



# COMUNE DI VILLAPUTZU

## Ufficio Tecnico comunale

### PIANO URBANISTICO COMUNALE

AGGIORNAMENTO ED INTEGRAZIONE DELLA  
VARIANTE AL PUC IN ADEGUAMENTO AL PIANO  
PAESAGGISTICO REGIONALE (PPR) E AL PIANO DI  
ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI),  
DELLA VAS E DELLA VINCA

# R.AA.02

## Relazione Geologica

**Commissario ad acta**

*Arch. Francesco Cilloccu*

**Responsabile Area Tecnica**

*Ing. Sabrina Camboni*

**Progettisti PUC - VAS**

*Ing. Gian Lucca Frau*

*Arch. Valentina Caredda*

*Geol. Tarcisio Marini*

**Progettista VincA**

*Ing. Giuseppe Manunza*

**ASSETTO AMBIENTALE**





# COMUNE DI VILLAPUTZU

## Provincia di Cagliari

# PIANO URBANISTICO COMUNALE

## RELAZIONE GEOLOGICA

**Coordinatore:** Ing. Italo Meloni, Ing. Ginevra Balletto

**Assetto ambientale:** Dott. Geol. P. Valera, Dott. M. Casti, Dott. Agr P. Mulè

**Assetto insediativo:** Ing. G. Balletto, Ing. A. Milesi, Ing. G. Mei, Arch. G. Figus

**Assetto storico culturale:** Dott.ssa F. Collu, Ing. A. Milesi, Arch. G. Figus

**PUL:** Ing. G. Balletto, ing. A. Milesi, Arch G. Figus, N. Castangia

**Sistema informativo territoriale e Gis:** ing. A. Putzu, ing. A. Garau

**Comitato scientifico:** prof. R. Ciccu, prof. M. Ghiani, prof. G. Massacci, ing. M. Figus



COMUNE DI VILLAPUTZU

*Provincia di Cagliari*

# *PIANO URBANISTICO COMUNALE*

**Relazione finale**  
**30-07-2012**



## *Premessa*

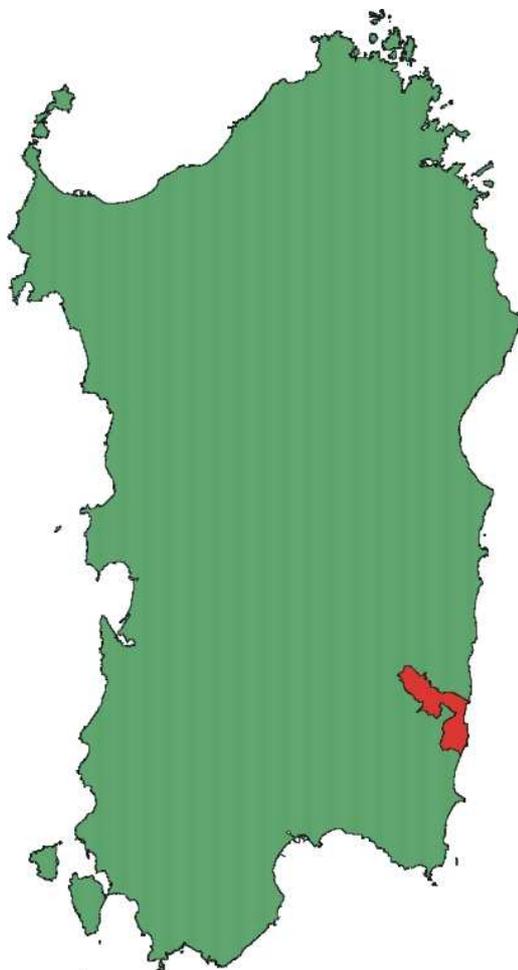
La presente relazione, realizzata nell'ambito dell'incarico per gli aspetti geologici per la redazione della *“Variante al Piano Urbanistico Comunale – Adeguamento alle previsioni del P.P.R. del P.A.I. del T.U. sull’edilizia e urbanistica, alle norme sul risparmio energetico, in materia igienico-sanitaria, acustica, sicurezza, paesistica, e/o altro e alle altre norme eventualmente sopravvenute in materia”* è stata impostata non solo per essere strumento di consultazione da parte dei tecnici, ma anche per rendere edotti le autorità locali sulle caratteristiche del proprio territorio, utilizzando delle terminologie facilmente assimilabili, con un minimo sforzo, anche per i non addetti ai lavori. In quest’ottica vanno interpretate alcune parti della relazione quali, ad esempio, la parte della geologia regionale, che permettono di avere una più ampia visione della storia geologica e del pregio di alcune litologie presenti nel territorio di Villaputzu in modo che possano essere di ausilio anche per eventuali iniziative volte allo stimolo dell’industria turistica. Infatti, nel territorio comunale, la cui estensione, come si vedrà più avanti, è una delle maggiori dei comuni presenti in Sardegna, sono presenti notevoli varietà geologiche che lo rendono tra i più interessanti dell’intero territorio regionale. Naturalmente tale aspetto, se dovesse essere (auspicabilmente) sfruttato quale laboratorio naturale per la didattica o per l’industria turistica, è tuttavia fortemente condizionato dalla presenza delle aree militari che ne comprometterebbero, in parte, la fruizione. D’altra parte nel presente lavoro saranno trattate anche le criticità presenti nell’area e costituite prevalentemente da fenomeni di dissesto, con qualche cenno anche alla geochimica, a cui saranno dedicati ampi spazi più avanti. Tali criticità, particolarmente insidiose in alcune aree, possono tuttavia stimolare eventuali nuove prospettive di sviluppo, ad esempio attraverso un attento monitoraggio del flusso delle acque e dei materiali in sospensione nelle stesse o altro (fluttuazioni del pH, ecc) che permetta al mondo scientifico di accedere questo tipo di informazioni e poter, così, essere un laboratorio sperimentale in cui il confronto internazionale possa intervenire con interventi mirati. Ancora, un’analisi geochimica di dettaglio permetterebbe di rendere i prodotti derivanti dal territorio (agricoli, carni, ecc..) assai competitivi, grazie alla certificazione di tali studi, trasformando una criticità in un punto di forza del territorio.

Si vuole sottolineare che nelle ampie porzioni del territorio comunale sotto servitù militare non è stato possibile effettuare alcun rilievo, perché proibito per questioni di sicurezza, nonostante sia comunque possibile l’accesso. Tali aree sono state riportate nella varie carte con una tonalità di grigio, fatta eccezione per la carta geologica, per la carta della geomorfologia (e litologica) e per la carta dell’acclività, di cui esistevano informazioni d’archivio sufficienti per la scala dei rilievi.

## 1. INQUADRAMENTO DELL'AREA.

### 1.1) Localizzazione geografica e accessibilità

L'area del Comune di Villaputzu, situata nella Sardegna sud – orientale (*Fig. 1.1*), ricade in



gran parte nel **Foglio N° 549 Muravera – Serie 50 Edizione I**, e solo per una piccola porzione nel **Foglio N° 541 Jerzu – Serie 50 Edizione I**. Tali Fogli fanno parte della Carta Topografica Ufficiale dello Stato in scala 1:50.000 edita dall'Istituto Geografico Militare (IGMI) nel 1994. L'area comunale ricopre una superficie superiore ai 181 km<sup>2</sup>, che ne fa il 26° comune sardo per estensione. L'accessibilità è attualmente garantita, principalmente, dal nuovo tracciato veloce della SS 125, ormai in fase avanzata di realizzazione e conclusa per il tratto interessante il territorio in esame e che costituisce la direttrice principale nord – sud dell'area e che contribuirà a migliorare il collegamento con Cagliari e con Tortolì. A questa si aggiunge il vecchio percorso della stessa SS 125 “Orientale Sarda”, oggi in fase di lento disuso.

*Fig.1.1: Localizzazione del territorio del comune di Villaputzu.*

Un'altra importante via di accesso è la strada statale 387 che comunque si ricollega alla suddetta SS 125 nei pressi di Muravera. Alla rete viaria principale sopra menzionate si devono aggiungere alcune strade provinciali che interessano anche le aree limitrofe e i centri abitati montani e che, ricollegandosi alle strade statali, hanno agevolato la pendolarità e diminuito l'isolamento.

La relativamente recente realizzazione di nuove strade agricole e turistiche costituisce una importantissima rete viaria minore, la quale permette, ora, di percorrere agevolmente la regione, dove, specialmente nelle parti interne e montane, fino agli anni cinquanta, la presenza dell'uomo era solo stagionale e legata all'arrivo delle greggi. In particolare, una serie di strade secondarie e di piste rendono facilmente raggiungibili le zone costiere, quali la Foce del

Flumendosa ed il resto del litorale che va da Capo di San Lorenzo fino a Monte Santu, mentre le aree interne, caratterizzate dai rilievi montuosi, hanno una copertura viaria costituita prevalentemente da piste, carrarecce e sentieri. Infine, l'eventuale riqualificazione della vecchia Strada Orientale Sarda, dopo il declassamento a "strada parco", potrà costituire l'infrastruttura principale del sistema d'accessibilità locale, per fruizione del paesaggio, dei principali beni paesaggistici quali, ad esempio, il Castello di Quirra e alcuni dei siti minerari (in particolare, la suggestiva miniera di Monte Narba, attualmente in fase di totale abbandono e altre) facenti parte del Parco Geominerario.

## **1.2) Dati amministrativi**

Sebbene il territorio comunale di Villaputzu appartenga dal punto di vista amministrativo alla provincia di Cagliari, prendendo in considerazione l'insieme territoriale ed estendendolo alle aree limitrofe, si nota che esso è dotato di una sua omogeneità interna, sia per gli aspetti ambientali che culturali, dai quali si può facilmente osservare come sia ancora valido il concetto delle suddivisioni minori o **sub regioni**, la cui individualità si è andata definendo nel corso della storia. In particolare, la base storica delle antiche suddivisioni amministrative indicava, per l'area in studio, le **sub – regioni del Salto di Quirra** e del **Sarrabus**, che, anche se si sono modificate attraverso nuovi rapporti tra città e territorio, tendono a definirsi in conformità ad aree di influenza dei centri urbani. Lo sviluppo economico e sociale ha subito un'evoluzione differente secondo le due sub regioni.

Nella **sub – regione del Salto di Quirra** (Regione Autonoma della Sardegna, 2006 – b), sebbene scarsamente popolata, presenta sia nella parte interna, dominata dall'altopiano, sia in quella vicina alla costa, una modalità insediativa che connota nell'area la diffusione agricola – residenziale, in parte sostituendo gli antichi ovili (*bacilli*). Nella bassa valle del Rio Quirra e in particolare nella piana alluvionale costiera, sono ubicati i nuclei insediativi, di tipo rurale, di Quirra e quello di San Giorgio, localizzati in relazione alla presenza di colture irrigue e agrumeti, mentre a Capo San Lorenzo si hanno installazioni e insediamenti militari. Del resto, oltre a quelle di Capo San Lorenzo, anche altre vaste porzioni di territorio dell'altopiano di Monte Cardiga sono interessate da usi militari.

L'economia si basa essenzialmente su due ambiti: il primo riguarda l'utilizzo diretto delle risorse ambientali, attraverso l'allevamento e l'agricoltura. L'allevamento degli ovini e specialmente dei caprini usufruiscono di ampi terreni pascolativi, in cui è presente una ricca vegetazione costituita da formazioni boschive e arbustive, ma risente dei limiti imposti dalla presenza nel suo territorio del Poligono Militare di Perdas de Fogu. L'agricoltura, sviluppata prevalentemente nelle aree di piana lungo la valle del Torrente Quirra, è caratterizzata

prevalentemente dalla coltivazione d'agrumi, colture ortive e viti. Il secondo ambito riguarda il turismo costiero, che costituisce una nuova risorsa, lentamente in via di sviluppo, anche se la presenza della servitù militare rappresenta una criticità, in termini di limitazione alla fruizione del paesaggio, specialmente dei sistemi sabbiosi e delle zone umide costiere di Quirra, Tuttavia in quest'area esistono delle criticità naturali che andrebbero caratterizzate con attenzione, costituite dall'alto tenore di alcuni elementi nocivi per la salute e di cui si farà cenno nel capitolo sulla geochimica.

La **sub – regione del Sarrabus** (Regione Autonoma della Sardegna, 2006 a) presenta, nell'area del territorio comunale di Villaputzu, una varietà di paesaggi che comprendono sia zone montagnose e collinari, in pratica prive di centri abitati, sia pianure, quest'ultime legate alle valli dei corsi d'acqua principali e alla costa. Il sistema insediativo, costituito dal comune di Villaputzu, è profondamente influenzato dai caratteri ambientali tipici di una situazione di transizione tra ambiente fluviale e marino. Il centro abitato occupa, in parte, lo spazio delle alluvioni antiche, appena più alto e sicuro di quelle recenti (vedi carta geologica), conformandosi all'andamento del corso del Flumendosa, salvaguardando i suoli fertili delle alluvioni recenti e attuali. La disponibilità di una ricca risorsa idrica e la fertilità dei suoli alluvionali hanno costituito il fattore storico principale dell'insediamento, nonostante, specie in passato, i rischi connessi ai processi caratterizzati da frequenti esondazioni e alluvioni del Flumendosa, che saranno descritte in dettaglio più avanti.

La zona è stata teatro di vicende clamorose e dolorose, sotto gli aspetti tecnici, economici e umani, legate ad un periodo particolarmente florido, quello del ventennio 1870 – 1890 (Pomesano, 1965), in cui furono scoperte e messe in coltivazione alcune miniere d'argento ubicate lungo il cosiddetto "Filone Argentifero" e presente nel territorio comunale di Villaputzu, ad esempio, con la miniera piombo-argentifera, ormai abbandonata, di Gibbas, dando luogo ad euforiche infatuazioni, non supportate però da giacimenti veramente economici; di conseguenza questa situazione fu seguita, purtroppo, da un rapido declino e da un desolante abbandono d'ogni attività produttiva e prospettiva di sviluppo industriale basato su questa georisorsa.

Ad eccezione della parentesi industriale, l'economia di questa parte del Sarrabus è impostata, da sempre, sull'agricoltura e in particolare su colture pregiate legate all'acqua, come ortaggi, agrumi e riso. Al contrario di quanto accaduto per la sub regione del Salto di Quirra, pur essendo un'area anch'essa periferica rispetto a Cagliari e all'asse campidanese, questa parte del Sarrabus ha trovato negli ultimi anni nuove risorse e vitalità nel turismo nella fascia costiera, dove, ad eccezione del nucleo insediativo-turistico di Porto su Tramatzu – Porto Corallo in corrispondenza delle strutture portuali, si sono sviluppate seconde case e villaggi,

offrendo nuove possibilità di lavoro ed evitando, di fatto, l'emigrazione e l'abbandono che invece è stato tipico delle aree interne e montane. Inoltre, hanno una certa importanza le attività d'itticoltura e pesca legate alla gestione degli ambienti salmastri delle foci. Infine, nell'ultimo ventennio, sono state create alcune modeste attività commerciali legate al Poligono Militare di San Lorenzo e di Perdas de Fogu.

Pertanto, come può vedersi nell'allegata Tabella 1 la popolazione del centro abitato principale, Villaputzu, ha subito una diminuzione molto minore rispetto ai paesi montani dei comuni limitrofi.

*Tabella 1. Popolazione dell'abitato di Villaputzu in diversi periodi*

	1835 – 56	1872	1895	1961	1981	1991	1995	2000	2001
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Abitanti	2391	2531	2659	4997	5135	5048	5034	5004	4831

(1) Angius – Casalis, 1856; (2) Anonimo, 1872 ; (3) Corona; (4) Touring Club Italiano, 1961; (5) Autori Vari, 1983; (6 – 7 – 8 – 9) ISTAT

Infatti, dalla *tabella 1* si può notare come dal 1981 i residenti siano solo in lieve flessione, dimostrando come le nuove opportunità offerte dal turismo, e particolarmente da quello costiero, hanno concorso ad evitare lo spopolamento dell'intera area.

## **2 Inquadramento geologico generale**

### **2.1 Geologia**

Dato lo scopo della presente relazione, è stato reputato opportuno fornire delle basi che permettessero di inquadrare e comprendere al meglio, da un punto di vista geologico, l'area compresa nel territorio di Villaputzu, riportando alcuni cenni della geologia generale della Sardegna utilizzando un linguaggio comprensibile al maggior bacino d'utenza possibile, quindi non tecnico e successivamente descrivendo più in dettaglio l'area del territorio comunale, in questo caso per competenze più specifiche. Si rinvia, invece, alla bibliografia specifica per gli eventuali approfondimenti necessari ed in particolare alla nota Carmignani et Al. 2001 (“Note illustrative della Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 –Foglio 549 - Muravera”), alla quale si rimanda anche per la bibliografia dei capitoli riguardanti le descrizioni geologiche.

### 2.1.1) Cenni geologici sulla Sardegna

Le isole di Sardegna e di Corsica, costituiscono un micro continente, che viene considerato come una parte della zolla (o placca) europea, dalla quale si è separato, come conseguenza dell'apertura del Mediterraneo occidentale, circa 16 Ma, durante l'Oligo-Miocene,.

Ciò significa che questo micro continente, o massiccio sardo-corso, non è stato sempre nell'attuale posizione geografica, ma, anzi, il periodo più lungo e importante della sua esistenza, si è consumato quando si trovava in una localizzazione completamente differente, vale a dire a ridosso dell'Europa occidentale. Solo in tempi geologicamente recenti, ovvero durante il Miocene inferiore, esso ha ruotato e traslato, in senso antiorario, per assumere la localizzazione attuale.

Ne consegue che la sua lunga e tormentata storia geologica è, in alcuni casi, più simile a quella d'alcune aree del nord-est della Spagna e del sud della Francia, mentre è chiaramente molto differente da quella dell'Italia Peninsulare e delle più vicine regioni del Nord Africa.

Da un punto di vista della posizione geografica, pertanto, possiamo suddividere la storia geologica del micro continente sardo-corso, in due periodi principali:

- un primo periodo che va dalle origini fino all'Oligo-Miocene (della durata di oltre 500 Ma), in cui esso ha subito le stesse vicissitudini (orogenesi, metamorfismi ecc.) del continente europeo occidentale, come dimostrano alcune similitudini che si riscontrano in Sardegna, nelle Montagne Noir della Francia e in alcune regioni della Spagna (rocce, effetti tettonici, ecc.) ;
- un secondo periodo che va dall'Oligo- Miocene fino ai nostri giorni (durata circa 16 Ma), in cui i fenomeni geologici che lo hanno interessato, sono evidenti solo nel territorio regionale e quindi non hanno affinità con le altre regioni.

Il primo periodo è caratterizzato dalla presenza sia di una *successione di rocce metamorfiche paleozoiche e di rocce intrusive granitoidi*, che costituiscono il basamento cristallino, sia di una *copertura vulcanica-sedimentaria* d'età compresa tra il tardo Paleozoico e l'Oligo-Miocene inferiore.

La *successione paleozoica*, considerata la più completa del territorio italiano, comprende **rocce scistoso-arenacee e vulcaniche** in esse intercalate, affioranti attualmente in varie zone della Sardegna e principalmente nella parte centro-meridionale (Baronia, Barbagia, Ogliastra e Gerrei-Sarrabus) e sud-occidentale (Sulcis-Iglesiente), e **rocce carbonatiche** (calcarei e dolomie del Cambriaco) presenti in queste ultime aree.

La serie di terreni paleozoici ha subito gli effetti di alcune orogenesi e in particolar modo risulta piegata e metamorfosata dal corrugamento ercinico, assumendo una struttura a coltri di

ricoprimento, cui seguono intrusioni granitiche post-orogenetiche, con metamorfismo di contatto, manifestazioni idrotermali e vulcaniche ed emersione finale. Sulla nuova terra emersa ha inizio l'azione modellatrice degli agenti esogeni.

Le rocce intrusive, legate al suddetto magmatismo, sono costituite da varie intrusioni di differente composizione, che danno luogo a un batolite granitico composito, la cui ossatura fondamentale affiora in continuità nella Sardegna Settentrionale e nella Corsica Occidentale. Nel resto dell'Isola affiorano plutoni isolati, anch'essi composti, di minori dimensioni, quali quelli del Sarrabus, dell'Iglesiente, ecc. Le età di questi numerosi plutoni, misurata radiometricamente, è compresa in un intervallo di tempo che va da 320 a 290 Ma.

Dopo una fase tettonica così intensa, segue un lungo periodo di relativa quiete che dura dal Paleozoico Superiore fino al Miocene Inferiore, durante il quale il micro continente non solo subisce una serie di emersioni alternate a periodi in cui viene invaso totalmente, o in parte, dal mare, ma è coinvolto anche in traslazioni orizzontali, lungo faglie trascorrenti, come quelle del nord dei Pirenei, subito ai margini della Provenza. Questi movimenti hanno interessato anche il basamento della Toscana, facente parte, fino ad allora, della zolla europea; uno stiramento della crosta sialica, durante il Giurassico superiore, porta però all'apertura di un bacino oceanico (bacino ligure-piemontese), e alla separazione definitiva della Toscana dal Massiccio Sardo-Corso. Dopo tale separazione il micro continente Sardo-Corso continua ad evolversi, insieme con la parte stabile della placca europea, mentre, verso est, il basamento della Toscana è interessato da nuovi fenomeni evolutivi nel margine continentale degli Appennini.

Si depositano in questo intervallo di tempo le coperture vulcaniche-sedimentarie, costituite da rocce vulcaniche e da sedimenti; questi ultimi, prevalentemente carbonatici, affiorano nella Sardegna centro-orientale, ove costituiscono i noti "tonneri", nella parte nord-occidentale e nella Corsica occidentale.

Quasi alla fine del Cretaceo comincia la chiusura del bacino ligure-piemontese e, come conseguenza della consunzione della connessa crosta simatica, il continente africano si avvicina ancora all'Europa. La collisione ha luogo durante l'Eocene Medio; tuttavia occorre far notare che mancano in Sardegna chiare prove di fenomeni compressivi collegati con questo evento, mentre, al contrario, la sua evoluzione post-ercinica sembra essere caratterizzata da fenomeni che creano strutture distensive; sono queste strutture che, nel Miocene Inferiore, causano la separazione dalla placca europea del Massiccio dando inizio al secondo periodo.

Il secondo periodo è caratterizzato dalla deriva subita dal massiccio sardo-corso e dalla

deposizione di rocce, sia sedimentarie sia vulcaniche, fino a raggiungere la sua posizione attuale.

Questo micro continente vive, da questo momento, una storia autonoma e diversa da quelle delle altre aree del Mediterraneo; esso inizia, nell'Oligocene Superiore, il suo movimento di distacco dall'Europa e di deriva verso Sud Est nel Mediterraneo con rotazione antioraria di circa 30°, che termina nel Miocene.

La deriva è accompagnata da un'intensa attività magmatica calcalkalina, iniziata nell'Oligocene inferiore, che porta alla messa in posto d'importanti massicci vulcanici nella parte occidentale della Sardegna, che si smembra nei suoi pilastri ("horst") principali fra i quali si crea una vasta depressione allungata nord-sud, il "graben" sardo, che si estende dal golfo dell'Asinara a quello di Cagliari.

Entro questa depressione si depositano, oltre che i prodotti dell'attività vulcanica (rioliti, riodaciti, tufi, ecc.), presenti prevalentemente nella parte occidentale della Sardegna, anche i sedimenti del mare oligo-miocenico (arenarie, marne, calcari) spesso in alternanza con le vulcaniti, che colmano la fossa tettonica con spessori complessivi di almeno 600-800 m .

Esauriti i movimenti di rotazione e traslazione; la fossa continua ad approfondirsi e la trasgressione diventa pressoché generale, separando due aree emerse, una a sud-ovest e una a sud-est rispetto allo stesso graben, costituite dalle zone più alte dei rilievi paleozoici .

Dal Miocene Superiore fino all'Attuale, tutta la Sardegna emerge nuovamente, con variazioni del livello del mare legate ai cicli glaciali, come testimoniano i sedimenti fossiliferi del Tirreniano ("Panchina"). Si sviluppa anche un'attività vulcanica alcalina (basalti) che cessa nel Pliocene, lasciando coni di ceneri e colate basaltiche in varie parti dell'Isola.

Nel Pliocene medio, all'estremità meridionale della fossa, si forma il graben campidanese, fra il golfo di Oristano e quello di Cagliari, derivante da una tettonica distensiva che ha interessato il Mediterraneo. Nella nuova fossa si depositano sabbie e limi, ghiaie e argille di ambiente fluvio-lacustre (alluvioni) e attualmente esistono alcune lagune ubicate, prevalentemente, all'estremità della piana del Campidano.

## **2.1.2) Inquadramento geologico e strutturale dell'area compresa nel territorio del comune di Villaputzu**

### **2.1.2.1) Inquadramento geologico**

Nell'area in studio (Carmignani et Al. 2001), sono state distinte, partendo dalle più recenti verso le più antiche, le seguenti formazioni:

#### **a) depositi quaternari dell'area continentale;**

- b) successioni sedimentarie terziarie;**
- c) complesso intrusivo tardo - paleozoico;**
- d) basamento metamorfico ercinico.**

#### **a) I depositi quaternari dell'area continentale**

Tali depositi sono generalmente poco rilevanti nell'area in studio, ad eccezione di quelli delle pianure costiere legati al Fiume Flumendosa, ove sono state accertati depositi quaternari con potenza di circa 100 m, e al Torrente Quirra - Flumini Durci.

Essi sono costituiti da: depositi d'età olocenica, quali gli alluvionali in evoluzione (*ghiaie e sabbie fluviali*), gli eolici (*sabbie di dune costiere*), quelli di spiaggia (*sabbie e ghiaie litorali*), i palustri (*limi e argille*), le frane, i colluviali, gli eluviali, i travertini (*incrostazioni*), i terrazzi di II ordine (*conglomerati e sabbie fluviali*); depositi d'età pleistocenica costituiti dalle alluvioni dei terrazzi di I ordine reinciati, (*conglomerati fluviali cementati*).

Durante il lavoro di campagna è stato rilevato, presso l'ex Casa Cantoniera di Rio Gironi, al km 110 della strada Orientale sarda, a nord di Villaputzu, un piccolo affioramento di roccia vulcanica plio - quaternaria (*basalto alcalino*), che non si eleva al disopra della morfologia circostante. Attualmente è difficile poter determinare il tipo di giacitura di questa roccia, probabilmente perché è stata oggetto d'estrazione per ottenere inerti per l'edilizia che lo hanno ridotto a pochi metri quadrati, ma secondo Calvino (1965), si tratta di un *neck* di basalto che intrude il basamento metamorfico ercinico lungo una faglia nord - sud, riattivata nel Pliocene.

#### **b) Successioni sedimentarie terziarie**

Nel territorio del comune di Villaputzu è presente con la "Formazioni di Monte Cardiga".

La "Formazione di Monte Cardiga", dell'Eocene inferiore, è ben conservata nell'altipiano del Monte omonimo e in limitati e discontinui altri affioramenti. Le caratteristiche della Formazione fanno ritenere che nell'Eocene l'area sia stata completamente sommersa e coperta da sedimenti terziari. La serie raggiunge, in totale, uno spessore di 280 m ed è costituita, dall'alto verso il basso, da arcose, da arenarie feldspatiche grossolane e conglomerati, da sedimenti carbonatici (*calcari, calcari argillosi e arenacei, calcareniti*), arenarie e puddinghe, arenarie e conglomerati poligenici e infine argilliti, nella parte più antica.

#### **c) Complesso intrusivo tardo - paleozoico**

Tale complesso è costituito da prodotti intrusivi ed effusivi che si sono messi in posto tra il Carbonifero superiore e il Permiano, contemporaneamente al sollevamento, al collasso e allo

spianamento della catena ercinica ed è costituito da filoni idrotermali a prevalente quarzo, filoni basici e, specialmente, da filoni e da ammassi di porfidi quarziferi, che presentano direzioni comprese fra nord ovest - sud est e nord - sud. I principali filoni idrotermali di quarzo tagliano la “Formazione delle Arenarie di San Vito” e possono essere accompagnati da una serie di minerali utili, mentre i filoni basici (*dioritici o alcalini*), hanno spessori modesti, sono fortemente alterati e risultano difficilmente cartografabili. Le rocce granitoidi presenti nell’area sono classificabili come *leucogranito* e affiorano lungo la costa alla sinistra idrografica del Torrente Quirra, e rappresentano l’estrema propaggine del batolite dell’Ogliastra. Tali masse granitiche hanno indotto sulle formazioni che hanno intruso un’aureola metamorfica più o meno estesa.

#### **d) Basamento metamorfico ercinico.**

Il basamento è costituito da numerose successioni stratigrafiche, che coprono in buona parte il territorio comunale e sono interrotte da alcune discordanze, descritte qui di seguito dalla più antica alla più recente. La più antica discordanza angolare separa la successione Cambro - Ordoviciano dal sovrastante complesso vulcanico dell’Ordoviciano medio, mediante conglomerati prevalentemente derivati dal vulcanismo d’arco e testimonia, insieme all’importante magmatismo calcalkalino e alla presenza di conglomerati e arenarie grossolane continentali, la *tettonica eocaledoniana* d’età ordoviciano della Sardegna sud - orientale. Essa è nota in letteratura come “Discordanza sarrabese” ed è attribuita alla Fase Sarda istituita da Stille (1939) nell’Iglesiente, ove è testimoniata dalla presenza di un potente conglomerato (“Puddinga” Auct.). Più giovane della precedente è la discordanza tra il complesso vulcanico ordoviciano e la successione trasgressiva dell’Ordoviciano superiore, definita *non - conformity* (“trasgressione caradociana Auct.”). La terza, quasi sempre tettonizzata, è una discordanza alla base della successione terrigena del Carbonifero inferiore.

Sintetizzando le caratteristiche delle formazioni presenti e comprese fra le discordanze sopra descritte, si riporta lo schema riportato qui di seguito (dalle più antiche verso le più recenti):

- Successione terrigena del Cambriano - Ordoviciano inferiore nota anche come *pre discordanza sarrabese*, è costituita da una potente successione arenacea e siltosa (“*Arenarie di San Vito*”). Rappresentano i prodotti di depositi di conoidi sottomarine con facies distali.
- Successione vulcano - sedimentaria, è caratterizzata da potenti banchi di metaepiclastiti discordanti sulla formazione descritta in precedenza e attribuita all’Ordoviciano medio, in base all’età delle formazioni sottostanti e sovrastanti. Questo complesso magmatico di composizione di chiara affinità sub - alcalina, che costituisce una suite completa, con composizione da riolitica ad andesitica, più raramente basaltica, presenta marcate variazioni

(*metarioliti, metandesiti, metavulcaniti a chimismo intermedio e basico, metaepiclastiti "Porfiroidi Auct."*), attribuibili ad una originaria zonazione dell'arco vulcanico; nella parte sedimentaria sono presenti formazioni clastiche (*conglomerati e grovacche*), arenacee (*metarcose, metaquarzoareniti*) e più sottili (*metasiltiti, filladi*).

- Successione terrigena e carbonatica dell'Ordoviciano superiore - Carbonifero inferiore, esordisce con la trasgressione caradociana, testimoniata da depositi detritici, anche grossolani d'ambiente costiero del Caradoc (*metaconglomerati, metarcose, metarenarie*) delle "Formazioni di Genna Mesa, Orroleddu, Argiloscisti di Riu Cannoni", seguiti da depositi pelitico - arenacei (*metapeliti, metasiltiti*) con intercalazioni carbonatiche d'ambiente neritico (Caradoc - Ashgill). Queste successioni, accompagnate da modesta attività vulcanica (*basalti*), sono caratterizzate da una gran varietà di facies dovute ai prodotti dello smantellamento dei diversi apparati vulcanici subaerei e alla morfologia della superficie di trasgressione. Alla fine dell'Ordoviciano si stabilisce un'uniformità di sedimentazione che arriva fino all'inizio del Carbonifero, con un ambiente di mare aperto relativamente poco profondo, con apporti da terre emerse scarsi o assenti e frequenti condizioni riducenti sul fondo (*metapeliti carboniose e metasiltiti a graptoliti, calcari scuri nodulari*), nella "Formazione degli Scisti a Graptoliti Auct." del Siluriano.

#### 2.1.2.2) *Inquadramento strutturale*

Nel territorio comunale sono presenti praticamente tutti i termini costituenti il basamento della Sardegna sud orientale, ovvero una pila di falde di ricoprimento che rappresentano l'elemento più comune dell'area, ove si conserva una buona registrazione dell'evoluzione tettonica ercinica. Tale elemento strutturale è dovuto a due eventi deformativi con caratteri strutturali, metamorfici e magmatici che sono stati riconosciuti in tutto il basamento della Sardegna, ovvero una iniziale e importante tettonica compressiva, probabilmente diacrona, che nel Carbonifero inferiore ha determinato l'impilamento delle successioni paleozoiche e un metamorfismo sin - cinematico connesso con l'ispessimento crostale a cui è seguito una pervasiva tettonica distensiva, tardo - orogenica, che si sviluppa nel Carbonifero superiore - Permiano inferiore. Quest'ultimo evento è stato correlato con il collasso della catena alla fine delle fasi d'ispessimento crostale (fase distensiva post - collisionale) e ha determinato fenomeni di denudazione tettonica con esumazione delle metamorfiti e sviluppo del magmatismo calcocalcino. La deformazione si è realizzata durante la risalita e il raffreddamento delle metamorfiti, e quindi a livelli strutturali sempre più superficiali. Ne deriva una gran varietà di strutture con stili differenti, che vanno da zone di taglio duttile e

associati sistemi di pieghe, a faglie dirette poco inclinate, faglie dirette molto inclinate e faglie trascorrenti.

Durante la fase collisionale si ha la messa in posto delle varie *unità tettoniche* costituite da successioni più o meno complete, le cui età sono comprese tra il Cambriano e il Carbonifero inferiore e il cui livello di scollamento è ritenuto essere alla base delle metarenarie cambro - ordoviciane, (“*Arenarie di San Vito*”) presenti, oltre che nelle aree limisitrofe, anche nella Sardegna centrale.

Il basamento metamorfico ercinico affiorante nell’area in esame è stato suddiviso in quattro unità tettoniche, che mostrano la migliore esposizione in corrispondenza dell’”*Antiforme del Flumendosa*”, una struttura plicativa plurichilometrica, che, con direzione sud est - nord ovest, attraversa lo spazio dal Monte Grighini fino alla bassa valle del Flumendosa. Esse sono, a partire dalla più profonda:

- “*Unità di Riu Gruppa*”. Affiora in una serie di finestre tettoniche, in corrispondenza delle culminazioni assiali dell’*Antiforme del Flumendosa*. La successione stratigrafica di quest’unità è ben esposta lungo il Riu Gruppa, nella valle Baccu Locci e nel Salto di Quirra. Le rocce che la compongono sono interessate da ricristallizzazione e deformazione sin-metamorfica lievemente maggiori rispetto alle metamorfiti delle unità sovrastanti. Per la posizione che essa occupa nell’edificio delle Falde esterne, l’*Unità di Riu Gruppa* è da collocarsi in un’area paleogeografica più esterna rispetto alle altre unità tettoniche del Gerrei. La sua successione presenta infatti qualche somiglianza con quella dell’”*Unità del Gerrei*”, ma mostra anche marcate differenze come deformazione interne e ricristallizzazione più intense (*marmi*) e l’assenza di porfiroidi ordoviciani. Vista la gran deformazione subita dall’Unità, non si può comunque escludere che alcune formazioni siano state elise tettonicamente. Tutte le litologie sono interessate da fenomeni di milonitizzazione, con formazione di scistosità molto penetrative, lineazioni d’estensione e da complicate strutture a scaglie; inoltre, pieghe isoclinali metriche sono diffuse in tutte le unità litostratigrafiche che la compongono.

- “*Unità del Gerrei*”. Da un punto di vista litostratigrafico è caratterizzata soprattutto da un notevole spessore di metarioliti, metariodaciti e metavulcanoclastiti dell’Ordoviciano medio, con struttura occhiadina (“*Porfiroidi Auct.*”) e da una caratteristica successione dell’Ordoviciano superiore. Affiora esclusivamente lungo l’*Antiforme del Flumendosa* ove, sul fianco settentrionale sono radicate grandi pieghe isoclinali e sul suo fianco meridionale affiorano ad anticlinali sinformi. Nella bassa valle del Flumendosa questa Unità è suddivisa in due sottounità: la “*Sottounità di Monte Lora*” e la “*Sottounità d’Arcu de su Bentu*”, immediatamente sottostante il sovrascorrimento dell’”*Unità di Meana Sardo*”, ove è

interessata sia da un'intensa deformazione, molto evidente anche nella struttura interna dei porfiroidi, sia da un marcato grado di ricristallizzazione dei metacalcari.

- "Unità di Meana Sardo". Affiora in modo continuo in zone limitrofe fino al Salto di Quirra, sul fianco settentrionale dell'*Antiforme del Flumendosa*, e risulta costantemente compresa tra la sottostante *Unità del Gerrei* e le sovrastanti Falde interne. La successione litostratigrafica comprende termini che vanno dal Cambriano al Devoniano. La strutturazione fondamentale in quest'unità è costituita da pieghe isoclinali chilometriche rovesciate verso sud ovest. Il nucleo delle anticlinali è costituito dalle metarenarie cambiane, mentre nelle sinclinali i termini più recenti sono generalmente costituiti da metavulcaniti o metasedimenti dell'Ordoviciano. Il quadro deformativo - metamorfico è sostanzialmente analogo a quello dell'*Unità del Gerrei*, da cui si differenzia solamente per un maggiore grado di ricristallizzazione interna delle rocce. Il metamorfismo associato resta nell'ambito della facies degli scisti verdi.

"Unità del Sarrabus" correlabile con le unità tettoniche di Meana Sardo e dell'Arburese insieme alle quali costituirebbe il maggiore complesso alloctono delle Falde esterne che, scollate alla base delle metarenarie del Cambriano - Ordoviciano inferiore, avrebbe completamente scavalcato l'*Unità del Gerrei*, andandosi ad accavallare direttamente sulla zona esterna (Iglesiente - Sulcis), ove costituirebbe il fronte dell'alloctono della catena. Le originarie relazioni di sovrapposizione tra le unità potrebbero essere state localmente modificate. Inoltre, la direzione di trasposto dell'*Unità del Sarrabus* (da est verso ovest) è sensibilmente diversa da quelle delle Falde esterne (da nord est a sud ovest). L'*Unità del Sarrabus*, è stata suddivisa in tre sottounità: la "*Sottounità di Genn'Argiolas*", la "*Sottounità di Minderrì*" e la "*Sottounità di P.ta Ruggeri*". La deformazione interna è sensibilmente minore rispetto alle altre unità ed è lievemente minore anche il grado di ricristallizzazione metamorfica. La maggior parte dell'unità è costituita dalle "*Arenarie di San Vito*" ed il metamorfismo varia dall'anchizona all'epizona. Durante questa stessa fase deformativa si sviluppano sovrascorrimenti interni, ben riconoscibili, per esempio, nella complicata struttura a scaglie che interessa tutte le formazioni della successione paleozoica, dal Cambriano al Carbonifero inferiore. Inoltre, si ha lo sviluppo di sovrascorrimenti e zone di milonizzazione di una certa importanza, come la "*Zona milonitica di Baccu Locci*", che si estende per una lunghezza di circa 15 km, per uno spessore che può superare i 300 m.

Durante la distensione post - collisionale, si sono impostate zone di taglio dirette in modo preferenziale seguendo le superfici di minore resistenza, quali i contatti tettonici, la scistosità e la stratificazione.

Nella regione sono state individuate due direzioni di piegamento caratteristiche delle fasi post - collisionali, che ripiegano tutti gli elementi strutturali della fase deformativa. In base ai

criteri di sovrapposizione, si può generalmente riconoscere una seconda fase deformativa, con assi mediamente diretti nord ovest - sud est e una terza fase, con assi con direzione media circa ortogonale ai precedenti (nord est - sud ovest). Gli elementi più caratteristici della tettonica post - collisionale sono zone di taglio dirette e grandi faglie a basso angolo che elidono grandi spessori di successioni. In tutta la zona delle Falde esterne è ben sviluppato un sistema di faglie trascorrenti orientate prevalentemente nord - sud. Queste faglie sono state sicuramente attive durante il Terziario come faglie trascorrenti contemporanee della collisione nordappenninica e, durante il Plio - Pleistocene, come faglie dirette legate all'apertura del Tirreno meridionale: i sedimenti mesozoici e terziari sono infatti chiaramente rigettati secondo tali faglie. In diversi casi, comunque, le relazioni con le magmatiti del Carbonifero superiore - Permiano permettono di dimostrare la loro età paleozoica. Un bell'esempio è presente nell'aria in studio, ove la faglia che taglia con direzione nord - sud la zona di Riu Grappa, rigetta le coperture eoceniche dell'altopiano del Salto di Quirra.

## **2.2) Geomorfologia**

L'area del territorio comunale di Villaputzu si presenta alquanto eterogenea: si va, infatti, dalle zone montuose del Salto di Quirra, alle zone collinari fino a quelle pianeggianti e a quelle costiere, ove si trovano la foce del Flumendosa, nella parte meridionale e del Rio Flumini Durci nella parte nord orientale del territorio comunale.

Tutta l'area ha subito, durante il Pliocene, un generale sollevamento, legato a movimenti lungo faglie nord - sud connesse con l'apertura del bacino tirrenico, pertanto deve essere considerata come un horst compreso tra il graben del Campidano a ovest e la piattaforma continentale del Mar Tirreno ad est.

La caratteristica geomorfologia principale dell'area è la presenza di un *penepiano post - ercinico*, spesso riesumato, o fossilizzato da formazioni più recenti come nel caso del Salto di Quirra (foto 1). Si tratta di un elemento sub - strutturale coincidente con la superficie di erosione dovuta al lungo periodo di continentalità, che ha interessato tutta l'Isola, nel tardo Paleozoico, ed è presente in varie parti dell'area in studio.



*Foto 1: Peneplano post – ercinico fossilizzato dalle formazioni eoceniche di Monte Cardiga*

Il reticolo idrografico, in generale, presenta la forma delle valli solitamente a **V** nei corsi d'acqua minori, a **U** o fondo piatto in quelli principali, in cui la presenza di più o meno consistenti depositi alluvionali terrazzati di diversa generazione denotano una genesi policiclica delle valli con alternati cicli erosivi e di sedimentazione. In particolare, l'area in studio presenta nel Salto di Quirra la più estesa e caratteristica delle superfici morfologiche pianeggianti: quella modellata sulla copertura eocenica, che ha fossilizzato l'antico peneplano post - ercinico. Essa, conservata tra le valli del Torrente Quirra a est e del Flumendosa a sud - ovest, si sviluppa prevalentemente intorno ai 500 m di altitudine ed è dominata dal caratteristico rilievo di M.Cardiga (673 m) (Regione Autonoma della Sardegna, 2006 b). La continuità di tale superficie è talora interrotta da faglie trascorrenti di direzione nord - sud che dislocano la copertura eocenica, di cui è stata già riportata notizia nel capitolo della geologia strutturale, abbassandone i lembi occidentali. Le incisioni operate dagli affluenti dei principali corsi d'acqua conferiscono ai suoi margini un andamento estremamente frastagliato, talora formando piccoli affioramenti isolati, che risaltano sui più regolari versanti scistosi del basamento, per i loro orli a gradinata o sub - verticali. Particolari sono poi le valleciole embrionali, talora cieche, a fondo piatto, che solcano l'altipiano, secondo un prevalente andamento strutturale nord - sud o nord ovest - sud est, le doline tondeggianti o irregolari, le

caverne e un'idrografia sotterranea ramificata che poi affiora nella stagione invernale, ai margini dell'altopiano (sorgente Nuraghe Cresia).

Il settore orientale del territorio comunale, che si estende ad est della valle del Torrente Quirra e verso sud sino alla piana del Fiume Flumendosa, non presenta tracce evidenti dell'antico penepiano, in quanto esso è pressoché obliterato dall'intensa erosione innescatasi a seguito della tettonica plio - pleistocenica lungo le faglie con direzione nord - sud. Nella parte settentrionale di questo settore si trovano forme particolarmente aspre lungo i rilievi granitici compresi tra la valle del Torrente Quirra e la costa orientale e fra Torre Murtas a sud e Punta sa Figu a nord. Qui la valle tettonica del Rio Longu, rettilinea e ad andamento nord - sud separa i rilievi di Punta is Tubbius (545 m) e di Monte Perdosu dalla dorsale di Serra Longa, culminante alla quota di 375 m di Monte Santu, con i versanti orientali a picco sul mare. Nella parte meridionale sono presenti le pianure alluvionali costiere e gli stagni del Riu Flumini Durci - Flumini Pisale, separati dal sistema costiero roccioso di Costa su Franzesu, da quelli del Flumendosa, che, con la sua foce a delta, crea numerose zone umide di retrospiaggia, definendo l'interfaccia tra la piana e l'adiacente sistema di spiaggia di San Giovanni (Regione Autonoma della Sardegna, 2006 a).

L'origine di queste zone umide retrolitorali è riferibile alla divagazione dei fiumi lungo l'arco costiero, come risposta alle alterne condizioni di predominanza delle dinamiche fluviali e marino litorali del cordone sabbioso. Quello relazionato con il Flumendosa è interessato, al momento, dall'arretramento della linea di spiaggia, a causa del diminuito apporto solido da parte di questo fiume, per la presenza, a monte della piana, di diversi invasi artificiali negli adduttori più importanti (Flumendosa, Flumineddu e Mulargia) e della bonifica, spesso con cementificazione degli alvei, negli affluenti minori (Regione Autonoma della Sardegna, 2006 a).

Nelle altre parti del territorio comunale, i tratti geomorfologici sono dati da rilievi, spesso sub - orizzontali, a quote relativamente modeste, incise dai fiumi principali presenti nel territorio in esame (Flumendosa e Quirra) o dai corsi d'acqua minori, affluenti dei precedenti, che formano, spesso, valli con versanti molto acclivi, conferendo al paesaggio un aspetto aspro (Istituto Geografico Militare Italiano, 1994).

I versanti vallivi modellati negli scisti paleozoici sono solo localmente asimmetrici e diventano invece complessi, a gradinata o sub - verticali verso l'alto, in corrispondenza delle coperture terziarie,.

Infine, a causa dell'asperità dei pendii, della distruzione sistematica della vegetazione arborea operata dal disboscamento, dai periodici incendi e dall'estensione delle colture agricole anche in aree a forte pendenza, il terreno vegetale manca quasi del tutto su molti rilievi, fatto

particolarmente evidente dove affiorano i graniti, i porfidi, i porfiroidi e le metarenarie del Paleozoico. Quest'ultima osservazione è particolarmente importante per eventuali futuri interventi di urbanizzazione o di qualsiasi altra natura, visto che rappresenta una criticità particolarmente importante per cui si raccomanda particolare attenzione e si consiglia la realizzazione di una rete di sensori per il monitoraggio dell'area, possibilmente con tecniche e strumenti avanzati che permettano di sviluppare nuove competenze *locali* di elevato livello.

### 2.3) Idrografia e idrogeologia

Il reticolo idrografico dell'area è costituito principalmente da due importanti bacini di primo livello, il bacino del **Flumendosa** e il **Torrente Quirra - Flumini Durci** con alcuni affluenti di una certa importanza e secondariamente da alcuni altri bacini di modesta entità..

Il **Flumendosa**, uno dei fiumi più importanti della Sardegna e che attraversa territori che vanno dal Sarrabus, alla Barbagia, interessa l'area in studio solo per un breve tratto, ma di grande importanza, ovvero la sua foce (foto 2), percorrendo la fertile piana costiera alluvionale chiusa dal lungo lido sabbioso di San Giovanni. In essa sono presenti alcune zone umide, la più importante delle quali è lo *stagno di Sa Praia* (foto 3), caratterizzato da estese sistemazioni idrauliche e di valorizzazioni produttive, che hanno regolato gli afflussi marini e quelli di acqua dolce provenienti dal Riu Geroni .



Foto 2: Foce del Flumendosa



*Foto 3: veduta dello stagno di Sa Praia*

Nel Flumendosa convergono vari affluenti, della riva destra e sinistra, che a loro volta sono alimentati da torrenti più o meno importanti. Il loro contributo è spesso irruente e dannoso, sia a causa delle variazioni climatiche in atto sia per la scarsa manutenzione dei loro alvei da parte delle strutture che dovrebbero monitorare e svolgere azioni di mantenimento dell'efficienza di scorrimento dei fluidi nell'alveo.

Dato che la foce del Flumendosa risente in modo particolare degli apporti degli affluenti ed in particolare da parte di quelli relativamente importanti e vicini, qui di seguito sono illustrate le principali peculiarità di interesse per gli obiettivi di questo lavoro, attraverso una breve sintesi, partendo da quelli della destra idrografica.

*Riu Sessini*, drena il bacino ove sono ubicati i principali lavori minerari e gli impianti delle ex miniere di antimonio di Su Suergiu - Martalai;

*Riu S'Acqua Callenti*, con i suoi affluenti (Riu Nottua, Riu Furittu - Riu Maxia, Riu Larda, Riu Osumannu, Riu Giuanni Spada), dà un notevole incremento idrico alla falda costiera, altrimenti fortemente impoverita dagli sbarramenti a monte del Flumendosa, del Mulargia e del Flumineddu;

*Flumini Uri*, con gli affluenti Baccu Nuedda, Bruncu Malu, Baccu Traversu, che con le sue piene impetuose, contribuisce in modo determinante alle periodiche esondazioni e alluvioni del Flumendosa, nella parte terminale del suo corso e che in parte costeggia l'abitato di S. Vito.

Gli affluenti della sinistra idrografica del Flumendosa sono quelli che, anche se solo in parte, hanno origine o comunque attraversano il territorio comunale, la cui sintesi è qui di seguito riportata.

*Riu Gruppa - Baccu su Ruaxiu - Riu Semida* che ha origine nell’altopiano del Salto di Quirra e che, con alcuni affluenti (*Riu su Dottu, Riu Murdega*, ecc.) interessa un vasto bacino idrico;

*Riu Parredis*, meno vasto del precedente, drena l’area mineraria di Sa Lilla – Parredis.

La foce del Flumendosa rappresenta il terminale di un vasto sistema idrografico, che alimenta una piana costiera particolarmente fertile e ricca d’acqua e che costituisce anche un’area di rilevante interesse per lo svernamento, la sosta e la nidificazione degli uccelli acquatici (Regione Autonoma della Sardegna, 2006 a).

Il **Torrente Quirra** rappresenta il limite orientale del sistema orografico degli altipiani del Salto di Quirra. Esso scorre lungo una piana, relativamente stretta (foto 4) e con andamento nord – sud, fino alle vicinanze della rocca del castello di Quirra, per poi deviare bruscamente verso est e prendere il nome di **Flumini Durci**, nel breve tratto che precede la foce.



Foto 4: la valle del torrente Quirra, vista dall’omonimo castello

Gli affluenti della destra idrografica del Torrente Quirra, la cui azione erosiva hanno formato profonde incisioni negli altipiani sono, da nord a sud:

*Riu San Giorgio*, in cui fluiscono le acque del *Riu Tuvurai* e del *Riu Buddidorgiu*, quest’ultimo alimentato anche dalle sorgenti dell’altopiano; *Riu de Ulivedu*, il cui bacino idrografico ricade pressoché totalmente nell’altopiano; *Riu Antas* di piccole dimensioni; *Riu Corr’e Cerbu* che riceve le acque del *Riu Baccu Foxi* e del *Riu Baccu Locci*; quest’ultimo attraversa i lavori minerari dell’omonima dismessa miniera di arsenico, così da essere un

importante veicolo di diffusione di questo pericoloso metallo e non solo, nelle alluvioni a valle (foto 5).



*Foto 5: depositi alluvionali del Riu Corr'e Cerbu costituiti da elementi eterometrici e sedimenti a stratificazione incrociata, dilavati dalle discariche della miniera di Baccu Locci.*

Gli affluenti della riva idrografica sinistra, meno importanti dei precedenti, sono costituiti da: *Riu Forrus*, *Riu Perda Maiori* che attraversa le mineralizzazioni a molibdeno dell'omonima piccola miniera; *Riu Baccu de Luas* e *Rio S'Omu*, tutti di ridotte dimensioni.

I fenomeni di erosione accelerata dei suoli sono principalmente dovuti all'elevata acclività media delle sponde dei bacini idrografici del Torrente Quirra e dei suoi affluenti, alla scarsa copertura vegetale dei versanti, ai caratteri del regime pluviometrico locale; tali fenomeni concorrono anche all'attivazione di processi di intenso ruscellamento legata all'impermeabilità di varie formazioni geologiche. Di conseguenza, in occasione di periodici eventi meteorici di eccezionale entità, nei settori di fondovalle pedemontani e di piana alluvionale, si manifestano fenomeni di esondazione fluviale, erosione laterale delle sponde e alluvioni, spesso disastrose, in relazione all'incapacità degli alvei a smaltire il carico idrico e solido in eccesso.

Oltre i due corsi d'acqua principali summenzionati, nell'area in esame si trovano bacini di primo livello di dimensioni relativamente modeste, ovvero:

il **Riu Pisale** in cui confluiscono le acque del *Riu Baracconi - Zibiri Mannu* e del *Riu Baccu Ordoni*. Esso forma, insieme al Flumini Durci, nei pressi della foce, fra Capo San Lorenzo a sud e la collina di Torre di Murtas a nord, un'ampia piana costiera percorsa da canali di foce abbandonati e riattivati durante le piene, che alimentano alcuni stagni (Murtas, s'Acqua Durci, Pisale) e la peschiera di Quirra.

Da un punto di vista idrogeologico le formazioni presenti nell'area in esame possono essere suddivise in tre gruppi costituiti (Carmignani et Al. 2001):

- *rocce del basamento*, a permeabilità molto scarsa, ad eccezione di alcune zone molto fratturate o dei graniti arenizzati;
- *coperture sedimentarie*, generalmente semipermeabili, ad eccezione della formazione eocenica di Monte Cardiga la cui permeabilità medio - alta è dovuta alla porosità delle arenarie, alla fatturazione e ai fenomeni carsici dei calcari;
- *depositi quaternari*, che presentano nelle alluvioni recenti, specialmente in quelle delle piane costiere, una permeabilità medio - alta e sono, quindi, sede di falde freatiche di grande importanza; le alluvioni antiche, invece, solitamente cementate e ricche di una componente argillosa, sono praticamente impermeabili o semipermeabili e permettono solo una modesta circolazione lungo i giunti.

Da tutto ciò ne deriva che le sorgenti sono in numero esiguo, di modesta portata, solitamente stagionali, essendo quelle perenni molto scarse (*Sorgente Conchedda*, *Funtana Corre Pruna*, *Funtana Sessinargiu*) e sparse un po' ovunque nell'intero territorio in esame, ma in modo più marcata intorno all'altopiano del Salto di Quirra, dove le emergenze sorgive sono localizzate al contatto fra il basamento e la copertura eocenica, che funge da serbatoio. Tra queste si trovano la *Sorgente Cuili sa Maista* e la *Sorgente Spaulatzus* che, avendo una portata più costante, sono state captate per alimentare l'acquedotto di Villaputzu.

Gli acquiferi costieri alimentati dai due corsi d'acqua principali, sopra descritti, ovvero il Fiume Flumendosa e il Torrente Quirra – Flumini Durci, costituiscono, senza dubbio, le più importanti risorse idriche dell'area in esame, utilizzate per scopi irrigui e idropotabili, ma sono, purtroppo da alcuni anni, soggetti a fenomeni di salinizzazione (foto 6) e di inquinamento (Ardu et al, 2000, 2002; Carmignani et Al. 2001).



*Foto 6: salinizzazione dei sedimenti del Flumendosa nei pressi della sua foce.*

La sempre più spinta antropizzazione è la causa principale della progressiva degenerazione dell'equilibrio tra acque dolci continentali e acque salate marine delle falde della piana costiera del Flumendosa, facilitata anche da una specifica predisposizione morfo - stratigrafica, innescando un grave fenomeno di intrusione marina. La risorsa idrica sotterranea e le zone umide risultano oggi degradate e i suoli, particolarmente fertili e produttivi della bassa valle del Flumendosa, sono soggetti ad un progressivo deterioramento. Tutto ciò a causa di un eccessivo sfruttamento delle falde per diversi usi (specialmente irrigui) non bilanciato alla reale disponibilità della risorsa, specialmente nei periodi estivi, durante i quali si ha un sensibile incremento demografico dovuto al turismo. Questo fenomeno è dovuto, in parte, anche all'apertura delle bocche a mare dei vecchi bracci abbandonati dal Flumendosa, (*Foxi Padrionnas, Foxi Bau Obilu*) per regolare le attività dell'acquacoltura, che si sono in esse sviluppate, intervenendo e modificando l'equilibrio naturale.



*Foto 7: piana costiera di Quirra*

Tale fenomeno si ripresenta anche nella piana costiera del Torrente Quirra - Flumini Durci (foto 7), mentre il sistema stagnale è interessato, in alcuni punti, da problemi di inquinamento delle acque a causa della presenza di reflui civili e agricoli (Regione Autonoma della Sardegna, 2006 a e b). Inoltre, in tale area sono presenti anche altri problemi legati agli alti tenori naturali di taluni elementi (Marcello A. et al., 2008).

Si rimanda al capitolo 5 per approfondimenti sul rischio idraulico dell'area.

### **3 Georisorse e brevi cenni storici sull'attività mineraria**

All'interno dell'area ricadente nel comune di Villaputzu, sotto il profilo minerario, esistono spiccati caratteri di un distretto minerario di grande rilievo per l'entità, l'intensità e la complessità dei fenomeni mineralizzanti e per la fitta disposizione dei depositi. Senza entrare nel merito della metallogenesi, per la quale si rimanda alla bibliografia specializzata, si ricorda che le risorse minerarie della Sardegna sono legate a sette periodi metallogenici (Marcello et Al., 1994), che si sono sviluppati, ognuno, in momenti diversi dell'evoluzione geologica dell'Isola. L'attuale forma, tenore e composizione di molti giacimenti sardi sono,

infatti, il risultato di una rielaborazione, più o meno complessa, dell'originaria mineralizzazione, spesso priva d'interesse economico (Zuffardi, 1965). Qui di seguito è riportata una breve sintesi dei sette periodi metallogenici per l'intero territorio regionale onde meglio inquadrare le caratteristiche site all'interno del territorio comunale.

Il **primo** periodo metallogenico interessa il complesso cambriano della Sardegna sud - occidentale, e produce accumuli di diversi metalli o di materiali industriali. I tipi di depositi di minerali presenti in questa sequenza sono, dal più antico al più recente:

- i) - accumuli (scarsi) di ossidi di Fe residuali;
- ii) - corpi evaporitici (non trascurabili) a prevalente  $\text{BaSO}_4$  ;
- iii) - importanti accumuli vulcano - sedimentari di  $\text{FeS}_2$  -  $\text{ZnS}$ , con occasionale  $\text{PbS}$ ;
- iv) - accumuli sin - sedimentari (vulcano - sedimentari?) con  $\text{ZnS}$  -  $\text{FeS}_2$  disperse, a basso tenore, e con occasionale  $\text{PbS}$  (“calcarei Blendosi”);
- v) - accumuli simili con  $\text{PbS}$  -  $\text{ZnS}$  e minori quantità di  $\text{FeS}_2$ .

Gli accumuli descritti in (iv) e in (v) sono a volte sub - economici, ma sono i “protores” da cui, attraverso gli eventi metallogenici susseguenti, si formano rilevanti concentrazioni economiche.

Il **secondo** periodo metallogenico è legato all'orogenesi Caledonica (“Fase Sarda”) che avviene nel Cambriano Superiore: l'erosione e la lisciviazione del “Calcere Metallifero” già emerso, ha prodotto vari tipi di accumuli (localmente economici) :

- i) - barite clastica nel conglomerato basale della sovrastante sequenza dell'Arenig Superiore;
- ii) - depositi di tipo carsico di  $\text{PbS}+\text{ZnS}$  e concentrazioni molto pure di  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{BaSO}_4$  e  $\text{CaF}_2$  nel calcare cambriano.

Il **terzo** periodo metallogenico si situa fra l'Ordoviciano Superiore ed il Devoniano Inferiore e produce quattro differenti tipi di depositi, che presentano alcuni caratteri in comune: sono tutti sin - deposizionali, parzialmente vulcano - sedimentari e derivano da precedenti protori (Zuffardi, 1965).

Essi sono:

- i) - lenti di solfuri misti, ad alto tenore;
- ii) - concentrazioni stratabound di scheelite - antimonite, ospitate in sequenze vulcano - sedimentari (Biste, 1977), (Carmignani et Al., 1978; Carmignani et Al., 2001; Venerandi Pirri, 1988)
- iii) - il terzo tipo (“Filone Argentifero”), è conosciuto solamente nel Distretto del Sarrabus nella Sardegna sud - orientale, (Brigo et Al., 1982; Carmignani et Al., 2001; Fiori et Al. 1988;

Marcello et Al. 1974, 1980; Masi et Al. 1975; Schneider 1972; Traverso G.B., 1898; Traverso S. 1881, Traverso S., 1890; Valera, 1974);

- iv) - accumuli di ferro oolitico intercalati in sedimenti del Siluriano che si trovano nella parte nord - ovest dell'Isola (Nurra).

Il **quarto** periodo metallogenico è legato al metamorfismo ed al magmatismo ercinico, che ha avuto effetti sia come motore per la rimobilizzazione di preesistenti mineralizzazioni, sia come sorgente di nuovi metalli. I tipi di giacimenti legati a questo periodo sono, in ordine decrescente d'importanza economica:

- i) - vene idrotermali a metalli di base e giacimenti di minerali industriali: Montevecchio - Ingurtosu contenenti Zn+Pb, oltre ad Ag e Cd, Silius a fluorite - barite - galena, ed altri di minore importanza (Boi et Al., 1982; Brigo et Al., 1982; Calvino, 1961; Marcello et Al., 1974; ; Marcello et Al., 1975; Marcello et Al., 1983; Valera, 1972; Valera, 1974);

- ii) - depositi tipo skarn, generati da metamorfismo di contatto su preesistenti protori e/o da riempimenti metasomatici (Bakos et Al., 1986; Bakos et Al., 1988; Bakos et Al., 1994; Violo, 1966; Zucchetti, 1958 a; Zucchetti, 1958 b)

- iii) - depositi tipo greisen costituiti da molibdenite, calcopirite, wolframite, pirite, cassiterite.

- iv) - manifestazioni a talco - clorite e albite, collegati con i fenomeni metasomatici - idrotermali ;

- v) - dicchi di pegmatiti e graniti pegmatitici. parzialmente coltivati per K - feldspati, quarzo

- vi) - vene di alta termalità, contenenti piccole quantità di W, Mo, As, Ni, Co, V (Bakos, 1968; Dessau, 1956; Venerandi, 1968)

- vii) - manifestazioni a Mo del tipo "porphyry".

Il **quinto** periodo metallogenico è collegato con la peneplanazione post - ercinica, si hanno i seguenti tipi di mineralizzazioni:

- i) - concentrazioni residuali di ferro e/o di caolino, sub - economiche, giacenti nel peneplano post - ercinico;

- ii) - concentrazioni carsiche di BaSO<sub>4</sub> e corpi ossidati a Pb - Zn - Fe;

- iii) - intensa rimobilizzazione supergenica di preesistenti accumuli di minerali; questo fenomeno è particolarmente evidente nei giacimenti a Pb - Zn - Ag dell'Iglesiente;

- iv) - concentrazioni alluvionali (conglomerati) di quarzo, molto puro;

- v) - accumuli residuali di BaSO<sub>4</sub> nei suoli del Quaternario.

Il **sesto** periodo metallogenico (Cretaceo medio) ha prodotto un giacimento di bauxite (Olmedo);

Il **settimo** ed ultimo periodo metallogenico è legato all'attività tettonica e magmatica alpina, che ha dato i seguenti tipi di manifestazioni:

- i) - depositi del tipo "porphyry copper", spesso con Au e Mo, legati a corpi sub - vulcanici (Calabona, nei pressi di Alghero e Siliqua, nel sud-est del Sulcis);
- ii) - mineralizzazioni ad ocra e manganese, legate all'attività effusiva (Isola S. Pietro e nord - ovest della Sardegna);
- iii) - mineralizzazioni a metalli preziosi e di base in sistemi epitermali a bassa e alta solfatazione. La loro importanza economica è testimoniata sia dalla miniera che è sorta nell'area di Furtei (8 tonnellate d'oro nella parte ossidata già coltivata), sia da alcuni prospetti estremamente interessanti, ma in cui non è stato ancora possibile avviare un'attività estrattiva (Osilo), per motivi burocratici ed ambientali;
- iv) - caolini e bentonite, dovuti all'alterazione idrotermale ed a quella supergenica di alcune vulcaniti;
- v) - minerali ossidati di Cu (Pb, Zn), entro arenarie con cemento di barite, alla base dei sedimenti miocenici;

Per completare la descrizione delle risorse minerarie della Sardegna occorre ricordare due tipi di carboni fossili esistenti in Sardegna: antracite (piccoli accumuli) nei terreni permici del bacino di Seui - Seulo - Perdas de Fogu e un grosso deposito di carbone sub - bituminoso (> 100 M di tonnellate) nell'Eocene del Sulcis.

Le mineralizzazioni segnalate nell'area in studio (giacimenti e indizi minerari), appartenenti a diversi periodi metallogenici, possono essere raggruppate in categorie differenti secondo le diverse associazioni dei loro minerali.

Nella cartina allegata (fig. 3.1) e nella Tabella 2, sono riportate 20 manifestazioni di un certo interesse, almeno dal punto di vista scientifico e mineralogico, tutte in passato oggetto di esplorazioni più o meno approfondite, che non hanno la pretesa di essere complete, ma che offrono una larga e dettagliata visuale sia per un loro eventuale utilizzo per percorsi turistici sia dei punti da prendere in considerazione quali possibili "sorgenti" di rilascio di metalli nell'ambiente. di dette mineralizzazioni

Tabella 2. Elenco giacimenti ed indizi minerari presenti nell'area comunale di Villaputzu

N°	Nome	Elementi	Morfologia	Genesi	Minerale
1	Riu Buddidorgiu	Pb - As	stratiforme	metamorfosato	Galena – mispikel
2	Riu Baccherutta	Pb As	filoniano	idrotermale	fluorite mispikel
3	Monte Cardiga	F	filoniano	idrotermale	fluorite galena
4	Baccu Locci	Zn - Pb - Cu - As	lentiforme		blenda - galena - mispikel - calcopirite
5	Baccu Locci	As - Pb	filoniano		mispikel - galena
6	Bruncu de Molenti	Pb - Fe	filoniano		galena - cerussite - limonite
7	Perda Maiori	Mo - W	filoniano	pneuma - idrotermale	molibdenite - wolframite - scheelite
8	Baccu de Leas	Zn - pi			blenda - pirite
9	San Lorenzo	Cu	filoniano		calcopirite
10	Bruncu Vintura	Ba - F - Pb	filoniano	idrotermale	barite - fluorite - galena
11	S'Acqua Rubia	Mo - Pb - Zn	filoniano	pneumatolitico	molibdenite - galena - blenda
12	Punta sa Zinniga	Ni - Co	filoniano	idrotermale	solfuri di Ni - Co
13	Arcu Gennarella	Pb	filoniano	idrotermale	galena
14	Arcu Pancioni	Fe	stratiforme		limonite - ematite
15	Gibbas	Pb - Ag	filoniano	idrotermale	galena - argentite - argento nativo
16	Gennarepau	F	lenti		fluorite
17	Santa Maria su Claru	Pb	Filoniano		Galena
18	Riu Gironi	Cu - Fe - As	stratiforme		solfosali di Cu e Fe
19	Monte Ollasteddu	Au	vene, stokwork		oro, pirite,quarzo
20	Nuraghe Cuile Gureu	Ba - F	filoniano	idrotermale	barite - fluorite

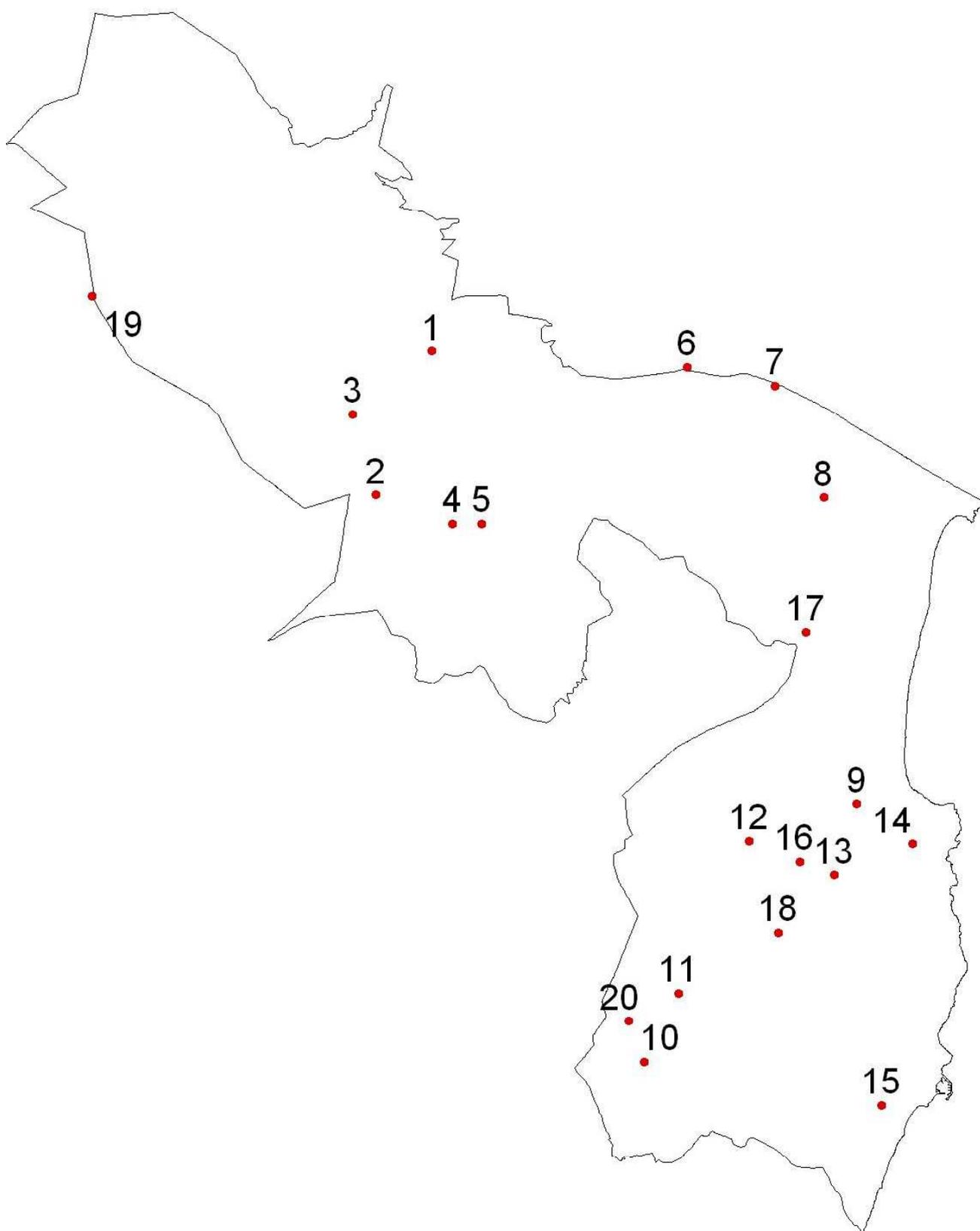


Fig. 3.1: localizzazione delle ricorrenze minerarie nell'area in studio

Come già riportato in precedenza, anche in questo caso sarà utilizzata la suddivisione in sub - regioni, essendo le aree che ricadono nel **Salto di Quirra** caratterizzate, prevalentemente, sia da giacimenti di arsenopirite contenenti interessanti quantità d'oro (*II – i periodo metallogenico*), sia dalla presenza di mineralizzazioni a barite prevalente (*IV – i periodo metallogenico*), sia da piccole manifestazioni a molibdeno (*IV – vi periodo metallogenico*), e sia, in tempi molto recenti, da indizi ad oro d'evidente importanza; le mineralizzazioni del **Sarrabus**, che però ricadono solo in minima parte nel territorio comunale, caratterizzate da un'insolita abbondanza e frequenza di manifestazioni con un'associazione normale di barite, fluorite, quarzo e calcite (*IV – i periodo metallogenico*), cui si accompagnano, come minerali metallici, la galena, la blenda, l'argento nativo e vari minerali d'argento. Questi ultimi (*III – iii periodo metallogenico*) sono stati, in qualche caso, i soli minerali oggetto di coltivazioni.

Nell'area del **Salto di Quirra** sono presenti giacimenti minerari di cinque tipologie diverse che inglobano: **a)** corpi a prevalente arsenico; **b)** corpi lentiformi a solfuri misti; **c)** filoni a prevalente barite – fluorite con subordinata galena; **d)** piccole manifestazioni a molibdeno; **e)** indizi ad oro.

**a)** Le manifestazioni che hanno avuto la maggior importanza economica per le produzioni realizzate sono le mineralizzazioni ad arsenico che, nel contempo, hanno rivestito e rivestono anche vivo interesse scientifico per la singolare associazione tra i solfuri di piombo (galena), zinco (blenda) e rame (calcopirite) con quelli di arsenico (arsenopirite) e per la presenza di tracce di oro.

Il principale giacimento è quello di *Baccu Locci* (*Tab 2, numeri 4 e 5*), immediatamente a sud dell'altopiano del Salto di Quirra, lungo l'alta valle dell'omonimo Rio, che incide profondamente le coperture eoceniche facendo affiorare il basamento paleozoico (Bakos et Al., 1986, 1988, 1991, 1994; Fiori et Al., 1988; Zucchetti, 1958 a, 1958 b).

L'area è caratterizzata da un assetto geologico - strutturale complesso. Studi recenti, oltre a fornire un nuovo quadro stratigrafico e strutturale dell'area, interpretata come una "shear zone" ercinica di importanza regionale (*Zona Milonitica di Baccu Locci*), suggeriscono un'origine sintettonica per le mineralizzazioni (Carmignani et Al., 2001).

I protoliti delle miloniti di Baccu Locci sono perlopiù le metarenarie e le metasiltiti cambro - ordoviciane delle "*Arenarie di San Vito*". Nel settore della miniera affiorano inoltre alcune importanti scaglie tettoniche di metavulcaniti ordoviciane e di scisti neri carboniosi siluriani, di dimensioni fino a chilometriche.

Il giacimento di Baccu Locci presenta due tipologie principali di mineralizzazioni:

- lenti “concordanti”, a solfuri misti, osservabili nei cantieri più occidentali (Scavi Altì – Su Spilloncargiu – Tab 2, numero 4). Originariamente era presente in affioramento, ma ora obliterata da materiale di discarica, una mineralizzazione secondaria costituita da un Gossan con prevalenti minerali ossidati di ferro seguita, verso il basso, da una zona intermedia di ossidazione con presenza di ossidi e idrossidi di As, ossidi e carbonati di Cu, Pb, Zn e da una zona inferiore di cementazione, potente alcuni metri, con minerali rigenerati quali bornite, covellite, calcocite, rame nativo ecc.. La mineralizzazione primaria a solfuri è essenzialmente costituita da blenda, galena, pirite e calcopirite, con subordinate arsenopirite, pirrotina, minerali del gruppo della tetraedrite, in ganga quarzosa.

- mineralizzazioni “discordanti” a prevalenti arsenopirite e galena, con quarzo e solfuri, costituite da un campo di vene che attraversa la fascia milonitica, interessando anche le scaglie tettoniche di metavulcaniti in essa comprese. Lo sviluppo spaziale della mineralizzazione appare guidato dalla strutturazione dell’incassante costituito dalle miloniti, ove le vene seguono i principali sistemi di fratture nord ovest – sud est. Le più importanti vene mineralizzate discordanti sono localizzabili, immediatamente ad est dei corpi lentiformi, nell’area di Su Spilloncargiu (conosciuto anche con il nome di Baccu Locceddu) e nell’area di Su Spinosu - Bruncu Spinosu - San Riccardo (Tab 2, numero 5), le mineralizzazioni interessano anche i porfiroidi. Lo spessore dell’intera fascia mineralizzata varia da pochi metri fino a superare, nel livello San Riccardo, i 10 m di potenza ed è costituita da più vene mineralizzate ad arsenopirite e galena e subordinata pirite, con tracce d’oro, con prevalenza di tessiture massive o listate, in ganga quarzosa; quest’ultima risulta a volte brecciata e ricementata da quarzo di seconda generazione.

Molto di recente, le mineralizzazioni di Baccu Locci sono state oggetto di un nuovo interesse per la ricerca dell’oro a cui sono seguiti studi e indagini che hanno accertato, fra l’altro, che questo metallo è presente sottoforma di electrum ed è associato alle vene “discordanti” a quarzo - solfuri caratterizzate dalla presenza predominante dell’arsenopirite. L’oro legato alle fasi idrotermali più tardive, insieme ai solfuri e solfosali di Cu, Sb e Ag, ha mostrato i maggiori contenuti (fino a 12 g/t) nelle mineralizzazioni di Su Spinosu - San Riccardo.

Caratteristici del settore orientale dell’area mineraria (Su Spinosu - Bruncu Spinosu) sono inoltre dicchi lamprofirici tardivi, i quali possono raggiungere alcuni metri di spessore e i sistemi tardivi a quarzo sterile o con modestissime quantità di solfuri che intersecano i principali sistemi mineralizzati e si sviluppano in tutta l’area (Carmignani L. et Al., 2001).

Entrambi i tipi di mineralizzazioni (lenti “concordanti” e filoni “discordanti”), per alcuni studiosi sarebbero di tipo mesotermale e di epoca tardo - ercinica. Altri autori ipotizzano un’origine in più fasi con un processo che, a partire da un protore siluriano (iniziale

concentrazione di solfuri) avrebbe condotto alla mobilitazione degli elementi metallici e alla loro rideposizione, in più momenti e a differenti termalità, come solfuri e solfosali nelle vene quarzose. In questo senso viene rilevata l'importanza della tettonica tardo - ercinica nella formazione di tali depositi.

Per quanto riguarda l'aspetto industriale (Commissione Parlamentare di Inchiesta sulla condizione degli operai delle miniere di Sardegna, 1911; Pomesano, 1965) si segnala che il giacimento fu dichiarato scoperto nel 1866, mentre nel 1872 fu rilasciato, alla società belga De Laminne di Liegi, il primo decreto di concessione, denominata Baccu Loceddu o Spilloncargiu, per coltivare un piccolo deposito di solfuri misti a Pb - Zn - Cu costituito da lenti intercalate in mezzo alle formazioni scistose. In seguito, alla fine degli anni '30, la società Rumianca scoprì nuovi corpi mineralizzati, principalmente i filoni a quarzo - arsenopirite e galena e riunì nella concessione di Baccu Locci quattro permessi di ricerca (Spilloncargiu, Baccu Foxi, Pranedda Mamusa e Riu Baccherutta).

Nella ultradecennale attività, che ha assunto un certo rilievo nella seconda metà del XX secolo, la Società ha interessato con gallerie e coltivazioni a camere e pilastri, un pannello di circa di 250 metri, fra le quote + 200 e + 450 s.l.m., esaurendo quasi completamente questa parte del giacimento e lasciando i vuoti di coltivazione, che testimoniano il primitivo assetto geometrico dei depositi. La società aveva inoltre costruito, a valle dei lavori minerari, un impianto di arricchimento per la produzione di concentrati di arsenico e di piombo, in cui erano presenti oltre 1000 g. di Ag per tonnellata di piombo e un certo quantitativo d'oro (5 - 10 g/t di Au), che veniva anch'esso recuperato (Pomesano, 1965).

Nel 1963 la Rumianca sospese definitivamente l'attività, in quanto non aveva più interesse a trasportare i concentrati di arsenopirite ai suoi stabilimenti di Val d'Ossola ed il costo del concentrato di galena, non più alleggerito dalla produzione congiunta del concentrato di arsenico, risultava superiore ai prezzi di vendita.

Oltre ai corpi che costituiscono il giacimento di Baccu Locci, esistono intorno alla sua area, altre manifestazioni di minor importanza, quali quella di *Riu Buddidorgiu* (Tab. 2 numero 1), di *Arcu su Moru*, (a circa 5 Km a ovest), ove sono conosciuti filoni e filonistrato mineralizzati a galena, blenda e arsenopirite e quella di *Monte Ordini* a sud est, dove sembra abbiano termine le manifestazioni di questo tipo (Pomesano, 1965).

**b)** I depositi a solfuri misti sono costituiti da lenti di skarn in ganga calcosilicatica, che si sviluppano principalmente al contatto fra rocce di origine carbonatica e quelle di origine terrigena. Gli skarn sono generalmente concordanti con la scistosità lungo la quale sono trasposti livelli decametrici di rocce di diversa natura ed età (argilloscisti siluriani, depositi

clastici, ecc.), più raramente discordanti e paralleli, invece, ai contatti intrusivi dei porfidi a composizione granitica.

Fra i depositi skarnoidi di minore importanza va ricordato quello a lenti ubicate presso il *Riu Gironi* (Tab2, numero 18) contenenti solfosali di rame e ferro;

c) I giacimenti di tipo filoniano ricadenti in questa regione sono mineralizzati prevalentemente a barite, fluorite e con esigue quantità di blenda, galena e calcopirite.

Le manifestazioni di questa natura presenti nell'area in esame sono costituite dalla manifestazione di *San Lorenzo - Baccu Loccu* (Tab2, numero 9), con presenza di rame e dal filone di *Bruncu Molenti* (Tab2, numero 6), che affiora lungo un affluente del Rio San Giorgio.

Un altro filone, di età alpina, è quello di *Monte Cardiga* (Tab2, numero 3), costituito in prevalenza da fluorite e calcedonio, ospitato entro una faglia ad andamento nord – sud che si sviluppa, con potenza di circa 1 m, per qualche centinaio di metri entro arenarie arcosiche e calcari a nummuliti dell'Eocene. La mineralizzazione ha una tessitura a coccarda con al centro elementi di breccia. Non ha mai avuto una importanza economica, così come la limitrofa mineralizzazione di *Riu Baccherutta* (Tab2, numero 2).

Infine, a nord – est del Castello di Quirra, è presente la manifestazione di *Baccu Leas* (Tab2, numero 8) a blenda e pirite, mentre a sud – ovest si trova il filoncello di *Santa Maria de Claru* (Tab2, numero 17) a prevalente galena; entrambe non hanno mai avuto importanza economica.

d) Manifestazioni a molibdeno costituite da una serie di indizi, alcuni dei quali sono stati interessati da piccoli lavori di ricerca in regime di permesso, a partire dagli anni 40, per iniziativa autarchica. Fra i principali si segnala il filone pegmatitico - pneumatolitico di *Perda Maiori* (Tab2, numero 7), oggetto di ricerca mediante una galleria, diretta circa N 40, in cui la mineralizzazione è costituita da venette a wolframite, molibdenite, pirite, bismutinite, bismuto nativo e con minerali non metallici quali quarzo, fluorite, topazio e tormalina e ospitata entro metapeliti e metarenarie cambro - ordoviciane, legate a intrusione leucogranitica (Bakos F., 1968; Dessau G., 1956; Venerandi I., 1968). Di minor importanza sono risultate le manifestazioni della zona di *Ossiu Figu* (non riportato), sulla cui consistenza non si hanno elementi di conoscenza, e quella ricoperta dal permesso *S'Acqua Arrubia II* (Tab2, numero 11) ove si è proceduto sulla base di semplici indizi a lavori di tracciamento e di limitate coltivazioni con risultati insignificanti da un punto di vista economico.

e) Riguardo gli indizi ad oro, le recenti campagne di ricerca condotte nel basamento ercinico del Sarrabus – Gerrei - Salto di Quirra hanno permesso di rilevare un’ampia diffusione di indizi mineralizzati ad oro nella regione provocando un nuovo impulso per la ricerca mineraria. Oltre alle importanti manifestazioni con presenza di tracce di oro, (*Su Suergiu - Corti Rosas, Baccu Locci, Brecca*), ospitate in diversi litotipi e spazialmente associate a strutture tettoniche riconducibili a lineamenti ercinici di rilevanza regionale, occorre segnalare le numerose aree in esplorazione (Carmignani L. et Al., 2001) che, almeno dal punto di vista geochimico, rivelano consistenti anomalie in Au, costituendo una prima importante guida di prospezione a scala regionale; sono caratterizzate, sempre, dalla posizione lungo una fascia ben definita orientata nord ovest – sud est, indicando un possibile correlazione tra la loro distribuzione e le strutture tettoniche erciniche, orientate nello stesso modo, della Sardegna sud orientale.

Una nuova ricerca regionale ha confermato tutti gli studi e i rapporti precedenti, scoprendo alcune nuove ricorrenze, di cui qualcuna ad alto tenore (high - grade) fra i quali riveste una particolare importanza il settore di *Monte Ollasteddu* (Tab2, numero 19), situato a circa 5 km a nord - ovest dell’area mineraria di Baccu Locci, che ospita talune delle mineralizzazioni di maggiore interesse. La mineralizzazione, sotto forma di vene, stockwork, con valori puntuali in Au molto alti, è stata individuata in affioramento per circa 3.5 km in direzione ovest nord ovest - est sud est, lungo una fascia di circa 1 Km di ampiezza, compresa tra Monte Ollasteddu e le coperture eoceniche di Monte Cardiga. L’intero settore di Monte Ollasteddu, riveste sicuramente un grande interesse per la ricerca mineraria, che potrebbero offrire nuove prospettive di lavoro e di sviluppo dell’area.

L’area del **Sarrabus** è caratterizzata da un’insolita abbondanza e frequenza di manifestazioni minerarie, nelle quali l’associazione normale dei minerali presenti è data da barite - fluorite - quarzo - calcite a cui si accompagnano come minerali metallici galena, blenda, e in alcune aree, argento nativo e minerali vari di argento. Da questa particolare abbondanza di mineralizzazioni se ne possono evidenziare alcune degne di nota, soggette in passato a lavori di ricerca e coltivazione.

Innanzitutto quelle legate al “*Filone argentifero*”, una struttura plurichilometrica, che affiorando discontinuamente per circa 25 Km, attraversa l’area immediatamente a sud dell’abitato di Muravera per poi proseguire verso est fino al Campidano.

A questo è riferibile, nell’area in esame, la mineralizzazione di *Gibbas* (Tab2, numero 15), all’estremo sud orientale dell’area comunale, coltivata mediante un pozzo e chiusa in seguito ad un allagamento.

Nel Sarrabus, sono anche conosciute numerose manifestazioni filoniane a quarzo, barite, fluorite e solfuri, senza la presenza di quantità rilevanti di argento (Bakos, 1968 b; Boi et Al., 1982; Brigo et Al., 1982; Cantoni, 1884; Valera, 1971, 1972, 1978).

Subito a nord dell'abitato di Villaputzu, nell'area attraversata recentemente dalla nuova SS 125, sono conosciuti due piccoli filoni (*Nuraghe Cuili Gureu* (Tab2, numero 20) a barite - fluorite con galena e una mineralizzazione a fluorite prevalente, in sacche, vene, lenti, filoni, stokwork di *Brunco Vintura* (Tab2, numero 10), ospitata in una larga fascia brecciata e silicizzata. La porzione di giacimento nota non presenta corpi mineralizzati dotati di netta individualità ed è soggetta a brusche soluzioni di continuità, come ad improvvise aperture e slarghi. Lo sviluppo longitudinale è superiore ai 600 m, le potenze alquanto variabili e per ogni singolo corpo minerario possono raggiungere anche i 200 cm ed oltre (Valera, 1971).

Infine, occorre ricordare, pur non avendo una vera importanza economica, la manifestazione a solfuri di Ni e Co di *Punta Zinnia* (Tab2, numero 12), quella idrotermale di *Arcu Gennarella* (Tab2, numero 13) e quella stratiforme a limonite ed ematite di *Arcu Pancioni* (Tab2, numero 14), poste al confine fra il Sarrabus e il Salto di Quirra.

## **4. Geochimica**

### **4.1 Premessa**

Si porta all'attenzione del lettore che, eccetto per una piccola area a nord del territorio comunale di Villaputzu, più precisamente quella ricadente nel Foglio 541 dell'IGMI, tutto il territorio comunale è stato studiato in modo approfondito, sotto l'aspetto geochimico (Ottonello et al., 2008) per gli elementi As, Cd, Co, Cu, Cr, Ni, Pb e Zn, grazie ad un Progetto di Rilevante Interesse Nazionale (PRIN) finanziato nel 2004, per cui i cenni qui di seguito riportati sono estratti sia dal lavoro svolto per il progetto (PRIN 2004), sia dalle pubblicazioni redatte sia dalle notizie d'archivio non pubblicate.

I limiti di legge sono riportati qui di seguito, nelle colonne 3 e 4 della sottostante Tabella 3, ove, per un confronto, sono state indicate anche le percentuali medie dell'elemento nella litosfera ("clarke") calcolati da alcuni autori (colonna 1) e da Taylor nel 1964 (colonna 2).

Tabella 3: Valori di concentrazione limite accettabile nei suoli per alcuni elementi.

Percentuale media dell'elemento nella litosfera. "clarke". In ppm	Taylor. (1964) "clarke". in ppm		A-Siti ad uso verde pubblico, privato, e residenziale- (mg Kg <sup>-1</sup> espressi come ss)	B - Siti ad uso commerciale ed industriale (mg Kg <sup>-1</sup> espressi come ss)
0,1	0,2	Antimonio	10	30
2	1,8	Arsenico	20	50
2	2,8	Berillio	2	10
0,1	0,2	Cadmio	2	15
25	25	Cobalto	20	250
100	100	Cromo tot.	150	800
		Cromo VI	2	15
		Fluoruri	100	2000
0,02	0,08	Mercurio	1	5
75	75	Nichel	120	500
10	12,5	Piombo	100	1000
50	55	Rame	120	600
0,1	0,05	Selenio	3	15
2	2	Stagno	1	350
0,45	0,45	Tallio	1	10
150	135	Vanadio	90	250
80	70	Zinco	150	1500

L'esame delle varie colonne della Tabella 3 dimostra che alcuni valori di concentrazione limite indicati nell'allegato 5 della legge 152/2006 per i suoli sono dello stesso ordine, o addirittura più bassi, dei "clarke" mondiali calcolati da vari autori.

In particolare si nota che il valore limite di legge indicato per:

- il Be (2 ppm) è uguale al "clarke" riportato da vari autori, e leggermente inferiore di quello trovato da Taylor (2,8 ppm);
- il Co (20 ppm) è inferiore ai due valori di "clarke" (25 ppm);
- lo Sn (1 ppm) è inferiore ai 2 valori di "clarke" (2 ppm). A proposito di quest'elemento si sottolinea che la differenza dei due limiti di legge (1 e 350 ppm) risulta tanto alta da essere incomprensibile.
- Il V (90 ppm) è inferiore ai due valori di "clarke" che, in questo caso sono, rispettivamente, 150 ppm e 135 ppm.

Da quanto sopra esposto risulta sorprendente, se non sbalorditivo, che in una normativa di legge siano stati riportati dati in contrasto con valori imposti dalla natura, (indicati in tutti i

testi di Geochimica e riconosciuti validi a livello mondiale), con la pretesa che, in qualsiasi lavoro di risanamento ambientale, siano applicati con rigore.

Recenti aggiornamenti e integrazioni della 152/06 (art. 18) prevedono la caratterizzazione geochimica per qualsiasi lavoro che preveda il movimento terra. Da qui nasce l'esigenza di un minimo di conoscenza delle caratteristiche geochimiche del territorio comunale, sebbene tale aspetto non sia stato contemplato al momento della stesura dell'accordo per l'incarico dell'Adeguamento.

Lo studio geochimico ambientale del territorio comunale di Villaputzu è agevolato, come prima accennato, da una recente pubblicazione che comprende l'intero **Foglio 549 – Muravera** (Marcello A. et al., 2008) che, data la sua estensione, è stato attuato utilizzando campioni stream, prelevati attraverso numerose ed importanti prospezioni geochimiche eseguite:

- principalmente, per opera dell'Ente Minerario Sardo (EMSa), nell'ambito del suo Programma Generale Straordinario di Ricerca (PGSR), e del Ministero dell'Industria, Commercio e Artigianato (MICA) nel quadro di una serie di convenzioni stipulate con l'EMSa per l'esecuzione della ricerca mineraria di base (ex art. 4 della Legge 752/1982);
- subordinatamente, da parte di Organismi (Università ed Enti) e Società, operanti nel settore minerario e più generalmente nel campo delle Scienze della Terra.

La parte analitica, informatizzata e organizzata in più database per una più agile gestione geografica - interpretativa e custodita presso l'Archivio Geochimico del Dipartimento di Geingegneria e Tecnologie Ambientali (DIGITA) dell'Università degli Studi di Cagliari, è stata riversata, in gran parte, nell'Archivio Geochimico Nazionale.

#### ***4.2 L'Archivio geochimico del DIGITA.***

E' costituito da un'enorme mole di campionature e dati analitici pregressi (oltre 1.320.000) provenienti da oltre 45.000 campioni, prelevati negli anni '70-90, per scopi esclusivamente di ricerca mineraria, integrati, negli ultimi anni (2000-2006), da campionature effettuate per problematiche ambientali.

Per uniformarsi a quanto è stato fatto per l'intero territorio nazionale si è provveduto a trasferire tutti i campioni disponibili e prelevati lungo le aste fluviali, su celle di una griglia, definita sulla base dei frames della cartografia nazionale dell'IGMI (fogli in scala 1:100.000), che, per quanto riguarda le circa 4500 celle della Sardegna, hanno dimensioni di 1' 20" in longitudine ed 1' 30" in latitudine (= circa 5 km<sup>2</sup>), in modo da tassellare ogni foglio, con un numero intero di celle (20 x 15 = 300).

Le campionature eseguite per scopi prettamente di ricerca mineraria, non hanno coperto, completamente, tutto il territorio dell'Isola, ma hanno trascurato le parti, in quel momento, considerate a basso "potenziale" minerario (calcari mesozoici, terreni sedimentari terziari e quaternari) e quelle ad alto tasso di "inquinamento" dovuto alla presenza di discariche e/o escavazioni legate all'attività industriale mineraria, che da oltre 150 anni ha interessato parte del territorio della Sardegna. Queste campionature sono state già utilizzate, precedentemente, per la ricerca mineraria (Marcello et Al., 1978 a, b) e, in un passato più recente, per l'elaborazione e predisposizione di studi (Fiori et Al., 1996, Fadda et Al., 1998) e di carte geochimiche ambientali (De Vivo et Al., 1999), ed in particolare di una prima parziale carta geochimica ambientale dell'intero territorio dell'Isola (Marcello et Al., 2003).

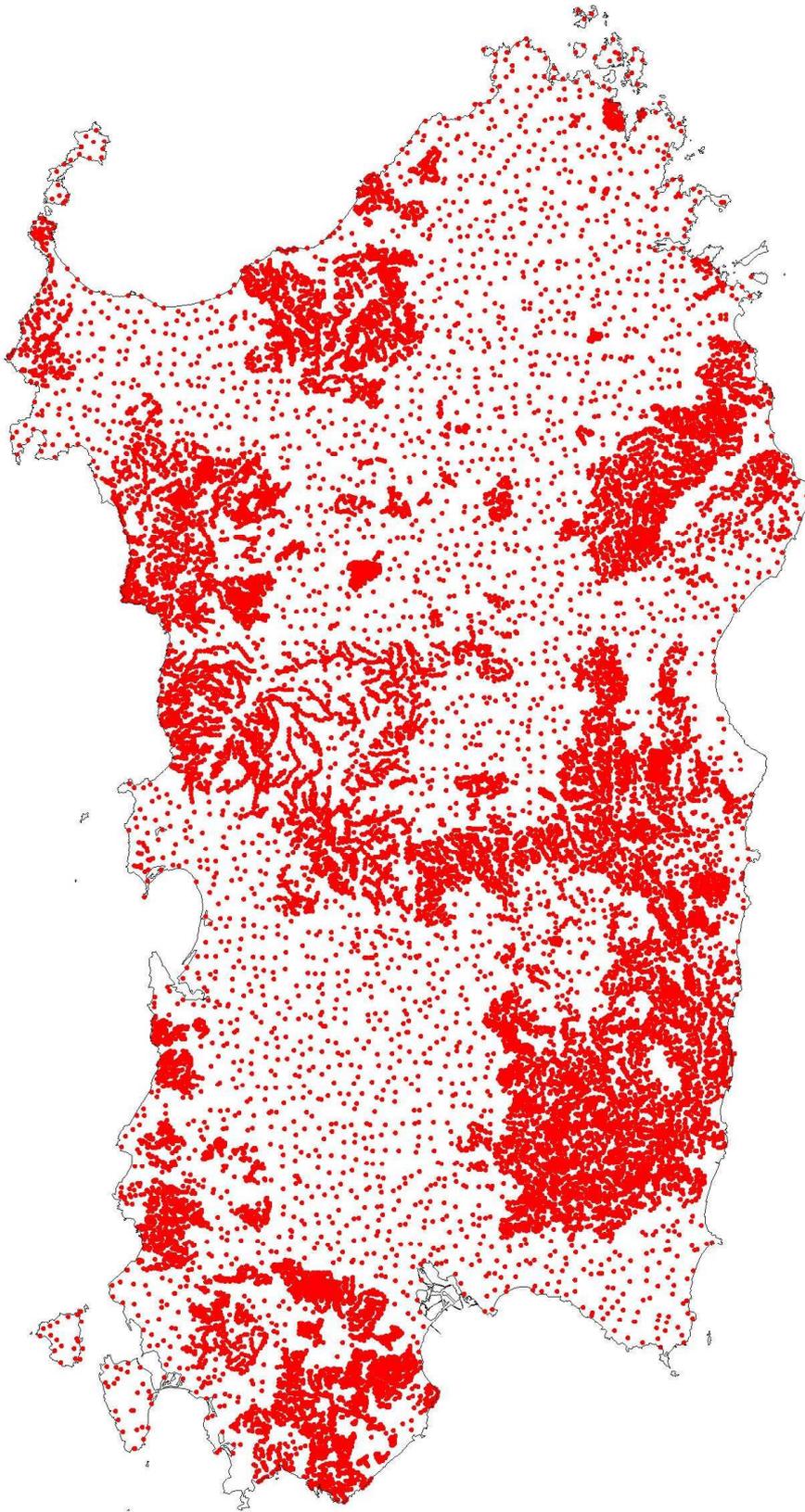
Nell'ambito del progetto GEOBASI, finanziato dal MIUR utilizzando i fondi dei programmi PRIN 2004-2006, l'Unità Operativa del Dipartimento di Georingegneria e Tecnologie Ambientali (DIGITA) dell'Università degli Studi di Cagliari, ha provveduto ad incrementare l'Archivio, con ulteriori **2416** campioni stream prelevati nelle celle della griglia che al momento della realizzazione della prima serie di carte geochimiche risultavano prive di campionatura, in modo da completare la copertura dell'intera regione cercando, nello stesso tempo, di effettuare un prelievo che fosse il più rappresentativo possibile per le maglie prescelte.

I campioni sono stati, successivamente, analizzati per 46 elementi e prima dell'inserimento nell'archivio del DIGITA, uniformati, al pari dei campioni pregressi, dotandoli di un'idonea "chiave", che è un codice di lettura completa degli stessi campioni, in quanto in essa sono riportati, mediante una serie di codici alfa-numeric:

6. tipo di campionamento;
7. indicazioni della zona interessata dal campionamento;
8. informazioni relative alle modalità di prelevamento;
9. natura del campione;
10. natura geologica del bacino imbrifero e del punto di campionamento;
11. eventuale presenza di alterazioni
12. campagna da cui provengono i campioni.

Questa "chiave", insieme alla definizione dell'area di lavoro attraverso le coordinate, fornisce un formidabile mezzo d'indagine non solo per la prospezione a scopo minerario, ma anche per un utilizzo nel campo ambientale.

Pertanto, la Sardegna risulta, ora, interessata, fra campionature pregresse e attuali, da almeno 1 campione/5 km<sup>2</sup> come riportato nella carta di Figura **4.1**, avendosi **un campione stream per ogni cella**.



*Fig. 4.1 Carta dei campioni stream prelevati in tutta la Sardegna*

#### ***4.2.1 Analisi chimiche sui campioni stream sediments***

Com'è stato riportato precedentemente, i campioni inseriti nell'Archivio Geochimico del DIGITA provengono da varie campagne geochimiche effettuate in tempi molto diversi, perciò anche i diversi laboratori d'analisi utilizzati hanno eseguito, a seconda delle esigenze, determinazioni analitiche per un numero d'elementi differenti e con limiti di rivelabilità strumentali (detection limits) a volte molto distanti fra loro.

In particolare:

- le analisi chimiche dei campioni provenienti dalla campagna PGRS –EMSa sono state eseguite dal Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) di Parigi che ha utilizzato AAA e la colorimetria ed ha determinato 12 elementi (Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Mo, Ag, Mn, Sb,,Cr, Hg e F)
- quelle provenienti dalle campagne MICA sono state eseguite presso i Laboratori Progemisa SpA, Alfab SpA e SIM SpA, utilizzando AA, ICP-ES, DCP-AES e XRF, e determinando un numero di elementi variabile fra 24 e 46;
- le analisi chimiche della campionatura eseguite dalle Università, sono state effettuate, in parte presso i suddetti laboratori locali e in parte presso ACME Analytical Laboratories e ACTLAB (Vancouver, Canada) con determinazione mediamente di 46 elementi mediante ICP-AES.

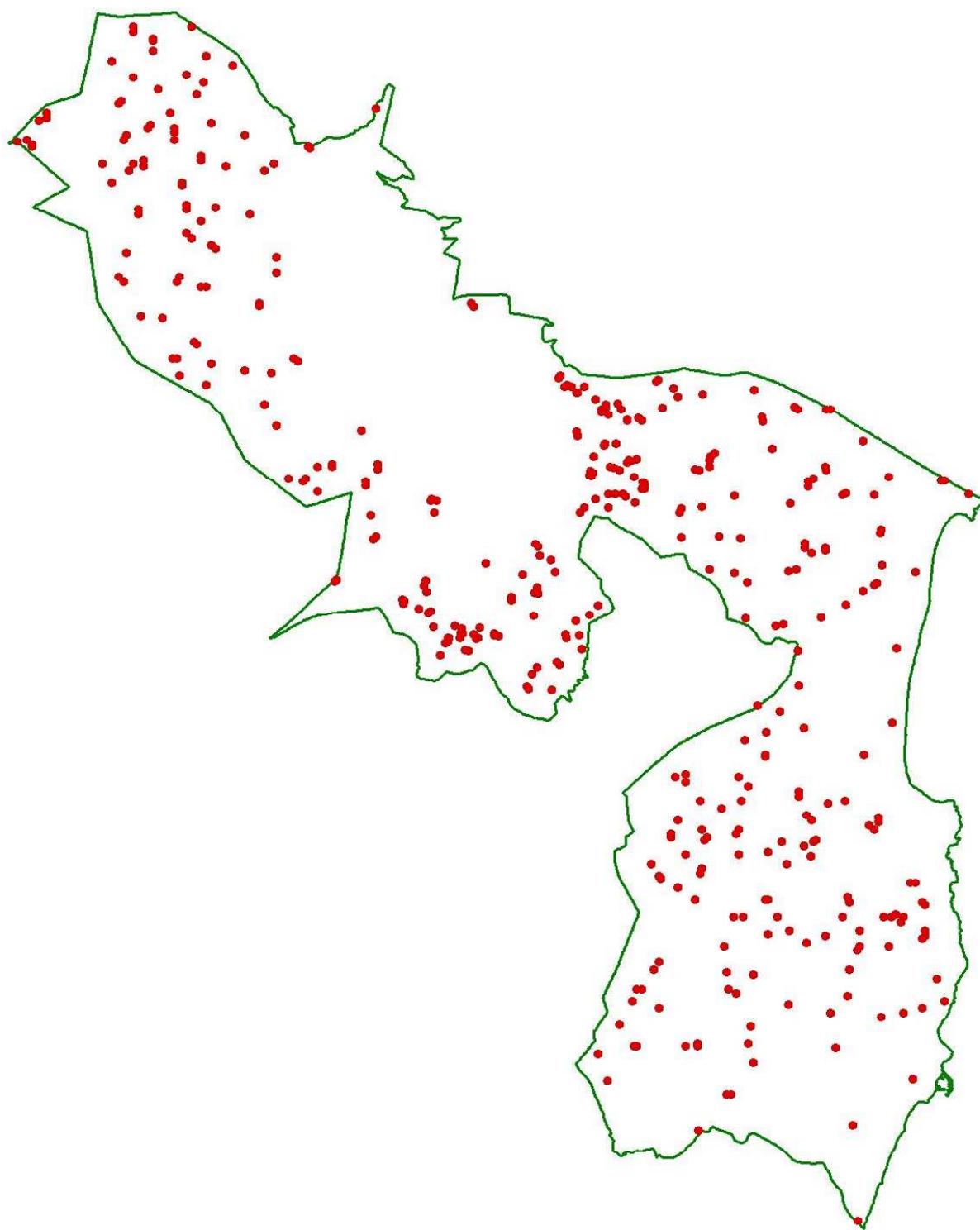
I dati geochimici così ottenuti sono necessariamente eterogenei, ma test di ripetizione su campioni già analizzati (1250 campioni custoditi negli archivi) e verifiche sulla precisione e accuratezza, hanno mostrato che i risultati delle diverse analisi chimiche eseguite per Co, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn, pur essendo state effettuate presso laboratori diversi, in tempi differenti e a volte con metodologie diverse, sono dello stesso ordine di grandezza, e quindi possono essere paragonati fra loro. Pur con qualche riserva, si possono confrontare i risultati ottenuti anche per l'antimonio, mentre i dati relativi all'argento e, in parte, al molibdeno, risultano meno attendibili e quindi i valori ottenuti per le diverse prospezioni possono essere confrontati fra loro con maggiori difficoltà. Il mercurio, per la campagna BRGM, ha dato valori generalmente inferiori al dl, per cui si è deciso di non considerarli.

#### **4.3 Caratterizzazione geochimica mediante “stream sediments” nell'area del comune di Villaputzu**

Per quanto riguarda il territorio compreso nell'area comunale di **Villaputzu**, i dati analitici utilizzati provengono dai campioni stream prelevati, in particolare, dalle campagne geochimiche riportate nella Tabella 4.

**Tabella 4**

Denominazione Campagne Geochimiche	Organismo	Esecutore	Anno	N° campioni Villaputzu	N° elementi determinati
Prospezione Geochimica Strategica della Sardegna	EMSa	BRGM	1972/74	331	11
Area della Sardegna centro-orientale	MICA	EMSa-Progemisa	1987/90	53	30
Varie ex 40% 2002-2004 e Prin 2004-2006	Università Cagliari	DIGITA	1998/07	23	48
Totale				407	



*Fig. 4.2 Carta dei campioni stream presenti nell'area del territorio di Villaputzu*

Dalla tabella 4 si evince che il numero d'elementi analizzati non è uguale per tutte le campagne. Osservando le colonne 5 e 6 della tabella 4, infatti, si può osservare sia il differente numero di campioni relativi all'area in esame e prelevati nelle singole campagne,

sia il differente numero delle determinazioni analitiche a cui sono stati sottoposti i vari campioni.

Complessivamente la superficie interessata dall'analisi geochimica è quella del territorio comunale, ovvero circa 181 km<sup>2</sup> (**Figura 4.2**), comprendente un totale di 407 campioni, con una densità altamente variabile, mediamente di circa 2 campioni/km<sup>2</sup>.

Per effettuare uno studio di dettaglio di tutto il territorio comunale sarebbero necessarie risorse attualmente non disponibili. Si rimanda, quindi, agli studi già effettuati in passato e in particolare al summenzionato lavoro di Marcello A. et al (2008). Tuttavia, visti i recenti sviluppi su problematiche ambientali che risentono di carenza di informazioni, è estremamente importante la realizzazione di uno studio più di dettaglio di tutta l'area affinché sia possibile identificare tecniche e soluzioni per una migliore pianificazione territoriale del Comune.

## **5. Adeguamento del PUC al PAI**

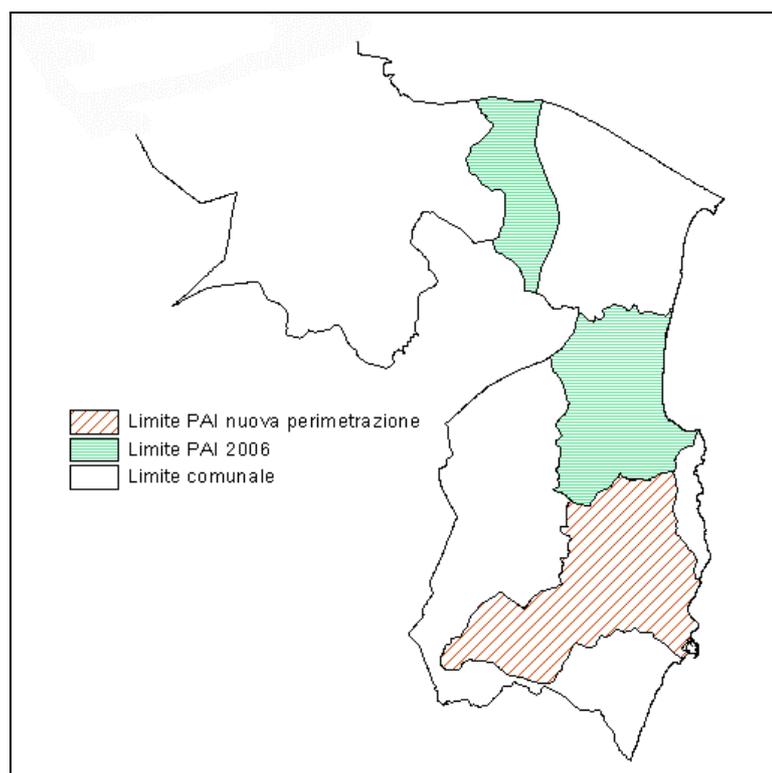
### ***5.1 Attività di individuazione e perimetrazione delle aree a pericolosità franosa***

Gli studi e le indagini volti alla valutazione della propensione al dissesto idrogeologico di una determinata area hanno l'obiettivo di fornire un quadro di insieme non solo delle condizioni ambientali, ma anche di tutte quelle informazioni connesse all'uso del territorio.

Questo si traduce nella elaborazione di carte tematiche, riguardanti fattori ambientali ed antropici, la cui sovrapposizione da luogo ad una carta di sintesi che individua la maggiore o minore propensione al dissesto.

Come primo approccio, sono state acquisite tutte le informazioni necessarie alla realizzazione di tali carte. In particolare, si è consultata ed acquisita la cartografia di base (carte topografiche, aerofometriche e geologiche, ortofoto e foto aeree), digitalizzata e non, integrando i dati ottenuti con numerosi e mirati rilievi di campagna.

L'area oggetto dell'intervento ricade su due piccoli bacini idrografici comprendenti l'abitato di Villaputzu, il Rione Santa Maria e la parte a mare comprendente Porto Corallo. Nella figura che segue è stata indicata la nuova area di perimetrazione e quella relativa al Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico – Aggiornamento 2006, redatta dal CINSIA (Centro Interdipartimentale di Ingegneria e Scienze Ambientali) dell'Università degli Studi di Cagliari (Figura 5.1.1).



**Figura 5.1.1 – Limite delle perimetrazioni**

La valutazione della pericolosità ha preso in considerazione i seguenti fattori: la litologia delle formazioni affioranti, la distribuzione dei fenomeni franosi pregressi, l’acclività dei versanti e l’uso del suolo. Per ogni parametro è stata realizzata una carta.

Tutte le carte sono state rilevate ed elaborate alla scala 1:10.000 ad esclusione di quella topografica per la quale è stato utilizzato, in aggiunta al topografico CTR (Carta Tecnica della Regione Sardegna) in 3D (tridimensionale), l’aerofotogrammetrico in scala 1:1000.

Le carte corrispondenti ai differenti tematismi sono state suddivise in poligoni caratterizzati da un medesimo contenuto informativo. Ad ogni poligono e per ciascun tematismo si è attribuito successivamente un peso, o codice numerico, in funzione della maggiore o minore influenza sulla propensione al dissesto (vedi tabella 5).

*Tabella 5 – Pesi assegnati ad ogni singola parametro*

<i>Unità litologiche</i>	<i>Peso</i>
Depositi antropici	4
Depositi di versante	4
Depositi alluvionali	4
Depositi alluvionali terrazzati	5
Depositi palustri	4
Depositi di spiaggia	4
Depositi di spiaggia antichi	5

<i>Uso del suolo (codice)</i>	<i>Peso</i>
Seminativi e agrumeti (2a)	-2
Agrumeti, seminativi asciutti (2b)	-2
Agrumeti, seminativi asciutti (3)	-2
Bosco di lecci (5a)	2
Macchia bassa (5b)	2
Macchia alta degradata (5bb)	2
Rimboschimenti (5c)	1

Subsistema di Portoscuso	4
Litof. Subsistema di Calamosca	4
Filoni basaltici	6
Porfidi granitici	7
Filoni idrotermali	5
Formazione di Orroledu	5
Litof. Formazione di Orroledu	6
Metarose di Genna Mesa	7
Porfidi riodacitici	7
Formazione di Monte Santa Vittoria	6
Metaconglomerati di Muravera	6
Litof. Formazione di Monte Santa Vittoria	6
Scisti a graptoliti	4
Litof. Scisti a graptoliti	6
Argilloscisti di Rio Canoni	4
Porfiroidi	6
Arenarie di San Vito	5

Pascoli cespugliati (6a)	1
Rimboschimenti più o meno degradati (6b)	1
Macchia degradata (6c)	1
Prato-pascolo, rimboschimento (6d)	-2
Pascol (7)	1
Tessuto residenziale (A-U)	1

<b>Pendenza</b>	<b>Peso</b>
0 – 10 %	2
11- 20 %	1
21 – 35 %	0
36 – 50 %	-1
> 50 %	-2

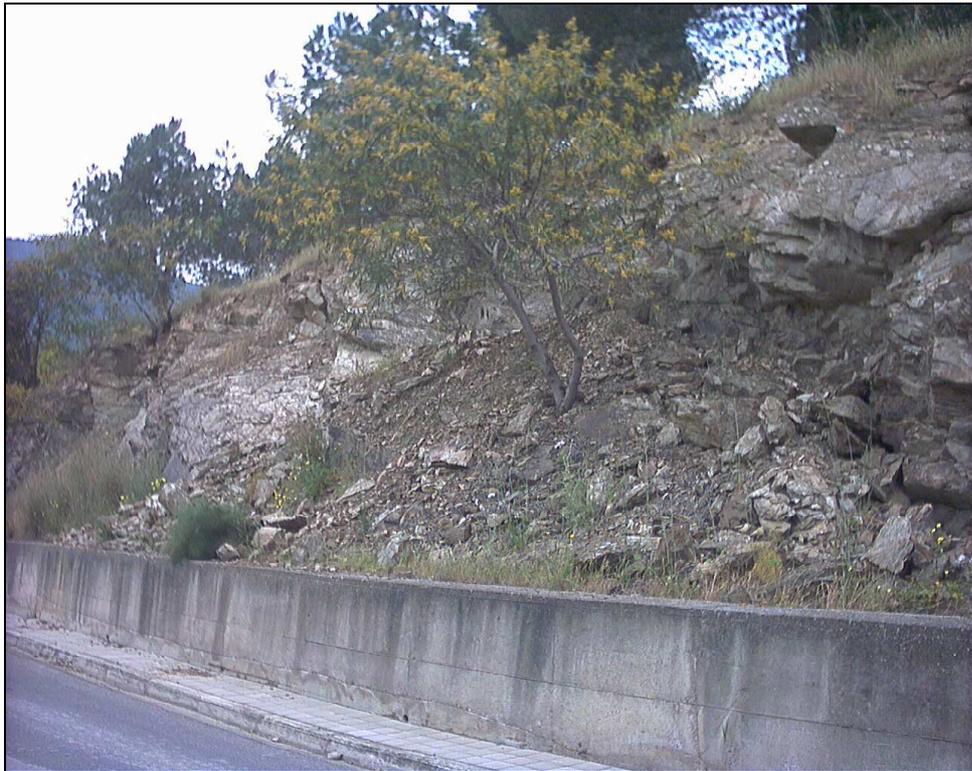
Le elaborazioni, eseguite in ambiente GIS, hanno consentito di realizzare primariamente la Carta della Instabilità Potenziale al Dissesto (somma algebrica delle carte tematiche riguardanti la geologia, la pendenza e l'uso del suolo) e successivamente quella di Pericolosità da Frana (somma algebrica della prima carta di sintesi, delle pendenze inferiori al 20 % e dei fenomeni franosi progressivi).

La carta delle pendenze inferiori al 20 % (intervallo compreso fra 0 e 11° circa), nominata filtro pendenze, è stata usata quasi esclusivamente nell'area di pianura che dal paese di Villaputzu arriva sino a Porto Corallo.

In queste zone infatti la pericolosità derivante dalla sovrapposizione dei tre tematismi risultava ricadere specialmente nella classe Hg<sub>3</sub>, evidentemente connessa ai valori dell'uso (-2) della litologia (4) e della pendenza (principalmente 0).

Per quanto detto e non avendo rilevato, in campagna e dallo studio delle foto aeree e ortofoto, alcuna evidente criticità queste superfici sono state assegnate alla classe di pericolosità Hg<sub>1</sub>.

In riferimento alle frane pregresse risultano solo due fenomeni catalogati nel Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) della Regione Sardegna. Sono entrambe frane di crollo in litotipi metamorfici del basamento paleozoico, peraltro molto limitate, in prossimità di tagli stradali (vedi foto 5.1.1 – 5.1.2).



*Foto 5.1.1 – Strada di ingresso al Rione Santa Maria (codice 920034600)*



*Foto 5.1.2 – Scavo a ridosso di una abitazione nel Rione di Santa Maria (codice 920034500)*

Nella figura che segue è riportato il diagramma di flusso riportante la procedura usata per la determinazione della carta di Pericolosità da Frana (Figura 5.1.2).

Come si evince dal diagramma è necessario passare da un iniziale formato vettoriale (rappresentazione di elementi discreti) ad uno raster (rappresentazione di elementi che non hanno confini netti, ma che variano gradualmente nello spazio), in modo tale da assegnare ad ogni cella o pixel un peso o codice numerico.

Le celle relative ad ogni carta sono state impostate di dimensioni pari a 10 m x 10 m; un dettaglio confortato dalla quantità e qualità delle numerose informazioni in possesso.

La carta della pericolosità franosa (Hg) rappresenta la carta di sintesi finale che è stata corretta procedendo all'accorpamento delle classi di pericolosità, seguendo il criterio di omogeneizzare piccole aree contigue e differenziate alla classe di pericolosità più frequente o, a parità di frequenza, alla classe di pericolosità più elevata.

La carta derivata è stata rappresentata in quattro classi (Hg1, Hg2, Hg3, Hg4), così come stabilito dalle linee guida della Regione Sardegna, che definiscono la localizzazione e la pericolosità relativa dei fenomeni di dissesto.

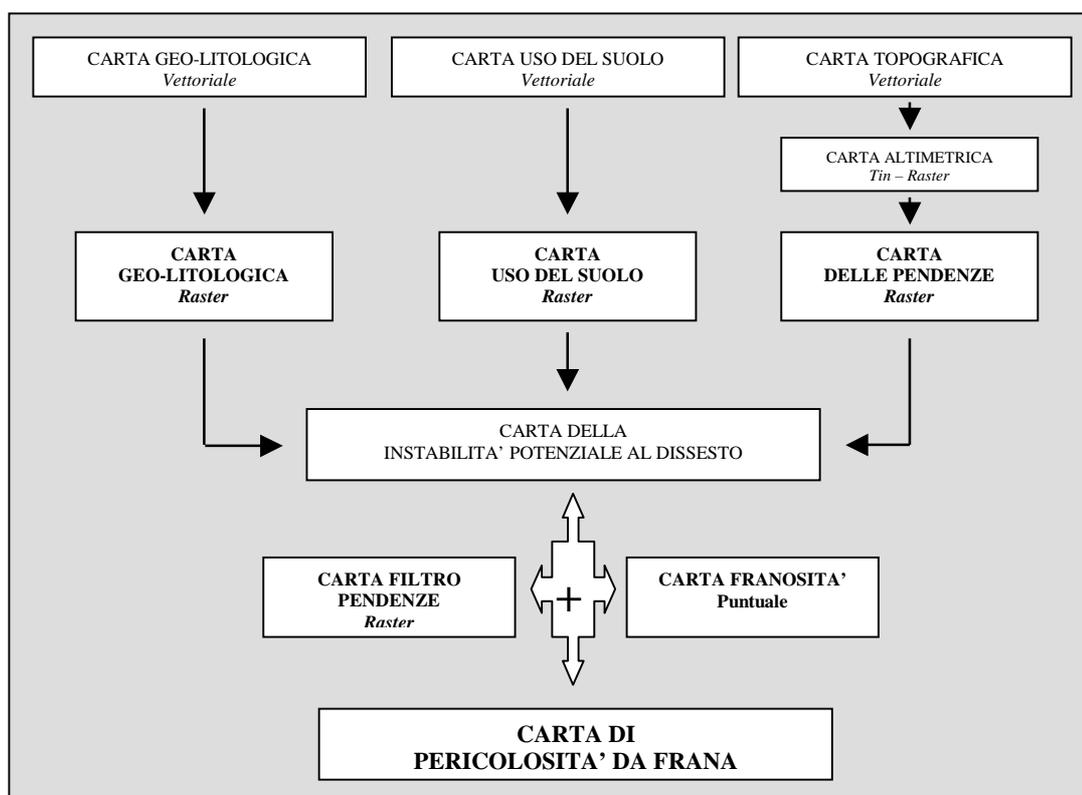


Figura 5.1.2 - Diagrammi di flusso per la determinazione della Pericolosità da Frana

### **5.1.1 Determinazione del rischio franoso**

Il rischio franoso  $R_g$  esprime il "danno atteso in una data area e in un certo intervallo di tempo in seguito al verificarsi di un particolare evento calamitoso". La valutazione del rischio si realizza quindi attraverso il confronto fra le Carte della pericolosità e la carta degli elementi a rischio.

Per un dato elemento a rischio ( $R_g$ ) l'entità dei danni attesi può essere valutata attraverso:

- la pericolosità geologica ( $H_g$ ) suddivisa in quattro classi;
- la vulnerabilità ( $V$ ) ovvero il grado di perdita prodotto su un certo elemento o gruppo di elementi esposti a rischio risultante dal verificarsi dell'evento calamitoso temuto;
- gli elementi a rischio ( $E$ ).

Il rischio può essere quindi espresso dalla seguente espressione, nota come "equazione del rischio":

$$R_g = H_g \times V \times E$$

Per ottenere la carta del rischio da frana è stato necessario realizzare una carta degli elementi a rischio ( $E$ ) sapendo che questi vengono individuati, ai sensi del DPCM 29.09.1998, e classificati in base al danno relativo a:

- l'incolumità delle persone;
- gli agglomerati urbani comprese le zone di espansione urbanistica;
- le aree su cui insistono insediamenti produttivi, impianti tecnologici di rilievo (distributori di benzina, serbatoi di gas), in particolare quelli definiti a rischio rilevante ai sensi di legge;
- le infrastrutture a rete (reti distribuzione idrica, energetica, telefonica; reti di fognatura; reti di trasporto urbano) e le vie di comunicazione di rilevanza strategica anche a livello locale;
- il patrimonio ambientale e i beni culturali, storici, architettonici d'interesse rilevante;
- le aree sede di servizi pubblici (strutture di soccorso - ospedali, vigili del fuoco), e privati, di impianti sportivi e ricreativi, strutture ricettive e infrastrutture primarie.

Anche per questa carta sono state individuate quattro classi ( $E_1, E_2, E_3, E_4$ ) ed in particolare, come si evince dalla L.267/98, nella categoria  $E_4$  sono stati inclusi tutti gli elementi nei quali è ipotizzabile la presenza di persone.

Per quanto riguarda la vulnerabilità, secondo quanto si desume dal DPCM, è stata assunta pari all'unità.

Dalla sovrapposizione, quindi, della carta della pericolosità franosa (Hg) e di quella degli elementi a rischio (E) abbiamo derivato la carta del rischio geologico (Rg) suddiviso anch'esso in quattro classi (Rg<sub>1</sub>, Rg<sub>2</sub>, Rg<sub>3</sub>, Rg<sub>4</sub>).

Nella tabella 5 è riportato il relativo valore di Rg in funzione del corrispondente valore di Hg ed E.

Tabella 5 – Classificazione delle aree a rischio di frana

<b>E<sub>1</sub></b>	Hg <sub>1</sub>	Rg <sub>1</sub>	<b>E<sub>2</sub></b>	Hg <sub>1</sub>	Rg <sub>1</sub>	<b>E<sub>3</sub></b>	Hg <sub>1</sub>	Rg <sub>1</sub>	<b>E<sub>4</sub></b>	Hg <sub>1</sub>	Rg <sub>1</sub>
	Hg <sub>2</sub>	Rg <sub>1</sub>		Hg <sub>2</sub>	Rg <sub>1</sub>		Hg <sub>2</sub>	Rg <sub>2</sub>		Hg <sub>2</sub>	Rg <sub>2</sub>
	Hg <sub>3</sub>	Rg <sub>1</sub>		Hg <sub>3</sub>	Rg <sub>2</sub>		Hg <sub>3</sub>	Rg <sub>3</sub>		Hg <sub>3</sub>	Rg <sub>3</sub>
	Hg <sub>4</sub>	Rg <sub>1</sub>		Hg <sub>4</sub>	Rg <sub>2</sub>		Hg <sub>4</sub>	Rg <sub>3</sub>		Hg <sub>4</sub>	<b>Rg<sub>4</sub></b>

Dalla combinazione dei due parametri (Hg ed E) si può trovare un rischio con il valore massimo solo quando abbiamo una pericolosità franosa e un elemento a rischio pari rispettivamente ad Hg<sub>4</sub> ed E<sub>4</sub>. Nel caso specifico del aree in studio, non si rilevano aree in Rg<sub>4</sub> mentre si segnalano relativamente piccole porzioni di territorio in Rg<sub>3</sub> (vedi Figura 5.1.3).

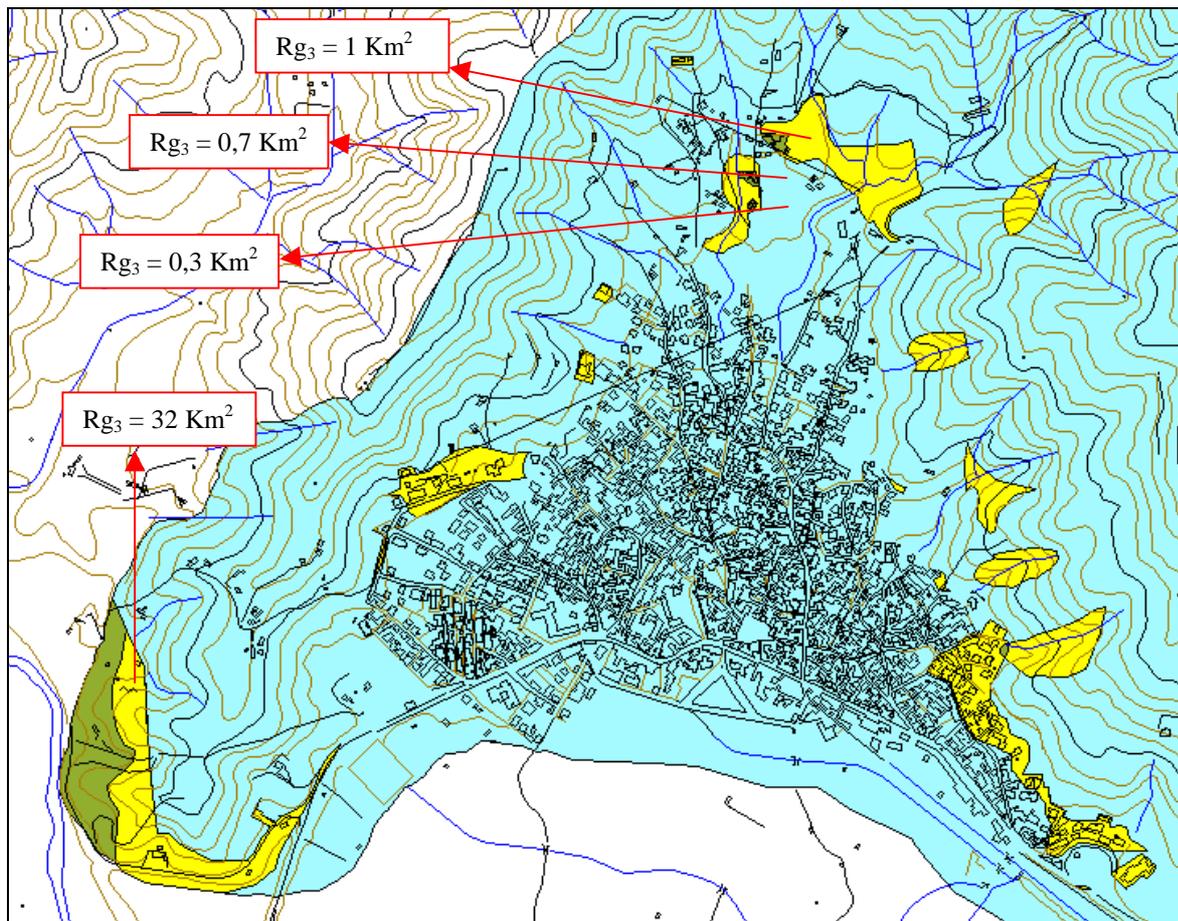


Figura 5.1.3 – Principali aree a rischio Rg<sub>3</sub>

### **5.1.2 Aree a Rischio di frana**

Per dette aree sono indicati i seguenti indirizzi per la definizione delle norme di salvaguardia.

a) Aree a rischio molto elevato. In tali zone sono consentiti esclusivamente:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria così come definiti alla lettera a) dell'art. 31 della legge n. 457/1978;
- gli interventi strettamente necessari a ridurre la vulnerabilità degli edifici esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamento di destinazione d'uso che comportino aumento del carico urbanistico;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche o di interesse pubblico;
- tutte le opere di bonifica e sistemazione dei movimenti franosi.

b) Aree a elevato rischio. Oltre agli interventi ammessi per l'area a), sono consentiti esclusivamente:

- gli interventi di manutenzione straordinaria, restauro, risanamento conservativo, così come definiti alle lettere b) ed e) dell'art. 31 della legge n. 457/1978, senza aumento di superficie o volume, interventi volti a mitigare la vulnerabilità dell'edificio;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti unicamente per motivate necessità di adeguamento igienico-sanitario.

Le misure di salvaguardia suddette, tuttavia, dovranno essere inquadrare in un più ampio impianto normativo mirante da un lato alla disciplina delle aree soggette a rischio idrogeologico secondo opportuni programmi di attuazione degli interventi, dall'altro provvedere idonee direttive e vincoli per le aree pericolose al fine di predisporre un sistema di prevenzione adeguato alle situazioni specifiche del territorio.

### **5.2 Attività connesse alla pericolosità idraulica**

Le attività sono state condotte partendo dagli elaborati risultanti dal Piano di Assetto Idrogeologico - Perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e relative misure di salvaguardia (Legge 267/1998) ed apportando le necessarie modifiche, in ottemperanza con le "Linee Guida" della RAS.

Il territorio nel quale ricade l'area in studio fa parte dei Sub Bacini **7** Flumendosa-Campidano-Cixerri e **6** Sud-Orientale (deliberazione 30.10.1990 n. 45/57 della Giunta Regionale).

L'abitato di Villaputzu è interessato, idrograficamente, dal tratto terminale del fiume Flumendosa, che sfocia dopo qualche chilometro nel mar Tirreno, immediatamente a sud di Porto Corallo. Il settore nord del territorio comunale è invece attraversato dal rio Flumini Durci (o Rio di San Giorgio) anch'esso sfociante nel Tirreno, a sud degli stagni di Murtas.

### **5.2.1 Aspetti metodologici per la individuazione della pericolosità idraulica**

Si descrivono sinteticamente le indagini svolte, gli elementi raccolti, le considerazioni sviluppate e le conclusioni cui si è pervenuti relativamente al Rischio Idraulico.

Si è partiti dalla elaborazione del modello digitale del terreno utilizzando la Carta Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:10.000 in 3D implementata con dati di maggiore dettaglio estrapolati dalle carte aerofogrammetriche o da rilievi puntuali.

Grazie alla cartografia digitale si è estrapolato il relativo modello del terreno denominato DEM (Digital Elevation Model) che ha consentito di ricostruire fedelmente la morfologia del terreno.

### **5.2.2 Rischio Idraulico**

Secondo la notazione usuale, il Rischio Idraulico,  $R_i$ , è definito come il prodotto di tre fattori secondo l'espressione:

$$R_i = H_i E V$$

$R_i$  = rischio idraulico totale, quantificato secondo 4 livelli ( $H_{i1}$ ,  $H_{i2}$ ,  $H_{i3}$ ,  $H_{i4}$ );

$H_i$  = pericolosità (natural Hazard) ossia la probabilità di superamento della portata al colmo di piena; in accordo al DPCM 29/09/98 è ripartita in 4 livelli, pari a 0.02, 0.01, 0.005, 0.002, che corrispondono ai periodi di ritorno (T) di 50, 100, 200 e 500 anni (Tabella 6);

E = elementi a rischio; ai sensi del citato DPCM, sono costituiti da persone e cose suscettibili di essere colpiti da eventi calamitosi;

V = vulnerabilità intesa come capacità a resistere alle sollecitazioni indotte dall'evento e quindi dal grado di perdita degli elementi a rischio E in caso del manifestarsi del fenomeno.

*Tabella 6 Relazione tra pericolosità, frequenza e periodo di ritorno nei fenomeni di piena*

Pericolosità		Frequenza (1/T)	Periodo di ritorno (T anni)
<b>Hi1</b>	bassa	0.002	500
<b>Hi2</b>	moderata	0.005	200
<b>Hi3</b>	alta	0.010	100

<b>Hi4</b>	Molto alta	0.020	50
------------	------------	-------	----

Al fine di uniformare la rappresentazione dei risultati, si è cercato di quantificare numericamente sia il rischio totale, R, che gli elementi a rischio interessati, E, associando alla classificazione qualitativa definita riportata nel DPCM 29/09/98 opportuni valori numerici.

### ***5.2.3 Individuazione e perimetrazione delle Aree a Rischio Idraulico***

Sebbene tali temi esonerino dalla presente convenzione, è stato ritenuto opportuno inserirle per rendere più chiari i concetti esposti più avanti.

L'individuazione delle aree a rischio è operata secondo la seguente articolazione:

1. individuazione dei tronchi critici del reticolo idrografico;
2. delimitazione delle aree inondabili di ciascun tronco critico e loro intersezione con elementi a rischio.

L'individuazione dei tronchi critici, è condotta in base a diversi criteri quali:

- l'analisi storica delle inondazioni;
- l'analisi geomorfologica dell'area e dell'alveo;
- le intersezioni delle infrastrutture viarie e ferroviarie con il reticolo idrografico;
- la considerazione di aree di pregio adiacenti al reticolo idrografico;
- la presenza di dighe.

Per ciascuno tronco si procede prima alla stima delle portate di piena relative ai quattro livelli di pericolosità Hi definiti per i differenti periodi di ritorno e quindi alla verifica idraulica, che, in caso di insufficiente capacità di smaltimento, ha condotto all'individuazione delle aree allagabili per ciascun livello di pericolosità.

Le aree inondabili sono quindi suddivise in:

- area a molto alta probabilità di inondazione, se allagabile con portata con tempo di ritorno minore uguale a 50 anni;
- area ad alta probabilità d'inondazione se allagabile con portata con tempo di ritorno minore o uguale a 100 anni;
- a moderata probabilità d'inondazione se allagabile con portata con tempo di ritorno minore o uguale a 200 anni;
- aree a bassa probabilità d'inondazione se allagabile con portata con tempo di ritorno minore o uguale a 500 anni.

Le aree a Rischio Idraulico sono quindi ricavate della sovrapposizione delle aree allagabili con gli elementi a rischio.

E' bene precisare che le aree non ricadenti nelle perimetrazioni delle Hi e delle Ri, sono comunque assoggettate a verifica di pericolosità secondo le procedure di cui alla L.267/98. Valgono in ogni caso le disposizioni di cui alla L. 64/74.

#### **5.2.4 Misure di salvaguardia**

Le misure di salvaguardia derivano dalle dirette disposizioni del DPCM per le singole classi d'area a rischio.

Nelle aree a rischio il regime dei vincoli, di seguito riportato, deve intendersi fin tanto che non vengano attuate le possibili azioni di mitigazione per la riduzione della pericolosità o per l'eventuale delocalizzazione degli elementi a rischio presenti.

#### **5.2.5 Aree a Rischio idraulico**

Per dette aree sono indicati i seguenti indirizzi per la definizione delle norme di salvaguardia.

a) Aree a rischio molto elevato - In tali aree sono consentiti esclusivamente:

- gli interventi idraulici volti alla messa in sicurezza delle aree a rischio, approvati dall'Autorità idraulica competente, tali da migliorare significativamente le condizioni di funzionalità idraulica, da non aumentare il rischio di inondazione a valle e da non pregiudicare la possibile attuazione di una sistemazione idraulica definitiva. Sono altresì consentiti i seguenti interventi a condizione che essi non aumentino il livello di rischio comportando significativo ostacolo al deflusso o riduzione apprezzabile della capacità di invaso delle aree stesse e non precludano la possibilità di eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio:
- gli interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, così come definiti alle lettere a), h) e c) dell'art. 31 della legge n. 457/1978, e senza aumento di superficie o volume, interventi volti a mitigare la vulnerabilità dell'edificio;
- la manutenzione, l'ampliamento o la ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico riferiti a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture parimenti essenziali, purché non concorrano ad incrementare il carico insediativo e non precludano la possibilità di attenuare o eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio, e risultino essere

comunque coerenti con la pianificazione degli interventi d'emergenza di protezione civile.

b) Aree a elevato rischio - In tali aree sono consentiti esclusivamente:

- interventi di cui alla precedente lettera a) nonché quelli di ristrutturazione edilizia, a condizione che gli stessi non aumentino il livello di rischio e non comportino significativo ostacolo o riduzione apprezzabile della capacità di invaso delle aree stesse ovvero che le superfici destinate ad uso abitativo o comunque ad uso economicamente rilevante siano realizzate a quote compatibili con la piena di riferimento;
- interventi di ampliamento degli edifici esistenti unicamente per motivate necessità di adeguamento igienico-sanitario, purché siano compatibili con le condizioni di rischio che gravano sull'area. A tal fine i progetti dovranno essere corredati da un adeguato studio di compatibilità idraulica;
- manufatti che non siano qualificabili quali volumi edilizi purché siano compatibili con le condizioni di rischio che gravano sull'area.

c) I progetti relativi agli interventi ed alle realizzazioni in queste aree dovranno essere corredati da un adeguato studio di compatibilità idraulica che dovrà essere confrontato con i dati e le perimetrazioni riportate nel piano preliminarmente all'ottenimento dell'approvazione dell'Autorità idraulica competente.

d) Ogni nuovo intervento sul territorio, sia esso di pianificazione urbanistica, di infrastrutturazione, di pianificazione territoriale nonché tutti gli interventi di trasformazione fondiaria non dovranno incrementare i livelli di rischio idrogeologico né direttamente né indirettamente.

#### ***5.2.6 Commenti sulla scheda B7fl\_SCHEDA\_INTERV\_PIENE - Monografia 2 - Villaputzu***

Nonostante i ripetuti download dal sito regionale, tale scheda non risulta essere stata eliminata.

Nella scheda in esame, vengono esaminate le criticità del bacino idrografico in cui risiede l'abitato di Villaputzu e in particolare riguarda i fenomeni legati a:

- a) Alcuni corsi d'acqua provenienti dai ripidi versanti prospicienti la periferia nord del paese.
- b) Il Canale Sulis recettore delle acque derivanti da numerosi compluvi

Nella scheda citata, vengono riportata la “*Stima della portata al colmo ad assegnato periodo di ritorno*”

Sono state prese in esame ai fini del calcolo delle portate al colmo alcune sezioni ritenute rilevanti.

Nel caso specifico, le portate di verifica considerate per quanto riguarda i compluvi che confluiscono nel centro abitato e quindi nel canale acque alte sono:

B7fITC048

Sezione (coordinate Gauss-Boaga E,N): 1549320 4365640

Tempo di ritorno	50	100	200	500
<i>Q</i> verifica (m <sup>3</sup> /s)	14.9	18.3	21.7	26.5

B7fITC 049

Sezione (coordinate Gauss-Boaga E,N): 1549840 4365520

Tempo di ritorno	50	100	200	500
<i>Q</i> verifica (m <sup>3</sup> /s)	2.2	2.7	3.2	4.0

La pericolosità maggiore deriva dal fatto che Villaputzu occupa aree di pertinenza dei torrenti provenienti dalle colline alle sue spalle, quindi, non può che ricevere il deflusso di questi corsi d'acqua, prima che venga incanalato nel Canale Sulis, canale che non può di conseguenza proteggere la città.

Nella scheda vi è una “*descrizione sintetica del problema idraulico*” che viene riportata integralmente qui di seguito, sottolineandone l’attuale validità.

“Alcuni corsi d'acqua provenienti dai ripidi versanti prospicienti la periferia nord del paese determinano frequenti allagamenti all'interno del centro abitato, in conseguenza dei tempi di corrivazione elevati e della mancanza di idonee opere di intercettazione e regimazione a monte, nonché di adeguate canalizzazioni fognarie interne all’abitato stesso.

Data la natura dei fenomeni descritti la perimetrazione delle aree a rischio di “*esondazione*” risulta, in questo caso, complessa per il fatto che il deflusso idrico, attraversando un centro abitato, risulta alterato rispetto ai percorsi idrici naturali, mentre segue dinamiche estremamente più complesse di quelle indicate nella metodologia adottata nella restante parte dello studio.

In questa scheda si definiscono le problematiche idrauliche che riguardano il singolo centro abitato e le relative misure di mitigazione, salvo adottare nella cartografia dello studio una campitura che definisse le aree “potenzialmente” interessate da fenomeni di deflusso superficiale proveniente dai citati compluvi non regimati che fatalmente interessa tutto il centro abitato sottostante i compluvi. Il significato dell’attribuzione del colore alla campitura uguale a quello che definisce le aree a rischio di esondazione pari a 50 anni deriva dalla semplice considerazione che, non essendo regimati, potenzialmente ad ogni pioggia significativa che superi le limitate capacità di conferimento della rete fognaria cittadina delle acque bianche i citati compluvi possono determinare esondazioni e recare danni; fatto questo che ritrova riscontro sia presso l’amministrazione comunale, sia presso gli enti territoriali competenti.

Il Canale Sulis è il recettore delle acque derivanti dai numerosi compluvi che attraversano l'abitato e che sono in parte già stati canalizzati. Il Canale si immette nel Flumendosa, nella periferia est del centro abitato, nella zona del depuratore. In concomitanza dell'innalzamento del livello idrico del Flumendosa, va soggetto a periodiche esondazioni, il rigurgito delle piene del Flumendosa provoca infatti l'allagamento dei quartieri meridionali, talvolta fino alla Piazza Municipio. Tale fenomeno è conseguenza dello stato di abbandono delle vecchie paratoie di intercettazione della acque del canale.” Dalla medesima scheda emerge che il l’area dell’abitato di Villaputzu ricade nella **priorità di intervento (rischio R4)**.

Da tale scheda è stato possibile risalire alle campiture presenti nella cartografia del PAI ma che forse per un errore tecnico, non sono state riempite.

Da tale lavoro è stato elaborata la cartografia del rischio idraulico dell’abitato di Villaputzu.

## Conclusioni

Nella presente relazione, come accennato nella premessa, si è cercato di tener conto delle molteplici caratteristiche del territorio comunale di Villaputzu, non solo dal punto di vista tecnico, con informazioni essenziali per i tecnici, ma anche da un punto di vista più vasto, che possa permettere di individuare punti utili ad eventuali iniziative culturali, turistiche, agricole, ecc. per uno sviluppo sostenibile del territorio. Sebbene una parte significativa del territorio comunale non sia stata presa in considerazione in questo studio, perché parte delle aree militari, in cui non è permesso svolgere alcun tipo di rilievo, il territorio comunale di Villaputzu presenta peculiarità specifiche di alto pregio che, anche attraverso indagini più accurate che dovranno essere auspicabilmente pianificate, come una caratterizzazione geochimica del territorio, potrebbero essere valorizzate per un più sensibile sviluppo dell'area attraverso, ad esempio, la produzione di colture o allevamenti certificati.

A parte questi aspetti, di non certo secondaria importanza, ritornando allo scopo della presente relazione, si sottolinea l'estrema attenzione che si dovrebbe porre sui sistemi fluviali presenti nel territorio comunale. In particolare, il Rio Flumendosa dovrebbe essere costantemente monitorato e il suo corso e le sue rive dovrebbero essere oggetto di attenta manutenzione evitando modifiche, anche di piccola entità, del suo corso e intervenendo sulla pulizia dell'alveo che dovrebbe essere costante e svolta con perizia, evitando di lasciare che elementi anche naturali impediscano il tranquillo deflusso delle acque. Naturalmente questo punto è da estendere a tutte le aste fluviali. Il lavoro sul campo e i dati raccolti mostrano un sistema potenzialmente ad alto rischio, sia per la possibilità, per quanto remota, di Dam Crack delle dighe dei bacini a monte (Lago medio Flumendosa e Lago Mulargia), sia per eventi cosiddetti eccezionali che, a causa dei cambiamenti climatici in corso, anche se ancora non ben percepiti nell'area del Mediterraneo, potrebbero presentarsi in maniera traumatica nel territorio. Per quanto riguarda il Rio di Quirra, valgono le stesse raccomandazioni fatte per il Rio Flumendosa, a cui si aggiungono, però, le criticità di carattere geochimico causate sia dai lavori minerari (ad esempio, Baccu Locci) sia per i tenori *naturalmente* elevati di alcuni elementi tossici presenti nelle litologie all'interno del suo bacino idrografico.

Dal punto di vista del rischio franoso, anche in questo caso esistono delle aree esposte a rischio, principalmente per le caratteristiche litologiche del territorio ma esistono anche altri fattori da considerare, che variano nel tempo e che dipendono soprattutto da attività umane, ad esempio per le aree interessate da incendi. In questi siti è ormai noto che l'arrivo di precipitazioni, che abbiamo visto essere sempre più improntate a fenomeni di rovesci improvvisi e violenti, a causa dei cambiamenti climatici in atto, possono creare situazioni ad alto rischio con la comparsa di fenomeni di instabilità. Tuttavia, a seconda dell'area, della

litologia, della morfologia e del grado di alterazione delle litologie, dovuto soprattutto alla presenza di solfuri, anche aree apparentemente stabili possono diventare instabili a causa di interventi antropici anche di modesta entità, come la realizzazione di strade. Si consiglia, pertanto, che qualunque intervento sul territorio sarà pianificato in futuro debba essere prima studiato anche dal punto di vista giacimentologico e mineralogico-petrografico, in modo da garantire la sicurezza ai massimi livelli.

I cenni sulla situazione geochimica del territorio comunale, sebbene fornisca una panoramica parziale, soprattutto grazie ai dati bibliografici, permette di identificare aree in cui è auspicabile un intervento di caratterizzazione più di dettaglio, anche alla luce dei recenti avvenimenti, affinché siano ben definiti e delimitati i territori particolarmente compromessi in cui poter sviluppare attività industriali che non necessitino di frequenti interventi umani quali, ad esempio, campi fotovoltaici, che avrebbero il doppio pregio di fornire energia elettrica sfruttando territori altrimenti inutilizzabili. Tuttavia è da sottolineare che recenti studi in campo geoepidemiologico permetterebbero lo sviluppo, in alcune aree apparentemente compromesse, di particolari tipi di attività agricola, con alte ricadute sul territorio, poiché sarebbero di elevata qualità e garantite dagli studi di caratterizzazione sopra citati.

## Bibliografia

- 1) Agency For Toxic Substances And Disease Registry (2004) Toxicological profile for copper. U.S. Department of Health and Human Service.
- 2) Agency For Toxic Substances And Disease Registry (2005) Toxicological profile for zinc. U.S. Department of Health and Human Service.
- 3) Anginoni F. (2002) Tossicità dei metalli non ferrosi. Corso di Metallurgia dei metalli non ferrosi. Università degli Studi di Trento.
- 4) Angius V., Casalis G. (1856) - *La Sardegna Paese per Paese*. In *Dizionario Angius/Casalis*, Volumi: 1, 9, 14, 18. Ristampa 2004. La Biblioteca dell'Identità. L'Unione Sarda. Cagliari. Mondatori Printing, Cles (TN).
- 5) Anonimo, (1872) - *Itinerario Generale dell'Isola di Sardegna*.
- 6) Autori Vari, (1983 a) - *La Provincia di Cagliari. Ambiente storia cultura*. Silvana Editoriale, Cagliari.
- 7) Arda F., Marredda L., Scintu C., Vernier A. (2004) – Il dissesto idrogeologico del bacino del rio Pibilia (Sardegna sud-orientale). Atti del IVe Congrès International Environnement et Identité en Méditerranée, Corte (Corsica, Francia), 19-25 Juillet 2004, volume I, pp. 199-207.
- 8) Balia R., Gavaudo E., Arda F., Ghiglieri G. (2003) – “Geophysical approach to the environmental study of a coastal plain”, *Geophysics*, vol. 68, n°5, pp.1-14.
- 9) Arda F., Vernier A. (2003) – Caratteristiche di erodibilità di alcuni litotipi dei bacini montani del Sarrabus, Sardegna sud-orientale, ai fini di una corretta valutazione del dissesto idrogeologico. C.N.R., Contratto n. 00.00483.PF42, Gruppo Nazionale per la Difesa

dalle Catastrofi Idrogeologiche, Pubblicazione n° 2662. Conservazione dell'ambiente e rischio idrogeologico, 11–12 dicembre 2002, Assisi, pp. 344-351.

10) Arda F., Balia R., Barbieri G., Barrocu G. Gavaudo E., Ghiglieri G., (2002) – Recent developments in hydrogeological and geophysical research in the Muravera coastal plain (SE Sardinia, Italy). 17° Salt Water Intrusion Meeting, Delft (Olanda) 6-10 maggio 2002, pp. 456-460.

11) Arda F., Ghiglieri G., Sanna F., Trudu C., Vernier A. (2002) – Applicazione GIS per la determinazione della propensione al dissesto idrogeologico del bacino del Rio Uri (Sardegna sud-orientale). C.N.R., Contratto n. 00.00483.PF42, Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, Pubblicazione n° 2588. 6a Conferenza Nazionale ASITA, Geomatica per l'Ambiente, il Territorio e il Patrimonio Culturale, Perugia (Italia), pp. 167-173.

12) Arda F. & Barbieri G. (2000) - Aquifer configuration and possible causes of salination in the Muravera plain (SE Sardinia, Italy). Atti del 16° Salt Water Intrusion Meeting, Miedzzydroje (Polonia), pp.11–18, vol. 80.

13) Arda F., Balia R., Barbieri G., Barrocu G. Gavaudo E., Ghiglieri G., Vernier A. (2000) – Geophysical and hydrogeological study of a coastal plain affected by salt water intrusion – The Annual Meeting of The Environmental and Engineering Geophysical Society, 20-24 febbraio, Crystal City Hyatt, Arlington (USA), pp. 223-231.

14) Arda F., Barbieri G., Barrocu G. (1996) - “Gli acquiferi costieri della piana di Muravera”. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 549 – Muravera, Servizio Geologico d'Italia, pp. 111-116.

15) Autori Vari, (1983 b) - *La Provincia di Cagliari. I comuni*. Silvana Editoriale Cagliari.

- 16) Autori vari (1988) *Enciclopedia Medica Italiana*. USES Edizioni Scientifiche Firenze.
- 17) Bakos F. (1968 a) - *Osservazioni geologico - minerarie sul giacimento molibdenite e wolframite di Perda Maggiore (Sardegna Sud Orientale)*. *Rendiconti Associazione Mineraria Sarda* A LXXIII n.8, pp 5 – 66, Iglesias.
- 18) Bakos F. (1968 b) - *Le mineralizzazioni fluoritiche di Is Crabus - Sarrabus (Sardegna sud orientale)*. *Atti della Giornata di studio “ Le fluoriti italiane”* C.3/2, Torino.
- 19) Bakos F., Carcangiu G., Fadda S., Mazzella A., Valera R., (1986) - *La mineralizzazione aurifera di Baccu Locci (Sardegna sud/orientale)*. *Nota preliminare. Rendiconti Associazione Mineraria Sarda - A XCIII n.1*, pp 5 – 10, Iglesias
- 20) Bakos F., Carcangiu G., Fadda S., Mazzella A., Valera R. (1988) - *The Au - Ag - As - Fe - Cu - Pb - Zn - Sb - W paragenesis of Baccu Locci (SE Sardinia): an example of multistage evolution from a protore of volcano - sedimentary origin*. *Zuffar’ Days*, pp 5 – 8, Cagliari.
- 21) Bakos F., Garbarino C., Mazzella A., Valera R.G., Pani E. (1991) *Mineral association in the Sarrabus, SE Sardinia, Italy, gold - silver lode and its genetic relevance*. *Brazil Gold ‘91* -pp 515 – 522, E.A. Ladeira - Belo Horizonte
- 22) Bakos F., Carcangiu G., Fadda S., Mazzella A., Valera R. (1994) - *The gold mineralization of Baccu Locci (Sardinia, Italy): origin, evolution, and concentration processes*. *Terra Research - Terra Nova* 2, pp 232 – 237.
- 23) Barca S., Carmignani L., Eltrudis A., Gattiglio M., Pala L. (1992) - *Relationships between foredeep deposits and hercynian nappe building in Southeastern Sardinia (Italy)*. *Contributions to the geology of Italy - A volume dedicated to T: Cocozza Newsletter* Vol.5, pp 45 – 49, Siena.
- 24) Biste M. (1977) - *Stratabaund polymetallic and F-Ba deposits of the Sarrabus Gerrei region (SE Sardinia)*. In *Report: the ipothermal Cu-As mineralization with occur of Wolframite Scheelite*. *N. Jb. Miner. Mh.* pp 548 – 558, Stuttgart.

- 25) Boi M., Brotzu P., Maxia M., Salvadori I., Valera R. (1982) - *The vein deposit of Monte Genis (S - E Sardinia). In the framework of Sardinian; F - Ba Mineralizations*. Bull. du B.R.G.M. pp 303 – 307 Orleans.
- 26) Brigo L., Ferrario A., Marcello A., Natale P., Omenetto P., Padalino G., Salvadori I., Tocco S., Uras I., Valera R., Zucchetti S., Zuffardi P. (1982) - *Gites filoniens Pb, Zn, F, Ba de basse temperature du domaine varisque d'Italie. Bulletin du B.R.G.M. S.2, n.2* pp 195 – 206, Orleans.
- 27) Calvino F. (1957) - *Relazione preliminare sul rilevamento geologico del 1954 in Sardegna (Foglio 227 - Muravera) - Bollettino Servizio Geologico d'Italia, LXXVI*, pp 439 – 443, Roma.
- 28) Calvino F. (1961) - *Mineralizzazioni filoniane di età alpina in Sardegna. Barite di Santoru e fluorite di Monte Cardiga. Rendiconti Associazione Mineraria Sarda, A LXV n° 8*, pp 1 – 22, Iglesias.
- 29) Calvino F. (1965) - *I basaltici Riu Gironi (Villaputzu). Nuova manifestazione di vulcanismo recente presso la costa orientale sarda. La Ricerca Scientifica, Anno 35, serie 2, parte II - A, vol. 8 n° 5*, pp 1218 – 1243, Roma.
- 30) Calvino F. (1967) - *Foglio 227 - Muravera. Note descrittive della Carta Geologica d'Italia*, pp 1 – 60, Servizio Geologico d'Italia, Roma.
- 31) Cantoni A. (1884) - *Relazione sul permesso minerario "Monte Is Crabus"*. pp 1 – 12.
- 32) Corona F. (1894) - *Guida dell'Isola di Sardegna*
- 33) Carmignani L., Cortecchi G., Dessau G., Duchi G., Oggiano G., Pertusati P.C., Saitta M. (1978) - *The antimony and tungsten deposit of Villasalto in South - Eastern Sardinia and its relationship with hercynian tectonics. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt.*, pp 163 – 188.

- 34) Carmignani L. (2001) - *Note illustrative della Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 549 - Muravera*. Servizio Geologico d'Italia, Roma
- 35) Cavarretta G., Patera, Spadoni M. (2002) *Geochemical Mapping of Stream Sediments in the Mignone River Basin (Italy) Using the Sample Catchment Basin Technique*. Proc. SWEMP 2002, R.Ciccu (Ed.), Cagliari., Italy, pp.175-180.
- 36) Coccozza T. Decandia F.A. Marcello A. Pretti S. Salvadori I. Uras I, Valera R. (1986) - *Geo - tectonic evolution of the Sardo - Corsican massif and metallogeny of Sardinia*. *Schriftenreihe der Erdweissen.... band 8*, pp 164 – 174, Vienna.
- 37) Camera dei Deputati (1911)- Commissione Parlamentare di Inchiesta sulla Condizione degli Operai delle Miniere di Sardegna - Atti della commissione. Volume IV. Tipografia della. Roma.
- 38) Cortecci G., Oggiano G. (1983) - Studio genetico di un affioramento di barite sinsedimentaria nel Siluriano. Atti Società. Toscana. Scienze. Naturali. Memorie Servizio. A 90 - 262 - 274. Pisa.
- 39) Dessau G. (1956) - *Cenni sul giacimento di tungsteno e molibdeno di Pedra Majori (Sardegna)*. *Bollettino. Società Geologica Italiana*, 75, pp 239 - 251
- 40) De Castro C. (1890) - *Descrizione geologico - mineraria della zona argentifera del Sarrabus (Sardegna)*. In *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia*, 5, 68, Servizio Geologico d'Italia. Roma.
- 41) De Vivo B., Boni M., Marcello A., Costabile S., Di Bonito M., Russo A. (1999) *Cartografia geochimica della Sardegna*. In: *Cartografia Geochimica Ambientale: primi esempi di applicazione: Calabria, Monti Peloritani, Sardegna, Toscana Meridionale*. De Vivo, Riccobono, Sabatini Memorie Serv. Geol. Ital. Mem. Descr. Carta Geologica d'Italia. Servizio Geologico, Vol. LVII. pag 97-106. Roma.
- 42) Di Gennaro A., Quagliariella, Acsiano F. (1974) - *Antimonpearceite di Serra S'Ilixi (Sarrabus)*. *Rendiconti Società Italiana Mineralogia e Petrologia*, XXX, Fasc. II, pp 1193 – 1199, Milano.

- 43) Fadda S., Fiori M., Grillo S.M., Manca M.G, Marcello A., Matzuzzi C., Pretti S. (1996) *Influenza della vecchia attività mineraria nel bacino del Flumendosa e sui contenuti di metallo nei sedimenti del lago Mulargia*. Congresso Centenario Associazione Mineraria Sarda, pp 149, Iglesias.
- 44) Fadda S., Fiori M., Grillo S.M., Marcello A., Pretti S., Valera P. (2002) *Heavy metal pollution risks after mining activity in the Rio Flumendosa basin, Sardinia, Italy*. Geological Survey of Namibia (ed), 11th Quadrennial IAGOD Symposium and Geocongress 2002 - July 2002 Windhoek, Namibia (ext. abstracts - in CD).
- 45) Ferrero A. (1897) - *Sulla regione antimonifera del Gerrei*. *Rendiconti Associazione Mineraria Sarda*, 2, pp 8 – 11, Iglesias.
- 46) Fiori M., Pretti S., Uras I. (1988) - *L'oro nella metallogenesi sarda. L'industria mineraria*, 4, pp 1 – 8, Roma.
- 47) Fiori M., Grillo S.M., Pretti S., Uras I., Marcello A., Sanna M. (1988) - *Behaviour of silver in different types of mineralization, Sardinia, Italy: record of a geochemical reconnaissance. Conference "Silver - exploration, mining and treatment"*, pp 111 - 127 Mexico City.
- 48) Fiori M., Grillo S.M., Marcello A., Pretti S., Vacca S., Muntau H. (1992) *Metal pollution in sediments from lake Mulargia, Sardinia-Italy*. V.M. Goldschmidt Conference 8-10 maggio - Reston (Virginia) USA
- 49) Fiori M., Grillo S.M., Marcello A., Pinna D., Pretti S. (2001) *Heavy metals pollution of natural origin in the Rio Norizzi basin (Southwestern Sardinia, Italy). The As aspect*. Proceedings of the Tenth International Symposium on Water-Rock Interaction WRI-10 Villasimius/Italy 10-15 July- Vol. 2. pag. 1091-1094
- 50) Gattiglio M., Oggiano G. (1992) - *Stratigraphical and structural outline of the riu Gruppa tectonic Unit (southeastern Sardinia): Contributions to the geology of Italy – in A volume dedicated to T. Coccozza – Newsletter*, 5, pp 143 – 146, Siena

- 51) Grammaccioli C.M., Campostrini I., Demartin F., Pilati T. (1966) - *Presenza di nuove interessanti specie mineralogiche in Sardegna. Congresso centenario Associazione Mineraria Sarda*. Sessione 3, pp 217 – 225, Iglesias.
- 52) S. M. Grillo, A. Mazzella, F. Melis, R. Porcu, S. Pretti, S. Rivoldini, I. Uras, G. Carcangiu, S. Fadda, M. Fiori, M. Paolomba, C. Marini (1986) *Mineralizzazioni a solfuri associate alle vulcaniti terziarie della Sardegna – Nota I: primi risultati della prospezione dell'area di Perdaxius*. Rendiconti Società Italiana di Mineralogia e Petrografia, 41 (2), 369 - 383
- 53) Istituto Geografico Militare Italiano (1994) - *Foglio n° 549 Muravera*. Serie 50 Edizione I. Firenze
- 54) Introzzi P. (1991) *Trattato di medicina Interna - Parte undicesima: malattie professionali intossicazioni*. USES Edizioni Scientifiche Firenze.
- 55) L. Maccioni, M. Marchi, G. Padalino, S. Pretti (1992) *Preliminary geochemical exploration in semiarid climate: the case of a porphyry – type occurrence in Sardinia (Italy)*. *Journal of Geochemical Exploration*, 42, Elsevier Science Publishers B.V., pp 261-272
- 56) Manca M.G., Matzuzzi C., Muscas F., Valera P. (2003) *Example of Geochemical Environmental Cartography: Sheet IGMI 546 - Guspini In Scale 1: 50.000*. Proceedings of the 4th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information System, June 17th/20th Bologna, Italy. Vol. II, pag. 651
- 57) Marcello A. (1968) - *Bibliografia geomineraria del Cambrico - Ordoviciano inferiore della Sardegna*. pp. 251 Stabilimento Editoriale Fossataro, Cagliari.
- 58) Marcello A., Mazzella A., Pretti S., Valera P., Fiori M. (2005) *Sedimenti fluviali (stream sediments) e suoli: analisi delle correlazioni esistenti fra le due tipologie di campioni. Primi risultati*. Rendiconti Associazione Mineraria Sarda A CX, pp 49-57, Iglesias.
- 59) Marcello A., Pretti S., Salvadori I. (1974)- *Primi risultati delle ricerche sul terreno effettuate nell'ambito del Programma Generale avviato dall'EMSA*. *Notiziario Tecnico Economico Ente Minerario Sardo*, II/2, Cagliari.

- 60) Marcello A., Pretti S., Salvadori I. (1978 a) *Le prospezioni geominerarie in Sardegna: la prospezione geochimica strategica*. Boll. Servizio Geologico d'Italia V.99 277-310 Roma.
- 61) Marcello A., Pretti S., Salvadori I. (1978 b) *Le prospezioni geominerarie in Sardegna. La prospezione geochimica tattica*. Notiziario tecnico-economico dell'Ente Minerario Sardo. N° 3-4. Cagliari.
- 62) Marcello A., Pretti S., Salvadori I., Zuffardi P. (1975) - *Memorie illustrative della Carta Mineraria d'Italia scala 1:1000.000. Cap. IX Sardegna. XIV*, Servizio Geologico d'Italia Roma.
- 63) Marcello A., Pretti S., Salvadori I. (1980) - *La ricerca mineraria in Sardegna. Centro Sud Isolano*. Volume unico, pp 46 – 52, Cagliari.
- 64) Marcello A., Pretti S., Uras I. (1983) - *La barite in Sardegna. L'industria Mineraria*, 5. Roma
- 65) Marcello A., Pretti S., Salvadori I., Uras I. (1989) - *Analisi della situazione e delle prospettive delle risorse minerarie non energetiche a breve e medio termine*. Congresso Internazionale di Geoingegneria "Suolo e sottosuoli", 1.1, Sessione I, II, III, IV, pp 265 – 271, Torino.
- 66) Marcello A., Pretti S., Salvadori I., Uras I. (1994) - *Introduction to the minerogenesis and the economic geology of Sardinia*. In L.Carminiani, C. Grezzo, A. Marcello, P.C. Pertusati, S. Pretti, CA. Ricci, I. Salvadori "16 th General Meeting of the International Mineralogical Association. Guide book to the field excursion: Petrology, geology and ore deposits of the Palaeozoic basement of Sardinia. 37.43.Pisa.
- 67) Masi U., Turi B., Valera R. (1975) - *Composizione isotopica del Quarzo e della Calcite di ganga del "giacimento argentifero" del Sarrabus (Sardegna Sud - orientale) e sue implicazioni genetiche*. Rend. Soc. Italiana di Mineralogia e Petrologia, 31, n.2, pp 467 – 485, Milano

- 68) Olmi F., Rizzo R., Sabelli C., Stara P. (1996) - *Contributo alla conoscenza della storia mineraria e della mineralogia di Parredis (SE Sardegna) con particolare riferimento alla scoperta di rari minerali di alterazione. Rendiconti Associazione Mineraria Sarda*, pp 103 – 110 –Iglesias.
- 69) Mazzella A., Pretti S., Valera R. (1983), *Valutazione dei giacimenti e geostatistica: rischi e prospettive. Industria Mineraria*, 6, 23 – 27
- 70) Mazzella A., Pretti S., Valera R. (1984), *Valutazione dei giacimenti e geostatistica. Industria Mineraria*, 2, 15 – 18
- 71) Pomesano L. (1965) - *Studio geominerario della zona Sarrabus – Gerrei*, Rapporto interno. Dattiloscritto
- 72) Regione Autonoma della Sardegna (2006 a) - *Piano Paesaggistico Regionale. Scheda d'Ambito n° 25 Bassa Valle del Flumendosa*. Cagliari.
- 73) Regione Autonoma della Sardegna (2006 b) - *Piano Paesaggistico Regionale. Scheda d'Ambito n° 24 Quirra*. Cagliari.
- 74) Revello G. (1965) - *Stelle di Blenda e corpi tondi di Cubanite in Pirrotina cataclasata e ricristallizzata a Sa Lilla (Cagliari). Symposium sui "Problemi Minerari della Sardegna"* 369 – 379, Cagliari.
- 75) Salminen, R. (ed.), Batista M.J., Bidoc M., Demetriades A., De Vivo B., De Vos W., Gilucis A., Gregorauskiene V., Halamic J., Heitzmann P., Lima A., Jordan G., Klaver G., Klein P., Lis J., Locutura J., Marsina K., Mazreku A., Mrnkova J., O'Connor P.J., Olsson S., Ottesen R.T., Petersell V., Plant J.A., Reeder S., Salpeteur I., Sandström H., Siewers U., Steenfelt A., Tarvainen T. (2005). *Geochemical atlas of Europe. Part 1: Background information, methodology and maps*. Geological Survey of Finland. Espoo, 525 p.
- 76) Schneider V.H.J. (1972) - *Schichtgebundene NE metall - und F - Ba - lagerstätten im Sarrabus - gerrei - gebiet, se Sardinien. I. Bericht zur Lagerstättenkunde und Geologie N. Jb. Miner. Mh H.12*, pp 529 – 541, Stuttgart.

- 77) Sibbick S.J. (1994) *Preliminary Report on the Application of Catchment Basin Analysis to Regional Geochemical Survey Data*, Northern Vancouver Island (NTS 92L/03,04,05 and 06), Geologic Fieldwork 1993, Grant B.& Newell J.M. (Eds), B.C. Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources, Paper 1994-1, pp. 111-117
- 78) Toso P. (1897) - *Note sul giacimento di antimonite Su Suergiu. Rendiconti Asssociazione Mineraria Sarda*, 2, pp 11 - 15. Iglesias.
- 79) Touring Club Italiano (1961) - *Guida d'Italia – Sardegna*.
- 80) Traverso G.B. (1898) - *Embolite di Brecca (S.Vito). Rendiconti Associazione Mineraria Sarda*, 1, pp 10, Iglesias.
- 81) Traverso G.B. (1898) - *Sarrabus e i suoi minerali. Note descrittive sui minerali del Sarrabus facenti parte della collezione dei minerali italiani presso il Museo Civico di Genova*. Pp. 72 Tip. Sasoldi. Alba.
- 82) Traverso S. (1881) - *Giacimenti e minerali d'argento del Sarrabus. Annali Museo Civico Storia Naturale Genova*, 16, pp 493 – 522, Genova.
- 83) Traverso S. (1890) - *Nota sulla geologia e sui giacimenti argentiferi del Sarrabus*. Editore Fratelli Casanova. Torino
- 84) Valente R. Malsani M.G. (1992) *Dizionario Medico Larousse*. Editrice SAIE
- 85) Valera P., (2005) - Distribuzione dei metalli pesanti nel reticolo idrografico della Sardegna: risultati e prospettive d'indagine. In: WAU: I Workshop degli Assegnisti UNICA - XV Settimana della Cultura Scientifica e Tecnologica, 16, 17 e 18 Marzo 2005, pp 187, Cittadella Universitaria di Monserrato, Cagliari.
- 86) Valera P., (2005) - *Paolocon: un software per la cartografia tematica in tre dimensioni*. In: WAU: I Workshop degli Assegnisti UNICA - XV Settimana della Cultura Scientifica e Tecnologica, 16, 17 e 18 Marzo 2005, pp 187, Cittadella Universitaria di Monserrato, Cagliari.

- 87) Valera R. (1966 a) - *Considerazioni sul campo di frattura del “filone argentifero” del Sarrabus (Sardegna Sud - Orientale)*. *Rendiconti Associazione Mineraria Sarda*, A.71, n.7, pp 72 – 83, Iglesias.
- 88) Valera R. (1966 b) - *Le mineralizzazioni del Sarrabus - nota I: Sa Terra Mala*. *Rendiconti Associazione Mineraria Sarda*, A.72, n.7, pp 49 – 77, Iglesias.
- 89) Valera R. (1971) Sarrabus – *Relazione sulle prospettive geominerarie nel settore della fluorite*. Rapporto interno, Cagliari
- 90) Valera R., Pretti S. (1970) - *Le mineralizzazioni del Sarrabus (Sardegna Sud - orientale) - nota III: Tuviois*. *Rendiconti Associazione Mineraria Sarda*, A 75 n.4, pp 3 – 41, Iglesias.
- 91) Valera R. (1972 a) - *Mineralizzazioni a Fluorite del Sarrabus (Sardegna Sud - orientale)*. *Nota I: Il giacimento argentifero*. *Atti della Giornata di studio “ Le fluoriti italiane”*, C.3/18°, pp 405 – 425, Torino.
- 92) Valera R. (1972 b) - *Mineralizzazioni a Fluorite nel Sarrabus (Sardegna Sud - orientale)*. *Nota II: Il settore di San Vito*. *Atti della Giornata di studio “ Le fluoriti italiane”*, C.3/18°, pp 405 – 425 Torino.
- 93) Valera R. (1974) - *Genesi ed evoluzione delle mineralizzazioni del Sarrabus (Sardegna sud - orientale)*. *Rendiconti Società Mineralogia Petrologia*, XXX, Fasc. II, pp 1081 - 1108 Milano.
- 94) Valera R. (1978) - *La Fluorite in Sardegna. Ricorrenze e criteri di ricerca*. *Atti della Facoltà di Ingegneria*, pp 149 – 159, Cagliari.
- 95) Vardabasso S. (1939) - *Schema geochimico dei giacimenti metalliferi sardi del ciclo magmatico ercinico*. *Rendiconti Seminario Facoltà di Scienze – Università di Cagliari*, 9, n.4, pp 231 – 232, Cagliari.

- 96) Venerandi I. (1968) - *Il giacimento a molibdenite e wolframite di Perda Maiori (Studio minerografico)*. Istituto Lombardo Accademia Scienze e Lettere, 102, pp 678 – 715 Milano.
- 97) Venerandi Pirri I. (1988) - *The ore parageneses of the Villasalto Sb - W deposit (Gerrei, SE Sardinia)*. *Zuffar' Days*, pp 127 – 135, Cagliari.
- 98) Violo M. (1966) - *Contributo alla conoscenza dei giacimenti stratoidi polimetallici in area metamorfica - Il giacimento di Sa Lilla (San Vito, Cagliari - Sardegna)*. *Rendiconti Associazione Mineraria Sarda*, A 71, n.8, pp 50 – 132, Iglesias.
- 99) Zucchetti S. (1958 a) - *The lead - arsenic - sulfide ore deposit of Bacu Locci (Sardinia, Italy)*. *Economic Geology*, 53, n° 7, pp 867 – 876, USA.
- 100) Zucchetti S. (1958 b) - *Il caratteristico deposito a solforati di piombo e arsenico di Bacu Locci (Sardegna)*. *Bollettino Servizio Geologico d'Italia*, LXXX, 2° e 3°, pp 275 – 301, Roma.
- 101) Zuffardi P. (1965) - *Contributo alla conoscenza delle mineralizzazioni nel Cambrico sardo. Nota VI: Riassunto e interpretazione provvisoria delle conoscenze attuali*. *Symposium sui "Problemi Minerari della Sardegna"*, pp 315 – 324, Cagliari.
- 102) Zuffardi P. (1968) - *Transformism in the genesis of ore deposits: examples from Sardinian Lead-Zinc deposits*. *Congresso Geologico Internazionale*, 7, pp 137 – 149, Praga.