

Catalogo dei sinkholes antropogenici del Lazio ed organizzazione delle attività future

Anthropogenic sinkholes catalogue of Latium and future activities organization

MELONI F. (*), NISIO S. (**)

RIASSUNTO - Viene presentato il primo catalogo degli sprofondamenti antropogenici dei centri urbani del Lazio. Si tratta, per lo più, di un censimento di sinkholes innescati da crolli delle volte di cavità sotterranee, da rotture di tubazioni fognarie o di adduzione idrica, oppure da fenomeni erosivi causati dall'azione delle acque meteoriche di scorrimento sub-superficiale; in misura minore sono stati registrati episodi connessi al carsismo.

I sinkholes censiti si sono originati all'interno dei centri abitati e in particolar modo nella porzione storica degli centri urbani laziali, interessando frequentemente le infrastrutture viarie ed in misura minore, per fortuna, le abitazioni civili o altre tipologie di edifici. I sinkholes antropogenici si distinguono, per questo, dai sinkhole naturali (sinkholes s.s. NISIO, 2003) che, per la quasi totalità, si verificano in aree agricole e di aperta campagna, soprattutto in zone vallive (NISIO, 2008 a).

Le ricerche sono state condotte attraverso la raccolta delle segnalazioni provenienti dalle testate giornalistiche, presenti sul web, ed in misura minore da cronache e documenti storici di altro tipo. Questo ha comportato che le maggiori informazioni sono concentrate nell'ultimo quinquennio ed in particolare negli anni 2010-2014. Una ricerca estesa presso le emeroteche, è in corso d'opera, periodo fine '800 - 2010, e porterà ad un consistente incremento delle informazioni.

La mappatura e messa in sicurezza della rete caveale ed il miglioramento dei servizi fognari ed idrici è auspicabile per l'attenuazione del rischio associato al fenomeno.

PAROLE CHIAVE: Sinkholes, sprofondamenti, cavità sotterranee, Lazio

ABSTRACT - It is presented the first catalogue of the anthropogenic sinkholes in the Lazio Region. The sinkholes are generally, collapse of the roof of underground cavities, breaking of sewer and water pipes or erosion caused by rainwater sub-surface flow.

Generally occur within urban areas and especially in the

historical centers, frequently hitting the road infrastructure. They differ in this from the natural sinkhole that for almost all occur in areas outside population centers, especially in the valley areas.

The research was conducted through a survey of newspapers on the web. This has meant that more information is concentrated in the years 2010-2013. An extensive search to newspapers of the period end '800 - 2010 would lead to an increase in amounts of information.

Mapping and securing network of undergrounds cavities and improvement of sanitation and water would lead to a substantial reduction in the risk associated with the municipalities concerned.

KEY WORDS: sinkholes, sinking, underground activities, Lazio

1. - INTRODUZIONE

Sprofondamenti e voragini, provocati dal crollo di cavità antropiche o carsiche presenti nel sottosuolo di molte aree urbane del Lazio, provocano e hanno da sempre provocato danni alle infrastrutture e al patrimonio edilizio (SIGEA - PROVINCIA DI ROMA, 1999; APAT, 2004; ALBANESE *et alii*, 2004; CAMPOBASSO *et alii*, 2004; NISIO, 2008 a, b; ISPRA 2010 a, b, 2014). Negli ultimi dieci anni si è assistito inoltre ad un aumento della frequenza dei casi di sprofondamento nei capoluoghi di provincia (Roma, Viterbo, Rieti) (MAZZA *et alii*, 2008; NISIO, 2010 a, b, c, 2011; CIOTOLI *et alii*, 2013), ma anche in piccoli centri dove sono stati avvertiti dalla popolazione rumori e boati in sottterraneo (Posta Fibreno, Sermoneta, Cassino etc.).

(*) Regione Lazio - Dipartimento Difesa del Suolo;

(**) Istituto Superiore per la Ricerca Ambientale, ISPRA

Le tipologie di cavità artificiali e/o naturali presenti nel Lazio sono molte, alcune di esse sono caratteristiche e tipiche delle particolari realtà regionali laziali (CATALANO *et alii*, 2011; CIOTOLI *et alii*, 2012, 2013, 2015; MELONI *et alii*, 2013 a, b, c; figg. 1a, b, c, d, e).



I vuoti sotterranei sono stati realizzati principalmente per ricavare materiali da costruzione (BERNABINI *et alii*, 1966). L'estrazione di rocce piroclastiche come materiali per l'edilizia è stata diffusa nel Lazio soprattutto a Roma o a Viterbo; l'estrazione di inerti per i calcestruzzi, di sabbie e ghiaie, per vari usi, ha prevalso nel Lazio costiero; rocce calcaree sono state estratte, sin da tempi preistorici, da cave in sottterraneo nelle zone centrali dell'Appennino calcareo (NISIO, 2010 a, b c).

Inoltre, un'intricata rete caveale è stata realizzata al di sotto delle città capoluogo di provincia (Roma, Rieti, Viterbo) e di alcuni, più piccoli, centri urbani, per la realizzazione di cisterne, serbatoi e cunicoli idraulici, nonché per la costruzione di luoghi di culto sotterranei (NISIO, 2012, 2013; CIOTOLI *et alii*, 2013).

Non meno diffusa risulta la pratica antica di realizzare nelle aree interne della regione grotte e



Fig. 1 – Alcuni immagini di Sinkhole antropogenici: a – Ariccia (RM), crollo legato a rottura impianto fognario; b – Esperia (FR), esplosione tubatura idrica; c – Rieti, perdita rete idrica fatiscente; d – Terracina (LT) sprofondamento a seguito di piogge intense; e – Viterbo, sprofondamento legato a cavità sotterranea e successiva perdita idrica.

- Some images of anthropogenic Sinkhole: st - Ariccia (RM), collapse tied to break the sewer system; b - Esperia (FR), burst water pipe; c - Rieti, rupture of water pipe; d - Terracina (LT) sinking as a result of heavy rains; st - Viterbo, subsidence linked to underground cavity and subsequent water loss.

ipogei, utilizzati, dapprima, come rifugi di pastori e bestiame e, successivamente, come cantine e depositi.

Di tali cavità singole, naturali e antropiche, o reti caveali, si è sempre conosciuto poco o si è persa memoria. Gli imbocchi agli ipogei non sono di solito documentati, nè adeguatamente riportati su cartografia specifica. Tuttavia, le cavità sono ancora attive o sepolte da terreni di riporto, facilmente asportabili per dilavamento, e tendono a provocare continui collassi in superficie.

La presenza di vuoti antropici ovviamente facilita l'insorgere di voragini di grande diametro (dimensioni metriche) ma di scarsa profondità, che si perpetuano in molti centri urbani laziali (VENTRIGLIA, 1971, 2002; SCIOTTI, 1982; CRESCENZI *et alii*, 1995; PRIGIOBBE *et alii*, 2005; FIORE & LANZINI, 2007; BASSO *et alii*, 2013; CIOTOLI *et alii*, 2013). Parimenti, a tali episodi, si aggiungono sprofondamenti connessi a fenomeni naturali di dissoluzione carsica particolarmente spinti in formazioni litologiche carbonatiche nelle aree della provincia di Frosinone, (MELONI, 2010; MIELE, 2010; MELONI *et alii*, 2011, 2012, 2013 a, b, c) che danno origine a voragini con maggiore profondità.

I numerosi episodi di sinkholes raccolti dalle cronache dell'ultimo cinquantennio forniscono un quadro autentico del fenomeno che, purtroppo, non tende a diminuire AA.VV. (1957-2013).

A titolo di esempio il 15 marzo 1983 a Montecompatri (Roma) una voragine di circa 50 m si aprì, nella notte, in P.zza Fanti, provocando il crollo di 3 palazzine. Le 16 famiglie che le abitavano, per fortuna, erano state fatte sgomberare la settimana precedente, a seguito di una più piccola voragine apertasi nelle vicinanze dello sprofondamento di maggiori dimensioni. Tre anni dopo a Montecompatri si sono verificati altri episodi di sprofondamento che mettono in luce l'elevata suscettibilità del territorio (CATENACCI, 1992; SIGEA – PROVINCIA DI ROMA, 1999).

Nell'anno 1986, sono stati segnalati fenomeni di instabilità e crolli per la presenza di cavità sotterranee in altri comuni laziali. Ad Onano, per esempio, si sono verificati molti fenomeni per le precarie condizioni di stabilità in numerose caverne sottostanti il centro storico. A Tarquinia, nel 1986, si verificarono instabilità delle cavità sottostanti il centro storico. Presso Grotte di Castro si sono aperte voragini per i crolli in sottoterraneo delle cavità naturali sottostanti il centro storico

I *database* realizzati a livello nazionale sinora in Italia risultano inadeguati e poco aggiornati sulle effettive realtà del fenomeno, soprattutto per quanto riguarda i piccoli centri urbani (CATENACCI, 1992; GUZZETTI *et alii*, 1994; CORAZZA *et alii*, 2002; APAT, 2004 b; CORAZZA, 2004; ISPRA, 2010 b). Risulta, inoltre, necessario suddividere e classificare le tipologie di sprofondamento, dando risalto agli

eventi antropogenici che risultano i più diffusi (NISIO, 2008 a).

Pertanto, è stato avviato un Progetto Regione Lazio – ISPRA di censimento di tali fenomeni al fine di integrare e realizzare zonizzazioni di suscettibilità nelle aree in cui si registra tale fenomeno.

2. - LE CAVITÀ SOTTERRANEE NELLE PROVINCE LAZIALI

Non si sa molto riguardo l'esatta destinazione di antiche gallerie che attraversano i terreni di origine vulcanica della Provincia di Roma, in particolare nell'area meridionale (area di Velletri; D'ANIELLO 2012), presso il litorale romano e pontino (RM-LT).

Gallerie e cavità sotterranee di vario tipo sono di origine ed epoca incerta (alto medioevale, pontificia ma più probabilmente romana se non addirittura pre-romana o tardo periodo etrusco); lunghe gallerie e porzioni di cunicoli, di modesta lunghezza ma di considerevole larghezza, vengono continuamente rinvenuti durante lavori di scavo e sbancamento, connessi all'intensa urbanizzazione del territorio che circonda la capitale.

Altre sono conosciute e tramandate dagli abitanti delle aree rurali, che conservano la memoria storica dei luoghi; solo alcune sono riportate nelle cartografie topografiche e tematiche del territorio laziale (Carta Geologica d'Italia).

Pochissimi studiosi hanno affrontato lo studio e la mappatura dei cunicoli sotterranei di tali aree, giungendo a conclusioni a volte diverse relativamente all'epoca di costruzione e alle funzioni degli stessi. Alcuni cunicoli erano stati realizzati per canalizzare e raccogliere le acque allo scopo di creare riserve idriche; sono state avanzate ipotesi di gallerie realizzate al fine di migliorare la produzione agricola e l'umidità dei luoghi.

I vari cunicoli rinvenuti nell'alta pianura pontina erano probabilmente stati realizzati per la bonifica dell'agro pontino minacciato continuamente dalla malaria, e sono probabilmente ascrivibili all'epoca romana. La tipologia classica dei cunicoli idraulici rinvenuti (*formali*) prevede una galleria scavata a poca profondità dal piano campagna, in genere 6-7 metri di altezza, per poter essere accessibile all'uomo, e comunicante con l'esterno tramite una serie di pozzetti che raggiungono la superficie. Tali pozzetti, realizzati a intervalli a volte fissi di circa 35 m, servivano per lo smaltimento dei materiali di scavo in fase di costruzione del cunicolo, e successivamente per l'accesso alla galleria.

Anche l'origine dei cunicoli che si estendono sotto piazza della Morte, a Viterbo è controversa.

L'epoca di realizzazione potrebbe risalire addirittura al periodo etrusco; le gallerie, che si estendono su due livelli, tra i 3 e gli 8 metri di profondità, sotto il centro storico, arrivano fino alla cinta muraria. Il reticolo sotterraneo di Viterbo, interamente scavato nelle piroclastiti, era un antico sistema idraulico etrusco per canalizzare le acque piovane e superficiali, convogliandole, attraverso tale fitta rete, nelle aree agricole. In epoca medioevale le gallerie furono bonificate e ristrutturate costituendo un autentico labirinto, anche di passaggi segreti che servivano a mettere in comunicazione le strutture nevralgiche e strategiche della città. Le gallerie, inoltre, conducevano a tutte le porte della città e assicuravano un'eventuale via di fuga agli abitanti, in caso di pericolo o di assedio. Successivamente, tali sotterranei furono utilizzati da malviventi e briganti, sino alla seconda guerra mondiale quando costituirono dei bunker antiaerei.

In altri piccoli centri urbani del viterbese sono diffusi ipogei, realizzati nelle piroclastiti, di estensioni in lunghezza più modeste ma con presenza di vani più larghi, che vennero utilizzati come stalle e ricoveri pastorali; questi a volte sono caratterizzati da anelli alle pareti per legare gli animali, tamponature in muratura, sfondamenti e ampliamenti per riadattare evidentemente antiche strutture ai nuovi utilizzi. Ulteriore tipologia di ipogei sono stati realizzati ai fini sepolcrali, si rinvengono necropoli di varie epoche (BOTTACCHIARI, 2013).

Anche la città di Rieti presenta un'estesa rete di gallerie sotterranee che si sviluppano nelle litologie calcaree, evaporitiche e clastiche del centro storico (via Roma); in particolare sono presenti i resti di un viadotto romano costruito nel III secolo a.C., affiancato ad alcune opere idrauliche di bonifica della piana. La struttura sotterranea, superando il fiume Velino, permetteva alla Via Salaria, l'antica via del sale, di raggiungere la città evitando allagamenti ed impaludamenti, assumendo così un ruolo di estrema importanza per il diretto collegamento delle campagne con l'Urbe. La rete di gallerie è accessibile anche da alcune abitazioni nobili reatine, dove è possibile vedere alcuni blocchi tagliati nel travertino cavernoso, a sostegno del piano stradale; i cunicoli furono utilizzati a vario titolo nelle diverse epoche, in epoca medioevale furono utilizzate come nascondigli di briganti.

3. - CATALOGO DEI SINKHOLE ANTROPOGENICI DEL LAZIO

La ricerca è stata effettuata consultando i periodici locali presenti nella rete per le 5 provincie del Lazio e per i capoluoghi di provincia ad esclusione della città di Roma, su cui sono stati svolti studi spe-

cifici. Si è trattato di circa 60 testate giornalistiche locali, generalmente quotidiane, ma a volte con periodicità maggiore. Sporadicamente sono state consultate anche testate a carattere nazionale.

Inoltre, per ogni comune è stata effettuata una ricerca nei siti web, mirata all'individuazione riguardo le differenti tipologie di sprofondamenti del terreno. Tali informazioni solitamente non risultano contemplate nei giornali perché accadute in periodi precedenti.

I risultati sono rappresentati da un catalogo che copre il periodo 1682-2013 (fig. 2), con una distribuzione temporale via via migliore avvicinandosi ad oggi (fig. 3) e con una distribuzione spaziale che copre 86 comuni del Lazio su 378 (fig. 4).

La Provincia maggiormente interessata è quella di Roma e questo è comprensibile vista la maggior diffusione di quotidiani (fig. 5). Quella meno interessata dai fenomeni antropogenici è quella di Rieti, probabilmente a causa della scarsità di informazioni giornalistiche (da segnalare che il Comune di Roma è stato momentaneamente escluso da questo catalogo in quanto oggetto di specifici studi da parte dell'ISPRA; CIOTOLI *et alii*, 2013; ISPRA 2013). I dati riportati in fig. 5 sono riferiti ai soli fenomeni segnalati dalle testate giornalistiche nell'intervallo 2005-2013. Per i dati riguardanti il territorio di Roma si rimanda a CIOTOLI *et alii*, in questo volume.

| Anno | N° di Eventi registrati |
|------|-------------------------|
| 1682 | 1 |
| 1720 | 1 |
| 1866 | 1 |
| 1881 | 1 |
| 1909 | 1 |
| 1957 | 1 |
| 1964 | 1 |
| 1981 | 1 |
| 1983 | 1 |
| 1995 | 3 |
| 1997 | 3 |
| 1998 | 1 |
| 2000 | 2 |

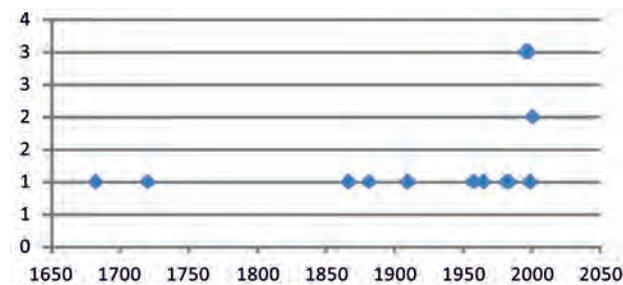


Fig. 2 – Distribuzione temporale dei Sinkhole antropogenici nei centri urbani del Lazio tra il 1682 e il 2013.

- Temporal distribution of Lazio anthropogenic Sinkhole in the period 1682-2013.

| Anno | N° di Eventi registrati |
|------|-------------------------|
| 2002 | 1 |
| 2004 | 4 |
| 2005 | 6 |
| 2006 | 4 |
| 2007 | 10 |
| 2008 | 14 |
| 2009 | 19 |
| 2010 | 35 |
| 2011 | 42 |
| 2012 | 49 |
| 2013 | 12 |

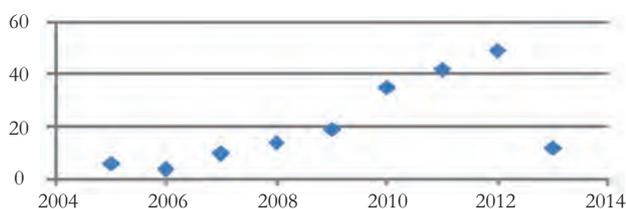


Fig. 3 – Distribuzione temporale dei Sinkhole antropogenici nei centri urbani del Lazio (con esclusione della città di Roma) tra il 2005 e il 2013.
- Temporal distribution of Lazio anthropogenic Sinkhole (without Rome) in the period 2005-2013.

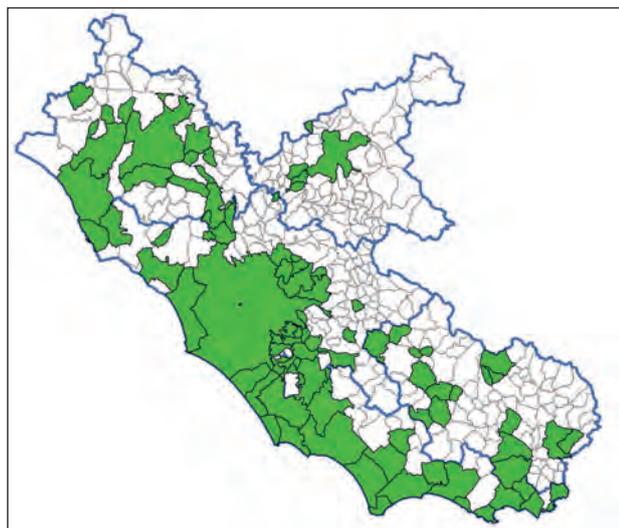


Fig. 4 – Distribuzione areale dei Comuni interessati da sinkhole antropogenici, 86 su 378 totali, circa il 22%.
- Areal distribution of the municipalities affected by anthropogenic sinkhole, 86 out of 378 total, about 22%.

Tuttavia le differenze tra le provincie sono dettate anche da altri aspetti, legati sia alla tipologie delle cause genetiche, sia alla geologia del territorio ed alla qualità delle infrastrutture.

I fenomeni avvengono per la maggior parte all'interno del centro abitato e delle immediate periferie, spesso con una intensificazione all'interno

dei centri storici. Le cause principali (figg. 6, 7) sono la presenza di cavità sotterranee, di reti fognarie ed idriche fatiscenti e per l'intensità delle precipitazioni piovose. Quest'ultime agiscono sia direttamente con fenomeni di infiltrazione sub-superficiale ed erosione regressiva, che con fenomeni di saturazione e sovrappressione sulle reti fognarie e sui canali di intubazione dei corsi d'acqua nei tratti in cui risultano tombati.

Nei casi in cui vi è la presenza di una rete di cavità, la geologia rappresenta un fattore guida

| RM | VT | RI | LT | FR |
|-----|----|----|----|----|
| 145 | 46 | 4 | 47 | 34 |

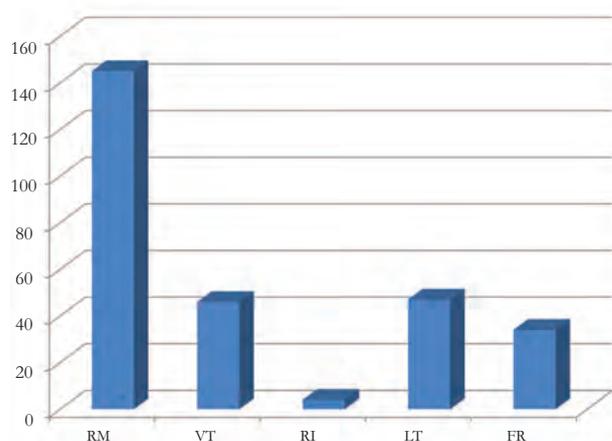


Fig. 5 – Numero di sinkhole antropogenici suddivisi per provincia. Sono presenti solo i casi tratti dalle cronache locali nell'intervallo 2005-2013.
- Number of anthropogenic sinkhole subdivided by province. In this scheme are censused only the phenomena taken from the local news, in the range 2005-2013.

| Cavità | Fognatura | Pioggie intense | Tubazione idrica | Altro | Sconosciute |
|--------|-----------|-----------------|------------------|-------|-------------|
| 18 | 27 | 50 | 25 | 19 | 137 |

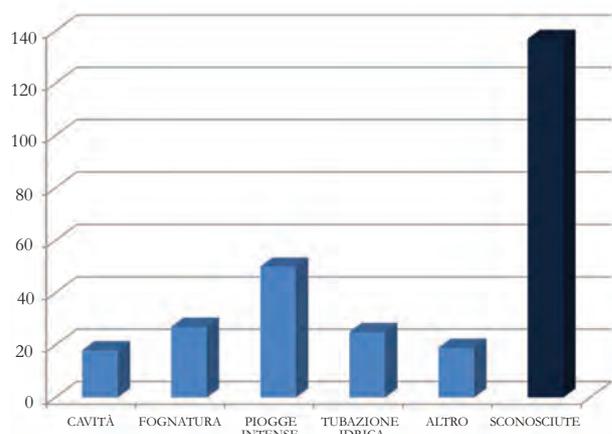


Fig. 6 – Cause principali degli sprofondamenti del terreno.
- The main causes of the sinking of the ground.

| PROVINCIA | CAVITÀ | FOGNATURA | PIOGGE | TUBAZIONE IDRICA | ALTRO | SCONOSCIUTE |
|-----------|--------|-----------|--------|------------------|-------|-------------|
| VT | 10 | 2 | 13 | 4 | 2 | 15 |
| RI | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 |
| RM | 4 | 17 | 18 | 6 | 13 | 87 |
| LT | 1 | 2 | 12 | 9 | 2 | 21 |
| FR | 3 | 5 | 7 | 4 | 2 | 13 |

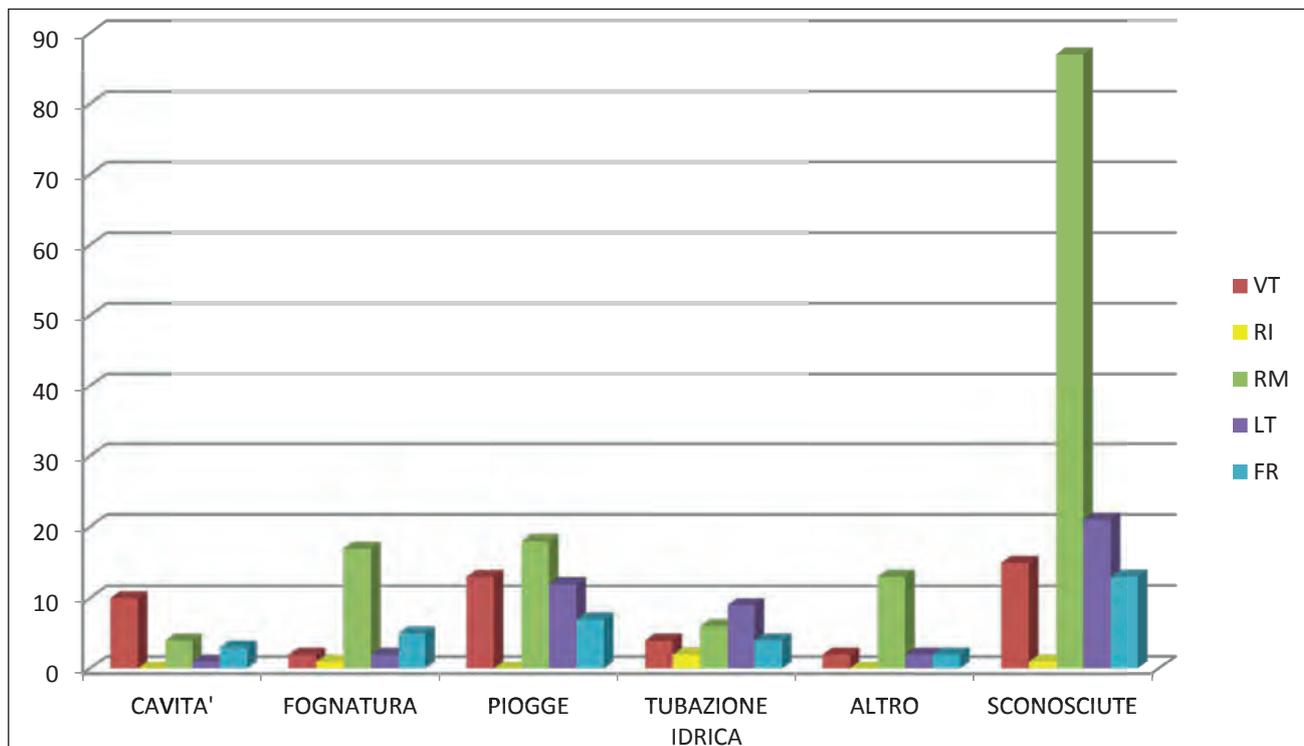


Fig. 7 – Principali cause di sprofondamento per ogni provincia.
- Main causes of subsidence for each province.

importante, come si può vedere nella figura 7, in quanto la possibilità di utilizzo dei terreni, soprattutto piroclastici, come materiali da costruzione ha fatto sì che si sviluppasse cave in sottoterraneo costituite da reti di cunicoli, a volte riutilizzate come cantine, se ricadenti all'interno dei centri abitati, oppure abbandonate e dimenticate se ricadenti al di fuori dell'area urbana. Ne risulta quindi una grande diffusione nelle aree vulcaniche delle provincie di Viterbo e di Roma (VENTRIGLIA, 1971, 2002; SCIOTTI, 1982; SANTORO & FEDERICI, 1999; SIGEA - PROVINCIA DI ROMA, 1999; ISPRA, 2010; CIOTOLI *et alii*, 2013).

Le rotture sulle canalizzazioni fognarie e gli eventi meteorici risultano essere cause abbastanza ben distribuite nelle aree caratterizzate da sedimenti terrigeni, questo probabilmente perché legati a fenomeni complessi di erosione regressiva, di instabilità geomorfologica e di infiltrazione/erosione per scorrimento subsuperficiale, che potrebbero causare movimenti ben oltre il limite di

elasticità della rete fognaria.

Un accenno particolare va fatto alle rotture della rete idrica, che risultano relativamente concentrate nella provincia di Latina e questo sembra in parte dovuto alla faticienza degli impianti idrici, come riferiscono le notizie di giornale, senza poter escludere un effetto legato alla deformazione per subsidenza/costipamento a carico dei sedimenti terrigeni della piana pontina (figg. 7, 8).

Meno frequentemente vengono segnalati casi di interferenze tra linee distributive del gas e fenomeni di sprofondamento, anche se di non chiara interpretazione.

Da notare infine che le segnalazioni giungono nella quasi totalità dalle aree caratterizzate da sedimenti terrigeni e quasi mai dalle aree caratterizzate da terreni calcarei. Questo sembra sia legato più alla tipologia del terreno, difficilmente utilizzabile come cava in sottoterraneo e certamente dotato di maggiore stabilità geomorfologica e resistenza a fenomeni di cedimento delle reti idriche e fognarie.

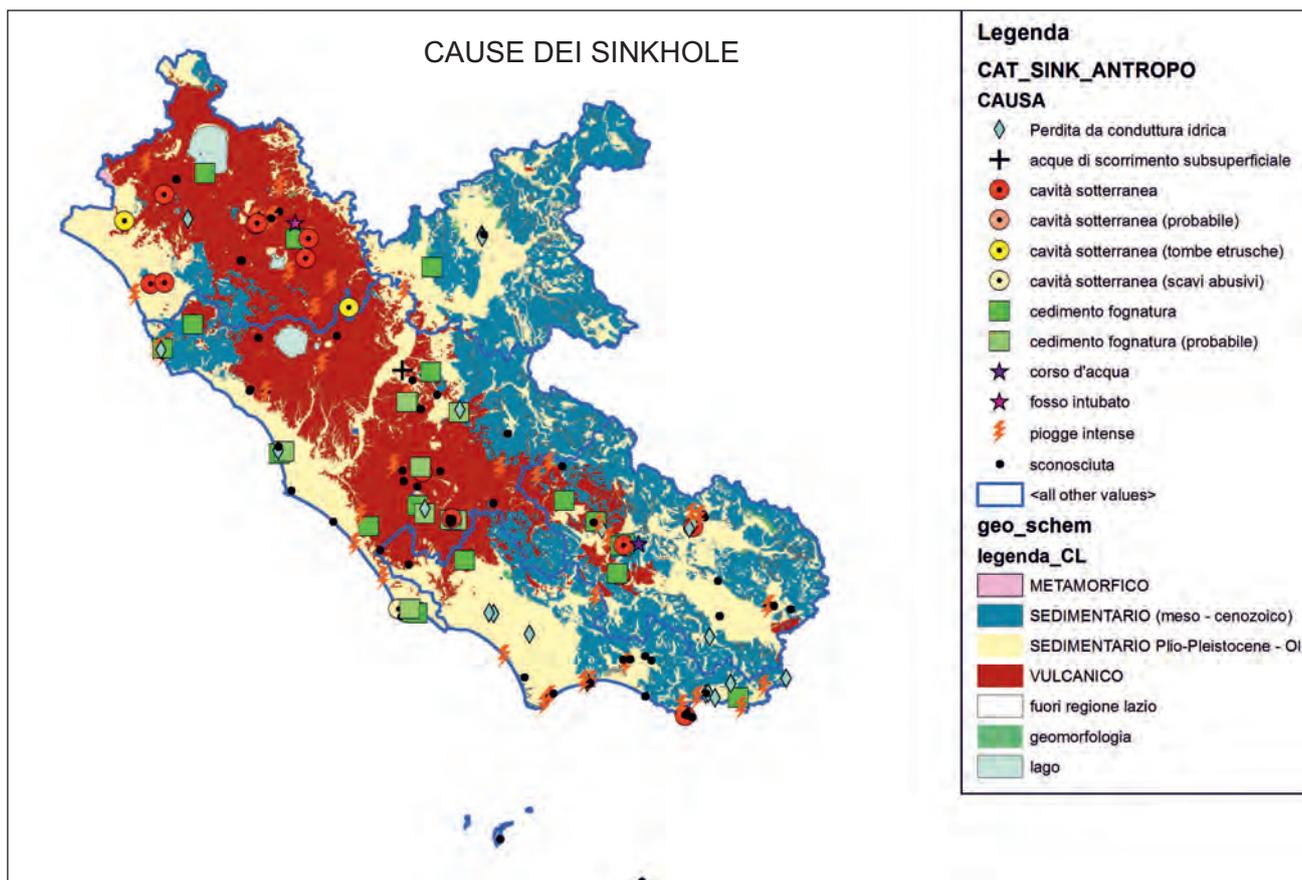


Fig. 8 – Rapporti tra cause di sprofondamento e distribuzione geologica dei terreni.
 – Relations between the main causes of subsidence and geological distribution.

Un confronto con il catalogo dei sinkholes naturali mostra la diversa distribuzione dei due fenomeni. I fenomeni naturali si sviluppano generalmente in aree vallive fuori dal contesto di urbanizzazione, mentre, i sinkholes antropogenici sono concentrati soprattutto nelle aree urbane (fig. 9). La spiegazione è insita nei differenti fattori predisponenti ed innescanti i fenomeni di sprofondamento: i sinkholes naturali sono strettamente connessi alla circolazione idrica, ai processi carsici e ai fenomeni di erosione meccanica dei terreni (NISIO, 2003); i sinkholes antropogenici sono dovuti alla manipolazione del territorio da parte dell'uomo.

4. - CONCLUSIONI

Voragini, provocate dal crollo di cavità antropiche presenti nel sottosuolo di molte aree urbane laziali, provocano e hanno da sempre provocato danni alle infrastrutture, al patrimonio edilizio.

Negli ultimi dieci anni si è assistito ad un aumento della frequenza dei casi di sprofondamento nelle grandi aree metropolitane ne sono esempio i casi di Roma.

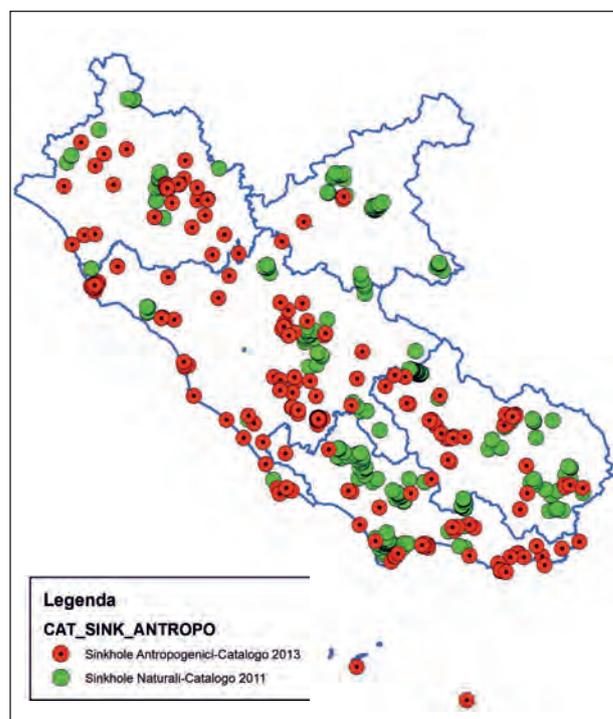


Fig. 9 – Confronto tra la distribuzione spaziale dei Sinkhole naturali ed antropogenici.
 - Comparison of the spatial distribution of natural and anthropogenic Sinkhole.

Tali eventi di sprofondamento risultano di norma connessi alla presenza di una rete caveale o a dilavamenti dei riperti superficiali dovuti al mal-funzionamento della rete fognaria.

Tuttavia, le cavità sotterranee sono state realizzate non solo nelle grandi città ma anche nei piccoli centri urbani.

L'estrazione di rocce piroclastiche per l'edilizia è diffusa soprattutto nel Lazio settentrionale (VT) e nella provincia di Roma; così come l'estrazione di inerti per i calcestruzzi, di sabbie e ghiaie per vari usi è frequente in tutte le provincie laziali e nella fascia costiera.

Inoltre intricata rete caveale è stata realizzata al di sotto di molti centri abitati delle aree collinari e montuose per la realizzazione di cisterne, serbatoi e cunicoli idraulici.

Non meno diffusa è risultata nel Lazio la pratica antica di realizzare grotte utilizzate dapprima come rifugi di pastori e bestiame e, successivamente, come cantine e depositi, tale pratica è frequente nella provincia di Frosinone e di Rieti.

Le reti caveali nei piccoli centri urbani non sono così estese come quelle delle grandi aree metropolitane (Roma, Napoli), che costituiscono a volte città sotterranee sotto le città, ma anche di queste, nonostante le dimensioni ridotte, si è persa memoria.

Alle voragini di natura antropogenica si aggiungono sprofondamenti connessi a fenomeni naturali di dissoluzione carsica particolarmente spinti in formazioni litologiche carbonatiche della fascia appenninica (Monti Lepini ed Ausoni, dorsale di Monte Cairo) che hanno determinato non poche preoccupazioni tra la popolazione per i tremori ed i boati provocati.

I database realizzati a livello nazionale sinora in Italia riguardano i fenomeni naturali (ISPRA, resp. Dott.ssa Nisio e Regione Lazio), i database dei fenomeni antropogenici riguardano le grandi aree metropolitane, (database Sprofondamenti centri urbani ISPRA) e in ogni caso risultano inadeguati per la effettiva realtà del fenomeno laziale.

Si è pensato di procedere all'integrazione degli sprofondamenti nei centri urbani del Lazio, costituendo il primo catalogo regionale dei piccoli centri urbani. Il catalogo è ancora in progress. Le cause dei sinkholes sinora censiti sono strettamente legate alla manipolazione del territorio da parte dell'uomo: cave in sotterraneo, reti di servizi, soprattutto idriche e fognarie, cause minori. La ricerca è stata effettuata consultando principalmente i periodici locali presenti nella rete per le 5 provincie del Lazio.

La distribuzione spazio temporale del fenomeno è stata messa in relazione alla geologia ed alla diffusione della rete informativa.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (1957-2013) – *Testate giornalistiche a carattere regionale, provinciale e locale*. Siti Web.
- APAT (2004a) - *Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio*. Atti I Convegno internazionale, Roma 20-21 maggio 2004.
- APAT (2004b) – *Database nazionale sinkhole – versione 2004*. File in formato elettronico. Sito: <http://sgi2.isprambiente.it/sinkhole/default.htm>.
- ALBANESE G., CAPELLI G., FEDERICO P., SALVATI R., STORONI S., ZALAFFI M. (2004) - *I fenomeni di sinkhole come elemento di rischio lungo le grandi arterie stradali*, Atti del 1° Seminario "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, 25-36.
- BASSO N., CIOTOLI G., FINOIA M.G., GUARINO P.M., MIRAGLINO P. & NISIO S. (2013) - *Gli sprofondamenti nella città di Napoli*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **93**, 73-104.
- BERNABINI M., ESU F., MARTINETTI S. & RIBACCHI R. (1966) – *On the stability of the pillars in a underground quarry worked through soft pyroclastic rocks*. Proc. I Int. Cong. Rock Mech., pp. 285-291.
- BOTTACCHIARI B. (2013) - *Gli ipogei di Loiano*. I Quaderni di Gallese, Museo di Gallese e Centro Culturale "Marco Scacchi".
- 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. (2008) - *A review of natural sinkhole phenomena in Italian plain areas*. Journal of Natural Hazard, 45, 145- 172, DOI 10.1007/s, 11069-007-9165-7.
- CATALANO G., LIPERI L., MELONI F., NOTARMUZI M.C., SATTALINI O., SERICOLA A., TOCCACIELI M., TONELLI V. & ZIZZARI P. (2011) - *Studi sul fenomeno sinkhole nella Regione Lazio*. Atti del Convegno: "Studi ed interventi per il risanamento delle cavità antropiche e naturali. aspetti geologici, geotecnici e sismici", SIGEA – Sez. Puglia, Altamura (BA), 9 dic., 2010.
- CATENACCI V. (1992) – *Il dissesto geologico e geambientale in Italia dal dopoguerra al 1990*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **47**.
- CIOTOLI G., FINOIA M.G., LIPERI L., MELONI F., NISIO S., TONELLI V. & ZIZZARI P. (2012) - *Mappa di Suscettibilità ai sinkholes nel Lazio e le aree a rischio*. 13° Conferenza italiana utenti Esri, Roma 18-19 aprile 2012.
- 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., FINOIA M.G., LIPERI L., MELONI F., NISIO S., TONELLI V. & ZIZZARI P. (2015) - *Sinkhole susceptibility map of the Lazio Region, central Italy*. Journal of Maps 1/2015.
- CIOTOLI G., NISIO S., SERAFINI R. (2015) – *Analisi della suscettibilità ai sinkholes antropogenici nel centro urbano di Roma: analisi previsionale*. In questo volume.
- CORAZZA A. (2004) – *Il rischio di fenomeni di sprofondamento in Italia: le attività del Dipartimento della Protezione Civile*. Atti 1° Seminario: "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, 319-330.
- CORAZZA A., MAZZA R., BERTUCCIOLI P. & PUTRINO P. (2002) – *Il Progetto "Cavità" – analisi del rischio dovuto a cavità sotterranee*. Atti dei Convegni Lincei, 19 Giornata dell'Ambiente: "Il dissesto idrogeologico. Inventario e prospettive", Roma 5 giugno 2001, 355-363.

- CRESCENZI R., PIRO M. & VALLESI L. (1995) - *Le cavità sotterranee a Roma*. In: *La geologia di Roma: il centro storico*, Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **50**, 249-278.
- D'ANIELLO V. (2012) - *Il rischio Sinkhole: gli sprofondamenti di natura antropica nel centro storico di Velletri (RM)*. Atti 16a Conferenza Nazionale ASITA - Fiera di Vicenza 6-9 novembre 2012, pp. 515-522.
- FIGLIORE A. & LANZINI M. (2007) - *Problematiche di valutazione del rischio di crollo di cavità sotterranee*. GEOLOGI & TERRITORIO, 4-2006/1-2007, 35-45.
- GUZZETTI F., CARDINALI M. & REICHENBACH P. (1994) - *The AVI Project: A Bibliographical and Archive Inventory of Landslides and Floods in Italy*. Environmental Management, **18**: 4, 623-633.
- ISPRA (2010 a) - *Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato*. Atti 2° Workshop internazionale sui sinkholes, Roma 3-4 dicembre 2009, ISPRA, 13-28.
- ISPRA (2010 b) - *Database nazionale sinkhole*. Catalogo in formato elettronico <http://sg2.isprambiente.it/sinkhole/>. Sito web ISPRA.
- ISPRA (2014) - *Voragini in Italia. I sinkholes e le cavità sotterranee: ricerca storica, metodi di studio e d'intervento*. Atti 3° Workshop internazionale sui sinkholes, Roma 8 maggio 2014.
- LANZINI M., DI GIROLAMO M., LIPERI L., MELONI F., ZIZZARI P., MENICHELLI R. & GUALDI M. (2010) - *Studi geologici ed indagini geognostiche per la valutazione del rischio sinkholes, per il progetto di raddoppio della linea ferroviaria Roma-Pescara (tratto Lunghezza-Guidonia)*. Atti 2° Workshop internazionale: "I Sinkholes. Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato", Roma 3-4 dicembre 2009, 777-792.
- LIPERI L., MELONI F., TONELLI V. & ZIZZARI P. (2010) - *Catalogo in Progress dei Sinkhole del Lazio. Revisione ed implementazione del catalogo - Approccio ecosistemico per la valorizzazione dei siti - Normativa e pianificazione territoriale*. Atti 2° Workshop internazionale: "I Sinkholes. Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato". Roma 3-4 dicembre 2009, 315-328.
- MAZZA R., CAPELLI G. & LANZINI M. (2008) - *Rischio di crollo di cavità nel territorio del VI Municipio del Comune di Roma*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **80** (2), *La geologia di Roma. Dal Centro Storico alla periferia*, 149-170.
- MELONI F. (2010) - *Terremoti e sprofondamenti - similitudine dei percorsi di ricerca storica, tra casi di sostituzione, effetti nel suolo e liquefazioni*. Atti 2° Workshop internazionale: "I Sinkholes. Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato", Roma 3-4 dicembre 2009, 97-112.
- MELONI F., NISIO S., LIPERI L., TONELLI V. & ZIZZARI P. (2011 A) - *The unified regional catalog of Latium sinkholes and risk areas*. Geoitalia 2011, 8 Forum italiano di Scienze della Terra, Torino 19-23 settembre 2011, Epitome, **4**, sess. C3-4.
- MELONI F., CATALANO G., LIPERI L., NOTARMUZI M.C., SERICOLA A. & ZIZZARI P. (2011 B) - *The Vallecorsa sinkholes (Fr, Latium) between history and current events*. Geoitalia 2011, 8 Forum Italiano di Scienze della Terra, Torino 19-23 settembre 2011, Epitome, **4**, sess. C-13.
- MELONI F., NISIO S., CIOTOLI G., LIPERI L., TONELLI V. & ZIZZARI P. (2012) - *I Sinkholes nella Regione Lazio - Catalogo 2011-su carta geologica informatizzata della Regione Lazio (2012)*. Regione Lazio - Ass. Ambiente e sviluppo sostenibile - Area Difesa del Suolo e Concessioni demaniali. Stampa.
- MELONI F., NISIO S., LIPERI L., TONELLI V. & ZIZZARI P. (2013 A) - *Il Catalogo unificato dei sinkholes della regione Lazio*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **93**, 321-354.
- MELONI F., NISIO S., LIPERI L., TONELLI V., ZIZZARI P. & CIOTOLI G. (2013 B) - *Carta dei sinkholes della Regione Lazio*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **93**.
- MELONI F., CATALANO G., LIPERI L., NOTARMUZI M.C., SERICOLA A. & ZIZZARI P. (2013 C) - *I sinkholes di Vallecorsa tra storia e attualità*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **93** (2013), pp.299-320, figg 26, tabb. 2.
- MIELE P. (2010) - *Riconoscimento e censimento delle forme di sprofondamento catastrofico in ambiente carsico - area dei M.ti Aurunci occidentali. Lazio meridionale. Compilazione di un database*. Atti 2° Workshop internazionale: "I Sinkholes. Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato", Roma 3-4 dicembre 2009, 595-608.
- NISIO S. (2003) - *I fenomeni di sprofondamento: stato delle conoscenze ed alcuni esempi in Italia Centrale*. Il Quaternario, **16** (1) 2003, 121-132.
- NISIO S. (2008 a) - *I fenomeni naturali di sinkhole nelle aree di pianura italiane*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **85**, 475 pp.
- NISIO S. (2008 b) - *I Sinkholes nel Lazio*. In: NISIO 2008a, Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **85**, 33-148.
- NISIO S. (2010 a) - *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 b) - *Fenomeni di sprofondamento nell'ambiente urbano*. 4° Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, ISPRA, 81-94.
- NISIO S. (2010 c) - *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*. 7° Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, ISPRA.
- NISIO S. (2012) - *Fenomeni di sprofondamento in alcuni centri urbani*. 8° Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, ISPRA.
- NISIO S. (2013) - *Fenomeni di sprofondamento in alcuni centri urbani*. 9° Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, ISPRA.
- NISIO S., CARAMANNA G. & CIOTOLI G. (2007) - *Sinkholes hazard in Italy: first results on the inventory and analysis of some case studies*. In: PARISE & GUNN (Eds.), *Natural and Anthropogenic Hazards in Karst areas: Recognition, Analysis and Mitigation*, Geological Society, London, Special Publications, 279, 23-45.
- PRIGIOBBE V., SUCCHIARELLI C. & GIULIANELLI M. (2005) - *Valutazione dello stato strutturale di reti fognarie urbane mediante quantificazione delle esfiltrazioni ed infiltrazioni*. In: Atti dei Convegni Lincei (Convegno Ecosistema Roma, Roma, 14-16 aprile 2004), pag. 345 - 358, Bardi Editore, Roma.
- SANTORO V.M. & FEDERICI V. (1999) - *Studi e indagini di un sistema di cavità sul Colle Aventino (Roma)*. In: Atti del Convegno: "Le cavità sotterranee nell'area urbana di Roma e nella Provincia. Problemi di pericolosità e gestione", Provincia di Roma e Società Italiana di Geologia Ambientale, pag. 39-72, Roma.
- SANTORO V.M. & FEDERICI V. (2002) - *Studio del sistema di cavità nella zona di via Giosafat, sul colle Aventino a Roma: valutazione del rischio potenziale e scelta degli interventi di consolidamento per il ripristino della viabilità*. In: Atti del 21° Convegno Nazionale di Geotecnica, A.G.I., l'Aquila, pp. 595 - 602.
- SCIOTTI M. (1982) - *Engineering Geological Problems Due to Old Underground Quarries in the Urban Area of Rome* - Proc. 4° Int. Congress I.A.E.G., New Delhi.
- SIGEA - PROVINCIA DI ROMA (1999) - *Le cavità sotterranee nell'area urbana di Roma e della Provincia. Problemi di pericolosità e gestione*. Atti Convegno, 12 marzo, 1999.
- VENTRIGLIA U. (1971) - *La geologia della città di Roma*. Bardi (Ed.).
- VENTRIGLIA U. (2002) - *Geologia del territorio del Comune di Roma*. Editore Cerbone, Napoli.