

Thirty years after the hydrogeological scheme of Central Italy

Trent'anni dopo lo schema idrogeologico dell'Italia Centrale

Alessio Argentieri - Città Metropolitana di Roma Capitale - Servizio 3 "Geologico e difesa del suolo, protezione civile in ambito metropolitano"- Dipartimento VI "Pianificazione territoriale generale", Viale Giorgio Ribotta 41-43, 00152 Roma

e-mail: a.argentieri@cittametropolitanaroma.gov.it

Società Geologica Italiana- Sezione di Storia delle Geoscienze, e-mail: storiageoscienze@socgeol.it

Giuseppe Capelli, Roberto Mazza - Università degli Studi Roma Tre – Dipartimento di Scienze

Marco Petitta - Sapienza - Università di Roma, Dipartimento di Scienze della Terra

Keywords: *Central Italy, history of geosciences, regional hydrogeology, quantitative hydrogeology.*

Parole chiave: idrogeologia quantitativa, idrogeologia regionale, Italia centrale, storia delle geoscienze.

La dibattuta questione sull'origine delle acque sorgive perenni fu affrontata per la prima volta con metodo sperimentale di tipo galileiano dall'accademico Antonio Vallisneri, che pubblicò i risultati delle sue esperienze e la sua teoria nel 1715 a Venezia. Sulla base dell'osservazione diretta dei fenomeni e dello studio dettagliato di morfologia e composizione litologica degli strati costituenti le montagne, egli dimostrò il ciclo perenne dell'acqua, attribuendo a quella sorgiva un'origine meteorica e confutando, tra le altre, la cosiddetta "teoria marina".

Lungo tempo è dovuto passare da allora perché si avviassero nel nostro Paese studi di idrogeologia quantitativa e regionale. I primi lavori risalgono al secolo XIX, subito dopo l'unità del Regno, quando i Servizi Tecnici furono incaricati di valutare le risorse idriche regionali, con lo scopo prioritario di stimare la potenzialità idroelettrica, premessa indispensabile per gettare le basi di un piano di industrializzazione e di sviluppo del Paese.

Dopo un lungo periodo di stasi, la ricerca idrogeologica nell'Italia centrale ha vissuto un nuovo periodo di sviluppo nella seconda metà del XX secolo, con il concorso di vari Autori. Carlo Felice Boni (Fig. 1) nel 1968 aveva da poco concluso lo "Studio Idrogeologico del bacino del Fiume Liri" in Val Roveto (Accordi 1969), condotto per l'epoca con metodi

innovativi. Riflettendo sui risultati, Boni dedusse che l'idrogeologia regionale non poteva essere condotta a scala di bacino idrografico, bensì applicando il metodo del bilancio idrico alle unità ed ai sistemi idrogeologici. Nel 1969, quando le ricerche per la definizione dello Schema Idrogeologico dell'Italia Centrale furono intraprese, il quadro idrogeologico era infatti ancora oscuro e controverso; successivamente, nei decenni '70 e '80, le conoscenze progredirono gradualmente, come risulta dalla nutrita bibliografia idrogeologica di quel periodo. Un evento nodale fu il 2° convegno della IAH International Association of Hydrogeologists (dell'IAH fu Presidente all'inizio degli anni '60 Francesco Penta, ricordato nel numero precedente della rivista), tenutosi a Palermo nel 1973. In tale occasione Boni presentò un lavoro (Boni 1973) con un embrionale schema regionale in bianco e nero, suddividendo l'Italia centrale in unità idrogeologiche. Rivedere oggi quelle campiture "a mattoncini", che rappresentavano le grandi idrostrutture carbonatiche su cui in quegli anni cominciava a concentrarsi l'attenzione della ricerca, regala forti emozioni, rimandando a tempi andati, ma freschi nella memoria. Il francese Jean Mouton, che operava per la Cassa per il Mezzogiorno (Ente che rimanda ad altra "era geologica" della storia del nostro Paese), presentò in tale sede uno studio analogo finalizzato ad una valutazione quantitativa per il reperimento di risorse idriche sotterranee (Mouton 1973). Cominciava in quegli anni il dibattito scientifico tra la scuola romana e quella napoletana, guidate rispettivamente da Carlo Boni e da Pietro Celico, riguardo all'interpretazione delle strutture profonde, in parallelo con lo sviluppo dei modelli strutturali della catena a falde appenninica, e delle piattaforme carbonatiche in particolare. Le assai valide sintesi di Celico (1978, 1983) proponevano per l'Italia meridionale e le isole un'interpretazione del quadro idrogeologico regionale simile a quella che ha guidato la lunga ricerca conclusasi con l'allestimento dello "Schema".

Al "binomio quasi omonimo B&B", costituitosi nel 1973 con l'ingresso di Paolo Bono (Fig. 2), si affiancò nel 1980 Giuseppe Capelli (Fig. 3), la terza entità di quella che battezziamo qui "trinità idrogeologica dell'Italia centrale BoniBono-Capelli", scritta così, senza soluzione di continuità (in analogia con la "trinità geologica" Castellarin-Colacicchi-Praturlon che contemporaneamente elaborava una sintesi strutturale dell'Appennino centrale).



Fig. 1: Carlo Felice Boni (1939- 2007) nel Parco Nazionale d'Abruzzo (www.idrogeologia-quantitativa.it; si veda anche AA.VV., 2009)

Fig. 1: Carlo Felice Boni (1939- 2007) in the Abruzzi National Park (from www.idrogeologia-quantitativa.it).



Fig. 2: Paolo Bono (1940- 2012) durante un campionamento sul Lago di San Puoto, presso Sperlonga (La Moreaux et al. 2013).

Fig. 2: Paolo Bono (1940-2012) during water sampling on S. Puoto Lake, near Sperlonga (after La Moreaux et al. 2013).



Fig. 3: Giuseppe Capelli durante una prova di portata in alveo nei Monti Carseolani.

Fig. 3: Giuseppe Capelli during water flow measurements in the Carseolani Mounts area.

Negli anni '80 del secolo passato i giovani maestri - all'epoca della pubblicazione dello "Schema", nel 1986, il decano del gruppo Boni aveva solo 47 anni - avviarono con lungimiranza leve di studenti romani su un percorso di formazione tecnico-scientifica che puntava strategicamente alla composizione di uno schema generale. Le tesi di laurea dalle diverse finalità, che spaziavano dalle strutture carbonatiche ai complessi vulcanici e alle ricerche geotermiche, aprirono nuove prospettive, componendo progressivamente il mosaico.

I risultati parziali di quegli studi su vari settori dell'Appennino laziale-abruzzese e di quello umbro-marchigiano, venivano via via presentati in diversi convegni (Boni et al. 1979, 1981; Boni & Bono 1982 a,b). Si affermava la convinzione che l'analisi quantitativa di singole unità idrostrutturali non poteva essere condotta senza considerare i rapporti con quelle confinanti. Le carte tematiche si arricchivano con la definizione di isopieze degli acquiferi e di sotto-unità idrostrutturali, distinte per grado di permeabilità relativa, rendendo i calcoli di bilancio idrogeologico più dettagliati e quantitativamente attendibili. Sullo stesso percorso di "convergenza parallela" rispetto alla scuola romana, marciava indipendentemente, come già detto, il gruppo guidato da Celico per le unità ed i sistemi idrogeologici centro-meridionali.

E' necessario ricordare che rispetto ad altre regioni - ed *in primis* all'Emilia Romagna, notoriamente all'avanguardia nella cartografia geologica a scala di dettaglio nel proprio territorio - a quell'epoca la copertura geologica del Centro-Sud Italia era ancora carente di rilevamenti aggiornati, e le conoscenze geologiche di base necessariamente si rifacevano ai Fogli alla scala 1:100.000 della II edizione della Carta Geologica d'Italia (o in alcuni casi addirittura alla prima edizione, quella del Regno).

Accanto ai gruppi accademici operavano all'epoca società private, quali la CMP- Compagnia Mediterranea Prospezioni o l'AQUATER del gruppo ENI che, disponendo di adeguate risorse finanziarie, realizzarono campagne di prospezione diretta ed indiretta del sottosuolo. Quei dati geofisici e geognostici, acquisiti per la ricerca di risorse sotterranee, risultarono come è noto fondamentali per la costruzione di modelli.

Il dibattito scientifico sui metodi da applicare, sulle voci di legenda, sui metodi di cartografia da adottare e sulla ripartizione del territorio in unità animò per lungo tempo la letteratura e i dibattiti congressuali. Anno cruciale per la vicenda è il 1986, in cui Roma fu sede del 73° Congresso della Società Geologica Italiana sul tema "Geologia dell'Italia Centrale" (Roma, 30/9- 4/10/1986), seguito dall'escursione attraverso quei luoghi. Nel volume delle Memorie SGI che raccoglie i contributi è contenuto l'articolo (Boni et al. 1986) che riassume i risultati di anni di ricerche, condotte con il contributo di molti. Lo studio fu finanziato (come altri progetti di importanza strategica di quell'epoca) dal Consiglio Nazionale delle Ricerche - Comitato per le Scienze geologiche e minerarie - Centro di Studio per la Geologia dell'Italia centrale. È un articolo breve, ma pieno di significato e corredato da una dettagliata bibliografia, come deve essere una sintesi. Il patrimonio immenso di informazioni è contenuto nelle tre cartografie allegate, pietre miliari dell'idrogeologia quantitativa.

Gli Autori, presentando lo Schema, intendevano proporre un metodo di ricerca e di cartografia idrogeologica regionale, basato su criteri marcatamente quantitativi, che potesse essere utilizzato in gran parte del territorio italiano per ottenere una attendibile valutazione della distribuzione e dell'entità delle risorse idriche rinnovabili, ancora in gran parte sconosciute. Criteri e metodi adottati sono risultati efficaci in una regione con caratteri morfologici giovanili, prevalentemente costituita

da rocce sedimentarie intensamente corrugate e da vulcaniti; gli stessi metodi risulterebbero probabilmente insufficienti in situazioni idrogeologiche differenti. Nella preparazione dello Schema fu posta la massima cura per ridurre al minimo la componente soggettiva, pur inevitabile, privilegiando la rappresentazione di dati quantitativi direttamente misurabili, o quanto meno valutabili con buona approssimazione, espressi in unità di misura definite.

La scelta dei parametri da rappresentare fu basata sull'assunto che le caratteristiche idrogeologiche del territorio dipendono sostanzialmente da: a) entità e regime delle precipitazioni; b) frazionamento delle acque che cadono al suolo in acque di superficie e acque di infiltrazione. I fenomeni idrogeologici sono stati rappresentati in carta utilizzando simboli convenzionali che esprimono i valori quantitativi delle precipitazioni (tramite isoiete), dell'infiltrazione, del ruscellamento nei vari settori del territorio, nonché ubicazione e portata delle sorgenti. Queste caratteristiche sono state valutate con misure di flusso, eseguite con metodi diversi e innovativi.

La modalità di valutazione della infiltrazione efficace (I_e) è basata sul principio che la quantità d'acqua che mediamente emerge dal sottosuolo equivale a quella che mediamente vi penetra; nota la portata delle sorgenti, si può risalire all' I_e espressa in mm/anno. Il ruscellamento non è direttamente misurabile, perché la portata registrata a una sezione è sempre la somma del ruscellamento e delle acque sotterranee che alimentano in vario modo il corso d'acqua. La grande diversità del regime di flusso delle due componenti ha consentito tuttavia di discriminare, in prima approssimazione, in quale misura ciascuna contribuisce al flusso totale. A tal fine è stato definito e valutato "l'indice del flusso di base", che consente una significativa stima sia della variabilità del regime di flusso, sia del contributo delle acque sotterranee alla portata totale, sia di conseguenza del ruscellamento.

Durante la ricerca emerse la necessità di estendere il convenzionale concetto di sorgente anche al frequente fenomeno di alimentazione diretta dei corsi d'acqua da parte delle acque sotterranee, che ne stabilizzano il regime. Si introdusse così il termine "sorgente lineare", valutandone il contributo a scala regionale e evidenziandone l'importanza come indicatore di valutazione delle risorse idriche sotterranee e dell'infiltrazione efficace.

I suddetti parametri quantitativi non sono variabili indipendenti, ma debbono soddisfare, almeno approssimativamente, un'equazione di bilancio valutata su tutto il territorio opportunamente suddiviso in unità, sistemi, gruppi di unità e sistemi.

Le tre carte dello Schema (Figg. 4 e 5) costituiscono quindi un unico documento che è stato necessario suddividere solo per l'impossibilità di rappresentare tutti i dati cartografati su una sola base topografica. Per l'allestimento cartografico, lo studio strutturale, i calcoli di bilancio e la verifica della validità dei dati cartografati è stata utilizzata la scala 1:100.000, successivamente ridotta per la stampa. Nello Schema non figura il valore della evapotraspirazione perché, con i dati a disposizione, nessun metodo empirico poteva fornire valu-

tazioni soddisfacenti. La scelta di unità di misura di flusso implicava la rappresentazione di un processo dinamico, in cui le acque sotterranee escono, in vario modo, dal sistema considerato.

Ad oltre trent'anni dalla pubblicazione dello schema, il percorso scientifico è stato nel tempo proseguito dagli allievi idrogeologi della scuola romana con l'obiettivo di giungere, grazie alle conoscenze oramai acquisite, ad una lettura integrale delle cubature ed alla conseguente definizione dei volumi di riserva idrogeologica per ciascuno dei domini idrostrutturali appenninici (vulcanico, carbonatico imprigionato e a falda libera, geotermico, alluvionale). Oggi i moderni strumenti di modellazione tridimensionale del sottosuolo consentono di pensare, in analogia a quanto già consolidato in altre Nazioni, ad una "idrogeologia quantitativa 3D" che, partendo dalla ricchezza di studi regionali, porti ad un modello generale di cubatura assoluta per l'Italia delle risorse permanenti immagazzinate. Nonostante questi continui progressi nelle conoscenze e nelle tecniche di analisi, le carte dello Schema vengono ancora oggi utilizzate quale strumento indispensabile nella formazione di studenti e professionisti, quasi a rappresentare una cerimonia di iniziazione all'idrogeologia moderna.

Nota degli autori: I rapporti interpersonali tra i tre protagonisti principali della vicenda, come è normale tra soggetti di indole peculiare, non furono sempre fluidi come il meraviglioso composto polare di ossigeno e idrogeno al centro dei loro pensieri (e supponiamo anche di quelli dei lettori di questa Rivista). Il fluire del tempo, e dell'acqua nel sottosuolo, non tengono però conto delle vicende umane, e il valore del contributo scientifico che il gruppo di ricercatori, in quell'epoca, apportò al progresso delle conoscenze idrogeologiche in Italia resta indiscusso.

L'idea di narrare questa vicenda è stata lanciata mesi addietro da Marco Petitta, in un fugace incontro sulle scale del Dipartimento di Scienze della Terra della Sapienza, che di questa storia fu teatro. Alessio Argentieri, Roberto Mazza e Marco Petitta si assumono integralmente la responsabilità di queste considerazioni finali, nonché del conio del termine "trinità idrogeologica dell'Italia centrale". Giuseppe Capelli, coautore della nota, è stato affettuosamente e antidemocraticamente messo in minoranza dai suoi tre ex allievi, a cui negli anni '80 ha insegnato a camminare - non solo metaforicamente - sulle proprie gambe, con freatometro e mulinello in spalla.

Forse è superfluo aggiungere che questo contributo è stato redatto anche a nome degli innumerevoli studenti, molti dei quali divenuti professionisti e ricercatori, fieri di identificarsi come idrogeologi, che nei decenni hanno avuto l'impagabile opportunità di partecipare alle lezioni e alle attività di terreno tenute dagli Autori dello Schema Idrogeologico dell'Italia Centrale. Contiamo che a tutti faccia piacere aggiungere la propria firma "virtuale" a questa testimonianza.

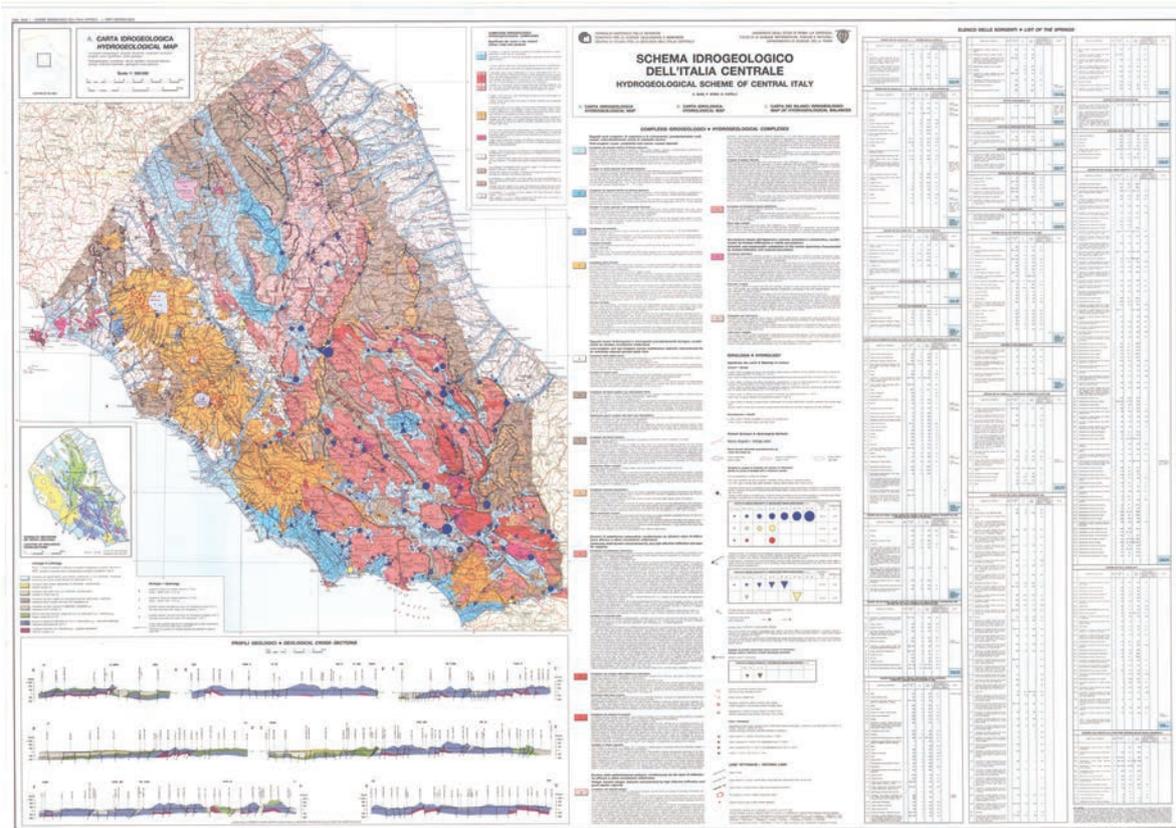


Fig. 4: Schema Idrogeologico dell'Italia Centrale- tavola A (Boni et al. 1986).

Fig. 4: Hydrogeological scheme of Central Italy- Table A (Boni et al. 1986).

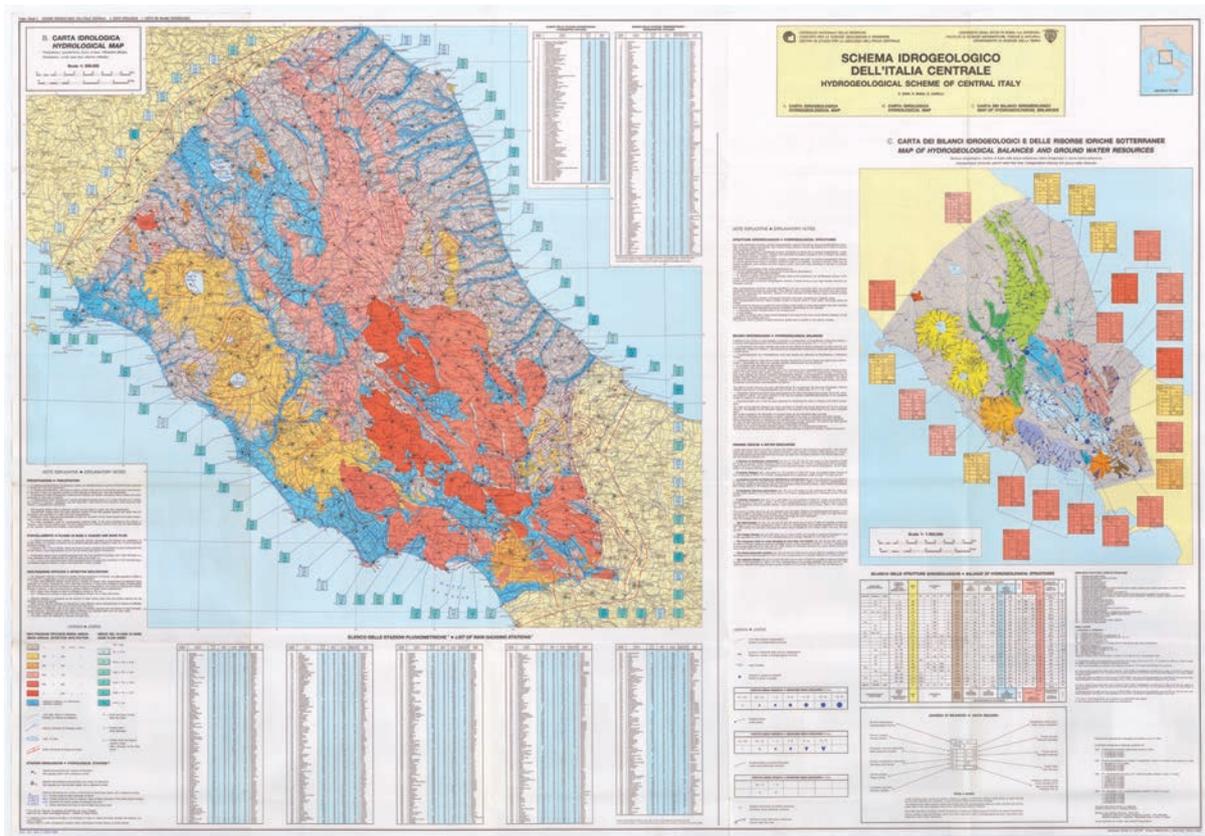


Fig. 5: Schema Idrogeologico dell'Italia Centrale- tavole B e C (Boni et al. 1986).

Fig. 5: Hydrogeological scheme of Central Italy- Table B and C (Boni et al. 1986).

BIBLIOGRAFIA

- AAVV (2009) Atti della Giornata di Studio "Analisi Idrogeologica Quantitativa a scala regionale" in memoria di Carlo Felice Boni. Italian Journal of Engineering Geology and Environment, Vol.1.
- Accordi B, Angelucci A, Avena GC, Bernardini F, Boni CF, Bruno F, Cercato M, Coppola B, Fiore G, Funicello R, Giglio G, La Monica GB, Lupia Palmieri E, Mattioli B, Parotto M (1969) Idrogeologia dell'alto bacino del Liri (Appennino centrale). Ricerche geologiche, climatiche, idrologiche, vegetazionali, geomorfiche e sistematorie. Geologica Romana, 8: 177-559.
- Boni CF (1973) Lineamenti idrogeologici dell'Appennino carbonatico laziale-abruzzese (primi risultati della campagna 1970-72). Atti del II Convegno internazionale sulle acque sotterranee. Palermo.
- Boni C, Bono P, Capelli G, Lombardi S, Parotto M, Ventura G (1979) Indagine idrogeologica e geochimica nell'Appennino Laziale-abruzzese. Primi risultati della campagna 1976-1978. Atti del I Seminario Informativo del sottoprogetto "Energia Geotermica" del C.N.R., Roma.
- Boni C, Bono P, Capelli G, Rossi FM, Scholl C (1981) Tentativo di calcolo del bilancio idrologico nell'area albana nel periodo ottobre 1978-settembre 1979. Atti del 2° Seminario informativo del sottoprogetto "Energia Geotermica" del C.N.R., Roma: 93-113.
- Boni C, Bono P (1982a) Prima valutazione quantitativa dell'infiltrazione efficace sui sistemi carsici della piattaforma carbonatica laziale-abruzzese e nei sistemi di facies pelagica umbro-marchigiano-sabina (Italia centrale). Geologia Applicata e Idrogeologia, 17, Bari.
- Boni C, Bono P (1982b) Lineamenti idrogeologici dell'Appennino umbro-marchigiano e laziale-abruzzese-campano. In: "Contributo alla conoscenza delle risorse geotermiche del territorio italiano". Relazione finale del Sottoprogetto Energia Geotermica CNR-PFERF 13, Roma: 86-98.
- Boni CF, Bono P, Capelli G (1986) Schema Idrogeologico dell'Italia Centrale, Mem. Soc. Geol. It., 35 (2): 991-1012.
- Boni CF, Bono P, Capelli G (1986) A) Carta idrogeologica (scala 1:500.000), Mem. Soc. Geol. It., 35 (2).
- Boni CF, Bono P, Capelli G (1986) B) Carta idrologica (scala 1:500.000) Mem. Soc. Geol. It., 35 (2).
- Boni CF, Bono P, Capelli G (1986) C) Carta dei bilanci idrogeologici e delle risorse idriche sotterranee (scala 1:1.000.000) Mem. Soc. Geol. It., 35 (2).
- Celico P (1978) Schema Idrogeologico dell'Appennino carbonatico centro-meridionale. Memorie e note dell'Istituto di Geologia Applicata di Napoli:, 14: 3-97.
- Celico P (1983) Idrogeologia dei massicci carbonatici, delle piane quaternarie e delle aree vulcaniche dell'Italia centro-meridionale. Quaderni della Cassa per il Mezzogiorno, 4 (2), Roma: 1-225.
- LaMoreaux JW, Petitta M, Capelli G, Tran HT (2013) Memorial to Prof. Paolo Bono 1940-2012. Environmental Earth Sciences, 70, 497-499.
- Mouton J (1973) Contributo allo studio delle acque sotterranee del Lazio meridionale. Atti del II Convegno Internazionale sulle acque sotterranee, Palermo.
- Vallisneri A (1715) Lezione accademica intorno all'origine delle fontane, Giovanni Gabriello Ertz, Venezia.
- www.idrogeologiaquantitativa.it

