

La Voragine del Bottegone

A) DESCRIZIONE NATURALISTICA, PAESAGGISTICA E GEOLOGICA DEL GEOSITO

A1 COME ARRIVARCI

Da Grosseto:

Si percorre la strada provinciale 152 Via Aurelia Nord, in direzione della stazione di Montepescali. Giunti al Podere Caldanelle si devia a sinistra in direzione Fattoria Acquisti. Circa 250 metri prima della Fattoria Acquisti si devia sulla destra e percorsi circa 800 metri quasi in rettilineo, si svolta a destra. Dopo circa 500 metri sulla destra è visibile la voragine attualmente riempita da acqua.

Da Siena:

Occorre raggiungere Grosseto e proseguire come sopra.

A2 DESCRIZIONE DEL GEOSITO

A2' Inquadramento geologico

Il geosito si trova all'interno della pianura di Grosseto ed in corrispondenza di depositi quaternari di esondazione del Fiume Ombrone. Un sondaggio geognostico effettuato per conto della Regione toscana in corrispondenza dell'area sprofondata ha incontrato, per 170 metri, sedimenti di ambiente fluviale o fluvio-lacustre.

Il substrato roccioso sottostante a questi è da ricercarsi a profondità superiore. Nelle zone vicine esso è rappresentato dalle formazioni del Verrucano, di Tocchi, del Calcare cavernoso, del Macigno e delle Argille e calcari.

A2'' Il geosito

Siamo in presenza di una voragine di forma leggermente ellittica, allungata in direzione N-S, con diametro maggiore di 180 m e minore di 150, oggi sede di un lago.

Quando si formò la voragine (29 gennaio 1999) lo sprofondamento massimo era intorno ai 13 metri. In seguito all'evento si rilevarono una variazione evidente nella portata e nella torbidità della sorgente Le Caldanelle e la formazione di alcuni vulcanetti di fango nelle vicinanze della sorgente Poggetti Vecchi.

A3 COSA RACCONTA IL GEOSITO

A3' Contenuti scientifici

I piping sinkhole: il processo genetico (Tratto dal sito dell'ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale).

Il modello geologico concettuale affinché si verifichi un *sinkhole* di questo tipo prevede la presenza al di sopra del *bedrock* carbonatico carsificato di un potente pacco di depositi di copertura. Le dimensioni granulometriche degli elementi della copertura possono essere variabili ma generalmente si tratta di argille-sabbiose, limi, sabbie con intercalazioni di ghiaie. Associazioni sedimentarie di questo tipo determinano nell'intero pacco un certo grado di coesione e una portanza naturale.

Appare molto improbabile un risentimento in superficie, per il consistente spessore dei materiali di copertura in molti dei casi verificatisi in Italia (fino a 200 m), di un fenomeno di crollo a partire da una cavità profonda, mediante processi di *raveling* (scorrimento di materiale verso il basso),

soprattutto per la presenza di orizzonti argillosi impermeabili. Inoltre, nei casi di *sinkholes* di questo tipo studiati in Italia, si osserva l'assenza di movimenti di infiltrazione verso il basso delle acque di circolazione idrica sotterranea in grado di drenare il materiale di copertura. Il fenomeno è poi facilitato se all'interno del pacco di sedimenti sono presenti lenti di terreni carsificabili (quali travertini, o ghiaie di natura prevalentemente carbonatica). Mentre non risultano tuttora casi di *piping sinkhole* formatisi su argille dotate di elevata coesione (ad esempio argille azzurre, marine particolarmente coesive, di età pliocenica).

I modelli concettuali esistenti per spiegare tali tipi di cavità si adattano poco alla complessità della situazione geologico-strutturale ed idrogeologica delle condizioni al contorno.

La spiegazione che sembra più plausibile per questi fenomeni è riconducibile a processi di *piping*. Questi avvengono solitamente in materiali che presentano una classe granulometrica corrispondente alle sabbie, mentre le argille coesive in genere non possono essere soggette a *piping*. Tuttavia studi recenti ammettono che in presenza di una coltre, costituita da alternanze di terreni a differente granulometria, non si può escludere che il fenomeno avvenga in alcuni intervalli del pacco alluvionale.

Per effetto del *piping* si ha la propagazione di una cavità, all'interno del materiale di copertura, a partire dal tetto del *bedrock* verso l'alto, il fenomeno procede verso l'alto fino a quando il terreno di copertura, non sopportando più gli sforzi di taglio, collassa dando luogo ad una voragine che si forma nell'arco di 6-24 ore. La profondità a cui solitamente può avvenire il collasso finale è pari a una trentina di metri, la cavità perciò risale verso l'alto fino a 30 m dal p.c. dopo di che si ha il crollo.

Il meccanismo di formazione sarebbe dunque legato anche all'azione erosiva delle acque, ricche di gas, in pressione e in risalita. La risalita di acque profonde tramite processi di *upwelling* risulta poi essere controllata da discontinuità presenti nel *bedrock*, che vanno a rappresentare delle vere e proprie vie di fuga, oltre che per i gas, per le acque in pressione dell'acquifero profondo.

Un possibile innesco dei fenomeni di *piping* è rappresentato da eventi sismici che determinano la rottura di un equilibrio metastabile. Infatti, il passaggio di onde sismiche provoca, unitamente al cambiamento dell'assetto dei granuli, un incremento della pressione di poro che, se raggiunge i valori della pressione litostatica determinata dal carico dei materiali soprastanti, porta alla liquefazione dei terreni.

La caratteristica morfologica che contraddistingue i *piping sinkhole* è data dalle pareti delle cavità che risultano perfettamente verticali, il diametro e le profondità raggiungono le decine di metri.

Le cause

I *piping sinkhole* si formano per cause predisponenti ed innescanti. Si originano in contesti di complesse situazioni geologico-strutturali ed idrogeologiche del territorio che ne costituiscono le condizioni essenziali. Vengono innescati per motivi di diversa natura quali un sisma, un periodo di siccità, o una alluvione (ciò che può provocare una variazione rapida del livello piezometrico), l'emungimento di grandi quantitativi di acqua dal sottosuolo.

Definire quale sia la causa principale è difficile poiché esse sono molteplici e generalmente concomitanti; queste possono essere distinte in predisponenti ed innescanti il processo e così riassunte:

Cause predisponenti

- Un substrato carbonatico o costituito da roccia solubile (calcari, dolomie, evaporiti o rocce solfatiche) sottoposto a fenomeni carsici; la presenza di una morfologia del *bedrock* accidentata, sia a piccola che a grande scala, con macroforme carsiche (*doline*, *uvala*, *crepacci* e *grotte*) e con cavità carsiche presenti al tetto del substrato (interfaccia suolo/roccia) risultato di processi corrosivi e pedogenetici;

- La presenza di un pacco di sedimenti impermeabili o semi-permeabili al tetto del substrato costituito da limi, argille, sabbie a differente granulometria omogenee o eterogenee;
- Scadenti caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali costituenti il manto superiore (consolidazione, addensamento, resistenza);
- Presenza di un reticolo di fratture o faglie che permettano una maggiore circolazione idrica e una notevole erosione meccanica;
- Presenza di abbondanti acque di circolazione sotterranea;
- Presenza di gas nel sottosuolo, generalmente CO₂ e H₂S, che consentano la dissoluzione dei materiali di copertura e la risalita delle acque;
- La scarsa presenza di un manto vegetale che possa esercitare un effetto limitante nei confronti della mobilitazione dei terreni.

Cause innescanti

- Intensità elevata delle precipitazioni piovose e alternanza di periodi secchi e piovosi, risultano particolarmente favorevoli alla formazione delle oscillazioni della tavola d'acqua;
- Scosse sismiche;
- Attività antropiche (estrattive, emungimenti di acqua, etc.). Il forte emungimento per uso irriguo ed idropotabile fa sì che si sviluppino, in prossimità dei pozzi, coni di depressione tali da far aumentare notevolmente la velocità dei flussi idrici e quindi l'asportazione delle particelle dei sedimenti e la subsidenza delle coperture alluvionali.

ooooo

Le indagini condotte da uno degli scriventi, i cui risultati sono pubblicati nel lavoro riportato al punto D a cui si rimanda per avere un quadro esaustivo delle varie ipotesi, sottolineano il fatto che l'area nella quale si è verificata la voragine sia nel punto di incrocio di alcune faglie che probabilmente hanno giocato un ruolo importante come causa predisponente.

Studi più recenti e condotti dal Comune di Grosseto per conto della Regione Toscana hanno fornito un modello interpretativo del fenomeno di mediante l'utilizzo di metodi analitici ed empirici elaborati nell'ambito di problemi minerari.

Sono state ipotizzate varie condizioni della cavità ed il meccanismo evolutivo maggiormente attinente al caso esaminato considera il crollo del tetto della cavità e la progressiva estensione del camino di collasso in superficie dovuta al franamento dei materiali di copertura ed al loro aumento di volume.

La modellazione parametrica propone un camino di collasso cilindrico di larghezza pari alla zona pseudo circolare della voragine di entità variabile dai 120 ai 140 m, una cavità sotterranea di altezza pari a 70 m e profonda dai 240 ai 260 m. Il modello si riferisce alla presenza di un basamento inclinato che meglio risponde alla geometria dello sprofondamento registrato in superficie.

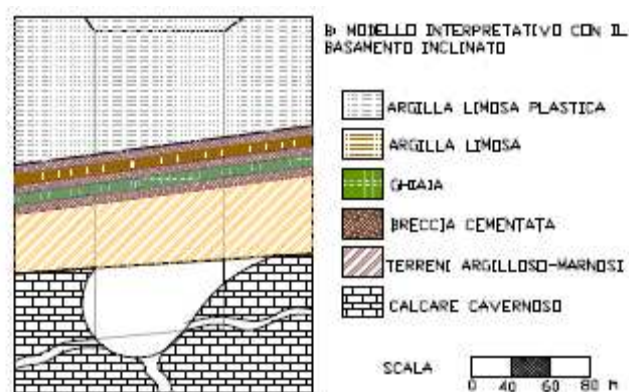


Fig. 104: Modello interpretativo con il basamento inclinato

Per approfondimenti si invita alla lettura dei documenti (allegati G e Gbis – anno 2002) del quadro conoscitivo del Piano Strutturale del Comune di Grosseto approvato con D.C.C. n.43 del 08/04/2006.

A3”Contenuti divulgativo-didattici

In particolari condizioni il suolo su cui vive o lavora l’uomo può repentinamente sprofondare, come è successo nel nostro caso.

Una pianura ampia come quella grossetana, apparentemente omogenea, può presentare invece caratteristiche di disomogeneità geologica insospettite. Da qui l’importanza di eseguire studi che permettano di conoscere sempre meglio il nostro territorio.

B) DESCRIZIONE DEL RISCHIO DI DEGRADO;

C) DESCRIZIONE DEL GRADO DI INTERESSE;

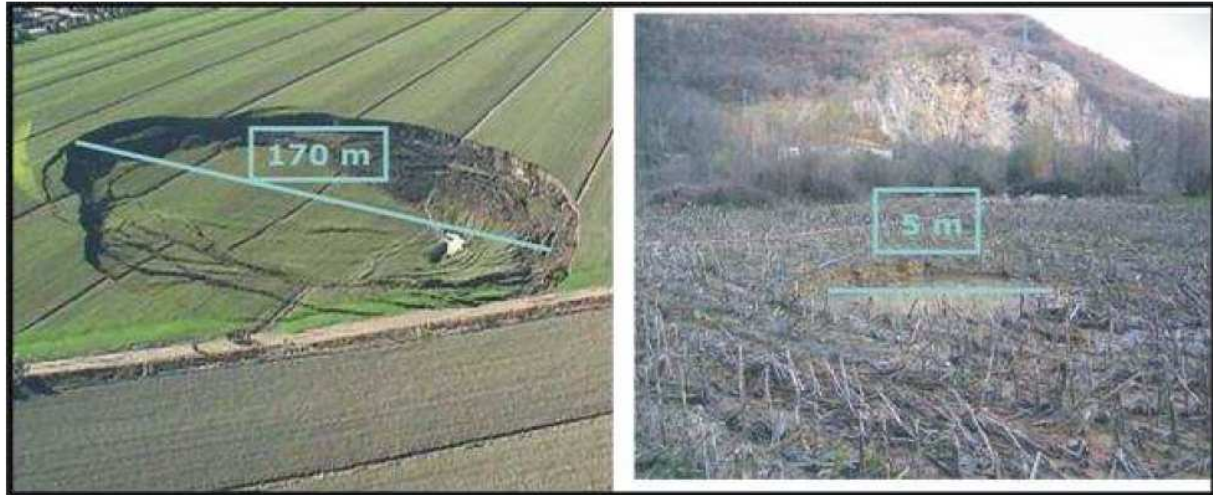
Per fortuna in Toscana si conoscono solo due casi di sinkhole, quella di Camaiore, realizzatasi nel 1995 e quella del Bottegone, avvenuta nel 1999. Da qui il grado di interesse, per lo meno regionale, connesso con tale geosito.

D) RIFERIMENTI DOCUMENTALI BIBLIOGRAFICI;

AUTORI VARI (2002) “Le voragini catastrofiche un nuovo problema per la Toscana ” Editori Regione Toscana. Cum bibl.

COMUNE DI GROSSETO (2002) Quadro conoscitivo del Piano Strutturale del Comune di Grosseto approvato con D.C.C. n.43 del 08/04/2006 – indagini geologiche, allegati G e Gbis

E) EVENTUALI COMMENTI E ANNOTAZIONI AGGIUNTIVE.



Immagini del *sinkhole* del Bottegone il giorno successivo alla sua formazione, dove è visibile la risalita d'acqua e 4 anni dopo, a fenomeno di annegamento avvenuto.