



AUTORITA' DI BACINO REGIONALE SINISTRA SELE

Via A. Sabatini, 3-84121 Salerno-tel.089.236922-fax.0892582774



Progetto di Piano Stralcio Erosione Costiera

Ai sensi dell'art. 17 commi 1 e 6 della Legge 18 maggio 1989 n. 183 s.m.i. e Legge 4 dicembre 1993 n. 493

TAV: REL. 6

RELAZIONE SPECIALISTICA

"Criteri adottati per la redazione della carta della pericolosità delle coste alte"



Redatto da:

Segreteria Tecnica Operativa:

Dr. geol. Aniello Aloia (*aspetti geologici e siti campioni coste alte*)
Dr. geol. Saverio Maietta
Dr. geol. Filomena Moretta (*aspetti geologici e siti campioni coste alte- informatizzazione*)
Ing. Elisabetta Romano
Ing. Manlio Mugnani (*attività di pianificazione idraulico fluviali*)
Ing. M. Patrizia Positano
Arch. Antonio Tedesco (*vulnerabilità ed informatizzazione - GIS-*)
Arch. Carlo Banco (*aspetti antropici e norme di salvaguardia*)
Arch. Vincenzo Andreola
Dr. Vincenzo Liguori (*rapporti con Enti, conferenze programmatiche ed aspetti amministrativi*)
Dr. Angelo Padovano
Rag. Antonio Farina (*supporto tecnico-amministrativo*)
Geom. Giuseppe Taddeo
Il Responsabile del Procedimento:
Ing. Raffaele Doto

Consulenti e Responsabili Scientifici:

Prof. geol. Paolo Budetta (geologia)
Prof. ing. Domenico Pianese (idraulica fluviale)
Prof. ing. Mario Calabrese (idraulica marittima)
Prof. avv. Vincenzo Pepe (aspetti giuridici)

Il Segretario Generale
ing. Carlo Camilleri

Data: settembre 2005

INDICE

1. PREMESSA	2
2. ANALISI DEI DISSESTI E DEI MECCANISMI DI INNESCO DELLE FRANE.....	4
2.1 <i>Dati sulle frane censite</i>	5
2.2 <i>Dissesti segnalati dalle Autorità marittime</i>	8
3. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA PER LE FALESIE.....	9
3.1 <i>Il metodo delle matrici di Hudson</i>	10
3.2 <i>I parametri utilizzati per le falesie in roccia</i>	11
3.2.1 <i>Analisi delle interazioni tra i parametri per le falesie in roccia</i>	13
3.3 <i>I parametri utilizzati per le falesie in flysch</i>	17
3.3.1 <i>Analisi delle interazioni tra i parametri per le falesie in flysch</i>	18
3.4 <i>Valutazione della pericolosità da invasione al piede delle falesie</i>	21
3.4.1 <i>Calcolo della distanza di propagazione</i>	22
4. RISULTATI OTTENUTI E DEFINIZIONE DELLE CLASSI DI PERICOLOSITÀ.....	24
4.1 <i>Definizione delle classi di pericolosità</i>	27
4.2 <i>Perimetrazione del “sistema falesia” e attribuzione del valore di pericolosità</i> ...27	
5. IMPLEMENTAZIONE NEL GIS DEI PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ.....	29
5.1 <i>Struttura del SITEC relativamente alla pericolosità delle coste alte</i>	31
6. CONCLUSIONI.....	35
7. BIBLIOGRAFIA.....	36
8. ALLEGATI.....	38

1. PREMESSA

Nell'ambito delle attività svolte per la redazione del Piano Stralcio per l'erosione costiera, un particolare impegno è stato profuso nell'individuazione dei criteri più idonei per la valutazione e la perimetrazione della pericolosità da frana lungo le falesie ed i pendii esposti all'azione del moto ondoso. Questa tematica è infatti di notevole rilevanza se si considera che, dell'intero perimetro costiero di pertinenza dell'Autorità di Bacino (lunghezza pari a 118 km), circa il 54 % è formato da coste alte con falesie e versanti ad elevata acclività che possono essere interessati da dissesti indotti direttamente o indirettamente dal moto ondoso.

Le problematiche che si sono dovute affrontare sono varie e riconducibili essenzialmente ai seguenti aspetti:

- a) Analisi di fenomeni di crollo, generalmente improvvisi e senza evidenti segni premonitori, da falesie e pareti instabili in rocce prevalentemente lapidee;
- b) Analisi di crolli, scorrimenti (traslativi e/o rotazionali) e colate lungo pendii variamente acclivi in *flysch* e materiali a diversa componente argillosa;
- c) Delimitazione delle aree di possibile invasione dei cumuli di frana, nel caso di crolli e di scorrimenti;
- d) Delimitazione delle aree a monte delle nicchie di frana, interessate da possibili fenomeni retrogressivi.

Nella trattazione di questi diversi aspetti si è tenuto conto, per un verso, della notevole complessità geologica e geomorfologica dell'area studiata (che ha comportato numerosi, approfonditi e dettagliati rilievi di campagna) e, dall'altro, della necessità di contenere la fase di studio ed analisi in tempi ragionevolmente brevi e compatibili con le esigenze di redazione del Piano stralcio. Pertanto si è ritenuto opportuno adottare criteri di redazione della carta della pericolosità che fossero universalmente accettabili in campo scientifico ma che, nel contempo, fossero basati sul rilevamento e la parametrizzazione di un numero necessariamente limitato di fattori di instabilità geologici, geomorfologici, meteomarini, geotecnici ed antropici.

Per quanto riguarda l'analisi della propensione ai dissesti, si è adottato un criterio euristico basato sull'indicizzazione delle cause d'instabilità e sull'assegnazione di codici numerici, tali da "pesare" con obiettività il grado di suscettibilità a franare dei pendii e falesie costiere; a tale scopo, è stato utilizzato il metodo RES (*Rock Engineering System*) di Hudson, anche noto come metodo delle matrici asimmetriche (HUDSON, 1992). Questo approccio costituisce un

ragionevole compromesso tra le esigenze di rigore metodologico e scientifico necessarie per l'analisi di un problema così complesso e la necessità di fornire, in tempi brevi, una risposta a quesiti tecnici di rilevante pregnanza programmatica e progettuale.

La stima della pericolosità da frana è basata, quindi, sull'utilizzo di un "*indice di instabilità*" che valuta, quantitativamente, la propensione a franare delle falesie e dei versanti. Si sottolinea inoltre che, a causa delle ben note difficoltà connesse con la valutazione del tempo di ritorno e della probabilità che si verifichino fenomeni franosi di data severità geometrica in assegnati intervalli temporali, il termine "*pericolosità*" è in questa sede usato impropriamente e deve essere inteso, più correttamente, come stima qualitativa della "*suscettibilità*" a franare .

Per quanto riguarda invece la delimitazione delle aree potenzialmente interessate ai distacchi e di quelle che possono essere invase a seguito del crollo dalle sovrastanti falesie, sono stati adottati criteri semiempirici basati su parametri geomorfologici (altezza, inclinazione del pendio, distanza di propagazione, angolo di proiezione, etc.) che rappresentano indicatori di riconosciuta validità in ambito internazionale (vedasi la bibliografia al riguardo). Il ricorso a tali metodi si è reso necessario dal momento che non si potevano utilizzare analisi geotecniche e geomeccaniche più dettagliate (specie per quanto riguarda lo studio delle traiettorie e la definizione dei punti di arresto dei massi), a causa della notevole estensione dell'area da studiare e del grado di dettaglio che si richiede per la loro applicazione, sia in termini di definizione delle grandezze fisico – meccaniche in gioco che della scala dei rilievi topografici necessari. Naturalmente, a questi ultimi approcci occorrerà far riferimento in sede di verifiche puntuali, anche in ossequio alla Normativa specifica al riguardo (vedi in particolare quanto disposto dal D.M. 11/03/1988 relativo alle "*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*" - pubblicato in Supplemento ordinario alla G.U. n. 127 del 1/06/1988, serie generale). Inoltre, in tutti i Comuni costieri interessati, dichiarati sismici e classificati in III zona ai sensi della riclassificazione operata dalla Regione Campania (vedi Decreto del Presidente della Giunta Regionale della Campania n. 195 del 27/03/2003 e Deliberazione n. 5447 della Giunta Regionale nella seduta del 7/11/2002) si applicheranno le "*Norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni*" di cui alla Ordinanza n. 3274 del 20/03/2003 rubricata come "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*".

2. ANALISI DEI DISSESTI E DEI MECCANISMI DI INNESCO DELLE FRANE

L'arretramento delle coste alte a seguito di frane, è un processo generalmente improvviso ma sporadico, provocato dalla concomitanza di diversi e complessi fattori, quali:

- le variazioni stagionali dei processi erosivi causate, soprattutto nelle rocce tenere, da periodi di elevati apporti meteorici;
- l'interazione tra fattori geomeccanici (decadimento delle caratteristiche di resistenza dei materiali, variazioni nel regime delle pressioni neutre, etc.) e geomorfologici (scalzamento al piede da parte del mare).

Di norma, l'instabilità è ciclica e si manifesta con fenomeni di primo distacco, allontanamento del cumulo di frana dal piede della falesia ad opera del mare ed eventuali riattivazioni: la durata di questa sequenza risente fortemente delle variazioni climatiche, anche in tempi brevi, e delle caratteristiche litologiche e di resistenza dei materiali (Fig. 1).

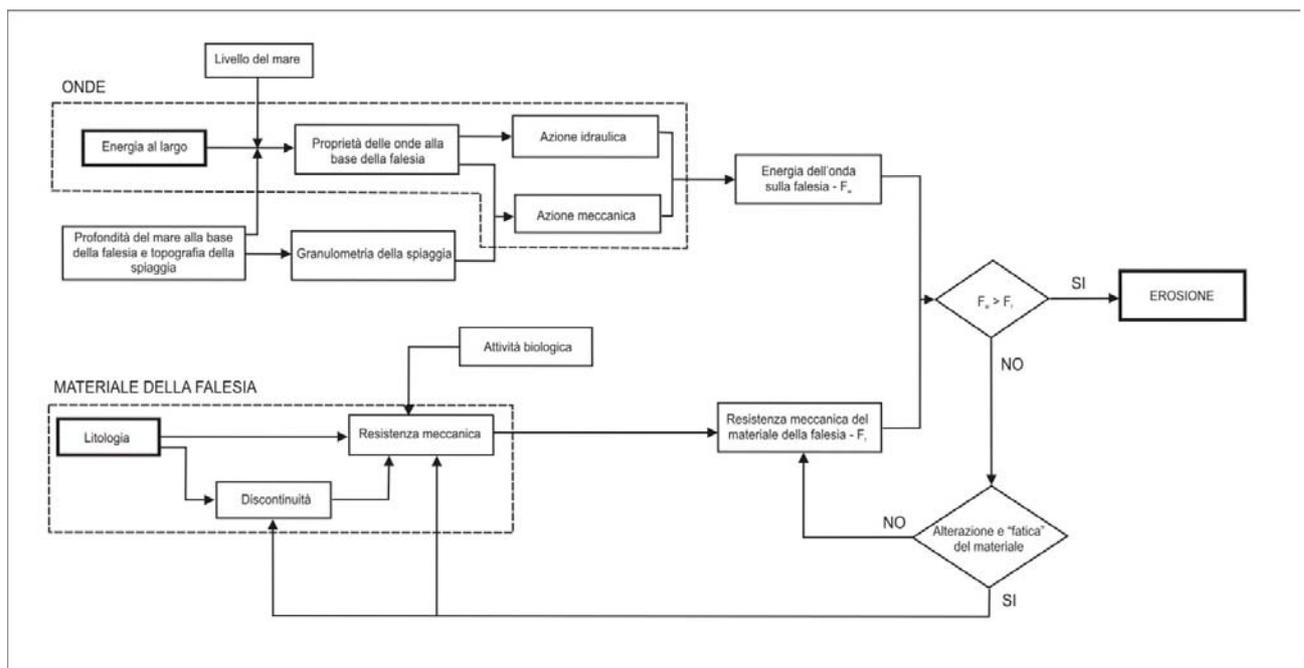


Fig. 1: Fattori che influenzano i processi erosivi delle falesie da parte del moto ondoso (da Sunamura, 1992, modificato).

Ne conseguono notevoli difficoltà nella valutazione del ruolo svolto, di volta in volta, dalle diverse cause d'innescio e, quindi, incertezze più o meno marcate circa la possibilità di previsioni spaziali e temporali sufficientemente precise (SUNAMURA, 1992; BUDETTA *et alii*, 2000; DEFRA, 2002).

Malgrado queste difficoltà si è potuto riconoscere, nell'area di studio, la presenza di ben determinati meccanismi di rottura che, di norma, sono ricorrenti e che possono associarsi ai

diversi ambiti costieri in cui affiorano le varie unità stratigrafico – strutturali, già descritte negli approfondimenti riguardanti gli aspetti geologici della costa.

2.1 Dati sulle frane censite

Per quanto riguarda l'insieme delle frane censite lungo l'intero perimetro costiero (circa 228), è possibile rilevare (Fig. 2) che gli scorrimenti rotazionali quiescenti sono di gran lunga i fenomeni più rappresentati (62), seguiti dai crolli (38) e dagli scorrimenti rotazionali inattivi (26). Seguono quindi le colate detritiche attive (23), le frane complesse quiescenti (scorrimenti rotazionali – colate) e i colamenti detritici (sia attivi che quiescenti).

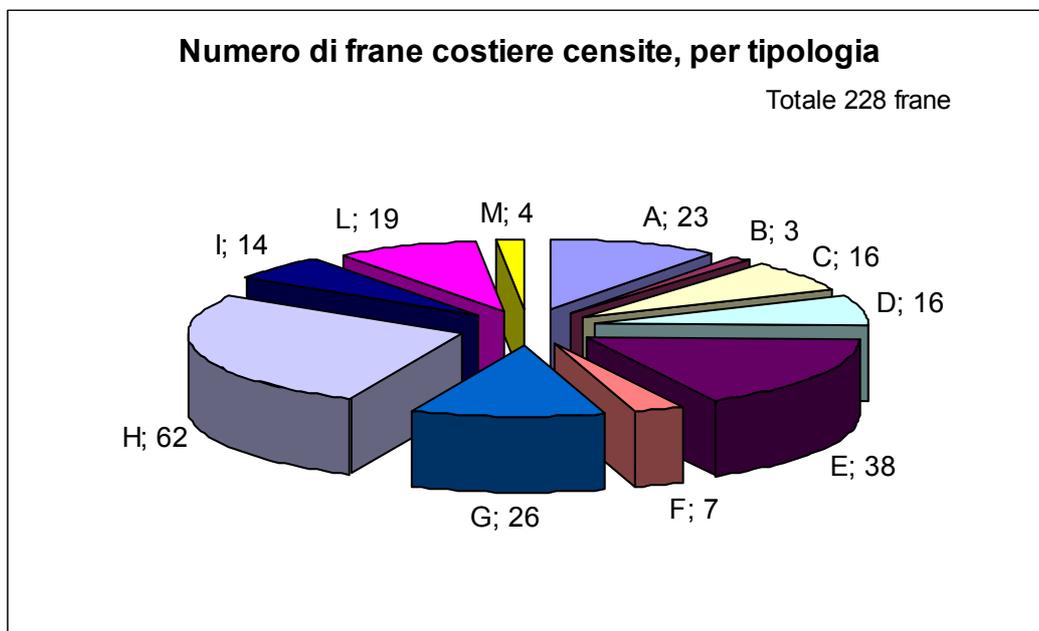


Fig. 2: Frane censite, distinte per tipologia, presenti lungo il perimetro costiero studiato. Legenda: **A = Colate detritiche attive; B = Colamenti lenti inattivi; C = Colamenti lenti attivi; D = Colamenti lenti quiescenti; E = Crolli; F = Scorrimenti rotazionali attivi; G = Scorrimenti rotazionali inattivi; H = Scorrimenti rotazionali quiescenti; I = Complesse attive (scorrimenti rotazionali-colate); L = Complesse quiescenti (scorrimenti rotazionali-colate); M = Scorrimenti traslativi attivi.**

Se invece si tien conto delle aree in frana (Fig. 3), la precedente classifica si modifica dal momento che sul totale dell'area in questione (pari a circa 1,78 Km²), gli scorrimenti rotazionali quiescenti interessano circa il 28 % del territorio, seguiti dagli scorrimenti rotazionali inattivi

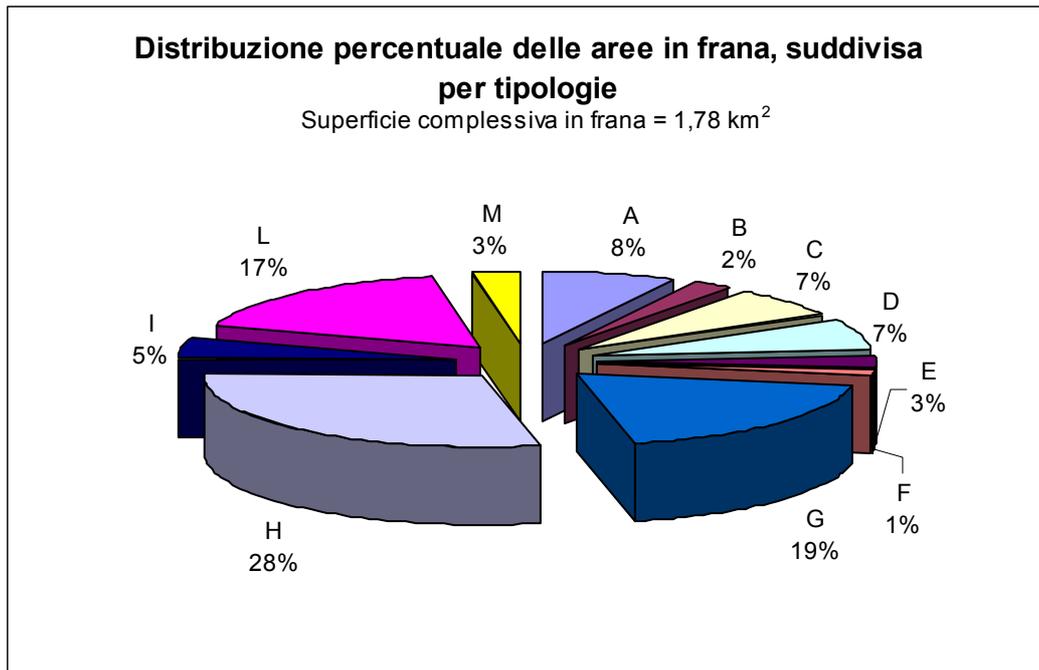


Fig. 3: Distribuzione percentuale delle aree in frana, per tipologie. Legenda: A = Colate detritiche attive; B = Colamenti lenti inattivi; C = Colamenti lenti attivi; D = Colamenti lenti quiescenti; E = Crolli attivi; F = Scorrimenti rotazionali attivi; G = Scorrimenti rotazionali inattivi; H = Scorrimenti rotazionali quiescenti; I = Complesse attive (scorrimenti rotazionali-colate); L = Complesse quiescenti (scorrimenti rotazionali-colate); M = Scorrimenti traslativi attivi.

che invece interessano circa il 19 % dell'area e dalle frane complesse. I crolli, sebbene largamente rappresentati come numero, impegnano solo il 3 % dell'area totale in frana.

Questi fenomeni, numerosi ma di estensione complessiva limitata, impegnano massicciamente sia le falesie attive che quelle fossili presenti lungo il perimetro costiero e sono, molto spesso, innescati direttamente o indirettamente dal moto ondoso (Fig. 4).

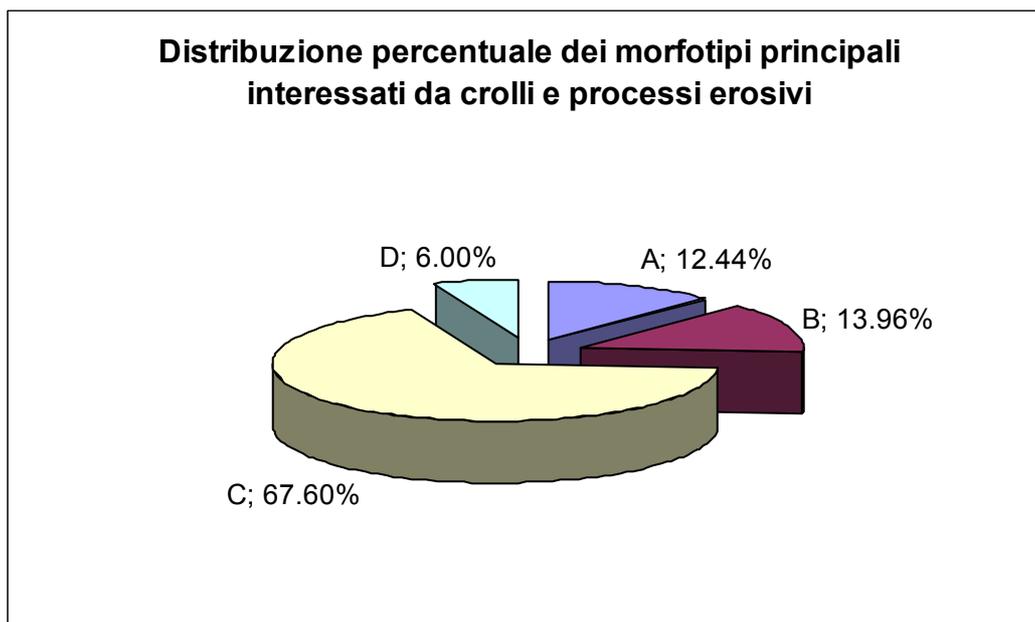


Fig. 4: Percentuali delle aree in frana ed erosione distribuite per morfotipi principali interessati. Legenda: A = aree ad elevata pendenza interessate da locali frane da crollo; B = aree calanchive; C = falesie attive interessate da crolli indotti prevalentemente dal moto ondoso; D = falesie fossili interessate da locali crolli.

Il motivo per il quale le falesie sono massicciamente interessate dai crolli è dovuto oltre che all'azione demolitrice del moto ondoso su litologie spesso non particolarmente resistenti (arenarie poco cementate, flysch arenaceo – marnosi o marnoso – calcarei, etc.), anche al fatto che queste morfologie costiere sono, rispetto a tutte le altre, quelle di gran lunga più rappresentate lungo il perimetro studiato (Fig. 5).

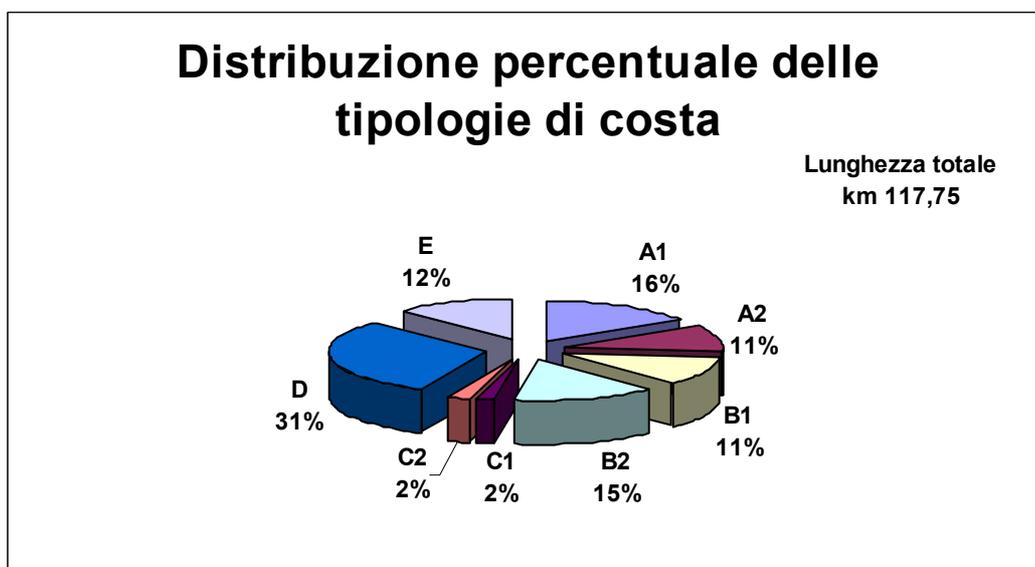


Fig. 5: Distribuzione percentuale delle tipologie di costa presenti nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino Sinistra Sele. Legenda: A1 = Costa a falesia priva di depositi alla base; A2 = Costa a falesia con depositi alla base; B1 = Costa a falesia priva di depositi alla base; B2 = Costa a falesia con depositi alla base; C1 = Pocket beach con falesia fossile retrostante; C2 = Pocket beach con falesia attiva; D = Costa sabbiosa e ciottolosa; E = Costa antropizzata (porti, barriere e pennelli).

2.2 Dissesti segnalati dalle Autorità marittime

A seguito di espressa richiesta dell’Autorità di Bacino, la Capitaneria di Porto di Salerno (e i suoi Uffici circondariali marittimi di Agropoli e Palinuro), ha fornito i dati in suo possesso relativi alle ordinanze emesse a seguito di eventi franosi o dissesti di strutture verificatisi nelle aree demaniali di specifica pertinenza. Tali segnalazioni, in numero complessivo di 42, sono riassunte con gli estremi dell’ordinanza, la data di emissione, l’oggetto, la località interessata e con una sintetica descrizione della zona coinvolta o delle strutture interessate nell’allegato n. 3; anche questi dati sono stati implementati nel *data-base* dell’Autorità di Bacino. L’intervallo temporale di riferimento è compreso tra il 1993 ed il 2002 ed i Comuni interessati sono 12 nel tratto costiero tra Agropoli e Sapri (Fig. 6).

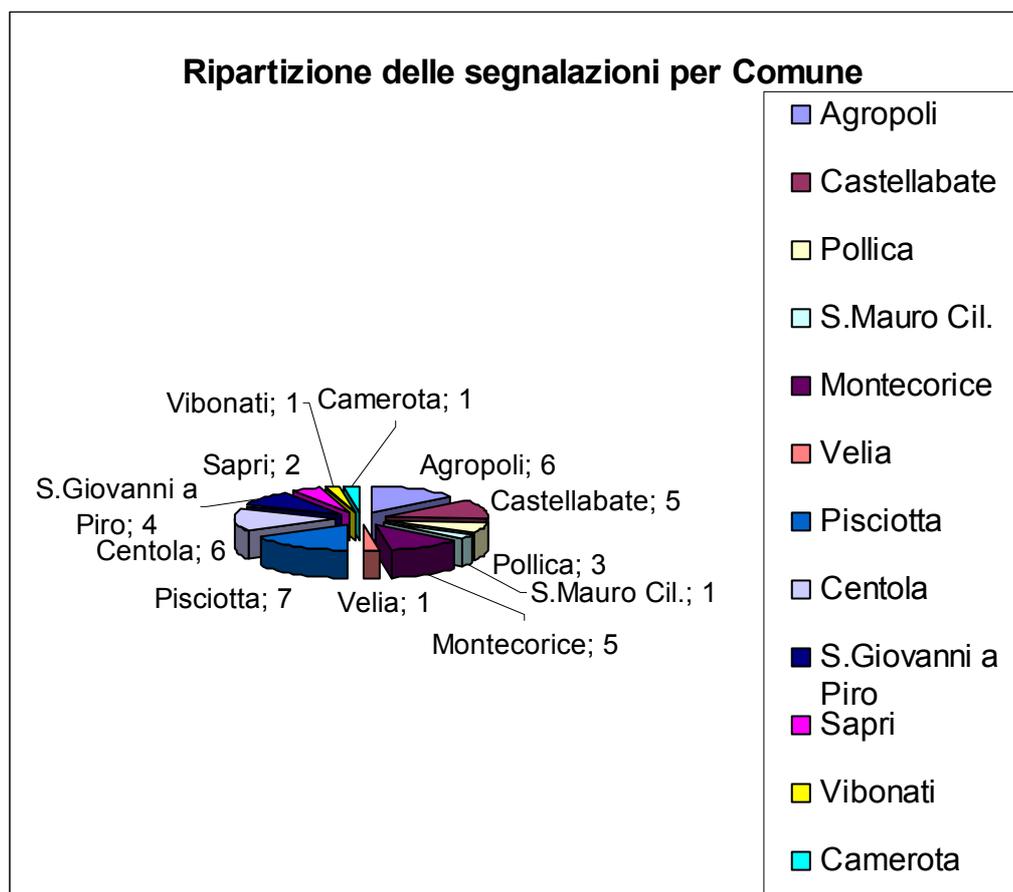


Fig. 6: Ripartizione dei fenomeni di dissesto segnalati dalle Capitanerie di Porto, per i Comuni interessati

Venendo ora alla distribuzione dei dissesti segnalati per Comune (Fig. 7), può rilevarsi che Pisciotta presenta il maggior numero di casi segnalati (7), seguito da Agropoli e Centola con 6

segnalazioni; seguono quindi Castellabate, Montecorice e S.Giovanni a Piro con 5 segnalazioni ciascuno. Per quanto concerne le tipologie delle frane, si è potuto accertare, anche in base alle caratteristiche litologiche delle aree interessate e di opportuni sopralluoghi, che i crolli in roccia sono ancora di gran lunga i fenomeni più rappresentati (27), seguiti dagli scorrimenti (7).

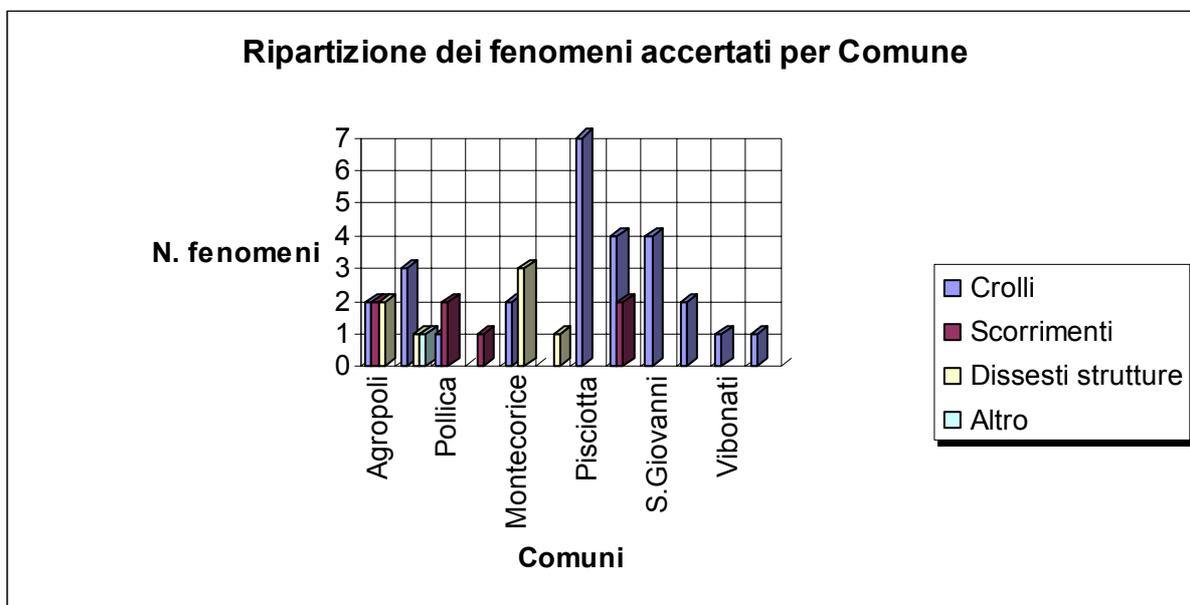


Fig. 7: Segnalazioni di fenomeni di dissesto provenienti dalle Capitanerie di Porto e relative ai Comuni costieri interessati

Si segnalano ancora dissesti di strutture (danni a stabilimenti balneari e manufatti fissi) anche in questo caso in numero di 7. In un solo caso, non è stato possibile accertare la natura del fenomeno segnalato (n. 10 in Allegato n. 3).

3. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA DELLE FALESIE

Accertato quindi che i fenomeni di crollo rientrano tra i dissesti più diffusi lungo il perimetro costiero studiato, si è adottato un approccio euristico per la valutazione della suscettibilità a franare delle falesie, utilizzando il metodo delle “*matrici asimmetriche*” (HUDSON, 1992; CANCELLI & CROSTA, 1999; MAZZOCOLA & HUDSON, 1998). Questa metodologia è stata applicata, con le dovute modifiche, sia nel caso di pareti rocciose sia in corrispondenza di affioramenti in formazioni flyschoidi, prevalentemente lapidee. Essa fornisce una stima della suscettibilità a franare basata sull’uso di un indice di instabilità, espresso in percentuale variabile da 1 a 100.

3.1 Il metodo delle matrici di Hudson

Il metodo utilizza l'approccio dei *Rock Engineering Systems* (RES - Hudson, 1992) e prevede una serie di "passi" comprendenti: la scelta dei parametri rilevanti; l'analisi delle interazioni binarie tra i parametri; la valutazione dell'importanza relativa delle interazioni; l'assegnazione di codici a differenti classi di valori dei parametri individuati; il calcolo dell'indice d'instabilità.

Preliminarmente, si è provveduto ad individuare (su base geomorfologica) e a cartografare (in scala 1/2.000) lungo l'intero perimetro costiero dell'Autorità di Bacino, le falesie oggetto di studio. Tenuto conto dell'assetto litologico della costa, sono state individuate 163 falesie, delle quali 99 nei complessi lapidei (calcari, dolomie, calcari dolomitici, arenarie cementate) e le restanti 62 nei complessi terrigeni (flysch mesozoico – terziari: Formazioni di Pollica, S.Mauro, Crete Nere). La suddivisione delle falesie in base alla litologia trova giustificazione nelle seguenti due considerazioni:

- i parametri rilevanti che influiscono sulla stabilità del "sistema falesia", sono diversi a seconda della litologia;
- dal punto di vista della suscettibilità, vi sono differenze di comportamento tra falesie di diversa litologia sia per quanto riguarda la severità dei fenomeni attesi sia per quanto riguarda i cinematismi con i quali possono manifestarsi ed evolversi i fenomeni franosi. Pertanto, anche in termini di suscettibilità, potrebbero attendersi comportamenti differenziati con conseguenti livelli di rischio variabili da caso a caso.

E' stato quindi condotto un attento e meticoloso lavoro di rilevamento geostrutturale e geomeccanico di campagna finalizzato alla raccolta dei dati necessari alla valutazione delle condizioni di stabilità. Sono stati inoltre individuati e opportunamente segnalati tutti i fattori geomorfologici predisponenti nei riguardi dei fenomeni d'instabilità quali: solchi di battigia, masse aggettanti e/o strapiombanti, depositi e cumuli di frana recenti al piede delle scarpate, cavità carsiche, etc. Il lavoro di campagna è stato svolto sulla base dei più moderni *standard* di rilevamento geologico e geomorfologico (Servizio Geologico Nazionale, 1996; 2002) ed utilizzando schede appositamente predisposte (vedi Allegato n.1). Per quanto riguarda gli aspetti geomeccanici, invece, sono state seguite le Raccomandazioni dell' *International Society of Rock Mechanics* (ISRM, 1978). Sono state, inoltre, utilizzate la recente cartografia in scala 1/2.000 dell'Autorità di Bacino (anno 2004), le foto aeree (voli del 1994 e del 2003) ed il mosaico fotografico di tutta la costa, con punto di ripresa da mare.

L'insieme delle falesie rilevate rappresenta circa il 54 % del perimetro costiero di competenza dell'Autorità di Bacino.

3.2 I parametri utilizzati per le falesie in roccia

Nel caso di pareti in roccia (calcari, dolomie, arenarie cementate, etc.), sono stati rilevati ed utilizzati i seguenti 11 parametri: Altezza, Inclinazione ed Esposizione della falesia, Giacitura degli strati, Fratturazione, Copertura vegetale, Intensità di pioggia attesa, Acque sotterranee, Moto ondoso, Precedenti instabilità e Interventi antropici. Essi sono stati scelti in quanto ritenuti determinanti nei confronti dell'instabilità potenziale e possono così di seguito commentarsi.

1) L'altezza della falesia

E' stata introdotta in quanto direttamente collegata all'energia cinetica delle masse in frana. Conseguentemente, anche ridotte volumetrie possono acquistare elevate velocità e percorrere grandi distanze, soprattutto nel caso di ripetuti rimbalzi lungo il fronte.

2) L'inclinazione della falesia

Con riferimento all'assetto geomorfologico di molte falesie dell'area di studio, si è ritenuto che i valori di pendenza fossero sufficientemente indicativi delle possibili condizioni di stabilità globale delle pareti in quanto, ovviamente, maggiore è la pendenza maggiore potrebbe risultare anche il grado di instabilità globale dell'ammasso roccioso affiorante.

3) L'esposizione della falesia

Si valuta l'orientazione della falesia rispetto ai punti cardinali e, soprattutto, rispetto al moto ondoso; ciò al fine di poter più efficacemente stimare l'azione demolitrice del mare, in relazione alle direzioni di provenienza più frequenti delle mareggiate.

4) La giacitura degli strati

La giacitura delle discontinuità stratigrafiche è un elemento che condiziona fortemente la stabilità di eventuali masse potenzialmente instabili; essa, espressa come inclinazione rispetto all'orizzontale, è stata introdotta in quanto rappresenta, entro certi limiti, una misura (sia pure approssimata) della resistenza al taglio disponibile lungo le superfici delle discontinuità.

5) La fratturazione

Il grado di fratturazione degli ammassi è anch'esso un elemento che contribuisce alla definizione del grado di instabilità potenziale della falesia e può avere grande influenza sui modelli di rottura.

6) *La copertura vegetale*

Svolge un ruolo determinante nel regolare i processi di evapotraspirazione, di deflusso superficiale e di infiltrazione. La sua presenza riduce, inoltre, l'impatto della pioggia al suolo, mentre lo sviluppo degli apparati radicali può avere talora effetto stabilizzante (ad esempio incrementando la resistenza a trazione degli ammassi) e, talaltra, destabilizzante (ad esempio, allargando il lume delle fratture a seguito dell'azione di "cuneo").

7) *L'intensità di pioggia attesa*

E' uno dei parametri il cui impatto, sull'instabilità potenziale delle falesie, è di più difficile definizione, sia per quanto riguarda l'individuazione di soglie pluviometriche d'innescio sia per quanto riguarda la distribuzione spazio-temporale degli eventi piovosi. Sebbene sia indubbio che il suo ruolo sia determinante nei confronti della instabilità, tuttavia, nelle elaborazioni, si è deciso di considerare sempre nullo il suo contributo. Pertanto le analisi e le elaborazioni sono state svolte ipotizzando sempre le piogge assenti (contributo "neutrale" – codice attribuito = 0). Ciò non impedisce, nel caso di valutazioni idrologiche più attendibili, di modificare opportunamente il codice attribuito ed ottenere quindi valori diversi dell'indice di instabilità.

8) *Le acque sotterranee*

In mancanza di dati più sicuri circa le caratteristiche di permeabilità degli ammassi, la presenza di indizi di circolazione idrica sotterranea o di vere e proprie sorgenti, viene interpretata come la testimonianza di una circolazione idrica sotterranea più o meno attiva e tale da influire sul regime e la distribuzione delle pressioni neutre, soprattutto per quanto riguarda le falesie in flysch.

9) *Il moto ondoso*

E' uno dei fattori di maggior disturbo sulla stabilità, poiché esercita un'azione più o meno continua di scalzamento al piede delle pareti; gli effetti sulle falesie sono evidenti, talora, per la presenza di solchi di battigia variamente pronunciati. Oltre all'azione diretta derivante dalla pressione esercitata nelle fratture e nelle cavità, esso comporta una degradazione continua ("fatigue") dell'ammasso roccioso a causa dello *spray* salino, dell'azione solvente o di cristallizzazione dei sali e di abrasione da parte della sabbia e dei ciottoli proiettati sulle pareti, nel corso delle mareggiate.

10) *Le precedenti instabilità*

La presenza di frane o di indizi morfologici di precedenti instabilità è la dimostrazione evidente del verificarsi di combinazioni critiche dei fattori prima citati.

11) Gli interventi antropici

Laddove correttamente progettati ed eseguiti possono incrementare le condizioni di stabilità, mentre in altri casi possono peggiorarle. Non v'è trascurato poi l'effetto di "sovraccarico" esercitato da eventuali manufatti, con decremento delle forze resistenti all'interno dei pendii.

3.2.1 Analisi delle interazioni tra i parametri per le falesie in roccia

Individuati i parametri ritenuti determinanti, si è passati all'analisi delle loro interazioni mediante l'utilizzo di una matrice asimmetrica (fig. 8), nella quale essi compaiono lungo la diagonale e le interazioni invece nelle altre caselle.

PESI	W _i												Cause (C)
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	
5,28	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	9
6,22	3	3	0	0	0	3	0	1	0	3	0	3	13
1,32	0	0	3	0	0	2	0	0	1	2	0	2	7
3,21	3	2	0	3	1	1	0	2	0	4	0	3	16
5,28	3	4	0	1	3	2	0	4	1	4	0	4	23
5,47	0	1	0	0	1	3	0	2	0	2	0	2	8
2,27	0	0	0	0	0	3	3	3	0	3	0	3	12
4,72	0	0	0	0	0	3	0	3	0	2	0	2	7
3,96	4	4	0	0	2	1	0	1	3	3	0	3	18
9,06	4	4	0	0	1	3	0	2	1	3	0	4	19
3,21	2	2	0	0	0	3	0	3	0	3	3	4	17
-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effetti (E)	19	20	0	1	5	21	0	18	3	29	0	33	149

Fig. 8: Matrice delle interazioni per le falesie in roccia. LEGENDA: P1 = Altezza della falesia; P2 = Inclinazione della falesia; P3 = Esposizione della falesia; P4 = Giacitura degli strati; P5 = Fratturazione; P6 = Copertura vegetale; P7 = Intensità di pioggia attesa; P8 = Acque sotterranee; P9 = Moto ondoso; P10 = Precedenti instabilità; P11 = Interventi antropici; P12 = Instabilità potenziale.

Senza entrare nel dettaglio sull'utilizzo di questo approccio, per il quale si rimanda alla Letteratura citata, si precisa che l'importanza delle interazioni è stata espressa mediante codici compresi tra 0 e 4. Le interazioni con codice 0 sono quelle prive di rilevanza o di significato fisico. I codici da 1 a 4 individuano, invece, livelli d'importanza di volta in volta crescenti fino al massimo di 4, che rappresenta un'interazione fortemente critica.

Dalla codifica della matrice, per ogni parametro, sono stati calcolati il valore di causa **C** (somma di tutti i codici nella riga) e di effetto **E** (somma di tutti i codici nella colonna). Mentre la causa descrive l'influenza del parametro sul sistema "instabilità", l'effetto invece descrive l'influenza del sistema sul parametro. I risultati sono riportati nell'ultima colonna e nell'ultima riga, con doppi bordi, di fig. 8.

I valori di causa ed effetto, opportunamente graficati (Fig. 9), consentono di valutare la dominanza e l'interattività di ciascun parametro. L'interattività (somma dei valori **C+E**) descrive la tendenza del sistema all'instabilità. Quindi maggiore è il numero di parametri interattivi, più il sistema tende all'instabilità. Nel nostro caso, si può osservare che l'insieme dei parametri tende maggiormente a disporsi ortogonalmente alla diagonale luogo dei punti **C = E**.

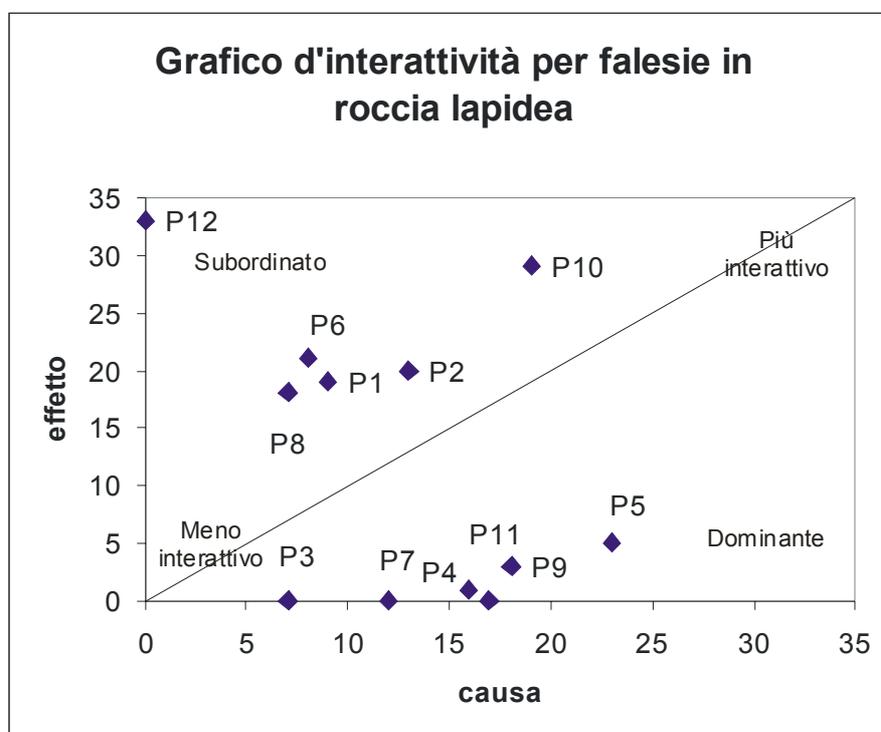


Fig. 9: Grafico cause – effetti per le falesie in roccia lapidea

Inoltre, la maggior parte dei parametri non differisce grandemente per interattività, risultando quindi difficile stabilire quali tra di essi ha un maggior controllo sul sistema. Poiché non è possibile affermare che solo pochi parametri sono importanti per l'interattività, si è ritenuto più corretto prenderli tutti in considerazione.

Una volta definita l'importanza relativa di ciascun parametro, si è passati all'assegnazione a ciascuno di essi di codici diversificati in base alle classi di valori individuate (Fig. 10). I valori delle classi sono 0 - neutrale, 1 – contributorio e 2 – essenziale per l'instabilità.

Esposizione della falesia	Direzioni prevalenti di provenienza del moto ondoso						
	280°	270°	260°	250°	240°	230°	220°
Nord -Est	0	0	0	0	0	0	0
Est	0	0	0	0	0	0	0
Sud-Est	0	0	0	0	0	0	0
Sud	0	0	0	1	1	2	2
Sud-Ovest	1	1	1	2	2	2	2
Ovest	2	2	2	2	1	1	1
Nord-Ovest	2	1	1	0	0	0	0
Nord	1	0	0	0	0	0	0

Tab. 1:Indici assegnati, nella matrice delle interazioni, all'esposizione delle falesie in funzione delle direzioni prevalenti di provenienza del moto ondoso sotto costa (batimetrica dei – 10 m).

Per quanto riguarda il moto ondoso, il suo effetto è stato valutato tenendo conto dell'esposizione delle falesie rispetto alle direzioni di provenienza prevalenti (Tab.1), così come calcolate nel corso degli studi meteomarini (vedi relazioni del gruppo di Idraulica marittima).

Altezza della falesia		Inclinazione della falesia		Esposizione della falesia	
Descrizione	Rating	Descrizione	Rating	Descrizione	Rating
< 5 m	0	< 30°	0	NW, N, NE	0
5 - 20 m	1	30° - 70°	1	E e W	1
> 20 m	2	> 70°	2	SW, S, SE	2

Giacitura degli strati		Fratturazione		Copertura vegetale	
Descrizione	Rating	Descrizione	Rating	Descrizione	Rating
Reggipoggio o Caotica	0	Assente	0	Assente	0
Traversopoggio	1	Media	1	Apparati radicali superficiali	1
Franapoggio	2	Intensa	2	Apparati radicali profondi	2

Intensità di pioggia attesa		Acque sotterranee		Moto ondoso	
Descrizione	Rating	Descrizione	Rating	Descrizione	Rating
0 mm/h	0	Assenti o non rilevate	0	Assente	0
fino a 20 mm/h	1	Umido	1	Occasionale	1
maggiore di 20 mm/h	2	Sorgenti	2	Persistente	2

Precedenti instabilità		Interventi antropici	
Descrizione	Rating	Descrizione	Rating
Stabile	0	Idonei	0
Quiescenti	1	Insufficienti	1
Frane attive	2	Assenti o inadeguati	2

Fig. 10: Classi di valori e relativi codici per ciascun parametro utilizzato per lo studio della stabilità delle falesie in roccia

Il valore **C+E** di ciascun parametro, è stato poi espresso come percentuale sul totale e scalato in modo tale che, quando tutti i codici hanno il massimo valore di 2, il massimo possibile valore dell'indice d'instabilità sia 100; più alto è l'indice, maggiore è l'instabilità potenziale. Per

il calcolo dell'indice di instabilità (I.I._j) si è sviluppato un “foglio di calcolo” di *Excel*, successivamente implementato nel G.I.S. per la gestione dei dati sulla costa.

L'indice di instabilità, espresso in percentuale, è ottenuto dalla seguente formula:

$$I.I. j = \sum_i (a_i * P_{ij}) \quad (1)$$

dove: i si riferisce ai parametri (da 1 a 11); j si riferisce alle falesie studiate (da 1 a n); a_i è il valore scalato C+E per ciascun parametro; P_{ij} è il codice assegnato a differenti classi di valori dei parametri ed è diverso per differenti falesie (i esima falesia).

3.3 I parametri utilizzati per le falesie in flysch

Nel caso delle falesie in flysch (formazioni arenaceo-argillose di Pollica, S.Mauro, Crete Nere etc.) o terreni ad essi assimilabili, sono stati invece rilevati in campagna e successivamente utilizzati nella matrice delle interazioni i seguenti 12 parametri: Altezza, Inclinazione ed Esposizione della falesia, Giacitura degli strati, Frazione argillosa, Complessità strutturale, Copertura vegetale, Intensità di pioggia attesa, Acque sotterranee, Moto ondoso, Precedenti instabilità ed Interventi antropici.

Come è possibile rilevare, rispetto alle falesie in roccia, sono stati introdotti i parametri “Frazione argillosa” e “Complessità strutturale”, mentre non è stato introdotto il parametro “Fratturazione” che, in questi litotipi, ha certamente un minore impatto specie se la frazione argillosa è predominante. I due nuovi parametri introdotti, anch'essi ritenuti determinanti nei confronti dell'instabilità potenziale, possono così di seguito descriversi.

1) La frazione argillosa

La componente argillosa è certamente un fattore di peggioramento delle condizioni di stabilità degli ammassi, poiché le loro caratteristiche di resistenza possono subire un netto decremento anche a causa della degradabilità della componente argillosa provocata dall'effetto degli agenti atmosferici e dell'impatto del moto ondoso.

2) La complessità strutturale

Si è tenuto conto dell'assetto strutturale dell'insieme dell'affioramento, descrivendone anche il grado di complessità strutturale così come suggerito dalle Raccomandazione dell'Associazione Geotecnica Italiana (AGI, 1979), distinguendo tra sequenze ordinate di strati, variamente scompagnate o caotiche che ben descrivono il tipico comportamento di queste formazioni geologiche “strutturalmente complesse”.

3.3.1 Analisi delle interazioni tra i parametri per le falesie in flysch

Individuati i parametri determinanti, anche nel caso delle falesie in flysch, si è passati all'analisi delle loro interazioni, mediante l'uso della matrice asimmetrica (fig. 11).

PESI	Wi													Cause (C)
	P1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	
5.30	P1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	9
5.79	3	P2	0	0	0	0	3	0	1	0	3	0	3	13
1.16	0	0	P3	0	0	0	2	0	0	1	2	0	2	7
3.15	3	2	0	P4	0	3	1	0	2	0	4	0	3	18
4.48	4	3	0	1	P5	4	2	0	4	0	4	0	4	26
4.15	3	3	0	0	0	P6	0	0	3	0	3	0	3	15
4.63	0	1	0	0	0	0	P7	0	2	0	2	0	2	7
1.98	0	0	0	0	0	0	3	P8	3	0	3	0	3	12
4.63	0	0	0	0	0	0	3	0	P9	0	2	0	2	7
2.98	4	4	0	0	0	0	1	0	1	P10	3	0	3	16
8.94	4	4	0	0	1	3	3	0	2	1	P11	0	4	22
2.81	2	2	0	0	0	0	3	0	3	0	3	P12	4	17
-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	P13	0
Effetti (E)	23	22	0	1	1	10	21	0	21	2	32	0	36	169

Fig. 11: Matrice delle interazioni per le falesie in flysch. LEGENDA: P1 = Altezza della falesia; P2 = Inclinazione della falesia; P3 = Esposizione della falesia; P4 = Giacitura degli strati; P5 = Frazione argillosa; P6 = Complessità strutturale; P7 = Copertura vegetale; P8 = Intensità di pioggia attesa; P9 = Acque sotterranee; P10 = Moto ondoso; P11 = Precedenti instabilità; P12 = Interventi antropici; P13 = Instabilità potenziale.

I valori di causa ed effetto, opportunamente graficati (Fig.12), consentono di valutare – anche in questo caso - la dominanza e l'interattività di ciascun parametro.

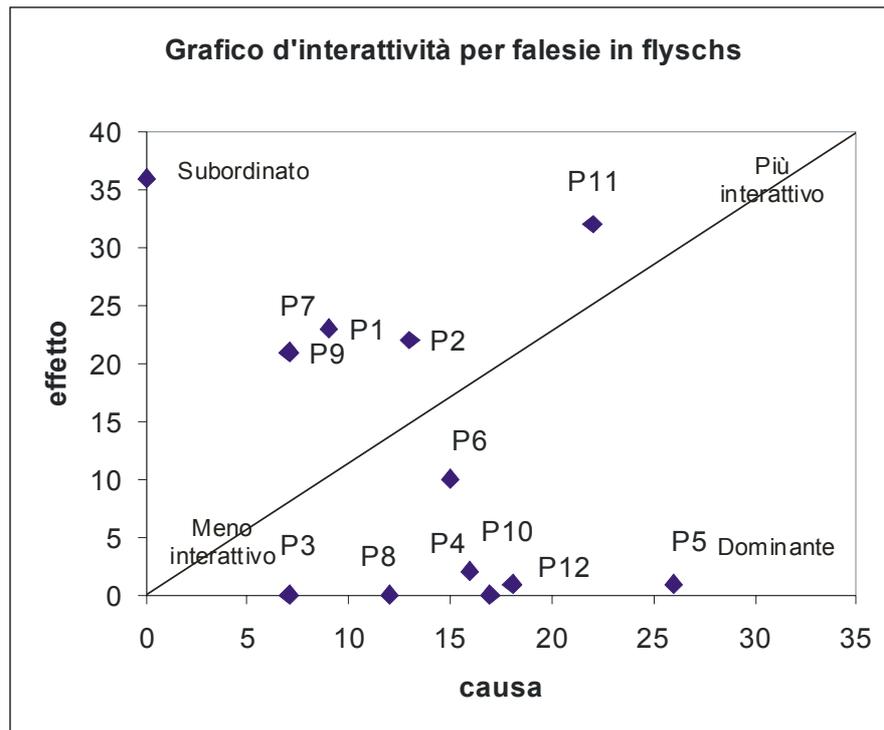


Fig. 12: Grafico cause – effetti per le falesie in Flysch

Come per le falesie in roccia, anche in questo caso non è possibile affermare che solo pochi parametri sono importanti per l'interattività e pertanto si è ritenuto più corretto prenderli tutti in considerazione. Definita l'importanza relativa di ciascun parametro, si è passati all'assegnazione dei codici diversificati in base alle classi di valori individuate (Fig. 13).

Altezza della falesia		Inclinazione della falesia		Esposizione della falesia	
Descrizione	Rating	Descrizione	Rating	Descrizione	Rating
< 5 m	0	< 20°	0	NW, N, NE	0
5 - 20 m	1	20° - 35°	1	E e W	1
> 20 m	2	> 35°	2	SW, S, SE	2

Giacitura degli strati		Frazione argillosa		Copertura vegetale	
Descrizione	Rating	Descrizione	Rating	Descrizione	Rating
Reggipoggio o Caotica	0	Scarsa	0	Continua	0
Traversopoggio	1	Fino al 50 %	1	Rada	1
Franapoggio o assente	2	Predominante	2	Assente	2

Intensità di pioggia attesa		Acque sotterranee		Moto ondoso	
Descrizione	Rating	Descrizione	Rating	Descrizione	Rating
0 mm/h	0	Assenti o non rilevate	0	Assente	0
fino a 20 mm/h	1	Umido	1	Occasionale	1
maggiore di 20 mm/h	2	Sorgenti	2	Persistente	2

Precedenti instabilità		Interventi antropici		Complessità strutturale	
Descrizione	Rating	Descrizione	Rating	Descrizione	Rating
Stabile	0	Idonei	0	Sequenze ordinate (B1)	0
Quiescenti	1	Insufficienti	1	Sequenze scompaginate (B2)	1
Frane attive	2	Assenti o inadeguati	2	Sequenze caotiche (B3)	2

Fig. 13: Classi di valori e relativi codici per ciascun parametro utilizzato per lo studio della stabilità delle falesie in flysch.

Il valore **C+E** di ciascun parametro, è stato poi espresso come percentuale sul totale e opportunamente scalato, giungendo anche in questo caso al calcolo dell'indice di instabilità (I.I._j) mediante la (1). I risultati delle elaborazioni sono stati anch'essi implementati nel G.I.S. per la gestione dei dati sulla costa.

3.4 Valutazione della pericolosità da invasione al piede delle falesie

Un altro aspetto saliente del lavoro svolto, ai fini della definizione della pericolosità da frana lungo le falesie e i versanti acclivi esposti al moto ondoso, è stato quello della delimitazione delle aree che possono essere raggiunte ed invase dai cumuli di frane del tipo scorrimento – colata e da quelli di frane da crollo.

Per quanto riguarda i fenomeni di scorrimento – colata la perimetrazione è stata fatta su base essenzialmente geomorfologica, tenendo conto del comportamento dei fenomeni censiti in termini di mobilità, sulla base delle evidenze di campagna.

Nel caso dei crolli, per i quali l'assunzione di dissipazione per attrito dell'energia cinetica è poco corretta dal momento che il moto avviene prevalentemente con perdita di contatto lungo il versante (caduta libera) e con rimbalzi e rotolamenti, la distanza di arresto viene, di norma, stimata statisticamente sulla base di dati storici sui crolli già avvenuti e per mezzo di simulazioni che, di solito, utilizzano la cinematica del punto materiale e le equazioni della balistica. Queste simulazioni possono ricostruire le traiettorie sia in maniera bidimensionale che tridimensionale (in questo caso se però si dispone di un modello digitale del terreno) ma introducono comunque semplificazioni ed approssimazioni più o meno rilevanti. Per poter svolgere con successo tali simulazioni, occorre inoltre conoscere con notevole precisione ed affidabilità i valori dei coefficienti di restituzione all'urto dei materiali interessati dal fenomeno di scendimento massi.

Nelle applicazioni all'area di studio è apparso subito arduo utilizzare tale approccio per la scarsità di dati topografici, geomeccanici e storici disponibili e per l'estensione dell'area da investigare. Di contro, è evidente che la delimitazione delle aree poste al piede delle falesie e che possono essere suscettibili di invasione a seguito della caduta di massi, è un aspetto di non secondaria importanza nell'ambito del presente studio dal momento che, sovente, ci si trova in presenza di spiagge frequentate (soprattutto nei periodi estivi) o di zone con insediamenti abitativi o infrastrutturali. Conseguentemente, anche in questo caso si è reso necessario utilizzare metodi di analisi sufficientemente rigorosi ma abbastanza rapidi e tali da non necessitare di troppi e complessi parametri topografici, morfologici, geomeccanici, etc. Naturalmente, sono state introdotte delle semplificazioni e delle approssimazioni che, solo in fase di studi puntuali, potranno essere verificate e, se del caso, eliminate o corrette.

3.4.1 Calcolo della distanza di propagazione

Per la stima della massima distanza di propagazione dei massi, si è preliminarmente sottoposto ad attento studio geomorfologico l'intero "sistema-falesia" presente lungo costa accertando che, al di là delle possibili, locali differenziazioni, si possono individuare due distinti modelli di scarpata, ai quali associare approcci diversificati di analisi.

Il primo modello è quello di un fronte acclive variamente inclinato che, al piede, si prolunga in maniera più o meno indefinita con un profilo pressoché pianeggiante o solo debolmente inclinato. Questo schema, dal punto di vista morfologico, risponde al caso di falesie con spiaggia al piede, prive di depositi alla base (Fig. 14).

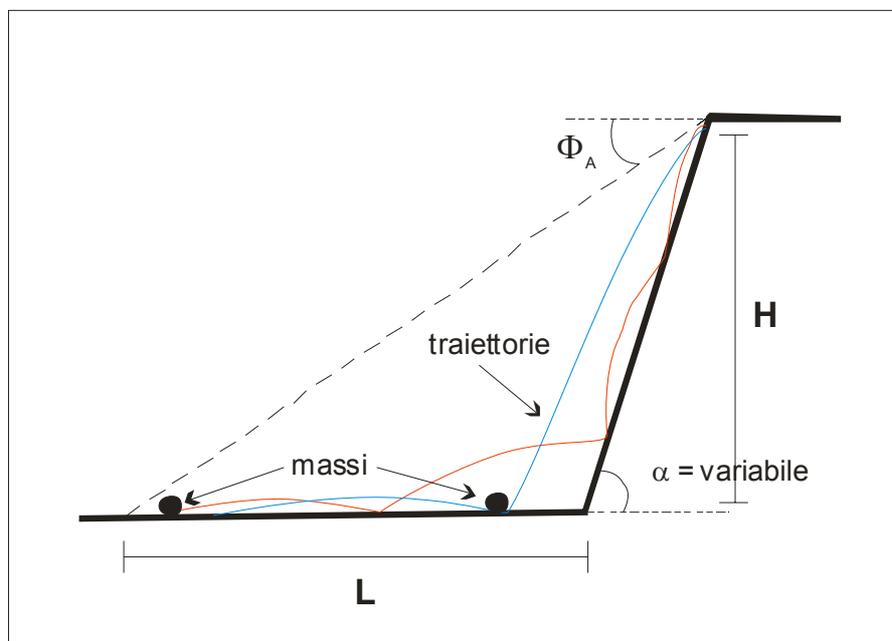


Fig. 14: Schema di calcolo utilizzato per la stima della massima distanza di propagazione dei massi, nel caso di falesie senza depositi alla base. Legenda: H = altezza della falesia; L = distanza di propagazione; Φ_A = angolo massimo di proiezione.

Il secondo modello, invece, coincide con un fronte verticale o subverticale che, verso valle, si prolunga in un pendio a più bassa pendenza, seguito a sua volta da un tratto di profilo pressoché pianeggiante. Questo schema risponde al caso di falesie con falda di detrito alla base a più bassa inclinazione, cui segue direttamente la spiaggia pianeggiante o subpianeggiante (Fig. 15).

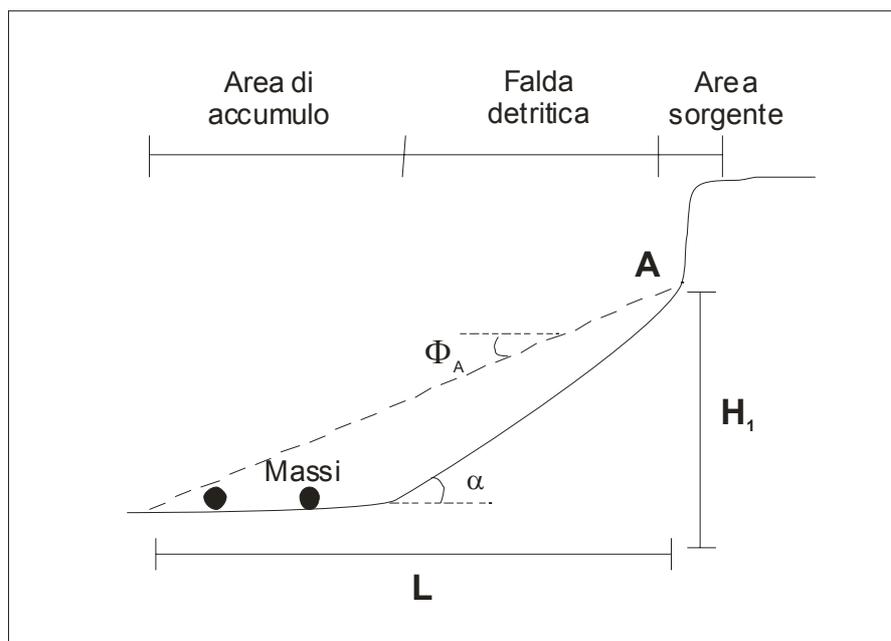


Fig. 15: Schema di calcolo utilizzato per la stima della massima distanza di propagazione dei massi, nel caso di falesie con depositi alla base. Legenda: H_1 = altezza del cumulo detritico; L = distanza di propagazione dall'apice del cumulo; A = apice del cumulo; Φ_A = angolo massimo di proiezione.

Per l'analisi del primo modello si è utilizzato l'approccio analitico suggerito da FINLAY et alii, 1999 nel quale l'angolo di proiezione (Φ_A) è dato dalla seguente espressione:

$$\Phi_A = \tan^{-1} (F = H/L) \quad (2)$$

dove: H = altezza della scarpata ed L = distanza di proiezione.

Questo angolo, noto anche come "reach angle" è stato ricavato dagli Autori citati, nel caso di crolli, sulla base di un'ampia casistica disponibile presso il *Geotechnical Engineering Office* di Hong Kong e relativa ad un *daba-base* contenente notizie di 61 crolli registrati. Mediante l'analisi dei dati disponibili, è stata ricavata la seguente espressione utilizzata per il calcolo della distanza di proiezione (L), note le altezze di caduta (H) e l'inclinazione della falesia (α):

$$\text{Log } L = 0,253 + 0,703 \text{ Log } H - 0,417 \text{ Log } (\tan \alpha) \quad (3)$$

dove: L = distanza di proiezione (m); H = altezza di caduta (m); α = inclinazione della falesia (°).

Per un veloce utilizzo di questa espressione nelle applicazioni all'area di studio, è stato approntato un abaco che consente di valutare rapidamente il valore di L, a partire da H ed α (Fig. 16).

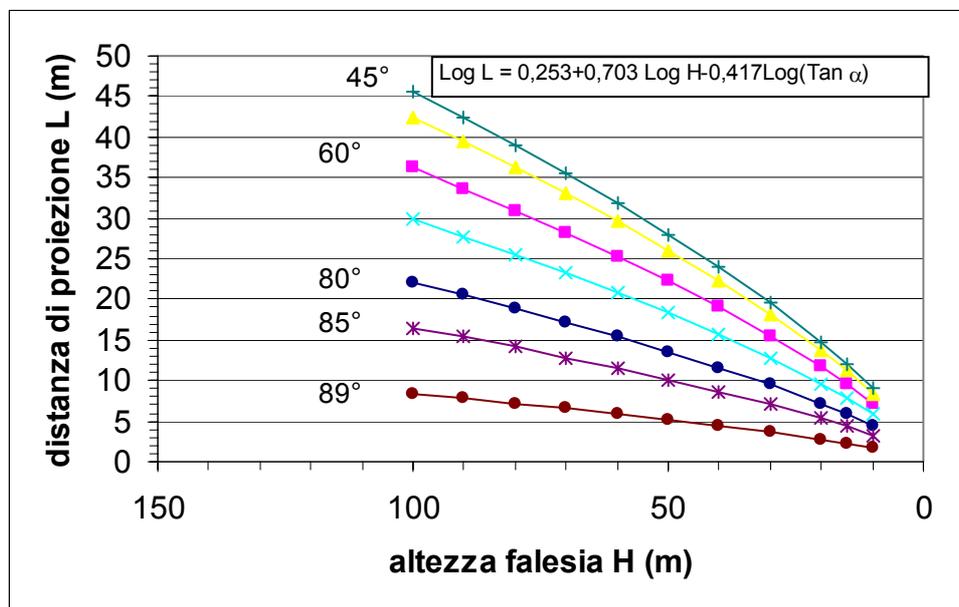


Fig. 16: Abaco per il calcolo della distanza di propagazione (L), in base all'altezza (H) ed all'inclinazione (α), nel caso di falesie prive di depositi alla base.

Per la valutazione delle situazioni di cui al secondo modello, invece, si è fatto riferimento a quanto suggerito da LIED, 1977 che, sulla base delle ricostruzioni delle traiettorie di caduta massi lungo circa 15 profili ricadenti in due distinte zone della Columbia Britannica (Canada), ha individuato, su base empirica, un valore minimo di Φ_A pari a 27,5°, calcolato a partire dall'apice del cumulo detritico posto alla base della falesia. Questo valore viene ritenuto, dall'Autore, una stima conservativa, ma sufficientemente affidabile del *reach angle* per la valutazione dell'angolo di proiezione dei massi.

4. RISULTATI OTTENUTI E DEFINIZIONE DELLE CLASSI DI PERICOLOSITÀ

L'applicazione del metodo delle matrici asimmetriche di Hudson, ha permesso di calcolare gli indici di instabilità (I.I.) delle 163 falesie presenti lungo il perimetro costiero dell'area di competenza dell'Autorità di Bacino Sinistra Sele. Questi valori sono stati ordinati in senso crescente dal più basso al più alto in due distinti istogrammi, uno valido per le falesie in roccia e l'altro per quelle in flysch. Si è potuto così accertare che mentre per le scarpate ricadenti nei

complessi lapidei (Fig. 17) l'indice di instabilità è compreso nell'intervallo tra 26 e 83%, per quelle nei complessi terrigeni, invece, questo valore è compreso tra 32 e 79% (Fig. 18).

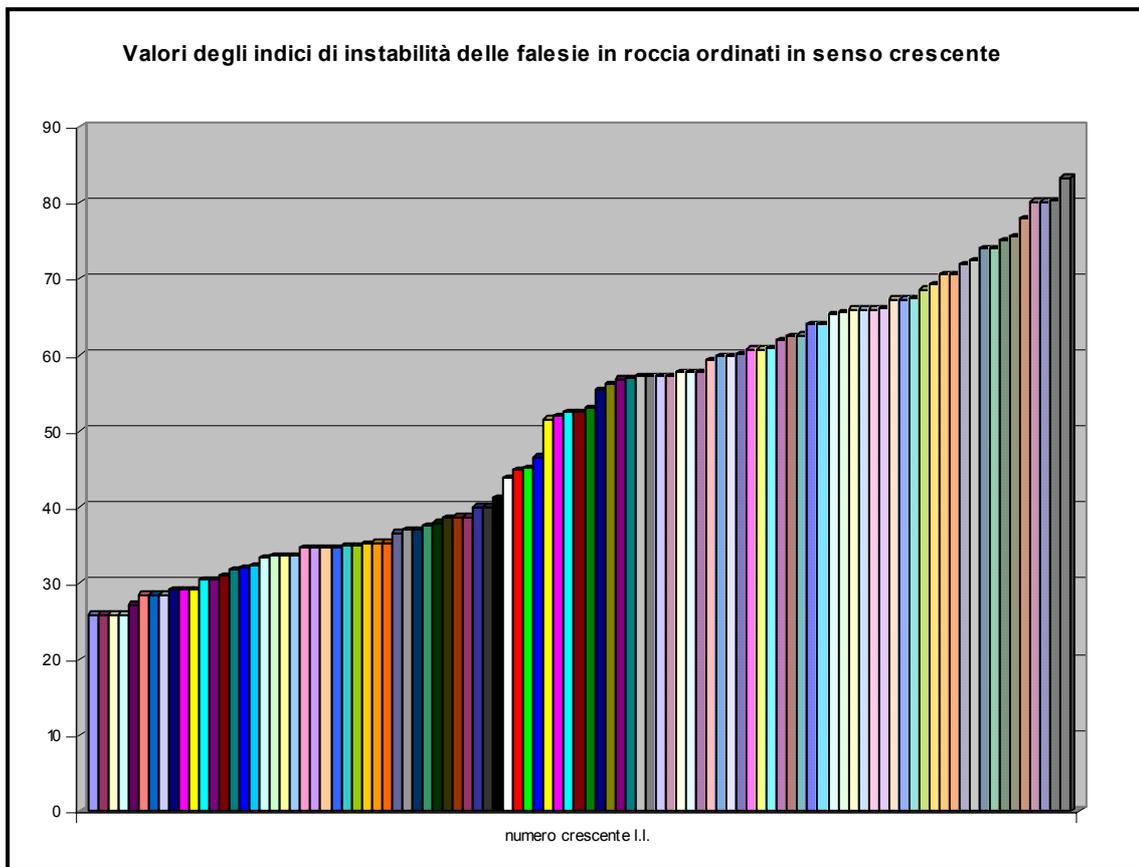


Fig. 17: Istogramma relativo alle falesie in roccia lapidea, riportante i valori degli indici di instabilità ordinati in senso crescente

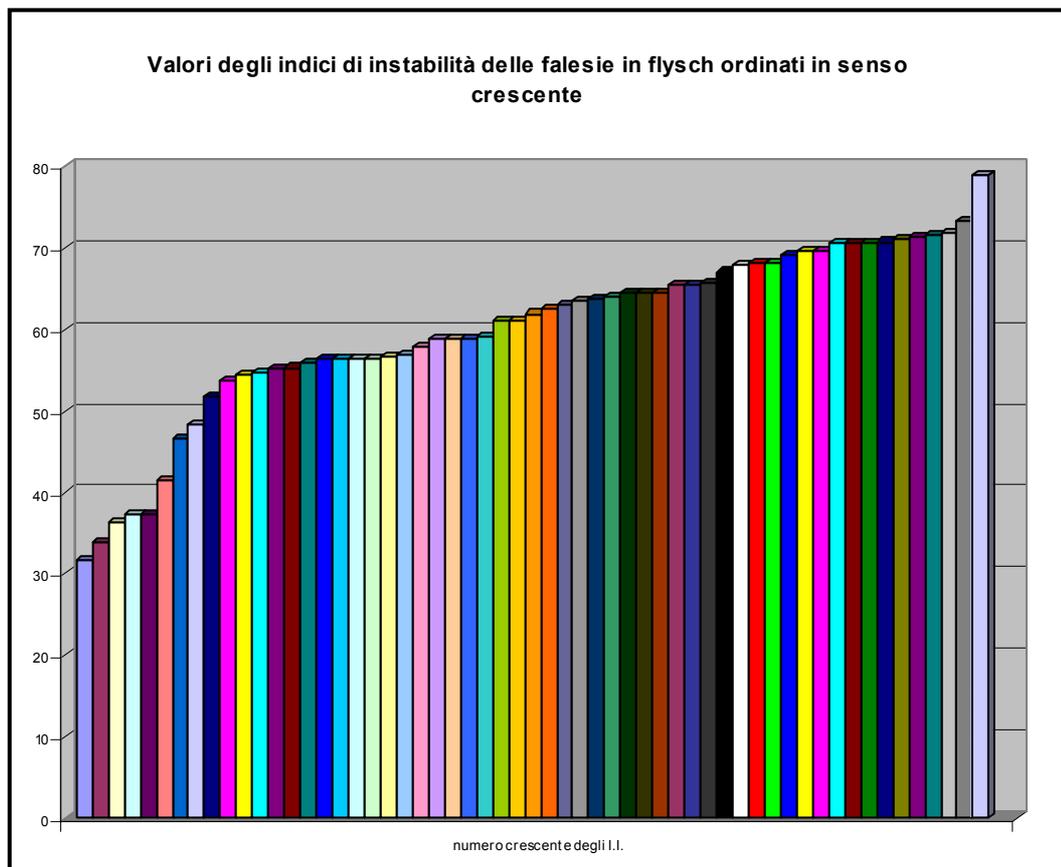


Fig. 18: Istogramma relativo alle falesie in flysch, riportante i valori degli indici di instabilità ordinati in senso crescente

L'ordinamento delle falesie, sulla base dell'indice di instabilità (I.I.), ha permesso di individuare 3 intervalli di valori i cui limiti sono ubicati in corrispondenza di variazioni più accentuate degli indici stessi; sono state così definite altrettante categorie di falesie caratterizzate da diversa suscettibilità a franare (Tab. 2).

Falesie in complessi lapidei (n. 99)			
<i>Classi</i>	<i>Intervalli delle classi</i>	<i>Numero di falesie</i>	<i>Percentuale</i>
I	26 ÷ 40 %	41	42 %
II	41 ÷ 60 %	25	24 %
III	61 ÷ 83 %	33	34 %
Falesie in complessi terrigeni (n. 62)			
<i>Classi</i>	<i>Intervalli delle classi</i>	<i>Numero di falesie</i>	<i>Percentuale</i>
I	32 ÷ 40 %	6	9 %
II	41 ÷ 60 %	24	37 %
III	61 ÷ 79 %	32	54 %

Tab. 2: Ripartizione delle falesie ricadenti nel territorio costiero dell'A.d.B. Sinistra Sele in classi con diversa suscettibilità a franare.

4.1 Definizione delle classi di pericolosità

Una volta classificate le falesie sulla base dell'indice di instabilità, alle stesse sono state attribuite classi di pericolosità, differenziate in base alla maggiore o minore suscettibilità a franare.

Occorre rilevare che mentre in fase di studio e di applicazione degli attributi, si è preferito tener separate le falesie in roccia da quelle in flysch (poiché i parametri influenti sulla stabilità del sistema falesia sono diversi a seconda della litologia), in quella successiva di attribuzione a differenti classi di pericolosità non si è ritenuto di dover effettuare distinguo su base cartografica. Il motivo di questa scelta risiede nella constatazione che dal punto di vista dell'evoluzione del fenomeno franoso (sia in termini di velocità che di severità geometrica) possono non esserci sostanziali differenze tra le due situazioni.

Ciò premesso, sono state individuate e definite in Tabella 3 le seguenti 3 classi di pericolosità.

Classe P1	Aree a moderata suscettibilità da frana, con indici di instabilità (I.I.) compresi tra 26 e 40 % nei complessi lapidei (calcari, dolomie, calcari dolomitici, arenarie cementate) e tra 32 e 40 % in quelli terrigeni (flysch mesozoico – terziari).
Classe P2	Aree a media suscettibilità da frana, con indici di instabilità (I.I.) compresi tra 41 e 60 % sia nei complessi lapidei che in quelli terrigeni.
Classe P3	Aree ad elevata suscettibilità da frana, con indici di instabilità (I.I.) compresi tra 61 e 83 % nei complessi lapidei (calcari, dolomie, calcari dolomitici, arenarie cementate) e tra 61 e 79 % in quelli terrigeni (flysch mesozoico – terziari).

Tab. 3: Individuazione e definizione delle classi di pericolosità relative alle coste alte ricadenti nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino Sinistra Sele.

4.2 Perimetrazione del “sistema falesia” e attribuzione del valore di pericolosità

Definite quindi le classi, si è provveduto ad accorpate in esse le falesie, evidenziandone l'appartenenza in base a colori opportunamente scelti. Si precisa che il valore di pericolosità attribuito alla falesia propriamente detta, è stato esteso anche all'area suscettibile di invasione ed a quella retrostante il ciglio della scarpata e che potrebbe essere interessata da un potenziale arretramento per fenomeni retrogressivi.

Il criterio adottato per la perimetrazione dell'intero “sistema – falesia” è rappresentato, per chiarezza espositiva, nella figura 19.

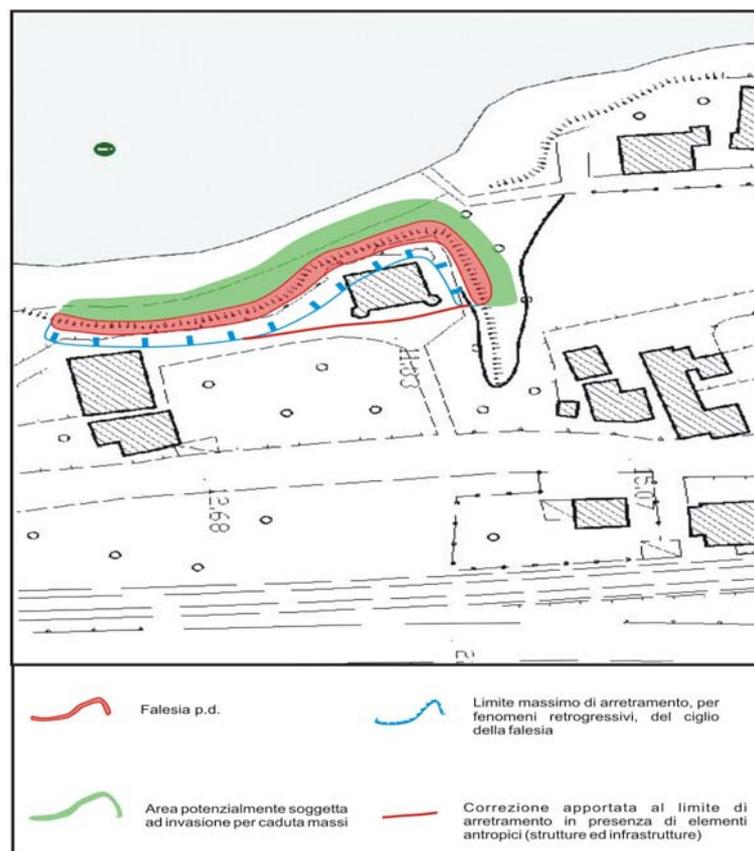


Fig. 19: Criterio adottato, nella carta della pericolosità delle coste alte, per la perimetrazione del “sistema – falesia”. Disegno non in scala.

E' opportuno precisare quanto segue:

- tenuto conto della posizione delle diverse falesie, le aree potenzialmente soggette ad invasione per caduta massi coincidono, talora, con porzioni di spiaggia interessate anche da livelli differenti di pericolosità per risalita dell'onda sulla costa bassa in occasione delle mareggiate (vedi criteri di perimetrazione del *run-up*). In questi casi, una stessa area può essere affetta, contemporaneamente, da livelli di pericolosità differenti e quindi anche di rischio;
- verso monte, la posizione del limite massimo di arretramento per fenomeni retrogressivi, è stata definita sulla base di considerazioni empiriche. L'ampiezza dell'area compresa tra il ciglio della falesia e la linea di arretramento è stata stimata nell'ordine dei 5 – 10 metri (a seconda della litologia prevalente). Questo valore, stabilito in via prudenziale, tiene conto anche del possibile manifestarsi di fenomeni multipli di arretramento della corona di frana;

- nei casi in cui il limite di arretramento, definito al punto precedente, interessava solo in parte strutture (edifici, opifici, etc.) o infrastrutture (strade, ferrovie) esso è stato arretrato in modo tale da inglobare nella sua interezza tale elemento antropico. Ove possibile, la posizione ultima della linea tiene conto dell'andamento di confini fisicamente definiti (strade, muri, recinzioni) ma non necessariamente di quelli catastali.

5. IMPLEMENTAZIONE NEL GIS DEI PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ

L'insieme dei dati raccolti sulle falesie, e finalizzati alla valutazione della pericolosità da frana, è stato riversato in un **GIS Sitec** appositamente allestito.

Il Sistema Informativo Territoriale per l'Erosione Costiera (SITEC) rappresenta il risultato dell'informatizzazione dei dati raccolti dalle cartografie realizzate per il Piano Stralcio, nonché lo strumento con cui effettuare su questi dati interrogazioni e modifiche. Si ricorda che le cartografie utilizzate in questo strumento di lavoro sono a diversa scala di dettaglio, per rendere possibile la visione delle problematiche presenti sul territorio, prima ad un livello macroscopico e generale, successivamente a livelli di dettaglio maggiore.

L'elenco completo delle Viste presenti nel progetto è il seguente:

1. Inquadramento Generale 1:25000
2. Suolo eroso nei bacini idrografici 1:25000
3. Apporto solido medio annuo alla costa 1:25000
4. Geologia e geomorfologia della fascia costiera 1:5000
5. **Dettaglio lungo costa 1:2000**
6. **Pericolosità 1:2000**
7. Vulnerabilità della fascia costiera 1:2000
8. Analisi del rischio 1:2000

La vista "Dettaglio lungo costa 1:2000" contiene i temi relativi ai dati delle falesie da cui è possibile accedere al Database, organizzato per comuni costieri (Fig. 20).

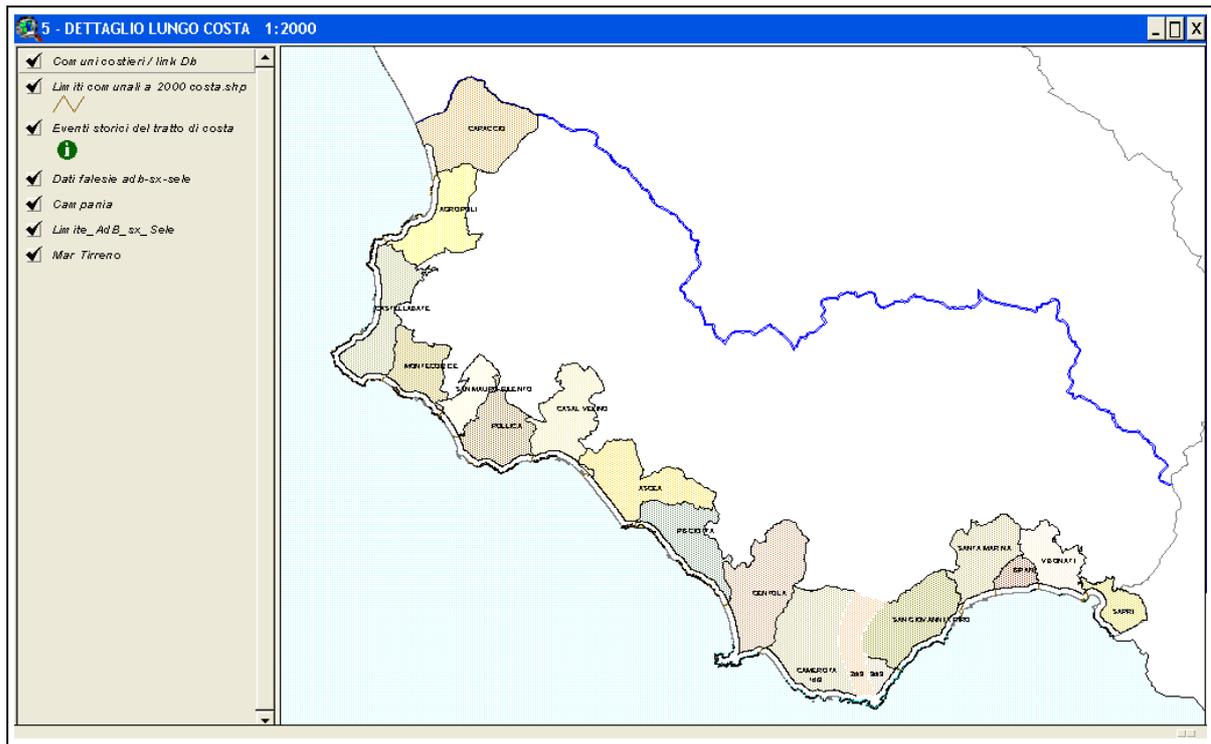


Fig. 20: Aspetto generale del GIS Sitec dell’Autorità di Bacino Sinistra Sele: vista “Dettaglio lungo costa 1:2000”.

Quella invece denominata “Pericolosità 1:2000” contiene le carte di base e tutte quelle derivate relative alla pericolosità lungo la costa (Fig. 21);

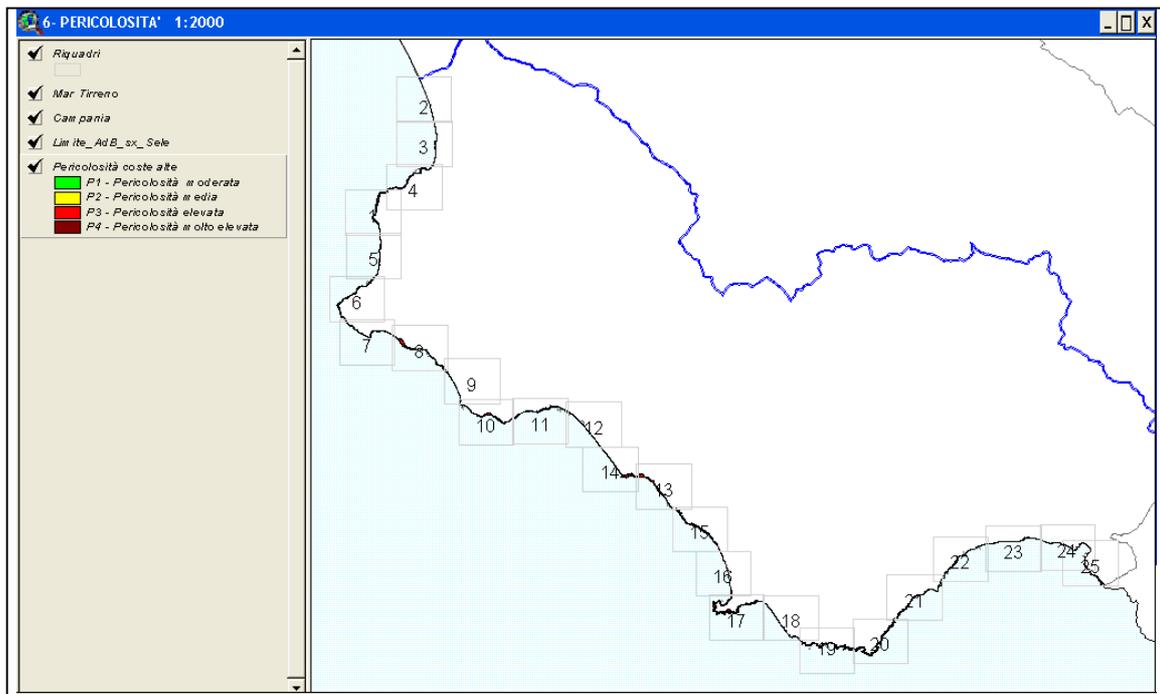


Fig. 21: Aspetto generale del GIS Sitec dell’Autorità di Bacino Sinistra Sele: vista “Pericolosità 1:2000”.

5.1 Struttura del SITEC relativamente alla pericolosità delle coste alte

Il cuore del sistema è il database esterno, realizzato in modo semplice e funzionale, in cui sono residenti sia i dati generali della costa sia i modelli di calcolo attraverso cui si è giunti all'elaborazione dell'indice d'instabilità (I.I.) e quindi della pericolosità per la costa alta.

I dati presenti nel database, sono stati resi accessibili direttamente dal SITEC attraverso un menu a tendina in cui sono riportati i nomi dei comuni costieri. Selezionando il comune, si visualizza la scheda del tratto costiero di pertinenza. La prima schermata, di seguito riportata, offre all'operatore di scegliere se selezionare la costa alta o quella bassa (Fig. 22).



Fig. 22: Aspetto generale del GIS Sitec dell'Autorità di Bacino Sinistra Sele: schermata di scelta "costa alta" o "costa bassa".

Qualora venga scelta l'opzione "costa alta", appare la seguente schermata (Fig. 23), che contiene tutti i riferimenti ai parametri utilizzati nella matrice delle interazioni di Hudson.

AUTORITA' DI BACINO REGIONALE SINISTRA SELE

Piano Stralcio Erosione Costiera
 Ai sensi dell'art. 17 commi 1 e 6 della Legge 18 maggio 1989 n. 183 s.m.i.
 e Legge 4 dicembre 1993 n. 493

SCHEMA FALESIA N. 5

Scegli la falesia che ti interessa:
 5 - AGROPOLI - Torre S.Marco

Parametri per il calcolo dell'indice di Instabilità

Parametri descrittivi

ALTEZZA: 5 [metri]
 ESPOSIZIONE: W
 INCLINAZIONE: 70 [gradi]
 COPERTURA VEGETALE: rada
 FRAZIONE ARGILLOSA: scarsa
 GIACITURA STRATI: traversopoggio
 FRANE PRECEDENTI: assente
 INTERVENTI ANTROPICI: assenti o inadeguati
 ACQUE SOTTERRANEE: non rilevate
 AMPIEZZA DEPOSITI ALLA BASE: 6 [metri]

INDICE D'INSTABILITA': 37,4 %

PERICOLOSITA' P 2

CHIUDI AGGIORNA LA SCHEDA STAMPA SCHEDA

Fig. 23: Aspetto generale del GIS Sitec dell'Autorità di Bacino Sinistra Sele: schermata "costa alta".

Viene quindi fornito il valore dell'indice di instabilità e la corrispondente classe di pericolosità.

In entrambe le schermate è presente una finestra a tendina, "scegli la costa che ti interessa" nella quale è contenuto l'elenco dei tratti di costa del comune selezionato. Scelto il tratto di costa su cui si vuole vedere la scheda, si ottengono tutti i dati del tratto selezionato. Nella schermata sono presenti inoltre tre pulsanti, il primo <aggiorna la scheda> va cliccato dopo aver apportato delle modifiche nei campi dove sono presenti i dati, il secondo <stampa scheda> consente di stampare la scheda vista a video ed infine c'è il tasto <chiudi> che riporta alla schermata iniziale. Prima di rivedere la schermata iniziale, in cui è possibile salvare le modifiche apportate o meno attraverso i due pulsanti <salva ed esci> e <esci senza salvare>, compare un messaggio che invita a chiudere il Sitec, ad aggiornare il file "dati collegati al GIS.xls" e a riavviare Sitec per poter avere disponibili tutti dati aggiornati.

Se sono stati modificati i dati per il calcolo della pericolosità, quest'ultima viene automaticamente aggiornata al prossimo riavvio del Sitec. Se, ad esempio, una falesia aveva, prima della modifica, una pericolosità P2, dopo le correzioni essa viene direttamente aggregata alla classe inferiore o superiore a seconda della rilevanza delle modifiche apportate. Nella figura 24, è rappresentata la schermata contenente le istruzioni per l'aggiornamento dei dati.



Fig. 24: Aspetto generale del GIS Sitec dell'Autorità di Bacino Sinistra Sele: schermata contenente le istruzioni per l'aggiornamento dei dati .

Da ultimo, nella figura 25, appare una schermata sintetica riportante tutti gli elementi raccolti ed elaborati, per ogni singola falesia. Essi riguardano le eventuali segnalazioni di fenomeni d'instabilità e la fonte di provenienza; una relazione sintetica sulla descrizione delle fenomenologie; la foto rappresentativa; i fattori dell'instabilità indicizzati con il metodo delle matrici asimmetriche; la rappresentazione cartografica del sito in esame.

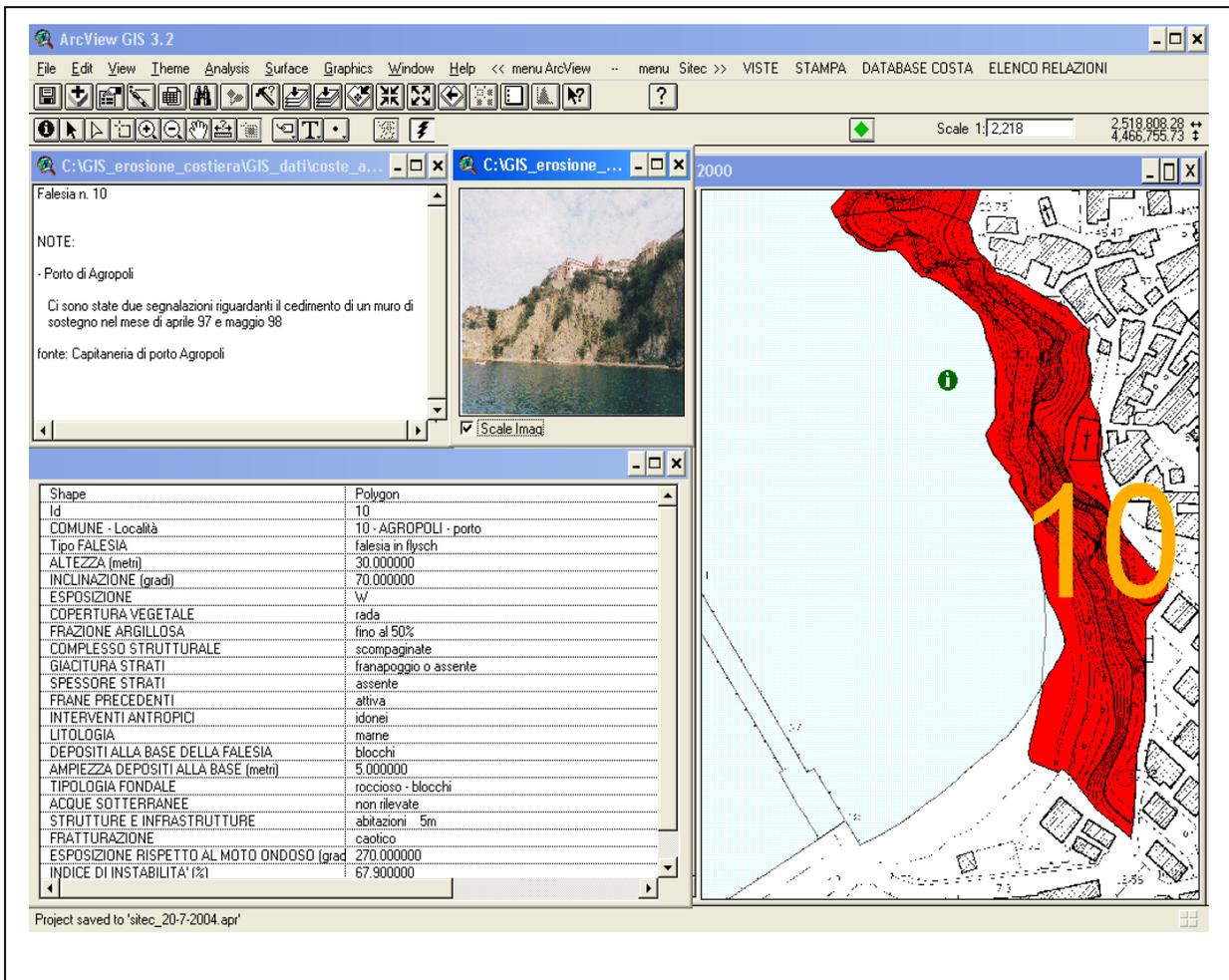


Fig. 25: Aspetto generale del GIS Sitec dell'Autorità di Bacino Sinistra Sele: schermata contenente tutti gli elementi elaborati per le singole falesie.

6. CONCLUSIONI

La metodologia utilizzata per la valutazione della suscettibilità a franare delle coste alte ricadenti nel territorio studiato, pur rivestendo carattere di indagine speditiva (proprio a causa dell'estensione e complessità dell'area indagata), fornisce tuttavia elementi di giudizio oggettivi e validi, soprattutto tenuto conto della scala di rilevamento adottata per il Piano Stralcio. Naturalmente, come tutti i metodi euristici anche quello di Hudson, che è essenzialmente basato su di una valutazione affidata alla capacità ed all'esperienza dei Rilevatori, risente di un certo grado di soggettività, insito soprattutto nella scelta dei codici numerici che vengono attribuiti ai diversi parametri dell'instabilità.

Occorre però osservare che la possibilità di implementazione dei risultati nel GIS Sitec opportunamente approntato, costituisce un indubbio vantaggio poiché, in ogni momento, sarà possibile modificare ed aggiornare i risultati della zonazione, nel caso in cui studi di maggior dettaglio permetteranno di poter contare su di una descrizione più precisa e dettagliata dei parametri dell'instabilità.

In questa fase, comunque, è risultato che circa 62 falesie del perimetro costiero studiato (ovvero il 39 %) ricadono nella classe di pericolosità P3, mentre 52 (31%) sono caratterizzate da condizioni di media pericolosità (classe P2) ed infine 49 falesie (30%) ricadono nella classe di pericolosità più bassa (P1). Se si considerano le aree, risulta che circa 2.147.036 m² (53 %) ricadono in classe P3, circa 1.035.120 m² (27 %) ricadono in classe P2 ed infine 658.131 m² (17 %) ricadono in P1.

Un altro aspetto di non secondaria importanza che è stato evidenziato, ha riguardato l'individuazione delle aree che possono essere interessate dall'invasione dei cumuli di frana e di quelle suscettibili di fenomeni retrogressivi, per arretramento delle corone di frana. Le prime si identificano talora con le spiagge per le quali il livello di frequentazione è massimo soprattutto nel periodo estivo, ma sulle quali possono insistere anche manufatti ed infrastrutture vulnerabili. Le seconde, invece, si identificano con i cigli delle falesie o con le aree immediatamente retrostanti, ove possono essere ubicati manufatti ed infrastrutture; anche in questi casi si è posta la necessità di un'attenta perimetrazione delle aree pericolose.

Pur con le inevitabili approssimazioni e semplificazioni, il metodo proposto ha il vantaggio di consentire una rapida ed efficace delimitazione dei siti nei quali realizzare, prioritariamente, interventi di difesa dalle mareggiate e per operazioni di pianificazione territoriale ed urbanistica.

Naturalmente, la sua applicazione alle numerose falesie del tratto studiato deve essere intesa come preliminare rispetto a studi geologici e geomeccanici futuri, di maggior dettaglio.

7. BIBLIOGRAFIA

AGI – ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA (1979). Some italian experiences on the mechanical characterization of structurally complex formations. Proc. IV International Congress of International Society for Rock Mechanics, 1, pp. 827 – 846.

BUDETTA P., GALIETTA G. & SANTO A. (1998): Fenomeni d'erosione e frane in alcune aree a coste alte del Cilento (Campania). Atti Conv. "Il rischio idrogeologico e la difesa del suolo" Roma 1-2 ottobre 1998. Accademia Nazionale dei Lincei, 154, 221- 227 Roma.

BUDETTA P., GALIETTA G. & SANTO A. (2000): A methodology for the study of the relation between coastal erosion and the mechanical strenght of soils and rock masses. Engineering Geology, 56, 243 - 256. Elsevier, Amsterdam.

CANCELLI A. & CROSTA G.(1999): Previsione e prevenzione per frane di crollo: descrizione del fenomeno e analisi del rischio. Atti Conv. "Previsione e prevenzione di movimenti franosi rapidi" Trento, 17 – 19 giugno, 1999.

DEFRA – Environment Agency Flood & Coastal Defence R & D Program (2002): Soft cliff prediction of recession rates and erosion control techniques. DEFRA Dept. for Environ Flood and Rural Affairs: 122 pp.

FINLAY P J, MOSTYN G R, FELL R (1999): Landslide risk assessment: prediction of travel distance. Can Geotech J 36: 556-562.

HUDSON J.A. (1992): Rock Engineering Systems: Theory & Practice. Ellis Horwood, Chichester: 186 pp.

INTERNATIONAL SOCIETY OF ROCK MECHANICS (1978): Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. Int. J. for Rock Mech. and Min. Sc., 15, 319 – 368.

LIED K. (1977): Rockfall problems in Norway. In "Rockfall dynamics and protective works effectiveness". Pubbl. ISMES n. 90, Bergamo 51-54.

MAZZOCOLA D.F. & HUDSON J.A. (1998): A comprehensive method of rock mass characterization for indicating natural slope instability. Quarterly J. of Eng. Geol., 29 – 37-56.

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1996): Carta geologica d'Italia 1/50.000 – Guida al rilevamento, a cura del Consiglio Nazionale delle Ricerche – Commissione per la cartografia geologica e geomorfologica. Quaderni serie III, vol. 1. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (2002): Progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi in Italia). Consultabile al sito internet:
<http://www.sinanet.apat.it/serviziogeologico/iffi/iffi.htm#metodologia>

SUNAMURA T. (1992): Geomorphology of rocky coasts. John Wiley & sons. Chichester, 302 pagine.

8. ALLEGATI

All. n. 1: Scheda di rilevamento geologico e geomorfologico della costa

All. n. 2: Scheda di rilevamento delle falesie

All. n. 3: Dati sulle segnalazioni di frane provenienti dalle autorità marittime

SCHEDA DI RILEVAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELLA COSTA

Data :

Rilevatore :

COMUNE DI :

LOCALITA' :

UNITA' FISIOGRAFICA :

SOTTOUNITA' N°:

ESPOSIZIONE RISPETTO AL NORD:

NOTE STORICHE E DI DANNI SUL TRATTO DI COSTA INVESTIGATO

TIPO DI COSTA :

GEOLOGIA :

SUBSTRATO AFFIORANTE :

GIACITURA DEGLI STRATI :

FAGLIE :

TIPOLOGIA DEI FENOMENI FRANOSI :

STATO DI ATTIVITA' DEI FENOMENI FRANOSI :

PRESENZA DI CORPI DI FRANA :

DIMENSIONI DEI CORPI DI FRANA :

TIPOLOGIA DI TERRAZZO :

CAVITA' CARSIICHE :

GEOMORFOLOGIA:

SBOCCO ASTE FLUVIALI :

CUSPIDI (CIOTTOLOSE E/O SABBIOSE) ALLO SBOCCO DI ASTE FLUVIALI :

CORDONI DUNARI :

ALTEZZA CORDONI DUNARI :

GRANULOMETRIA SPEDITIVA : DI DUNA
DI SPIAGGIA
DI BATTIGIA

LARGHEZZA MEDIA SPIAGGIA EMERSA :

LUNGHEZZA MEDIA SPIAGGIA EMERSA :

PENDENZA MEDIA SPIAGGIA EMERSA :

PRESENZA DELLE SAND WAVE :

AMPIEZZA DELLE SAND WAVE MISURATA DAI LOBI :

PRESENZA DI CUSPIDI CIOTTOLOSE LUNGO COSTA (BEACH CUSP) :

DISTANZA FRA LE CUSPIDI CIOTTOLOSE :

PRESENZA DI BARRE SABBIOSE LUNGO COSTA :

STRUTTURE ANTROPICHE

PORTI :

PENNELLI :

BARRIERE : FRANGIFLUTTI
ADERENTI
SOFFOLTE

PRESENZA DI STRUTTURE RIGIDE LUNGO COSTA:

DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE RIGIDE :

DISTANZA DALLA LINEA DI RIVA DELLE STRUTTURE RIGIDE :

FENOMENI DI SCALZAMENTO AL PIEDE DELLE STRUTTURE :

SCHEDA DI RILEVAMENTO DELLE FALESIE

COMUNE DI :

Data :	
Rilevatore :	

LOCALITA' :

UNITA' FISIOGRAFICA :

FALESIA N°

NOTE STORICHE E DI DANNI SULLA FALESIA INVESTIGATA

CARATTERISTICHE DELLA FALESIA

FORMAZIONE GEOLOGICA:

FALESIA IN FLYSCH

ALTEZZA:

FALESIA IN ROCCIA

INCLINAZIONE:

GIACITURA DEGLI STRATI:

COMPLESSITA' STRUTTURALE:

FRATTURAZIONE >

FRAZIONE ARGILLOSA:

PRECEDENTI INSTABILITA':

ESPOSIZIONE:

COPERTURA VEGETALE:

PRESENZA DI CORPI DI FRANA:

PRESENZA DI SORGENTI:

CAVITA' CARSICHE:

PRESENZA DI STRUTTURE ED INFRASTRUTTURE:

N.	COMUNE	N° ORDINANZA	DATA EMISSIONE	OGGETTO	LOCALITA'	DESCRIZIONE
1	Agropoli	02/1993	26/01/1993	PERICOLO COSTONE ROCCIOSO	San Francesco	costone roccioso sovrastante la zona sud del Porto di Agropoli
2		05/1993	14/04/1993	CADUTA MASSI	Il Fortino, il Faro, Licina	costone roccioso a picco sul mare compreso tra il Fortino e la spiaggia denominata Vicina, sita ad est del faro di Agropoli
3		02/1997	31/01/1997	MOVIMENTI FRANOSI	Vallone S.Marco	località compresa tra Vallone S.Marco e stabilimento balneare Lido Aurora per una lunghezza di m 85 ca
4		05/1997	22/02/1997	MOVIMENTI FRANOSI	Trentova	
5		01/1997	08/04/1997	PERICOLO CROLLO MURO DI CONTENIMENTO	Porto	
6		16/1998	26/05/1998	CEDIMENTO MURO DI CONTENIMENTO	Porto	
7	Castellabate	04/1993	13/03/1993	PERICOLO COSTONE ROCCIOSO	Porto	costone roccioso sovrastante il tratto di spiaggia sito ad Ovest dell'Hotel L'Approdo
8		06/1993	13/03/1993	CADUTA MASSI	S.Marco - Ripa	
9		09/1994	26/05/1994	CADUTA MASSI	Punta Tresino	costone roccioso compreso tra località Lago (esclusa) e Punta Tresino
10		21/1994	30/07/1994	LIVELLAMENTO	Bracale	spiaggia antistante l'hotel

				SPIAGGIA		Costa d'Oro
11		15/1995	05/07/1995	N.N.	Baia Arena-Costa del Conte	struttura balneare in ferro in stato precario pericolante
12	Pollica	10/1994	28/05/1994	CADUTA MASSI	Acciaroli – Campo di Mare	costone roccioso di circa 200 m posto a sud-est della proprietà Busco Ettore
13		51/1996	11/12/1996	MOVIMENTI FRANOSI	Acciaroli: A.D.M.	sottostante la via F. Piantieri
14		05/1998	14/03/1998	FRANE SUL DEMANIO MARITTIMO	Acciaroli - Calamona	
15	San Mauro Cilento	06/1997	14/03/1997	PERICOLO DI FRANA	Mezzatorre: N.N.	
16	Montecorice	16/1993	11/06/1993	MOVIMENTI FRANOSI	Ripe Rosse	costone roccioso sovrastante il tratto di costa compreso tra la spiaggia di Casa del Conte (esclusa) e la località S.Nicola a mare (esclusa)
17		04/1995	23/02/1995	RECINZIONE PRECARIA	San Nicola a Mare	recinzione precaria
18		03/1996	27/01/1996	MOVIMENTI FRANOSI	San Nicola a Mare	costone roccioso sovrastante S.S. 267 km 31-450
19		09/1996	30/04/1996	STRUTTURE NON IDONEE	San Nicola a Mare	costruendo porticciolo turistico- peschereccio
20		50/1996	10/12/1996	CEDIMENTO MURO DI CONTENIMENTO	Erchia: Lido ZaZa	
21	Velia	02/1996	17/01/1996	DANNI ALLA PIATTAFORMA IN CLS.	Piana di Velia: Lido Velia	

22	Pisciotta	20/1993	05/07/1993	CADUTA MASSI	Fosse della Marina	costone roccioso compreso tra il villaggio turistico Le Maree (escluso) di Marina di Pisciotta
23		21/1993	05/07/1993	CADUTA MASSI	Torracca	costone roccioso compreso tra il villaggio turistico Torracca (escluso) ed il Vallone S. Carlo
24		32/93	19/08/1993 (revoca parziale)	CADUTA MASSI	Torracca	costone roccioso compreso tra il villaggio turistico Torracca (escluso) ed il Vallone S. Carlo
25		21/1993	05/07/1993	CADUTA MASSI	Torracca	costone roccioso compreso tra il villaggio turistico Torracca (escluso) e Sole del Sud (escluso)
26		08/94	26/05/1994(revo ca parziale)	CADUTA MASSI	Torracca	compreso tra il villaggio turistico Torracca (escluso) e Sole del Sud (escluso)
27		13/1995	15/06/1995	CADUTA MASSI	Fosse della Marina	prossimità della tubazione del consorzio acquedotti del Cilento
28		14/1995	15/06/1995	CADUTA MASSI	Ficaiola	prossimità del Villaggio turistico Paradiso
29	Centola (Palinuro)		Comunicazione del Comune in data 14/08/2002	MOVIMENTO A SEGUITO MAREGGIATA	Albergo Il Gabbiano	arenile prospiciente Albergo Il Gabbiano
30			Comunicazione del Comune in data 17/01/2002	MOVIMENTO FRANOSO	Saline Parco Amicizia	
31			Provvedimento del Comune	DISTACCO MASSI	località Porto	parete rocciosa sottostante la strada comunale di accesso

			prot. 733 del 29/03/2002			all'area portuale
32			Ord. n° 01/1997 di Circomare Palinuro	MOVIMENTI FRANOSI	Arco Naturale di Palinuro	
33			Ord. n° 015/1994 di Circomare Palinuro	MOVIMENTI FRANOSI	Cala Fetente	
34			Ord. n° 016/1996 di Circomare Palinuro	MOVIMENTI FRANOSI	Saline	
35	San Giovanni a Piro		Ord. n° 04/1994 di Circomare Palinuro	MOVIMENTI FRANOSI	N.N.	
36			Ord. n° 15/1994 di Circomare Palinuro	MOVIMENTI FRANOSI	Cala delle Vipere	spiaggia a ponente della Spiaggia della Sciabica
37			Ord. n° 15/1994 di Circomare Palinuro	MOVIMENTI FRANOSI	costa a nord di Punta dell'Olmo	zona tratto Massetta – spiaggia Cascanella
38			Ord. n° 15/1994 di Circomare Palinuro	MOVIMENTI FRANOSI	Spiaggia	a ponente ed a levante di Punta Garagliano
39	Sapri		Ord. n° 31/1994 di Circomare Palinuro	MOVIMENTI FRANOSI	Torre Specola	

40			Ord. n° 14/1994 di Circomare Palinuro	MOVIMENTI FRANOSI	N.N.	
41	Vibonati		Ord. n° 016/1996 di Circomare Palinuro	MOVIMENTI FRANOSI	Villammare	
42	Camerota		Ord. n° 42/1996 di Circomare Palinuro	MOVIMENTI FRANOSI	Cala Bianca	

Allegato n. 3: Dati sulle segnalazioni di frane provenienti dalle autorità marittime