

GIUSEPPE SPILOTRO

DIPARTIMENTO DI STRUTTURE, GEOTECNICA
E GEOLOGIA APPLICATA
LABORATORIO DI IDROGEOLOGIA APPLICATA
UNIVERSITÀ DELLA BASILICATA
SPILOTRO@UNIBAS.IT

LA BASSA VALLE DEL FIUME CAVONE E IL DEPOSITO UNICO DEI MATERIALI RADIOATTIVI

L'AMBIENTE FISICO, CONDIZIONI AL CONTORNO E
DINAMICHE EVOLUTIVE

1. PREMESSA

La trasversalità della Geologia Applicata rispetto alle varie discipline delle Scienze della Terra, la sua collocazione propedeutica nell'individuazione e valutazione delle problematiche dell'ambiente fisico afferenti alla costruzione e all'inserimento di un'opera di ingegneria in un sito e in una regione, ed infine trent'anni di studi e frequentazione delle argille azzurre della Fossa Bradanica, all'inizio dei quali ho conosciuto sul campo l'amico Giulio Pazzagli, sono le motivazioni per le quali rispondo all'invito del direttivo della SIGEA. Invito a partecipare a un dibattito aperto con il DL 14 nov 2003, con il quale Scanzano Ionico veniva individuata quale sito idoneo a ospitare il deposito nazionale dei rifiuti radioattivi. Dibattito sul piano dell'onestà intellettuale, per comprendere cose relative al sito che l'intera comunità scientifica nazionale non conosce, se è vero che Stati Uniti, Francia e Germania, in presenza di problematiche simili, dopo diversi anni di studi e di indagini, si sono orientati in senso negativo, mentre il Governo Italiano, che solo due anni fa stava scremando tra almeno duecento siti potenzialmente idonei, di cui una sessantina in Basilicata e in Puglia, con il predetto DL si è dichiarato pronto per la costruzione.

Il dibattito non viene chiuso con la conversione in legge del 24 dicembre 2003, ma si rende ancor più necessario, al fine di richiedere, ovunque voglia essere localizzato il deposito delle scorie radioattive, la tutela attraverso un iter di acquisizioni infor-

mativematiche della sicurezza individuale, collettiva e ambientale. Iter che è richie-

sto per costruzioni anche di modesta importanza (DM 11.3.1988 e normativa sui

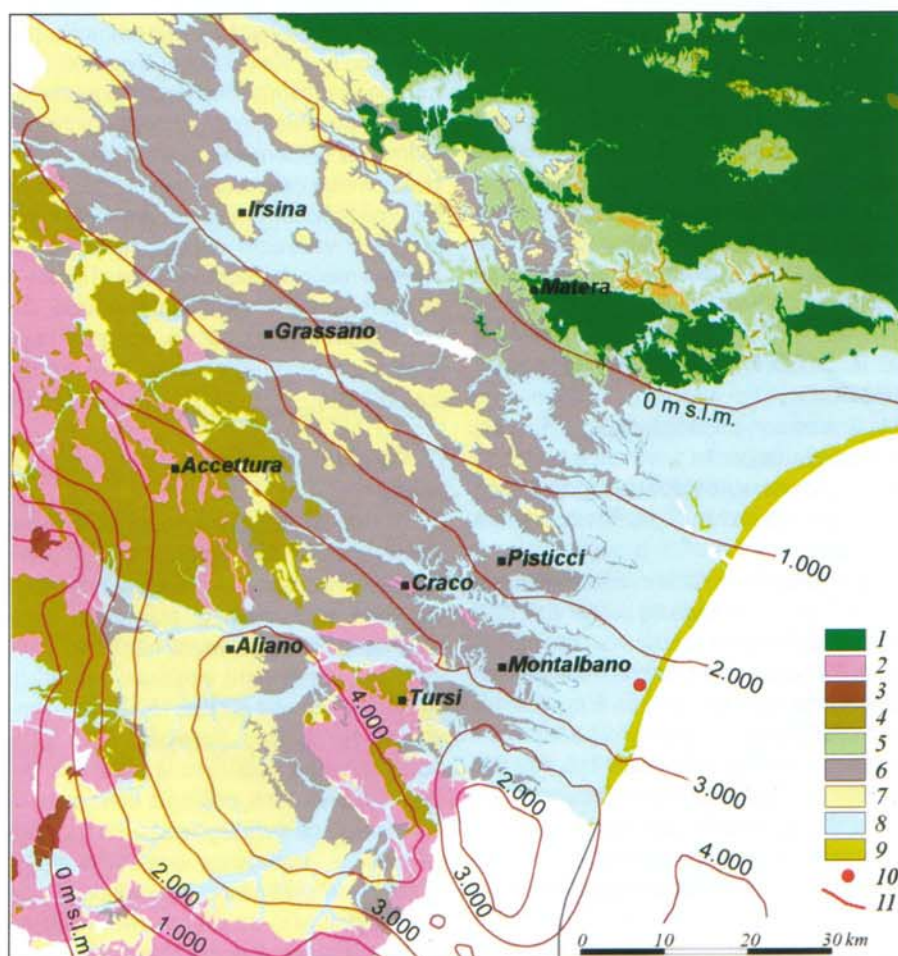


Fig. 1 - Carta geolitologica della Basilicata con isoipse del basamento mesozoico. 1: calcari e calcari dolomitici; 2: argille varicolori; 3: flysch dei bacini interni; 4: unità lagonegresi; 5: calcareniti quaternarie; 6: argille azzurre subappennine; 7: sabbie e conglomerati; 8: depositi alluvionali e costieri; 9: dune costiere; 10: ubicazione del sito di Terzo Cavone; 11: isoipse del basamento mesozoico (da Rakotoarimanga et al., 1987, mod.).

Lavori Pubblici) e che di fatto è stato bypassato per un'opera di eccezionale importanza ed impatto, quale è un impianto di stoccaggio finale e perpetuo (termine sostituito con geologico nella aggettivazione del deposito da parte dei proponenti). Gli studi e le acquisizioni di elementi informativi, tra l'altro, sono finalizzati alla riuscita ottimale dell'opera, anche sotto l'aspetto economico, e confluiscono nella progettazione. L'accorciamento del percorso di acquisizione di questi elementi conoscitivi non è lecito neanche per un'opera militare o strategica, laddove, nel caso specifico, la gestione dell'affaire e la sua militarizzazione hanno indotto il sospetto che la militarizzazione stessa volesse essere solo il modo per sottrarre al controllo pubblico le decisioni sul governo del territorio e sulle popolazioni lì viventi e lavoratori. Non a caso la militarizzazione, come recenti notizie giornalistiche evidenziano, ha rappresentato ostacolo alla costituzione in Puglia del Parco dell'Alta Murgia (sito nel quale i militari hanno già giocato con il nucleare e che è nell'elenco dei siti alternativi a Scanzano per il deposito nucleare) e ha regalato a Taranto, una base navale praticamente nel centro cittadino, docking station per naviglio alleato tradizionale e non. Dove il non significa a propulsione nucleare, per non parlare dei tipi di armamenti solitamente a bordo di tali navi.

Nei paragrafi che seguono si cercherà di evidenziare lo stato delle conoscenze relative all'area intorno a Scanzano Ionico e soprattutto lo stato delle non conoscenze o dei modelli imperfetti: è quest'ultimo che rende impossibile nello spazio delle scarse risorse di tempo e finanziarie messe a disposizione per lo studio, di acquisire certezze sull'idoneità del sito.

2. IL SITO DI SCANZANO IONICO

Scanzano Ionico si trova in prossimità dell'attuale costa del mar Ionio, tra i fiumi Agri e Cavone, sul bordo occidentale del dominio geologico noto come Fossa Bradanica (figura 1).

Perforazioni minerarie nella bassa valle del F. Cavone condotte a partire dal 1950 hanno rinvenuto in riva destra del fiume, a circa 3 km dalla costa attuale, in località Terzo Cavone, con p.c. a circa 8 m s.l.m., due consistenti strati di salgemma tra le profondità di circa 700 e 900 m sotto il l.m. e tra 950 e 1200 m circa. Il sale minerale è ricoperto da argille azzurre in buona parte calabrianne, mentre argille verosimilmente più antiche costituiscono intercalazione e base del giacimento.

È importante menzionare, per le evidenti considerazioni che ne discendono, che le argille al tetto del giacimento vengono segnalate di consistenza "molto plastica", che

la continuità dei depositi salini è più volte interrotta da intercalazioni argillose, che le argille intercalate e quelle del basamento sono segnate da superfici di taglio, e che lo stesso sale minerale si presenta da cristallino a fortemente contaminato da argilla.

In corrispondenza del sito, i terreni superficiali sono costituiti da sedimenti recenti alluvionali o costieri di spessore di alcune decine di metri, con falda idrica praticamente a p.c..

Il basamento carbonatico mesozoico si rinviene a circa 2500 m dalla superficie.

Infine Scanzano Ionico si trova al centro di un'area che per clima e bellezza richiamò già 2800 anni fa genti dal paese nel quale si coniugavano cultura, arte e democrazia, e racconta attraverso i prodotti della sua terra e i raffinati ori di quelle sue genti antiche, che da allora anche qui cultura, arte e democrazia sono stati trapiantati con il lavoro dell'uomo.

Queste sono, in estrema sintesi, le caratteristiche del sito che il DL 14 novembre 2003 ha individuato come sede ottimale per l'Italia, e primo nel mondo, per la localizzazione del deposito geologico finale delle scorie nucleari altamente radioattive.

3. DINAMICA EVOLUTIVA COSTIERA

Le variazioni verticali ed orizzontali della linea di costa costituiscono fenomeni che risentono in scale temporali diverse di cause, che in entrambi i casi possono avere origini o componenti, naturali o antropiche. La differenza dei tempi di risentimento deriva dalla diversa estensione degli ambiti sensibili rispetto ai due fenomeni, che sono: il globo per le variazioni verticali del livello del mare (a meno di fenomeni tettonici o fisici a scala regionale o estremamente locali come i bradisismi), il bacino dell'unità fisiografica, per le variazioni orizzontali della linea di costa.

3.1 VARIAZIONI RECENTI DEL LIVELLO MARE

Lo studio dell'idrogeologia della piana costiera ionica della Basilicata, ed in particolare la necessità di definire il letto degli acquiferi, erroneamente assunto in corrispondenza di argille fluviali negli studi idrogeologici preesistenti, è passato per l'analisi delle stratigrafie di circa 1500 pozzi, sondaggi e log geofisici. Sulla base di tali dati è stato possibile ricostruire la superficie del letto dell'acquifero, costituita dalla superficie di erosione delle argille azzurre plio-pleistoceniche, primo basamento regionale (figura 2). In particolare, in corrispondenza delle foci fluviali attuali, gli alvei risultano erosi fino alla profondità di circa 100 m dall'attuale p.c..

La ricostruzione è molto importante ai fini idrogeologici; più in generale, tuttavia, la

ricostruzione 3D della superficie di base dell'acquifero e del tetto del substrato plio-pleistocenico, fornisce un riferimento importante negli studi della attuale evoluzione geodinamica della regione. Essa consente infatti di valutare lo spostamento relativo tra il mare ed il continente a partire dal LGM, negli ultimi 18000 anni circa. Se si assume per l'area costiera ionica il valore massimo della regressione pre-flandriana, comprensivo della correzione isostatica (Lambeck et al., 2004) in 130 m circa, le profondità raggiunte dal profilo eroso del basamento delle argille azzurre in corrispondenza dei principali fiumi sfocianti nel tratto lucano del Mar Ionio sono compatibili solo con una sostanziale stabilità del rapporto tra continente e mare; cioè con una velocità relativa nulla o molto piccola e di segno incerto.

Il dato è peraltro confermato dalla orizzontalità lungo l'intero arco ionico del terrazzo di quota 10 m a.s.l., già evidenziato da Cotecchia e Magri (1967) e da Cotecchia et al. (1969).

Queste osservazioni valgono, evidentemente, anche per il sito di Scanzano Ionico, per il quale le variazioni di livello mare prevedibili si riconducono a quelle connesse con le variazioni glacio-eustatiche, di entità assolutamente non trascurabili. A meno di futuri preannunciati incrementi del riscaldamento globale, e quindi di accelerazioni dello scioglimento delle calotte polari, e di altri fenomeni di cinetica non nota (quali la compattazione viscosa o secondaria delle argille azzurre), al tasso di sollevamento attuale del livello del mare, il sito di Scanzano Ionico finirà sotto il livello del mare tra solo 5.000 anni, se il mare non l'avrà prima raggiunto in seguito ai fenomeni in atto di erosione della costa.

3.2 VARIAZIONI RECENTI DELLA LINEA DI COSTA

Il protendimento o l'erosione in un tratto di costa sono correlati essenzialmente a due bilanci:

- bilancio di massa: disponibilità di sedimenti resi sulla costa dal trasporto solido dei fiumi, da frane costiere, o dall'immagazzinamento in forma di dune.

- bilancio di energia: energia del movimento del mare in prossimità della linea di riva, nella componente ortogonale e parallela alla costa, in condizioni meteo prevalenti e in quelle eccezionali (= eventi estremi, burrasche) utilizzata nel trasporto o nella rimozione dei sedimenti attraverso processi conservativi o dissipativi; energia del vento.

I bilanci sono determinati, come sempre, dalla concomitanza in aliquote regionalmente o localmente variabili di eventi naturali e antropici.

Sulla costa ionica della Basilicata sono disponibili studi recenti (Spilotro et al., 2003

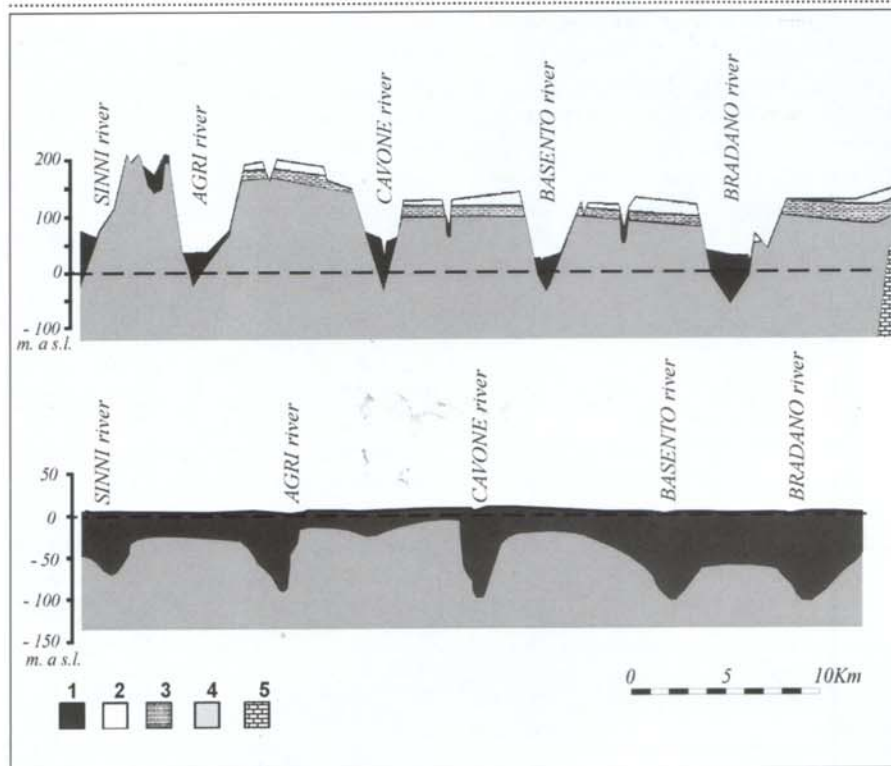


Fig. 2 - Profili di erosione delle argille azzurre pleistoceniche lungo due allineamenti paralleli alla costa ionica ed a distanza di circa 20 Km (sopra) e di 3 km (sotto). 1: alluvioni e piane costiere; 2: depositi conglomeratici; 3: depositi sabbiosi; 4: argille azzurre; 5: piattaforma carbonatica apula. (da Spilotro et al., 2002, mod.)

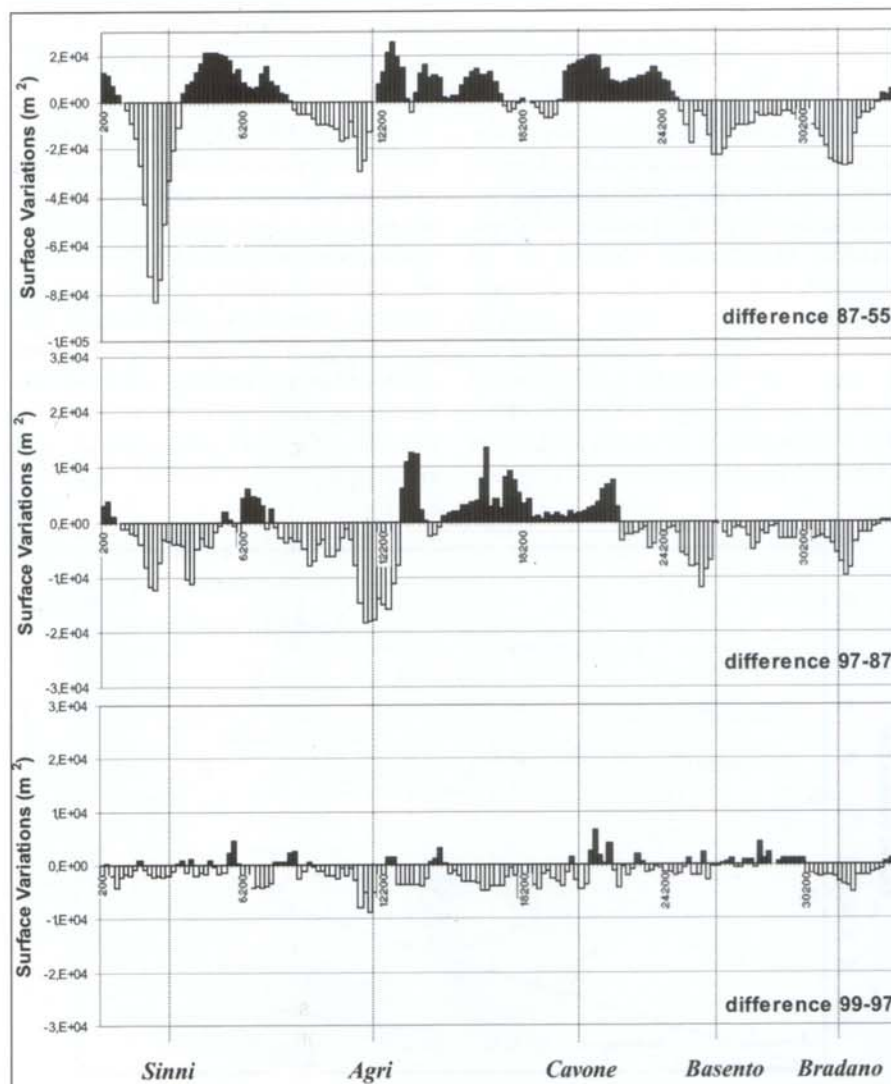


Fig. 3 - Modificazioni orizzontali della linea di costa ionica lucana ricavate mediante confronto di foto aeree negli intervalli di tempo esaminati: 1987-55, 1997-87, 1999-97. Le celle hanno larghezza di 200 m; in bianco le superfici erose, in nero le superfici in accrescimento.

e 2004) che hanno misurato, mediante analisi di foto aeree in epoche diverse, le variazioni e le tendenze evolutive negli ultimi 50 anni circa e indagato sulle principali modificazioni all'interno del bacino fisiografico, responsabili di tali variazioni:

- variazioni agricole o dell'uso del suolo più in generale
- opere di sistemazione idraulico forestali
- traverse fluviali di diversione di portate liquide
- dighe di sbarramento, regolazione e ritenuta
- strade costiere e di fondovalle
- estrazione di inerti dagli alvei attivi
- restringimento degli alvei per sovrassfruttamento fondiario della piana alluvionale.

Nei lavori citati si dà un'ampia quantificazione delle variazioni apportate secondo i punti precedenti nei bacini interni dell'unità fisiografica. La manomissione più pesante è comunque quella operata dagli sbarramenti sui corsi d'acqua, su quattro dei quali si contano ben 17 tra dighe e traverse (Spilotro et al., 2004).

Il sito di Scanzano Ionico è a soli 2 km dal mare nel tratto di costa compreso tra le foci dell'Agri e la foce del f. Cavone. Il Cavone, per inciso, è l'unico fiume dell'arco ionico della Basilicata non interessato da sbarramenti; non è un caso quindi che la costa in prossimità della sua foce non risulti attualmente in arretramento. La situazione, con maggiore dettaglio e con riferimento al periodo tra il 1955 e il 1999, è descritta nel seguito.

Nel tratto di litorale in cui sfocia l'Agri, la foce si sposta verso Nord di circa 1500 metri. Nell'intervallo 1955-1987, a fronte di un'elevata zona in erosione a destra di foce Agri, si determina una notevole area in accrescimento alla sua sinistra; da S-O verso N-E, l'arretramento medio è di 60 metri nei 3 Km a sinistra, e l'avanzamento medio è di 45 metri nei 6 Km a destra. Nel decennio successivo tale tendenza rimane inalterata, passando da un arretramento medio a monte di 35 metri, ad un protendimento medio a valle di 20 metri. Infine, nel periodo 1997-1999, sui 10 Km a cavallo di foce Agri si ha un arretramento medio di 10 metri, con mancanza quasi completa di zone in accrescimento.

La foce del fiume Cavone si sposta verso N-E di soli 300 metri; nel tratto di pertinenza si rileva la presenza di un'estesa zona in protendimento, sia alla destra che alla sinistra della foce. Questa tendenza si conserva nei tre intervalli di tempo considerati, producendo un avanzamento medio di 60 metri nei primi trentadue anni, di 20 metri nei 10 anni successivi e di 7 metri dal 1997 al 1999.

Tuttavia, l'evoluzione complessiva (figura 5) lascia facilmente prevedere come il

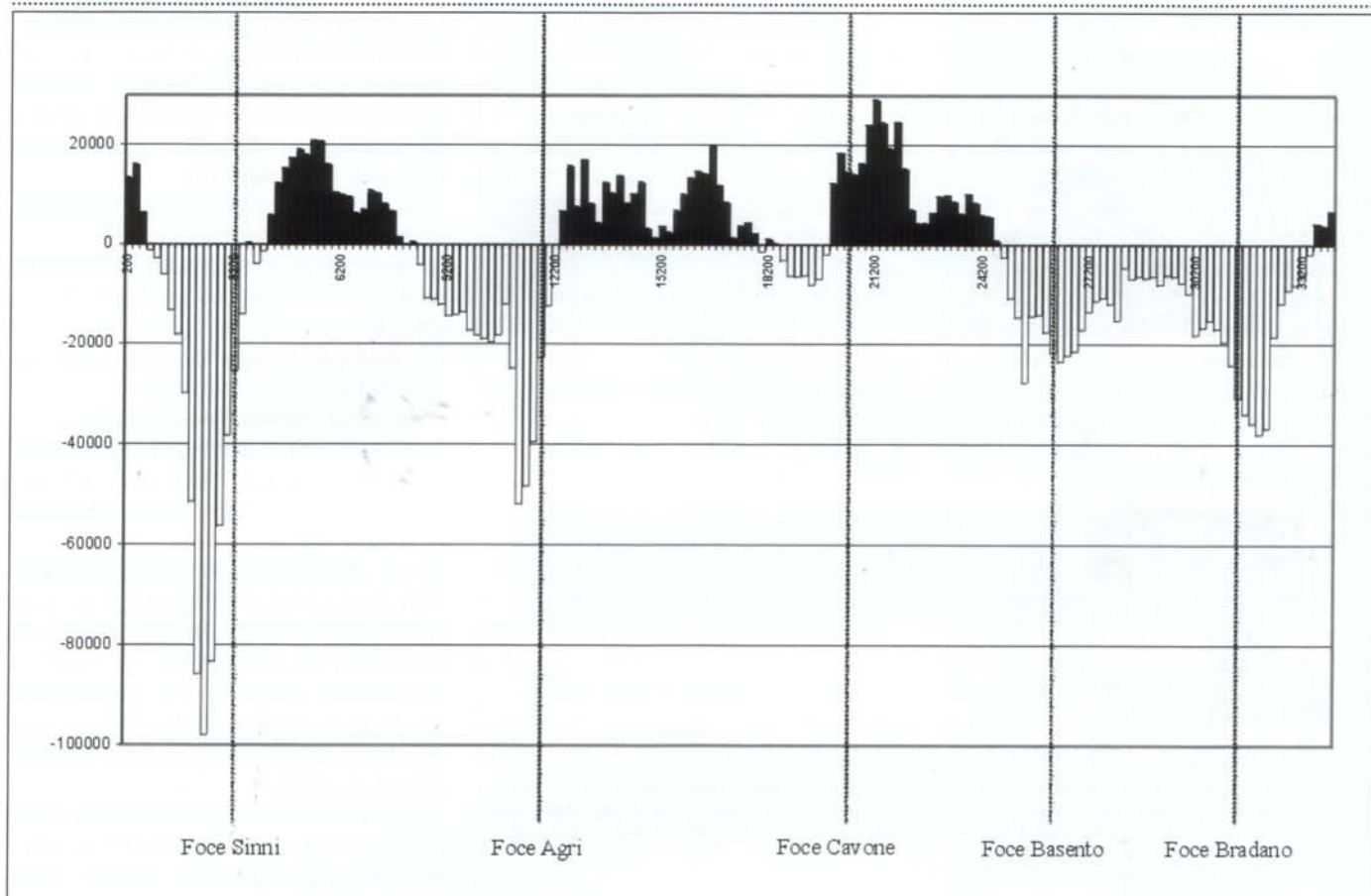


Fig. 4 - Modificazioni orizzontali della linea di costa ionica lucana ricavate mediante confronto di foto aeree nel periodo complessivo 1999-55. Le celle hanno larghezza di 200 m; in bianco le superfici erose, in nero le superfici in accrescimento.

deficit di massa totale sia fortemente negativo e gli effetti presto si risentiranno anche sull'area di interesse, destinata dunque a breve ad andare in erosione generalizzata. L'evoluzione della linea di costa sulla base dei dati attuali fa prevedere, con meccanismo separato da quello indotto dal sollevamento del mare, che Terzo Cavone finirà sommerso per erosione della costa prima che il mare lo sommerga per l'eustatismo accelerato dal global warming.

4. IL MODELLO DELL'EVOLUZIONE GEODINAMICA DELLA FOSSA BRADANICA

La Fossa Bradanica è quel dominio geologico situato tra la piattaforma Apula ad est e l'Appennino ad W corrispondente alla Basilicata centro-orientale.

Il modello dell'evoluzione geodinamica della fossa è da studiare essenzialmente in una geometria tridimensionale estesa a buona parte del Mediterraneo (Albarelli et al., 1982; Balduzzi et al., 1982; Bordoni e Valenzise, 1998; Casnedi, 1988; Doglioni et al., 1996; Mantovani et al., 1990; Menardi Noguera e Rea, 2000; Pieri et al., 1996; Pieri et al., 1997; Ricchetti et al., 1988; Sella et al., 1988; etc.) e può sommariamente essere schematizzato attraverso un modello accoppiato di una subduzione crostale con formazione di una fossa, verso cui sovrascorrono coltri alloctone.

Non tutte le evidenze fenomenologiche sono perfettamente congruenti e/o di segno atteso sulla base del modello enunciato, onde lo stesso è in perenne revisione e upgraddamento. In particolare, i geologi applicati hanno più volte maturato opinioni divergenti da quelle dei geologi strutturali, partendo da elementi conoscitivi formati sulla base di osservazioni fenomenologiche acquisite nel corso di importanti lavori, anche in sotterraneo o usufruendo di numerose perforazioni profonde e attività di monitoraggio e misure.

Discussioni circa il modello dell'evoluzione, se sollecitanti sul piano della dialettica accademica, sono invece di grande importanza per lo specialissimo impatto dell'opera che si vuol realizzare a Scanzano Ionico. Si tratta in particolare di restituire alla tettonica, come più di uno studioso ha suggerito da quasi trent'anni, fenomeni molto diffusi nell'area di interesse e banalmente attribuiti all'erosione, e di definire, per la sostanziale diversità di comportamento e di evoluzione delle discontinuità in argille sot-

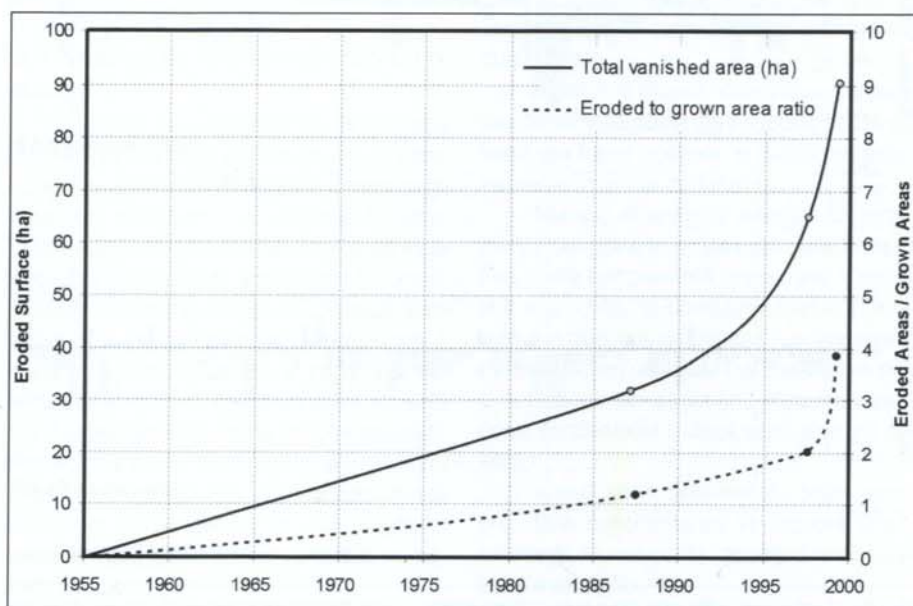


Fig. 5 - Modificazione della costa ionica lucana: tendenza delle aree in erosione e del rapporto tra le aree in erosione e quelle in accrescimento.

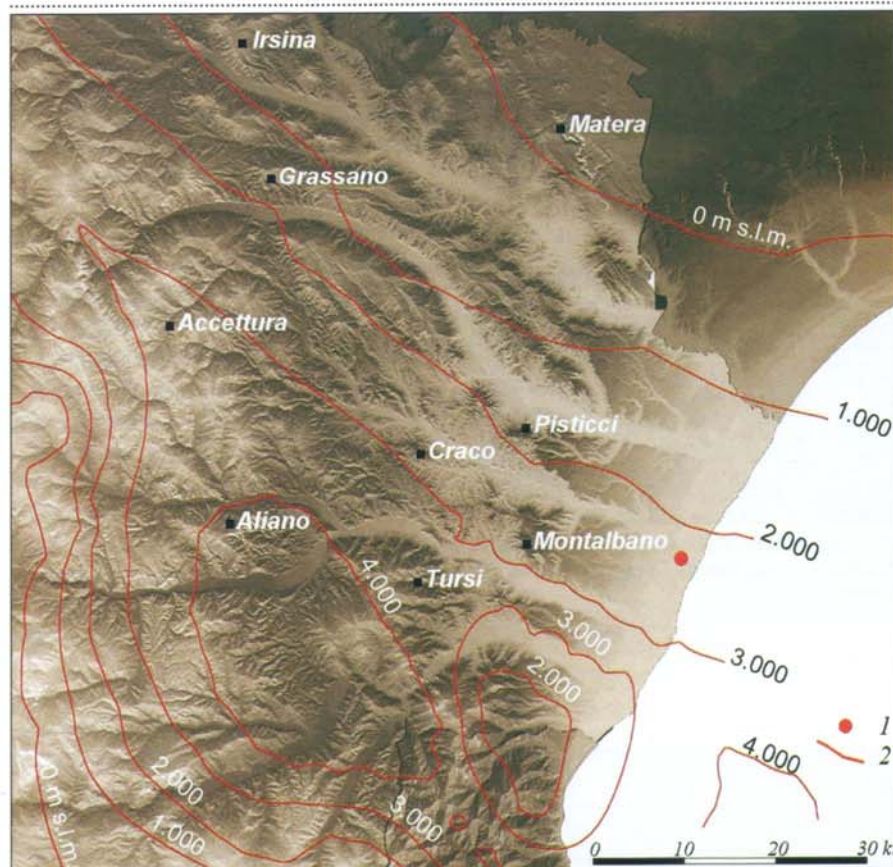


Fig. 6 - Modello digitale dell'elevazione della fossa Bradanica, con 1: ubicazione del sito di Terzo Cavone; 2: isopse del tetto del substrato mesozoico (da Rakotoarimanga et al., 1987, mod.).

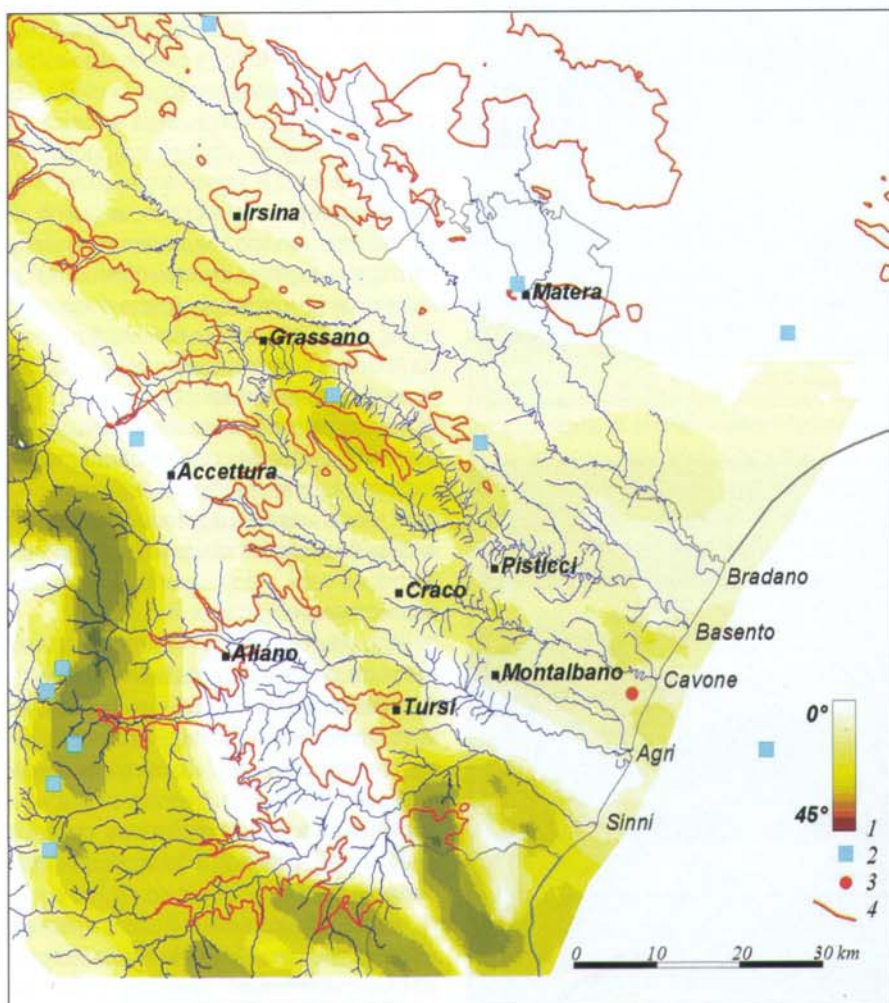


Fig. 7 - Pendenza del substrato mesozoico con rete idrografica (1), epicentri dei terremoti di intensità superiore al IV° MCS dal 71 a.C. al 1992 d.C. (2), ubicazione del sito di Terzo Cavone (3) e isopse 430 m slm (4). I terrazzi pleistocenici di quota 435 m in appoggio sulla piattaforma carbonatica apula sono i più antichi indeformati e testimoniano la lunga stabilità tettonica fino ai giorni nostri.

to l'aspetto idrogeologico e di quello più generale di flusso di fluidi e di sostanze trasportate, se le discontinuità si trovano in campi tensionali e deformativi compressivi (come da modelli dominanti) o distensivi o transtensivi, come da numerose evidenze fenomenologiche.

Alcuni piani tematici di immediata lettura, determinanti o conseguenti ai modelli geodinamici sono stati utilizzati. In particolare, ci si riferisce a:

- rete idrografica
- modello digitale del terreno
- geolitologia
- carta dei terrazzi marini di quota 435-450 m slm. Questi terrazzi sono i più antichi non deformati sul bordo Est della fossa in appoggio sui calcari della piattaforma. La loro presenza indica aree tettonicamente stabili almeno dal tardo Pleistocene.
- modello digitale del basamento carbonatico e sua derivata prima
- epicentri dei terremoti di intensità superiore al IV° MCS dal 71 a.C. al 1992.

È in preparazione una carta delle rotture tettoniche; molte carte di lineazioni tettoniche rilevate a terra o da satellite esistono, ma non georiferite e soprattutto prive di analisi del loro complessivo inquadramento in senso tensionale o geodinamico, talvolta non enfatizzate nel loro effettivo significato dagli autori (Antoninetti et al., 1995).

I piani tematici sopra riportati, essendo georiferiti, sono tutti evidentemente sovrapponibili (figure 1, 6 e 7).

5. LA TETTONICA NELLA BASSA VALLE DEL FIUME CAVONE.

Gli elementi di osservazione in termini morfologici e stratigrafici in superficie ed in profondità, sia da perforazioni per ricerca di idrocarburi e di acqua, sia da perforazioni geognostiche, conducono al riconoscimento nelle argille azzurre pleistoceniche della Fossa Bradanica di due motivi strutturali, in parte sovrapponibili:

- un'ampia fascia trasversale, grosso modo delimitata tra le congiungenti Tursi - Craco e Montalbano - Pisticci, nella quale la continuità dei terrazzi marini, nei diversi ordini, è totalmente distrutta;
- un numero impressionante di strutture derivanti da campi tensionali distensivi o transtensivi, in forma di serie di monoclinali fagliate o di incisioni, presenti nell'area precedentemente individuata, oltre che in ampie zone al contorno.

Entrambi i tipi di strutture hanno direzione normale a quella del campo distensivo, che i rilievi in corso quantificano prevalentemente nel settore S-SSW. La direzione del campo distensivo è in questa parte della Fossa (è difficile pensare che siano solo coincidenze) la stessa del gra-



Fig. 8 - Strutture distensive a shed (successioni di monoclinali fagliate) nelle argille azzurre pleistoceniche tra Montalbano Ionico e Pisticci. Sullo sfondo il monolite carbonatico di Tempa Petrolla a destra e Craco vecchia a sinistra, davanti alle unità Appenniniche di Tempa del Cavallo.



Fig. 9 - Argille azzurre in sponda sinistra del Basento presso Stazione di Ferrandina. Sono visibili almeno tre famiglie di fratture tettoniche, a direzione N340°, N 80° e N110°. Il sistema N 110°, distensivo, è stato ritrovato in profondità nella galleria in figura e in un'altra successivamente costruita.



Fig. 10 - Strutture a shed e monoclinali fagliate da tettonica distensiva nelle argille azzurre tra Pisticci e Craco.

diente di immersione del substrato mesozoico (Figure 1 e 7).

In questo contesto, nella valle del Cavone, tra Craco e Tempa Petrolla si hanno ulteriori evidenze di sconvolgimenti tettonici profondi, di segno non sempre perfettamente interpretabile, per la rotazione dei campi di stress in epoche successive. In corrispondenza di Craco il campo deformativo più recente è ancora distensivo. Una perforazione per la ricerca di idrocarburi segnala terreni del Pleistocene a 1300 m di profondità (nb: la stessa quota del deposito di salgemma, poco più a valle); presumibilmente questo stesso disturbo tettonico è responsabile della messa in posto di numerosi lembi di Argille Varicolori e della rotazione a 60° con immersione a N dei conglomerati pleistocenici sommitali di Craco (Figura 11), mentre gli stessi sono suborizzontali e ribassati in prossimità del Convento.

Da Lentini in poi i conglomerati di Craco sono stati interpretati come conglomerati basali del pliocene inferiore, ignorando che essi si trovano alla stessa quota (un metro di differenza) dei conglomerati pleistocenici di Pisticci, rispetto ai quali hanno anche lo stesso spessore.

Terreni molto più antichi vengono a giorno a breve distanza, sempre nella valle del Cavone, in corrispondenza di Tempa Petrolla (figura 8), monolite carbonatico estruso in un allucinante paesaggio di argille azzurre tettonizzate. I segni della tettonica distensiva sulle argille azzurre rimangono evidenti fin quando le stesse argille azzurre rimangono esposte. Si citano la collina di Montalbano Ionico, ove la direzione delle strutture di taglio si incrocia quasi a 90° e sulle quali si innescano anche importanti frane; le zolle tiltate in prossimità di masseria Andriace su entrambe le sponde del Cavone, a breve distanza.

La fratturazione tettonica delle argille azzurre è segnalata anche dai numerosi fossi con il toponimo: "fosso dell'acqua solfata", per le acque maleodoranti, arricchite di solfuri nella circolazione profonda nelle fratture delle argille azzurre, tipicamente ricche di gessi.

Un ulteriore segno interpretato come derivante da sollevamento tettonico è costituito dall'incassamento del fiume nelle alluvioni limose. Se ne ha traccia sia nel Cavone, che nell'adiacente f. Basento; in tale situazione tuttavia ci può anche essere corresponsabilità della costituzione granulometrica dei sedimenti alluvionali nei tratti terminali delle valli.

Una conferma dello stato tensionale distensivo che caratterizza le argille azzurre dell'area di interesse proviene anche da uno studio sull'anisotropia dei loro caratteri di resistenza e deformabilità condotto dallo scrivente molti anni fa. Le argille hanno mo-

do, infatti, di memorizzare gli effetti degli stati tensionali impressi; nello studio si evidenziava il diverso rapporto di anisotropia rilevato tra le argille di Taranto, poggianti su un substrato carbonatico non deformato e le argille della Fossa Bradanica.

6. LE ARGILLE AZZURRE BRADANICHE: STRUTTURE, FAGLIE E BARRIERA AL MOVIMENTO DEI FLUIDI NEL SOTTOSUOLO

Le *macrostrutture*. Per quanto già detto nel paragrafo 2 e per le poche notizie a disposizione, il deposito di salgemma di Scanzano Ionico, distinto in due unità separate da uno strato di circa 50 m di argille, risulta frammentato in verticale ed in orizzontale per l'interposizione di pacchi metri-

Un'ipotesi peggiore, come causa della decompressione delle argille azzurre profonde e della loro consistenza plastica potrebbe essere quella che gli spazi per la decompressione siano stati lasciati proprio dal salgemma passato in soluzione e/o migrato.

Il sito di Scanzano Ionico non si configura dunque come un deposito integro, chiuso da una regolare sedimentazione argillosa, situazione obiettivamente tranquillizzante.

Il deposito di salgemma potrebbe essersi messo in posto per diapirismo o per migrazione di salamoia in tempi più recenti di quelli ipotizzati (il complesso dei dati in merito non è a disposizione della comunità scientifica); sicuramente si è annidato, non a caso, in fratture tettoniche e, in ogni caso, non è sigillato da argille intatte.

fasce di alcune decine di metri di larghezza, e se in tali fasce si attiva circolazione idrica, si accoppia un processo di fertilizzazione granulometrica della frazione sabbiosa per dilavamento di quella fina. Rispetto a questo tipo di fagliamento, è impensabile parlare di impermeabilità delle argille azzurre, anche a 700 m di profondità. Bisogna tra l'altro ricordare che anche in quella zona la valle del Cavone era stata erosa, con tutti i fenomeni di decompressione associati, in corrispondenza del LGM, di oltre 100 m sotto l'attuale l.m..

La presunta impermeabilità delle argille, anche in presenza di discontinuità, potrebbe in linea teorica essere garantita a grandi profondità (che significa con elevate pressioni sferiche) se i lembi delle discontinuità fossero a contatto e fossero di argille.

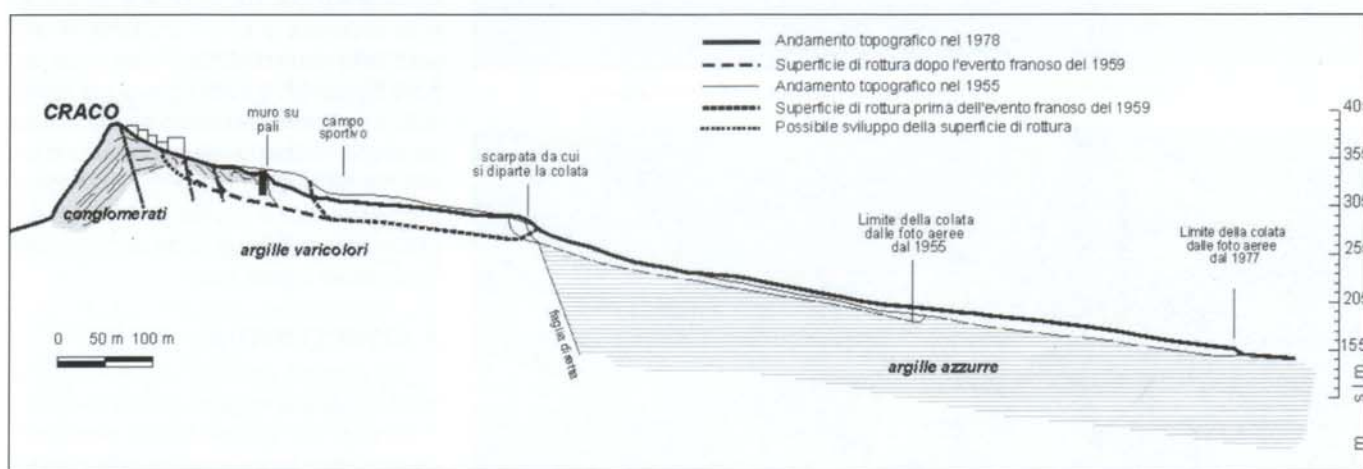


Fig. 11 - Schema della frana del centro storico di Craco con i conglomerati pleistocenici ribassati verso la depressione tettonica determinatasi a NE.

ci di argille grigie. Lo stesso minerale salgemma si presenta sia bianco cristallino, sia grigio contaminato da argilla. Le argille interposte e sovrapposte si presentano sia con strutture di taglio (scagliosità), sia di consistenza molto plastica.

Queste caratteristiche del deposito conducono a una interpretazione univoca circa le condizioni di messa in posto dello stesso.

La presenza di minerale contaminato e di interposizioni argillose nel minerale indica condizioni molto perturbate nel bacino di messa in posto.

La scagliosità delle argille evidenzia che in fase di messa in posto del salgemma ed in epoche successive l'area è stata sottoposta a stress deviatorici, tipicamente incompatibili con gli elevati spessori dei sedimenti, cioè particolarmente elevati.

Con ricoprimenti di almeno 500 m è altrettanto incomprensibile il ritrovamento di argille molto plastiche, anche in considerazione dell'ambiente fortemente salinizzato dal salgemma. A meno di non ipotizzare, in accordo con tutte le altre osservazioni, un ambiente fortemente decompresso dalla lacerazione derivante dalla tettonica distensiva, a consolidazione delle argille avvenuta: cioè molto recente.

Le *microstrutture*. In nessun punto della fossa Bradanica le argille azzurre sono intatte, cioè prive di discontinuità. Per tal motivo, l'abbinamento implicito delle argille azzurre con il concetto di impermeabilità è palesemente arbitrario. Solo alla scala centimetrica o decimetrica è possibile prelevare un campione di argilla intatta. Molte opere in sotterraneo nelle argille azzurre, che sono il terreno che chiude il deposito di salgemma, hanno avuto problemi seri a causa degli effetti conseguenti alla circolazione idrica sotterranea nell'ammasso argilloso. Più in superficie i fenomeni di circolazione dell'acqua negli ammassi argillosi lungo le lineazioni di fratturazione sono ancora più frequenti e danno luogo a fenomenologie spettacolari, quali i fori da pseudocarsismo, visibili in molti luoghi.

L'officiosità della fratturazione tettonica delle argille nella conduzione dei fluidi è fortemente determinata dallo stato tensionale sotto cui la frattura si è prodotta e di quello attuale. Infatti fratture e faglie nelle argille azzurre possono rimanere confinate in uno spessore millimetrico o centimetrico (figure 12 e 13), su lunghezze anche molto estese, oppure no. Nel senso che fratturazione o fagliamento distensivi possono interessare

È difficile pensare a una struttura impermeabile, quando i lembi delle discontinuità sono sottoposti a campi tensionali deviatorici e nel sandwich argilloso si è infilato un materiale permeabile.

Supponendo di poter quantificare la permeabilità di un ammasso argilloso di tal genere, cioè interessato da fratture e discontinuità di ogni tipo, la possibile migrazione di fluidi ed il trasporto di inquinanti non possono essere tuttavia valutati con modelli convenzionali, per quanto aggiornatissimi. Un deposito di scorie radioattive induce stress termici rilevanti, che si sommano a quelli geotermici naturali, non trascurabili, che possono modificare la struttura delle argille, le caratteristiche fisiche dei fluidi sotterranei ed interstiziali e in modo sostanziale le interazioni dei fluidi (liquidi e gassosi) con la matrice solida. Non sono molti gli esperti in questo campo.

Bisogna ricordare infine altri due processi di trasporto, con meccanismi diversi da quelli del flusso darcyano: il flusso capillare, rispetto al quale, almeno teoricamente, centinaia di metri in argille costituiscono un percorso da "allenamento" dell'acqua capillare, e i processi di diffusione ionica,



Fig. 12 - Superficie di taglio in campo tensionale distensivo nelle argille azzurre pleistoceniche.



Fig. 13 - Particolare di una frattura in argille azzurre con ossidazione lungo i bordi. Fratture del genere hanno limitata rilevanza idrogeologica anche nelle fasce superficiali.

con migrazione del soluto senza necessità di spostare il solvente.

Gli studi recenti del Laboratorio di Idrogeologia Applicata sull'idrogeologia della piana costiera ionica, hanno riconosciuto in quest'area ben sette cause diverse di salinizzazione delle acque sotterranee. Ma nella fascia della valle del Cavone la salinità è assolutamente anomala e non si tratta di intrusione marina (Spilotro et al., 2002). Le ragioni della salinizzazione delle acque sotterranee nella piana costiera ionica sono ben discriminabili sulla base delle indagini geochimiche, e solo in pochi casi sono riconducibili all'intrusione marina, cioè al richiamo di acqua di mare. Nel caso della piana del Cavone, come evidenziato in pozzi di controllo nell'area del giacimento di salgemma, la salinità rilevata a profondità fino a 100 m circa è da 5 a 50 volte superiore a quella presente in altri punti della piana costiera e il rilascio da depositi evaporitici è stata l'ipotesi già sostenuta in un lavoro presentato nel 2002 in un convegno internazionale sull'intrusione salina. Se gli studi in corso daranno consistenza statistica ai risultati già ottenuti, potrebbe essere imbarazzante verificare che il salgemma è già tra noi.

7. CONCLUSIONE

Gli elementi analizzati, cui si sommano quelli trattati con migliore dovizia di esposizione dagli altri colleghi invitati, evidenziano elementi di interpretazione delle caratteristiche del sito di Scanzano Ionico complessivamente negativi ai fini della sua dichiarazione di idoneità ad ospitare il deposito nazionale delle scorie radioattive, il primo nel mondo.

Molti punti di perplessità erano già presenti circa modelli parziali o imperfetti dell'evoluzione geodinamica dell'area, cui si aggiungono, tra le scarse informazioni disponibili, altri elementi, laddove l'opera che si vuol realizzare necessita, per gli impatti potenziali, di conoscenze assolutamente certe.

La via è quella degli studi seri, non a tempo od a risorse predefiniti e limitati, come prefigurato dalla conversione in legge del DM 14 nov 2003, e non privatizzati da "commissioni scientifiche" unilateralmente nominate.

BIBLIOGRAFIA ESTESA

- ADAMESTEANU D. (1999) - COSTE, FIUMI E SORGENTI DELLA BASILICATA ANTICA. IN: ARCHEOLOGIA DELL'ACQUA IN BASILICATA, POTENZA, 1999, PP. 9 - 12
- ALBARELLO D., MUCCIARELLI M., MANTOVANI E. (1990) - ADRIATIC FLEXURE AND SEISMOTECTONICS IN SOUTHERN ITALY. TECTONOPHYSICS, 179 (1990) 103-111.
- ANSELMINI B., CARLINI F., GRAUSO S. (1986) - L'EROSIONE DEL LITORALE ANTISTANTE IL CENTRO RICERCA ENERGIE TRISAIA. ENEA, ATTI DEL CONVEGNO: EVOLUZIONE DEI LITORALI, PROBLEMATICHE RELATIVE AL GOLFO DI TARANTO. POLICORO, OTT. 1986.

- ANTONINETTI M., LOIZZO R., PAPPALOPPO M., PIERI P., SYLOS LABINI G. (1995) - ERS-1 GEOLOGICAL APPLICATIONS TEST AREA: FOSSA BRADANICA. WEB PAGE
- BALDUZZI A., CASNEDI R., CRESCENTI U., TONNA M. (1982) - "IL PLIO-PLEISTOCENE DEL SOTTOSUOLO DEL BACINO LUCANO (AVANFOSSA APPENNINICA)". *GEOL. ROM.* 21, 89-111, ROMA.
- BELLINO F., VIVIANO L. (1999) - IL PROBLEMA DELLA SALINITÀ IN PUGLIA E BASILICATA. UNIBAS, IMPIEGO DELLE ACQUE SALTASTRE IN AGRICOLTURA. PZ, 1999.
- BENTIVENGA M., COLTORTI M., PROSSER G., TAVARNELLI E. (2003) - A NEW INTERPRETATION OF TERRACES IN THE TARANTO GULF: THE ROLE OF EXTENSIONAL FAULTING. IN PRESS IN *GEOMORPHOLOGY*, ELSEVIER.
- BENTIVENGA M., PROSSER G., PRESTERA A., SABIA A. (2003) - ASSETTO STRUTTURALE NELLA ZONA FRONTALE DI UNA CATENA RECENTE: L'ESEMPIO DI CRACO (APPENNINO MERIDIONALE - ITALIA). *GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, PERIODICO DELLA SIGEA, SUPPL. AL N. 1* 2003
- BOENZI F., DI GENNARO M., PENNETTA L. (1978) - I TERRAZZI DELLA VALLE DEL BASENTO (BASILICATA). *RIVISTA GEOGRAFICA ITALIANA, ANNATA LXXXV, FASC. 4, DIC. 1978.*
- BOENZI F., GIURALONGO R. (1994) - LA BASILICATA. I TEMPI, GLI UOMINI, L'AMBIENTE. BARI, PP 55-64
- BOENZI F., PALMENTOLA G., VALDUGA A. - CARATTERI GEOMORFOLOGICI DELL'AREA DEL FOGLIO "MATERA" - *BOLL. SOC. GEOL. IT.* 95 (1976): PP 527-566
- BORDONI P., VALENSISE G. (1998) - DEFORMATION OF 125 Ka MARINE TERRACE IN ITALY: TECTONIC IMPLICATIONS. IN: STEWART I.S. & VITA-FINZI C. EDTS., *COASTAL TECTONICS, VOL. 146. SPECIAL PUBLICATIONS, GEOLOGICAL SOCIETY, LONDON*, PP 71-110.
- BOSI C., CAROBENE L., SPOSATO A. (1996) - IL RUOLO DELL'EUSTATISMO NELL'EVOLUZIONE GEOLOGICA NELL'AREA MEDITERRANEA. *MEM. SOC. GEOL. IT.* 51, 1996, 363-382
- CARLIN F., DAI PRA G., MAGRI G., TAZIOLI G.S. (1975) - RICERCHE SUL TRASPORTO SOLIDO LITORALE ALLA FOCE DEL FIUME SINNI (GOLFO DI TARANTO) - *GEOL. APPL. IDROGEOL. VOL. 10, PARTE I*
- CARLIN F., MAGRI G. (1973) - INDAGINI IDROGEOLOGICHE NELL'AREA DESTINATA AI RIFIUTI SOLIDI A MEDIA E BASSA ATTIVITÀ DEL C.R.N. DELLA TRISANA. CNEN, RT/PROT(73)25
- CAROBENE L., DAI PRA G. (1991) - MIDDLE AND UPPER PLEISTOCENE SEA LEVEL HIGHSTANDS ALONG THE TYRRHENIAN COAST OF BASILICATA (SOUTHERN ITALY). *IL QUATERNARIO*, 4 (1A), 173-202.
- CASNEDI R., (1988) - "LA FOSSA BRADANICA: ORIGINE, SEDIMENTAZIONE E MIGRAZIONE." *MEM. SOC. GEOL. IT.* 439-448
- CELLO G., MAZZOLI S., TONDI E., TURCO E. (1997) - ACTIVE TECTONICS IN THE CENTRAL APENNINES AND POSSIBLE IMPLICATIONS FOR SEISMIC HAZARD ANALYSIS IN PENINSULAR ITALY. *TECTONOPHYSICS*, 272 (1997) 43-68.
- COCCO E., DE MAGISTRIS M.A., DE PIPPO T. (1978) - STUDI SULLE CAUSE DELL'ARRETRAMENTO DELLA COSTA LUCANO IONICA - L'ESTRAZIONE DEGLI INERTI LUNGO LE ASTE FLUVIALI - *MEM. SOC. GEOL. IT.* 19, PP. 369-376
- COCCO E., DE PIPPO T., DE LAURO M., MONDA C. (1988) - "FOCUS EROSIIVI SUL LITORALE METAPONTINO (GOLFO DI TARANTO)." *MEM. SOC. GEOL. IT.* 41 (1988), 703-709, 5 FF.
- COTECCHIA V., DAI PRA G., MAGRI G. (1969) - OSCILLAZIONI TIRRENIANE E OLOCENICHE DEL LIVELLO DEL MARE NEL GOLFO DI TARANTO, CORRELATE DA DATAZIONI COL METODO DEL RADIOCARBONIO - *GEOL. APPL. IDROGEOL. VOL. 4, 1969, BARI*
- COTECCHIA V., DAI PRA G., MAGRI G. (1971) - MORFOGENESI LITORALE OLOCENICA TRA CAPO SPULICO E TARANTO NELLA PROSPETTIVA DELLA PROTEZIONE COSTIERA. *GEOL. APPL. E IDROGEOL.*, VOL. VI, 1971, BARI
- COTECCHIA V., MAGRI G. (1967) - GLI SPOSTAMENTI DELLE LINEE DI COSTA QUATERNARIE NEL MAR IONIO TRA CAPO SPULICO E TARANTO - *GEOL. APPL. IDROGEOL. VOL. 2, 1967, BARI*
- COTECCHIA V., SPILOTRO G. (1980) - ANISOTROPIA DELLE CARATTERISTICHE SFORZO-DEFORMAZIONE DELLE ARGILLE GRIGIO AZZURRE PLEISTOCENICHE NELLA FASCIA COMPRESA TRA IL F. SINNI E TARANTO. *ATTI XIV CONV. NAZ. GEOTECNICA, FIRENZE 1980.*
- DAI PRA G., STEARNS C.E. (1977) - SUL TIRRENIANO DI TARANTO: DATAZIONE SU CORALLI CON IL METODO DEL $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$. *GEOLOGICA ROMANA*, N. 16, ROMA
- DAI PRA G., HEARTY P.J. (1988) - I LIVELLI MARINI PLEISTOCENICI DEL GOLFO DI TARANTO. *SINTESI GEOSTRATIGRAFICA E TETTONICA. MEM. SOC. GEOL. IT.* 41 (2), 637-644.
- DE JULIIS E. M. (2001) - METAPONTO. EDIPUGLIA, BARI
- DE SIENA A. (1999) - IL METAPONTINO: INSEDIAMENTI ANTICHI E BONIFICHE. *ARCHEOLOGIA DELL'ACQUA IN BASILICATA, POTENZA, 1999*, PP. 53-72.
- DOGLIONI C., TROPEANO M., MONGELLI F., PIERI P. (1996) - MIDDLE LATE PLEISTOCENE UPLIFT OF PUGLIA: AN "ANOMALY" IN THE APENNINIC FORELAND. *MEM. SOC. GEOL. IT.* 51, 1996, 101-117.
- DOUGLAS B.C. (1995) - GLOBAL SEA LEVEL CHANGE: DETERMINATION AND INTERPRETATION. NOAA, NAT. OC. DATA CENTER, WASHINGTON. D.C. IN: *REV. GEOPHYS. VOL. 33 SUPPL.*, 1995 AM. GEOPH. UNION
- FLOCKS J.G., KINDIGER J.L., DAVIS J.B., SWARZENSKI P. (2001) - GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS OF UPWARD MIGRATING SALINE WATER FROM THE LOWER TO UPPER FLORIDIAN AQUIFER, CENTRAL INDIAN RIVER REGION, FLORIDA. IN: KUNIAVSKY E.L. ED., "US GEOLOGICAL SURVEY KARST INTEREST GROUP PROCEEDINGS, ST. PETERSBURG, FLORIDA, FEB 2001: USGS WATER RESOURCES INVESTIGATION REPORT 01-4011.
- GIARDINO L. (1983) - IL PORTO DI METAPONTO IN ETÀ IMPERIALE. *TOPOGRAFIA E MATERIALI CERAMICI. ST ANT* 4, 1983, PP 5-36.
- GUERRICCHIO A. (1994) - STRUTTURE A VORTICE, DEFORMAZIONI GRAVITATIVE PROFONDE E GRANDI FRANE NELLA CATENA NORD-OCIDENTALE DEL POLLINO, IN SILA (CALABRIA SETTENTRIONALE) E NELLA FOSSA BRADANICA (BASILICATA). VIII CONGRESSO NAZIONALE DEI GEOLOGI ROMA, 21-23 GENNAIO 1994.
- GUERRICCHIO A., SALVEMINI A., SPILOTRO G. (1977) - MOVIMENTI DI MASSA CONNESSI CON FENOMENI NEOTETTONICI NELLE ARGILLE GRIGIO-AZZURRE CALABRIANE NELLA MEDIA VALLE DEL FIUME SINNI (LUCANIA). *GEOLOGIA APPLICATA E IDROGEOLOGIA, VOL. XII PART. 2A, BARI, 1977*
- HEARTY P.J., DAI PRA G. (1992) - THE AGE AND STRATIGRAPHY OF MIDDLE PLEISTOCENE AND YOUNGER DEPOSITS ALONG THE GULF OF TARANTO (SOUTHEAST ITALY). *J. COAST. RES.* 8 (4), 892-905
- LABIA - DISGG, UNIBAS (2000) - IDROGEOLOGIA DELLA PIANA COSTIERA IONICA: QUADRO DELLE CONOSCENZE DI BASE ED ANALISI DELLE PROSPERZIONI IN SITO. REGIONE BASILICATA, PROGETTO INTERREGIONALE SORVEGLIANZA E MONITORAGGIO ACQUE SOTTERRANEE, POTENZA, OTTOBRE 2000
- LAMBECK K., ANTONIOLI F., PURCELL A., SILENZIO S. (2004) - SEA LEVEL CHANGE ALONG THE ITALIAN COAST FOR THE PAST 10000 YR. *QUATERNARY SCIENCE REVIEWS*, IN PRESS.
- MANTOVANI E., BABBUCCI D., ALBARELLO D., MUCCIARELLI M. (1990) - DEFORMATION PATTERN IN THE CENTRAL MEDITERRANEAN AND BEHAVIOUR OF THE AFRICAN/ADRIATIC PROMONTORY. *TECTONOPHYSICS*, 179 (1990) 63-79.
- MASTERS P.M., FLEMMING N.C. EDTS. (1983) - QUATERNARY COASTLINES AND MARINE ARCHAEOLOGY: TOWARDS THE PREHISTORY OF LAND BRIDGES AND CONTINENTAL SHELVES. *ACADEMIC PRESS, LONDON*
- MENARDI NOGUERA A., REA G. (2000) - DEEP STRUCTURE OF THE CAMPANIAN-LUCANIAN ARC (SOUTHERN APENNINE, ITALY). *TECTONOPHYSICS*, 324 (2000) 239-265.
- MONACO C. (1993) - LE UNITÀ LIGURIDI NEL CONFINO CALABRO-LUCANO (APPENNINO MERIDIONALE): REVISIONE DEI DATI ESISTENTI, NUOVI DATI ED INTERPRETAZIONE. *BOLL. SOC. GEOL. IT.* 112, 751-768.
- MOORE W.S. (1982) - LATE PLEISTOCENE SEA LEVEL HISTORY. URANUM SERIES DISEQUILIBRIUM: APPLICATIONS TO ENVIRONMENTAL PROBLEMS. IVANOVICH & HARMOR EDTS. CLARENDON PRESS, OXFORD, 481-494.
- MOURTZAIS N.D., MARINOS P.G. (1994) - UPPER HOLOCENE SEA LEVEL CHANGES: PALEOGEOGRAPHIC EVOLUTION AND ITS IMPACT ON COASTAL ARCHAEOLOGICAL SITES AND MONUMENTS. *ENVIRONMENTAL GEOLOGY*, VOL. 23, N.1
- PAREA G.C. (1986) - I TERRAZZI MARINI TARDO-PLEISTOCENICI DEL FRONTE DELLA CATENA APPENNINICA IN RELAZIONE ALLA GEOLOGIA DELL'AVANFOSSA ADRIATICA - *MEM. SOC. GEOL. IT.* 35, 913-936
- PELOSI A. (1991) - DINAMICHE TERRITORIALI DEL VII SECOLO A.C. NELL'AREA SIRITE METAPONTINA. *D.Arch. III s. IX*, 1-2
- PENNETTA M., PESCATORE T., SENATORE M.R. (1986) - I TIPI DI PIATTAFORMA CONTINENTALE DEL GOLFO DI TARANTO (ALTO IONIO, ITALIA). *ENEA, ATTI DEL CONVEGNO: EVOLUZIONE DEI LITORALI, PROBLEMATICHE RELATIVE AL GOLFO DI TARANTO. POLICORO, OTT. 1986.*
- PIERI P., SABATO L. & TROPEANO M. (1996) - SIGNIFICATO GEODINAMICO DEI CARATTERI DEPOSIZIONALI E STRUTTURALI DELLA FOSSA BRADANICA NEL PLEISTOCENE. *MEM. SOC. GEOL. IT.* 51, 501-515.
- PIERI P., VITALE G., BENEDEUCE P., DOGLIONI C., GALLICCHIO S., GIANO S. I., LOIZZO R., MORETTI M., PROSSER G., SABATO L., SCHIATTARELLA M., TRAMUTOLI M., TROPEANO M. (1997) - TETTONICA QUATERNARIA NELL'AREA BRADANICO-IONICA. *IL QUATERNARIO, ITALIAN JOURNAL OF QUATERNARY SCIENCES*, 10(2), 535-542
- RAKOTOARIMANGA, R.CELATI, L. TAFI, P. SQUARCI, C. CALORE (1987) - SURFACE HEAT AND DEEP TEMPERATURES IN THE BRADAN TROUGH (SOUTHERN ITALY). POSSIBLE EFFECTS OF GROUNDWATERS CIRCULATION. *GEOTHERMICS, VOL. XVI*, 473-485.
- RICCHETTI G., CIARANI N., LUPERTO SINNI E., MONGELLI F., PIERI P. (1988) - GEODINAMICA ED EVOLUZIONE SEDIMENTARIA E TETTONICA DELL'AVANFOSSA APULO. *MEM. SOC. GEOL. IT.* 41
- SALVEMINI A., VENTRELLA N. (1996) - HORST-GRABEN-HORST AL MARGINE NORD ORIENTALE DEI MONTI PICENTINI (APPENNINO MERIDIONALE): UN CONTRIBUTO DAGLI STUDI IDROGEOLOGICI SUGLI ACQUIFERI CARSIICI DI CAPOSELE, CASSANO IRPINO E QUAGLIETTA. *MEM. SOC. GEOL. IT.* 51, 1996, 467-483
- SCOTT D.B., PIRAZZOLI P.A., HONIG C.A. (1987) - LATE QUATERNARY SEA LEVEL CORRELATION AND APPLICATION. *KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, LONDON*
- SELLA M., TURCI C., RIVA A. (1988) - SINTESI GEOPETROLIFERA DELLA FOSSA BRADANICA (AVANFOSSA DELLA CATENA APPENNINICA MERIDIONALE) *MEM. SOC. GEOL. IT.* 41, 87-107
- SGROSSO V. (1988) - IL RUOLO DELLA TETTONICA DISTENSIVA DURANTE LA TETTOGENESI NELL'APPENNINO CENTRO-MERIDIONALE. *ATTI CON. SOC. GEOL. IT.*
- SPILOTRO G. (2003) - IL CONDIZIONAMENTO DELLA TETTONICA RECENTE NELLA VALLE DEL CAYONE SULLA CIRCOLAZIONE DEI FLUIDI NEL SOTTOSUOLO E LA POSSIBILITÀ DI LOCALIZZAZIONE DI UN DEPOSITO DI RIFIUTI RADIOATTIVI. *MONDO BASILICATA*, 1/2003 DIC 03, PP 14-15
- SPILOTRO G. (2003) - PROFILO DI EROSIONE SEPOLTO DEL BASAMENTO DI ARGILLE AZZURRE PLIO-PLEISTOCENICHE LUNGO LA COSTA IONICA DELLA BASILICATA. (ABSTRACT). *ATTI CONV. A.IQUA - DIP. SCIENZE DELLA TERRA, UNIV. MESSINA: "IL CONTRIBUTO DELLE ANTICHE LINEE DI RIVA ALLA COMPRESIONE DELLA DINAMICA RECENTE. ESCURSIONI NELLO STRETTO DI MESSINA"*, MESSINA, MAGGIO 2003
- SPILOTRO G. (2003) - VARIAZIONI RELATIVE DEL LIVELLO MARE E VARIAZIONI DELLA LINEA DI COSTA: TENDENZE NATURALI E FATTORI ANTROPICI. *ATTI CONVEGNO SIGEA: CAMBIAMENTI CLIMATICI E DESERTIFICAZIONE IN AREA MEDITERRANEA, SIGEA, UNIV. BARI, 16.3.2002. IN: GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, PERIODICO SIGEA, ANNO XI, N. 2/2003, PP. 27-34*
- SPILOTRO G., CANORA F., CAPORALE F., LEANDRO G., VIGNOLA N. (2002) - HYDROGEOLOGY AND GROUNDWATER SALINISATION IN THE JONIAN COASTAL PLAIN OF THE BASILICATA REGION. 17TH SALT WATER INTRUSION MEETING, DELFT, MAY 2002
- SPILOTRO G., CAPORALE F. (1997) - MODELLING OF SEA WATER INTRUSION IN THE COASTAL CARBONATE MESOZOIC AQUIFER OF MURCIA (PUGLIA - SOUTHERN ITALY) ENSUING DEEP RECHARGE WITH TREATED WASTE WATER. *PROC. OF THE INT. CONFERENCE ON WATER PROBLEMS IN MEDITERRANEAN COUNTRIES, NICOSIA, NORTH CYPRUS, NOV. 1997*
- SPILOTRO G., CANORA F., CAPORALE F., LEANDRO G. (2004) - INTERVENTI NEI BACINI E DINAMICA DELLE COSTE. IN: IL PROCESSO DI INTERRIMENTO DEGLI INVASI: GENESI, EFFETTI ED INTERVENTI PER LA TUTELA DELL'AMBIENTE. MOLINO B. & VITA M. EDTS, *QUADERNI DELL'AUTORITÀ INTERREGIONALE DI BACINO DELLA BASILICATA*, VOL. 4 (IN PRESS).
- SPILOTRO G., FIDELIBUS M.D. (1995) - SEA LEVEL CHANGES AND SALT CONTENT IN THE PORE WATER OF THE TARANTO BLUE CLAYS. *PROC. OF XI ECSMF, THE INTERPLAY BETWEEN GEOTECHNICAL ENGINEERING AND ENGINEERING GEOLOGY, COPENHAGEN, 1995, VOL. 1, IN DGF-BULLETIN NO. 11, PP. 259-264, PUBL. BY DANISH GEOTECHNICAL SOCIETY, COPENHAGEN.*
- SPILOTRO G., GRIMALDI S., SOLE A. (1999) - CARTA GEOLITOLÓGICA DEI PRINCIPALI BACINI LUCANI (1:250.000) UNIV. BASILICATA, DIFA, VALUTAZIONE DELLE PIENE IN BASILICATA
- SPILOTRO G., LOCARDO A. (2003) - L'IDROGEOLOGIA COME PRINCIPALE FATTORE MORFOGENETICO: L'AREA DI TARANTO. *ATTI DIPARTIMENTO STRUTTURE, GEOTECNICA, GEOLOGIA APPLICATA, UNIBAS, N. 4, 2003*
- SPILOTRO G., MONACO L. (2003) - ANALYSIS OF THE FACTORS LEADING TO THE RECENT CHANGES OF THE IONIAN COASTLINE OF THE BASILICATA REGION (SOUTHERN ITALY) *ATTI DIPARTIMENTO STRUTTURE, GEOTECNICA, GEOLOGIA APPLICATA, UNIBAS, N. 3, 2003*
- TITUS J.G. (1990, 2002) - GREENHOUSE EFFECT, SEA LEVEL RISE AND LAND USE. *LAND USE POLICY*, APRIL 1990, VOL. 7, ISSUE 2, PP 138-153
- TURCO E., MARESCA R., CAPPADONA P. (1990) - LA TETTONICA PLIO-PLEISTOCENICA DEL CONFINO CALABRO-LUCANO: MODELLO CINEMATICO. *MEM. SOC. GEOL. IT.* 45, 519-529.
- VAN DIJK J.P., BELLO M., BRANCALONE G.P., CANTARELLA G., COSTA V., FRISA A., GOLFETTO F., MERLINI S., RIVA M., TORRICELLI S., TOSCANO C., ZERILLI A. (2000) - A REGIONAL STRUCTURAL MODEL FOR THE NORTHERN SECTOR OF THE CALABRIAN ARC (SOUTHERN ITALY). *TECTONOPHYSICS*, 324 (2000) 267-320.
- WILLIAMS M., DUNKERLEY D., DE DECKER P., KERSHAW P., CHAPPELL J. (1998) - QUATERNARY ENVIRONMENTS. *ARNOLD, LONDON.*