

INDAGINI GEOGNOSTICHE FINALIZZATE AL RICONOSCIMENTO DELLA PERICOLOSITÀ DEI SINKHOLE DI PASSO SAN LUGANO (BZ) NEI GESSI DEL BELLEROPHON

NOSSING LUDWIG*, **STRADA CLAUDIA***, **NOBILE MICHELE****,
GRADIZZI ANNA PAOLA**

**Studio Associato “Geologia e Ambiente” di Bolzano, *Servizio Geologico della
Provincia Autonoma di Bolzano

INTRODUZIONE

Il fenomeno dello “sprofondamento carsico” o “sinkhole” non risulta diffuso nel territorio dell’Alto Adige, ed è stato rilevato, generato da cause naturali, solamente in corrispondenza di ridotte aree nei pressi dell’abitato di San Lugano (Comune di Trodena – BZ). Con riferimento alla Figura 1, il sito in esame è ubicato a sud-ovest di Bolzano, sul versante meridionale del Monte Torlago, in una zona turistica di accesso ad alcune delle principali località sciistiche e naturalistiche del Trentino-Alto Adige come la Val di Fassa e la Val di Fiemme.

In particolare l’area in esame è la località Maso Scofa, localizzata in destra idrografica della valle, circa a metà versante.

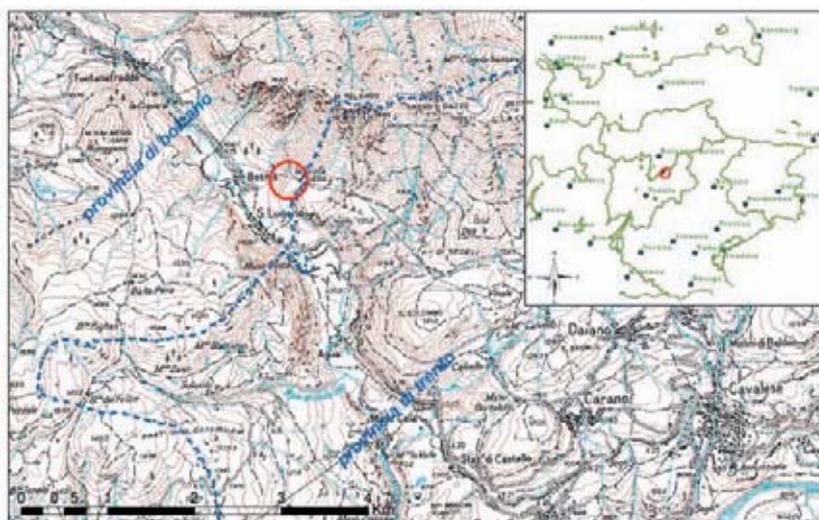


Fig.1 - Inquadramento geografico

La località Maso Scofa è attualmente costituita da tre abitazioni civili, alle quali fanno riferimento circa una quindicina di persone, una grande stalla per il ricovero del bestiame e i terreni adibiti al pascolo e alle coltivazioni agricole che circondano l’area edificata per circa due chilometri.

Quest’area è stata interessata in passato (testimonianze orali riferite ai due secoli scorsi) da altri collassi analoghi ubicati nella zona attualmente interessata da una cava di gessi dismessi.

L'attività estrattiva ha infatti assorbito, nelle sue diverse fasi di coltivazione, gli sprofondamenti antichi, rendendoli irricognoscibili.

Nell'autunno del 2000, legato a fenomeni di piovosità intensa e prolungata, si è però verificato un nuovo collasso superficiale di notevoli dimensioni. Si è aperta infatti in corrispondenza dell'area prativa a fianco delle abitazioni di località Maso Scofa, una voragine conica del diametro di circa 8-10 m e con una profondità di 15 m. La sede del recente evento di dissesto è estremamente vicina alle abitazioni civili, in una zona di passaggio e collegamento della strada vicinale alle abitazioni e di pascolo del bestiame. Il rischio quindi per le persone residenti e per gli animali è estremamente elevato.



Fig.2 - Impronta del fenomeno di sinkhole nell'Autunno 2000

Al fine di individuare le problematiche connesse a tali fenomeni, mai studiati né conosciuti al di fuori della realtà locale, è stato condotto negli anni 2001-2002 uno studio geologico di dettaglio basato sia sul rilevamento geologico geomorfologico, sia su un'estesa campagna geognostica.

L'area presenta infatti una situazione stratigrafica e geostrutturale particolarmente complessa e di difficile interpretazione in relazione sia alle importanti coperture detritiche e moreniche, sia alla presenza di faglie a carattere regionale.

1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

L'area in esame si trova in un'area marginale delle Vulcaniti Atesine. In successione sono state rilevate anche altre litologie sedimentarie permo-triassiche. Gli affioramenti rociosi sono comunque rari e predominano nettamente le coperture sciolte che, di conseguenza rendono particolarmente complessa la ricostruzione geologica del sottosuolo (vedi Figura 3 – Carta Geologica e Geomorfologica).

1.1. Assetto stratigrafico

La sequenza stratigrafica è stata ricostruita sia sulla base del rilevamento geologico di dettaglio, sia sulla base delle indagini dirette condotte, mentre la caratterizzazione geologica delle litologie presenti si è basata sulle note bibliografiche del Foglio Geologico Predazzo in scala 1: 25.000 e sul rilevamento di campagna.

Le litologie individuate sono:

Vulcaniti Atesine (Permiano): si tratta di ignimbriti riolitiche di colore rossastro o rosso scuro, la formazione è omogenea, costituita da rocce compatte interessate da evidenti fatturazioni subverticale. Nell'area di S. Lugano i banchi ignimbritici hanno un aspetto breccioso e sono presenti dei livelli vetrofirici di colore scuro dovuto alla presenza di vetro nella massa di fondo.

Le ignimbriti sono state riconosciute a valle del sito in esame e sono caratterizzate dalla presenza di tre sistemi di discontinuità riconducibili alle direttrici della Linea di Trodena. I giunti hanno spaziature da 10 a 50 cm con persistenze metriche.

Arenarie di Val Gardena (Permiano medio): si tratta di un complesso prevalentemente arenaceo a granulometria variabile. Le arenarie giacciono in discordanza sulle vulcaniti dalle quali prevalentemente provengono. Le arenarie individuate nei pressi del sito di interesse si trovano in continuità con le vulcaniti ubicate a sud-est, hanno granulometria grossolana, sono di colore rosso cupo e sono spesso fortemente alterate.

Formazione a Bellerophon (Permiano superiore): Al limite con le Arenarie di Val Gardena questa formazione geologica è costituita dall'alternanza di marne siltose o arenarie con frequenti noduli e lenti di gesso di spessore variabile. Gli affioramenti sono rappresentati dal fronte settentrionale della cava in disuso e dalla scarpata retrostante le abitazioni di Maso Scofa. In corrispondenza dell'area in esame questa formazione è costituita unicamente da alternanze di livelli arenaci e gessosi. I livelli arenaci sono di colore rossastro, da alterati a massivi, mentre i livelli gessosi sono di colore grigio solitamente ripiegati e fortemente alterati. I rilievi condotti in corrispondenza dei due affioramenti presenti hanno evidenziato un andamento abbastanza costante del giunto di strato che presenta una giacitura azimutale media di N 340-20°, una spaziatura variabile da 30 a 100 cm e una persistenza elevata. Le superfici dei giunti sono ondulate-rugose, prevalentemente aperte. Sono stati rilevati anche due sistemi di discontinuità, circa paralleli alle direttrici tettoniche principali, con persistenze medio-basse.

Formazione di Werfen (Triassico inferiore): si tratta di una formazione fittamente stratificata costituita da diversi e vari orizzonti che comprendono calcari marnosi, calcari siltosi, siltiti, arenarie, gessi. In particolare è stata riconosciuta la presenza di un membro appartenente a questo gruppo: il Membro di Mazzin costituito da calcari marnosi micritici, di colore grigio verdastro, che affiorano in corrispondenza del versante retrostante località Maso Scofa. In questo affioramento è stato effettuato un rilievo geologico che ha appurato una buona corrispondenza della giacitura del giunto di strato con quanto rilevato nel Bellerophon.

Depositi detritici e till indifferenziato (Quaternario): si tratta di depositi sciolti che interessano diffusamente tutta l'area in esame. In particolare sono state rilevate delle falde detritiche e detritico-colluviali poste in corrispondenza dei piedi delle scarpate rocciose, mentre nelle aree subpianeggianti o di pendio dolce affiora diffusamente il till costituito da frammenti spigolosi, prevalentemente porfirici, ma anche arenacei e subordinatamente gessosi, in abbondante matrice terrigena di colore marrone scuro.

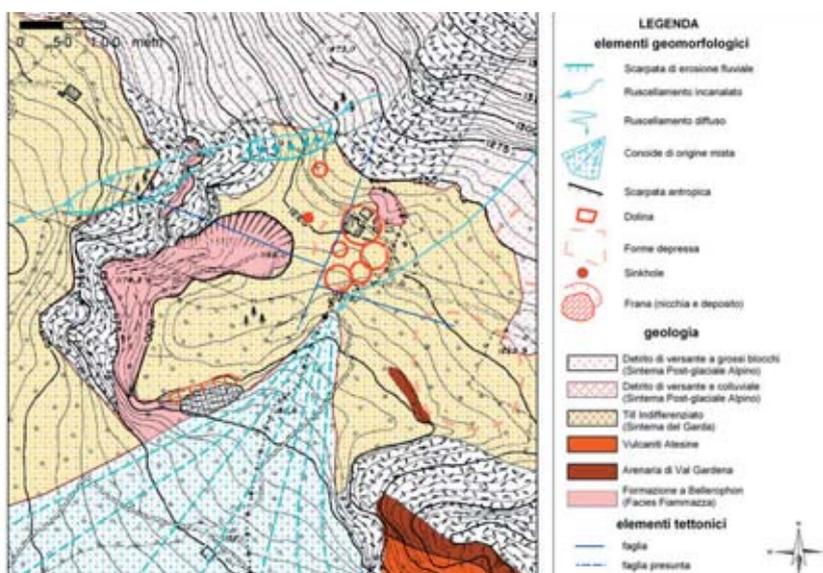


Fig. 3 - Carta Geologica e Geomorfologica

1.2. Assetto tettonico

La zona a SE di Bolzano appartiene ad una zona di giunzione tettonica fra la Piattaforma Atesina, alla quale appartiene, e l'area Dolomitica delle Alpi Meridionali.

L'elemento tettonico più importante è la Linea di Trodena di direzione NE-SW e carattere regionale. La Linea di Trodena è una faglia inversa con innalzamento della parte posta a NW e un rigetto che va aumentando da SW a NE fino a Cauria, per poi diminuire ed annullarsi presso al Rocca. Questo importante lineamento prosegue poi verso NE cambiando completamente direzione ed assumendo un andamento circa E-W per allinearsi con gli assi delle Dolomiti Occidentali. La Linea di Trodena presenta in questa zona molte altre strutture minori che mantengono le caratteristiche della faglia principale abbassando il lato di SE.

Altre strutture tettoniche principali sono la Linea di Stava e la Linea di Solaioli, si tratta di una serie di dislocazioni di direzione E-W che costituiscono la terminazione nord-occidentale di elementi tettonici posti ad oriente della zona esaminata. È necessario sottolineare che queste strutture sono subparallele anche all'andamento della parte finale della Linea di Trodena, circa E-W. I dintorni di Maso Scofa risultano quindi inseriti entro importanti lineamenti tettonici.

In particolare è stata rilevata, dall'indagine sismica e poi dai sondaggi geognostici, una faglia con andamento NE-SW parallelo alla Linea di Trodena, della quale costituisce probabilmente una struttura minore. Questa faglia locale mette a contatto le Igimbriti con le Arenarie di Val Gardena, abbassando la porzione orientale e presentando quindi un comportamento analogo alla Linea principale.

Altre importanti faglie presentano direzione E-W, sono correlate con la Linea di Stava e sono ubicate una a nord del sito in esame quasi alla base delle scarpate porfiriche che chiudono il versante e l'altra poco a sud delle abitazioni, in corrispondenza dell'asse della vecchia cava. Queste strutture costituiscono un cuneo innalzato, recente rispetto alle Vulcaniti che lo circondano. Il limite inferiore si è presumibilmente impostato sulle porzioni gessose del Bellerophon, nelle quali ha trovato uno strato deformabile.

1.3. Assetto idrogeologico

Complessivamente la zona è caratterizzata da uno scarso ruscellamento superficiale e da una modesta rete idrografica, nonostante siano presenti diversi impluvi relitti. Questo fenomeno è probabilmente causato dall'infiltrazione efficace dei primi metri del sottosuolo caratterizzati dalla presenza di materiali permeabili; in tal senso il deflusso idrico sotterraneo è di tipo carsico ed avviene presumibilmente secondo la direttrice NNE-SSW in accordo con la direzione degli spartiacque e degli impluvi superficiali. In particolare durante le fasi di campagna è stato rilevato solamente una scarsa circolazione superficiale legata a fenomeni meteorici in corrispondenza del rio posto ad est del sito in esame.

Altre venute idriche, sempre di scarsa entità, sono state rilevate circa alla quota di 1150 m slm in corrispondenza dell'affiorare della Formazione del Bellerophon. Inoltre durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici è stata intercettata una piccola falda nell'ammasso porfirico a sud del sito.

Per quanto riguarda la geochemica delle acque circolanti nel sottosuolo è stata rilevata la presenza di elevate quantità di sali disciolti nelle acque intercettate alla base del versante e caratterizzate dall'attraversamento della successione stratigrafica precedentemente descritta. Tale situazione sottolinea naturalmente l'effettiva ed elevata solubilità delle rocce in posto.

1.4. Assetto geomorfologico

L'elemento che ha caratterizzato in passato la morfologia della Valle di San Lugano è l'erosione glaciale che ha dato origine ai depositi di till indifferenziato presenti su gran parte del versante in oggetto. Successivamente altre forme di erosione impostate su direttrici tettoniche hanno modificato l'assetto geomorfologico del versante in esame, principalmente ci si riferisce all'erosione carsica e gravitativa.

Particolarmente importante per questo studio è l'erosione carsica, che si manifesta nell'area con la presenza di impluvi relitti, di doline diffusamente presenti a valle delle abitazioni, e con ampie morfologie a forma circolare presenti, sia a monte delle nuove abitazioni di Maso Scofa, sia in corrispondenza della zona prativa posta ad est (vedi Figura 3). Altri elementi geomorfologici che sottolineano l'azione di modellamento carsico sono le doline presenti nell'area prativa antistante le case (vedi Figura 3), la forma subpianeggiante del terrazzo su cui sorge la località Maso Scofa stessa, la presenza di piccoli avvallamenti del diametro di circa 2 m e di forma subcircolare rilevati nel bosco ad est del sito.

Il modellamento del paesaggio da parte dell'erosione carsica deriva dalla possibilità-capacità delle acque naturali circolanti di aggredire il substrato roccioso in funzione della sua solubilità.

Nell'area alcuni fattori contribuiscono fortemente a questo processo, primo fra tutti l'elevata solubilità delle rocce evaporitiche, favorita dall'arricchimento nelle acque meteoriche di anidride carbonica. Quest'arricchimento è legato, nel nostro caso, sia alla presenza di suoli agrari, sia alle basse temperature che interessano l'area per la maggior parte dell'anno.

Attualmente la macroforma carsica che interessa l'area e che è l'oggetto del presente studio è l'inghiottitoio carsico o sinkhole, che si è manifestato nell'autunno 2000 nell'area prativa antistante Maso Scofa. Il sinkhole presentava un diametro di circa 8-10 m ed una profondità di circa 15 m, con una morfologia tipica dei macrofenomeni carsici, come per esempio la forma perfettamente circolare del suo perimetro. Tale strut-

tura è dovuta al collasso del tetto di cavità sotterranee o alla completa soluzione di importanti spessori di roccia solubile. Questi fenomeni si manifestano in superficie come conche chiuse fortemente approfondite verso il centro e con un diametro inferiore alla profondità raggiunta.

In particolare:

- il fenomeno è avvenuto in seguito ad un periodo di intensa piovosità,
- il fenomeno è avvenuto senza segni premonitori di particolare evidenza,
- non sono stati rilevati segni di cedimento nel terreno attorno al limite di rottura,
- lo sprofondamento è avvenuto di notte e gli abitanti delle case vicine hanno sentito solamente un forte boato.

Si rileva come l'assetto tettonico e morfologico presentino un'analogia ben evidente. L'asse dei sinkhole antichi e recenti è infatti impostato secondo una direttrice parallela al sistema tettonico NE-SW, a sostegno della probabile impostazione di quest'ultime lungo le faglie che favoriscono l'infiltrazione idrica.

2. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine di conoscere la successione stratigrafica presente nel sottosuolo e di intercettare eventuali altre cavità sono state condotte le seguenti indagini dirette ed indirette nell'ordine cronologico riportato:

- Rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio,
- N° 2 profili di tomografia elettrica,
- N° 2 sondaggi a carotaggio continuo,
- N° 12 profili a rifrazione sismica,
- N° 7 sondaggi a distruzione,
- Rilievo del sito con metodo microgravimetrico,
- N° 2 sondaggi a carotaggio continuo.

In Figura 4 è riportata l'ubicazione delle indagini.

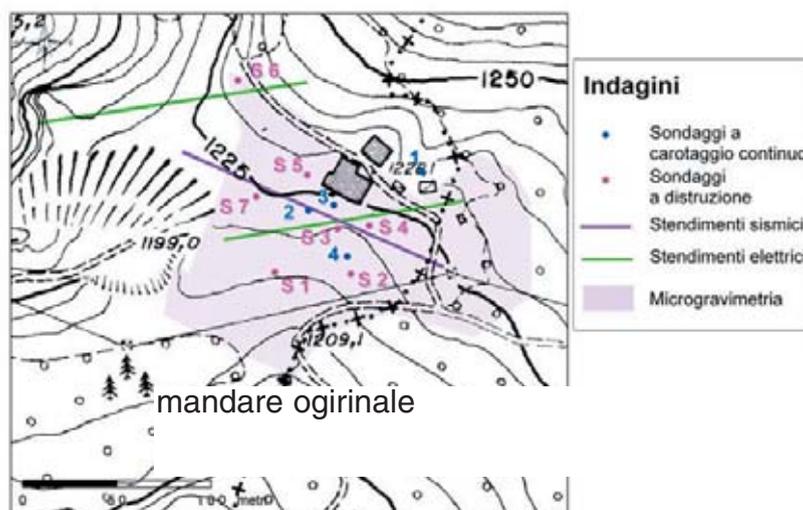


Fig. 4 - Ubicazione delle Indagini Geognostiche

2.1. Sondaggi Geognostici

I sondaggi a distruzione eseguiti hanno permesso di rilevare la profondità del substrato roccioso, che riflette la presenza di antiche morfologie carsiche sepolte.

I sondaggi hanno inoltre rilevato che i livelli gessosi presenti a NW delle abitazioni rurali hanno spessori che raggiungono i 12 m, mentre a SE i livelli gessosi sono rappresentati da intercalazioni di spessore decimetrico interne alle arenarie. Queste discordanze sono state interpretate grazie ai modelli 3D realizzati (vedi Figura 6).

Altre evidenze maturate con queste indagini dirette si riferiscono alla presenza di una fascia argillificata in corrispondenza della zona di faglia di direzione NE-SW e la complessa successione stratigrafica del sottosuolo.

In particolare nel sondaggio SD1 è stata rilevata la presenza di 11 m di copertura detritica seguita dal substrato porfirico sede di una piccola falda acquifera.

Il sondaggio SD2 ha rilevato uno spessore di depositi sciolti di circa 7.5 m ai quali segue il substrato roccioso costituito da arenarie rossastre con rari livelletti gessosi. Le arenarie possono essere, sia leggermente compatte, sia completamente alterate.

Il sondaggio SD3 è caratterizzato dalla presenza di soli depositi sciolti ed in particolare è stato intercettato un importante spessore di argille rossastre. Queste, probabilmente, corrispondono alla fascia cataclastica, completamente argillificata e alterata, della faglia di direzione NE-SW, rilevata anche dal Profilo Geoelettrico riportato in Figura 5.

Il sondaggio SD4 è caratterizzato da 7 m di depositi sciolti ai quali segue uno spessore di circa 2-3 m di gessi. Di seguito e fino alla profondità di circa 22 m dal p.c. sono presenti arenarie completamente alterate e spesso ridotte in sabbia. Dai 22 ai 25.5 m dal p.c. è stato rilevato un vuoto (22-24 m) o vuoto parziale. Al di sotto si rinviene il substrato arenaceo di media competenza. Questo sondaggio è particolarmente importante in quanto è stato l'unico in cui è stata intercettata una probabile cavità.

Il sondaggio SD5 presenta uno spessore di depositi sciolti di circa 5 m al di sotto dei quali è presente un'alternanza di gesso e arenarie di scarsa competenza per uno spessore di circa 9 m. A questi segue un livello gessoso puro dello spessore di 11 m. Questo livello è sicuramente correlato alla vena gessosa coltivata nella cava limitrofa.

Il sondaggio SD6 presenta uno spessore di depositi sciolti fino alla profondità di 9.5 m seguiti da un livello gessoso fino alla profondità di 15.5 m al di sotto del quale è presente il substrato roccioso arenaceo a medio-bassa competenza.

Il sondaggio SD7 è caratterizzato da un importante spessore di detriti, fino alla profondità di circa 24 m, che ricoprono il sottostante substrato roccioso arenaceo a forte alterazione.

Questi sondaggi sono stati essenziali perché hanno permesso il riconoscimento di una probabile cavità sotterranea, hanno messo in luce la complessa geologia del sottosuolo dell'area in esame, hanno rilevato la presenza di lenti gessose di spessore notevole.

I sondaggi a carotaggio continuo hanno messo in evidenza la presenza di materiali sia arenacei sia gessosi completamente disciolti, ridotti in sabbia, tali da essere assimilati a probabili cavità carsiche embrionali. Queste cavità sono state rilevate ad E – SE delle abitazioni rurali, a profondità comprese fra i 20 m e i 24 m di profondità.

In queste perforazioni sono state registrate anche delle deboli infiltrazioni idriche che interessano prevalentemente i livelli gessosi e che ne favoriscono i processi di dissoluzione.

In particolare il sondaggio S1 ha registrato la presenza, fino alla profondità di circa 14 m, di depositi sciolti, seguiti da 3 m di cappellaccio di alterazione del substrato roccioso e, dai 17 ai 20 m di profondità, della roccia, costituita da un'arenaria rossastra fortemente dilavata dall'acqua, alterata, fratturata e rammollita, con presenza di patine di alterazione verdastre.

Il sondaggio S2 registra un livello ghiaioso in matrice sabbioso-limosa fino alla profondità di 8 m. Fra gli 8 e i 16.5 m dal p.c. è stata intercettata una zona di debolezza costituita da sabbie di disfacimento delle arenarie, spezzoni rocciosi e porzioni completamente frammentate. Il substrato roccioso viene intersecato alla profondità di 16.5 m dal p.c.; si tratta di arenarie rossastre con frequenti livelletti gessosi dello spessore di circa 2 cm. Infine dai 22.5 ai 25 m è stata rilevata una sabbia rossastra prodotta dal disfacimento degli strati arenacei e dalla completa dissoluzione dei livelli gessosi. Si tratta probabilmente di cavità carsiche embrionali. In questo sondaggio è stata intercettata una debole venuta idrica circa a fondo foro.

Il sondaggio S3 è caratterizzato da uno spessore di circa 8 m di detriti con anche trovanti porfirici grossolani, al di sotto dei quali si intercetta il substrato roccioso costituito da arenarie rossastre, da compatte a fratturate. Fra i 21 e i 24 m di profondità dal p.c. non è stata recuperata la carota, ma il rilievo da telecamera ha permesso di appurare che si tratta di gesso interessato da deboli venute idriche. Il sondaggio S4 è caratterizzato dalla presenza, fino ai 9.5 m dal p.c., di depositi sciolti ai quali segue il substrato roccioso costituito da arenarie alterate, da fratturate a compatte.

Questi sondaggi hanno permesso di rilevare la presenza di cavità carsiche embrionali legate sia alla attuale dissoluzione dei gessi, sia alla presenza di porzioni, dello spessore di circa 3-4 m, completamente alterate, rammollite o ridotte in sabbia.

2.2. Indagine Geofisica

Il rilievo geofisico, condotto con il metodo a rifrazione, ha messo in evidenza la presenza di una zona a minor resistenza, di forma ogivale, posta in corrispondenza della zona antistante il maso alla profondità di 15 m dal p.c.. Questa indagine potrebbe essere confermata dalla zona di debolezza individuata dal sondaggio S2.

I profili geoelettrici hanno invece rilevato la presenza della faglia di direzione NE-SW confermata anche dal sondaggio SD3 (vedi Figura 5).

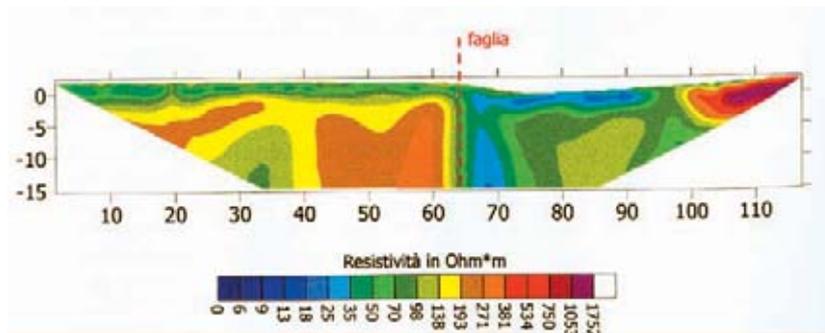


Fig. 5 - Profilo Geoelettrico condotto nell'area prativa antistante le abitazioni

L'indagine geofisica avrebbe potuto fornire informazioni migliori, ma le diverse e importanti coperture detritiche, la complessità geologica della zona e la presenza dei cavi elettrici dell'alta tensione ne hanno limitato i risultati.

2.3. Indagine Microgravimetrica

Il rilievo microgravimetrico ha evidenziato due zone caratterizzate da possibili cavità sepolte e localizzate a SE delle abitazioni rurali, in parziale accordo con quanto rilevato dal sondaggio SD4. Quest'ultima indagine non ha però apportato effettivamente nuove

conoscenze del sottosuolo. Ciò è probabilmente da imputarsi alla limitata profondità di indagine del metodo stesso non consona con le profondità di rilievo necessarie allo studio in esame e superiori ai 20 m.

3. RISULTATI RIASSUNTIVI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Le indagini geognostiche condotte, oltre alla presenza di cavità embrionali o possibili vuoti sotterranei in corrispondenza dell'area di SE rispetto alle abitazioni, hanno permesso l'individuazione delle seguenti peculiarità geologiche locali relative alla possibilità di accadimento dei sinkhole:

- La presenza di importanti spessori di gesso, che possono raggiungere i 10 m, in corrispondenza della porzione settentrionale dell'area prativa, a monte delle abitazioni (vedi Figura 7),
- Gli importanti depositi gessosi rilevati non presentano significative coperture litoidi tali da supporre che la loro eventuale dissoluzione e conseguente creazione di un vuoto sotterraneo possa essere controbilanciata da un "tetto litoide" costituito da un solido livello arenaceo. Spesso, come rilevato in corrispondenza del sondaggio SD5, al di sopra delle lenti gessose sono presenti direttamente i depositi sciolti con spessori superiori ai 5 m.

Questa situazione è quella che molto probabilmente ha dato origine allo sprofondamento in esame.

- La lente gessosa principale prosegue dall'area dell'ex-cava verso le abitazioni rurali,
- Le macrostrutture carsiche presentano un andamento che segue una direttrice tettonica orientata NE-SW e parallela alla Linea di Trodena,

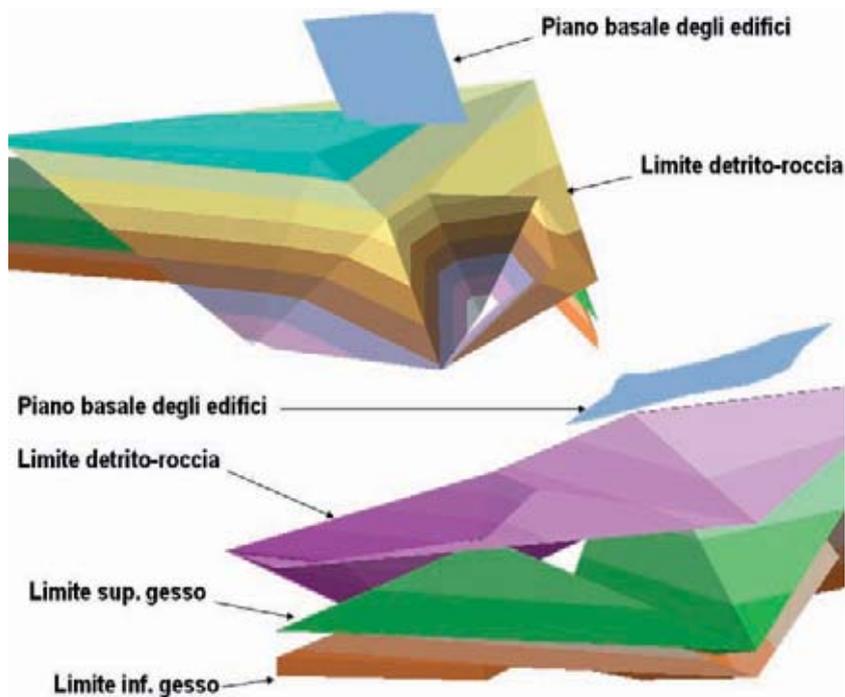


Fig. 6 - Modello tridimensionale del limite substrato roccioso – coperture sciolte

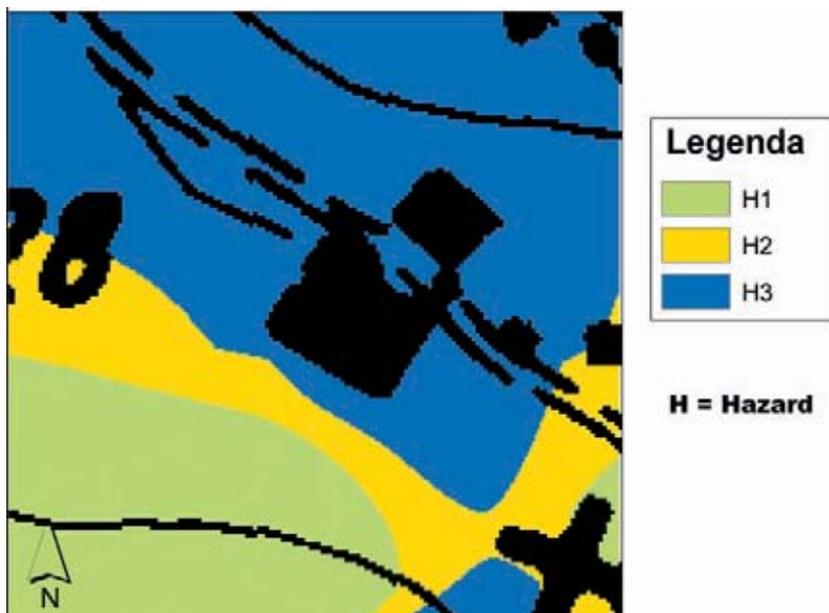


Fig. 7 - Carta della Pericolosità Locale (Linee Guida Prov. Aut. di Bolzano, in fase di approvazione)

Sulla base di questi dati è stata redatta una Carta della Pericolosità Locale riportata in Figura 7.

Questa elaborazione ha tenuto conto:

1. della presenza di importanti spessori di gesso nel sottosuolo,
2. della presenza o meno di copertura litoide mediamente competente interposta fra l'eventuale spessore gessoso e i depositi sciolti
3. il tempo di ritorno stimato in base ai intorno ai 100 anni
4. una velocità attorno 1-5 sec.

Riassumendo la Carta della Pericolosità si fonda su alcuni criteri base, tra cui quello di considerare aree a forte intensità di pericolosità quelle zone in cui sono stati individuati forti spessori di gessi. In cui, stimando tempi di ritorno superiori a 100 anni, si avrà la maggior probabilità di accadimento del fenomeno dei sinkhole in relazione alla facilità di dilavamento ed erosione concentrata di tipo carsico.

Il grado di intensità del pericolo è massimo nei pressi delle abitazioni (e di conseguenza risulta elevato anche il rischio per le stesse) e va poi diminuendo nelle aree distanti dalle abitazioni, nelle aree ove è presente un substrato roccioso integro, nelle aree ove vi è assenza di lenti gessose, ecc.

Infine, e con riferimento alla Figura 6, è importante sottolineare che il modello tridimensionale rappresentativo del limite substrato roccioso-copertura dei materiali sciolti ha messo in evidenza la presenza, proprio in corrispondenza della zona di SE rispetto alle abitazioni, di una morfologia di grandi dimensioni assimilabile ad una dolina o ad un sinkhole. Probabilmente si tratta di un fenomeno carsico relitto parzialmente obliterato dalle coperture posteriori naturali o antropiche. In tal senso anche quanto rilevato nel sondaggio SD4, il probabile vuoto sotterraneo, potrebbe rappresentare porzioni crollate e non completamente riempite proprio in corrispondenza di questa zona, segnalata come a maggior rischio da tutte le indagini dirette o indirette condotte.

4. INTERVENTI POSSIBILI E SISTEMI DI MONITORAGGIO

Per quanto riguarda il sinkhole verificatosi nell'Autunno 2000 si è proceduto alle seguenti opere di sistemazione:

- Riempimento con detriti di buone caratteristiche geotecniche e permeabili,
- Copertura superficiale con uno spessore argilloso-impermeabile tale da evitare infiltrazioni idriche concentrate in corrispondenza del collasso.

Le aree a forte intensità di pericolosità identificate nella Carta della Pericolosità Locale, insieme alle aree in cui sono state riconosciute probabili cavità embrionali o vuoti parziali, verranno adeguatamente monitorate al fine di poter valutare nel tempo eventuali variazioni del sistema e potervi quindi porre rimedio.

Gli interventi in programma per l'intera area in esame sono quindi:

1. Verifica tramite esecuzione di un sondaggio a grande diametro dell'effettiva presenza del vuoto parziale posto a SE delle case rurali, come rilevato nel sondaggio SD4. L'eventuale presenza della cavità andrà riempita con malte cementizie a bassa pressione o con materiali intasanti (granuli di leca, polistirolo). Si dovranno realizzare delle iniezioni di consolidamento il cui dimensionamento dipenderà dall'effettiva grandezza della cavità intersecata.
2. Il monitoraggio dei punti critici rilevati dalla cartografia verrà effettuato mediante la realizzazione, in loro corrispondenza, di perforazioni dotate di adeguata strumentazione. In particolare verranno posizionati degli assestimetri che permettano la verifica di eventuali cedimenti legati, nel nostro caso, alla demolizione-erosione dell'apparato gessoso in esame.
3. Monitoraggio delle acque circolanti tramite analisi delle acque delle sorgenti a valle e monte dell'area in esame ed il posizionamento di piezometri lungo le direttrici di deflusso delle acque.

