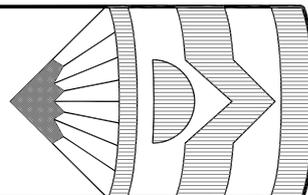


studio associato arch. antonio a. delogu arch. andrea pisanu
via gorizia n. 59 tel./fax. 079/29 87 33
07100 - SASSARI

COMUNE DI PUTIFIGARI

PROVINCIA DI SASSARI



VARIANTE AL P.U.C.

IN ADEGUAMENTO AL D.P.G.R. - 3 agosto 1994 n°228 -
DIRETTIVE REGIONALI PER LE ZONE AGRICOLE E
PREDISPOSIZIONE DEGLI STUDI GEOLOGICI ED AGRONOMICI
E DELLE RELATIVE CARTOGRAFIE TEMATICHE

Il Sindaco : dott. Filippo FELE

Il Progettista : arch. Antonio A. DELOGU

Elaborazioni grafiche :  S.r.l.
Servizi Progettazione Edilizia
VIA GORIZIA 59 - 07100 SASSARI -

Studi agronomici : dott. agr. Costantino PINTUS

Studi geologici : dott. geol. Alberto ARESU
: dott. geol. Stefano FOZZI

elaborato

prel. def. esec. variante

B

data
MAR 2004

RELAZIONE GEOLOGICA E DI FATTIBILITA' GEOTECNICA

	●		
arch.	strutt.	imp.	archivio
●			---

PARTE I

RELAZIONE GEOLOGICA

PREMESSA

Su incarico dell'*arch. Antonio DELOGU*, progettista incaricato della redazione del Piano Urbanistico del Comune di **PUTIFIGARI (SS)**, i sottoscritti, *Dott. Geol. Alberto ARESU* iscritto all'Ordine dei Geologi della Sardegna col numero 249 e *Dott. Geol. Stefano FOZZI* iscritto all'Ordine dei Geologi della Sardegna col numero 250, hanno eseguito uno studio geologico – territoriale esteso all'intero distretto comunale.

Scopo del lavoro, redatto ai sensi del punto H "*Fattibilità geotecnica di opere su grandi aree*" del D.M. 11/03/1988, è dotare il progettista di una rappresentazione dello stato di fatto del territorio che, descrivendo l'ambito comunale nei suoi aspetti geologici, morfologici, idrogeologici, pedologici e naturalistici, costituisca un quadro di riferimento per le successive scelte di programmazione urbanistica.

Il medesimo studio permetterà, inoltre, ai tecnici che opereranno nell'ambito del territorio comunale di poter disporre delle informazioni geologiche - territoriali di base, e alla pubblica amministrazione di avere a disposizione degli elementi utili per una pianificazione delle iniziative improntate ad un più corretto uso del territorio.

I risultati ottenuti dagli studi, allo scopo di potere disporre di una visione sintetica d'insieme dei diversi fenomeni esaminati, sono stati descritti ed evidenziati dai seguenti elaborati tematici :

a) *carte tematiche sullo stato di fatto dell'intero territorio*

- Carta Geologica;
- Carta Idrogeologica ;
- Carta Geomorfologica: geometria dei versanti e dinamica dell'erosione;
Carta dell'Uso del suolo e della vegetazione;

b) *Relazione Geologica sullo stato dell'intero territorio studiato ;*

c) *Relazione di Fattibilità Geotecnica.*

La presente relazione, unitamente a quella di Fattibilità Geotecnica ed a quella Agronomica, costituisce la sintesi e l'integrazione dei dati raccolti, osservati ed elaborati relativamente a tutti i tematismi studiati.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il territorio comunale di Putifigari, ubicato in quella regione della Sardegna denominata **MONTELEONE**, posta tra **MEILOGU** ed il **LOGUDORO**, è individuato quasi per intero nel *Foglio n° 479 sez. IV "Villanova Monteleone"* e, per una minore parte, nel *Foglio 459 sez. III "Uri"* della Carta Topografica d'Italia redatta dall'I.G.M.I. in scala 1:25.000.

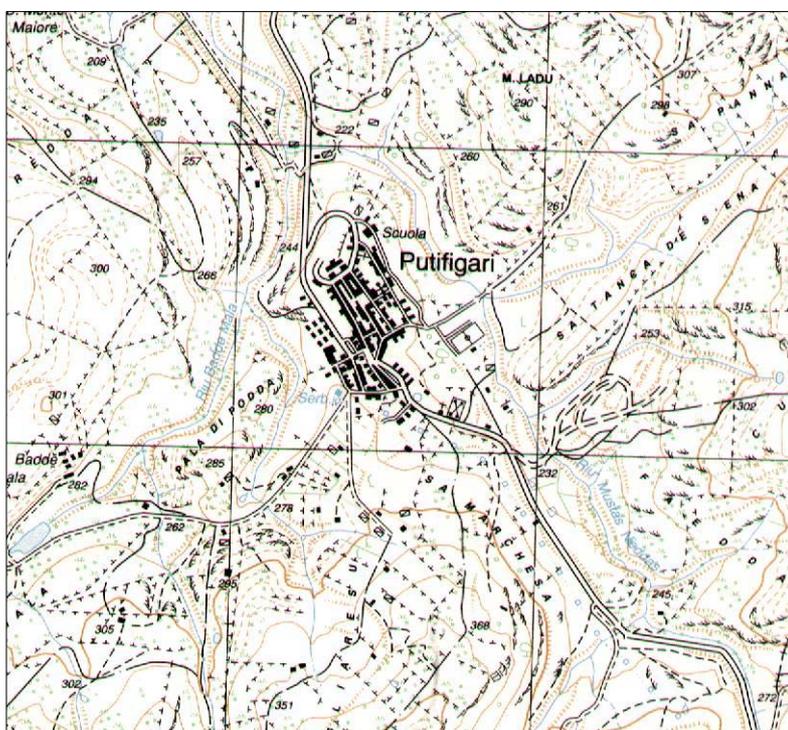


Figura 1: estratto dalla tavoletta F° 479 sez. IV "Villanova Monteleone".

Attualmente ha un'estensione di circa **53 Km²** (5300 Ha) e i suoi limiti amministrativi coincidono, per la maggior parte, con elementi fisici naturali di facile individuazione (corsi d'acqua, rilievi, etc). Solo secondariamente si estendono lungo linee convenzionali.

Pertanto il territorio comunale si può così delimitare:

- a Nord dal corso del *Rio Su Catala*;
- a Est in parte dal *Rio Badde sa Lana*, dagli affioramenti rocciosi di "*Coa de Sas Timones*", dal *Riu Chiscia*, e dal *Riu Su Lidonazu*;

- a Ovest dal *Riu S'Iscale Manna* e dalla serie di cime rocciose che costituiscono il *M.Te Murone* (174 m.l.m.), *P.ta Murone* (234 m.l.m.), le pendici del *M. Ruos* (278 m.l.m.), *M. Canistreddu* (318 m.l.m.), i fianchi di *P.ta Giglio* (306 m.l.m.);
- a Sud da un allineamento convenzionale, passante per *P.ta Sa Casa* (506 m.l.m.).

L'abitato del comune è ubicato nel in posizione centrale rispetto al limite comunale, compreso tra il corso del *Rio Badde Mala* e quello del *Rio Mustas Nieddas*, a Nord della località detta "*Sa Marchesa*".

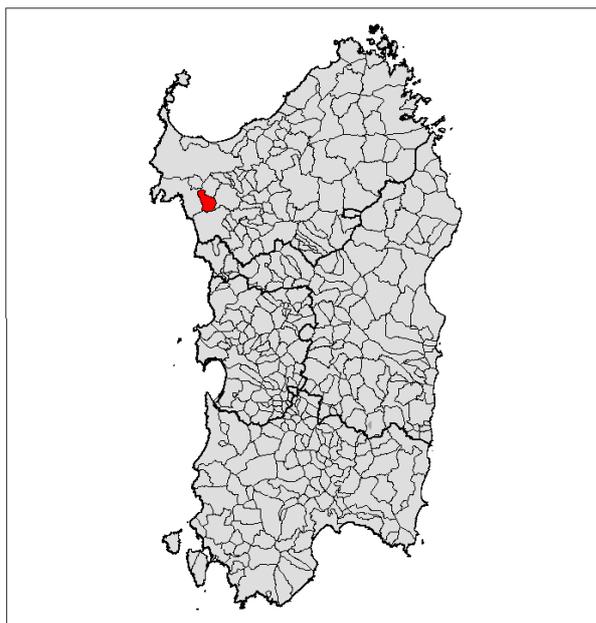


Figura 2: Posizione del territorio comunale di Putifigari nell'ambito regionale

GEOLOGIA

Al fine di fornire una più completa visione dei caratteri tipici del territorio comunale di Putifigari, si ritiene utile dare una breve descrizione dei principali fenomeni geologici e tettonici che portarono alla formazione di questa porzione della Sardegna.

Questo permetterà di evidenziare come l'area studiata non possa essere considerata un'entità evolutasi in un proprio isolato contesto, ma sia invece il risultato di una lunga serie di avvenimenti responsabili della struttura geologica dell'intera Isola.

Descriveremo poi in dettaglio i lineamenti geologici osservati nel territorio comunale.

Inquadramento Geologico Generale

Tra l'Oligocene ed il Miocene, la Sardegna, in seguito ad un movimento rotatorio di circa 30° verso sud-est dell'intero massiccio sardo corso, fu soggetta ad una serie di fenomeni tettonici che portarono ad un'ingressione marina entro una vasta depressione compresa tra gli attuali Golfo di Cagliari e Golfo dell'Asinara. La trasgressione marina, che non fu concomitante in tutte le zone dell'Isola, fu preceduta da un importante ciclo vulcanico che ebbe luogo sia in ambiente marino sia in ambiente continentale e che continuò fino almeno al Miocene medio (*Serravaliano – Tortoniano*, circa 13 m.a.). Nonostante le complessità dei rapporti tra le formazioni originate dal ciclo vulcanico è comunque possibile distinguere alcuni cicli di attività, caratterizzati dalla prevalenza di prodotti lavici e piroclastici di natura andesitica alternati da un tipo di vulcanite più acido (*trachiti* s.l.)

Le formazioni osservate nel territorio di Putifigari appartengono prevalentemente a quest'ultimo tipo di vulcanismo.

Stratigrafia

Schematizzando, la stratigrafia osservata a Putifigari si può così riassumere, dalle formazioni più antiche alle più recenti:

- successione marina del Cretaceo;
- ciclo vulcanico calcoalcalino oligo miocenico (lave e tufi);
- depositi continentali quaternari.

Successione marina del Cretaceo

Durante il mesozoico il complesso scistoso cristallino ercinico, che costituisce il basamento strutturale dell'intera Isola, fu sommerso dal mare, dal Trias fino al Cretaceo compresi.

Durante questo periodo generarono una serie di formazioni calcaree e dolomitiche, generalmente fossilifere, di colore variabile dal bianco al grigio.

Nell'area in studio tali formazioni affiorano limitatamente ad un'area in prossimità di Rio su Català, tra le località *Tanca su Palau* e *Pedra de Fogu*. Si tratta di un affioramento, estraneo al motivo geologico predominante nel territorio, che occupa una superficie di circa 30 Ha. Si può considerare come un lembo del più ampio motivo sedimentario che caratterizza la Nurra dal punto di vista geologico.

Dal punto di vista morfologico la zona si presenta come una pianura con bassa pendenza (inferiore al 20%), quota intorno a 60 m.l.m e pendenza verso S-SO.

Tale tavolato rappresenta una superficie di erosione continentale e marina del Terziario.

Ciclo vulcanico calcoalcalino: lave

La gran parte del territorio comunale di Putifigari è litologicamente costituito da lave del ciclo vulcanico calcoalcalino dell'oligo-miocene.

Le lave osservate sono caratterizzati da una notevole variabilità nell'aspetto. Tale eterogeneità, corrispondente ai differenti episodi lavici succedutisi, è dovuta prevalentemente a variazioni mineralogiche e petrografiche e all'alterazione esogena.

Quest'ultimo fenomeno in particolare, che agisce sia su petrograficamente simili, sia su rocce differenti ha dato luogo ad un'ampia gamma di variazione cromatica. Abbiamo perciò potuto osservare tipi litologici il cui colore varia dal bianco al violaceo, dal rossastro al nero.

La medesima eterogeneità si è osservata nello stato di conservazione della roccia. Il degrado in alcuni casi si è rivelato talmente spinto da non permettere di distinguere le lave dai prodotti piroclastici.

Localmente è stato possibile osservare delle intercalazioni vitrofiriche nerastre, la cui potenza è generalmente limitata a pochi metri. Nonostante queste intercalazioni segnino in modo certo la parte basale di una delle colate vulcaniche, la complessità del quadro geologico generale, rende raramente possibile distinguere con un rilevamento di superficie e senza l'ausilio di

analisi petrografiche le diverse colate Le lave che costituiscono questa formazioni possono, infatti, essere ascritte a più episodi vulcanici successivi.

La zona dove più frequentemente è possibile osservare le intercalazioni vitrofiriche è situata in prossimità dell'abitato di Putifigari, circa un chilometro a Nord di questo. Qui sono stati osservati dei blocchi vitrofirici, di colore nerastro, di forma generalmente arrotondata.

Dal punto di vista giaciturale il motivo tettonico prevalente è costituito da deboli inclinazioni verso nord ovest e, secondariamente, verso sud ovest. Non sono emerse evidenze della presenza di faglie, tuttavia dal confronto con i lineamenti tettonici di zone adiacenti e geologicamente simili è ipotizzabile la presenza di fratture aventi direzione NNO-SSE e E-W.

Ciclo vulcanico calcoalcalino: tufi

Intercalati alle colate laviche sopra descritte sono state osservate delle formazioni piroclastiche (*tufi s.l.*), ovvero delle rocce generate dall'accumulo di materiali incoerenti costituenti le polveri, i brandelli vetrosi e i cristalli originati dall'eruzione vulcanica e successivamente saldati

Dal punto di vista giaciturale gli affioramenti piroclastici studiati sono caratterizzati dall'assenza di piani di stratificazione visibili, apparendo costituiti da un'unica bancata, anche laddove la potenza è notevole. La formazione assume pertanto un aspetto di "*tufi caotici*".

In genere l'aspetto delle bancate, sempre poco inclinate ($< 5^\circ$), è massivo, con presenza di fratturazioni locali dovute a fenomeni gravitativi.

Per quanto riguarda la composizione granulometrica, tra i costituenti prevalgono gli elementi più minuti, ceneri e pomice, anche se a tratti sono abbondanti i frammenti rocciosi di media grandezza.

La formazione affiora in modo particolare lungo una fascia ad occidente del territorio comunale. I tufi osservati hanno in prevalenza un colore grigiastro e, secondariamente, giallastro e verdolino.

In un taglio stradale all'uscita settentrionale dell'abitato di Putifigari sono stati osservati dei tufi giallastri, contenenti evidenti inclusioni biancastre pomicee e rosate di origine lavica. Nello stesso sito i tufi giallastri passano nettamente a pomice biancastre con livelli

ossidianacei decimetrici di colore nerastro.

Nella sezione inferiore del territorio comunale, in corrispondenza del bacino imbrifero facente capo al *Riu Badde Manna*, è stato possibile valutare la potenza della formazione in circa 70 m.

In questa località la roccia si presenta con un colore variabile dal roseo al giallognolo.

Alluvioni

I depositi alluvionali, diffusi nell'area di indagine in prossimità dei principali corsi d'acqua, sono costituiti da elementi in ciottoli eterometrici, di natura vulcanica (tufi e lave), con diversi gradi di arrotondamento, in una matrice sabbioso-limosa, con la presenza di livelli argillosi più o meno ferrettizzati. Si presentano come un complesso poco potente, a causa della continua evoluzione dell'idrografia superficiale, non terrazzato, estremamente uniforme nei caratteri generali, presentandosi come delle piccole piane regolarmente degradanti in direzione Ovest - Nord-Ovest.

I principali affioramenti delle alluvioni fluviali quaternarie sono i seguenti:

- in corrispondenza della porzione superiore del corso del Riu de Iscala Manna (circa 50 Ha);
- lungo il Riu Su Català e i suoi affluenti (circa 25 Ha);
- in posizione centrale all'interno del limite comunale in corrispondenza dell'abitato di Putifigari. Si tratta dei depositi asc5rivibili al sistema fluviale del Riu Badde Sa Lana e ai suoi torrenti Riu Badde Mala e Riu Mustas Nieddas (circa 60 Ha).

Tettonica

Per quanto osservato molto probabile l'assenza, all'interno dell'agro comunale di Putifigari, di strutture tettoniche di una certa importanza e anche l'identificazione di uno stile tettonico nella serie vulcanica pre-elveziana è molto problematico

La struttura tettonica principale è costituita da un sistema di faglie a carattere distensivo e di fratturazioni, di limitata estensione e comunque non cartografabili, a prevalente direzione NNW-SSE e E-W

Le *trachiti* osservate immergono tutte verso una zona posta a sud, fatta eccezione per alcune variazioni riscontrate localmente.

Questo farebbe supporre l'esistenza di un centro effusivo posto a nord dell'area in esame e del

quale oggi non esiste più traccia. Tuttavia è anche possibile che tali inclinazioni siano dovute a delle inclinazioni da tettonica compressiva.

GEOMORFOLOGIA

Il settore studiato presenta, per i suoi caratteri litologici, le forme tipiche del paesaggio vulcanico del Monteleone.

In sintesi è costituito da una serie di altopiani di modesta estensione, distintamente delimitati da orli di scarpata e degradanti verso sud-sud est

Le quote variano dai m. 20 circa osservabili in prossimità del *Riu Su Català*, fino alla cima massima osservata all'interno del territorio comunale, rappresentata dai m. 506 di *Punta Sa Casa*.

Le pendenze sono in genere piuttosto limitate e, se si eccettua gli orli di scarpata, non si trovano zone nelle quali l'acclività sia superiore al 50%

Forme e processi erosivi

La varietà delle forme osservate nel territorio di Putifigari sono da mettere in relazione con le conseguenze determinanti dell'*erosione differenziata*, in seguito alla quale porzioni più tenere del corpo roccioso sono asportate più facilmente di parti più tenaci.

Infatti, i diversi cicli vulcanici oligo-miocenici hanno dato luogo a prodotti con chimismo differente, i quali a loro volta hanno prodotto rocce di diversa durezza e con differente resistenza all'erosione. La tettonica di assestamento ha contribuito poi al completamento dell'attuale assetto morfologico.

Le forme più diffuse sono quelle costituite da superfici debolmente inclinate tipo *cuestas* e le *gradinate*, che si originano nelle aree caratterizzate dall'alternarsi di tufi e delle colate più dure.

Il grado di irregolarità nel disegno delle gradinate è evidentemente proporzionale all'equivalenza negli spessori delle diverse litologie costituenti la serie stratigrafica.

Abbiamo potuto osservare un notevole esempio di *cuesta* nella porzione sud occidentale del comune, in prossimità delle località M.te Canistreddu e Planu Pudderigos.

La linea di *cuesta* inizia a M.te Canistreddu (318 m.l.m.) e raggiunge la località Planu Pudderigos (324 m.l.m.). In prossimità di M.te Canistreddu è possibile osservare una scarpata orientata verso SE e che arriva fino al M. te Ruos (278 m.l.m.)

Altre forme di grande interesse morfologico sono le *superfici di erosione*. Queste rappresentano delle forme residue di più ampi altopiani oggi scomparsi (*mesas*) e sono spesso delimitate da orli di scarpata.

Le *mesas* sono degli altopiani isolati da versanti netti, con la sommità ad andamento quasi orizzontale e la superficie molto regolare o solo leggermente accidentata. Le superfici di erosioni oggi visibili non sono altro che delle *mesas* ridotte dall'erosione a piccole colline dalla cima piatta.

Nella parte nord occidentale del comune si osservano due cime appaiate, denominate **Monti Frades**, le quali sono separate da una valle fluviale oggi abbandonata. La genesi dei M.ti Frades, che raggiungono i 135 e i 157 m.l.m può essere schematizzata in due fasi cronologicamente simultanee:

- fase di erosione di una più ampia mesa;
- fase di approfondimento dell'alveo fluviale di un corso d'acqua oggi scomparsa.

Le due fasi possono essersi innescate in seguito a movimenti tettonici che hanno sollevato l'area, con conseguenze di "ringiovanimento" dei processi erosivi, in modo particolare per quanto riguarda l'erosione fluviale.

Altre superfici di erosioni osservate sono state osservate nella parte orientale del comune, in corrispondenza di **M.te Ippas** (375 m.l.m.).

Gli *orli di scarpata* caratterizzano in modo particolare la porzione settentrionale del territorio comunale. La lunghezza di queste scarpate in alcuni casi raggiunge valori notevoli (1.600 m. circa in località M.te S'Incantu – S'Ena Coccia, 1.450 m. circa in prossimità di M.te Sisieri)

Gli orli di scarpata si sviluppano in linee parallele, generalmente con direzione sud ovest-nord est e disposte in serie degradanti a volte molto ravvicinate (*gradinate*). E' così possibile individuare, da nord verso sud:

- le scarpate di M. SISIERI (124 – 114 m.l.m.)
- le scarpate di PEDRA DE SU FOGU, di limitata estensione, intorno a 70 m.l.m.
- le scarpate di M. S'INCANTU (circa 175 m.l.m.), con direzione NO
- le scarpate di MADAU (intorno a 100 m.)
- le scarpate in prossimità dei RIU BADDE SA LANA, circa 160 m. l.m.

Forme e processi fluviali

I processi morfologici in atto legati alla dinamica fluviale sono rappresentati principalmente dalla meandricazione di alcuni corsi d'acqua e dai limitati ma costanti processi di erosione regressiva legati alla forte attività stagionale dei torrenti, oltre che da alcuni episodi di

ruscellamento ed erosione a rigagnoli, ridotti sia come estensione sia come grado di evoluzione

I meandri sono sinuosità del letto ordinario organizzate in associazioni di curve regolari con una deviazione non inferiore a 45° rispetto al corso normale e successivo ritorno nella direzione iniziale. L'evoluzione avviene attraverso una forte erosione laterale a spese della sponda esterna di ogni curva cui si contrappone la deposizione nella curva interna, dove la velocità della corrente è minima. L'alveo subisce così dei cambiamenti di forma delle singole anse e degli spostamenti laterali verso valle.

Le strutture a meandro osservate nel territorio di Putifigari possono essere così schematizzate:

- gruppo di tre meandri lungo il corso di un affluente del Rio Su Català, per un tratto di circa 650 m.;
- gruppo di cinque meandri presso il Riu de Iscala Manna, per una lunghezza di circa 1250 m. Gli ultimi due meandri della serie sono nettamente più stretti (e pertanto hanno raggiunto un maggiore grado di maturazione) degli altri.
- Gruppo di quattro meandri, per un tratto di circa 1400 m. presso il Rio Su Fangarone – Badde Sa Lana. I meandri si snodano in una stretta valle dominata da dei notevoli orli di scarpata.
- Gruppo di due meandri lungo il Rio de Iscala Mala, nelle vicinanze di M.te Murone, per un tratto di circa 650 m.

Sono stati inoltre osservati dei meandri isolati lungo il corso del Rio Su Català e lungo il Serra Ollas, in corrispondenza della località Sa Serra.

Le forti variazioni stagionali del clima, caratterizzato da sei - sette mesi invernali, talora piovosi ma quasi mai freddi, e da una breve estate calda e molto asciutta, incidono fortemente sulla stabilità delle condizioni idrologiche durante l'anno, sia per quanto riguarda il regime superficiale dei corsi d'acqua che per quanto concerne la circolazione d'acqua nel sottosuolo. L'aspetto forse più importante delle variazioni climatiche su scala locale è dato dall'incostanza nel regime delle piogge, spesso assenti per lunghi periodi e talvolta concentrate con elevate intensità giornaliere. Le acque piovane sono in gran parte responsabili di un processo morfologico noto come dilavamento ruscellamento diffuso. Questo, dipendendo in maniera diretta dalla frequenza e l'intensità delle piogge, è un fenomeno discontinuo nel tempo. Infatti, precipitazioni intense e di breve durata creano un deflusso

superficiale anche su superfici debolmente inclinate, provocando quindi intensi fenomeni erosivi e piene improvvise dei corsi d'acqua. Al contrario le precipitazioni la cui caduta è lenta e duratura nel tempo vengono più facilmente assorbite dal suolo, contribuendo maggiormente sia al deflusso ipodermico sia all'infiltrazione efficace e quindi ad alimentare le falde sotterranee, non provocando fenomeni di erosione e di trasporto, se non di piccola entità. Le acque percolanti provocano, secondo la pendenza, fenomeni più o meno diffusi di asportazione e trasporto di particelle solide che verranno in seguito depositate, dando così origine ai depositi colluviali oppure contribuendo ad alimentare il trasporto solido fluviale. Alcuni fattori naturali (non considerando quindi in questo contesto cause legate a fattori antropici), la cui presenza all'interno dei processi di dilavamento può avere una valenza sia positiva sia negativa, condizionano l'efficacia delle precipitazioni e del ruscellamento nel produrre consistenti effetti morfologici.

Sono da annoverare tra questi:

1. ***natura dei litotipi superficiali e dei suoli:*** la granulometria dei materiali soggetti al dilavamento e la coesione tra le particelle sono importanti elementi da tenere in considerazione per una stima della potenziale erosione di un versante montano per ruscellamento. Nel caso delle vulcaniti affioranti nel territorio di Putifigari il materiale eroso e asportato dalle acque meteoriche e poi trascinato verso valle è costituito principalmente delle parti di tufo trachitico più debole e superficiale e da frammenti delle porzioni di roccia meno resistenti, spesso già alterata da processi di disfacimento sotterraneo che sono poi portate alla luce attraverso l'asportazione
2. ***condizioni di pendenza ed esposizione dei versanti:*** la lunghezza di un versante determina il progressivo aumento della velocità dell'acqua che vi scorre, mentre la sua forma può contribuire o no alla concentrazione delle acque in alcuni punti o direzioni. La sua pendenza regola quindi l'energia di erosione e trasporto delle acque stesse. Viceversa su pareti subverticali le acque dilavanti hanno uno scarso potere dilavante, incidendo pochissimo sul modellamento delle rocce. La parte occidentale e centro occidentale del territorio comunale appare più incline ai fenomeni di ruscellamento
3. ***tipo di copertura vegetale e sua estensione areale:*** gli apparati radicali bloccano le particelle mobili più fini e le piante rallentano o bloccano addirittura lo scorrimento superficiale delle acque, favorendone invece l'infiltrazione e ponendo quindi le basi per lo

sviluppo dei processi pedogenetici. Considerando che le aree più acclivi presenti nel comune sono sede di una vegetazione diffusa (riforestazione, macchia cespugliata, etc.), possiamo dire che il territorio di Putifigari possiede una buona protezione nei confronti del ruscellamento diffuso e, più in generale, dei fenomeni di dissesto idrogeologico.

Localmente esistendo le condizioni adatte, ad esempio un versante fortemente acclive, molto erodibile e con una scarsa copertura vegetativa, il fenomeno del ruscellamento diffuso tende a trasformarsi, specie in occasione di periodi di intense precipitazioni, in *erosione a rigagnoli*, un fenomeno a causa del quale l'acqua si dispone in canaletti subparalleli dotati di intensa energia erosiva. L'asportazione continua dei materiali superficiali in queste zone preferenziali, a causa della forte energia cinetica dei torrenti legata alle alte pendenze e agli alti valori di piovosità registrati in inverno su questi versanti, crea sulle formazioni già fortemente alterati dei profondi e ripidi avvallamenti detti *solchi di erosione* (o *solchi di versante*) che possono unirsi tra loro in canali di grandi dimensioni favorendo così l'attività erosiva dei corsi d'acqua che scorrono in essi.

Attraverso la sovrapposizione dei tematismi "*litologia*", "*acclività*" e "*uso del suolo*", inseriti in un sistema GIS e corretti con le osservazioni locali (maggiore alterazione, presenza di agli artificiali, etc), abbiamo pertanto delimitato alcune zone, considerate a forte potenzialità erosiva e a bassa potenzialità erosiva. Si tratta di aree, in generale stabili dal punto di vista geomorfologico, ma suscettibili di mutare tale stato in occasione di eventi particolari (precipitazioni eccezionali, etc): tale potenzialità crediamo debba essere tenuta in considerazione per le scelte urbanistiche, in particolare quelle che determineranno l'utilizzo delle aree agricole.

Nel caso dei torrenti *di monte*, per i quali il regime idrico è prevalentemente stagionale, l'intensa attività di smantellamento superficiale legato alla presenza di grandi quantità d'acqua a forte velocità per brevi periodi, favorisce l'arretramento della testata (*erosione regressiva*) del corso d'acqua.

I torrenti interessati da questi fenomeni sono quelli situati nella parte occidentale e sud occidentale del territorio comunale, compresi tra le località Punta Murone, Su Vianscheddu, S'Ena Seddas, Benas de menta e Su Prammitu.

Per completare il quadro della geomorfologia del territorio di Putifigari ricordiamo la presenza di una piccola grotta ubicata in località Su Prammitu, alla base del versante

meridionale.

IDROGEOLOGIA

Idrografia superficiale

Il reticolo idrografico superficiale del territorio comunale di Putifigari è caratterizzato dalla presenza di due “sistemi” principali che confluiscono, al di fuori del territorio comunale, nel **RIU SERRA**, il quale a sua volta si getta nel **RIU BARCA** e da qui, attraverso lo **STAGNO DI CALICH**, nel mare. Chiameremo questi sistemi:

- Sistema idrografico occidentale
- Sistema idrografico orientale

I due sistemi idrografici sono separati da uno spartiacque principale lungo circa **15.9 km**. Questo si sviluppa in corrispondenza dei seguenti punti significativi:

- *M.te Frades* (157 m.l.m.)
- *M.te Maggiore* (331 m.l.m.)
- *Su Prammittu* (483 m.l.m.)



Figura 3: Sistemi idrografici occidentale ed orientale

Il Sistema Idrografico Occidentale

E' costituito fondamentalmente dal **RIO S'ISCALA MALA** e dal suo affluente di destra, **RIU SERRA ISPIDDA**.

Nel *Rio S'Iskala Manna*, in prossimità della località *Bancali de Caria*, confluisce il **RIO SETTE ORTAS** nel quale, più a sud, si getta il **RIO SA BADDE MANNA**.

Bacino Idrografico	Estensione (Ha)
RIO S'ISCALA MALA	1039.9
RIU SERRA ISPIDDA	348.1
RIO SETTE ORTAS	487.9
RIO SA BADDE MANNA	334.9

Tabella 1: Sistema Idrografico Occidentale - Bacini ed estensione

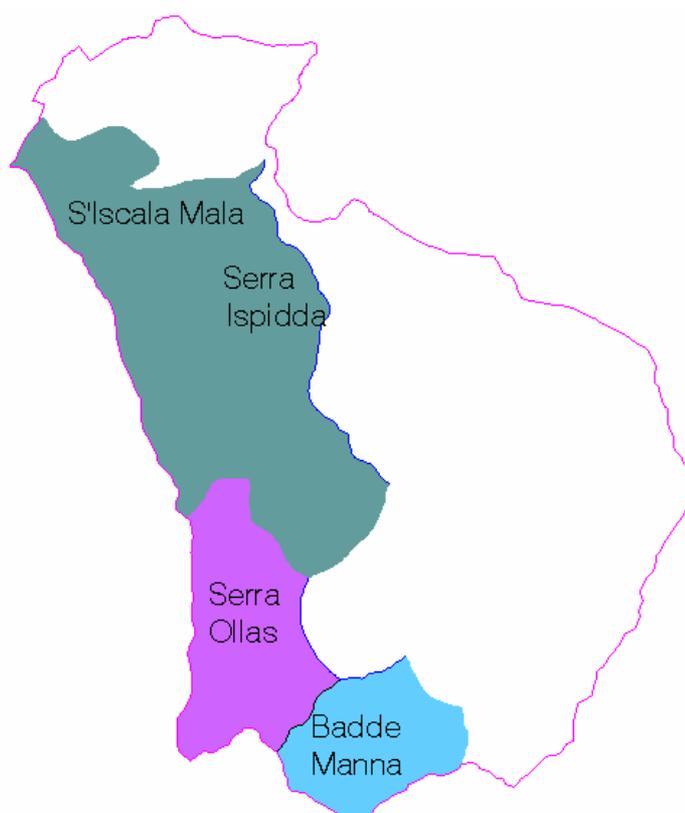


Figura 4: Sistema idrografico occidentale

Il **Rio S'Iskala Mala** si sviluppa in un substrato piuttosto eterogeneo, costituito in parte dalle alluvioni dello stesso fiume e in parte da rioliti e da tufi.

Il fiume, che possiede una direzione di scorrimento circa nord 38° ovest, attraversa una zona con acclività in gran parte superiore al 20%. Le quote relative al bacino variano dai 331 m. di *M.te Maggiore* fino ai 20 circa in prossimità di *Iskala Bona*. Questa situazione fa sì che il deflusso superficiale all'interno del bacino imbrifero del fiume sia caratterizzato da un'energia propria relativamente alta, particolarmente nella fascia compresa tra il *M.te Murone* e la località *S'Ena Seddas*. La maggiore acclività fa sì che proprio in questa fascia siano concentrati i più importanti fenomeni di erosione regressiva dei torrenti. Anche il fenomeno dei meandri, come già abbiamo detto, essendo legato all'energia di scorrimento del corso d'acqua, è particolarmente diffuso lungo il *Rio Iskala Mala*.

Il **Riu Serra Ispidda** segue un percorso con direzione circa nord 60° ovest, e con un dislivello di circa 200 m., dai 331 m. di *M.te Maggiore*, ai 100 m. circa del punto di confluenza con il *Rio S'Iskala Mala*.

Il bacino idrografico del fiume è litologicamente costituito in gran parte da lave. Tuttavia il corso del fiume avviene in parte sui tufi. Anche l'acclività presenta una situazione analoga. Nonostante il bacino presenti in gran parte pendenze inferiori al 20% lo scorrimento principale avviene lungo una linea, avente per quasi tutto il percorso pendenze superiori.

Il bacino del *Riu Serra Ispidda* possiede pertanto delle caratteristiche di minore energia di scorrimento rispetto a quella posseduta dal bacino del *Rio S'Iskala Mala*. Questo fa sì che fenomeni di erosione regressiva e di ruscellamento diffuso siano molto limitati in questa porzione del territorio comunale.

Sia il bacino del **Rio Sette Ortas** che quello del **Rio Badde Manna** si trovano nella parte SO del territorio comunale. Dal punto di vista del substrato geologico entrambi presentano zone a prevalenza tufacea e zone con prevalenza delle litologie laviche.

Il *Rio Sette Ortas* scorre con direzione quasi N-S lungo i tufi, che probabilmente devono allo stesso fiume la loro venuta a giorno, mentre il *Rio Badde Manna* si muove su un basamento lavico.

L'acclività è quasi dappertutto superiore al 20%, con una maggiore pendenza lungo il corso del *Rio Badde Manna*.

Mentre il *Rio Sette Ortas* copre, infatti, un dislivello di circa 100 m. il *Rio Badde Manna*

percorre con direzione N120° O un tratto corrispondente ad una differenza di quota notevole, compresa tra i quasi 400 m. a monte fino a circa 160 m. alla confluenza con il *Rio Sette Ortas*. La presenza di fenomeni di erosione regressiva nelle zone più acclivi è evidente sia nella località *Benas de Menta* che nel versante NO di *Su Prammittu*.

Tra *Benas de menta* e *Sa Serra* il *Rio Sette Ortas* compie un percorso a meandri per un tratto di circa 840 m

Il Sistema Idrografico Orientale

Il sistema idrografico che abbiamo chiamato “*orientale*” fa riferimento al **RIO SU CATALÀ**, il corso d’acqua più importante osservabile nell’ambito comunale di Putifigari, il quale, poco ad occidente al di fuori del limite amministrativo, si getta nel **RIO SERRA**. Da qui arriva al mare attraverso il percorso già precisato in apertura di questo capitolo.

Al *Rio Su Català* fa capo un ampio sistema che costituisce un suo diretto affluente sul quale si getta il **RIO CUGA** ed il suo affluente **RIO CHISCIA**.

Sul Rio Su Català si getta poi il sistema **RIO BADDE SA LANA – FANGARONE** sul quale confluiscono il **RIO BADDE MALA** e il **RIO MUSTAS NIEDDAS**

Bacino Idrografico	Estensione (Ha)
RIU SU CATALÀ	110,1
SOTTOBACINO DEL RIU SU CATALÀ	363,5
BADDE SA LANA - SU FANGARONE	853,4
RIU CHISCIA	489,4
RIO CUGA	15,2
RIU BADDE MALA	389,5
RIU MUSTAS NIEDDAS	870,9

Tabella 2: Sistema Idrografico Orientale- Bacini ed estensione



Figura 5: Sistema idrografico orientale

Il **Rio Su Catala'** si trova nella parte settentrionale del territorio comunale, del quale costituisce un limite fisico. Il sistema si può considerare costituito dalla porzione di bacino che convoglia le acque direttamente nell'asta fluviale del Rio su Català e da quella che è drenata da un suo affluente, il quale dopo un percorso con direzione circa nord 79° ovest, si congiunge al Rio principale nei pressi della località *Tanca Su Palau*.

Dal punto di vista geologico questa porzione di territorio risulta costituito prevalentemente da rioliti, mentre i tufi sono messi alla luce esclusivamente in corrispondenza dell'asta fluviale. Localmente è possibile osservare delle coperture alluvionali discordanti sul basamento vulcanico.

La pendenza è generalmente inferiore al 20%. Fa eccezione una zona di estensione limitata, di circa 14 Ha, a sud del punto di congiungimento tra il Rio Tintas ed il Rio Su Català, dove il terreno presenta maggiori acclività.

Il bacino del sistema del Rio Su Català deve pertanto essere considerato a bassa energia. Questo significa che sussiste una generale assenza di fenomeni erosivi sia sotto forma di erosione regressiva dei torrenti, sia come ruscellamento diffuso. Soltanto in un piccolo tratto di circa 550 metri del corso dell'affluente del Rio si osserva la presenza di una coppia di

meandri fluviali, con deboli fenomeni di erosione di sponda.

Il sistema fluviale del **Rio Badde Sa Lana – Rio Fangarone** occupa una grande parte del territorio comunale. Come nel caso del bacino imbrifero del Rio Su Català la zona è geologicamente caratterizzata dall'affioramento quasi esclusivamente di lave. Anche qui le eccezioni sono costituite da alcune alluvioni e dai tufi affioranti e in corrispondenza dell'alveo scavato da qualche torrente.

L'acclività è generalmente inferiore al 20%, anche se si osserva un aumento in corrispondenza del letto del fiume

Caratteristica la presenza di una serie di meandri, per una lunghezza di circa 1.400 m, in corrispondenza di una delle zone a maggiore acclività (loc. *Morvones*).

La presenza di una maggiore acclività in corrispondenza del corso del fiume fa sì che il bacino del Rio Badde Sa Lana – Rio Fangarone possa essere considerato ad elevata energia idrodinamica, con possibilità che si verifichino fenomeni di erosione di sponda in corrispondenza delle anse fluviali, di fenomeni di erosione regressiva e di ruscellamento diffuso.

Il **Rio Badde Mala** e il **Rio Mustas Nieddas** sono caratterizzati dalla presenza di ampie zone ad elevata acclività, in particolare in corrispondenza dell'alveo dei due fiumi.

Il bacino del Rio Badde Mala è geologicamente uniforme, essendo costituito quasi esclusivamente da lave riolitiche. Al contrario quello del Rio Mustas Nieddas presenta ampie zone nelle quali affiorano i tufi e localmente le alluvioni.

La maggiore acclività fa sì che dal punto di vista dell'equilibrio idrogeologico la zona presenti delle analogie con il bacino del Rio Badde Sa Lana – Rio Fangarone, con possibili fenomeni di erosione, sia di tipo regressivo che di ruscellamento diffuso.

Permeabilità

La permeabilità di un acquifero è la sua attitudine a lasciarsi attraversare dall'acqua sotto l'effetto di un dato gradiente idraulico. È un parametro che esprime quindi la resistenza al deflusso dell'acqua, ed è misurato con l'uso di un indice ***K*** definito *coefficiente di permeabilità*. Questo rappresenta il volume di acqua gravifica “mobilizzabile” che attraversa in un secondo un'unità di sezione (in m²) sotto l'effetto di un'unità di gradiente idraulico. È misurato, avendo la dimensione di una velocità, in m/sec. Valori alti di ***K*** indicano quindi notevoli deflussi idrici nelle unità di tempo e misura considerate e, di conseguenza, valori alti

di permeabilità.

L'andamento dei valori della permeabilità nei litotipi studiati mostra un'evidente tendenza verso bassi valori di K , con variazioni locali, particolarmente dove affiorano le alluvioni.

Per questo motivo la lettura dei valori di K relativi ai litotipi presenti nell'area di indagine mostra come sia possibile dividere le formazioni in due grandi categorie nelle quali far rientrare le due diverse classi di permeabilità cartografate.

1) Formazioni a media ed elevata permeabilità

In questo gruppo ricadono i depositi alluvionali attuali e recenti dei principali corsi d'acqua, costituiti da sabbie e ghiaie a grado molto debole o nullo di cementazione.

2) Formazioni a bassa permeabilità

Rientrano in questo gruppo sia le vulcaniti terziarie, le quali, pur possedendo una certa porosità, sono caratterizzate da una permeabilità molto bassa, dipendente esclusivamente dalle linee di frattura e, localmente e in misura estremamente limitata, da parti alterate e degradate.

Il quadro idrogeologico sotterraneo è definito pertanto dalla presenza di acquiferi discontinui tra loro, drenati dai torrenti e, localmente, dalle sorgenti.

A causa della generale impermeabilità dei rilievi, laddove l'acclività del paesaggio è maggiore, il deflusso superficiale delle acque avviene in tempi molto brevi con piene a rapido decorso. Le acque, una volta arrivate presso quelle zone pianeggianti caratterizzate dalla presenza di una copertura alluvionale, vanno ad alimentare delle falde superficiali.

Le alluvioni quaternarie recenti costituiscono, infatti, un acquifero, ossia una formazione permeabile che permetta il deflusso di una falda idrica sotterranea e la captazione di significative quantità d'acqua con mezzi economici. Nel caso in esame si è in presenza di un acquifero a falda libera, nel quale, cioè, il livello piezometrico è libero di oscillare nella formazione geologica permeabile risentendo di maggiori o minori apporti idrici dovuti principalmente a variazioni climatiche ed agli emungimenti. Per la valutazione del limite inferiore, e di quella esatta del limite superiore, dell'acquifero si ritiene necessaria

l'esecuzione di indagini dirette (trivellazioni) o indirette (indagini geofisiche), senza le quali i dati a disposizione non sono da ritenersi sufficienti per una completa descrizione degli strati profondi.

Sorgenti

La regione del Monteleone e, più in generale, le aree della Sardegna dove affiorano le stesse litologie osservate a Putifigari, sono particolarmente ricche di manifestazioni sorgentizie.

Queste, particolarmente frequenti nella porzione centro meridionale dell'ambito comunale, possono avere due origini:

- Sorgenti “***di contatto***” tra le lave riolitiche ed i tufi;
- Sorgenti “***fessurali***“, dovute alla presenza di fratture, particolarmente all'interno della formazione riolitica.

Le principali manifestazioni sorgentizie osservate nel comune di Putifigari sono indicate nello schema seguente, accompagnato da una breve descrizione delle sorgive.

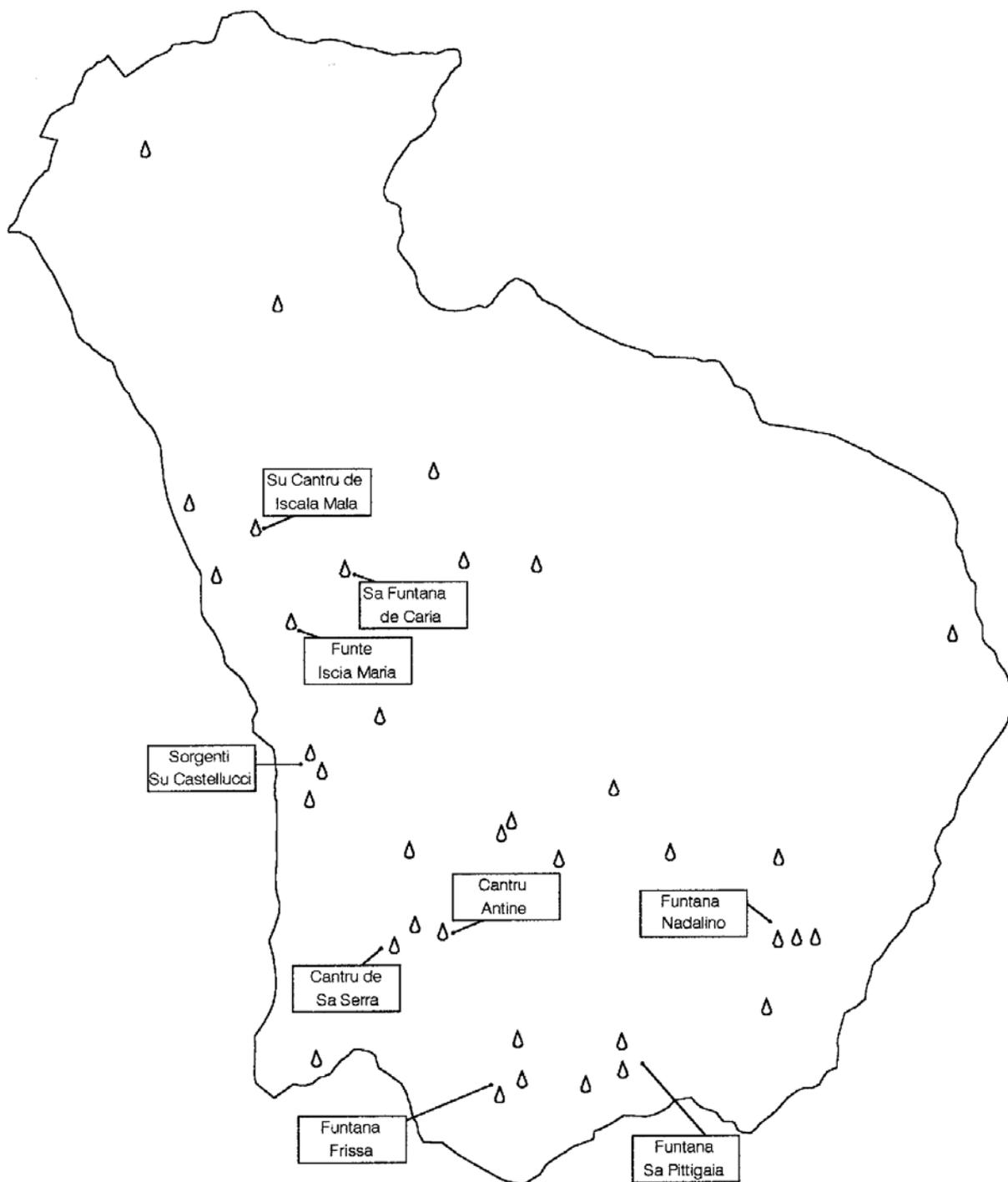


Figura 6: Principali sorgenti del comune di Putifigari

- Gruppo di tre sorgenti “*Funtana Frissa*”, nella parte meridionale del comune, a distanze variabili tra i 200 ed i 500 metri dal Rio Badde Manna. L’origine di queste sorgenti è da ricercarsi nel contatto tra i tufi e le rioliti.

- Gruppo di due sorgenti “*Funtana sa Pittigaia*”, ad oriente rispetto al gruppo precedente con il quale condivide l’origine.
- Gruppo di tre sorgenti “*Funtana Nadalino*”, intorno ai 300 m. di quota, ad una distanza di circa 2,5 km a sud dell’abitato, lungo la strada che da sud conduce a Putifigari. L’origine di queste sorgenti è da ricercarsi nel contatto tra le diverse formazioni, anche se sembra avere un ruolo importante la fratturazione della roccia.
- Sorgenti “*Cantru de Sa Serra*” e “*Cantru Antine*” la cui origine è probabilmente da ricercarsi nella fratturazione della riolite. Si trovano nella parte centro occidentale del territorio comunale, ad una distanza fra i 300 ed i 500 m. dal Rio Sette Ortas. Della sorgente “*Cantru de sa Serra*” esiste un’analisi chimico fisica, realizzata in occasione di precedenti lavori, dalla quale si può notare il carattere piuttosto clorurato dell’acqua di sorgiva. L’acqua della sorgente sembrerebbe derivare dalla commistione tra acque sotterranee di origine meteorica (bicarbonatico – solfatiche e calcico – magnesiache) con acque geotermali (sodiche).

Durezza permanente (°F)	6.44
Durezza totale (°F)¹	11.36
Residuo fisso a 180 °C (mg/l)	267.50
Ione Sodio (mg/l)	4.63
Ione Potassio (mg/l)	2.19
Ione Calcio (mg/l)	22.88
Ione Magnesio (mg/l)	16.42
Ione Cloro (mg/l)	76.89
Ione Solforico (mg/l)	69.70
Ione Idrocarbonico (mg/l)	57.95
Ione Carbonico (mg/l)	17.40
Ione Nitroso (mg/l)	assente
Ione Nitrico (mg/l)	0.02

Tabella 3: Caratteri chimico fisici della sorgente "*Cantru de Sa Serra*"

- Gruppo di tre sorgenti intorno alla località "*Su Castellucci*" a circa 200 m. di quota, al contatto tra le lave ed i tufi.
- Sorgente "*F.te Ischia Maria*", sorgente di contatto ad appena 60 metri dal Riu de Sette Ortas.
- Sorgente "*sa Funtana de Caria*", di probabile origine fessurale, nelle lave riolitiche.
- Sorgente "*su Cantru de Iscala Mala*" circa 850 metri a nord ovest della precedente, e

¹ La durezza totale di un'acqua è la quantità di sali alcalino-terrosi contenuti nell'acqua a temperatura normale. La definizione di durezza permanente è analoga, ma riferita all'acqua dopo l'ebollizione. I Riferimenti per la valutazione della durezza di un'acqua sono i seguenti: 0÷7 °F acque molto dolci; 7÷14 °F acque dolci; 14÷22 °F acque mediocrementemente dure; 22÷32 °F acque abbastanza dure; 32÷54 °F acque dure; >54 °F acque molto dure

della stessa origine.

Manifestazioni termali

La parte meridionale del territorio di Putifigari, e più in generale la zona che dal Rio Sette Ortas arriva fino al Fiume Temo, è sede di fenomeni idrotermali.

I fenomeni sono generalmente localizzati ai banchi tufacei, e sono osservabili quasi esclusivamente in profondità, in occasione dello scavo di gallerie o di perforazioni.

Soltanto localmente, come avviene tra le località **Rio Badde Manna** e **Canali de Nadalinu**, le acque scaturiscono con caratteri termali in superficie o a bassa profondità.

Infatti, mentre in superficie le acque hanno generalmente una temperatura non superiore ai 20°, in occasione di lavori profondi eseguiti nel territorio si è potuto campionare delle venute d'acqua che sono arrivate a 45°.

Queste acque derivano da acque meteoriche, infiltratesi a grandi profondità (dell'ordine del migliaio di metri) nello zoccolo cristallino, risalenti verso la superficie lungo le frequenti faglie della regione, dopo essersi riscaldate per effetto del calore interno terrestre (*circa 1°C ogni 30 metri*) e lievemente mineralizzate.

L'incremento del gradiente termico, all'origine del decremento delle temperature con il diminuire della profondità, è probabilmente dovuto all'elevata conduttività termica delle rocce tufacee presenti nel territorio. Queste formazioni, porose ma impermeabili, sature d'acqua interstiziale non circolante, possiedono infatti la capacità di diffondere il calore dell'acqua termale a distanza, con una capacità decuplicata dal loro stato di saturazione.

I fenomeni sono praticamente assenti nelle lave riolitiche il cui maggiore stato di fessurazione offre possibilità di raffreddamento molto maggiori.

CLIMATOLOGIA

Nello studio e nella pianificazione di un territorio assume fondamentale importanza la conoscenza del clima, che contribuisce in misura determinante alla formazione ed alla evoluzione del paesaggio.

Soffermarsi con attenzione sui parametri climatici locali contribuisce a valutare:

- la distribuzione e l'intensità dei fenomeni di degradazione, particolarmente per ciò che riguarda la tenuta degli argini dei corsi d'acqua e i conseguenti fenomeni di esondazione;
- le risorse idriche ;
- quei fattori (giorni piovosi, durata della stagione estiva, etc.) che possono risultare, a seconda dei casi, utili o dannosi per l'organizzazione di infrastrutture e attività industriali, agricole, turistiche, etc.

Le condizioni climatiche, come vedremo meglio nei prossimi capitoli, hanno un grosso peso nei fenomeni fisico - chimici che intervengono nella formazione dei suoli (processi pedogenetici) e nella evoluzione del paesaggio (processi geomorfologici).

Temperatura, piovosità ed evapotraspirazione si possono pertanto considerare come i parametri climatici fondamentali, in quanto essi esercitano un controllo diretto sulla modellazione del territorio, sulla evoluzione del suolo e sui fenomeni erosivi in atto.

I parametri meteorologici registrati alla Stazione di Putifigari sono stati ritenuti rappresentativi di tutto il territorio comunale, in considerazione della limitata estensione del comune e della ampia disponibilità di dati meteorologici, sia in termini di numero di parametri che di periodo temporale. Nell'uso dei dati si deve tuttavia tenere presente che il microclima, a causa di effetti locali, può presentare differenze (in particolare per le precipitazioni) rispetto alla situazione registrata nella stazione di riferimento.

Il territorio di Putifigari ricade in un tipo climatico mediterraneo umido: in questa categoria climatica sono inserite quelle aree nelle quali le temperature medie mensili non raggiungono mai valori inferiori ai 10°C, con media annua inferiore ai 15°C e quattro mesi l'anno con temperature superiori a 20°C, e la quantità di precipitazioni è superiore ai 500 mm/anno.

Al fine di stabilire i principali lineamenti climatici dell'area in studio sono stati presi in considerazione i due elementi climatici principali, temperatura e piovosità, utilizzando i dati pubblicati sugli *Annali del servizio Idrografico* del Genio Civile relativi alla stazione

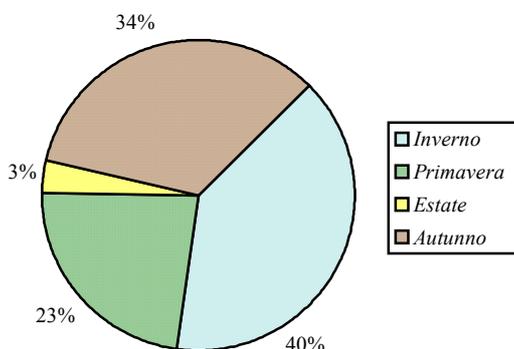
pluviometrica di Putifigari e a quella termo-pluviometrica di Villanova Monteleone.

Mesi	Precipitazioni (mm.)	Temperatura (°C)
Gennaio	102	6,6
Febbraio	97	6,8
Marzo	82	9,2
Aprile	67	12,0
Maggio	48	15,3
Giugno	16	20,0
Luglio	5	22,9
Agosto	9	23,1
Settembre	56	20,7
Ottobre	97	15,4
Novembre	139	11,2
Dicembre	145	8,1
Media annua	863	14,3

Tabella 4: Dati climatici. Stazioni di Riferimento:

per la piovosità Putifigari (250 m. s.l.m.) – per la temperatura Villanova Monteleone (567 m. s.l.m.)

Anni di osservazione: 41 per la piovosità – 33 per la temperatura



[Frame1] Tabella 5: Precipitazioni stagionali medie (in mm.)

Nell'intervallo temporale analizzato si nota che nel periodo inverno-autunno l'entità della

precipitazione rappresenta una quota variabile intorno al 65% per cento circa del totale annuo.

Indici bioclimatici

I caratteri climatici di un territorio possono essere espressi da alcuni indici. Tra questi abbiamo deciso di indicare:

- **Indice di aridità di De Martonne**
- **Classificazione bioclimatica di Emberger**

Indice di aridità di De Martonne

L'indice di De Martonne permette una stima del grado di aridità di una regione.

L'indice è rappresentato mediante la formula:

$$Ia = \frac{P}{T + 10}$$

dove Ia è l'indice di aridità, P le precipitazioni medie annue in mm e T le temperature medie annue in °C.

In base all'indice di De Martonne, i vari gradi di aridità sono indicati come :

Valori indice	Tipo	Valori indice	Tipo
0 - 5	arido estremo (deserto)	20 - 30	subumido
5 - 15	arido (steppe circumdesertiche)	30 - 60	Umido
15 - 20	semiarido (di tipo mediterraneo)	> 60	perumido

Tabella 6: Gradi di aridità secondo De Martonne

Per il territorio di Putifigari è stato calcolato un indice pari a **35,51**, corrispondente ad un tipo climatico umido.

Secondo De Martonne a valori del rapporto da 20 in poi fa riscontro una dominanza di vegetazione forestale.

Classificazione bioclimatica di Emberger

La classificazione bioclimatica di Emberger ha è utilizzata per la descrizione dei climi del bacino mediterraneo. E' caratterizzata da una certa semplicità di utilizzo e da una buona

affidabilità, ormai accertata dal confronto tra i caratteri vegetazionali delle diverse regioni geografiche di quest'area.

Secondo questa classificazione la Sardegna è inclusa totalmente tra le regioni a clima mediterraneo, con stagione estiva secca e precipitazioni concentrate nel periodo freddo, in genere invernale.

L'elemento fondamentale della classificazione bioclimatica di Emberger è il quoziente pluviometrico (Q), che esprime la siccità generale in clima mediterraneo. Il clima è tanto più secco quanto più basso è il valore di questo quoziente. Il quoziente di Emberger corrisponde alla formulazione seguente:

$$Q = \frac{200P}{M^2 - m^2}$$

in cui P = piovosità media annua (in mm), M = temperatura media massima del mese più caldo (in °C), m = temperatura media minima del mese più freddo (in °C).

Per il territorio considerato il valore di M è di 28,3 °C, mentre quello di m è 3,8°C

Il valore calcolato di Q è pertanto di circa 183, corrispondente ad un tipo **mediterraneo umido**.

Quanto calcolato con l'indice di aridità di De Martonne è pertanto confermato.

Stima delle perdite dovute ad evapo-traspirazione reale

Il parametro fondamentale per la valutazione delle perdite idriche stagionali è l'evapo-traspirazione, che risulta dalla somma di due fenomeni, l'uno fisico (evaporazione nell'atmosfera), e l'altro biologico (traspirazione da parte delle piante) e i cui effetti possono raggiungere profondità di alcuni metri in funzione delle caratteristiche dei suoli e delle condizioni climatiche dell'area in cui il fenomeno si produce.

Importante, al fine di una corretta stima delle perdite idrogeologiche, è l'*evapo-traspirazione reale* per la cui stima empirica si è ricorsi all'uso della formula di *Santoro*, un adattamento della più nota formula di *Turc*, all'ambiente mediterraneo:

$$E_r = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

dove L rappresenta il potere evaporante dell'atmosfera.

P = piovosità totale annua ; T = temperatura media

Da queste formule si ricava il seguente valore medio per l'evapotraspirazione:

$$E_r = 713.74 \text{ mm/a}$$

Attraverso questo dato si può ricavare la piovosità efficace

Dalla lettura di questo parametro si può notare quanto l'evapotraspirazione reale incida sul sistema di apporti e perdite idriche nell'area in esame, valore che si accorda con le condizioni climatiche descritte precedentemente e con la situazione geomorfologica locale.

Si può infatti osservare che, della totale quantità d'acqua che ogni anno precipita all'interno del territorio comunale di Putifigari, circa l'82 % è perso per fenomeni di evapotraspirazione, mentre il restante 8% va ad alimentare le falde sotterranee, oppure defluisce superficialmente.

Diagramma umbrotermico

E' un diagramma che riporta sull'ascissa i mesi dell'anno e sull'ordinata le precipitazioni e le temperature relative, i cui valori sono riportati a scala doppia rispetto a quelli delle precipitazioni.

Esso consente una chiara lettura ed un agevole confronto grafico fra il regime termico annuale e quello pluviometrico.

Quando la curva delle precipitazioni scende sotto quella delle temperature (ossia $P < 2T$) il periodo interessato deve ritenersi secco.

Durante tale periodo, che va da Aprile a Ottobre, la perdita per evapotraspirazione è superiore

agli apporti meteorici.

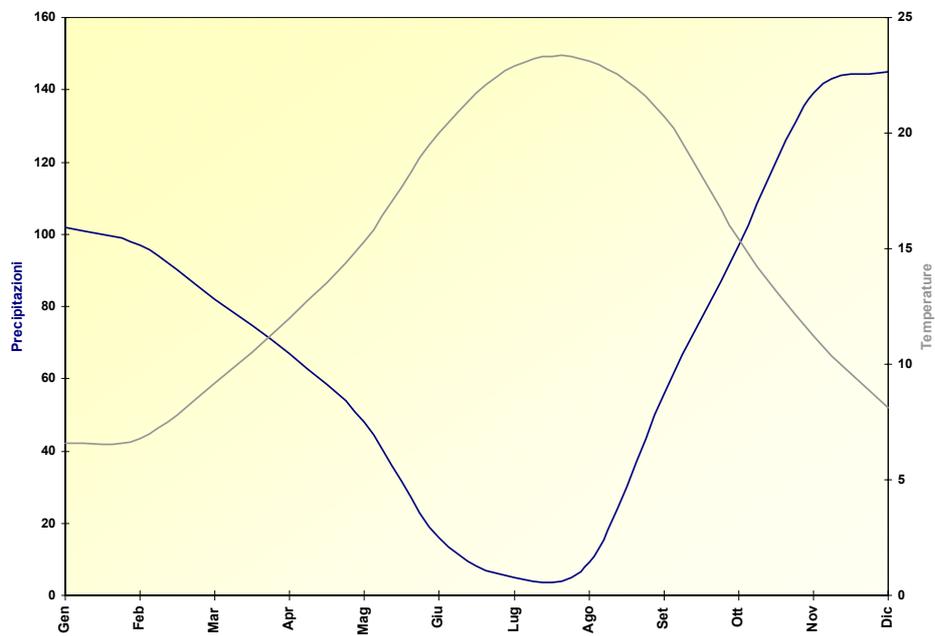


Figura 7: diagramma ombrotermico del territorio di Putifigari

GEOPEDOLOGIA

Il suolo ha origine dalle trasformazioni alle quali sono sottoposte le rocce affioranti da parte degli agenti esogeni. Queste trasformazioni avvengono a livello profondo modificando sensibilmente la struttura chimico - fisica del litotipo originario. Si può quindi facilmente dedurre quanto sia importante l'influenza da parte delle condizioni climatiche regionali e locali sui processi pedogenetici di modificazione strutturale della roccia madre, che porteranno successivamente alla formazione dei suoli.

La temperatura influisce sulla velocità con cui procedono le reazioni chimiche e biochimiche, favorendo quindi i processi d'alterazione, mentre i fattori relativi alle precipitazioni (intensità, durata e frequenza) influenzando sulla quantità d'apporto idrico al terreno sono da considerarsi come direttamente coinvolti nei processi che vedono l'acqua come il più importante agente solubilizzatore e ridistributore della materia nel suolo.

Lo scopo della presente indagine è stato quello di rappresentare i principali tipi di suolo, definendo per ognuno di essi le principali caratteristiche geologiche, idrogeologiche, morfologiche e pedologiche,

Per quanto concerne sia le attitudini colturali sia le potenzialità produttive, intese come la capacità di remunerazione degli investimenti effettuati si rimanda a quanto contenuto nella ***Relazione Agronomica***.

Al fine di rendere maggiormente comprensibile la lettura del presente elaborato, si è ritenuto opportuno raggruppare i suoli in funzione dei diversi substrati da cui hanno preso origine, descrivendoli in seguito anche come Unità Pedologiche classificate sulla base della Soil Taxonomy dell'*U.S. Department of Agriculture* (U.S.D.A.)

L'Unità prende il nome dal tipo di suolo predominante nell'area considerata: al suo interno sono presenti delle variazioni che, dove non indicato, devono considerarsi come ininfluenti ai fini di una caratterizzazione generale dell'area. Di ciascun'associazione di suoli saranno descritti diversi aspetti:

- tipi di suolo propri dell'associazione ;
- substrato d'origine ;
- distribuzione territoriale ;
- principali caratteristiche chimico - fisiche dell'associazione.

Suoli derivati da substrati alluvionali

Ordine ENTISUOLI

Subordine FLUVENTS

Gruppo XEROFLUVENTS

Sottogruppo TYPIC

Rientrano in questa classe quei suoli il cui substrato d'origine è costituito dalle alluvioni recenti trasportate e depositate dai principali corsi d'acqua presenti nel territorio comunale.

La loro posizione è quindi quella che li vede svilupparsi lungo strette fasce a cavallo degli alvei del *Riu Fangarone*, del *Riu Mustas Nieddas*, del *Riu de Iscala Mala* e del *Riu Su Català*.

La natura dei litotipi presenti nei depositi fluviali è piuttosto uniforme, sempre rispondente alle litologie osservabili nei rilievi che circondano il territorio comunale di Putifigari. I principali costituenti per quanto riguarda gli elementi grossolani, sono costituiti da materiali d'alterazione derivati da rocce effusive (andesiti e rioliti in forma lavica e piroclastica).

Si tratta di suoli che, seppure poco evoluti pedologicamente, sono caratterizzati da profondità variabili mai inferiori ai 100 cm, con una tessitura da franco - sabbiosa a franco - sabbioso - argillosa e un contenuto in scheletro (elementi di dimensioni comprese tra 2 mm. e 25 cm) variabile dallo 0% al 30-40%. Il terreno è ricco in elementi fini limoso - argillosi e contribuisce ad aumentarne in maniera decisiva la fertilità.

I suoli di questo gruppo possono quindi essere considerati adatti ad un'agricoltura di tipo intensivo, con ampia scelta di colture di tipo arboreo ed erbaceo, anche di tipo irriguo.

Le uniche limitazioni d'uso possono intervenire in aree morfologicamente depresse, causa di diminuzioni nel drenaggio e dunque di stagnazione d'acqua, o in corrispondenza d'eccessi di materiale grossolano.

Fattore, quest'ultimo, che permette di differenziare, nell'ambito della stessa classe pedologica, tipi di suolo con limitazioni d'uso modeste o praticamente inesistenti (quelli con percentuali basse di scheletro) da tipi con limiti d'uso più importanti e che necessitano di drastici interventi agronomici e di maggiori spese per la loro trasformazione (alto contenuto in scheletro).

Suoli derivati da Formazioni Vulcaniche

Ordine INCEPTISUOLI

Subordine OCHREPTS

Gruppo XEROCHREPTS

Sui tratta di **Inceptisuoli** dal caratteristico colore bruno-rossastro, che occupano giaciture da ondulate a pianeggianti o subpianeggianti. e che presentano un drenaggio quasi sempre buono.

I suoli facenti parte di quest'associazione sono caratterizzati da un profilo tipicamente a debole evoluzione, senza tracce evidenti di alterazione sui minerali come risultato della pedogenesi. Dal punto di vista evolutivo si pongono perciò in una posizione intermedia tra gli Entisuoli, riscontrati in corrispondenza dei corsi d'acqua e gli Alfisuoli più evoluti e non rilevati nell'area in studio.

Il substrato di origine è costituito dalle formazioni vulcaniche (rioliti e tufi), dell'oligo miocene che si possono presentare sia lapidee sia a tessitura granulare fine, ancorché compatte, che microconglomeratiche.

La tessitura di questi suoli si presenta a granulometria grossolana franco-sabbiosa, mentre la profondità è piuttosto elevata, da 80 ad oltre 100 cm, con una presenza in scheletro da limitata a media: il drenaggio pertanto varia da normale a lento.

Gli Xerochrepts localizzati nell'area in esame si trovano in buona parte del territorio comunale laddove le pendenze sono minori si presentano con una colorazione da rosso scuro a bruno, con un regime di umidità xerico, ossia asciutti in estate e umidi in inverno. Possiedono delle medie potenzialità produttive, con un'ampia scelta di colture, sia per quanto riguarda le arboree che le erbacee, pur necessitando talvolta di consistenti interventi migliorativi.

RISORSE ESTRATTIVE

Miniera a cielo aperto di Bentonite

All'uscita dell'abitato di Putifigari, dalla parte meridionale e a poca distanza dalla strada principale, esiste una miniera di bentonite.

La miniera, che occupa una superficie di circa 4 Ha, è attualmente in attività.



Figura 8: Miniera di bentonite di Putifigari

Le bentoniti estratte sono delle argille di tipo montmorillonitico prodotte da un processo di devettrificazione delle ceneri vulcaniche e per questa ragione i lavori di scavo avvengono all'interno degli orizzonti tufacei.

Il materiale estratto possiede un colore variabile da bianco sporco al grigio, con sfumature verdognole e marroncine. La variabilità del colore è da mettere in relazione con la natura e la quantità del ferro contenuto.

La loro caratteristica è la loro capacità di assorbimento dell'acqua (fino ad aumentare di 10 volte il loro volume iniziale).

Il materiale è utilizzato quale fondente, poiché la sua presenza favorisce un abbassamento

della temperatura di cottura dei materiali ceramici.

Estrazione di materiali lapidei

Al momento del rilevamento, nell'ambito del territorio comunale di Putifigari non esistono significative cave per l'estrazione di materiali lapidei ornamentali e da costruzione.

Altre zone della Sardegna geologicamente simili sono attualmente sede di un'intensa attività estrattiva, particolarmente per quanto riguarda i tufi vulcanici. Il materiale, infatti, è molto richiesto nel campo edile, la sua facile segabilità che permette di ottenere, in sito ed a basso costo, blocchetti da costruzione pronti per la posa in opera, lastre per pavimentazioni e rivestimenti. Tra queste citiamo i bacini estrattivi che fanno capo a *Fordongianus, Nureci*, etc.

E' inoltre adatto quale materiale per rilevati e per riempimento. Cave di materiale di questo tipo si trovano nel territorio di *Villanova Monteleone*, dove esiste anche una cava di materiale per inerti per conglomerati.

Un esame della fattibilità di un'attività estrattiva all'interno del territorio di Putifigari esula dagli scopi di questo lavoro. Pertanto in questa sede vogliamo limitarci a mettere in evidenza come dal punto di vista litologico e compatibilmente con gli indirizzi del *Piano Regionale delle Cave*, esista la possibilità dell'impianto di un'attività di questo tipo.

Evidentemente sarà necessario un preventivo studio geologico ed economico-merceologico, particolarmente importante vista la frequente alterazione e fratturazione del materiale osservato in affioramento. Citiamo infine alcuni parametri economici raccolti dagli scriventi in occasione di lavori precedenti e relativi a tipi litologici simili.

Tipo merceologico	<i>Pietra di Nureci</i>
Uso	<i>Costruzione e rivestimenti</i>
Mercato	<i>Regionale</i>
Prezzo medio al mq (2002)	<i>– Binderi (taglio allungato per contenimento e delimitazione aiuole cordonature, etc): da 47 a 64 €/mq</i> <i>– Cubetti (pavimentazioni, etc): da 28 a 39 €/mq</i> <i>– Pavimentazioni e rivestimenti: 36 €/mq</i>

Tabella 7: Parametri merceologici del tufo da costruzione

CONCLUSIONI

Dopo avere effettuato un inquadramento, geologico, morfologico, idrogeologico, climatologico e pedologico dell'intero territorio comunale di Putifigari, sulla base degli elementi acquisiti nel corso della presente indagine sono state esaminate le diverse tematiche connesse alla gestione territoriale.

Le conclusioni alle quali siamo giunti sono le seguenti:

A) La stratigrafia osservata a Putifigari è costituita dalle seguenti formazioni, dalle più antiche alle più recenti.

- *Successione marina del Cretaceo*: costituita da calcari e dolomie, fossilifere, di colore variabile dal bianco al grigio.
- *Formazioni del ciclo vulcanico calcoalcalino oligo miocenico*: si tratta di lave e di tufi riferibili al ciclo vulcanico calcoalcalino dell'oligo-miocene. Le lave di presentano variamente alterate e degradate, con colori variabili dal bianco al violaceo, dal rossastro al nero. Localmente, particolarmente a nord dell'abitato, abbiamo osservato delle intercalazioni vitrofiriche nerastre, che indicano la parte basale delle colate vulcaniche
- Depositi continentali quaternari: costituiti da ciottoli eterometrici, di natura vulcanica (tufi e lave), con diversi gradi di arrotondamento, in una matrice sabbioso-limosa, con livelli argillosi variamente ferrettizzati
- B) Nonostante la complessità del quadro geologico generale è molto probabile l'assenza di strutture tettoniche di una certa importanza. Le *trachiti* osservate immergono generalmente verso sud.
- C) Il territorio mostra pendenze in genere limitate e quote variabili dai m. 20 circa fino ai m. 506 di *Punta Sa Casa*. Si sono osservate forme del paesaggio generate da fenomeni di erosione differenziata (*cuestas* e *gradinate*), superfici di erosione riconducibili a residui di antiche *mesas*, orli di scarpata, in gruppi paralleli a direzione prevalente sso-nne. Tra le forme del paesaggio legate alla dinamica fluviale abbiamo posto in evidenza la presenza di *meandri*, di fenomeni di *erosione regressiva* alla testa dei torrenti e di *erosione diffusa* in rigagnoli, in alcuni versanti particolarmente

acclivi.

- D) Dal punto di vista idrogeologico il territorio comunale si può suddividere in due ambiti: il sistema idrografico occidentale (costituito fundamentalmente dal **Rio S'iscala Mala**, dal **Riu Serra Ispida**, dal **Rio Sette Ortas** e dal **Rio Sa Badde Manna**) e il sistema idrografico orientale (che fa riferimento al **Rio Su Català**). In funzione delle caratteristiche litologiche, morfologiche e di copertura del suolo abbiamo stimato per ciascun ramo fluviale una tendenza a dare origine a fenomeni di erosione. Abbiamo inoltre valutato la permeabilità dei litotipi presenti nel territorio (alta per le alluvioni e bassa per le altre formazioni). Si sono inoltre descritte le manifestazioni sorgentizie e termali
- E) Dal punto di vista climatico il territorio di Putifigari ricade in un tipo mediterraneo umido per il quale le temperature medie mensili non raggiungono mai valori inferiori ai 10°C, con media annua inferiore ai 15°C e quattro mesi l'anno con temperature superiori a 20°C, e la quantità di precipitazioni è superiore ai 500 mm/anno. Circa l'82% delle precipitazioni piovose si perde per fenomeni di evapotraspirazione, mentre il restante 8% alimenta le falde sotterranee, oppure defluisce superficialmente.
- F) Dal punto di vista pedologico nel territorio comunale si osservano suoli derivati dal substrato alluvionale (suoli potenti, con scarsa pietrosità e certamente produttivi, adatti ad un'agricoltura intensiva) e suoli originati dalle formazioni vulcaniche (con medie potenzialità produttive e che necessitano di interventi migliorativi)

PARTE II
RELAZIONE DI FATTIBILITA' GEOTECNICA

PREMESSA

Questo documento ha come scopo quello di delineare un quadro generale del comportamento meccanico dei terreni presenti all'interno del territorio comunale di Putifigari.

Non deve perciò essere inteso come una Relazione Geotecnica in senso stretto, la quale basa la propria validità sui risultati di prove ed analisi di laboratorio, eseguite nello specifico contesto di realizzazione di un'opera di ingegneria, e sulla quale è possibile appoggiare eventuali calcoli di portanza o dimensionamento di strutture.

E' certamente più appropriato considerare questo documento come una *Relazione di fattibilità geotecnica* il cui contenuto, basato su dati noti per i litotipi presenti e su informazioni raccolte in occasione di precedenti lavori, vuole rappresentare un punto di partenza per la realizzazione di progetti geotecnici di dettaglio, studiati in relazione alle caratteristiche tecniche ed economiche delle singole opere.

I punti che verranno sviluppati sono i seguenti:

- Analisi della stabilità geomorfologica generale, in cui verrà fornito un quadro della evoluzione generale del territorio comunale di Putifigari, al fine di trarre considerazioni di massima sui dissesti in atto o potenziali anche in relazione a instabilità dei pendii, smottamenti di accumuli detritici naturali o artificiali, erosioni, etc.
- Analisi del comportamento geotecnico generale dei litotipi presenti;
- Analisi e proposte per la risoluzione dei possibili problemi legati alla presenza di una falda sotterranea superficiale;
- Analisi del comportamento dei terreni in funzione dei diversi tipi di fondazione;
- Proposte di analisi geotecniche da eseguirsi per una conoscenza più dettagliata ed ad un maggiore livello di scala delle situazioni locali.

L'obbligo di eseguire gli studi geologici e geotecnici in fase di progettazione dovrà essere comunque tassativamente seguito, laddove la normativa lo preveda, qualunque sia il processo o il grado di degradazione delle aree interessate.

INQUADRAMENTO GEOTECNICO GENERALE

Come ampiamente descritto nella relazione geologica, il territorio comunale di è costituito da formazioni che appartengono a due gruppi con differenti caratteristiche geotecniche:

- il gruppo delle *terre* (ovvero dei terreni caratterizzati da valori bassi o nulli delle resistenze meccaniche alla compressione, alla trazione, etc.);
- il gruppo delle *rocce* (dotate di elevate coesione anche dopo prolungato contatto con l'acqua).

Nel primo gruppo è possibile inserire le alluvioni quaternarie attuali e recenti dei principali corsi d'acqua

Nel gruppo delle rocce è possibile invece inserire le altre formazioni, il cui grado di consistenza varia da medio - basso per le formazioni trachitiche più degradate, sino ad arrivare a materiali a comportamento decisamente litoide come gli lave e i tufi sani.

Tuttavia, si tratti di una terra o di una roccia, all'interno delle singole formazioni esistono delle differenze in merito all'origine degli elementi costitutivi, alla presenza di maggiori o minori frazioni argillose, alla composizione e alla proporzione tra le diversi componenti granulometriche.

Queste variazioni nella struttura dei terreni portano a delle oscillazioni, anche considerevoli, nelle modalità con cui essi reagiscono alle sollecitazioni indotte dalle opere realizzate. Le variazioni sono legate a diversi fattori:

- possibile presenza, in alcune aree, di forti concentrazioni di materiali di natura argillosa, in particolare dovute a fenomeni di degrado dei litotipi vulcanici, che rendono i terreni maggiormente compressibili e suscettibili di rigonfiamenti;
- esistenza di aree di debolezza dovute a eccessiva fratturazione;
- presenza di zone in cui è maggiore la concentrazione di materiale grossolano;
- presenza di una falda libera, situata localmente ad alcuni metri dal piano di campagna;
- la minore coesione del materiale in alcune aree può essere la causa di fenomeni di dissesto gravitativo.

Alluvioni quaternarie

I depositi continentali quaternari sono differenziabili secondo la loro composizione granulometrica. Secondo questa suddivisione sono presenti:

i depositi più recenti, costituiti da ghiaie, sabbie e limi argillosi;

i depositi più antichi, costituiti da ciottoli con evidenti tracce di alterazione, in una matrice sabbioso-limosa.

Pur mostrando una certa uniformità di caratteri, i due termini si differenziano nettamente per la presenza, nei litotipi più recenti, di una maggiore componente argillosa.

L' idoneità di questo tipo di formazione a funzionare quale substrato per le opere di ingegneria varia pertanto da mediocre, per le formazioni appartenenti alle alluvioni quaternarie recenti, a maggior contenuto argilloso, a medio-buone per quelle antiche.

La natura estremamente eterogenea di queste ultime, caratterizzata da una granulometria assai variabile, sia nel contenuto in ciottoli che nella percentuale di frazione limoso - argillosa, rende molto diversificato il suo comportamento meccanico. In generale si tratta di terreni caratterizzati da una buona portanza: i terreni migliori da questo punto di vista si trovano alle maggiori profondità, dove maggiore è il grado di cementazione. Localmente la presenza di una più alta percentuale argillosa o di un più elevato contenuto in acqua diminuiscono fortemente la resistenza di questa formazione. Le maggiori percentuali di frazione limosa e argillosa generalmente sono limitate ai primi due - tre metri degli strati affioranti, in quali, in genere, non sono interessati dalle fondazioni. Il grado medio di coesione (*dati provenienti da precedenti lavori sui medesimi litotipi*) è in genere elevato (1.55 kg/cm^2).

La possibilità che si possano verificare dei fenomeni di forte variazione della composizione rende pertanto questi termini suscettibili di attente verifiche. Nel caso le indagini rivelassero la presenza di situazioni sfavorevoli, per la presenza di inclusioni ciottolose, o di strati limosi compressibili di spessore variabile, si dovrà prendere in considerazione la possibilità di ridurre la portanza a valori molto bassi. Questi fattori porterebbero, infatti, a far assumere ai cedimenti un pericoloso carattere differenziale.

Le principali caratteristiche geotecniche delle alluvioni quaternarie sono riassunte nella seguente tabella:

<i>Proprietà</i>	<i>Simbo lo</i>	<i>Unità</i>	<i>Valore medio</i>	<i>Valore Minimo</i>	<i>Valore Massimo</i>
Contenuto d'acqua	W	%	21.1	9.0	38.2
Limite di liquidità	w _L	%	43.1	28.0	62.1
Limite di plasticità	w _P	%	22.6	15.0	36.0
Indice di plasticità	I _P	%	20.5	13.6	36.3
Compressione ELL	□ _c	Kg/cm ²	3.1	1.0	10.4
Prova penetrometrica	N	-	35	0	100

Litotipi vulcanici

Le lave e i tufi osservati, presentano, laddove non siano degradate e deteriorate, delle caratteristiche idrogeologiche di quasi assoluta impermeabilità. L'unica forma di circolazione idrica riscontrata è quella legata alle infiltrazioni osservabili nelle zone a più o meno intensa fratturazione. Qui le acque, se particolarmente incrostanti, possono portare a locali deterioramenti della roccia e le fratture subiscono col tempo delle occlusioni, contribuendo in questo modo a diminuire sempre più la circolazione idrica nella roccia. Nella parte più superficiale della roccia sono talora presenti locali fenomeni di argillificazione.

Essendo questo tipo di terreni ampiamente presenti in buona parte della Sardegna, e dunque ampiamente sperimentati dal punto di vista geotecnico, le loro caratteristiche meccaniche possono essere considerate medio – buone.

<i>Proprietà</i>	<i>Unità</i>	<i>Valore Minimo</i>	<i>Valore Massimo</i>
Massa volumica	Kg/m ²	1900	2200
Resistenza a compressione	MPa	40	130
Resistenza a flessione	Mpa	11	18
Modulo elastico	Gpa	20	40
Coefficiente di imbibizione	%	2	4

PROCESSI GEOMORFOLOGICI

Erosione idrica

I fenomeni di erosione idrica nell'area in esame sono diffusi nei versanti a maggiore acclività e possono essere considerati come la causa principale dell'evoluzione morfologica del paesaggio che avviene attraverso processi di asportazione e trasporto delle particelle più leggere di terreno da parte delle acque meteoriche che scorrono lungo i versanti poco protetti dalla vegetazione. L'azione erosiva delle acque può manifestarsi (con processi già descritti quali erosione a rigagnoli, solchi di versante etc.) sia alle testate dei torrenti a regime stagionale, portando ad una erosione regressiva con l'arretramento della testata stessa, che nei tratti delle aste fluviali poste più a valle. L'instaurarsi di fenomeni di erosione laterale favorisce lo sviluppo di anse regolari a gomito con deviazioni dal corso principale non inferiori ai 45°. Questi processi, se portati avanti con regolarità dal corso d'acqua, giungono a maturazione generando degli alvei che si snodano con andamento meandriforme provocando uno spostamento verso valle dell'alveo stesso. Variazioni improvvise del regime idraulico, con aumento della velocità di scorrimento delle acque, possono quindi incrementare sia i fenomeni di erosione e trasporto lungo i versanti, causando crolli e scivolamenti, che i processi di approfondimento delle sponde, con cambiamenti dello stato di coesione e conseguenti cedimenti delle pareti. In queste zone, in caso di evidenza dei fenomeni di cedimento innescati da situazioni idrodinamiche eccezionali (piogge straordinarie, piene, etc), dovranno essere previste delle adeguate misure di protezione (pulizia degli argini, gabbionate, etc.): è evidente che, al fine della loro progettazione i parametri geotecnici fondamentali (coesione, resistenza al taglio, etc,) dovranno essere determinati attraverso prove specifiche. Naturalmente tutta la rete idrografica del comune, particolarmente quella porzione di essa che si sviluppa alle quote e con le pendenze più elevate, dovrebbe essere comunque oggetto di un attento monitoraggio, particolarmente qualora ci si trovi in eccezionali condizioni di piovosità dopo un anomalo periodo siccitoso. Lo studio del territorio di Putifigari ha comunque mostrato una limitata presenza di aree potenzialmente instabili: anche gli studi realizzati dalla Regione Sardegna nell'ambito del Piano per l'Assetto Idrogeologico non hanno individuato situazioni di grande rischio. Tuttavia ribadiamo la necessità di verificare a scala locale e in funzione dei singoli progetti l'effettiva assenza di situazioni di rischio.

Da questo punto di vista vogliamo porre l'attenzione sui bacini idrografici del **Rio Sette Ortas** e **Rio Badde Manna**, i quali possiedono per una concorrenzialità di fattori (litologia,

pendenza, etc) una energia significativa ai fini della valutazione del rischio. In questa zona, in occasione di eccezionali precipitazioni, le acque possono accumulare notevoli quantità di energia, anche per il materiale che possono trasportare in sospensione e per rotolamento, a seguito di un aumento dell'erosione. Questa porzione del territorio comunale, del resto, è stata oggetto in passato di, seppur limitati, fenomeni di alluvionamento, a seguito di precipitazioni eccezionali.. **Crediamo pertanto che tale zona possa essere oggetto di un approfondimento dello studio e di una valutazione sull'opportunità di assegnare un adeguato parametro di rischio.**

Inoltre anche alcune particolari situazioni (es. canale di guardia nelle vicinanze dell'abitato) richiedono una particolare attenzione e una costante manutenzione delle opere di protezione esistenti.

Processi gravitativi

Il territorio del comune di Putifigari, come quello di gran parte della Sardegna, può essere considerato decisamente estraneo a fenomeni franosi importanti.

Tuttavia a livello locale è possibile che si verifichino delle rotture di equilibrio nei versanti, con distacco di porzioni di roccia limitate ma comunque tali da richiedere degli studi particolari e degli interventi migliorativi. Questi fenomeni si possono osservare più facilmente laddove nella roccia si verifichino fenomeni di disgregazione ed alterazione chimico – fisica, e sui versanti più acclivi. Le situazioni di instabilità si possono innescare quando siano presenti le seguenti condizioni:

1. eccessiva fratturazione della roccia;
2. ruscellamento diffuso delle acque meteoriche;
3. presenza di zone deteriorate dagli incendi;
4. disboscamenti incontrollati.

Premesso che il migliore intervento di protezione deve essere considerato un corretto utilizzo del territorio, con l'adozione di adeguate pratiche agricole e forestali, e un accorto sfruttamento ad uso insediativo delle aree prossime ai torrenti e ai versanti più acclivi, gli interventi di rinforzo che all'occorrenza possono essere predisposti sono prevalentemente quelli tradizionali, volti a modificare la costituzione dell'ammasso roccioso tramite l'aggiunta di elementi strutturali, quali chiodatura con barre o tubi, tiranti e bulloni di ancoraggio, reti con tiranti, elementi in muratura, prefabbricati di sostegno che offrono, rispetto ai muri tradizionali, il vantaggio di una facile attenuazione dell'impatto visivo.

CENNI SUILE TIPOLOGIE DI INDAGINI

Indagini Geognostiche

Alla luce delle possibili variazioni nella risposta dei terreni alle sollecitazioni meccaniche, il calcolo del carico massimo ammissibile dovrà necessariamente essere preceduto da adeguate indagini geotecniche. Infatti il valore del coefficiente di sicurezza k dovrà essere scelto in funzione sia del grado di approfondimento delle indagini eseguite che del tipo di opera.

Lo studio geotecnico dovrà essere condotto su quella parte di sottosuolo che sarà influenzata dalla costruzione del manufatto o che influenzerà il comportamento del manufatto stesso.

Quanto sarà di seguito esposto rappresenta un quadro generale di quanto potrebbe essere eseguito. Naturalmente il progetto delle indagini geotecniche così come la valutazione della loro opportunità spetta al progettista, così come disposto dalle attuali normative in materia di progettazione.

Sondaggi

Come già detto il terreno interessato dalle opere può presentare una certa variabilità nei caratteri delle singole formazioni.

Allo scopo di consentire l'osservazione diretta della struttura del sottosuolo che ospiterà le fondazioni non si potrà derogare dal programmare un'adeguata campagna di sondaggi.

Di questi dovranno essere di volta in volta determinate l'ubicazione e la profondità in funzione del problema da affrontare. In ogni caso le perforazioni geognostiche dovranno essere disposte in modo tale da permettere una sufficiente ricostruzione stratigrafica.

In relazione all'entità delle opere da realizzare, i sondaggi potranno essere sostituiti da pozzetti eseguiti con escavatori meccanici.

Nell'eventualità i terreni direttamente interessati dai lavori, o quelli adiacenti, siano stati oggetto di precedenti indagini geognostiche (per opere di modesta entità), sarà possibile omettere una parte di queste prove arrivando a valutare le caratteristiche meccaniche delle terre dai dati geotecnici preesistenti.

Prove "in situ" e di laboratorio

I parametri geotecnici contenuti nella presente relazione si riferiscono a studi precedentemente eseguiti in terreni simili e nelle immediate vicinanze del settore in esame. Per ottenere i parametri necessari al calcolo della portanza dovranno essere eseguite, presso

un laboratorio specializzato, delle prove su campioni indisturbati prelevati direttamente alla profondità di posa delle fondazioni mediante l'utilizzo di fustelle metalliche.

Anche le prove a realizzarsi in situ potranno dare utili indicazioni: prove SPT, prove penetrometriche e prove pressiometriche

Geofisica

I metodi di indagine indiretta oggi di più affidabile e veloce applicazione sono quelli *geofisici elettrici*. Il progettista pertanto, laddove il contesto lo richieda e lo permetta, potrà ricavare ulteriori utili informazioni accompagnando i metodi classici di esplorazione geognostica con un adeguato numero di **S.E.V.** (Sondaggi elettrici verticali). Questi risultano particolarmente efficaci nelle situazioni caratterizzate da una coltre di ricoprimento detritica su un substrato che presenti delle nette differenze nella consistenza e nel chimismo. Permettono infatti una ricostruzione, basata su criteri di approssimazione statistici, della stratigrafia e del livello della falda, giacché le dolomie hanno dei valori di resistenza al passaggio della corrente elettrica maggiori di quelli dei depositi detritici e della falda freatica.

La conoscenza di questi elementi permetterà:

- di valutare la potenza dello spessore detritico;
- di avere un quadro più preciso dello schema di circolazione idrica sotterranea, in modo da progettare le eventuali opere di drenaggio e di protezione dalla falda.

La realizzazione di una serie di S.E.V., disposti in maniera adeguata e possibilmente accompagnati da alcuni sondaggi tradizionali, potrà permettere la ricostruzione della stratigrafia di zone anche vaste con un'ottima approssimazione.

La possibilità di utilizzare dei metodi geofisici potrà essere considerata anche per determinare la presenza di cavità sotterranee e di importanti discontinuità.

CONCLUSIONI

La presente Relazione di fattibilità geotecnica rappresenta, come più volte ribadito, un punto di partenza per la preparazione di più specifiche indagini geotecniche.

In assenza di prove geotecniche eseguite in situ e di analisi di laboratorio, le considerazioni non possono essere che a carattere generale e, comunque, dovranno essere confermate da più dettagliate indagini puntuali.

Il quadro emerso da questo studio a carattere generale può essere riassunto nei seguenti punti:

- I terreni studiati presentano caratteristiche geotecniche variabili da scarse a buone (in funzione del loro grado di compattazione, del contenuto in acqua, delle percentuali argillose, etc.), pertanto le risposte locali dei terreni alle sollecitazioni dovranno essere, a giudizio del progettista e in funzione dell'entità delle opere da realizzare, attentamente verificate e i terreni stessi fatti oggetto di indagini geognostiche e geotecniche. I calcoli della portanza del terreno dovranno essere effettuati alla luce dei risultati delle prove, in modo che il coefficiente di sicurezza possa essere fissato in misura adeguata. Questo infatti varierà in funzione del grado di approfondimento delle indagini eseguite. Determinato il carico ammissibile, sarà inoltre sempre necessario procedere ad una attenta verifica dei cedimenti conseguenti, sia assoluti che differenziali, e valutarne l'ammissibilità in funzione delle caratteristiche della struttura. Tra le indagini che potranno essere previste ci saranno sondaggi geognostici, prove geotecniche in situ, analisi di laboratorio e indagini geofisiche. Particolarmente adeguati alla situazione stratigrafica del territorio di Putifigari e alla determinazione del quadro della situazione idrogeologica ci sono sembrati i metodi geofisici elettrici.
- In corrispondenza dei versanti più acclivi, la presenza di accumuli detritici impegnerà il progettista ad operare una attenta verifica della loro stabilità. Questi accumuli possono infatti essere soggetti a movimenti legati a fenomeni di ruscellamento, fratturazione e degrado della vegetazione (es. a causa di incendi).

Cagliari, ottobre 2003

PARTE I
RELAZIONE GEOLOGICA

<u>PREMESSA</u>	<u>1</u>
<u>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO</u>	<u>2</u>
<u>GEOLOGIA</u>	<u>4</u>
INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	4
STRATIGRAFIA	4
SUCCESSIONE MARINA DEL CRETACEO.....	5
CICLO VULCANICO CALCOALCALINO: LAVE	5
CICLO VULCANICO CALCOALCALINO: TUFI.....	6
ALLUVIONI	7
TETTONICA	7
<u>GEOMORFOLOGIA</u>	<u>8</u>
FORME E PROCESSI EROSIVI	8
FORME E PROCESSI FLUVIALI	9
<u>IDROGEOLOGIA</u>	<u>13</u>
IDROGRAFIA SUPERFICIALE	13
IL SISTEMA IDROGRAFICO OCCIDENTALE.....	14
IL SISTEMA IDROGRAFICO ORIENTALE	16
PERMEABILITÀ	18
1) Formazioni a media ed elevata permeabilità.....	19
2) Formazioni a bassa permeabilità	19
SORGENTI.....	20
MANIFESTAZIONI TERMALI	24

<u>CLIMATOLOGIA</u>	<u>25</u>
INDICI BIOCLIMATICI	27
INDICE DI ARIDITÀ DI DE MARTONNE	27
CLASSIFICAZIONE BIOCLIMATICA DI EMBERGER.....	27
STIMA DELLE PERDITE DOVUTE AD EVAPO-TRASPIRAZIONE REALE.....	28
DIAGRAMMA UMBROTERMICO.....	29
<u>GEOPEDOLOGIA.....</u>	<u>31</u>
SUOLI DERIVATI DA SUBSTRATI ALLUVIONALI	32
SUOLI DERIVATI DA FORMAZIONI VULCANICHE.....	33
<u>RISORSE ESTRATTIVE.....</u>	<u>34</u>
MINIERA A CIELO APERTO DI BENTONITE	34
ESTRAZIONE DI MATERIALI LAPIDEI	35
<u>CONCLUSIONI</u>	<u>36</u>

PARTE II

RELAZIONE DI FATTIBILITA' GEOTECNICA

<u>PREMESSA</u>	<u>38</u>
<u>INQUADRAMENTO GEOTECNICO GENERALE.....</u>	<u>39</u>
ALLUVIONI QUATERNARIE	40
LITOTIPI	
VULCANICI.....	41

<u>PROCESSI GEOMORFOLOGICI.....</u>	<u>42</u>
EROSIONE IDRICA.....	42
PROCESSI GRAVITATIVI	43
<u>CENNI SULLE TIPOLOGIE DI INDAGINI.....</u>	<u>44</u>
INDAGINI GEOGNOSTICHE	44
SONDAGGI	44
PROVE “IN SITO” E DI LABORATORIO	44
GEOFISICA	45
<u>CONCLUSIONI</u>	<u>46</u>