



Comune di Pauli Arbarei
regione sardegna

Studio dell'Assetto Idrogeologico del Territorio Comunale

(Art. 8, comma 2, delle N.T.A. del P.A.I. Sardegna)

PROGETTO DI PIANO

STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA

ELABORATO

Rel_A1

TAVOLA

SCALA

ALLEGATO

COMMITTENTE RESPONSABILE: COMUNE DI PAULI ARBAREI
Area Tecnica - Responsabile: Dott. Ing. Federica Manca
Servizio Tecnico Manutentivo e Urbanistico
Responsabile del Procedimento: Dott. Ing. Federica Manca

PROGETTAZIONE: SUD OVEST ENGINEERING S.r.l.
**Progettisti Responsabili: Dott. Ing. Andrea Lostia
Dott. Geol. Tiziana Carrus**



**Sud
Ovest
Engineering S.r.l.**

Ingegneria
Architettura
Urbanistica
Ambiente
Territorio
Green energy
Consulting engineering
Servizi integrati di outsourcing
Engineering and contracting
Vale Marconi n. 87, 09131 CAGLIARI
Codice fiscale e partita IVA: 03454150925
Capitale Sociale 10.000,00 € i.v.
Tel./Fax: 070.8571341
sudovestengineering@gmail.com
soesrl@legalmail.it
www.sudovestengineering.it

Direttore Tecnico
Dott. Ing. Andrea Lostia

Unità Operativa
Dott. Ing. Andrea Lostia
Dott. Geol. Tiziana Carrus

codice	emissione	elaborazione	controllato	approvato
2015_18	RE02	lostia/carrus	sulis	lostia



COMUNE DI PAULI ARBAREI

Via Giovanni XXIII n. 6 - 09020 Pauli Arbarei (VS)

Tel. 070_939955

E.mail: tecnico@comune.pauliarbarei.ca.it

PEC: comune.pauliarbarei@pec.it

Partita IVA: 01494400920 - codice fiscale: 82000530921

Studio dell'Assetto Idrogeologico del Territorio Comunale

(art. 8, comma 2, delle N.T.A. del PAI Sardegna)

STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA

AREA TECNICA

Servizio Tecnico Manutentivo e Urbanistico

Responsabile: **Dott. Ing. Federica Manca**

PROGETTO

Sud Ovest Engineering S.r.l.

Progettisti Responsabili: **Dott. Ing. Andrea Lostia**

Dott. Geol. Tiziana Carrus



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



INDICE

PREMESSA.....	3
FINALITÀ DELLO STUDIO	3
QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO E PROGRAMMATICO	3
INQUADRAMENTO URBANISTICO LOCALE E SOVRAORDINATO	4
STRUTTURA, CONTENUTI E OBIETTIVI DELLO STUDIO.....	6
EFFETTI DELLO STUDIO - DISCIPLINA URBANISTICA.....	11
INTRODUZIONE ALLO STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA	12
ANALISI METODOLOGICA	14
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO	16
ANALISI GEOLOGICA	18
1. Geologia e tettonica.....	18
2. Evoluzione geomorfologica generale e forme del rilievo	20
3. Caratteristiche geopedologiche.....	25
4. Uso del suolo	25
5. Idrogeologia superficiale e sotterranea.....	27
ANALISI GEOTECNICA.....	30
ANALISI DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE DEI VERSANTI	31
1. Carta litologica.....	31
2. Carta delle pendenze	33
3. Carta dell'uso del suolo	34
4. Carta dell'instabilità potenziale dei versanti	35
5. Carta Geomorfologica e dei fenomeni franosi	36
6. Incendi pregressi.....	38
PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA.....	42
1. Carta di sintesi delle aree a pericolosità da frana	42
CONCLUSIONI.....	46

PREMESSA

Il Comune di Pauli Arbarei è risultato beneficiario del finanziamento di cui all'art. 16, comma 6, della L.R. 12/2011, quale contributo agli enti locali per la gestione del P.A.I. nell'ambito della pianificazione locale.

Successivamente all'assegnazione del contributo il Comune di Pauli Arbarei, con determinazione Area Tecnica n. 041 del 05.08.2015, ha affidato alla scrivente Società di Ingegneria Sud Ovest Engineering S.r.l. di Cagliari i servizi integrati di ingegneria e geologia per la predisposizione dello studio dell'Assetto Idrogeologico esteso a tutto il territorio comunale secondo le disposizioni delle N.T.A. del P.A.I. Sardegna e delle relative Linee Guida per l'adeguamento dei piani urbanistici comunali al P.P.R. e al P.A.I..

I professionisti responsabili dello Studio sono il Dott. Ing. Andrea Lostia iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cagliari al n. A8050 dal 17.07.2001, e la Dott.ssa Geol. Tiziana Carrus iscritta all'Ordine dei Geologi della Sardegna al n. 548 dal 21.01.2003.

FINALITÀ DELLO STUDIO

La finalità del presente studio è quella di eseguire l'analisi dell'assetto idraulico e geomorfologico, estesa a tutto il territorio comunale ai sensi delle N.T.A. del P.A.I., volta all'aggiornamento della pianificazione di settore a scala di dettaglio (scala 1:10.000 per le aree extraurbane ed alla scala 1: 2.000 per l'area urbana).

Lo studio si compone dell'analisi dell'assetto idraulico, con le relative carte tematiche e studio di compatibilità idraulica; e dell'analisi dell'assetto geomorfologica con le relative carte tematiche e studio di compatibilità geologica e geotecnica.

QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO E PROGRAMMATICO

La pianificazione della difesa del suolo, con particolare riferimento agli aspetti idrogeologici, costituisce un processo dinamico, in quanto l'assetto idrogeologico e le sue caratteristiche fisiche ed ambientali sono soggette ad un continuo processo evolutivo caratterizzato, sia da mutamenti che si esplicano nel lungo periodo legati alla naturale evoluzione idrogeologica del territorio, sia soprattutto da alterazioni e/o cambiamenti repentini dovuti al verificarsi di eventi di dissesto ovvero conseguenti alle trasformazioni antropiche dei luoghi.

Lo Studio trova fondamento ed è regolamentato dalla seguente normativa vigente:

- Decreto Legislativo 23.02.2010, n. 49 - Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.
- Legge 27.02.2009, n. 13 - Misure straordinarie in materia di risorse idriche e protezione dell'ambiente.
- Decreto Legislativo 03.04.2006, n. 152 - Norme in materia ambientale.
- D.M. 14 febbraio 1997 - Direttive tecniche per l'individuazione e la perimetrazione, da parte delle Regioni, delle aree a rischio idrogeologico.
- Regio Decreto 11.12.1933, n. 1775 - Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici.
- Regio Decreto 25.07.1904, n. 523 - Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie.
- Legge Regionale 06.12.2006, n. 19 - Disposizioni in materia di risorse idriche e bacini idrografici.
- Legge Regionale 12.06.2006, n. 9 - Conferimento di funzioni e compiti agli enti locali.

Lo studio inoltre deve essere coerente con gli obiettivi, le scelte e le disposizioni dei piani e programmi che mettono in evidenza e definiscono il quadro di riferimento pianificatorio e

sovraordinato nel quale il nostro studio si inserisce. I piani e programmi che definiscono detto quadro di riferimento sono:

- Piano di Assetto Idrogeologico (PAI)
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)
- Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA).

Il **Piano di Assetto Idrogeologico** del bacino unico regionale (P.A.I.), è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato. Esso ha valore di piano territoriale di settore e prevale sui piani e programmi di settore di livello regionale. Le misure di salvaguardia pertinenti tale piano sono entrate in vigore a decorrere dal marzo 2005 e il Piano, nella sua interezza, è stato definitivamente approvato nel luglio del 2006.

Il **Piano Stralcio delle Fasce Fluviali** (P.S.F.F.) redatto quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale, ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali. Esso è stato redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della Legge n. 183 del 1989, come modificato dall'art. 12 della Legge n. 493 del 1993, quale Piano Stralcio del Piano di bacino Regionale relativo ai settori funzionali individuati dall'art. 17, comma 3 della Legge n. 183 del 1989. Il P.S.F.F. costituisce un approfondimento ed una integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali. Le misure di salvaguardia correlate alle risultanze di tale studio sono divenute operative, per la quasi totalità dei corridoi fluviali dallo stesso piano analizzati, a decorrere dal giugno 2012, il Piano è stato approvato in via definitiva con Delibera n. 2 del 17.12.2015 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino della Regione Sardegna.

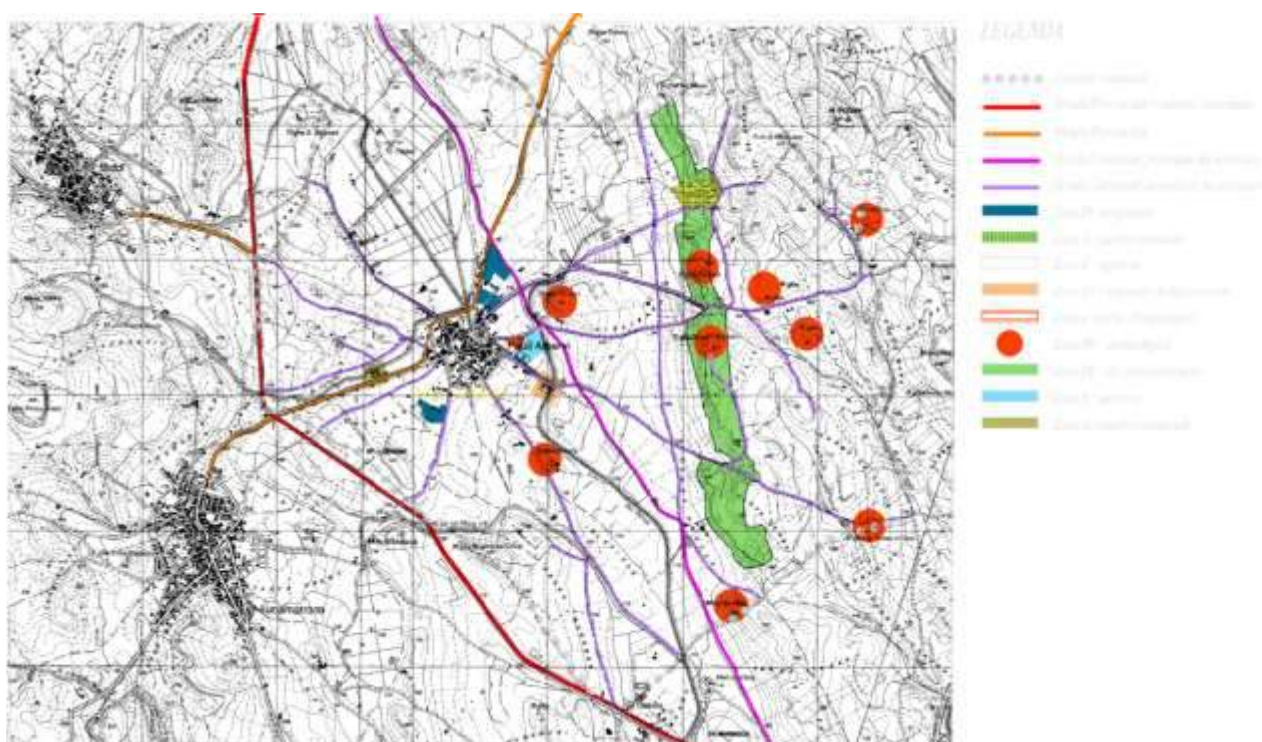
Il **Piano di Gestione del Rischio di Alluvione** (PGRA), approvato in via definitiva con Delibera n. 2 del 15.03.2016 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino della Regione Sardegna, ha come obiettivo generale la riduzione delle conseguenze negative derivanti dalle alluvioni sulla salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali. Esso coinvolge pertanto tutti gli aspetti della gestione del rischio di alluvioni, con particolare riferimento alle misure non strutturali finalizzate alla prevenzione, protezione e preparazione rispetto al verificarsi degli eventi alluvionali; tali misure vengono predisposte in considerazione delle specifiche caratteristiche del bacino idrografico o del sottobacino interessato. Il PGRA individua strumenti operativi e di governance (quali linee guida, buone pratiche, accordi istituzionali, modalità di coinvolgimento attivo della popolazione) finalizzati alla gestione del fenomeno alluvionale in senso ampio, al fine di ridurre quanto più possibile le conseguenze negative.

INQUADRAMENTO URBANISTICO LOCALE E SOVRAORDINATO

Il Comune di Pauli Arbarei è dotato di Piano Urbanistico Comunale vigente (Buras n. 31 del 11.10.2004) che classifica tutto il territorio comunale; l'area urbana suddivisa nelle zone urbanistiche omogenee "A", "B", "C", "D", "G", "S", le zone agricole "E", e le zone relative zone "H" di salvaguardia.



Stralcio dal P.U.C. – aree urbana



Stralcio dal P.U.C. – territorio

In riferimento al quadro pianificatorio sovraordinato bisogna rapportarsi ai piani elaborati dalla Regione Sardegna che sono:

- Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.);
- Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.);
- Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA).

Relativamente ai piani sovraordinati sopra elencati il Comune di Pauli Arbarei non risulta avere parti del territorio comunale e dell'area urbana perimetrate a rischio geomorfologico e a rischio idraulico.

STRUTTURA, CONTENUTI E OBIETTIVI DELLO STUDIO

Lo studio è finalizzato all'elaborazione dell'analisi dell'assetto idrogeologico dell'intero territorio comunale di Pauli Arbarei con lo scopo di individuare le aree caratterizzate da possibili coinvolgimenti da parte di fenomeni idrogeologici (fenomeni di esondazione, di dissesto, o da situazione di puntuale criticità). Esso viene condotto ai sensi dell'art. 8, comma 2, e degli artt. 24, 25 e 26 delle N.T.A. del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Sardegna (P.A.I.).

ARTICOLO 8 - Indirizzi per la pianificazione urbanistica e per l'uso di aree di costa

.....
2. *Indipendentemente dall'esistenza di aree perimetrate dal P.A.I., in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici anche di livello attuativo e di varianti generali agli strumenti urbanistici vigenti i Comuni - tenuto conto delle prescrizioni contenute nei piani urbanistici provinciali e nel piano paesistico regionale relativamente a difesa del suolo, assetto idrogeologico, riduzione della pericolosità e del rischio idrogeologico - assumono e valutano le indicazioni di appositi studi di compatibilità idraulica geologica e geotecnica, predisposti in osservanza dei successivi articoli 24 e 25, riferiti a tutto il territorio comunale o alle sole aree interessate dagli atti proposti all'adozione.*
.....

5. *In applicazione dell'articolo 26, comma 3, delle presenti norme negli atti di adeguamento dei piani urbanistici comunali al P.A.I. sono delimitate puntualmente alla scala 1: 2.000 le aree a significativa pericolosità idraulica o geomorfologica non direttamente perimetrate dal P.A.I.*
.....

ARTICOLO 24 - Studi di compatibilità idraulica

1. *In applicazione dell'articolo 23, comma 6, lettera b., nei casi in cui è espressamente richiesto dalle presenti norme i progetti proposti per l'approvazione nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata, elevata e media sono accompagnati da uno studio di compatibilità idraulica predisposto secondo i criteri indicati nei seguenti commi.*

2. *Lo studio di compatibilità idraulica non sostituisce le valutazioni di impatto ambientale, le valutazioni di incidenza, gli studi di fattibilità, le analisi costi-benefici e gli altri atti istruttori di qualunque tipo richiesti dalle leggi dello Stato e della Regione Sardegna.*

3. *Lo studio di compatibilità idraulica:*

- a. è firmato da un ingegnere esperto nel settore idraulico e da un geologo, ciascuno per quanto di competenza iscritti ai rispettivi albi professionali;*
- b. valuta il progetto con riferimento alla finalità, agli effetti ambientali;*
- c. analizza le relazioni tra le trasformazioni del territorio derivanti dalla realizzazione dell'intervento proposto e le condizioni dell'assetto idraulico e del dissesto idraulico attuale e potenziale dell'area interessata, anche studiando e quantificando le variazioni della permeabilità e della risposta idrologica della stessa area;*
- d. verifica e dimostra la coerenza del progetto con le previsioni e le norme del PAI;*

- e. prevede adeguate misure di mitigazione e compensazione all'eventuale incremento del pericolo e del rischio sostenibile associato agli interventi in progetto.*
- 4. Nei casi in cui leggi regionali o norme di piani territoriali e piani di settore della Regione Sardegna subordinino l'approvazione di progetti localizzati in aree di pericolosità da piena alla formazione di studi idraulici equivalenti agli studi di compatibilità idraulica di cui al presente articolo questi ultimi possono essere sostituiti dai primi a condizione che contengano elementi valutativi di pari livello e che tale equivalenza sia espressamente dichiarati dal Segretario Generale dell'Autorità di Bacino.*
- 5. Lo studio di compatibilità idraulica è predisposto secondo i criteri indicati nell'Allegato E alle presenti norme.*
- 6. I soggetti pubblici o privati titolari dell'attuazione degli interventi di mitigazione delle condizioni di pericolosità idraulica e di rischio idraulico sono tenuti a formare e trasmettere alla Regione, al fine di predisporre elementi per le eventuali varianti del PAI di cui all'articolo 37, nuove mappature delle aree pericolose interessate dagli interventi elaborate alla scala formati compatibili con il SIT della Regione.*
- 7. È attribuita alla competenza dei comuni l'approvazione degli studi di compatibilità idraulica e degli studi di compatibilità geologica e geotecnica di cui alle norme tecniche assetto idrogeologico (PAI), riferiti a interventi rientranti interamente nell'ambito territoriale comunale, inerenti al patrimonio edilizio pubblico e privato, alle opere infrastrutturali a rete o puntuali, alle opere pubbliche ricerca e i prelievi idrici e per la conduzione delle attività agricole, silvocolturali e pastorali. Qualora tali interventi interessino l'ambito territoriale di più comuni, ovvero per intervento ed in particolare le opere di mitigazione della pericolosità e del rischio, le opere in alveo e gli attraversamenti dei corsi d'acqua, la competenza all'approvazione degli studi di compatibilità idraulica e di compatibilità geologica e geotecnica è attribuita all'Autorità di bacino di cui alla legge regionale 6 dicembre 2006, n. 19 (Disposizioni in materia di risorse idriche e bacini idrografici).*

ARTICOLO 25 - Studi di compatibilità geologica e geotecnica

- 1. In applicazione dell'articolo 23, comma 6, lettera b., nei casi in cui è espressamente richiesto dalle presenti norme i progetti proposti per l'approvazione nelle aree di pericolosità molto elevata, elevata e media da frana sono accompagnati da uno studio di compatibilità geologica e geotecnica predisposto secondo i criteri indicati nei seguenti commi.*
- 2. Lo studio di compatibilità geologica e geotecnica non sostituisce le valutazioni di impatto ambientale, le valutazioni di incidenza, gli studi di fattibilità, le analisi costi-benefici e gli altri atti istruttori di qualunque tipo richiesti dalle leggi dello Stato e della Regione Sardegna.*
- 3. Lo studio di compatibilità geologica e geotecnica:*
- a. è firmato da un ingegnere esperto in geotecnica e da un geologo, ciascuno per quanto di propria competenza, iscritti ai rispettivi albi professionali;*
 - b. valuta il progetto con riferimento alla finalità, agli effetti ambientali;*
 - c. analizza le relazioni tra le trasformazioni del territorio derivanti dalla realizzazione dell'intervento proposto e le condizioni dei dissesti attivi o potenziali dell'area interessata;*
 - d. verifica e dimostra la coerenza del progetto con le previsioni e le norme del PAI;*
 - e. prevede adeguate misure di mitigazione e compensazione all'eventuale incremento del pericolo e del rischio sostenibile associato agli interventi in progetto.*
- 4. Nei casi in cui leggi regionali o norme di piani territoriali e piani di settore della Regione Sardegna subordinino l'approvazione di progetti localizzati in aree di pericolosità da frana alla formazione di studi geomorfologici equivalenti agli studi di compatibilità*

geologica e geotecnica di cui al presente articolo questi ultimi possono essere sostituiti dai primi a condizione che contengano elementi valutativi di pari livello e che tale equivalenza sia espressamente dichiarata dal Segretario Generale dell'Autorità di Bacino.

5. Lo studio di compatibilità geologica e geotecnica è predisposto secondo i criteri indicati nell'Allegato F alle presenti norme.

6. I soggetti pubblici o privati titolari dell'attuazione degli interventi di mitigazione delle condizioni di pericolosità da frana e di rischio geomorfologico sono tenuti a formare e trasmettere alla Regione, al fine di predisporre elementi per le eventuali varianti del PAI di cui all'articolo 37, nuove mappature delle aree pericolose interessate dagli interventi elaborate alla scala della cartografia del PAI e con formati compatibili con il SIT della Regione.

7. È attribuita alla competenza dei comuni l'approvazione degli studi di compatibilità idraulica e degli studi di compatibilità geologica e geotecnica di cui alle norme tecniche di attuazione del Piano di assetto idrogeologico (PAI), riferiti a interventi rientranti interamente nell'ambito territoriale comunale, inerenti al patrimonio edilizio pubblico e privato, alle opere infrastrutturali a rete o puntuali, alle opere pubbliche o di interesse pubblico nonché agli interventi inerenti l'attività di ricerca e i prelievi idrici e per la conduzione delle attività agricole, silvicolture e pastorali. Qualora tali interventi interessino l'ambito territoriale di più comuni, ovvero per tutte le altre tipologie di intervento ed in particolare le opere di mitigazione della pericolosità e del rischio, le opere in alveo e gli attraversamenti dei corsi d'acqua, la competenza all'approvazione degli studi di compatibilità idraulica e di compatibilità geologica e geotecnica è attribuita all'Autorità di bacino di cui alla legge regionale 6 dicembre 2006, n. 19 (Disposizioni in materia di risorse idriche e bacini idrografici)

ARTICOLO 26 - Aree pericolose non perimetrate nella cartografia di piano

1. Possiedono significativa pericolosità idraulica le seguenti tipologie di aree idrografiche appartenenti al bacino idrografico unico della Regione Sardegna:

- a. reticolo minore gravante sui centri edificati;*
- b. foci fluviali;*
- c. aree lagunari e stagni.*

2. Possiedono significativa pericolosità geomorfologica le seguenti tipologie di aree di versante appartenenti al bacino idrografico unico della Regione Sardegna:

- a. aree a franosità diffusa, in cui ogni singolo evento risulta difficilmente cartografabile alla scala del PAI;*
- b. aree costiere a falesia;*
- c. aree interessate da fenomeni di subsidenza.*

3. Per le tipologie di aree indicate nei commi 1 e 2 le prescrizioni applicabili valgono all'interno di porzioni di territorio delimitate dalla pianificazione comunale di adeguamento al PAI, ai sensi dell'articolo 8, comma 5. Il programma triennale di attuazione stabilisce per tutte le aree indicate nel commi 1 e 2 interventi di sistemazione e manutenzione della rete idrografica, dei versanti e di regimazione del deflusso idrico superficiale.

4. Alle aree elencate nei precedenti commi 1 e 2, dopo la delimitazione da parte della pianificazione comunale di adeguamento al PAI, si applicano le prescrizioni individuate dalla stessa pianificazione comunale di adeguamento al PAI tra quelle per le aree di pericolosità idrogeologica molto elevata, elevata e media.

Lo studio secondo fasi successive di approfondimento conduce all'individuazione delle aree del territorio comunale suscettibili di innescare fenomeni di dissesto e/o di esondazione, esso è costituito dai seguenti elaborati:

N.	COD.	DESCRIZIONE	
PARTE GEOLOGICA E GEOTECNICA			SCALA
02	Rel_A1	Studio di compatibilità geologica e geotecnica	
03	Tav_A1	Carta Litologica	1:10000
04	Tav_A2	Carta delle Pendenze	1:10000
05	Tav_A3	Carta dell'uso del suolo	1:10000
06	Tav_A4	Carta geomorfologica e dei fenomeni franosi	1:10000
07	Tav_A5	Carta dell'instabilità potenziale dei versanti	1:10000
08	Tav_A6	Carta delle aree a pericolosità da frana	1:10000
PARTE IDRAULICA			SCALA
09	Rel_B1	Studio di compatibilità idraulica	
10	Rel_B2	Report elaborazioni idrauliche	
11	Tav_B1	Carta del reticolo e dei bacini idrografici	1:10000
12	Tav_B2	Carta dei tronchi critici suscettibili di pericolosità idraulica	1:10000
13	Tav_B3	Carta delle aree a pericolosità idraulica	1:10000
14	Tav_B4	Carta delle aree a pericolosità idraulica in ambito urbano	1:2000
ALLEGATI			
15	Allegato 01	Disciplina Urbanistica effetti sul PUC vigente	

Le varie fasi alla base dello studio su cui esso si articola possono essere così sintetizzate:

ANALISI STORICA

Analisi storica basata sulla memoria di particolari eventi calamitosi di dissesto, esondazione e/o allagamento, testimoniata dalla toponomastica di alcune località, dalle cronache e dai reperti documentali. Si è proceduto anche mediante ricerca bibliografica volta all'individuazione delle aree storicamente soggette a dissesto idrogeologico di varia natura, e alla ricerca di eventi calamitosi dovuti a dissesti, esondazione di corsi d'acqua e/o fenomeni di allagamento di varia natura. Si è presa visione anche del progetto AVI (Sistema Informativo sulle Catastrofi Idrogeologiche), del progetto IFFI (l'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) ed infine è stata fatta una ricerca mediante l'ascolto degli anziani locali sulla sussistenza o meno di eventi calamitosi.

ANALISI DELLA CARTOGRAFIA DI BASE E FOTOINTERPRETAZIONE

Il primo approccio è stato quello di esaminare gli strumenti pianificatori esistenti e/o adottati a scala comunale e sovraordinati, per individuare il materiale ritenuto utile come base di partenza per la caratterizzazione dello studio, la cartografia esaminata è stata:

- Carta tecnica regionale 1:10000;
- Cartografia IGM 1:25000;
- Cartografia comunale elaborata su volo commissionato dal comune;
- Cartografia del P.A.I.;
- Cartografia del P.S.F.F.;
- Carta Idrogeologica 1:10000 (se disponibile negli elaborati del PUC);
- Carta dell'uso del suolo 1:10000;
- Carta geologica 1:10000;

Un valido supporto è stato fornito anche dal database del sito web della Regione Sardegna – Sardegna Geoportale dove sono state consultate le ortofoto e immagini satellitari dal 1943 al 2010, le foto oblique a maggior dettaglio relative al solo centro urbano del 2013; e dal database del sito web Google Earth Pro.

Si è proceduto inoltre al riconoscimento attraverso analisi foto interpretativa degli elementi del territorio interessato, caratterizzati dall'evoluzione temporale del reticolo di drenaggio come terrazzi fluviali, alvei abbandonati, morfologie deposizionali, e dall'evoluzione temporale di fenomeni geomorfologici attivi e/o quiescenti.

ANALISI DIRETTA SUL CAMPO

L'analisi diretta sul campo volta al rilievo dello stato di fatto dei luoghi, in funzione dell'accessibilità degli stessi, che ha interessato tutto il territorio comunale. Lo scopo è stato quello di implementare le informazioni in possesso, col fine di individuare fenomeni di franosità diffusa e fenomeni da frana potenziale e/o in atto. Sono state infine rilevate tutte le opere (ponti, tombini, canali e altre opere d'arte) interferenti con il reticolo idrografico anche minore.

Come precedentemente anticipato lo studio si compone di una parte Geologica e Geotecnica con relative carte tematiche, studio di compatibilità e carte finali della pericolosità geomorfologica (delimitazione delle aree suscettibili di dissesto) quale risultato finale dello studio di compatibilità geologica e geotecnica; una parte Idraulica con relative carte tematiche, studio di compatibilità e carte finali della pericolosità idraulica (delimitazione delle aree allagabili) quale risultato finale dello studio di compatibilità idraulica.

Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica

Lo studio di compatibilità geologica e geotecnica, conformemente all'art. 25 delle N.T.A. del P.A.I. Sardegna,:

- valuta la pericolosità geomorfologica del territorio in esame e i suoi effetti sui piani e programmi a scala comunale con riferimento alle loro finalità e agli effetti ambientali;
- analizza le relazioni tra le trasformazioni territoriali derivanti dalla realizzazione dei piani e programmi a scala comunale e le condizioni dei dissesti attivi o potenziali del territorio interessato;
- verifica e dimostra la coerenza di piani e programmi con le previsioni e le norme del PAI Sardegna.

La compatibilità geologica e geotecnica è verificata in funzione dei dissesti in atto o potenziali che definiscono la pericolosità dell'area interessata in relazione alle destinazioni e alle trasformazioni d'uso del suolo collegate alla realizzazione di piani e programmi; ed è valutata anche in base agli effetti di questi sull'ambiente, tenendo conto della dinamica evolutiva dei dissesti che interessano il contesto territoriale coinvolto in funzione delle condizioni al contorno.

Studio di Compatibilità Idraulica

Lo studio di compatibilità idraulica, conformemente all'art. 24 delle N.T.A. del P.A.I. Sardegna,:

- valuta la pericolosità idraulica del territorio in esame e i suoi effetti sui piani e programmi a scala comunale con riferimento alle loro finalità e agli effetti ambientali;
- analizza le relazioni tra le trasformazioni territoriali derivanti dalla realizzazione dei piani e programmi a scala comunale e le condizioni e le condizioni dell'assetto idraulico e del dissesto idraulico attuale e potenziale del territorio, anche studiando e quantificando le variazioni della permeabilità e della risposta idrologica dello stesso territorio;
- verifica e dimostra la coerenza di piani e programmi con le previsioni e le norme del PAI Sardegna.

Lo studio di compatibilità idraulica si compone dell'ANALISI IDROLOGICA, che riporta lo studio dei bacini e del reticolo idrografico insistente sul territorio oggetto di studio, con l'elencazione delle aste fluviali principali e dei compluvi di cui si è potuto definire una quadro conoscitivo sulla base delle informazioni cartografiche e delle conoscenze locali. I corsi

d'acqua richiamati, unitamente all'intero sistema idrografico interno al territorio saranno oggetto di analisi. L'analisi si occupa dell'interpretazione del fenomeno con relativa metodologia di calcolo, esaminando inoltre le grandezze caratteristiche che contraddistinguono il bacino scolante afferente alle sezioni di chiusura delle aste in esame, le grandezze idrologiche necessarie per la determinazione del valore della precipitazione e le successive determinazioni numeriche delle portate di calcolo. E dall'ANALISI IDRAULICA che tratta il comportamento idraulico dei tronchi critici, mediante l'illustrazione del fenomeno fisico e al relativo codice di calcolo utilizzato, per l'esecuzione delle elaborazioni numeriche; il risultato saranno i profili, sezioni e tabulati numerici delle elaborazioni eseguite.

Il cuore dello studio di compatibilità idraulica si incentra sulla valutazione idrologica e sulla valutazione idraulica, dalle quali poi discende la definizione delle aree allagabili; in entrambi i casi si fa ricorso alle linee guida del PAI, per la stima delle portate al colmo di piena. Nel caso della Sardegna, la consistenza dei dati di portata disponibili, unitamente alla frequente necessità di dover stimare le portate in sezioni non osservate, suggerisce che la stima della portata di piena ad assegnata frequenza in ciascuna sezione idrologica debba essere determinata attraverso il confronto critico tra metodologie dirette, indirette e metodi empirici e studi specialistici locali, metodologie che dovranno essere confrontate con i dati osservati ove disponibili.

Nello specifico le caratteristiche dimensionali dei bacini impedisce un approccio di tipo diretto, mentre la recente disponibilità di dati osservati permette un adeguata calibrazione del modello idrologico per l'applicazione del sistema afflussi-deflussi.

Per quanto concerne la determinazione dei livelli idrici e la conseguente perimetrazione delle aree pericolosità idraulica, la mappatura sarà effettuata conformemente a quanto disposto delle NTA del PAI, secondo cui il calcolo dei livelli di esondazione per ciascun tronco critico verrà condotto con tecniche di moto permanente, corrispondentemente alle portate di piena con tempi di ritorno di 50, 100, 200, 500 anni determinate attraverso i metodi precedentemente descritti in un numero di sezioni sufficientemente significative.

In base ai profili così determinati verranno definite quindi come allagabili tutte le porzioni di territorio limitrofe al corso d'acqua le cui quote del piano di campagna risultino minori di quelle del pelo libero della corrente nelle sezioni considerate. La definizione delle nuove aree di allagamento, infine, è derivata da un raffronto ragionato dei risultati ottenuti unitamente alle verifiche sul campo e all'analisi degli eventi storicamente avvenuti.

Lo studio di compatibilità costituisce lo strumento a supporto delle scelte della pianificazione in grado di valutare la compatibilità delle trasformazioni territoriali, riferite ai piani e/o programmi, con le condizioni di dissesto idrogeologico presenti e/o potenzialmente presenti nel contesto territoriale di riferimento, secondo le disposizioni della normativa di settore e del P.A.I. Sardegna nello specifico.

EFFETTI DELLO STUDIO - DISCIPLINA URBANISTICA

In termini di interazione con gli strumenti di pianificazione territoriale, il presente studio si traduce nell'eventuale apposizione di forme di utilizzo del territorio, passando dalla totale inedificabilità, alla edificabilità soggetta a prescrizioni specifiche, sino alla totale mancanza di condizionamento.

Con l'approvazione del presente Studio vengono pertanto introdotte nella Pianificazione Comunale, le norme del PAI Sardegna che disciplinano da un punto di vista urbanistico-edilizio le aree perimetrate a rischio idrogeologico.

INTRODUZIONE ALLO STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA

Lo studio di compatibilità geologica geotecnica, conformemente all'art. 24 delle N.T.A. del P.A.I. Sardegna,:

- valuta la pericolosità geomorfologica del territorio in esame e i suoi effetti sui piani e programmi a scala comunale con riferimento alle loro finalità e agli effetti ambientali;
- analizza le relazioni tra le trasformazioni territoriali derivanti dalla realizzazione dei piani e programmi a scala comunale e le condizioni dei dissesti attivi o potenziali del territorio interessato;
- verifica e dimostra la coerenza di piani e programmi con le previsioni e le norme del PAI Sardegna.

Con riferimento all'art. 26 delle N.T.A. del P.A.I. l'area interessata dal piano è stata esaminata con lo scopo di verificare la presenza o meno delle seguenti tipologie di aree di versante a significativa pericolosità geomorfologica:

- a. aree a franosità diffusa, in cui ogni singolo evento risulta difficilmente cartografabile alla scala del PAI;
- b. aree costiere a falesia;
- c. aree interessate da fenomeni di subsidenza.

È stato studiato l'intero territorio comunale, ponendo particolare attenzione al tessuto urbano e ai settori di nuova pianificazione urbanistica, con lo scopo di individuare aree a rilevante pericolosità geomorfologica.

La compatibilità geologica e geotecnica è verificata in funzione dei dissesti in atto o potenziali che definiscono la pericolosità del territorio interessato in relazione alle destinazioni e alle trasformazioni d'uso del suolo collegate alla realizzazione del piano; ed è valutata anche in base agli effetti che piani e/o programmi a scala comunale hanno sull'ambiente, tenendo conto della dinamica evolutiva dei dissesti che interessano il contesto territoriale coinvolto in funzione delle condizioni al contorno.

È stato studiato l'intero territorio comunale, ponendo particolare attenzione al tessuto urbano e ai settori di nuova pianificazione urbanistica, con lo scopo di individuare aree a rilevante pericolosità geomorfologica.

Il presente studio, secondo fasi successive di approfondimento, è così articolato:

ANALISI METODOLOGICA

Riporta una breve descrizione della metodologia utilizzata per redigere lo studio, il quadro informativo sulla cartografia storica con descrizione dell'evoluzione del territorio con i risvolti che lo stesso ha avuto in merito al sistema dei dissesti; e l'analisi foto interpretativa degli elementi del territorio interessato.

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Prevede una breve descrizione del territorio comunale unitamente all'elencazione del quadro informativo territoriale utilizzato.

ANALISI GEOLOGICA

Riporta lo studio geologico del territorio interessato oggetto di studio, che descrive e illustra:

- l'assetto geologico di inquadramento;
- la situazione litostratigrafica locale;
- la definizione dell'origine e natura dei litotipi, del loro stato di alterazione e fratturazione e della loro degradabilità;
- i lineamenti geomorfologici, gli eventuali processi morfologici nonché i dissesti in atto e potenziali e la loro tendenza evolutiva;
- i caratteri geostrutturali generali, la geometria e le caratteristiche delle superfici di discontinuità;

- lo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea.

ANALISI GEOTECNICA

Per le finalità del nostro studio l'analisi tratterà in maniera speditiva le caratteristiche geotecniche e fisico-meccaniche dei terreni in relazione alla loro propensione al dissesto, utilizzando dei dati bibliografici a carattere puramente rappresentativo. Resta inteso che nel rispetto del D.M. 14-01-2008, gli interventi edilizi, infrastrutturali e di nuova realizzazione in generale, saranno oggetto di specifiche relazioni geologico-geotecniche.

Il risultato finale dello studio di compatibilità geologica e geotecnica saranno le carte della pericolosità geomorfologica, ossia la delimitazione delle aree suscettibili di dissesto, e la relativa disciplina urbanistico-edilizia, quale strumento a supporto delle scelte della pianificazione in grado di valutare la compatibilità delle trasformazioni territoriali, riferite ai piani e/o programmi, secondo le disposizioni della normativa di settore e del P.A.I. Sardegna nello specifico.

ANALISI METODOLOGICA

Le finalità dello studio di compatibilità geologica e geotecnica si concretizzano attraverso un'attenta ricerca e valutazione della pericolosità da frana potenziale e/o in atto; attraverso una metodologia che si basa su una serie di esperienze, disponibili nella documentazione bibliografica tecnica, ampiamente documentate. Il principio comune su cui si basano le diverse metodologie, volte alla definizione di aree caratterizzate da una diversa propensione al dissesto, è l'analisi dei dissesti, al fine di individuare le condizioni in cui essi si verificano e la valutazione dell'influenza che tali condizioni rivestono. Saranno inoltre considerati anche altri tematismi disponibili, al fine di completare la definizione della pericolosità del territorio esaminato dal punto di vista della stabilità dei versanti; questi ulteriori elementi di giudizio sono legati all'esposizione dei versanti e alle caratteristiche climatiche generali dell'area di indagine. Le conoscenze acquisite vengono poi utilizzate per individuare se le condizioni riscontrate sussistano nelle aree non interessate da fenomeni di instabilità, al fine di prevenirne il manifestarsi.

L'analisi per l'individuazione delle aree a significativa pericolosità geomorfologica si è basata sulle disposizioni del D.P.C.M. 29.09.98 e sui seguenti criteri:

- il criterio dell'analisi storica e basata sulla memoria di particolari eventi di dissesto, testimoniata dalla toponomastica di alcune località, dalle cronache e dai reperti documentali;
- il criterio geomorfologico basato sul riconoscimento attraverso analisi foto interpretativa degli elementi del territorio interessato;
- analisi della cartografia di base;
- rilevamento sul campo.

Analisi storica e cartografia di base

Il primo approccio è stato quello di esaminare gli strumenti pianificatori esistenti e/o adottati per individuare il materiale ritenuto utile come base di partenza per la caratterizzazione del territorio, la cartografia esaminata è stata:

- Carta tecnica regionale 1:10000;
- Cartografia IGM 1:25000;
- Cartografia del PUC vigente;
- Cartografia del P.A.I.;
- Cartografia del P.S.F.F.;
- Carta dell'uso del suolo 1:10000;
- Carta geologica 1:10000;
- Carta tecnica regionale
- Piano Comunale di Protezione Civile del 15.05.2015

Un valido supporto è stato fornito anche dal database del sito web della Regione Sardegna – Sardegna Geoportale dove sono state consultate le ortofoto e immagini satellitari dal 1943 al 2010, le foto oblique a maggior dettaglio relative al solo centro urbano del 2013; e dal database del sito web Google Earth Pro.

Successivamente si è proceduto ad una ricerca bibliografica volta all'individuazione delle aree storicamente soggette a dissesto idrogeologico di varia natura, e alla ricerca di eventi calamitosi dovuti a dissesti e/o fenomeni franosi di varia natura. Si è presa visione del progetto AVI del Sistema Informativo sulle Catastrofi Idrogeologiche e del progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), infine è stata fatta una ricerca mediante l'ascolto degli anziani locali sulla sussistenza o meno di eventi calamitosi.

Si è proceduto inoltre al riconoscimento attraverso analisi foto interpretativa degli elementi del territorio interessato, caratterizzati dall'evoluzione temporale di fenomeni geomorfologici attivi e/o quiescenti.

Il toponimo, nella dizione locale "Paùì Sizànus" dal nome del paese di Sisalmus, deriva dal sardo "paùli, padùle" e dal latino palus, paludis (palude, acquitrino) e da "Arbarèi" (di Arborea), aggiunto per definirne l'appartenenza al Regno di Arborea. Paùli, infatti, si riferisce alla palude su cui sorgeva la villa scomparsa di Sisalmus, fatta prosciugare alla fine dell'Ottocento da due ricchi proprietari della zona.

Dall'analisi svolta si è potuto costatare la presenza di una zona instabile in località Su Sciu, come meglio documentato nei paragrafi successivi, non segnalata e censita nei progetti IFFI, AVI e PAI, ma riportata nel PUC vigente come area a rischio idrogeologico.

In generale si è potuto costatare l'inesistenza di eventi calamitosi (che abbiano interessato le popolazioni locali con perdite di vite umane e danni rilevanti al patrimonio) dovuti a fenomeni franosi di varia natura che abbiano interessato il territorio comunale di Pauli Arborei, anche se nel 2013 si è verificato un fenomeno meteorologico intenso che ha causato alcuni allagamenti.

Rilevamento sul campo

In seguito all'analisi della documentazione cartografica si è passati alla fase della verifica sul campo effettuando vari sopralluoghi, in funzione all'accessibilità dei luoghi, che hanno interessato il territorio comunale con lo scopo di implementare le informazioni "geologiche e geomorfologiche" in possesso, e volto ad individuare fenomeni di franosità diffusa e fenomeni da frana potenziale e/o in atto.

Fase di sintesi e di output

L'ultimo step è stato quello di realizzare la carta di sintesi delle aree a pericolosità da frana seguendo le direttive e le metodologie riportate nelle Linee Guida del Piano Assetto idrogeologico (PAI) della Sardegna. L'elaborazione e l'analisi dei dati, è stata eseguita tramite procedure informatiche di tipo GIS con l'utilizzo di software dedicato. I tematismi di base, quali la carta litologica, la carta delle pendenze, la carta dell'uso del suolo, sono stati sovrapposti mediante Overlay mapping al fine di ottenere la carta dell'instabilità potenziale dei versanti; in seguito la stessa è stata correlata con la carta geomorfologica e dei fenomeni franosi per ottenere la carta finale delle aree a pericolosità da frana.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Il territorio oggetto di studio, racchiuso dai limiti amministrativi del Comune di Pauli Arbarei, è ubicato nella parte nord-orientale della provincia del Medio Campidano, nell'ambito territoriale denominato "Marmilla", su una vallata che ad ovest si ricongiunge con l'altopiano basaltico del "Pranu" di Siddi.; confina con i comuni di Turri, Ussaramanna, Tuili, Las Plassas, Villamar, Lunamatrona e Siddi. Il centro urbano è situato ad un'altitudine di circa 136 metri sopra il livello del mare, mentre il territorio varia da un'altimetria minima di 113 m slm (nella piana del "riu pardu" in "località isla'pidas") ad una massima di 239 m slm (in località "pranu sa tela") con un'escursione altimetrica di 126 m. Il territorio di Pauli Arbarei si estende per 15,14 km² in cui è insediata una popolazione di circa 630 abitanti per una densità di 41,62 ab./km².

Nella Cartografia Ufficiale Italiana il Comune di Pauli Arbarei è inquadrato nel Foglio 539 sezione II Villamar (nuova edizione) dell'Istituto Geografico Militare in scala 1:25.000, e nella Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 nell'elemento 539110 – 539120 – 539160.

La morfologia del territorio in esame è caratterizzata dalla regione, largamente dominata dalle condizioni litologiche della formazione oligo-miocenica della "Marmilla"; ne consegue un monotono paesaggio collinare, generalmente depresso. Soltanto in alcune zone, dove le arenarie e le calcareniti si presentano in grossi banchi, si originano dorsali, di preferenza allungate da N-S. Il terreno presenta una acclività e una morfologia con un andamento plano-altimetrico di tipo prevalentemente pianeggiante con andamento di tipo collinare con pendenze modeste nella parte orientale al confine comunale con Las Plasas.

Il centro abitato di Pauli Arbarei è situato in un'area prevalentemente pianeggiante, paludosa fino ai primi anni del novecento; da tale ambientazione deriva infatti, in parte, il nome stesso del centro (pauli = palude); esso rappresenta un punto di confluenza di diversi tracciati viari che lo collegano ai centri vicini: Villanovaforru, Ussaramanna, Tuili, Villamar.

L'abitato caratteristico risulta variamente antropizzato: la quasi totalità del territorio è destinata a pascolo e alle coltivazioni (vigneti, uliveti, mandorleti...); in una vasta area ad est del centro abitato sono presenti tracce di rimboschimenti.

Il reticolo idrografico si presenta piuttosto modesto, caratterizzato da incisioni poco marcate in corrispondenza dell'alveo del "rio tràdula", del "rio pardu" e di modestissime incisioni sul "rio is funtanas" e sul "rio sa mitza".

Il territorio è caratterizzato da due unità idrogeologiche principali, ognuna delle quali associa litologie molto vicine sia per origine che per grado e tipo di permeabilità:

- Unità delle alluvioni quaternarie con permeabilità per porosità complessiva medio-bassa e localmente medio-alta nei livelli a matrice più grossolana;
- Unità delle formazioni vulcano-sedimentarie oligo-mioceniche, con permeabilità complessiva medio-alta per porosità e subordinatamente per fessurazione e/o carsismo (calcari) e localmente medio-bassa in corrispondenza dei termini marnosi e vulcanici.

L'insieme dei fenomeni morfogenetici e dei loro effetti su una determinata zona rappresenta quella che si definisce la pericolosità geologica, che comprende i fenomeni naturali quali ad esempio le frane, le alluvioni, i terremoti, le eruzioni vulcaniche ect. Nella fattispecie in questione, il quadro normativo di riferimento della Regione Sardegna disciplina la pericolosità idrogeologica e la pericolosità sismica.

PERICOLOSITÀ SISMICA

Con riferimento alla classificazione sismica del territorio nazionale con l'Ordinanza D.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e la successiva n. 3519 del 28/04/2006 la Sardegna è stata classificata

come **zona sismica 4 "pericolosità molto bassa"**. Lo studio di pericolosità, allegato all'O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006, integrato con il D.M. 14/01/2008, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA

In riferimento al rischio idrogeologico bisogna rapportarsi ai piani elaborati dalla Regione Sardegna che sono:

- Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.);
- Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.);
- Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA).

Relativamente ai piani sovraordinati sopra elencati il Comune di Pauli Arbarei non risulta avere parti del territorio comunale e dell'area urbana perimetrate a rischio geomorfologico e a rischio idraulico.

ANALISI GEOLOGICA

1. *Geologia e tettonica*

L'inquadramento geologico che caratterizza il territorio comunale di Pauli Arbarei è costituito principalmente dalle litologie sedimentarie del Terziario e dai depositi del Quaternario.

Tale area appartiene al più esteso bacino sedimentario oligo-miocenico (Terziario), caratterizzato da una serie di eventi sedimentari e vulcanici accompagnati da un'importante fase tettonica distensiva alla quale viene collegato il sistema di faglie del Rift-Sardo; inizialmente si ha una importante tettonica trascorrente con strutture sia transpressive che transtensive e sviluppo di bacini subsidenti tipo pull-apart (CARMIGNANI et alii, 1994), in corrispondenza dei quali si è verosimilmente impostato il I ciclo sedimentario del Miocene inferiore e l'associato vulcanismo calcalcalino, durante il quale si è depositata la "Formazione della Marmilla".

Con riferimento alle strutture tettoniche si evidenzia che le faglie legate alla tettonica distensiva oligo-miocenica sono prevalentemente orientate in direzione N-S e NW-SE.

La formazione della Marmilla rappresenta la litologia principale del territorio comunale, ricoprendo una superficie di 10 Km² su un totale di circa 15 km²; nonostante l'estensione areale elevata, gli affioramenti sono generalmente scarsi in quanto vista la morfologia pianeggiante di sovente la stessa è ricoperta da coltri di suoli coltivati. Gli affioramenti principali si osservano in corrispondenza dei tagli stradali e nelle colline in cui sono evidenti le bancate di strato.

La fascia collinare con andamento N-S che si estende dalla località Su Sciu a Tuppa Cerbu, Br.cu Sa Figu e N.ghe Seneri è da ricollegarsi alle vicissitudini tettonico-strutturali che hanno interessato la regione; rappresenta un affioramento caratteristico dove si possono osservare le alternanze marnoso-arenacee e calcarenitiche.

La formazione della Marmilla è costituita da un'alternanza metrica di marne, marne arenacee, arenarie e areniti, calcareniti, disposte in successioni con giacitura pseudorizzontale o debolmente inclinata con intercalari di lave e vulcanoclastiti basaltico andesitiche. (Aquitaniense-Burdigaliano inf.).

Nell'ambito del I ciclo sedimentario miocenico questa formazione rappresenta le facies di ambiente francamente marino, deposta in ambiente distale, dove gli ambienti di deposizione sono riconducibili a bacini stretti e molti profondi, con condizioni batimetriche attorno ai 200-300 m.

Le caratteristiche litologiche della formazione sono in stretta relazione all'alternanza metrica tra i diversi litotipi; la fratturazione e l'alterazione quando visibili si esplicano in corrispondenza della stratificazione sub orizzontale e/o al contatto con le variazioni del tipo litologico, poiché hanno comportamenti differenti nei confronti dei fenomeni erosivi; i termini arenacei, calcarei e vulcanici sono più compatti e tenaci, opponendo una maggiore resistenza agli agenti esogeni rispetto a quelli marnosi, più facilmente alterabili dagli agenti atmosferici.



Colline oligo mioceniche: località Pranu Sa Tela - Porciliis

Il Quaternario è costituito da depositi alluvionali, depositi palustri ed in maggior misura dai depositi eluvio-colluviali.

I depositi alluvionali recenti sono presenti lungo l'alveo e l'area golenale del Rio Tradula, il quale costeggia la S.P. di Lunamatrona sino all'ingresso del centro urbano dove si ha la confluenza con il Rio Su Pauli. Sono costituiti prevalentemente da ciottoli poligenici, ghiaie e sabbie in matrice argillo-limo-sabbiosa, provenienti dai rilievi vulcanici e sedimentari e dalla rielaborazione di depositi alluvionali antichi successivamente incisi dai corsi d'acqua attuali.

I depositi alluvionali antichi terrazzati si rinvencono limitatamente nelle località *Pramestia* e *Pranu Becciu*; sono costituiti da un'alternanza irregolare di livelli ciottolosi poligenici e strati più fini di materiali argillosi; la genesi è da ricondurre ad un periodo geologico in cui erano presenti fiumi caratterizzati da una portata ed energia di trasporto rilevante.



Alveo Rio Tradula

I depositi eluvio colluviali si rinvencono nella parte centrale del territorio comunale (Su Sitziu, Diegu Madau, Isla' Pidas) e tra la località Pala Sanguini e Pardu Becciu. Sono costituiti da coltri di alterazione di spessore variabile a prevalente componente franco argillosa, con frequente scheletro di medie e piccole dimensioni (max 10 cm). La genesi è da ricondurre sia ai fenomeni di alterazione del substrato geologico sia all'azione delle acque di ruscellamento e alla gravità. Questi depositi colmano le depressioni vallive e le vallecicole o si dispongono ai piedi dei versanti costituendo il raccordo morfologico dei settori collinari dei rilievi oligo-miocenici con il settore pianeggiante. Lo spessore dei depositi è variabile sino ad una profondità massima di 180 cm (nelle zone depresse e pianeggianti), in funzione della posizione morfologica.

*Depositi colluviali località Su Sitziu –Pranu Murdegu*

I depositi palustri sono localizzati unicamente nella zona “Su Pauli” nella parte settentrionale del territorio comunale. Questa zona depressa ha subito nel corso degli anni interventi di bonifica, che comunque non hanno risolto in maniera definitiva i problemi di ristagno idrico. Il substrato è costituito da depositi colluviali molto fini (limi ed argille limose), con abbondanti gusci di gasteropodi polmonati, a testimonianza dell’origine lacustre.

*Località Su Pauli*

2. Evoluzione geomorfologica generale e forme del rilievo

Come è noto, la configurazione morfologica di un territorio ricalca di norma l’assetto strutturale dei principali corpi geologici affioranti ed è il risultato dei differenti sistemi morfoevolutivi instauratisi nella regione.

La fisiografia attuale dell’area è derivata fondamentalmente dalle dislocazioni tettoniche di età terziaria, che hanno generato faglie, sollevamenti differenziati, apertura di incisioni vallive e approfondimenti di depressioni morfologiche. Non è da trascurare l’intervento antropico che in questa zona ha modificato la naturale topografica del terreno per consentire la realizzazione di opere di canalizzazione e bonifica, opere viarie e praticare l’attività agricola-pastorale.

Le attività agricole e pastorali nel corso degli anni hanno contribuito in gran misura al degrado e all’erosione dei suoli, in particolare sui versanti più acclivi o sulle sommità convesse, dove le lavorazioni profonde hanno localmente portato in superficie il substrato roccioso.

Gli interventi di bonifica idraulica che hanno riguardato la località de Su Pauli sono esempi di come l’intervento dell’uomo condiziona l’evoluzione del paesaggio, in questo caso apportando delle miglirie al paesaggio e alle pratiche agricole.

Nel territorio comunale sono state individuate due unità fisiografiche:

- Paesaggio collinare in cui sono state riscontrate delle forme di erosione nei versanti più acclivi;
- Paesaggio di pianura dove sono evidenti le forme di deposizione.

Il paesaggio collinare è rappresentato dalle litologie mioceniche della Formazione della Marmilla, dove vede un’alternanza tra marne, arenarie e calcareniti con la presenza cospicua di una componente vulcanoclastica.

I rilievi collinari con le quote maggiori (160-250 m s.l.m.) sono ubicati nella parte orientale del territorio comunale dove sono presenti sommità arrotondate e versanti leggermente asimmetrici (tipo *cuestas*) che vanno a confluire nelle aree di fondovalle, presenti nella parte centrale del territorio comunale.

In questi rilievi l'erosione selettiva tende a mettere in luce la superficie degli strati più resistenti, individuando versanti strutturali o sub strutturali, coincidenti con i piani di strato.

Le gradinate di bancate di strato, determinano delle fasce di diversa pendenza in relazione al differente comportamento geomeccanico che le rocce stratificate (marne, arenarie, calcareniti vulcaniti) oppongono ai differenti agenti atmosferici. Nei casi più comuni, ad una fascia sommitale più ripida segue un versante regolarizzato meno ripido oppure un versante a gradinata in cui si alternano pareti e fasce meno ripide.

La fascia collinare con andamento NS che si estende dalla località Su Sciu, N.ghe Passeri, N.ghe Bruncu Mannu, Tuppa Cerbu sino a Br.cu Sa Figu, presenta delle pendenze medio alte (valori compresi tra 21-50%) con piccole aree che raggiungono valori maggiori del 50%. La morfologia principale riscontrata è rappresentata dalle testate di bancate di strato in regressione, la cui genesi è da ricondurre all'alternanza di litologie più compatte e meno erodibili, quali le arenarie le calcareniti e le vulcaniti, a discapito di quelle marnose più erodibili e meno competenti e quindi soggette maggiormente all'azione degli agenti atmosferici.

località *Tuppa Cerbu* bancate di strato con accumulo di materiale grossolano



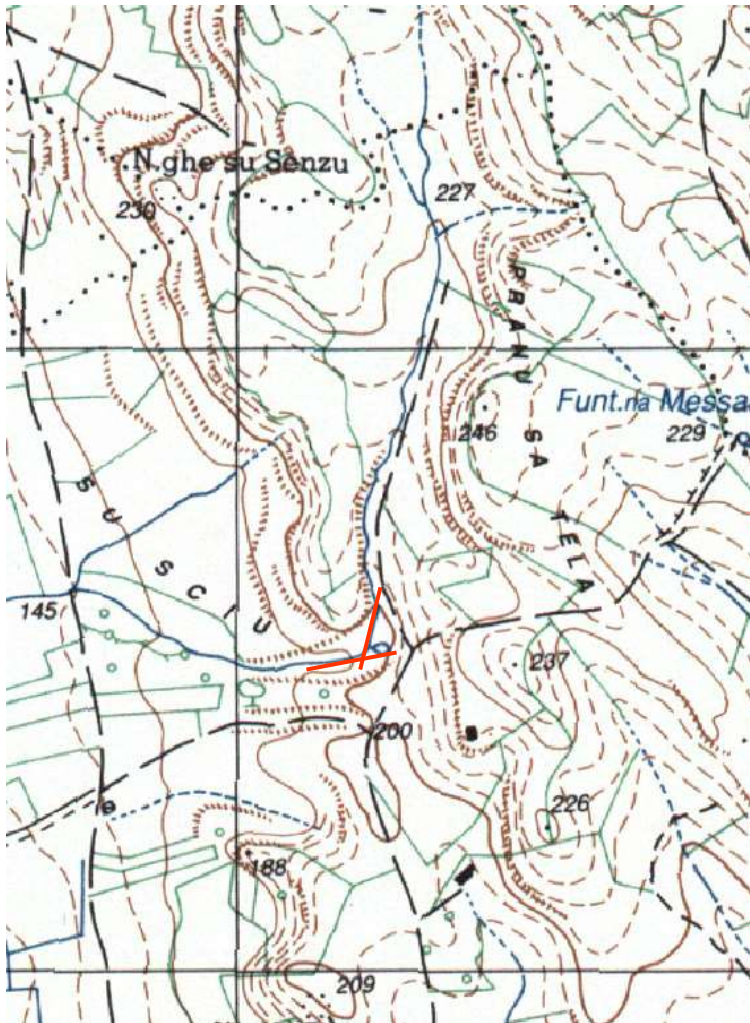
Nel territorio è stato individuato in località Su Sciu un areale che presenta dei fenomeni di instabilità geomorfologia, censita nel PUC vigente come zona ad alto rischio idrogeologico.

La morfologia di questa località è caratterizzata dalla presenza di un'asta fluviale che ha inciso la valle costituita da scarpate sub verticali con altezza di circa 50 m in cui è presente anche una sorgente; la litologia è costituita da alternanze di marne e calcareniti in giacitura sub orizzontale, osservabili in maniera evidente nella parte alta del versante esposto a sud, in cui la vegetazione è rada e l'alterazione è massima.

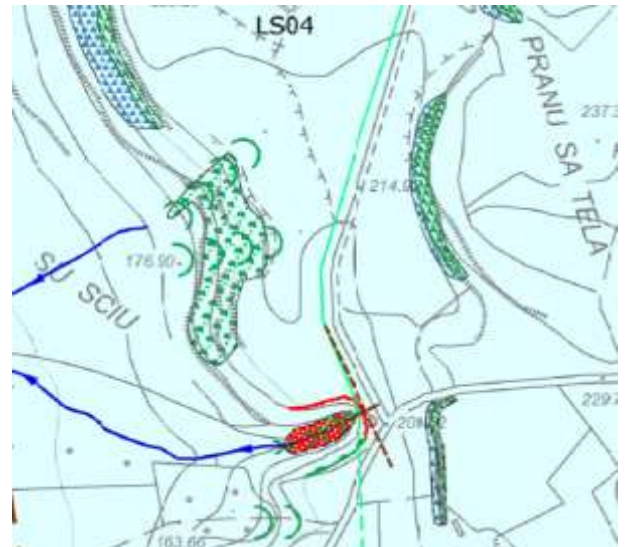
La genesi di questa particolare forma è da ricondurre verosimilmente a cause tettoniche (presenza di faglie), poiché l'asta fluviale che inizialmente presenta un andamento NS in località Su Sciu subisce un brusco cambio di direzione EW; questo fenomeno viene chiamato cattura fluviale e presenta fenomeni erosivi particolarmente attivi. L'area in questione è caratterizzata da una scarpata esposta a sud dove la vegetazione è assente o sporadica, in cui si manifestano fenomeni di crolli e instabilità geomorfologica dovuta alla diversa erodibilità della roccia (alternanze di marne e arenarie); mentre nella scarpata esposta a nord coperta da vegetazione arbustiva, questi fenomeni sono limitati e non apparentemente evidenti (quiescenti). In occasione di eventi meteorologici intensi e prolungati (notizie reperite dall'ufficio tecnico) nella sorgente e nelle superfici di discontinuità della roccia si viene a creare una cascata vera e propria, in cui la portata e il potere erosivo dell'acqua indeboliscono e destabilizzano le scarpate che vengono interessate dal crollo dei materiali litoidi. In prossimità

della zona la viabilità comunale è soggetta a fenomeni di ruscellamento poiché non sono presenti opportune opere per il drenaggio delle acque.

stralcio IGM 25000: fenomeno cattura fluviale



stralcio carta geomorfologica



località Su Sciu versante esposto a sud





località Su Sciu versante esposto a nord



Altre forme e processi areali minori riscontrati sono riconducibili a fenomeni di dilavamento diffuso lungo alcune scarpate stradali o in corrispondenza di superfici prive di vegetazione e acclivi.

Nella restante parte del territorio comunale le litologie mioceniche presentano una morfologia pianeggiante interrotta da rilievi con basse pendenze (vedi N.ghe Seneri) in cui non sono stati rilevati dei processi morfogenetici attivi che possono evolvere in situazioni di pericolosità da frana.

Il paesaggio di pianura è caratterizzato da pendenze basse in cui predominano aree di fondovalle, con incisioni attuali o non più attive, depressioni morfologiche chiuse e aperte.

I depositi alluvionali terrazzati, individuati nelle località di Pramestia e Pardu Becciu, sono caratterizzati da forme tabulari a pendenza molto bassa che vanno a raccordarsi poi con il fondovalle del Rio Tradula. Sono costituiti da un'alternanza irregolare di livelli ciottolosi poligenici e strati più fini di materiali argillosi; queste forme tabulari sono residuali rispetto ad una superficie antica di sedimenti alluvionali, deposti su areali più ampi, che è stata incisa e in parte smantellata dall'erosione dei reticoli idrografici più recenti.

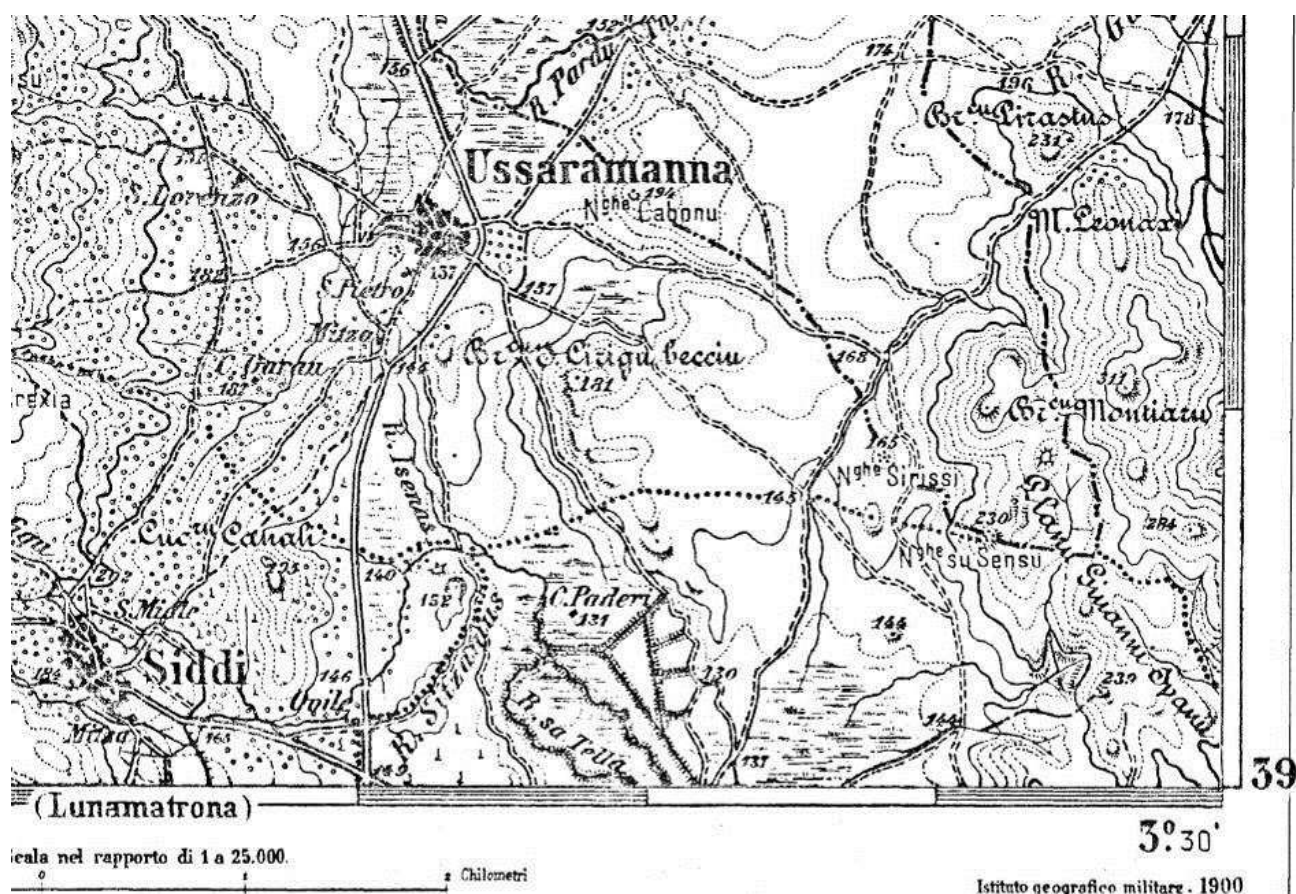
I depositi alluvionali recenti, si rinvencono lungo la zona del Rio Tradula dove la zona è pianeggiante con pendenze da 0-10%. Sono costituiti prevalentemente da materiali ciottolosi e subordinatamente da limi e argille, provenienti dai rilievi vulcanici e sedimentari e dalla rielaborazione di depositi alluvionali antichi successivamente incisi dai corsi d'acqua attuali.

I depositi eluvio colluviali, si rinvencono nella parte centrale del territorio comunale (Su Sitziu, Diegu Madau, Isla' Pidas) e tra la località Pala Sanguini e Pardu Becciu, sono costituiti da materiali medio fine a tessitura argillosa, la cui genesi è rappresentata dai fenomeni di alterazione in situ, dal trasporto idrico superficiale e da fenomeni gravitativi. Il paesaggio è quello tipico di fondovalle con pendenze molto basse, dove in alcune aree prevale la forma concava con fenomeni temporanei di ristagni idrici.

I depositi palustri si ritrovano solamente nell'omonima località de Su Pauli, una depressione chiusa in cui sono presenti materiali molto fini con tessitura argillosa, presenza di gusci di gasteropodi polmonati a testimonianza dell'origine lacustre. A partire dal 1800 si sono susseguiti diversi interventi di bonifica per risolvere i fenomeni di ristagno idrico insieme ai problemi di sommersione per inondazione, che in ogni caso non hanno risolto il problema in maniera definitiva.

Altri interventi antropici sono rappresentati principalmente da lavori effettuati negli anni 80-90 per la regimazione delle acque superficiali, attraverso la realizzazione di un canale tombato che attraversa tutto il centro urbano per una lunghezza di circa 500 m e un canale arginato con parapetti in cls di circa 360 m a proseguimento di quello tombato.

L'immagine che segue rappresenta uno stralcio della cartografia alla scala 1:25000 risalente ai primi anni del 1900, e dove si può osservare la parte nord del territorio comunale di Pauli Arbarei (al confine col Comune di Ussaramanna) che risultava già interessata da interventi di bonifica per il prosciugamento della "palude di Arborea".



3. Caratteristiche geopedologiche

La pedologia è la scienza che studia e descrive le caratteristiche dei suoli e la loro evoluzione, da roccia a suolo maturo, in funzione del tipo di substrato di partenza e del clima. Con il termine suolo si intende lo strato di transizione tra litosfera (substrato roccioso) e atmosfera, suddiviso in livelli chiamati "orizzonti" in successione verticale, che costituiscono il "profilo pedologico". I suoli sono classificati in ampi gruppi in base alle caratteristiche del loro profilo.

La descrizione delle caratteristiche dei suoli, fa riferimento allo studio di dettaglio "Distretto irriguo della Bassa Marmilla alimentato dallo schema idrico Flumineddu-Tirso-Flumendosa, eseguito dall'Agris nell'anno 2008.

La classificazione dei suoli (Soil Taxonomy) è stata fatta secondo l'U.S.D.A. 2006, che definisce le sue classi in base alle caratteristiche morfologiche e di composizione dei suoli.

Nel territorio comunale sono state cartografate diverse unità in funzione dell'omogeneità litologica, delle forme di paesaggio e dai processi di erosione e deposizione.

I suoli che caratterizzano i substrati litoidi del Miocene (marne, marne arenacee e calcareniti) si possono suddividere in suoli da poco profondi sino a mediamente profondi.

I suoli poco profondi (<50 cm) sono quelli più diffusi e la loro velocità di formazione risulta, nelle condizioni climatiche attuali, decisamente lenta, di conseguenza, dove si osservano aree erose con affioramenti del substrato litoide, o dove questo è piuttosto superficiale, non è possibile prevedere una naturale ricostituzione della copertura pedologica. Il profilo di questi suoli è A-BC-R e A-C-R-, con tessitura da franco argillosa a franco-argilloso-sabbiosa, con un buon drenaggio, reazione alcalina e scheletro di piccole dimensioni.

Altri suoli del substrato miocenico ma con una profondità media (50-150 cm) presentano un profilo A-Bk-Ck e A-Bw-Ck, tessitura da franco argilloso ad argilloso in profondità, il drenaggio varia da buona a moderato, reazione da alcalina a molto alcalina, con frequenti concentrazioni di CaCO_3 .

I suoli caratterizzati dai depositi del Quaternario sono riconducibili prevalentemente alle forme di deposizione delle conche vallive di fondovalle e delle parti più basse dei versanti, e in minor misura a forme erosive di superfici antiche terrazzate.

I suoli variano da mediamente profondi (90 cm) a molto profondi (180 cm), con prevalenza delle tessiture argillose, con orizzonti superficiali spessi e scuri, caratterizzati da una buona aggregazione e da un generale elevato contenuto di sostanza organica. L'evoluzione di questi suoli è stata influenzata dall'apporto di depositi derivati dallo smantellamento delle parti più a monte, avvenuto in tempi passati; attualmente questa deposizione è da ricondurre solamente ad eventi occasionali di forti precipitazioni.

I profili variano da A-Bw-Bk, A-Bw-Ck, A-Bss-Css a A-Bss-Ck, tessitura argillosa, il drenaggio varia da buono a mal drenato (nella zona di Su Pauli), reazione da alcalina a molto alcalina, con frequenti concentrazioni di CaCO_3 ed Fe e Mn in profondità a causa del ristagno idrico (zona di Su Pauli).

4. Uso del suolo

L'elaborazione della carta dell'uso del suolo è stata realizzata sulla base dei dati forniti dalla RAS (SHP), edizione 2008 utilizzando la legenda del Corine Land Cover, che prevede 4 livelli di approfondimento gerarchici, partendo da un primo livello in cui il territorio viene diviso in 5 grandi classi. Successivamente attraverso un ulteriore studio di dettaglio si è arrivati ad un IV livello di approfondimento.

Nel territorio comunale di Pauli Arbarei sono state individuate le seguenti classi:

- Territori modellati artificialmente
- Territori agricoli
- Territori boscati ed altri ambienti seminaturali

Territori modellati artificialmente

1.1 Zone urbanizzate

1.1.1.1. Tessuto residenziale compatto e denso

I tessuti storici, quelli novecenteschi e comunque quelli strutturati ad isolati chiusi, continui. I tessuti composti da palazzine e villini con spazi aperti intervallati agli edifici.

1.1.1.2 Tessuto residenziale rado

Zone urbane discontinue con ampi spazi aperti dove comunque gli edifici, la viabilità e le superfici ricoperte artificialmente coprono oltre il 50% della superficie totale.

1.2 Zone industriali, commerciali e reti di comunicazione

1.2.1.1. Insediamenti industriali/artigianali e commerciali, con spazi annessi

1.2.2.4. Impianti a servizio delle reti di distribuzione (telecomunicazioni/energia/idriche)

Zone verdi artificiali non agricole

1.4.2.1 Campeggi, aree sportive e parchi di divertimento

1.4.3. Cimiteri

Territori agricoli

2.1. Seminativi

Superfici coltivate regolarmente arate e generalmente sottoposte ad un sistema di rotazione (p. es. cereali, leguminose in pieno campo, colture foraggere, prati temporanei, coltivazioni industriali erbacee, radici commestibili e maggesi).

Seminativi in aree non irrigue

2.1.1.1. Seminativi in aree non irrigue. Sono da considerare perimetri non irrigui quelli dove non siano individuabili per fotointerpretazione canali o strutture di pompaggio. Vi sono inclusi i seminativi semplici, compresi gli impianti per la produzione di piante medicinali, aromatiche e culinarie.

2.1.1.2. Prati artificiali. Colture foraggere ove si può riconoscere una sorta di avvicendamento con i seminativi e una certa produttività, sono sempre potenzialmente riconvertiti a seminativo, possono essere riconoscibili muretti o manufatti.

2.1.2. Seminativi in aree irrigue

Colture irrigate stabilmente e periodicamente grazie a un'infrastruttura permanente (canale d'irrigazione, rete di drenaggio, impianto di prelievo e pompaggio di acque). La maggior parte di queste colture non potrebbe realizzarsi senza l'apporto artificiale di acqua. Non vi sono comprese le superfici irrigate sporadicamente.

2.1.2.1. Seminativi semplici e colture orticole a pieno campo

2.2. Colture permanenti

Colture non soggette a rotazione che forniscono più raccolti e che occupano il terreno per un lungo periodo prima dello scasso e della ripiantatura: si tratta per lo più di colture legnose.

2.2.1 Vigneti

Superfici piantate a vite, comprese particelle a coltura mista di olivo e vite, con prevalenza della vite.

2.2.2 Frutteti e frutti minori

Impianti di alberi o arbusti fruttiferi. Colture pure o miste di specie produttrici di frutta o alberi da frutto in associazione con superfici stabilmente erbate. Sono compresi i nocioleti e i mandorleti da frutto.

2.2.3 Oliveti

Superfici piantate a olivo, comprese particelle a coltura mista di olivo e vite, con prevalenza dell'olivo.

2.4. Zone agricole eterogenee

2.4.1. Colture temporanee associate a colture permanenti

Colture temporanee (seminativo o foraggere) in associazione con colture permanenti sulla stessa superficie. Vi sono comprese aree miste, ma non associate, di colture temporanee e permanenti quando queste ultime coprono meno del 25% della superficie totale.

2.4.1.1 Colture temporanee associate all'olivo

2.4.2. Sistemi colturali e particellari complessi

Mosaico di appezzamenti singolarmente non cartografabili con varie colture temporanee, prati stabili e colture permanenti occupanti ciascuno meno del 50% della superficie dell'elemento cartografato.

2.4.3. Aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali importanti. Le colture agrarie occupano più del 25% e meno del 75% della superficie totale dell'elemento cartografato.

Territori boscati ed altri ambienti seminaturali

3.1. Zone boscate

Aree con copertura arborea costituita da specie forestali a densità superiore al 20%.

3.1.1.2.1. Pioppeti, saliceti, eucalitteti ecc. anche in formazioni miste

3.2. Associazioni vegetali arbustive e/o erbacee

3.2.1. Aree a pascolo naturale

Aree foraggere localizzate nelle zone meno produttive talvolta con affioramenti rocciosi non convertibili a seminativo. Sono spesso situate in zone accidentate e/o montane. Possono essere presenti anche limiti di particella (siepi, muri, recinti) intesi a circoscriverne e localizzarne l'uso.

3.2.4. Aree a vegetazione arborea e arbustiva in evoluzione

Vegetazione arbustiva o erbacea con alberi sparsi.

Formazioni che possono derivare dalla degradazione della foresta o da rinnovazione della stessa per ricolonizzazione di aree non forestali o in adiacenza ad aree forestali. Si distinguono da 3.2.2. per le situazioni particolari di localizzazione (ad es. ex terreni agricoli con confini particellari o terrazzamenti) o in relazione a parametri temporali-culturali-ambientali particolari (ad esempio aree percorse da incendio o soggette a danni di varia natura e origine).

3.2.4.1. Aree a ricolonizzazione naturale

5. Idrogeologia superficiale e sotterranea

Idrologia superficiale

Il territorio comunale di Pauli Arbarei è ricompreso all'interno del Bacino unico della Sardegna, più precisamente nel sub bacino n. 7 del Flumendosa-Campidano-Cixerri, così come riportato nel Piano di Assetto Idrogeologico e nel Piano Stralcio delle Fasce Fluviali.

Il reticolo idrografico è principalmente di tipo dendritico con sviluppo uniforme, caratterizzato da terreni omogenei a bassa permeabilità, in cui alcuni tratti dei corsi d'acqua sono stati regimati per poter consentire la coltivazione dell'ampia pianura e soprattutto la messa in sicurezza del centro urbano. Infatti sia il Riu Tradula che il Rio Gora su Pauli confluiscono entrambi nella parte a nord del centro urbano, per poi attraversarlo in un canale artificiale interrato, sino alla periferia ad una quota di 124 m s.l.m.; per poi immettersi nel Rio Pardu nelle vicinanze del depuratore comunale, che prosegue verso Villamar da dove prende la denominazione di Riu Cani. In generale presentano le vallette piatte con deflussi a carattere torrentizio.

Il Riu Tradula nasce alle pendici del Pranu di Siddi ad una quota di circa 300 m, presenta un andamento lineare orientato in direzione NW-SE, per poi cambiare orientamento NE-SW fiancheggiando la SP 17.

Il Riu Gora su Pauli nasce nel territorio comunale di Ussaramanna, in località Billiconi ad una quota di 260 m s.l.m., sino ad arrivare a Su Pauli dove viene canalizzato e in cui affluiscono altri piccoli canali di bonifica.

Il Riu Pardu nasce nel territorio comunale di Tuili, ai piedi del Monte Leonaxi ad una quota di 250 m s.l.m., sino ad arrivare nel comune di Pauli Arbarei per assumere un andamento sinuoso e canalizzato, in cui confluiscono la quasi totalità delle acque del territorio comunale

che prosegue verso Villamar da dove prende la denominazione di Riu Cani.

Altro corso d'acqua che attraversa marginalmente il territorio è il Rio Sa Mitza, che arriva da Lunamatrona e si rimette nel Rio Pardu.

Nella parte orientale del territorio il reticolo è poco sviluppato ed presente il solo Riu is Funtanas, che nasce a destra del N.ghe Passeri ad una quota di 195 m s.l.m., con andamento dolcemente sinuoso e orientamento preferenziale NW-SE, per poi continuare il suo corso lungo il confine comunale in cui affluiscono altre due aste.

Tutti i corsi d'acqua hanno un regime di tipo torrentizio, con piene durante le stagioni piovose e alveo pressoché asciutto durante quelle siccitose. L'andamento variabile delle precipitazioni influisce quindi in maniera decisiva sui deflussi e le portate dei corsi d'acqua. Nel corso degli anni con i cambiamenti climatici sono più frequenti le precipitazioni intense e concentrate di breve periodo, responsabili dei dissesti e delle alluvioni che si ripetono oramai con tempi di ritorno molto ravvicinati.

Idrologia sotterranea

Le caratteristiche idrogeologiche delle litologie sono state distinte considerando le unità idrogeologiche, così come riportato nelle linee guida della RAS, in funzione del tipo di permeabilità delle rocce ed in secondo luogo dalla capacità di infiltrazione delle acque.

La permeabilità delle rocce dipende dalla natura geologica, petrografica, stratigrafica e tettonica, ed è distinta in primaria (congenita) e secondaria (acquisita). La permeabilità primaria è quella determinata dalla porosità che interessa i sedimenti alluvionali, alluvionali terrazzati ed eluvio-colluviali che contengono elementi porosi; la permeabilità secondaria per fessurazione è quella che si può riscontrare nei litotipi oligo-miocenici.

Nella tabella successiva sono rappresentate le litologie in funzione della loro permeabilità a carattere indicativo.

Unità idrogeologica	litologia	descrizione
Unità delle alluvioni Plio-Quaternarie	Depositi alluvionali, depositi palustri e depositi eluvio-colluviali	Permeabilità per porosità complessiva medio-bassa; localmente medio-alta nei livelli a matrice più grossolana
Unità Detritico-Carbonatica Oligo_Miocenica inferiore	Conglomerati, arenarie, marne, tufiti, calcari, di ambiente marino	Permeabilità complessiva medio-alta per porosità e subordinatamente per fessurazione e/o carsismo (calcari); localmente medio-bassa in corrispondenza dei termini marnosi e vulcanici

Le caratteristiche di permeabilità per porosità dei depositi del Quaternario, possono variare da medio bassa per i depositi eluvio colluviali e le alluvioni terrazzate, a permeabilità medio-alta per i depositi alluvionali recenti essendo poco sciolti e poco cementati. Nel territorio sono presenti dei pozzi a largo diametro in cui si è riscontrata la falda superficiale ad una profondità variabile da 1.2 m sino a 3.0 m dal p.c.; nella depressione morfologica de Su Pauli la falda può arrivare sino al piano di campagna creando temporanei ristagni idrici.



Pozzo scavato in località Su Sciu – falda a -3.0 m dal p.c.

ANALISI GEOTECNICA

Per le finalità del nostro studio l'analisi tratterà in maniera speditiva le caratteristiche geotecniche e fisico-meccaniche dei terreni in relazione alla loro propensione al dissesto, utilizzando dei dati bibliografici a carattere puramente rappresentativo. Resta inteso che nel rispetto del D.M. 14-01-2008, gli interventi edilizi, infrastrutturali e di nuova realizzazione in generale, saranno oggetto di specifiche relazioni e indagini geologico-geotecniche.

Partendo dalle caratteristiche litologiche presenti nel territorio è stato effettuato un raggruppamento ed una valutazione dello stato di aggregazione, del grado di alterazione e del conseguente comportamento meccanico che le formazioni assumono nei confronti della propensione a franare.

- **litotipi coerenti e litoidi:** rientrano in questa categoria la maggior parte delle litologie del territorio comunale rappresentate dai materiali sedimentari dell'oligo miocene. Queste rocce sono contraddistinte in generale da materiali duri e compatti che presentano una variabilità strutturale che condiziona la qualità dell'ammasso roccioso in relazione alla fratturazione, al grado di alterazione e alla presenza dell'acqua. I parametri geotecnici in via del tutto generale possono essere considerati buoni, ma in particolari condizioni fisico-chimiche subiscono un drastico decadimento, come per esempio per incremento della fratturazione e/o la presenza dell'acqua, che ne determinano la tendenziale instabilità nelle condizioni morfologiche critiche.

Proprietà tipiche delle rocce (Hoeck, Bray, 1977)

materiale	$\gamma_{sat} - \gamma_d$ (peso di volume) KN/m ³	Φ (angolo attrito) gradi	C (coesione) kPa
Rocce sedimentarie dure	23 - 28	35-45	10.000-30.000
Rocce sedimentarie tenere	17 - 23	25-35	1.000-20.000
Roccia fratturata Calcare arenaria	19 - 16 17 - 13	35-40 35-45	

Classificazione degli ammassi rocciosi in base alla resistenza meccanica (AGI 1977)

classe	kPa	materiali
Resistenza alta	10-20	Rocce ignee, calcari e arenarie ben cementate
Resistenza media	5-10	arenarie e calcari porosi
Resistenza bassa	2.5-5	Arenarie, tufi, rocce alterate e degradate di diverso tipo litologico
Resistenza molto bassa	<2.5	

- **litotipi semicoerenti e incoerenti:** rientrano in questa categoria i depositi del Quaternario. I materiali incoerenti sono quelli caratterizzati dai depositi alluvionali che scorrono nell'alveo del Riu Tradula; i materiali semicoerenti sono rappresentati dai depositi eluvio colluviali e dai depositi alluvionali terrazzati che possono contenere una percentuale di minerali argillosi che gli conferiscono un certo grado di cementazione e compattazione.

Proprietà tipiche dei terreni sciolti (Hoeck, Bray, 1977)

materiale	$\gamma_{sat} - \gamma_d$ (peso di volume) KN/m ³	Φ (angolo attrito) gradi
Sabbia sciolta, granulometria omogenea	19-14	28-34
Sabbia densa granulometria omogenea	21-17	32-40
Sabbia sciolta, granulometria non omogenea	20-16	34-40
Sabbia densa granulometria non omogenea	21-18	38-46
ghiaia granulometria omogenea	22-20	34-47
Sabbia e ghiaia granulometria non omogenea	19-17	48-45

ANALISI DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE DEI VERSANTI

La metodologia utilizzata per la realizzazione della carta dell'instabilità potenziale dei versanti è quella proposta dalle linee guida del PAI, che deriva dagli autori Amadesi E. et alii (1977) semplificata.

Alla redazione di questo elaborato si è arrivati attraverso lo studio di tutti quei fattori predisponenti che possono influire direttamente sulla stabilità di un pendio, scelti in base alla loro importanza e al grado di rilevabilità sul territorio, al fine di valutare la propensione al dissesto del territorio in esame.

L'assunto di partenza sta nel fatto che la combinazione dei diversi fattori responsabili dei dissesti, possa essere estrapolata a zone libere da frane aventi condizioni simili, per individuare e localizzare le aree dove si possono verificare nel futuro nuovi movimenti di versante.

La metodologia per la valutazione della suscettività al dissesto sono molte, quantitative o qualitative e dirette o indirette, ma tutte prevedono le seguenti fasi:

1. Realizzazione di una carta inventario dei fenomeni franosi;
2. Preparazione di carte tematiche per i parametri ritenuti direttamente o indirettamente correlati con l'instabilità dei versanti;
3. Valutazione del contributo di ogni parametro;
4. Classificazione in classi a diversa suscettività.

I dati raccolti durante il lavoro sul terreno e le potenzialità delle tecnologie GIS, hanno reso possibile un approccio alla problematica della propensione al dissesto. Il metodo scelto è un metodo diretto, statistico di tipo probabilistico che, valuta il contributo dei diversi parametri correlati all'instabilità; nel caso specifico i tematismi presi in considerazione sono:

- la litologia;
- la pendenza dei versanti;
- l'uso del suolo.

Nell'ambito di ciascun tematismo sono stati attribuiti diversi pesi deducendoli dalle linee guida del PAI, i quali sono costituiti da numeri interi con valori crescenti con l'aumentare dell'influenza del fattore sulla stabilità.

Teoricamente si giunge a questo elaborato attraverso sovrapposizioni (overlay mapping) delle carte tematiche precedentemente descritte mediante l'applicazione di tecnologie GIS.

I tematismi riferiti alla litologia e alla pendenza dei versanti possono essere definiti invariabili, in quanto non si modificano se non in tempi lunghissimi o per cataclismi imprevedibili, mentre l'uso del suolo è considerato fattore variabile dall'azione antropica.

Nel seguito sono riportati e descritti i vari tematismi che consentono di ottenere la carta derivata dell'instabilità potenziale dei versanti.

1. *Carta litologica*

Obiettivo della compilazione di questa carta è stato quello di individuare e rappresentare cartograficamente le caratteristiche litologiche presenti nell'area in esame ed in particolare, l'individuazione di tutti i litotipi rinvenuti che si sono ritenuti significativi per il loro sviluppo areale. Si differenzia da una carta geologica classica, perché in essa viene data maggiore importanza alla tipologia delle rocce, in funzione della composizione litologica e delle caratteristiche fisico-meccaniche.

Il fattore litologia è definito invariabile, poiché non si modifica se non in tempi lunghissimi o per cataclismi imprevedibili, mentre lo stato estrinseco della stessa può variare nello spazio e nel tempo a causa delle condizioni di fratturazione e alterazione.

L'elaborazione della carta litologica è stata fatta consultando la carta geologica del PUC vigente, gli shape reperibili sul sito Geoportale della RAS, ed infine si è consultato uno studio di dettaglio effettuato dall'Agris nel 2008.

La carta litologia è stata realizzata e aggiornata a seguito di vari sopralluoghi, effettuati dal periodo che va da Ottobre 2015 a gennaio 2016, visionando le foto aeree e omogenizzando le diverse litologie come previsto dalle linee guida RAS per l'adeguamento dei PUC al PPR e PAI.

In seguito all'osservazione diretta delle litologie, si è proceduto con l'assegnazione dei pesi considerando dei *valori medi* calibrati, in funzione delle caratteristiche di fratturazione, di alterazione e della presenza o meno dell'acqua, prendendo come base di partenza i valori delle linee guida PAI e adattandoli alla situazione reale dei luoghi.

Le caratteristiche fisico meccaniche delle litologie sono, in generale, legate in parte alla natura e costituzione delle formazioni originarie, in parte alle modifiche subite per effetto degli agenti atmosferici, che agiscono nella parte superficiale generando fenomeni erosivi, di trasporto e accumulo dovuti all'azione delle acque superficiali e/o all'azione della gravità.

Per le finalità del nostro studio, ossia l'attitudine delle litologie individuate ad essere suscettibili ai potenziali fenomeni franosi, è stata fatta una distinzione generale in:

- formazioni lapidee: materiali coesivi e compatti che comprendono la Formazione della Marmilla che rappresenta la litologia principale del territorio comunale. Essa è costituita da un'alternanza di marne, arenarie e calcari con intercalazioni di materiali vulcanoclastici; viste le caratteristiche intrinseche di questa litologia, al fine di attribuire un peso realistico, sono stati presi in considerazione il grado di alterazione e fratturazione in generale medio, presenza di venute d'acqua assenti, le discontinuità e le giaciture sono ad andamento suborizzontale o debolmente inclinati. Come già descritto precedentemente gli affioramenti rappresentativi sono stati individuati nella zona ad est in località Su Sciu, Nuraghe Passeri, Porcilis e Tuppa Cerbus, costituita da una fascia con andamento N-S da ricollegarsi alle vicissitudini tettonico-strutturali.
- formazioni sciolte o pseudo coerenti: in questa categoria rientrano i depositi del quaternario che presentano un grado di coesione che può variare da scarso a medio in relazione alla percentuale di minerali argillosi; inoltre, per quanto possibile, ai fini dell'attribuzione del peso litologico sono stati considerati anche lo spessore del detrito, la permeabilità, la cementazione e la compattazione.
 - ✓ I depositi alluvionali recenti sono stati individuati lungo l'alveo e l'area golenale del Rio Tradula, sino alla confluenza con il Rio Su Pauli. Sono costituiti prevalentemente da depositi ghiaiosi e argilloso-sabbiosi a ciottoli poligenici, provenienti dai rilievi vulcanici e sedimentari e dalla rielaborazione di depositi alluvionali antichi successivamente incisi dai corsi d'acqua attuali.
 - ✓ I depositi alluvionali antichi terrazzati si rinvengono limitatamente nelle località *Pramestia* e *Pranu Becciu*; sono costituiti da un'alternanza irregolare di livelli ciottolosi poligenici e strati più fini di materiali argillosi; la genesi è da ricondurre ad un periodo geologico in cui erano presenti fiumi caratterizzati da una portata ed energia di trasporto rilevante.
 - ✓ I depositi eluvio-colluviali si rinvengono nella parte centrale del territorio comunale (Su Sitziu, Diegu Madau, Isla' Pidas) e tra la località Pala Sanguini e Pardu Becciu. La genesi è caratterizzata dall'alterazione in situ della formazione miocenica, dal successivo trasporto idrico superficiale e dal fattore gravità. Questi depositi sono costituiti da materiali medio fini con presenza di materiali argillosi, con suoli che presentano delle profondità oltre i 150 cm con la falda presente ad una profondità di 180 cm dal p.c.. In alcune zone i suoli sono caratterizzati dalla presenza di argille montmorillonitiche a reticolo espandibile, con la formazione di fessurazioni durante la stagione secca ed il rigonfiamento in funzione del grado di umidità.
 - ✓ I depositi palustri si ritrovano solamente nell'omonima località de Su Pauli, una depressione che nel corso degli anni ha subito diversi interventi di bonifica che in ogni caso non hanno risolto il problema in maniera definitiva. Sono costituiti da depositi molto fini con tessitura argillosa, presenza di gusci di gasteropodi polmonati a

testimonianza dell'origine lacustre. Qui la falda è molto superficiale arrivando in alcuni periodi anche al piano di campagna.

Nel seguito è riportata la tabella con l'attribuzione dei pesi alle litologie individuate nel territorio comunale.

tabella delle litologie con attribuzione dei relativi pesi

TIPO	SIGLA	UNITA'	PESO
DEPOSITI QUATERNARI DELL'AREA CONTINENTALE			
AMBIENTE CONTINENTALE - SEDIMENTI LEGATI ALLA GRAVITÀ			
AA1_001	b2	Coltri eluvio-colluviali. Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. OLOCENE	5
AMBIENTE CONTINENTALE - SEDIMENTI ALLUVIONALI			
AA2_001	b	Depositi alluvionali. OLOCENE	5
AA2_005	bn	Depositi alluvionali terrazzati. OLOCENE	5
AMBIENTE CONTINENTALE - SEDIMENTI LACUSTRI			
AA3_001	e5	Depositi palustri. Limi ed argille limose talvolta ciottolose, fanghi torbosi con frammenti di molluschi. OLOCENE	4
SUCCESSIONE SEDIMENTARIA OLIGO-MIOCENICA DEL CAMPIDANO-SULCIS			
CC2_015	RML	FORMAZIONE DELLA MARMILLA. Marne siltose, alternate a livelli arenacei da mediamente grossolani a fini, talvolta con materiale vulcanico rimaneggiato. AQUITANIANO - BURDIGALIANO INF.	7

2. Carta delle pendenze

Questo elaborato cartografico fornisce una visione generale sull'assetto morfologico del territorio riguardo le condizioni di giacitura degli elementi morfologici elementari, in cui i singoli elementi sono stati individuati per mezzo di procedure morfologiche che evidenziano tratti di territorio di pendenza e forma costante o varianti entro un intervallo prestabilito.

Il fattore pendenza, considerato invariante, rappresenta un elemento geometrico molto importante che influisce sulla stabilità dei versanti, determinando un aumento della frequenza di instabilità all'aumentare della pendenza, sul comportamento delle acque in termini di dinamica erosiva e sul clima dato che la quantità di energia solare che arriva in superficie dipende dall'inclinazione di quest'ultima.

Tale impostazione, seppur non consente una valutazione puntuale della pendenza delle varie aree, ma piuttosto una valutazione media della pendenza per area, riesce a dare sufficiente informazione sulla morfologia superficiale evidenziando le conformazioni più tipiche del territorio: dossi, creste, dorsale principali, spianate morfologiche e forme vallive di origine fluviale.

La pendenza (o inclinazione, o acclività) dei versanti viene comunemente considerata uno dei fattori con la maggior influenza sulla stabilità, in base alla constatazione, che a un aumento della pendenza corrisponde generalmente un aumento della frequenza dei fenomeni di instabilità.

Per il calcolo della pendenza dei versanti si è partiti dal modello di elevazione digitale del terreno (DTM) fornito dalla RAS passo 10x10, classificato in cinque classi con valori da 0 a >50%, ai quali sono stati assegnati i pesi che variano da + 2 a - 2, come riportato nella tabella seguente.

tabella - attribuzione dei pesi al tematismo pendenze

Classi di pendenza	Peso	Area(Kmq)	%
1 0-10%	+2	13.37	88.60
2 10-20%	+1	1.13	7.50
3 20-35%	0	0.46	3.06
4 35-50%	-1	0.10	0.68
5 >50%	-2	0.02	0.16

Come si evince dalla carta la classe maggiormente rappresentata è quella con pendenza 0-10%, mentre la quarta e la quinta classe, quelle a maggior pendenza, si ritrovano lungo la fascia collinare con andamento NS.

3. Carta dell'uso del suolo

Il suolo svolge numerose funzioni e presta servizi essenziali per le attività umane e la sopravvivenza degli ecosistemi. I fattori che creano un disequilibrio nell'ambiente consistono principalmente nel disboscamento, nell'indiscriminata attività antropica e negli incendi; comprensibilmente un'area denudata, o priva di vegetazione coprente, con una certa pendenza, è soggetta all'azione delle acque meteoriche e a fenomeni di ruscellamento superficiale. La mancanza di protezione offerta dalle chiome degli alberi e della stabilizzazione da parte degli apparati radicali rende il substrato alterato più soggetto ai fenomeni gravitativi; viceversa, la presenza di piante d'alto fusto concorre positivamente alla stabilità dei pendii.

Il metodo utilizzato si basa sulla stima dell'impedenza che la vegetazione esercita sui fenomeni gravitativi agenti su un versante assegnando un peso, positivo o negativo, in relazione al tipo di utilizzo agricolo o tipologia di vegetazione esistente sul territorio.

La carta dell'uso del suolo è stata realizzata sulla base dei dati forniti dalla RAS (SHP), edizione 2008 utilizzando la legenda del Corine Land Cover e apportando qualche modifica in funzione della fotointerpretazione.

Dall'esame della carta si può notare che la classe maggiormente rappresentata è quella dei seminativi in aree non irrigue con una superficie di 10.36 kmq (68.62%) e con un impedenza nulla (-2). Come si vedrà in alcune situazioni questo valore ha influenzato il risultato della carta dell'instabilità dei versanti, ottenendo dei risultati non realistici con lo stato dei luoghi, in cui sono presenti nelle pendenze basse (0-10%) e delle litologie tali da potersi considerare stabili. I pesi attribuiti alle varie classi d'uso del suolo sono i medesimi previsti dalle Linee Guida del PAI così rappresentati:

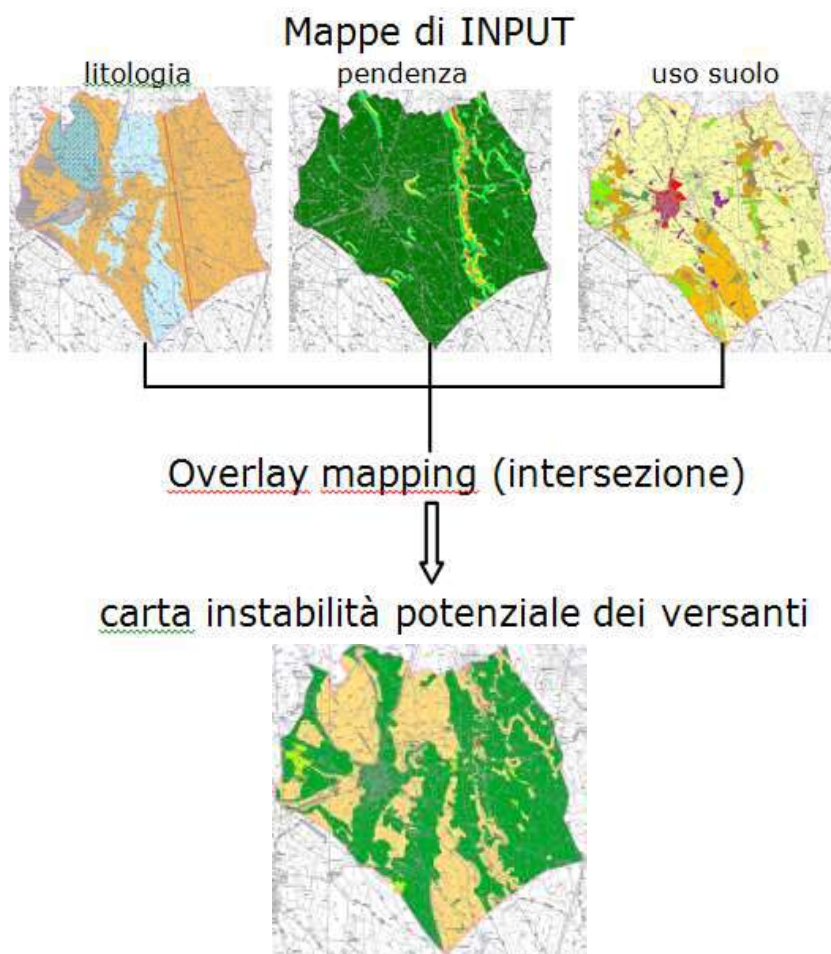
tabella dei pesi dell'uso del suolo

UDS_codici	UDS_descrizione	PESO_uso suolo	area (Kmq)	%
321	AREE A PASCOLO NATURALE	0	0.042	0.28
3241	AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE	1	0.019	0.13
243	AREE PREV. OCCUPATE DA COLTURA AGRARIE CON PRESENZA DI SPAZI NATURALI IMPORTANTI	-2	0.085	0.56
1421	AREE RICREATIVE E SPORTIVE	0	0.029	0.19
143	CIMITERI	0	0.004	0.03
2411	COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE ALL'OLIVO	-1	0.061	0.40
1122	FABBRICATI RURALI	0	0.192	1.27
222	FRUTTETI E FRUTTI MINORI	0	0.038	0.25
1224	IMPIANTI A SERVIZIO DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE	0	0.006	0.04
1211	INSEDIAMENTI INDUSTRIALI/ARTIG. E COMM. E SPAZI ANNESSI	0	0.022	0.15
223	OLIVETTI	-1	0.842	5.58
31121	PIOPPETI, SALICETI, EUCALITTETI ECC. ANCHE IN FORMAZIONI MISTE	1	0.467	3.09
2112	PRATI ARTIFICIALI	-2	0.276	1.83
2111	SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	-2	10.358	68.62
2121	SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	-1	1.401	9.28
242	SISTEMI CULTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	-1	0.867	5.74
1111	TESSUTO RESIDENZIALE COMPATTO E DENSO	0	0.129	0.86
1112	TESSUTO RESIDENZIALE RADO	0	0.206	1.36
221	VIGNETI	-2	0.051	0.34

4. Carta dell'instabilità potenziale dei versanti

Alla redazione di questa carta derivata si è pervenuti attraverso l'elaborazione con tecniche GIS dei tematismi in precedenza descritti e riportati nel seguente diagramma di flusso.

Il risultato conseguito è una carta dove vengono rappresentate le cinque classi potenzialmente instabili.



Alcuni studi effettuati sul territorio regionale hanno messo in evidenza che il calcolo meccanico e acritico dell'instabilità potenziale, conduca nei calcoli di matrice, ad una sopravvalutazione della componente geolitologica ed una sottovalutazione della pendenza dei versanti, in particolare per quanto riguarda le aree caratterizzate da pendenze molto basse o nulle, ottenendo dei livelli d'instabilità geomorfologica che talora non trovano riscontro con le condizioni effettive di stabilità dei versanti.

Partendo da queste considerazioni e verificando i risultati ottenuti con la situazione geomorfologica dei luoghi, si giunge alla realizzazione della carta della pericolosità da frana.

Tale analisi critica ha permesso di escludere le aree in cui, per i motivi sopra citati, si aveva una evidente sopravvalutazione dell'instabilità potenziale ovvero dove tale parametro non aveva riscontro con la pericolosità reale.

Nel caso del territorio comunale di Pauli Arbarei dall'elaborazione si sono ottenute quattro classi di instabilità, mancando la classe di instabilità potenziale molto forte, cioè la classe numero 5. Analizzando la carta si evince come alcune zone del territorio ricadono in classi di instabilità potenziale che non sono realistiche; tali discordanze sono state valutate e corrette durante la redazione della carta della pericolosità da frana, mediante l'analisi e il confronto con la carta geomorfologica e dei fenomeni franosi ed inoltre anche degli incendi pregressi.

Nel seguito viene fatta una descrizione speditiva sul risultato ottenuto e le classi di instabilità potenziale individuate nel territorio comunale.

La classe 1, potenzialmente stabile, è presente con pochi areali (0.21 Km²) in cui la litologia affiorante è la formazione della Marmilla (peso 7), l'uso del suolo ha impedenza buona (peso 1) e la pendenza è bassa (0-10% con peso 2).

La classe maggiormente rappresentata è quella con l'instabilità potenziale limitata -classe 2- (8.72 Km²) che ricalca in gran parte i limiti della formazione della Marmilla (peso 7), la pendenza è rappresentata da valori prevalentemente bassi (0-10% con peso 2) e l'uso del suolo ha impedenza nulla (peso -2). Questa classe, rapportata alle condizioni geomorfologiche, trova coerenza (classe di pericolosità da frana Hg1) solo nella zona orientale del territorio e in alcuni rilievi miocenici.

La classe 3 d'instabilità potenziale media è rappresentata da un areale di 6.13 km² ed anche in questo caso la classe ricalca prevalentemente i limiti dei depositi del Quaternario ed in parte minore alcuni affioramenti delle litologie mioceniche ubicati in corrispondenza di pendenze medio alte; l'uso del suolo è rappresentato da seminativi in aree non irrigue con impedenza nulla (peso -2). La corrispondenza con il dato ottenuto si è riscontrato solamente nella parte orientale del territorio, dove ci sono delle forme mioceniche che potrebbero evolvere in situazioni di potenziale instabilità (classe di pericolosità da frana Hg2-Hg3), escludendo le restanti aree in cui è improbabile che si verifichi un evento franoso (località Su Pauli, Pardu Becciu, Diego Madau e Isla' Pidas).

Le aree a instabilità forte - classe 4 - sono rappresentate da areali molto limitati (0.014 Km²) in corrispondenza di zone con pendenze medio alte (>50 % con peso -2) ubicate nelle località di Su Sciu e N.ghe Passeri (confermate come aree Hg3-Hg4); la litologia principale è quella della Formazione della Marmilla (peso 7) con due piccoli areali appartenenti ai depositi palustri (peso 4) con l'uso del suolo che presenta caratteristiche di impedenza nulla (peso -2).

tabella - classi di instabilità potenziale

Classi di instabilità	descrizione	Pesi		Area(Kmq)	%
		da	a		
1	Situazione potenzialmente stabile	10	12	0.21	1.39
2	Instabilità potenziale limitata	7	9	8.72	57.86
3	Instabilità potenziale media	4	6	6.13	40.65
4	Instabilità potenziale forte	1	3	0.014	0.10
5	Instabilità potenziale massima	-3	0	Non presente	

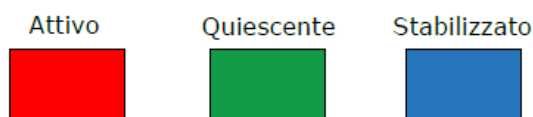
5. Carta Geomorfologica e dei fenomeni franosi

La Carta geomorfologica fornisce il quadro globale di tutte le componenti morfografiche e morfometriche del rilievo, nonché le forme e i processi suddivisi in funzione della loro origine distinte in base all'agente morfogenetico che li ha generati.

Da un punto di vista morfodinamico i processi sono stati distinti in:

- attivi, ovvero in atto nell'ultimo ciclo stagionale;
- quiescenti, che pur non mostrando segni di attività si ipotizza che possano essere riattivati dalle cause originali;
- inattivi o stabilizzata, cioè non più in evoluzione e non riattivabili nelle condizioni morfoclimatiche attuali, dalle cause originali

i colori utilizzati sono quelli nella variante al Pai Coghinas Mannu Temo.



Al dato morfologico, in generale, non viene assegnato alcun valore o peso, ma l'indicazione della presenza di un certo fenomeno, starà ad indicare che tale zona potrà avere un'evoluzione in senso peggiorativo, per quanto riguarda la stabilità, in un futuro a seconda dell'intensità con cui si manifesta l'evento.

Nel seguito viene riportata e descritta la legenda creata utilizzando le linee guida di adeguamento PAI-PPR della Regione Sardegna.

Le caratteristiche litologiche del territorio sono state indicate distinguendo il substrato dai depositi superficiali.

Il substrato lapideo è rappresentato dalle alternanze marnose, arenitiche, calcarenitiche e vulcanoclastiche dell'Oligo-Miocene (LS04).

I depositi superficiali sono collegati direttamente all'evoluzione del rilievo attualmente osservabile, indipendentemente dal loro grado di cementazione e loro età e sono rappresentati da:

I materiali della copertura detritica eluvio-colluviale sono stati distinti in:

LD03: materiali eluvio colluviali costituiti da frazione fine limo argillosa con subordinate inclusioni sabbiose ghiaiose. La genesi è da ricondurre prevalentemente ad alterazioni in situ e al trasporto idrico superficiale, si ritrovano nelle località Diegu Madau, Su Sitzu, Isla'Pidas e Pardu Becciu.

LD07: materiali sciolti per accumulo detritico a pezzatura grossolana in prevalenza blocchi provenienti dalle testate di bancate di strato in regressione appartenenti alla Formazione della Marmilla. I depositi si presentano per lo più disseminati sul versante e sono naturalmente stabilizzati con l'angolo di naturale declivio, poiché con la diminuzione della pendenza del terreno i materiali detritici grossolani si adagiano in un equilibrio stabile. La mobilitazione secondaria di questi depositi risulta alquanto remota e comunque andrebbe a generare un grado di pericolosità molto basso.

I materiali alluvionali e palustri sono stati distinti in:

LA01: materiali granulari più o meno addensati dei terrazzi antichi a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa, si ritrovano nel limite occidentale del territorio.

LA04: Materiali sciolti di deposito recente ed attuale dell'alveo mobile e delle aree di esondazione recente, si ritrovano unicamente lungo l'alveo del Rio Tradula.

LA07: Materiali dei depositi palustri a tessitura fine, si ritrovano unicamente nella località Su Pauli.

I materiali degli accumuli di frana

LF04: I materiali degli accumuli di frana sono presenti solamente nelle località Su Sciu, ai piedi della scarpata di degradazione, costituiti prevalentemente da blocchi di varie dimensioni e detriti.

Le forme strutturali sono state individuate prevalentemente nella zona orientale del territorio comunale in corrispondenza delle colline oligo-mioceniche; le forme derivano dall'alternanza dei diversi litotipi con caratteristiche strutturali differenti nei confronti dei fenomeni erosivi, generando le tipiche gradinate di bancate di strato.

Altra forma rilevata in località Su Sciu è l'orlo di scarpata ripida in stato quiescente, che interessa la parte del versante esposto a Nord vegetato e apparentemente stabile.

Le forme di versante dovute alla gravità: orlo di scarpata di degradazione rilevata in località Su Sciu. Il versante è caratterizzato da una morfologia ad U con un orlo di scarpata e pareti sub verticali con altezza di circa 50 m; la litologia è costituita da alternanze di marne e calcareniti in giacitura sub orizzontale, osservabili in maniera evidente nella parte alta del versante esposto a sud, in cui la vegetazione è rada e l'alterazione è massima. Da notizie avute dall'ufficio tecnico, il versante in occasione di precipitazioni intense presenta una emissione di acque lungo le superfici di discontinuità, andando a creare in alcune situazioni una cascata vera e propria; la portata e il potere erosivo dell'acqua indeboliscono e destabilizzano la parete che viene interessata dal crollo dei materiali litologici.

Le forme fluviali e di versante dovute al dilavamento sono costituite da:

vallecole a U che si ritrovano lungo il Rio Tradula e in altri compluvi, vallecola a V in località Su Sciu; le forme di dilavamento diffuso, sono state individuate lungo una trincea della strada vicinale Pauli Arbarei-Las Plassas, lungo un versante in località Su Sciu e nei pressi della località Tuppa Cerbu.

Altra forma individuata in località Su Sciu è la cattura fluviale, che ha interessato l'asta fluviale che nasce a nord in località Costa Liori con andamento NS per poi cambiare bruscamente la direzione in EW. Le cause sono verosimilmente di origini tettoniche.

Le forme artificiali riguardano, il canale tombato che insiste all'interno del centro urbano per una lunghezza totale di circa 500 m, un canale arginato che prosegue quello tombato per circa 360 m ed una scarpata di sbancamento nei pressi della località Tuppa Cerbu.

6. Incendi pregressi

Gli incendi rappresentano una delle cause che concorrono ad accrescere il degrado ambientale producendo delle alterazioni del suolo nei primi strati superficiali, con delle gravi conseguenze quali, impermeabilizzazione della superficie del suolo con aumento del deflusso superficiale e dell'azione erosiva dell'acqua, che possono aumentare in determinate condizioni il dissesto idrogeologico.

Il passaggio di un incendio può determinare un aumento della pericolosità in condizioni di pendenza superiore al 20% in aree boscate o a vegetazione rada arborea per un periodo limitato legato al tempo necessario al ripristino del sottobosco e della copertura vegetale (minimo cinque anni).

I dati sono stati reperiti consultando il sito di Sardegna Geoportale nella sezione "Sardegna mappe incendi", prendendo in considerazione gli anni che vanno dal 2005 al 2014, presenti nel database.

Dall'analisi è scaturito che il territorio comunale è stato interessato dal passaggio di incendi negli anni 2006-2007-2010-2011-2012 e 2014.

Come si evince dalle tabelle riassuntive, gli incendi non hanno interessato aree boscate ma zone destinate prevalentemente a coltivazioni; nelle zone dove sono state riscontrate pendenze maggiore del 20%, sono state confrontate e confermate con la perimetrazione delle aree a pericolosità da frana.

INCENDI ANNO 2014			
Località	Uso del suolo	pendenza	Pericolosità da frana
Gennaliu	seminativi in aree non irrigue	0-10%	Hg1
periferia	seminativi in aree non irrigue	0-10%	Hg0
periferia	seminativi in aree non irrigue	0-10%	Hg0
Su Pau	seminativi in aree non irrigue, colture temporanee associate all'olivo	0-10%	Hg0
Tuppa Cerbu	seminativi in aree non irrigue, prati artificiali	prevalente 0-10% limitata 20-35%	Prevalente Hg1 secondaria Hg2

INCENDI ANNO 2013			
Località	Uso del suolo	pendenza	Pericolosità da frana
Su Sciu	seminativi in aree non irrigue aree a ricolonizzazione naturale	Da 0-10% a 36-50%	Prevalente Hg1 secondaria Hg2

INCENDI ANNO 2012			
Località	Uso del suolo	pendenza	Pericolosità da frana
Isla Pidas	seminativi semplici e colture orticole a pieno campo sistemi colturali e particellari complessi	0-10%-11-20%	Hg0-Hg1
Pala Sanguini	seminativi in aree non irrigue	0-10%	Hg0
Piscina Boi	seminativi in aree non irrigue, limitati	0-10%	Hg0

	pioppeti, saliceti, eucalitteti ecc. anche in formazioni miste		
Porcilis	seminativi in aree non irrigue, prati artificiali, oliveti, pioppeti, saliceti, eucalitteti ecc. anche in formazioni miste	Da 0-10% a 36-50%	Hg1-Hg2-Hg3
Su Sciu	frutteti e frutti minori, prati artificiali, aree prev. occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali importanti, oliveti	Da 0-10% a >50%	Hg2-Hg3-Hg4

INCENDI ANNO 2010

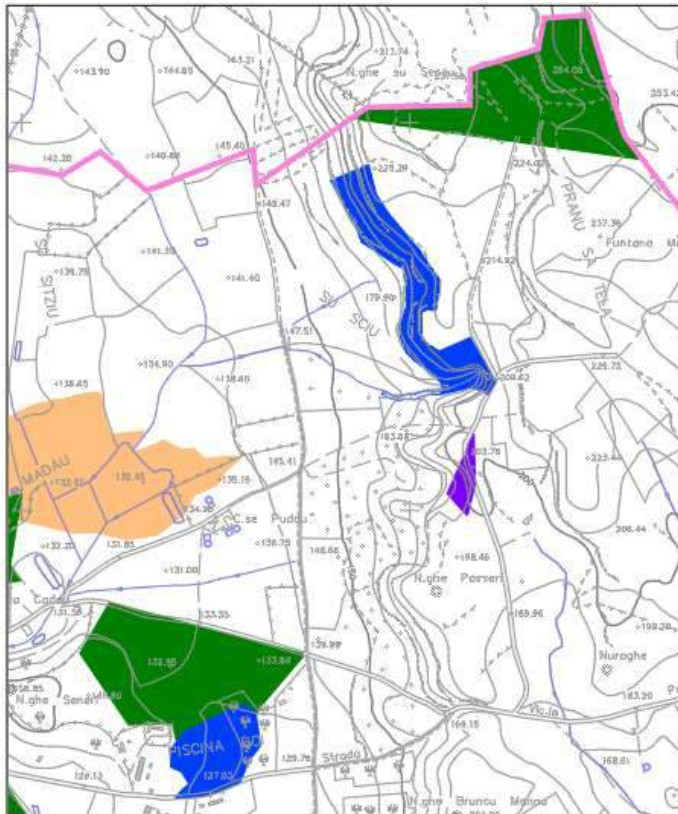
Località	Uso del suolo	pendenza	Pericolosità da frana
Rio Is Funtans Pranu Sa Teula	seminativi in aree non irrigue	0-10%	Hg1
Tuppa Cerbu	seminativi in aree non irrigue, prati artificiali	Da 0-10% a 36-50%	Hg1-Hg2-Hg3

INCENDI ANNO 2007

Località	Uso del suolo	pendenza	Pericolosità da frana
Bruncu Sa Figù	Parti artificiali	Da 0-10% a 36-50%	Hg1-Hg2
Pranu Murdegu	seminativi in aree non irrigue seminativi semplici e colture orticole a pieno campo sistemi colturali e particellari complessi	0-10%	Hg0
Periferia paese	seminativi in aree non irrigue	0-10%	Hg0
Su Sitzu	seminativi in aree non irrigue	0-10%	Hg0
Pranu Sa Teula	seminativi in aree non irrigue	0-10%	Hg1

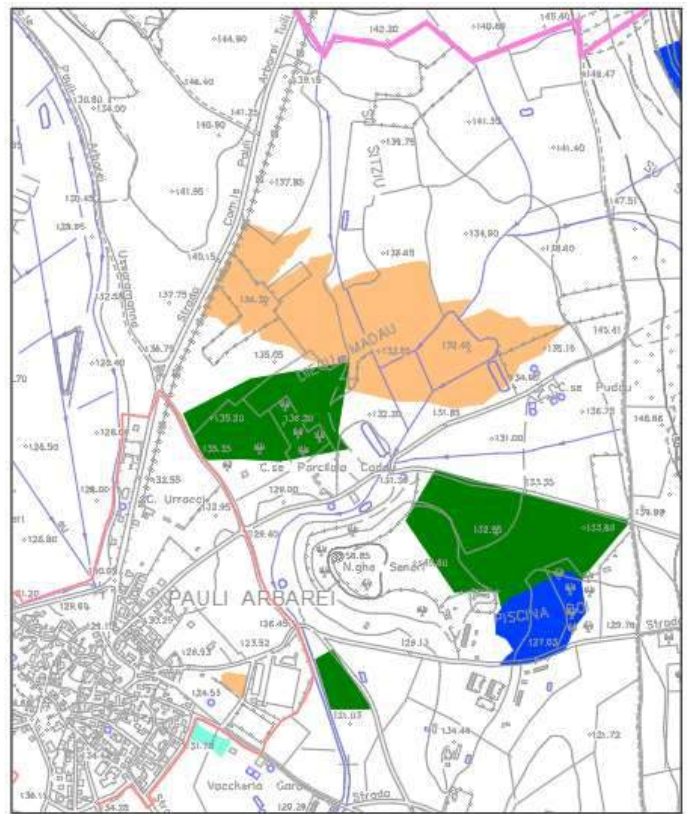
INCENDI ANNO 2006

Località	Uso del suolo	pendenza	Pericolosità da frana
Madonna d'Itria	seminativi semplici e colture orticole a pieno	0-10%	Hg0
N.ghe Su Senzu	seminativi in aree non irrigue	prevalente 0-10% limitata 20-35%	prevalente Hg1 limitata Hg2-Hg3
Piscina Boi	limitati pioppeti, saliceti, eucalitteti ecc. anche in formazioni miste	0-10%	Hg0
Pramestia	seminativi in aree non irrigue	0-10%	Hg0
Su Sitzu	seminativi in aree non irrigue sistemi colturali e particellari complessi	0-10%	Hg0



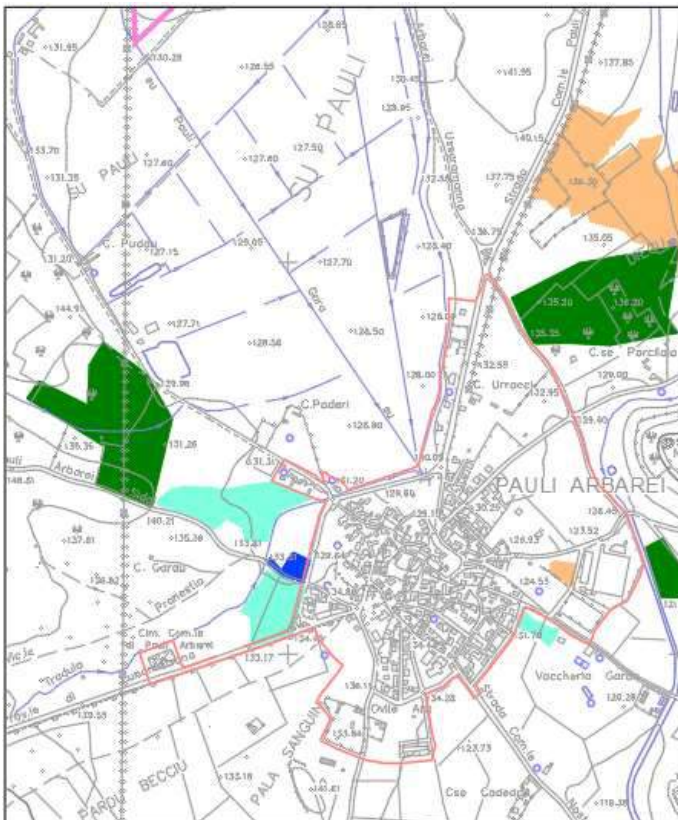
INCENDI PREGRESSI fonte Sardegna mappe incendi

anno 2014 tipologia incendi: altro
 anno 2013 tipologia incendi: altro
 anno 2012 tipologia incendi: altro
 anno 2010 tipologia incendi: altro
 anno 2007 tipologia incendi: altro
 anno 2006 tipologia incendi: altro



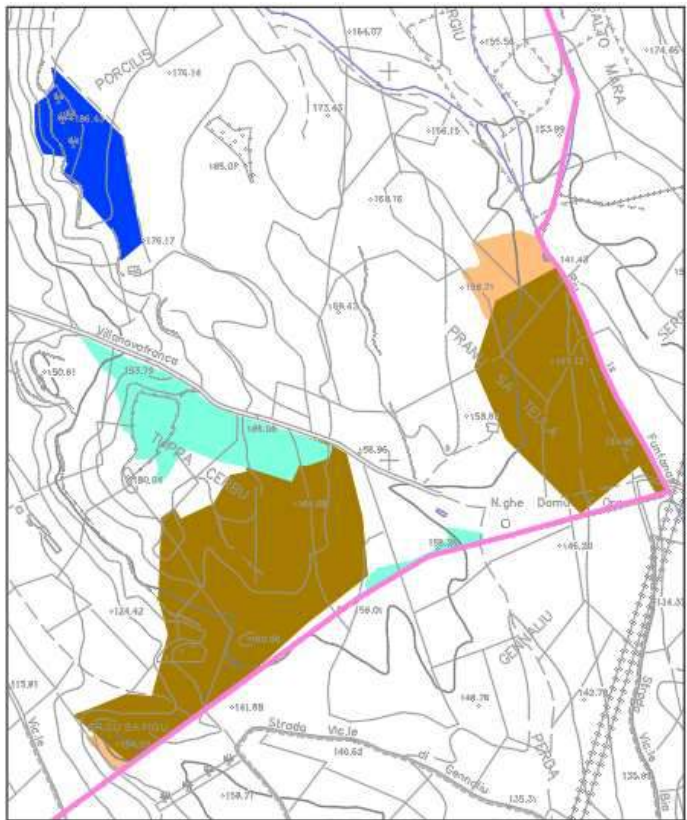
INCENDI PREGRESSI fonte Sardegna mappe incendi

anno 2014 tipologia incendi: altro
 anno 2013 tipologia incendi: altro
 anno 2012 tipologia incendi: altro
 anno 2010 tipologia incendi: altro
 anno 2007 tipologia incendi: altro
 anno 2006 tipologia incendi: altro



INCENDI PREGRESSI fonte Sardegna mappe incendi

anno 2014 tipologia incendi: altro
 anno 2013 tipologia incendi: altro
 anno 2012 tipologia incendi: altro
 anno 2010 tipologia incendi: altro
 anno 2007 tipologia incendi: altro
 anno 2006 tipologia incendi: altro



INCENDI PREGRESSI fonte Sardegna mappe incendi

anno 2014 tipologia incendi: altro
 anno 2013 tipologia incendi: altro
 anno 2012 tipologia incendi: altro
 anno 2010 tipologia incendi: altro
 anno 2007 tipologia incendi: altro
 anno 2006 tipologia incendi: altro



INCENDI PREGRESSI fonte Sardegna mappe incendi

 anno 2014 tipologia incendi: altro	 anno 2010 tipologia incendi: altro
 anno 2013 tipologia incendi: altro	 anno 2007 tipologia incendi: altro
 anno 2012 tipologia incendi: altro	 anno 2006 tipologia incendi: altro

PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

La pericolosità geomorfologica viene definita, secondo la definizione del Canuti & Casagli (1996) e sulla base del rapporto UNESCO di Varnes (1984), come la *"probabilità che un fenomeno potenzialmente distruttivo di determinata intensità si verifichi in un dato periodo di tempo ed in una data area"*; viene espressa in termini di probabilità annua o di tempo di ritorno.

La definizione della pericolosità di un'area è funzione di tre componenti: valutazione dell'area interessata (suscettività); valutazione dell'intensità del fenomeno atteso; valutazione della frequenza dell'evento ossia del suo tempo di ritorno.

In generale un dissesto è definito come un movimento di masse di terreno o roccia costituente un pendio, con direzione verso il basso o verso l'esterno del pendio stesso; fra i fattori che determinano le condizioni di instabilità dei versanti, occorre distinguere quelli che riguardano il versante stesso (il tipo di roccia o di detrito con le loro caratteristiche meccaniche, la giacitura degli strati, l'inclinazione del pendio) da quelli che si possono attribuire a cause esterne (fattori antropici ed eventi quali la piovosità che include l'erosione dovuta alle acque incanalate o ruscellanti, il crioclastismo etc).

In generale i dissesti si possono distinguere in funzione degli agenti morfogenetici esogeni dai quali prendono origine, ossia la forza di gravità, acque di dilavamento e neve [AMANTI et alii (2001), CARRARA et alii (1985), CRUDEN & VARNES (1996) e VARNES (1978)].

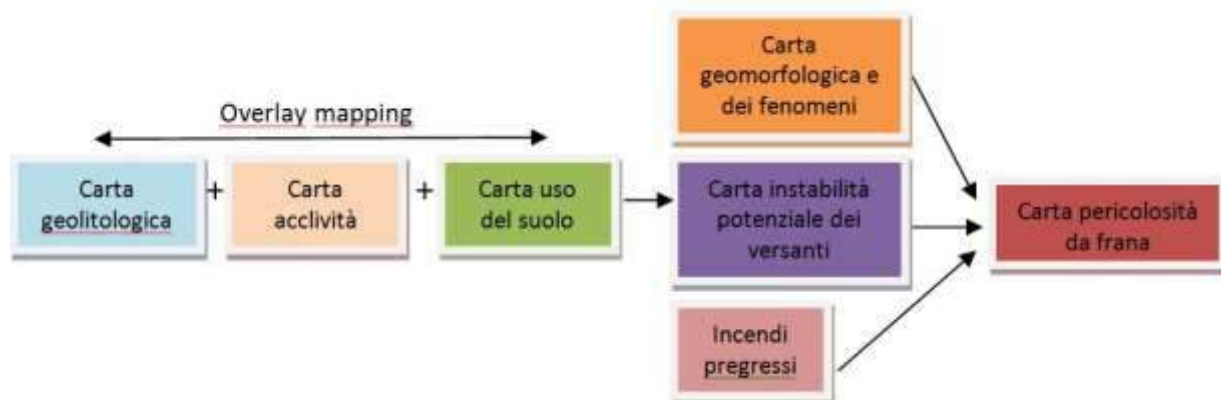
Le ricerche bibliografiche dei dissesti a carattere storico che riguardano il territorio comunale oggetto di studio, la consultazione delle banche dati del Gruppo nazionale per la difesa delle catastrofi idrogeologiche del consiglio nazionale delle ricerche (GNDCI-CNR), la consultazione del Progetto Aree Vulnerate Italiane (AVI) e del progetto IFFI, ha dato esito negativo sulla presenza di eventi franosi pregressi.

Nella zonizzazione territoriale del PUC vigente è stata indicata un'area a rischio idrogeologico, in località Su Sciu, già descritta nei paragrafi precedenti.

1. Carta di sintesi delle aree a pericolosità da frana

La metodologia indicata dalle linee guida del PAI per la valutazione della carta pericolosità da frana ha previsto l'utilizzo di un set di parametri di base, in parte riclassificati, progressivamente incrociati e messi a confronto tra loro fino a giungere alla definizione di un elaborato di sintesi finale derivante da tale processo.

Schema metodologico per la redazione della Carta di Pericolosità da Frana



Come riporta il diagramma di flusso si parte dalla realizzazione delle carte primarie quali la carta litologica, la carta delle pendenze e la carta dell'uso del suolo; successivamente mediante procedure GIS di sovrapposizione si ottiene la carta derivata dell'instabilità potenziale dei versanti. Questa a sua volta sarà integrata e messa a confronto con la carta geomorfologica e dei fenomeni franosi, realizzata tramite fotointerpretazione e rilevamenti sul posto al fine di evidenziare alcune forme e processi che potrebbero generare dei dissesti.

Facendo riferimento alla carta di instabilità, si sono riscontrate delle situazioni particolari in cui il risultato ottenuto non è realistico ma sovrastimato: un esempio è il caso degli areali dove sono presenti i depositi del quaternario con peso 4 e 5, uso del suolo con impedenza nulla (seminativi in aree non irrigue - 2) e pendenze molto basse (0-10%), dove si ottiene una classe di instabilità potenziale media e limitata che non corrisponde alla realtà geomorfologica dei luoghi (località Su Pauli, Pardu Becciu, Diego Madau e Isla' Pidas).

Considerando il fattore degli incendi pregressi si può affermare che, le aree incendiate non hanno interessato aree boscate ma zone destinate a coltivazioni, le zone con pendenze maggiori del 20% sono limitate a piccoli areali, per cui non si è ritenuto indispensabile incrementare le classi nelle aree perimetrate a pericolosità da frana.

Il modello definito ha consentito di pervenire alla distinzione di aree in frana a diverso grado di pericolosità su basi oggettive e documentate e/o sulla base di dati che con la pericolosità risultano correlati.

Le classi di pericolosità da frana rappresentate sono cinque, indicate con il parametro Hg a cui è stato assegnato un peso su base puramente empirica. Al fine di rendere omogenea l'attribuzione di una determinata area ad una classe di pericolosità, la perimetrazione è stata effettuata consultando la tabella della Relazione Generale del PAI e alcuni criteri generali riportati nelle Linee guida del PAI, specificati nel seguito.

H1 - Aree a pericolosità moderata

Le aree che ricadono in questa classe sono caratterizzate da condizioni generali di stabilità dei versanti, ovvero presentano i seguenti caratteri:

1. classi di instabilità potenziale limitata o assente (classe 2 e classe 1);
2. presenza di copertura boschiva;
3. esposizione prevalente dei versanti: Nord litologia prevalente: depositi alluvionali sabbiosi, calcari, dolomie e calcari dolomitici, etc.

H2 - Aree a pericolosità media

Le aree che ricadono in questa classe sono caratterizzate da prevalenti condizioni di media pericolosità, in particolare da:

1. classe di instabilità potenziale media (classe 3);
2. fenomeni di soliflusso;
3. fenomeni di dilavamento diffuso;
4. frane di crollo non attive/stabilizzate;
5. frane di scorrimento attive/stabilizzate;
6. aree di conoidi non attivatisi recentemente o completamente protette da opere di difesa;
7. superfici degradate per pascolamento;
8. presenza di copertura boschiva;
9. esposizione prevalente dei versanti: Nord;
10. litologia prevalente: depositi alluvionali depositi sabbiosi, porfidi, marmi saccaroidi e dolomitici, graniti massicci.

H3 - Aree a pericolosità elevata

Le aree che ricadono in questa classe sono prevalentemente caratterizzate da fenomeni quiescenti e potenziali tali da condizionare l'uso del territorio; in particolare da:

1. classe di instabilità potenziale forte (classe 4);
2. presenza di lineamenti tettonici;
3. pareti in roccia;
4. orlo di scarpata o di terrazzo;
5. falde e con di detrito colonizzati;
6. fenomeni di erosione delle incisioni vallive;

7. frane di crollo quiescenti;
8. frane di scorrimento quiescenti;
9. deformazioni gravitative profonde di versante non attive;
10. aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi parzialmente protette da opere di difesa e di sistemazione a monte;
11. fenomeni di fluidificazione dei suoli;
12. fenomeni di soliflusso;
13. fenomeni di dilavamento diffuso e concentrato;
14. litologia prevalente: depositi detritici; depositi alluvionali antichi, recenti, attuali; depositi argillosi e marnosi; calcescisti, micascisti, argilloscisti; filladi; anfiboliti, gneiss fratturati; graniti alterati con copertura di sabbioni.

H4 - Aree a pericolosità molto elevata

Le aree che ricadono in questa classe sono, in prevalenza, caratterizzate da una concentrazione di fenomeni in atto tali da condizionare fortemente l'uso del territorio; in particolare da

1. classe di instabilità potenziale massima (classe 5);
2. falde e con di detrito attivi, in particolare posizionati in quota e su versanti esposti a sud
3. aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi non protette da opere di difesa e di sistemazione a monte;
4. canali in roccia (e non) con scarico di detrito;
5. frane di crollo attive;
6. frane di scorrimento attive;
7. scivolamenti rapidi in roccia, detrito, fluidificazione di terreni sciolti superficiali;
8. piccole frane;
9. deformazioni gravitative profonde di versante attive;
10. crolli e fenomeni di instabilità lungo l'intaglio stradale;
11. litologia prevalente: detrito di falda, con detritici e conoidi di deiezione, alluvioni ghiaiose, antiche e terrazzate, sabbie eoliche, sabbie, anche grossolane con livelli ghiaiosi ed intercalazioni di arenarie, tufi, tufi conglomeratici, graniti, granodioriti alterati con potenti coperture di sabbioni arciosi.

TABELLA - CLASSI DI PERICOLOSITÀ HG (RELAZIONE GENERALE DEL PAI)

Classe	Intensità	Valore	Descrizione
Hg0	Nulla	0	Aree non soggette a fenomeni franosi con pericolosità assente e con pendenze < 20%;
Hg1	Moderata	0,25	aree con pericolosità assente o moderata e con pendenze comprese tra il 20% e il 35% con copertura boschiva limitata o assente; aree con copertura boschiva con pendenze > 35%
Hg 2	Media	0,50	aree con pericolosità media con fenomeni di dilavamento diffusi, frane di crollo e/o scivolamento non attive e/o stabilizzate, con copertura boschiva rada o assente, e con pendenze comprese tra 35 e 50%, falesie lungo le coste
Hg3	Elevata	0,75	aree con pericolosità elevata con pendenze >50% ma con copertura boschiva rada o assente; frane di crollo e/o scorrimento quiescenti, fenomeni di erosione delle incisioni vallive. Fonti di scavo instabili lungo le strade; aree nelle quali sono inattività o sono state svolte in passato attività minerarie che hanno dato luogo a discariche di inerti, cave a cielo aperto, cavità sotterranee con rischio di collasso del terreno e/o subsidenza (i siti minerari dismessi inseriti nella Carta della pericolosità di frana); aree interessate in passato da eventi franosi nelle quali sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza
Hg4	Molto elevata	1	aree con pericolosità molto elevate con manifesti fenomeni di instabilità attivi o segnalati nel progetto AVI o dagli Enti Locali interpellati o rilevate direttamente dal Gruppo di lavoro

TABELLA - LIVELLI DI PERICOLOSITÀ HG (LINEE GUIDA DEL PAI)

Pericolosità (Hg)			Descrizione
Classe	Intensità	Valore	
Hg1	Moderata	0,25	I fenomeni franosi presenti o potenziali sono marginali
Hg2	Media	0,50	zone in cui sono presenti solo frane stabilizzate non più riattivabili nelle condizioni climatiche attuali a meno di interventi antropici (assetto di equilibrio raggiunti naturalmente o mediante interventi di consolidamento) zone in cui esistono condizioni geologiche e morfologiche sfavorevoli alla stabilità dei versanti ma prive al momento di indicazioni morfologiche di movimenti gravitativi
Hg3	Elevata	0,75	zone in cui sono presenti frane quiescenti per la cui riattivazione ci si aspettano presumibilmente tempi pluriennali o pluridecennali; zone di possibile espansione areale delle frane attualmente quiescenti; zone in cui sono presenti indizi geomorfologici di instabilità dei versanti e in cui si possono verificare frane di neoformazione presumibilmente in un intervallo di tempo pluriennale o pluridecennali
Hg4	Molto elevata	1	Zone in cui sono presenti frane attive, continue o stagionali; zone in cui è prevista l'espansione areale di una frana attiva; zone in cui sono presenti evidenze geomorfologiche di movimenti incipienti

Dall'analisi del territorio comunale sono state individuate le diverse classi di pericolosità da frana che andranno confrontate e aggiornate, se necessario con le previsioni urbanistiche.

Classe di pericolosità da frana Hg4 (molto elevata): è stato perimetrato un unico areale di 0.014 kmq in località Su Sciu. Trattasi di una zona già segnalata nel PUC vigente come area a rischio idrogeologico, soggetta stagionalmente e/o in occasione di intense precipitazioni a fenomeni erosivi che generano dei crolli localizzati nel versante esposto a sud; nella zonizzazione del PUC vigente tale area è destinata a rimboschimento.

Classe di pericolosità da frana Hg3 (elevata): è rappresentata da areali di ridotte dimensioni 0.05 kmq, individuati nella parte orientale del territorio dove gli affioramenti sedimentari presentano una morfologia movimentata, con le tipiche bancate di strato potenzialmente in regressione e classificate come fenomeni quiescenti; nel PUC vigente l'area è individuata come zona a rimboschimento H2 e zona agricola E.

Classe di pericolosità da frana Hg2 (media): la perimetrazione (0.59 kmq) copre la fascia collinare con andamento NS, che si estende dalla località Su Sciu, N.ghe Passeri, N.ghe Bruncu Mannu, Tuppa Cerbu sino a Br.cu Sa Figu, rappresentata da piccole zone in cui si sono riscontrati fenomeni di dilavamento diffuso e nelle quali esistono possibili condizioni geologiche e morfologiche sfavorevoli alla stabilità dei versanti, come per esempio la pendenza e la scarsa vegetazione, ma prive al momento di fenomeni attivi; nel PUC vigente l'area è individuata come zona a rimboschimento H2 e zona agricola E.

Classe di pericolosità da frana Hg1 (moderata): (4.74 kmq) si ritrova in corrispondenza di alcune colline oligo-mioceniche e nella parte orientale del territorio comunale in cui la situazione è da considerarsi stabile, poiché non sono stati individuati dei processi geomorfologici che potrebbero causare dei possibili fenomeni franosi.

Classe di pericolosità da frana Hg0 (nulla): (9.70 kmq) è localizzata nel centro urbano e nella parte centro occidentale del territorio comunale; l'area ha una conformazione pianeggiante con bassi valori di pendenza (0-10%) ed una elevata stabilità geomorfologica in cui è improbabile che si manifesti un fenomeno franoso anche in tempi pluridecennali.

CONCLUSIONI

La sintesi del presente lavoro è stata la definizione della pericolosità delle aree da frana, considerata come elemento fondamentale e necessario nella tutela e gestione del territorio. In tal modo si definiscono i limiti alle trasformazioni del territorio assegnando criteri e indirizzi compatibili alla pianificazione territoriale ed urbanistica.

A prescindere dalle aree perimetrate a **pericolosità geomorfologica**, tutti gli interventi urbanistico-edilizi previsti nei piani e programmi a scala comunale saranno effettivamente realizzabili, nel rispetto delle NTA del PAI, soltanto se:

- migliorano in modo significativo o comunque non peggiorano le condizioni di funzionalità del regime idraulico del reticolo principale e secondario, non aumentando il rischio di inondazione a valle;
- migliorano in modo significativo o comunque non peggiorano le condizioni di equilibrio statico dei versanti e di stabilità dei suoli attraverso trasformazioni del territorio non compatibili;
- non compromettono la riduzione o l'eliminazione delle cause di pericolosità o di danno potenziale né la sistemazione idrogeologica a regime;
- non aumentano il pericolo idraulico con nuovi ostacoli al normale deflusso delle acque o con riduzioni significative delle capacità di invasamento delle aree interessate;
- limitano l'impermeabilizzazione dei suoli e creano idonee reti di regimazione e drenaggio;
- favoriscono quando possibile la formazione di nuove aree esondabili e permeabili;
- salvaguardano la naturalità e la biodiversità dei corsi d'acqua e dei versanti;
- non interferiscono con gli interventi previsti dagli strumenti di programmazione e pianificazione di protezione civile;
- adottano per quanto possibile le tecniche dell'ingegneria naturalistica e quelle a basso impatto ambientale;
- non incrementano le condizioni di rischio specifico idraulico o da frana degli elementi vulnerabili interessati ad eccezione dell'eventuale incremento sostenibile concesso all'intervento espressamente assentito;
- assumono adeguate misure di compensazione nei casi in cui sia inevitabile l'incremento sostenibile delle condizioni di rischio o di pericolo associate agli interventi consentiti;
- garantiscono condizioni di sicurezza durante l'apertura del cantiere, assicurando che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un significativo aumento del livello di rischio o del grado di esposizione al rischio esistente.

I PROFESSIONISTI

Dott. Ing. Andrea Lostia

Dott. Geol. Tiziana Carrus