



Ministero dell'Ambiente e della tutela
del Territorio e del Mare
Direzione Generale per la Difesa Suolo



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



Provincia di Cagliari



Comune di Capoterra

Allegato alla Delibera n. 21/19 del 5 maggio 2009

AlluvioneCapoterra



Studio ricognitivo dell'evento alluvione del 22.10.2008 nel Comune di Capoterra

GRUPPO DI LAVORO

DIREZIONE GENERALE DELLA PIANIFICAZIONE URBANISTICA

Paola Cannas, Giuseppe Biggio, Alessandro Cogoni, Andrea Gessa, Rita Picasso, Marco Zaccheddu, Manuela Matta, Paola Signorile

DIREZIONE GENERALE DEGLI ENTI LOCALI

DIREZIONE GENERALE DEI LAVORI PUBBLICI

Edoardo Balzarini, Maria Cristina Melis, Rossana Manca, Giovanni Puligheddu

GENIO CIVILE DI CAGLIARI

Sergio Virgilio Cocciu, Giambattista Novella

DIREZIONE GENERALE AGENZIA REGIONALE DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DELLA SARDEGNA

Roberto Silvano, Corrado Sechi, Michela Olivari

DIREZIONE GENERALE DIFESA DELL'AMBIENTE

Alessandro De Martini, Antonino Liori, Gabriella Mulas, Andrea Abis, Mario Lorrari, Franca Leuzzi, Agnese Marcus

PROTEZIONE CIVILE

Giorgio Onorato Cicalò

CFVA (CORPO FORESTALE DI VIGILANZA AMBIENTALE)

Giuseppe Delogu, Giovanni Monaci, Marcello Cannas, Giovanna Lampreu, Carlo Masnata, Giovanni Pani.

ENAS (Ente Acque della Sardegna)

Sergio Vacca, Maria Antonietta Dessena, Maria Rita Lai, Siro Pillosu

ARPAS (Agenzia Regionale Protezione Ambiente Sardegna)

Carla Testa, Giuseppe Bianco, Carlo Dessy

PROVINCIA DI CAGLIARI

COMUNE DI CAPOTERRA

UNIVERSITÀ DI CAGLIARI

Giovanni Maria Sechi, Andrea Saba, Saverio Liberatore.

MINISTERO DELL'AMBIENTE DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

Gruppo SPAC (Sportello per la Pianificazione e Assistenza ai Comuni)

Giovanni Calleda, Mauro Congiu, Nella Franca Crobu, Andrea La Fauci, Stefano Loddo, Maria Teresa Melis, Noemi Meloni, Silvia Olla, Alessia Onnis, Daniela Pani, Vincenzo Pilloni, Loredana Poddie, Manuela Porceddu, Sara Pusceddu, Giuseppe Scarpa, Annarita Serra, Matteo Tatti, Nevio Usai.

COLLABORAZIONE

Angelo Pani, giornalista

INDICE

Premessa

1. INQUADRAMENTO DELL' AREA INTERESSATA.....	3
1.1 Analisi fisiografica	3
1.2 Stato dei corpi idrici	11
1.3 Fenomeni di predisposizione al dissesto del bacino del Rio San Gerolamo	18
1.4 L'evoluzione dell'urbanizzazione e delle infrastrutture viarie	20
2 STORICITÀ DEL FENOMENO ALLUVIONE.....	28
2.1 Cronistoria	28
2.2 L'evento alluvione del 1999	33
3 Il PAI.....	34
4 L'EVENTO DEL 22 OTTOBRE 2008	36
4.1 Analisi metereologica	36
4.2 L'evento	37
4.3 Analisi pluviometrica	38
4.4 Il disastro	40
4.5 L'area interessata dal danno	41
4.6 L'impatto con la geomorfologia dell'area	41
4.7 La gestione dei sedimenti degli invasi	42
4.8 Il campionamento delle acque post-alluvione	43
4.9 La ricognizione del danno al territorio	46
4.10 Le prime richieste di risarcimento	48
4.11 Riepilogo dei dati principali dell'evento alluvione 22 ottobre 2008 nel bacino del Rio San Gerolamo.	50
5 GLI INTERVENTI URGENTI.....	55
5.1 Primi interventi	55
5.2 Lavori di prima messa in sicurezza dell'invaso sul Rio S. Gerolamo	55
5.3 Interventi di massima urgenza eseguiti dall'amministrazione provinciale a seguito dell'evento alluvionale del 22 ottobre 2008	58
6 LE REGOLE E I PATTI PER IL "GOVERNO DELL'EVENTO"	59
6.1 La definizione del rischio e delle precauzioni e azioni da adottarsi	59
7 STRUMENTI DI CONDIVISIONE DEI DATI	63
7.1 Spazio web	63
7.2 Acquisizione dati	63

PREMESSA

A seguito degli eventi che hanno colpito il sud della Sardegna il 22 ottobre 2008 causando 5 vittime nei territori di Capoterra e di Sestu, la Regione Autonoma della Sardegna e il Comune di Capoterra, con il supporto del Ministero dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), nelle ore immediatamente successive all'evento, hanno istituito un Gruppo di Lavoro con lo scopo di stilare un quadro della dinamica del fenomeno alluvionale, individuando le criticità che hanno pesantemente inciso sul territorio, al fine di guidare le successive scelte operative.

Nell'ambito di un uso sostenibile del territorio e tenendo presente la natura stessa dei fenomeni alluvionali che vanno "governati più che contenuti", lo studio propone una serie di interventi di mitigazione che prevedono interventi di delocalizzazione (per lasciare al fiume lo spazio che gli appartiene), interventi di forestazione (per ridare ai suoli e al territorio le caratteristiche di tenuta idrogeologica) e infine progettazione di nuove opere.

Al gruppo di lavoro hanno partecipato:

- Direzione Generale dell'Urbanistica
- Direzione Generale degli Enti Locali
- Direzione Generale dei Lavori Pubblici
 - *Genio Civile di Cagliari*
- Assessorato Difesa Dell'Ambiente
 - •CFVA (*Corpo Forestale di Vigilanza Ambientale*)
 - •Protezione Civile
- Direzione Generale dell'Agenzia del Distretto Idrografico della Sardegna
- ENAS (Ente Acque della Sardegna)
- ARPAS (Agenzia regionale protezione ambiente Sardegna)
- Provincia di Cagliari
- Comune di Capoterra
- Università di Cagliari
- Ministero dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del Mare (Gruppo SPAC- Sportello per la Pianificazione e Assistenza ai Comuni).

In questa attività, il Gruppo SPAC ha svolto una azione di supporto alle attività di analisi e interrelazione delle sintesi, e in particolare ha lavorato secondo due linee di programma:

- creazione di una banca dati e di un sistema di condivisione intranet per l'acquisizione, registrazione e controllo dei dati cartografici, aerofotogrammetrici e telerilevati disponibili al gruppo di lavoro;
- analisi conoscitive sulla configurazione geomorfologia dell'area e sull'evoluzione dell'uso del suolo e dell'urbanistica del territorio interessato e sulle modifiche dell'assetto territoriale, naturali o imposte dall'uomo, nell'area direttamente colpita dall'evento compresa nel bacino del Rio San Gerolamo.

Al fine di fornire una base di riferimento conoscitiva e metodologica utile per proporre analisi di dettaglio e come supporto a nuove scelte normative e di intervento a tutela del territorio, nelle sue componenti ambientali e umane, il gruppo di lavoro ha elaborato il presente documento.

Nel corso dei lavori sopradescritti è stato avviato un confronto con il giornalista Angelo Pani, che ha seguito l'evento raccogliendo testimonianze dirette che ha riportato ai media con l'aiuto di una interessante documentazione fotografica.

Ulteriore scopo delle attività di indagine del gruppo di lavoro di cui sopra è definire uno schema metodologico di approccio interdisciplinare per studi di prevenzione del rischio idrogeologico e dei conseguenti danni nelle ulteriori aree della Sardegna soggette a frequenti eventi meteorici analoghi.

1. INQUADRAMENTO DELL' AREA INTERESSATA

1.1 Analisi fisiografica

La prima attività è stata sviluppata per circoscrivere l'area interessata dall'evento del 22 ottobre e lo studio ha quindi interessato il bacino idrografico del Rio San Gerolamo, che si estende per 28,1 kmq nel settore meridionale del territorio di Capoterra (Figura 1). L'area è caratterizzata da un ampio settore montano coperto da boschi con pendenze elevate (Figura 2) e fenomeni di ruscellamento concentrato, nel quale sorge il villaggio di Poggio dei Pini, e dal settore di piana intensamente utilizzato dall'agricoltura e nel quale si sono concentrate le opere di urbanizzazione negli ultimi 30 anni.



Figura 1 - Area in studio: bacino idrografico del Rio San Gerolamo. Ortofoto 2006.

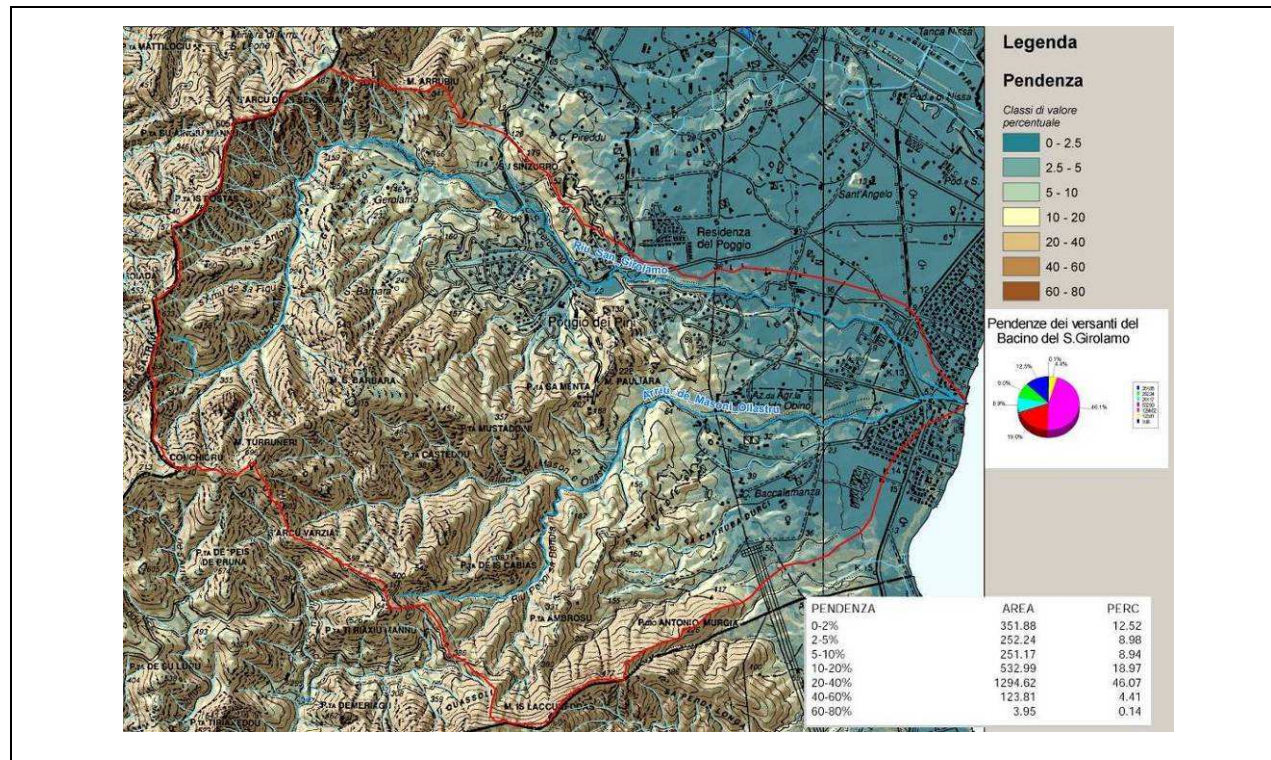


Figura 2 - Bacino del Rio San Gerolamo: analisi morfometrica preliminare. Si evidenzia che la metà del bacino è interessata da versanti con pendenze da medie a elevate

1.1.1 Lineamenti geologici e caratteristiche geomorfologiche

L'area del bacino del Rio San Gerolamo è caratterizzata dall'affioramento degli ammassi granitici dell'Unità intrusiva di Santa Barbara che risulta bordata nel settore occidentale e meridionale dal complesso metamorfico paleozoico delle Arenarie di San Vito, dalla Formazione di Pala Manna, di Masoni Porcus e di Genna Muxerru (Tavola 1). Il settore granitico, nelle sue forme di alterazione, è soggetto a fenomeni di dilavamento, per lo più incanalato, che trasporta lungo le valli i sabbioni che caratterizzano l'alveo del Rio San Gerolamo e del Rio Masoni Ollastu (Figura 3); nei settori più acclivi possono essere messi in movimento i blocchi isolati dall'alterazione che lavora principalmente nelle discontinuità tettoniche più superficiali. Nei settori di monte e pedemontani, limitate coperture detritiche possono costituire anch'esse quel materiale incoerente facilmente erodibile e trasportabile ad opera dei corsi d'acqua. La presenza di intensi fenomeni erosivi e di trasporto anche di grossi blocchi da parte dei corsi d'acqua del bacino in studio è emersa durante una prima fase di rilevamento lungo il Rio San Gerolamo; in particolare, come è mostrato nella Figura 4, l'energia erosiva delle acque durante l'evento del 22 ottobre 2008 ha messo a nudo un deposito terrazzato a grossi blocchi coperto da uno spessore di suolo di circa 60 cm. La presenza di questo deposito alluvionale indica la tipicità morfodinamica di questo bacino e la ciclicità dei fenomeni pluviometrici che si sono attuati nell'ottobre 2008.

L'analisi dell'evoluzione dell'idrografia superficiale, di cui si riporta nel dettaglio alla Tavola 2, ha messo in evidenza variazioni importanti nel reticolo idrografico, anche in seguito alla costruzione dei piccoli invasi ad uso agricolo sorti dopo gli anni '60. Di particolare interesse è anche la modifica delle foci dei corsi d'acqua principali, un tempo separate e attualmente unite in un'unica foce, come è evidente nella cartografia storica del 1897. Nella fotografia aerea del 1954 appare, invece, come il Rio San Gerolamo sia stato deviato per confluire in un'unica foce con il Rio Masoni Ollastu.



Figura 3 - I depositi alluvionali nell'alveo del Rio san Gerolamo in seguito agli eventi del 22 ottobre 2008.



Figura 4 - Alveo del Rio San Gerolamo. A destra nella fotografia si vede l'esumazione del terrazzo alluvionale di II ordine, testimone di un passato evento alluvionale simile a quello del 22 ottobre 2008.

La complessità delle dinamiche geomorfologiche, cui sono legati i fenomeni che hanno interessato il bacino del Rio San Gerolamo durante gli eventi del 22 ottobre 2008, ha fatto emergere l'esigenza di disporre di un'analisi di estremo dettaglio del contesto geologico, sedimentologico, geopedologico e geomorfologico che possa costituire una base di conoscenze per la applicazione e la eventuale nuova proposta di modelli idrogeologici.

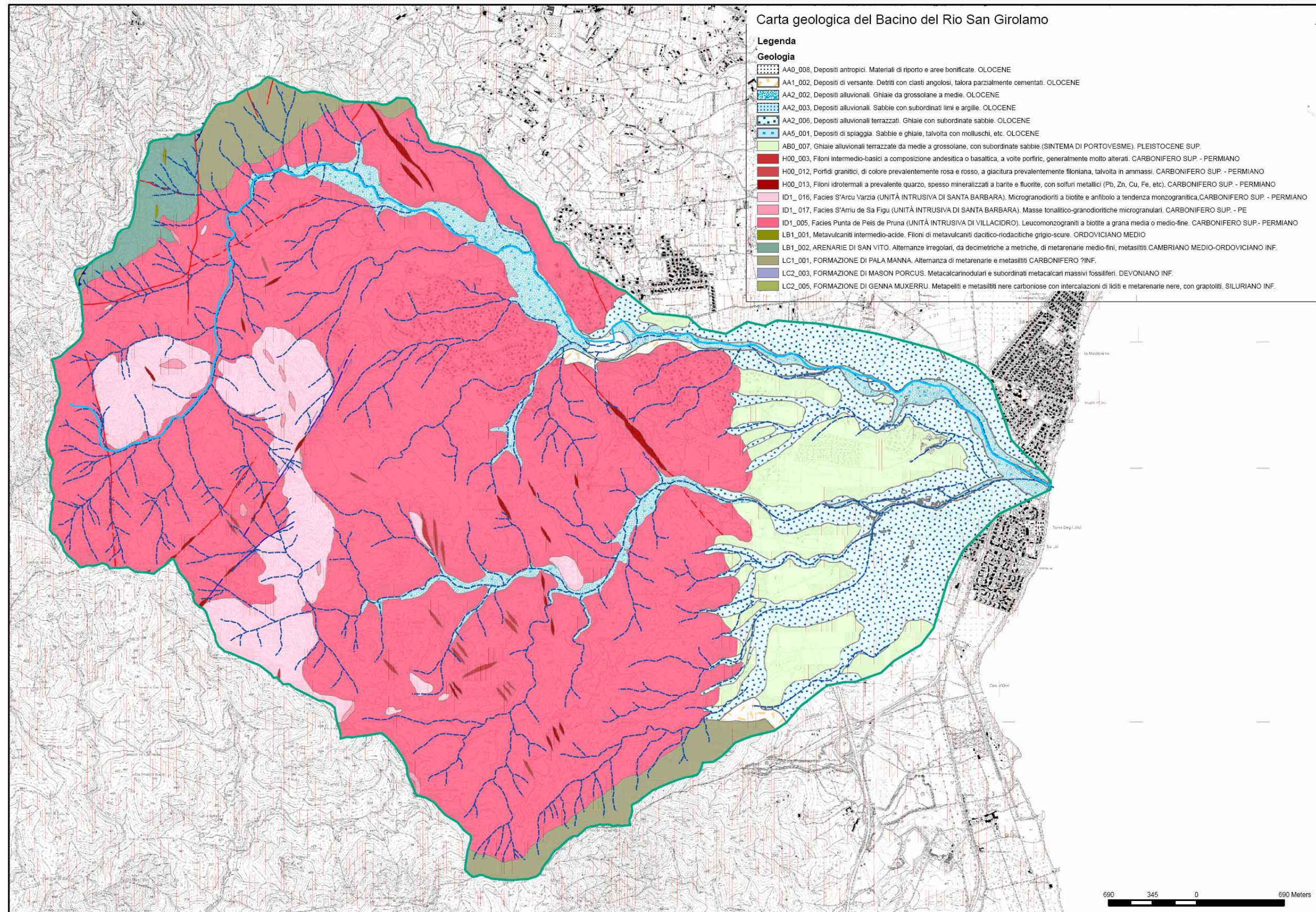
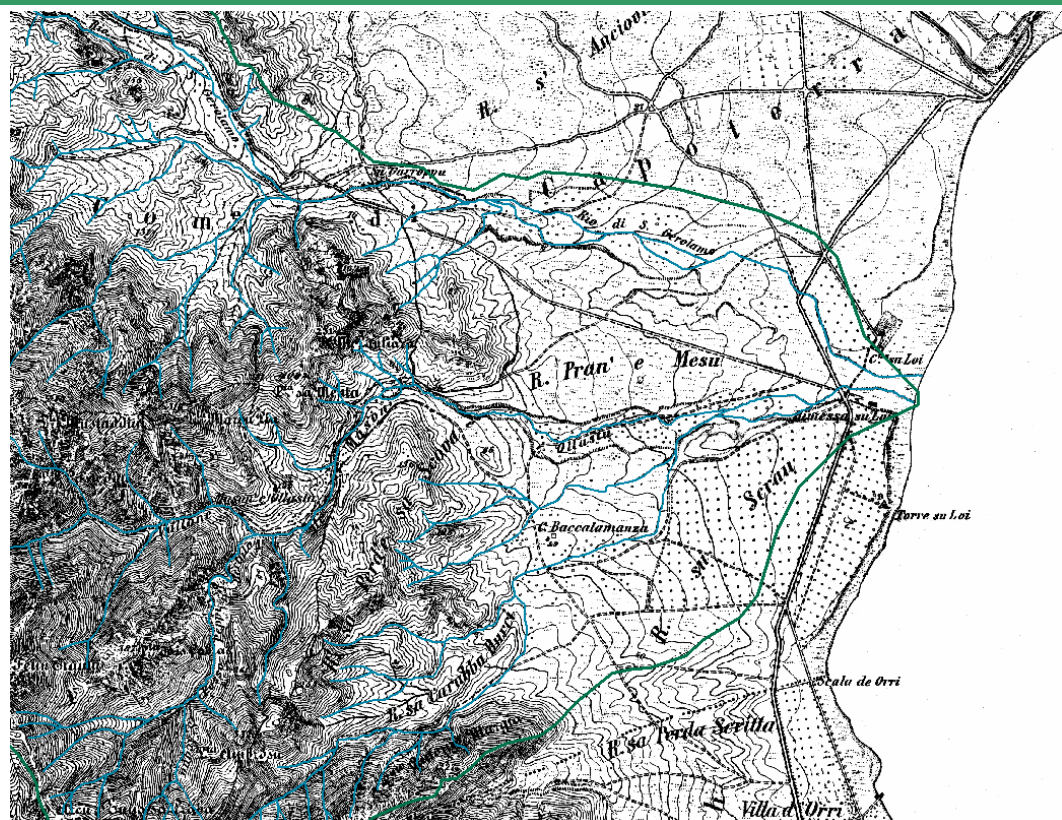


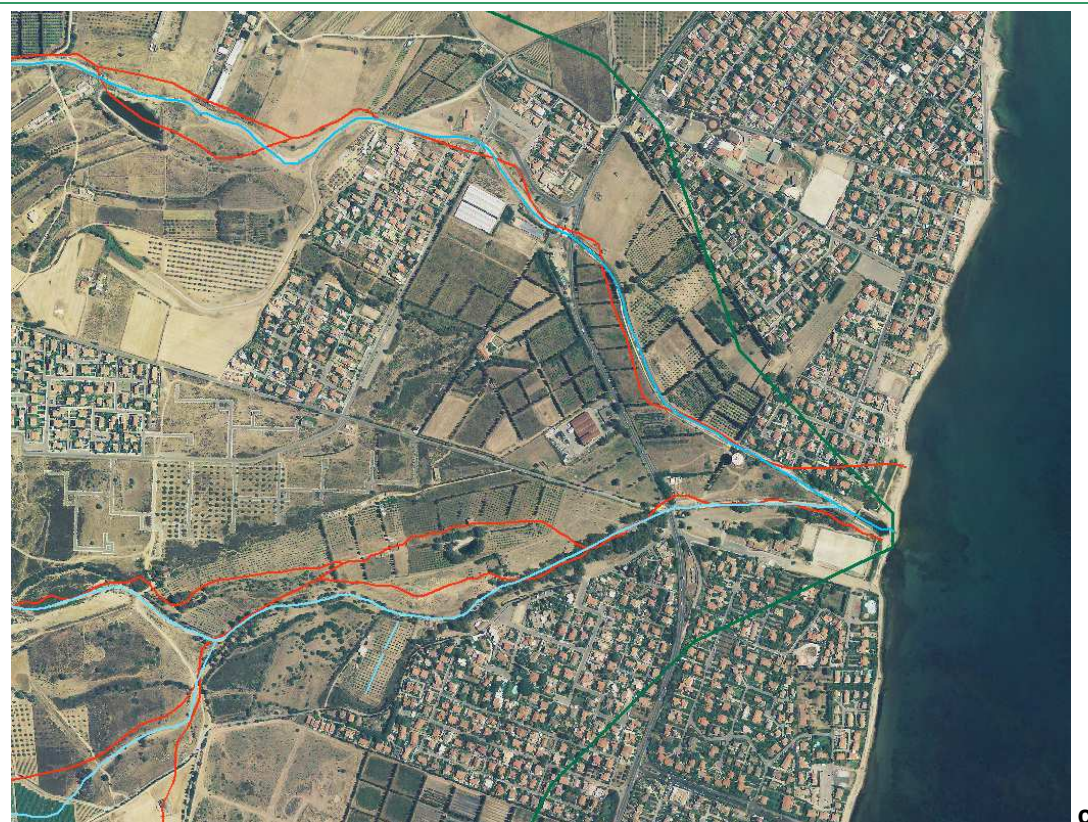
Tavola 1



Reticolo del Rio San Gerolamo e del Rio Masoni Ollastu da cartografia storica IGMI del 1897 in scala 1:25.000.



Reticolo del Rio San Gerolamo e del Rio Masoni Ollastu da cartografia storica IGMI del 1960, sovrapposto alla foto aerea del 1954 da cui è stata restituita la cartografia.



Confronto tra l'andamento attuale del reticolo del Rio San Gerolamo e del Rio Masoni Ollastu in blu, e di quello estratto dalla cartografia di fine '800, in rosso, sovrapposti all'ortofoto del 2006.

La ricostruzione dell'idrografia storica superficiale del Rio San Gerolamo e del Rio Masoni Ollastu è stata svolta analizzando la cartografia storica IGMI di fine '800 (a), del 1960 (b) e quella attuale(c).

Si è potuto constatare che l'andamento del reticolo idrografico è variato notevolmente in più tratti, in particolare nella zona a valle che risulta anche la più urbanizzata (c). Il Rio Masoni Ollastu attualmente confluisce nel Rio San Gerolamo mentre dalla cartografia di fine '800 risulta che i due corsi d'acqua arrivavano al mare con due foci separate. In particolare, si rileva che il Rio San Gerolamo sia stato deviato e rettificato in corrispondenza della lottizzazione Frutti d'oro II, area fortemente colpita dall'evento del 22 ottobre 2008.

Il settore della piana, ben visibile nelle sue componenti morfologiche nell'immagine del 1954 (Figura 5a), è caratterizzato dalla presenza delle coltri colluviali e alluvionali dei corsi d'acqua principali, terrazzate. Si tratta di depositi con componenti prevalenti ghiaiose o sabbioso limose sui quali si è sviluppata un'intensa pedogenesi che ha dato luogo a suoli di grande valore agricolo. La fotografia aerea mette in evidenza la presenza dei terrazzi alluvionali dei due corsi d'acqua principali, restituiti nella Carta topografica IGM del 1960. Questi terrazzi costituiscono l'alveo di piena del Rio San Gerolamo e del Rio Masoni Ollastu, utilizzati, al tempo della ripresa aerea, parzialmente dall'agricoltura e nei quali non esistevano insediamenti residenziali.

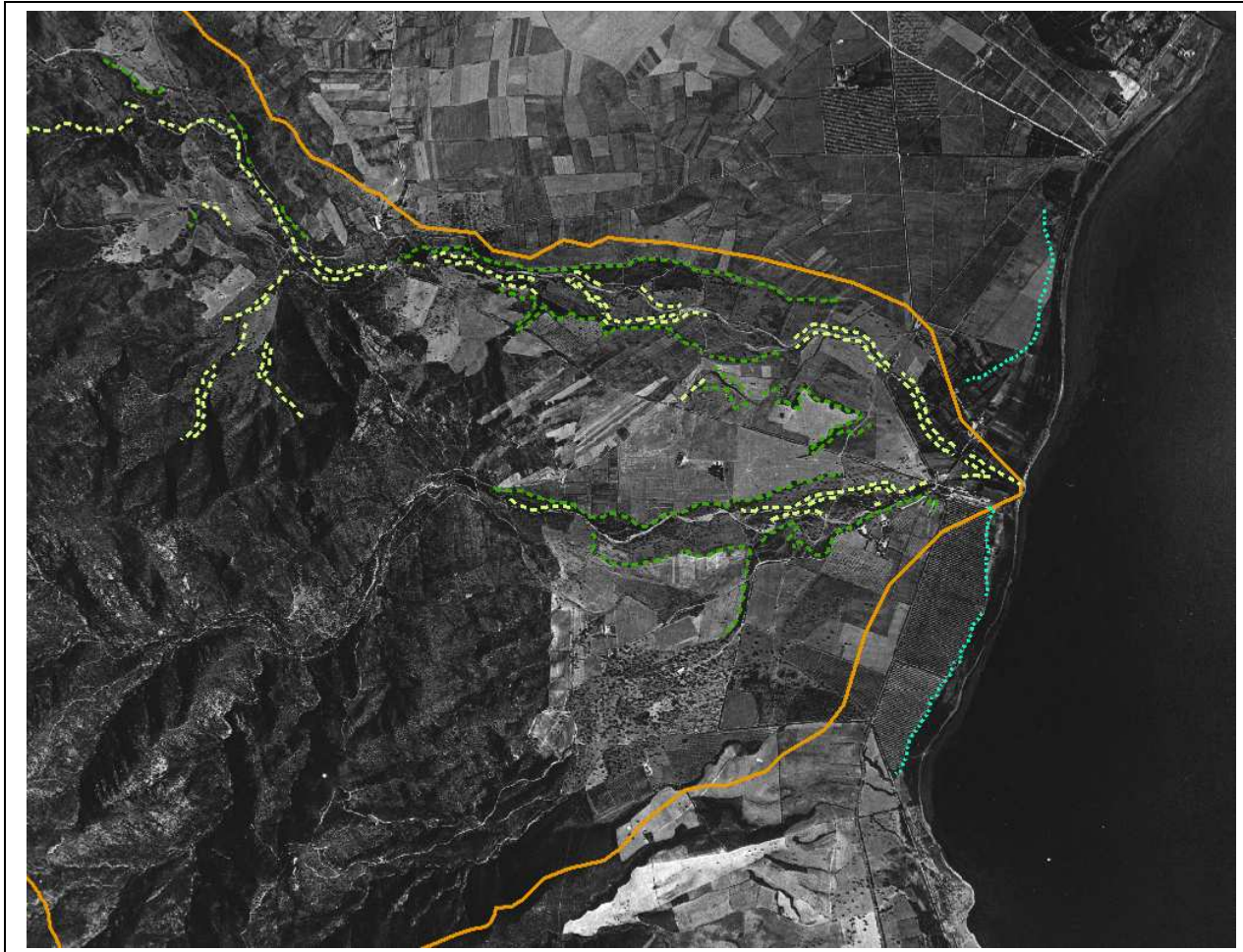


Figura 5a - Particolare del settore della piana dei rii San Gerolamo e Masoni Ollastu. L'immagine è una fotografia aerea acquisita nel 1954 in cui sono stati evidenziati i limiti dei terrazzi alluvionali dei corsi d'acqua: in verde chiaro il terrazzo di I ordine e in verde più scuro il terrazzo di II ordine, che costituisce anche il limite dell'alveo di piena. Il tratto arancio rappresenta il limite del bacino idrografico. Lungo la costa sono stati evidenziati in celeste i terrazzi marini estratti dalla cartografia storica e ora mascherati dall'edificato e dalle trasformazioni dell'area.

Dalla stessa fotografia del 1954 è stata rilevata la presenza dei terrazzi marini che segnano l'area di foce dei corsi d'acqua e che sono già presenti nella cartografia IGM del 1897. La presenza di queste forme indica una morfologia passata, precedente alle opere di deviazione degli alvei attuali e relativa all'ambiente di transizione tra la foce e il mare, sede di fenomeni di sedimentazione di materiali fini e ancora interessata da ingressione marina durante le mareggiate.

La Figura 5b riporta l'elaborazione del modello di elevazione del terreno ottenuto da dati LIDAR acquisiti con tecnica *laser scanning*. Si tratta di dati rilevati il 18 luglio 2008 nell'ambito di un progetto della Regione Sardegna di acquisizione di ortofoto ad altissima risoluzione nella fascia costiera. Il dato ha una risoluzione planimetrica di 1 metro e altimetrica di 20 cm. Queste informazioni permettono di delineare con estrema precisione la morfologia del terreno; la figura riporta il settore di confluenza dei corsi d'acqua in studio e la presenza dei terrazzi fluviali e marini. In particolare si nota come il terrazzo in alto nell'immagine, che si trova ad una quota media di 3 metri sul mare, sia quasi completamente obliterato dalle opere di urbanizzazione della costa, mentre il terrazzo meridionale, a 7 metri circa sul mare risulta ancora molto marcato.

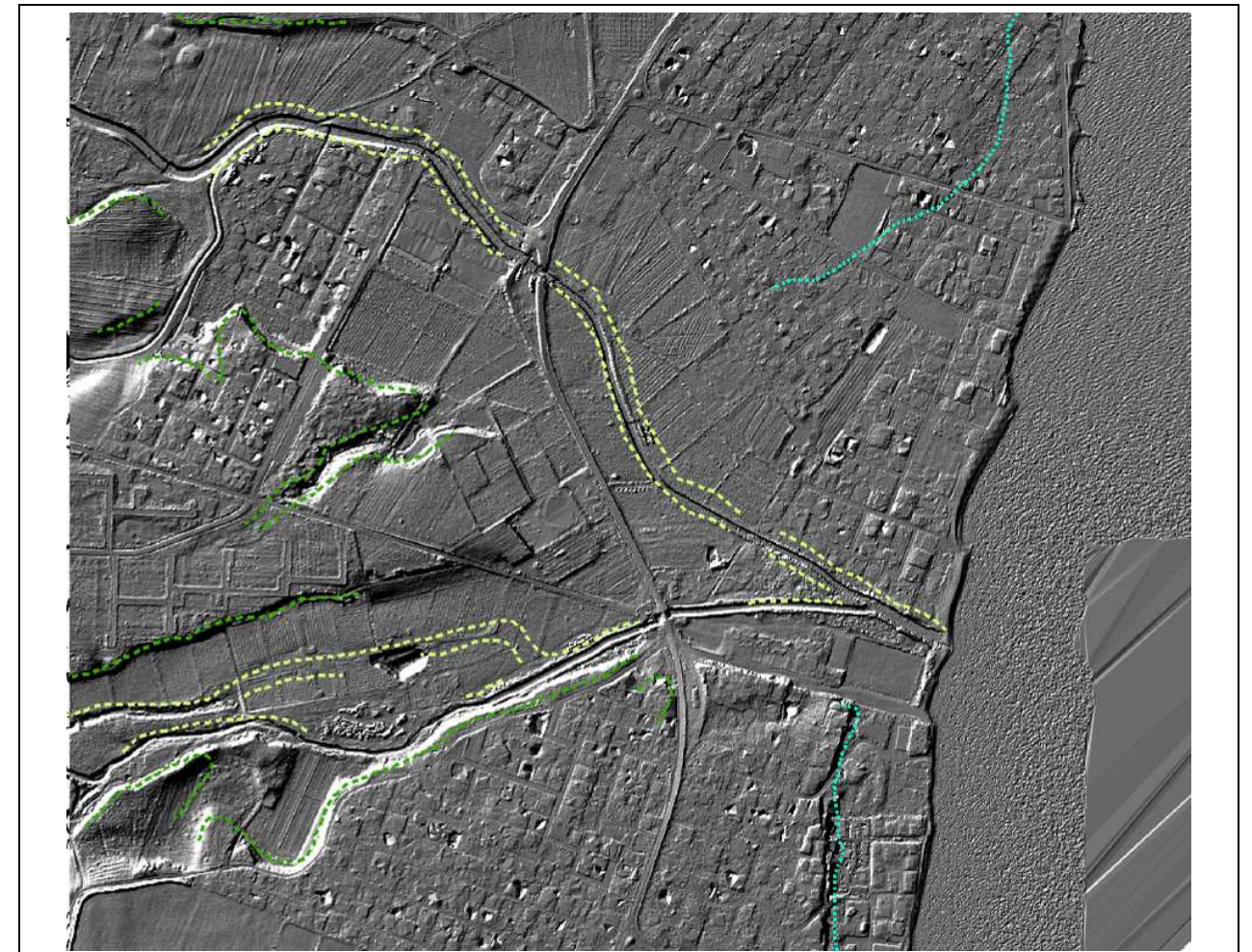


Figura 5b - Elaborazione del Modello di elevazione del terreno estratta da dati LIDAR, con l'ombreggiatura che mette in evidenza la morfologia. Sono evidenziati i terrazzi fluviali e marini descritti nel testo, che costituiscono le vie di scorrimento delle acque superficiali che arrivano dal Rio San Gerolamo e Masoni Ollastu.

1.1.2 La copertura del suolo

È stata effettuata una analisi sulle variazioni di uso del suolo avvenute tra il 1968 e il 2006 all'interno del bacino del Rio San Gerolamo. Lo scopo dell'analisi consiste nella verifica dell'influenza delle modificazioni come concausa degli effetti devastanti provocati dall'episodio di piena.

A questo proposito sono stati utilizzati i dati CORINE Land Cover relativi agli anni di interesse 2003 e 2006, verificati mediante fotointerpretazione sulle ortofoto corrispondenti. È stata fotointerpretata la copertura fotogrammetrica relativa all'anno 1968 e sono stati utilizzati, a titolo di confronto, anche i dati provenienti dal Piano Forestale Ambientale della Sardegna approvato dalla Giunta Regionale nel 2006 e pubblicato nel 2007.

L'analisi, se pur basata su dati non perfettamente coerenti perché rilevati con dettaglio e secondo specifiche cartografiche differenti, si propone di stimare principalmente sotto il profilo qualitativo le variazioni avvenute nel territorio.

Nel 1968 il settore montano del bacino del Rio San Gerolamo appariva prevalentemente coperto da boschi di latifoglie, da macchia e da aree che probabilmente venivano utilizzate per pascolo naturale. Il settore di valle era quasi interamente interessato da seminativi e oliveti e ancora non si riscontrava presenza di insediamenti urbani (Figura 6).

Nel 2003 e soprattutto nel 2006 appare evidente che le tipologie di uso e copertura del suolo sono cambiate. Nel settore montano del bacino aumentano consistentemente gli insediamenti residenziali e la degradazione del bosco e della macchia mediterranea (Tav. 3, b-c)).

Anche a valle aumentano e si infittiscono gli insediamenti residenziali e turistici, specialmente lungo la costa.

I cambiamenti dell'uso del suolo nell'intervallo considerato sono stati principalmente di due ordini: limitata degradazione della vegetazione a monte e urbanizzazione generale di zone prima occupate da attività agricole. Queste osservazioni si rilevano dai dati riportati nella tabella sottostante.

UDS	Distribuzione UDS 1968	Distribuzione UDS 2006
aree a ricolonizzazione naturale	1,69%	4,16 %
aree con vegetazione rada > 5 % e < 40 %	0,91%	1,71%
boschi di latifoglie	14,19%	24,22%
macchia mediterranea	46,20%	38,13%
oliveti	3,62%	2,09%
seminativi in aree non irrigue	0,24%	1,59%
seminativi semplici e colture orticole in pieno campo	9,97%	4,90%
sistemi colturali e particellari complessi	3,52%	0,51%

I fenomeni di urbanizzazione a monte degli ultimi 40 anni hanno provocato una frammentazione del territorio che provoca diminuzione della densità di vegetazione. Si rileva inoltre un aumento dei periodi di siccità, cui si associano eventi meteorici concentrati di notevole intensità. Queste condizioni, se accompagnate da sovrapascolamento e/o incendi, favoriscono i fenomeni di erosione del suolo e il

conseguente degrado della copertura vegetale. Ciò porta a un peggioramento delle condizioni ecologiche necessarie alle specie presenti per rigenerarsi e sopravvivere.



Figura 6 - L'immagine riporta la foto aerea del 1968 da cui emerge l'assenza di urbanizzazione nel territorio in studio; sono evidenti nell'area di Poggio dei Pini le tracce delle prime infrastrutture viarie e dei rimboschimenti.

CORINE Land Cover 2°Liv		2003	2006	Confronto	
Classe UDS	Codifica UDS	Superficie (h) (a)	Superficie (h) (b)	Variazione di superficie (h) (b-a)	Variazione percentuale (b/a)*100
Zone Urbanizzate	11	583.37	664.53	81.17	13.9
Zone industriali, etc	12	126.03	161.24	35.21	27.9
Zone estrattive, etc	13	105.61	52.95	-52.67	-49.9
Aree verdi artificiali non agricole	14	8.41	23.15	14.73	175.11
TOTALE		823.42	901.86	78.44	9.53

Tabella 1. Analisi di variazione della copertura del suolo dalla cartografia RAS del 2003 e 2006.

La tabella sopra riportata è relativa alle classi di uso del suolo appartenenti alla categoria "Territori modellati artificialmente", estratta da un lavoro di analisi comparativa delle carte di Uso e Copertura del suolo, relative all'intero territorio comunale di Capoterra. Da questo documento appaiono evidenti le modificazioni indotte al territorio negli ultimi tre anni. Le zone urbanizzate sono aumentate in maniera consistente, così pure i terreni interessati da seminativi, a discapito delle zone umide costiere e della macchia.



Figura 7 - L'aumento delle aree urbanizzate in pianura ha comportato l'abbandono degli usi agricoli. Nelle aree a elevata pericolosità idraulica si configura un conseguente aumento del rischio.



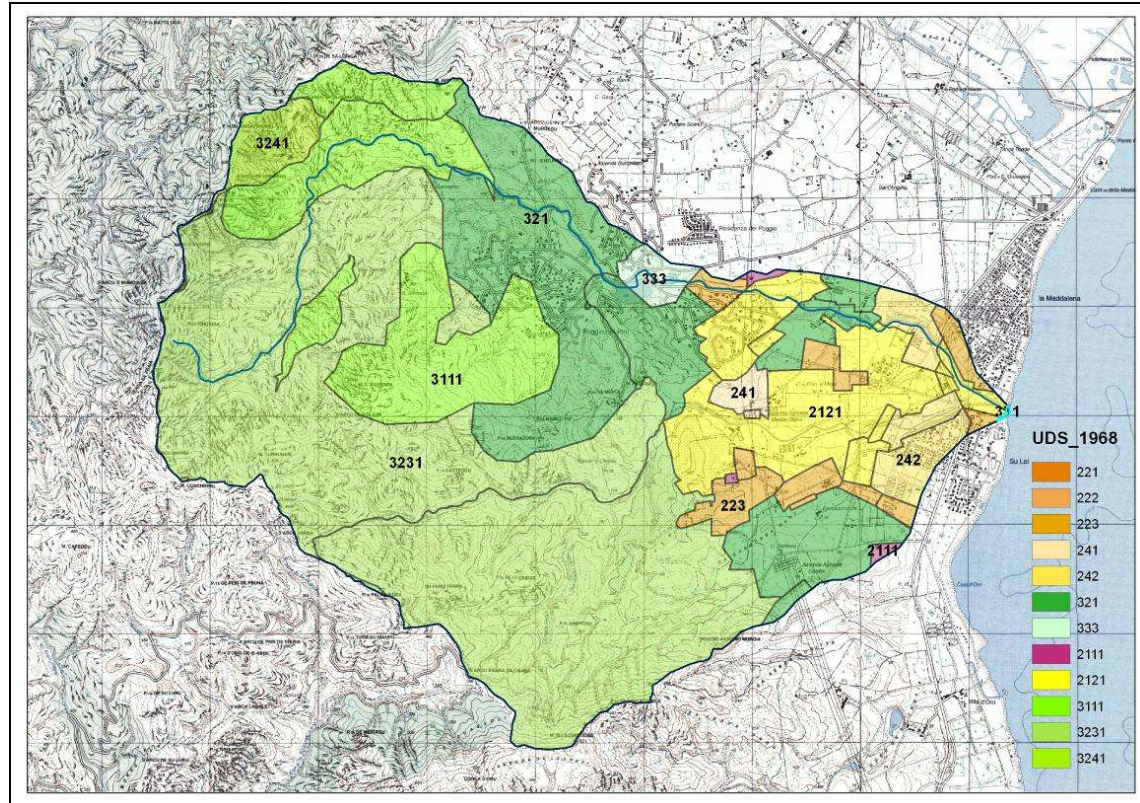
Figura 8 - Anche nel settore montano l'occupazione urbana ha frammentato la continuità della copertura vegetale.



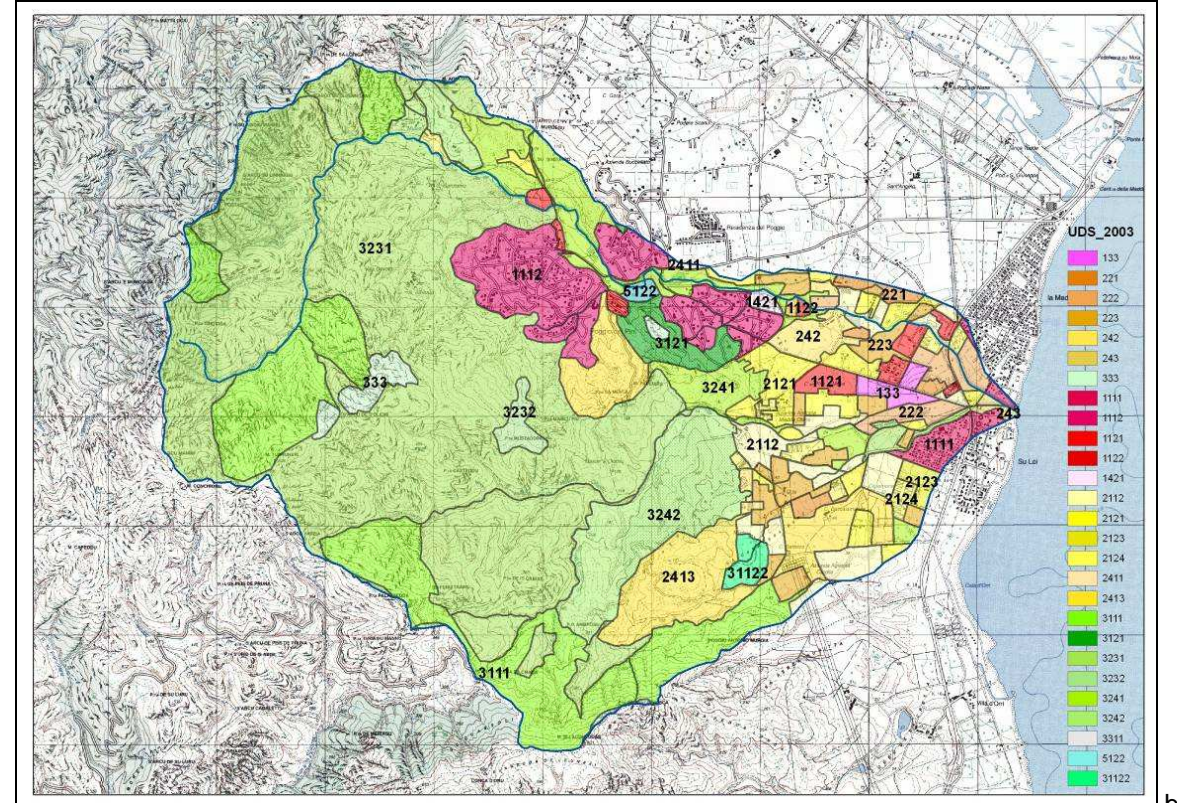
Figura 7a - L'immagine è costruita per sovrapposizione dell'ortofoto acquisita il 18 luglio 2008 sul modello di elevazione del terreno e rappresenta il tratto di costa alla foce del Rio San Gerolamo; in secondo piano è ben delineato l'alveo del Rio Masoni Ollastu con i suoi terrazzi alluvionali di I e II ordine. Il terrazzo di II ordine evidenziato in rosso, sulla riva destra del corso d'acqua, si trova ad una quota di circa 7 metri sul livello dell'alveo attuale ed è intensamente urbanizzato; sulla riva opposta invece sono ben evidenti le strade già asfaltate che tagliano i campi coltivati.



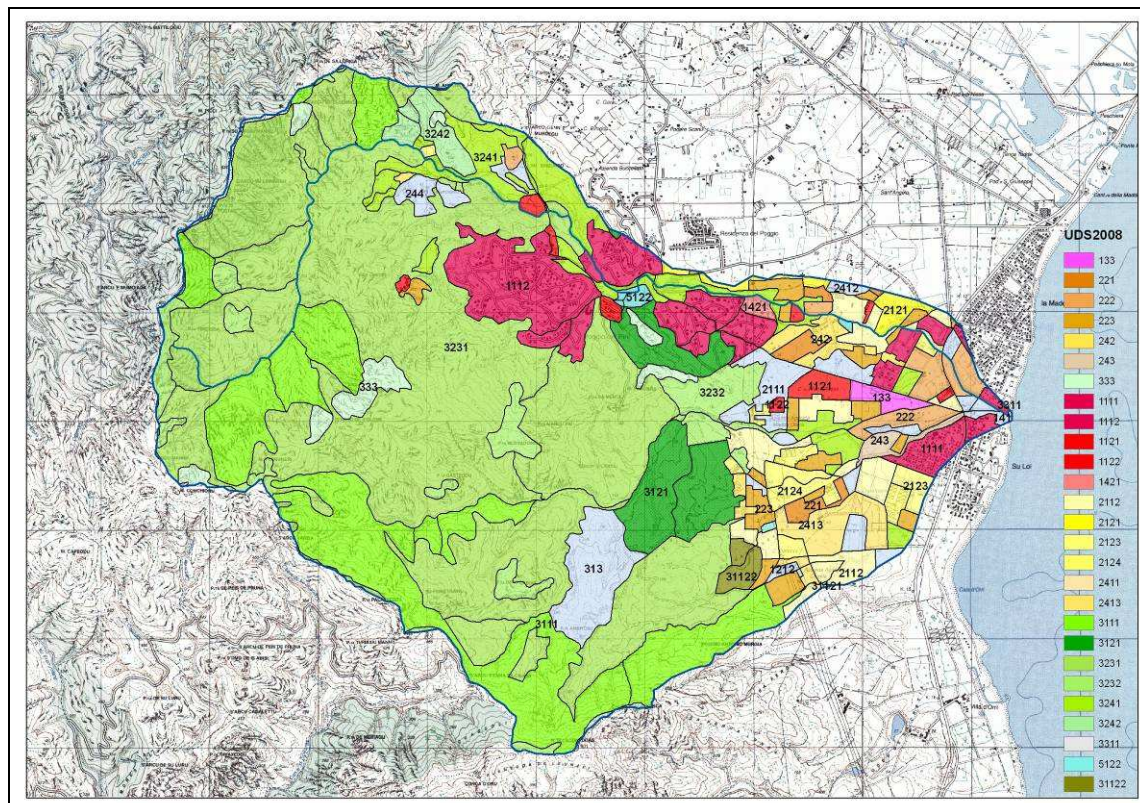
Figura 8a - L'immagine è costruita per sovrapposizione dell'ortofoto a 20cm di risoluzione acquisita il 18 luglio 2008 sul modello di elevazione del terreno e rappresenta il settore dell'alveo del Rio San Gerolamo pesantemente colpito dall'evento del 22 ottobre. In rosso sono evidenziati i terrazzi alluvionali (vedi descrizione nel testo) che costituiscono anche il limite dell'alveo di piena. Il tratteggio in blu evidenzia gli argini dell'attuale percorso del fiume. È evidente la rilevante antropizzazione del letto del fiume, sulla riva destra dell'alveo di piena si nota l'edificio della scuola elementare pesantemente colpita durante l'evento del 22 ottobre.



a - Uso del suolo da foto aeree del 1968



b - Uso del Suolo da dati RAS 2003



c - Uso del suolo da dati RAS 2006

Le immagini rappresentano l'uso e la copertura del suolo relativi agli anni 1968, 2003 e 2006. Si può notare come nel 1968 non vi fosse presenza di zone urbanizzate. Si è passati nell'arco di 40 anni a una percentuale di territorio occupato da aree urbanizzate di circa 5.70%. Dalla fotointerpretazione dell'immagine del 1968 si rileva unicamente l'esistenza di una rete viaria nella zona in cui oggi sorge il villaggio di Poggio dei Pini, primordio delle opere di urbanizzazione della frazione di Poggio dei Pini. L'analisi, se pur basata su dati non perfettamente coerenti perché rilevati con dettaglio e secondo specifiche cartografiche differenti, si propone di stimare qualitativamente le variazioni avvenute nel territorio.

1.2 Stato dei corpi idrici

L'alluvione del 22 ottobre, oltre ai danni in vite umane e a quelli materiali, ha evidentemente determinato degli impatti a carico dei corpi idrici del settore la cui magnitudo e persistenza è difficile da valutare. Oltre agli stravolgimenti operati ai corsi d'acqua e ai bacini artificiali del settore, ha sicuramente determinato delle ripercussioni anche sulle acque marine e sulle acque di transizione (lagune, stagni) del settore in quanto come ben noto l'onda di piena ha trascinato verso tali corpi idrici automobili, materiali di ogni tipo provenienti da strade, giardini, garages, officine, serre, etc. Inoltre, come si rileva dalla relazione redatta da Abbanoa sui danni alle infrastrutture, in più punti sono state danneggiate le reti fognarie che hanno riversato liquami non depurati nei corpi idrici (fiumi e mare). L'impatto a breve termine di tali eventi appare significativo, mentre quello a medio e lungo termine è attualmente difficile da prevedere. Potrà comunque essere valutato mettendo a confronto i dati ambientali pre- alluvione disponibili con i dati di monitoraggio post-alluvione.

1.2.1 Corpi idrici monitorati nel settore di Capoterra

Il Piano di Tutela delle Acque della Regione Sardegna (PTA), approvato con Deliberazione della Giunta Regionale n. 14/16 del 4 aprile 2006, ha individuato i corpi idrici presenti nel territorio regionale da sottoporre a monitoraggio ai sensi del D.Lgs 152/1999. Essi sono raggruppabili nei seguenti gruppi:

- acque superficiali interne;
- acque di transizione;
- acque marino costiere;
- acque sotterranee;
- acque a specifica destinazione funzionale (destinate alla produzione di acqua potabile, acque di balneazione, acque idonee alla vita dei pesci e dei molluschi).

Il monitoraggio delle acque è finalizzato alla verifica dello stato ambientale dei corpi idrici, alla loro classificazione e alla verifica del raggiungimento degli obiettivi di qualità stabiliti dalla normativa.

Il monitoraggio dei corpi idrici della Sardegna ai sensi del D.Lgs 152/99 è tuttora attivo e per un approfondimento delle caratteristiche dei corpi idrici e delle caratteristiche e finalità del sistema di monitoraggio si rimanda alle relazioni, alle monografie e alla cartografia del PTA. Su tale sistema di monitoraggio e classificazione è in corso una profonda revisione dell'intera architettura per renderlo rispondente ai requisiti della Direttiva 2000/60/CE, della Direttiva 2006/118/CE, del D.Lgs 152/2006 e s.m.i e relativi decreti attuativi. Tali attività sono parte delle attività in itinere finalizzate alla redazione del Piano di Gestione del Bacino Idrografico della Sardegna. Nello specifico, nel settore interessato dall'alluvione, i corpi idrici sottoposti a monitoraggio sono:

- acque-marino costiere, monitorate mediante tre transetti rappresentativi posizionati ortogonalmente alla costa ciascuno costituito da tre stazioni di campionamento;
- acque di balneazione, monitorate mediante 9 stazioni ubicate lungo gli arenili compresi tra Cagliari e Punta Zavorra;
- acque di transizione (laguna di S. Gilla), monitorate mediante 20 stazioni;

- acque sotterranee rappresentate dall'acquifero detritico-alluvionale plio-quadernario del Campidano che nell'area interessata dall'alluvione è monitorato tramite un pozzo ubicato nei pressi di Capoterra.

Nel seguito verranno descritte le caratteristiche qualitative dei corpi idrici presenti nel settore di Capoterra sulla base dei monitoraggi pregressi effettuati ai sensi del D.Lgs 152/1999. Inoltre verranno mostrati e discussi i risultati di una serie di campionamenti straordinari effettuati dall'ARPAS nel periodo immediatamente successivo all'alluvione.

1.2.2 Stato di qualità ambientale delle acque marino costiere

Nella Tabella 2 si riporta, per il settore di Cagliari- Capoterra, l'elenco dei tratti di costa monitorati (ai sensi del D.Lgs. 152/1999) con l'indicazione del relativo transetto. Ciascun transetto, perpendicolare alla costa, è costituito da 3 punti di monitoraggio.

N° UIO	U.I.O.	Cod. tratto costiero	Lung. (m)	Nome bacino	Transetto Nome	Transetto
1	Flumini Mannu di Cagliari-Cixerri	AM02987066	2050,08	Riu di Bacchelina	Torre Antigoni	M32CA
		AM03007062	4948,04	Riu San Gerolamo	Villa d'Orri	M19CA
		AM03027063	4837,37	Riu Cixerri	Villa Aresu	M20CA

Tabella 2. Elenco dei tratti di costa monitorati ai sensi del D.Lgs. 152/99

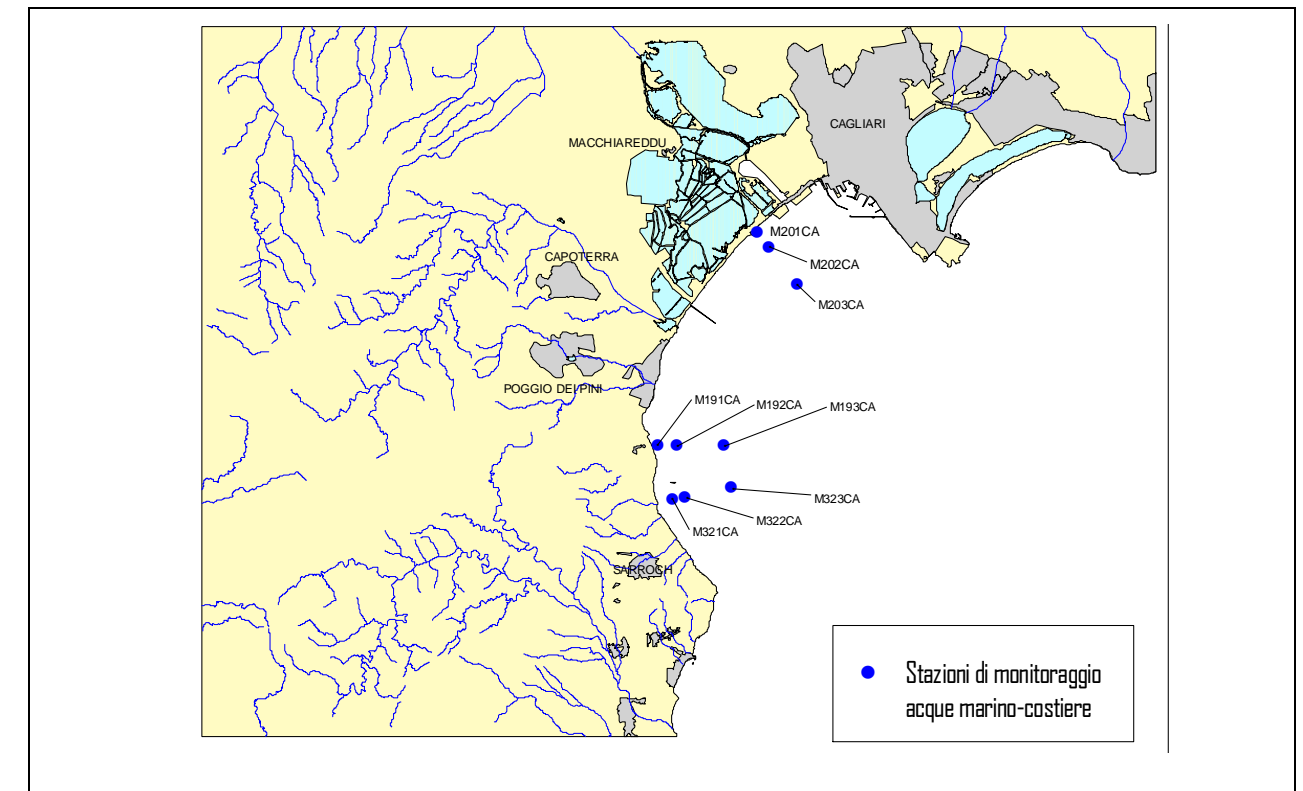


Figura 9 - Ubicazione dei transetti e delle stazioni di monitoraggio delle acque marino-costiere del settore Cagliari – Punta Zavorra.

La classificazione delle acque marino- costiere è stata condotta attraverso l'applicazione dell'indice trofico sulla base dei dati derivanti dal monitoraggio effettuato ai sensi del D. Lgs. 152/99 per il periodo 2003 - 2006 (Tabella 3). La classificazione è stata elaborata su un arco temporale maggiore rispetto alle indicazioni della normativa (24 mesi per la 1° classificazione, 12 per le successive) per usufruire di una

base dati più consistente. Come si vede tutte le stazioni hanno uno stato ambientale elevato ad eccezione della stazione M203CA che ha uno stato buono.

BACINO	ID_Bacino	ID_Corpo Idrico	Stazione	Località	Stato ambientale
Riu di Bacchelina	0298	AM7066	M321CA	Torre Antigoni	Elevato
Riu di Bacchelina	0298	AM7066	M322CA	Torre Antigoni	Elevato
Riu di Bacchelina	0298	AM7066	M323CA	Torre Antigoni	Elevato
Riu San Gerolamo	0300	AM7062	M191CA	Villa d'Orri	Elevato
Riu San Gerolamo	0300	AM7062	M192CA	Villa d'Orri	Elevato
Riu San Gerolamo	0300	AM7062	M193CA	Villa d'Orri	Elevato
Riu Cixerri	0302	AM7063	M201CA	Villa Aresu	Elevato
Riu Cixerri	0302	AM7063	M202CA	Villa Aresu	Elevato
Riu Cixerri	0302	AM7063	M203CA	Villa Aresu	Buono

Tabella 3. Classificazione delle acque marino-costiere in base alla scala trofica (2003-2006).

1.2.3 Qualità delle acque di balneazione

Nel settore considerato, partendo da Cagliari a est sino a Punta Zavorra a ovest, sono presenti 9 stazioni di monitoraggio della qualità delle acque destinate alla balneazione sulle quali nel periodo di balneazione (aprile-settembre) vengono effettuati due campionamenti al mese.

La Figura 10 mostra l'ubicazione delle stazioni mentre la tabella 4 mostra che la qualità è sempre eccellente nel periodo di osservazione considerato (2005–2008), sulla base dei criteri di classificazione del D.Lgs 116/2008 (recepimento della Direttiva 2006/7/CE relativa alla gestione delle acque di balneazione) e utilizzando i parametri microbiologici monitorati ai sensi del DPR 470/82.

Cod. Punto	Comune	Descrizione	Qualità'	
			Coliformi Fecali	Streptococchi
66	CAGLIARI	SS 195 KM 5	eccellente	eccellente
67	CAPOTERRA	LA MADDALENA SPIAGGIA	eccellente	eccellente
68	CAPOTERRA	SU SPANTU II	eccellente	eccellente
69	CAPOTERRA	TORRE DEGLI ULIVI	eccellente	eccellente
149	CAGLIARI	SPIAGGIA SS 195 KM 7,5	eccellente	eccellente
150	SARROCH	VILLA D'ORRI	eccellente	eccellente
196	CAGLIARI	SS.195 KM 6	eccellente	eccellente
197	CAGLIARI	100 M S.PONTILE RUMIANCA	eccellente	eccellente
198	SARROCH	PUNTA ZAVORRA	eccellente	eccellente

Tabella 4. Qualità delle acque di balneazione nel periodo di osservazione 2005 - 2008.

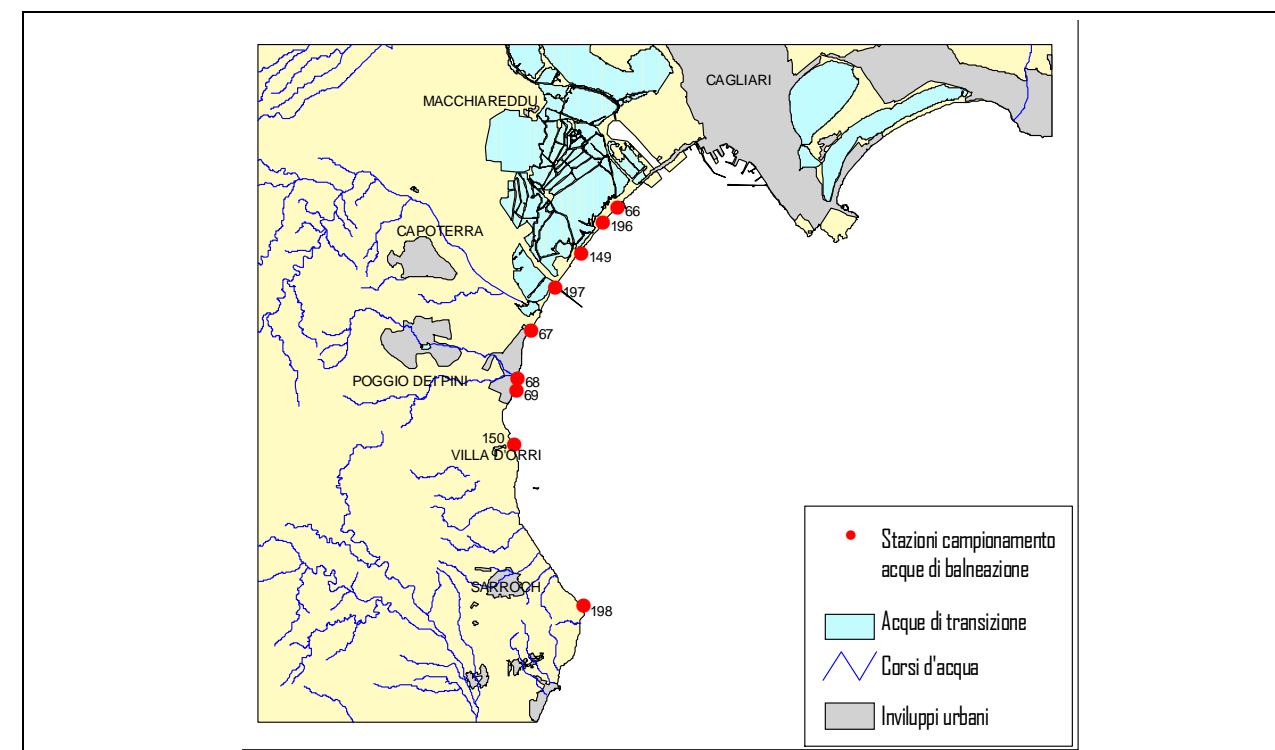


Figura 10 - Ubicazione delle stazioni di monitoraggio delle acque di balneazione.

1.2.4 Stato di qualità ambientale delle acque di transizione

Nell'area interessata è monitorato lo stagno di S. Gilla con un totale di 22 stazioni di campionamento.

Tabella 5. Stazioni di monitoraggio dello stagno di S. Gilla.

N° U.I.O.	Nome U.I.O.	id_Bacino	Nome Bacino	Prog. Corpo Idrico	id_Corpo Idrico	Nome Corpo Idrico	Prog. staz	id_Stazione
1	Flumini Mannu di Cagliari-Cixerri	302	Riu Cixerri	1	AT5001	Stagno di Cagliari	1	AT03020801
							2	AT03020802
							3	AT03020803
							4	AT03020804
							5	AT03020805
							6	AT03020806
							7	AT03020807
							8	AT03020808
							9	AT03020809
							10	AT03020810
							11	AT03020811
							12	AT03020812
							13	AT03020813
							14	AT03020814
							15	AT03020815
							16	AT03020816
							17	AT03020817
							18	AT03020818
							19	AT03020819
							20	AT03020820
							21	AT03020821
							22	AT03020822

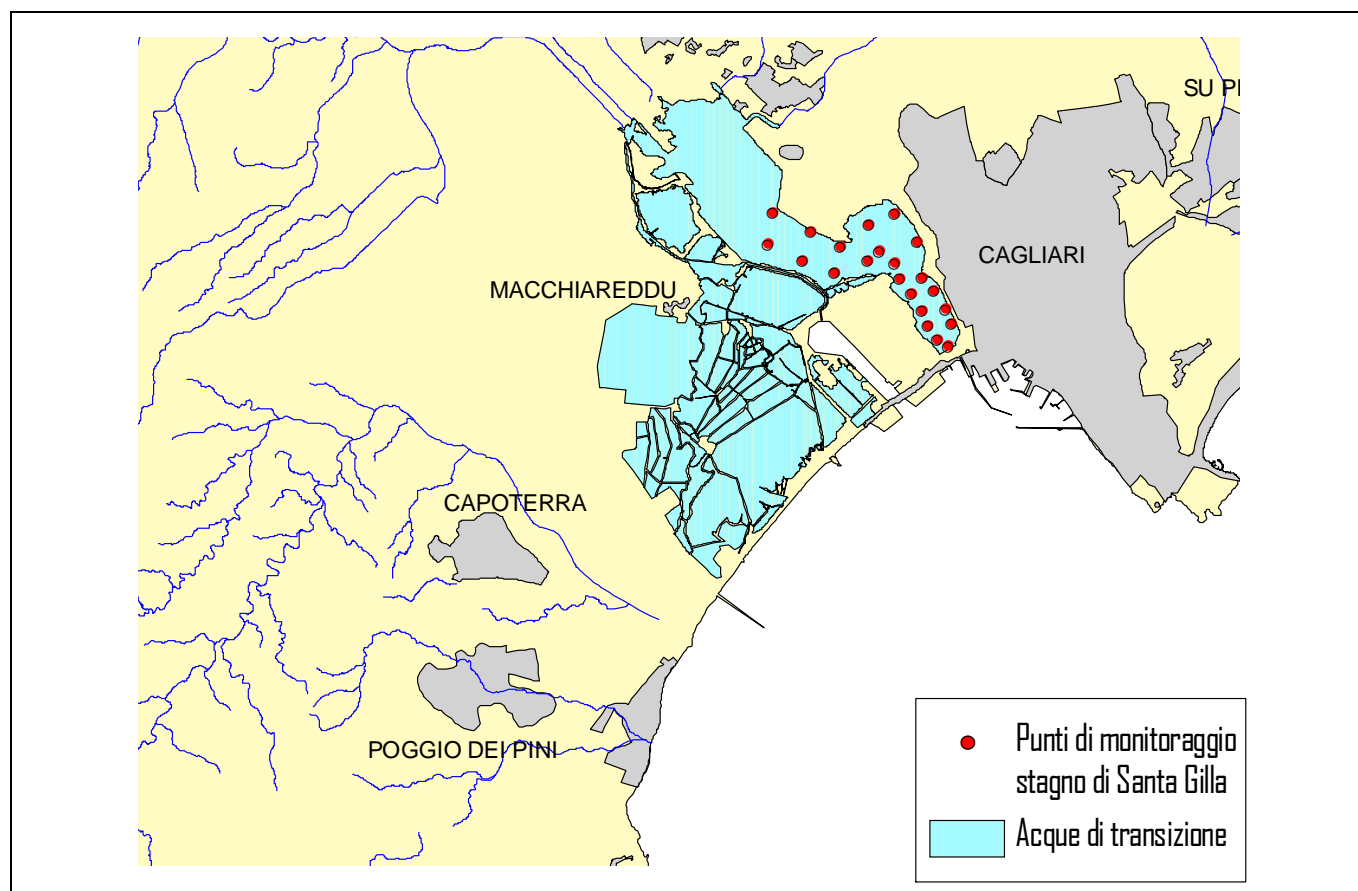


Figura 11 - Ubicazione dei punti di monitoraggio nello stagno di S. Gilla.

Ai sensi della D.lgs 152/99, per la definizione dello stato ambientale delle acque lagunari e gli stagni costieri si valuta il numero di giorni di anossia/anno che coinvolgono oltre il 30% della superficie del corpo idrico, rilevati nelle acque di fondo, secondo lo schema della tabella 18 dell'Allegato 1 del D. Lgs 152/99, riportata in Tabella 6.

	BUONO	SUFFICIENTE	SCADENTE
Numero giorni anossia/anno	≤1	≤10	>10

Tabella 6. Stato ambientale delle acque lagunari e degli stagni costieri.

La tabella 7 riporta i valori medi minimi massimi dei valori di ossigeno disciolto relativi agli anni 2002-2006.

bacino	bacino	località	ID_acque di transizione	stazione		ossigeno in superficie (sat. %)	ossigeno in superficie (mg/L)	ossigeno sul fondo (sat %).	ossigeno sul fondo (mg/L)
32	Riu Cixerri	Santa Gilla	AT51	03020801	medie	87,63	8,4	87,65	8,4
					min	65,43	5,3	64,19	5,2
					max	111,00	11,1	112,87	11,4
			AT51	03020802	medie	97,07	9,3	95,77	9,1
					min	67,23	6,3	67,31	6,3
					max	130,29	11,7	125,00	11,6
			AT51	03020803	medie	93,17	8,9	88,38	8,4
					min	77,36	6,6	73,33	6,5
					max	113,60	11,4	110,77	11,4

bacino	bacino	località	ID_acque di transizione	stazione		ossigeno in superficie (sat. %)	ossigeno in superficie (mg/L)	ossigeno sul fondo (sat %).	ossigeno sul fondo (mg/L)
			AT51	03020804	medie	89,84	8,6	87,96	8,4
					min	68,09	6,1	68,42	6,0
					max	114,00	11,4	115,20	11,5
			AT51	03020805	medie	89,94	8,5	90,19	8,6
					min	72,09	5,8	72,96	5,9
					max	113,00	11,3	112,75	11,8
			AT51	03020806	medie	92,57	8,8	91,83	8,7
					min	75,48	7,4	75,00	7,4
					max	115,70	11,6	109,86	11,3
			AT51	03020807	medie	92,65	8,8	93,21	8,9
					min	75,24	7,1	75,43	7,0
					max	112,75	11,5	110,58	11,5
			AT51	03020808	medie	91,86	8,6	92,02	8,7
					min	75,96	7,2	75,48	7,4
					max	118,87	10,9	119,12	12,2
			AT51	03020809	medie	91,26	8,7	91,48	8,7
					min	71,64	6,9	72,28	6,7
					max	118,87	12,6	119,90	12,2
			AT51	03020810	medie	93,62	8,9	91,37	8,7
					min	73,27	6,4	74,65	6,8
					max	122,87	13,0	115,67	11,8
AT51	03020811	medie	92,78	8,8	91,31	8,6			
		min	70,00	6,9	71,09	6,6			
		max	117,00	11,9	115,67	11,8			
AT51	03020812	medie	85,63	8,2	84,47	8,0			
		min	49,11	4,4	63,53	5,4			
		max	102,94	10,7	99,37	10,2			
AT51	03020813	medie	83,93	7,9	85,34	8,0			
		min	53,69	4,8	53,69	4,8			
		max	99,38	11,6	102,67	10,8			
AT51	03020814	medie	86,06	8,1	85,07	8,0			
		min	69,54	6,1	67,90	5,5			
		max	104,50	11,2	106,38	11,3			
AT51	03020815	medie	88,69	8,5	85,56	8,1			
		min	62,50	5,6	67,42	6,0			
		max	108,50	11,5	109,25	11,7			
AT51	03020816	medie	91,09	8,7	84,47	8,0			
		min	67,67	5,9	59,23	5,2			
		max	105,94	11,9	102,16	10,5			
AT51	03020817	medie	91,35	8,8	87,37	8,3			
		min	67,92	6,4	68,28	6,1			
		max	119,31	12,3	109,52	11,5			
AT51	03020818	medie	93,40	8,9	89,43	8,5			
		min	67,83	6,3	68,94	6,4			
		max	126,60	12,4	117,02	12,2			
AT51	03020819	medie	94,22	9,0	81,45	7,8			
		min	65,53	5,7	55,75	4,9			
		max	147,48	12,0	111,52	10,0			
AT51	03020820	medie	97,28	9,4	89,96	8,5			
		min	68,51	6,7	69,11	6,8			
		max	123,61	12,0	116,95	12,3			
AT51	03020821	medie	97,07	9,3	93,57	8,9			
		min	69,36	7,2	70,21	7,3			

bacino	bacino	località	ID_acque di transizione	stazione		ossigeno in superficie (sat. %)	ossigeno in superficie (mg/L)	ossigeno sul fondo (sat %).	ossigeno sul fondo (mg/L)
					max	117,19	12,0	114,76	12,1
			AT51	03020822	medie	92,52	8,8	87,36	8,3
					min	72,41	6,8	64,05	5,6
					max	120,56	11,0	114,36	11,1
					min	60,00	5,1		
					max	115,00	10,0		

Tabella 7. Valori minimi, medi e massimi di ossigeno disciolto (anni 2002-2006).

In base ai dati derivati dal monitoraggio non si sono individuate anossie significative; si può assumere come “buono” lo stato di qualità delle acque di transizione anche se bisogna sottolineare che lo stato di ossigenazione delle acque riscontrato è influenzato anche dalla tempistica di campionamento, effettuato esclusivamente nelle ore diurne. Per le ore notturne, maggiormente a rischio per le crisi anossiche, non sono disponibili informazioni.

Per fornire un quadro più completo sullo stato qualitativo delle acque di transizione sono stati calcolati per tutte le stazioni i valori minimi, medi e massimi, dei parametri fisico-chimici, chimici e batteriologici per il periodo 2002-2006. I valori ottenuti sono stati ulteriormente sintetizzati in modo da individuare un unico range di valori per singolo corpo idrico. La tabella 8 riporta i valori medi minimi e massimi dei parametri chimici e batteriologici nel periodo 2002-2006.

Per evidenziare eventuali stati di contaminazione microbiologica delle acque di transizione, sono stati analizzati i dati relativi agli enterococchi. Gli enterococchi colonizzano tipicamente il tratto intestinale dell'uomo e degli altri animali ma sono in grado di sopravvivere per lungo anche nell'ambiente esterno. L'agenzia per la protezione dell'ambiente US-EPA, nel documento “*Ambient Water Quality Criteria for Bacteria-(1986)*”, propone come valore guida che la media geometrica della densità batterica degli enterococchi non superi 35 UFC per 100 mL. Tale valore soglia non è stato superato nello Stagno di S. Gilla.

Il suddetto monitoraggio effettuato ai sensi del D.Lgs 152/1999 come visto prevede campionamenti nella porzione più orientale del complesso di acque di transizione del S. Gilla.

La porzione che probabilmente ha subito in maniera più forte gli effetti dell'alluvione è la porzione più occidentale (Stagno di Capoterra). Per tale porzione si hanno dati relativi al 2007 derivanti dallo studio “Piano di monitoraggio ambientale della laguna di Santa Gilla e dello stagno di Capoterra” realizzato dall'ARPAS in accordo con l'ICRAM. Nelle figure 12 e 13 si riportano i risultati di tale studio per i parametri salinità e stato trofico sulla base del parametro clorofilla -a.

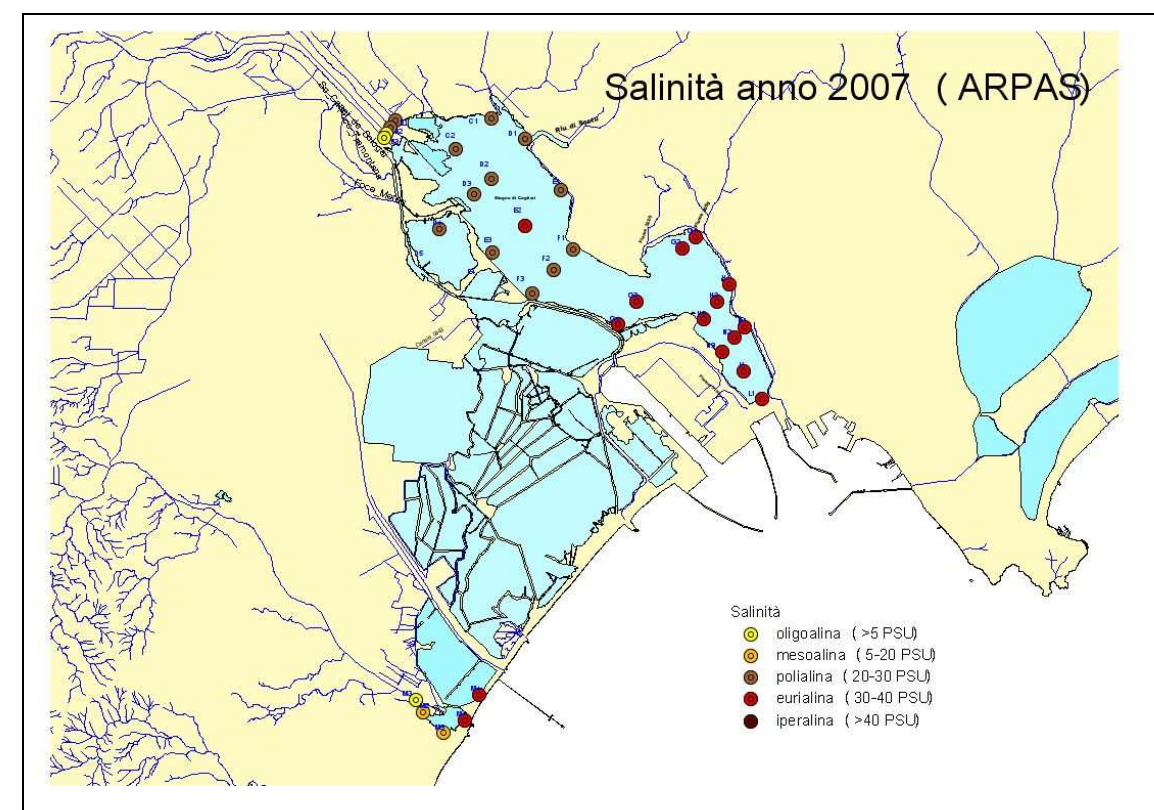


Figura 12.- Salinità (Arpas 2007).

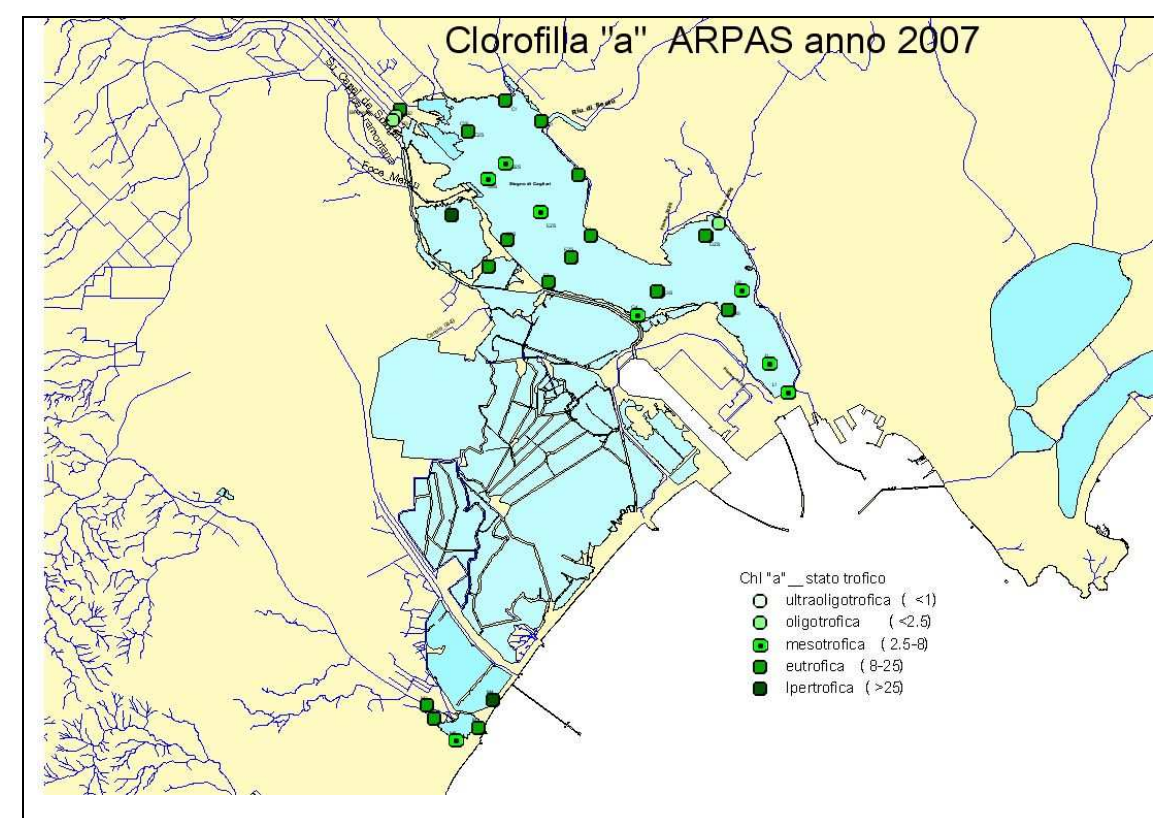


Figura 13 - Stato trofico sulla base del parametro Clorofilla “a” (Arpas 2007).

BACINO	Acque di transizione	Località		pH	Tempetaura (°C)	Ntot (µg/L)	N-NH4 (µg/L)	N-NO3 (µg/L)	N-NO2 µg/l	P-PO4 (µg/l)	Ptot (µg/L)	Trasparenza (m)	Clorofilla (µg/L)	Salinità	Enterococchi UFC/100 ml	Fitoplancton
Riu Cixerri	AT5001	Santa Gilla	max	8,8	28,1	2538	543	2450	120	129	72,9	7	59,9	3570	130	4481560
			min	7,9	6,8	n.r.	39	n.r.	8,8	8,8	1	0,2	0,3	2	n.r.	
			med	8,3	18,6	550	69	312,8	19,8	19,8	40,2	1,1	8,1	41,76	9	564418

Tabella 8. Valori medi, minimi e massimi dei parametri chimici e batteriologici relativi agli anni 2002-2006.

1.2.5 Le acque sotterranee

Attualmente è in via di completamento uno studio a carattere regionale finalizzato ad avere una ampia e dettagliata conoscenza delle acque sotterranee della Sardegna e progettare una rete di monitoraggio che permetta di avere un quadro attendibile dello stato chimico e quantitativo delle acque sotterranee e monitorarne le tendenze, in linea con quanto richiesto dalla Dir. 2000/60 CE e dal D.Lgs 152/2006. Nelle more del completamento di tale studio si riporta il quadro conoscitivo sulle acque sotterranee del settore di Capoterra sulla base degli studi effettuati per la redazione del PTA e sul monitoraggio che ne è derivato ai sensi del D.Lgs 152/1999. Sulla base della prima individuazione degli acquiferi a scala dell'intero territorio regionale effettuata nell'ambito del PTA, nel settore di Capoterra è stato definito l' "Acquifero Detritico-Alluvionale Quaternario di Capoterra-Pula". Nel PTA viene descritto come costituito essenzialmente da due unità idrogeologiche:

- 1) Unità Detritico-Carbonatica Quaternaria;
- 2) Unità delle Alluvioni Plio-Quaternarie.

La permeabilità complessiva è medio-bassa per porosità, localmente medio-alta nei livelli a matrice più grossolana e, nelle facies carbonatiche, anche per fessurazione. Nell'ambito degli studi per la redazione del PTA in tale acquifero sono stati campionati quattro punti d'acqua per la caratterizzazione preliminare. Di tali punti ne sono stati selezionati due che sono entrati a far parte della rete di monitoraggio a regime. Uno dei due punti ricade nel settore di Villa San Pietro e uno nei pressi di Capoterra e quest'ultimo, la cui ubicazione esatta è riportata in figura 14, ricade nella zona colpita dall'alluvione. Per tale punto si hanno a disposizione i dati di monitoraggio dal 2003 al 2008 e pertanto è possibile tracciare un quadro dell'andamento dei principali parametri rappresentativi della qualità chimica di tali acque (figure 15-19).

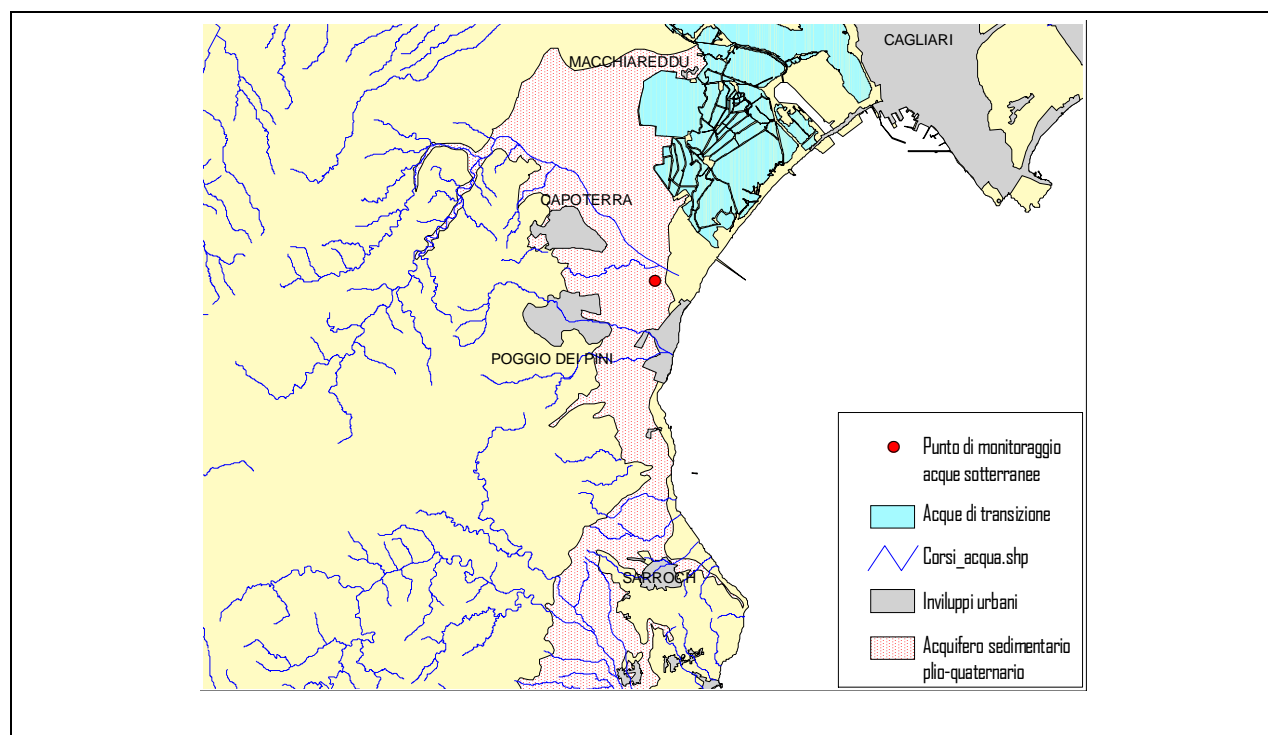


Figura 14 - Ubicazione del punto di monitoraggio PTA nell'acquifero detritico-alluvionale plio-quaternario di Capoterra-Pula.

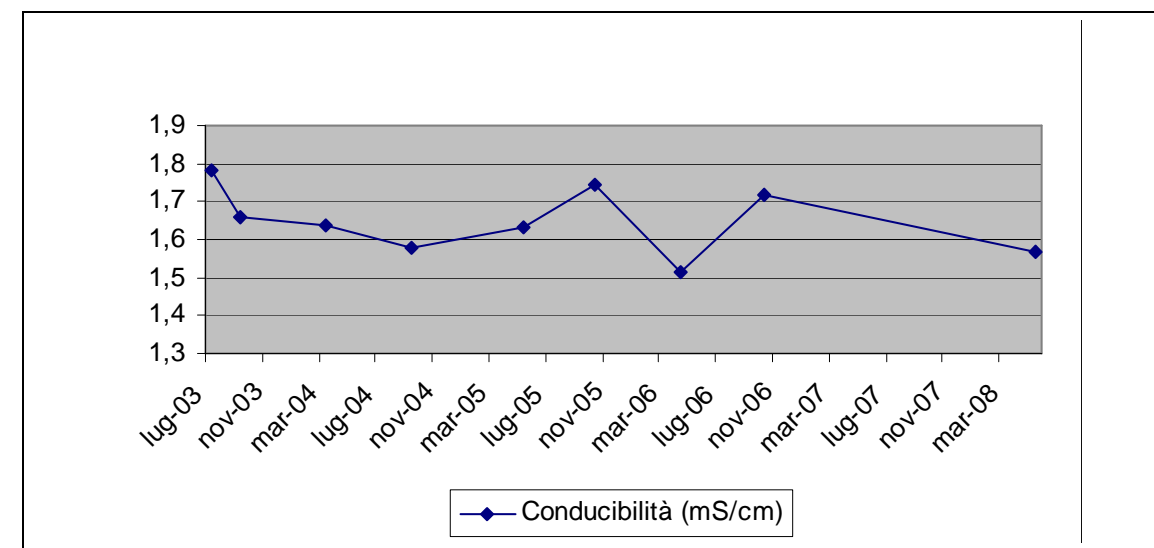


Figura 15 - Andamento della conducibilità elettrica specifica delle acque del pozzo di monitoraggio dell'acquifero freatico a sud di Capoterra.

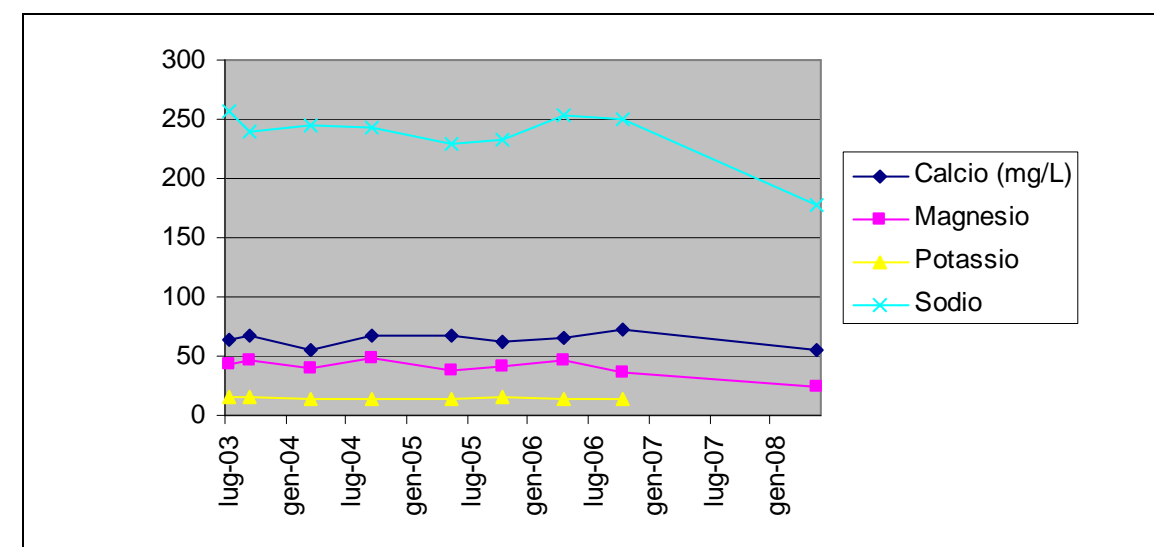


Figura 16 - Andamento della concentrazione dei principali cationi delle acque del pozzo di monitoraggio dell'acquifero freatico a sud di Capoterra.

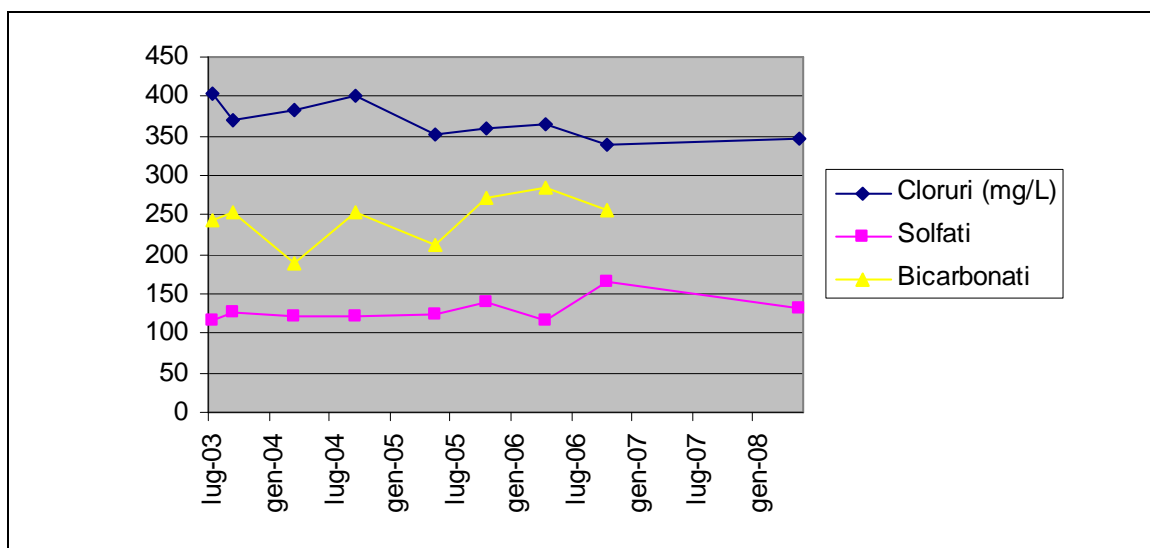


Figura 17 - Andamento della concentrazione dei principali anioni delle acque del pozzo di monitoraggio dell'acquifero freatico a sud di Capoterra.

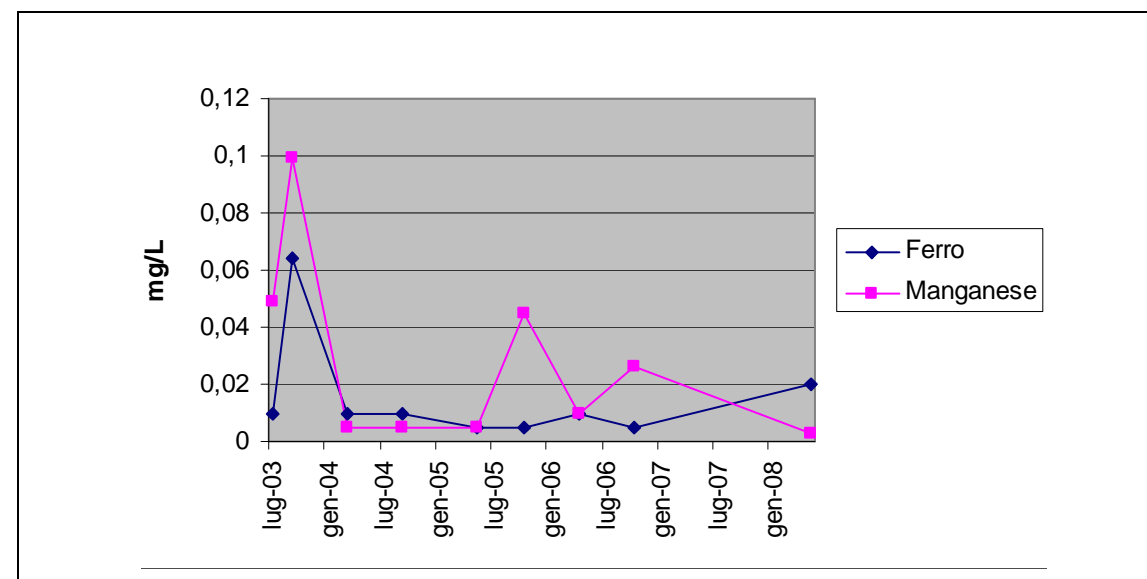


Figura 19 - Andamento della concentrazione di ferro e manganese delle acque del pozzo di monitoraggio dell'acquifero freatico a sud di Capoterra.

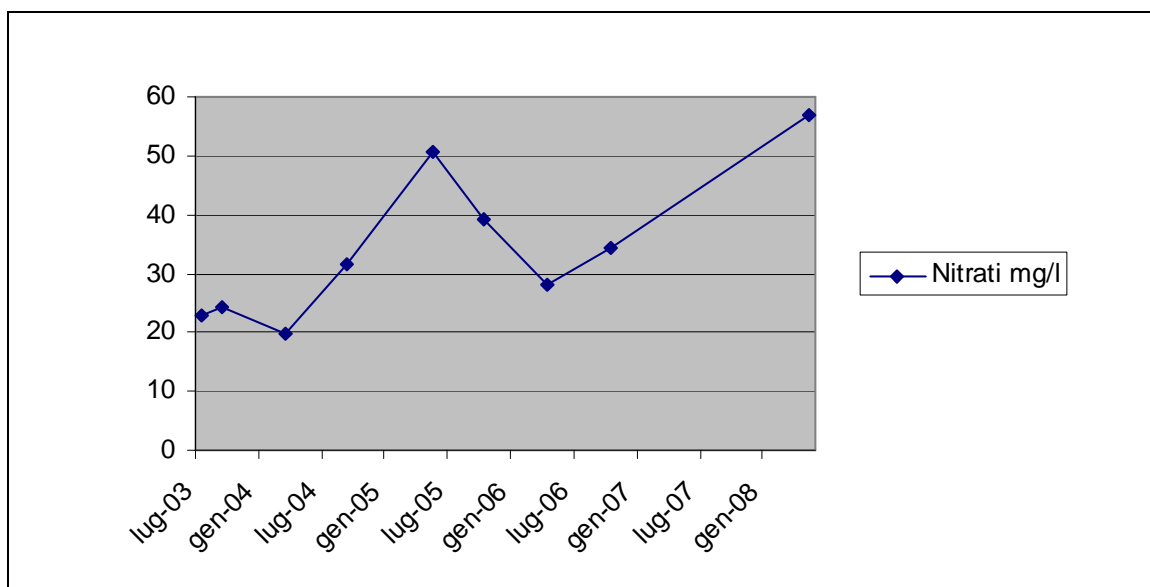


Figura 18 - Andamento della concentrazione dei nitrati delle acque del pozzo di monitoraggio dell'acquifero freatico a sud di Capoterra.

Il sistema di classificazione delle acque sotterranee del D.Lgs 152/1999 (al quale si fa riferimento nelle more del completamento delle attività finalizzate alla caratterizzazione dei corpi idrici sotterranei ai sensi del D.Lgs 152/2006) prendeva in considerazione i parametri conducibilità elettrica specifica, cloruri, solfati, nitrati, ione ammonio, ferro e manganese. Sulla base dei limiti riportati nella tabella 20 dell'Allegato 1 del D.Lgs. 152/99 – “Classificazione chimica in base ai parametri di base” è possibile attribuire una classe di qualità chimica per ciascuno di tali parametri (Tabella 9). La classe di qualità chimica complessiva da attribuire all'acqua sotterranea è la peggiore tra quelle determinate per ciascun parametro.

Pertanto, utilizzando la media dei dati disponibili dal 2003 al 2008 per ciascun parametro si ottiene la seguente classificazione per il pozzo di monitoraggio di Capoterra.

Parametro	CES	cloruri	solfati	nitrati	ione ammonio	ferro	manganese
Classe	2	4	2	3	2	1	2

Tabella 9. Classificazione chimica - parametri di base

Pertanto la classe di qualità chimica da attribuire alle acque è la classe 4, cioè “impatto antropico rilevante con caratteristiche idrochimiche scadenti”. In questo caso la classe 4 deriva dal valore elevato di cloruri, attribuibile al fenomeno dell'intrusione salina causata dall'eccessivo sfruttamento della falda, fenomeno ben noto per il settore di Capoterra. Anche la concentrazione media di nitrati, pari a 34 mg/L, è relativamente elevata e in due campionamenti sono stati superati i 50 mg/L (norma di qualità fissata dalla Dir. 2006/118 CE).

1.3 Fenomeni di predisposizione al dissesto del bacino del Rio San Gerolamo

1.3.1 L'erosione del suolo

Da una analisi dei dati pedologici riferiti al bacino idrografico del Rio San Gerolamo, sebbene al momento disponibili solamente a scala regionale (1:250.000), è possibile comunque estrarre qualche informazione sul pericolo di erosione dei suoli dell'area. Secondo la Carta dei Suoli della Sardegna il pericolo di erosione dei suoli dell'area varia da "moderato" (suoli sulle coperture alluvionali più antiche) a "forte" (suoli sulle aree di versante del bacino, sui graniti, sulle metamorfite e sui relativi depositi di versante). Le rocce granitiche della zona si presentano spesso notevolmente alterate e arenizzate, con conseguente produzione di una notevole quantità di materiale sciolto o scarsamente coerente, soprattutto durante i periodi umidi. Questo materiale, ricco in cristalli di quarzo residuale e di minerali argillosi caolinitici, rappresenta il materiale parentale più rappresentato all'interno del bacino, sul quale si è impostata la maggior parte dei suoli dell'area.

La Figura 20 mostra in rosso i suoli classificati come sottoposti a pericolo di erosione forte.

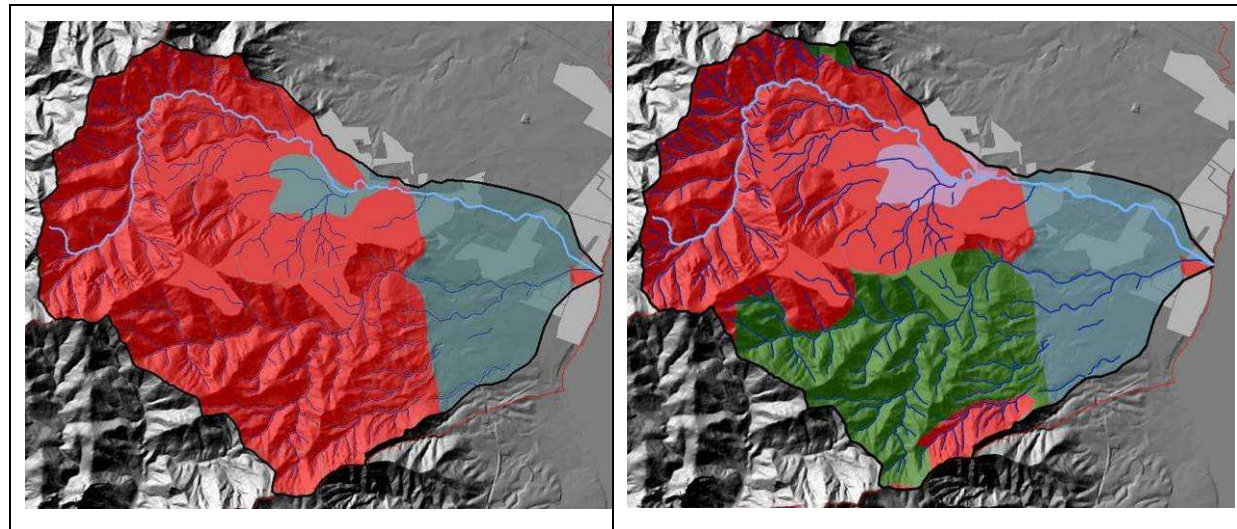


Figura 20 – Bacino del Rio San Gerolamo: in rosso i suoli classificati come sottoposti a forte pericolo di erosione

Figura 21 – In questa immagine sono riportati in rosso i suoli dove localmente appare più grave il degrado della copertura forestale arbustiva e arborea, in verde i suoli con una moderata propensione minore all'erosione e in grigio le aree scarsamente interessate da fenomeni erosivi.

Questi suoli (spesso sottili e/o poco evoluti) sono distribuiti sui versanti anche con notevole acclività. Essi rimangono tenuti in posto se la copertura vegetale, essenzialmente macchia e macchia foresta, viene mantenuta integra. I versanti che alimentano il Rio S. Gerolamo vengono invece descritti come privi o con scarsa copertura vegetale. Soltanto un terzo del bacino idrografico dei due corsi d'acqua appare interessato da una copertura forestale sufficientemente densa da trattenere in posto la coltre pedologica e proteggerla dall'erosione. La Figura 21 mostra in rosso i suoli dove localmente appare più grave il degrado della copertura forestale arbustiva e arborea.

I suoli del bacino, durante l'evento alluvionale del 22 ottobre 2008 sono stati fortemente interessati da fenomeni erosivi dovuti allo scorrimento superficiale dell'acqua, con la formazione di solchi e canali di

erosione anche di notevole profondità. Il materiale asportato, selezionato e classato granulometricamente dall'azione di trasporto dell'acqua, con tutta probabilità rappresenta la maggior parte del sedimento di torbida che ha interessato le aree della foce, più colpite dagli effetti devastanti dell'alluvione.

1.3.2 Incidenza degli incendi a partire dal 2001

Uno dei fenomeni che causano in tempi brevissimi il degrado del territorio e che sottopongono i versanti a intensi fenomeni di erosione è quello degli incendi boschivi, che spesso interessano le stesse aree ripetutamente negli anni. Dall'analisi dei perimetri delle aree incendiate rilevate dal Corpo Forestale nel bacino in studio è emerso che le aree sottoposte a ripetuti incendi nel periodo compreso tra il 2001 e il 2008 sono state interessate da intensi fenomeni di erosione del suolo. Gli incendi costituiscono pertanto una causa rilevante per quanto riguarda le modalità e le tipologie dei fenomeni di erosione del suolo.



Figura 22a - Versante a monte della strada per il Rio San Gerolamo, è evidente il passaggio del fuoco del 2008.

Figura 22b – Nel versante colpito dall'incendio del 2008 sono evidenti solchi di erosione profondi anche 2 metri incisi durante l'evento del 22 ottobre. Il fenomeno porta in carico delle acque una notevole quantità di sedimento che ne aumenta il potere erosivo e distruttivo a valle.



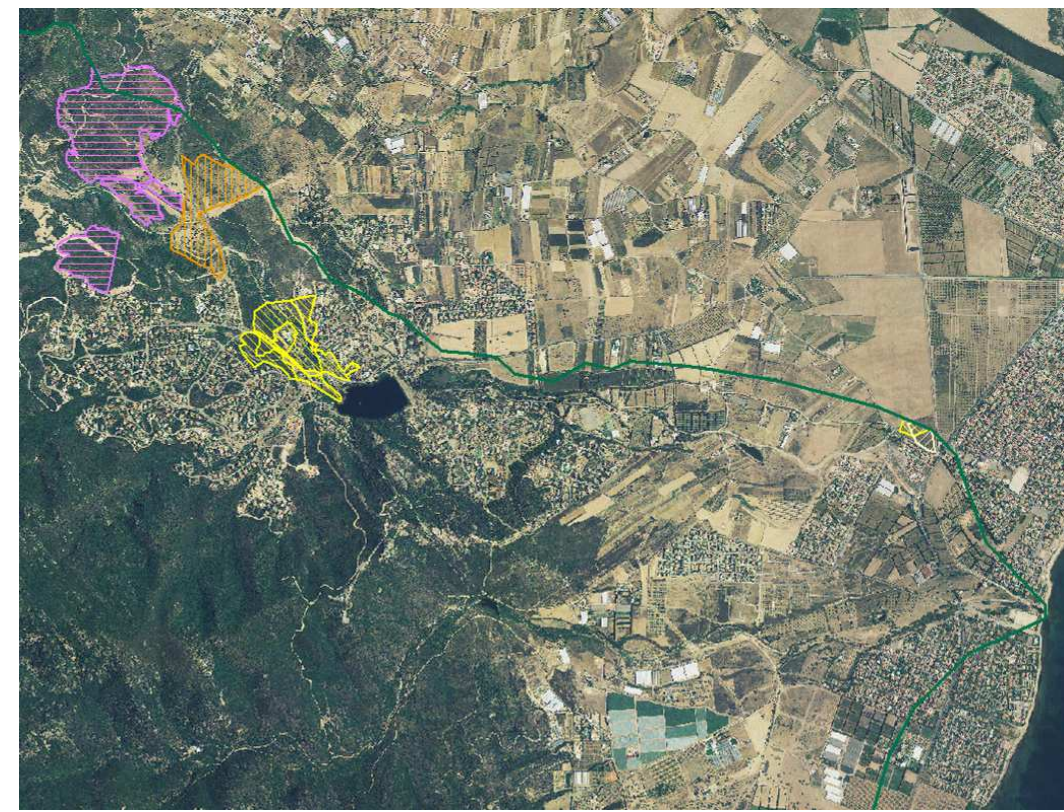
Figura 23a - Striscia tagliafuoco sulla collina di Sa Birdiera – Poggio dei Pini.

Figura 23b - Striscia tagliafuoco eseguita secondo le linee di massima pendenza, in corrispondenza di un impluvio, in zona S. Barbara – Poggio dei Pini, in prossimità dell'area percorsa dal fuoco nell'agosto 2008 (la collinetta sullo sfondo è completamente bruciata)



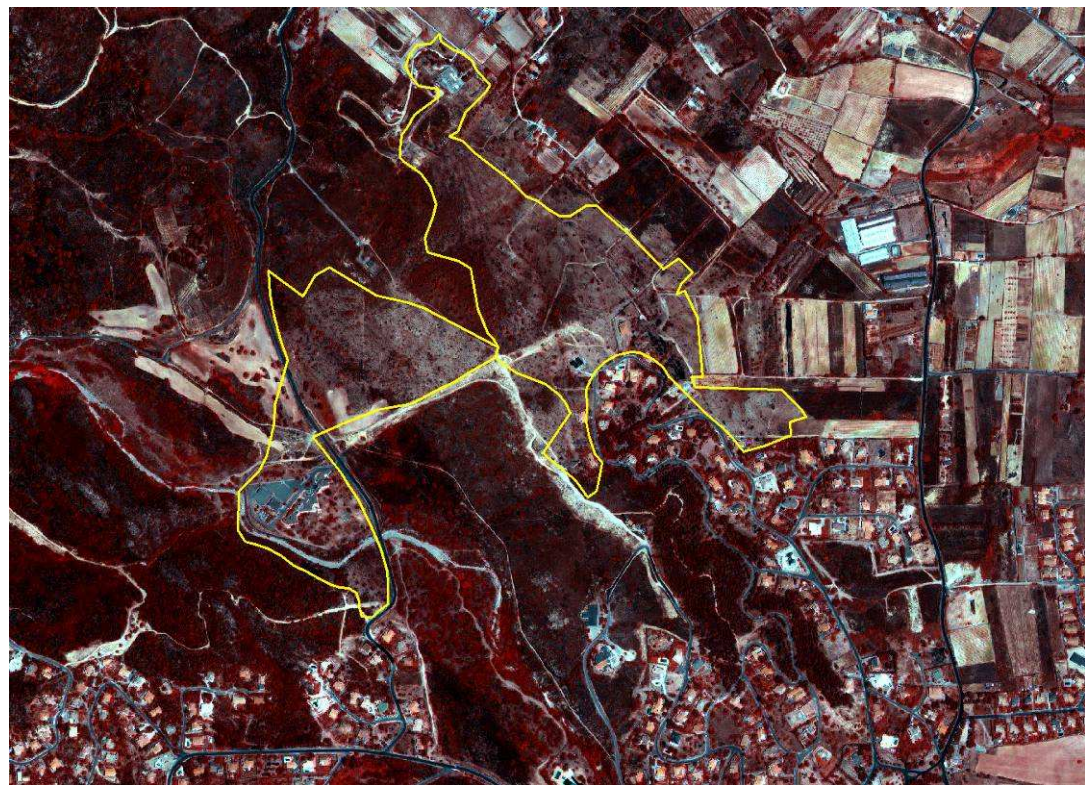
a

Limiti delle aree incendiate nel 2001, in rosso e nel 2002 su ortofoto del 2000



b

Limiti delle aree incendiate nel 2005, in arancio, nel 2006 in giallo e nel 2008 in viola, su ortofoto del 2006



c

Particolare dell'area incendiata nel 2005; è evidente lo stato di degrado del territorio rilevato nell'immagine IKONOS in cui la vegetazione appare nei toni del rosso

Le immagini riportano i rilievi svolti dal Corpo Forestale per la delimitazione delle aree incendiate. È evidente come i terreni che si trovano intorno al villaggio di Poggio dei Pini siano stati sottoposti quasi ogni anno a partire dai primi rilievi disponibili al danneggiamento del fuoco. L'immagine riportata a lato evidenzia con estremo dettaglio lo stato dei versanti incendiati e la loro conseguente predisposizione ai processi di erosione diffusa.

1.4 L'evoluzione dell'urbanizzazione e delle infrastrutture viarie

1.4.1 Ricostruzione storica del processo di trasformazione del territorio

Parte 1: sviluppo del sistema insediativo a partire dall'edificato spontaneo

Dalla ricostruzione diacronica da cenni storici, risulta che Capoterra è un insediamento storico ripopolato. Tra il XIV e il XVI secolo fu abbandonato per poi essere ricostituito nel '600 dal barone Gerolamo Torrellas. Notizie storiche riferiscono che il paese fu inizialmente abitato dai servi e dai familiari dello stesso barone. Il territorio fu interessato dallo stanziamento di pastori e agricoltori provenienti da altre zone della Sardegna settentrionale, specialmente dal Logudoro e dalla Gallura. Il primo nucleo di case, l'attuale Capoterra, fu chiamato Villa S. Efisio di cui si hanno poche informazioni; tuttavia i pastori abitavano nei pressi delle zone di pascolo, mentre per gli agricoltori l'eventualità di trasferirsi vicino al campo coltivato era meno frequente.

Il centro urbano pedemontano di Capoterra si è sviluppato con accrescimento piuttosto omogeneo e isotropo a partire dal primo nucleo di formazione esistente intorno alla Chiesa di Sant'Efisio; altri insediamenti, localizzati in zone limitrofe e sulla costa, sussistono nella collina (pedemontana) e nella piana costiera. L'espansione dell'edificato nel territorio nasce in seguito all'elevata esigenza di alloggi espressa dall'hinterland cagliaritano e dal capoluogo in particolare. Gli insediamenti pianificati e realizzati dal 1960 in poi, infatti, quali Poggio dei Pini, Residenza del Sole, Su Spantu, Frutti d'oro, Maddalena Spiaggia, Torre degli Ulivi, nascono come quartieri residenziali di pendolari.

La necessità dell'analisi dello sviluppo insediativo parte dall'assunto che l'espansione degli insediamenti generalmente comincia dai primi nuclei storici e che questi siano stati localizzati nei punti del territorio considerati più "sicuri". Qualora tali siti siano stati interessati dall'evento alluvionale, probabilmente le modificazioni del territorio sono state tali da comprometterne la sicurezza dal punto di vista del rischio idrogeologico, se invece non sono stati colpiti, le modificazioni non hanno avuto peso. L'analisi delle morfologie insediative, in tal caso, è volta a trovare le modifiche del territorio, anche apparentemente minimali, che mettono a rischio situazioni che originariamente non lo erano ed a individuare nuove localizzazioni per l'edificazione.

Parte 2: trasformazioni del territorio avvenute in seguito all'attuazione dello strumento urbanistico vigente e dei piani di lottizzazione.

L'analisi è finalizzata a definire il quadro conoscitivo unitario del territorio comunale attraverso la ricostruzione dell'evoluzione delle trasformazioni avvenute nel tempo. Si è pertanto proceduto:

- Alla ricostruzione delle dinamiche demografiche e della crescita del tessuto urbano e delle espansioni;
- All'analisi dell'evoluzione del sistema insediativo in relazione ai suoi caratteri morfologici;
- All'analisi del sistema dei servizi e delle principali infrastrutture.

Il Comune di Capoterra è dotato di un Programma di Fabbricazione datato 1969. I Piani di Lottizzazione ricadenti all'interno del Bacino del Rio San Gerolamo ricadono in zona omogenea C (Espansioni residenziali) del PdF vigente. La loro approvazione è databile prevalentemente tra il 1970 e il 1973.

L'anagrafica del PdF vigente, ricostruita dal SITR, è esplicitiva della storia urbanistica del Comune di Capoterra. Lo strumento vigente, datato 1969, è stato aggiornato per successive varianti disattendendo la previsione della L.R. 45/89 che prevedeva per tutti i comuni l'obbligo di dotarsi di un Piano Urbanistico Comunale da redigersi secondo le indicazioni della stessa legge. L'adeguamento del succitato PdF al DA 2266/U/83 (Decreto Floris) avviene solo nel 1996 mentre l'adeguamento alle Direttive per le zone agricole è datato 1999. Le altre varianti in parte riguardano il regolamento edilizio e in parte interessano la destinazione urbanistica delle singole zone omogenee.

I dati a disposizione fanno emergere la mancanza di un quadro pianificatorio e programmatico organico e definito.

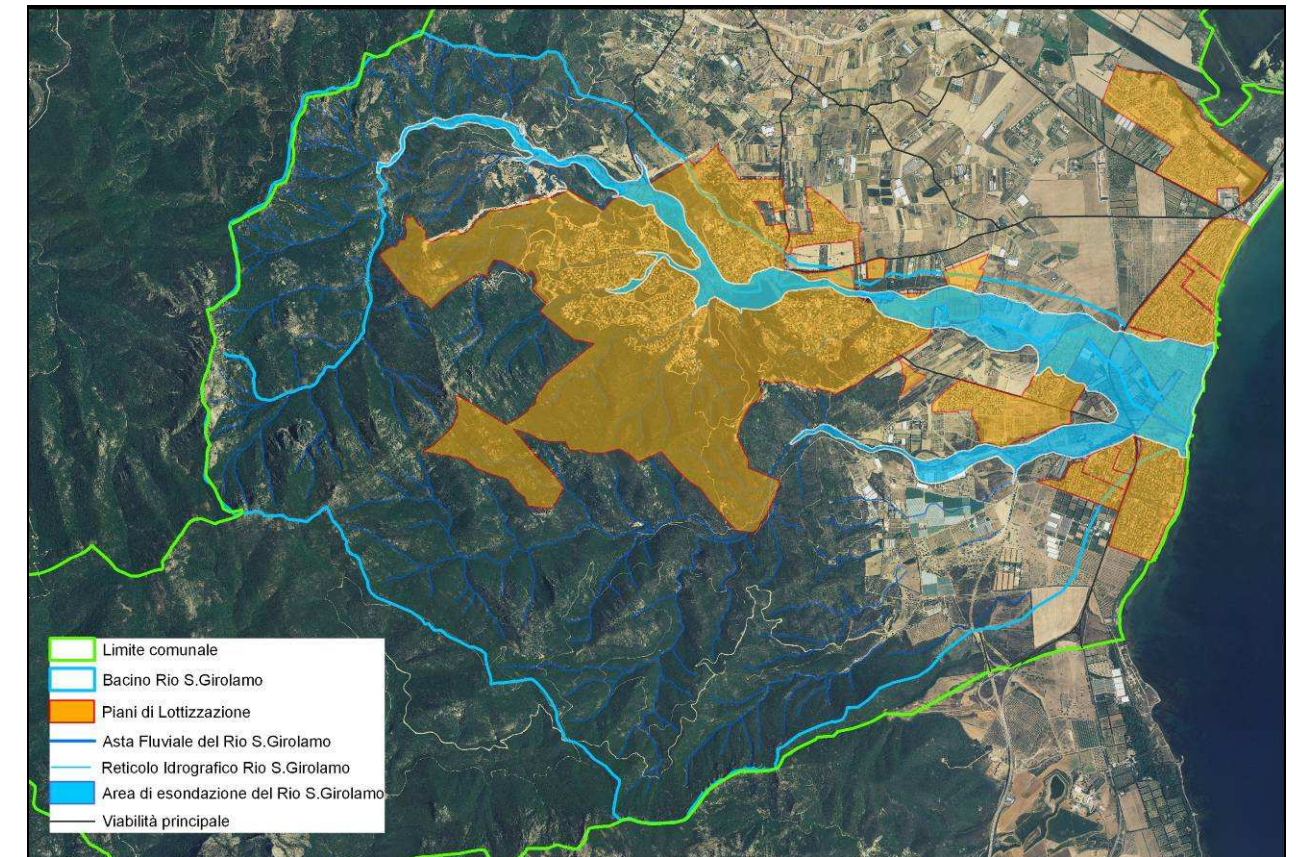


Figura 24. Evidenza delle aree interessate da pianificazione attuativa (in arancione) all'interno del bacino e dell'alveo di esondazione del Rio San Gerolamo.

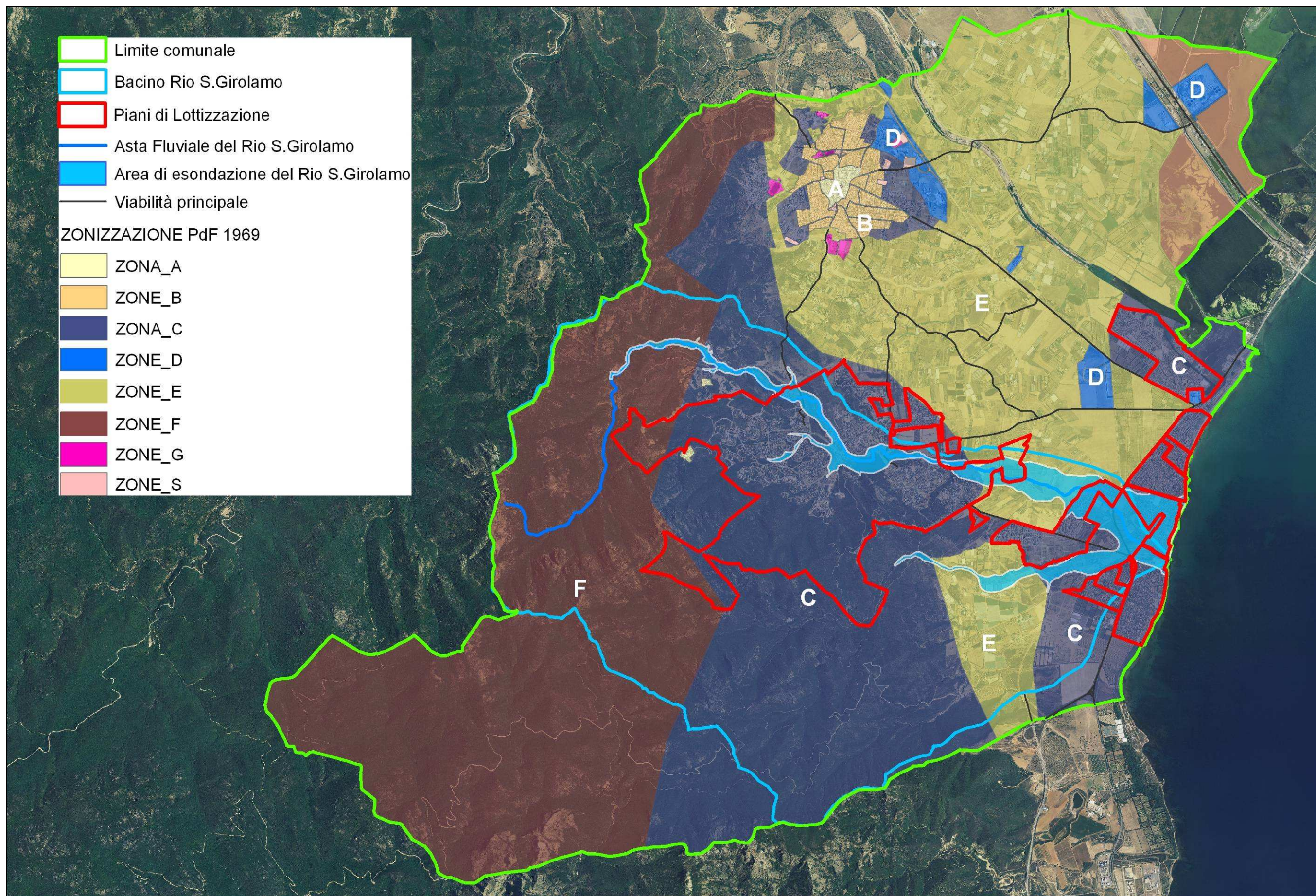


Figura 25 Sovrapposizione della zonizzazione prevista dallo Strumento Urbanistico vigente (Pdf 1969) con l'alveo di esondazione del Rio San Gerolamo. Le aree bordate di rosso sono le delimitazioni dei piani attuativi.

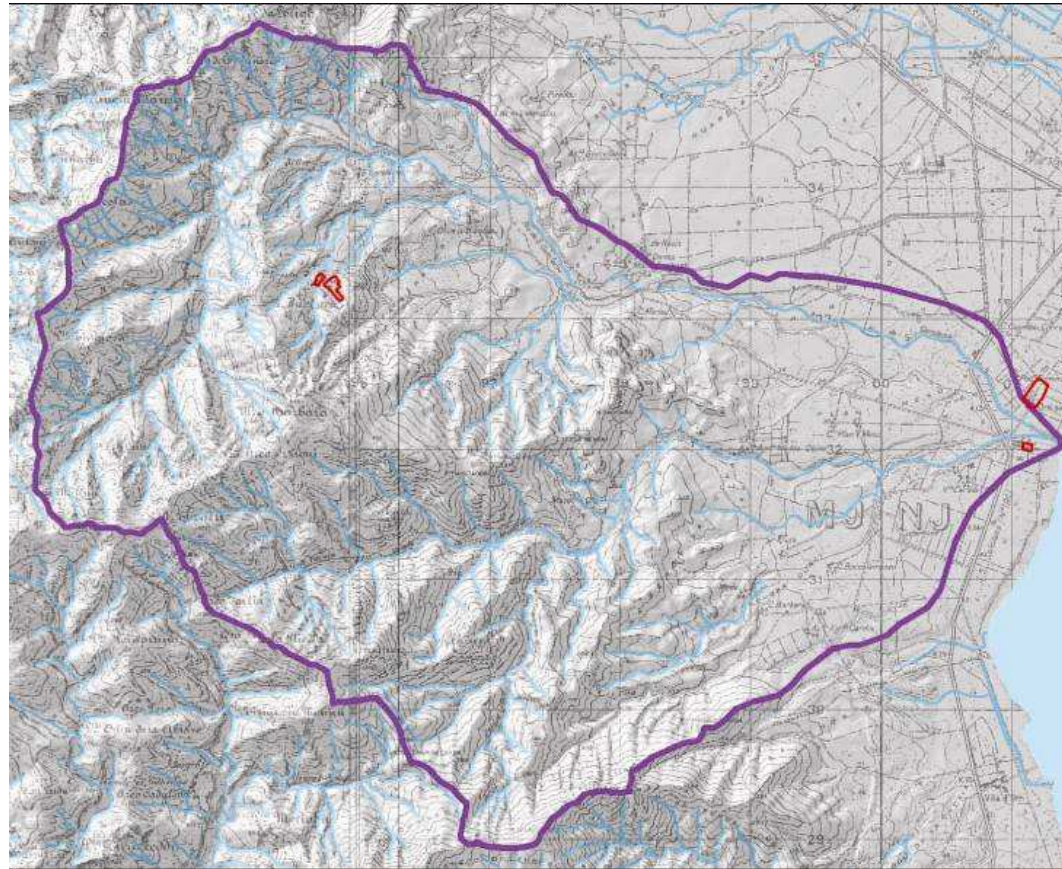


Figura 26 Evoluzione del sistema insediativo a partire dall'edificato spontaneo – Cartografia di fine '800

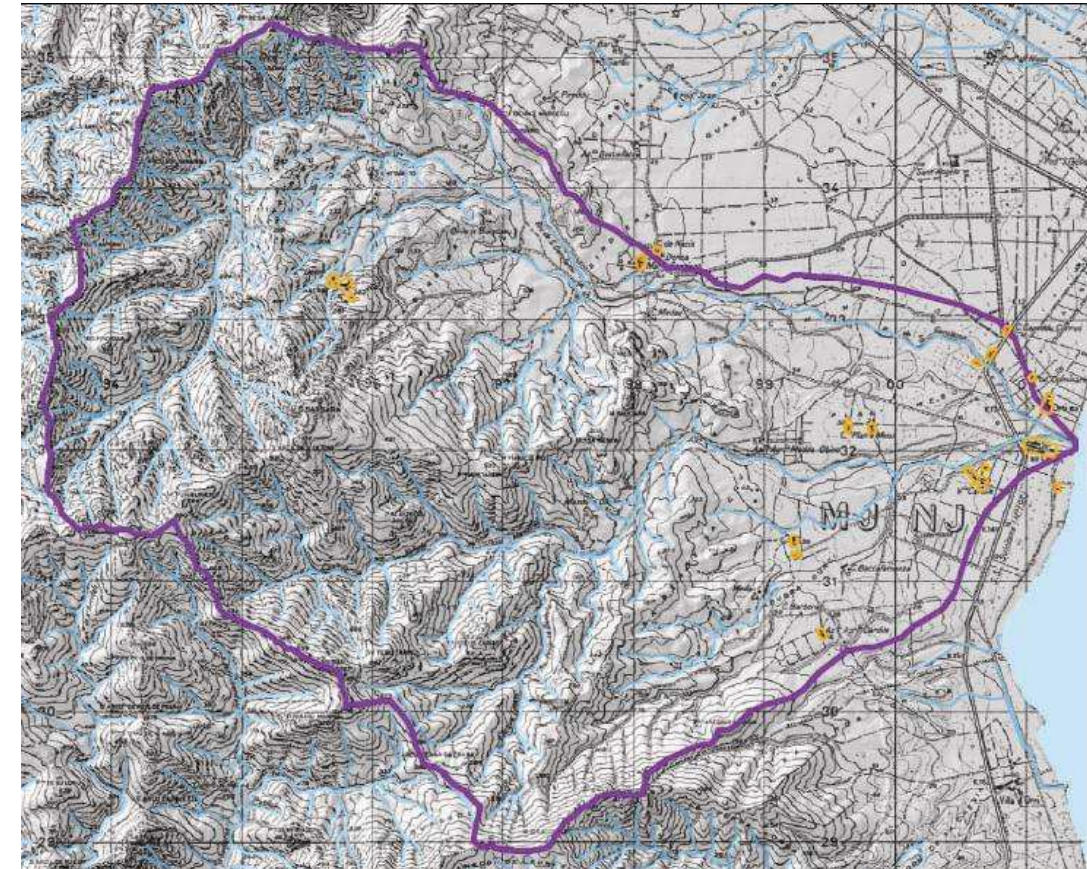


Figura 27 Evoluzione del sistema insediativo a partire dall'edificato spontaneo – Cartografia del 1960

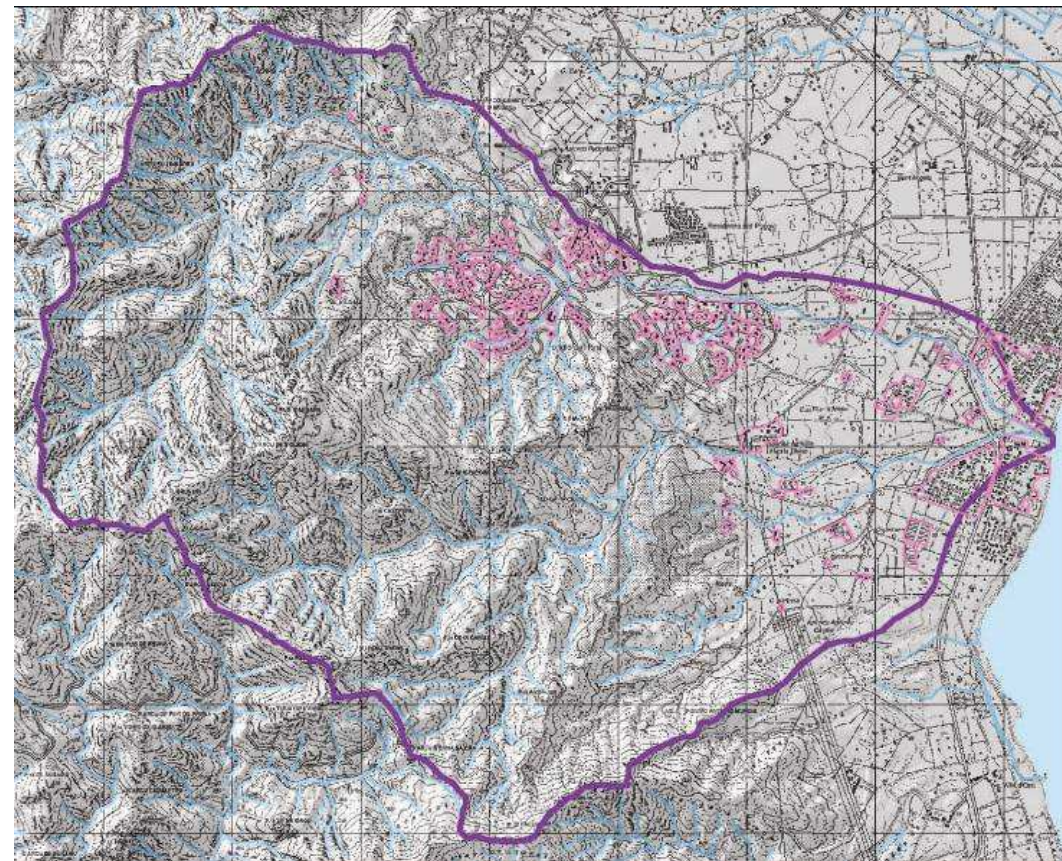


Figura 28 Evoluzione del sistema insediativo a partire dall'edificato spontaneo – Cartografia del 1989

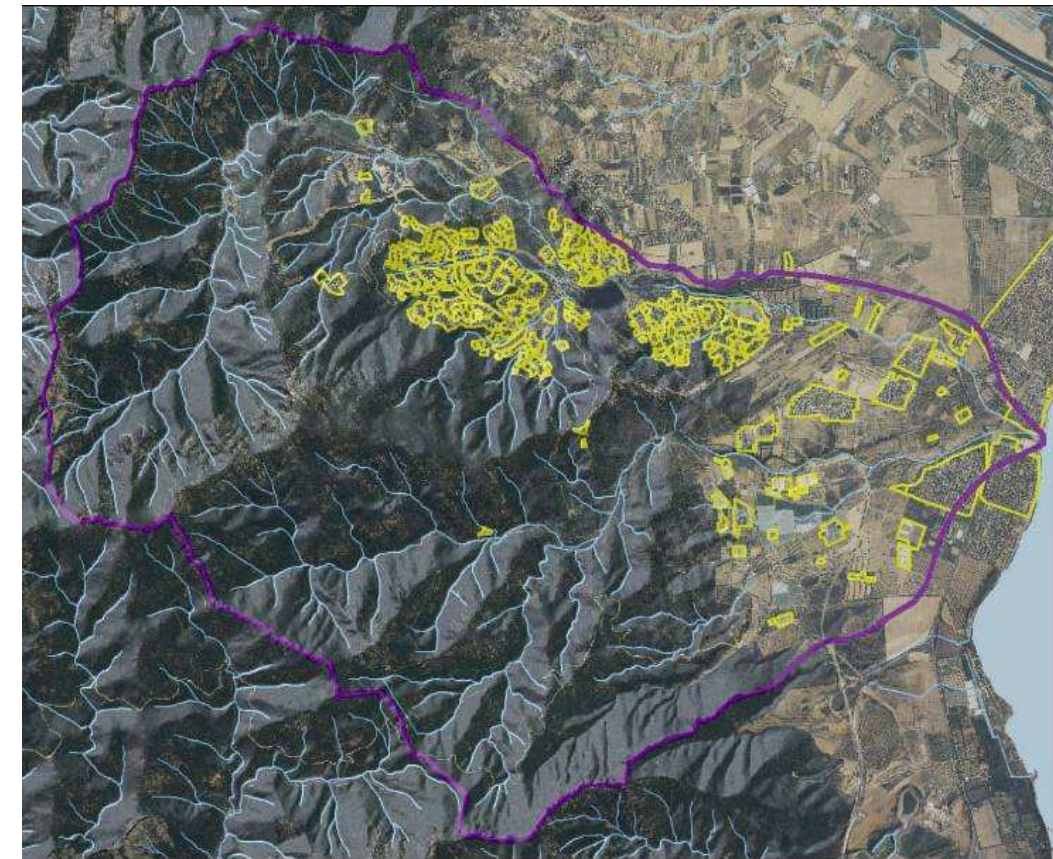


Figura 29 Evoluzione del sistema insediativo a partire dall'edificato spontaneo – Cartografia del 2006

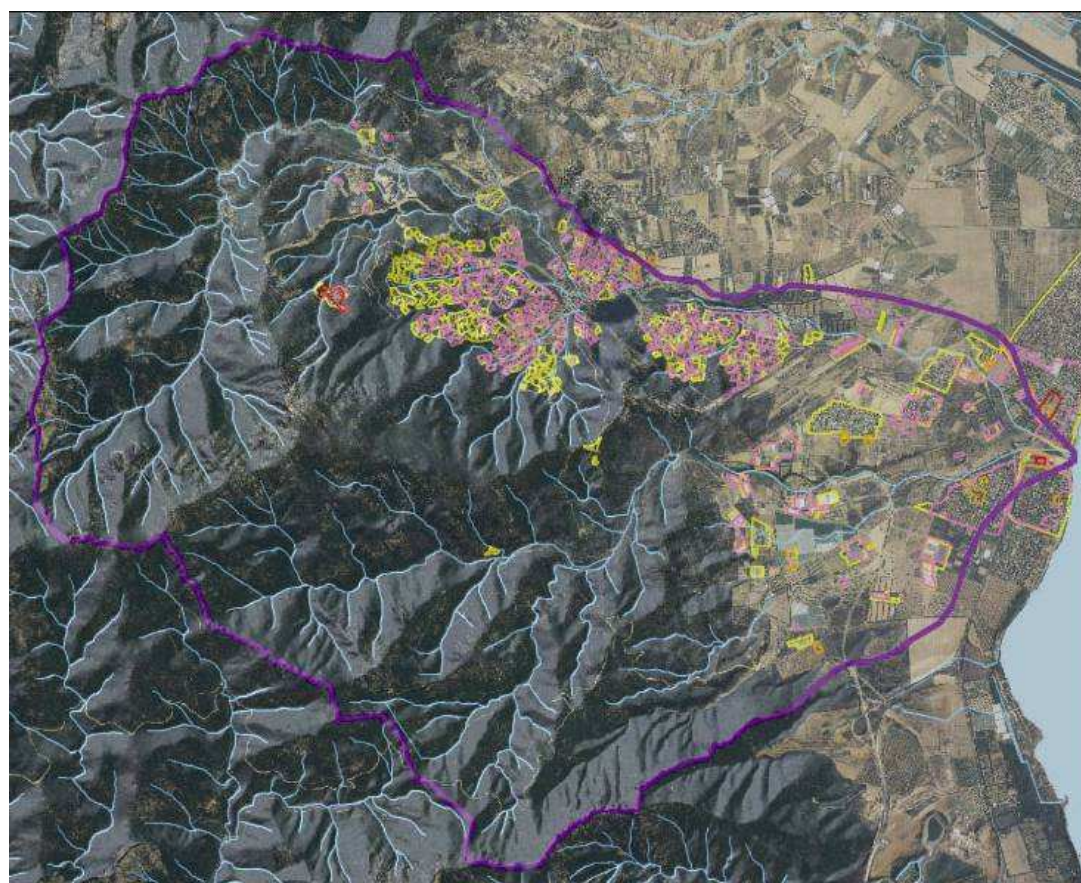


Figura 30 Sovrapposizione delle aree edificate nei quattro periodi di riferimento: fine 1800 – 1960 – 1989 - 2006

I grafici riportati di seguito mostrano l'incremento demografico della popolazione residente nel Comune di Capoterra e la superficie occupata dall'edificato (residenziale e non) all'interno del bacino del Rio San Gerolamo. Tali grafici evidenziano la crescita esponenziale verificatasi a partire dal 1960 a seguito della realizzazione delle lottizzazioni di Poggio dei Pini, Residenza del Sole, Su Spantu, Frutti d'Oro, Maddalena Spiaggia, Torre degli Ulivi.

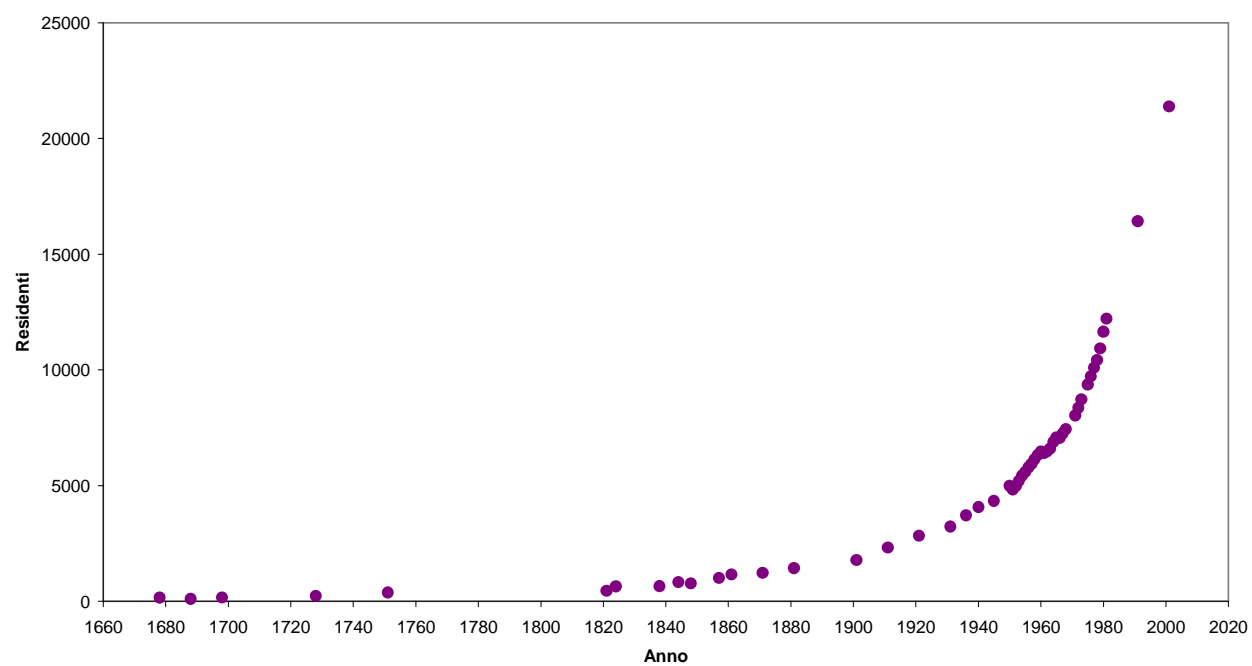


Figura 31 Dati demografici dal 1978 al 2001 – Popolazione residente nel Comune di Capoterra (Elaborazione su dati Corridore – 1902 – e Istat)

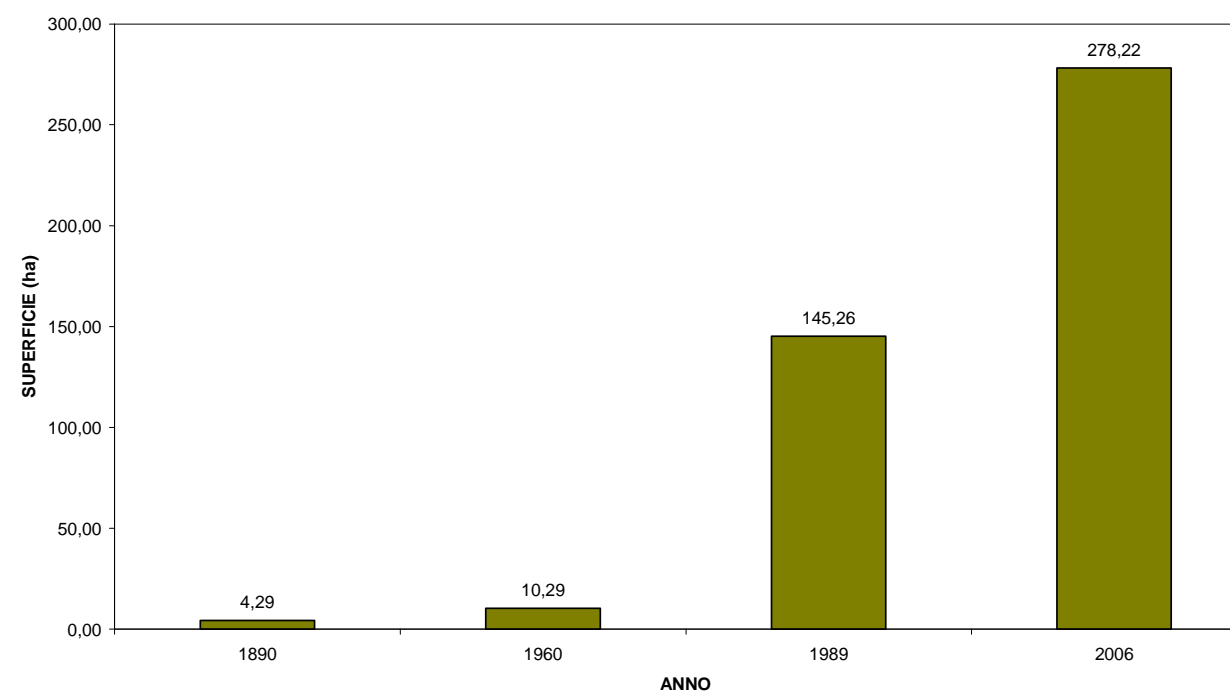


Figura 32 Grafico della superficie occupata dall'edificato all'interno del bacino del Rio San Gerolamo dal 1890 al 2006

1.4.2 Ricostruzione storica delle infrastrutture viarie

Sulla base dei dati cartografici disponibili presso la Banca Dati dell'Assessorato Enti Locali, Finanze e Urbanistica della RAS è stata ricostruita l'evoluzione del sistema infrastrutturale nel territorio del Comune di Capoterra e, in particolare, nell'area del bacino idrografico del Rio San Gerolamo.

Le prime analisi hanno permesso di evidenziare lo stretto legame tra lo sviluppo della rete infrastrutturale e l'attuazione delle scelte pianificatorie dello strumento urbanistico vigente. Le immagini riportate nella Tavola 5 mostrano l'area del bacino idrografico del Rio San Gerolamo. Dalla fine del 1800 fino agli anni '60 tale area era priva di insediamenti urbanistici consistenti e la viabilità si limitava a pochi tratti di extraurbana secondaria. Nelle immagini riferite al 1989 e al 2006 è evidente come lo sviluppo degli insediamenti residenziali (Poggio dei Pini, Residenza del Poggio, Rio San Gerolamo, Su Spantu e Torre degli Ulivi) abbia avuto una portata tale da modificare profondamente l'assetto urbanistico e "geografico" del territorio e, di conseguenza, abbia aumentato il numero di elementi di criticità in caso di eventi calamitosi (edifici, recinzioni, rilevati stradali, ponti, sono solo alcuni esempi di "ostacoli" da considerare nello studio del deflusso delle acque superficiali).

Le informazioni contenute in tali immagini sono puramente indicative a causa del diverso dettaglio di rappresentazione tra gli strati informativi disponibili (relativi al 2006 e alla scala al 10.000) e le cartografie utilizzate per il 1960 e 1989. Inoltre, nonostante la ricostruzione abbia seguito fedelmente quanto indicato nelle cartografie, il sistema di classificazione adottato non è facilmente generalizzabile per i quattro periodi storici di riferimento e si è pertanto deciso di classificare genericamente come viabilità secondaria quanto non certamente individuabile come viabilità extraurbana principale, secondaria e viabilità urbana. È comunque interessante poter effettuare delle analisi che forniscano delle cifre indicative in merito ad alcune situazioni. Il grafico riportato a lato evidenzia ad esempio il numero di intersezioni esistenti, nei quattro periodi di riferimento di cui sopra, tra i corsi d'acqua presenti all'interno del Bacino di Rio San Gerolamo e le infrastrutture viarie, distinte in viabilità principale (extraurbane principali, extraurbane secondarie, urbane e locali) e secondaria (mulattiere, strade campestri e di penetrazione agraria).

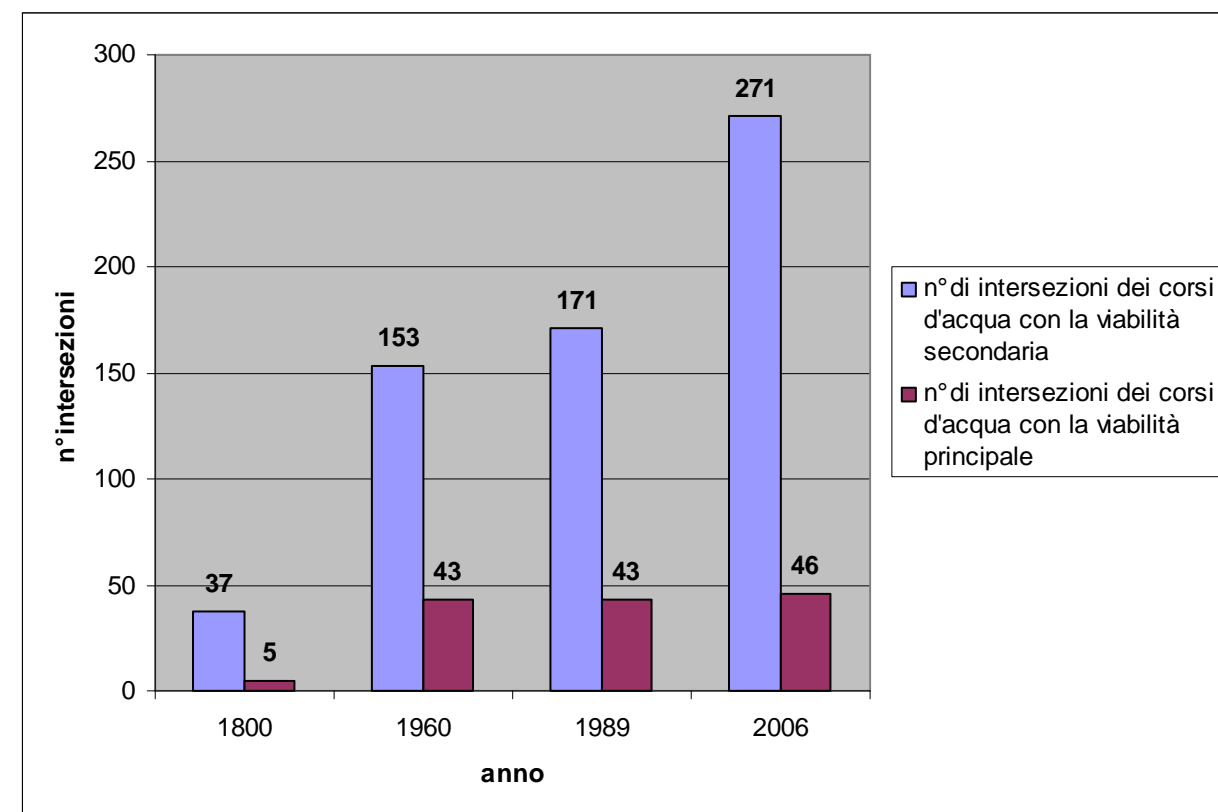


Figura 33 Grafico che evidenzia il numero di intersezioni esistenti tra i corsi d'acqua presenti all'interno del Bacino di Rio San Gerolamo e le infrastrutture viarie nei quattro periodi di riferimento fine 1800, 1960, 1989 e 2006

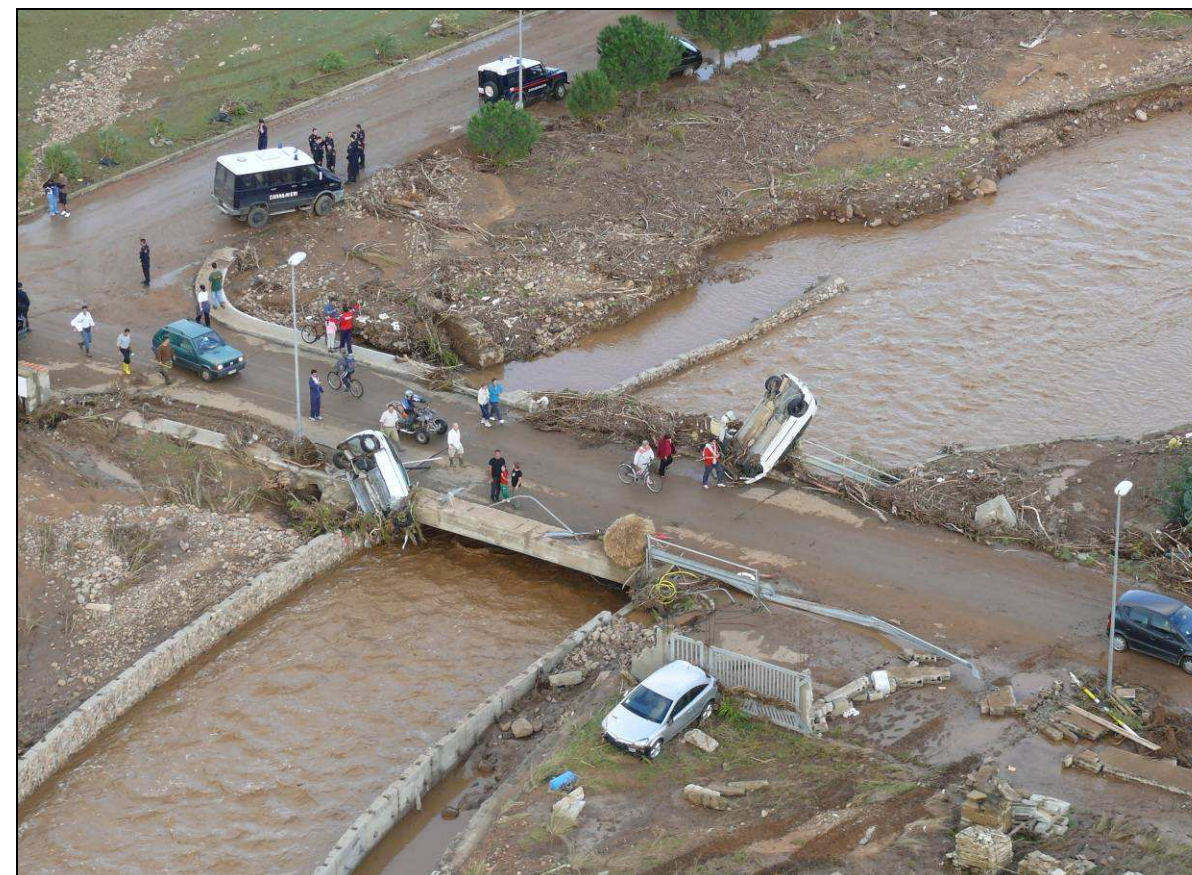
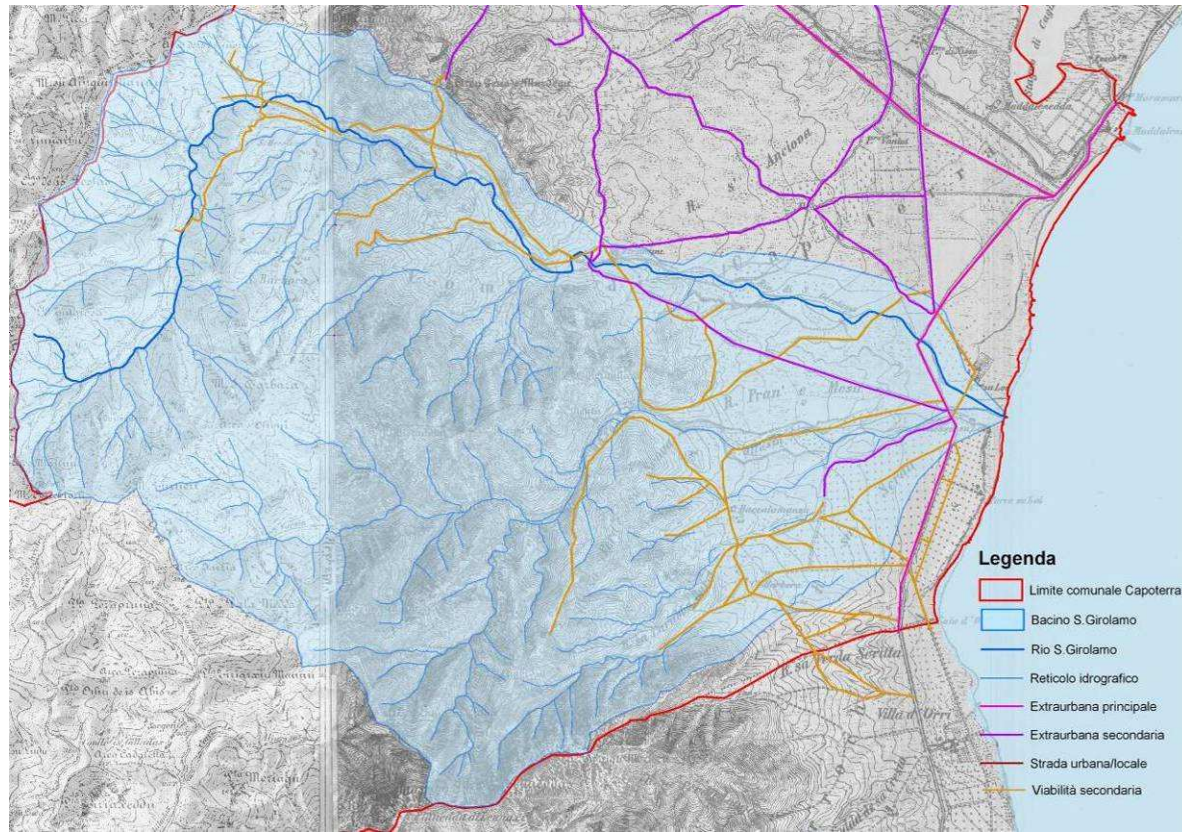
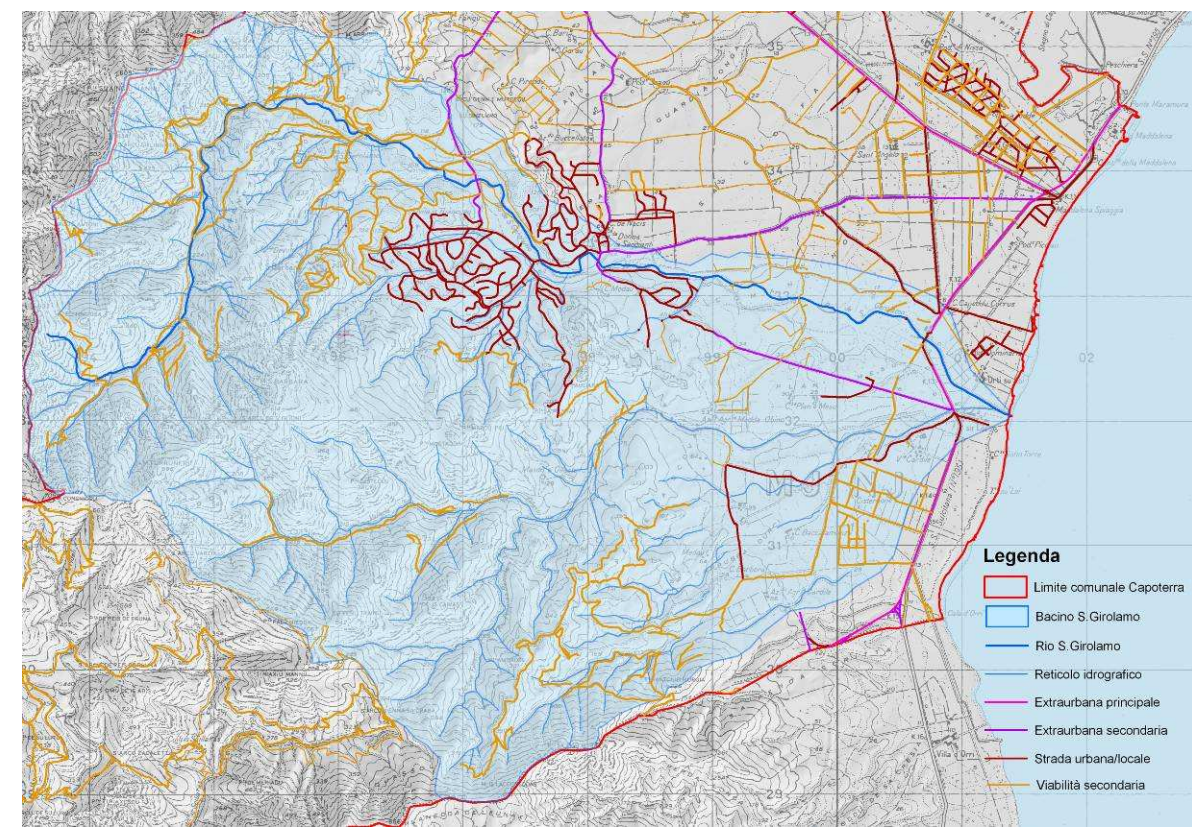


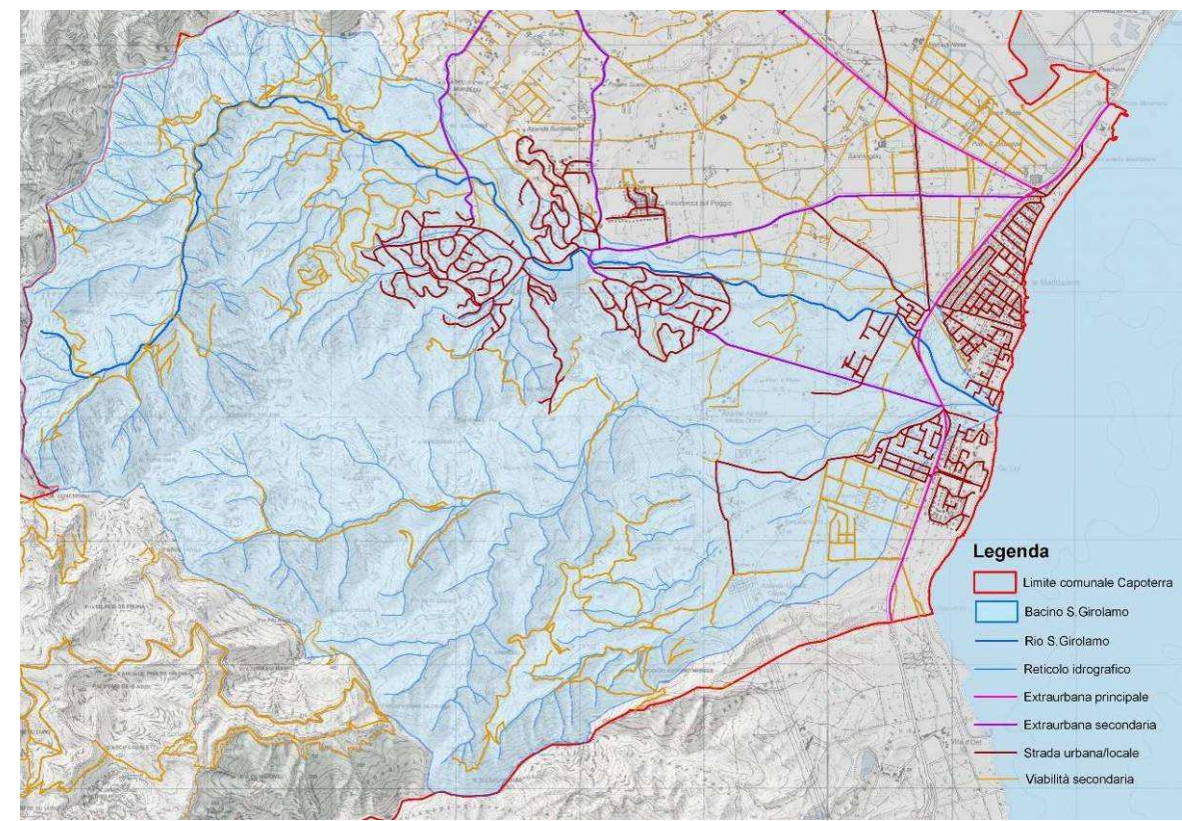
Figura 34. Ponte sul Rio San Gerolamo



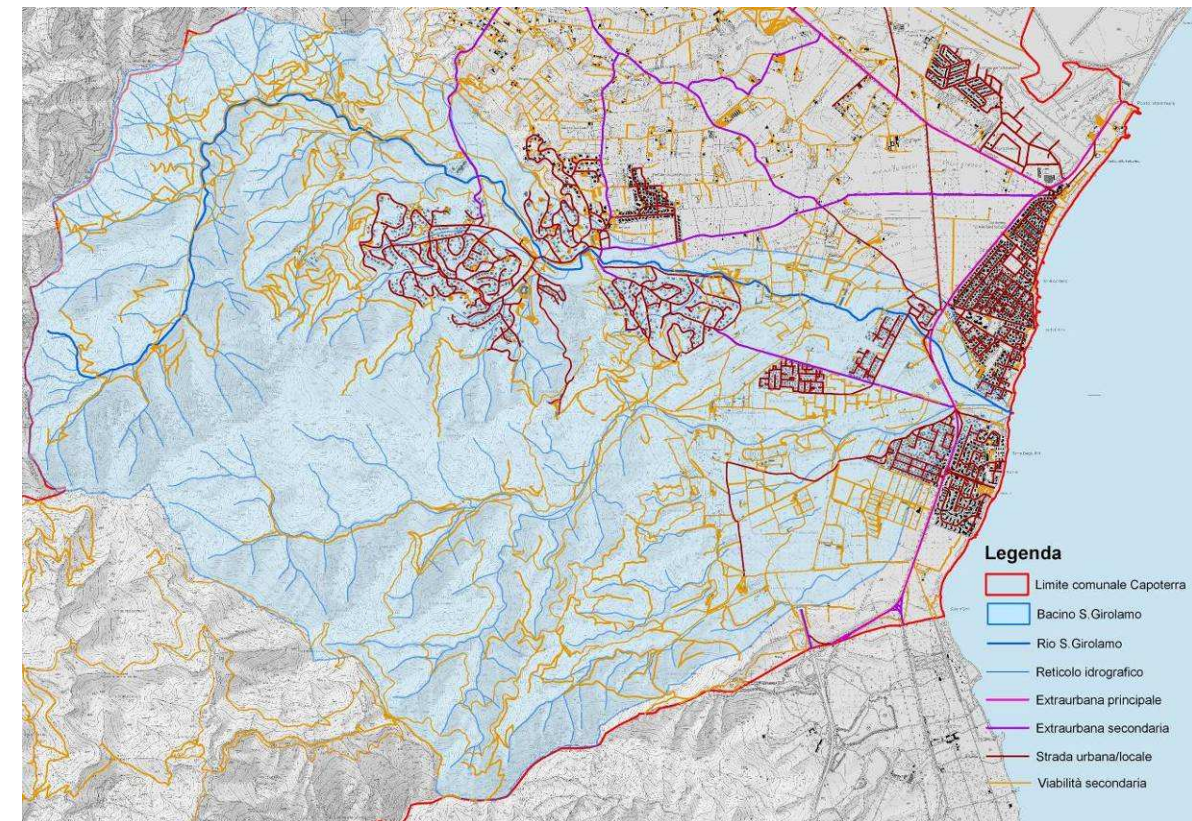
a - Bacino idrografico di Rio San Gerolamo – Infrastrutture viarie alla fine del 1800



b -Infrastrutture viarie nel 1960



c -Infrastrutture viarie nel 1989



d - Infrastrutture viarie nel 2006

1.4.3 Ciclo integrato dell'acqua

Il ciclo integrato dell'acqua consiste nelle fasi di approvvigionamento, potabilizzazione, distribuzione, raccolta e convogliamento acque reflue, depurazione, scarico o riutilizzo.

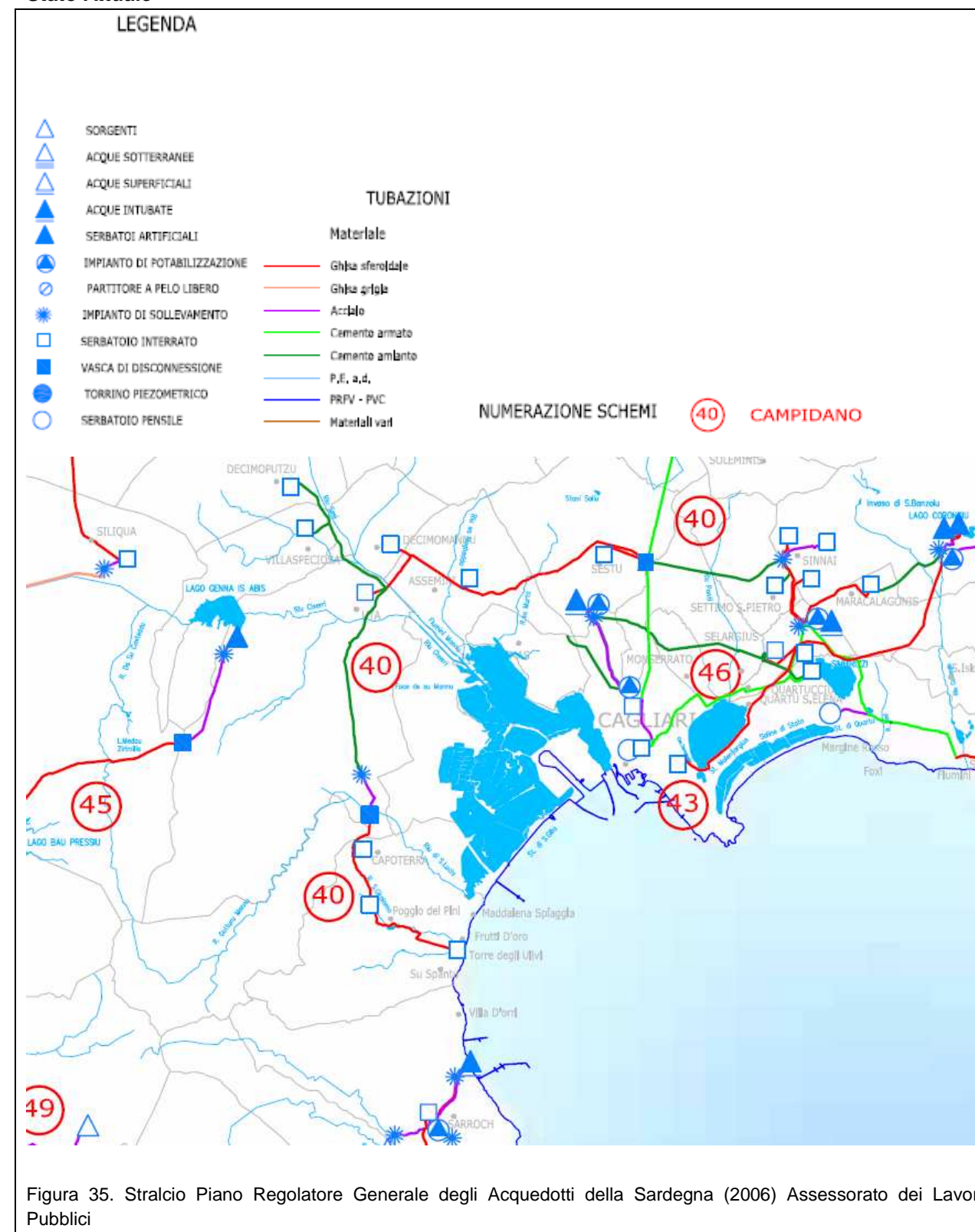
Nel settore di Capoterra l'assetto delle infrastrutture al servizio del ciclo integrato dell'acqua, sia quelle esistenti sia quelle in progetto, sono desumibili dagli strumenti di pianificazione di settore, che nello specifico sono il Piano di Tutela delle Acque, il Piano d'Ambito, il Piano Regolatore Generale degli Acquedotti, il Piano stralcio per l'utilizzazione delle Risorse Idriche.

In attuazione della Direttiva 2000/60/CE, del DLgs 152/2006 e s.m.i., e della LR 19/2006 è in itinere la predisposizione del Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sardegna (evoluzione del Piano di Tutela delle Acque approvato nel 2006). Il Piano di Gestione è un'articolazione interna del Piano di Bacino Distrettuale ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso per la tutela e la corretta utilizzazione delle acque.

Nelle figure seguenti (Figure 35 – 37) sono riportati degli stralci della cartografia del Piano Regolatore Generale degli Acquedotti della Sardegna (revisione 2006) per quanto riguarda l'approvvigionamento, la potabilizzazione e la distribuzione delle acque e del Piano di Tutela delle Acque della Sardegna (2006) per quanto riguarda gli schemi fognario-depurativi.

1.4.4 Approvvigionamento idrico, potabilizzazione e distribuzione

Stato Attuale



Assetto futuro

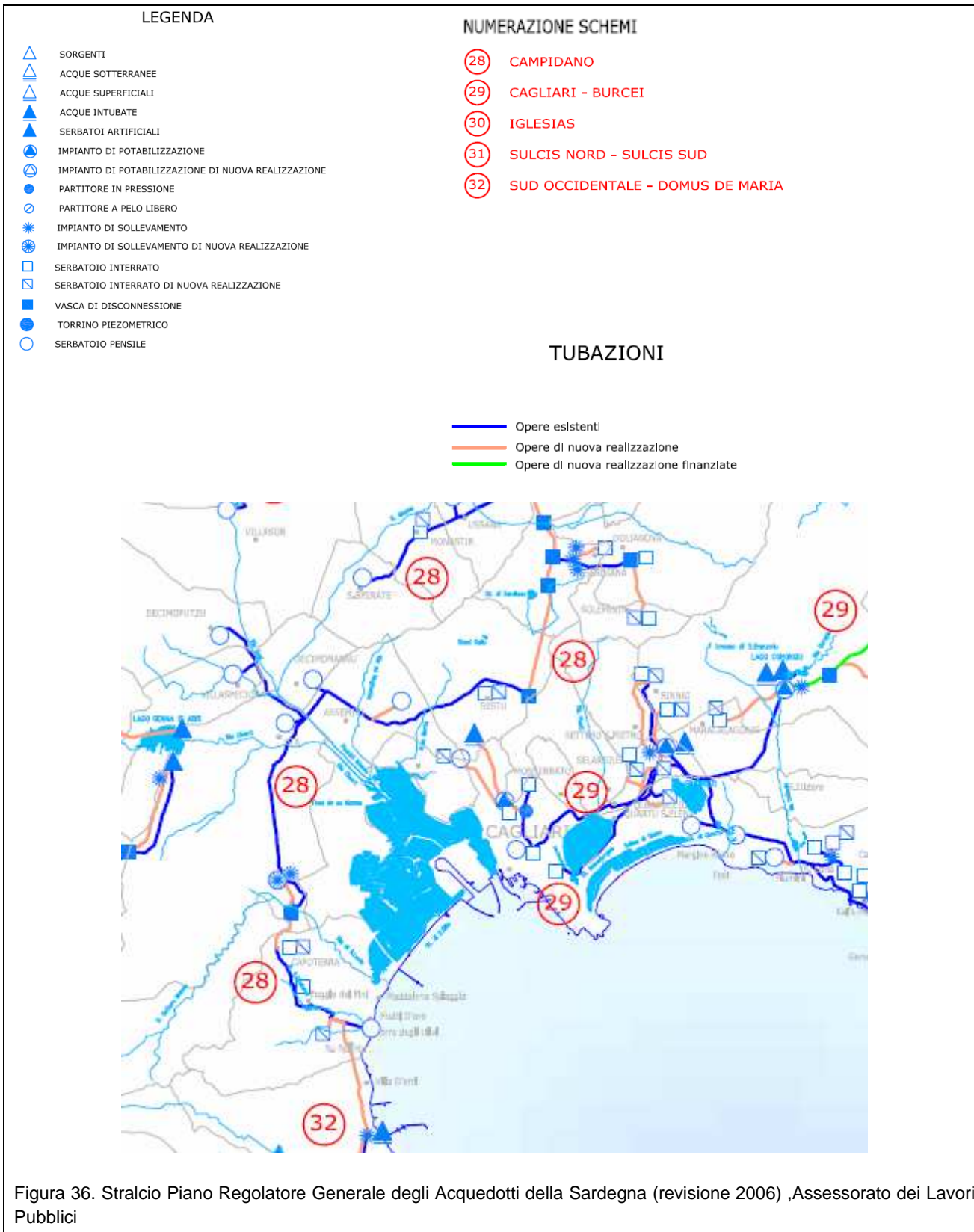


Figura 36. Stralcio Piano Regolatore Generale degli Acquedotti della Sardegna (revisione 2006) ,Assessorato dei Lavori Pubblici

Sistemi di fognatura e depurazione

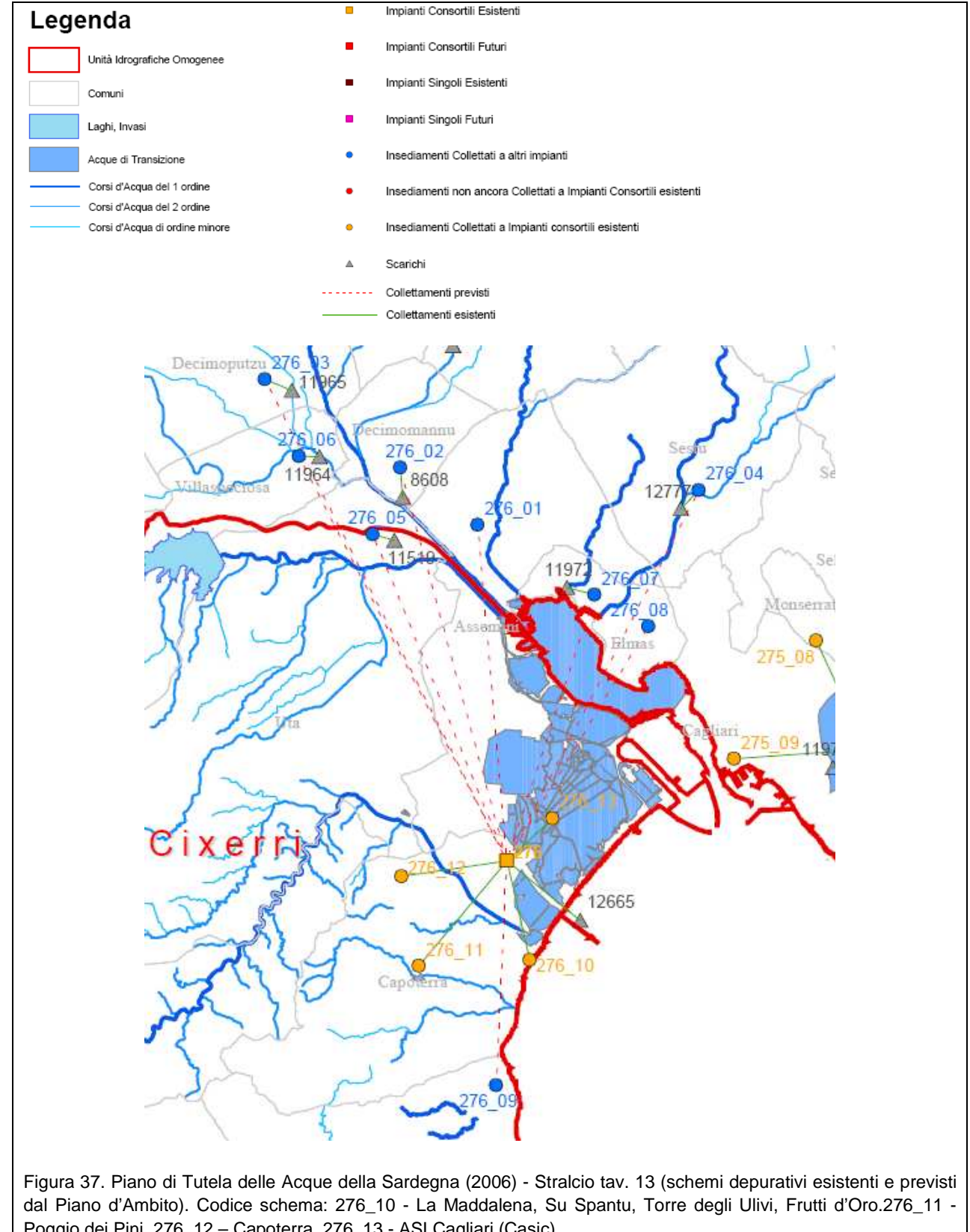


Figura 37. Piano di Tutela delle Acque della Sardegna (2006) - Stralcio tav. 13 (schemi depurativi esistenti e previsti dal Piano d'Ambito). Codice schema: 276_10 - La Maddalena, Su Spantu, Torre degli Ulivi, Frutti d'Oro. 276_11 - Poggio dei Pini. 276_12 - Capoterra. 276_13 - ASI Cagliari (Casic).

2 STORICITÀ DEL FENOMENO ALLUVIONE

2.1 Cronistoria

Si riporta di seguito una breve cronistoria degli eventi alluvionali che hanno interessato la Sardegna meridionale, per un intervallo di tempo di 213 anni, ricavato dal sito pubblico dell'Ordine dei Geologi della Sardegna (<http://www.geologi.sardegna.it>)

1795 - Grave inondazione interessa l'abitato di Pirri e le campagne circostanti.

1796, 5 Ottobre - Grave inondazione a Pirri e nelle campagne circostanti. Ci furono 6 vittime tra la popolazione.

1796, 27 Ottobre - Inondazione a Pirri e nelle campagne circostanti

1797 - Inondazione a Pirri senza gravi conseguenze

1847 - Alluvione nel Campidano meridionale con distruzione del ponte della Scaffa.

1856, 28 Ottobre - Prime ore del mattino: un'alluvione interessa l'abitato di Pirri (alluvione di S. Simone). Si contò una vittima, un donnese che fu trascinato dalle acque con il suo cavallo fino allo stagno di Pauli.

1867 - Alla siccità nel primo semestre dell'anno seguì l'invasione delle cavallette ed infine si verificò un'inondazione che causò, a Pirri, una vittima nei pressi della Via Chiesa.

1868 - Grave inondazione dell'abitato di Selargius con distruzione di gran parte della cittadina. Seguirono la carestia e le epidemie di malaria e colera.

1869 - Si presentarono ancora fenomeni meteorologici estremi con inondazioni seguiti da siccità per tutto il Campidano di Cagliari.

1881 - Alluvione a Quartucciu: il corso d'acqua chiamato s'Arriu che divide in due il paese esondò provocando innumerevoli danni.

1889, 5 Ottobre - Una violenta tempesta colpisce alle sei del mattino tutta l'area di Cagliari ed in particolare i paesi di Pirri, Monserrato, Selargius, Quartucciu e Quartu. Dopo non più di 2 - 3 ore di intense precipitazioni i paesi furono pressoché distrutti e si contarono decine di morti e migliaia di senzatetto. A Pirri vi fu una vittima, una donna di nome Defenza Lecca. Questa alluvione verrà ricordata come la grande alluvione del Campidano di Cagliari, e spingerà il Governo a prendere i primi provvedimenti per la salvaguardia dei centri abitati dell'area a Sud-Est del Campidano.

1892 - La notte tra il 21 ed il 22 Ottobre una violenta perturbazione interessò tutto il Campidano di Cagliari. In particolare vennero colpiti i centri di Assemini, Decimo, San Sperate e Elmas. I danni maggiori si ebbero a S. Sperate che fu letteralmente distrutta. Le vittime furono 200. Anche gli altri centri subirono molti danni materiali e perdite di vite umane ma in misura minore rispetto a S. Sperate.

1893 - La notte tra il 28-29 novembre un furioso nubifragio interessò tutta l'area del Cagliariitano. Pirri fu inondata e le acque raggiunsero il metro e mezzo; la strada per Cagliari fu interrotta e si contarono innumerevoli danni. Le cose andarono peggio per Monserrato, Selargius, Quartucciu e Quartu S.E. sul versante orientale, mentre sul versante occidentale fu colpita Elmas dove si lamentarono 2 vittime tra i residenti, come a Selargius.

1898 - Alluvione nel Campidano meridionale. Come già avvenuto nel 1847, venne distrutto il ponte della Scaffa.

1929 - La notte tra il 7 - 8 ottobre un forte nubifragio colpì il settore sud e sud-ovest della Sardegna. I maggiori danni vennero registrati a Uta; seguirono Siliqua, Villaspeciosa, Domusnovas, Iglesias, Decimoputzu, Villaperuccio, Vallermosa, Cagliari e Narcao. A Uta si registrarono i maggiori danni in termini umani, con il

decesso di una madre e dei suoi due figlioletti. In termini economici i danni vennero valutati in circa due milioni di lire.

1929, 9-10 Novembre - Una alluvione interessò nuovamente le campagne del Campidano di Decimomannu, già provate dall'alluvione del mese di ottobre, con molti danni all'agricoltura.

1930, 10-14 Febbraio - L'evento meteorologico durò circa 5 giorni e interessò in modo particolare le zone del Campidano di Cagliari, con i comuni di Decimomannu, Uta, Decimoputzu e Villaspeciosa. Dalle ore 06.00 del mattino del giorno 10 Febbraio 1930, un violento temporale durato quasi 12 ore consecutive provocò innumerevoli danni agli edifici ed alle campagne di Decimomannu e Villasor.

1939 - Il pomeriggio del 31 agosto un violento nubifragio provocò una devastante inondazione a Pirri. Il paese fu improvvisamente sommerso dalle acque che in alcune zone superarono i 2 metri. Si contarono 2 vittime: un bambino di 10 anni, Piero Lai, ed un operaio. Altre persone si salvarono a stento aggrappandosi a degli alberi o per l'intervento dei soccorritori. Vi furono oltremodo innumerevoli danni agli edifici ed alla viabilità.

1946 - Notte tra il 26-27 ottobre. Un nubifragio investì il giorno 26 ottobre tutta la Sardegna provocando intensissime precipitazioni su tutto il suo territorio ed in particolare nel settore Orientale e Meridionale nonché nell'algherese. Le piogge cadute sul Campidano di Cagliari, con i comuni di Elmas, Assemini, Sestu e Monastir, raggiunsero intensità notevoli (fino a due millimetri al minuto). Gli effetti più disastrosi si ebbero nella zona di Sestu e Elmas, dove una enorme massa d'acqua dovuta alla piena violenta e al conseguente straripamento del rio Marreu, investì i centri abitati travolgendo le abitazioni e provocando una quarantina di vittime. Le umili costruzioni di fango non riuscirono a frenare l'ondata che colpì maggiormente anziani e bambini. Le piogge in questa zona cominciarono a cadere verso le 22,00 del 26 ottobre mentre verso le 23,30 dello stesso giorno l'ondata di piena attraversò Sestu dirigendosi verso Elmas, per poi deviare in direzione NW-SE proseguendo verso lo stagno di Santa Gilla, nel quale si trovarono nei giorni successivi buona parte dei cadaveri. A Sestu il livello delle acque raggiunse i due metri, ben poca cosa rispetto ai quattro metri registrati ad Elmas, dove successivamente alla prima ondata, le acque si stabilizzarono su un'altezza di un metro circa.

1951 - La pioggia cadde dal 15 sino al 19 ottobre, smettendo nel meridione dell'isola e proseguendo verso l'Ogliastra e il Sassarese per qualche giorno. Nel cagliaritano i danni più ingenti furono a Flumini di Quartu e a Capoterra, dove furono allagate le campagne per un totale di 1200 ettari.

1953, 16 marzo - Diversi temporali allarmarono le popolazioni della Sardegna ed in particolare a Cuglieri, a Decimomannu e nell'Ogliastra, dove si era ancora alle prese con i danni provocati dal maltempo del 1951.

1957, 22 gennaio - L'evento interessò l'Ogliastra, i paesi del Gennargentu, la zona di Serramanna e quella dei monti del Sulcis nonché il Campidano di Cagliari. A Cagliari si registrano 108 mm di pioggia. I danni più ingenti si ebbero nelle campagne di Serramanna.

1961, 22 - 23 novembre - L'evento interessò diversi comuni del Campidano di Cagliari e della piana del Cixerri tra cui Decimomannu, Decimoputzu, Assemini, Uta, Elmas, Sestu, Capoterra, Siliqua, Villasor, Villaspeciosa e la zona industriale di Macchiareddu. Le precipitazioni ebbero inizio nella giornata dal 22 e terminarono in pratica il giorno successivo.

1965, 17-18 e 25 ottobre - Dopo le piogge intense del 17-18 che colpirono le regioni settentrionali ed orientali dell'Isola i fenomeni si localizzarono nella giornata del 25 nel Campidano di Cagliari coinvolgendo oltre al Capoluogo anche i comuni di Uta, Assemini, Capoterra e Pula dove vi furono ingenti danni e molte furono le operazioni di salvataggio.

1985, 28-29 ottobre - Le precipitazioni iniziarono nella zona di Cagliari e Capoterra, nella notte tra sabato 27 e domenica 28 Ottobre; smisero durante la giornata del 28 per riprendere verso le 13 del giorno successivo con uguale intensità. Le piogge del giorno 29 interessarono invece la zona del Sarrabus.

1986, 14-17 ottobre - Le zone interessate furono il Cagliaritano e Capoterra, già colpite dall'alluvione del 1985, con la differenza questa volta il nubifragio fu molto più violento, con precipitazioni assai elevate, accompagnate da isolate trombe d'aria. La piena del rio Santa Lucia fu responsabile dell'inondazione della piana di Capoterra-Poggio dei Pini-Saline Contivecchi-Maddalena spiaggia. Determinante anche l'apporto di una certa quantità d'acqua del rio Cixerri, il quale però riuscì a trovare immediatamente sbocco a mare, attraverso lo stagno di Santa Gilla. Da un certo punto di vista si osservò che il merito di aver tenuto distinti i due corsi d'acqua (il rio Santa Lucia e il Cixerri), spettava ai vecchi canali delle saline.

1988, 1 ottobre - L'evento interessò le zone di Teulada, Domusdemaria e Pula. Le fortissime precipitazioni localizzate in precisi versanti montuosi, iniziarono nelle primissime ore del giorno 1 ottobre. Nel volgere di poche ore sull'impervio canalone che costituisce il letto del rio Mannu, si riversò una vera e propria valanga d'acqua, proveniente dalle quote più elevate di Punta Sebera e Punta Calamixi. In queste cime per tutta la notte violenti temporali avevano ingrossato i torrenti, provocando inoltre numerosi fenomeni franosi che avevano immediatamente avuto ripercussioni sul naturale deflusso delle acque.

1990, 9 ottobre - Un'ondata di maltempo colpì la provincia di Cagliari ed in particolare le zone attorno al capoluogo quali Capoterra, Uta, Assemini, San Sperate, Sestu, Dolianova e del Sulcis (Carbonia, San Giovanni Suergiu, Tratalias). A Capoterra i danni all'agricoltura furono notevoli ed in particolare vennero compromessi i raccolti di colture pregiate; il danno maggiore fu comunque la distruzione pressoché completa di decine di serre.

1999, 11-12-13 novembre - Un'ondata di maltempo colpì la provincia di Cagliari e il Sarrabus. La violenta perturbazione provocò un'alluvione che colpì Capoterra, Assemini e Uta: i danni furono ingentissimi e ci furono 2 vittime. In 8 ore caddero 376 mm di pioggia.

2002, 9 ottobre - Un nubifragio si abbatte su Cagliari ed interland. A Pirri l'onda di piena provoca innumerevoli danni e pone a serio rischio la vita dei cittadini. In venti minuti cadono 28 mm di pioggia.

2002, 11 novembre. A distanza di circa un mese un altro nubifragio si abbatte su Cagliari ed hinterland provocando nuovamente gravi allagamenti a Pirri e Monserrato.

2004, 6 dicembre - Piogge intense colpiscono tutta la Sardegna ma a Villagrande Strisaili (Ogliastra) caddero in poche ore oltre 500 mm di pioggia provocando ingenti danni e la morte di due persone.

2005, 5-6 aprile - Un nubifragio si abbatte su varie zone della Sardegna meridionale determinando numerose inondazioni e gravi danni alle colture e alle attività. Particolari danni si hanno in territorio di Pula, Domusdemaria, Sarroch e Capoterra. Inondazioni anche a Solanas.

2005, 13 novembre - Un nubifragio si abbatte su Cagliari ed interland - Pirri viene nuovamente inondata: le acque superano il metro d'altezza.

2006, 25 settembre - Un nubifragio si abbatte su Cagliari ed hinterland durante la notte ed il primo mattino (24-25 Settembre) - Pirri viene duramente colpita e le acque invadono buona parte del centro abitato.

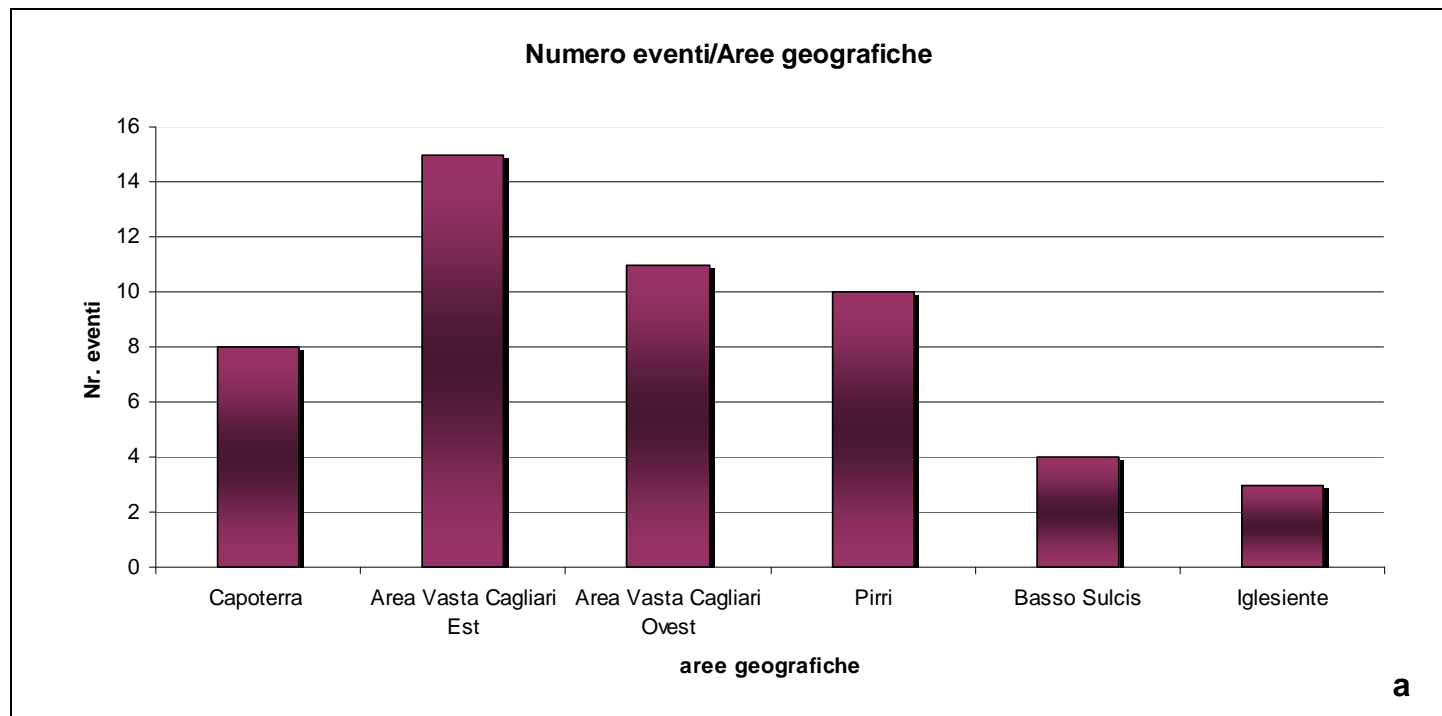
2006, 13 Novembre - Ore 12.00: un nubifragio si abbatte su Cagliari ed hinterland causando innumerevoli allagamenti - Per la prima volta la protezione civile interviene preventivamente in alcune aree a rischio.

2007, 4 maggio - Intense precipitazioni determinano numerosi allagamenti nel territorio di Pula.

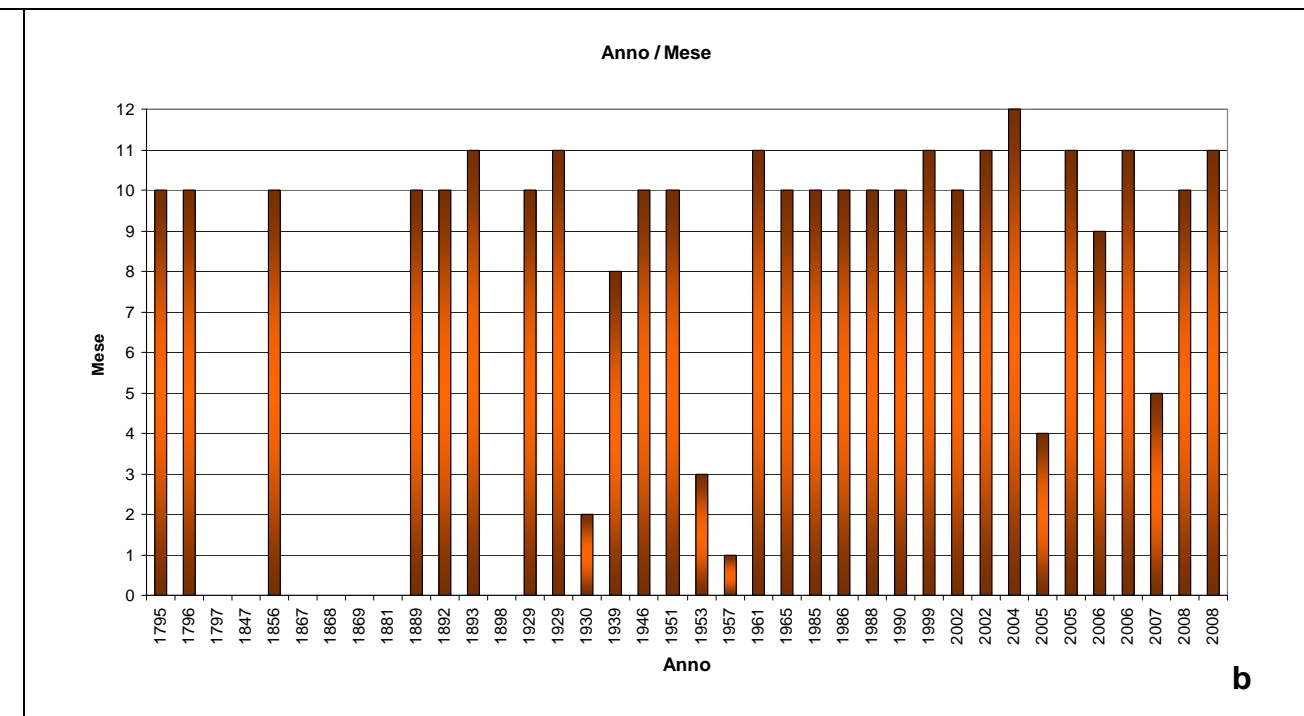
2008, mattina del 22 ottobre - Nubifragio nel settore di Capoterra e dell'hinterland cagliaritano. Gravi allagamenti a Capoterra (Poggio dei Pini, Frutti D'oro II, Su Loi), Pirri e Monserrato. Allagamenti anche nelle campagne di Sestu ed Elmas. In territorio di Capoterra, tra Poggio dei Pini e Fruttidoro II; muoiono annegate 4 persone. Un'altra vittima viene segnalata a Sestu.

Da una prima osservazione della sintesi cronologica degli eventi alluvionali della zona meridionale della Sardegna come riportata sopra, letta anche secondo una trasposizione grafica di alcuni elementi (aree geografiche, ricorrenza stagionale, numero di vittime, ecc.) appare evidente che i fenomeni alluvionali in Sardegna abbiano carattere tutt'altro che eccezionale e abbiano comportato, oltre ad ingenti danni agli edifici e alle colture, numerose perdite di vite umane. Si evidenzia che i disastri che si sono succeduti negli anni non sono attribuibili al caso o al clima impazzito, ma piuttosto alla concomitanza di cause e fenomeni ben conosciuti, per contrastare i quali sono necessarie azioni a favore di una pianificazione equilibrata, studi approfonditi per tutte le specificità tecniche, interventi adeguati e, soprattutto, controlli efficaci. Nella situazione attuale assumono carattere di pericolosità non solo gli eventi piovosi eccezionali, ma anche le precipitazioni poco più che normali, e i motivi sono di solito da imputarsi alla mancanza di opere atte a prevenire le piene o a limitarne gli effetti o, peggio, a interventi errati o inadeguati (Tavola 6).

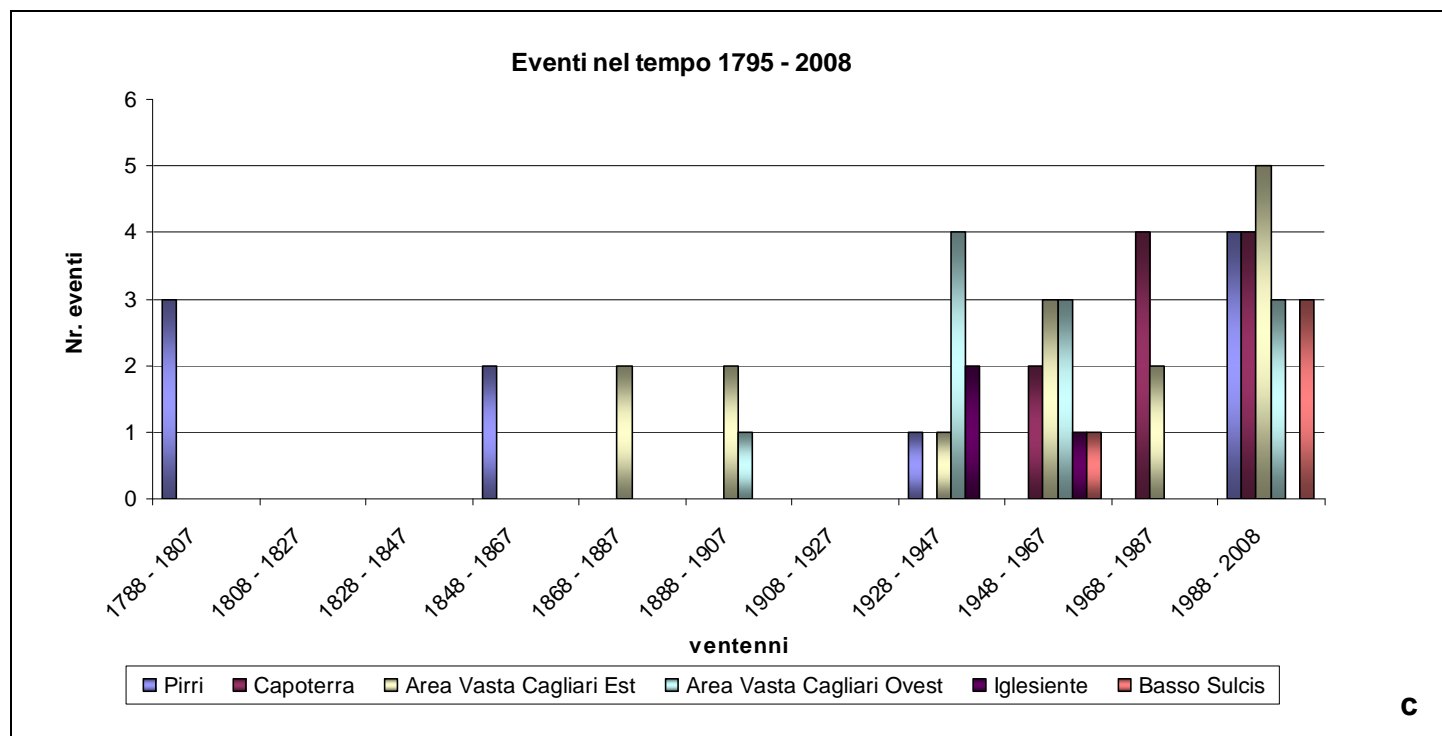
Dalla sintesi cronologica degli eventi alluvionali della zona meridionale della Sardegna, si è partiti per ricercare la documentazione storica relativa agli eventi alluvionali su tutto il territorio regionale allo scopo di evidenziare la particolare incidenza dei fenomeni di inondazione nella zona dell'area vasta di Cagliari, con particolare riferimento all'area di Capoterra. Le fonti di riferimento riguardano sia l'archivio nazionale della Protezione Civile, riportato sulla Carta delle aree colpite da frane e inondazioni – Progetto AVI II edizione, dell' IRPI – GNDCI del CNR del 2002 (Tavola 7) sia, soprattutto, alla estratti di articoli dei quotidiani sardi nei quali è contenuta parte importante delle informazioni come riferite nelle cronache dell'epoca, e alcuni lavori in cui vengono riportate importanti informazioni, riguardanti tali eventi. È, ad esempio, interessante evidenziare come spesso a tali fenomeni se ne siano contrapposti altri, quali incendi estivi e lunghi periodi di siccità, le cui ricadute sono spesso coincidenti (Tavola 8).



Numero degli eventi negli ultimi 200 anni circa nelle aree geografiche analizzate



Ricorrenza mensile degli eventi negli ultimi 200 anni nelle aree geografiche



I centri urbani della Sardegna meridionale colpiti dagli eventi alluvionali nell'arco degli ultimi duecento anni circa, e di cui si dispongono informazioni, sono stati raggruppati in Aree geografiche secondo la seguente legenda, con l'eccezione dei centri di Capoterra e la zona di Pirri, i cui dati sono stati considerati singolarmente.

Area Vasta di Cagliari EST: comprende i Comuni di Cagliari (esclusa l'area di Pirri e il Comune di Capoterra), Quartu (Flumini di Quartu), Quartucciu, Selargius, Monserrato, Sestu.

Area Vasta di Cagliari OVEST: comprende i Comuni di Elmas, Assemmini, Decimomannu, Decimoputzu, Villasor, Uta, Serramanna, San Sperate, Monastir, Villagrecia.

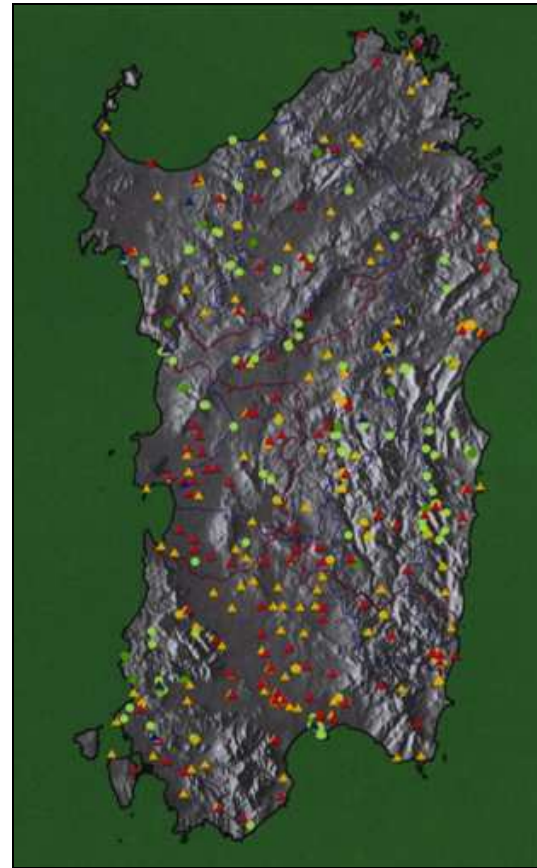
Basso Sulcis: comprende i Comuni di Teulada, Domusdemaria, Pula, Sarroch.

Iglesiente: comprende i Comuni di Iglesias, Fluminimaggiore, Siliqua, Vallermosa, Domusnovas, Villaspeciosa.

L'area vasta di Cagliari e l'area di Capoterra mostrano il maggior numero di ricorrenze degli eventi alluvionali durante l'intervallo di tempo esaminato (circa 200 anni - 1795 – 2008, a), che si sono verificati soprattutto durante la stagione autunnale (b).

In particolare, nella zona di Cagliari – Pirri si evidenzia una costante frequenza di eventi, di rilevante importanza in termini di ordine di grandezza, danni e vittime (c). Appare di particolare rilievo, dalla lettura del grafico c, che, per quanto riguarda l'area di Capoterra, il manifestarsi di eventi di importante rilevanza comincia dal ventennio anni '50- '60.

Tavola 6



LEGENDA DELLA CARTA • MAP LEGEND

La carta riporta le località note per essere state colpite da frane o da inondazioni nel periodo 1918-1994. Le colate di detrito (*debris flows*) sono generalmente riportate come frane. E' riportata la frequenza degli eventi in ogni sito, in 2 classi per le frane ed in 3 classi per le inondazioni.

The map shows the location of sites known to have been affected by landslides or floods for the period 1918-1994. Debris flows are reported as landslides. The frequency of events at each site is reported in 2 classes for landslides and in 3 classes for floods.

FRANA • LANDSLIDE	INONDAZIONE • FLOOD	
● 1 Evento ● 1 Event	▲ 1 Evento ▲ 1 Event	— Limite di provincia Province boundary
● > 1 Evento ● > 1 Event	▲ 2 - 10 Eventi ▲ 2 - 10 Events	— Limite di regione Region boundary
	▲ > 10 Eventi ▲ > 10 Events	— Limite di bacino River basin boundary

Scala 1:1.200.000



DENSITÀ DELLE LOCALITÀ COLPITE • SITE DENSITY

■ Bassa • Low	■ Media • Intermediate	■ Alta • High
---------------	------------------------	---------------

Estratto della Carta delle aree colpite da movimenti franosi e da inondazioni – Progetto AVI – II Edizione del CNR-GNDCI del 2003, con particolare riferimento alla Sardegna. Il periodo di riferimento varia dal 1918 al 1994.

La carta riporta una zonazione del territorio regionale basata sul numero di località note per essere state colpite da frane e da inondazioni in ciascuno dei 377 Comuni sardi. La densità delle località è stata calcolata contando il numero di località colpite da frane, aggiungendo a queste il numero di località colpite da inondazioni e dividendo il totale per l'area del Comune.

AMBIENTE
 Le piogge in caduta in poche ore ha allagato le campagne, formando fiumi di fango.
 Due morti. Danni per mille miliardi



UN "DILUVIO UNIVERSALE" HA PROVOCATO DANNI E MORTE NELLA SARDEGNA MERIDIONALE

di Giacomo Terenzi



LE ALLUVIONI UNA EMERGENZA "STORICA"

Una pioggia eccezionale, caduta in poche ore ha allagato le campagne, formando fiumi di fango. Due morti. Danni per mille miliardi. Il diluvio universale che ha investito la Sardegna meridionale, provocando danni e morti, è un evento storico. Le alluvioni in questa regione sono state devastanti, con danni per oltre mille miliardi di lire. La situazione è critica, con molte zone inaccessibili e persone evacuate. Le autorità stanno lavorando per soccorrere i feriti e valutare i danni. È un'emergenza storica che richiede un'attenzione particolare.

La pioggia in caduta in poche ore ha allagato le campagne, formando fiumi di fango. Due morti. Danni per mille miliardi. Il diluvio universale che ha investito la Sardegna meridionale, provocando danni e morti, è un evento storico. Le alluvioni in questa regione sono state devastanti, con danni per oltre mille miliardi di lire. La situazione è critica, con molte zone inaccessibili e persone evacuate. Le autorità stanno lavorando per soccorrere i feriti e valutare i danni. È un'emergenza storica che richiede un'attenzione particolare.

UN DISASTRO PREVEDIBILE

di Giacomo Terenzi



UN DISASTRO PREVEDIBILE

Un disastro prevedibile. Le alluvioni in questa regione sono state devastanti, con danni per oltre mille miliardi di lire. La situazione è critica, con molte zone inaccessibili e persone evacuate. Le autorità stanno lavorando per soccorrere i feriti e valutare i danni. È un'emergenza storica che richiede un'attenzione particolare.



Un piano regionale per le risorse idriche

di Edoardo Pittalis



Un' alluvione nel paese più povero

di Raffaele Serrù

Un' alluvione nel paese più povero. Le alluvioni in questa regione sono state devastanti, con danni per oltre mille miliardi di lire. La situazione è critica, con molte zone inaccessibili e persone evacuate. Le autorità stanno lavorando per soccorrere i feriti e valutare i danni. È un'emergenza storica che richiede un'attenzione particolare.

Un' alluvione nel paese più povero. Le alluvioni in questa regione sono state devastanti, con danni per oltre mille miliardi di lire. La situazione è critica, con molte zone inaccessibili e persone evacuate. Le autorità stanno lavorando per soccorrere i feriti e valutare i danni. È un'emergenza storica che richiede un'attenzione particolare.

Un' alluvione nel paese più povero

di Raffaele Serrù



Un' alluvione nel paese più povero

di Raffaele Serrù

Un' alluvione nel paese più povero. Le alluvioni in questa regione sono state devastanti, con danni per oltre mille miliardi di lire. La situazione è critica, con molte zone inaccessibili e persone evacuate. Le autorità stanno lavorando per soccorrere i feriti e valutare i danni. È un'emergenza storica che richiede un'attenzione particolare.



ALLUVIONE ANNUNCIATA NEL SARRABUS

di Raffaele Serrù



PER IL MESSAGGERO SARDO

PER IL MESSAGGERO SARDO. Le alluvioni in questa regione sono state devastanti, con danni per oltre mille miliardi di lire. La situazione è critica, con molte zone inaccessibili e persone evacuate. Le autorità stanno lavorando per soccorrere i feriti e valutare i danni. È un'emergenza storica che richiede un'attenzione particolare.

La drammaticità dell'evento alluvionale in Sardegna è acuita dall'altra piaga che ha sempre minacciato il territorio Sardo: gli incendi estivi, come evidenziato bene dalla vignetta umoristica (Messaggero Sardo, Novembre 1993). Sembra significativo che nel 1977, in una Sardegna fortemente colpita dal problema della siccità si verificassero alluvioni capaci di mettere a rischio l'incolumità e la sussistenza di due interi paesi che hanno temuto di essere spazzati via dalla furia dell'acqua.



Una panoramica della piana del Sarrabus.



Una drammatica testimonianza dell'ultima alluvione abbattuta sul Sarrabus.

Alcuni esempi di fotografie estratte da articoli di giornale relative a eventi alluvionali che hanno interessato il sud Sardegna negli anni '70.

2.2 L'evento alluvione del 1999

La cartografia a corredo del Piano Assetto Idrogeologico per il Comune di Capoterra riporta, oltre alle aree a pericolosità idrogeologica, le perimetrazioni dell'alluvione del 12-13 Novembre 1999 e le aree esondabili ricavate sulla base di stime morfologiche. In seguito all'analisi degli eventi storici registrati si è potuto constatare che nonostante il ripetersi di circostanze simili non si hanno dati sulla reale estensione delle aree interessate nei vari anni. L'unico dato cartografato è quello del 1999 che conferma grossomodo l'estensione dell'evento del 22 ottobre 2008 (Figura 38).

La Figura 38 riporta il limite dell'area colpita dall'alluvione nel 1999.

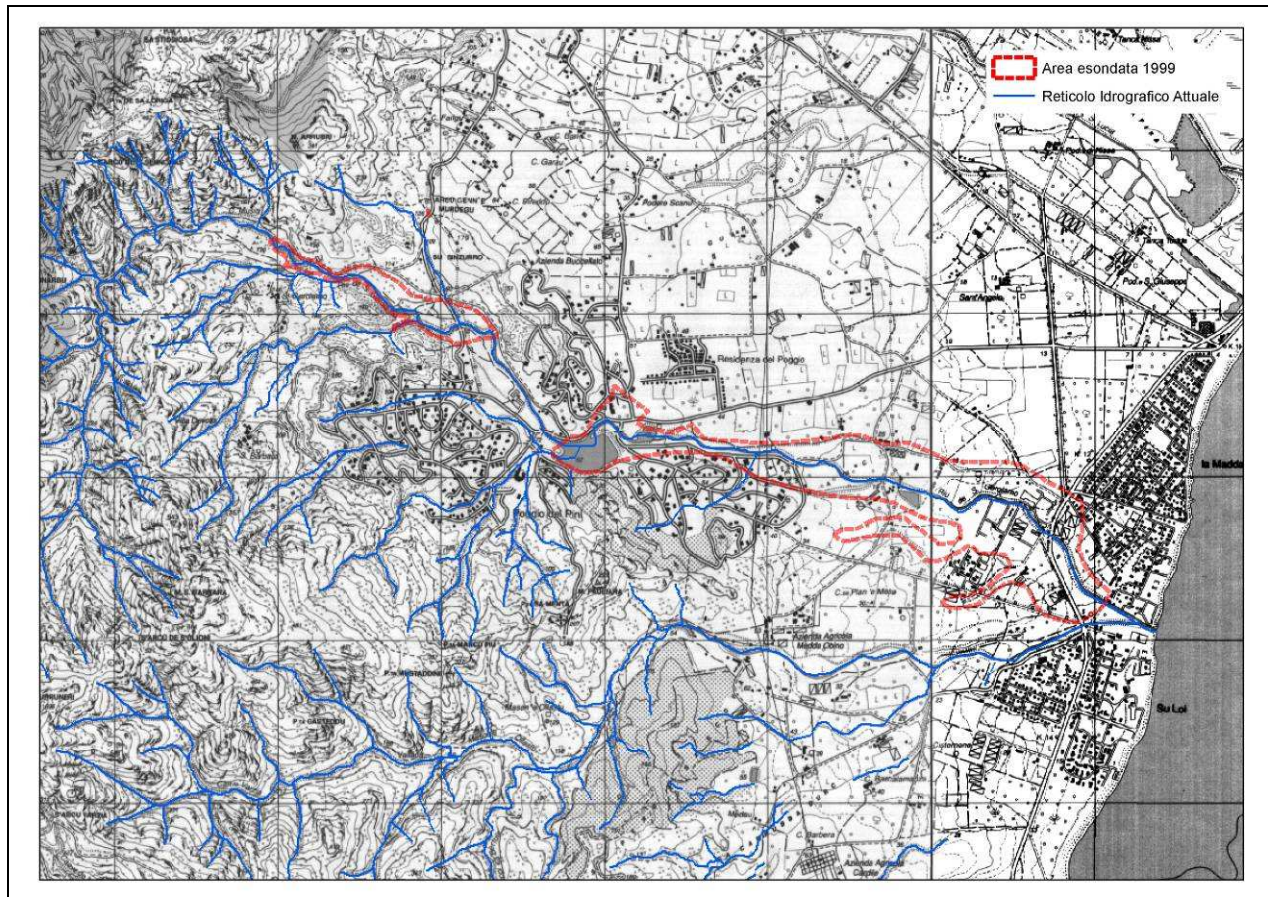


Figura 38 – Perimetro alluvione 1999 - Foce Rio San Gerolamo.

3 II PAI

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino unico regionale (PAI), è redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione.

Ai sensi della L.R. 4/2006 art. 21 comma 4 il PAI è stato approvato con D.P.G.R n.67 del 10.07.2006. Il Piano rappresenta lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato.

La disciplina dell'assetto idrogeologico si prefigge il raggiungimento degli obiettivi di cui all'art.1 della N.A. e in sintesi

- la messa in sicurezza delle aree già antropizzate attraverso azioni strutturali e non strutturali;
- la prevenzione del rischio attraverso norme d'uso del territorio.

Il PAI ha valore di piano territoriale di settore e prevale sui piani e programmi di settore di livello regionale provinciale e comunale in quanto finalizzato alla salvaguardia di persone, beni, ed attività dai pericoli e dai rischi idrogeologici (Norme di Attuazione del PAI, Art. 4, comma 4).

Le previsioni del Piano pertanto producono effetti sugli usi del territorio e delle risorse naturali e sulla pianificazione urbanistica anche di livello attuativo, nonché su qualsiasi pianificazione e programmazione territoriale insistente sulle aree di pericolosità idrogeologica (N.A. PAI, art. 6).

Le Norme di Attuazione del PAI prescrivono che i Comuni e le altre Amministrazioni interessate, provvedano a riportare alla scala grafica della strumentazione urbanistica vigente i perimetri delle aree a pericolosità idraulica Hi e geomorfologica Hg e delle aree a rischio idraulico Ri e geomorfologico Rg, e ad adeguare contestualmente le norme dello strumento urbanistico (N.A. PAI, Art. 4, comma 5). Prevedono inoltre che nell'adeguamento della pianificazione comunale vengano delimitate le aree di significativa pericolosità idraulica e geomorfologica non perimetrate in precedenza dal PAI (N.A. PAI, Art. 26). Indipendentemente dall'esistenza di aree perimetrate dal PAI, i Comuni, in base all'articolo 8 comma 2, devono produrre appositi studi di compatibilità idraulica e geologico-tecnica riferiti all'intero territorio comunale, approvato dall'Autorità Idraulica competente per territorio (Servizio del Genio civile), integrandolo negli atti di Piano che costituiranno oggetto della verifica di coerenza (art.31 commi 3, 5 L.R n.7/02).

Il Piano di Assetto Idrogeologico ha individuato per il territorio comunale di Capoterra le aree a pericolosità idraulica per il bacino del Rio S. Lucia e per il bacino del Rio S. Gerolamo.

Nel 2006 è stata approvata una variante al Piano per il bacino del Rio S. Lucia che interessa il solo centro urbano e l'area periurbana. Quest'ultima è stata realizzata sia per effetto della trasposizione delle perimetrazioni sullo strumento urbanistico, sia per effetto della realizzazione di interventi di mitigazione

del rischio. Per quanto riguarda invece il bacino del Rio S. Gerolamo le perimetrazioni sono rimaste invariate.

Di seguito si inserisce una sintesi delle indicazioni contenute nella "Scheda informativa per gli interventi connessi ai fenomeni alluvionali (difesa idraulica del territorio)" (Scheda B7soTC007) del Piano, dove si evidenziano le criticità del bacino del Rio S. Gerolamo e si descrivono le tipologie degli interventi previsti in corrispondenza della sezione critica corrispondente.

I dati morfometrici e idrologici fondamentali della sezione di controllo localizzata lungo il Rio san Gerolamo prima della lottizzazione di Frutti d'Oro riportati dalla scheda informativa suddetta sono i seguenti:

Sezione (coordinate Gauss-Boaga E,N): 1500686 4332454

Lunghezza dell'asta: 11.166 (km)

Area del bacino: 14.06 (km²)

Pendenza media dell'asta: 1.339 (%)

Quota della sezione: 6.81 (m s.l.m.)

Quota media del bacino: 251.90 (m s.l.m.)

Tempo di corrivazione - adottato: 2.53 (h)

Stima della portata al colmo ad assegnato periodo di ritorno

<i>Tempo di ritorno</i>	50	100	200	500
-------------------------	----	-----	-----	-----

<i>Q verifica (m³/s)</i>	40.8	52.2	64.1	80.6
-------------------------------------	------	------	------	------

La sezione critica, individuata perché limitrofa ad un elemento sensibile classificato nella categoria Ei4 o Ei3, riguarda la presenza di un'ostruzione al libero deflusso del corso d'acqua rappresentato dal ponte a monte della lottizzazione di Frutti d'Oro; tale sezione riguarda inoltre la presenza di infrastrutture principali e secondarie, la presenza di centri abitati e di insediamenti produttivi.

In particolare gli interventi proposti dalla Scheda di Piano regionale sono quelli di sistemazione e risagomatura dell'alveo fluviale e di demolizione e successiva ricostruzione del ponte suddetto, sufficientemente dimensionato per contenere la piena con tempo di ritorno assegnato (T=20/50).

Nelle seguenti figure (Figg 39- 42) vengono riportate le perimetrazioni delle aree a pericolosità e a rischio idraulico del PAI vigente sul Rio S. Gerolamo. In particolare sono rappresentate le aree di esondazione (Hi4*) dell'evento alluvionale del 12-13 Novembre 1999 (fonte: Genio Civile). La disciplina del PAI attribuisce un rango e un peso molto diverso alle aree pericolose e a rischio rispetto a quelle interessate dall'alluvione ovvero nelle Hi e Ri sussistono divieti all'edificato, mentre per le aree di esondazione del 1999 è lasciata ai Comuni la facoltà e la responsabilità della disciplina.

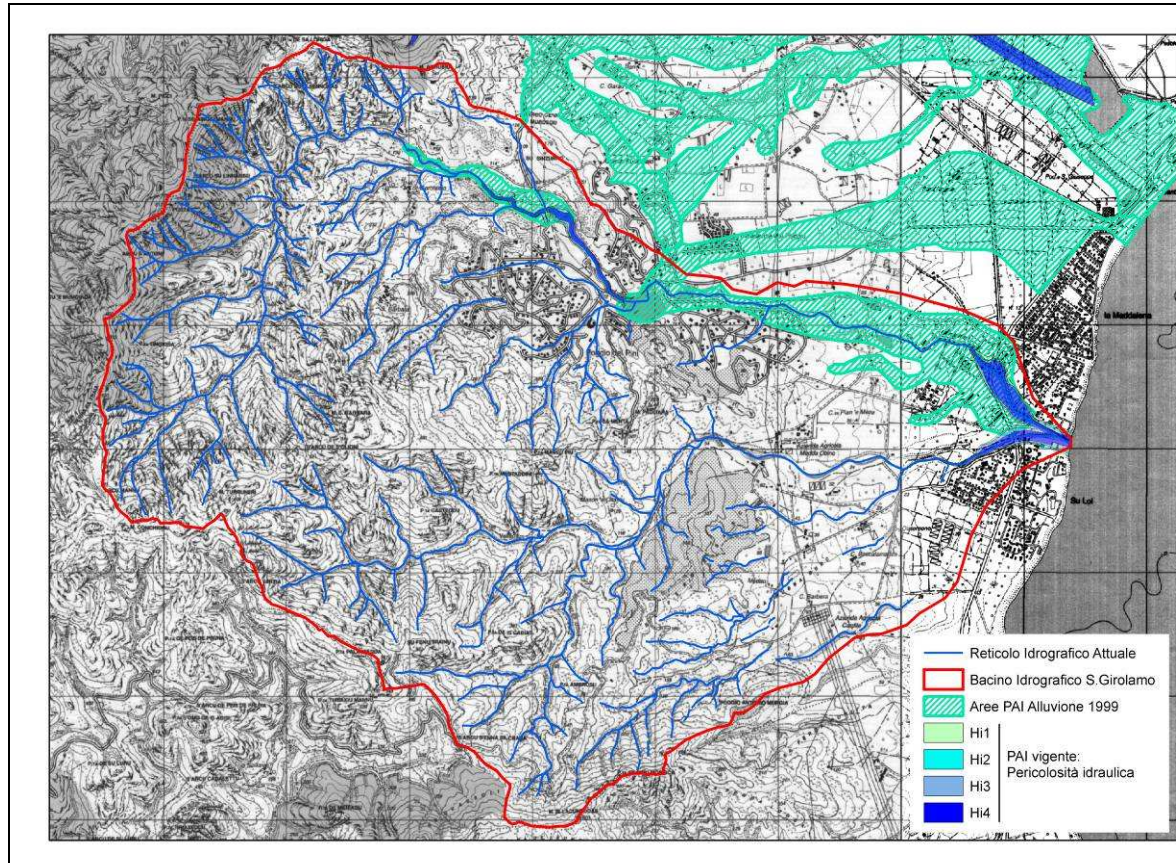


Figura 39 – Perimetrazioni pericolosità idraulica secondo il PAI vigente.

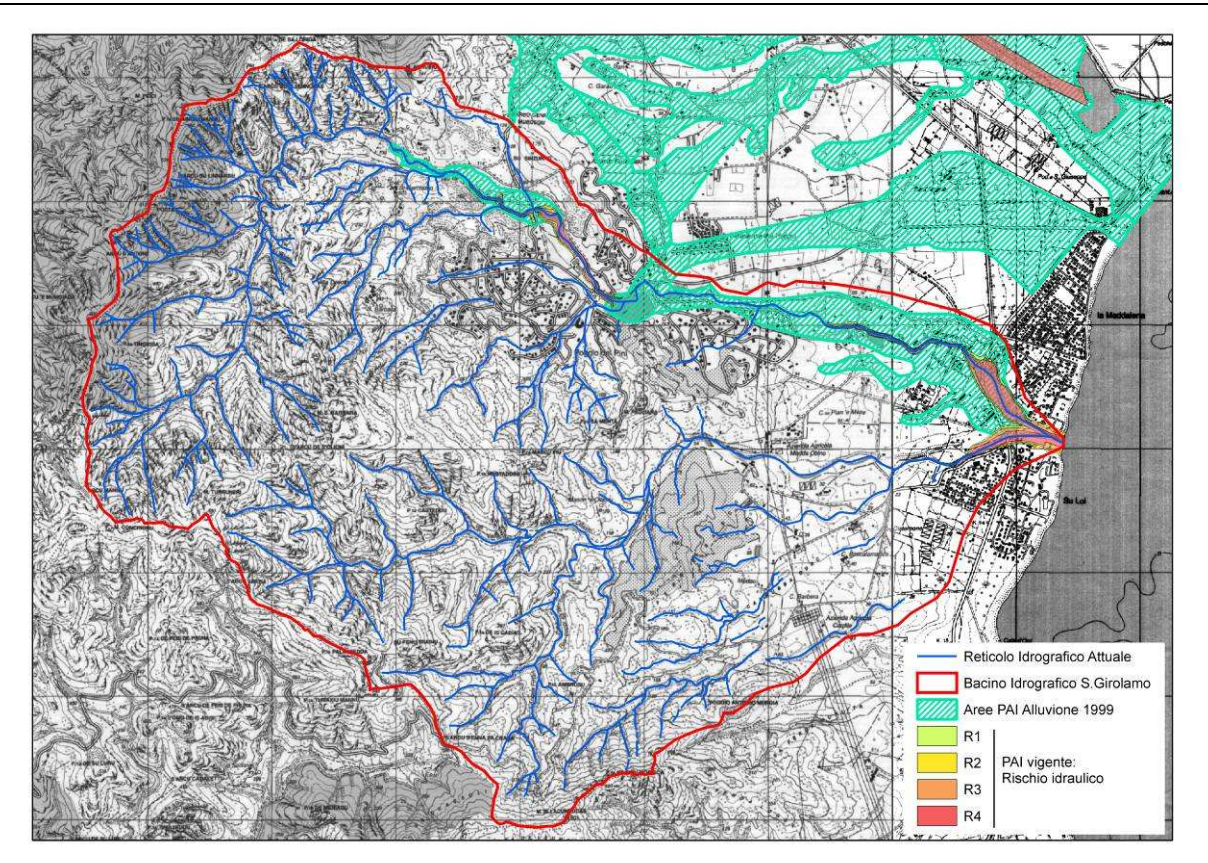


Figura 40 – Perimetrazioni rischio idraulico secondo il PAI vigente.

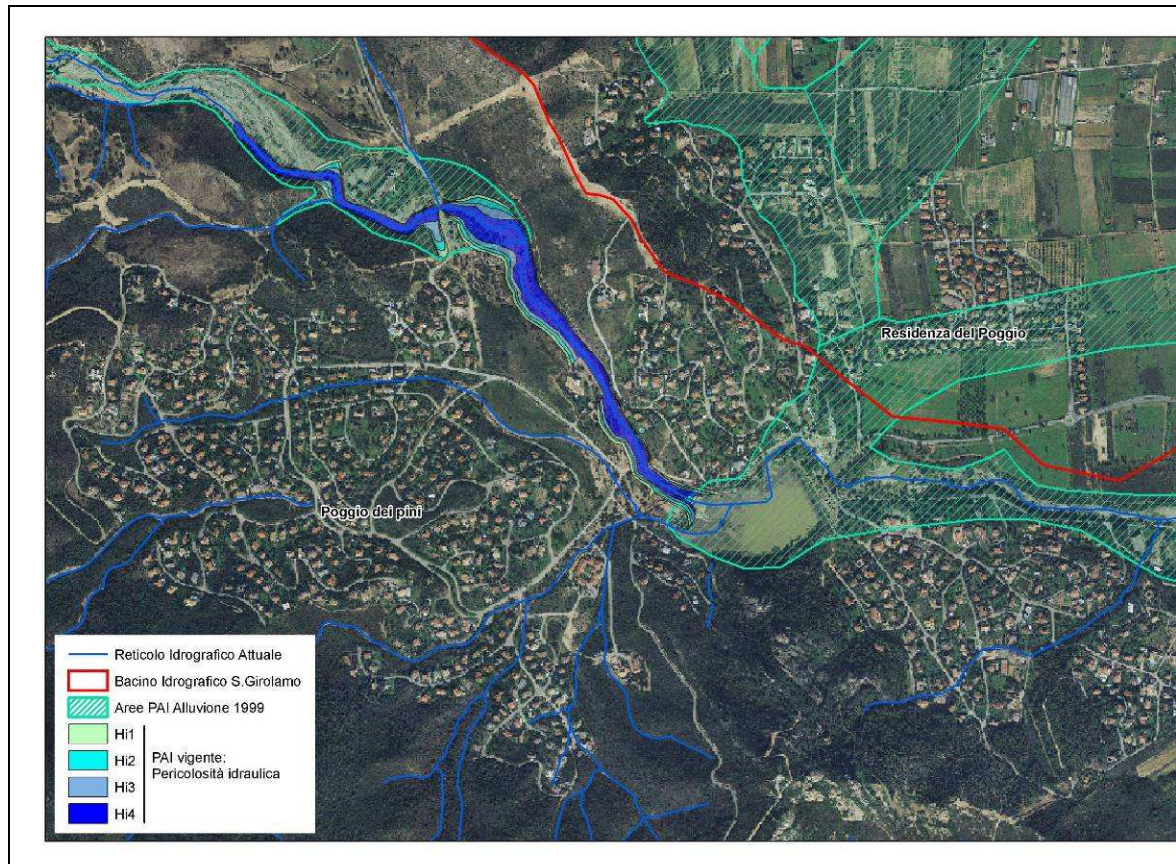


Figura 41 – Pericolosità idraulica sull'area edificata di Poggio dei Pini.

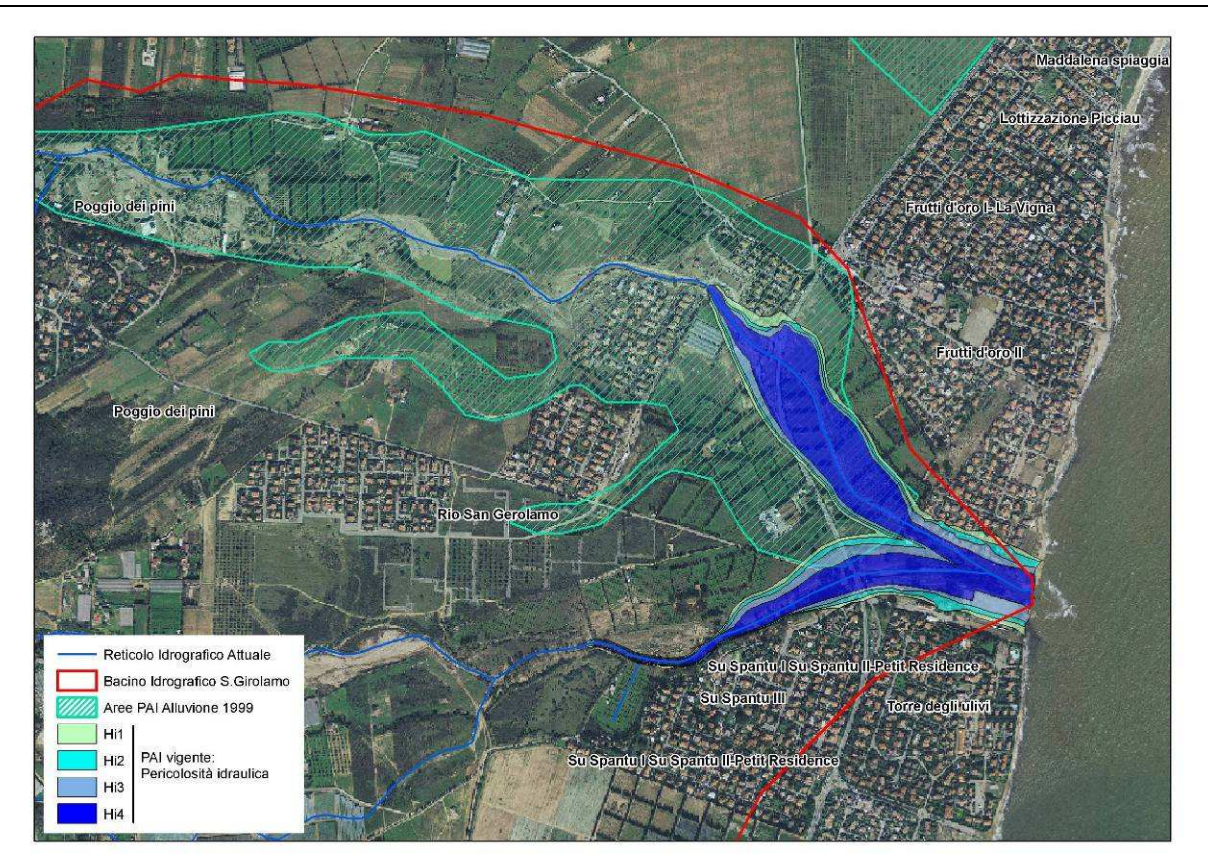


Figura 42 – Pericolosità idraulica sull'area edificata alla foce del Rio S. Gerolamo.

4 L'EVENTO DEL 22 OTTOBRE 2008

4.1 Analisi meteorologica

L'area Mediterranea è soggetta a frequenti eventi estremi di precipitazione. Sono considerati eventi estremi quegli eventi che superano certe soglie di riferimento, determinate e contestualizzate; sono rari, ovvero con tempo di ritorno relativamente lungo, e quindi abbondantemente divergenti dalla media climatologica.

Di seguito si riporta un estratto dal documento "ANALISI DELL'EVENTO ALLUVIONALE DEL 22 OTTOBRE 2008" a cura del Servizio Agrometeorologico Regionale per la Sardegna.

L'evento alluvionale che si è verificato il 22 ottobre nel cagliaritano si può classificare tra quei fenomeni meteorologici tipici dell'autunno e della Sardegna orientale e che talvolta si estendono anche al basso Campidano. L'evento, infatti, è stato intenso anche sulla Sardegna orientale dove la stazione di Jerzu ha registrato quasi 300mm/12h, senza però provocare danni, in quanto caduti in un'area poco urbanizzata e con facilità di deflusso. Il tipo di precipitazioni che si verificano in questi casi vengono chiamate convettive e possono essere molto violente in autunno in quanto i gradienti termici che entrano in gioco sono molto elevati. Infatti in questa stagione le masse di aria africane sono ancora molto calde, il Mar Mediterraneo è ancora caldo, mentre le masse d'aria di origine polare iniziano già ad essere molto fredde. Quando queste masse di aria si scontrano, favorite anche da un effetto orografico, si ha lo sviluppo di precipitazioni convettive molto intense. Gli elementi necessari a far accadere tutto ciò hanno quindi sia una componente locale sia una componente legata ai moti atmosferici a scala più grande (ordine 1000 km) e quindi a scala sinottica. Nel caso di studio il primo elemento era proprio un'area depressionaria che dal Mar del Nord si spingeva fino alla penisola iberica, con un minimo al suolo sul Mediterraneo occidentale e un'onda depressionaria in quota che transitava sulla Sardegna, come si può osservare dalle figure ottenute dal modello meteorologico BOLAM 20 km operativo al SAR (Figura 43).

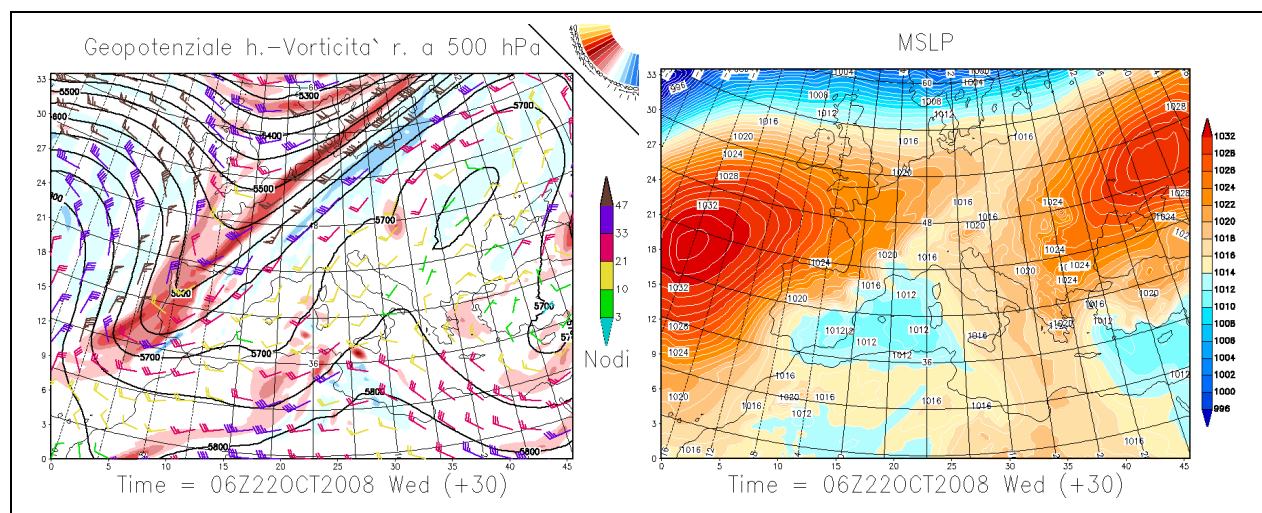


Figura 43 – L'immagine a destra rappresenta l'altezza di geopotenziale e temperatura a 250 hPa previste dal modello BOLAM a 20 km per le ore 6 GMT del 22 ottobre. Corsa operativa del 21 ottobre 2008. A sinistra, altezza di geopotenziale e temperatura a 500 hPa previste dal modello BOLAM a 20 km per le ore 6 GMT del 22 ottobre. Corsa operativa del 21 ottobre 2008.

Questa situazione favoriva quindi il contemporaneo afflusso sul Mediterraneo centro-occidentale di aria fredda di origine polare e di aria calda di origine africana. Negli alti strati atmosferici l'area fredda raggiungeva la Sardegna con una componente occidentale mentre negli strati più bassi l'aria di origine africana proveniente da Sud-Est si scontrava con i rilievi orografici della Sardegna orientale e del Sulcis.

L'accelerazione verticale impressa dai rilievi, la rotazione dei venti con la quota e i gradienti termici delle masse d'aria, ricche anche di umidità (Figura 44), che si sono trovate improvvisamente a contatto, hanno dato origine alle piogge convettive che si sono verificate con sviluppo di sistemi temporaleschi a multicella.

4.1.1 Predicibilità dell'evento

Valutando i campi meteorologici previsti, i previsori del SAR emettevano un avviso meteorologico alle ore 12:15 del 21 ottobre 2008. Successivamente, alle ore 17:30, anche la Veglia Meteo Nazionale, Dipartimento della Protezione Civile, emetteva un proprio avviso anch'esso allegato.

Per quanto riguarda le mappe di precipitazione previste dai modelli meteorologici a disposizione i segnali più evidenti erano quelli del modello BOLAM a 5.5 km. E' interessante, comunque, notare prima il cumulato in 24h previsto dal modello BOLAM a 20 km per la giornata del 22 ottobre 2008 su tutta l'Europa, per mettere in evidenza sia i fenomeni precipitativi nella loro estensione sinottica, sia come lo stesso modello meteorologico, ad una risoluzione più elevata (5.5 km) riesca ad avere una maggiore localizzazione e anche cumulati maggiori, come si può osservare nella Figura 44 che mostra il cumulato in 24h previsto dal BOLAM a 5.5 km per la giornata del 22 ottobre.

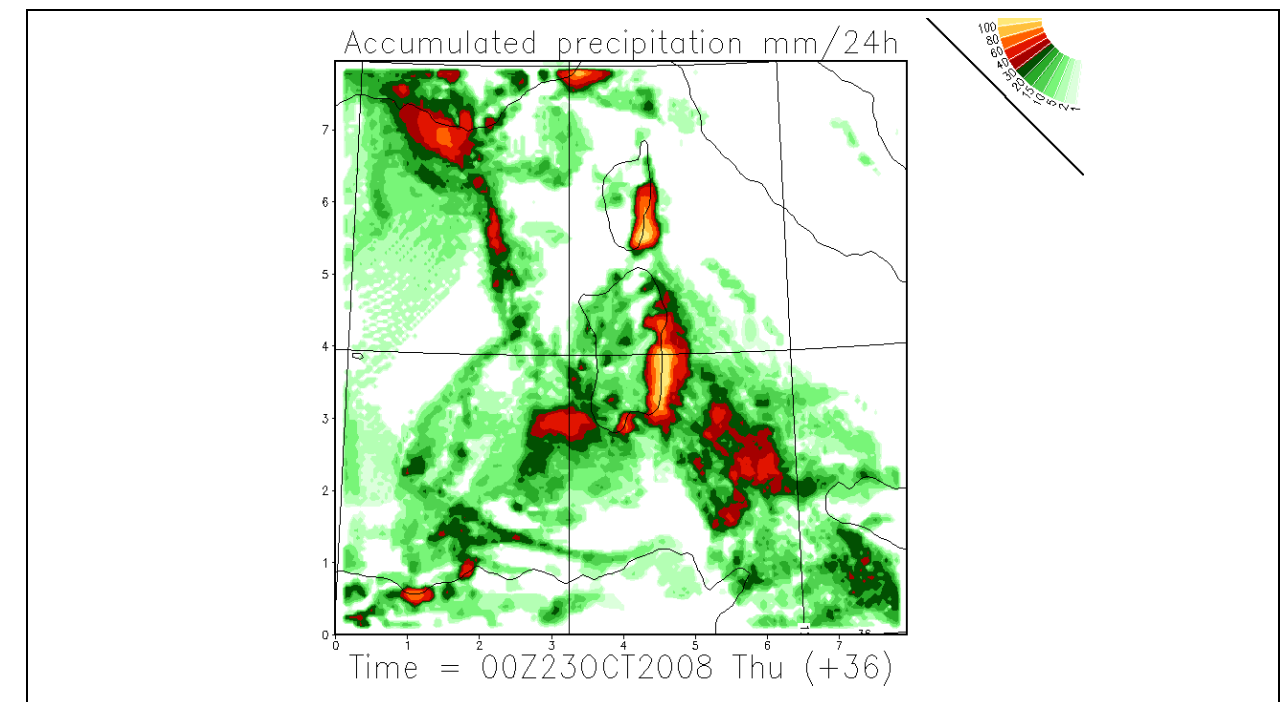


Figura 44 - Cumulato di precipitazione in 24 h previsto dal modello BOLAM a 5.5 km per il 22 ottobre. Corsa operativa del 21 ottobre 2008.

4.2 L'evento

Il giorno 22 ottobre 2008 si è verificato un evento alluvionale calamitoso che ha riguardato l'hinterland cagliaritano. Una corrente fredda dal Nord ha interessato l'area del Sud Sardegna sopra la quale stanziava da settimane un anticiclone di vaste dimensioni che ha caratterizzato le alte temperature del mese di ottobre superiori alla media stagionale. L'incontro di questi due corpi ha generato un fronte di perturbazione lungo 100 km, che si è mosso molto lentamente con direzione SW-NE.

I Comuni interessati sono 15. Quelli maggiormente colpiti dall'evento sono stati Capoterra, Sestu, Monserrato, Cagliari e Elmas. In particolare risulta ancora problematica la situazione a Capoterra nelle località di Poggio di Pini, Santa Barbara, le frazioni di Frutti d'Oro 2, Su Spantu e San Gerolamo che prende nome dal rio omonimo dal quale è stata trasferita l'onda di piena che ha causato l'esondazione violenta e massiva.



Figura 45 – Le fotografie mostrano i momenti drammatici dell'evento, a sinistra mostra il momento di tracimazione della diga alle 8.00 e a destra la furia dell'acqua tra le abitazioni.

Di seguito si riporta la cronistoria degli eventi descritta dalla Agenzia Giornalistica Italiana (www.agi.it):

“Mercoledì 22 ottobre 2008 un'alluvione di grandi proporzioni si è abbattuta su una vasta area del Cagliaritano colpendo gravemente una quindicina di Comuni, fra cui il capoluogo e i centri residenziali attorno a Capoterra, causando quattro vittime e ingenti danni ambientali.

In un'audizione davanti alla Quarta commissione del Consiglio regionale, l'assessore ai Lavori Pubblici Carlo Mannoni ha riferito le iniziative in corso per fronteggiare le gravissime conseguenze dell'inondazione.

A Poggio dei Pini, a una ventina di chilometri da Cagliari, sono state effettuate le operazioni di svuotamento della diga a monte, che la sera del nubifragio ha fatto scattare un piano d'evacuazione a Frutti d'oro, frazione del Comune di Capoterra, localizzato nella parte bassa di Poggio dei Pini e nella lottizzazione Rio San Gerolamo, dove molte famiglie hanno perso la casa sommersa dall'acqua e dall'esondazione del fiume.

Giovedì 23 ottobre Guido Bertolaso ha presieduto una riunione di coordinamento della Protezione Civile.

Il capo della protezione civile nazionale, assieme al presidente della Regione Renato Soru, hanno effettuato un sopralluogo dell'area devastata per decidere i primi provvedimenti da adottare.

L'Enel ha ripristinato la fornitura di energia elettrica nelle due frazioni di Frutti d'Oro 2 e Su Spantu, mentre risulta ancora isolata la zona di Santa Barbara, nella parte alta di Poggio dei Pini, zona residenziale alle porte del paese dove, da 24 ore, gli abitanti hanno difficoltà di comunicare e sono senz'acqua.

Nella diga artificiale di Poggio dei Pini l'Ente foreste, la Provincia e l'Esercito italiano stanno lavorando tutt'ora per l'abbassamento del battente laterale del laghetto per far defluire più velocemente l'acqua, oltre ad aver deviato il corso del Rio San Gerolamo per evitare il passaggio del corso d'acqua nella diga.

Sempre a Poggio dei Pini e' stato allestito un presidio sanitario del 118 mentre e' stato aperto sia il market per la distribuzione e l'acquisto di viveri che una pista, in mezzo al boschetto, per permettere ai mezzi della protezione civile il collegamento tra la parte alta e bassa della zona residenziale dove, comunque, e' ancora fuori uso il sistema fognario.

L'amministrazione comunale è intervenuta suddividendo territorio in quattro parti per accertare le criticità. L'ufficio tecnico del Comune sta già provvedendo al ripristino della viabilità in paese e nelle zone limitrofe e anche nelle scuole che, probabilmente, rimarranno chiuse fino a lunedì prossimo.

Dal 2001 ci si è trovati di fronte a un bollettino di guerra con l'urgenza di risistemare, soprattutto, le opere idrauliche. Le risorse dell'alluvione che colpì il paese nel 1999 sono state, infatti, utilizzate per la messa in sicurezza del rione Santa Lucia e del centro storico di Capoterra.

In quella occasione si è intervenuti costruendo dei canali di guardia, a monte, che fortunatamente hanno tenuto all'ultima alluvione e hanno salvato il paese.

L'amministrazione comunale aveva, tra l'altro, già provveduto alla messa in sicurezza di una parte del Rio San Gerolamo, che ieri ha tracimato travolgendo persone e abitazioni. "Ma gli interventi non sono stati sufficienti", ha ammesso il sindaco Marongiu, "perchè i lavori vanno rifatti dalla foce fino a monte, come da noi richiesto più volte alle autorità competenti".

Il Genio Civile della Regione, in collaborazione con la Protezione civile della Provincia di Cagliari, ha reso nuovamente agibile la strada a monte della diga alimentata dal rio San Gerolamo, che collega un quartiere di Poggio dei Pini alla strada comunale di Capoterra, la quale era stata interrotta in due punti differenti.

Liberata da fango e detriti l'area circostante la diga, dove sono sempre al lavoro gli escavatori: abbassato di un metro il bordo dello "sfioratore", con conseguente abbassamento di un metro del livello dell'acqua, per consentire il deflusso della stessa. Si tratta dell'avvio delle operazioni che consentiranno di riportare in sicurezza l'infrastruttura: quest'ultima sarà interamente svuotata.

Questa mattina, subito dopo la riunione operativa con il Sottosegretario Guido Bertolaso, il Presidente della Regione, Renato Soru, e gli assessori dell'Ambiente, Cicito Morittu, e dei Lavori pubblici, Carlo Mannoni, hanno compiuto un nuovo sopralluogo in elicottero sulle zone colpite dal nubifragio di ieri.

Intanto nel pomeriggio la S.S. 195, all'altezza della località Remaccio (km 10), è stata parzialmente riaperta al traffico: l'Anas ha lavorato durante la notte per ripristinare il ponte distrutto dal nubifragio”.

Attualmente il servizio del Genio Civile dell'Assessorato LL.PP della R.A.S, coordinato dalla Protezione Civile, sta lavorando alla deviazione del Rio San Gerolamo e al contemporaneo svuotamento dell'invaso di Poggio dei Pini per la messa in sicurezza dei territori a valle.

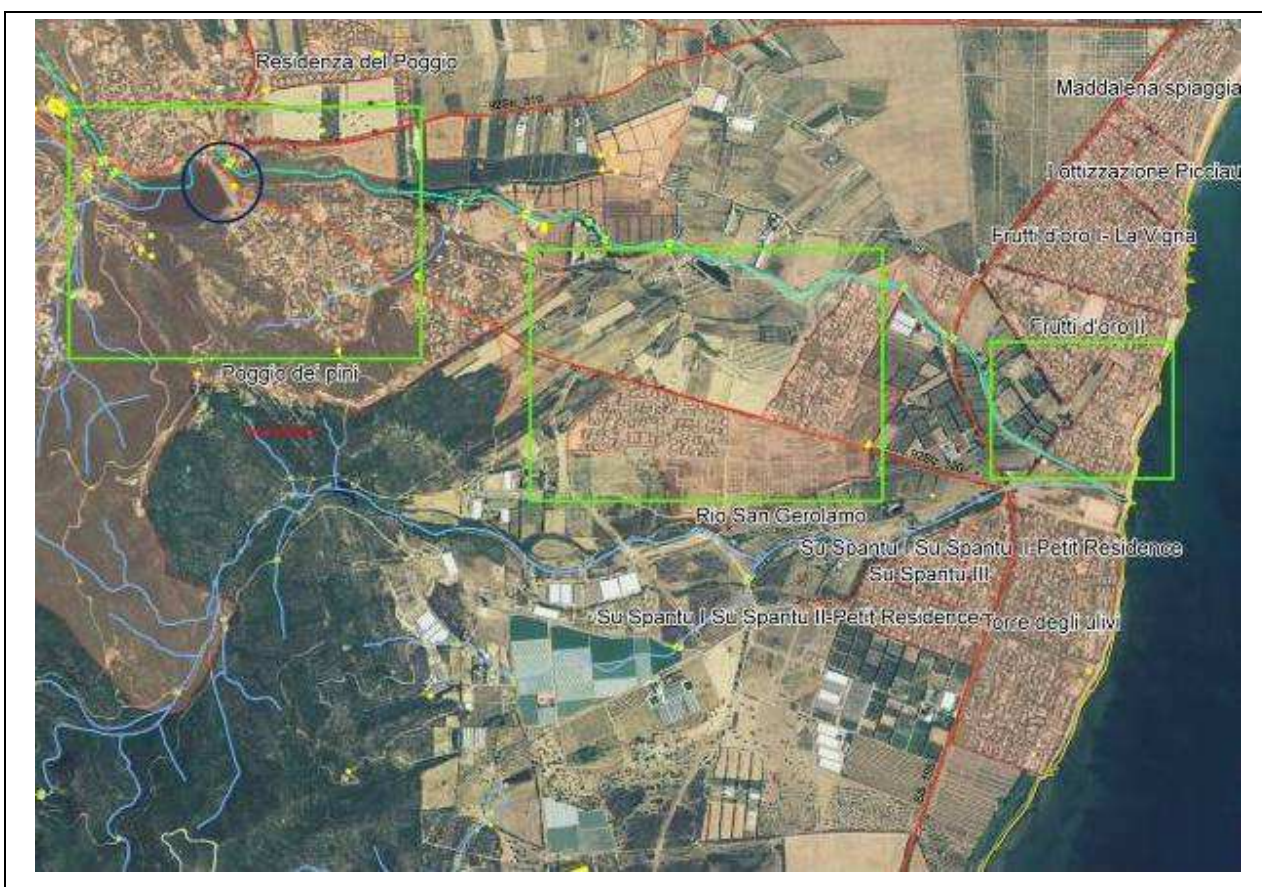


Figura 46 – Localizzazione delle lottizzazioni maggiormente colpite dall'alluvione del 22/10/2008.

I corsi d'acqua interessati dall'evento di esondazione più o meno rilevante sono i tre che attraversano l'abitato: rio S. Gerolamo, rio Santa Lucia e rio Masone Ollastu.

4.3 Analisi pluviometrica

4.3.1 Descrizione dell'evento

Il fenomeno ha portato precipitazioni di eccezionale intensità sull'area ad Est di Cagliari tra le 03 e le 08 GMT (cioè tra le 5:00 e le 10:00 ora locale) e su Gerrei e Ogliastra tra le 07 e le 11 GMT (cioè tra le 9:00 e le 13:00 ora locale). Nelle ore pomeridiane, poi, le piogge sono continuate sulla Sardegna orientale, ma con intensità inferiori rispetto alle aree precedenti. Occorre infine precisare che nel pomeriggio del 22, una cella temporalesca molto piccola ma intensa si è formata nel Mar di Sardegna ad Ovest dell'Iglesiente e ha investito il territorio di Villacidro, facendo precipitare 39 mm/2h.

Nella figura 47, si può osservare il sistema convettivo di mesoscala come rilevato dal satellite MSG1 (Meteosat di Seconda Generazione) alle 5:30 GMT (7:30 ora locale), cioè nel momento in cui le

precipitazioni hanno raggiunto la massima intensità. L'immagine mette in risalto molto bene la porzione del territorio regionale interessata dalle precipitazioni intense .

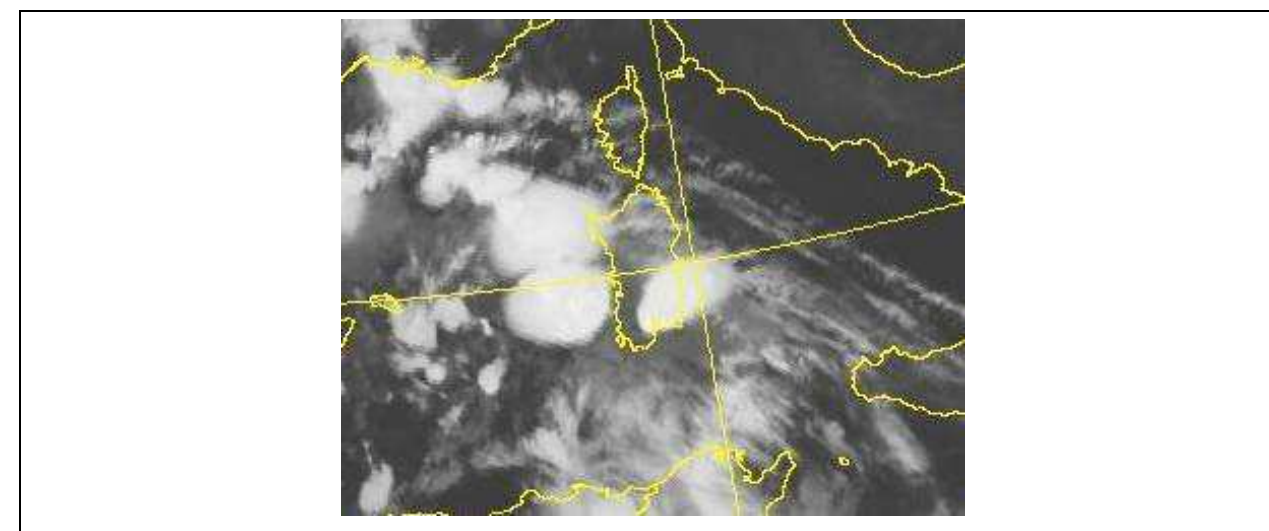


Figura 47 - Il sistema convettivo di mesoscala nel momento di massima intensità del fenomeno (5:30 GMT, corrispondenti alle 7:30 ora locale) visto da uno dei canali infrarossi del satellite MeteoSat di Seconda Generazione.

La figura 48 mostra, invece, l'intensità di precipitazione (espressa in mm/h) stimata nel medesimo istante dal radar del SAR installato a Monte Rasu (Comune di Bono, 40,422 N, 9,005 E). Sebbene tali stime di intensità di precipitazione siano da considerarsi approssimative (per la natura dello strumento e per effetto della presenza del Gennargentu che crea una parziale occultazione del fascio radar per le aree dell'Ogliastra), si può comunque osservare l'eccezionale intensità delle precipitazioni nel territorio di Cagliari-Capoterra e dintorni (con punte di circa 150mm/h sull'area del Rio San Gerolamo e Rio S. Lucia), i valori progressivamente decrescenti sul resto della provincia e il massimo secondario sull'Ogliastra.

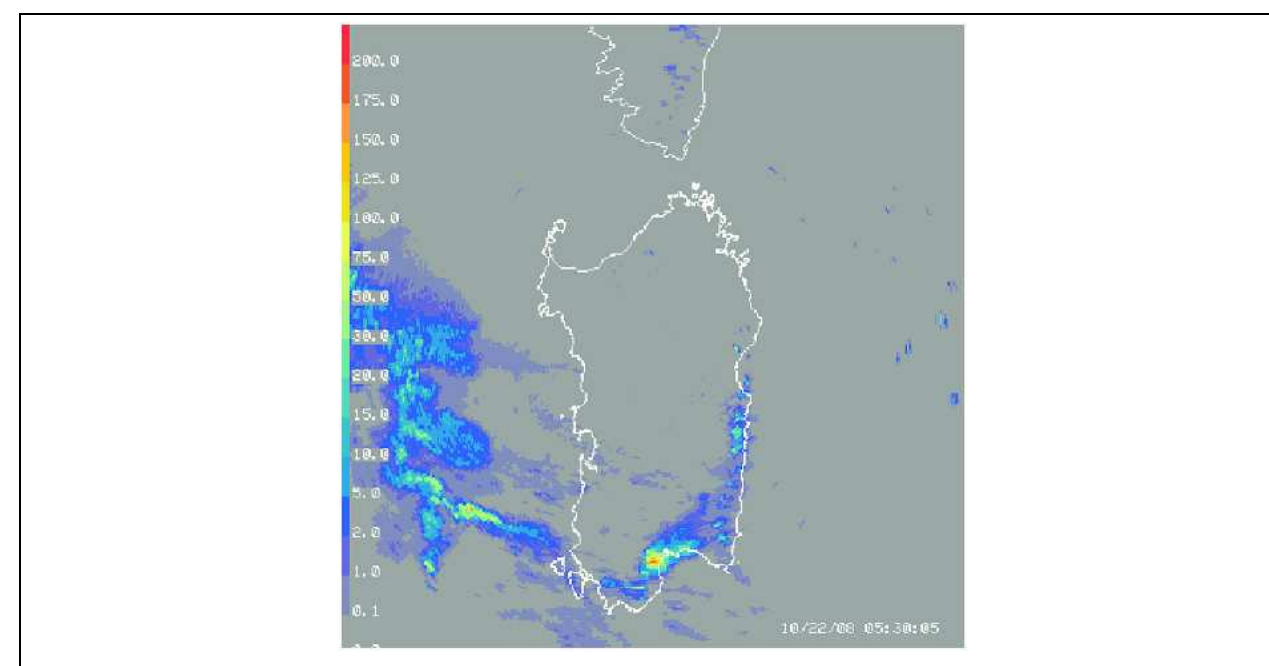


Figura 48. Intensità oraria delle precipitazioni nel momento di massima intensità del fenomeno (5:30 GMT, corrispondenti alle 7:30 ora locale) stimata dal radar del SAR di Monte Rasu.

La figura 49, infatti, mostra il cumulo di precipitazione dalle 00 alle 08 GMT (cioè tra le 2:00 e le 10:00 in ora locale) come è stimabile dal radar di Monte Rasu. Si può osservare che delle piogge molto intense hanno investito l'agglomerato urbano a Ovest/Nord-Ovest di Cagliari e il Sarrabus-Gerrei.

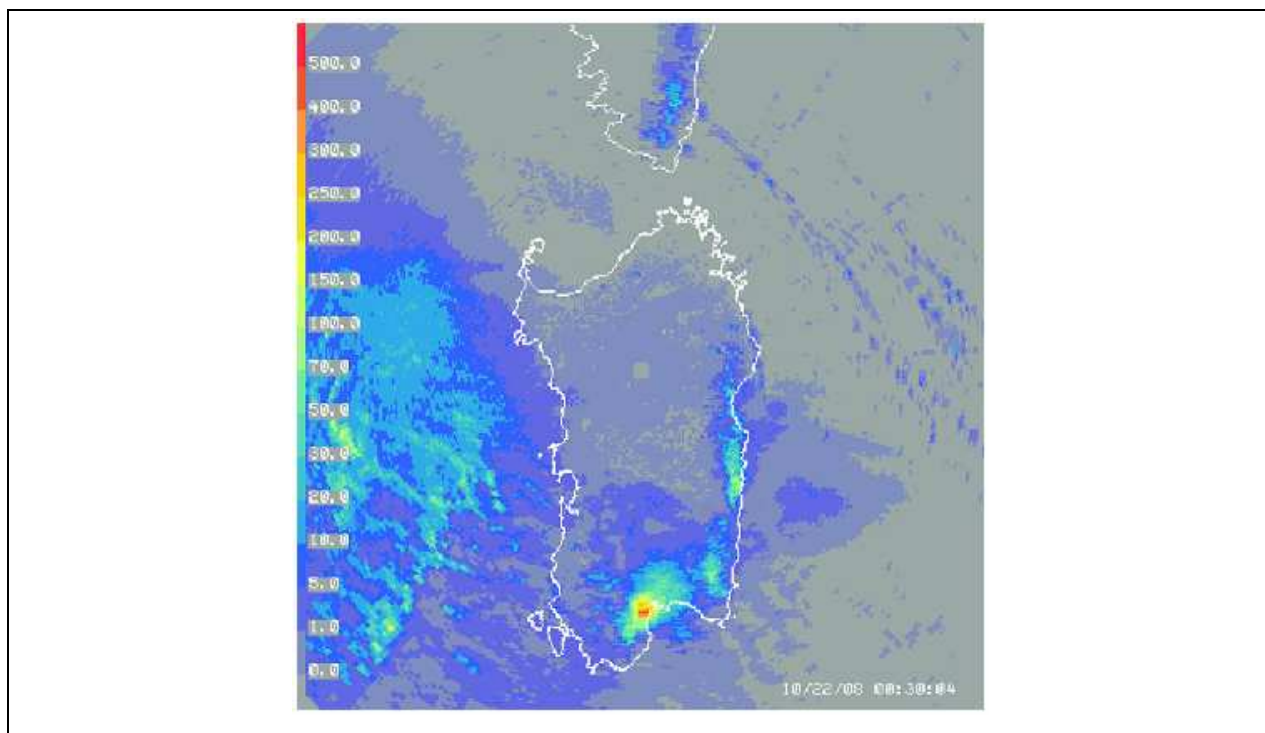


Figura 49 - Cumulato delle precipitazioni tra le 00 GMT e le 08 GMT (rispettivamente le 02:00 e le 10:00 ora locale) stimato dal radar del SAR di Monte Rasu. I cumulati di precipitazione riportati sono stime indicative sulla base della riflettività osservata dallo strumento.

La Figura 50 mostra i cumulati di precipitazione osservati dalla rete del Consorzio SAR e dell'AGRIS, integrate da tre stazioni della Protezione Civile localizzate sotto il massimo delle precipitazioni e da alcune stazioni del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica. Sono ben evidenti i due massimi locali indicati sopra: l'area di Cagliari-Capoterra e dintorni i cui cumulati massimi hanno sfiorato i 400 mm e l'area di Jerzu-Cadedu con un massimo di oltre 250 mm. Nella figura sono riportati anche il Rio San Girolamo e il Rio Santa Lucia, sui cui bacini le precipitazioni hanno raggiunto il massimo di intensità.

La stazione pluviometrica di Capoterra registra il picco di precipitazione tra le ore 7 e le ore 8 del mattino pari a un'altezza di pioggia di 148 mm, per un totale di 372 mm di pioggia afflitta in otto ore consecutive.

Viene stimata una media di 300 metri cubi d'acqua al secondo che confluisce nel bacino artificiale della lottizzazione, valutabile complessivamente attorno ai 5 milioni di metri cubi totali trasportati dal rio S. Gerolamo.

Di seguito si riportano i dati pluviometrici del 22 ottobre 2008, pubblicati a cura dell'Assessorato LL. PP., Servizio Difesa del Suolo e dell' Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna, registrati dalle stazioni pluviometriche della Sardegna (Figura 51). Si noti l'intensità delle precipitazioni meteorologiche nell'unità di tempo relativamente all'area di Capoterra, che ha certo pesantemente

concorso al verificarsi di un evento dannoso talmente ingente come quello registrato, pur tuttavia non rappresentando l'unico motivo.

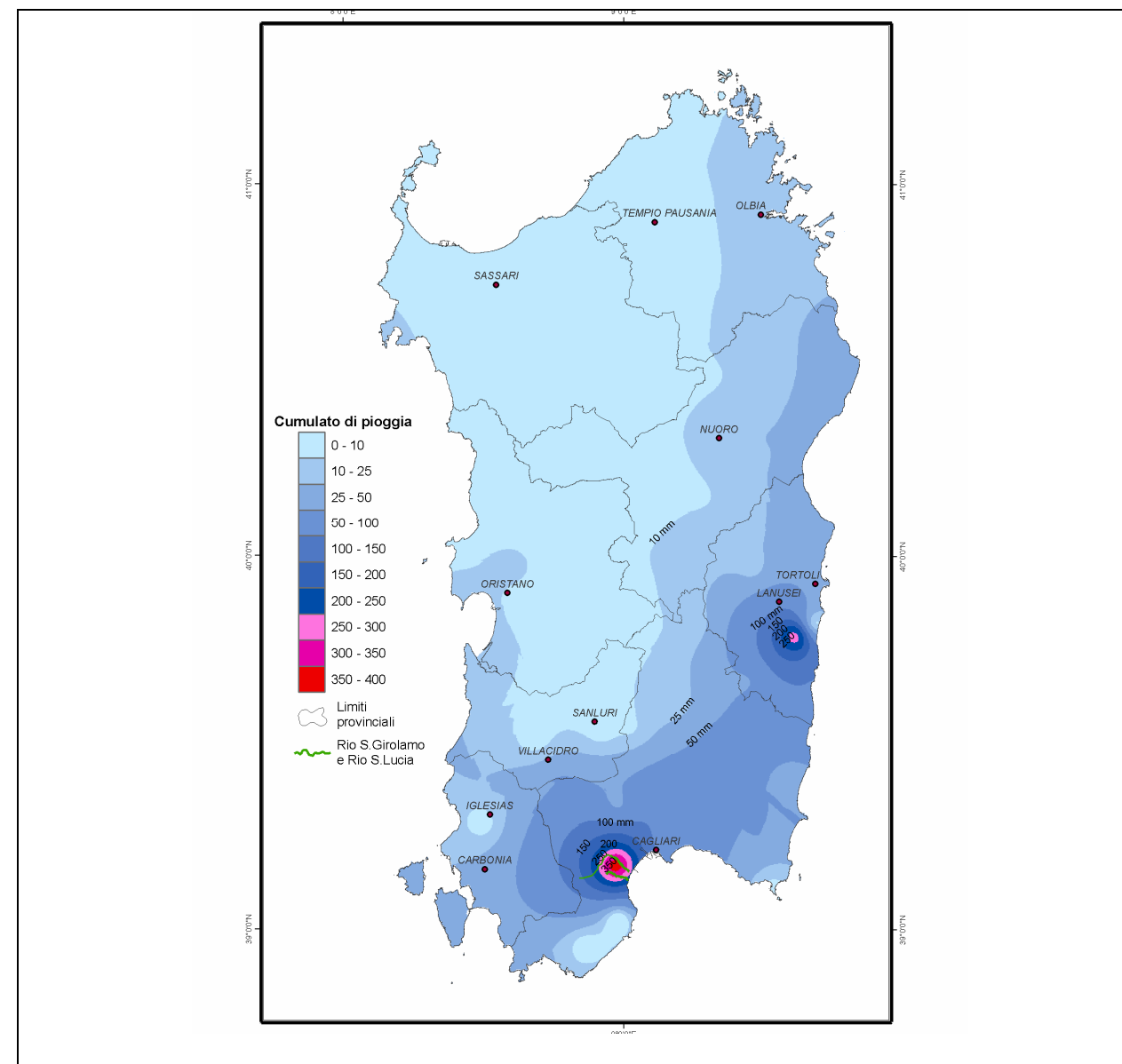


Figura 50 - Interpolazione del cumulo di precipitazione giornaliero osservato dalle stazioni della rete del SAR, integrate con alcune dell'AGRIS, con alcune del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare e con le tre stazioni della Protezione Civile più vicine al massimo principale di precipitazione.

La particolare conformazione orografica di alcuni siti come l'area di Capoterra ha comportato precipitazioni intense in un ristretto arco temporale con picco massimo registrato nella stazione pluviometrica Capoterra – Poggio dei Pini, come riportato nella Figura 52 (secondo i dati forniti dall'Assessorato LL.PP. della Regione Autonoma della Sardegna, Servizio difesa del suolo - Settore Idrografico). È da sottolineare che il valore medio annuo della precipitazioni per la Sardegna ammonta a circa 700 mm.

22 ottobre 2008		ore											totale (mm)
STAZIONE/ ore	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	
Santa Lucia di Capoterra	0,0	0,0	0,0	1,8	8,2	28,6	71,4	68,4	80,6	15,8	1,6	0,0	276,4
Capoterra - Poggio dei pini	0,0	0,0	0,0	0,6	0,8	2,6	90,0	148,2	94,2	34,8	0,8	0,0	372,0
Cagliari-buoncammino	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	8,8	30,4	51,2	2,6	0,0	94,6
Cagliari -Pini	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	19,0	80,0	2,2	0,0	0,0	112,2
Fluminimannu a Decimomannu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,8	6,4	25,4	26,0	3,0	0,2	63,8
Campuonu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,0	5,0	6,4	12,6	6,8	9,6	41,6
Villasor	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	5,6	2,2	0,0	14,2
Lanusei	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	12,4	10,4	19,8	27,6	40,6	111,0

Figura 51. Dati pluviometrici dell'evento del 22.10.2008

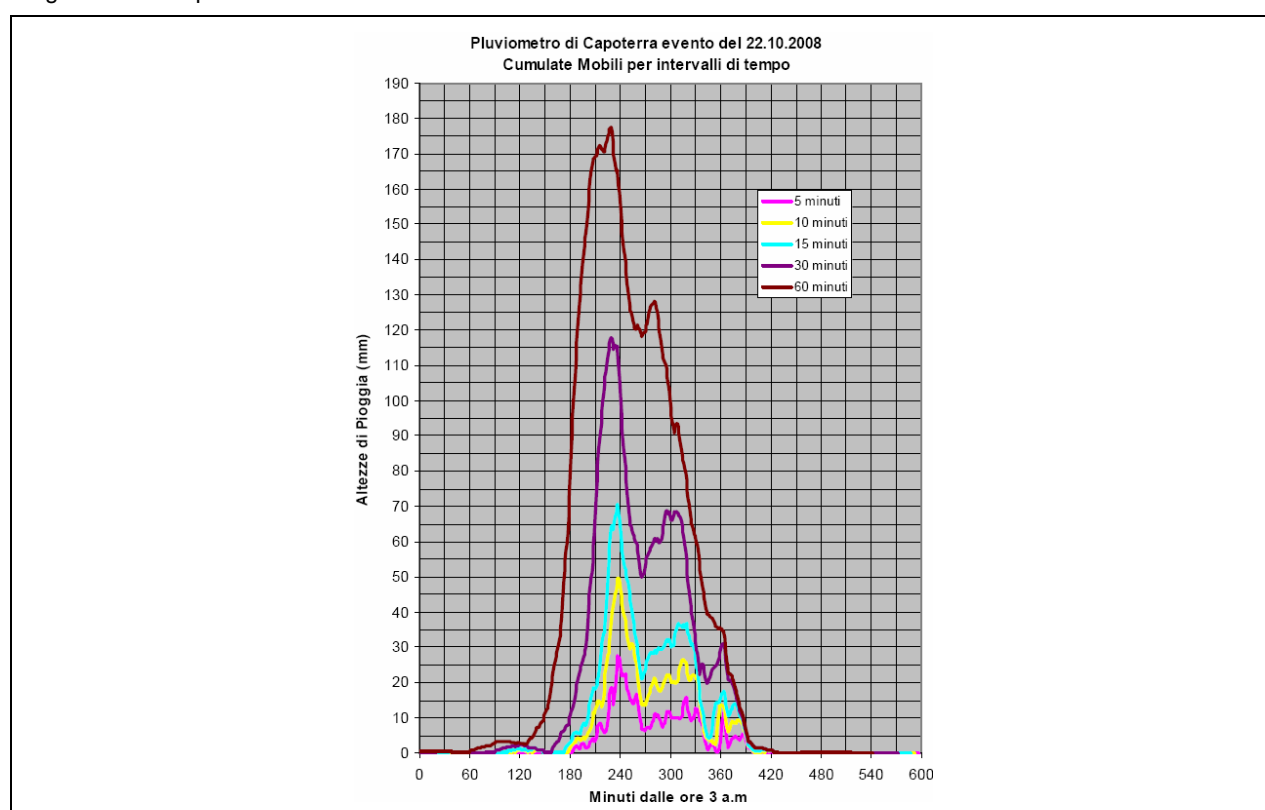


Figura 52. Dati pluviometrici del 22 ottobre 2008 registrati nella stazione di Capoterra

4.3.2 Confronto con la climatologia

Considerando le serie storiche archiviate nella banca-dati del Consorzio SAR, che copre il periodo 1932-2008, i cumulati giornalieri misurati a Capoterra-Poggio dei Pini sono i massimi di cui si abbia traccia nella serie pluviometrica di Capoterra, mentre nella serie pluviometrica più vicina alla stazione di Uta è presente un evento superiore: 400 mm misurati il 23 novembre 1961. Nelle due serie storiche più vicine a Jerzu, invece, si trovano rispettivamente 5 e 6 cumulati simili o superiori.

Estendendo l'analisi alle stazioni pluviometriche circostanti, si può osservare che le precipitazioni dell'area a Est di Cagliari restano del tutto eccezionali, mentre quelle dell'Ogliastra sono estremamente intense, ma ricorrenti (seppur con tempi di ritorno lunghi).

Se, invece, si considera la distribuzione delle precipitazioni sulla Sardegna nel suo complesso, per capire se questo tipo di eventi meteorologici siano già occorsi nel passato, si possono individuare almeno due eventi simili, sia come struttura spaziale del campo di precipitazione sia come valori dei massimi, e numerosi altri con cumulati di precipitazione inferiori.

I due eventi più simili occorsero il 22-23 novembre 1961 e il 12-13 novembre 1999. Entrambi furono caratterizzati da precipitazioni eccezionali nell'area immediatamente a Est/Nord-Est della città di Cagliari e precipitazioni molto abbondanti nella costa orientale della Sardegna.

Nei giorni 22-23 novembre 1961, si osservarono 400 mm/24h a Uta, 200 mm/24h a Villasor e cumulati di precipitazione superiori ai 100 mm/24h nel Basso Campidano, mentre precipitazioni di eccezionale intensità interessarono Baronia e Ogliastra, con valori superiori a 200 mm/24h sino a un massimo di 292.2 mm/24h a Talana.

Nel secondo episodio, invece, le precipitazioni cumulate su due giorni del Basso Campidano raggiunsero i 374.6 mm/48h a Decimomannu e superarono i 200 mm in molte località circostanti (221 mm a Capoterra). Nei medesimi due giorni le precipitazioni complessive dell'Ogliastra e del Sarrabus raggiunsero i 376.8 mm/48h a Pelau e 307 mm/48h a Muravera. Sempre a Pelau, la stazione dell'ERSAT misurò anche due ore di precipitazioni di eccezionali di intensità: 97.6 mm/h alle 18 GMT e 67 mm/h alle 19 GMT.

Numerosi altri episodi hanno interessato la sola Sardegna orientale, in molti casi anche caratterizzati da precipitazioni più abbondanti, ma si è sempre trattato di precipitazioni meno intense sull'area di Cagliari.

4.4 Il disastro

L'eccezionale evento meteorico avvenuto il 22 ottobre 2008 è durato circa tre ore, dalle 6 alle 9 del mattino, con un considerevole picco pluviometrico di 150 mm caduti nell'arco di un'ora, tra le 7 e le 8 (dati registrati dal pluviometro di Poggio dei Pini). Già durante le prime due ore i versanti del bacino hanno mostrato i primi segni di cedimento idraulico. Il suolo è stato saturato rapidamente d'acqua e questa ha cominciato a scorrere sempre più copiosa sulla superficie dei campi, invece di infiltrarsi nel terreno. Ogni singolo impluvio di ogni singolo versante del piccolo bacino idrografico ha riversato sul Rio San Gerolamo una considerevole massa d'acqua, pari a circa 750.000 mc, che ha confluato tumultuosamente lungo l'alveo naturale del fiume, travolgendo gli ostacoli che incontrava nel suo percorso, come alberi, strade, ponti, abitazioni.

Durante la corrivazione l'acqua ha messo in movimento una rilevante massa di materiale solido, presumibilmente 250.000 mc, costituito in parte da massi e ciottoli spostati lungo l'alveo e prevalentemente da sabbia e limo provenienti dal suolo eroso lungo il percorso, in particolar modo da quei suoli lasciati nudi dai recenti incendi di fine estate, privi di quella copertura vegetale in grado di

proteggere i versanti. Si sono prodotti così numerosi solchi di ruscellazione estemporanei, anche molto profondi.

Gran parte di questo materiale solido, quello con granulometria più grossolana, è stato deposto all'interno del lago artificiale di Poggio dei Pini che ha funzionato come vasca di decantazione, riducendone però il volume d'acqua invasabile. Di conseguenza l'acqua che è arrivata a valle ha portato in carico materiale solido a granulometria più fine, come limi e argille, insieme al materiale costituente la diga stessa, seriamente danneggiata. Questa torbida ha travolto le infrastrutture e le abitazione a valle, provocando la morte di quattro persone e intrappolando a lungo decine di altri sopravvissuti.

4.5 L'area interessata dal danno

Sulla base dei rilievi aerofotografici acquisiti il 23 ottobre e il 2 novembre e resi disponibili dal MATTM, integrati dai rilevamenti sul campo, il CFVA e l'Agenzia del Distretto Idrografico della Sardegna hanno proceduto ad una prima delimitazione dell'area interessata dall'evento nel bacino del Rio S. Gerolamo (Figura 53).

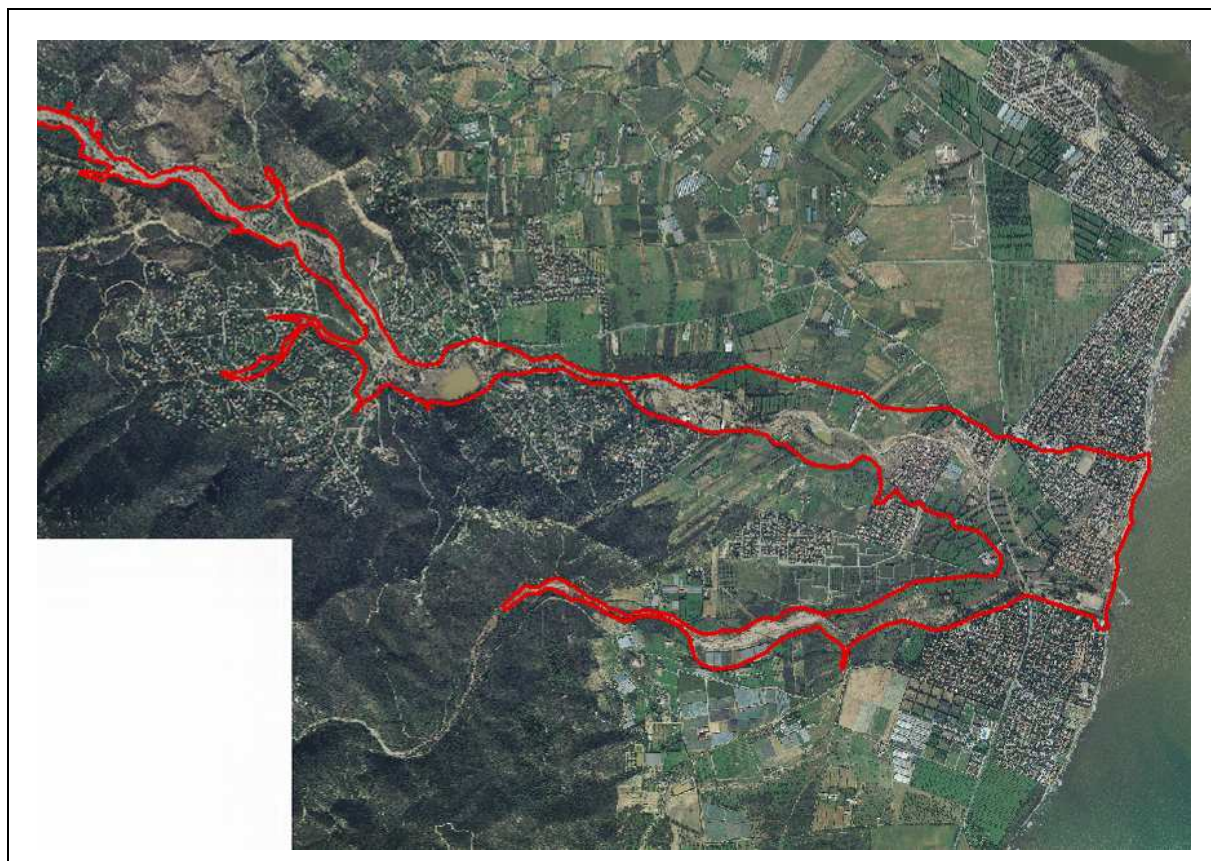


Figura 53 - In rosso il limite dell'area interessata dall'evento del 22 ottobre redatta sulla base dell'ortofoto acquisita il 2 novembre 2008.

L'area individua la fascia di esondazione del corso d'acqua principale e di alcuni suoi affluenti e limita quei settori di valle fortemente interessati dal trasporto di fango e detriti.

Da queste prime osservazioni emerge una prima netta distinzione tra i processi di versante di natura strettamente erosiva, che hanno interessato la parte alta del bacino e sui quali si dovranno concentrare gli studi geomorfologici di dettaglio e gli interventi di mitigazione, e i fenomeni di trasporto e sedimentazione concentrati nella piana.

4.6 L'impatto con la geomorfologia dell'area

Il gruppo SPAC - Assetto Ambientale dell'Ufficio del Piano ha proceduto ad una prima ricostruzione geomorfologia dell'evento. Dall'analisi delle cartografie disponibili sono stati individuati i terrazzi alluvionali di vario livello, riferiti a diversi periodi storici, mentre dalle ortofoto del 2 novembre 2008 sono stati tracciati alcuni *markers* geomorfologici (Figura 54), quali i solchi di erosione (*rill e gully erosion*), ed è stato perimetrato l'alveo di piena con l'individuazione delle parti in erosione e quelle di deposito.

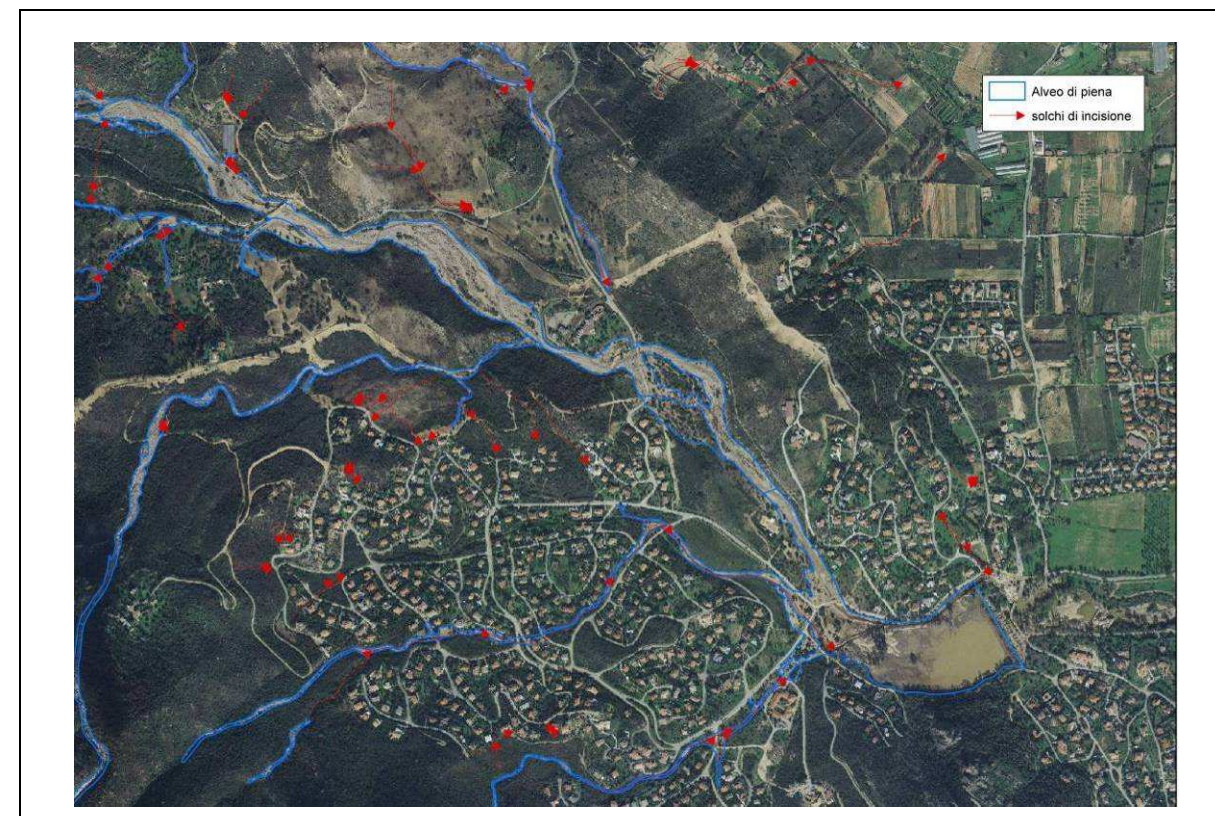


Figura 54 - In blu l'alveo di piena, in rosso i solchi di erosione individuati sulla base dell'ortofoto acquisita il 2 novembre 2008.

Dalle prime analisi effettuate è emerso come l'evento calamitoso sia legato ad una concomitanza di fattori. Le precipitazioni verificatesi, infatti, pur essendo di notevole intensità, hanno interessato aree la cui stabilità era già fortemente compromessa dagli incendi degli anni passati. La mancanza di copertura vegetale ha pertanto accentuato i fenomeni erosivi a monte della diga di Poggio dei Pini. La massa di acqua defluita a valle ha poi seguito l'area di naturale esondazione del Rio San Gerolamo, profondamente alterata dalle opere di urbanizzazione realizzate nel tempo. A tal proposito, è esplicitiva l'immagine in Figura 55 in cui sono state sovrapposte le delimitazioni dei terrazzi alluvionali storici con l'area di esondazione del 22 ottobre perimetrata dal corpo forestale. È evidente come il deflusso delle acque riprenda il suo naturale percorso, interessando però stavolta aree intensamente urbanizzate.

È stata realizzata, per fotointerpretazione dell'immagine relativa al volo del 2 novembre 2008 (a sinistra nella Figura 56), una analisi volta a identificare le modalità di movimentazione del detrito da parte del Rio San Gerolamo. L'area in esame è relativa alla strozzatura creata dall'edificio dell' Hydrocontrol. Col retino azzurro (D) le aree dell'alveo dove si è riscontrata prevalentemente deposizione, col retino rosso (E) sono

evidenziate le aree successivamente reincise dal corso d'acqua e dalle quali presumibilmente è stato prelevato del materiale e ritrasportato più a valle.

A destra la stessa immagine, montata sopra l'ortofoto del 2006. Si vede come gran parte dell'alveo fosse al tempo vegetato da arbusti anche di grosse dimensioni e da abbondante vegetazione erbacea. Inoltre il corso d'acqua seguiva un tracciato (evidenziato in azzurro) che in occasione dell'evento del 2008 è stato abbandonato.

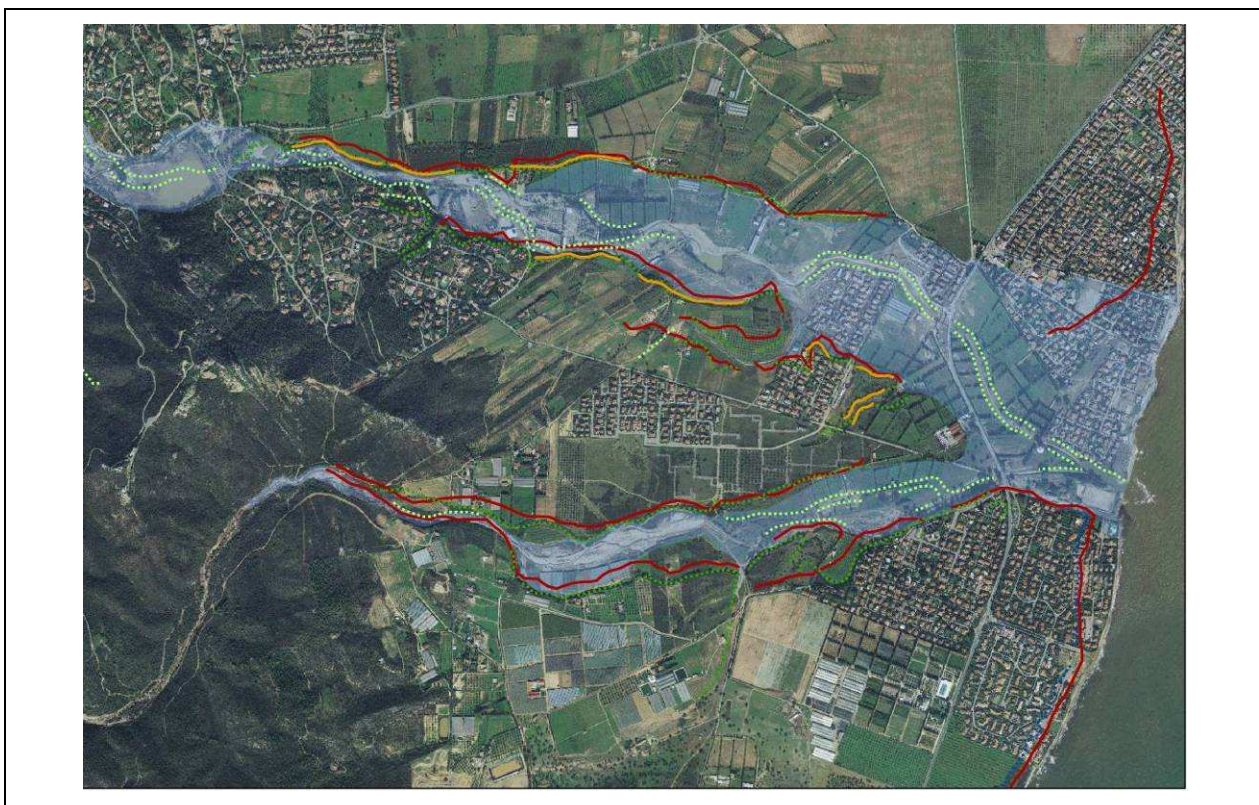


Figura 55 - Area di esondazione del 22 ottobre e terrazzi alluvionali estratti dalla cartografia storica.

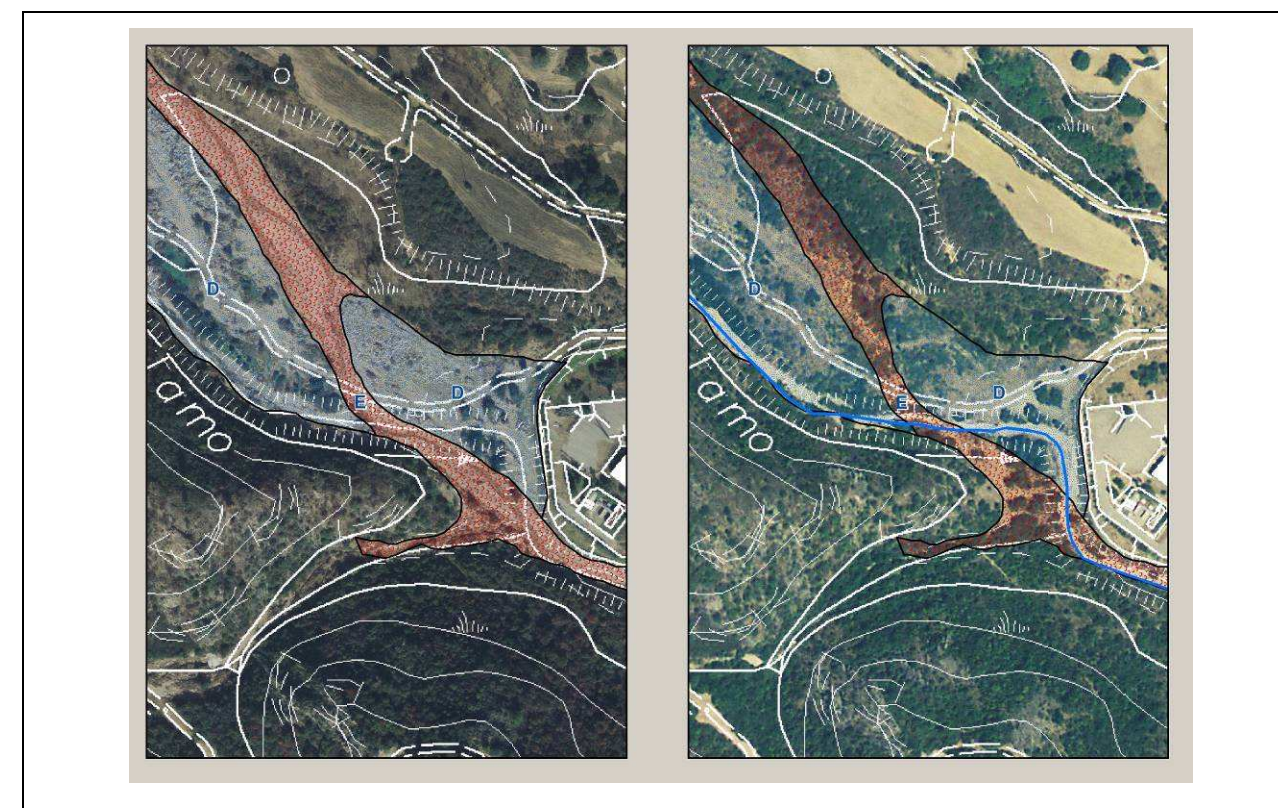


Figura 56 - La strozzatura del Rio San Gerolamo a monte di Hydrocontrol. A sinistra la foto aerea del 2008 e a destra quella del 2006.

4.7 La gestione dei sedimenti degli invasi

Una delle emergenze principali, durante e nelle fasi immediatamente successive all'alluvione del 22 ottobre 2008, è stata la situazione di rischio derivante dalla presenza dell'invaso artificiale di Poggio dei Pini e di due traverse minori. L'invaso di Poggio dei Pini in particolare ha subito l'onda di piena che, tra l'altro, ha determinato l'accumulo di sedimenti e detriti vari al suo interno. Pertanto, sia in relazione alla gestione di tale evento eccezionale, sia alla gestione ordinaria nel caso l'invaso venga ripristinato, sarà necessario dotare l'invaso di un Progetto di Gestione, ai sensi dell'articolo 114 parte terza del decreto legislativo 3 aprile 2006 n. 152. Tale articolo prevede che, al fine di assicurare il mantenimento della capacità di invaso e la salvaguardia sia della qualità dell'acqua invasata sia del corpo idrico ricettore, le operazioni di svasso, sghiaimento e sfangamento delle dighe siano effettuate sulla base di un progetto di gestione di ciascun invaso. Il progetto di gestione è finalizzato a definire sia il quadro previsionale di dette operazioni connesse con le attività di manutenzione da eseguire sull'impianto, sia le misure di prevenzione e tutela del corpo ricettore, dell'ecosistema acquatico, delle attività di pesca e delle risorse idriche invasate e rilasciate a valle dell'invaso durante le operazioni stesse.

Il progetto di gestione dell'invaso deve essere predisposto dal gestore dell'invaso con i contenuti previsti dal decreto del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio 30 giugno 2004 (che si applica agli sbarramenti che determinano a monte un bacino di volume superiore a 100.000 mc ovvero hanno un'altezza superiore a 10 m) e dalle "Linee guida per la predisposizione dei progetti di gestione degli invasi e per l'esecuzione delle operazioni" (che si applicano a tutti gli invasi) approvate con Delibera della Giunta Regionale n. 13/12 del 4.3.2008 e pubblicate Supplemento straordinario n. 1 al Buras n. 15 del 30/04/2008.

4.8 Il campionamento delle acque post-alluvione

In seguito all'alluvione del 22 ottobre 2008 l'Arpas ha effettuato dei campionamenti straordinari (novembre 2008) delle acque di balneazione e delle acque marino-costiere per verificare la presenza e l'entità di eventuali impatti a carico di tali corpi idrici.

4.8.1 Acque di balneazione

Come da normativa vigente (DPR 470/82 nelle more della piena applicazione del D.Lgs 116/2008 di recepimento della Dir. 2006/7/CE) la campagna di balneazione 2008 è iniziata nel mese di aprile e si è conclusa a settembre. In seguito all'alluvione l'Arpas ha effettuato dei campionamenti supplementari in data 18 novembre 2008

I grafici di figura 57 mostrano l'andamento dei parametri microbiologici durante il 2008 nelle stazioni 67, 68 e 69.

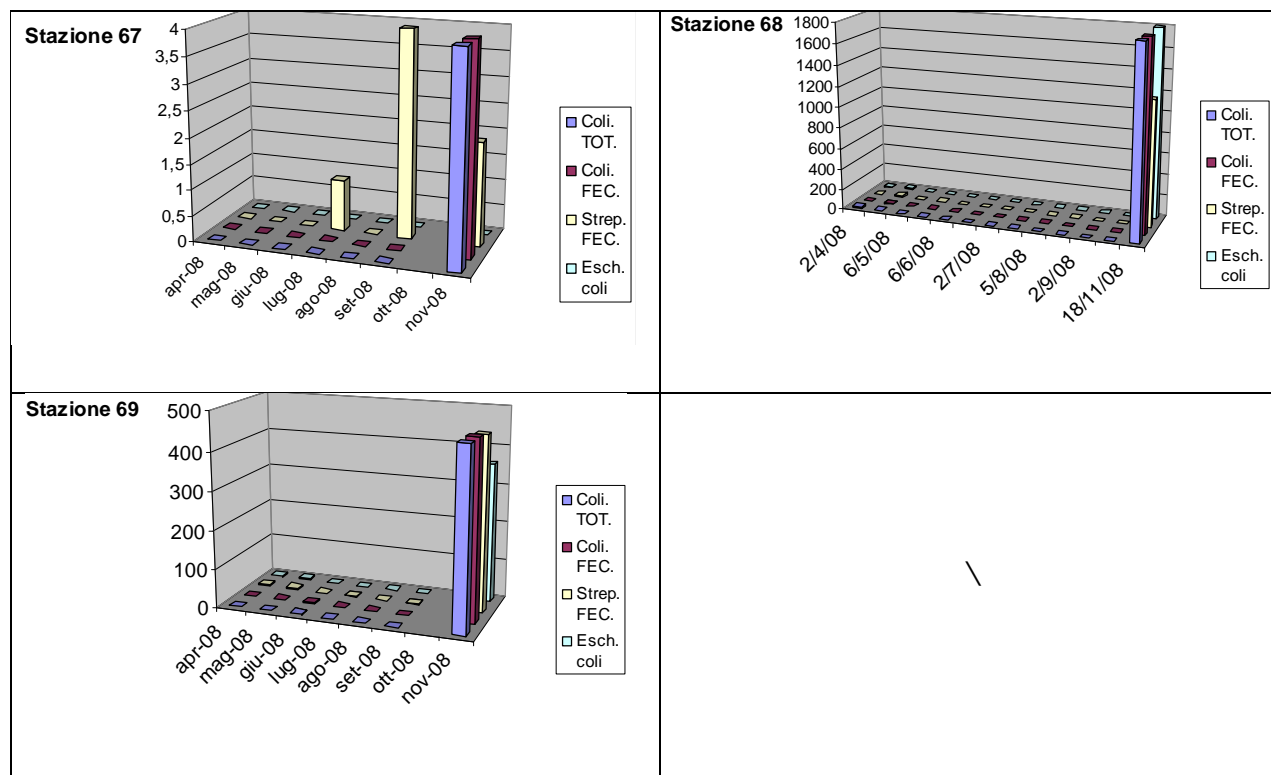


Figura 57 - Andamento dei parametri microbiologici nelle stazioni di monitoraggio delle acque di balneazione del settore di Capoterra.

I valori molto elevati nell'ultimo campionamento appiattiscono il grafico per quanto riguarda i valori bassi e pertanto è utile realizzare gli stessi grafici in scala logaritmica (figura 58).

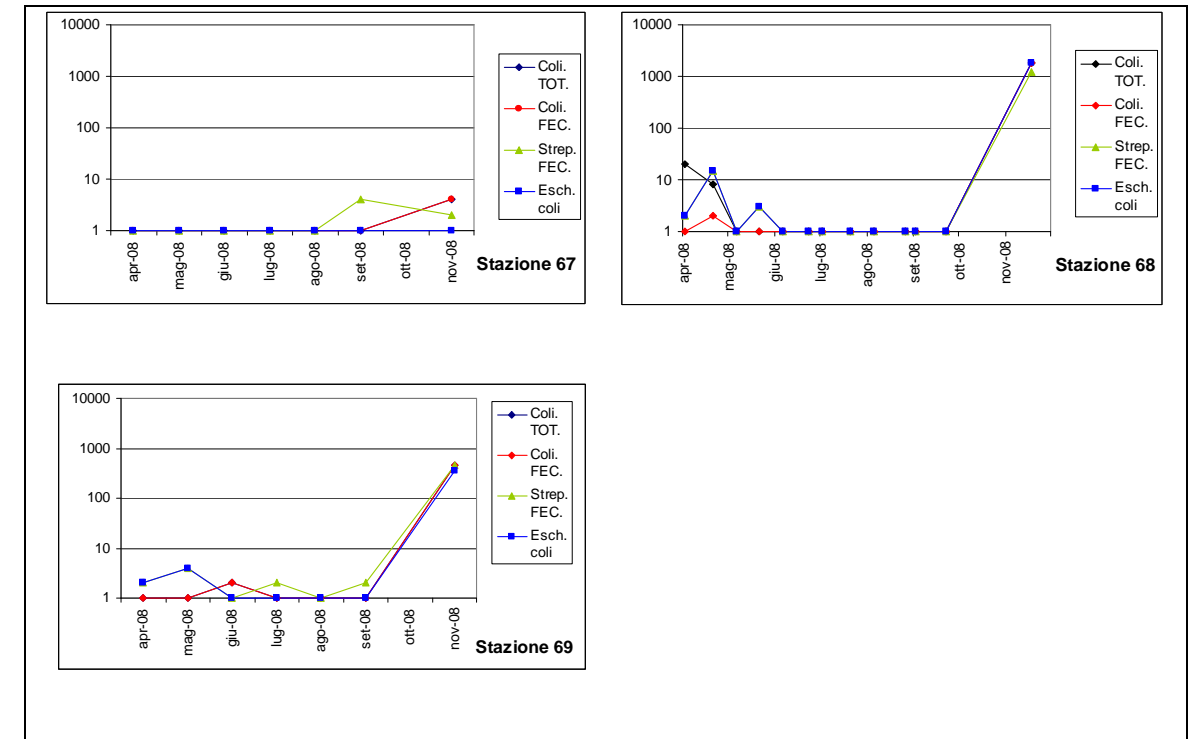


Figura 58 - Rappresentazione in scala logaritmica dell'andamento dei parametri microbiologici nelle stazioni di monitoraggio delle acque di balneazione del settore di Capoterra.

La normativa sulla valutazione delle acque di balneazione ha subito delle modifiche con l'emanazione del D.Lgs 116/2008 (recepimento della Dir. 2006/7 CE) che sostituisce quanto previsto dal DPR 470/82. Il DPR 470/82 prevedeva il monitoraggio dei seguenti parametri microbiologici e i relativi limiti per l'idoneità alla balneazione (tab. 10):

- Coliformi totali;
- Coliformi fecali;
- Streptococchi fecali.

Parametro	limite
Coliformi totali UFC/100 ml	2000
Coliformi fecali UFC/100 ml	100
Streptococchi fecali UFC/100 ml	100

Tabella 10. Limiti per la balneabilità (DPR 470/82 e smi).

Il D.Lgs 116/2008 prevede invece il monitoraggio dei seguenti parametri microbiologici:

- Enterococchi intestinali;
- Escherichia coli.

I limiti delle classi di qualità per la classificazione delle acque di balneazione ai sensi del D.Lgs 116/2008) sono riportati nella tabella seguente.

Parametro	Qualità		
	eccellente	buona	sufficiente
Enterococchi intestinali UFC/100 ml	100	200 ⁽¹⁾	185 ⁽²⁾
Escherichia coli UFC/100 ml	250	500 ⁽¹⁾	500 ⁽²⁾

nota 1. Basato sulla valutazione del 95° percentile .
 nota 2. Basato sulla valutazione del 90° percentile .

Tabella 11. Limiti per la classificazione delle acque di balneazione (D.Lgs 116/2008).

La classificazione ai sensi del D.Lgs 116/2008 viene effettuata al termine di ciascuna stagione balneare, prendendo in considerazione i dati della stessa stagione e quelli delle tre stagioni precedenti.

Posto quindi che la classificazione non può essere fatta su un unico campionamento, effettuato tra l'altro fuori dalla stagione balneare, è comunque utile confrontare i limiti del DPR 470/82 e del D.Lgs 116/2008 con i valori rilevati nel campionamento post-alluvione.

Come si vede dalla tabella 12 i tratti di litorale rappresentati dai punti 68 e 69 (sulla base di un unico campionamento) non sarebbero idonei alla balneazione ai sensi del DPR 470/82 e verrebbero classificati rispettivamente in classe di qualità scarsa e buona sulla base dei limiti del D.Lgs 116/2008. La stazione 67 verrebbe classificata idonea alla balneazione (DPR 470/82) e classificata in classe di qualità eccellente (D.Lgs 116/2008).

Stazione	data	Coli. TOT.	Coli. FEC.	Strep. FEC.	Idoneità alla balneazione DPR 470/82	Enter. Intest.	Esch. coli	Class. D.Lgs 116/2008
67	18-nov-08	4	4	2	idoneo alla balneazione	2	0	eccellente
68	18-nov-08	1800	1800	1200	non idoneo	1200	1800	scarso
69	18-nov-08	460	460	450	non idoneo	450	360	scarso

Tabella 12. Confronto tra i parametri rilevati e i limiti del DPR 470/82 e D.Lgs 116/2008.

Le figure 59 -62 mostrano l'ubicazione delle tre stazioni e i valori rilevati dei parametri microbiologici.

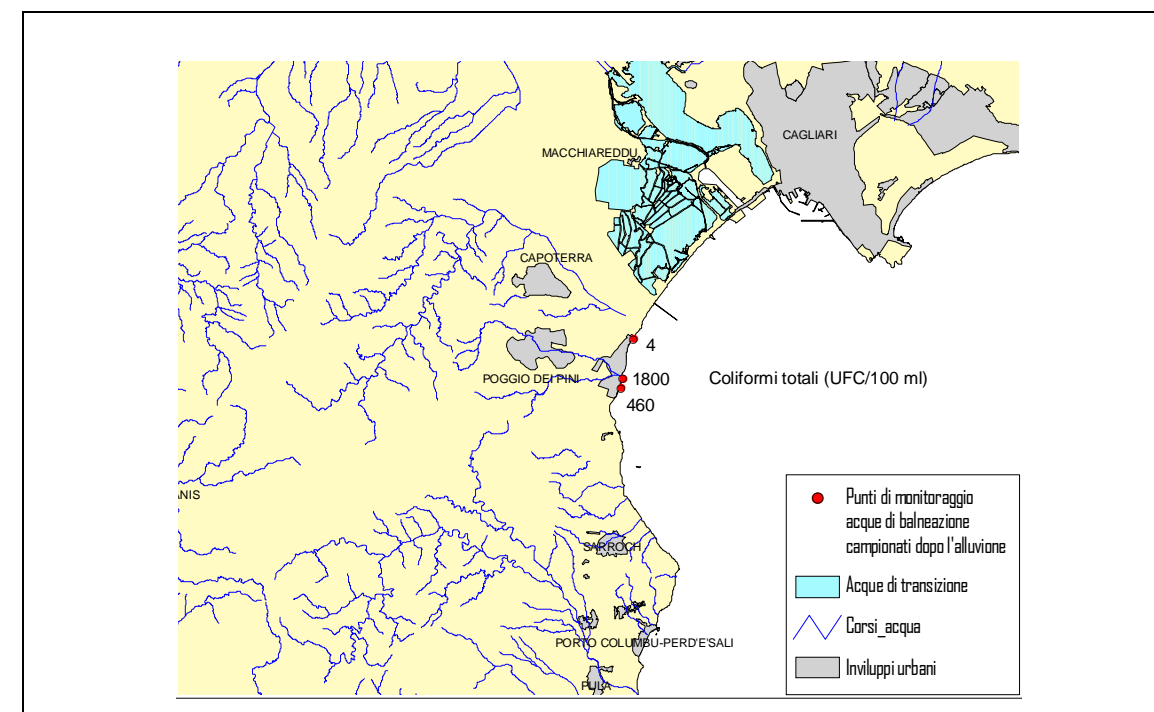


Figura 59 - Coliformi totali rilevati il 18 novembre 2008 nelle acque di balneazione.

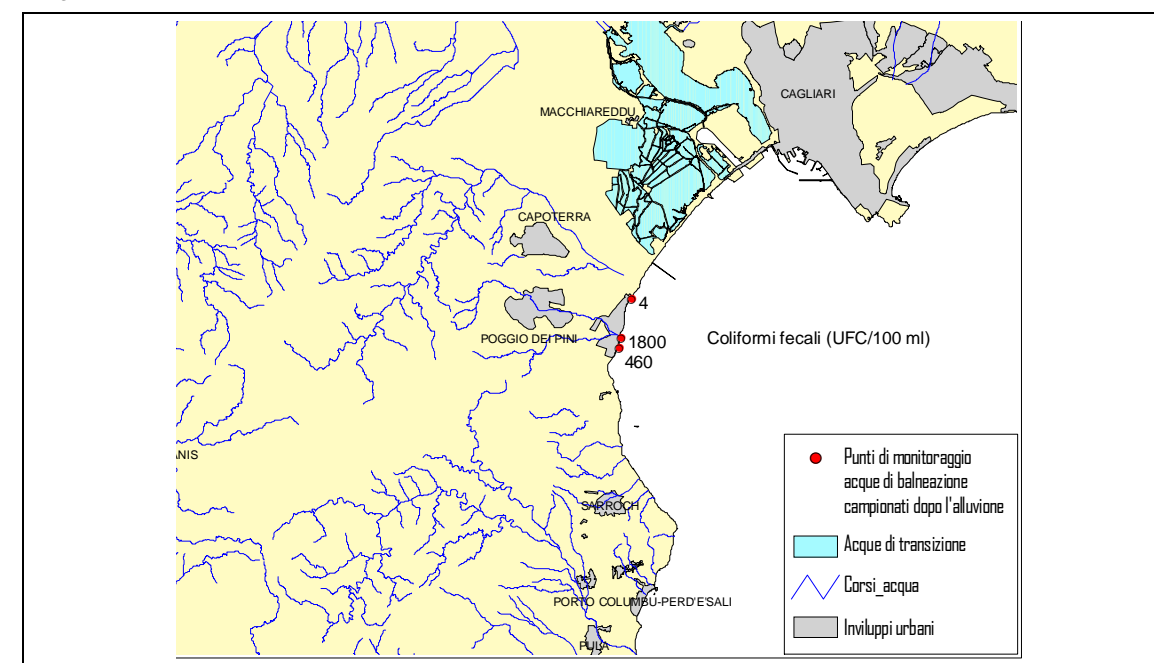


Figura 60 - Coliformi fecali rilevati il 18 novembre 2008 nelle acque di balneazione.

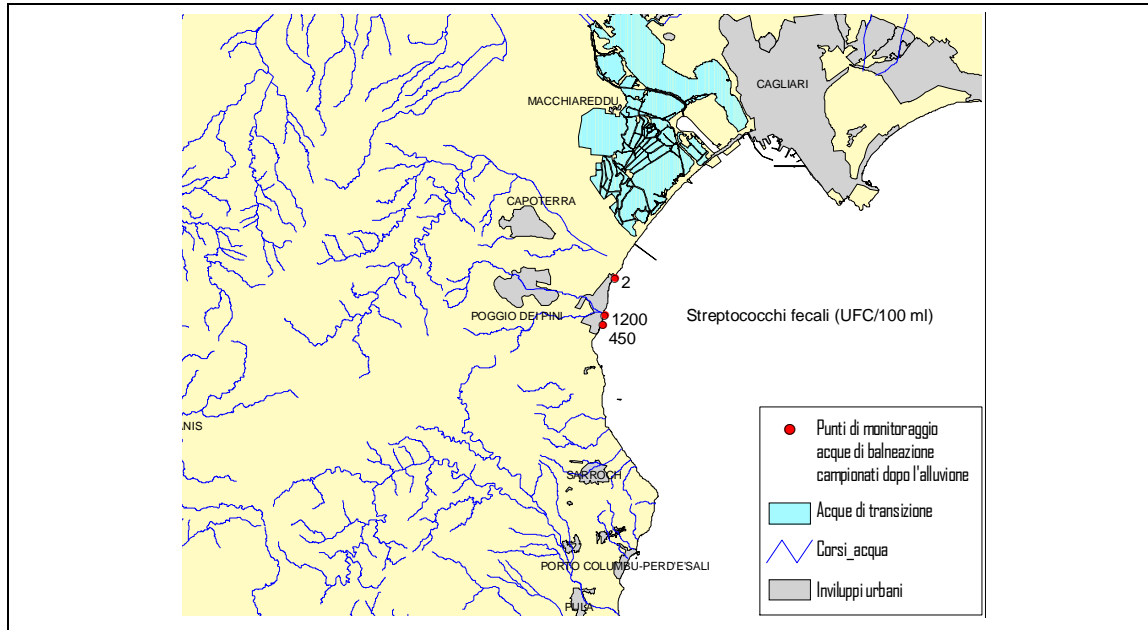


Figura 61. Streptococchi fecali rilevati il 18 novembre 2008 nelle acque di balneazione.

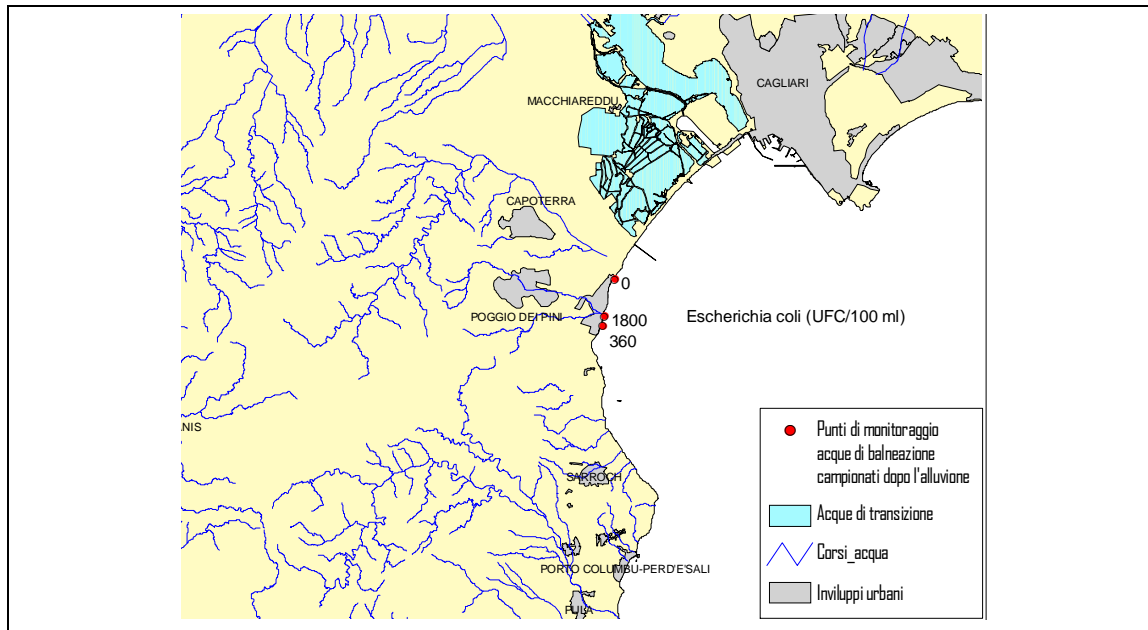


Figura 62 - Escherichia coli rilevati il 18 novembre 2008 nelle acque di balneazione.

Per quanto riguarda le acque di balneazione si può concludere che i dati del campionamento post-alluvione, messi a confronto con i dati pre-alluvione, mostrano che l'alluvione ha determinato una situazione di criticità che dovrà essere attentamente monitorata.

In particolare sono stati evidenziati valori molto elevati dei parametri microbiologici nel tratto prospiciente lo sbocco in mare del Rio S. Gerolamo e in misura leggermente minore nella stazione a sud, mentre nella stazione posta a nord-est il monitoraggio non ha evidenziato picchi di inquinamento, probabilmente dovuto anche alla maggior distanza dalla foce del Rio S. Gerolamo. C'è da dire che questa è la fotografia istantanea derivante da un singolo campionamento i cui risultati sono anche funzione dalla direzione della corrente marina che determina la direzione di propagazione del pennacchio della contaminazione a

partire dalla foce del Rio S. Gerolamo. Pertanto in condizioni diverse di corrente la situazione potrebbe essere sensibilmente diversa.

Per quanto riguarda le conseguenze che tali eventi determinano sulle strategie di monitoraggio e gestione delle acque di balneazione, è importante sottolineare che la completa attuazione della citata Dir. 2006/7/CE e del D.Lgs 116/2008 prevede che ai fini della individuazione e classificazione delle acque di balneazione sia predisposto apposito "profilo" che comprende, tra l'altro, la conoscenza del quadro dei vari tipi di pressioni (naturali e antropiche) e la costruzione di modelli previsionali attraverso i quali poter "gestire" le acque di balneazione nel tempo. l'evento dell'alluvione, pertanto, sarà certamente considerato tra gli accadimenti da valutare.

4.8.2 Acque marino costiere

Delle acque marino costiere del settore sono disponibili i dati del periodo post-alluvione e precisamente del 12 novembre 2008. Le figure 63 e 64 permettono di fare un confronto dei dati post alluvione con i due campionamenti precedenti (11 agosto e 14 ottobre). In particolare per le stazioni del transetto più vicino alla foce del Rio S.Gerolamo si osserva un aumento, seppur lieve, dei parametri azoto totale e streptococchi fecali. Nelle stazioni del transetto più distante (M201 – 202 – 203) si osserva un lieve aumento del parametro streptococchi fecali già dal campionamento del 14 ottobre. Il parametro azoto totale, aumenta sensibilmente dopo l'alluvione raggiungendo valori relativamente elevati.

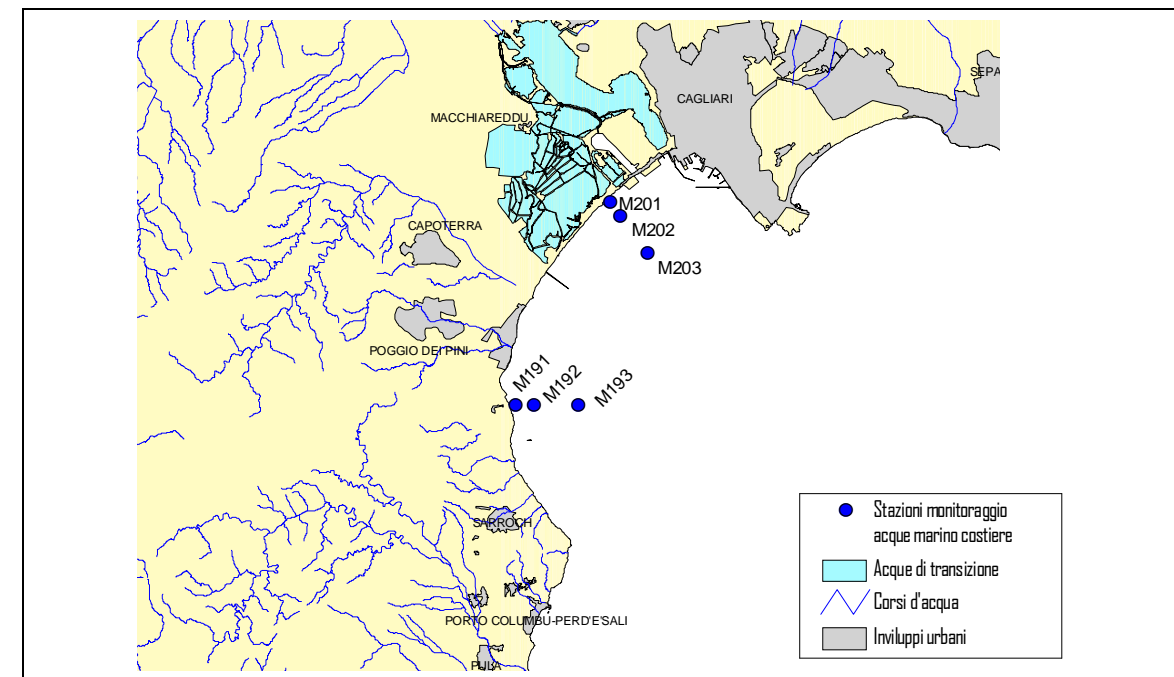


Figura 63 - Ubicazione delle stazioni di monitoraggio delle acque marino costiere campionate dopo l'alluvione del 22 ottobre 2008.

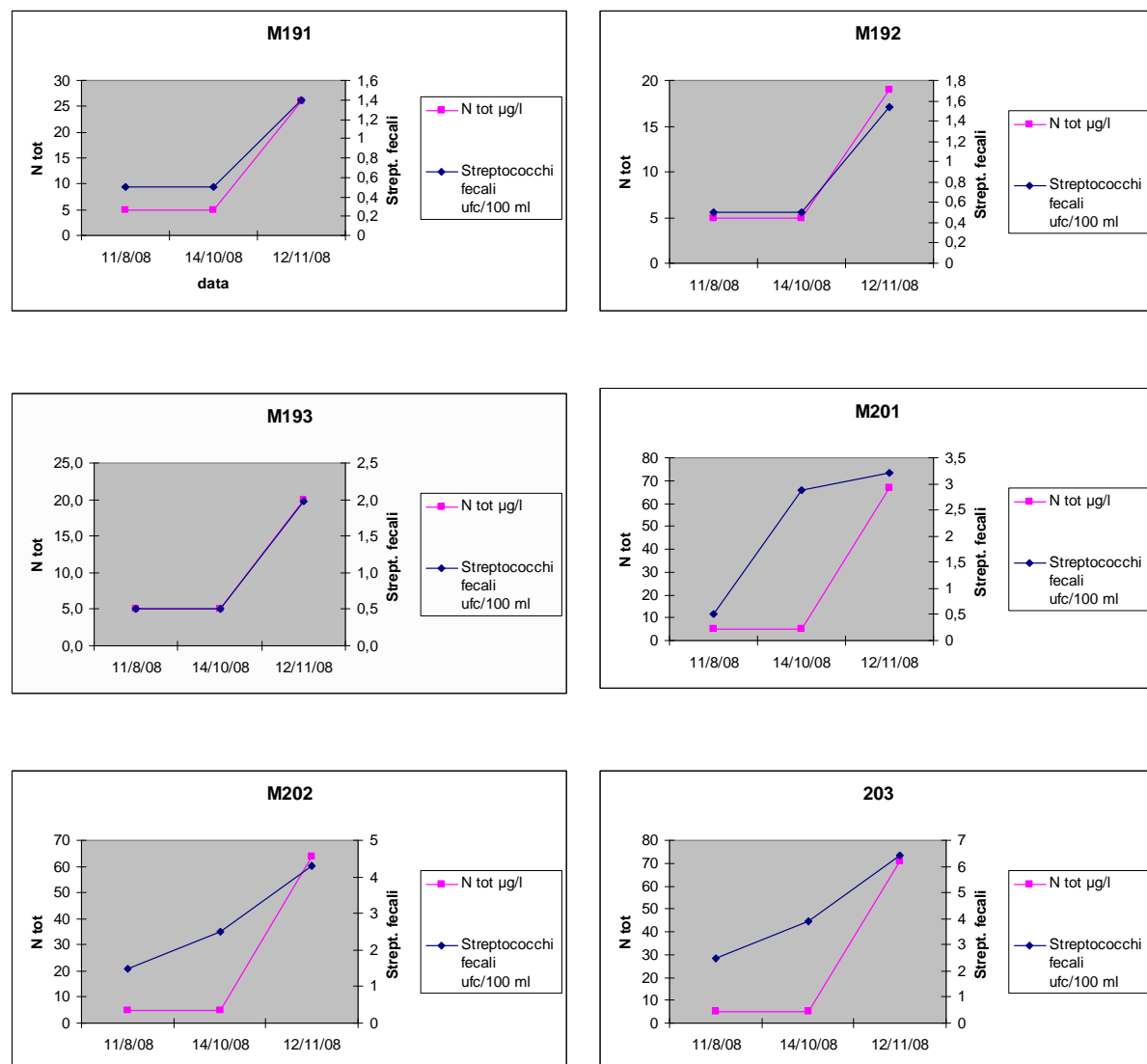


Figura 64 - Andamento dei parametri azoto totale e streptococchi fecali nelle stazioni del settore nel periodo 11 agosto 2008 – 12 novembre 2008.

4.8.3 Conclusioni

Nel settore di Capoterra interessato dall'alluvione del 22 ottobre i corpi idrici monitorati ai sensi del D.Lgs 152/99 (nelle more della riorganizzazione del sistema di monitoraggio dei corpi idrici per adeguarlo alle previsioni del D.Lgs. 152/2006) sono:

- stagno di S.Gilla;
- acque sotterranee;
- acque di balneazione;
- acque marino costiere.

Sulla base dei dati pregressi di monitoraggio nella presente relazione sono state descritte le caratteristiche qualitative di tali corpi idrici al fine di poter verificare, sulla base di dati di monitoraggio post-alluvione, se e in che misura tali corpi idrici hanno subito dei danni ambientali significativi.

Attualmente sono disponibili dati post alluvione per le acque di balneazione e per le acque marino costiere.

Le acque marino costiere hanno certamente risentito degli effetti dell'alluvione, la cui reale magnitudo e persistenza sarà da valutare con indagini specifiche sulle matrici acqua, biota e sedimenti.

Le maggiori criticità accertate sono quelle a carico delle acque di balneazione. Nel settore prospiciente la foce del Rio S.Gerolamo è stata infatti messa in evidenza una contaminazione microbiologica di origine fecale che deriva dallo sversamento a mare di acque reflue non depurate provenienti da alcune condotte fognarie danneggiate dall'alluvione, veicolate a mare dalle acque del rio S. Gerolamo.

L'evento alluvionale dovrà essere tenuto in considerazione nella prossima revisione della rete di monitoraggio dei corpi idrici del settore sia in termini di distribuzione dei punti di monitoraggio sia relativamente ai parametri da rilevare.

4.9 La ricognizione del danno al territorio

Dalle prime analisi emerge che l'evento calamitoso sia legato ad una concomitanza di fattori; da un lato i processi di versante di natura strettamente erosiva che hanno interessato la parte alta del bacino, dall'altro i fenomeni di trasporto e sedimentazione concentrati nella piana.

Le precipitazioni, di intensità superiore alla norma, hanno interessato aree la cui stabilità era già fortemente compromessa da incendi degli anni passati e dalle variazioni della copertura vegetale indotte nel corso del tempo da interventi antropici.

La diminuzione della densità di vegetazione ha pertanto accentuato i fenomeni erosivi a monte della diga di Poggio dei Pini, facilitando il deflusso di acqua a valle che ha poi seguito l'area di naturale esondazione del rio S. Gerolamo profondamente alterata dalle opere di urbanizzazione realizzate nel tempo.

Il canale sfioratore della diga in terra battuta non è stato sufficiente a far defluire a valle l'imponente massa d'acqua trasportata dal rio S. Gerolamo, facendo innalzare il livello del bacino fino a provocarne l'esondazione che ha raggiunto l'asse stradale di accesso alle lottizzazioni confinanti.

Anche i numerosi canali a monte dell'abitato, ostruiti dai detriti e per lunghi tratti interrati, non hanno svolto la loro funzione di convogliare nel rio Santa Lucia l'acqua che scendeva dalle alture vicine che ha quindi ripreso il suo corso allagando le aree più densamente popolate.

Sono stati danneggiati edifici diversi, abitazioni, serre, strade, ponti, linee elettriche, reti idriche e fognarie, beni mobili.

L'Agenzia Del Distretto Idrografico ha effettuato, per conto del Genio Civile della Provincia di Cagliari, una ricognizione sul campo dei danni subiti dalle infrastrutture e dai beni pubblici di Capoterra.



Figura 65 - Esempio di elemento rilevato e schedato: ponte sulla SS 195.

SCHEDA N. 34

Comune	Capoterra
Località	Strada statale 195 sul Rio S.Gerolamo
Data ricognizione	24/10/2008
Tipo di struttura	Ponte
Tipologia del danno	
Descrizione dei danni riscontrati	Si tratta di due ponti distanti circa 20 metri, quello di valle è attraversato dalla statale mentre quello di monte (vecchio ponte in muratura) da una strada vicinale. Tra i due ponti passa l'attraversamento di una condotta idrica realizzato in calcestruzzo. Tutti i ponti sono stati superati dalla piena; presentano lievi scalzamenti sulle sponde che però non hanno apparentemente compromesso la sede stradale. Anche l'attraversamento idrico appare in buono stato.
Interventi di ripristino	



Figura 66 - Esempio di scheda di censimento relativa al ponte sulla SS 195.

4.10 Le prime richieste di risarcimento

L'evento alluvionale del 22 ottobre 2008 ha prodotto rilevanti modificazioni sulle strutture che concorrono a formare il sistema sociale delle popolazioni coinvolte nel fenomeno.

Per sistema sociale intendiamo l'insieme dei rapporti fra gli elementi costitutivi della società che subisce trasformazioni successive in uno spazio e in un tempo determinato, quale quello in esame. I sistemi sociali cambiano col tempo e sono composti da gruppi differenti, tra di loro antagonisti per età, sesso, forza fisica, salute, ecc.: la società non è un'entità omogenea e l'equilibrio, pertanto, è precario. Conflitti di utilità e di interessi, divisioni, differenze di valori implicano divergenze di obiettivi che generano eterogeneità e mettono in luce la mancanza di razionalità della società impoverendola in tutti i settori.

È manifesto che, a seguito di tale evento, vi siano state interruzioni dell'equilibrio e si siano quindi rese necessarie scelte e azioni volte ad un ritorno allo stato di equilibrio originario.

L'obiettivo iniziale è quello di stabilire quali siano i mezzi più appropriati per superare l'emergenza e per rendere omogenei i criteri che determinano scelte, deliberazioni e azioni mirate a raggiungere l'utilità generale. Oltre ad azioni di sostegno economico, attuate con tempestività, si è cercato di incrementare le azioni che aumentano la sicurezza individuale e collettiva.

Legge Regionale n. 15 del 29 Ottobre 2008	
Numero Beneficiari	Entità Contributo
22	2.800
81	4.000
15	5.600
21	7.000
37	8.000
115	10.000
64	10.500
227	15.000

4.10.1 Il sostegno economico

La Legge Regionale n. 15 del 29 Ottobre 2008 ha realizzato, almeno in parte, un'attività di sostegno economico, autorizzando la spesa di euro 20.000.000,00 a titolo di integrazione dei finanziamenti che verranno disposti dallo Stato per le medesime finalità. Lo stanziamento è destinato:

- ai Comuni per l'esecuzione dei primi interventi urgenti;
- a Comuni, province ed enti o società a capitale pubblico gestori di pubblici servizi, per la riparazione dei danni alle infrastrutture destinate a pubblici servizi;
- a privati e imprese per il ristoro dei danni subiti alle abitazioni e alle infrastrutture.

Di tali fondi, una quota massima di 500.000,00 è stata stanziata per la realizzazione di studi di dettaglio delle aree dei bacini fluviali costieri con foce compresa tra Rio Masoni Ollastu-Rio San Gerolamo ad ovest e Rio Is Cungiaus a est; la finalità è individuare gli interventi di sistemazione e riassetto idrogeologico da attuarsi attraverso le risorse FAS per gli anni 2007-2013, per la definitiva messa in

sicurezza delle zone a maggior rischio di inondazione anche valutando la possibilità di piani di delocalizzazione degli immobili a maggior rischio idrogeologico, soprattutto quelle limitrofe ai corsi d'acqua caratterizzate da diffuse e consistenti urbanizzazioni.

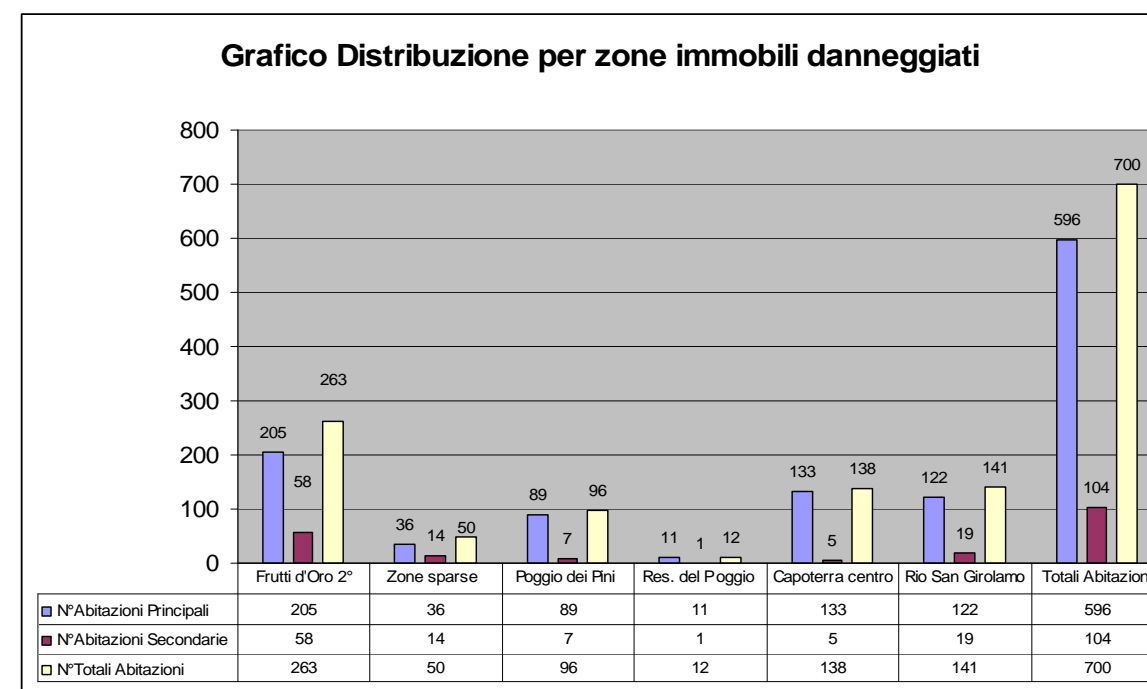
I finanziamenti a fondo perduto per la ripresa delle attività produttive, commerciali, artigianali, professionali e di servizi e per la riparazione dei danni subiti dalle relative strutture, macchinari e attrezzature sono invece definiti in un importo massimo di euro 30.000,00.

I contributi stanziati, a fondo perduto, per i privati seguono i limiti d'importo di euro 15.000,00 per il ristoro dei danni subiti dai beni mobili indispensabili, comprese le autovetture, e di euro 25.000,00 per il ripristino delle unità immobiliari danneggiate.

Nelle tavole seguenti è evidenziato, attraverso una rappresentazione puntuale diversificata per colore, a seconda del valore del contributo, il flusso dei contributi elargiti ai titolari di beni mobili, distribuiti entro l'area interessata dall'evento alluvionale.

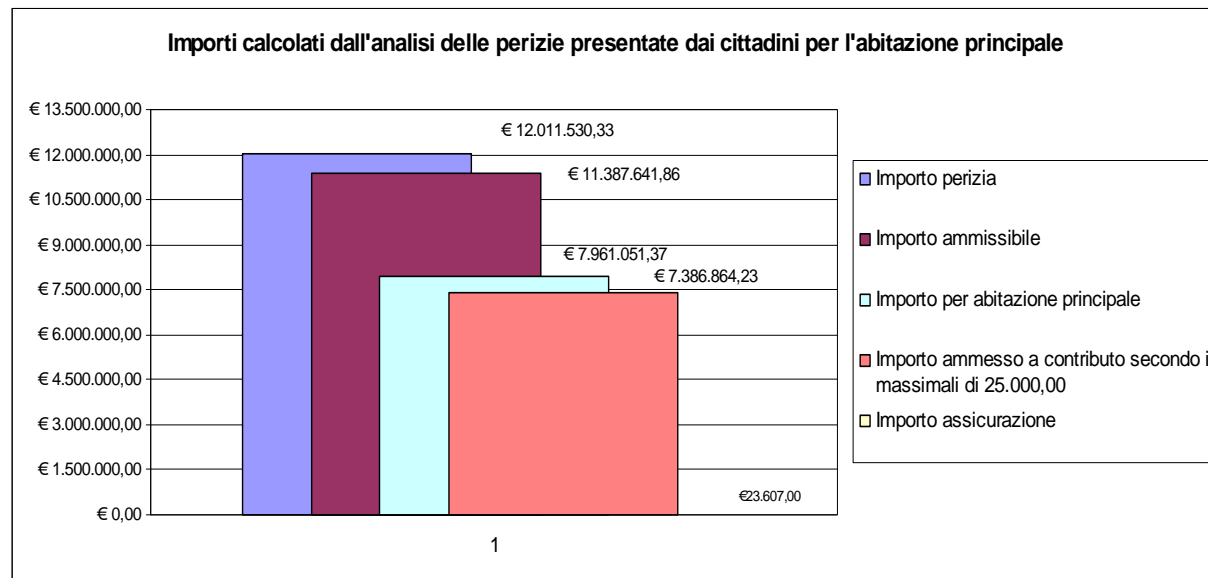
La distribuzione delle richieste di risarcimento dei danni subiti dagli immobili ricadono in gran parte nelle stesse aree. Gli immobili adibiti a civile abitazione interessati dall'evento calamitoso sono, al momento, 700, di cui 596 adibiti ad abitazione principale e 104 ad abitazione secondaria. Le richieste di risarcimento non ammesse a contributo per mancata rispondenza ai requisiti sono risultate 64.

Nel grafico seguente è indicata la distribuzione numerica, per aree geografiche, degli immobili per i quali è stata fatta una richiesta di risarcimento, distinguendo gli stessi in abitazioni principali e secondarie.

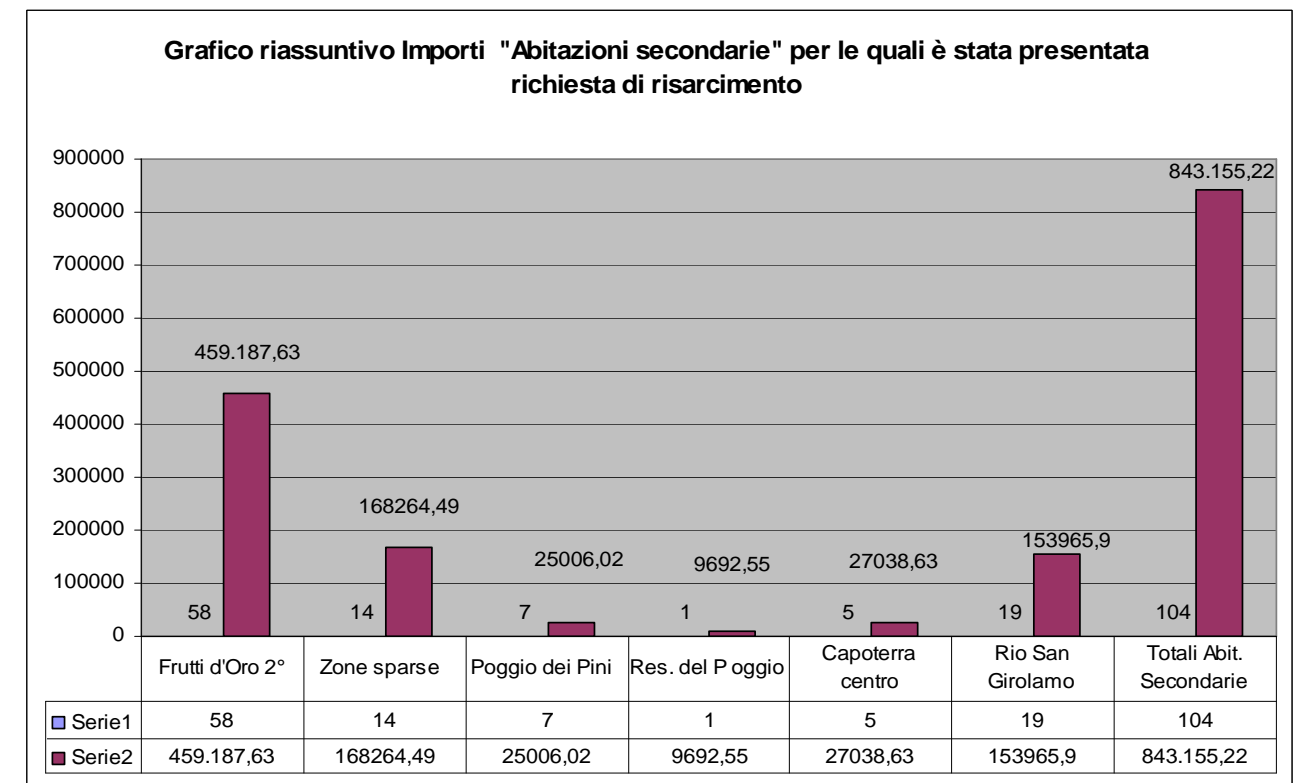
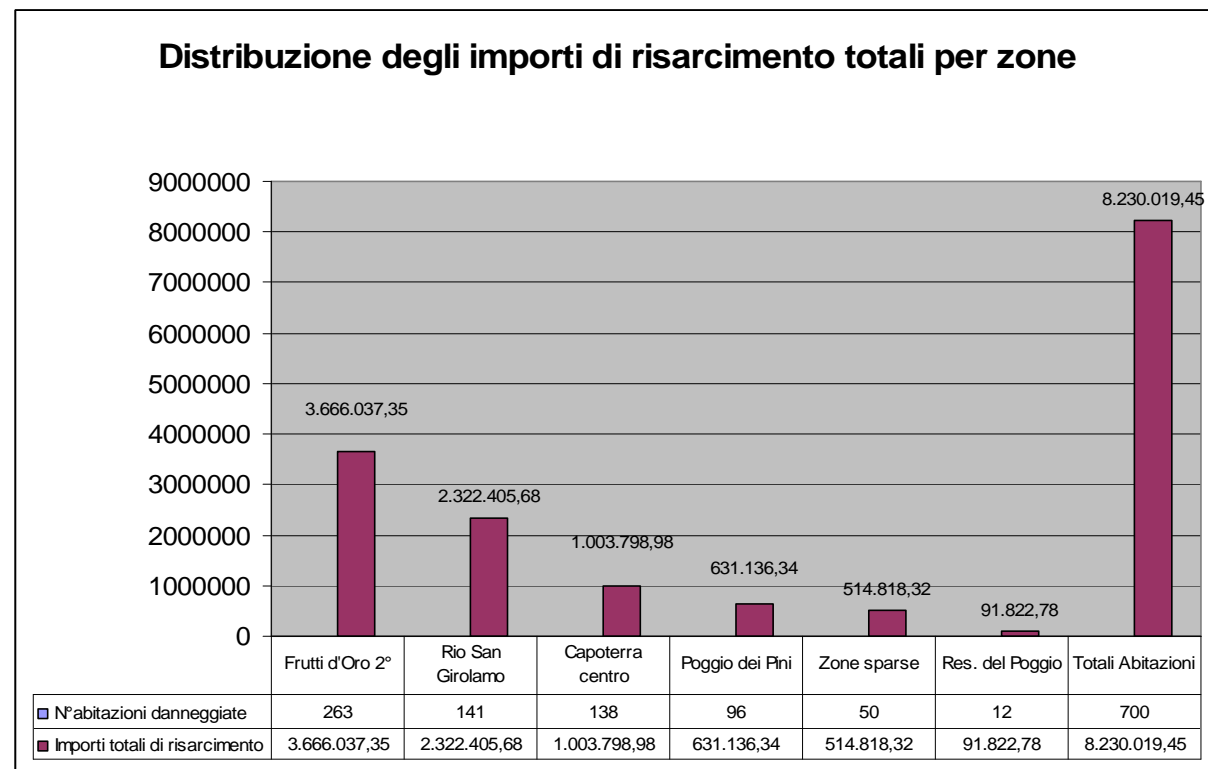
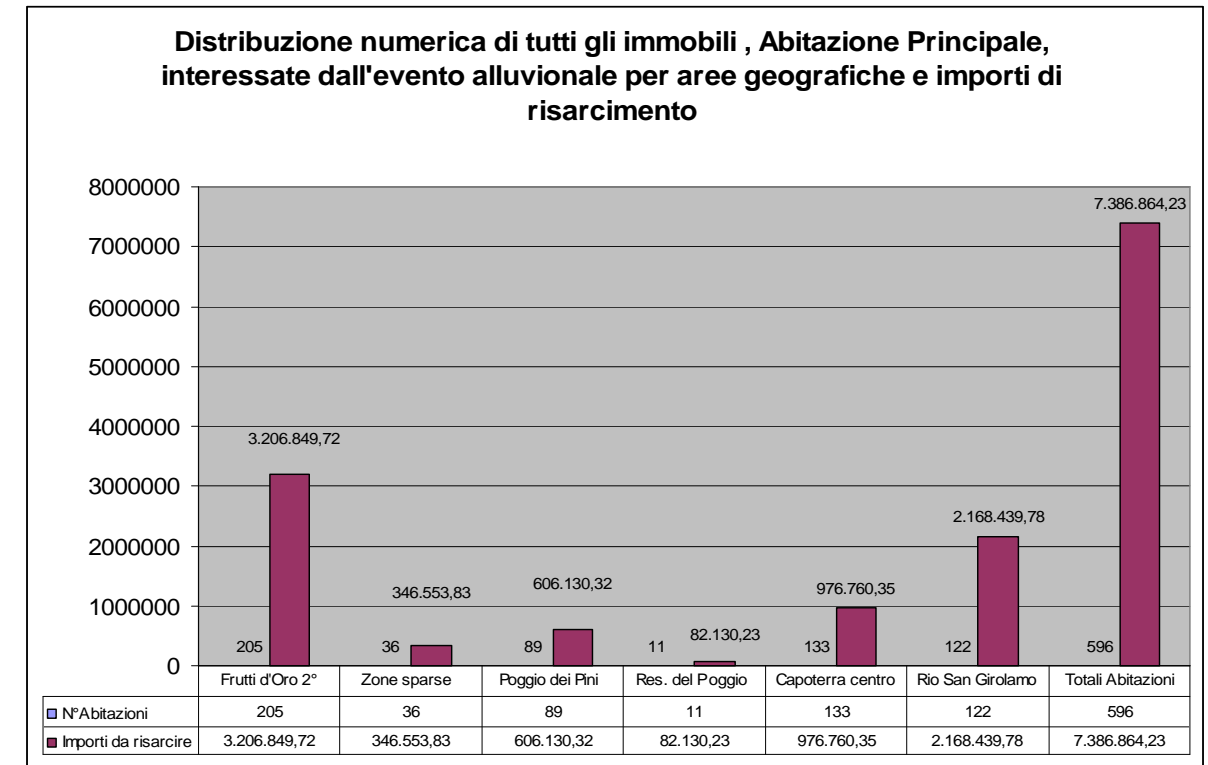


Dalle analisi effettuate sugli importi risarcibili si evidenzia che l'applicazione della L.R. 15/2008, che per le abitazioni principali risarcisce il 70% dei danni subiti con un massimale di 25.000,00, determina un decrescente valore di risarcimento per gli immobili che hanno subito i danni maggiori, penalizzandoli.

Il grafico seguente descrive gli importi dei danni indicati in perizia e gli importi ammessi al rimborso dopo aver tolto alcune voci di lavori non risarcibili. Solo un'abitazione risulta assicurata per un importo pari a 23.607,00

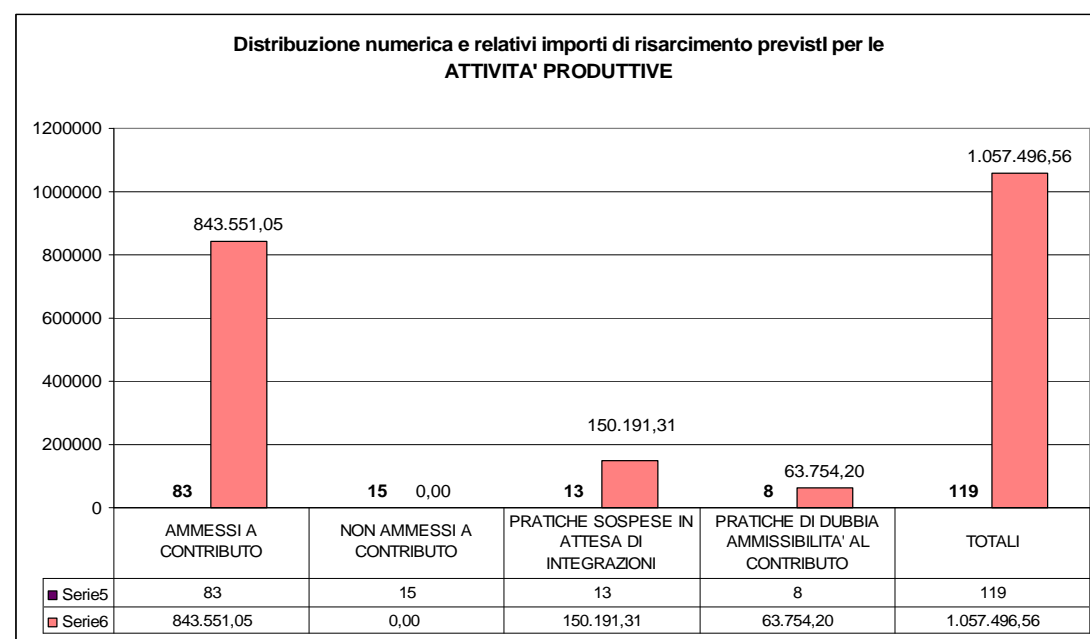


I grafici seguenti evidenziano il numero e la distribuzione geografica delle richieste di risarcimento, suddivise per abitazioni principali e secondarie, con indicazione degli importi risarciti.



Per le attività produttive le richieste di risarcimento presentate sono state 119, di cui solo 83 ammesse a contributo, per un importo pari a 843.551,05. Di queste 83 pratiche ammesse, 13 sono state sospese in attesa di integrazioni documentali, 8 sono state sospese per dubbia ammissibilità. Il grafico seguente

riassume il numero delle attività produttive per le quali è stato chiesto il risarcimento e gli importi assegnati.



La Legge Regionale n. 15 del 29 Ottobre 2008 ha inoltre stanziato, ai sensi dell'art. 3 della L.R. 8/2008, un contributo di solidarietà istituzionale per i familiari delle vittime del disastro. Nel territorio di Capoterra ce ne sono state quattro:

- Speranza Sollai di Capoterra, 85 anni e invalida, annegata nello scantinato della sua abitazione in Località San Gerolamo.
- Licia Zucca, 80 anni, travolta assieme al genero, Antonello Porcu, mentre cercava di allontanarsi da Poggio dei Pini.
- Anna Rita Lepori, di Iglesias, insegnante all'alberghiero di Pula travolta dalla piena, mentre con l'auto percorreva la SS 195 per recarsi a lavoro.

Una quinta vittima del nubifragio è Mariano Spiga, 66 anni, agricoltore, travolto con la sua auto nelle campagne di Sestu.

4.10.2 Problematiche sociali

La ASL 8 di Cagliari è intervenuta per far fronte alle emergenze sanitarie e psicologiche.

Gran parte della popolazione coinvolta è stata vaccinata contro i rischi di malattie infettive a causa delle impurità presenti nell'acqua a seguito della rottura delle tubazioni fognarie e la fuoriuscita di sostanze di varia natura dai serbatoi localizzati nell'area.

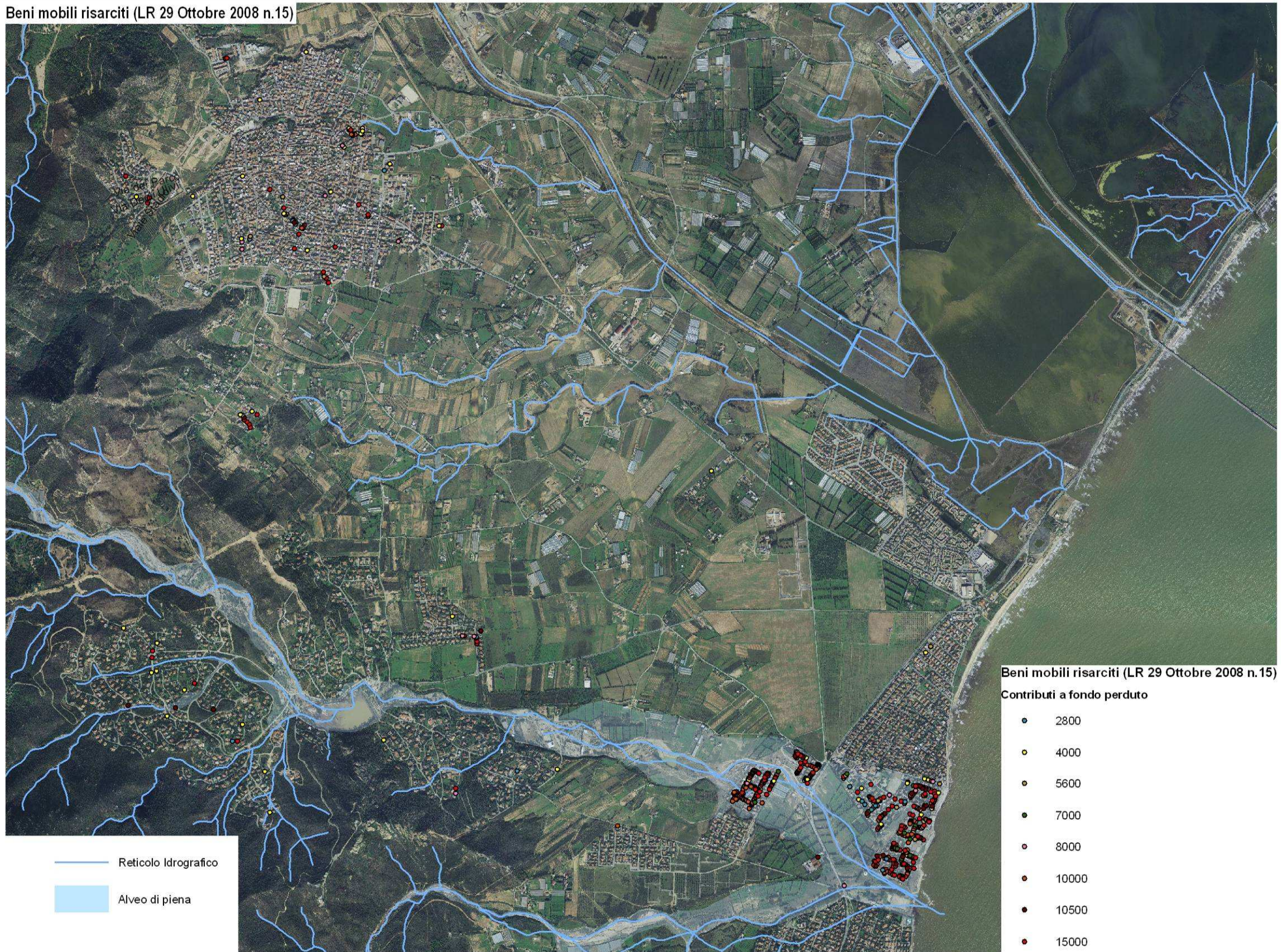
Un'importante valutazione si può fare riguardo agli aspetti sociali che il fenomeno ha generato nella comunità. Gruppi di psicologi, messi a disposizione dalle strutture ASL, si sono resi disponibili calendarizzando in orari fissi e su appuntamento gli interventi. Il gruppo sociale più traumatizzato dall'evento è stato quello dei bambini. Gli psicologi della ASL 8 sono stati presenti presso le scuole

intervenendo con terapie di gruppo (Gruppo classe) e individuali. Sono inoltre intervenuti anche nelle famiglie che ne hanno fatto richiesta o indirizzate da rappresentanti della comunità sociali.

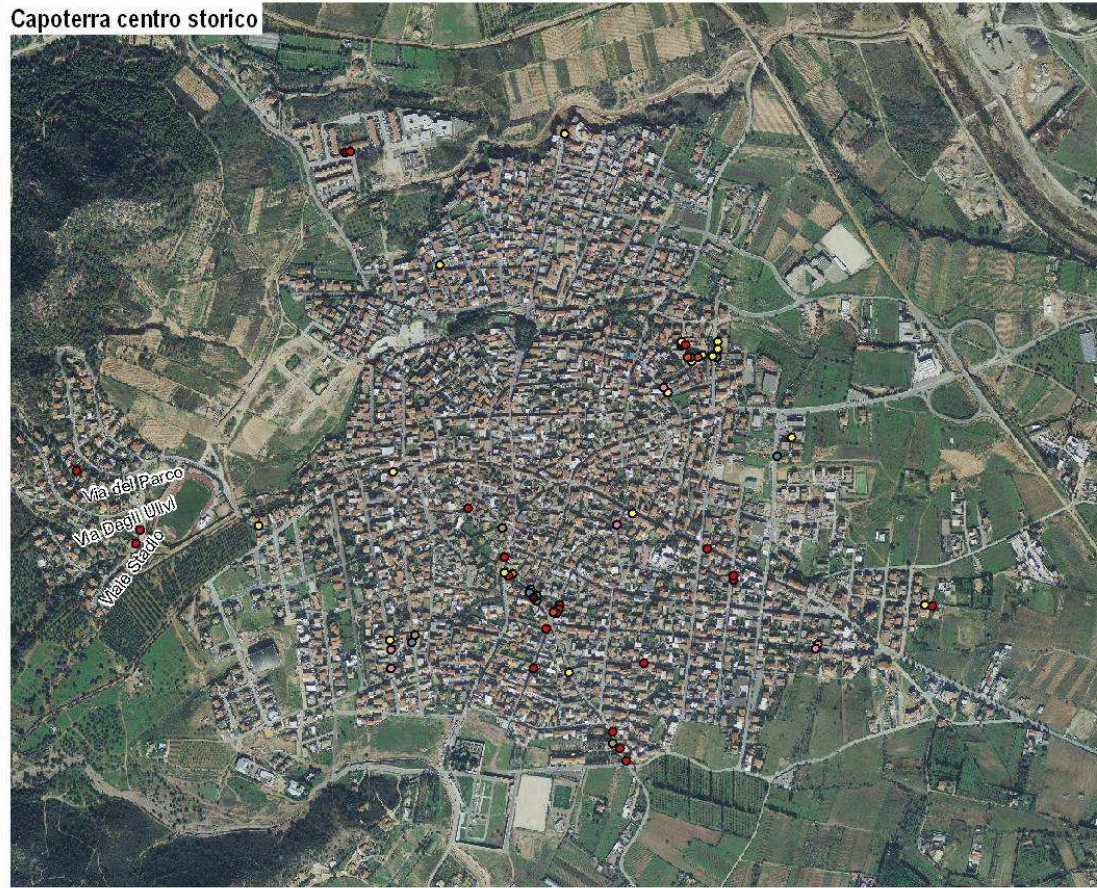
Per quanto riguarda gli immobili inagibili a causa dei danni strutturali, gran parte delle famiglie ha risolto facendosi ospitare presso amici o familiari, o dormendo nelle parti agibili dei fabbricati. Un numero relativamente piccolo rispetto ai bisogni è stato invece alloggiato presso gli hotel di Capoterra e dei dintorni. Inizialmente sono stati ospitati circa 30 nuclei familiari per un totale di 64 persone. Al 24/03/2009, il numero di nuclei familiari alloggiati si è ridotto a 20, comprendendo 46 persone di cui 15 minori. Le difficoltà che tali nuclei incontrano nell'abbandonare la dislocazione temporanea in albergo sono essenzialmente di natura economica, risultano infatti troppo elevati i costi da sostenere per il ripristino dell'unità abitativa o per l'affitto di un nuovo alloggio e, lamentano gli interessati, gli interventi finanziari previsti si sono rivelati insufficienti per fronteggiare le spese reali.

4.11 Riepilogo dei dati principali dell'evento alluvione 22 ottobre 2008 nel bacino del Rio San Gerolamo.

TABELLA DI SINTESI	
superficie interessata	28,1 km²
durata dell'evento	8 ore
quantità di pioggia	372 mm
portata massima di deflusso	450 m³/s
portata massima dei canali di deflusso	ca. 100 m³/s
trasporto solido	
popolazione interessata dal danno	ca 3000
abitazioni danneggiate	750 ca.
altri edifici danneggiati	155
infrastrutture danneggiate	notevoli
danno agli immobili	50 milioni ca.
danno economico complessivo	75 milioni ca.
Risarcimenti	
n. abitazioni (ammesse a contributo) TOT	700
Capoterra centro	138
Poggio dei Pini	93
San Gerolamo	141
Frutti d'Oro	263
Residenza del Poggio	12
Case sparse	50
n. attività produttive (ammesse a contributo)	119



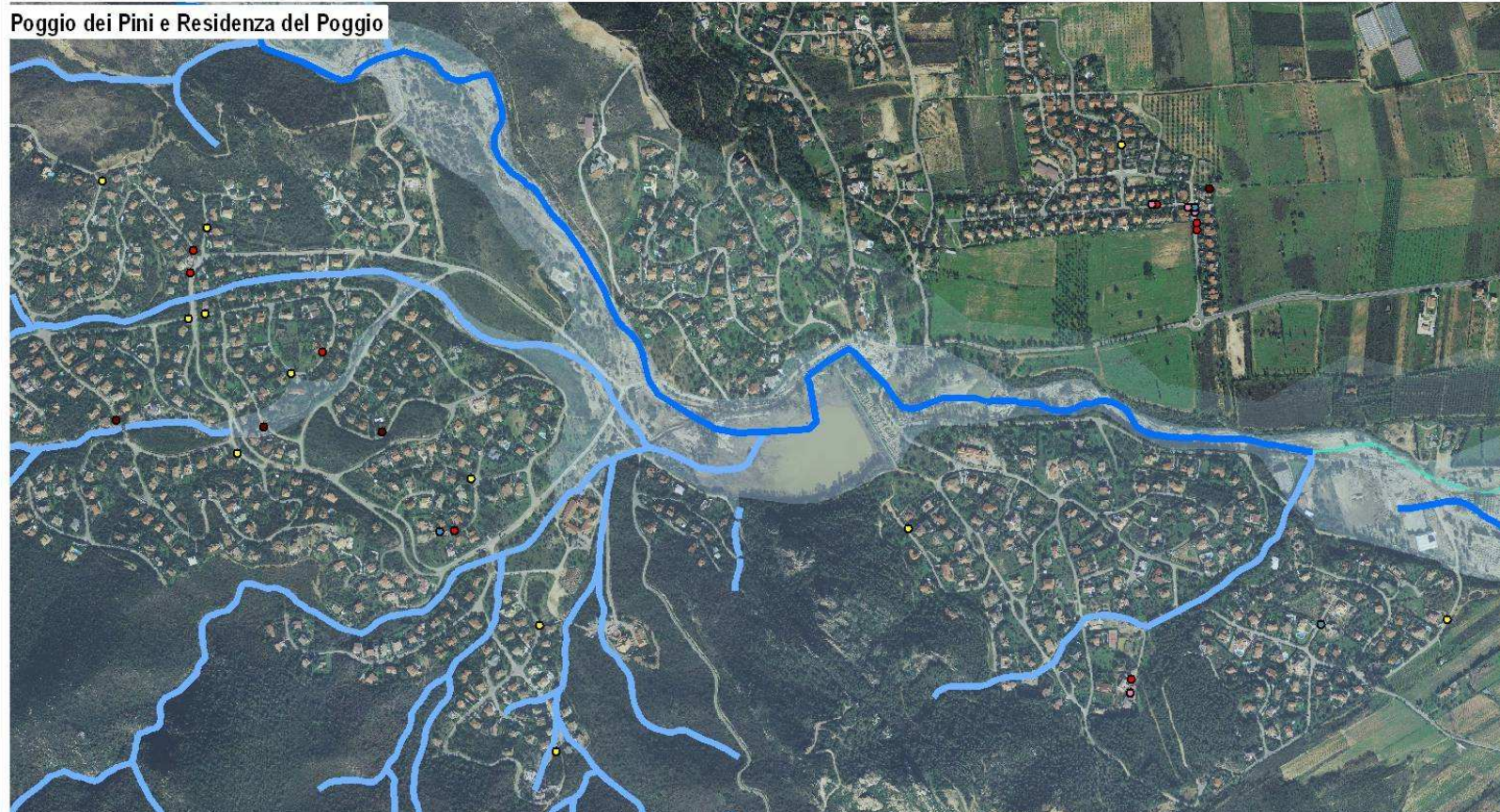
Capoterra centro storico



Frutti d'oro II e Rio San Girolamo



Poggio dei Pini e Residenza del Poggio



Beni mobili risarciti (LR 29 Ottobre 2008 n.15)

Contributi a fondo perduto

- 2800
- 4000
- 5600
- 7000
- 8000
- 10000
- 10500
- 15000

— Asta Fluviale Rio San Girolamo

— Reticolo Idrografico Rio San Girolamo

Alveo inciso

Alveo di piena

QUADRO RIEPILOGATIVO PREVENTIVO DEGLI INTERVENTI DI RIPRISTINO DEI DANNI SUBITI DALL'EVENTO ALLUVIONALE DEL 22/10/2008 PREDISPOSTO DAL COMUNE DI CAPOTERRA				
DESCRIZIONE	IMPORTI STIMATI DAL COMUNE (€)			
	RETE FLUVIALE RIO SAN GIROLAMO	RETE FLUVIALE RIO SANTA LUCIA	IMPIANTI ACQUEDOTTI E FOGNATURE (ABBANOIA)	LAVORI DI SISTEMAZIONE ACCESSORIE - VIABILITA'
INFRASTRUTTURE				
Sistemazione completa (Poggio-Foce) Rio san Girolamo				
Allargamento ed approfondimento del Rio San Girolamo e Rio Masoni Ollastu. Rio San Girolamo (3 Km) - Rio Masoni Ollastu (2 Km)	12.000.000,00			
Rio Masoni Ollastu (2 km)	8.000.000,00			
Innalzamento e realizzazione argini del Rio San Girolamo e Rio Masoni Ollastu				
Rio San Girolamo (lunghezza 3 km, altezza almeno 2 m)	450.000,00			
Rio Masoni Ollastu (lunghezza 2 km, altezza almeno 2 m)	300.000,00			
Rifacimento 5 ponti sul Rio San Girolamo e 1 ponte sul Rio Masoni Ollastu (esclusa viabilità).	9.000.000,00			
Nuova vasca di laminazione a monte di Poggio dei Pini	15.000.000,00			
Trasformazione dello sbarramento esistente sul Rio Masoni Ollastu come vasca di laminazione	10.000.000,00			
Briglie selettive nei versanti montani per arrestare trasporto solido durante l'evento di piena del Rio San Girolamo e Rio Masoni Ollastu	500.000,00			
Verifica ed eventuale adeguamento o eliminazione della diga esistente di Poggio dei Pini	2.000.000,00			
Condotte acque meteoriche Poggio dei Pini				2.000.000,00
Illuminazione pubblica Poggio dei Pini				300.000,00
Canali di guardia realizzati dal Consorzio di Bonifica Sardegna Meridionale (CSBM) e opere connesse		4.000.000,00		
Interventi messa in sicurezza edifici Via Sardegna				400.000,00
Ponti Viabilità Rio san Girolamo				1.600.000,00
Interventi zona Hydrocontrol				500.000,00
Condotte idriche centro urbano			1.000.000,00	
Condotte fognarie centro urbano			1.500.000,00	
Condotte acque meteoriche centro urbano				1.000.000,00
Viabilità Comunale				2.000.000,00
Illuminazione pubblica centro urbano				500.000,00
Danni opere pubbliche percorsi turistici				1.000.000,00
Danni opere pubbliche palazzetto dello sport				200.000,00
Sistemazione canali interni		5.000.000,00		
Interventi manutenzione straordinaria edilizia scolastica				2.000.000,00

Sistemazione strada Poggio - Santa Barbara - San Girolamo - Strada di emergenza protezione civile				2.000.000,00
Strada Masoni Ollastu - Baccalamanza				800.000,00
Ricostruzione stazione di sollevamento fognaria Poggio dei Pini			500.000,00	
Danni impianti sportivi comunali				1.000.000,00
Sistemazione aree circostanti zona piscina				1.500.000,00
Ricostruzione tratti fognari zona Frutti d'Oro - Rio San Girolamo - Su Loi			1.000.000,00	
Illuminazione pubblica frutti d'Oro				150.000,00
Condotta acque meteoriche Frutti d'Oro				200.000,00
Condotte fognarie Frutti d'Oro			200.000,00	
Illuminazione pubblica Rio San Girolamo				150.000,00
Condotta acque meteoriche Rio San Girolamo				200.000,00
Condotte fognarie Rio San Girolamo			200.000,00	
Viabilità Rurale				1.000.000,00
Parco auto Comunale				250.000,00
LAVORI IN EMERGENZA				
Primi interventi soccorso (mezzi persone e forniture)				1.000.000,00
Trasporti smaltimento rifiuti sgomberati dalle abitazioni				200.000,00
Costi smaltimento				1.500.000,00
Autospurghi primo intervento				100.000,00
TOTALE IMPORTI INFRASTRUTTURE	57.250.000,00	9.000.000,00	4.400.000,00	18.750.000,00
TOTALE GENERALE				89.400.000,00

L'evento alluvionale ha determinato la necessità di interventi immediati e di emergenza. La Regione Autonoma della Sardegna ha previsto con la legge regionale n. 15/2008 un sostegno finanziario iniziale. Per fronteggiare l'evento calamitoso attraverso gli uffici COC e COM, istituiti presso la Casa Municipale. Il Comune di Capoterra è intervenuto con fondi propri, anticipando gli interventi finanziari previsti dalla legge Regionale, per fronteggiare la grave emergenza. Gli interventi, attuati immediatamente, sono stati il risanamento e prima messa in sicurezza della diga situata a Poggio dei Pini e del Rio San Girolamo. Il rio San Girolamo è stato risanato negli argini a protezione delle abitazioni più vicine, soprattutto alla foce. Il rio alla foce si è allargato fino ad erodere i giardini e i terreni attigui alle case. Alla foce era presente un ponte in legno di dimensioni larghezza 2,50 m e lunghezza 40 metri circa, realizzato per eliminare un isolamento storico tra i quartieri di Frutti d'Oro 2°, Picciau, Maddalena Spiaggia e Su Loi, Torre degli Ulivi A e B, Su Spantu I, II, III, ecc. e ad integrazione delle popolazioni per evitare ai cittadini il percorso pedonale, fortemente rischioso per anziani e bambini, lungo la S.S. 195. Il Comune di Capoterra ha impegnato nel periodo di emergenza per interventi di messa in sicurezza del territorio, di ripristino delle condizioni igieniche e sanitarie e attività varie, per rivitalizzare attività produttive, scuole e la vita sociale in generale, un importo pari a € 6.668.312,05. La tabella seguente elenca gli importi spesi per macro voci di intervento, suscettibili di variazione. Le voci di spesa più significative sono quelle riguardanti il ripristino della viabilità, degli argini fluviali, il ritiro dei detriti e macerie dalle strade e abitazioni, lavori di intervento nel lago di poggio dei pini. La tabella seguente elenca per macro voci alcune spese, suscettibili di variazioni, elaborate al momento su dati non completi e da considerare in senso indicativo dell'impegno finanziario sostenuto nei primi giorni di intervento dal Comune.

Analisi costi parziali emergenza alluvione 22/10/2008 – Comune di Capoterra -	
Interventi MACRO VOCI	IMPORTO
Spese per ripristino viabilità, argini fluviali e protezione ambientale per la sicurezza dei cittadini	1.667.346,26
Spese per ritiro detriti e macerie	2.087.698,27
Spese per recupero autoveicoli	48.729,08
Spese alimentari e pasti	88.806,43
Servizio trasporti per hotels e scuole	62.590,00
Retribuzioni personale impegnato nell'emergenza	130.139,72
Nolo mezzi meccanici	88.907,90
Manutenzioni edifici e impianti	111.452,88
Lavori di intervento nel lago Poggio dei Pini	508.864,03
Lavaggio biancheria piana e personale	26.334,70
Interventi ripristino e manutenzione per sicurezza uffici e scuole	207.726,75
Inserimenti alloggiativi in hotel * Dato parziale	323.077,99
Incarico Istruttori domande contributi ai privati e attività produttive	28.968,12
Forniture carburanti	11.826,77
Acquisto autovetture	86.780,00
Analisi chimiche	16.708,80
Forniture ausili elettrici e attrezzature edili , manutenzioni per l'emergenza	335.388,56
Spese economo	3.000,00
Spese per interventi di primo ripristino della funzionalità delle condotte fognarie	93.371,41
TOTALE (Parziale verifica)	5.927.717,67

5 GLI INTERVENTI URGENTI

5.1 Primi interventi

Immediatamente in seguito al verificarsi dell'evento alluvionale del 22 ottobre il Servizio del Genio Civile di Cagliari ha eseguito i primi interventi urgenti per la messa in sicurezza dello sbarramento in terra (diga saggiante):

Abbassamento soglia sfiorante per circa 2/3 dello sviluppo e sino alla quota del canale di scarico (-1.3m).

Intercettazione e deviazione del rio San Girolamo a monte della coda del lago mediante l'escavo di un canale in terra scaricante nel canale nello sfioratore.

Abbassamento del livello del lago al di sotto dello sfioro naturale e sino alla quota di 59, mediante idrovore con portata edotta totale di ca. 1 mc/s.

Successivamente in regime di somma urgenza, con risorse a disposizione dell'Assessorato dei Lavori Pubblici per il Servizio di piena sono stati portati avanti gli interventi già avviati come pronto intervento, al fine di scongiurare situazioni di pericolo per le persone delle aree di valle. Sono stati realizzati la ricostituzione delle geometrie del paramento di valle della Diga in terra tracimata dall'evento, abbassato e regolarizzato il canale di scarico dello sfioratore e ripristinato in parte la viabilità di emergenza.

Gli interventi hanno consentito di migliorare la sicurezza del manufatto, resta da adeguare il dimensionamento idraulico degli scarichi alle portate transitate durante l'evento del 22 ottobre 2008.

Nel frattempo con Ordinanza del Presidente del Consiglio è stato dichiarato lo stato di emergenza ed è stato, altresì, nominato come Commissario delegato per il superamento dell'emergenza il Presidente della Regione Sardegna al quale sono stati affidati, tra l'altro, i compiti di predisposizione del piano di interventi urgenti a salvaguardia della pubblica incolumità.

Con Ordinanza del Commissario delegato n. 2/2008 sono stati destinati 6.400.000 ad interventi urgenti di cui 5.000.000 per ripristino di reti idriche e fognarie del comune di Capoterra da eseguirsi in regime di deroga a cura di Abbanoa ed 1.400.000 per interventi urgenti di manutenzione straordinaria degli argini dei corsi d'acqua da eseguirsi a cura del Servizio del genio Civile di Cagliari. Per entrambi gli interventi sono stati predisposti i progetti.

Con legge regionale n. 15/2008 è stato resa disponibile l'ulteriore somma di 20.000.000 di cui 2.000.000 per interventi a cura degli EE.LL. sulle infrastrutture di loro competenza (tra cui per 1.000.000 l'intervento di ricostruzione del ponte sul rio San Girolamo) e 500.000 per studi di maggior dettaglio dei bacini del rio Masoni Ollastu e San Girolamo in carico alla Direzione Generale del Distretto Idrografico della Sardegna.

Sono state inoltre destinate, dal Ministero dell'Ambiente, alle gravi problematiche di difesa del territorio nelle aree colpite dall'evento di ottobre 2008, le risorse finanziarie del programma nazionale di interventi urgenti per la riduzione del rischio idrogeologico e del Piano Strategico nazionale pari a circa 11 milioni. Per tali risorse dovrà provvedere alla programmazione, da approvarsi a cura del Commissario delegato,

anche sulla base delle risultanze emerse nello svolgimento dell'attività di prima messa in sicurezza effettuata dal Servizio del Genio Civile di Cagliari.

5.2 Lavori di prima messa in sicurezza dell'invaso sul Rio S. Gerolamo

Durante l'evento sul rio San Gerolamo si sono avuti deflussi dell'ordine dei 380 – 410 mc al secondo. Nessuna opera era dimensionata per queste portate

Come evidente nelle figure 43 e 67 si è assistito alla tracimazione del coronamento della diga di Poggio dei Pini per insufficienza dello sfioratore.



Figura 67 – La foto riporta lo stato delle opere a valle dell'invaso; è evidente la inadeguatezza del canale sfioratore.



Figura 68 – Stato dello sbarramento il 25 ottobre 2008.

Immediatamente dopo l'evento sono iniziati i lavori di prima emergenza condotti in gestione diretta dall'Assessorato reg. dei LL.PP. Servizio del Genio Civile in stretta collaborazione con il Servizio della

Protezione Civile della Provincia di Cagliari che ha realizzato con i propri mezzi tutti i lavori di "movimento terra". Gli scavi in roccia e gli smaltimenti sono stati affidati a ditte esterne. I lavori si sono svolti nell'arco di circa quattro mesi. Si sono movimentati circa 100.000 mc di materiale. Il costo totale è contenuto in circa 250.000 euro comprensivo di materiali noli e smaltimenti.

5.2.1 Opere in emergenza

Si è proceduto all'abbassamento del livello del lago necessario per diminuire l'instabilità del manufatto e ridurre i volumi incombenti sulle aree di valle.

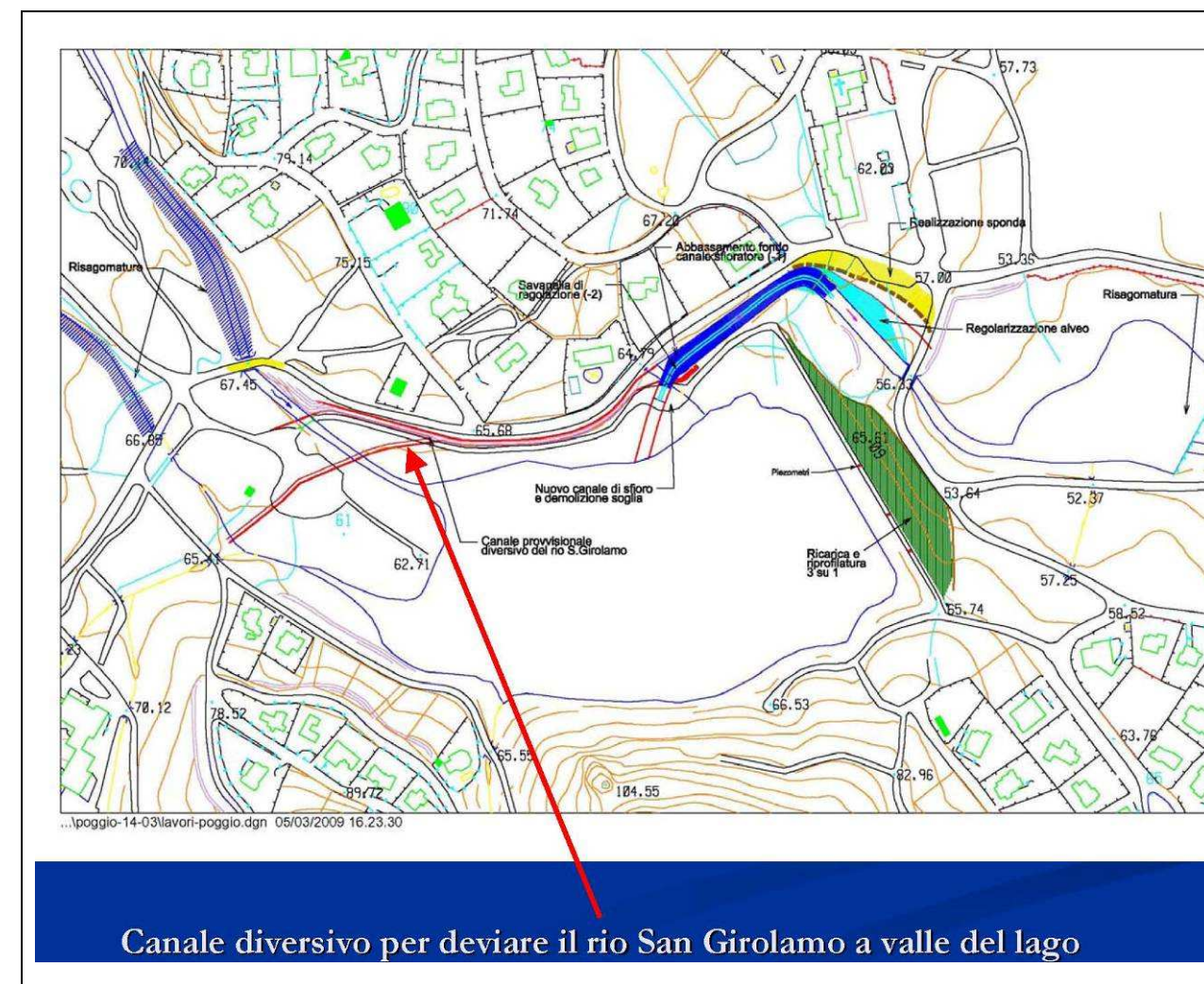


Figura 69 - Demolizione soglia sfiorante e abbassamento del livello del lago di circa 1.3 m –23.10.08

Una prima verifica di stabilità effettuata su dati presunti ha imposto l'ulteriore abbassamento del livello del lago ed il successivo rinfiacco del paramento di valle.



Figura 70 – Realizzazione del canale diversivo.



Sono state svolte le indagini geognostiche e il posizionamento di piezometri e si è proceduto alle campionature spedite a cura del Laboratorio geologico della Provincia di Cagliari.



Figura 71 – Abbassamento del livello sotto la soglia sfiorante sino a quota 59 – 25.10.08.



Figura 72 - Canale diversivo e completamento dell'abbassamento del livello del lago q.ta 59. (Foto aerea 6.11.08)

5.2.2 Opere di prima messa in sicurezza

Dopo le prime opere di emergenza si è intervenuti per raggiungere un aumento della capacità di smaltimento del canale di sfioro e la ricostituzione delle geometrie arginali con minori pendenze e tecniche antierosive.



Figura 73 – Lavori sul canale di scolo ultimati.

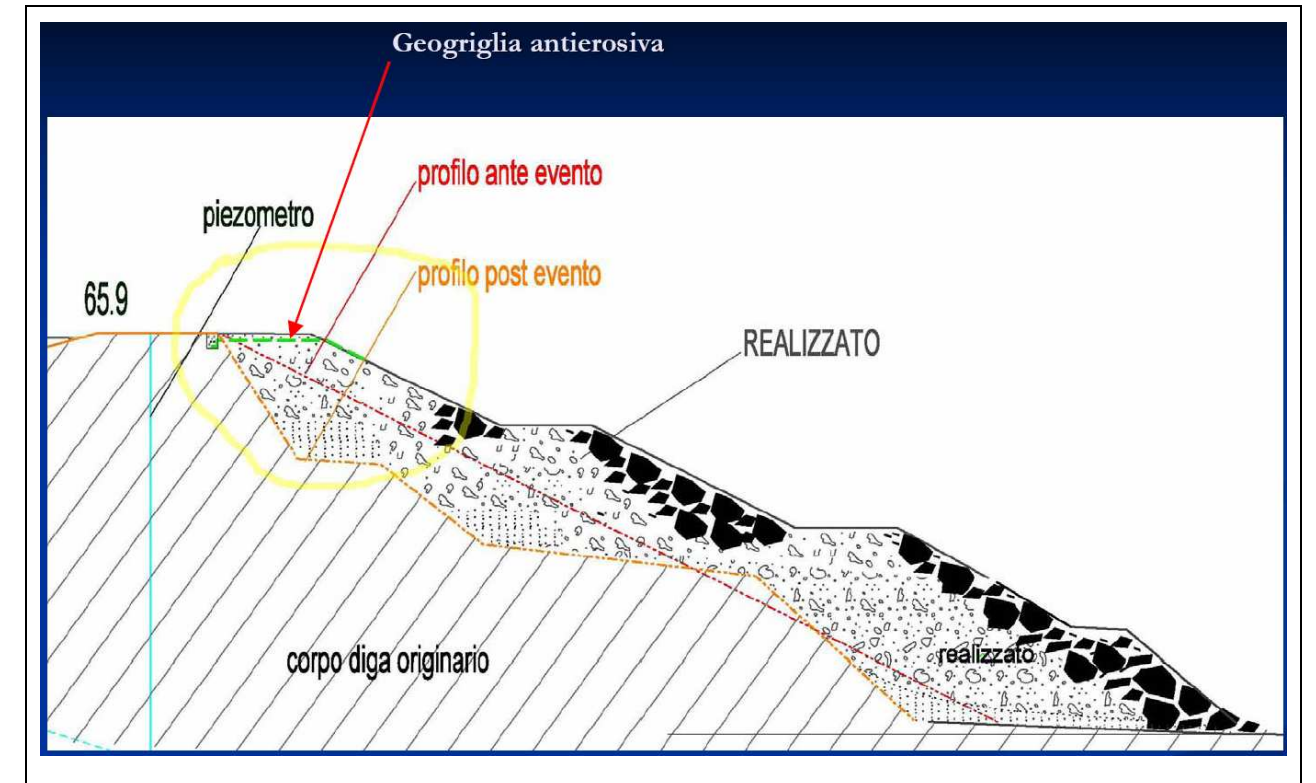


Figura 74- Interventi di risagomatura del profilo della diga con tecniche antierosive.

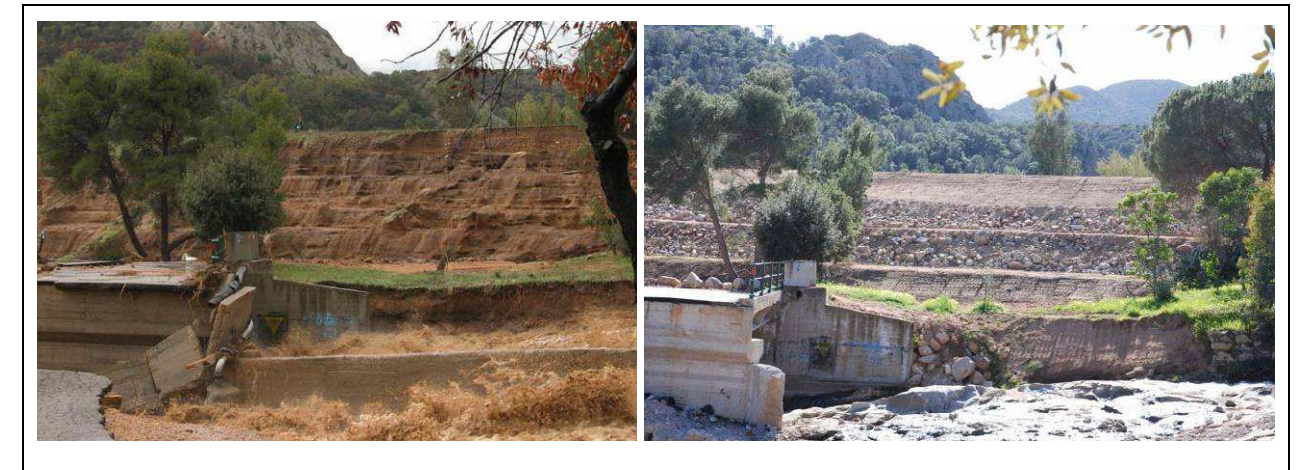


Figura 75 – Confronto tra lo stato della diga subito dopo l'evento e al termine dei lavori il 4 marzo 2009.

I lavori di prima messa in sicurezza sono terminati in particolare per quanto attiene il solido arginale, permangono le problematiche dovute alla inadeguatezza degli organi di scarico che, pur se notevolmente incrementati, non sono ancora commisurati alle massime portate prevedibili.

5.3 Interventi di massima urgenza eseguiti dall'amministrazione provinciale a seguito dell'evento alluvionale del 22 ottobre 2008

Nel corso delle precipitazioni del 22 ottobre 2008 si sono verificati danni:

- sulla SP 91 lato sud- che collega la SS 195 a Capoterra;
- alla SP 91 lato nord- circonvallazione di Capoterra che si innesta sulla SP 1 – Macchiareddu lim. Santadi.
- Sulla SP1, nel tratto che costeggia il rio Gutturu Mannu

I danni si sono verificati, in parte, in tratti stradali già ripetutamente interessati da dissesto in occasione di eventi atmosferici con caratteri analoghi a quelli dell'ottobre 2008. Ne deriva la necessità di rivedere l'assetto della rete viaria nei tratti che hanno mostrato vulnerabilità rispetto alle dinamiche idrogeologiche.

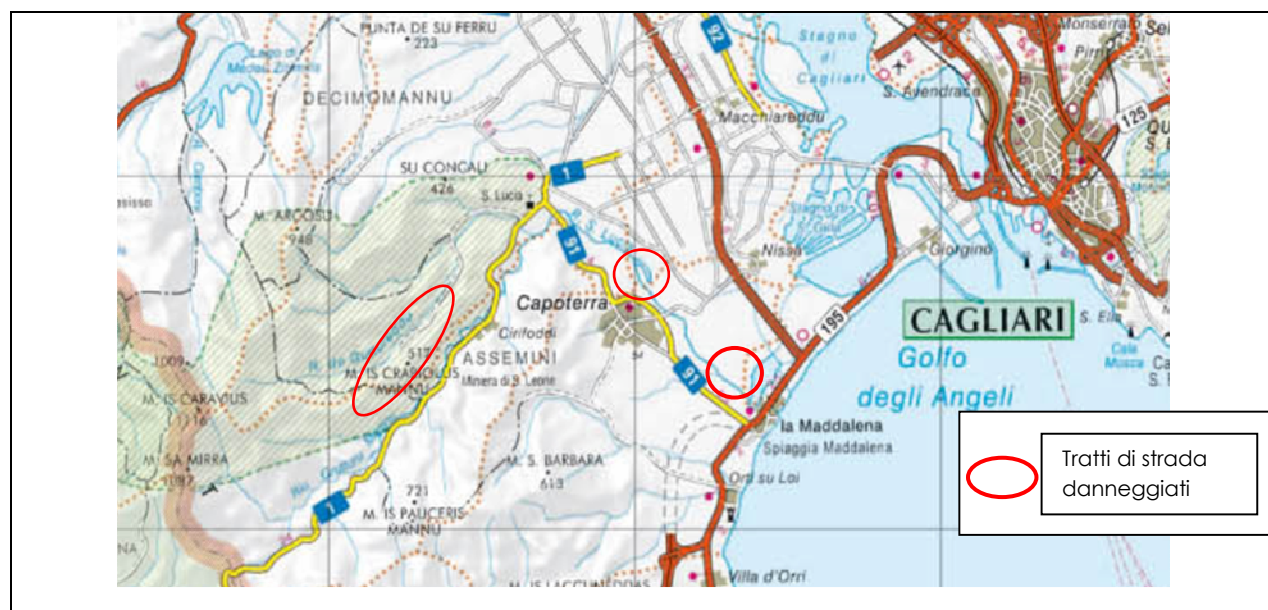


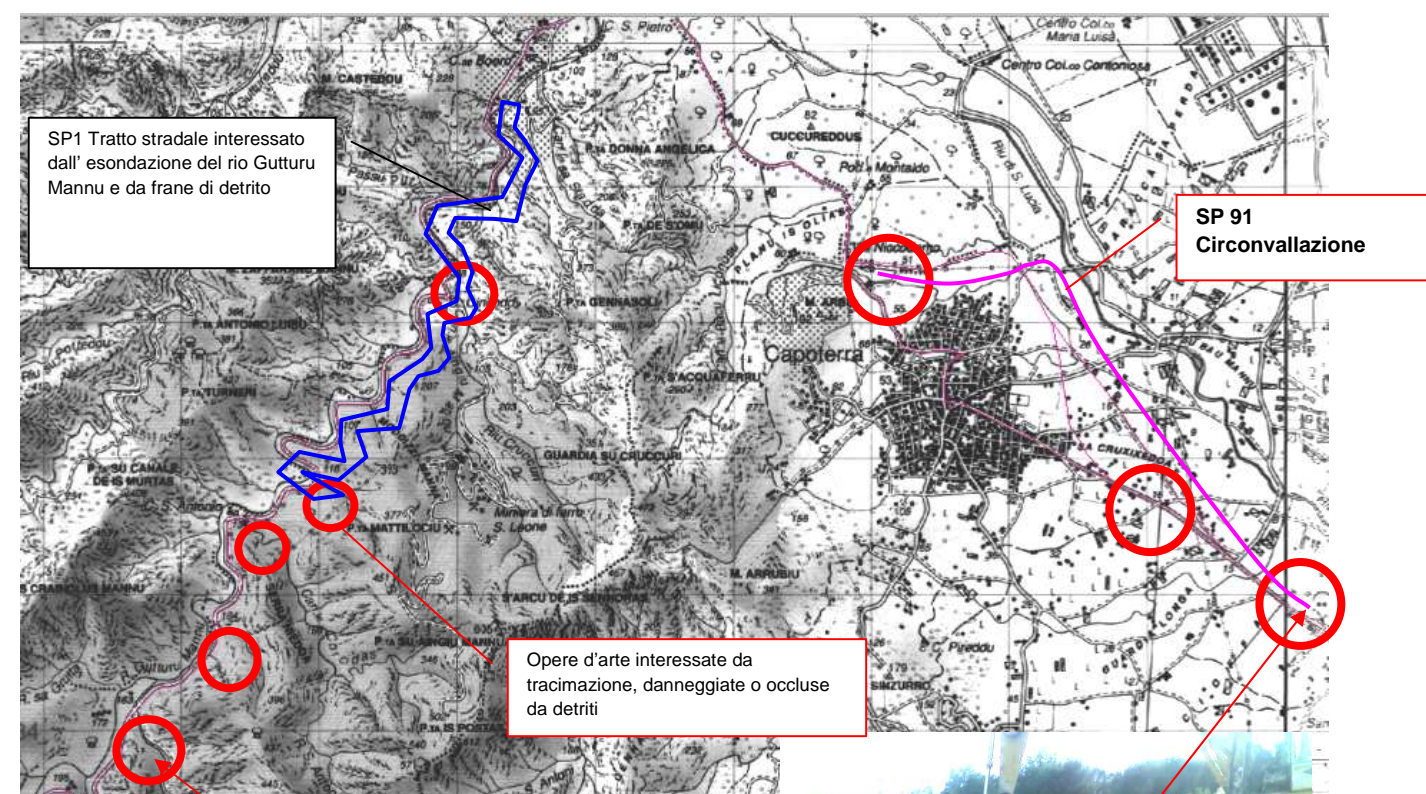
Figura 76 - Carta della rete stradale della Provincia di Cagliari (stralcio)

Si illustrano nel seguito gli interventi di somma urgenza eseguiti dall'amministrazione provinciale al fine di assicurare la percorribilità delle strade.

Sp 91 : il tratto stradale ha riportato danni sia nella zona a sud che nella zona a nord dell'abitato di Capoterra.

- **Zona a sud di Capoterra:** la tracimazione e l'esondazione di un affluente del Rio Santa Lucia in corrispondenza di un ponticello, ha provocato il profondo sgrottamento del rilevato. Sono stati eseguiti, in somma urgenza, i lavori di ripristino della strada (indispensabile ed urgente in quanto principale collegamento dell'abitato con la SS 195):
 - raddoppio, in sede di intervento di emergenza, della sezione idraulica dell'attraversamento a mezzo di due tubazioni di sezione rispettivamente di 1600 mm e 1500 mm in adiacenza al ponticello;
 - risanamento e ripristino del il rilevato stradale

- rifacimento del piano bitumato, delle barriere di bordo ponte, della segnaletico orizzontale e verticale.



SP1 Ponte in prossimità della Caserma della Forestale. Il corso d'acqua ha tracimato l'opera d'arte erodendo il rilevato a valle e provocando lo scalzamento dei muri



SP 91 - raddoppio della sezione idraulica dell'attraversamento a mezzo di tubazioni di sezione 1600 e 1500 in adiacenza al ponticello preesistente

L'importo complessivo delle lavorazioni è stato pari a 132.520,87.

- **Zona a Nord di Capoterra:** la tracimazione di un affluente del Rio Santa Lucia in corrispondenza di un tubolare ha determinato la profonda erosione del rilevato e compromesso la stabilità del manufatto e delle gabbionate di sostegno realizzate al piede. Sono state divelte tutte le barriere stradali bordo ponte per un'estensione di circa 200 metri e colmate le cunette dai detriti portati dai limitrofi appezzamenti di terreno.

La cifra per il ripristino dello stato dei luoghi è pari a circa 65.000,00. In prospettiva è necessario sostituire l'attuale opera di attraversamento con un ponte su tre campate, importo stimato pari a circa 1.100.000,00

SP 1 : la strada che per lunghi tratti corre entro l'alveo di piena del rio Gutturu Mannu, è stata seriamente compromessa dall'esondazione del Rio. I danni riguardano sia il piano stradale che le opere d'arte a protezione della strada medesima.

- Piano Stradale : l'esondazione ha provocato la profonda erosione del piano viabile, dai versanti si sono prodotte svariate frane di materiale di diversa pezzatura che ha determinato l'intasamento delle opere minori. Costo opere di ripristino pari a circa 30.000,00.
- Opere d'arte : si sono verificati intasamenti da materiale di frana su tombini stradali e si è proceduto a ripristinarne la continuità idraulica.

Il ponte posto in prossimità della caserma della Forestale su un affluente del rio Gutturu Mannu, pur di grandi dimensioni, è stato di ostacolo al deflusso delle acque di piena ed ha subito danni a seguito della tracimazione del corso d'acqua che ha eroso il rilevato a valle e compromesso la stabilità dei muri andatori di uscita. Il costo per la rimessa in pristino è di circa 95.000,00

6 LE REGOLE E I PATTI PER IL “GOVERNO DELL’EVENTO”

In esito a quanto riscontrato a seguito delle analisi compiute dal presente studio, che confermano che il disastro non è riconducibile all'eccezionalità dell'evento, bensì alla mancanza di una cultura ecologica al momento delle scelte di trasformazioni urbanistiche effettuate negli ultimi 40 anni, si riporta di seguito una prima serie di regole e azioni urgenti da porre in essere per governare l'evento nell'ottica di “lasciare/restituire al fiume lo spazio che gli appartiene”:

interventi di **PRECAUZIONE**

1. Avviare interventi di adeguati controlli e manutenzione ordinaria del reticolo idrografico, sia naturale che artificiale, ai fini di smaltire correttamente gli afflussi idrici anche eccezionali ed evitare che eventuali fenomeni alluvionali si verifichino in aree non previste dagli studi idraulici. Liberare l'area degli alvei di piena dagli ostacoli quali rifiuti, piante etc che impediscono il libero deflusso delle acque.
2. Promuovere interventi di adeguata rinaturalizzazione delle aree interne e di forestazione dei versanti, specie quelli interessati da ripetuti incendi.
3. Sospendere l'efficacia delle previsioni dallo strumento urbanistico vigente che consentono di autorizzare trasformazioni edilizie nelle aree interne all'alveo di piena e nelle aree di esondazione o comunque interessate dall'evento.
4. Vietare la localizzazione di qualunque nuovo edificio nelle aree interne all'alveo di piena.

interventi di **PREVENZIONE**

5. Incentivare la condivisione delle conoscenze a livello intercomunale, considerato che spesso gli eventi disastrosi nascono da problematiche afferenti a territori amministrativamente diversi, ma analoghi dal punto di vista ambientale e definire il programma di diffusione di all'erta e di evacuazione in casi di previsione di eventi meteorici analoghi .

6. Avviare un programma di manutenzioni straordinarie di tutte le infrastrutture cosiddette sensibili, ovvero poste in corrispondenza di aree problematiche, alla loro gestione e alla soluzione dei problemi tecnici loro connessi, con priorità a quelle di canalizzazione artificiale dei deflussi, quelle varie e di distribuzione delle acque potabili, delle acque reflue, delle linee elettriche e di telecomunicazione, localizzate lungo il corso dell'alveo e più in generale nel bacino idraulico.

7. Sostituire le opere di recinzione murarie realizzate nell'alveo di piena, sia quelle di delimitazione dei fondi che quelle di separazione tra le abitazioni, e sostituirle con siepi.

interventi di **MITIGAZIONE**

8. Interventi di adeguamento e potenziamento delle opere artificiali di deflusso delle acque superficiali.

9. Prevedere eventuali interventi di delocalizzazione degli edifici realizzati all'interno dell'alveo di piena.

10. In alternativa al punto 9. prevedere la chiusura degli scantinati, la trasformazione tipo pilotis dei piani terra con eventuali compensazioni in sopraelevazioni.

6.1 La definizione del rischio e delle precauzioni e azioni da adottarsi

6.1.1 *La delimitazione delle aree a rischio di frana e idrogeologica*

Sono stati acquisiti i tematismi relativi al PAI vigente. Il Piano individua, per il Bacino del Rio S. Gerolamo, le aree a Rischio idraulico e le “Aree già vulnerate da calamità naturali eccezionali, nelle quali si sono verificati perdite di vite umane e danni gravi classificabili in categoria Ri4 e Ri3”.

Per il Comune di Capoterra nel 2006 è stata approvata una variante al Piano Assetto Idrogeologico per il solo centro urbano e per l'area periurbana.

6.1.2 *Proposta metodologica per la corretta gestione dei territori interessati da rischio idraulico elevato*

E' in fase di strutturazione un manuale finalizzato al corretto utilizzo dei territori “problematici” dal punto di vista del rischio idraulico e geomorfologico, di ausilio alle pubbliche amministrazioni. Esso si propone un linguaggio tra il tecnico e il divulgativo, in maniera da poter essere utilizzato dagli Uffici Tecnici dei piccoli comuni, spesso meno dotati dal punto di vista logistico-tecnico e con organici carenti di personale tecnico-scientifico. Il manuale, da utilizzare insieme alle Linee Guida per l'adeguamento dei PUC al PPR, tende a riconsiderare il buon senso del passato e affronta con dettaglio concetti tecnici elementari che purtroppo vengono sempre meno valutati nell'ambito delle scelte di pianificazione urbanistica e territoriale, col risultato che spesso la sicurezza degli insediamenti antropici viene posta a serio rischio a causa di decisioni errate. Nella fattispecie si propone che i nuovi PUC compilino un elenco/mappatura di quelle opere/lottizzazioni incongrue sotto il profilo della sicurezza, mediante individuazione e verifica degli

errori di pianificazione passati, ad esempio con una analisi critica delle previsioni PAI già approvate sullo strumento di pianificazione vigente e non solo sulle previsioni della nuova zonizzazione.

Si pone enfasi sulla adeguata manutenzione del reticolo idrografico, sia naturale che artificiale, ai fini di smaltire correttamente gli afflussi idrici anche eccezionali ed evitare che eventuali fenomeni alluvionali si verifichino in aree non previste dagli studi idraulici. Viene inoltre incentivata la condivisione delle conoscenze a livello intercomunale, considerato che spesso gli eventi disastrosi nascono da problematiche afferenti a territori amministrativamente diversi, ma analoghi dal punto di vista ambientale.

Il concetto di uso sostenibile rappresenta l'elemento guida che raccorda tra loro i vari steps tecnici suggeriti per passare dalla fase del riordino delle conoscenze tematiche alla fase di analisi ragionata del territorio e delle problematiche di natura idrogeologica che in esso possono verificarsi.

Si esorta a individuare in maniera critica la cosiddetta prevedibilità degli eventi, sia meteorologica (con una eventuale rete di sistemi di monitoraggio e allerta) sia territoriale (conoscenza di dettaglio dello stato di salute del territorio in termini geologici, geomorfologici, idrogeologici, geopedologici e di copertura del suolo). Ad esempio, utilizzando la metodologia di analisi storica delle modifiche sul territorio già utilizzata nelle Linee guida PAI (evoluzione del reticolo idrografico e delimitazione delle opere di regimazione dei corsi d'acqua; interventi sui versanti, evoluzione dell'uso del suolo; incendi). Nella fattispecie si evidenzia la necessità di individuare l'intero reticolo idraulico del territorio comunale e dei territori contermini, con particolare attenzione verso le particolarità idrauliche dei bacini idrografici montani o verso il riconoscimento dei percorsi antichi dei corsi d'acqua di pianura, che per la loro effimericità sono sempre meno considerati elementi di potenziale pericolosità per le infrastrutture e gli insediamenti antropici e che invece, sempre più spesso, sono concausa di avvenimenti disastrosi.

Oltre a ciò si evidenziano i ruoli specifici che alcune componenti ambientali, spesso poco considerate come il suolo e la vegetazione, rivestono sul comportamento idraulico dei bacini.

Particolare attenzione viene rivolta inoltre alle infrastrutture cosiddette sensibili, ovvero poste in corrispondenza di aree problematiche; alla loro gestione e alla soluzione dei problemi tecnici loro connessi, non ultime le procedure di intervento in caso di allarme (piani di protezione civile) e le azioni da intraprendere successivamente (delimitazione dell'area esondata, inventario dei danni, verifica delle previsioni del PAI e degli strumenti urbanistici).

Per tutti gli aspetti considerati, il manuale suggerisce il coinvolgimento delle Amministrazioni regionale e provinciale attraverso specifici servizi di coordinamento tecnico, acquisizione e diffusione delle informazioni anche con la costituzione di un sistema informativo efficace per la condivisione di tutti i dati, sia già disponibili sia di nuova acquisizione. Si dovrà fornire una raccolta bibliografica dei principali riferimenti normativi inerenti l'argomento, a livello comunitario, nazionale e regionale.

Si sottolinea inoltre l'importanza che il PAI assegna alle aree pericolose non perimetrate a livello regionale e che i comuni devono individuare in fase di adeguamento degli strumenti urbanistici al Piano sovraordinato.

Nell'articolo 26, commi 1 e 2, le norme di attuazione del PAI evidenziano come alcune tipologie di aree, appartenenti al bacino idrografico unico regionale, possiedono "**significativa pericolosità idraulica e geomorfologia**".

Le tipologie di aree individuate sono le seguenti:

- a) reticolo minore gravante sui centri edificati;
- b) foci fluviali;
- c) aree lagunari e stagni;
- d) aree a franosità diffusa, in cui ogni singolo evento risulta difficilmente cartografabile alla scala del PAI;
- e) aree costiere a falesia;
- f) aree interessate da fenomeni di subsidenza.

Secondo quanto prescritto dalle norme di attuazione del Piano, il grado di pericolosità associato alle suddette aree dovrà essere suddiviso nelle seguenti classi: molto elevata (H4), elevata (H3) e media (H2). Per l'individuazione delle quali, si dovrà porre particolare attenzione allo studio della circolazione idrica superficiale e all'evoluzione geomorfologica dei versanti; tenendo in adeguata considerazione il contributo del trasporto solido (colate detritiche, correnti iperconcentrate, trasporto di fondo, trasporto in sospensione prevalente).

Si dovrà prevedere inoltre la mappatura storica delle aree interessate da fenomeni di dissesto sui versanti e delle aree di esondazione a valle; da tale cartografia sarà possibile ricostruire l'andamento dei paleo-alvei, utilizzando anche il rilievo geomorfologico delle fasce di pertinenza fluviale.

Quanto fin qui riportato, peraltro già inserito nelle linee guida per l'adeguamento dei PUC al PAI, dovrà essere integrato, nelle norme di attuazione dei Piani urbanistici comunali, dai seguenti punti :

- a) stesura di una specifica disciplina delle fasce speciali di tutela delle aree sopra elencate previste dall'articolo 8, cc. 8-12 delle norme del PAI;
- b) redazione di un piano di manutenzione degli alvei, dei canali, dei canali di guardia e delle opere d'arte delle infrastrutture stradali (verifica della presenza di vegetazione riparia naturale e di eventuali fattori che limitano il regolare deflusso delle acque superficiali).

Nei piani di utilizzo dei litorali (PUL) dovrà inoltre essere prevista la manutenzione delle foci, in modo tale da garantire lo smaltimento delle portate di massima piena (liquida e solida).

6.1.3 Proposta metodologica per la stesura del PUC

FASE 1

La prima fase è finalizzata a definire un quadro conoscitivo del territorio comunale e a restituire le informazioni territoriali in un quadro unitario e organizzato. Le suddette informazioni devono essere comprensive degli aspetti riguardanti in particolare le caratteristiche ambientali e insediative del territorio. Altresì sarà necessario avere un quadro esaustivo dei vincoli insistenti sulle aree e delle previsioni degli strumenti di pianificazione sovraordinati con particolare riferimento al PAI e al PPR.

FASE 2

La seconda fase consiste nel delineare il quadro delle informazioni multidisciplinari suddette e organizzarle secondo una scala gerarchica al fine di classificare gli ambiti in funzione delle criticità e delle vulnerabilità territoriali.

FASE 3

Definizione di ambiti: suscettibili alle trasformazioni e non idonei alle trasformazioni anche se già interessati da urbanizzazioni.

FASE 4

Definizione dei contenuti del PUC in adeguamento al PPR e al PAI mediante individuazione delle possibili direttrici di espansione e proposte per la delocalizzazione dei volumi a rischio.

6.1.4 La protezione delle infrastrutture critiche

In caso di eventi calamitosi, garantire la funzionalità delle infrastrutture di trasporto per l'evacuazione e i soccorsi in genere si propone come obiettivo primario. Con l'analisi del fenomeno alluvionale che ha interessato il Comune di Capoterra si sta cercando di evidenziare i fattori di vulnerabilità del complesso sistema che comprende il territorio e la rete dei trasporti al fine di ricavare indicazioni progettuali utili alla difesa delle infrastrutture viarie e alla salvaguardia del territorio attraversato.

Tale analisi verrà poi estesa a tutte le infrastrutture essenziali per il funzionamento della società e dell'economia, quali i settori dell'energia, delle comunicazioni e della sanità, la cui interdipendenza determina un'elevata vulnerabilità del sistema e la cui sospensione o interruzione può causare, oltre che danni diretti, un effetto domino su altri settori. Ne deriva pertanto che la valutazione dell'impatto e delle conseguenze di tali eventi non può prescindere dal considerare la stabilità e la qualità dei servizi minimi.

L'inquadramento territoriale rappresentato nell'immagine seguente individua e definisce parte delle infrastrutture presenti nel Comune di Capoterra, attraverso un processo ricognitivo ancora in atto.

Dall'individuazione delle cosiddette 'infrastrutture critiche', ossia le infrastrutture essenziali per il funzionamento degli elementi "vitali" della società, è possibile programmare gli interventi necessari per minimizzare la durata della non disponibilità dell'infrastruttura al fine di sviluppare progetti di protezione e ridurre la probabilità e la magnitudo degli eventuali danni.

Tali obiettivi sono raggiungibili attraverso un programma che:

- definisca i criteri di individuazione della "criticità" dell'infrastruttura;
- analizzi la vulnerabilità delle infrastrutture critiche;
- identifichi le conseguenze in caso di danni;
- individui le interdipendenze esistenti tra le diverse infrastrutture;
- definisca un piano di intervento.

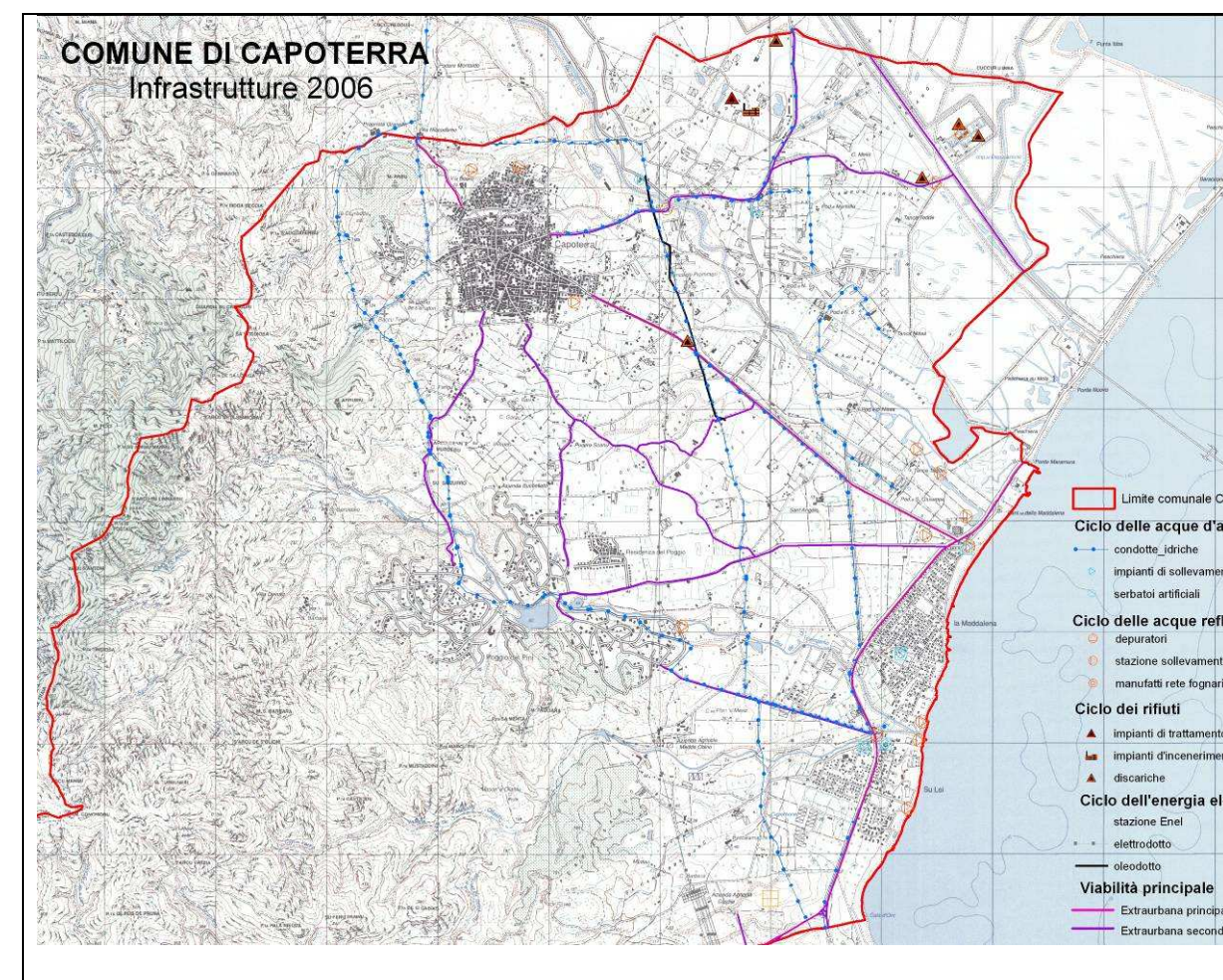


Figura 77 - Le infrastrutture nel Comune di Capoterra

6.1.5 Criteri e tecniche di dimensionamento delle infrastrutture viarie per la prevenzione dei dissesti e la tutela del territorio

L'analisi del fenomeno alluvionale che ha interessato il Comune di Capoterra ha inevitabilmente posto in evidenza la necessità di definire alcune indicazioni progettuali volte alla difesa delle opere infrastrutturali e alla salvaguardia del territorio attraversato. Quanto riportato di seguito è una sintesi degli studi pubblicati dal Dipartimento di Ingegneria del Territorio dell'Università degli Studi di Cagliari negli atti del XI convegno S.I.I.V. tenutosi a Verona nel novembre 2001 e relativi allo studio sulle interazioni tra i dissesti idrogeologici e le infrastrutture viarie:

- L'individuazione dei tracciati infrastrutturali definitivi deve basarsi su accurate analisi morfologiche, geotecniche, idrauliche e idrogeologiche. Valutare la tipologia e la stabilità del terreno è infatti fondamentale per evitare problemi di stabilità del fondo (attraversamento di terreni argillosi e limosi) o per ottenere indicazioni sulle tecniche costruttive da adottare. Basti pensare alla realizzazione di rilevati e scarpate di grande altezza in terreni con caratteristiche geotecniche incerte, per i quali è opportuno ridurre il più possibile l'inclinazione o frazionare l'altezza con terrazzamenti che ripartiscano il carico su una superficie maggiore.
Allo stesso modo l'individuazione dei bacini imbriferi consente di evitare la realizzazione di una strada in aree nelle quali le acque meteoriche vanno a raccogliersi; per quanto ben realizzata, infatti, la strada si ritroverebbe spesso allagata durante periodi di accentuata piovosità.
- Lo smaltimento delle acque superficiali o meteoriche dalla piattaforma stradale deve avvenire

celermente in modo da evitare ammaloramenti e successive, costose, opere di manutenzione. Occorre evitare che l'acqua proveniente da trincee o scarpate, non evacuata dalle cunette, stagni rammollendo il sottofondo e riducendo la sua capacità portante.

- In corrispondenza degli attraversamenti occorre evitare, per quanto possibile, bruschi cambiamenti della sezione idraulica.



Figura 78 - Due ponti e una condotta idrica riducono, nello spazio di poche decine di metri, la sezione idraulica del Rio San Gerolamo in prossimità della foce.

- La capacità dimensionale di cunette, tubolari fognanti, opere d'arte etc., deve essere valutata in rapporto all'evento critico che si verifica nel bacino imbrifero in un dato tempo di ritorno. Alla luce del ripetersi, negli ultimi anni e con una certa frequenza, dei fenomeni alluvionali e dei conseguenti crolli delle opere d'arte stradali, sarebbe opportuno rivedere i tempi di ritorno dell'evento normale sulla base del quale vengono dimensionati ponti, ponticelli e viadotti.
- L'ubicazione dei tombini deve seguire il regolare deflusso originale delle acque, onde evitare mutamenti di direzione, angoli irregolari, variazioni di velocità, ingorghi e conseguenti pressioni alle sponde e corrosioni alle basi.
- E' opportuno che le feritoie siano mantenute costantemente pulite da terra, foglie e qualunque materiale estraneo, utilizzando gli accorgimenti necessari a evitarne l'ostruzione della luce del foro.
- La base del tombino (platea) deve essere sempre ad arco rovescio onde evitare depositi, insabbiamenti ai margini e raccogliere al centro qualsiasi materiale.
- La quota di ubicazione della parte a monte del tombino deve essere più alta di quella di sbocco e tale da poter trasportare i materiali che dovessero depositarsi nella canna.

- E' preferibile impiegare tombini ad un'unica canna piuttosto che a canne affiancate in quanto queste ultime, pur smaltendo la stessa portata, sono facilmente ostruibili.



Figura 79 - Cedimento del rilevato stradale

- I drenaggi sono fondamentali per regolare la vita del terreno: l'azione del drenaggio abbassa il livello della falda e riduce la possibile risalita capillare che diventa maggiore nei terreni porosi, mentre diminuisce in quelli argillosi, in cui l'afflusso dell'acqua per gravità è molto rallentato.
- Nella costruzione dei tubi di scarico, a tergo dei muri di sostegno, è indispensabile la realizzazione di un letto di magrone tale da facilitare la raccolta e il rapido smaltimento delle acque intercettate dal dreno. In caso contrario, si potrebbe verificare un insufficiente smaltimento delle acque, con conseguente infiltrazione sotto il piano di fondazione del muro e plasticizzazione dei terreni a matrice limo-argillosa.
- L'andamento planimetrico dei drenaggi deve circoscrivere il movimento franoso. La rete principale di drenaggio deve essere indipendente e di corrispondente capacità per lo smaltimento delle acque di drenaggio.
- Qualunque opera drenante va posta sotto la quota della falda acquifera e deve essere fornita da elementi di ispezione di dimensione proporzionata;
- In terreni di elevata azione capillare la quota di base dei tubi deve essere approfondita maggiormente.
- E' opportuno dimensionare con adeguato coefficiente di sicurezza, da valutarsi caso per caso, i fossi di guardia e di raccolta alla base dei rilevati, sulla sommità delle scarpate di trincea e sui banchettoni intermedi.

7 STRUMENTI DI CONDIVISIONE DEI DATI

7.1 Spazio web

Per consentire la condivisione e pubblicazione della documentazione prodotta dal Gruppo di Lavoro nelle diverse fasi di lavoro è stato predisposto un sito WEB nello spazio intranet dell'Ufficio del Piano. I componenti il gruppo di lavoro, con diversi livelli di privilegio, possono accedere alle diverse sezioni del sito per sola lettura o scrittura dentro la banca dati con il materiale documentale via via prodotto (Figura 80).

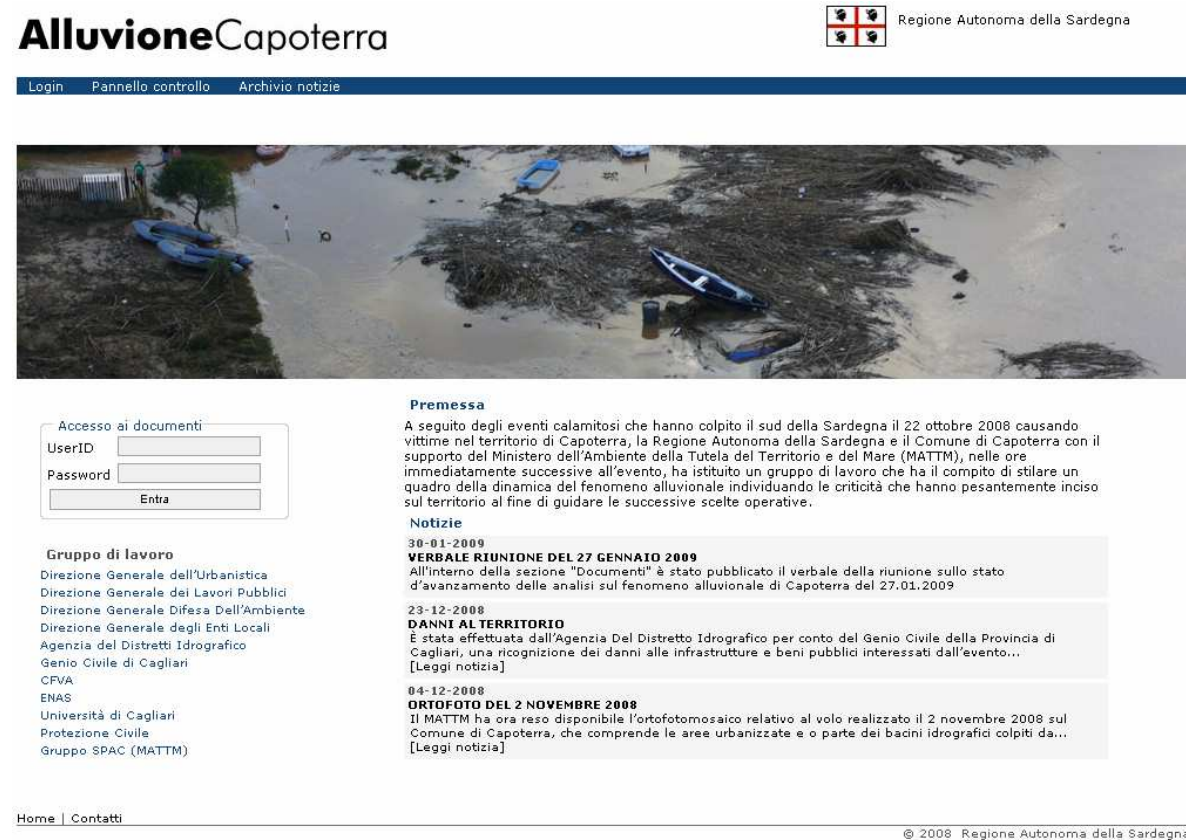


Figura 80 – Pagina iniziale del sito WEB “AlluvioneCapoterra”

7.2 Acquisizione dati

Per consentire la condivisione dei dati cartografici utilizzati durante le diverse fasi di lavoro, nel server dell'Ufficio del Piano della RAS è stato riservato uno spazio disco di circa 1TB dedicato alla banca dati cartografica, costituita da informazioni sia pre sia post-evento.

Nelle prime fasi di attività si è stabilito uno stretto contatto con il MATTM, che ha offerto disponibilità per l'acquisizione di nuovi dati con la massima priorità; in particolare sono state messi subito a disposizione del gruppo di lavoro una serie di fotogrammi, riguardanti il volo aereo realizzato in data 23/24 ottobre 2008, e il relativo mosaico. È stato poi acquisito l'ortofotomosaico del volo realizzato il 2 novembre 2008 (c e d in Tabella 19). Sulla base fotografica del 2 novembre 2008 è stata richiesta la restituzione cartografica rispettivamente in scala 1:10.000 e in scala 1:2.000 dell'area vasta colpita dall'evento

alluvionale del 22 ottobre (che comprende i territori di 7 Comuni, compreso Cagliari) e di una fascia di 800 m a cavallo delle aste fluviali individuate.

Tipologia dato	Schema acquisizione	Data acquisizione	Stato dell'arte
a) Foto RGB+IR + LIDAR Progetto RAS di acquisizione di ortofoto ad altissima risoluzione nella fascia costiera.		18 luglio 2008	Attualmente disponibili fotogrammi RGB non georiferiti
b) Foto RGB+IR + LIDAR		18 luglio 2008	Dato relativo alla sola area della foce. Dataset disponibili nella banca dati GdL
c) Foto RGB		23/24 ottobre 2008	Georeferenziazione a cura del MATTM. Disponibili nella banca dati GdL
d) Ortofoto RGB		2 novembre 2008	Georeferenziazione a cura del MATTM. Disponibili nella banca dati GdL
e) Banche dati cartografiche RAS		1897 - 2008	Disponibili nella banca dati GdL

Tabella 19 – Materiale fotografico contenuto nella banca dati cartografica Alluvione_22_ottobre.

Le prime analisi svolte sui dati disponibili, pre e immediatamente post evento, ha fatto emergere lacune informative su diversi settori dell'intero territorio colpito dall'alluvione e la conseguente necessità di disporre dei dati acquisiti immediatamente dopo l'evento.

Pertanto si è richiesto l'acquisto della scena RADAR del sensore TerraSAR (Modalità StripMAP, risoluzione fino a 3 m), acquisita il 29 ottobre 2008 alle ore 17:14:38 (Figura 81) che, ad oggi, costituisce il dato più completo in termini di copertura territoriale e di capacità per una stima dell'evento alluvionale.



Figura 81 Scena RADAR del sensore TerraSAR, acquisita il 29 ottobre 2008 alle ore 17:14,38. L'area di interesse è definita dalla modalità di acquisizione StripMap, che da alla scena una dimensione di ripresa pari a 30 km x 50 km.

Si è inoltre richiesto l'acquisto delle scene multispettrali ad altissima risoluzione, anch'esse riprese nei giorni immediatamente successivi all'evento. Nel *quicklook* di Figura 82 è rappresentato il dato ripreso dal sensore IKONOS del 1° Novembre 2008; come è evidente nell'immagine, solo alcuni settori sono interessati da parziale copertura nuvolosa, ma i dati risultano di estremo interesse per l'area vasta di Cagliari, sulla quale l'Amministrazione regionale deve svolgere una azione di censimento delle opere lesionate.

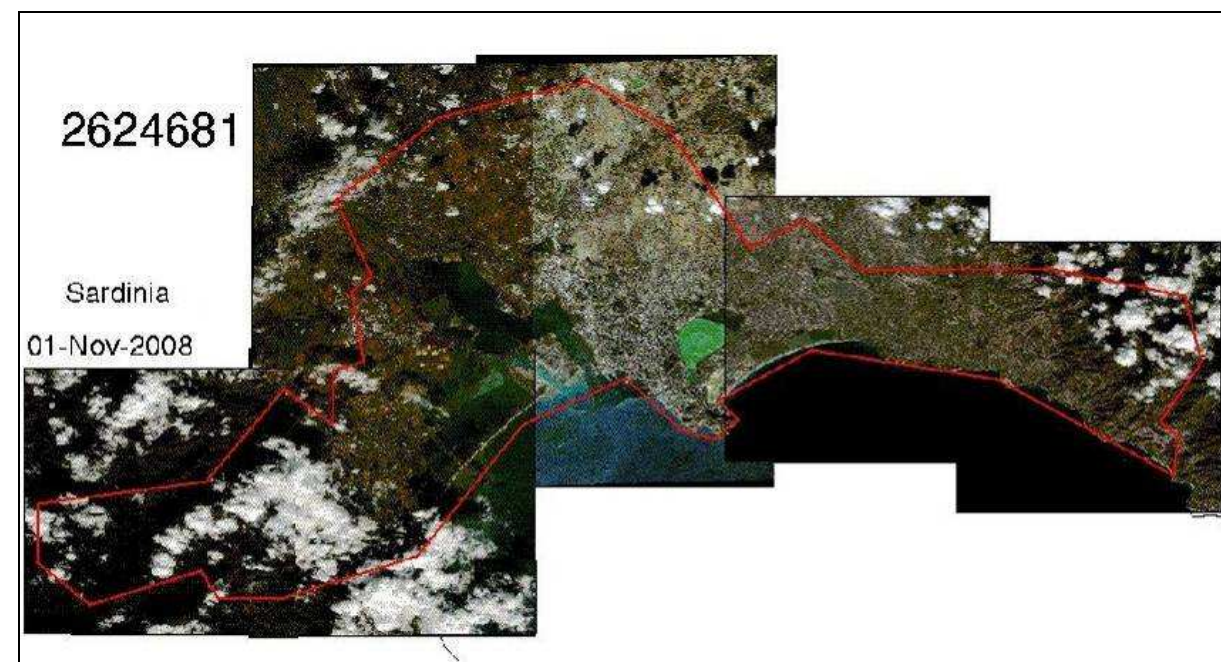


Figura 82 – *Quicklook* del dato IKONOS acquisito il 1 Novembre 2008

Si evidenzia che la RAS ha acquisito l'intera copertura del territorio regionale con il sensore IKONOS per gli anni 2005 e 2006 e, pertanto, la possibilità di disporre di un dato simile ma di un periodo differente permetterebbe di svolgere una efficace analisi multitemporale con il dettaglio richiesto per le valutazioni del caso.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
ASSURIBAZIONE DEGLI INTERESSI LOCALI E DEL TERRITORIO
Istruzione, eccellenza della pianificazione, trasparenza, territorialità
e della vigilanza edilizia

CAPO Terra - 22 OTTOBRE 2008

MINISTERO DELL'INTERIORE E DELLA TUTELA
DEL TERRITORIO E DEL MARE
DIREZIONE GENERALE DELLA DIFESA DEL SOVICO
Progetto SMC



L'EVENTO

22 ottobre 2008

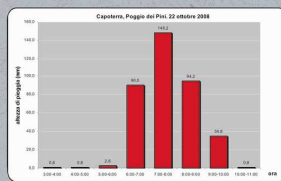
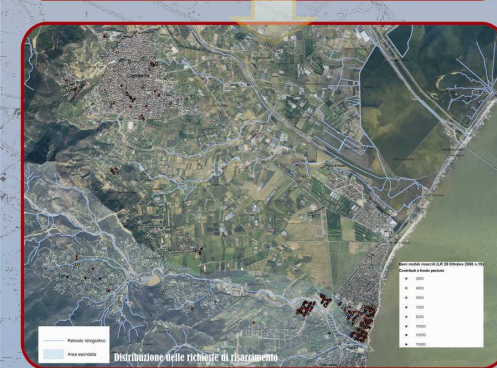
Un violento temporale si abbatte sul centro residenziale di Poggio dei Pini, nell'area interessata dal bacino idrografico del Rio S. Girolamo. La stazione pluviometrica di Capoterra registra il picco di precipitazione tra le ore 7 e le ore 8 del mattino pari a un'altezza di pioggia di 148 mm, per un totale di 372 mm di pioggia affluita in otto ore consecutive. Viene stimata una media di 300 metri cubi d'acqua al secondo che confluiva nel bacino artificiale della lottizzazione, valutabile complessivamente attorno ai 5 milioni di metri cubi totali trasportati dal rio S. Girolamo. I corsi d'acqua interessati dall'evento di esondazione più o meno rilevante sono i tre che attraversano l'abitato: rio S. Girolamo, rio Santa Lucia e rio Masone Ollastu.



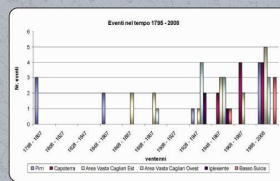
Immagini di Angelo Pini

LA STORIA DEL TERRITORIO

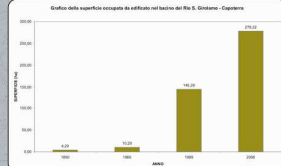
L'andamento della rete idrografica del Rio Masone Ollastu e del Rio S. Girolamo è stato variato in più tratti nel corso degli anni, in particolare il Rio S. Girolamo è stato deviato e rettificato proprio in corrispondenza della lottizzazione Frutti d'oro II, area fortemente colpita dall'evento del 22.10.2008. Dalla ricostruzione diacronica Capoterra risulta un insediamento storico ripopolato dopo l'abbandono del territorio tra il XVI sec. e l'XVII sec. Il centro urbano pedemontano di Capoterra si è sviluppato con accrescimento piuttosto omogeneo e isotropo nel corso del tempo e altri insediamenti, localizzati in nuove zone limitrofe e sulla costa, assistono nella collina e nella piana costiera. Lo strumento urbanistico vigente è datato 1969 mentre i Piani di Lottizzazione maggiormente interessati dall'evento alluvionale risalgono agli anni '70 - '73. Lo strumento urbanistico è stato aggiornato per successive varianti discostando la previsione della L. n. 45/89 che prevedeva l'obbligo di dotarsi di un PCC da redigere secondo le indicazioni della stessa legge. L'adeguamento del suddetto Piano al D. l. 2566/8/83 (Decreto Florio) avviene solo nel 1996 mentre l'adeguamento alle Direttive per le zone agricole è datato 1999. L'espansione del centro urbano ha ricevuto e riceve tutt'ora l'influenza della forte domanda di alloggi dall'intermediazione edilizia che sono stati pianificati e realizzati altri insediamenti. Le aree esperte per le nuove edificazioni sono la zona collinare, la pianura e sulla fascia costiera (Poggio dei Pini, Residenza del Sole, Sa Spina, Frutti d'oro, Maddalena Spiaggia, Torre degli Ulivi). Nel Bacino del Rio S. Girolamo l'edificato, pressoché costante fino al 1960, è cresciuto in maniera esponenziale di circa 30 volte ad oggi.



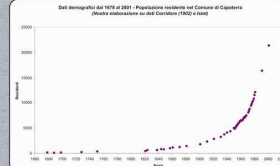
Scala dei dati pluviometrici



Il grafico evidenzia gli eventi alluvionali del periodo 2001-2008



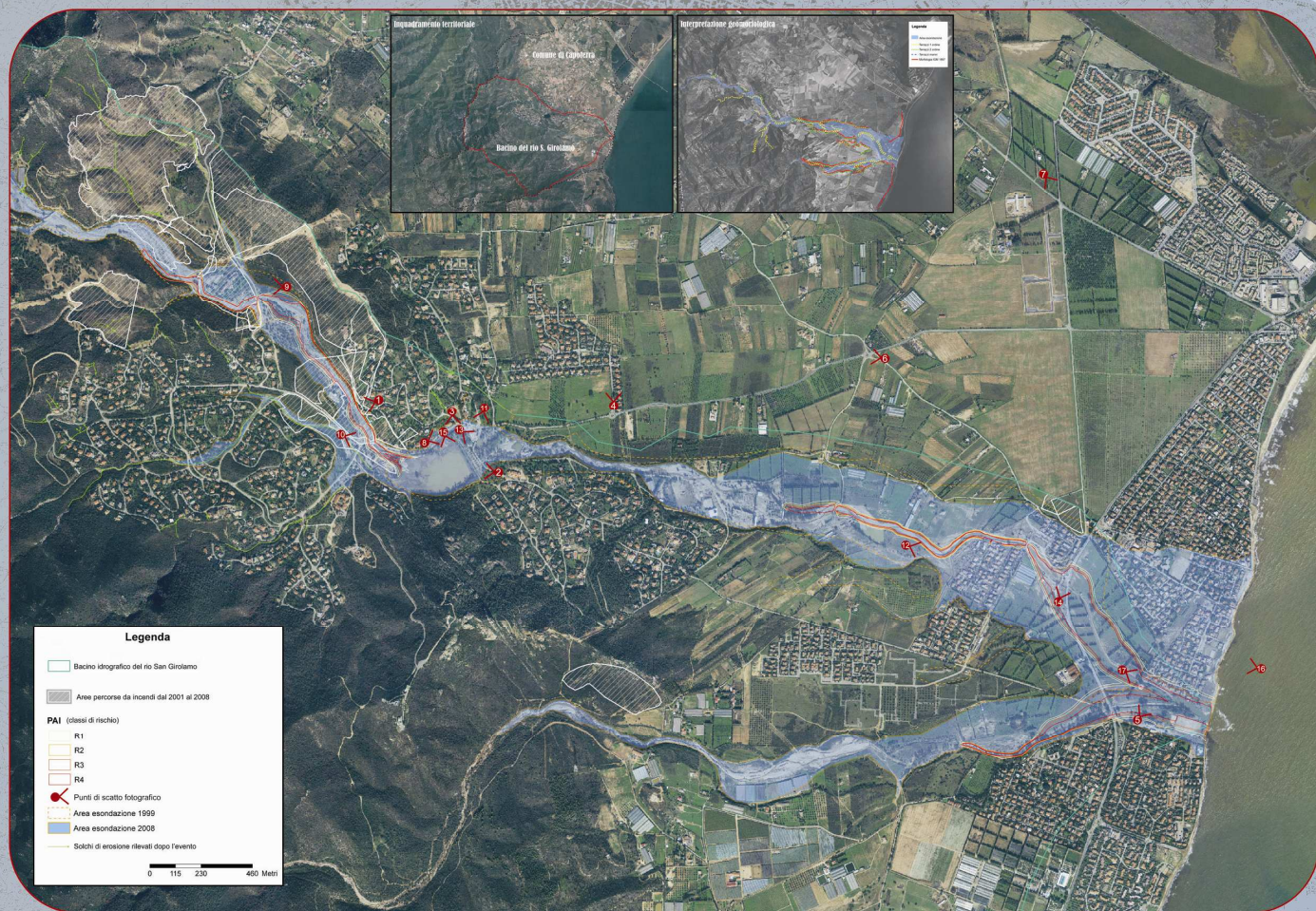
Stadio della superficie esondata dal canale residenziale e suo allargamento nel Rio S. Girolamo in quattro periodi di riferimento: 1998-1999, 1999-2000, 2000-2001, 2001-2002



Curva di crescita della Popolazione residente nel Comune di Capoterra dal 1975 al 2008

IL DISASTRO

L'eccezionale evento meteorico avvenuto il 22 ottobre 2008 è durato circa tre ore, dalle 6 alle 9 del mattino, con un considerevole picco pluviometrico di 150 mm caduti nell'arco di un'ora, tra le sette e le otto (dati registrati dal pluviometro di Poggio dei Pini). Già durante le prime due ore i versanti del bacino hanno mostrato i primi segni di cedimento idraulico. Il suolo è stato saturato rapidamente d'acqua e questa ha cominciato a scorrere sempre più copiosa sulla superficie dei campi, invece di infiltrarsi nel terreno. Ogni singolo imbutivo di ogni singolo versante del piccolo bacino idrografico ha riversato sul Rio S. Girolamo una considerevole massa d'acqua, pari a circa 750.000 mc, che ha costituito immunitosamente lungo l'alveo naturale del fiume, travolgendo gli ostacoli che incontrava nel suo percorso, come alberi, strade, ponti, abitazioni. Durante la corrivazione l'acqua ha messo in movimento una rilevante massa di materiale solido, presumibilmente 250.000 mc, costituito in parte da massi e ciottoli spostati lungo l'alveo e prevalentemente da sabbia e limo provenienti dal suolo eroso lungo il percorso, in particolar modo da quei suoli lasciati nudi dai recenti incendi di fine estate, privi di quella copertura vegetale in grado di proteggere i versanti. Si sono prodotti così numerosi solchi di ruscellazione estemporanei, anche molto profondi. Gran parte di questo materiale solido, quello con granulometria più grossolana, è stato deposto all'interno del lago artificiale di Poggio dei Pini che ha funzionato come vasca di decantazione, riducendone però il volume d'acqua invasabile. Di conseguenza l'acqua che è arrivata a valle ha portato in carico materiale solido a granulometria più fine, come limi e argille, insieme al materiale costituente la diga stessa, seriamente danneggiata. Questa torbida ha travolto le infrastrutture e le abitazioni a valle, provocando la morte di quattro persone e intrappolando a lungo decine di altri sopravvissuti.



Legenda

- Bacino idrografico del rio S. Girolamo
- Aree peronosse da incendi dal 2001 al 2008
- PAI (classi di rischio)
 - R1
 - R2
 - R3
 - R4
- Punti di scatto fotografico
- Area esondazione 1999
- Area esondazione 2008
- Solchi di erosione rilevati dopo l'evento

IL DANNO

Dalle prime analisi emerge che l'evento calamitoso sia legato ad una concomitanza di fattori: da un lato i processi di versante di natura strettamente erosiva che hanno interessato la parte alta del bacino, dall'altro i fenomeni di trasporto e sedimentazione concentrati nella piana. Le precipitazioni, di intensità superiore alla norma, hanno interessato aree la cui stabilità era già fortemente compromessa da incendi degli anni passati e dalle variazioni della copertura vegetale indotte nel corso del tempo da interventi antropici. La diminuzione della densità di vegetazione ha pertanto accentuato i fenomeni erosivi a monte della diga di Poggio dei Pini, facilitando il deflusso di acqua a valle che ha poi seguito l'area di naturale esondazione del rio S. Girolamo profondamente alterata dalle opere di urbanizzazione realizzate nel tempo. Il canale sfioratore della diga in terra battuta non è stato sufficiente a far defluire a valle l'imponente massa d'acqua trasportata dal rio S. Girolamo, facendo innalzare il livello del bacino fino a provocarne l'esondazione che ha raggiunto l'asse stradale di accesso alle lottizzazioni confinanti. Anche i numerosi canali a monte dell'abitato, ostruiti dai detriti e per lunghi tratti interrati, non hanno svolto la loro funzione di convogliare nel rio Santa Lucia l'acqua che scendeva dalle alture vicine che ha quindi ripreso il suo corso allagando le aree più densamente popolate. Sono stati danneggiati edifici diversi, abitazioni, serre, strade, ponti, linee elettriche, reti idriche e lognarie, beni mobili.



GLI INTERVENTI URGENTI PER GOVERNARE L'EVENTO E LASCIARE AL FIUME LO SPAZIO CHE GLI APPARTIENE:

DI PRECAUZIONE

1. Avviare interventi di adeguati controlli e manutenzione ordinaria del reticolo idrografico, sia naturale che artificiale, al fine di smaltire correttamente gli afflussi idrici anche eccezionali ed evitare che eventuali fenomeni alluvionali si verifichino in aree non previste dagli studi idraulici. Liberare l'area degli alvei di piena dagli ostacoli quali rifiuti, piante etc che impediscono il libero deflusso delle acque.
2. Promuovere interventi di adeguata rinaturalizzazione delle aree interne e di forestazione dei versanti, specie quelli interessati da ripetuti incendi.
3. Sospendere l'efficacia delle previsioni dallo strumento urbanistico vigente che consentono di autorizzare trasformazioni edilizie nelle aree interne all'alveo di piena e nelle aree di esondazione o comunque interessate dall'evento.
4. Vietare la localizzazione di qualunque nuovo edificio nelle aree interne all'alveo di piena.

DI PREVENZIONE

5. Incentivare la condivisione delle conoscenze a livello intercomunale, considerato che spesso gli eventi disastrosi nascono da problematiche afferenti a territori amministrativamente diversi, ma analoghi dal punto di vista ambientale e definire il programma di diffusione di all'erta e di evacuazione in casi di previsione di eventi meteorici analoghi.
6. Avviare un programma di manutenzioni straordinarie di tutte le infrastrutture cosiddette sensibili, ovvero poste in corrispondenza di aree problematiche, alla loro gestione e alla soluzione dei problemi tecnici loro connessi, con priorità a quelle di canalizzazione artificiale dei deflussi, quelle viarie e di distribuzione delle acque potabili, delle acque reflue, delle linee elettriche e di telecomunicazione, localizzate lungo il corso dell'alveo e più in generale nel bacino idraulico.
7. Sostituire le opere di recinzione murarie realizzate nell'alveo di piena, sia quelle di delimitazione dei fondi che quelle di separazione tra le abitazioni, e sostituirle con siepi.

DI MITIGAZIONE

8. Interventi di adeguamento e potenziamento delle opere artificiali di deflusso delle acque superficiali.
9. Prevedere eventuali interventi di delocalizzazione degli edifici realizzati all'interno dell'alveo di piena.
10. In alternativa al punto 9, prevedere la chiusura degli scantinati, la trasformazione tipo pilotis dei piani terra con eventuali compensazioni in sopraelevazioni.