

# **PRIMA ESPERIENZA DI SVILUPPO DI UN SISTEMA INFORMATIVO GEOGRAFICO DELLA PIANA DI CAPOTERRA (SARDEGNA)**

Giovanni Barrocu<sup>(1)</sup>, Laura Muscas<sup>(2)</sup>, M.Grazia Sciabica<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Dipartimento di Ingegneria del Territorio, Università di Cagliari, tel 070/67555169, e-mail: barrocu@unica.it

<sup>(2)</sup> CRS4 (Centro di Ricerca, Sviluppo e Studi Superiori in Sardegna), tel 070/2796233, e-mail: muscas@crs4.it

<sup>(3)</sup> Libero professionista, tel. 070/670131, e-mail: mgsciabica@tin.it

## **Riassunto**

Le informazioni acquisite in occasione di studi idrogeologici precedentemente svolti sulla piana alluvionale di Capoterra sono stati organizzati in un sistema informativo geografico, la cui prima esperienza ha riguardato lo studio della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero superficiale all'inquinamento.

## **Abstract**

The information acquire in occasion of hydrogeological studies previously carried out in the alluvial plain of Capoterra has stayed organized in a geographical information system, whose first experience has concerned the study of the intrinsic vulnerability of the phreatic aquifer to the pollution.

## **Introduzione**

Nella piana alluvionale di Capoterra (Sardegna meridionale) la Sezione di Geologia Applicata e Geofisica Applicata del Dipartimento di Ingegneria del Territorio dell'Università di Cagliari ha svolto un vasto studio idrogeologico nell'ambito dei progetti internazionali della Unione Europea, ME.D.A.L.US. ed AVICENNE 73, finalizzato allo studio del fenomeno di intrusione salina nel sistema acquifero costiero ed alla sua simulazione numerica (Sciabica M.G., 1994; Barrocu G. et al., 1997; Barrocu G., 1998).

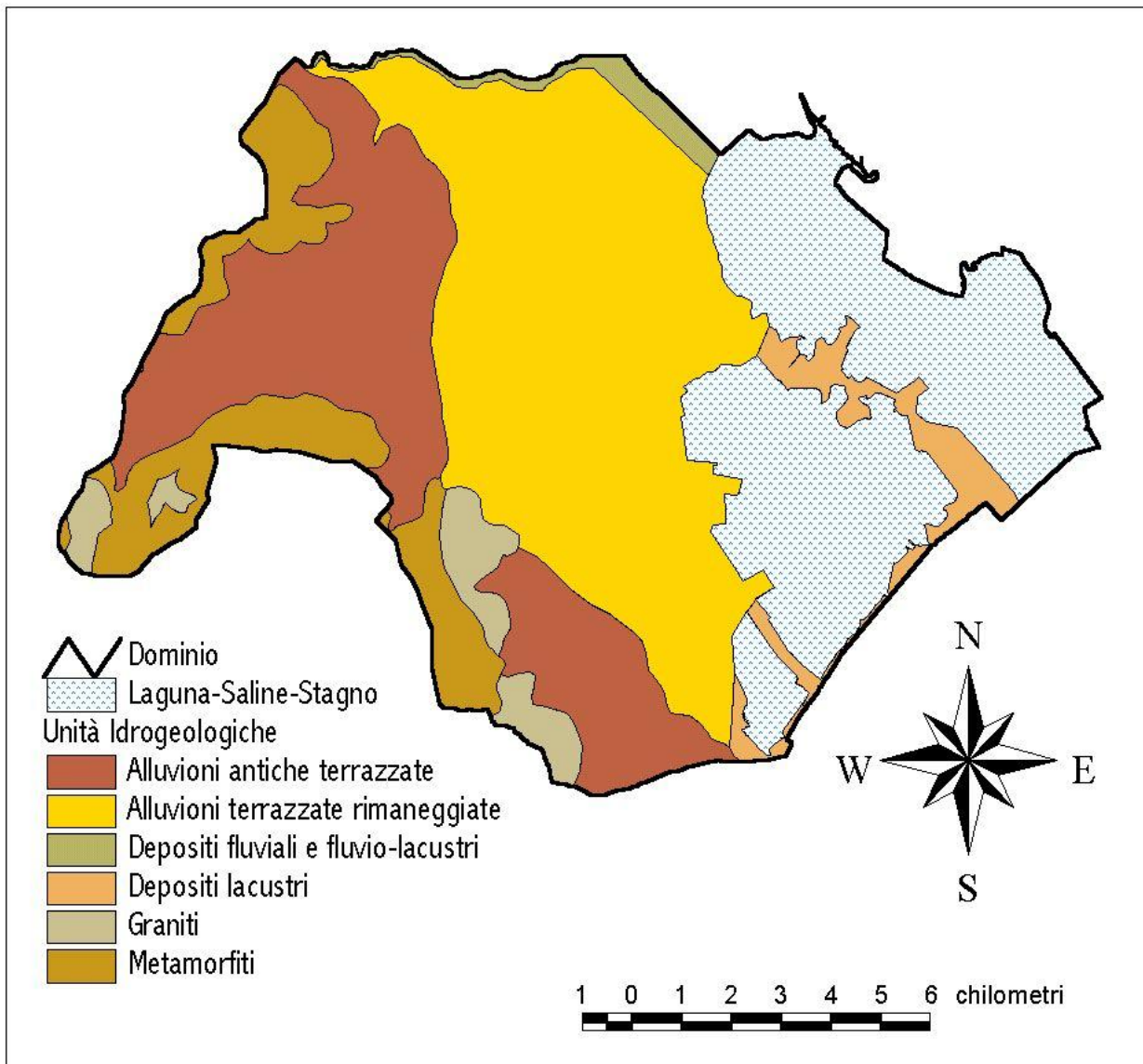
La grande quantità di dati raccolti ha fatto sentire la necessità di organizzare un Sistema Informativo Geografico (G.I.S.) attraverso la costituzione di un database alfanumerico affiancato da un database geografico.

L'obiettivo generale del presente lavoro è la costituzione del G.I.S. per la piana di Capoterra, finalizzato alla applicazione di metodologie integrate per la modellazione del fenomeno di intrusione salina nel sistema acquifero, mentre l'obiettivo specifico è l'applicazione degli strumenti offerti dal G.I.S. allo studio della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero superficiale all'inquinamento.

## **Descrizione dell'area in studio**

La piana alluvionale di Capoterra, situata nella parte sud-occidentale della fossa tettonica del Campidano, nella Sardegna meridionale, è costituita a Sud dal delta del Rio Santa Lucia, corso d'acqua attualmente a carattere torrentizio, è delimitata ad Est dalla Laguna di Santa Gilla e dalle saline, e a Nord dal Rio Cixerri, infine è interrotta ad Ovest da una serie di rilievi collinari allineati che rappresentano le propaggini del pilastro tettonico che ad occidente del graben sardo è scomposto da due insiemi principali di fratture con orientamento NW-SE e NE-SW.

Le conoscenze geologiche, idrogeologiche, geomorfologiche e pedologiche (Aru A. et al., 1991) sulla piana hanno permesso di individuare le seguenti Unità Idrogeologiche (Fig. 1):



**Figura 1** - Unità Idrogeologiche

*Depositi fluviali e fluvio-lacustri*, costituiti rispettivamente da sabbie, ghiaie e ciottoli prevalentemente granitici, e da sabbie sciolte fini, solo localmente argillose, con rari piccoli ciottoli di altre rocce paleozoiche, tutti riferibili ad una III idrografia e relativo alluvionamento, con potenza 0,50-5,50 m e conducibilità idraulica medio-alta. La morfologia, quasi sempre pianeggiante, diviene leggermente depressa in prossimità delle zone costiere (laguna); i suoli, con profili profondi oltre i 100 cm, hanno tessitura variabile da sabbioso-franca a franco-argillosa, contenuto in scheletro vario ed abbondante, drenaggio limitato nelle zone più depresse con pericolo di inondazione. La capacità d'uso dei suoli rientra nella classe I-II, cioè suoli con poche limitazioni che riducono la scelta delle colture e richiedono moderate pratiche di conservazione; l'uso attuale è prevalentemente agricolo, con coltivazioni intensive, erbacee ed arboree, sia in asciutto sia in irriguo. Tale Unità è rappresentata da una zona localizzata lungo il bordo settentrionale dell'area in studio.

*Depositi lacustri*, costituiti da limi argillosi misti a depositi organici, riferibili ad una III idrografia e relativo alluvionamento. La morfologia, pianeggiante o depressa, è tipica delle aree idromorfe e salse poste ai margini di stagni e lagune e lungo le coste; i suoli, con falda acquifera affiorante, normalmente profondi, hanno tessitura argillosa o argilloso-limosa, con drenaggio assai lento e conseguente salinità elevata e pericolo di inondazione. La capacità d'uso dei suoli rientra nella classe VIII, in quanto non presentano nessuna idoneità alle coltivazioni; la vegetazione è igrofila ed alofila; la destinazione più opportuna è quella che prevede la conservazione dell'ambiente naturale a scopi paesaggistici.

*Alluvioni terrazzate rimaneggiate*, riferite ad una II idrografia e relativo alluvionamento, prevalentemente costituite da ciottoli di rocce paleozoiche, ben arrotondati, localmente con sabbie grigiastre o rubefatte, compatte, talvolta annerite da resti torbosi e raramente con qualche straterello o ammasso di argilla, con potenza 1-10 m e conducibilità medio-alta. La morfologia, quasi sempre pianeggiante, diviene leggermente depressa in prossimità delle zone costiere (laguna, stagno, saline, mare); i suoli profondi, con spessore oltre i 100 cm, hanno tessitura variabile da franco-sabbiosa a franco-argillosa in superficie e da franco-sabbioso-argillosa ad argilloso-sabbiosa in profondità, con contenuto in scheletro assai vario e abbondante; drenaggio lento ed erodibilità scarsa. La capacità d'uso dei suoli rientra nella classe II-III, cioè suoli con modeste limitazioni che riducono la scelta delle colture e richiedono moderate pratiche di conservazione; l'uso attuale è prevalentemente agricolo, con coltivazioni intensive, erbacee ed arboree, sia in asciutto sia in irriguo.

*Alluvioni antiche terrazzate*, riferite ad una I idrografia e relativo alluvionamento, più o meno ben cementate, costituite da un impasto di ciottoli ben arrotondati di rocce paleozoiche, di svariatissime dimensioni e forme, miste a sabbia ed argilla, ferrettizzate, affioranti o ricoperte da suolo vegetale o dai depositi delle idrografie successive (II e III), con potenza superiore a 100 m; in genere praticamente impermeabili o poco permeabili limitatamente ad aree di discontinuità per giunti, lenti sabbiose di varia estensione, ed alla base della formazione, nella zona di discordanza. Sono disposte in serie di terrazzi degradanti verso il centro del Campidano, con morfologia principalmente pianeggiante, che presenta le maggiori acclività nelle aree di raccordo tra i diversi terrazzi. I suoli profondi, con spessore in media 80-100 cm, sono caratterizzati dalla presenza di orizzonti di accumulo di argilla, con eccesso di scheletro; la tessitura varia da franco-sabbiosa a franco-sabbioso-argillosa in superficie, da franco-sabbioso-argillosa ad argillosa in profondità, con drenaggio da lento a molto lento e moderato pericolo di erosione. La capacità d'uso dei suoli rientra nella classe III-IV, cioè suoli con severe o forti limitazioni che riducono la scelta delle colture e richiedono speciali pratiche di conservazione; l'uso attuale è prevalentemente agricolo, con colture erbacee e, nelle aree più drenate, colture arboree anche irrigue.

*Graniti*, più o meno fratturati ed arenizzati, in genere poco permeabili per l'intensità dei fenomeni di argillificazione sviluppati nelle zone di frattura. La morfologia è prevalentemente aspra, più o meno tormentata con tratti a forte pendenza; la tessitura varia da sabbioso-franca a franco-sabbioso-argillosa, con drenaggio da lento a molto lento e forte pericolo di erosione; nelle aree morfologicamente più favorevoli è presente una copertura vegetale arbustiva ed arborea. La capacità d'uso dei suoli rientra nella classe VII-VI-IV, cioè suoli con limitazioni forti che riducono il loro uso a pascolo, bosco e riserve naturali.

*Metamorfiti*, costituiti da scisti più o meno metamorfosati per contatto con i successivi graniti, intrusi nell'orogenesi ercinica; permeabili solo localmente, nelle zone di fratturazione. La morfologia varia da aspra a subpianeggiante, con tessitura da franco-sabbiosa a franco-argillosa, drenaggio da lento a molto lento ed elevato pericolo di erosione; la copertura vegetale è costituita da bosco, macchia ed, a tratti, coltivi. La capacità d'uso dei suoli rientra nella classe VI-VII, cioè suoli con limitazioni forti che riducono il loro uso a pascolo, bosco e riserve naturali.

Le alluvioni terrazzate rimaneggiate, molto permeabili, costituiscono un acquifero freatico sostenuto da un orizzonte argilloso al di sotto del quale vi è un acquifero, multistrato, semiconfinato o confinato localmente.

## **I database alfanumerico e geografico**

Una rete di monitoraggio e di controllo qualitativo e quantitativo della risorsa idrica è stata predisposta nella parte meridionale della piana di Capoterra, in prossimità del Rio Santa Lucia, nel Giugno '91, e successivamente ampliata a Nord per interessare anche la zona più prossima al Rio Cixerri, nell'Aprile '92.

La rete consiste di 132 pozzi, dei quali 74 scavati col largo diametro per pochi metri, relativi quindi all'acquifero superficiale, e 58 trivellati in profondità, relativi quindi all'acquifero profondo; ogni mese, negli anni '91, '92 e '93, in tutti i pozzi sono stati misurati i livelli idrici, mentre solo in alcuni più significativi sono stati prelevati campioni d'acqua per le analisi chimiche di laboratorio; sono state anche eseguite prove di portata; una campagna di misure è stata effettuata di recente, nel Luglio '98, per uno studio idrogeologico ed idrogeochimico approfondito della risorsa idrica (Vernier E., 1999).

Il database alfanumerico, realizzato in Excel, ed implementato secondo il modello relazionale, contiene le informazioni: coordinate e quote, livelli, risultati di analisi chimiche e prove di portata.

Il database geografico, realizzato con i software ArcInfo e ArcView, comprende attualmente il livelli informativi di geologia, altimetria ed idrografia superficiale.

## **La vulnerabilità intrinseca degli acquiferi con il metodo SINTACS**

Il metodo SINTACS (Civita M. et al., 1997) è un sistema parametrico a punteggi e pesi, che realizza l'interazione tra la vulnerabilità intrinseca di un acquifero, valutata sulla base dei parametri che maggiormente la determinano, e l'uso reale del territorio nel quale è presente la risorsa idrica, attraverso la definizione di situazioni idrogeologiche e/o di impatto più frequenti nel territorio italiano.

L'acronimo deriva dalla denominazione dei sette parametri selezionati per la valutazione della vulnerabilità intrinseca: **S**oggiacenza, **I**nfiltrazione efficace, effetto di auto depurazione del **N**on-saturo, **T**ipologia della copertura, caratteristiche idrogeologiche dell'**A**cquifero, **C**onducibilità idraulica, acclività della **S**uperficie topografica.

L'ultima versione (Release 4) del metodo propone cinque diverse stringhe di pesi relative ad Aree soggette a Impatto normale oppure Impatto rilevante, soggette a Drenaggio, Aree Carsiche ed in Rocce fessurate.

L'indice di vulnerabilità intrinseca, calcolato mediante la somma dei prodotti dei punteggi dei singoli parametri per i rispettivi pesi, permette di definire sei classi di vulnerabilità: Bassissima ( $I_{SINTACS}=26-80$ ), Bassa ( $I_{SINTACS}=80-105$ ), Media ( $I_{SINTACS}=105-140$ ), Alta ( $I_{SINTACS}=140-186$ ), Elevata ( $I_{SINTACS}=186-210$ ), Elevatissima ( $I_{SINTACS}=210-260$ ).

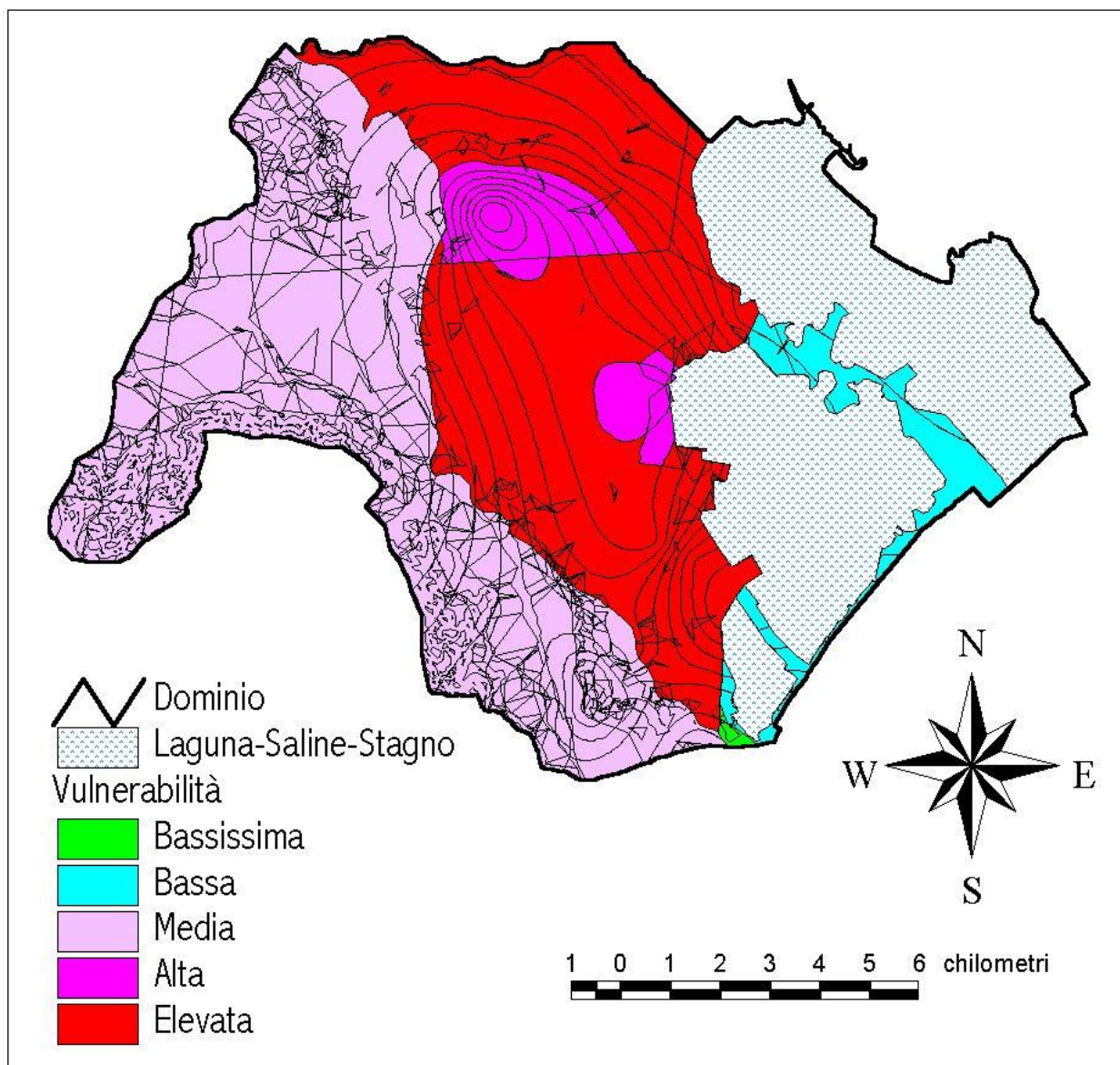
Per l'applicazione del metodo SINTACS alla valutazione della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero superficiale presente nella piana di Capoterra, l'area in studio è stata zonizzata, utilizzando tecniche G.I.S., attraverso i software ArcInfo ed ArcView, in funzione del punteggio attribuito a ciascun parametro base del metodo.

Per la valutazione del punteggio da attribuire al parametro **S**oggiacenza si è fatto riferimento alla campagna piezometrica eseguita nel mese di Luglio '98 relativa ad alcuni pozzi della rete di monitoraggio; il parametro **I**nfiltrazione efficace equivale alla ricarica attiva la cui valutazione è stata effettuata utilizzando il bilancio idrogeologico dell'area in studio considerando i dati meteorologici relativi ad alcune stazioni pluviometriche e termometriche nel periodo 1962-1976; per la stima dei parametri: effetto di auto depurazione del **N**on-saturo, **T**ipologia della copertura, caratteristiche idrogeologiche dell'**A**cquifero sono state utilizzate le conoscenze geologiche, idrogeologiche, geomorfologiche e pedologiche relative alle Unità Idrogeologiche individuate nell'area in studio; per quanto riguarda il parametro **C**onducibilità idraulica sono stati utilizzati i risultati delle prove di portata eseguite su alcuni pozzi della rete di monitoraggio; infine, per la valutazione del parametro acclività della **S**uperficie topografica è stata calcolata la pendenza utilizzando il livello informativo dell'altimetria.

L'azione e l'importanza dei parametri è esaltata utilizzando la stringa di pesi relativa alle Aree soggette ad Impatto normale.

### Osservazioni conclusive

L'applicazione delle tecniche G.I.S. ha permesso di realizzare, per ciascun parametro base del metodo, carte tematiche dalla cui sovrapposizione è stata ottenuta la Carta della Vulnerabilità Intrinseca dell'acquifero superficiale presente nella piana alluvionale di Capoterra (Fig. 2).



**Figura 2 - Carta della vulnerabilità intrinseca**

L'area in studio risulta caratterizzata da un indice di vulnerabilità che varia tra un minimo di 72,1 ed un massimo di 205,3, con un valore medio di 132,8. Le classi di vulnerabilità maggiormente rappresentate sono la Media e la Elevata, denunciando una situazione di rischio idrogeologico.

In particolare, la zona caratterizzata dalla classe di vulnerabilità Elevata, localizzata nella parte centrale della piana di Capoterra, ha una realtà idrogeologica molto complessa sia a causa di fattori naturali, quali la situazione geologica, la vicinanza al mare, la presenza della laguna e delle saline,

sia a causa di fattori antropici dovuti allo sviluppo dell'agricoltura irrigua e della crescente industrializzazione.

### **Bibliografia**

Aru A., Baldaccini P.M, Vacca A. (1991) - *Nota illustrativa alla Carta dei Suoli della Sardegna*, Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Cagliari, Assessorato della Programmazione e Bilancio ed Assetto del Territorio della Regione Autonoma della Sardegna.

Aru A., Baldaccini P.M, Vacca A. (1991) - *Carta dei Suoli della Sardegna*, Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Cagliari, Assessorato della Programmazione e Bilancio ed Assetto del Territorio della Regione Autonoma della Sardegna.

Barrocu G., Sciabica M.G., Uras G., Cortis A., Vernier E. (1997) - *Saltwater intrusion and artificial recharge modelling in the coastal aquifer system of Capoterra (Southern Sardinia)*, Atti di International Conference on Water Problems in the Mediterranean Countries, Near East University Civil Engineering Department Nicosia, North Cyprus, (in stampa).

Barrocu G., Sciabica M.G., Uras G. (1998) - *Transport modelling of saltwater intrusion processes in the coastal aquifer system of Capoterra (Southern Sardinia, Italy)*, Atti del 15th SWIM (Salt Water Intrusion Meeting), Ghent, Belgio (in stampa).

Civita M., De Maio M. (1997) - *SINTACS. Un sistema parametrico per la valutazione e la cartografia della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento. Metodologia e automazione*, Pitagora Editrice Bologna.

Sciabica M.G. (1994) - *Validazione dei modelli concettuali e matematici degli acquiferi con i dati idrogeologici ed idrogeochimici delle reti di monitoraggio*, Tesi di Dottorato, Politecnico di Torino ed Università degli Studi di Cagliari.

Vernier E. (1999) - *Studio idrogeologico ed idrogeochimico del sistema acquifero della piana alluvionale di Capoterra (Sardegna meridionale)*, Tesi di Dottorato, Università degli Studi di Cagliari.