

Regione Sardegna. Attività di ricerca ed elaborazione dati propedeutica alla stesura della Carta dei Sinkholes del territorio regionale, su base geologica in scala 1:250.000

Researchs and preliminary data processing for drafting the Regional Charter of the sinkholes, based on Geological Map in scale 1:250.000

MUREDDU A. (*)

RIASSUNTO - Le attività di studio e ricerca dei fenomeni di sprofondamento nella Regione Sardegna sono stati portati avanti dal “Tavolo Tecnico Rischio Sinkhole” attivato dalla Provincia di Carbonia Iglesias, con la collaborazione di Arpa Sardegna e Assessorato Regionale dell’Industria, dall’anno 2011, al fine di supportare le attività di pianificazione e progettazione degli interventi del Servizio Viabilità della Provincia.

In seguito ai risultati delle indagini e rilievi eseguiti nel tempo, con il progredire delle conoscenze, le attività di studio si sono estese a zone sempre più ampie, fino a coinvolgere buona parte del territorio regionale. I lavori portati avanti sono consistiti in una approfondita ricerca bibliografica a cui è seguita la raccolta e verifica dei dati *in situ* ed una prima stima delle aree potenzialmente soggette a pericolosità.

Il contesto delle fenomenologie rilevate è riferito sia a vasti territori calcarei di età paleozoica del Sulcis Iglesiente, oggetto di fenomeni di sprofondamento naturale delle soprastanti coperture detritiche alluvionali, (es. Piana del Cixerri, Piana di Narcao-Nuxis, Piana di S. Anna Arresi), sia a territori minerari dismessi e sede di imponenti fenomeni franosi e di crollo, tipologia Sinkholes, generatisi dal repentino cedimento di volte e solette a causa della riduzione delle proprietà geomeccaniche in corrispondenza dei fianchi di vuoti minerari profondi.

La grande quantità di dati ottenuti sui principali fenomeni di sprofondamento del suolo, sia di origine naturale che antropico - mineraria, ha portato ad ottenere un quadro sinottico ed omogeneo sulla distribuzione dei fenomeni sul territorio regionale. Un tale bagaglio di conoscenze sarà utile sia come strumento di pianificazione territoriale, sia per la programmazione degli interventi di messa in sicurezza e monitoraggio delle aree più vulnerabili quali: vie di comunicazione, aree urbane, periferie e nuove zone da urbanizzare. Altresì ha consentito di segnalare l’opportunità di inserimento delle aree coinvolte dai dissesti fra quelle da far rientrare all’interno del P.A.I. Sardegna.

Alla data del 30 Aprile 2013 sono risultati censiti/catalogati complessivamente 247 sprofondamenti del suolo, dei quali:

- 166 creatisi dall’instabilità dei vuoti minerari insistenti prevalentemente nei territori minerari dismessi;
- 81 associati ad eventi naturali per carsismo, formati nelle piane alluvionali interne e costiere dell’Iglesiente.

Nel territorio regionale è stato stimato dover essere sottoposti a verifica, ed eventualmente da classificare, ulteriori 80 siti a pericolo sinkhole.

Per quanto riguarda alcuni risultati di censimento, da un confronto con il Piano Stralcio di Assetto idrogeologico (P.A.I.) della Regione Sardegna, è emerso che su 247 fenomeni di sprofondamento finora censiti, 214 (pari all’85%) sono risultati insistere in aree non ricadenti all’interno di tale perimetrazione ed in tal senso quindi non classificate a rischio frana dal P.A.I. Per quanto riguarda il *database* dell’Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (Progetto I.F.F.I.), 175 siti tra quelli censiti (71%) dal tavolo tecnico risultano non essere stati inventariati.

Le località a rischio sinkholes individuate finora nel territorio della Sardegna sono 45 di cui 27 localizzate nelle aree minerarie metallifere e carbonifere del Sulcis-Iglesiente. La stima totale delle aree a rischio di frana per tipologia sinkholes individua al 31.04.2013 una superficie complessiva stimata in 18 kmq.

Di particolare rilevanza saranno le attività da porre in essere per l’interfacciamento con il Progetto nazionale “sinkhole”, il progetto “Sprofondamenti nei centri urbani” ed il “Rapporto sulla qualità dell’ambiente urbano”. Al riguardo saranno da portare avanti ed implementare:

- rapporti tecnici di supporto alle: “schede di censimento e geoferenzazione dei dissesti”;
- compilazione e collaudo delle schede censimento sinkhole;
- costruzione di un Sistema Informativo Sinkhole Sardegna (SISS), inerente la banca dati dei sinkhole della Regione Sardegna;

(*) Provincia di Carbonia Iglesias - Servizio viabilità

- Restituzione Cartografica su base geologica in scala 1:250.000.

PAROLE CHIAVE: Sinkholes, miniere abbandonate, sprofondamento, pianificazione, difesa del suolo

ABSTRACT - The studies and research of the phenomenon of subsidence in Sardinia have been carried out by the "Technical Committee Risk Sinkhole" triggered by the Province of Carbonia-Iglesias in collaboration with Arpa Sardegna and the Regional Department of Industry, since 2011, in order to support the planning and design of the interventions of the Roads Service of the province of Carbonia-Iglesias.

Following the results of the investigations and surveys carried out in time, with the progress of knowledge, the studies were extended to larger areas, until to involve much of the regional territory. The work carried out consisted in a thorough literature search which was followed by the collection and verification of in situ data and a first estimate of the areas potentially subject to danger.

The context of the phenomena observed has reported to be a large areas of calcareous Paleozoic age in Sulcis-Iglesiente, subject to the phenomena of the natural subsidence of the overlying alluvial debris covers, (es. Plains of Narcao-Nuxis and Sant'Anna Arresi), and in abandoned mining areas and home to massive landslides and collapse, type Sinkholes, created by the sudden collapse, with the time evolution, due to the reduction of the geomechanical properties at the side-walls of deep mining voids.

The large amount of data obtained on major phenomena of subsidence of the ground, both natural and anthropogenic origin - mining, led to obtain an overview and homogeneous distribution of the phenomena in the region. Such a body of knowledge will be useful both as a tool for planning and for the programming of measures for the safety and monitoring of vulnerable areas such as roads, urban areas, suburbs and new areas to be developed. Also, made it possible to point out the opportunities for integration of the areas involved by instability among those accommodated in the P.A.I. Sardegna.

At the time of 30/04/2013 were surveyed and cataloged a total of 247 subsidence of soil, such as:

- 166 whether created by the instability of empty mineral in-sistent mainly in abandoned mining areas;
- 81 events associated with natural karst, formed in flood plains and coastal dell'Iglesiente;

In the Sardinia region has been estimated have to be verified, and if necessary to classify, an additional 80 sites in danger sinkhole.

As for some of the results of the census, by a comparison of the Hidrogeological Plane Settings (P.A.I.) of the Region of Sardinia, it was found that from about 247 sinkhole phenomena so far surveyed, 214 (85%) are in areas that not insist in that perimeter and in that sense is not so classified landslide risk from the P.A.I. as for the database of the Inventory of landslides in Italy (IFFI Project), 175 sites among those surveyed (71%) by the Technical Committee Risk Sinkhole, are not inventoried at this time.

The areas at risk sinkholes identified in the territory of Sardinia are 45, of which 27 are located in the areas of the coal and metalliferous mining Sulcis-Iglesiente. The total of the areas at risk of landslides by type sinkholes identifies, at the 31/04/2013, are estimated at 18 square kilometers.

Of particular relevance are the activities to be implemented to interface with the national project "sinkhole", the "sinking in urban centers" and the report on the quality of the urban environment. "In this regard will be pursued and imple-

mented:

- technical reports supporting the "census cards for georeferencing instabilities";
- compilation and testing of census cards sinkhole;
- construction of an Information System Sinkhole Sardinia (SISS), concerning the database of sinkhole Sardinia;
- Map of the Sinkhole on a geological scale 1: 250,000.

KEY WORDS: Sinkhole, abandoned mines, cover collapse, planning, soil conservation

1. - PREMESSA

Le attività di studio e ricerca dei fenomeni di sprofondamento nella Regione Sardegna sono stati portati avanti dal "Tavolo Tecnico Rischio Sinkhole" attivato dalla Provincia di Carbonia-Iglesias con la collaborazione di Arpa Sardegna e Assessorato Regionale dell'Industria, dall'anno 2011, al fine di supportare le attività di pianificazione e progettazione degli interventi del Servizio Viabilità della Provincia.

In seguito ai risultati delle indagini e rilievi eseguiti nel tempo, con il progredire delle conoscenze le attività di studio si sono estese a zone sempre più ampie, fino a coinvolgere buona parte del territorio regionale. I lavori portati avanti sono consistiti in una approfondita ricerca bibliografica a cui è seguita la raccolta e verifica dei dati in situ ed una prima stima delle aree potenzialmente soggette a pericolosità.

Il contesto delle fenomenologie rilevate è riferito sia a vasti territori calcarei di età paleozoica del Sulcis-Iglesiente, oggetto di fenomeni di sprofondamento naturale delle soprastanti coperture detritiche alluvionali, (es. Piana del Cixerri, Piana di Narcao-Nuxis, Piana di S. Anna Arresi), sia a territori minerari dismessi e sede di imponenti fenomeni franosi e di crollo, tipologia Sinkholes, generatisi dal repentino cedimento di volte e solette a causa della riduzione delle proprietà geomeccaniche in corrispondenza dei fianchi di vuoti minerari profondi.

La grande quantità di dati ottenuti sui principali fenomeni di sprofondamento del suolo, sia di origine naturale che antropico - mineraria, ha portato ad ottenere un quadro sinottico ed omogeneo sulla distribuzione dei fenomeni sul territorio regionale. Un tale bagaglio di conoscenze sarà utile sia come strumento di pianificazione territoriale, sia per la programmazione degli interventi di messa in sicurezza e monitoraggio delle aree più vulnerabili quali: vie di comunicazione, aree urbane, periferie e nuove zone da urbanizzare. Altresì ha consentito di segnalare l'opportunità di inserimento delle aree coinvolte dai dissesti fra quelle da far rientrare all'interno del P.A.I. Sardegna.

Alla data del 30 Aprile 2013 sono risultati censiti/catalogati complessivamente 247 sprofondamenti del suolo, dei quali:

- 166 creatisi dall'instabilità dei vuoti minerari insistenti prevalentemente nei territori minerari dismessi;

- 81 associati ad eventi naturali per carsismo, formati nelle piane alluvionali interne e costiere dell'Iglesiente.

Nel territorio regionale è stato stimato dover essere sottoposti a verifica, ed eventualmente da classificare, ulteriori 80 siti a pericolo sinkhole.

Per quanto riguarda alcuni risultati di censimento, da un confronto con il Piano Stralcio di Assetto idrogeologico (P.A.I.) della Regione Sardegna, è emerso che su 247 fenomeni di sprofondamento finora censiti, 214 (pari all'85%) sono risultati insistere in aree non ricadenti all'interno di tale perimetrazione ed in tal senso quindi non classificate a rischio frana dal P.A.I. Per quanto riguarda il *database* dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (Progetto I.F.F.I.), 175 siti tra quelli censiti (71%) dal tavolo tecnico risultano non essere stati inventariati.

Le località a rischio sinkholes individuate finora nel territorio della Sardegna sono 45 di cui 27 localizzate nelle aree minerarie metallifere e carbonifere del Sulcis-Iglesiente. La stima totale delle aree a rischio di frana per tipologia sinkholes individuata al 31.04.2013 una superficie complessiva stimata in 18 kmq.

Di particolare rilevanza saranno le attività da porre in essere per l'interfacciamento con il Progetto nazionale "sinkhole", il progetto "Sprofondamenti nei centri urbani" ed il "Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano". Al riguardo saranno da portare avanti ed implementare:

- rapporti tecnici di supporto alle: "schede di censimento e geoferenziamento dei dissesti;

- compilazione e collaudo delle schede censimento sinkhole;

- costruzione di un Sistema Informativo Sinkhole Sardegna (SISS), inerente la banca dati dei sinkhole della Regione Sardegna;

- Restituzione Cartografica su base geologica in scala 1:250.000.

2. - PROBLEMATICHE DI SPROFONDAMENTO E SALVAGUARDIA DEL PATRIMONIO VIARIO PROVINCIALE

Le incertezze sulle modalità di intervento riscontrate durante la programmazione e gestione di parte delle tratte viarie della Provincia di Carbonia Iglesias, sono state uno dei principali problemi che la (giovane) Amministrazione provinciale, nata nel

2005, ha dovuto affrontare negli ultimi anni attraverso il Servizio Viabilità.

Le tratte stradali con maggiori problemi per fenomenologie di sprofondamento e collasso del substrato superficiale nelle immediate vicinanze della sede stradale sono principalmente:

- Strada Provinciale n° 85 (Comune di Iglesias)

- Strada Provinciale n° 84 (Comune di Iglesias)

- Strada Provinciale n° 83 (Comune di Iglesias)

La strada provinciale n° 85, perimetrata nel P.A.I. Sardegna in un'area contraddistinta da rischio frana, è nota soprattutto per la presenza dell'area di "Sa Stoa", ben conosciuta per la presenza di importanti sinkholes (fig. 1).

La strada provinciale n° 84 individua il suo tracciato a valle di una vasta area mineraria dismessa soggetta nel tempo a numerosi crolli che hanno lasciato in superficie ampie testimonianze (fig. 2) sulle attività passate.

La storica area mineraria di Acquaresi, attualmente tra le aree più pericolose della Sardegna, ha portato la Provincia a dover deviare il tracciato esistente (fig. 3) sul versante opposto della omonima valle.

Gli studi effettuati tra il 2011 ed il 2013 hanno portato ad individuare un'area soggetta a crolli ben più ampia (figg. 4, 5) rispetto a quella individuata nelle precedenti pubblicazioni inerenti la Valle di Acquaresi, estendendo l'area di pericolosità verso Nord (Monte Circus, Punta Baxia, S. Luigi, Scalittas).

Lungo il tracciato stradale della S.P. 83, ulteriori aree soggette ad importanti fenomeni di sprofondamento sono quelle poste a monte dell'abitato di Nebida (fig. 6), borgo nato durante le attività minerarie legate allo sfruttamento "metallifero".

3. - GRUPPO DI LAVORO - ANALISI RISORSE INTERNE E RICERCA «PARTNERS»

Le attività di studio e ricerca dei fenomeni di sprofondamento nella Regione Sardegna, sono stati portati avanti da parte del Tavolo Tecnico Rischio Sinkhole attivato dalla Provincia di Carbonia Iglesias (coordinatore Dott. Geol. Alessio Mureddu) in collaborazione con l'Arpa Sardegna (Dott. Geol. Angelo Corda) e l'Assessorato Regionale dell'Industria (Dott. Geol. Giuliana Viridis), a partire dal 2011.

Pur essendo nata come un'attività di studio ausiliaria ai normali doveri di istituto e funzioni svolte dai referenti del tavolo tecnico, col tempo l'opera di censimento ha portato a superare il contesto territoriale originario, portando ad acquisire e verificare dati per zone sempre più ampie, con estensioni sempre maggiori e tali da coinvolgere buona parte del territorio regionale.

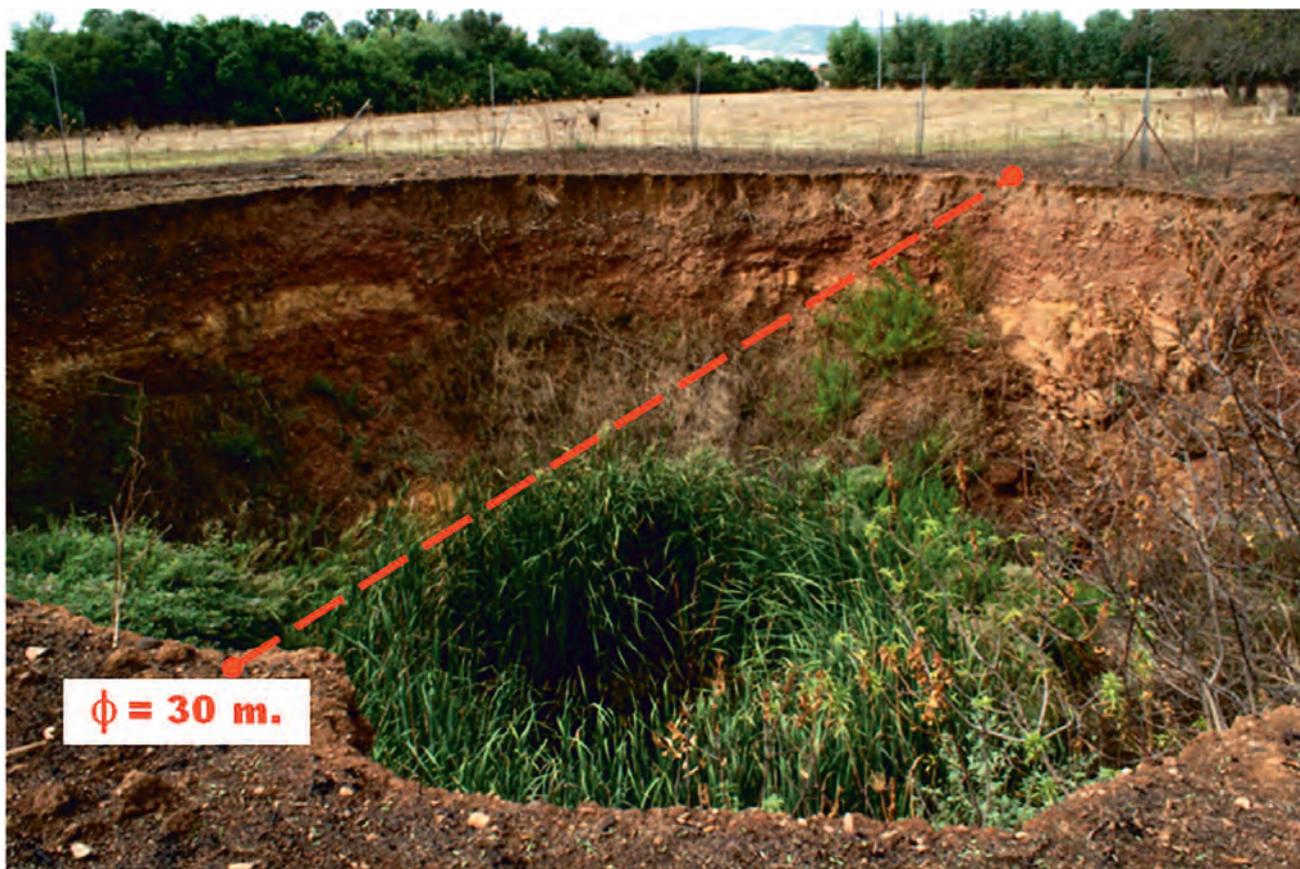


Fig. 1 - Strada Provinciale n° 85, Loc. SA STOIA (IGLESIAS).
- Provincial Road No. 85, Loc. STOLA SA (IGLESIAS).

4. - METODOLOGIE DI STUDIO E RICERCA DELLE CONOSCENZE PREGRESSE

L'approccio metodologico al problema è stato più volte discusso e verificato tra i *partners*: il principale problema che assiduamente si ripresentava per tutte le località citate in letteratura era la precisa localizzazione dei fenomeni e la corrispondenza tra quanto conosciuto con le situazioni reali. A tal fine, sono state approntate ricerche e studi preliminari per le attività di censimento dei siti, a cui hanno fatto seguito le conseguenti analisi e controlli sui fattori geologici predisponenti e dei processi naturali o di trasformazione antropica che, per ogni area, hanno determinato o determinano attualmente la formazione e/o evoluzione dei fenomeni di sprofondamento.

Le principali attività di ricerca, preventivamente portate avanti con la ricerca bibliografica, sono state quelle relative alle verifiche sul campo, la disponibilità di dati presso l'archivio minerario, la corrispondenza di quanto riscontrato con il *Database* nazionale dei Sinkholes ISPRA ed il Piano di Assetto Geologico (P.A.I.) regionale.

Fasi di ricerca e verifica successive sono state lo studio fotogeologico dei siti censiti e da censire,

con la sovrapposizione e riscontro tra le foto aeree nelle varie serie storiche (1943, 1954, 1977, 2000, 2003, 2006, 2008).

5. - INDAGINI E RILIEVI IN SITU

Per ogni sito indagato sono stati pianificati dei sopralluoghi preliminari volti a verificare sul posto quanto riscontrato in letteratura: ciò ha permesso di ubicare univocamente e contestualizzare sul sito i dati conosciuti, verificare ulteriori luoghi potenzialmente soggetti a fenomeni di sprofondamento a seguito di studi da foto aeree, definire a piccola scala le principali caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dei territori interessati dai fenomeni, verificare in sottoterraneo (quando possibile) la accessibilità e pericolosità del sito.

In parallelo è stata svolta tutta la fase di elaborazione dati "*in progress*", tale da poter contestualizzare il modello geostrutturale più appropriato, (soprattutto per i sinkhole naturali), al fine di arrivare ad una prima classificazione dei fenomeni di sprofondamento, verificare le ipotesi sui processi in corso e ipotizzare la loro possibile evoluzione.

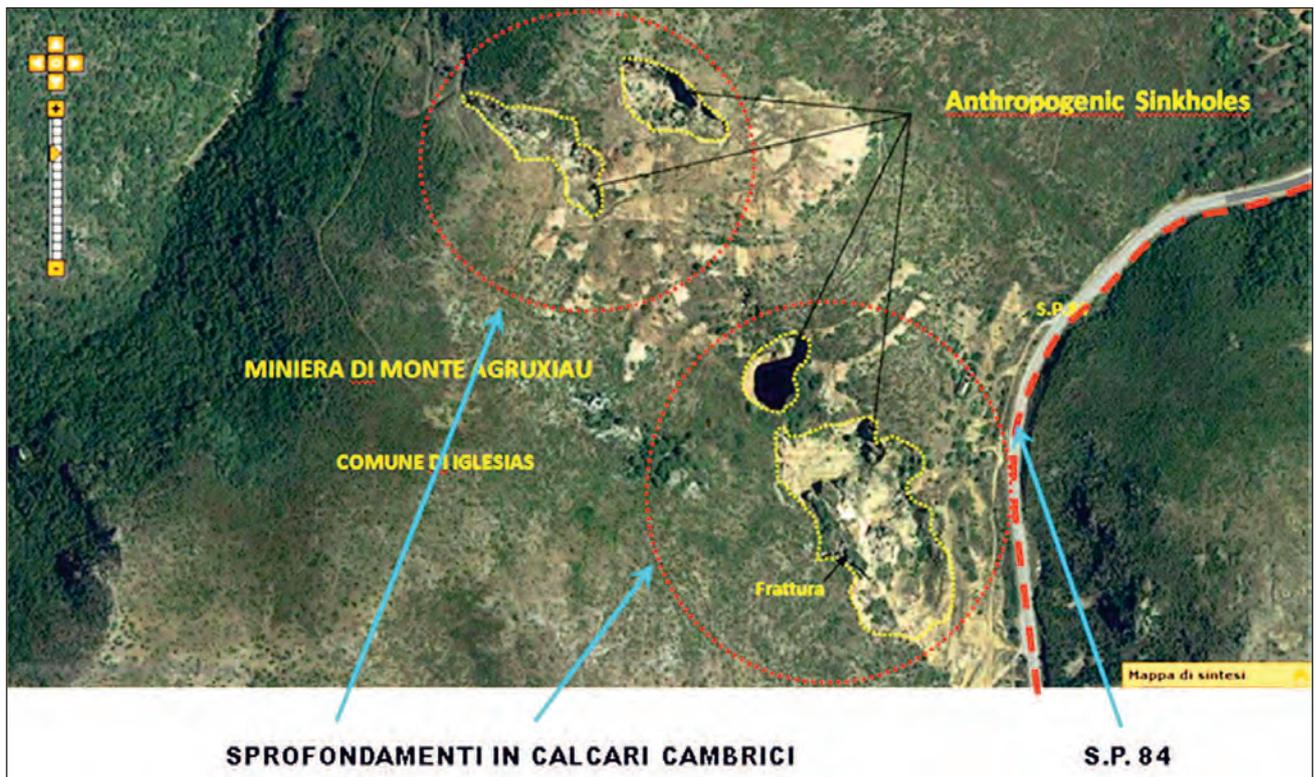


Fig. 2 – Strada Provinciale n° 84, Loc. Monte Agruxau.
 – Provincial Road No. 84, Loc. Monte Agruxau.



Fig. 3 – Strada Provinciale n° 83, Località ACQUARESI.
 – Provincial Road No. 83, Località ACQUARESI.



Fig. 4 - Strada Provinciale n° 83, Località ACQUARESI.
 - Provincial Road No. 83, Località ACQUARESI.

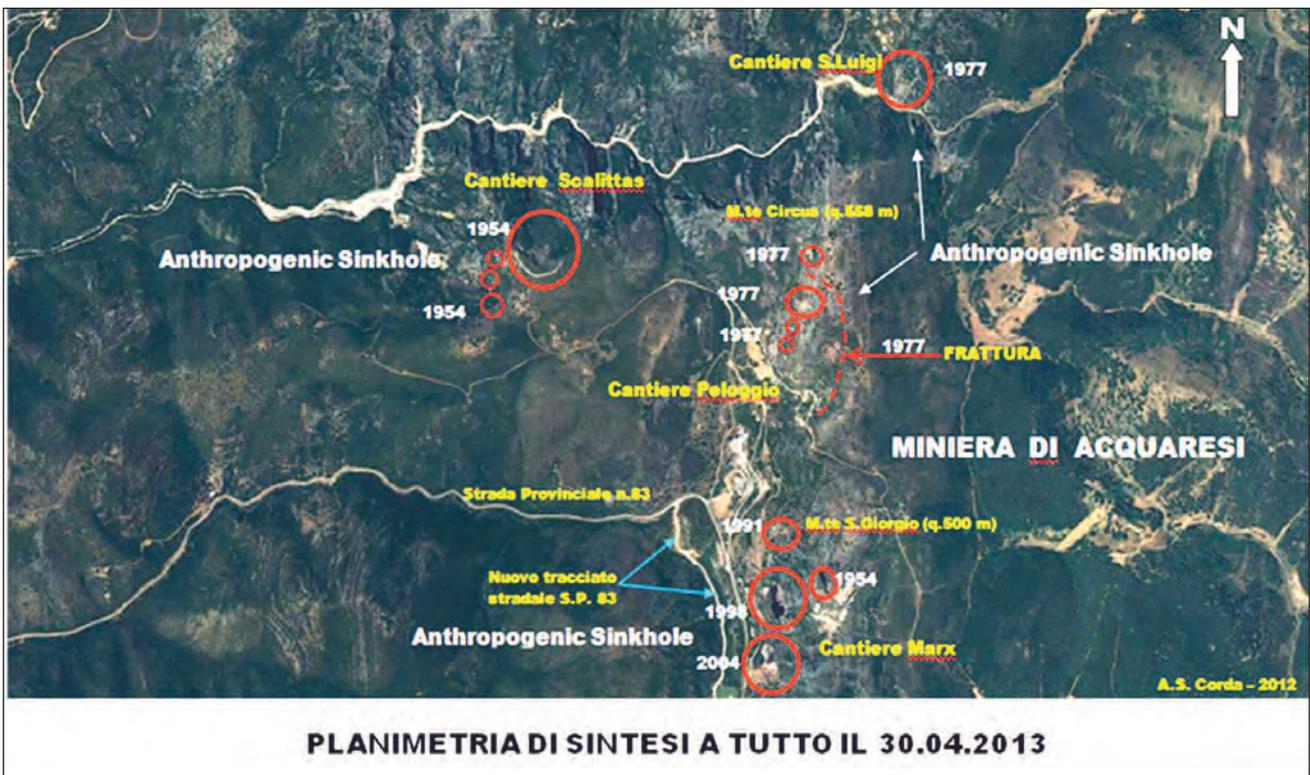


Fig. 5 - Strada Provinciale n° 83, Località ACQUARESI.
 - Provincial Road No. 83, Località ACQUARESI.



Fig. 6 - Strada Provinciale n° 83, Località NEBIDA.
- Provincial Road No. 83, Località NEBIDA.

Su queste basi sono state fatte le opportune valutazioni generali sul pericolo di parte delle aree soggette a dissesto, soprattutto quando considerate a pericolosità da medio ad alta, al fine di riconoscere le aree potenzialmente a rischio sprofondamento, sia diretto che indiretto a seguito di riverberi e sollecitazioni dinamiche.

6. - CASISTICA E RISCONTRI SUL CAMPO: SINKHOLE E SPROFONDAMENTI DI GENESI NATURALE ED ANTROPICA

La elaborazione dei dati ha portato ad individuare vari contesti e modelli geostrutturali, legati per buona parte a fenomeni da ricondurre ad attività dovute a sfruttamento antropico delle risorse. L'area di Carbonia ha portato a riscontrare problemi in litologie calcaree dovute ad attività di educazione (Is Peis – figura 7) o di coltivazione mineraria (Su Landiri Durci – figura 8, Bacu Abis – figura 9), rispettivamente su calcari cambri ed eocenici.

In territorio di Iglesias, a parte i “classici” casi delle località di Acquaresi e Sa Stoa, è possibile individuare sul campo ulteriori fenomeni legati ad attività minerarie nei calcari cambri delle località di Barga – figura 10, Planusartu – figura 11, San Giovanni – figura 12.

All'interno dei limiti amministrativi del Comune di Domusnovas è stato possibile catalogare fenomeni di sprofondamento (figg. 13, 14, 15) legati sia a cause naturali che antropiche (attività minerarie).

Per quanto riguarda la parte meridionale del territorio provinciale, sono sicuramente di notevole interesse i fenomeni, sia di genesi naturale che antropica, individuati a Narcao (fig. 16) e Sant'Anna Arresi (fig. 17).



Fig. 7 – Carbonia, Loc. Is Peis.
- Carbonia, Loc. Is Peis.



Fig. 8 - Carbonia, Su Landiri Durci.
- Carbonia, Loc. Su Landiri Durci.



Fig. 11 - Iglesias, Loc. Planusartu.
- Iglesias, Loc. Planusartu.



Fig. 9 - Carbonia, Bacu Abis, sinkhole su calcari cenozoici.
- Carbonia, Bacu Abis, sinkhole in Cenozoic limestones.



Fig. 12 - Iglesias, Loc. San Giovanni.
- Iglesias, Loc. San Giovanni.



Fig. 10 - Iglesias, Loc. Barega.
- Iglesias, Loc. Barega.



Fig. 13 - Domusnovas, calcari cambrii.
- Domusnovas, Cambrian limestones.



Fig. 14 – Domusnovas, calcari cambrii.
– Domusnovas, Cambrian limestones.



Fig. 16 – Narcao, calcari cambrii.
– Narcao, Cambrian limestones.



Fig. 15 - Domusnovas, Loc. Sa Duchessa.
- Domusnovas, Loc. Sa Duchessa.



Fig. 17 – Sant'Anna Arresi, Loc. Gutturu Saidu.
– Sant'Anna Arresi, Loc. Gutturu Saidu.

7. - ELABORAZIONE DATI - EVOLUZIONE DELLE CONOSCENZE

In seguito al riordino di tutti i dati conosciuti e della grande mole di ulteriori fenomeni rinvenuti *in situ*, si è potuti arrivare ad individuare complessivamente 247 sprofondamenti. Nei circa due anni di lavoro portato avanti dal tavolo tecnico, si è andati col tempo ad aumentare le conoscenze sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo (fig. 18), andando a raddoppiare il numero di fenomenologie riscontrabili sul campo.

Dalla elaborazione dei dati aggiornati è possibile evidenziare come tra i comuni maggiormente interessati da fenomeni di sprofondamento (figg. 19, 21) bisogna citare sicuramente il territorio di Iglesias, che numericamente annovera 96 fenomeni di sprofondamento, ovvero il 39% di quanto conosciuto sul territorio regionale. Tale primato viene ulteriormente enfatizzato dalle stime areali (fig. 22), con il 58% delle aree soggette a pericolosità da sprofondamento in relazione al totale re-

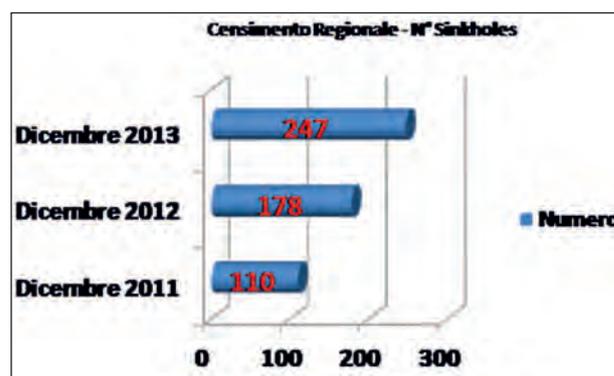


Fig. 18 – Incremento dei fenomeni censiti.
– Increase of the phenomena surveyed.

gionale. Spicca inoltre, e dovrebbe essere oggetto di riflessione in sede pianificatoria, il dato relativo ai fattori genetici riguardanti i fenomeni classificati *in situ*, dove si riscontra (fig. 20) come circa i 2/3 delle cause scatenanti e/o predisponenti sono dovute all'attività antropica diretta o indiretta, con

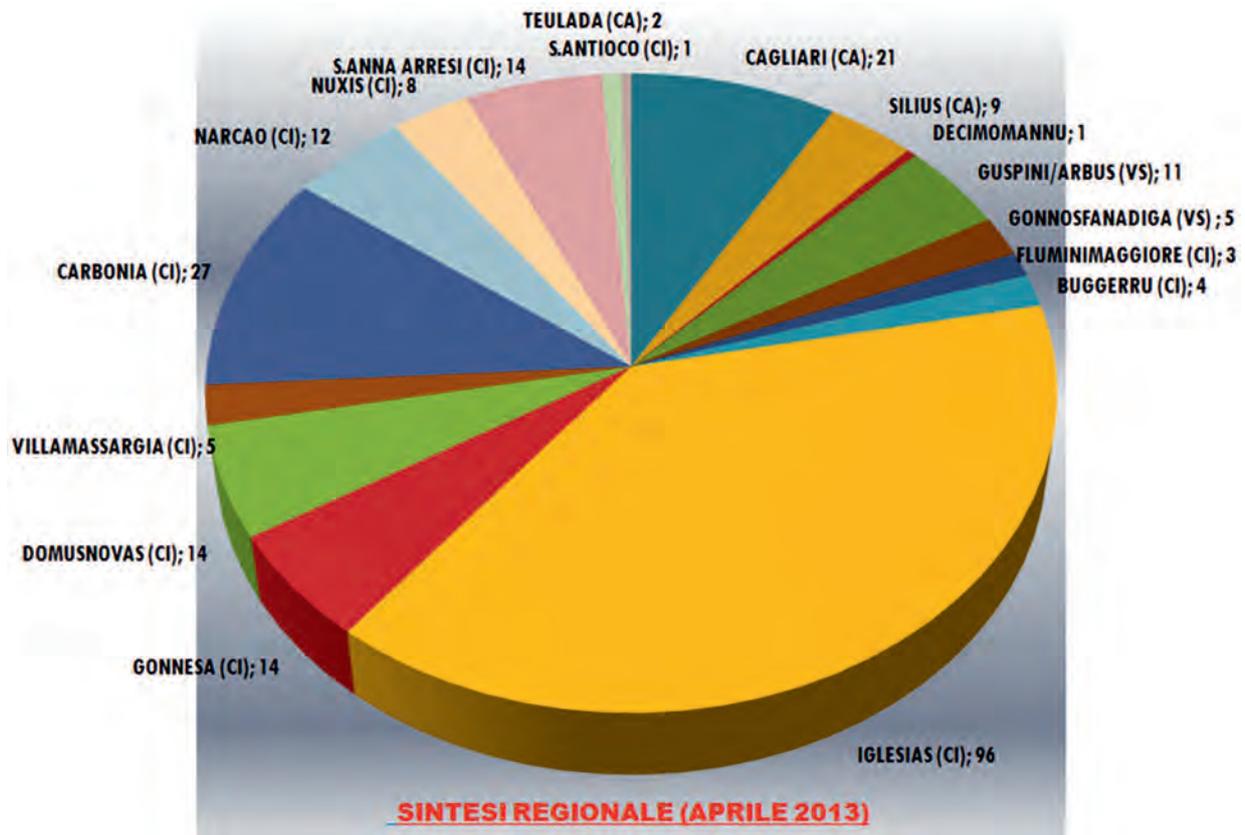


Fig. 19 – Distribuzione amministrativa.
– Municipal distribution.

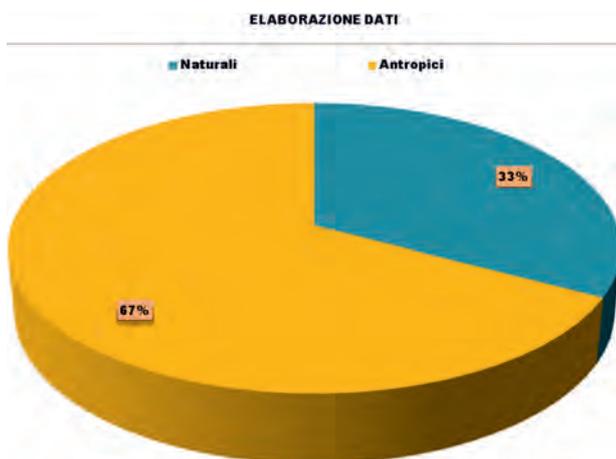


Fig. 20 – Suddivisione genetica.
– Genetic subdivision.

particolare riferimento allo sfruttamento delle risorse minerarie ed a quelle idrogeologiche.

Per quanto riguarda alcuni risultati raggiunti dal censimento, da un confronto (fig. 25) con i dati presenti nel Piano stralcio di Assetto idrogeologico (P.A.I.) della Regione Sardegna, è emerso che su 247 fenomeni franosi finora censiti, 214 (pari al 85%) sono risultati in aree non classificate dal P.A.I. a pericolosità di frana.

Altresì, 175 sinkholes censiti risultano in aree non classificate dal progetto Inventario fenomeni franosi in Italia, pari al 71% del dato complessivo. Le località a rischio sinkholes individuate finora nel territorio della Sardegna sono 45, di cui 27 localizzate nelle aree minerarie dell'anello metallifero dell'Iglesiente e del Bacino Paleogenico del Sulcis.

Allo stato attuale sono stati censiti e catalogati complessivamente 247 fenomeni di sprofondamento, dei quali 166 creatisi dall'instabilità dei vuoti nei territori minerari dismessi della Sardegna ed 81 associati a eventi naturali per carsismo, formati per lo più nelle piane alluvionali interne e costiere dell'Iglesiente, spesso in contesti geologici caratterizzati da prevalenti coperture detritiche alluvionali quaternarie con sottostanti rocce calcaree carsificate del Cambriano. Al fine di poter avere un quadro quanto più esaustivo sulle fenomenologie studiate in Sardegna, sono stati valutati da indagare nel territorio regionale ulteriori 80 siti a rischio sprofondamento.

1. Schede sito – Carta Regionale dei Sinkhole

Le principali informazioni inerenti i siti finora catalogati sono state immesse in schede di rilevamento e catalogazione di tipo speditivo, predisposte per le attività impostate nella prima fase di acquisizione dati. Il tavolo tecnico, nel prosieguo

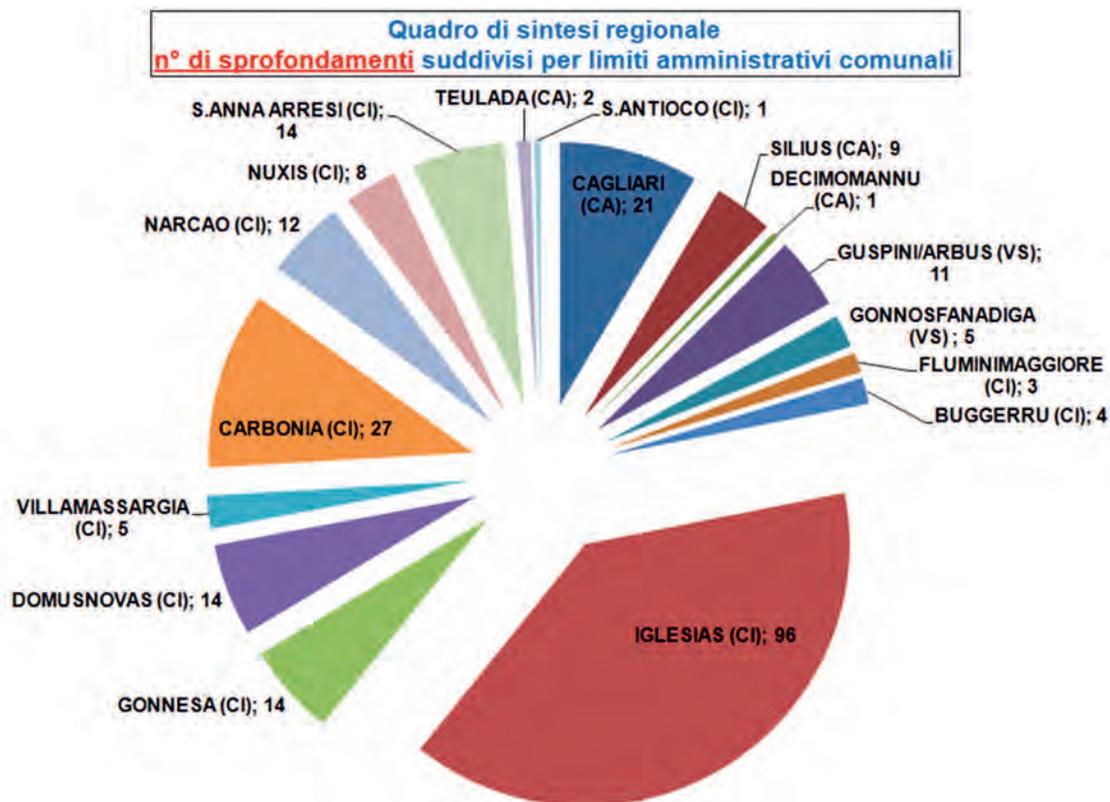


Fig. 21 – Distribuzione numerica per limiti amministrativi.
– Numerical distribution for administrative limits

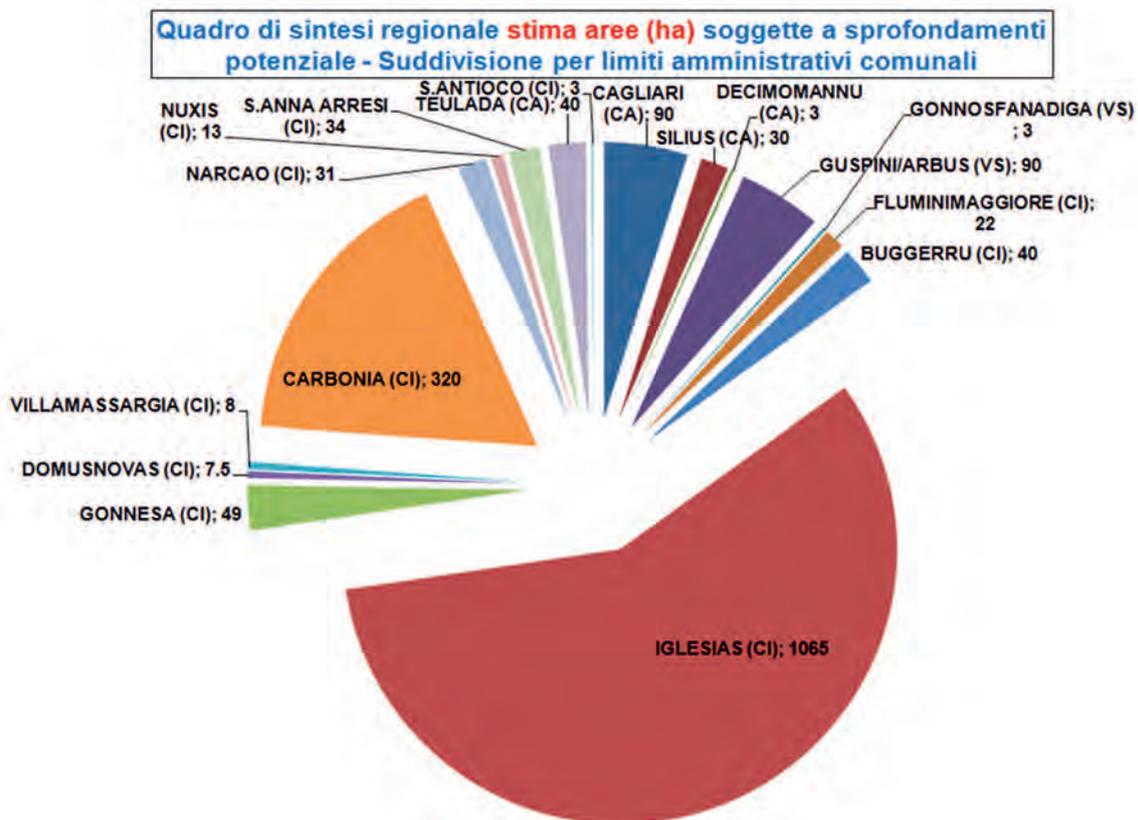


Fig. 22 – Stima distribuzione areale per limiti amministrativi
– Estimating areal distribution for administrative limits.

AREA GEOGRAFICA	COMUNE	PROV.	LOCALITA' DISSESTATE	SINKHOLE (N°)	CAUSA PREDISPONENTE
CAGLIARITANO	CAGLIARI (CA)	CA	AREA URBANA -QUARTIERI TUVUMANNU,TUVIXEDDU, STAMPACE, VILLANOVA	21	EMPTY MINES/KARTS CAVITIES/IPOGEO
	SILIUS (CA)		MINIERA DI GENNA TRES MONTIS (Fluorite)	9	EMPTY MINES
	DECIMOMANNU (CA)		STAZIONE FERROVIARIA	1	EMPTY URBAN
IGLESIENTE GUSPINESE	GUSPINI/ARBUS (VS)	VS	MINIERA MONTEVECCHIO/INGURTOSU - S.P. n. 66 (Pb,Zn)	11	EMPTY MINES
	GONNOSFANADIGA (VS)		MINIERA DI SALAPONI (Fe)	5	EMPTY MINES
	FLUMINIMAGGIORE (CI)	CI	MINIERA SU ZURFURU (Pb,Zn)	1	EMPTY MINES
			MINIERA ANTAS-SEDDARGIA (Fe)	2	EMPTY MINES
	BUGGERRU (CI)	CI	MINIERA PLANU SARTU (Pb,Zn)	3	EMPTY MINES
			CANTIERE S.LUIGI (Pb,Zn)	1	EMPTY MINES
	IGLESIAS (CI)	CI	MINIERADI ACQUARESI/SCALITTAS (Pb,Zn)	12	EMPTY MINES
			MINIERA MASUA- MONTE CANI (Pb,Zn)	6	EMPTY MINES
			MINIERA NEBIDA (Pb,Zn)	10	EMPTY MINES
			MINIERA DI CAMPO PISANO (Pb,Zn)	2	EMPTY MINES
			MINIERA DI MONTE SCORRA (Pb,Zn)	4	EMPTY MINES
			MINIERA MONTE AGRUXIAU (Pb,Zn)	4	EMPTY MINES
			MINIERA MONTEPONI (Pb,Zn)	2	EMPTY MINES
			MINIERA S.GIOVANNI (Pb,Zn)	5	EMPTY MINES
			MINIERA DI BAREGA (Ba,Pb,Zn)	22	EMPTY MINES
			MINIERA DI S.BENEDETTO (Ba, Pb, Zn)	2	EMPTY MINES
			PIANA DEL RIU CIXERRI (Z.I.R.) - GUARDIA SU MERTI	11	KARST CAVITIES
			PIANA DEL RIU CIXERRI - AZIENDA AGRICOLA ARU	1	KARST CAVITIES
			PIANA DEL RIU CIXERRI - CUCCURU TIRIA-RIU CORONGIU	10	KARST CAVITIES
	GONNESA (CI)	CI	CAMPI ELISI - PARCO LINASIA DEL MARGANAI (Pb,Zn)	5	KARST CAVITIES
			MINIERA S.GIOVANNI (Pb,Zn)	14	EMPTY MINES
	DOMUSNOVAS (CI)	CI	MINIERA DI SA DUCHESSA (ORDIDDA) (Cu, Pb,Zn)	4	KARST CAVITIES/EMPTY MINES
			MINIERA DI REIGRAXIUS- PERDU CARTA (ORIDDA) (Pb,Zn)	1	KARST CAVITIES
			MINIERA DI MACCIURRU (Pb,Zn)	9	EMPTY MINES
	VILLAMASSARGIA (CI)	CI	PIANA DEL RIU CIXERRI-MONTE OLLASTU-CABUT ACQUAS	4	KARST CAVITIES
			PIANA DEL RIU CIXERRI- RIU TRULLI	1	KARST CAVITIES
	SULCIS	CARBONIA (CI)	CI	MINIERA BACU ABIS - AREA URBANA (Lignite)	3
MINIERA CORTOGHIANA (Lignite)				1	EMPTY MINES
MINIERA SERBARIU (P.I.P. NURAXEDDU-AREA URBANA) -(Lignite)				6	EMPTY MINES
MINIERA DI BARBUSI (Ba)				5	EMPTY MINES
MINIERA DI PIOLANAS-ARCU SA CRUXI (Ba)				2	EMPTY MINES
RIU CANNAS - ABITATO DI CARBONIA				3	KARST CAVITIES
CANNAS/SERRA BEGHE FORRU - AREA URBANA DI CARBONIA				4	KARST CAVITIES
FRAZIONE DI SERBARIU- PERDAS BIANCAS				2	KARST CAVITIES
MINIERA DI MONTE ONIXEDDU (Pb,Zn)				1	EMPTY MINES
NARCAO (CI)		CI	MINIERA MONT'EGA (Pb,Zn, Ba)	4	EMPTY MINES
			PIANA DI NARCAO- RIU CANNEDU	3	KARST CAVITIES - ACQUEDOTTO
			COLLINE DI NARCAO - RIU SA CANNIGA-LACUNEDDAS	1	KARST CAVITIES
			FRAZIONE DI NARCAO-RIO MURTAS	4	KARST CAVITIES
NUXIS (CI)		CI	MINIERA SA MARCHESA (Pb,Zn)	2	EMPTY MINES
			PIANA DI NUXIS	6	KARST CAVITIES
S.ANNA ARRESI (CI)		CI	VALLE DEL RIU PERDAIOLA	2	KARST CAVITIES
			VALLE GUTTURU SAIDU	12	KARST CAVITIES
TEULADA (CA)		CA	VALLE GUTTURU SAIDU	2	KARST CAVITIES
S.ANTIOCO (CI)		CI	PIAZZA PARROCHIA (VIA DE GASPERI)	1	IPOGEO ARCHEOLOGY

Fig. 23 - Distribuzione Geografica. Elenco aggiornato ad Aprile 2013.
 - Geographical distribution. List updated to April 2013.

COMUNE	LOCALITA' CENSITE	Natural / Anthropogenic
BUGGERRU (CI)	MINIERA PLANU SARTU (Pb, Zn)	A
	CANTIERE S. LUIGI (Pb,Zn)	A
CAGLIARI (CA)	AREA URBANA - QUARTIERE TUVUMANNU	A
	AREA URBANA - QUARTIERE TUVIXEDDU	A
	AREA URBANA - QUARTIERE STAMPACE	A
	AREA URBANA - QUARTIERE VILLANOVA	A
CARBONIA (CI)	MINIERA BACU ABIS - AREA URBANA (Carbone)	A
	MINIERA CORTOGHIANA (Carbone)	A
	MINIERA SERBARIU (P.I.P. - NURAXEDDU - AREA URBANA) - (Carbone)	A
	MINIERA DI BARBUSI (Ba)	A
	MINIERA DI PIOLANAS - ARCU SA CRUXI (Ba)	A
	RIU CANNAS - ABITATO DI CARBONIA	N ?
	CANNAS/SERRA BEGHE FORRU - AREA URBANA DI CARBONIA	A
	FRAZIONE DI SERBARIU- PERDAS BIANCAS	N ?
MINIERA DI MONTE ONIXEDDU (Pb, Zn)	A	
DECIMOMANNU (CA)	STAZIONE FERROVIARIA	N ?
DOMUSNOVAS (CI)	MINIERA DI SA DUCHESSA (ORDIDDA) (Cu, Pb, Zn)	A
	MINIERA DI REIGRAXIUS - PERDU CARTA (ORIDDA) (Pb, Zn)	A
	MINIERA DI MACCIURRU (Pb, Zn)	A
FLUMINIMAGGIORE (CI)	MINIERA SU ZURFURU (Pb, Zn)	A
	MINIERA ANTAS - SEDDARGIA (Fe)	A
GONNESA (CI)	MINIERA S.GIOVANNI (Pb, Zn)	A
GONNOSFANADIGA (VS)	MINIERA DI SALAPONI (Fe)	A
GUSPINI/ARBUS (VS)	MINIERA MONTEVECCHIO / INGURTOSU - S.P. n. 66 (Pb, Zn)	A
IGLESIAS (CI)	MINIERADI ACQUARESIS / SCALITTAS (Pb, Zn)	A
	MINIERA MASUA - MONTE CANI (Pb, Zn)	A
	MINIERA NEBIDA (Pb, Zn)	A
	MINIERA DI CAMPO PISANO (Pb, Zn)	A
	MINIERA DI MONTE SCORRA (Pb, Zn)	A
	MINIERA MONTE AGRUXIAU (Pb, Zn)	A
	MINIERA MONTEPONI (Pb, Zn)	A
	MINIERA S.GIOVANNI (Pb, Zn)	A
	MINIERA DI BAREGA (Ba, Pb, Zn)	A
	MINIERA DI S.BENEDETTO (Ba, Pb, Zn)	A
	PIANA DEL RIU CIXERRI (Z.I.R.) - GUARDIA SU MERTI	N
	PIANA DEL RIU CIXERRI - AZIENDA AGRICOLA ARU	N
	PIANA DEL RIU CIXERRI - CUCCURU TIRIA - RIU CORONGIU	N
	CAMPI ELISI - PARCO LINASIA DEL MARGANAI (Pb, Zn)	N
NARCAO (CI)	MINIERA MONT'EGA (Pb, Zn, Ba)	A
	PIANA DI NARCAO - RIU CANNEDU	N ?
	COLLINE DI NARCAO - RIU SA CANNIGA - LACUNEDDAS	N
	FRAZIONE DI NARCAO - RIO MURTAS	N
NUXIS (CI)	MINIERA SA MARCHESA (Pb, Zn)	A
	PIANA DI NUXIS	A
S.ANNA ARRESI (CI)	VALLE DEL RIU PERDAIOLA	N
	VALLE GUTTURU SAIDU	N
S.ANTIOCO (CI)	PIAZZA PARROCHIA (VIA DE GASPERI)	A
SILIUS (CA)	MINIERA DI GENNA TRES MONTIS (Fluorite)	A
TEULADA (CA)	VALLE GUTTURU SAIDU	N
VILLAMASSARGIA (CI)	PIANA DEL RIU CIXERRI - MONTE OLLASTU - CAPUT ACQUAS	N
	PIANA DEL RIU CIXERRI - RIU TRULLIU	N

Fig. 24 - Classificazione Genetica. Elenco aggiornato ad Aprile 2013.
 - Genetic Classification. List updated to April 2013.

REGIONE SARDEGNA. SINTESI REGIONALE DEI PRINCIPALI FENOMENI DI SPROFONDAMENTO TIPOLOGIA SINKHOLE (30.04.2013)				
COMUNE	PROV.	LOCALITA' DISSESTATE	IFFI'	P.A.I.**
CAGLIARI (CA)	CA	AREA URBANA -QUARTIERI TUVUMANNU,TUVIXEDDU, STAMPACE, VILLANOVA	N.C.	N.C.
SILIUS (CA)		MINIERA DI GENNA TRES MONTIS (Fluorite)	IFFI	N.C.
DECIMOMANNU		STAZIONE FERROVIARIA	N.C.	N.C.
GUSPINI/ARBUS (VS)	VS	MINIERA MONTEVECCHIO/INGURTOSU - S.P. n. 66 (Pb,Zn)	N.C.	R1/ R2
GONOSFANADIGA (VS)		MINIERA DI SALAPONI (Fe)	N.C.	N.C.
FLUMINIMAGGIORE (CI)	CI	MINIERA SU ZURFURU (Pb,Zn)	N.C.	R1
		MINIERA ANTAS-SEDDARGIA (Fe)	N.C.	N.C.
BUGGERRU (CI)	CI	MINIERA PLANU SARTU (Pb,Zn)	N.C.	N.C.
		CANTIERE S.LUIGI (Pb,Zn)	N.C.	N.C.
IGLESIAS (CI)	CI	MINIERADI ACQUARESI/SCALITTAS (Pb,Zn)	IFFI	N.C.
		MINIERA MASUA- MONTE CANI (Pb,Zn)	IFFI	R1
		MINIERA NEBIDA (Pb,Zn)	IFFI	R1
		MINIERA DI CAMPO PISANO (Pb,Zn)	N.C.	R3
		MINIERA DI MONTE SCORRA (Pb,Zn)	N.C.	N.C.
		MINIERA MONTE AGRUXIAU (Pb,Zn)	N.C.	R1
		MINIERA MONTEPONI (Pb,Zn)	N.C.	N.C.
		MINIERA S.GIOVANNI (Pb,Zn)	N.C.	N.C.
		MINIERA DI BAREGA (Ba,Pb,Zn)	N.C.	N.C.
		MINIERA DI S.BENEDETTO (Ba, Pb, Zn)	N.C.	N.C.
		PIANA DEL RIU CIXERRI (Z.I.R.) - GUARDIA SU MERTI	IFFI	R3
		PIANA DEL RIU CIXERRI - AZIENDA AGRICOLA ARU	N.C.	N.C.
		PIANA DEL RIU CIXERRI - CUCCURU TIRIA-RIU CORONGIU	N.C.	N.C.
		CAMPI ELISI - PARCO LINASIA DEL MARGANAI (Pb,Zn)	N.C.	N.C.
GONNESA (CI)		MINIERA S.GIOVANNI (Pb,Zn)	N.C.	N.C.
DOMUSNOVAS (CI)		MINIERA DI SA DUCHESSA (ORDIDDA) (Cu, Pb,Zn)	N.C.	R3
		MINIERA DI REIGRAXIUS- PERDU CARTA (ORIDDA) (Pb,Zn)	N.C.	N.C.
		MINIERA DI MACCIURRU (Pb,Zn)	N.C.	N.C.
VILLAMASSARGIA (CI)	CI	PIANA DEL RIU CIXERRI-MONTE OLLASTU-CABUT ACQUAS	N.C.	N.C.
		PIANA DEL RIU CIXERRI- RIU TRULLI	N.C.	R3
CARBONIA (CI)	CI	MINIERA BACU ABIS - AREA URBANA (Lignite)	N.C.	N.C.
		MINIERA CORTOGHIANA (Lignite)	N.C.	N.C.
		MINIERA SERBARIU (P.I.P. NURAXEDDU-AREA URBANA) -(Lignite)	N.C.	N.C.
		MINIERA DI BARBUSI (Ba)	IFFI	N.C.
		MINIERA DI PIOLANAS-ARCU SA CRUXI (Ba)	N.C.	N.C.
		RIU CANNAS - ABITATO DI CARBONIA	N.C.	N.C.
		CANNAS/SERRA BEGHE FORRU - AREA URBANA DI CARBONIA	N.C.	N.C.
		FRAZIONE DI SERBARIU- PERDAS BIANCAS	N.C.	N.C.
NARCAO (CI)	CI	MINIERA MONT'EGA (Pb,Zn, Ba)	N.C.	N.C.
		PIANA DI NARCAO- RIU CANNEDU	IFFI	N.C.
		COLLINE DI NARCAO - RIU SA CANNIGA-LACUNEDDAS	N.C.	N.C.
		FRAZIONE DI NARCAO-RIO MURTAS	N.C.	N.C.
NUXIS (CI)	CI	MINIERA SA MARCHESA (Pb,Zn)	N.C.	N.C.
		PIANA DI NUXIS	N.C.	N.C.
S.ANNA ARRESI (CI)	CI	VALLE DEL RIU PERDAIOLA	IFFI	N.C.
		VALLE GUTTURU SAIDU		N.C.
TEULADA (CA)	CA	VALLE GUTTURU SAIDU	IFFI	N.C.
S.ANTIOCO (CI)		PIAZZA PARROCHIA (VIA DE GASPERI)	IFFI	N.C.

Fig. 25 – Verifica conoscenze fenomenologie rispetto a P.A.I. ed I.F.F.I.
 – Check knowledge phenomena compared to P.A.I. and I.F.F.I.

dell'organizzazione dei dati finora rilevati, dovrà far transitare l'archivio impostato su schede speditive, arricchendolo con buona parte delle informazioni acquisite sul posto, su schede sito strutturate

e meglio organizzate per la catalogazione e fruizione da parte dell'utente finale, ovvero, da coloro che potranno utilizzare i dati per ausilio ai processi decisionali a fini pianificatori e per la programma-

zione delle opere ed interventi manutentivi sul patrimonio pubblico. Le nuove schede, da adeguare a quelle maggiormente strutturate, secondo lo standard ISPRA, dovranno portare ad una evoluzione delle attività portate avanti a livello provinciale, in modo tale da individuare un database di supporto ad un GIS di respiro regionale. I dati finora raccolti, da sottoporre per buona parte a nuova istruttoria, potranno essere definitivamente validati e collaudati con il fondamentale supporto dei rilevatori.

Successivamente al collaudo si potrà finalmente caricare il dato informatizzato su piattaforma GIS, la cui georeferenziazione dovrà essere standardizzata secondo una unica piattaforma di lavoro, a priori individuabile su strutture *software open source*. Particolarmente importante sarà la ulteriore implementazione dei dati sito con i dati geologici, idrogeologici e minerari: da questo punto di vista, rilevata la preponderanza di fenomeni di genesi antropica, particolare importanza dovrà essere data alla informatizzazione dei dati inerenti concessioni minerarie e piani di coltivazione presenti presso il distretto minerario.

L'obiettivo primario delle attività portate avanti fino ad oggi dal «Tavolo Tecnico» è stato quello di fornire un quadro sinottico e omogeneo sulla distribuzione dei fenomeni di sprofondamento con particolare riguardo per la tipologia sinkholes ed assimilabili nel territorio Regionale.

Il bagaglio di conoscenze finora assunte potrà essere un ottimo supporto come strumento di pianificazione territoriale, e per la programmazione degli interventi di messa in sicurezza e monitoraggio delle aree più vulnerabili, quali:

- Principali vie di comunicazione;
- aree urbanizzate e periferie/zone di espansione urbanistica;
- programmazione nella individuazione delle zone di ampliamento urbanistico.

Proprio per tali finalità, su queste basi, si potrà arrivare alla restituzione di una carta dei sinkhole della Sardegna, di non difficile restituzione, in grado di interagire sia con la nuova base dati tematica acquisita che con quelle esistenti su piattaforma regionale. Infatti, la stessa piattaforma regionale utilizza e consiglia l'utilizzo di *software* liberi, con possibilità di implementare gli *shape file* disponibili con quelli che verranno creati per i *layer* tematici sui fenomeni di sprofondamento della Regione Sardegna.

Al fine di rendere partecipi delle attività finora svolte, il coordinamento del tavolo tecnico ha inviato, (ad ottobre 2013), una prima informativa di sintesi sui risultati conosciuti a tale data, informando così sia le autorità competenti che i Comuni interessati, ai fini di una presa di coscienza

di quanto acquisito, per un successivo utilizzo dei dati sia d'ausilio per le istruttorie delle pratiche urbanistiche che a fini pianificatori, con particolare riguardo in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici al Piano di Assetto Idrogeologico.

Tra i mesi di novembre 2013 e gennaio 2014, alla luce delle attività svolte, preso atto che si dovranno portare avanti le procedure di standardizzazione i *partners* del tavolo tecnico hanno convenuto di porre in essere la programmazione delle attività per la predisposizione della «CARTA DEI SINKHOLES DELLA SARDEGNA» (Scala 1: 250.000), da elaborare sulla esistente base geologica della Regione Autonoma della Sardegna (in scala 1: 25.000) semplificata.

BIBLIOGRAFIA

- ANNUNZIATELLIS A., CIOTOLI G., GUARINO P.M. & NISIO S. (2010) - *Nuovi dati sui sinkholes del bacino delle Acque Albule (Tivoli, Roma)*. Atti 2° Workshop internazionale: «I sinkholes. Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato», Roma 3-4 dicembre 2009, ISPRA: 395-412.
- BERSANI P., CANALINI A. & NISIO S. (2010) - *Segnalazione di fenomeni di sprofondamento nell'area di Sasso di Furbara (Santa Severa-Roma)*. Atti 2° Workshop internazionale: «I sinkholes. Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato», Roma 3-4 dicembre 2009, ISPRA: 405-413.
- CAMPOBASSO C., GRACIOTTI R., NISIO S. & VITA L. (2004) - *Il progetto sinkhole: le attività svolte dal Dipartimento Difesa del Suolo dell'APAT*. Atti Conv.: «Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio», Roma 20-21 maggio 2004: 171-188.
- CARAMANNA G., CIOTOLI G., NISIO S. & VITA L. (2006) - *I fenomeni di sinkholes in Italia: inventario dei fenomeni naturali ed alcuni casi di studio*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **71**: 123-124.
- CIOTOLI G., CORAZZA A., FINOIA M.G., NISIO S. & SUCCHIARELLI C. (2013) - *Gli sprofondamenti antropogenici nell'aria urbana di Roma*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **93**: 143-182.
- CIOTOLI G., DI LORETO E., LIPERI L., MELONI F., NISIO S. & SERICOLA A. (2015) - *Carta dei Sinkhole Naturali del Lazio 2012 e sviluppo futuro del Progetto Sinkholes Regione Lazio*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It.
- CIVITA & COCOZZA T. (1983) - *Idrogeologia del bacino minerario dell'Iglesiente (Sardegna Sud Occidentale)*. SAMIM, Roma.
- COMERCI V., VITTORI E., CIPOLLONI C., DI MANNA P., GUERRIERI L., NISIO S., SUCCHIARELLI C., CIUFFREDA M. & BERTOLETTI E. (2014) - *Geohazards monitoring in rome from insar and in-situ data: outcomes of the pangeo project*. Pure and Applied Geophysics.
- CORDA A.S., MUREDDU A. & RENIS M. (2013) - *I sinkholes nella Regione Sardegna (Italia): Miniere e Cavità Carsicbe*. Mem. Descr. Carta Geol. D'It., **93**: 183 - 202.
- DI GREGORIO F. & MASSOLI NOVELLI R. (1988) - *Impatto ambientale delle attività minerarie in Sardegna*. Boll. S. Sarda Sci. Nat., **26**: 17-42.
- MUREDDU A. (2014) - *Geological models and geotechnical parameters as the essential basis for road design. Emergency operations, planning and maintenance the provincial road no. 108 ("Sulcis Iglesiente", S-W Sardinia, Italy)*. Geological risks and geomorphic pro-

- cesses in the Mediterranean area, *Rendiconti della Società Geologica Italiana*, **31**, suppl. N. 1, p. 532.
- MUREDDU A. & CORDA A.S. (2012) E.G.U. 2012 – *Urban areas of Carbonia (Sardinia, Italy): anthropogenic and natural Sinkholes*. European Geosciences Union, Vienna, *Geophysical Research, Naturale Hasards*, **14**, EGU2012-6547-2, 2012.
- MUREDDU A. & CORDA A.S. (2014) – *Safeguarding of assets of roads and protection of land in the Valley of Acquaresi. Deepening and widening of the studies the area subject to risk sinkhole. Proposal for monitoring (Italy: Sardinia)*. *Engineering Geology for society and territory: Urban geology, sustainable planning and landscape exploitation*, **5**: 576 – 580.
- MUREDDU A., CORDA A.S. & VIRDIS G. (2012) - *Acquaresi valley, problems of geological instability of underground voids and safeguard of roads*. 86° Congresso della Società Geologica Italiana: *Rendiconti Società Geologica Italiana*, **21**: 420-422.
- NISIO S. (2008) – *I fenomeni naturali di sinkholes nelle aree di pianura italiane*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **85**: 475 pp.
- NISIO S. (2010) - *Fenomeni di sprofondamento in alcuni centri urbani*. Atti 2° Workshop internazionale: *I sinkholes. Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato*, Roma 3-4 dicembre 2009, ISPRA: 845-864.
- NISIO S. (2010) - *I sinkholes nelle aree di pianura italiane: i risultati del "Progetto Sinkhole"*. Atti 2° Workshop internazionale: *"I sinkholes. Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato"*, Roma 3-4 dicembre 2009, ISPRA: 13-28.
- NISIO S. (2011) - *Fenomeni di sprofondamento in alcuni centri urbani*. VII Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, ISPRA.
- NISIO S. (2012) - *Fenomeni di sprofondamento in alcuni centri urbani*. VIII Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, ISPRA.
- NISIO S. (2013) - *Fenomeni di sprofondamento in alcuni centri urbani*. IX Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, ISPRA.
- NISIO S. (2013) - *Il database nazionale dei fenomeni di sinkhole*. *Geologia dell'ambiente*, SIGEA, Suppl. al n° 2/2013.
- NISIO S. (2014) – *Le ricerche storiche nello studio dei fenomeni di sprofondamento*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **96**: 261-270.
- PARISE M. & FLOREA L.J. (2007) - *I sinkholes nella letteratura scientifica internazionale: una breve rassegna, con particolare riferimento agli stati uniti d'america*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **69**, 27 pp.
- PARISE M., VENNARI C., GUZZETTI F., MARCHESINI I. & SALVATI P. (2013) - *Preliminary outcomes from a catalogue of natural and anthropogenic sinkholes in Italy, and analysis of the related damage*. *Rendiconti Società Geologica Italiana*, **24**: 225-227.