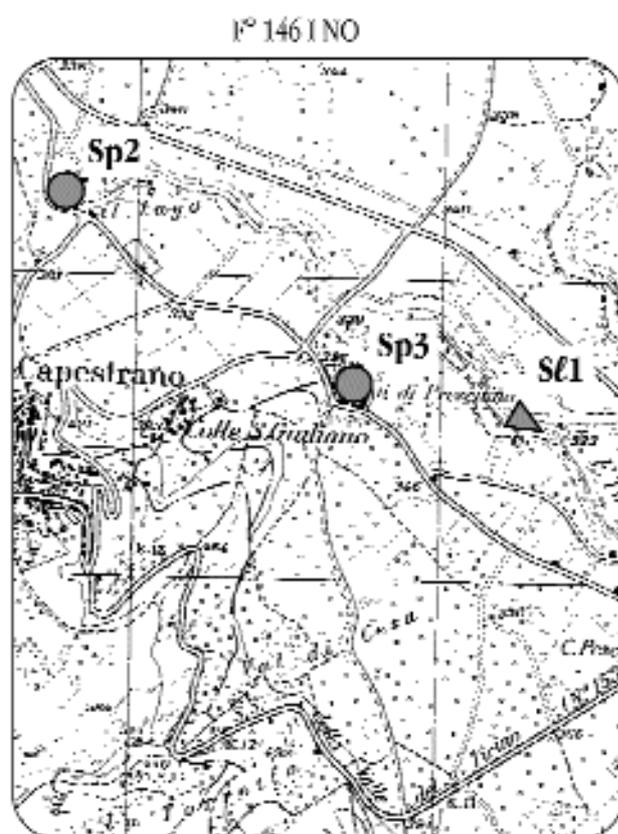


Fig. 11 - Precipitazioni medie annue (mm) del periodo 1930-1996 registrate alle stazioni di Capestrano, Forca di Penne e Castel del Monte. Si osservano variazioni cicliche che scartano dal 10 al 20% rispetto ai valori medi.
 - Mean annual precipitations (1930-1996) at Capestrano, Forca di Penne and Castel del Monte gauging stations. Cyclic variations from 10 to 20% are observed.

SCHEDA DELLA SORGENTE

GRUPPO CAPESTRANO



Scala 1:25.000

	Sp2	Sp3	Scl1
Quota	337	335	330-325
Lat	42°16'30"	42°16'05"	42°16'10" - 42°16'08"
Long	1°19'07"	1°19'48"	1°20'12" - 1°20'20"

Descrizione delle emergenze

Al km 11+700 della SS153 prendere il bivio per Capestrano, percorrere 500 m circa fino alla Chiesa di S. Giuliano. La strada che si trova sulla destra porta al lago artificiale di Capestrano (Sp2), distante circa 1 km; la strada che si trova sulla sinistra porta alle sorgenti di Presciano (Sp3).

Il lago di Capestrano è alimentato da una emergenza puntuale (Sp2).

Le sorgenti di Presciano (Sp3) sono distribuite a quote variabili tra 340 e 335. Le acque sono in gran parte invase da un fango artificiale. Più in basso, altre emergenze di acqua in pressione formano un piccolo lago.

Una emergenza lineare in alveo è stata individuata tra quota 330 e 325 (Scl1).

Opere di derivazione

Le sorgenti di Capestrano sono captate, tramite un invaso artificiale, per uso irriguo; le sorgenti di Presciano sono parzialmente captate per uso potabile ed irriguo.

Sintesi dei dati di portata

	Portata media (l/s)	Portata di magra (l/s)
Sp2	?	20
Sp3	1000	800
Scl1	?	900

Sintesi delle caratteristiche chimico-fisiche

	Temperatura (°C)	Conducibilità (K25μS/cm)
Sp2	12,5	738
Sp3	11	671

I dati disponibili sono: Perrone (1900), Servizio Idrografico (1953-76), CMP PS29 (1977), Celico (1983), Boni et alii (1986), Regione Abruzzo (1992-93), Stigliano et alii (1999), Dipartimento dei Servizi Tecnici Nazionali (1999).

Note geologiche

Le sorgenti di Capestrano e Presciano sono alimentate da due speroni calcarei del Cretaceo superiore-Eocene, circondati dai depositi fluvio-lacustri.

DATI DI PORTATA DEL GRUPPO CAPESTRANO

Perrone (1900)

Sp2 (Sorg. Capestrano)

Portata (l/s)	Data
1108	23-06-1898
947	23-08-1898
1013	22-11-1898

1033 Portata media

Sp3 (Sorg. Presciano)

Portata (l/s)	Data
1737	23-06-1898
1658	23-08-1898
1424	22-11-1898

1606 Portata media

Portata (l/s)	Data
947	23-06-1898

Tirino alla confluenza dei rami di Capo d'Acqua e Capestrano (quota 323)

Sf1 (Sorg. Presciano)

Portata (l/s)	Data
832	23-06-1898

Calcolata come differenza tra la portata del Tirino a quota 323 e le sorgenti di Capo d'Acqua, Capestrano e Presciano

Servizio Idrografico (1953-76)

Sp2 (Sorg. Capestrano)

Portata (l/s)	Data
593	2-10-1953
442	26-11-1953
503	15-12-1953

513 Portata media

Sp3 (Sorg. Presciano)

Portata (l/s)	Data								
1079	2-10-1953	1160	29-11-1968	1200	14-09-1970	1010	5-07-1972	966	17-01-1975
1052	26-11-1953	1142	30-12-1968	1460	16-10-1970	933	17-08-1972	1080	19-03-1975
973	15-12-1953	1157	3-02-1969	1250	23-11-1970	980	15-03-1972	960	14-03-1975
1051	17-12-1954	1071	17-02-1969	1180	18-11-1970	988	10-10-1972	1050	22-05-1975
783	17-09-1955	977	17-03-1969	1050	21-01-1971	857	17-11-1972	960	6-06-1975
904	18-10-1955	999	14-04-1969	983	9-02-1971	1110	11-12-1972	991	11-07-1975
1095	22-11-1955	949	13-05-1969	1050	17-03-1971	995	19-01-1973	898	11-08-1975
1245	1-09-1957	962	11-06-1969	1040	8-04-1971	988	9-02-1973	996	5-03-1975
1016	20-09-1967	1021	9-01-1969	1100	10-05-1971	979	5-03-1973	990	6-10-1975
1313	18-10-1967	931	30-08-1969	1010	11-06-1971	1050	6-01-1973	770	5-11-1975
1232	13-11-1967	987	11-09-1969	1080	14-07-1971	1070	4-07-1973	882	3-12-1975
1163	14-12-1967	1030	20-10-1969	1280	25-08-1971	1120	20-08-1973	963	21-01-1976
1180	24-01-1968	1070	24-11-1969	970	15-09-1971	1000	5-03-1973	756	13-02-1976
1010	21-02-1968	956	17-12-1969	1030	15-10-1971	1210	5-10-1973	776	17-03-1976
1077	22-03-1968	1100	21-01-1970	1010	12-11-1971	1000	12-11-1973	856	12-05-1976
1129	12-04-1968	1070	11-02-1970	1030	9-12-1971	1160	5-01-1974	910	4-06-1976
1171	13-05-1968	1130	20-03-1970	1010	12-02-1972	997	5-02-1974	951	9-07-1976
1213	15-06-1968	1070	7-04-1970	935	16-02-1972	1130	8-03-1974	852	20-08-1976
1211	5-07-1968	1150	5-05-1970	1120	16-03-1972	1030	10-06-1974	919	3-03-1976
882	23-08-1968	1120	9-02-1970	1000	11-01-1972	906	9-05-1974		
1000	16-09-1968	1180	8-07-1970	1100	9-05-1972	1032	21-06-1974		
955	23-10-1968	1260	13-08-1970	1020	12-06-1972	1020	12-07-1974	1038	Portata media

Gruppo Capestrano (Sp2 + Sp3 + Sf1)

Portata (l/s)	Data	Portata (l/s)	Data
2855	30-11-1924	2000	26-05-1928
4057	4-12-1924	3783	13-06-1928
2432	26-01-1926	3223	17-08-1928
2534	18-03-1926	2760	15-10-1928
3078	8-05-1926	2162	15-05-1929
1944	15-07-1926	2721	19-07-1929
1782	17-09-1926	1955	13-12-1929
2515	11-12-1926	2163	8-02-1930
3190	15-02-1927	3053	26-07-1930
3128	18-07-1927	3360	27-01-1931
2570	22-09-1927	3540	24-06-1931
2703	25-01-1928		

2930 Portata media

Calcolata come differenza tra la portata del Tirino alla stazione di S.Martino, a quota 330 e la portata di Capo d'Acqua, a quota 340.

segue Servizio Idrografico

Stazione a ponte S. Martino (Busiscaglia) q=330 m

Portata (l/s)	Data	Portata (l/s)	Data
9098	30-11-1924	7292	26-03-1928
9171	4-12-1924	8695	13-06-1928
7488	26-01-1926	8575	17-08-1928
7668	18-03-1926	7777	15-10-1928
8128	8-05-1926	7332	15-05-1929
7390	15-07-1926	7585	19-07-1929
6790	17-09-1926	7580	13-12-1929
7715	11-12-1926	7450	8-07-1930
8195	15-02-1927	8145	26-07-1930
8410	18-07-1927	8100	27-01-1931
7850	23-09-1927	9510	21-06-1931
8013	25-01-1928		

Stazione di Capofl'Acqua a Molino Verkerzia

Portata (l/s)	Data	Portata (l/s)	Data
5243	30-11-1924	5292	26-03-1928
5417	4-12-1924	4912	13-06-1928
5006	26-01-1926	5302	17-08-1928
5134	18-03-1926	5017	15-10-1928
5050	8-05-1926	5110	15-05-1929
5416	15-07-1926	4861	19-07-1929
5008	17-09-1926	3025	13-12-1929
5170	11-12-1926	5187	8-07-1930
4745	15-02-1927	5390	26-07-1930
5785	18-07-1927	5090	27-01-1931
5280	23-09-1927	4970	21-06-1931
5312	25-01-1928		

CMP-PS29 (1977)

Sp2 (Sorg. Capestrano)

Portata (l/s)	Data
353	5-10-1977

Sp3 (Sorg. Presciano)

Portata (l/s)	Data
1235	5-10-1977

Celico (1983)

Sp3 (Sorg. Presciano)

Portata (l/s)
1000 media

Boni et alii (1986)

Sp2 + Sp3

Portata (l/s)
2000 media

Regione Abruzzo (1992/3)

Sp2 (Sorg. Capestrano)

Portata (l/s)	Data
10	08-1992
68	21-01-1993

Sf1 (Sorg. lineare)

Portata (l/s)	Data
500	21-01-1993

Calcola come differenza tra la portata del Tirino a quota 325 (1958 l/s) e le sorgenti Sp2 e Sp3.

Sp3 (Sorg. Presciano)

Portata (l/s)	Data
797	21-01-1993

Stigliano et alii (1999)

Sp3 a quota 326 (comprensiva di SF1)

Portata (l/s)	Data
1470	05-1996
1478	07-1996
1792	08-1996
1787	10-1996
1950	12-1996
1886	01-1997

1709 Portata media

Dip. Ser. Tecn. Naz.

Gruppo Capestrano

Portata (l/s)	Data
2000	8-09-1998

Portata calcola come differenza tra la portata del Tirino a quota 318 (5303 l/s) e la sorgente Capo d'Acqua (Sp1 2729 l/s).

DATI CHIMICO-FISICI DEL GRUPPO CAPESTRANO**CMP-PS29 (1977)**

Sp2 (Sorg. Capestrano)

Data	k25µS/cm	T°C	Durezza Tot °F
6-10-1977	738	12,5	42

Sp3 (Sorg. Presciano)

Data	k25µS/cm	T°C	Durezza Tot °F
5-10-1977	671	11	40

Regione Abruzzo (1992/3)

Sp2 (Sorg. Capestrano)

Data	k25µS/cm	T°C
21-01-1993	563	8,6

Sp3 (Sorg. Presciano)

Data	k25µS/cm	T°C
21-01-1993	551	11,1

Boni et alii (1986)

Gruppo Capestrano

T°C	TDS (mg/l)
11	450

Stigliano et alii (1999)

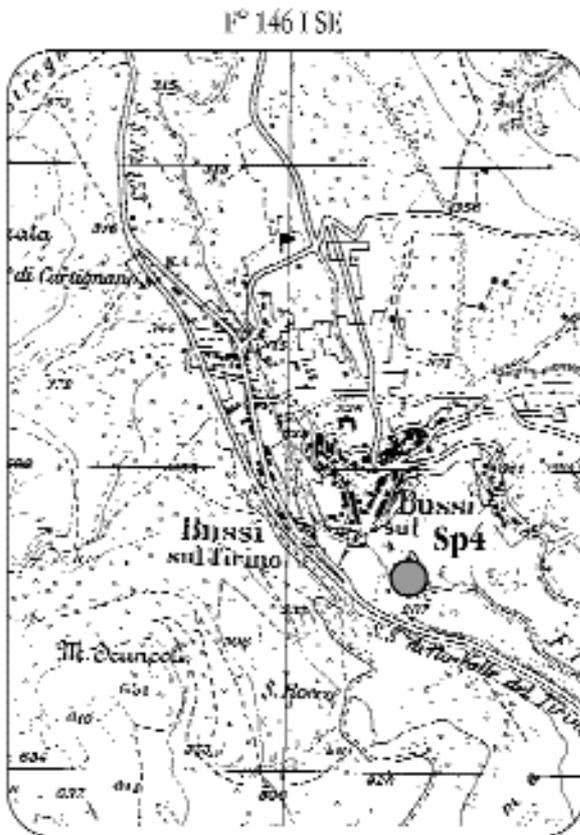
Sp3 (Sorg. Presciano)

Data	µS/cm	T°C
1996-1997	507	11,3

Boni et alii (2001)

Sp3 (Sorg. Presciano)

T°C	k25µS/cm
11,3	509

SCHEDA DELLA SORGENTE**BASSO TIRINO Sp4****Coordinate geografiche****Quota**

Lat	42°12'32"	250 m slm
Long	1°22'38"	

Descrizione dell'emergenza

L'opera di presa è raggiungibile dal km 21700 della SSI53 (all'altezza del casotto dell'ANAS), tramite una scalinata di un centinaio di metri.

La sorgente si trova ai piedi di una ripida parete di travertino nell'alveo del Tirino. Uno sbarramento artificiale dà origine ad un laghetto da dove l'acqua viene derivata in una condotta sotterranea (diametro 3 m).

La sorgente non era chiaramente identificabile perché le sue acque emergevano alla base della cascata del Tirino. Poiché il fiume viene completamente derivato a monte di Bussi, a quota 308, la sorgente è oggi ben visibile.

Opere di derivazione

Le acque sorgive vengono captate per uso idroelettrico, tramite una traversa, dal centro industriale AUSIMONT (Montedison) e rilasciate in alveo a quota 240. Vengono costantemente derivati 6 m³/s; la portata in eccesso viene rilasciata in alveo.

Sintesi dei dati di portata

Portata media (l/s)	6000
Portata di magra (l/s)	?

Sintesi delle caratteristiche chimico-fisiche

Temperatura (°C)	11,2
Conducibilità (μS/cm)	543

I dati disponibili sono: Perrone (1900), Servizio Idrografico (1940-42), CMP-PS29 (1977), Regione Abruzzo (1992-93), Ausimont (1963-2000).

Note geologiche

La sorgente è alimentata dall'acquifero artesiano che ha un potenziale di almeno 15 m superiore alla quota dell'emergenza naturale. L'acquifero carbonatico del Gran Sasso-Sirente è imprigionato sotto i depositi lacustri pleistocenici. Le acque risalgono nel bacino artificiale fino al coronamento, posto a quota 262, quando la condotta deriva 6 m³/s. A 250 metri di distanza il potenziale dell'acquifero è di 280 m.

Dai tipi dell'Istituto Geografico Militare. (Autorizzazione n. 5633 in data 17/09/02).

DATI DI PORTATA della sorgente BASSO TIRINO Sp4

Perrone (1900)

Portata (l/s)	Data
6212	24-06-1898
3800	24-08-1898
3523	22-11-1898
6027	11-03-1899
5279	29-05-1899
5770	Portata media

Sorgente Basso Tirino, calcolata come differenza tra la misura del Tirino a Bussi e quella del Tirino allo sbocco con il Pescara.

Tirino a Bussi sopra i cunicoli

Portata (l/s)	Data
11748	24-06-1898
11312	23-08-1898
10962	21-11-1898
10802	11-03-1899
10144	29-05-1899

Tirino presso lo sbocco nel Pescara

Portata (l/s)	Data
10960	24-06-1898
17121	24-08-1898
16485	22-11-1898
10829	11-03-1899
15443	29-05-1899

Servizio Idrografico (1940-42)

Portata (l/s)	Data
7050	1-02-1940
6900	11-03-1940
6550	18-04-1940
6610	14-05-1940
6595	4-07-1940
6825	10-08-1940
5920	9-10-1940
6220	29-11-1940
6950	29-12-1940
7160	27-01-1942
7310	25-02-1940
6800	21-03-1942
6900	20-06-1942
6095	26-09-1942

Sorgente Basso Tirino, misurata a valle dello scarico della centrale idroelettrica del Tirino inferiore.

6557 Portata media

CMP-P529 (1977)

Sorgente Basso Tirino, portata stimata (quota 269)

Portata (l/s)	Data
5000	22-09-1977

Gruppo sorgenti di Bussi (quota 219)

Portata (l/s)	Data
7258	4-10-1977

Regione Abruzzo (1992/3)

Portata (l/s)	Data
6100	09-1992

Portata calcolata per differenza tra la misura eseguita a quota 255 nel fiume Tirino (circa 13000 l/s), comprensiva della portata derivata per uso industriale, e la portata misurata a quota 314 (6900 l/s).

AUSIMONT (Montedison)

I dati di produzione della centrale idroelettrica del Tirino inferiore (Sorgente Basso Tirino) per gli anni 1963-2000 indicano che la sorgente ha erogato portate costanti di circa 6 m³/s

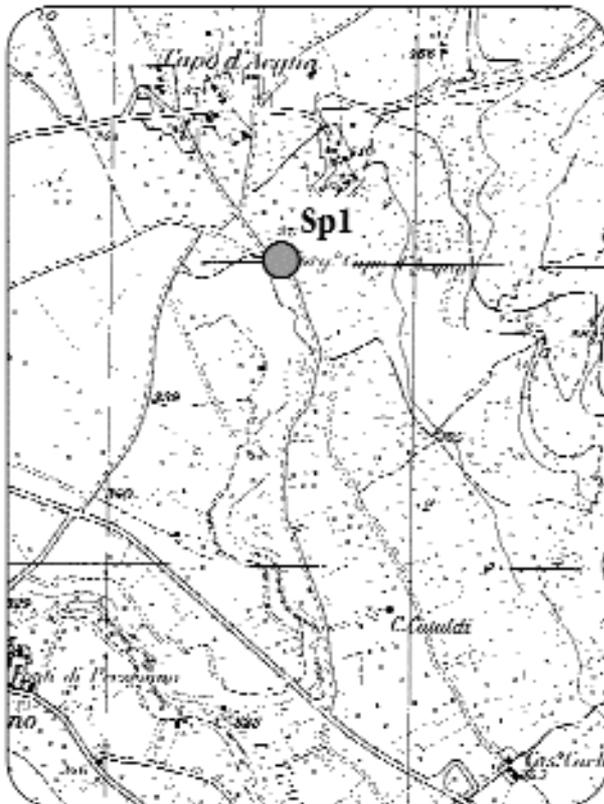
DATI CHIMICO-FISICI DELLA SORGENTE BASSO TIRINO Sp4

Stigliano et alii (1999)

Data	μS/cm	°C
1996-1997	539	12,4

Boni et alii (2001)

Data	K25 μS/cm	°C
13-03-2001	545	11,2

SCHEDA DELLA SORGENTE**CAPO D'ACQUA Sp1**F^o 1461NO

Scala 1:25.000

Coordinate geografiche**Quota****Lat** 42°16'55"

340 m slm

Long 1°20'26"**Descrizione dell'emergenza**

Dalla SS153 prendere la strada per Capo d'Acqua, (km 11 + 700) e percorrere circa 1 km.

Emergenze diffuse alimentano un esteso invaso artificiale.

Opere di derivazione

Le acque invasate sono utilizzate dal Consorzio di Bonifica Tirino - Piana di Navelli - Campo Imperatore, per la produzione di energia elettrica e per l'irrigazione dell'alta valle del Tirino.

Sintesi dei dati di portata

Portata media (l/s)	5000
Portata di magra (l/s)	2700

Sintesi delle caratteristiche chimico-fisiche

Temperatura (°C)	11
Conducibilità (K25µS/cm)	550

I dati disponibili sono: Perrone (1900), Servizio Idrografico (1924-76), CMP-PS29 (1977), Celico (1983), Boni et alii (1986), Regione Abruzzo (1992-93), Stigliano et alii (1999), Dipartimento dei Servizi Tecnici Nazionali (1999).

Note geologiche

La sorgente è alimentata da una coltre detritica che poggia su un affioramento di calcari micritici con solco a foraminiferi planctonici (Scaglia equiv.) del Cretaceo superiore - Eocene.

DATI CHIMICO-FISICI**CMP-PS29 (977)**

Data	k25µS/cm	T°C	Durezza Tot °F
5/10/1977	526	11	38

Boni et alii (1986)

T°C	TDS (mg/l)
11	150

Regione Abruzzo (1992-1993)

Data	k25µS/cm	T°C
15/17-1992	550	10,6

Stigliano et alii (1999)

Data	µS/cm	T°C
1996-1997	526	10,7

Dai tipi dell'Istituto Geografico Militare. (Autorizzazione n. 5633 in data 17/09/02).

DATI DI PORTATA della sorgente CAPO D'ACQUA Sp1

Perrone (1900)

Portata (l/s)	Data
570	23-06-1898
5578	23-08-1898
5361	21-11-1898

5570 Portata media

Servizio Idrografico (1924-76)

Portata (l/s)	Data						
5911	6-11-1924	5302	17-08-1928	4670	6-07-1968	5540	14-09-1970
5343	30-11-1924	5017	15-10-1928	4610	24-08-1968	4570	16-10-1970
5417	22-12-1924	4910	20-03-1929	4680	17-09-1968	5440	25-11-1970
5082	22-01-1925	5170	15-05-1929	4660	21-10-1968	6080	18-12-1970
6286	26-03-1925	4861	19-07-1929	4720	30-11-1968	4900	21-01-1971
5073	21-05-1925	5025	13-12-1929	4980	31-12-1968	5100	9-02-1971
5846	18-05-1925	5187	8-07-1930	5070	3-03-1969	4960	17-03-1971
5445	21-07-1925	5200	26-07-1930	4720	17-02-1969	4880	8-04-1971
5081	27-09-1925	5055	15-11-1930	4780	17-05-1969	4900	10-05-1971
5257	7-11-1925	5040	27-01-1931	4860	14-01-1969	4530	11-06-1971
4795	29-12-1925	4970	24-06-1931	4910	13-05-1969	6030	14-07-1971
5006	26-01-1926	5090	7-10-1933	5090	11-06-1969	5430	25-08-1971
5134	18-03-1926	6280	21-11-1933	4930	24-07-1969	4240	15-09-1971
5050	8-05-1926	5020	15-12-1933	4960	30-08-1969	4890	15-10-1971
5416	15-07-1926	4970	1-09-1967	5140	16-09-1969	5470	12-11-1971
5008	17-09-1926	5070	20-09-1967	4800	20-10-1969	4710	9-12-1971
5170	18-12-1926	4810	16-10-1967	5100	29-11-1969	4610	17-01-1972
4745	15-02-1927	4960	13-11-1967	4950	17-12-1969	4780	16-02-1972
5326	25-04-1927	5100	14-12-1967	4780	21-01-1970	4920	12-04-1972
5282	18-07-1927	5020	21-02-1968	4970	11-02-1970	4320	10-05-1972
5280	22-09-1927	4690	22-03-1968	4970	20-03-1970	3960	9-07-1976
5312	25-01-1928	4840	13-04-1968	5000	7-04-1970	3670	20-08-1976
5392	26-03-1928	4880	14-05-1968	5430	5-05-1970	3690	3-09-1976
4912	13-06-1928	4920	14-06-1968	4230	24-06-1970		

5223 media 1924-31

5663 media 1953

4919 media 1967-72

3773 media 1976

5018 Portata media

CMP-PS29 (1977)

Portata (l/s)	Data
4772	5-10-1977

Celico (1983)

Portata (l/s)	
4700	media

Boni et alii (1986)

Portata (l/s)	
5000	media

Regione Abruzzo (1992/3)

Portata (l/s)	Data
3264	15-07-1992

Stigliano et alii (1999)

Portata (l/s)	Data
2219	05-1996
2143	07-1996
2607	08-1996
3022	10-1996
2738	12-1996
2951	01-1997

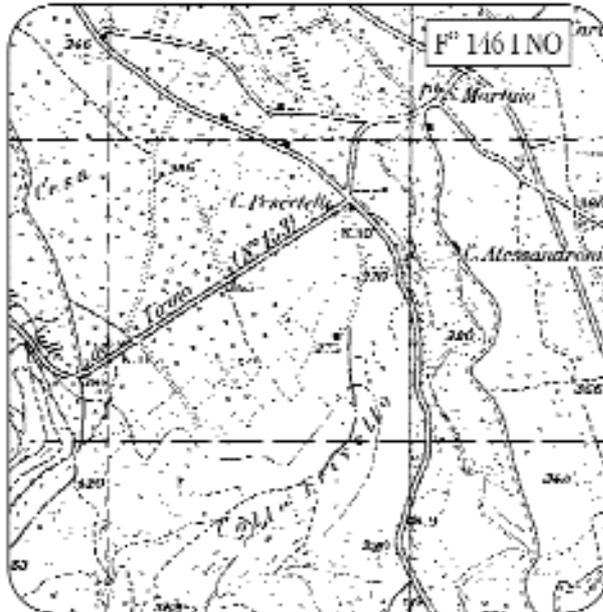
Dip.Ser.Tecn.Naz. (1999)

Portata (l/s)	Data
2729	8-09-1998

2623 Portata media

SCHEDA DELLA SORGENTE

MEDIO TIRINO **Sl2**



Coordinate geografiche

Quota

Lat 42°15'04" Long 1°20'20" 323 m slm

Lat 42°12'46" Long 1°22'12" 310 m slm

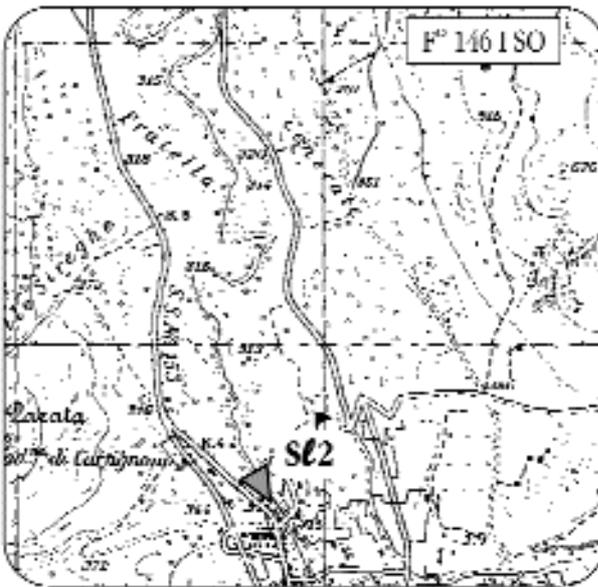
Descrizione dell'emergenza

Questo tratto di alveo, compreso tra quota 323 e 310, corre lungo la SS153 ed è facilmente accessibile tramite strade rurali.

Si tratta di un incremento diretto in alveo per un tratto di circa 8 km; gli apporti maggiori sono concentrati a monte di Russi sul Tirino.

Opere di derivazione

È presente una traversa a quota 319 che alimenta un allevamento ittico (Società Ittiologica Meridionale). La portata di concessione è di 5000 l/s. L'acqua derivata viene restituita a quota 317.



Scala 1:25.000

Sintesi dei dati di portata

Portata media (l/s)	?
---------------------	---

Portata di magra (l/s)	?
------------------------	---

Sintesi delle caratteristiche chimico-fisiche

Temperatura (°C)	11
------------------	----

TDS (mg/l)	450
------------	-----

I dati disponibili sono: Perrone (1900), Boni et alii (1986), Regione Abruzzo (1992-93), Petitta & Massoli-Novelli (1996).

Note geologiche

Le acque risalgono dall'acquifero carbonatico imprigionato ed emergono, per *drainance*, attraverso i depositi fluvio-lacustri a bassa permeabilità.

Dai tipi dell'Istituto Geografico Militare. (Autorizzazione n. 5633 in data 17/09/02).

DATI DI PORTATA della sorgente MEDIO TIRINO Sl2

Perrone (1900)

Sl2 (Sorgente lineare)

Portata (l/s)	Data
2301	24-06-1898

Portata calcolata sottraendo alla portata del Tirino a Bassi quella del Tirino a quota 323, comprese le sorgenti Fontanelle e Sambuchi.

Tirino a quota 323

Portata (l/s)	Data
9417	23-06-1898

Tirino a Bassi, quota 314

Portata (l/s)	Data
11718	23-06-1898

Sorgenti Fontanelle e Sambuchi

Portata (l/s)	Data
387	23-06-1898

Boni et alii (1986)

Portata (l/s)	Data
2400	media

Comprensiva del contributo delle sorgenti minori (Fontanelle, Scascio, etc.)

Regione Abruzzo (1992/3)

Portata (l/s)	Data
1700	18-07-1992

Portata calcolata per differenza tra la misura eseguita a quota 314 nel fianco Tirino (5900 l/s) e la somma delle portate misurate nel ramo di Capo l'Acqua (3200 l/s) e nel ramo di Prosciano (2000 l/s), comprese le sorgenti minori.

Petitta & Massoli-Novelli (1998)

Portata (l/s)	Data
600	media 1996-1998

DATI CHIMICO-FISICI della sorgente MEDIO TIRINO Sl2

Boni et alii (1986)

T°C	TDS (mg/l)
11	450

Boni et alii (2001)

Data	K ₂₅ µS/cm	T°C
12-03-2001	482	10,9

idraulico nettamente superiore rispetto alla quota delle emergenze. Questa situazione garantisce una maggiore stabilità nel regime di portata, rispetto a quella riscontrata in corrispondenza delle sorgenti poste a quote più elevate, dove l'acquifero risulta libero o debolmente imprigionato, con potenziale di pochi metri superiore alla quota di emergenza.

CONCLUSIONI

Il flusso di base del Tirino è alimentato da grandi sorgenti che erogano complessivamente una portata media di 15 m³/s, calcolata su lungo periodo. Sono state identificate sorgenti puntuali e lineari a monte di quota 310 e una grande sorgente puntuale a quota 250, denominata Sorgente del Basso Tirino. Le caratteristiche delle principali sorgenti sono state descritte da schede illustrative. Tutte le sorgenti del Tirino (e quelle del Gruppo di Capo Pescara) sono alimentate dal grande acquifero regionale del Gran Sasso-Sirente, per una portata media complessiva di 25 m³/s.

Le sorgenti del Tirino poste a quota più elevata, prossima a 340 m, sono alimentate da un settore nel quale l'acquifero risulta libero; le sorgenti poste tra 340 e 250 m di quota, sono alimentate da un settore dell'acquifero carbonatico artesiano, imprigionato sotto l'estesa copertura di depositi fluvio-lacustri pleistocenici.

In particolare, in corrispondenza della grande Sorgente del Basso Tirino, l'acquifero risulta artesiano con un potenziale di almeno 15 metri superiore alla quota di terreno.

Il regime di portata delle sorgenti poste a monte di Madonnina (314 m di quota) è molto stabile nell'arco dell'anno, ma presenta notevole variabilità su lungo periodo. Dall'analisi dei dati di portata registrati a Madonnina si è riconosciuta una fase di decisa crescita della portata media da 9 a 14 m³/s nel periodo dal 1932 al 1943; mancano dati nel periodo 1941-73. Dal 1971 al 1992 si è registrata una decisa diminuzione della portata da 10 a 6 m³/s.

La portata della Sorgente Basso Tirino, posta a valle di Madonnina, varia da un minimo di 5 ad un massimo di 7 m³/s. Dai dati di produzione della centrale idroelettrica dell'Ausimont, che utilizza integralmente la portata della sorgente, risulta che questa ha sempre erogato circa 6 m³/s, anche negli anni più recenti, quando si è notevolmente ridotta la portata della sorgenti poste a quote più elevate.

Tenuta in considerazione la più probabile estensione del bacino di alimentazione dell'acquifero regionale (1000 km²) ed i valori di infiltrazione efficace media su lungo periodo (750 mm/a), risulta che normali variazioni cicliche, positive e negative, dell'afflusso meteorico dell'ordine del 20% possono causare variazioni cicliche della por-

tata delle sorgenti poste a quota più elevata, di circa 4 m³/s, analoghe quindi a quelle recentemente registrate.

BIBLIOGRAFIA

- BIGI S., CALAMITA F. & CENTAMORE E. (1995) - *Caratteristiche geologico-strutturali dell'area abruzzese ad oriente del Gran Sasso*. Studi Geologici Camerti, Volume Speciale, **2**, 67-76.
- BONI C., BONO P. & CAPELLI G. (1986) - *Schema idrogeologico dell'Italia centrale*. Mem. Soc. Geol. It., **35**, 991-1012, 2 tav., Roma.
- CELICO P. (1978) - *Schema idrogeologico dell'Appennino carbonatico*. Mem. e Note dell'Istituto di Geologia Applicata dell'Università di Napoli, **14**, 1-97.
- CELICO P. (1983) - *Idrogeologia dell'Italia centro-meridionale*. Quaderni della Cassa per il Mezzogiorno, **4** (2), Roma.
- CENTAMORE E., CANTALAMESSA G., MICARELLI A., POTETTI M., BERTI D., BIGI S., MORELLI C. & RIDOLFI M. (1991/92) - *Stratigrafia e analisi di facies dei depositi del Miocene e del Pliocene inf. dell'avanfossa marchigiano-abruzzese e delle zone limitrofe*. Studi Geologici Camerti, Volume Speciale (1991/92), **CROP 11**, 125-131.
- C.M.P. (1977) - Progetto Speciale 29 - Cassa Per il Mezzogiorno (Studio inedito).
- DIPARTIMENTO PER I SERVIZI TECNICI NAZIONALI (1999) - *Valutazione delle risorse idriche sotterranee dell'Italia centrale: Indagine idrogeologica sul bacino rappresentativo dell'Aterno-Pescara*. (Rapporto inedito).
- FARRONI A., PETITTA M., TALLINI M. & TOGNA A. (1999) - *Inquadramento idrogeologico del Gran Sasso: revisione dei dati esistenti e nuove considerazioni*. Studi Geologici Camerti, Volume Speciale 1999, 117-135.
- GIULIANI R. & SPOSATO A. (1995) - *Evoluzione quaternaria del sistema di depressioni del Tirino (Appennino abruzzese)*. Il Quaternario, **8**, 217-228.
- PERRONE E. (1900) - *Aterno-Pescara*. Min. di Agr., Ind. e Comm., Memorie Illustrative della Carta Idrografica d'Italia, **27**, Roma.
- PETITTA M. & MASSOLI-NOVELLI R. (1995) - *Primi risultati del monitoraggio geoambientale delle sorgenti del Fiume Vera (Gran Sasso)*. Quaderni di Geologia Applicata, Atti del 2° Convegno Nazionale sulla protezione e gestione delle acque sotterranee: metodologie, tecnologie e obiettivi, 1.93-1.101.
- PETITTA M. & MASSOLI-NOVELLI R. (1998) - *Tirino springs (Abruzzi, Italy): an important groundwater resource for humans and environment*. Gambling with Groundwater-Physical, Chemical, and Biological Aspects of Aquifer-Strem Relations, BRAHANA *et alii* (eds), 97-103.
- REGIONE ABRUZZO (1993) - *Carta idrogeologica dei bacini regionali abruzzesi*. Aquatec (rapporto inedito).
- SERVIZIO IDROGRAFICO (1921-92) - *Annali idrologici (parte I e parte II). Sezione di Pescara*. Min. Lav. Pubblici. Pres. Consiglio Ministri.
- STIGLIANO P., ALTIERI A., BARBIERI R., DE CATERINI G., MASSOLI-NOVELLI R., MICCADEI E., PETITTA M., PIACENTINI T. & SALVATI R. (1999) - *Studi per un monitoraggio idrologico del massiccio del Gran Sasso (Abruzzo)*. Studi Geologici Camerti, Volume Speciale 1999, 153-170.
- VEZZANI L. & GHISETTI F. (1998) - *Carta geologica dell'Abruzzo, scala 1:100.000*. Regione Abruzzo, S.EL.CA., Firenze.