

FENOMENI DIFFUSI DI SINKHOLES NELLA PIANURA DEL FIUME CORNIA SOGGETTA A SUBSIDENZA

SBRILLI LUCA*

*Libero Professionista - consulente del Circondario Val di Cornia – Piombino (LI)

PREMESSA

La pianura del Fiume Cornia è ubicata lungo la costa centro meridionale della Toscana, in adiacenza alla città di Piombino. Trattasi di una pianura alluvionale costiera che fino agli anni '30 manteneva tutti quei tratti caratteristici della Maremma toscana costituiti da un sistema articolato di aree palustri più o meno vaste. Da un punto di vista amministrativo la pianura, oltre al Comune di Piombino, interessa anche i Comuni di Campiglia Marittima e Suvereto. Dagli anni '50 in Val di Cornia sono in continua crescita i consumi di acqua in relazione al grande sviluppo del polo siderurgico piombinese ed alla accresciuta domanda della stessa risorsa sia dal comparto civile che da quello agricolo-domestico. Da circa un ventennio oramai si assiste ad un sovrasfruttamento della falda, con gli emungimenti che risultano sempre superiori a quella che è la ricarica naturale del bacino idrogeologico locale, determinando un abbassamento diffuso del livello piezometrico in tutta la pianura. Tale abbassamento è dovuto alla coalescenza di ampi coni di depressione formati laddove sono ubicati i maggiori campi di emungimento della risorsa. Il deficit idrico, insistendo all'interno di un sistema idrogeologico costituito da alternanze di orizzonti ghiaiosi ed argillosi di notevole spessore, ha determinato un fenomeno di subsidenza molto pronunciata, che sta provocando notevoli dissesti sulle abitazioni sparse per l'intera pianura. Un ulteriore fenomeno di dissesto idrogeologico causato dal forte depauperamento delle falde sotterranee più superficiali, è dato dalla formazione sul terreno di veri e propri sinkholes. Obiettivo del presente lavoro è quello di testimoniare per la prima volta in questa zona il verificarsi di tali manifestazioni di dissesto e di valutarne i possibili meccanismi di formazione e di eventuali legami con il fenomeno della subsidenza già in atto da alcuni anni nella pianura.

1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

La pianura costiera della Val di Cornia è delimitata a Nord dai monti di Campiglia M.ma, a Nord-Est dalle colline di Suvereto, ad Est dai rilievi di Riotorto e Vignale, mentre ad Ovest è delimitata dal promontorio di Piombino ed a Sud dalla costa sabbiosa del Golfo di Follonica. Il Fiume Cornia, elemento morfologico principale a carattere prevalentemente torrentizio, attraversa la pianura alluvionale omonima da NE a SO con un andamento pressoché meandriforme fino all'altezza di Venturina, per poi proseguire con un alveo artificiale a forma di spezzata fino alla foce. Da un punto di vista tettonico, la pianura della Val di Cornia è impostata su di un graben profondo circa 250 metri (stimato mediante indagini geofisiche) le cui faglie dirette principali possiedono una direzione appenninica e sono ubicate una, in corrispondenza dell'abitato di Venturina e l'altra a circa 4 Km in direzione del Golfo di Baratti. Entrambe queste faglie sono interrotte da un'ulteriore faglia con direzione antiappenninica posta a circa 3 Km dall'attuale alveo del Fiume Cornia con allineamento Ischia di Crociano (Piombino)-I Forni (Suvereto) formando un graben più profondo e con superficie più ampia. La pianura della Val di Cornia è caratterizzata da una spessa coltre di depositi alluvionali di età quaternaria, il cui spessore nella parte costiera supera i 120 metri (misura diretta relativa ad alcuni per-

forazioni). Trattasi di alternanze di orizzonti più o meno spessi di sabbie e ghiaie (acquiferi) e di argille (acquitardi). I primi sono caratterizzati da una notevole permeabilità e scarsa suscettibilità alla compressione, mentre i secondi possiedono una permeabilità molto bassa e risultano compressibili. Schematicamente, da un punto di vista idrogeologico, l'area è caratterizzata da un sistema acquifero definibile multistrato, in cui i vari orizzonti sono oramai comunicanti per il gran numero di opere di captazione diffuse in tutta la pianura (ben oltre 1000 pozzi). Tali orizzonti possiedono una acclività verso sud e trovano una comune origine a monte, in corrispondenza di un unico acquifero freatico posto alla confluenza del Fiume Cornia con la pianura vera e propria (loc. I Forni). L'attenta analisi di alcune stratigrafie che hanno raggiunto profondità considerevoli, hanno permesso la stima, su basi paleontologiche, di un tasso di subsidenza tettonica pari a 0,03 mm/anno (Bartolini et alii, 1990).



Fig. 1 - Tassi di Velocità della subsidenza "storica" simulati da modello (Sbrilli, 1992)

2. IL BILANCIO IDRICO

Ogni anno, nel sistema idrogeologico sopra descritto, si stima un quantitativo di acqua in entrata variabile in funzione degli apporti pluviometrici intorno ai 36 milioni di mc/anno. Per quanto riguarda lo sfruttamento delle risorse idriche è possibile quantificare con dati abbastanza certi i consumi idropotabili che risultano in media tra il 1999 ed il 2002 pari a 11,6 milioni di mc/anno, mentre il comparto industriale per lo stesso intervallo temporale contribuisce per 11,5 milioni di mc/anno. Di difficile stima risulta il contributo allo sfruttamento della risorsa idrica sotterranea proveniente dal comparto agricolo e domestico in quanto, oltre a non essere conosciuto il quadro completo del numero di punti di approvvigionamento, non vi sono contatori applicati alle varie utenze. Il dato relativo ai consumi del comparto irriguo-domestico pertanto ricade in un range molto variabile e ancora oggi oggetto di ampio dibattito che impone studi più mirati ma che possiamo considerare tra 12,5 e 18 milioni di mc/anno (Getas-Petrogeo Srl, 2003). Tenendo conto dei quantitativi in gioco nel bilancio sopra esposto, analizzando lo stato di fatto del costante abbassamento piezometrico della falda confinata e considerando l'intrusione del cuneo salino che a tutti gli effetti è da computarsi come un incremento di acqua nel sistema idrogeologico locale, il deficit medio annuo risulta

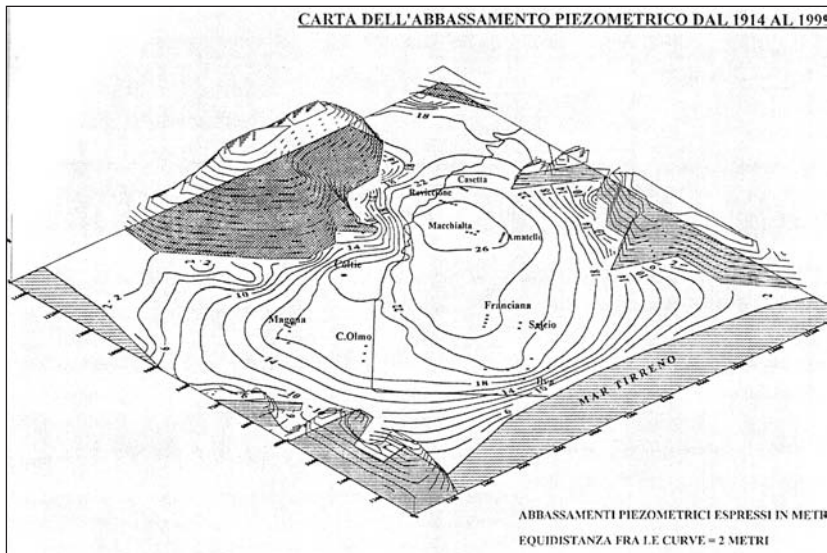


Fig. 2 - Abbassamenti piezometrici dal 1914 al 1999 da modello idrogeologico. (Getas-Petrogeo Srl (2000) per C.I.G.R.I. S.p.A.)

stimabile in 3,5 milioni di mc/anno (Getas-Petrogeo srl, 2003). Un deficit idrico di tali dimensioni determina squilibri nel sistema idrogeologico locale, tanto da provocare un fenomeno di subsidenza idrogeologica indotta. Il processo di abbassamento del suolo si è avviato oramai da anni senza alcun segno di arresto, sviluppandosi sempre più ed interessando zone sempre più vaste del territorio fino a lambire l'abitato di Venturina.

3. LA SUBSIDENZA STORICA

Fino alla metà degli anni '90 il fenomeno della subsidenza era circoscritto in una zona specifica del territorio posta a circa 1-1,5 Km dalla costa corrispondente alla coalescenza di due coni di depressione piezometrica della falda confinata corrispondenti al campo pozzi delle Acciaierie di Piombino (loc. Vignarca) e di alcuni pozzi ad uso idropotabile posti nelle vicinanze (località Salcio). Il fenomeno della subsidenza è stato misurato su alcuni caposaldi IGMI, ubicati lungo la base geodetica posta a circa 1 Km dalla linea di costa, e su altri caposaldi al contorno. Le misure effettuate in diverse campagne di livellazione dall'Istituto di Geodesia, Topografia e Fotogrammetria dell'Università di Pisa dimostrano che dal 1891 al 1957 il tasso di abbassamento del suolo risultava avere un ordine di grandezza di circa 1 mm/anno, mentre dal 1957 al 1987, il tasso di subsidenza ha raggiunto valori medi di 10 mm/anno. L'incremento, seppur diffuso per l'intera pianura, ha avuto i valori massimi in prossimità del campo pozzi delle Acciaierie (loc. Vignarca) e del vecchio campo pozzi comunale (loc. Campo all'Olmo). La causa di questo abbassamento del suolo, così come dimostrato, risiede nella presenza dei campi pozzi sopraccitati senza componenti sostanziali di contributi dovuti all'autocostipazione dei depositi palustri. Tale dimostrazione è riportata mediante l'ausilio di modelli matematici in due lavori specifici che conducono alle stesse conclusioni (Sbrilli, 1992 e Getas-Petrogeo Srl, 1995). Nella Figura 1 si riporta una planimetria con fasce di isolinee di pari velocità di abbassamento del suolo tra il 1951 ed il 1987 derivata dalla elaborazione del modello. In rosso, nella parte centrale, si osserva la zona con la massima velocità di circa 10-12 mm/anno. Da notare come a monte della Strada Statale n°1

Aurelia i tassi di abbassamento del suolo siano riconducibili ad un ordine di grandezza pari a circa 2-4 mm/anno.

4. LA SUBSIDENZA ATTUALE

A partire dal 1995 il fulcro del prelievo idropotabile è stato spostato dalla loc. Campo all'Olmo a quella di Casalpiano (ad Est di Venturina) e suddiviso in 4 aree specifiche di estrazione tutte in comunicazione tra loro da cui la denominazione di "campo pozzi Anello". Le motivazioni dell'abbandono del primo campo pozzi sono riconducibili sia alla bassa trasmissività degli orizzonti acquiferi sia ad un forte inquinamento di cloruri di origine marina (cuneo salino). Poco dopo l'avvio del nuovo campo pozzi, si sono avute le prime manifestazioni di lesioni su alcune decine di abitazioni, fenomeno questo mai evidenziato sino ad allora e che ha interessato manufatti di antica e di recente costruzione. Mediante il modello idrogeologico predisposto dal soggetto gestore della risorsa idrica (CIGRI SpA, oggi A.S.A.SpA), è stato computato un declino complessivo del carico piezometrico tra il 1914 ed il 1999 per l'intera pianura come riportato in Figura 2. Da tale elaborazione, si evince che nell'area del nuovo campo pozzi Anello, l'abbassamento della falda ha raggiunto, in questo specifico intervallo di tempo, 27 metri di contrazione, mentre la coalescenza dei grandi coni di depressione piezometrica dei principali campi pozzi presenta un declino complessivo che investe l'intera pianura con valori superiori ai 15 metri. Se teniamo conto del fatto che, specie per la zona di Casalpiano, tali abbassamenti piezometrici sono avvenuti in pochi anni, risulta realistico il risultato del modello idrogeologico; tale modello stima, per questa particolare zona, un abbassamento del suolo in funzione dell'abbassamento della falda pari a 2,5 cm/anno. Per effetto di una diversa caratterizzazione geometrica e geomeccanica dei depositi alluvionali presenti in loc. Affitti (maggiore spessore dei depositi argillosi e maggiore compressibilità), il modello simula abbassamenti pari a circa 4 cm/anno in questa specifica località.

5. IL MONITORAGGIO

I valori dei tassi di abbassamento del suolo nella zona del nuovo campo pozzi denominato "Anello" sopra riportati, sono stimati in quanto ricavati da un modello matematico, seppur opportunamente tarato, che si basa sugli abbassamenti del livello piezometrico e sulle caratteristiche geomeccaniche degli orizzonti argillosi. Manca ad oggi un sistema di monitoraggio che permetta di offrire una misura reale dell'abbassamento del suolo che sia scientificamente oggettiva. A questo proposito il Circondario della Val di Cornia con sede a Piombino ha predisposto un progetto che prevede un sistema di monitoraggio a terra su caposaldi articolato in 6 maglie e per uno sviluppo complessivo di oltre 60 Km. Il sistema trova origine da un caposaldo di riferimento posto su roccia ed ubicato a nord della pianura sulle propaggini dei colli del campigliese tra Venturina e loc. il Cafaggio. Il progetto è stato finanziato completamente dalla Regione Toscana previa analisi del Ufficio Regionale Tutela del Territorio di Livorno e realizzato dalla soc. Eurotec Pisa Srl. Per il monitoraggio sono stati misurati in piccola parte vecchi caposaldi già utilizzati in altre campagne di livellazione topografiche per altri fini e vecchi caposaldi IGMI. La maggior parte dei caposaldi sono stati installati ex-novo e ad integrazione di questi sono stati utilizzati come punti di misura oggetti fissi di strutture presenti in campagna, tra i quali anche molti punti peculiari delle opere di captazione sparse nella pianura. Nel Giugno 2003 è stato predisposto l'intero sistema di monitoraggio e la prossima campagna di livellazione topografica è prevista nel prossimo giugno 2004, quando a quella data, potremo avere la reale misura del tasso di abbassamento

annuo del suolo per l'intera pianura. La conoscenza di alcune misure altimetriche riferite a campagne topografiche pregresse hanno permesso ugualmente di avere la misura su alcuni isolati caposaldi. Tra questi risultano particolarmente significativi due caposaldi IGMI posti lungo la Strada Statale n°1 Aurelia denominati Banditelle e C. Pescinone. L'analisi dei dati permette di valutare che la loro velocità di abbassamento altimetrico medio annuo nel periodo 1951-1987 rispettivamente di 3,39 mm/anno e 1,61 mm/anno aumenta fino a valori di 11,87 mm/anno e 8,25 mm/anno nel periodo 1987-2003. Una schematizzazione di questa variazione altimetrica è osservabile nel diagramma di Figura 3. Nuove misure effettuate su due ponti sul Fiume Cornia, uno sulla Strada Statale n°1 Aurelia ed uno denominato Roviccione posto a monte del primo, forniscono tassi medi di abbassamento di circa 18 mm/anno. Considerando che i caposaldi sopra citati sono ubicati all'esterno del Campo pozzi Anello, i valori di abbassamento del suolo simulati dal modello idrogeologico di circa 2,5 cm/anno nella zona del campo pozzi, possono considerarsi molto vicini ai tassi reali di velocità del suolo, confermando di fatto la buona attendibilità del modello idrogeologico e di subsidenza del soggetto gestore.

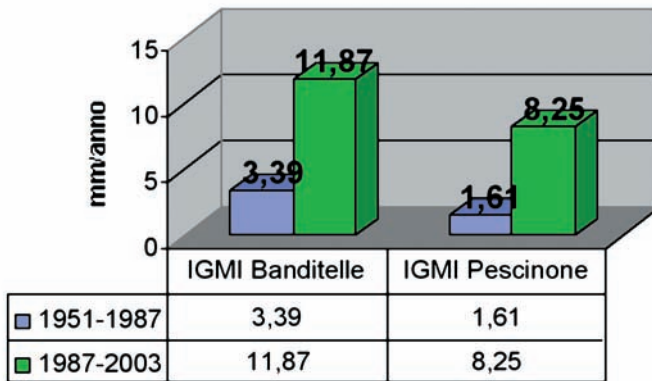


Fig. 3 - Variazione altimetrica espressa in mm/anno su due caposaldi ubicati lungo la S.S. n°1 Aurelia

6. GLI EFFETTI DELLA SUBSIDENZA

La subsidenza idrogeologica generata dagli abbassamenti piezometrici dovuti ad estrazione di acque sotterranee già nota da oltre un decennio in Val di Cornia non aveva sino alla metà degli anni '90 provocato particolari danni diffusi. Un radicale mutamento sia nella distribuzione sia nella intensità del fenomeno si è avuta in seguito alla modifica dei poli estrattivi con il passaggio dal campo pozzi di Campo all'Olmo a quello della zona più interna di Casalpiano denominato progetto "Anello". I primi casi opportunamente denunciati di lesioni su manufatti si sono infatti avuti prevalentemente intorno al 1997-1998, quasi tutti localizzati nelle adiacenze del nuovo campo pozzi "Anello" dove pochi anni dopo l'avvio degli emungimenti (1995) si sono formati grandi coni di depressione nella falda confinata. Come già riferito il modello idrogeologico predisposto dal soggetto gestore della risorsa idrica (CIGRI SpA, oggi A.S.A.SpA), ha computato un abbassamento del suolo funzione dell'abbassamento della falda pari a 2,5 cm/anno in loc. Casalpiano e in loc. Affitti abbassamenti pari a circa 4 cm/anno. L'osservazione in campagna della distribuzione delle abitazioni lesionate e la gravità delle lesioni dimostrano che le zone sopraelencate risultano effettivamente quelle più soggette al fenomeno, verificando, anche da questo punto di vista oltre che dal monitoraggio topografico, i risultati del modello. Nella Foto 1 si riporta un esempio di casolare su due piani realiz-



Foto 1 - Effetti della subsidenza indotta, lesioni su una abitazione in loc. Affitti

zato alla fine del '800, completamente ristrutturato e ubicato in loc. Affitti. Tale immobile dal 1998 è interessato da un movimento di cedimenti differenziali che hanno determinato una grave lesione di circa 4 centimetri la quale interessa l'intera parete determinando l'obbligo di abbandono dell'immobile per motivi di sicurezza. La Foto 2 rappresenta una civile abitazione in località La Bandita a rischio di evacuazione. Si notano grandi lesioni di circa 2,5-3 centimetri che interessano tre lati della stanza. Ad oggi sono state documentate 47 abitazioni soggette dalle lesioni, sia per autodenuncia che da controlli degli Enti Pubblici e del soggetto gestore della risorsa idrica, ma il numero, è da considerarsi ampiamente in difetto.



Foto 2 - Effetti della subsidenza indotta, lesioni su di una abitazione in loc. Bandita

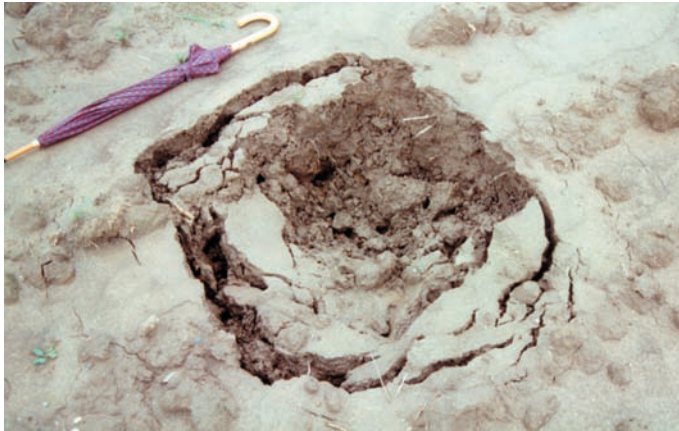


Foto 3 - Sinkhole nello stadio iniziale



Foto 4 - Sinkhole nello stadio di maturazione

7. IL FENOMENO DEI SINKHOLES

Da alcuni anni a questa parte, dalle persone che abitano nelle zone soggette a subsidenza della pianura del Fiume Cornia, è stato riferito il manifestarsi di due particolari fenomeni. Il primo relativo alla formazione nei terreni di ampie depressioni con diametri di qualche decina di metri a forma circolare e massima profondità nella zona centrale di circa 40/50 cm delle quali però non è stato possibile fornire alcuna documentazione e il secondo di veri e propri sprofondamenti del terreno (denominati "fornelli") aventi anch'essi forma circolare, con diametro variabile da circa 1-1,5 metri e profondità di circa 0,5-3 metri. Di tali fenomeni fino ad oggi non c'è stata alcuna documentazione che ne formalizzasse l'esistenza. La difficoltà principale è dovuta al fatto che nel momento in cui si creano, i proprietari dei terreni provvedono, per evidenti motivi di sicurezza, al loro tombamento con materiale terrigeno. Un costante monitoraggio dei siti ritenuti più suscettibili a sviluppare tali manifestazioni ha permesso, nell'arco di tempo Settembre 2002 - Gennaio 2004, di documentare tre siti in cui si sono formati intere famiglie di camini di collasso, mentre non è stato possibile documentare gli avvallamenti di grandi dimensioni. I sinkholes documentati, come osservabile nella Figura 4, sono stati rilevati esclusivamente in una fascia di circa 500 metri dalla sponda sinistra del Fiume Cornia. Nei tre siti investigati è stato possibile individuare due tipologie di sinkhole aventi forme e dimensioni leggermente diverse. Una tipologia, documentata nell'intero sviluppo evolutivo, possiede forma circolare con diametro variabile da 0,5 a 1,5 metri che può raggiungere la profondità di circa 3 metri con uno sviluppo morfologico in profondità a forma tubolare (Foto 3 e 4). Altre tipologie morfologiche di sinkholes possiedono una forma sub-circolare, talvolta ellittica ed in alcuni casi formata dalla coalescenza di due o più camini a forma circolare. Le dimensioni dei diametri maggiori sono variabili dai 2 ai 3 metri e la profondità di aggira intorno ad 1-1,5 metri. Nelle Foto 5 e 6 si riportano alcuni esempi di questa tipologia di camini di collasso. La mancanza di informazioni dettagliate relativamente a stratigrafie e parametri geotecnici specifici delle aree caratterizzate dalla presenza dei sinkholes, non permettono una dimostrazione scientificamente precisa del fenomeno. La conoscenza di un'articolazione idrogeologica locale di massima dalla quale risulta la presenza dal piano di campagna fino alla profondità di circa 10 metri di un orizzonte caratterizzato prevalentemente da argille limose alternato da limi sabbiosi e di un primo orizzonte sabbioso-ghiaioso tra 10 a 12 metri sede della prima falda confinata fortemente depressurizzata da parte degli emungimenti, lascia ipotizzare che da questo primo acquifero possano avere origine forti richiami di frazione fine dagli orizzonti soprastanti tali da provocare la distruzione localizzata della tessitura del deposito, fenomeno che si ripercuote in superficie mediante



Foto 5 - Sinkhole – probabile coalescenza di più camini di collasso

un collasso del terreno. Laddove visibili, i sinkholes si presentano prevalentemente in gruppo formando delle vere e proprie famiglie con distribuzione casuale e senza particolari allineamenti, a diversi stadi evolutivi e con varie dimensioni a partire da diametri di pochi centimetri.



Foto 6 - Sinkhole a forma ellittica

Conclusioni

Il presente lavoro intende fornire una testimonianza relativa al verificarsi dei sinkholes nella pianura della Val di Cornia, dei quali fino ad oggi non è mai stata data alcuna notizia e documentazione. Si tratta di un fenomeno che gli abitanti della zona hanno imparato a conoscere ormai da alcuni anni, abituandosi a convivere alle loro manifestazioni improvvise ed a valutarne la pericolosità durante la lavorazione dei terreni agricoli. I sinkholes sono entrati persino nel lessico locale con la denominazione specifica di “fornelli”. Per quello che è dato conoscere alla data odierna, non sembrano esistere collegamenti diretti tra i sinkholes documentati e la subsidenza areale indotta dagli emungimenti. I primi infatti risulterebbero manifestazioni riconducibili all'assetto idrogeologico ed alla circolazione idrica negli orizzonti superficiali mentre la seconda, come ampiamente dimostrato, è causata dalla riduzione di pressione nell'intero sistema idrogeologico della pianura, la quale comporta un processo di consolidazione in tutti gli orizzonti argil-

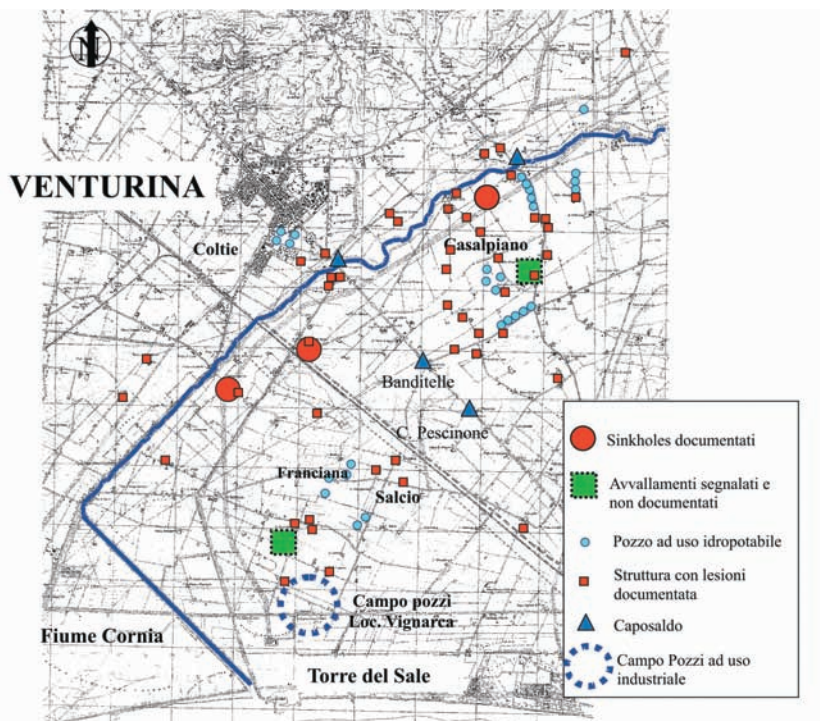


Figura 4 - Planimetria con l'ubicazione delle aree dove sono stati documentati i sinkholes ed i manufatti lesionati

losi del complesso dei depositi alluvionali, il cui effetto è osservabile in superficie con un diffuso abbassamento del suolo. In conseguenza a quanto sopra si può escludere qualunque collegamento tra i sinkholes e le lesioni create sui manufatti, ma il loro sviluppo, osservato nelle vicinanze di abitazioni o particolari strutture come i piloni di tralici ad alta tensione presenti in gran numero nel medesimo lato del Fiume Cornia, impone un doveroso monitoraggio del fenomeno. I camini di collasso sono quindi un ulteriore elemento di criticità conseguente all'uso non razionale e non sostenibile della risorsa idrica dell'intera Val di Cornia, che va ad aggiungersi ad altri già presenti, quali l'intrusione del cuneo salino e quindi l'incremento della concentrazione di Cloruri nelle acque sotterranee, lo sfruttamento di acque profonde ad alta concentrazione di Boro e agli effetti diretti del fenomeno della subsidenza idrogeologica indotta che determina gravi lesioni su molte strutture abitative della zona. Il presente lavoro evidenzia pertanto la necessità di studiare in maniera più approfondita da un punto di vista geologico, idrogeologico e geomeccanico i terreni interessati dai sinkholes documentati, per verificarne nello specifico i meccanismi che determinano la loro formazione al fine di ricercare quelle porzioni di territorio che possono risultare più suscettibili del loro sviluppo.

BIBLIOGRAFIA

- BARRY F. BECK (1984) – "Sinkholes: their geology, engineering and environmental impact". Proceedings of the first multidisciplinary conference on sinkholes and environmental impacts of karst – Orlando/Florida/ 15-17 October 1984
- BARRY F. BECK & WILLIAM L. WILSON (1987) – "Karst hydrogeology: engineering and envi-

ronmental applications” . Proceedings of the second multidisciplinary conference on sinkholes and environmental impacts of karst – Orlando/Florida/ 9-11 February 1987

BARTOLINI C., PALLA B., PRANZINI E. (1990) – “Studi di geomorfologia costiera: il ruolo della subsidenza nell’erosione litoranea della pianura del Fiume Cornia”. Boll. Soc. Geol. It. 108 (1989), 635-647.

COMITATO CASE LESIONATE – VENTURINA (LI) (2002) – Correlazioni tra emungimenti di falda e lesioni strutturali su alcuni manufatti della pianura del Fiume Cornia. Inedito

EUROTEC PISA S.r.l. (2003) – Controllo dei movimenti altimetrici su capisaldi in Val di Cornia. Inedito

FOCARDI P, SBRILLI L., PIZZI G. (1992) – Fenomeni di subsidenza nella pianura del fiume Cornia, conseguenti all’emungimento di acque sotterranee. Geologia Tecnica & Ambientale (n° 4/1992), p 15-28.

GETAS-PETROGEO Srl (1999) – Indagine sulle lesioni dei fabbricati nell’area di Casalpiano – Rapporto geologico-tecnico per CIGRI –Venturina (LI).

GETAS-PETROGEO Srl (2000) – “Modello idrogeologico e geotecnico per lo studio della subsidenza nella pianura del Cornia” – Atti del Convegno “Incontri di studio sul rischio idrogeologico: la subsidenza. 25.05.00 Venturina (LI)

GETAS-PETROGEO Srl (2003) - Studio conoscitivo del contesto idrogeologico della Val di Cornia di supporto alla pianificazione in materia di risorsa idrica e di tutela delle acque” - Relazione Finale

REGIONE TOSCANA (2002) - “Le voragini catastrofiche, un nuovo problema per la Toscana”.

SBRILLI L. (1992) – “Il fenomeno della subsidenza nella pianura del fiume Cornia”. Tesi di laurea inedita Università di Firenze.

