

Rendiconti Seminario Facoltà Scienze Università Cagliari Vol. 72 Fasc. 1 (2002)

Studio idrogeologico del bacino del rio di Santa Caterina di Pittinuri (Cuglieri, Sardegna Centro-Occidentale) (*)

S. BOTTERO(**), S. CARBONI(***), A. PALA (***)

Abstract. *The catchment area of the river Santa Caterina is located in western part of Montiferru, one of most important volcanic complex of Sardinia. In order to determine the water balance of the basin, the base flow rates of streams and springs were measured for the purpose of assessing groundwater reservoirs and dynamic storage by means of depletion law of hydrogeologic system. Because of the prevalence of volcanic rocks a study of lava flow and fracture systems was required to determine the main directions of groundwater flow. It was found that hydrogeologic and hydrographic watershed do not coincide. In fact a fair amount of water outflow through bedding planes various lava flows.*

INTRODUZIONE

È noto che il complesso vulcanico del Montiferru sia sede di un articolato sistema idrico, controllato dalla convergenza di fattori primari quali quello climatico e quello geolitologico. I caratteri geologici, i rapporti giacitureali e strutturali tra i complessi deposizionali, il comportamento all'alterazione superficiale, hanno inoltre condizionato la morfogenesi, con intensi processi erosivi in almeno tre aree principali, individuate attualmente dallo sviluppo dei bacini del rio San Leonardo ad est del rilievo, e dei rii Mannu di Cuglieri e Santa Caterina ad ovest. Le attuali scarse conoscenze su quest'ultimo hanno dato lo spunto per uno studio che ne individui gli elementi geologici, morfologici e soprattutto i caratteri idrogeologici complessivi.

(*) Lavoro eseguito col contributo MIUR (ex 60%) Prof. A. Pala.

(**) Geologo libero professionista.

(***) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Cagliari.

Presentato il 27/06/2002.

Nel corso dell'indagine sono state individuate trentasei emergenze idriche, alcune delle quali non segnalate nella cartografia ufficiale; dodici di esse sono state studiate in modo dettagliato, con l'individuazione dei caratteri geo-litologici (caratteri tessiturali, fessurazione, permeabilità ecc.) e con la misurazione delle portate a cadenza quindicinale. È stato inoltre eseguito, sempre con cadenza quindicinale, il monitoraggio del corso d'acqua principale e dei suoi affluenti in sette sezioni di misura, al fine di valutare le risorse idriche sotterranee dell'area.

Essendo la finalità del lavoro lo studio dei parametri idrogeologici, la descrizione dei caratteri geologici generali, soprattutto nelle parti già note in letteratura, sarà presentata nelle sue linee essenziali prendendo in considerazione gli elementi utili all'interpretazione e definizione dei suddetti parametri.

La rappresentazione cartografica dell'idrogeologia si appoggia sulla cartografia geotopografica nota in letteratura [1], corredata dal rilevamento di dettaglio delle coperture superficiali, al fine di evidenziarne le caratteristiche composizionali e tessiturali quali fattori condizionanti il comportamento idrogeologico.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il bacino idrografico del rio Santa Caterina si sviluppa sul versante occidentale del complesso vulcanico del Montiferru (Sardegna centro-occidentale), con un'estensione di circa 34 km² all'interno dei territori comunali di Cuglieri, Santulussurgiu e Seneghe ed è compreso (copertura topografica IGM) nel Foglio n. 514, sezione I - Cuglieri e sezione IV - Santa Caterina di Pittinuri; inoltre è rappresentato nella Cartografia Tecnica della Sardegna, in scala 1:10.000, nelle sezioni n. 514030 Cuglieri, n. 514070 Rocca Freari, n. 514060 Santa Caterina di Pittinuri, n. 514040 San Leonardo e n. 514080 Santu Lussurgiu.

La morfologia del bacino appare legata sia ai fattori strutturali, quindi all'attività vulcanica e ai suoi prodotti, sia all'interazione di questi con le condizioni climatiche ed i processi di modellamento prevalentemente dovuti ad erosione fluvio-torrentizia e subordinatamente alla gravità.

All'interno di esso si individuano una zona montuosa, una tabulare ed una pianeggiante. La prima occupa la parte più orientale del bacino ed è rappresentata dai rilievi andesitici (andesiti basaltiche) di Monte Urtigu (1050 m slm), Monte Entu (1020 m slm) e dai domi fonolitici di punta Bausinari (858 m slm), Punta Piri Pirastu (836 m slm), Punta Tilimare (748 m slm), Rocca Freari (690 m slm); quella con morfologia tabulare occupa sia le parti più periferiche dell'area sia quelle centrali ed in essa sono rappresentati gli espandimenti basaltici di Costa e' Pretta sul versante settentrionale, la stretta colata basaltica centrale che da punta Pala e' Pedru si espande verso ovest incassando per un lungo tratto il rio Santa Caterina con delle pareti verticali di circa 7 m, l'insieme di colate che da monte Pertuso giungono fino alle località di Pabassiu e di Cucuzzu sul versante meridionale. La zona pianeggiante raccorda infine la fascia pedemontana con il tratto di

costa di Santa Caterina di Pittinuri ed è sede di coperture alluvionali tardo-quadernarie.

Lo spartiacque idrografico, seguendo la sinistra idrografica, passa per le colline di Pedra Ruggia, Monte Burdone (347 m slm) e Monte Orbiu (366 m slm), risale debolmente sino a P.ta Piccone e Monte Pertuso (991 m slm) e si raccorda alla cima più elevata del bacino, Monte Urtigu (1050 m slm). Sul versante idrografico destro segue in modo regolare lungo Costa e' Pretta sino alla S.S. n° 292 che rappresenta una linea di displuvio artificiale e prosegue sino all'abitato di Santa Caterina di Pittinuri.

Il rio Santa Caterina, che costituisce il ramo principale dell'intero sistema idrografico dell'area, ha origine nella valle di Boe Ruggiu con il nome di rio Mammine, verge verso ovest scorrendo su rocce fonolitiche e su ignimbriti per poi unirsi, dopo circa 30 km, con il rio Bia Iosso. Questo nasce dalla sorgente Elighes Guttiosos e drena le acque di ruscellamento superficiale del settore interessato dalla presenza di litotipi ignimbrici, che occupano una vasta area all'interno del bacino. A valle della confluenza tra il rio Mammine ed il rio Bia Iosso, il rio Santa Caterina prosegue con andamento tortuoso, talvolta accentuatamente sinuoso, interrotto localmente quando il corso d'acqua viene incassato tra le colate basaltiche.

In località Appara muta bruscamente la direzione da sud-sud ovest, per scorrere decisamente verso sud dove incontra i due affluenti di sinistra, rio Pedra s' Aina e rio Su Lavru; il primo è un torrente che nasce dalle colate basaltiche e fonolitiche in località Dericcu, il secondo nasce sul versante sud orientale di punta Bausinari e prosegue verso ovest con un andamento regolare per poi riversarsi nel corso d'acqua principale.

Il reticolo idrografico è di tipo subdendritico, caratterizzato da un andamento subparallelo dei rami fluviali dei rii Mammine, Bia Iosso e Su Lavru, dovuto presumibilmente ad un controllo tettonico.

Questo modello fa parte di un reticolo idrografico più ampio di tipo centrifugo che caratterizza l'intero complesso del Montiferru.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il complesso vulcanico del Montiferru si è evoluto all'intersezione di tre sistemi di faglie a carattere regionale di direzione N NW-S SE (*Graben* del Campidano), NE-SW e E NE-W SW (Catena del Marghine), e N-S («Fossa Sarda») [2], [3].

In termini schematici, gli eventi geologici che lo hanno determinato vedono la messa in posto di prodotti dovuti al vulcanismo alcalicalcico «pre-Serravalliano» connesso alla collisione di placche litosferiche conseguente alla rotazione del blocco sardo-corso [4]. Questa attività eruttiva è responsabile della messa in posto di vulcaniti a chimismo prevalentemente riolitico-andesitico (Serie «trachitoidi» e «andesitoidi») [5]. Successivamente, nel corso della complessa evoluzione tettonica e sedimentaria del *Rift* sardo [6], una fase trasgressiva marina nel corso del Miocene medio determina la deposizione di sedimenti calcarei, attribuiti all'Elveziano [7]. Recentemente [8] nell'area di Santa Caterina viene attribuita al Burdigaliano sommitale-Serravalliano inferiore una succes-

sione marina che si evolve su depositi trasgressivi fluvio-lacustri.

Infine si registra l'inizio di un nuovo ciclo vulcanico, nel corso del Pliocene superiore, responsabile della messa in posto di lave basaltiche e differenziate a carattere alcalino [9]. Questa attività, avvenuta in concomitanza con una generale fase tettonica a carattere distensivo, è caratterizzata da un sollevamento di tipo differenziale responsabile della regressione marina meso-pliocenica con il conseguente sviluppo di attività deposizionali ed erosive in ambito continentale [10].

Le formazioni geologiche rappresentate in questo settore sono quindi per lo più di età terziaria e quaternaria.

Oligocene-Miocene

Vulcaniti

Il vulcanismo oligocenico è caratterizzato in quest'area dalla messa in posto di due formazioni principali, note come Formazione «andesitoide» e Formazione «trachitoide» [5].

La prima è costituita prevalentemente da lave andesitiche che rappresentano il prodotto delle prime manifestazioni vulcaniche verificatesi nel corso dell'Oligocene; nell'area in esame questo tipo litologico è assente, mentre affiora in domi e colate nell'area più a sud, nel versante più meridionale del Montiferru.

La seconda è rappresentata da *facies* ignimbriche e tufacee che occupano una vasta area centrale di circa 7 km² all'interno del bacino idrografico in esame.

Nella valle del rio Bia Iosso, in località Pubusones e Sa Cuzzadorza, affiorano sia delle ignimbriti molto compatte, con la caratteristica struttura a fiammelle, di colore rosso mattone, sia delle ignimbriti meno compatte di colore rosa chiaro. Localmente l'assenza della vegetazione consente di osservare come l'alternanza di queste vulcaniti a differente grado di compattezza abbia conferito al versante una morfologia a gradoni, con bancate dislocate in blocchi con inclinazioni differenti, presumibilmente conseguenti ai fenomeni tettonici disgiuntivi successivi alla messa in posto delle vulcaniti. Questo complesso ignimbrico appare intensamente fratturato e, in alcune sezioni lungo la strada che attraversa longitudinalmente la valle del rio Bia Iosso, si osserva come queste fratture, beanti nella parte più superficiale, siano occluse nella parte più profonda da argilla, *silt* e ghiaia proveniente molto probabilmente dall'alterazione della roccia stessa.

Tra punta Tilimare e Rocca Freari, lungo il sentiero che dal rio Tumberino porta al rio Bia Iosso, oltre alle ignimbriti suddette si incontrano bancate tufacee poco coerenti, di colore variabile dal bianco al grigio; le stesse si ritrovano in località Santu Larentu, sul versante destro del rio Mammine. Anche questi corpi rocciosi, così come tutte le vulcaniti calco-alcaline, si mostrano interessati da intense fatturazioni, qui meno evidenti a causa della scarsa coerenza della roccia.

Nello stesso versante, in località Andreeddu, affiora un'altra *facies* della «Formazione trachitoide» poco diffusa nell'area in esame, costituita da piroclastiti molto compatte

e dure di colore variabile dal bianco al grigio, inglobanti numerosi inclusi di rocce andesitiche di dimensione variabile da qualche centimetro al decimetro.

Sedimenti marini miocenici

I sedimenti miocenici affiorano attraverso un'ampia finestra di erosione aperta nel mantello vulcanico soprastante ed inizialmente esteso maggiormente verso ovest, come testimoniano i modesti rilievi di Monte Ruggiu e Monte Sissido appena più a sud rispetto all'area in studio, in cui gli esigui lembi basanitici e fonolitici ricoprono i sedimenti miocenici [5].

Questi depositi occupano un'area di 3 km², affiorano nelle falesie sul mare, presso l'abitato di Santa Caterina e ad est di questa località, nelle valli del rio Pedra s'Aina e del rio su Lavru, entrambi affluenti di sinistra del rio Santa Caterina; in vecchi pozzi a largo diametro in prossimità dell'alveo del rio Santa Caterina si rilevano sedimenti calcarei 4 m al di sotto della coltre alluvionale. Lo spessore osservabile dell'affioramento miocenico lungo la costa, di circa 60 m, rappresenta chiaramente una potenza apparente, in quanto la parete della falesia prosegue in profondità al di sotto del livello del mare; dalle stratigrafie di sondaggi effettuati a sud di Santa Caterina, in prossimità della costa, i quali hanno incontrato questi sedimenti alla profondità di circa 100 m, si è stimato per la serie miocenica uno spessore di circa 200 m (S. Da Pelo, cortese comunicazione personale).

Queste *facies* mioceniche, affioranti nell'intera area del Montiferru [5], sono rappresentate prevalentemente da arenarie calcaree di colore bianco sporco, da calcari organogeni, da calcari marnosi ricchi di Echinidi; sulla base della paleocenosi di Lamellibranchi, Crostacei, Pesci, Gasteropodi, Foraminiferi, esse sono state attribuite al Serravalliano («Elveziano») [7].

Sul versante destro del rio Pedra S'Aina affiora del calcare arenaceo di colore biancastro compatto, ricco in Ostreidi di grosse dimensioni. Più a sud, dove il rio su Lavru scorre nel suo tratto terminale prima della confluenza nel rio Santa Caterina, per un lungo tratto affiorano *facies* differenti, costituite da calcare arenaceo biancastro sterile, molto compatto, su cui poggia un calcare marnoso di colore giallastro ricco in Echinidi.

Facies decisamente calcaree e calcarenitiche, sovente con livelli ricchi in Ostreidi, affiorano in prossimità del rio Santa Caterina e in una sezione in località Pedra S'Aina, dove sono osservabili delle cavità del diametro di circa 30 cm, dovute a fenomeni di dissoluzione.

La serie miocenica che affiora sia nel tratto costiero della località di S'Archittu sia nella piccola baia di Santa Caterina è interessata, in quest'ultima località, da strutture di faglia di direzione sia N-S sia E NE-W SW che determinano l'immersione delle bancate verso ovest. Maggiormente fratturati e dislocati appaiono i calcari affioranti nella zona di Cuglieri e Scano Montiferru, ad indicare come i calcari di Santa Caterina abbiano subito solo parzialmente le potenti dislocazioni connesse alla costituzione dell'Horst vulcano-tettonico del Montiferru [11]. Ciò non esclude comunque l'esistenza di fratture nei calcari presenti all'interno del bacino e attualmente ricoperti dalle colate basaltiche e dai depositi alluvionali del rio Santa Caterina.

Pliocene

Nel corso del Pliocene superiore, in concomitanza con una fase tettonica distensiva, inizia la risalita e l'effusione di magmi attraverso sistemi di fratture o centri di emissione, con alternanza di fasi di stasi dell'attività vulcanica e con intensa erosione, con conseguente genesi e messa in posto di estese coperture conglomeratiche fluvio-torrentizie e di versante [12].

Conglomerati continentali pre-basanitici

Di questi depositi, assai estesi a sud dell'abitato di Santa Caterina, nel bacino in esame affiorano dei lembi isolati al di sotto di una sottile colata basanitica sul versante destro del rio Su Lavru, costituiti da conglomerati a ciottoli ignimbritici e andesitici appartenenti alle serie trachitoidi e andesitoidi oligo-mioceniche, di dimensioni comprese tra 3 e 8 cm, in matrice argillosa di colore rossastro; la loro presenza confermerebbe la marginale interferenza degli eventi epigenetici vulcano-tettonici generalizzati di questa regione, che avrebbero determinato nell'area di Santa Caterina una morfologia depressa sede di processi di sedimentazione fluviale particolarmente rilevanti. L'assenza di ciottoli miocenici all'interno di questi depositi starebbe ad indicare che la trasgressione marina medio-miocenica non ha interessato le zone più centrali del Montiferru, limitandosi ad un'area attualmente individuabile nella fascia costiera.

Basaniti ad analcime

Rappresentano la prima manifestazione del vulcanismo di carattere alcalino nell'area; la roccia si presenta compatta, più o meno bollosa, di colore grigio-rossastro, con dei grossi inclusi di biotite e pirosseno che raggiungono talvolta una dimensione di 2 cm; in stato di alterazione, questi litotipi appaiono teneri, con una colorazione tendente al rosso.

Sul versante destro del Rio su Lavru affiorano come un sottile lembo dello spessore di circa 10 cm, dall'aspetto alquanto alterato, al di sopra dei conglomerati continentali precedentemente descritti.

Più estesi sono gli affioramenti basanitici in località Pedra e Polta e Sa Crariaxia, dove poggiano direttamente sulle ignimbriti; gli stessi affiorano al di sotto di punta Cannisonnes, ove vengono attraversati da filoni che da questa cima attraversano la valle del rio Tamburino con direzione di N 25°E: anche in questo caso poggiano direttamente sulle ignimbriti, come è ben visibile nella sella che separa punta Cannisonnes da punta Tilimare.

Basaniti ad analcime affiorano sul versante destro del rio Mammine in località Santu Larentu, molto probabilmente legate a bocche di alimentazione laterali [2].

Conglomerato continentale post-basanitico

Questo complesso continentale affiora lungo le valli del rio Su Lavru e Pedra s' Aina, assumendo *facies* differenti che indicano differenti agenti di trasporto, differenti modalità ed energie, in stretta dipendenza dalla paleomorfologia.

Nel sentiero che attraversa la piccola valle del rio Pedra s' Aina, in località Pala Trotta, affiora in una sezione, per lo spessore visibile di circa 2 m, un microconglomerato costituito da clasti a spigoli vivi di dimensione da 1 a 3 cm, immersi in una matrice arenacea di colore grigio. Si nota una certa ciclicità deposizionale, con alternanza di livelli ricchi in matrice arenacea e con scarso contenuto clastico grossolano e di livelli costituiti da clasti grossolani, in posizione embriicata, riconducibili a processi trattivi legati ad un agente acqueo di discreta energia ed intensità probabilmente causa del dilavamento delle frazioni fini; i clasti appartengono prevalentemente alla formazione trachitoidale. Nel medesimo versante ed a breve distanza, il conglomerato si presenta caotico, clasto-sostenuto, ove il sedimento fine è costituito da argilla e *silt* di colore bruno-rossastro; anche l'aspetto dei singoli clasti si mostra differente da quelli dell'affioramento descritto precedentemente, mostrando questi, costituiti da ignimbriti listate di colore rosso mattone e grigio chiaro, dimensioni sino a circa 10 cm a spigoli vivi. L'insieme di tali caratteri suggerisce un processo di accumulo quasi esclusivamente dovuto a fenomeni gravitativi, presumibilmente frequenti e ripetuti, con distanze di trasporto assai limitate. Tali differenze di *facies* tessitura sono certamente imputabili a situazioni paleo-morfologiche e comunque sono tipicamente caratteristiche dei depositi di versante in un simile contesto morfologico e litologico assai composito.

Un aspetto ancora differente di questi depositi è osservabile nel versante destro del rio Su Lavru, dove il conglomerato appare molto compatto, costituito da clasti ignimbritici e di natura andesitica, compresi in una matrice argilloso-arenacea di colore giallo-rosso.

Vulcaniti trachitico-fonolitiche

Costituiscono, assieme alle vulcaniti oligo-mioceniche, il nucleo del Montiferru e possono raggiungere una potenza di oltre 300 m.

A questo gruppo appartiene una serie di lave riferibili a più episodi vulcanici, caratterizzate da una ampia gamma di variazioni di carattere petrografico e chimico in base alle quali sono state suddivise in due gruppi principali, quello dei tipi tefritico-fonolitici ad analcime e quello delle trachiti fonolitiche.

Tefriti fonolitiche e fonoliti tefritiche ad analcime

Affiorano lungo il percorso del rio Santa Caterina, dall'intersezione del Rio Mammine con il rio Bia Iosso per circa un chilometro verso valle [13] [3]; questi litotipi mostrano un colore di fondo grigio chiaro con grossi fenocristalli feldspatici di dimensioni millimetriche e biotitici con dimensioni fino a 1 cm.

Trachiti fonolitiche

Queste vulcaniti assumono le varie tonalità di grigio (chiaro, perla, scuro), sono molto dure, compatte e con fratturazione scheggiata o concoide; esse possono però assumere un colore bianco sporco e presentarsi facilmente disaggregabili; tale aspetto, evidentemente conseguente ad alterazione, nel corso del rilevamento è stato ricorrentemente

riscontrato soprattutto nella parte topograficamente più alta del bacino, ai piedi del Monte Pertuso.

Nelle vulcaniti più compatte è rilevabile un intenso sistema di fessurazione verticale, con i piani abbastanza ravvicinati, dovuto presumibilmente alle contrazioni durante il raffreddamento della massa fusa; in alcune località come Elighes Guttiosos, in prossimità del monte Pertuso, a questo sistema di fessure beanti verticali si sovrappone una fratturazione orizzontale, talvolta talmente fitta da conferire alla roccia un aspetto intensamente fogliettato; quest'ultimo carattere, dovuto a processi di alterazione, è stato ricorrentemente osservato nelle aree sommitali del complesso del Montiferru, ove tali processi, crioclastici e/o termoclastici, nonché di natura chimica, sono sicuramente influenzati dai caratteri microclimatici tipici delle alte quote anche nelle latitudini mediterranee. In particolare la fogliettatura dei litotipi fonolitici sarebbe indotta da una micro-struttura laminare dovuta localmente alle modalità di raffreddamento delle lave.

La morfologia degli ammassi trachitico-fonolitici è strutturata talvolta in colate, come quella rilevante che da M. Orbiu e da M. su Burdone scende fino alle valli del rio Sa Pedra s'Aina e del rio su Lavru, ma più frequentemente essi si costituiscono in domi.

Lungo le vallate del rio Mammine, del rio Bia Iosso e del rio Malancone poggiano sulle vulcaniti oligoceniche ma anche sulle basaniti, come in località sa Crariaxia, o sui conglomerati post-basanitici in località Aladerru Padente.

Le morfologie a domo, dovute all'effusione della massa lavica affluente in cupole di ristagno o a delle forme erosive secondarie [5], sono diffuse nella parte più orientale del bacino topograficamente più elevata, come punta Bausinari, Punta Pira Pirastru, Punta Cannisonis, Rocca Sa Tiria, Monte Entu.

I rilievi di Punta Freari, Punta Tilimare e Punta Sa Turra sono stati riconosciuti come i centri di alimentazione [13], così come anche il piccolo cono nel versante sinistro della valle di rio Bia Iosso, a nord ovest di Punta Pala Pedru [5].

Spesso gli allineamenti dei domi identificano particolari linee di frattura che concordano con le principali direzioni tettoniche della Sardegna centro-occidentale [14].

Basalti

Successivamente alle messa in posto delle vulcaniti trachitico-fonolitiche seguirono altre importanti manifestazioni vulcaniche, responsabili della messa in posto di numerose colate basaltiche che caratterizzarono le fasi terminali dell'attività vulcanica del Montiferru.

Queste vulcaniti si presentano in *facies* differenti (latit-basaltiche, alcalibasaltiche), molto compatte o bollose e scoriacee, con colori variabili dal grigio-ferro al grigio bruno ed al grigio rossastro, soprattutto dove appare evidente una intensa alterazione.

L'effusione di queste lave sembra essere avvenuta prevalentemente attraverso fratture entro rocce incassanti rappresentate dalle basaniti e soprattutto dalle trachiti fonolitiche, come testimoniano i numerosi filoni litologicamente analoghi che, in evidenza morfologica per erosione selettiva, affiorano in diversi settori nella parte centrale del Montiferru con orientazione prevalentemente tra N 10°W e N 50°E [3].

Le vulcaniti oligoceniche, assieme ai domi ed alle colate della formazione trachitico-fonolitica del ciclo effusivo plio-quadernario, costituiscono un alto morfologico e strutturale del Montiferru responsabile dell'andamento delle successive colate basaltiche [15].

Nell'area in esame queste coperture basaltiche occupano il settore nord-occidentale con direzione di flusso verso NW, dalla località di Costa e' Pretta fino alla costa, la porzione centrale del bacino con direzione di flusso verso W in località Badderios e fino a Corzolu ed infine il settore meridionale con direzione di flusso verso S SW, da M. Pertuso alla località di Pabassiu.

Quaternario

Pleistocene

Nel corso delle ultime manifestazioni effusive responsabili della costruzione degli estesi *plateaux* basaltici, ultimi episodi di sollevamento innescano processi di ringiovanimento della struttura morfologica e l'impostazione definitiva della rete idrografica, con il conseguente smantellamento dei rilievi appena formati e con l'accumulo di depositi continentali di versante e fluvio-torrentizi nelle aree morfologicamente depresse.

Un testimone di tali eventi è l'ampia conoide di deiezione che dalla cantoniera di Tega prosegue a ventaglio con direzione sud-ovest occupando un'area di circa 15 km². Questa conoide, ormai inattiva ed impostata originariamente in un basso morfologico, è stata rimodellata in seguito a ripetuti eventi erosivi, apparendo intensamente e ripetutamente incisa lungo l'asse longitudinale; essa rappresenta oggi un alto morfologico in disequilibrio con l'attuale rete fluvio-torrentizia.

Nell'area in esame è presente solo la parte più meridionale della conoide, lungo una fascia che si estende sino all'abitato di Santa Caterina. In prossimità del rio Santa Caterina il deposito ricopre una colata basaltica; qui è osservabile una sezione il cui spessore metrico appare molto ridotto rispetto agli spessori osservati nelle aree più settentrionali, al di fuori dell'area in studio, dove appunto è localizzata la parte centrale e più potente del deposito.

Questo conglomerato, prevalentemente a disposizione caotica, mostra un elevato grado di costipamento e cementazione ed è costituito da clasti sia arrotondati sia a spigoli vivi, eterometrici e con dimensioni generalmente compresi tra 2 e 30 cm circa, la cui natura litologica rispecchia quella delle vulcaniti oligo-mioceniche e plioceniche presenti nelle parti più alte del bacino.

Alcune sezioni mostrano la matrice assumere aspetti differenti all'interno del corpo; nella parte più alta prevale la componente arenacea molto arrossata, con frequenti continue croste carbonatiche spesse fino a 5 cm, mentre nella parte bassa prevale l'argilla di illuviazione all'interno della quale si osservano concrezioni nodulari centimetriche di ferro.

Nel bacino in esame la presenza di depositi fluvio-torrentizi è nettamente in subordine

nei confronti dei depositi di versante, che sono diffusamente distribuiti sia sui rilievi fonolitici nelle aree sommitali ed anche alle quote intermedie, in genere con giaciture in disequilibrio con i processi di accumulo attuali, sia nelle aree morfologicamente più basse, ove paiono invece in equilibrio con i processi di accumulo e di trasporto di varia natura attivi attualmente.

Sul versante destro del rio Mammine, in località Uraccheris, per un ampio tratto e per un'altezza di circa 15~20 m si osserva uno tra i più estesi corpi costituiti da brecce di versante. In una sezione esposta in altezza per circa 7 m, si osserva l'alternanza regolare di livelli detritici con vuoti intraclastici e livelli particolarmente ricchi in matrice argillosa. I primi, dello spessore di circa 60 cm, sono costituiti da clasti eterometrici di natura fonolitica, appiattiti, a spigoli vivi, orientati secondo l'inclinazione del versante, con scarsa matrice siltosa molto compatta di colore variabile dal rosso al bruno; i secondi, dello spessore di circa 40 cm, mostrano un minor numero di clasti sempre di natura fonolitica disposti caoticamente e immersi in una abbondante matrice argillosa e siltosa molto compatta di colore omogeneo rosso bruno.

La geometria interna di questi depositi di versante, osservati anche in altre aree della Sardegna soprattutto in presenza di litotipi carbonatici, richiama caratteri deposizionali e forme notoriamente più diffuse nei rilievi alpini ed appenninici. Il disequilibrio con le forme ed i processi geomorfici attuali, i caratteri sedimentologici e lo stato di alterazione della matrice, ove presente, possono ricondurre la genesi di questi depositi a momenti climatici generalmente definiti in letteratura come «periglaciali» (*éboulis ordonnés*), e come tali relativi ad contesto climatico manifestatosi arealmente, con varia intensità e comportamento, anche nelle regioni mediterranee, in concomitanza con le differenti condizioni climatiche registratesi nel corso della fase glaciale *Würm*.

Un'altra coltre detritica di versante è osservabile sul versante settentrionale del Monte Bausinari, alla quota di 725 m, con caratteri simili a quello precedentemente citato, soprattutto per quanto riguarda la sua parte più bassa, e con aspetti differenti nella parte alta in relazione all'interazione e all'intensità dei processi intervenuti nel corso della deposizione.

Per uno spessore di 7 m, nella parte inferiore, su litotipi ignimbrici poggia una breccia costituita per circa l'80 % da clasti a spigoli vivi appiattiti di natura fonolitica, ove l'assenza di orientazione da movimenti trattivi di alcun genere attesta un accumulo per gravità. Nella parte alta ed anche ai lati della sezione, livelli ad elevato contenuto clastico si alternano frequentemente a livelli prevalentemente argillosi, assumendo progressivamente spessori notevolmente inferiori, di circa 7 cm i primi e di 3 cm i secondi. La matrice è moderatamente arrossata.

Nell'alto della sezione si sviluppa con spessore irregolare intorno al metro un accumulo clastico altamente eterometrico, immerso in una matrice siltosa, che pare appartenere a momenti deposizionali successivi, con modalità e processi differenti rispetto alla parte inferiore del corpo detritico; la matrice abbondante appare generalmente fresca, non alterata, indicando presumibilmente, insieme agli altri caratteri

sedimentologici, momenti deposizionali all'interno dell'Olocene.

Nella parte più bassa del bacino, in prossimità del raccordo con l'area costiera di Santa Caterina, affiorano lembi di depositi fluvio-torrentizi; questi, nel tratto terminale della stretta piana fluviale e fino a circa 1,5 km dall'attuale foce del rio di Santa Caterina, costituiscono dei conglomerati fluviali con matrice ghiaioso-limosa e argillosa a tratti fortemente arrossata e con intense screziature giallo-grigiastre, terrazzati. La genesi di tali depositi viene attribuita al processo di aggradazione sedimentaria conseguente all'innalzamento eustatico del livello marino registratosi nel corso dell'interglaciale relativo allo stadio isotopico 5 di Shackleton, che nei depositi marini costieri fossili e fossiliferi identifica il piano Tirreniano.

In località Fann' e Iscanu sulle coperture basaltiche, a circa 6 m rispetto al livello attuale del corso d'acqua, poggia un lembo conglomeratico legato ad un evento deposizionale con le modalità precedentemente descritte, nonché in presenza di una più elevata quota di escavazione dell'alveo al momento della presunta deposizione. Affiorante lungo un taglio stradale per circa 20 metri, il deposito conglomeratico appare poco cementato ma compatto, costituito da clasti poligenici, eterometrici con dimensioni fino a decimetriche e molto ben elaborati. Localmente si osservano delle lenti sovrapposte a tessitura gradata «*finig upward*» e con strutture tipiche di selezione in ambito fluvio-torrentizio con energia trattiva variabile. La scarsa matrice limoso-ghiaiosa del deposito è debolmente alterata.

Olocene

Alle quote più elevate sono frequenti, anche se generalmente di limitata estensione, corpi deposizionali costituiti da breccie di caduta attuali, soprattutto al di sotto dei domi fonolitici; alcuni di questi corpi, evidentemente quelli relativamente più antichi, possono mostrare una scarsa matrice limosa.

Nella fascia pedemontana, dove le quote dei rilievi si attenuano ed i versanti assumono un'acclività debole, sono presenti in prevalenza depositi colluviali in cui la dinamica gravitazionale è molto attenuata ed invece assume un ruolo importante l'acqua di ruscellamento e di imbibizione.

Un deposito importante per la sua estensione è quello presente nella valle del rio Mammine, dove i domi fonolitici e le colate basaltiche di Costa e' Pretta formano un ampio anfiteatro. Qui il deposito colluviale, molto esteso e distribuito su diversi livelli topografici, è costituito in prevalenza da matrice fine limosa e argillosa in cui la presenza di clasti, generalmente di dimensione fino al decimetro, a spigoli vivi ed anche debolmente smussati, con disposizione caotica senza alcuna particolare geometria, è ricorrente ma non continua, in dipendenza dalle condizioni delle aree di provenienza dei materiali, sempre assai prossime.

Nella parte media e bassa dell'area, presso i corsi d'acqua, appaiono lembi discontinui di depositi alluvionali. Questi in particolare si osservano ai lati del rio Su Lavru, al di sopra dei calcari miocenici affioranti nell'alveo e sui quali scorre il corso d'acqua, costituiti da

ciottoli a disposizione caotica, eterometrici, poligenici e blocchi pluridecimetri, con matrice sabbiosa e limosa di colore grigio-bruno scuro, a tratti anche terrazzati.

Tali depositi costituiscono anche la colmata alluvionale nella piccola piana del rio Santa Caterina, per circa 4 km tra la località di Fann'e Iscanu e la foce. In alcune sezioni metriche lungo il corso d'acqua si possono distinguere dei cicli differenti di accumulo, con deposizione ritmica gradata normale di ciottoli eterometrici, poligenici nel basso e un sedimento siltoso-sabbioso, talora ghiaioso, nella parte alta.

PERMEABILITÀ

I complessi idrogeologici, distinti per il tipo e il grado di permeabilità, verranno di seguito esposti iniziando da quelli a permeabilità più elevata:

- | | |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------|
| – Complesso delle alluvioni | permeabilità elevata |
| – Complesso trachitico-fonolitico | permeabilità elevata |
| – Complesso dei basalti | permeabilità medio-alta |
| – Complesso dei depositi di versante | permeabilità media |
| – Complesso dei calcari | permeabilità media |
| – Complesso dei conglomerati | permeabilità bassa |
| – Complesso delle ignimbriti, piroclastiti, basaniti e tufi | permeabilità bassa |

Complesso delle alluvioni ad alta permeabilità

È ben rappresentato nella piana del rio Santa Caterina e, in piccoli lembi discontinui, anche nelle valli degli affluenti secondari.

I depositi sono costituiti da materiale clastico eterometrico, la cui natura litologica rispecchia quella delle rocce affioranti nell'intero bacino.

La circolazione dell'acqua di infiltrazione tra gli spazi intergranulari garantisce all'intero corpo una permeabilità in piccolo molto elevata, determinando per diversi mesi dell'anno lo scorrimento del rio Santa Caterina esclusivamente in sub-alveo nel suo tratto terminale.

Complesso delle trachiti fonolitiche ad alta permeabilità

A questo complesso appartengono le trachiti, le trachiti fonolitiche e le fonoliti che costituiscono i domi nell'area morfologicamente più elevata del bacino idrografico e le colate alle quote inferiori.

Si tratta di rocce molto dure, compatte, la cui elevata permeabilità è dovuta alla presenza di fessure beanti, verticali e orizzontali, legate al raffreddamento della massa fusa.

L'infiltrazione e la circolazione dell'acqua è quindi localizzata in una estesa rete di discontinuità che dà origine a numerose sorgenti.

Complesso dei basalti a medio-alta permeabilità

Tale complesso affiora in colate sia nella fascia più esterna del bacino sia nelle aree

centrali ed è costituito da trachibasalti, basalti e alcalibasalti. La permeabilità è dovuta principalmente ai caratteri strutturali; infatti la circolazione dell'acqua avviene sia attraverso fessure verticali legate al raffreddamento della massa fusa, sia all'interno di piani di discontinuità («scorie di letto e di tetto») determinati dalla sovrapposizione di colate successive.

Nonostante la discreta permeabilità, le sorgenti rinvenute in questo complesso non sono numerose, perché la giacitura delle colate presenta l'immersione in direzioni esterne al bacino, con conseguente travaso di importanti volumi d'acqua verso i bacini adiacenti.

Complesso dei depositi di versante a media permeabilità

Sono stati distinti due tipi di depositi di versante di uguale permeabilità ma differente modalità di deflusso.

Un primo tipo, distribuito prevalentemente lungo i versanti dei rilievi trachitici e fonolitici, è costituito dall'alternanza di livelli argillosi e livelli ciottolosi; il limitato spessore di questi ultimi non consente lo sviluppo di una falda apprezzabile.

Un secondo tipo di depositi è rappresentato dai colluvi che occupano le parti più basse e meno acclivi del versante, costituiti da ciottoli distribuiti caoticamente all'interno di una abbondante matrice argillosa arenacea.

In questo caso, dove il deposito interseca la superficie topografica, si osservano numerose emergenze diffuse.

Complesso dei calcari a media permeabilità

Sono state comprese in questo complesso diverse *facies* calcaree rappresentate prevalentemente da arenarie calcaree, calcari arenacei, calcari marnosi e calcari organogeni.

Mentre i primi tre litotipi sono da considerarsi di scarsa permeabilità, come testimonia la mancanza di emergenze, i calcari organogeni assumono un importante ruolo dal punto di vista idrogeologico. Sono state infatti notate delle cavità dovute a fenomeni di dissoluzione chimica; in particolare nella parte terminale della valle del rio di Santa Caterina la presenza di fessure e diaclasi all'interno di questi calcari, associata ai fenomeni di dissoluzione, sarebbe responsabile della formazione di condotti carsici abbastanza sviluppati tali da garantire un deflusso sotterraneo veloce. Il fenomeno sarebbe all'origine dell'alimentazione della sorgente Funtana a Mare ad opera del rio Santa Caterina, (nel capitolo dedicato ai deflussi si tratterà l'argomento con maggior dettaglio).

Complesso dei conglomerati a bassa permeabilità

In questo complesso sono compresi sia i conglomerati pliocenici, precedenti e successivi alla messa in posto delle basaniti, sia quelli pleistocenici.

In entrambi, il grado di alterazione e di compattazione della matrice ha reso questi depositi impermeabili limitando l'imbibizione alle sole parti superficiali e impedendo l'infiltrazione in profondità.

Complesso delle ignimbriti, delle piroclastiti, dei tufi e delle tefriti fonolitiche a bassa permeabilità

Le ignimbriti si presentano compatte e dislocate in blocchi e, nonostante sia ben evidente un'intensa fratturazione, non sono state rilevate emergenze di particolare interesse. Dal rilevamento di dettaglio si è notato che le fratture, beanti nella parte più superficiale, sono occluse nella parte più profonda da argille, *silt* e ghiaie provenienti molto probabilmente dall'alterazione della roccia stessa.

Gli affioramenti piroclastici ad inclusi andesitici sono poco diffusi nell'area, inoltre sono molto compatti tanto da consentire solo il ruscellamento superficiale.

Le basaniti infine sono da considerarsi praticamente impermeabili; nelle aree in cui esse affiorano il deflusso superficiale è veloce e la presenza di sorgenti è legata al contatto con le colate basaltiche sovrastanti.

EMERGENZE IDRICHE

Sono state individuate 36 sorgenti, riportate nella carta allegata, delle quali 12 sono state sistematicamente controllate per il periodo che va dall'agosto 2000 all'aprile 2001. Delle sorgenti di cui, per diverse cause, non è stato possibile effettuare una misura sistematica delle portate è stata fatta una valutazione con i dati desunti dalle poche fonti bibliografiche esistenti [16], [17].

Il valore medio di tali portate è risultato di 826.542 m³/anno.

Nella tabella 1 sono riportate le sorgenti censite ma non misurate periodicamente, nella tabella 2 figurano invece quelle misurate nel corso dell'intero anno.

Regime delle sorgenti

Le portate delle sorgenti sono piuttosto variabili, secondo l'indice di Meinzer (o indice di variabilità R_v), che viene espresso in funzione della portata massima (Q_{\max}), della portata minima (Q_{\min}) e della portata media (Q_{med}) nell'intero anno idrologico:

$$R_v = \left[\frac{(Q_{\max} - Q_{\min})}{Q_{\text{med}}} \right] \cdot 100$$

Dalla tabella 2 si deduce che, ad esclusione delle sorgenti *Dericcu*, *Pala Trotta* e *Lacunas* che hanno un regime sub-variabile, tutte le altre mostrano un valore dell'indice di Meinzer (R_v) superiore al 100%.

Lo studio delle sorgenti è stato articolato in due parti: una prima è dedicata alla descrizione di ciascuna sorgente con indicazioni del tipo di emergenza e con l'andamento delle portate in relazione alle precipitazioni. Una seconda parte verrà trattata nel capitolo dedicato al bilancio e in essa si procederà allo studio delle curve di esaurimento e alla valutazione delle risorse dinamiche.

Tabella 1

<i>N°</i>	<i>Sorgente</i>	<i>Longitudine</i>	<i>Latitudine</i>	<i>Quota m slm</i>	<i>Data</i>	<i>Portata l/s</i>
1	Funtana a Mare	8°29'26",22	40°06'17",35	2	08/04/01	46,90
4	Pala Trotta 1	8°30'52",93	40°07'06",73	89	25/11/00	0,032
5	Su Burdone 1	8°31'37",85	40°06'56",61	182	25/11/00	0,027
6	Su Burdone 2	8°31'38",10	40°07'01",17	179	25/11/00	0,054
7	Su Lavru	8°31'37",18	40°07'12",38	160	27/09/00	0,060
8	Marianna Cossu 1	8°31'46",97	40°07'24",02	210	27/09/00	0,020
9	Marianna Cossu 2	8°31'44",41	40°07'27",15	210	27/09/00	0,012
10	Sorighedda	8°32'20",74	40°07'15",70	320	20/04/01	0,019
11	Sos Benales	8°32'43",72	40°07'18",28	380	*	*
12	Perdas de Fogu	8°33'29",11	40°07'23",88	510	04/03/01	0,034
13	Pabassiu	8°34'46",87	40°07'06",17	785	04/03/01	0,045
14	Pala sos Ruos	8°34'48",74	40°07'24",28	667	04/03/01	0,016
15	Presorzu e Caddos	8°35'03",57	40°07'22",17	705	04/03/01	0,173
16	Su Lidone	8°35'26",34	40°07'16",18	789	04/03/01	0,092
20	Dericcu 2	8°31'21",86	40°07'47",03	160	20/01/01	0,113
21	Abba Cheghente	8°32'13",57	40°08'21",26	240	*	*
22	Sa Murta	8°33'28",32	40°07'48",61	430	27/09/00	0,090
23	Speluncas	8°34'55",56	40°07'42",3	635	25/11/00	0,324
24	Bausinari	8°35'18",11	40°07'46",61	710	04/03/01	0,772
27	Santu Larentu 2	8°33'50",21	40°09'00",64	455	13/08/00	0,015
28	Santu Larentu 3	8°33'58",93	40°09'05",55	492	13/08/00	0,010
29	Canale S'Aghina	8°34'21",36	40°09'09",00	620	20/04/01	0,105
35	Sa Tiria 1	8°35'54",49	40°08'39",32	870	19/09/00	0,011
36	Sa Tiria 2	8°35'46",13	40°08'26",17	840	19/09/00	0,019

Tabella 2

<i>N°</i>	<i>Sorgente</i>	<i>Longitudine</i>	<i>Latitudine</i>	<i>Portata min l/s</i>	<i>Portata max l/s</i>	<i>Indice di variab. R_v %</i>
30	Andreddu	8°34'34,84	40°08'58",31	0,072	0,625	247,06
31	Sa Crariaxia 1	8°34'46,44	40°08'54",78	0,104	1,028	358,60
32	Sa Crariaxia 2	8°34'47,3	40°08'52",40	0,025	0,357	259,04
33	Pedra e Polta 1	8°35'00,86	40°08'52",77	0,007	0,229	285,02
34	Pedra e Polta 2	8°35'07,64	40°08'52",04	0,963	4,801	205,31
26	Santu Larentu 1	8°33'47,10	40°09'01",50	0,123	0,733	186,54
19	Dericcu 1	8°31'12,95	40°07'49",81	0,194	0,326	51,63
17	Pala Trotta	8°30'49,12	40°07'26",18	0,203	0,311	42,52
18	Lacunas	8°31'04,44	40°07'34",70	0,379	0,488	25,33
2	Aladerru Padente 1	8°30'41,28	40°06'57",57	0,001	0,201	221,95
3	Aladerru Padente 2	8°30'42,66	40°07'01",70	0,150	0,446	106,86
25	Elighes Guttiosos	8°36'19,49	40°08'21",84	0,014	1,85	217,26

Sorgente Andreeddu

Questa sorgente è situata alla quota di 595 m s.l.m., sul versante destro del rio Mammine.

Il suo acquifero è rappresentato da rocce trachitico-fonolitiche e l'emergenza avviene per limite di permeabilità indefinito.

Dal variogramma afflussi-deflussi (fig. 1) si nota che, nonostante il suo regime sia condizionato dalle precipitazioni, è presente un certo ritardo tra le precipitazioni ed il loro effetto sulle portate sorgive.

Considerando la prima parte del variogramma si può osservare che con le prime precipitazioni autunnali non si hanno delle variazioni sostanziali di portata; ciò è dovuto al fatto che i primi apporti pluviometrici vengono utilizzati per ripristinare le riserve regolatrici perse per evapotraspirazione durante il lungo periodo di siccità estivo.

Il primo picco di portata viene misurato in coincidenza con le abbondanti piogge di novembre, le successive precipitazioni di dicembre e gennaio continuano ad alimentare la falda. Quando l'acquifero viene probabilmente saturato, le modeste precipitazioni di febbraio fanno registrare un picco massimo di portata pari a 0,625 l/s e da questo momento in poi le portate decrescono con un andamento parabolico.

Sorgenti Sa Crariaxia 1 e Sa Crariaxia 2

Prendono il nome dalla località omonima situata in un'area a NW all'interno del bacino.

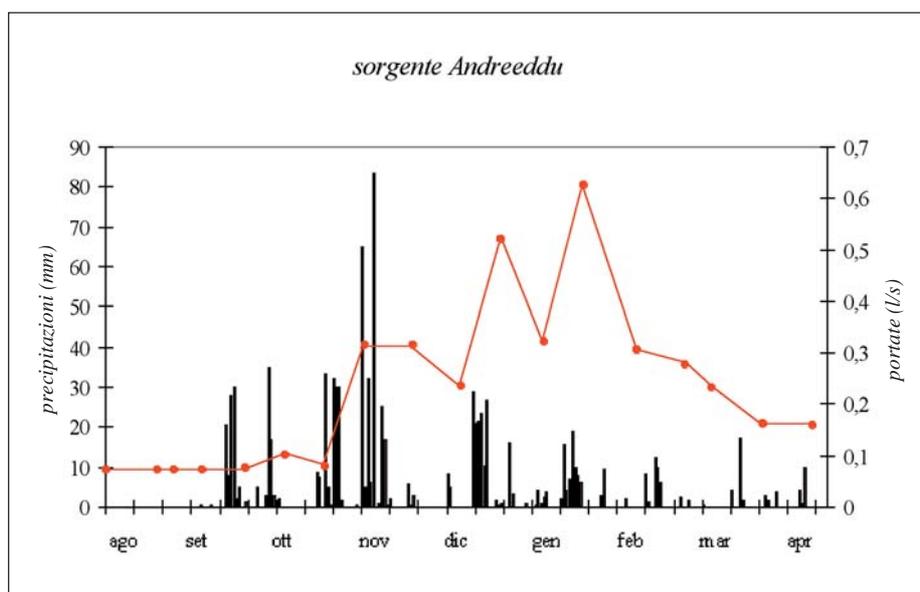


Figura 1

La loro emergenza è localizzata al contatto tra le trachiti fonolitiche, che costituiscono l'acquifero, e le sottostanti basaniti a bassa permeabilità, sono quindi classificabili come sorgenti per limite di permeabilità definito. La sorgente Crariaxia 2 viene captata ed utilizzata per usi domestici.

Benché siano alimentate dallo stesso acquifero e si trovino a breve distanza l'una dall'altra, le due sorgenti sono influenzate in maniera diversa dalle precipitazioni, probabilmente a causa delle diverse dimensioni del bacino di alimentazione.

Sorgente Pedra e' Polta 1

La sorgente Pedra e' Polta 1 è situata alla base di un corpo colluviale inciso dalle due linee di impluvio che attraversano longitudinalmente la valle omonima. Il serbatoio alimentatore è rappresentato proprio da questo deposito, costituito da clasti a spigoli vivi immersi in una matrice limoso-siltosa. Questi caratteri e la sostanziale posizione di equilibrio morfologico consentono l'attribuzione di una età olocenica a tale copertura colluviale, che non mostra alcun carattere di alterazione, argilluviazione ed ossidazione degli elementi minerali, i quali processi notoriamente contribuiscono all'occlusione della porosità intraclastica e/o intragranulare.

Oltre a questa sorgente, attorno al deposito colluviale compaiono piccole emergenze diffuse, non misurabili.

Sorgente Pedra e' Polta 2

Di questa sorgente non è stato possibile individuare l'emergenza geologica perché

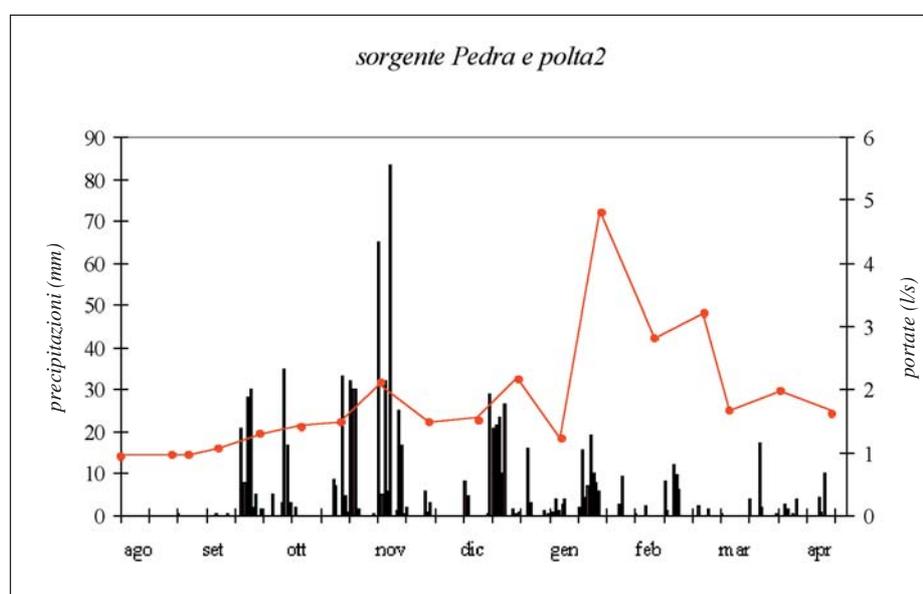


Figura 2

mascherata da un'estesa e spessa coltre detritica.

Nella zona circostante affiorano le trachiti fonolitiche, quindi si ritiene che questo litotipo, così come per le altre sorgenti già descritte, possa costituire l'acquifero.

Una pozza sub-circolare del diametro di 1,5 m e della profondità di circa 40 cm, rilevata nel mese di agosto, rappresentava l'unica emergenza d'acqua visibile in quella zona.

Poiché la portata misurata il 18 agosto del 2000 è stata di 0,96 l/s, nonostante non fossero molto chiare le modalità di emergenza si è comunque ritenuto interessante continuare le misure e osservarne il comportamento, rappresentato nel variogramma illustrato in fig. 2; i dati a disposizione peraltro non sono stati sufficienti per ricostruire la curva di esaurimento e quindi per stabilire i volumi immagazzinati.

La portata massima di 4,8 l/s è stata misurata nel mese di febbraio e il deflusso misurato nei 266 giorni di osservazione è stato di 43.212 m³.

Sorgente Santu Larentu

Si trova lungo la strada che segue il versante destro del rio Mammine, in prossimità della chiesa campestre di Santu Larentu. La sua emergenza è al contatto tra i basalti fessurati che ne costituiscono l'acquifero e le basaniti che rappresentano il litotipo più impermeabile e quindi per limite di permeabilità definito. Ad una distanza di circa 20 m è presente un'altra sorgente altrettanto importante, di cui non è stato possibile misurare la portata.

Il grafico delle portate mostra un andamento che non segue quello delle precipitazioni, probabilmente a causa del lento movimento dell'acqua all'interno della rete di meati. Le portate maggiori sono state rilevate nei mesi di gennaio e febbraio, periodo in cui le precipitazioni diminuiscono di intensità ma aumentano di frequenza.

I dati a disposizione non sono stati sufficienti per costruire la curva di esaurimento.

Sorgente Dericcu

Questa sorgente si trova nel piccolo bacino del rio Pedra s'Aina, affluente di sinistra del rio Santa Caterina. L'acquifero è costituito da basalto e l'emergenza è al contatto tra le colate, entro livelli scoriacei (limite di permeabilità definito); la portata è agevolmente misurabile qualche metro più a valle, dove l'acqua viene convogliata e utilizzata per scopi irrigui.

Il regime, sub-variabile, è legato certamente al regime delle precipitazioni, ma soprattutto alle caratteristiche dell'acquifero che consente un rilascio graduale delle riserve immagazzinate.

Le precipitazioni dei mesi invernali non influenzano immediatamente le portate; la massima di 0,326 l/s è stata misurata nel mese di febbraio e assume dei valori simili anche nei mesi successivi.

L'insufficienza di dati a disposizione non ha consentito un'analisi più dettagliata della curva di esaurimento.

Sorgenti Pala Trotta e' Lacunas

Si trovano anch'esse all'interno del bacino del rio Pedra s'Aina, in prossimità dell'ovile Arca.

Il loro acquifero è costituito dalle trachiti fonolitiche intensamente fessurate. L'emergenza della sorgente Pala Trotta si trova al contatto tra le vulcaniti ed un sottostante conglomerato molto compatto, a matrice prevalentemente argillosa, che costituisce lo strato impermeabile (sorgente per limite di permeabilità definito); l'emergenza della sorgente *Lacunas* è invece per limite di permeabilità indefinito all'interno delle stesse rocce trachitico-fonolitiche.

Con i dati a disposizione non è stato possibile costruire la curva di esaurimento e ricavare i quantitativi d'acqua immagazzinati da queste sorgenti.

Sorgenti Aladerru Padente 1 e Aladerru Padente 2

Le due sorgenti sono ubicate sul versante sinistro del rio Su Lavru, affluente di destra del rio Santa Caterina, alla base di una parete trachitico-fonolitica dello spessore di 7 m circa.

Le emergenze si trovano al contatto tra le colate costituenti l'acquifero fessurato e il sottostante conglomerato molto compatto a prevalente matrice argillosa, che conferisce alla roccia una bassa permeabilità (limite di permeabilità definito).

Sorgente Elighes Guttiosos

Si trova alla base del versante nord-occidentale di monte Urtigu (1050 m), all'interno del bacino del rio Bia Iosso.

La presenza di questa sorgente ad una quota così elevata è legata sia alle abbondanti precipitazioni (1.062 mm misurati in un anno nella stazione di Santu Lussurgiu) sia alla elevata permeabilità dell'acquifero che consente una rapida infiltrazione dell'acqua di precipitazione ma anche un rapido deflusso. L'acquifero è costituito dalle trachiti fonolitiche, l'emergenza è per limite di permeabilità indefinito.

Tabella 3

<i>Sorgenti</i>	Q_0 l/s	Q_t l/s	<i>Inizio esaurim.</i>	<i>t</i> (gg)	α	W_0 (m ³)	W_t (m ³)	$W_0 - W_t$ (m ³)
Andreddu	0,377	0,156	03/02/01	81	0,01089	2991	1238	1753
Crariaxia 1	0,198	0,139	03/02/01	81	0,00437	3915	2748	1167
Crariaxia 2	0,162	0,114	20/01/01	95	0,0037	3783	2662	1121
Pedra e Polta 1	0,112	0,078	03/02/01	81	0,00447	2165	1507	658
Aladerru Padente 1	0,077	0,041	03/02/01	81	0,00778	855	455	400
Aladerru Padente 2	0,381	0,301	22/02/01	62	0,0038	8663	6844	1819
Elighes Guttiosos	1,66	0,75	22/02/01	62	0,01281	11196	5060	6136

Tabella 4

<i>Sorgenti</i>	Q_0 l/s	Q_t l/s	<i>Inizio esaurim.</i>	t (gg)	α	W_0 m^3	W_t (mc)	$W_0 - W_t$ (mc)
Andreddu	0,377	0,038	03/02/01	210	0,01089	2991	304	2687
Crariaxia 1	0,198	0,079	03/02/01	210	0,00437	3915	1564	2351
Crariaxia 2	0,162	0,074	20/01/01	210	0,0037	3783	1739	2044
Pedra e Polta 1	0,112	0,044	03/02/01	210	0,00447	2165	847	1318
Aladerru Padente 1	0,077	0,015	03/02/01	210	0,00778	855	167	688
Aladerru Padente 2	0,381	0,172	22/02/01	210	0,0038	8663	3900	4763
Elighes Guttiosos	1,66	0,113	22/02/01	210	0,01281	11196	760	10436

Tabella 5

<i>Data</i>	<i>Mammine</i> l/sec	<i>Bia Iosso</i> l/sec	<i>S. Caterina 1</i> l/sec	<i>S. Caterina 2</i> l/sec	<i>Su Lavru</i> l/sec	<i>Pedra s'Aina</i> l/sec	<i>S. Caterina 3</i> l/sec
20/04/00	49,63	16,78	55,55	*	0	0	15
09/05/00	35,42	9,32	24,11	0	0	0	0
23/05/00	14,35	3,18	15,9	0	0	0	0
03/06/00	15,45	3,09	13,96	0	0	0	0
18/06/00	17,95	4,59	23,4	0	0	0	0
02/07/00	9,22	0	7,17	0	0	0	0
16/07/00	12,5	2,75	9,4	0	0	0	0
28/07/00	6,32	0	1,95	0	0	0	0
12/08/00	6,41	0	2,55	0	0	0	0
19/08/00	4,35	0	0	0	0	0	0
06/09/00	7,31	0	4,85	0	0	0	0
22/09/00	8,72	0	4,35	0	0	0	0
07/10/00	17,06	7,39	20,75	0	0	0	0
21/10/00	17,06	7,9	22,05	0	0	0	0
04/11/00	60,95	38,7	96,2	0	0	0	0
18/11/00	141	126	290	210	45,9	2,06	269,96
05/12/00	79,6	69,1	164	127	30,18	6,84	176
22/12/00	63,4	39,5	104	63,3	10,7	3,04	76,05
07/01/01	167	125	314	303	80,55	10,3	405,5
20/01/01	94,2	71,3	181	144	43,1	8,2	249
03/02/01	254	212,3	492	634	238	16,05	536,5
22/02/01	83,04	62,83	154,9	109,2	20,28	5,3	149
11/03/01	72,7	35	114	68,9	13,8	0	91
22/03/01	53,62	27,92	88,1	24,9	7,5	0	43
07/04/01	46,6	23,02	75,23	16,18	0	0	28,5
25/04/01	37	17,7	51,8	0	0	0	12
Deflussi (m³/a)	1.705.762	1.150.612	2.941.431	2.206.445	630.238	67.588	2.631.870

Studio delle curve di esaurimento

I volumi d'acqua immagazzinati nell'acquifero che alimenta ciascuna sorgente all'inizio del periodo d'esaurimento e i volumi d'acqua liberati alla fine del periodo di misurazione sono stati valutati con il metodo di *Maillet*, il quale ammette un andamento esponenziale della curva di esaurimento.

Sulla base di questo calcolo sono stati poi ipotizzati i volumi d'acqua che potenzialmente potrebbero essere liberati nei mesi successivi al periodo d'osservazione.

Come è noto la formula di *Maillet* è la seguente:

$$Q_t = Q_0 \cdot e^{-at}$$

Dove:

- Q_t è la portata della sorgente (in m³/s), al tempo t ;
- Q_0 è la portata della sorgente (in m³/s), al tempo t_0 inizio dell'esaurimento;
- e è la base dei logaritmi neperiani (2,718...);
- t è il tempo trascorso dall'inizio dell'esaurimento;
- a è il coefficiente di esaurimento.

I valori ottenuti vengono riportati nelle tabb. 3 e 4.

MISURA DELLA PORTATA DI BASE

Per le ragioni esposte, la restituzione delle sorgenti è inferiore al valore dell'infiltrazione; si è pertanto proceduto ad una valutazione dei deflussi dei corsi d'acqua durante il periodo non influenzato dalle precipitazioni, presupponendo che durante tale periodo i deflussi corrispondessero alla restituzione delle riserve sotterranee.

La misura delle portate fluviali è stata eseguita nel periodo che va da maggio del 2000 all'aprile del 2001 con una frequenza quindicinale, in corrispondenza di sette sezioni di misura; i valori ottenuti sono riportati nella tab. 5.

Metodo di misura

Il metodo adottato per la misura delle portate è quello basato sull'immissione istantanea nel corso d'acqua di una soluzione di cloruro di sodio e sulla rilevazione continua della concentrazione di tale soluto nell'acqua in una sezione a valle.

Lo strumento utilizzato è il *SALINOMADD*, costituito da un'unità centrale di acquisizione ed elaborazione dei dati connessa, tramite un cavo conduttore, ad un sensore che consente la misura della conducibilità e di conseguenza della concentrazione salina.

La formula applicata è la seguente:

$$Q = \frac{V \cdot c_1}{\int_{t_i}^{t_f} c_2 \cdot dt}$$

Dove:

- Q è la portata;
- V è il volume del tracciante iniettato nel corso d'acqua;
- c_1 è la concentrazione della soluzione immessa;
- c_2 è la concentrazione dell'acqua del torrente durante il passaggio dell'onda ionica;
- t_i è il tempo all'inizio del passaggio del tracciante;
- t_f è il tempo alla fine del passaggio del tracciante.

Per ciascuna sezione è stato realizzato un variogramma afflussi-deflussi utilizzando i dati pluviometrici relativi all'anno 2000/2001 registrati nella stazione di Tega.

La sezione n° 4, sul rio Mammine, è ubicata in località Uraccheris sul versante nord occidentale di Punta Mammine.

Dal variogramma afflussi-deflussi (fig. 3) si osserva che la distribuzione delle portate nel corso dell'anno è assicurata, oltre che dalle precipitazioni, dalla restituzione delle riserve sotterranee attraverso le sorgenti e le emergenze diffuse.

Durante i mesi estivi un prelievo costante di importanti volumi d'acqua, utilizzata negli abbeveratoi, influenza l'andamento delle portate di magra.

La sezione n° 5, sul rio Bia Iosso, è situata presso il ponte Pedra Ozzastra a circa 800 m dalla confluenza con il rio Mammine.

L'alimentazione del corso d'acqua è legata quasi esclusivamente agli apporti pluviometrici, in accordo con la scarsa permeabilità delle ignimbriti e dei tufi, che occupano una vasta area del bacino.

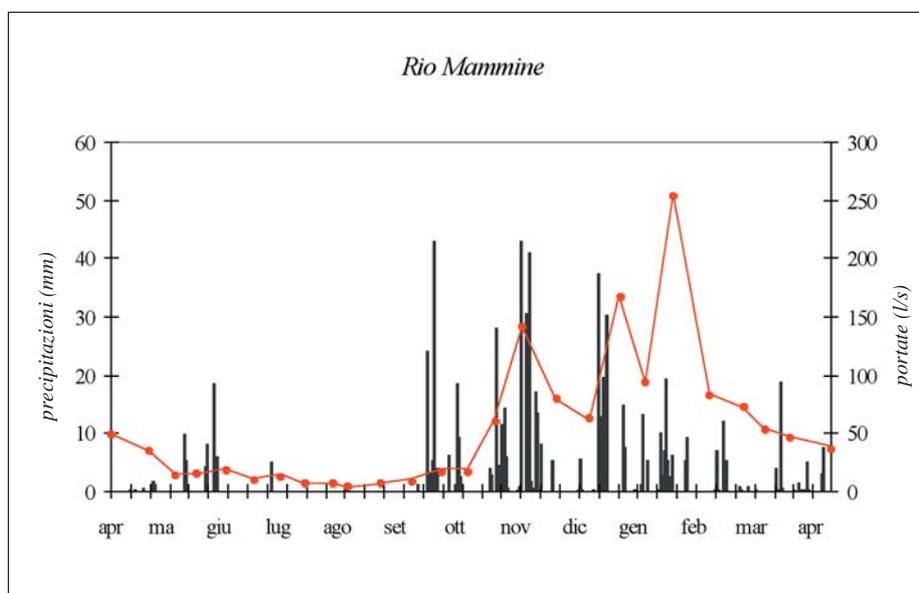


Figura 3

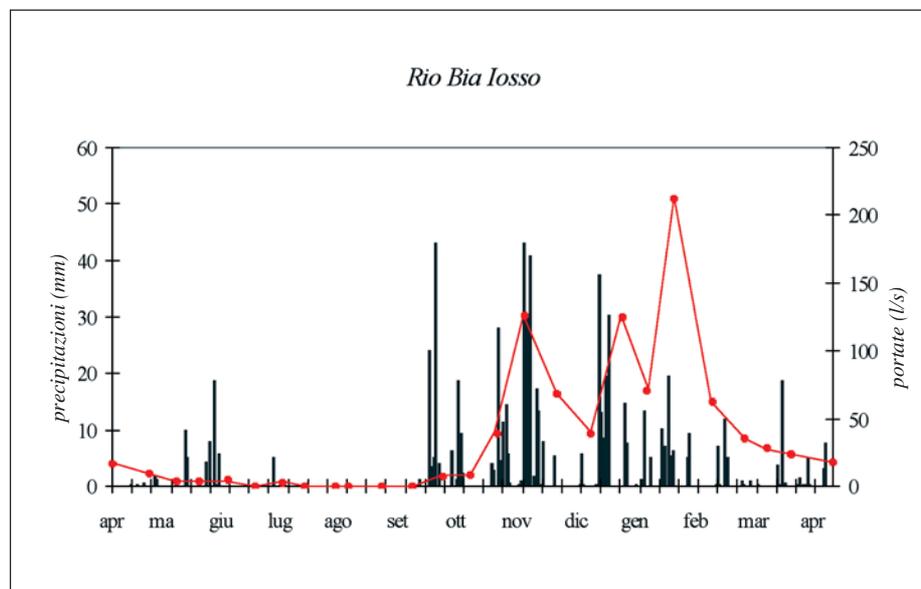


Figura 4

Un importante effetto di regimazione verrebbe esercitato dai depositi di versante presenti alle quote più elevate, ma la loro esigua estensione non consente una restituzione tale da poter garantire un deflusso del corso d'acqua anche nei mesi di prolungata siccità (fig. 4).

La sezione n° 6, sul rio Pedra s' Aina, è ubicata a 400 m dalla confluenza con il corso d'acqua principale. Tale sezione sottende un bacino di alimentazione molto piccolo, come evidenzia l'entità del deflusso annuo di appena 67.588 m³.

La sezione n° 7, sul rio Su Lavru, si trova a 50 m dalla confluenza con il rio Santa Caterina. Per il periodo che va da maggio a settembre le portate sono nulle; un loro incremento viene misurato in concomitanza delle intense precipitazioni di novembre, a seguito delle quali si raggiunge il picco massimo di 238 l/s.

La distribuzione delle portate nel corso dell'anno è influenzata notevolmente dalla struttura del bacino poiché sul versante sinistro del rio Bia Iosso le colate basaltiche mostrano una vergenza esterna, in direzione sud, che provoca un travaso verso il bacino adiacente.

Sul rio Santa Caterina sono state disposte tre sezioni di misura, una in corrispondenza della foce (sezione n° 3), le altre ad una distanza da questa di 1,4 km (sezione n° 2) e di 3 km (sezione n° 1).

I variogrammi sono mostrati nelle figg. 5, 6, 7.

Nella sezione n° 1, in località Fanne Iscanu, il deflusso è attivo durante l'intero periodo estivo mentre nella sezione alla foce una coltre alluvionale di discreto spessore favorisce il deflusso in subalveo. Con il procedere delle misure è apparso evidente che tra

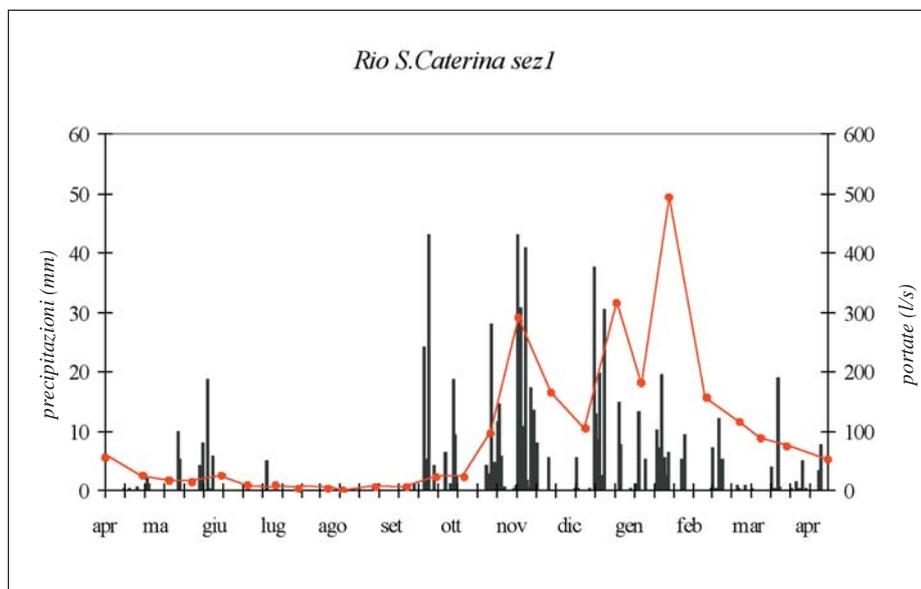


Figura 5

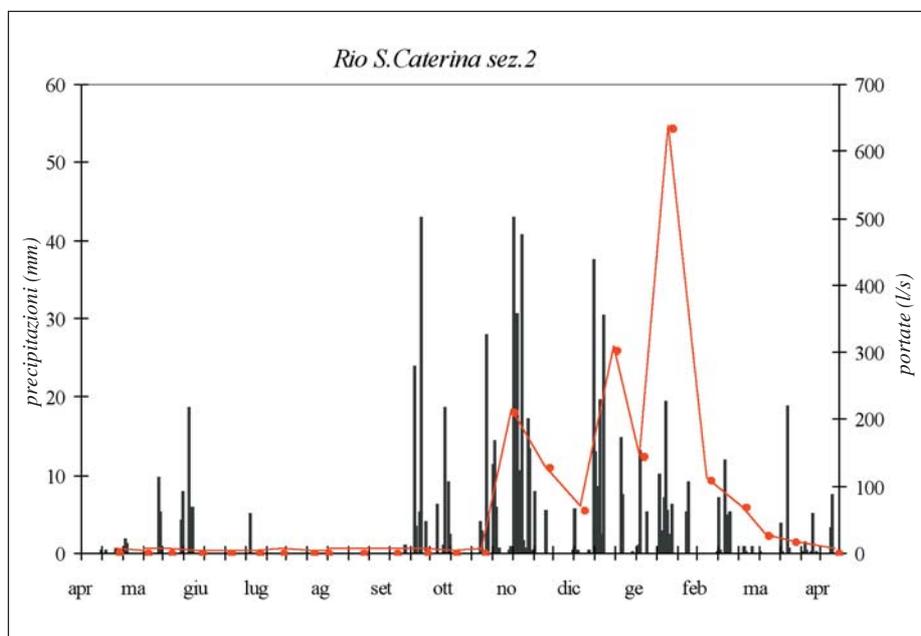


Figura 6

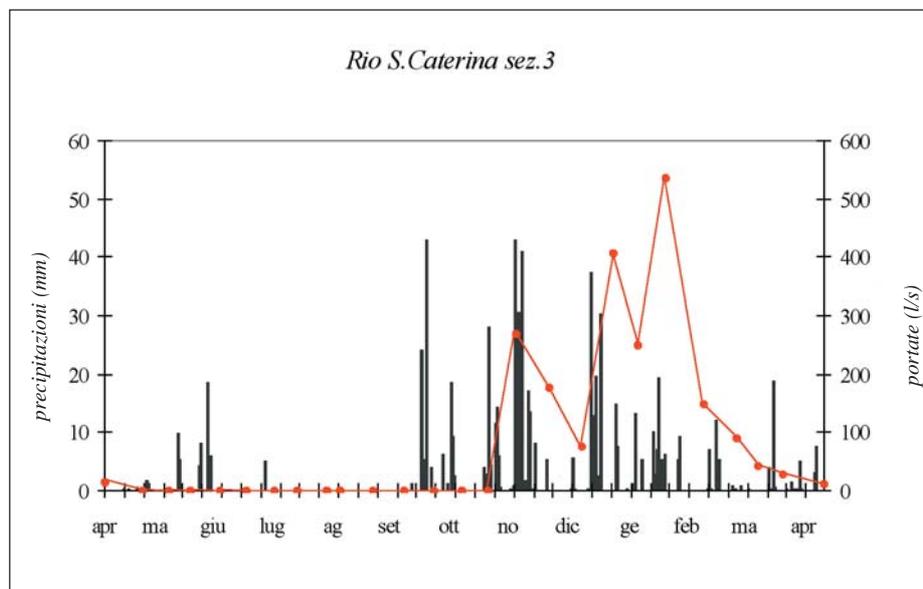


Figura 7

le due sezioni 1 e 3 si avevano perdite notevoli, successivamente confermate dal confronto tra i dati rilevati nella sezione n° 1 e nella sezione intermedia n° 2: i deflussi annui misurati sono stati di 2.941.431 m³/a nella sezione n° 1 e di 2.206.445 m³/a nella sezione n° 3, presso la foce, con una perdita di 734.986 m³/a.

Durante il periodo estivo, a seguito della riduzione dei deflussi, sono stati notati lungo il percorso del rio diversi punti nei quali l'acqua si infiltra all'interno di alcune cavità mascherate dai grossi ciottoli che costituiscono il deposito di fondo. Questo fatto, insieme ad altri aspetti di cui si dirà più avanti, evidenzia un collegamento ipogeo tra il corso d'acqua e la sorgente Funtana a Mare, distante circa 1,5 km in linea d'aria.

Questa sorgente si trova nella baia di Santa Caterina a circa 30 m dalla linea di riva ed emerge dai litotipi calcarei che delimitano la baia nel lato settentrionale. La sorgente è stata captata dall'ESAF per il fabbisogno dell'abitato di Santa Caterina di Pittinuri; essa è caratterizzata da una forte variabilità delle portate (3 l/s nel mese di luglio, 46,9 l/s nel maggio successivo) e sulla base delle osservazioni fatte, unitamente a quanto riferito dagli operatori dell'ESAF, raggiunge i valori massimi in coincidenza dell'aumento delle portate del corso d'acqua.

La presenza di *facies* calcaree, interessate da fratture e diaclasi, sarebbe all'origine di un condotto o di una rete di condotti carsici, tale da consentire il deflusso sotterraneo dall'alveo fluviale alla sorgente.

BILANCIO IDROLOGICO DEL BACINO SOTTESO DALLA SEZIONE 3

Parametri del bilancio

All'interno del bacino del rio Santa Caterina il bilancio è stato realizzato con differenti metodologie di calcolo, al fine di ottenere una verifica incrociata dei risultati.

Apporti pluviometrici

Il calcolo della lama d'acqua affluita nel bacino è stato eseguito sulla base dei dati pluviometrici relativi all'anno 2000/2001 rilevati dalle stazioni di Tega, Cuglieri, Santulussurgiu e Seneghe ed elaborati con il metodo *di Thiessen* o dei *topoieti*.

La precipitazione è risultata di 812 mm, come mostrato nella tabella 6.

Tabella 6

<i>Stazione pluviometrica</i>	<i>Pluviometria (mm)</i>	<i>Superficie per topoieto (km²)</i>	<i>Precipitazione ponderale (mm)</i>
Tega	725	25.29	540
Cuglieri	999	1.29	38
Santulussurgiu	1062	4.78	150
Seneghe	937	2.59	71
Totale		33.95	799

Temperature

La determinazione delle temperature medie mensili ed annue è stata eseguita sulla base dei dati termometrici reali relativi al periodo compreso tra aprile del 2000 e maggio del 2001 per le stazioni di Tega, Cuglieri, Santulussurgiu mentre per la stazione di Seneghe, non essendo disponibili i dati, si è fatto ricorso al metodo «delle stazioni termometriche fittizie». A tal fine sono state analizzate le temperature medie mensili ed annuali di tutte le stazioni termometriche reali della Sardegna centro-meridionale; in un diagramma temperature- altimetrie sono stati riportati i valori termometrici e le quote corrispondenti di ciascuna stazione reale ed attraverso la retta di regressione, o retta di variazione della temperatura, in corrispondenza dell'altezza 300 m s.l.m. è stata determinata la temperatura fittizia per la stazione di Seneghe.

Evapotraspirazione reale

Per la valutazione di questo parametro sono state utilizzate le formule empiriche di Turc nella modifica di Santoro [18] e di Coutagne [19], le quali tengono conto entrambe dell'altezza di precipitazione P espressa in mm/a e della temperatura media dell'aria T espressa in °C.

Il valore di evapotraspirazione ottenuto con il metodo di Turc è stato di 523 mm/a,

mentre con il metodo di Coutagne è stato di 594.05 mm/a.

Poiché i valori di evapotraspirazione reale calcolata attraverso i due metodi esposti sono tra loro confrontabili, nella redazione del bilancio idrologico verrà utilizzata la media aritmetica, ossia 559 mm.

Deflusso superficiale

Il deflusso misurato nella sezione in prossimità della foce del rio Santa Caterina è risultato di 2.631.870 m³/a, come mostrato nella tab. 3 nel capitolo dedicato ai corsi d'acqua.

Infiltrazione

Questo parametro è stato desunto dall'analisi delle curve d'esaurimento delle sorgenti durante un periodo non influenzato dalle precipitazioni, così come è stato descritto nel paragrafo sullo studio delle curve di esaurimento e così come risulta dalle tabb. 3 e 4.

A questo valore (970.504 m³/a) va aggiunto quello della stima dei deflussi in sub-alveo nel rio Santa Caterina.

Deflusso in sub-alveo

Dalle misure di portata sulle sezioni 1 e 3 lungo l'alveo del rio Santa Caterina, distanti tra loro circa 3 km, già dalle prime osservazioni è stato rilevato un andamento anomalo delle portate con una differenza di 734.986 m³/a tra il deflusso annuo misurato nella sezione a monte e quello misurato nella sezione più a valle.

Si ritiene che la differenza sia da attribuire in parte alle «perdite» di sub-alveo e in parte all'infiltrazione nei litotipi carbonatici discretamente «carsificati» (attraverso questi ultimi avverrebbe l'alimentazione della sorgente Funtana a Mare).

Per determinare con maggior precisione l'entità del deflusso subalveo è stato applicato il metodo di Darcy ad una sezione del corpo alluvionale:

$$Q = K \cdot S \cdot i$$

Dove:

- Q = portata (m³/s);
- K = coefficiente di permeabilità (m/s);
- S = area della sezione trasversale dell'acquifero, perpendicolare alla direzione di flusso (m²);
- i = il gradiente idraulico.

Il coefficiente di permeabilità, ipotizzato sulla base dei dati in letteratura, per questo tipo di acquifero può essere assunto in $1 \cdot 10^{-2}$ m/s.

La sezione scelta ha un'area di 345 m², desunta attraverso la ricostruzione della sezione geologica indicata nella carta allegata.

Tabella 7

Coefficiente di permeabilità	K	10 ⁻² m/s
Area	S	345 m ²
Perdita di carico	Δh	50 m
Lunghezza	I	3 km
Portata	Q	0.0575 m ³ /s
Deflusso in subalveo	D_{sub}	1.813.320 m³/a

Per la sua realizzazione è stata determinante la conoscenza dei rapporti giaciturali tra i vari litotipi affioranti, espressamente rilevati e le informazioni dedotte da un pozzo a largo raggio eseguito in prossimità dell'attuale alveo, che attraversa la copertura alluvionale per quattro metri prima di raggiungere il substrato calcareo marnoso impermeabile.

La perdita di carico è data dalla differenza tra le due altezze piezometriche H-h.

La portata *Q* calcolata riferita a un intero anno è di 1.813.320 m³/a (tab. 7).

L'infiltrazione totale data dalla somma tra i volumi di infiltrazione desunti dall'analisi delle sorgenti **I_s** e dai deflussi in sub-alveo **D_{sub}** è risultata essere di 2.783.824 di m³.

Calcolo dell'infiltrazione mediante i c.i.p.

Il coefficiente di infiltrazione presunto consente di definire in modo indiretto i volumi d'acqua di infiltrazione (*I_p*) e di ruscellamento (*R_p*), tenendo conto soprattutto dei litotipi affioranti all'interno del bacino idrografico.

$$c.i.p. = \left(\frac{I_p}{D_p} \right) \cdot 100$$

Tabella 8

<i>Complesso idrogeologico</i>	<i>c.i.p. % D_p</i>	<i>Superficie (km²)</i>	<i>c.i.p. % D_p ponderato</i>
Ignimbrite e basanite	5	7.46	1.099
Fonolite	85	11.74	29.393
Basalto	70	6.98	14.392
Calcare	50	0.72	1.060
Conglomerato	10	2.35	0.692
Detrito di versante	65	3.83	7.333
Alluvioni	90	0.87	12.306
Totale		33.95	56.275

Tabella 9

Deflusso presunto D_p m ³ /a	8.148.000
Infiltrazione presunta I_p m ³ /a	4.585.287
Ruscellamento presunto R_p m ³ /a	3.562.713

A ciascun tipo litologico è stato attribuito un valore del coefficiente di infiltrazione (c.i.p.) espresso come percentuale del deflusso globale presunto (D_p).

I valori applicati sono stati desunti per confronto con i dati della bibliografia esistente e dall'osservazione diretta sul terreno.

Il coefficiente di infiltrazione potenziale dell'intero bacino è dato dalla media ponderata dei vari coefficienti riferiti all'area di ciascun dominio idrogeologico (tab. 8).

Noti quindi i due parametri D_p e I_p (tabella 8), il ruscellamento presunto (R_p) è dato dalla loro differenza, come risulta nella tabella 9 e come viene esposto nella tabella 10 riassuntiva:

$$R_p = D_p - I$$

Discussione dei dati

Tutti i parametri precedentemente determinati sono stati riportati nella tabella 10.

Dal confronto tra i due metodi di calcolo del bilancio si può notare che, mentre i valori di deflusso superficiale sono tra loro confrontabili, esiste una notevole differenza tra il valore dell'infiltrazione desunto attraverso l'utilizzo dei c.i.p. (bilancio B) e il valore dell'infiltrazione calcolato con le curve di portata delle sorgenti e dei corsi d'acqua (bilancio A).

Tabella 10

Area del bacino in kmq	33,95	33,95
Precipitazioni in mm (P)	799	799
Precipitazioni in m ³ /a	27.126.050	27.126.050
Evapotraspirazione reale in mm (E_r)	559	559
Evapotraspirazione reale in m ³ /a	18.978.050	18.978.050
Deflusso globale presunto in mm (D_p)	240	240
Deflusso globale presunto in m ³ /a	8.148.000	8.148.000
Deflusso superficiale misurato in mm (D_r)	78	105
Deflusso misurato in m ³ /a	2.631.870	3.562.713
Infiltrazione mm (U)	82	135
Infiltrazione in m ³ /a	2.783.824	4.585.287
$D_p - (D_r + U)$ in m ³ /a	-2.732.306	0
$D_p - (D_r + U)/D_p$ in percentuale	-33	

Con questo secondo metodo la differenza tra il deflusso globale presunto (D_p) e la somma dei deflussi superficiali e dell'infiltrazione raggiunge una variazione del 33%.

Si tratta di una percentuale troppo elevata che non può essere attribuita ad errori strumentali o di approssimazione. Essa verosimilmente dipende dalla non corrispondenza tra bacino idrografico e bacino idrogeologico, ed implica pertanto la possibilità di travasi verso bacini adiacenti.

Per verificare se realmente la mancata chiusura del bilancio è da attribuire alle perdite di sub-alveo ed ai travasi in bacini adiacenti si è riferito il bilancio ad una sezione del rio Santa Caterina (sezione 1) situata più a monte di quella precedente. L'area sottesa da questa sezione presenta, almeno in apparenza, una minore permeabilità considerato che i deflussi sono presenti nell'alveo anche durante l'estate.

BILANCIO IDROLOGICO DEL BACINO SOTTESO DALLA SEZIONE 1

Parametri del bilancio

Precipitazioni

I dati pluviometrici utilizzati sono ancora quelli registrati nelle stazioni di Tega, Cuglieri, Santulussurgiu e Seneghe. È risultato un valore delle precipitazioni pari a 812 mm/a, cioè 17.133.200 m³/a (tabella 11).

Evapotraspirazione

Anche in questo caso sono state utilizzate le formule di Turc nella modifica di Santoro e di Coutagne. I valori di evapotraspirazione determinati con il metodo di Turc sono per questo bacino di 525 mm/a.

L'evapotraspirazione reale determinata con il metodo di Coutagne è pari a 600 mm/a.

Anche in questo caso, il valore utilizzato risulta dalla media aritmetica dei due valori precedenti, vale a dire 11.858.200 m³/a.

Tabella 11

<i>Stazione Pluviometrica</i>	<i>Pluviometria (mm)</i>	<i>Superficie per topoiato (km²)</i>	<i>Precipitazione ponderale (mm)</i>
Tega	725	15.22	523
Cuglieri	999	1.29	61
Santulussurgiu	1062	4.18	210
Seneghe	937	0.41	18
Totale		21,11	812

Deflussi superficiali

Il deflusso misurato nella sezione è di 2.941.431 m³/a (tab. 3) ed è interessante notare che questo valore è superiore a quello misurato in prossimità della foce. Si tratta già di un chiaro indizio dell'esistenza di perdite.

Infiltrazione

Anche in questo secondo bilancio l'infiltrazione è stata determinata attraverso lo studio delle curve di esaurimento delle sorgenti e del corso d'acqua. In questa frazione di bacino l'ammontare dei volumi è di 702.682 m³.

È stata quindi determinata l'entità dei deflussi del rio Santa Caterina durante il periodo di esaurimento, essendo noto che i deflussi in questo arco di tempo sono da attribuire alla restituzione delle riserve sotterranee. A tal fine, ricostruito l'idrogramma del rio Santa Caterina, si è analizzato il tratto relativo all'esaurimento tramite l'equazione di *Maillet*. Per maggior chiarezza si riporta anche la curva di esaurimento del rio Mammine (figg. 8, 9).

Tabella 12

Corso d'acqua	Q_0 (l/s)	Q_t (l/s)	Inizio esaurimento	t (gg)	α	W_0 (m ³)	W_t (m ³)	$W_0 - W_t$ (m ³)
S.Caterina	218.7	6.67	03/02/2001	195	0.017897	1.055.751	32.198	1.023.552
Mammine	110.9	7.7	03/02/2001	195	0.013679	700.471	48.635	651.836

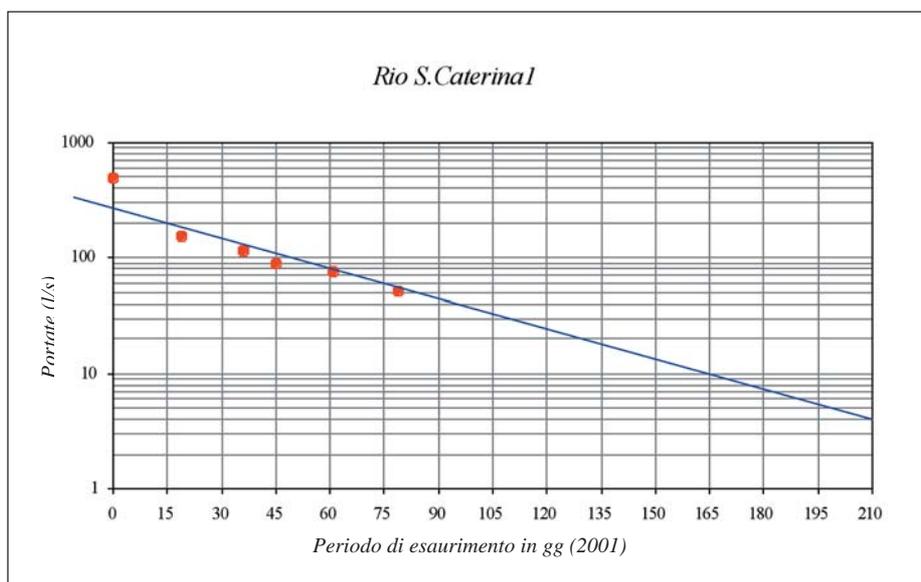


Figura 8

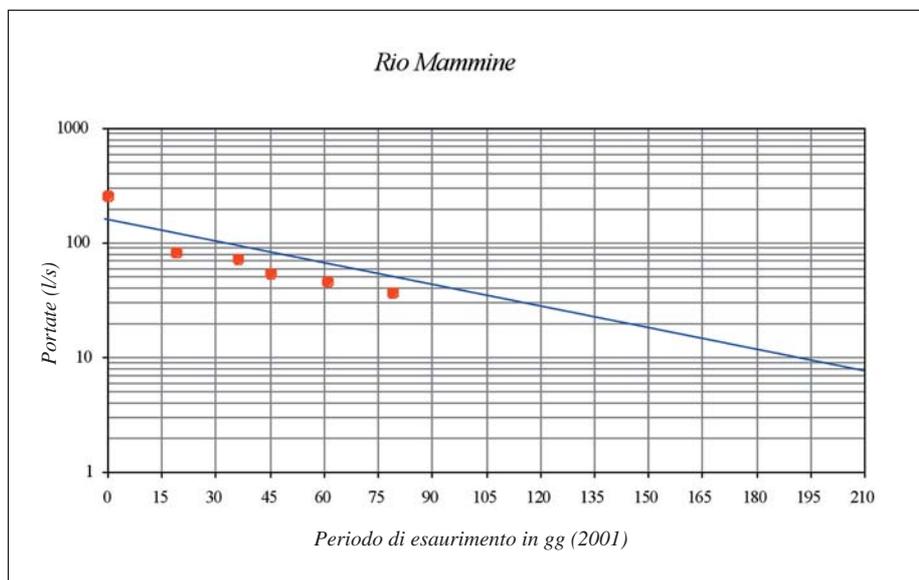


Figura 9

Dalla tabella 12 si nota che sia per il rio Santa Caterina che per il rio Mammie il valore dell'immagazzinamento dinamico (W_d) raggiunge valori esigui: gran parte delle riserve immagazzinate (W_0), infatti, vengono restituite al corso d'acqua garantendone il deflusso durante tutto il periodo di prolungata siccità.

W_0 è stato assunto come il volume d'acqua di infiltrazione; l'infiltrazione totale, data dalla somma dei volumi defluiti dalle sorgenti e dall'immagazzinamento dinamico (W_0) è di 1.758.433 m³.

Tabella 13

<i>Complesso idrogeologico</i>	<i>c.i.p. % D_p</i>	<i>Superficie (km²)</i>	<i>c.i.p. % D_p ponderato</i>
Ignimbriti e basaniti tefriti fonolitiche	5	5,97	1,415
Trachiti fonolitiche	85	8,25	33,235
Basalti	70	3,01	9,986
Conglomerati	10	0,65	0,308
Detriti di versante	65	2,91	8,964
Alluvioni	90	0,31	1,322
Totale		21,1	55,23

Tabella 14

Deflusso presunto D_p m ³ /a	5.275.000
Infiltrazione presunta I_p m ³ /a	2.913.383
Ruscellamento presunto R_p m ³ /a	2.361.617

Calcolo dell'infiltrazione tramite i c.i.p.

È stata determinata, anche in questa frazione di bacino, l'infiltrazione con il metodo del c.i.p. Nella tabella 13 sono sintetizzati i valori desunti dalla bibliografia e dal rilevamento.

L'infiltrazione presunta ed il ruscellamento presunto, quest'ultimo ottenuto dalla differenza tra il deflusso globale presunto e l'infiltrazione, sono riportati nella tabella 14.

DISCUSSIONE DEI DATI

La tabella 15 riepiloga i parametri del bilancio.

Se si confrontano i dati riportati nelle colonne A e B calcolati in modo simile a quelli dell'intero bacino, si vede che sia i valori dell'infiltrazione sia quelli del ruscellamento sono tra loro comparabili come ordine di grandezza.

La differenza tra il Deflusso globale presunto e la somma del Deflusso superficiale più l'Infiltrazione risulta, espressa in percentuale, dell'11%. Tale differenza è in parte imputabile agli inevitabili errori strumentali, ma soprattutto ad una sottostima dei volumi defluiti dalle sorgenti; in questo caso infatti, a differenza di quanto osservato nell'analisi dell'intero bacino, le perdite di sub-alveo sono pressoché inesistenti considerata l'esiguità della coltre alluvionale.

Tabella 15

Area del bacino in km ²	21,1	21,1
Precipitazioni in mm (P)	812	812
Precipitazioni in m ³ /a	17.133.200	17.133.200
Evapotraspirazione reale in mm (E_r)	562	562
Evapotraspirazione reale in m ³ /a	11.858.200	11.858.200
Deflusso globale presunto in mm (D_p)	250	250
Deflusso globale presunto in m ³ /a	5.275.000	5.275.000
Deflusso misurato in mm (D_r)	139	112
Deflusso misurato in m ³ /a	2.941.431	2.361.617
Infiltrazione mm (I)	83	138
Infiltrazione in m ³ /a	1.758.433	2.913.383
$D_p - (D_r + I)$ in m ³ /a	-575.136	0
$D_p - (D_r + I)/D_p$ in %	-11	

Dal confronto di queste perdite con quelle relative all'intero bacino appare chiaro che il deficit maggiore si verifica nella restante fascia di 12,85 km².

Fatte queste considerazioni la perdita di 2.178.734 m³ rilevata nell'intero bacino va senz'altro fatta risalire alla giacitura delle colate basaltiche, orientata in direzione S-SW, che provoca il travaso di importanti volumi d'acqua verso il bacino adiacente. Questo aspetto strutturale già evidenziato da tempo [15] ha trovato conferma durante il rilevamento di campagna, perché le sorgenti con le portate più rilevanti si trovavano ubicate nel versante opposto, quello orientato verso sud.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Lo studio geo-idrologico del bacino del rio Santa Caterina ha messo in evidenza diversi interessanti aspetti sulla circolazione idrica in questo settore del Montiferru.

Un primo di questi riguarda la non corrispondenza tra bacino idrografico e bacino idrogeologico e sebbene si tratti di un risultato prevedibile in acquiferi prevalentemente fessurati, si è potuto quantizzare con buona approssimazione il volume dei travasi verso le aree adiacenti; è emerso infatti che tali volumi costituiscono circa il 30% dell'infiltrazione efficace pari a 2.178.734 m³. Inoltre, mediante il raffronto tra il bilancio idrologico calcolato per l'intero bacino imbrifero del rio Santa Caterina e quello relativo all'area sottesa da una sezione più a monte (sezione 1), si è dedotto che le maggiori perdite sono concentrate in una ristretta fascia localizzata nel settore sud orientale.

Un particolare aspetto della circolazione sotterranea è stato rilevato nel tratto terminale del rio Santa Caterina, dove è stato individuato un sistema di inghiottitoi attraverso i quali si riversa il corso d'acqua, per riemergere nella sorgente Funtana a Mare. Col rilevamento di campagna si è stabilito che la maggior parte delle sorgenti esaminate è alimentata da un acquifero costituito dalle trachiti fonolitiche caratterizzate da un'elevata permeabilità per fessurazione. L'emergenza avviene generalmente per limite di permeabilità, quindi connessa alle variazioni delle caratteristiche meccaniche all'interno dello stesso litotipo, anche se in qualche caso sono state osservate emergenze al contatto con litotipi di minore permeabilità. Dai risultati relativi al calcolo dell'immagazzinamento dinamico sembra di poter dedurre che proprio in conseguenza della struttura dei bacini d'alimentazione le riserve regolatrici assumono valori esigui se confrontati con quelli delle risorse dinamiche.

BIBLIOGRAFIA

- [1] M. DERIU, A. ASSORGIA, L. BECCALUVA, G. DI BATTISTINI, F. GALLO, G. MACCIOTTA, L. PINGANI, G. VENTURELLI, L. VERNIA, M. ZERBI, *Carta geopetrografica del complesso vulcanico del Montiferru (Sardegna centro-occidentale)*. Università di Parma - Istituto di Petrografia, S.El.Ca., Firenze, 1981.
- [2] L. BECCALUVA, M. DERIU, F. GALLO, L. VERNIA, *Le vulcaniti post-elveziane del Montiferru occidentale (Sardegna centro-occidentale)*. Mem. Geol. Soc. It., Vol. **XII**, pp. 131-156, 1973.

- [3] M. DERIU, L. BECCALUVA, G. DI BATTISTINI, G. VENTURELLI, M. ZERBI, *I Sistemi filoniani del Montiferro (centro-occidentale)*. In «Paleogeografia del Terziario Sardo nell'ambito del Mediterraneo occidentale», Rend. Sem. Fac. Sc. Univ. Cagliari, pp. 171-212, 1974.
- [4] W. ALVAREZ, *Rotation of the Corsica-Sardinia microplate*. Nat. Phis. Sc., **235**, 7, pp. 102-105, 1972.
- [5] M. DERIU, *Notizie sulla costituzione geologica del Bosano, della Planaria e del Montiferro settentrionale e occidentale*. In «Monografia Regionale sul Bosano», Ass. Comm. di Bosa e Cuglieri, pp. 5-80, 1964.
- [6] A. CHERCHI & L. MONTADERT, *Il sistema di rifting oligo-miocenico del Mediterraneo occidentale e sue conseguenze paleogeografiche sul Terziario sardo*. Mem. Soc. Geol. It., **24**, 387-400, 1981.
- [7] I. COMASCHI CARIA, *Osservazioni paleontologico-stratigrafiche sul Miocene e sul Quaternario marino della zona di Pittinuri a nord del golfo di Oristano (Sardegna)*. Rend. Sem. Fac. Sc. Univ. Cagliari, Vol. **XX**, pp. 1-16, 1951.
- [8] A. ASSORGIA, S. BARCA, P. MIGHELA, A. MUNTONI, A. PORCU, R. RIZZO, G. ROMBI & C. SPANO, *La successione vulcano-sedimentaria del settore compreso tra Bosa e Santa Caterina di Pittinuri (Sardegna centro-occidentale)*. In: A. Assorgia, S. Barca e C. Spano (Editori), La «Fossa Sarda» nell'ambito dell'evoluzione geodinamica cenozoica del Mediterraneo occidentale, Villanovaforru, 19-22 giugno 1997.
- [9] L. BECCALUVA, M. DERIU, G. MACCIOTTA, C. SAVELLI, G. VENTURELLI G., *Geochronology and magmatic character of the Pliocene-Pleistocene volcanism in Sardinia (Italy)*. Bull. Vol., **40**-3, pp. 1-16, 1976.
- [10] A. PALA, G. PECORINI, A. PORCU & S. SERRA, *Schema Geologico Strutturale della Sardegna*. In: «Ricerche Geotermiche in Sardegna con particolare riferimento al Graben del Campidano» CNR-PFE-SPEG-RF-1°-Pisa, 1982.
- [11] L. BECCALUVA, P. BROTZU, G. MACCIOTTA, L. MORBIDELLI, G. SERRI E G. TRAVERSA, *Cenozoic tectono-magmatic evolution and inferred mantle sources in the Sardo-Tyrrhenian area*. In: The lithosphere in Italy: Advances in Earth Science Research. Acc. Naz. dei Lincei, Roma, 229-248, 1987.
- [12] L. BECCALUVA, R. CAMPEDON, G. FERAUD, G. MACCIOTTA, *Etude des relations entre volcanisme plio-quatenaire et tectonique en Sardaigne à l'aide de l'analyse structurale des dykes*. Bull. Volcanol., Vol. **64**-4, pp.365-379, 1983.
- [13] M. DERIU, G. DI BATTISTINI, F. GALLO, F. GIAMMETTI, L. VERNIA, M. ZERBI, *Caratteri geopetrografici del Montiferro centrale (Sardegna)*. Mem. Soc. Geol. It., **13**/2, pp. 415-439, 1974.
- [14] L. BECCALUVA, G. MACCIOTTA, G. VENTURELLI, *Nuovi dati e considerazioni petrogenetiche sulle serie vulcaniche Plio-quatinarie del Montiferro (Sardegna centro-occidentale)*. Mem. Soc. Geol. It., **13**, pp. 539-547, 1974.
- [15] A. ASSORGIA, G. DI BATTISTINI, M. ZERBI, *Rocce basaltiche e differenziate nel Montiferro sud-orientale*. Ateneo Parmense Acta Nat., Vol. **12**, n. 2, pp. 135-175, 1976.
- [16] M. MANFREDI, *Le sorgenti italiane*. Sardegna. Pubbl. n° 14, Vol. IV. Ist. Poligrafico dello Stato, Roma Ministero LL.PP., Servizio Idrografico di Cagliari, 1934.
- [17] B. PISCHEDDA, *Le sorgenti del Montiferro*. Tesi di laurea Inedita, 1952.
- [18] M. SANTORO, *Sulla applicabilità della formula di Turc per il calcolo dell'evapotraspirazione effettiva in Sicilia*. Atti I Conv. Inten. Acqua Sott., I.A.H., Palermo, pp. 105-114, 1970.
- [19] A. COUTAGNE, *La pouvoir évaporant de l'atmosphère*. Rev. Genl. de l'Hydraul. **73**, 1956