# DISSESTO GEOMORFOLOGICO STORICO NELLA SPIAGGIA DI RENA BIANCA

## LA SPIAGGIA DI RENA BIANCA E L'ORIGINE DEL DISSESTO

### LA SPIAGGIA EMERSA IN S.S. E CELLA SEDIMENTARIA

La spiaggia di Rena Bianca ha uno sviluppo di **200 m-210 m** con larghezza media sul vertice della falcata variabile fra **20 e 25 m circa.** Dati i suoi connotati fisiografici, è definibile come una ***Pocket Beach***, con caratteri morfologico-sedimentologici sia estivi che invernali che, come detto, richiamano a condizioni di **alta riflettività**[1] del paraggio, tali da escluderne, al momento, uno stato di sofferenza per erosione marina.

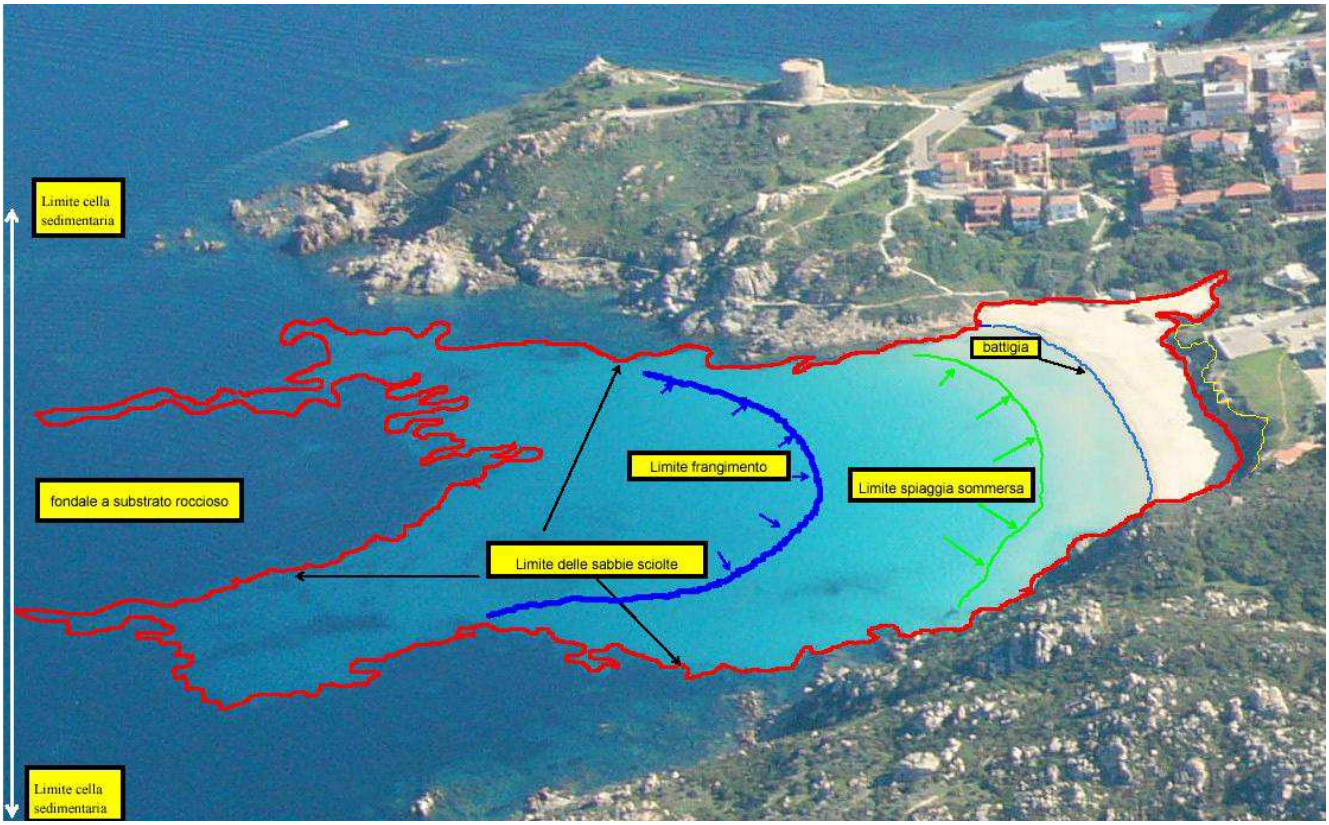


Foto 1: Panoramica aerea dell'Ottobre 2006. Interpretazione geomorfologica della cella sedimentaria

Il bilancio sedimentario ha nello smantellamento dunare e nell'apporto fluviale i suoi fattori di *input*, mentre in perdita (*output*) vanno considerate, in questo caso soprattutto, le

[1] Questo termine, si badi, è utilizzato in termini relativi, ovvero rispetto ad altre condizioni di *Pocket beach* del litorale sardo. Va pure notato che dati i mutamenti stagionali, tale attributo si rifà soprattutto alla condizione invernale. Si veda, ad ogni modo, il contenuto di cui al Paragrafo: "Integrazione Specifica"

aliquote sottratte dal calpestio (si veda il paragrafo successivo). Trascurabili o nulle sono quelle per via marittima. Infatti poiché la direzione del treno d'onde all'interno della unità fisiografica non è mai obliqua dato l'effetto deviante per diffrazione operato dai due promontori. non può ritenersi significativo il richiamo tangenziale dei sedimenti sciolti sommersi; così pure la perdita in ambito subacqueo verso altre celle sedimentarie, deve considerarsi trascurabile nel bilancio. Più importante, in termini storici, appare la perdita per via antropica, sia quella ordinaria veicolata dal calpestio ovvero da una fruizione non sottoposta né assoggettata ad alcun criterio, tanto meno a quello della *carrying capacity* (capacità di carico), sia quella straordinaria, intervenuta a seguito di manipolazioni della geomorfologia originaria e conseguenti sottrazioni. Di seguito si presentano i risultati di ulteriori valutazioni su tale argomento.

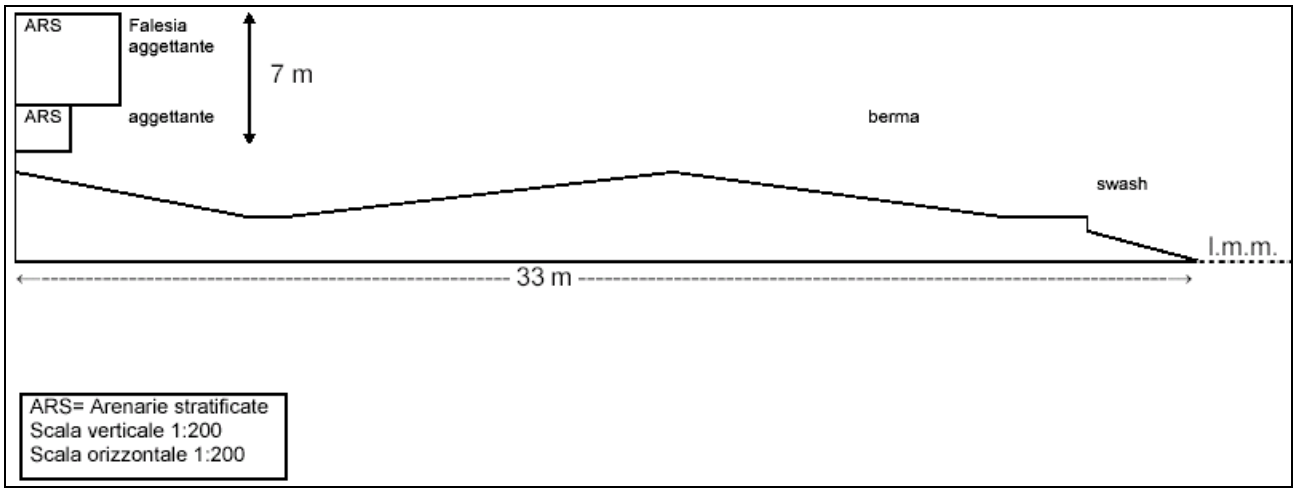



Fig.2: profilo di spiaggia (del 24-12-06) al traverso della zona più aggettante. Si noti che 33 m costituiscono la lunghezza comprensiva del punto più basso della *swash zone* e della profondità dell'aggetto. La spiaggia in senso stretto ha sviluppo trasversale di circa 25 m

## ***VALUTAZIONE DELLE PERDITE STORICHE DA CALPESTIO SULLA SPIAGGIA DI RENA BIANCA (SANTA TERESA GALLURA)***[2]

Vengono di seguito formulate alcune realistiche ipotesi concernenti la frequentazione ed il livello di Carico Turistico della spiaggia di *Rena Bianca*, con lo scopo di stimare le verosimili e consistenti perdite di risorsa sabbiosa conseguenti sul contesto dal carico umano.

[2] Questa parte costituisce un'aggiunta ad integrazione della Relazione Geologica di cui al Progetto Definitivo

| Ipotesi | | Presenze | g | giorni | g tot. | $cm^3$ | $m^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | a | 1.000 | 5 | 62 | 310.000 | 206.666 | 0,207 |
| | b | 1.000 | 10 | 62 | 620.000 | 413.333 | 0,413 |
| | c | 1.000 | 15 | 62 | 930.000 | 620.000 | 0,620 |
| B | a | 2.000 | 5 | 62 | 620.000 | 413.333 | 0,413 |
| | b | 2.000 | 10 | 62 | 1.240.000 | 826.666 | 0,827 |
| | c | 2.000 | 15 | 62 | 1.860.000 | 1.240.000 | 1,240 |
| C | a | 3.000 | 5 | 62 | 930.000 | 620.000 | 0,620 |
| | b | 3.000 | 10 | 62 | 1.860.000 | 1.240.000 | 1,240 |
| | c | 3.000 | 15 | 62 | 2.790.000 | 1.860.000 | 1,860 |
| D | a | 4.000 | 5 | 62 | 1.240.000 | 826.666 | 0,827 |
| | b | 4.000 | 10 | 62 | 2.480.000 | 1.653.333 | 1,653 |
| | c | 4.000 | 15 | 62 | 3.720.000 | 2.480.000 | 2,480 |
| **E** | **a** | **5.000** | 5 | 62 | **1.550.000** | **1.033.333** | **1,033** |
| | b | 5.000 | 10 | 62 | 3.100.000 | 2.066.666 | 2,067 |
| | **c** | **5.000** | 15 | 62 | **4.650.000** | **3100.000** | **3,100** |

Tab.1 : Calcolo delle perdite per calpestio ne periodo Luglio + Agosto (62 giorni)

| Ipotesi | | Presenze | g | giorni | g tot. | $cm^3$ | $m^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| F | a | 500 | 5 | 91 | 227.500 | 151.666 | 0,152 |
| | b | 500 | 10 | 91 | 455.000 | 303.333 | 0,303 |
| | c | 500 | 15 | 91 | 682.500 | 455.000 | 0,455 |
| **G** | **a** | **750** | **5** | **91** | **341.250** | **227.500** | **0,228** |
| | b | 750 | 10 | 91 | 682.500 | 455.000 | 0,455 |
| | **c** | **750** | **15** | **91** | **1.023.750** | **682.500** | **0,683** |

Tab.2 : Calcolo delle perdite per calpestio nel periodo Maggio + Giugno + Settembre (91 giorni)

E' noto infatti in letteratura che tale sottrazione raggiunga gravi livelli in tutte quelle situazioni in cui all'azione di marketing territoriale non venga o non sia stata fatta corrispondere una parallela azione culturale tesa all'informazione ed alla educazione sull'uso della risorsa fisica, ovvero la sabbia. Considerato il contesto, praticamente privo di nuovi e significativi apporti e, visto il fenomeno di arretramento della falesia, la questione non è di poco conto in termini di garanzia e salvaguardia della risorsa.

Nella 4^ colonna da sinistra con **g** vengono riportate le ipotetiche quote di sabbia in grammi quotidianamente sottratte, ovvero asportate per calpestio ecc. da ciascun bagnante. Nella 6^ colonna con **g tot**. = **Presenze x g x giorni** è indicata la quota annuale sottratta alla spiaggia nel periodo estivo a causa della frequentazione. **A** , **B**, **C** e **D** configurano i vari scenari medi di **presenze quotidiane** nei mesi centrali della

cosiddetta stagione estiva, **F** e **G** quelli dei *mesi spalla* e con minor numero di presenze in media.

Si è passati dal peso in g tot al volume in $cm^3$ ponendo il peso di volume delle sabbie pari a **1,5 g/ $cm^3$** .

Pertanto, ipotizzando un ammontare medio di **5000 presenze**[3] quotidiane nei mesi centrali (**Ipotesi E**), e di **750** nei mesi spalla (**Ipotesi G**), si avrebbero, rispettivamente nella migliore ($E_a + G_a$) e nella peggiore delle ipotesi ($E_c + G_c$),:

($E_a + G_a$) = 1,033 $m^3$ + 0,228 $m^3$ = 1,261 $m^3$/anno di sabbia sottratta per ogni stagione balneare

**($E_c + G_c$)** = 3,100 $m^3$ + 0,683 $m^3$ = 3,783 $m^3$/anno di sabbia sottratta per ogni stagione balneare

Ricapitolando:

se si prende come riferimento di partenza l'anno1970, in 36 anni si otterrebbero i seguenti risultati:

| Ipotesi di calcolo | Sabbia sottratta per ogni stagione balneare | n. anni considerati | Totale perdite per calpestio |
|---|---|---|---|
| ($E_a + G_a$) | 1,261 $m^3$/anno | 36 | **45,396 $m^3$** |
| ($E_c + G_c$) | 3,783 $m^3$/anno | 36 | **136,188 $m^3$** |

Tab. 3

se si prende come riferimento di partenza l'anno 1962 (Anno presumibile della foto storica allegata), in 45 anni si otterrebbero i seguenti risultati:

| calcolo | sabbia sottratta per ogni stagione balneare | n. anni considerati | Totale perdite per calpestio |
|---|---|---|---|
| ($E_a + G_a$) | 1,261 $m^3$ | 45 | **56,75 $m^3$** |
| ($E_c + G_c$) | 3,783 $m^3$ | 45 | **170,24 $m^3$** |

Tab. 4

In conclusione il deficit storico relativo all'ipotesi più drastica riferito a 45 anni di tempo intercorso (**170,24 $m^3$**), appare più che verosimile nel calcolo della perdita da *Carrying Capacity* ma non tale da giustificare per intero, rispetto alle attuali condizioni di riscontro, l'arretramento subito dalla linea di battigia nello stesso periodo.

[3] Si noti che il Comune, nel documento di cui al prot.5240 del 29-03-2003, avente come oggetto "Realizzazione del Progetto I.F.F.I- interventi in spiaggia La Rena Bianca" - *Scheda riepilogativa*- dichiara che: "***La spiaggia in argomento risulta quella più frequentata nel territorio comunale, con una presenza continuativa di persone, mediamente calcolata su tutta la giornata e durante il periodo turistico di circa 3000-3500 persone/ora***".
In tal senso, ipotizzando una giornata balneare di 8 h si avrebbero: 3500 p x 8 h = 28000 presenze giornaliere che ripartite su 4 h di permanenza a testa, porterebbero a dover considerare un carico medio di 7000 presenze in totale ogni giorno. Nel qual caso, introducendo 7000 nel calcolo di tab. 2 e lasciando invariati i restanti dati, si arriva a dimostrare una perdita totale di **circa 5 $m^3$ /anno, del tutto insostenibile per un sistema chiuso e vincolato come quello di Rena Bianca.**

Si devono quindi ammettere ulteriori fonti di sottrazione, dal momento che, come detto in precedenza, il paraggio ben difficilmente può dirsi sottoposto ad azioni erosive marittime, se non quelle a carattere stagionale legate ai sistemi di correnti trasversali che modificano i profili di spiaggia.

Ad ogni buon conto le perdite di circa **3,8 m$^3$/anno** che si delineano con lo scenario **$E_c$ + $G_c$** (così come quelle di **1,26 m$^3$/anno,** con lo scenario $E_a$ + $G_a$) non possono dirsi compatibili sul lungo periodo con l'esigenza di conservazione dello stock volumetrico di risorsa (vedi anche nota n.3). Ciò è valido ovviamente anche, sul piano paesistico, viste le potenziali conseguenze innescabili con l'arretramento della linea di costa, conseguente a perdita di volumi ed appare di per sé tale da rendere legittima, ai fini di tutela e garanzia del bene, l'introduzione di una disciplina d'uso della spiaggia più severa di quella attuale (da adottarsi in sede di P.U.L.) unitamente ad una campagna a carattere educativo-culturale sui frequentatori da attuarsi ogni anno durante l'intera stagione balneare.

***LA FALESIA IN RAPPORTO ALLA SPIAGGIA***

Il paraggio risulta esposto a Nord, quindi può, in verità, andare soggetto agli eventi meteomarini invernali intensi relativi alle mareggiate di grecale (NE), mentre è piuttosto protetta dai moti ondosi sospinti da vento di Maestrale (NW). Non si esclude che le mareggiate più significative del passato possano aver investito la falesia a calcareniti retrostante la spiaggia e possano essere state, quindi, in parte responsabili di aggressioni meccaniche a carico della base del corpo roccioso, con sviluppo su di essa di erosioni differenziali. Questa ipotesi, ancorché poco probabile, non inficia il modello più generale.

E' infatti del tutto evidente, come detta parte basale del corpo di falesia, anche a causa delle sue caratteristiche geo-litologiche, sia soggetta ad un aggressione di probabile natura chimico-fisica sulla parte carbonatica con tendenza del materiale a perdere coesione a partire dalla superficie, quindi a sbriciolarsi progressivamente. Anche in condizioni di riduzione del livello piezometrico o di assenza stagionale di circolazione sotterranea il materiale in questione manifesta una buona **igroscopia** e trattiene l'umidità atmosferica o l'areosol derivante dalla deflazione eolica. Ciò può dare luogo, come accade spesso nei litotipi carbonatici, a fenomeni di degrado superficiale per **carsismo** dei carbonati e, soprattutto in questo caso, per **aloclastismo**.

Tali dinamiche debbono considerarsi costanti ed accelerate anche dalla stagionalità dei fenomeni. L'intervallo estivo, in questo sito, dà luogo a venti da NE (Grecale) che spesso

sono il surrogato locale della circolazione regionale da SE (Scirocco) (prevalente d'estate), quindi determinano un cospicuo apporto di salsedine con l'umidità e favoriscono, per effetto termico di espansione, anche l'indebolimento fisico. Già questo presupposto potrebbe giustificare che i distacchi dalla base del fronte aggettante di piani stratoidi o parti minori di dette porzioni più terrigene, si verifichino nei successivi primi periodi piovosi autunnali, quando l'incremento dell'infiltrazione potrebbe convogliare anche aliquote idriche per il tramite del circuito sotterraneo. Sul piano idrogeologico infatti come detto poco sopra, le sabbie sottostanti le calcareniti quaternarie trattengono il circuito idrico che s'instaura a partire dai termini soprastanti ed appaiono altresì piuttosto igroscopiche.

Attualmente questi piccoli distacchi sono visibilmente attivi nelle porzioni denudate a causa del permanere della circolazione idrica sotterranea, vista l'abbondanza degli afflussi stagionali.

Va detto che la maggiore pericolosità fenomenologica si è sviluppata storicamente lungo la falesia in concomitanza o posteriormente ad eventi di piovosità intensa. Per la verità, quindi, va valutato attentamente anche il ruolo delle acque affluenti o ricadenti in prossimità dei siti che sono sottoposti ai distacchi. C'è da notare che l'area attualmente più precaria, peraltro retrostante il perimetro della concessione balneare (vedi Foto-Atlante), è favorevole a drenare una parte delle acque qualora provenissero ingenti dal versante, in particolare dallo sterrato ricavato secondo la pendenza massima, che separa gli ultimi edifici a monte della falesia.

Il confronto delle illustrazioni fotografiche storiche del paraggio negli ultimi cinquanta anni (vedi anche paragrafo precedente), conferma che **la spiaggia ha perduto volumi significativi di sedimenti** e di come ciò abbia determinato la riduzione altimetrico-topografica del livello sabbioso rispetto alla parete di falesia, soprattutto nella sua parte orientale, corrispondente grosso modo all'asse centrale dell'arenile. Si è così avuta una debole progradazione verso il mare della linea di costa ed un denudamento della base della parete centrale. Questa nuova condizione si è rivelata predisponente ai successivi specifici dissesti dell'area. Tuttavia sul bordo più occidentale della spiaggia i fenomeni prescindono da questa dinamica e rientrano nella normale attività di arretramento delle falesie strutturate su litotipi deboli.

Qui il pendio ed il relativo accumulo di materiali al piede appaiono quasi pressoché stabilizzati secondo l'angolo di riposo dei materiali ovvero in equilibrio con le dimensioni metriche e submetriche dei materiali distaccatisi storicamente.

***LO STATO DEL DISSESTO***

Rispetto alla litostratigrafia illustrata, in affioramento i banchi meno cementati sono quelli basali. Si tratta di almeno due termini specifici: quello sabbioso più basso di colore bruno arrossato e quello sabbioso-siltoso più chiaro i cui banchi precedono i termini lapidei veri e propri. Essi tendono ad essere più vulnerabili rispetto alle aggressioni fisico-chimiche esterne (aloclastismo, termoclastismo e carsismo della componente carbonatica). I termini più alti della falesia, ben cementati, a maggior resistenza al taglio e con caratteri di migliore durevolezza, risultano di norma, in condizioni naturali **più o meno aggettanti** (da **0,5 m** a **1,5 m**) per erosione differenziale alla base (ma anche, in misura minore all'interno della sequenza degli strati). Sono pertanto tali termini che tendono a collassare verso il basso, secondo maggiori magnitudo, quando il peso del carico litostatico supera la forza resistente (resistenza al taglio diretta o a trazione) in concomitanza di condizioni idrologiche e morfologiche favorevoli affinché ciò avvenga. Il ribaltamento si verifica soltanto in presenza di un pendio sul quale il blocco possa rotolare (vedi oltre). Molti dei blocchi rotolati in passato hanno volume >1 $m^3$ ed i loro accumuli sono visibili a partire dal lato ad Ovest dell'area con maggiore sporgenza (fino al termine dell'affioramento in paleodune), dove costituiscono il raccordo con la falesia, secondo angoli di riposo anche > 60°.

L'orlo roccioso della falesia ha uno sviluppo di circa 150 m ed un'orientazione zigzagante fra N 270° e N 290°. Anche l'esposizione del fronte roccioso è pertanto rivolta sempre a N. In planimetria la parte concava corrisponde all'orlo della scarpata in frana.

La sua altezza rispetto al piede sabbioso della falesia varia da circa 4-5 m sul lato più basso orientale (poco ad ovest la scalinata di accesso), ai **7 m** sul punto con aggetto più pronunciato, a circa **11-13 m** sull'estremo lato occidentale, il cui orlo di falesia dista circa 30 m dalle pertinenze di un edificio posto a monte.

Il dettaglio litostratigrafico ha documentato la seguente sovrapposizione dal basso verso l'alto:

1. **Sostrato in roccia granitica;**
2. **Conglomerato ben cementato a ciottoli di granito, interposto in sacche discontinue (0,5 m-1 m);**
3. **Banco sabbioso-siltoso, addensato, rubefatto, con livelli di ghiaie e ciottoletti di granito, superficialmente cementato per compattazione (1 m-1,5 m);**

4. **Banco eolianitico sabbioso-siltoso a cemento carbonatico, stratificato, giallastro, poco addensato, tenero (1,5 m);**
5. **Banco siltoso-argillo-marnoso bruno-rossastro debolmente plastico (0.5 m);**
6. **Banco eolianitico sabbioso-siltoso a cemento carbonatico, stratificato, giallastro, poco addensato, con lenticelle di argille-marnose (1–1.5 m);**
7. **Banchi di arenarie eoliche fossili ben cementate da $CaCO_3$ a stratificazione incrociata (3,5-4 m, variabili lungo il fronte).**

Ulteriori e più recenti termini, infine, sono osservabili nell'intorno, al passaggio col versante in roccia granitica ove si localizzano depositi di pendio recenti colonizzati da vegetazione, blocchi testimoni della franosità relitta diffusa messa in evidenza nel P.S.A.I. come pericolosità di valore **$H_2$** (vedi Stralcio P.S.A.I.).

L'arretramento della falesia, sia pure in termini piuttosto contenuti, è da considerarsi proseguito rispetto ai rilievi del P.S.A.I., come documentano le foto del 2000, quelle del Gennaio 2004 e del Maggio-Giugno 2005. Nel primo caso i fenomeni erano quelli a carico del settore Ovest della spiaggia; nel secondo hanno riguardato anche quello Est; nel terzo proseguono solo ad Est (Area più critica anche perchè soggetta a maggior frequentazione).

Si tratta di contesti diversi che rientrano nella casistica dei fenomeni di crollo e ribaltamento i primi (anno 2000) ed in quella dei crolli semplici i secondi (anni 2004 e 2005) (vedi Foto Atlante).

**IL TRATTO PIÙ CRITICO**

Lungo lo sviluppo della falesia, i banchi di cui al punto **7** si possono presentare, sostenuti dai sottostanti strati arenacei a profilo concavo, con aggetti di norma sporgenti 0.7 m-1,5 m (4,5 m nel punto più critico). Valutando l'intera situazione e i possibili scenari, essi divengono fonte di rischio per l'arenile, poiché si trovano in condizioni tali da farne ammettere la precarietà soprattutto se si considera la progressiva tendenza al deterioramento dei termini sottostanti e la possibilità che vengano raggiunti, almeno in taluni settori, da acque di dilavamento. Parte dell'orlo della falesia risulta, inoltre, essere privo di qualunque forma di protezione vegetale naturale. Per quanto, a dire il vero, la situazione peggiore, da questo solo punto di vista, si prospetti per il fronte meno rilevato sul livello di spiaggia (5-7 m), l'altezza è pur sempre in grado produrre pericolosità elevata e conseguente rischio, data anche la più facile accessibilità del tratto.

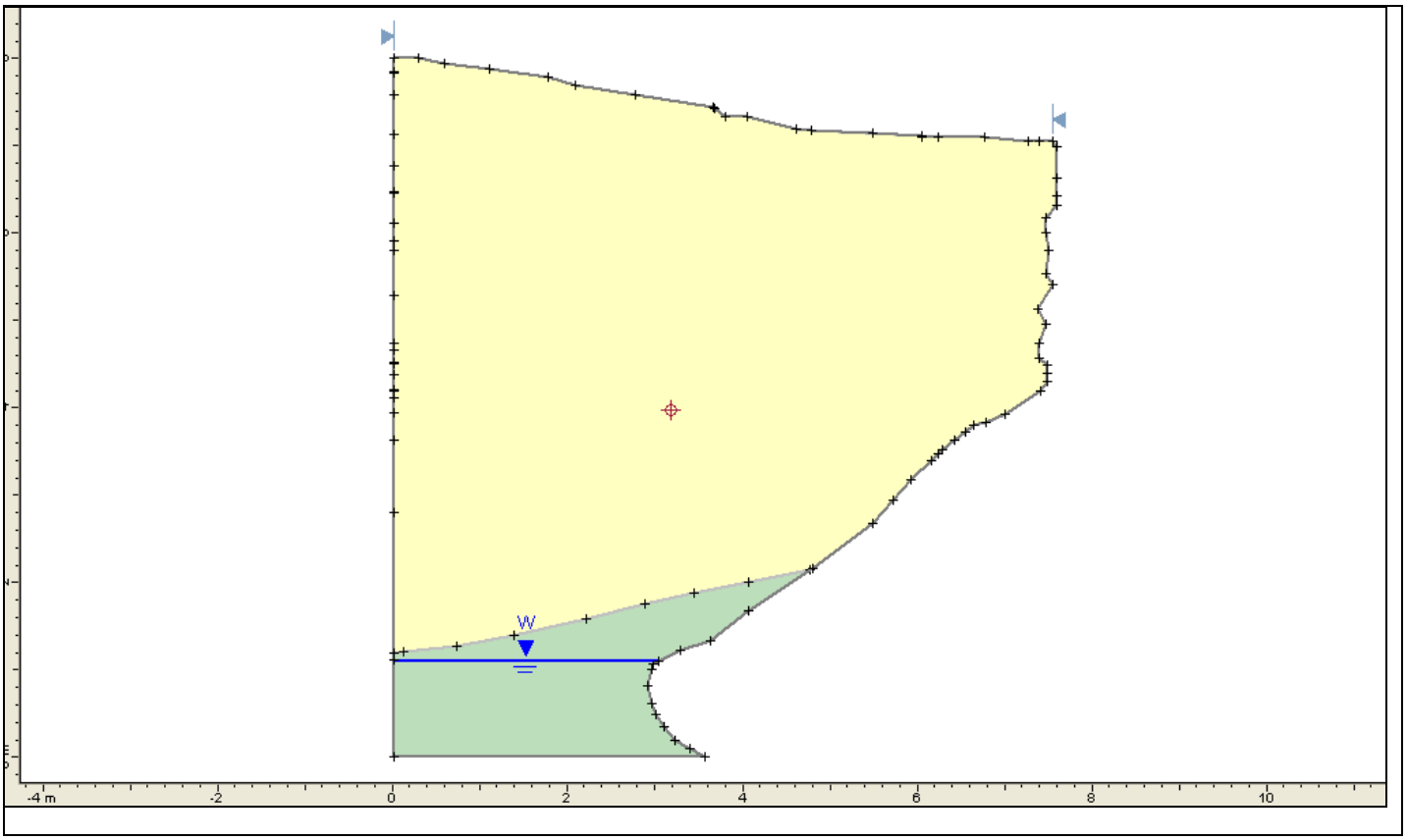



Fig. 23 Sezione trasversale della falesia al traverso del massimo aggetto (le cifre sono riferite ai dislivelli relativi non al livello del mare). Le unità della stratigrafia a pag. 19, sono state raggruppate in due formazioni: In basso (verde) sono comprese le unità dal 2 al 3; in alto (giallo) quelle dal 4 al 7. W segna il limite osservato della piezometrica.

**LA FRANOSITA' E LE FRANE**

Si è osservato come **l'elemento d'innesco principale del crollo dei blocchi sia la circolazione idrica** di superficie che riduce le tensioni in grado di sostenere la resistenza al taglio necessaria a contrapporsi alla gravità, mentre **l'elemento predisponente** risulta l'aggetto di banchi arenacei ben cementati su quelli sottostanti, meno addensati ed erosi. L'incremento del fenomeno col tempo rende la condizione geometrica del fronte più critico, sempre più precaria. Il fenomeno deve considerarsi **attivo**, e, meglio ancora **riattivato**, ovvero **attivo dopo essere stato inattivo**. Va detto che in 5 anni lungo lo sviluppo della falesia sono stati osservati, come detto, almeno 3 episodi legati a distacchi significativi con relativi ribaltamenti nella parte Ovest (a questi fa riferimento la perimetrazione P.S.A.I). La documentazione fotografica (Foto Atlante) attesta la prosecuzione del fenomeno nel settore aggettante della falesia, fra Gennaio 2004 e Maggio 2005, con incremento di accumuli al piede della volta escavata.

Le ricognizioni hanno rivelato, inoltre, come la parte più esposta ad acque superficiali di dilavamento sia nei fatti anche quella in cui si sono riscontrati i distacchi più recenti. Quantunque il bacino di alimentazione sia piuttosto limitato, è evidente l'influenza

dell'acclività delle superfici nel convogliare velocemente i volumi d'acqua che si scaricano dalle falde settentrionali del M.te Bandiera. Tale velocità consente all'acqua un più rilevante **potere erosivo**. L'acqua inoltre può insinuarsi in parti meccanicamente indebolite, per azione esterne, delle bancate superiori e col tempo continuare a deteriorare per via fisico-chimica il materiale lapideo. E' pur vero che, salvo **deboli indizi di fessura** (FotoAtlante, Foto 7), non si sono rilevate vere e proprie fratture degne di nota nelle porzioni ben esposte, ma non si può escluderne la presenza nelle aree ricoperte da vegetazione.

Questa, dal canto suo, è presente sugli orli del settore occidentali del fronte di falesia e se, da un lato, su di esso impedisce o rallenta l'azione meccanica erosiva del dilavamento, riducendo anche l'assorbimento idrico per via sotterranea, dall'altra può contribuire nel tempo con gli apparati radicali, ad un certo deterioramento strutturale della roccia, soprattutto ove vi fossero o con fratture ex novo sui banchi sommitali. La sua presenza sul pendio che precede la scogliera in granito nella parte terminale della falesia e della spiaggia, concorre a difendere il sito dall'azione del dilavamento e di erosione differenziale e a rallentare la velocità del rotolamento dei blocchi che dovessero collassare. L'acclività media del pendio è rilevante (>50 °, crescente dal piede all'orlo) ma alle soglie della stabilità rispetto alle dimensioni dei materiali che lo compongono. Sta di fatto che attraverso di esso possono ribaltare eventuali distacchi della cornice lapidea superiore, contribuendo in tal modo a far avanzare l'*unghia* della frana che deve essere definita a **distribuzione retrogressiva**. Sulle cornici occidentali più elevate a monte del viottolo d'accesso (ad oggi sbarrato con massi a monte, ma sempre in grado di funzionare come via d'acqua) sono segnalabili sgrottamenti ed aggetti minori che evidenziano come il fenomeno prescinda dall'azione del moto ondoso

Infine, proprio per la facile accessibilità del sito e per la prevedibile altissima frequentazione dello stesso durante la stagione estiva, sia in alto a monte che in basso sull'arenile, si richiama l'attenzione sul fatto che in tale situazione di dissesto, proprio la frequentazione dell'orlo della falesia, potrebbe recare ulteriore nocumento alla pubblica incolumità, inducendo nel tempo un deterioramento complementare delle condizioni geomeccaniche ai limiti della struttura naturale. E' pertanto, per tale ragione che, nell'eventualità o meno che si ultimassero i lavori a cui di seguito si farà riferimento, dovrà essere interdetto il tratto all'accesso ed alla percorrenza di qualunque soggetto o mezzo meccanico. Tale misura è funzionale agli obiettivi di progetto e pertanto, proprio per tali ragioni, complementari alle opere, **dovrebbero essere previste opportune strutture di**

**dissuasione nonché interventi di tipo non strutturale di mitigazione del rischio, tesi alla diffusione delle informazioni** (come previsto, del resto, a pag.31 delle Linee Guida del P.S.A.I. e in coerenza col punto (e) dell'art. 7 del Bando di Candidatura).

Al momento (a consuntivo di quanto rilevato a Giugno 2005, Dicembre 2006, Luglio 2007, non sussistono evidenze che facciano ritenere imminente il crollo delle coperture lapidee aggettanti del tratto più critico orientale della falesia, ma solo elementi chiari che attestano in quel luogo, la perdita per disfacimento, per crolli naturali ridotti e per intervento umano, dei volumi arenacei di sostegno dei prismi aggettanti. Si deve rilevare altresì, a margine di tutte le osservazioni ed alla luce di quanto documentato nei sopralluoghi estivi del **16 Giugno 2005, 8 Giugno 2007**, **18 Luglio 2007**, di come l'abitudine da parte dei bagnanti d'intrattenersi al di sotto della parete aggettante (derivante dal fatto che le pertinenze sono in ombra nei momenti più caldi delle giornate estive) vada lentamente ma inesorabilmente incrementando la condizione di pericolo (ed ovviamente di rischio). Infatti si è constatato come, per scopi ludici, alcuni bagnanti abbiano asportato ulteriori quantitativi di sabbia dalla parete al solo scopo di ricavare sulla roccia sculture in bassorilievi. Orbene, tale pratica, al di là degli eventuali aspetti legali che potrebbe suscitare dal punto di vista dell'Amministrazione pubblica competente, deve considerarsi oltremodo deleteria nel contesto di dissesto, per diverse ragioni:

**1^ ragione**: poiché, ovviamente, le continue sovra-escavazioni manuali riducono progressivamente il valore delle forze resistenti a sostegno degli aggetti;

**2^ ragione:** induce piuttosto facilmente un vistoso effetto "*curiosità ed emulazione*" che innalza il pericolo;

**3^ ragione**: essa ha potere attrattivo soprattutto sui bambini che si avvalgono della "grotta" venutasi a creare, incrementando, così, l'aliquota di rischio.

La cornice sovrastante la cosiddetta "grotta" sporge rispetto alla parte più interna di questa di circa 5 m. Le condizioni attuali, la facilità con cui si possono provocare anche manualmente distacchi di piccole porzioni, stante il permanere nelle litologie inferiori della scarsissima resistenza al taglio e della riduzione della coesione a causa dell'effetto di disseccamento conseguente alla riduzione della presenza d'acqua, sono tali da far auspicare un più che sollecito provvedimento amministrativo **mirante alla interdizione della frequentazione.** Tanto più che **le pertinenze del sito ricadono (da quanto è dato dedurre sul terreno), all'interno dell'unica area di concessione balneare sulla**

**spiaggia.** A tale proposito non si può non notare come di tutta la problematica di pericolosità e di rischio, non sembra essersi tenuto conto nè nel progetto (il chiosco sottostà una porzione pericolosa) nè nell'istruttoria relativa alla concessione balneare e nel conseguente assenso. Il paradosso è dunque evidente.

## CONCLUSIONI

Allo stato attuale, dunque, alla luce dei rilievi condotti, della situazione documentata, delle riflessioni a carattere geo-ingegneristico avute anche con lo Staff di progettazione, ai fini del consolidamento della parete rocciosa emerge un quadro d'informazioni tale da ritenere indispensabili i seguenti obiettivi:

**[1]** Ridurre al minimo, se non proprio annullare, la possibilità di deflusso idrico, diffuso o incanalato, su tutta l'area immediatamente a monte della falesia mediante opportune opere di drenaggio che intercettino, adeguatamente posizionate, rispetto alle pendenze, i volumi d'acqua provenienti da monte;

**[2]** Ridurre al minimo, se non proprio annullare, la possibilità di deflusso idrico per via sotterranea verso la falesia ed in particolare verso le sabbie poco addensate che ne costituiscono la base;

**[3]** Rallentare la velocità di transito dell'acqua al di là delle opere suddette ed impedire qualunque manifestazione erosiva (lato Est);

**[4]** Rallentare i fenomeni di arretramento della parte superiore della falesia e scongiurare la possibilità di nuovi crolli nell'area più critica a profilo verticale ed in quelle circostanti con pendio al di sotto;

**[5]** Ripristinare la naturalità del settore occidentale, mediante un rinverdimento mirato sul tratturo ricavato sul pendio per l'accesso alla spiaggia;

**[6]** Impedire, con strumenti e finalità preventivi, l'accesso alle parti estreme superiori della falesia e quelle sottostanti, mediante opportune segnalazioni e delimitazioni e con forme di dissuasione;

**[7]** Dare informazione della pericolosità della situazione alla cittadinanza ed ai frequentatori della località, attraverso prodotti a carattere mediatico.

Per i punti **[1]**, **[2]** e **[3]** si è ritenuto di realizzare all'interno dello stesso tracciato

**a)** una trincea drenante

**b)** una rete di convogliamento delle acque superficiali

La sovrapposizione di opere sullo stesso tracciato consegue da considerazioni di opportunità ambientale e paesistica, oltre che dalla necessità di ridurre al minimo le movimentazioni di terre. Tali opere dovranno ubicarsi necessariamente alle spalle della falesia. Le condizioni urbanistiche in rapporto alle esigenze tecniche di drenaggio superficiale oltre che sotterraneo fanno propendere verso una soluzione che sfrutti la stradina sterrata che attualmente percorre il piano parallelamente alla costa.

Si ritiene, in accordo col progettista ingegnere idraulico, che tali soluzioni possano ridurre sensibilmente, il richiamo di acque verso la parete in falesia, sia di quelle superficiali che verrebbero catturate dalla struttura **b),** sia di quelle che per via sotterranea verrebbero intercettate attraverso l'intervento **a)**.

La trincea drenante ha, infatti, lo scopo di richiamare verso il suo fondo (dove si calerà una tubazione apposita, secondo **Schema Allegato** al progetto) le acque d'infiltrazione locali e quelle di falda e di allontanarle per gravità; conseguentemente di ridurre i volumi che possono raggiungere la costa, e quindi, di abbassare verso valle il livello piezometrico della falda. Stanti le osservazioni fin qui compiute e pur in assenza, dati gli strettissimi tempi a disposizione, di ulteriori approfondimenti geognostici specifici (che verranno realizzati nella fase esecutiva), miranti a caratterizzare con dettaglio gli spessori dei singoli termini, la trincea non dovrebbe avere profondità inferiore ai **4 m** . Secondo la stratigrafia in falesia essa dovrebbe spingersi, in realtà, ad almeno 5,5 m - 6 m, ma è piuttosto probabile che nell'area scelta si verifichi una riduzione degli spessori dei vari termini litologici rilevati, secondo un classico modello a "*Becco di Flauto*", ovvero con un progressiva tendenza alla rastremazione verso monte del corpo sedimentario continentale (il quale, in verità, con tutta evidenza prograda verso l'alto morfologico e prosegue incuneandosi in direzione SSW almeno fino ai 25-27 m di quota s.l.m.). Ciò che fa ritenere sufficiente al momento la profondità prospettata.

Tale intervento è da ritenersi appropriato sul piano geologico, fermo restando che, a parere di chi scrive:

- andrebbe contenuta al minimo la movimentazione di terre e di scavi, riducendo la larghezza della trincea;
- il posizionamento del sistema d'intercettamento delle acque deve tenere conto, oltre gli aspetti idraulici del problema (portate e volumi d'acqua da intercettare), anche di quelli morfologici e litologici della pericolosità. E' anche per questo che l'opera è stata collocata, a ragionevole distanza dal fronte in deterioramento, non così distante tuttavia da inficiare o banalizzare la funzione idrogeologica prevista (per esempio con una

superficiale realizzazione della stessa entro il sostrato granitoide). Sembra opportuno quindi approfittare della presenza della stradina per affiancarvi e localizzarvi l'intervento di trincea e canaletta;

- occorrerà pianificare una soluzione per lo scavo che non comporti in esecuzione il cedimento delle pareti della trincea. Salvo i termini cementati superiori calcarenitici, le arenarie e sabbie sottostanti possiedono certamente un'ottima lavorabilità (rippabilità) mediante i tradizionali mezzi meccanici (Terne), ma tendono a frantumarsi, sistemandosi secondo angoli di riposo bassi (25°-28°), a causa della modesta coesione ed attritività. La stabilità delle pareti più profonde dello scavo sulle litologie sabbiose andrà, quindi, assicurata mediante opportune strutture di contenimento come a palancole e sbadacchiature.
- Poiché trattasi di trincea poco profonda (< 6 m; sensu Terzaghi) non dovrebbe essere necessario il calcolo della spinta delle terre. In alternativa, opportune prove di laboratorio potrebbero stabilire la coesione effettiva delle sabbie per calcolare a quale profondità può spingersi lo scavo senza necessitare di sostegni. Stanti le evidenze di superficie, ed in particolare i profili di falesia i terreni debbono considerarsi, comunque, con capacità di autosostegno, lavorabili con martello demolitore in superficie (fino ad H =3 m) e con pala meccanica a sezione ristretta sul fondo (> 3 m);
- Poiché sarà assai probabile il reperimento della falda soprattutto qualora si operasse nella stagione invernale o comunque dopo afflussi copiosi, è bene prevedere il funzionamento di pompe idrauliche per l'aggottamento entro lo scavo almeno sino alla completa sistemazione dei dispositivi atti a completare la funzionalità della trincea drenante. Occorrerà inoltre rammentare che di norma il pompaggio può provocare tendenze al cedimento entro le porzioni drenate dello scavo.

E' stato, inoltre, previsto ed è coerente con gli scopi, un intervento di rinverdimento dell'area retrostante la falesia.

Per quanto attiene al punto **[4]** si ritiene inoltre utile:

- bonificare la parete critica più aggettante (presso la quale si estende la concessione balneare e che comprende il chiosco in legno), riprofilandola ed abbattendo con disgaggio mirato e limitato gli aggetti.
- Verificare l'eventuale evoluzione della precarietà al momento dell'intervento anche sui fronti denudati più ad Ovest, per disporre o meno medesima soluzione.

- Riutilizzare tutti i blocchi di risulta (nonché ulteriori surplus derivanti dalle escavazioni della trincea per sostenere e modellare la parete nella porzione più critica ricostruendo un pendio favorevole al rinverdimento con vegetazione in essenze autoctone.

Le ipotesi d'intervento in falesia sono prospettate tenendo conto soprattutto del profilo paesistico e ovviamente s'intendono subordinate al parere del competente Ufficio Regionale e sono rivedibili in funzione di eventuali apporti e suggerimenti .

Come ulteriore misura di salvaguardia, anche al fine di scoraggiare l'accesso in aree divenute, a seguito dell'intervento "aree di attenzione", si può prevedere, in accordo con l'Amministrazione comunale, anche l'ulteriore possibilità di **installazione di apposito sistema di monitoraggio con telecamera sull'area di pertinenza, che possa assolvere alla funzione di deterrenza di cui si è detto e di controllo delle condizioni sia meteomarine che geomorfologiche di evoluzione**. Tale misura persegue anche lo scopo di controllare la correttezza della fruizione dell'arenile, concorrerebbe alla sua salvaguardia ed avrebbe una spiccata funzione in termini di protezione civile.

Dott. Geol. *Phd* Giovanni TILOCCA




Sassari, Luglio 2007

[rev. Sassari, Novembre 2012]