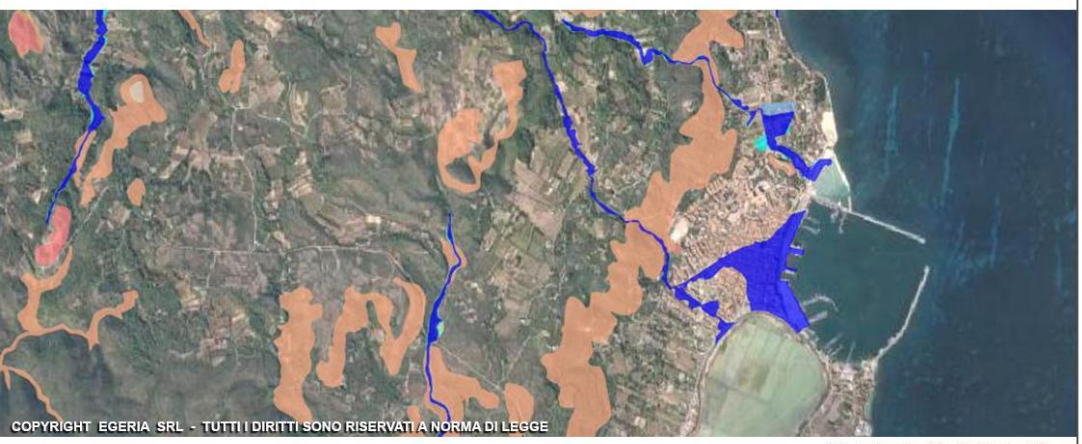
COMUNE DI CARLOFORTE
Provincia del Sulcis-Iglesiente

Piano di Protezione Civile 2021



SEZIONE 2 Relazione Descrittiva del territorio

EGERIA
ingegneria per l'ambiente

Egeria S.r.l
sede legale: Corso Vittorio Emanuele II, 90
09124 - Cagliari (CA)
sede operativa: Sentiero dello Stagno Perdabianca
09126 – Cagliari (CA)
P.IVA 03528400926 | +39 328 82 88 328
Web: **www.egeriagroup.net/**
info.egeria@gmail.com - egeria@ingegnere-pec.it

GRUPPO DI LAVORO
Dott. ssa Ing. Barbara Dessì
Dott. Danilo Zaia
Dott.ssa Arch. Elisabetta Erika Zucca

SEZIONE 2 – RELAZIONE DESCRITTIVA DEL TERRITORIO

INDICE

1. INQUADRAMENTO AMMINISTRATIVO 2

2. CARATTERI TERRITORIALI, AMBIENTALI E PAESAGGISTICI 4

2.1. Uso del suolo 4

2.2. Caratteri climatici e regime termo-pluviometrico 8

2.3. Caratteri geologici 10

2.3.1. La pericolosità da frana nel territorio di Carloforte 16

2.4. Caratteri idrografici 26

2.4.1. Analisi sulla pericolosità idraulica del territorio 31

2.5. Caratteri ambientali e paesaggistici 33

2.6. Caratteri demografici 39

2.7. Attività di prevenzione a livello strutturale Comunale/Intercomunale 39

1. INQUADRAMENTO AMMINISTRATIVO

Il Comune di Carloforte ricade all'interno della nuova provincia del Sulcis-Iglesiente.

La tabella seguente sintetizza i dati che consentono di inquadrare il territorio comunale oggetto del Piano.

DATI AMMINISTRATIVI	
Comune	Carloforte
Codice ISTAT Comune	111-010
Provincia	Sulcis-Iglesiente
Codice ISTAT Provincia	
Prefettura - UTG	Prefettura di Cagliari Sede: Piazza Palazzo, n.2 - Cagliari Uffici Amministrativi: Viale Buoncammino n.3 – Cagliari Tel 070 60061
Sindaco	Stefano Rombi – 0781 85892223 – 222 – 217
Municipio	Via Garibaldi, 72 - 09014 - Carloforte protocollo@pec.comune.carloforte.ca.it
N. Telefono	Centralino: 0781 8589200 - Fax: 0781 855808 Polizia Municipale 0781 854441
Sito Internet	www.comune.carloforte.su.it
Estensione territoriale	51,10 km^2
Comuni confinanti	Nessuno
Unione di Comuni di appartenenza	Unione dei Comuni Arcipelago del Sulcis (composta dai Comuni di Calasetta, Carlofort e Sant'Antioco)
Bacini idrografici di appartenenza	Unità idrografica omogenea (UIO) n.2 Palmas

DATI DEMOGRAFICI	
Totale Residenti	5.960 ab. (Istat 01/01/2021)
Maschi	2.949
Femmine	3.011
Stranieri residenti	120 (Istat 01/01/2021)
Stima popolazione fluttuante non residente	
Nuclei familiari	2.885 (Istat 31/12/2017)

ALTIMETRIA	
Quota centro urbano	10 metri s.l.m.
Quote del territorio comunale	(Min. 0 - Max. 206)

IDROGRAFIA
All'interno dell'Isola di San Pietro sono presenti di diversi corsi d'acqua minori (canali) con i relativi bacini (co ampiezza compresa tra 0,512 kmq e 6,310 Kmq).

DIGHE/INVASI
Nel territorio comunale di Carloforte non sono presenti dighe né invasi.

CLASSIFICAZIONE SISMICA E CLIMATICA
ZONA SISMICA **4** - ZONA CLIMATICA **B** - GRADI GIORNO **789**

Il territorio comunale di Carloforte è inquadrato topograficamente nel foglio IGM 563 Isola di San Pietro, all'interno delle sezioni I e II; mentre nella Carta Tecnica Regionale il territorio ricade nei seguenti elementi: 563030 – 563040 – 563070 – 563080 - 563120.

2. CARATTERI TERRITORIALI, AMBIENTALI E PAESAGGISTICI

2.1. Uso del suolo

Di seguito è riportata la tabella contenente le informazioni sull'uso e sulla copertura del suolo (categorie *Corine Land Cover*) con l'indicazione dell'estensione di ogni area e della relativa percentuale.

Classe "Corine Land Cover"	Cod.	Descrizione	Ha	%
1. Superfici artificiali	1.1.1.1	Tessuto residenziale compatto e denso	41.19	0.83
	1.1.1.2	Tessuto residenziale rado	17.54	0.35
	1.1.2.1	Tessuto residenziale rado e nucleiforme	214.63	4.35
	1.2.1.1	Insediamenti industriali, artigiana e commerciali e spazi annessi	11.55	0.23
	1.2.2.1	Reti stradali e spazi accessori	-	-
	1.2.2.4	Impianti a servizio delle reti di distribuzione	-	-
	1.2.3	Aree portuali	8.49	0.17
	1.3.1	Aree estrattive	4.39	0.08
	1.3.3	Cantieri	4.76	0.09
	1.4.1	Aree verdi urbane	-	-
	1.4.2.1	Aree ricreative e sportive	-	-
	1.4.3	Cimiteri	1.88	0.03
2. Superfici agricole	2.1.1.1	Seminativi in aree non irrigue	449.91	9.12
	2.1.2.1	Seminativi semplici e colture orticole a pieno campo	-	-
	2.1.2.4	Coltura in serra	1.43	0.02
	2.2.1.	Vigneti	55.73	1.13
	2.2.2.	Frutteti e frutti minori	-	-
	2.2.3.	Oliveti	1.89	0.04
	2.4.1.1	Colture temporanee associate all'olivo	-	-
	2.4.1.2	Colture temporanee associate al vigneto	-	-
	2.4.1.3	Colture temporanee associate ad altre colture permanenti	4.05	0.08
	2.4.2.	Sistemi colturali e particellari complessi	541.36	10.98
	2.4.3.	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza d spazi naturali importanti	217.19	4.41

	2.4.4.	Aree agroforestali	11.21	0.22
3. Territori boscati e ambienti semi-naturali	3.1.1.1	Bosco di latifoglie	15.90	0.32
	3.1.2.1	Bosco di conifere	773.48	15.68
	3.1.2.2	Arboricoltura con essenze foresta di conifere	1.01	0.02
	3.1.3	Boschi misti di conifere e latifogli	13.09	0.32
	3.2.1.	Aree a pascolo naturale e praterie	-	-
	3.2.2.1	Cespuglieti ed arbusteti	-	-
	3.2.2.2	Formazioni di ripa non arboree	-	-
	3.2.3.1[1]	Macchia Mediterranea	690.04	13.99
	3.2.3.2	Gariga	971.73	19.70
	3.2.4.1	Aree a ricolonizzazione naturale	63.39	1.28
	3.2.4.2	Aree a ricolonizzazione artificiale	57.84	1.17
	3.3.1.2	Aree dunali non coperte da vegetazione di ampiezza superiore a 25m	0.98	0.02
	3.3.1.5	Letti di torrenti di ampiezza superiore a 25m	-	-
	3.3.2	Pareti rocciose e falesie	162.11	3.28
	3.3.3	Aree con vegetazione rada	346.69	7.03
4. Zone umide	4.1.1.	Paludi interne	57.82	7.03
	4.1.2.	Torbiere	-	-
	4.2.1.	Paludi salmastre	-	-
	4.2.2.	Saline	101.89	2.06
	4.2.3.	Zone intertidali	-	-
5. Corpi idrici	5.1.1.	Corsi d'acqua, canali e idrovie	-	-
	5.1.2.	Bacini d'acqua	-	-
	5.1.2.2	Bacini artificiali	-	-
	5.2.1.	Lagune	-	-
	5.2.1.1	Lagune, laghi e stagni costieri a produzione ittica naturale	3.31	0.07
	5.2.2.	Estuari	-	-
	5.2.3.	Mari e oceani	-	-

[1] Regione Autonoma della Sardegna, Carta dell'Uso del Suolo, 2008.

In aggiunta alle categorie considerate, nella carta d'uso del suolo ottenuta dal Geoportale della Regione Sardegna per il Comune di Carloforte compaiono le seguenti categorie:

Descrizione	Ha	%
Prati artificiali	69.45	1.41
Sugherete	-	-
Pioppeti, saliceti ed eucalipteti anche in formazioni miste	-	-
Fabbricati rurali	3.77	0.77
Vivai	-	-

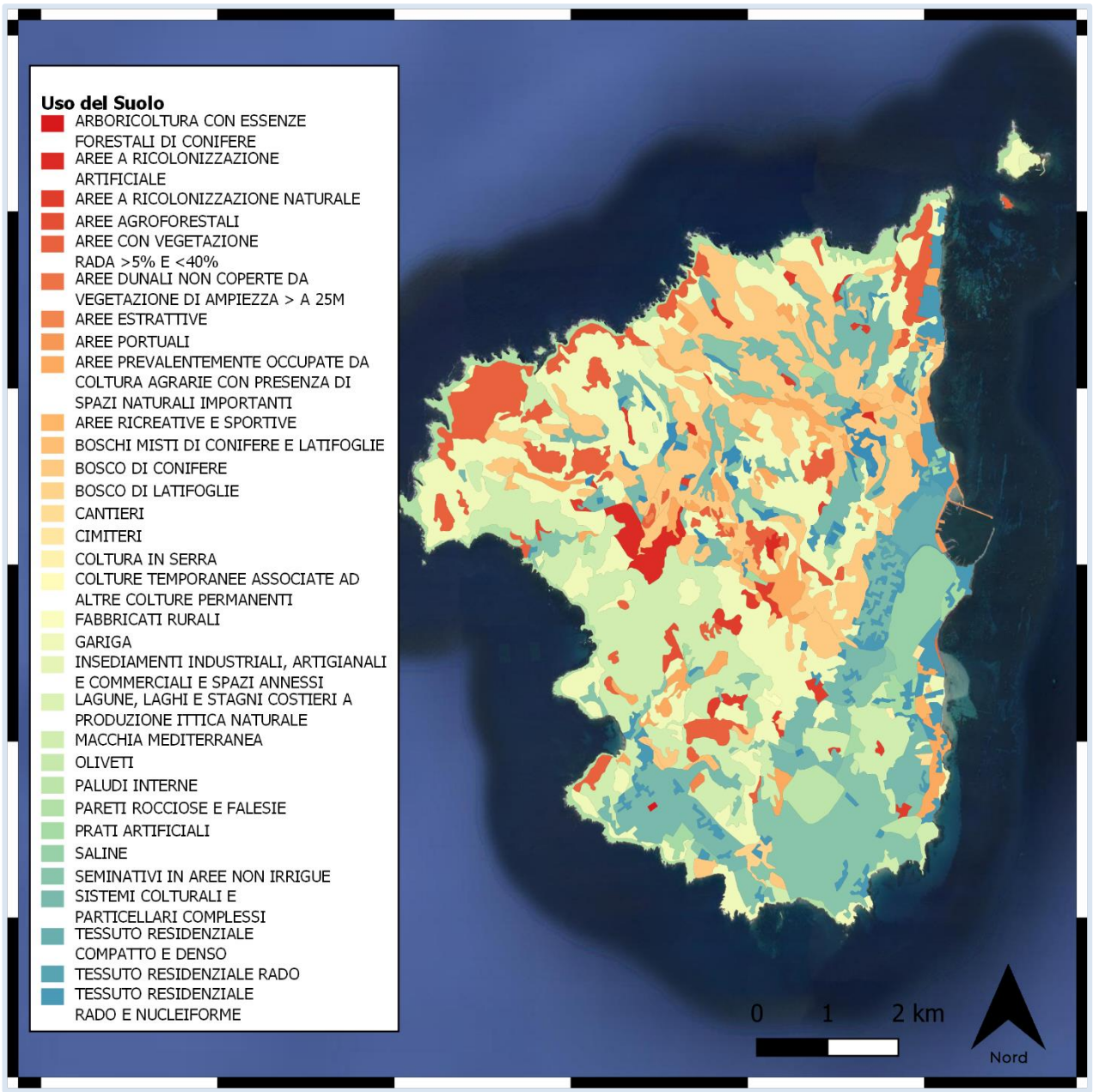


Figura 1 – Carta dell'Uso del suolo 2008 del Comune di Carloforte – Geoportale Regione Sardegna

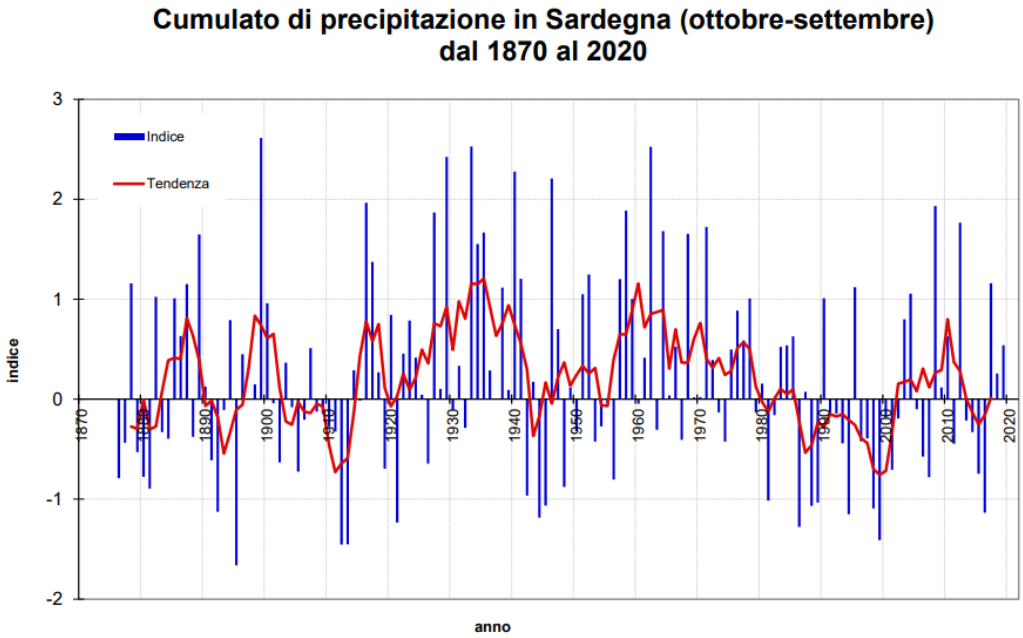
La destinazione d'uso dei suoli è estremamente significativa per la definizione del peso degli elementi a rischio inondazione, frana e incendio.

L'analisi dell'uso del suolo sulla base della classificazione Corine Land use consente di rilevare che quasi il 30% del suolo è caratterizzata da boschi e macchia mediterranea. Il tessuto residenziale incide per solo 6% mentre le aree di tipo gariga, insieme ai seminativi e vigneti, occupano complessivamente la seconda percentuale più significativa di destinazione omogenea. Risultano assenti le aree di pascolo e le sugherete.

2.2. Caratteri climatici e regime termo-pluviometrico

L'analisi delle condizioni termiche riportata nell'*Analisi agrometeorologica e climatologica della Sardegna – Analisi delle condizioni meteorologiche e conseguenze sul territorio regionale nel periodo ottobre 2019 - settembre 2020*, pubblicato dall'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (ARPA) della Sardegna, indica che l'annata ottobre 2019-settembre 2020 è stata lievemente al di sopra della precipitazione media climatica in quasi tutta l'Isola. Anche i giorni piovosi nei 12 mesi sono risultati prossimi o poco superiori alla climatologia. Nella stagione piovosa (ottobre-aprile) complessivamente i cumulati hanno raggiunto i valori medi climatici, ma con un contributo non uniforme tra i diversi sottoperiodi, analogamente all'annata precedente: nel trimestre autunnale, infatti, le piogge sono state relativamente abbondanti, mentre nel successivo quadrimestre sono state sensibilmente inferiori alla media climatica. Il periodo maggio-settembre ha registrato nuovamente precipitazioni in generale sopra la norma.

In riferimento l'andamento ultrasecolare delle precipitazioni della Sardegna, si conferma la ripresa delle precipitazioni che si osserva nell'ultimo triennio. Il 2019-2020, infatti, risulta essere il terzo anno consecutivo con precipitazioni superiori alla media climatologica.



Per effettuare l'analisi climatologica del territorio dell'Isola di San Pietro sono stati presi in considerazione i dati termometrici e pluviometrici pubblicati nel Nuovo Studio dell'Idrologia Superficiale della Sardegna (SISS). In particolare, poiché sul territorio dell'Isola sono presenti stazioni di rilevamento, sono stati utilizzati i dati

termometrici e pluviometrici della stazione di Carloforte sita presso l'Osservatorio Astronomico di Torre San Vittorio.

Le misurazioni effettuate dal Nuovo SISS, che vanno dal 1922 al 1992, risultano abbastanza continue sia per quanto riguarda i dati pluviometrici che termometrici tranne qualche dato non rilevato.

Dal punto di vista climatico l'Isola di San Pietro rientra in un tipo di clima da subtropicale a temperato caldo; si ha infatti una stagione calda ed arida ed una mite e piovosa. Infatti, nessun mese ha una temperatura inferiore ai 10°C, e la media annua è di circa 16°C - 17°C, e vi sono almeno quattro mesi con temperatura media pari o superiore a 20°C.

Le precipitazioni medie, complessivamente non abbondanti, sono generalmente insignificanti durante la stagione estiva, mentre sono piuttosto scarse in primavera e più abbondanti in autunno ed in inverno; tra queste due ultime stagioni sono distribuite in parti quasi uguali; il tipo di regime pluviometrico è IAPE. Le precipitazioni fanno registrare una media annua per gli anni 1922 – 1992 di 434 mm, i giorni piovosi dell'anno sono inferiori a 60.

Quindi seguendo lo schema del Pinna, per i diversi tipi di clima della Sardegna, si può inserire l'Isola di San Pietro nel clima subtropicale semiarido, in quanto la media annuale della piovosità non supera i 500 mm.

Particolare importanza, per capire il clima della zona, riveste la circolazione atmosferica, con una distribuzione dei venti nei diversi quadranti notevolmente influenzata non solo dalla posizione geografica dell'isola, ma anche, perlomeno nel settore orientale, dall'incanalamento delle correnti tra la costa sud – occidentale della Sardegna e le due isole minori di San Pietro e Sant'Antioco: le situazioni bariche più frequenti sono favorevoli ai venti del IV quadrante: maestrale e ponente, che con la tramontana occupano quasi il 50% delle osservazioni, e che sommati alle alte temperature, soprattutto nei mesi estivi, provocano un'intensa evaporazione.

Di seguito si riportano le precipitazioni medie stagionali ed annuali misurati nell'intervallo 1922 – 1992 e registrati nella stazione astronomica di Carloforte (m. 14.9 s.l.m.):

Inverno	Primavera	Estate	Autunno	**Annuo**
163,9	95,9	17,4	157,2	**434,4**

La temperatura presenta i suoi massimi nei mesi di Luglio e di Agosto (35°- 39°C), mentre le punte minime sono registrate nei mesi di Gennaio – Febbraio, con valori che oscillano tra i 1°- 5°C.

Attraverso l'elaborazione dei dati delle tabelle precedenti sono stati ottenuti grafici che descrivono i valori medi annuali e mensili delle temperature misurate in °C e delle altezze di pioggia misurate in mm relativamente alla stazione presa in considerazione.

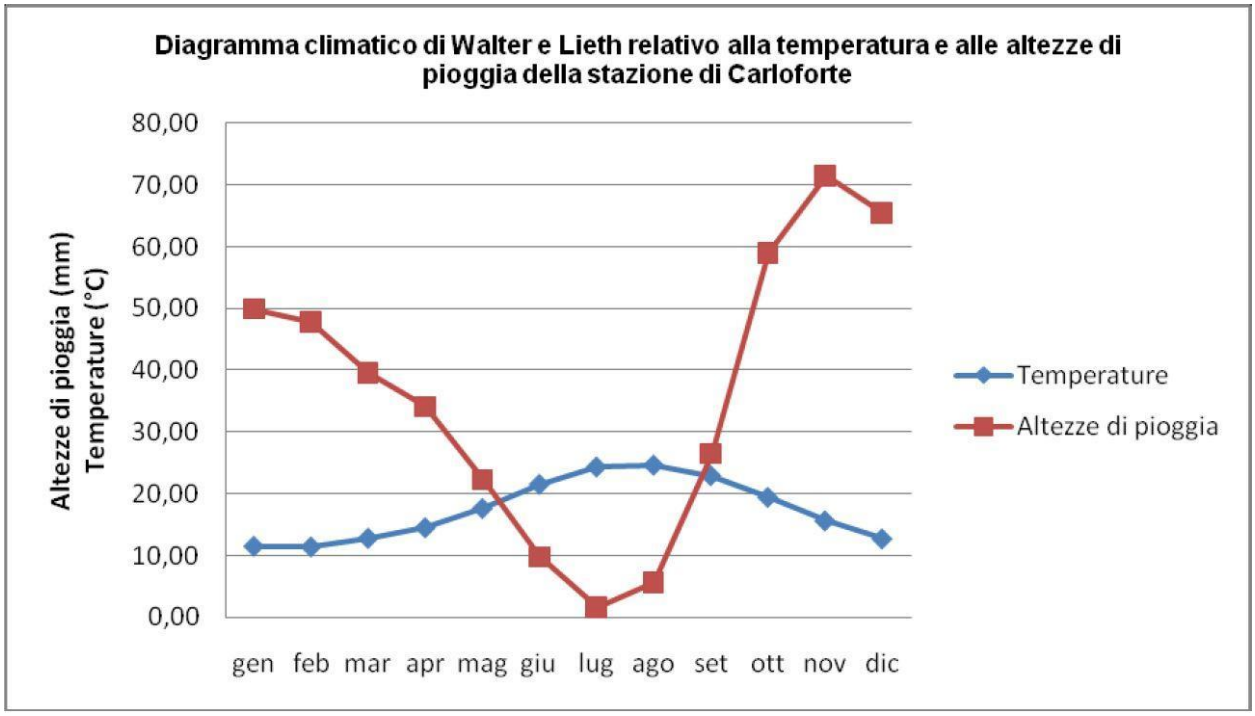


Figura 2 – Diagramma temperature/altezza di pioggia

Dal grafico sopra esposto si evince chiaramente la corrispondenza della diminuzione delle precipitazioni con l'aumento delle temperature in corrispondenza dei mesi estivi, e viceversa l'aumento delle precipitazioni nei mesi autunnali e invernali, con un picco nei mesi di novembre e dicembre. Nel periodo estivo si avranno pertanto forti processi di evapotraspirazione che rendono il clima particolarmente arido.[2]

2.3. Caratteri geologici

Per quanto riguarda i caratteri geologici del territorio si riportano a seguire i contenuti tratti dalla Relazione geologica redatta per la Variante al PAI del territorio comunale di Carloforte.

L'isola di San Pietro presenta una forma a "scudo", che denota una morfologia nel complesso tabulare. Il rilievo non è molto importante ed orientato, infatti, le quote più alte si trovano nella parte centro - settentrionale (Bricco di Guardia dei Mori 211 m. s.l.m., e Monte Tortoriso 208 m. s.l.m.).
Le valli, che formano anche profonde incisioni attualmente percorse da torrenti e talora sommerse nella sua parte terminale, hanno un andamento che segue grossomodo lo sviluppo del reticolo idrografico, e cioè essenzialmente dendritico e sono impostate perlopiù lungo linee tettoniche.

[2] Estratto dalla Relazione geologica (2020) allegata alla Variante al Piano di Assetto Idrogeologico ex art. 37 delle norme tecniche di attuazione.

Infatti, l'isola è in analisi superficiale, un ampio tavolato vulcanico risultante dalla sovrapposizione e giustapposizione di diverse colate laviche alternate a piroclastiti, successivamente demolite e dislocate da linee di faglia secondo piani diretti in prevalenza secondo direttrici N - S e che hanno dato una morfologia a terrazzi strutturali situati a diverse altezze e successivamente isolati per erosione selettiva.

Questa situazione è ben evidente nella parte orientale dell'isola dove si nota una successione di terrazzi con abbassamento verso est da 150 m.s.l.m. (regioni Gioia - Bocchette), a 100 m.s.l.m. (regioni Stagnetto - Sabino), fino al livello del mare (Carloforte).

Quindi la morfologia dell'isola così come il suo sviluppo costiero è stata influenzata inoltre dalla sua costituzione litologica.

Esiste così un'interdipendenza tra morfologia e litologia. Infatti, il diverso grado di erodibilità delle rocce ha dato luogo a paesaggi completamente differenti; ad esempio da una morfologia a creste, tipica del paesaggio comenditico (regioni Commende - Nasca), ad una morfologia tabulare delle lave riolitiche e quarzotrachitiche (regione Canauti - Sperduti), in genere separati e messi in evidenza dalle piccole depressioni coperte da alluvioni quaternarie e coltivate a vigneti. Esistono però alcune collinette arrotondate costituite da piccoli domi lavici (Bricco di Napoleone - Bricco di Tomaso), che interrompono la più estesa morfologia precedentemente descritta.

Agente morfogenetico di particolare importanza, è il vento, che ha contribuito al cesellamento del rilievo; si formano così tafoni (regione Bocchette), alveolature (Isola Piana), grotte marine (Mezzaluna, Punta delle Oche), ed in subordine, la formazione di campi dunari, ben evidenti nelle zone costiere meridionali (Spalmatore, Punta Nera).

L'idrografia superficiale ha avuto invece un'azione molto limitata dato il suo scarso sviluppo (precipitazioni scarse, terreni in prevalenza impermeabili e deboli dislivelli). Quindi abbiamo visto che la morfologia principale a "terrazzi strutturali" posti alle varie quote dà un'impronta notevole all'isola.

Esistono anche piani inclinati nelle zone settentrionale e meridionale; essi potrebbero avere un'origine tettonica ma è presumibile un evento ignimbritico (che assume la classica forma a tavolato), degradante verso nord, e successivamente sbloccato da faglie ed inciso da corsi d'acqua (es: Canale di Cala Lunga), oppure in continuità (Punta delle Oche - Regolina), erosi da corsi d'acqua (es: il Canale di Mammerosso).

La porzione centrale dell'isola è occupata dall'altopiano di quota 150 m.s.l.m., delle regioni Gioia - Bocchette - Paradiso e separabile in due parti: la parte settentrionale comenditica culminante nel Monte Tortoriso, e la parte meridionale ignimbritica delle regioni Gioia - Bocchette.

L'altopiano di questa regione è limitato ad est da una linea di faglia, diretta N - S che si interrompe sul mare a nord (reg. Tacche Bianche). Questo altopiano è separato a nord ed a sud da depressioni.

Sui 100 m.s.l.m. il piano della Mandria - Stagnetto - Sabino, ha il versante orientale delimitato da un gradino (scarpata) di faglia (15), che coincide con la Ripa del Sardo, che verso sud continua sulla Ripa del Macchione, e dopo un'interruzione dovuta all'erosione si spinge fino alle Tacche Bianche. Questa è una balza di natura tettonica, la più evidente dell'isola e che con tutta probabilità la attraversa tutta.

A sud del centro abitato si trova il piano di Gaeta (sui 50 m.s.l.m.), molto meno esteso dei precedenti e ben delimitato da una scarpata di faglia; è l'unico elemento morfologico di rilievo non costiero, nel settore sud - orientale dell'isola; anche qui è probabile una genesi per sovrapposizione di eventi lavici che ne hanno determinato delle collinette (Monte di Gasparro, Bricco Resciotto), ed una superficie planiziale appunto. Esso degrada a sud, verso il mare, sul Golfo della Mezzaluna.

In netto contrasto con questa morfologia a terrazzi strutturali, sta la parte centro - occidentale dell'isola, che costituisce un complesso morfologico a sé, e che risalta sul paesaggio tabulare, sia per le asperità delle sue forme che per la morfologia a creste (Montagna di Ravenna, Bricco Bocchette), o per l'aspetto massivo quasi a "massiccio" di Monte Tortoriso.

Il paesaggio comenditico ha un aspetto brullo dovuto alle asperità del rilievo, per l'assenza della vegetazione e per le sue forme d'erosione caratteristiche. Si notano, infatti, con evidenza nella reg. Bocchette, delle caratteristiche cavità legate a fattori chimici (umidità) aperte si sottovento che sopravento, che richiamano le forme tafonate nei paesaggi granitici. In questo paesaggio domina, nella parte centrale il Monte Tortoriso che degrada verso ovest sul piano di S. Anna e a sud su quello del Gioia. Il versante settentrionale differisce da quello meridionale perché è più ripido e costituito da rocce ad evidente fessurazione verticale; esso è limitato da un'area depressa che si estende fino ai piedi di Bricco di Guardia dei Mori, mentre il versante orientale è delimitato da una faglia che interrompe la continuità delle coperture comenditiche.

I rilievi Montagna di Ravenna, Bricco Nasca, Monte della Borrona, Monti di Cala Vinagra e Bricco delle Commende, costituiscono un unico complesso morfologico che si dipana da una probabile cinta craterica, nei pressi di Casa Perra, dando luogo ad una tipica morfologia a creste, ponendo in luce il senso di scorrimento delle lave.

Per quanto riguarda lo sviluppo costiero, dal confronto delle carte topografiche del 1897 - 1968 - 1989, è chiaramente visibile un arretramento tuttora in atto della linea di costa, ed un maggior minuto frastagliamento in seguito alla progressiva opera di smantellamento della falesia da parte del mare con la formazione di scogli antistanti alla costa stessa.

Il fenomeno è particolarmente evidente lungo la costa settentrionale e quella occidentale esposte al maestrale e più precisamente a Capo Sandalo, Cala Vinagra, Cala di Mammerosso, Punta di Cala Fico, Punta della Berra e Punta delle Oche. È da notare che a Capo Sandalo sia presente una forma ad istmo roccioso d'erosione marina. Lungo la costa occidentale l'arretramento della costa a falesia si potrebbe mettere in

relazione ad una faglia, visto l'andamento della costa influenzata dalla struttura nei pressi di Capo Rosso. In ogni caso l'arretramento della falesia è tuttora in atto ed è ben evidente alla regione Spalmatore dove è visibile il franamento delle pareti verticali.

La costa orientale è invece bassa e sabbiosa ed è situata al riparo dei venti dominanti (sottovento), per cui prevale l'azione di deposito in senso lato. Infatti, per un gioco complesso delle correnti marine le distese di arenile del Giunco, Girin, e Spalmadureddu, sono state, dopo un periodo di avanzamento testimoniato dalle facies salmastre dello stagno dei Pescetti e Vivagna, stanno subendo tuttora un'erosione precoce da porre in relazione con le onde di rifrazione delle correnti marine modificatesi dopo i vari allungamenti della diga foranea di settentrione.

Morfologicamente si può asserire che l'isola nel passato presentava una linea di costa ben più estesa dell'attuale, come testimoniano i diversi scogli e le numerose secche che si incontrano a breve distanza dalla costa lungo tutto il suo perimetro, ad esempio a sud in località Genià, ma specialmente a nord presso le Spine, Capo Sandalo, Stea, e presso la Punta dove è visibile il vecchio collegamento con l'Isola Piana e l'Isolotto dei Ratti.

È da notare che durante il Tirreniano, le coste erano più articolate delle attuali, e che alcune insenature come gli stagni dei Pescetti e Vivagna, siano stati sbarrati da cordoni litoranei sabbiosi durante la trasgressione tirreniana, dando origine a stagni e lagune ora bonificate.

L'impronta fondamentale alla morfologia costiera dell'Isola di San Pietro è in chiara conseguenza della tettonica, che ne ha delineato i contorni. Infatti, il contrasto tra l'andamento della costa orientale, bassa e sabbiosa, con quella del settore orientale, alta e frastagliata, è la conseguenza dello smembramento della platea vulcanica del Sulcis e dal basculamento miocenico dell'isola verso est.

Conseguentemente l'isola, esclusa la porzione orientale, è delimitata generalmente da una falesia di tipo attivo/passivo sui versanti settentrionale ed occidentale in continuo arretramento dovuto all'abrasione marina, mentre la costa meridionale, se si eccettua la porzione da Punta Fradellin a Punta Genià, costituita da falesie, è una costa rocciosa senza strapiombi. In assoluto le altezze maggiori della falesia sono presenti a Punta del Becco e Punta della Borrona (140 m. circa).

L'alternanza dei banchi ignimbritici con quelli cineritici ha dato luogo a forme di erosione selettiva visibili soprattutto nella falesia della costa settentrionale (Tacche Bianche, Punta Regolina, Punta Senoglio, Pulpito), e sulla costa occidentale e meridionale (Punta dei Cannoni, Punta Fradellin e le Colonne).

Alla base delle falesie si notano in alcuni casi delle cavità naturali, delle grotte, che sono situate principalmente sulla costa settentrionale – occidentale esposta al maestrale; sono cavità scavate dalle onde del mare entro le litologie vulcaniche presenti in misura maggiore sulle facies riolitiche ed ignimbritiche e più raramente sulle comenditi, ma tutte originatesi a causa dell'abrasione marina come le grotte di Punta delle

Oche, Punta di Stea, Cala Vinagra, Borrona, Berra, Cala Fico, Capo Sandalo, Capo Rosso, Bue Marino, Mezzaluna, delle Colonne.

Le coste essendo prevalentemente rocciose, ed il reticolo idrografico poco sviluppato per ovvie condizioni climatiche, litologiche e morfologiche derivate da terreno scarsamente erodibile, deboli dislivelli, fanno si che i depositi alluvionali sia terrestri che eolici e marini siano alquanto scarsi eccezion fatta per qualche insenatura dove si incontrano qualche spiaggia con dune retrostanti, in special modo lungo i tratti di costa meridionali ed orientali, dove, infatti, la costa è più bassa con delle insenature dove si impostano dei caratteristici arenili. Il tratto più significativo si può ammirare tra Punta Martin a Punta Peruscini (spiaggia di Punta Nera), tra Punta Sguerina a Punta di Girin (spiaggia di Girin), e tra quest'ultima fino alla cala di Spalmadureddu (spiaggia del Giunco). Queste forme sono in netto contrasto con quelle nord-occidentali dell'isola dove nelle insenature gli apporti sedimentari sono rocciosi e non sabbiosi come i precedenti.

La panchina tirreniana è ridotta a scarsi affioramenti lungo il litorale orientale ad altezza medie di circa 4 m.s.l.m., presso P.ta Girin, P.ta du Din, e le Saline. Il suo basso livello dimostra come l'isola durante il tirreniano un'assenza di movimenti di sommersione; del resto le forme di ringiovanimento che danno luogo a valli sospese lungo la costa settentrionale sono ascrivibili ad un movimento di sollevamento post-tirreniano sommate ad un rapido arretramento della falesia non compensato da apporti detritici dei corsi d'acqua della regione (Canale di Stea, Canale di Guidi, Canale di Bacusci, Canale di Memmeroso).

I depositi lacustri e lagunari a facies salmastre e paludose dello stagno dei Pescetti, Vivagna, Saline, indicano una chiara ingressione marina tirreniana, mentre quello di Cala Vinagra è una palude interna generatesi da una conca di accumulo su terreni impermeabili.

I depositi eolici non sono molto estesi e sono in relazione agli apporti sabbiosi delle spiagge e situati nella parte interna di alcune di esse sotto forma di campi dunari o paleodune ed orientate secondo una tessitura a stratificazione incrociata lungo la direzione dei venti dominanti (NW-SE), sono visibili all'interno della Cala dello Spalmatore (spiaggia La Caletta) Genià e Bobba sulle coste meridionali, mentre a nord rimangono testimoni alcuni lembi di Cala Fico. Questi depositi presentano granulometrie non superiori ai 2 mm.

Guardando in dettaglio lo sviluppo costiero e ragionando secondo uno schema strutturale, si può affermare che la costa settentrionale è la più articolata, alta, frastagliata essendo esclusivamente rocciosa. Questa potrebbe essere assimilata ad un piano inclinato smembrato da faglie che ne hanno determinato profonde incisioni (Cala Vinagra Cala Fico etc.) eredi forse di un antico reticolo fluviale rielaborato durante il quaternario e successivamente sommerso per eustatismo e ringiovanito a causa del rapido arretramento della falesia. Questa costa è come già detto formata da falesie che raggiunge la massima altezza a Pta della Borrona (120 m.s.l.m.) e Punta della Berra (85 m.s.l.m.), formate da colate comenditiche spesso intercalate da cineriti. In

base a ciò, sono presenti numerose forme di erosione marina ed eolica quali grotte, cesellature, tafoni, e caratteristiche fessurazioni verticali.

La costa occidentale è frastagliata e rocciosa anch'essa e si eleva per quote medie di circa 30 m.s.l.m., fino a raggiungere la quota massima di 130 m.s.l.m. sulla Montagna di Capo Rosso. Sono presenti numerose faglie messe in evidenza dalla dislocazione dei banchi (est di Pta del Capodolio).

La costa meridionale è delimitata da una costa rocciosa generalmente bassa con falesie che non superano i 20 m.s.l.m., con piccole insenature sabbiosa non di rado delimitate ed originatesi appunto da faglie (Genià, Xitta, Guidi di Bobba) ad andamento generalmente N-S.

Alle alte falesie del settore nord-occidentale si contrappone l'andamento rettilineo del settore orientale, perlopiù basso e sabbioso con brevi tratti rocciosi di Pta Nera, Pta Martin, Pta del Morto, Pta du Din, Pta Grossa, queste linee di riva sono attualmente in erosione per le ragioni precedentemente citate.

Concludendo, per quanto riguarda la morfologia costiera si possono trarre le seguenti deduzioni:

- *Elevato grado di articolazione di quasi tutto il litorale, se si esclude l'andamento quasi rettilineo del settore orientale;*
- *Coste in prevalenza alte e rocciose a falesia in evoluzione continua determinata dalla tettonica e dall'erosione;*
- *Frastagliamento più accentuato nel settore settentrionale per il drenaggio dei corsi d'acqua verso nord determinando valli sospese tipo "rias";*
- *Forma pseudo triangolare dell'isola determinata da piani di smembramento per faglia;*
- *Limitata estensione dei depositi sedimentari con assenza di pianure alluvionali per il mancato apporto detritico dei corsi d'acqua;*
- *Limitata estensione dei depositi eolici sulle coste;*
- *Ininterrotta continentalità dell'isola sin dall'origine;*
- *Maggior estensione dell'isola durante il quaternario.*[3]

[3] Estratto dalla Relazione geologica (2020) allegata alla Variante al Piano di Assetto Idrogeologico ex art. 37 delle norme tecniche di attuazione.

2.3.1. La pericolosità da frana nel territorio di Carloforte

Lo Studio di compatibilità geotecnica, geologica e idraulica condotto per la Variante al PAI (ai sensi delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI, articolo 37), con l'estensione dello studio a tutto il territorio comunale, individua i seguenti punti critici:[4]

- **QUADRANTE N-E**
  - *AREA COSTIERA*:

    La costa si sviluppa da La Punta verso Punta delle Oche; è rappresentata da una falesia in arretramento costituita da ignimbriti riolitiche in differenti unità di flusso della formazione di Monte Ulmus la criticità maggiore è rappresentata dal contatto tettonico con i flussi piroclastici non saldati alla base della formazione di Serra di Paringianu che ne determinano una debolezza strutturale. Tale debolezza è riscontrabile presso le Tacche Bianche dove è ben visibile il contatto sul mare. Si tratta di rocce nude con poca o nulla vegetazione a picco sul mare. Inoltre alcuni canali che sfociano nell'area costiera mostrano sponde acclivi e senza vegetazione con indizi di instabilità locale come il Canale di Cala Lunga e il Canale di Memmerosso. In particolare la ignimbriti sono variamente fessurate mostrando sia fessurazione colonnare sia giunti di raffreddamento nelle varie unità di flusso per cui potenzialmente instabili. Blocchi di ignimbrite si rinvengono a pochi metri sotto il mare a testimonianza di crolli in epoca recente, inoltre non è raro riscontrare alla base dei flussi piroclastici porzioni cineritiche talora argillificate. L'esposizione ai venti dominanti settentrionali e alle mareggiate associato all'alta acclività ne determina un grado di pericolosità da elevato a molto elevato. Il tratto di costa che si sviluppa lungo l'area orientale è costituito in gran parte da cordoni litorali fino al porto, tranne l'areale di Punta Grossa caratterizzato da una piccola rottura di pendio in un tratto di costa rocciosa; viene assegnata una classe di *pericolosità media*.

  - *AREA INTERNA:*

    Le criticità maggiori si riscontrano nelle variazioni delle condizioni di saldatura dei flussi piroclastici della formazione di Paringianu infatti la base sovente costituita da flussi non saldati (base surge e air fall) determina la formazione di cornici saldate nelle quali vi è la possibilità di qualche caduta di masso dovuta alla maggiore erodibilità della base. La morfologia che si determina può essere assimilata a delle cuestas; le aree sono vegetate da conifere o da sistemi particellari complessi, tuttavia la pendenza elevata nella rottura di pendio potrebbe denudare

[4] La procedura di approvazione della variante al PAI derivata dallo Studio non si è ancora conclusa, esso perciò non è attualmente vigente.

la cornici. L'esistenza di cornici saldate con alla base flussi non saldati ha fatto propendere per una *pericolosità da media ad elevata.*

Tale situazione è ben visibile in regione Tacche Bianche, Lago, P.ta Spuntone Monte Giannurango e i canali interni (Memmerosso) per i quali l'intensa azione erosiva ne ha reso acclivi le sponde.

L'esistenza di piani inclinati nella zona settentrionale potrebbe avere un'origine tettonica ma è presumibile un evento ignimbritico (che assume la classica forma a tavolato), degradante verso nord, e successivamente sbloccato da faglie ed inciso da corsi d'acqua (es: Canale di Cala Lunga), oppure in continuità (Punta delle Oche - Regolina), erosi da corsi d'acqua (es: il Canale di Mammerosso). L'erosione dei corsi d'acqua come quello citato o il canale di Cala Lunga retrostante la falesia è sicuramente associata ad eventi tettonici poiché talora sono pensili sulla linea di costa; infatti le pareti risultano particolarmente acclivi, denudate e costituite dalle stesse formazioni che alla base talora mostrano livelli cineritici; per questa ragione morfologica viene assegnata ai canali retrostanti la falesia una *pericolosità media*.

Stessi criteri sono stati adottati per quanto riguarda la porzione di territorio che i estende dalla regione Macchione alla regione Tacca Rossa; i motivi riguardano essenzialmente l'acclività che è determinata da cornici e orli di scarpate influenzati da elementi strutturali come la faglia Macchione – Tacca Rossa - Cala Lunga che determina una scarpata di faglia con rigetti notevoli. Tale rigetto favorisce lo sviluppo di aree a ruscellamento diffuso lungo le cornici del Sabino e Stagnetto e d in particolare una piccola cascata con salto di circa 90m lungo il Canale del Generale. L'area è caratterizzata da unità ignimbritiche saldate e comenditi in colate a tratti autobrecciate; gli affioramenti sono caratterizzate da roccia nuda o con rara vegetazione arbustiva; in alcuni casi da conifere da operazioni di rimboschimento delle aree minerarie. In queste aree rivolte verso ESE è stata assegnata una *pericolosità da moderata a media*, nelle zone sopracitate, oppure in zone ove sono presenti creste e dicchi con valli incassate (Guardia dei Mori, Bricco Spagnole, e Tortoriso)

Nelle unità ignimbritiche talora alla base si riscontrano livelli cineritici talora argillificati (Canale del Generale, scalinata per l'ex stadio Pino solitario, cornici sulla strada per La Punta) che possono isolare cornici ad elevata acclività o attivare lungo alcune aste torrentizie alvei particolarmente incisi (Canale di Canalfondo). Per queste aree è stata verificata una *pericolosità da media ad elevata*.

Situazioni particolari sono riscontrate lungo alcuni vecchi imbocchi minerari al contatto tra le cineriti e le ignimbriti quarzotrachitiche saldate con scavi talora non tombati e fornelli (Loc.

Macchione) per i quali si notano residue condizioni di instabilità con cornici particolarmente instabili per orli di scarpata artificiale. Per queste aree è stata verificata una *pericolosità molto elevata*.

- **QUADRANTE S-E**
  - *AREA COSTIERA*:

    La costa si sviluppa dal Porto sino a Punta Genià lungo i settori orientali e meridionali. Nel primo tratto quello orientale la costa è rappresentata da ampie spiagge falcate del Giunco Girin Punta Nera e la Bobba inframmezzate da limitati tratti di costa rocciosa a differente acclività, caratterizzati da rocce vulcaniche in affioramenti senza vegetazione o scarsa. Il primo tratto è rappresentato da Punta Girin piccola falesia caratterizzata da ignimbriti riolitiche; il secondo tratto da Punta Sguerina a Punta Peruscini caratterizzato anch'essa da una piccola falesia lungo la quale affiorano in contatto stratigrafico le comenditi e le ignimbriti quarzolatitiche e in contatto tettonico le comenditi con le ignimbriti riolitiche. L'elevata fessurazione dei termini vulcanici determina un grado di *pericolosità media*.

    Il tratto di costa rocciosa compreso tra Punta Martin e Punta Nera invece mostra acclività crescenti verso sud ed è caratterizzato da ignimbriti quarzolatitiche a grosse fiamme e testimonianze di mineralizzazione a manganese; in questo tratto di costa sebbene non esposto alle mareggiate si rinvengono testimonianze di piccole frane relitte non recenti e considerando l'elevata fessurazione all'interno delle unità di flusso viene assegnata una *pericolosità molto elevata*.

    Il tratto che da Punta Nera porta a Punta su Xitta è molto articolato a causa di diverse insenature che la caratterizzano. Il tratto degli scogli di Punta Nera è strutturalmente debole poiché il contatto tettonico tra le unità quarzolatitiche e quelle riolitiche è rappresentato da una faglia che ne argillifica in parte le rocce; non è raro trovare la porzione basale di quest'ultima formazione in facies cineritica sulla quale si verificano delle piccole frane di crollo delle porzioni superiori che sono tenaci. In questa facies si svilupparono all'inizio del secolo e fino agli anni 50 delle cave per rocce ornamentali. Inoltre faglie coniugate intersecano l'intera area. Considerando l'elevata instabilità viene assegnato un grado di *pericolosità molto elevato* per il tratto costiero e medio il retrostante con presenza di cave dismesse.

    La costa rocciosa relativamente bassa e poco acclive si protrae fino a Punta du Xitta dove l'acclività aumenta e vi si riscontrano fenomeni di instabilità derivate dalle mareggiate causate dai venti di scirocco e dall'elevato grado di fessurazione delle ignimbriti e della listatura nelle

unità di flusso con giunti talora beanti. Per questi motivi è stata assegnata una classe di *pericolosità molto elevata*.

Superata la spiaggia della Bobba, da Casa Lazzarino fino a Punta Genià la costa è caratterizzata da un'alta falesia in arretramento poiché caratterizzata da un'alternanza di flussi piroclastici saldati e non saldati che ne pregiudicano la stabilità globale peggiorata dalle potenti mareggiate per venti di libeccio e scirocco che hanno causato tra le altre cose il crollo di una delle Colonne di Carloforte monumento naturale istituito dalla L.R. 7.6.1989, n.31. L'area è inoltre attraversata da innumerevoli faglie che sbloccano e creano zone fragili. La presenza di questi lineamenti tettonici dalla litologia, il grado di fatturazione delle rocce e la presenza di cadute di blocchi e frane attuali (descritte anche dall'IFFI) pone quest'area a *pericolosità molto elevata*. La zona retrostante è caratterizzata da piccole scarpate di cave dismesse e dal canale che sfocia alla piccola spiaggia per le quali si attribuisce una *pericolosità media*.

- *AREA INTERNA:*

  Nella porzione interna non si rivelano particolari criticità; la presenza di scarpate più o meno acclivi creste ed aree a ruscellamento concentrato (Bricco Resciotto), scarpate di faglia e rilievi monoclinali (Le Lille i Banchi), incisioni profonde da parte dei torrenti con sponde in roccia (Canale di Valacca, Bubò, Canale del Bacciu e del Macchione) determinano classi di *pericolosità da moderata a media*. Le aree sono vegetate da arbusti o da rari sistemi particellari complessi. Le sponde dei canali sono caratterizzate da affioramenti di roccia nuda o con rara vegetazione arbustiva. Un'altra area a pericolosità media è determinata dai versanti della ex discarica RSU.

- **QUADRANTE S-W**
  - *AREA COSTIERA*:

    La costa si sviluppa da Punta Genià sino agli Scogli delle Spine e si sviluppa lungo tutto il settore meridionale della costa e quello occidentale e sud occidentale. È rappresentata da una falesia in arretramento costituita da ignimbriti riolitiche in differenti unità di flusso della formazione di Punta Mingosa; la criticità maggiore è rappresentata dal contatto stratigrafico con i flussi piroclastici non saldati alla base della formazione di Punta dei Cannoni che ne determinano una debolezza strutturale, associata ad una marcata fessurazione colonnare e alla presenza di giunti e diaclasi lungo tutte le superfici esposte. In alcune aree, la tettonica associata alla variazione litologica delle vulcaniti determina situazioni di *pericolosità molto elevato*. L'esposizione delle falesie è verso ovest.

Il tratto tra Punta Genià e Punta Mingosa è caratterizzato dalla presenza delle ignimbriti riolitiche ad elevata acclività; gli affioramenti sono costituiti da roccia nuda battuta dalle mareggiate causate dai venti dei quadranti meridionali; inoltre questo tratto di costa presenta alcune cavità percorribili con piccole imbarcazioni (Grotte della Mezzaluna), che testimoniano la complessità strutturale primaria e secondaria delle vulcaniti. Da Punta Mingosa a Punta Fradellin si rinvengono alcune nicchie di frane di crollo relative all'interferenza di alcuni lineamenti tettonici ad andamento meridiano in località Burrone e che mettono a contatto le ignimbriti riolitiche a giacitura tabulare con quelle in facies vitroclastica; inoltre sono presenti alcuni aree a ruscellamento concentrato come il Canale di Bessisa con notevole trasporto solido poiché ad alta acclività. Da Punta Fradellin a Punta del Castello in regione Spalmatore, la situazione rimane immutata; le facies ignimbritiche tipicamente saldate mostrano variazioni alla base, nella quale si riscontrano paleo suoli e depositi sciolti (air fall, ash flow). Il substrato è rappresentato da delle alternanze di colate riolitiche con intercalazioni di depositi piroclastici visibili a Punta del Castello. L'alternanza di questi depositi associata alla litologia che ne costituisce la base (depositi cineritici) determina aree a forte instabilità amplificata dalle mareggiate originate dai venti di libeccio e di maestrale. Inoltre sono presenti presso Punta Spalmatore di Fuori, falde e coltri detritiche derivate dallo smantellamento delle cornici ignimbritiche franate e ben visibili; in tempi relativamente recenti si sono verificati crolli sia presso Punta Spalmatore di Fuori sia il promontorio antistante la batteria antiaerea in località Buemarino. In località Castello sono presenti tratti a ruscellamento concentrato. Per questi motivi in quest'area si determina una *pericolosità con grado molto elevato* (tutta la falesia in arretramento citata) e nelle aree retrostanti nelle quali si evidenzia una litologia cineritica una *pericolosità di grado elevato*. Nelle aree a ruscellamento concentrato è stata assegnata *una pericolosità media*.

Da Punta del Castello a Punta dei Cannoni, oltre la spiaggia dello Spalmatore, la costa assume un'acclività maggiore soprattutto verso nord, infatti la costa sottostante il complesso alberghiero è caratterizzata dal contatto tra le ignimbriti saldate e quelle in facies pseudo coerente; ciò determina erosione costiera verso il Ciò e la denudazione della costa rocciosa. A Punta dei Cannoni l'acclività diminuisce; la costa è caratterizzata da alternanze di depositi piroclastici saldati e non ben esposte al Bricco del Ciò; questo determina, sebbene l'acclività della costa non sia elevata, una erosione con conseguente arretramento delle porzioni occidentali e nord occidentali di Punta dei Cannoni; per questo motivo è stata determinata una classe di *pericolosità da elevata a molto elevata*.

Da Punta dei Cannoni verso gli Scogli delle Spine cambia in contesto geologico, infatti le facies passano da ignimbritiche a laviche talora attraverso contatti tettonici; la costa ripresenta elevate acclività con la formazione in erosione ben visibile presso Punta dei Laggioni. Il contesto geologico è rappresentato da colate laviche, alternate a depositi ignimbritici, ben esposte presso Bricco della Guardia in potenti bancate da giacitura mediamente inclinata a sub verticale. Si rinvengono testimonianze di piccole frane relitte ai piedi della falesia, non recenti e considerando l'elevata fessurazione all'interno delle unità vulcaniche viene assegnata una *pericolosità molto elevata*, mentre nelle zone immediatamente retrostanti una *pericolosità elevata*. I torrenti che sfociano presso la falesia sono causa di ruscellamento concentrato che incide l'alveo; le pareti sub verticali determinano una *pericolosità media*. Gli scogli e le secche presenti in questo tratto di costa testimoniano la presenza, in passato, di una linea di costa ben più estesa.

- *AREA INTERNA:*

  Nella porzione interna le criticità maggiori si riscontrano nelle variazioni delle condizioni di saldatura dei flussi piroclastici presso il Bricco del Ciò infatti la base sovente costituita da flussi non saldati (base surge e air fall) determina la formazione di cornici saldate nelle quali vi è la possibilità di qualche caduta di masso dovuta alla maggiore erodibilità della base.

  Vi sono criticità presso il Bricco della Guardia e Bricco Birincampo, Bricco Tomaso e Bricco di Benitto per la presenza di elementi morfologici ben evidenti quali creste rocciose, rilievi monoclinali, dicchi vulcanici e picchi rocciosi che denotano una discreta articolazione del paesaggio riflesso di una variegata acclività; in quest'area sono presenti inoltre elementi tettonici importanti quali faglie sulle quali si impostano aste torrentizie talora concentrate che sfruttano le aree tettonizzate. Per questo motivo si impostano come detto, alvei particolarmente ripidi, in roccia sovente denudata. Per queste aree i determinano valori di *criticità da moderata a media*.

- **QUADRANTE N-W**

  - *AREA COSTIERA*:

    La costa si sviluppa dagli Scogli delle Spine a Punta delle Oche e si sviluppa lungo tutto il settore occidentale della costa e quello settentrionale. Anche questo tratto è rappresentato da una falesia in arretramento costituita da colate laviche alternate a depositi piroclastici della formazione di Nuraxi dalle colate rioitiche in cui si intercalano ignimbriti non saldate

mineralizzate a manganese, comenditi in varie facies sia in colata che piroclastica, e da flussi piroclastici della formazione di Capo Rosso in varie facies della formazione di Matzacara.

Anche per questo tratto, la criticità maggiore è rappresentata anche dal contatto stratigrafico con i flussi piroclastici non saldati alla base delle varie formazioni che determinano una debolezza strutturale basale, associata ad una marcata fessurazione colonnare e alla presenza di giunti e diaclasi lungo tutte le superfici esposte. In alcune aree, la tettonica associata alla variazione litologica delle vulcaniti determina situazioni di *pericolosità molto elevata*. L'esposizione delle falesie è verso ovest, nord ovest e nord. La falesia pressoché continua se si eccettuano le piccole insenature di Capo Sandalo, Cala Fico, e Cala Vinagra caratterizzate da spiagge di roccia; le ultime due alla foce di torrenti (Canale di Cala Fico e Canale di Cala Vinagra).

Il tratto tra gli Scogli delle Spine e Punta di Capo Rosso è caratterizzato dalla presenza da colate laviche, alternate a depositi ignimbritici, particolarmente acclive con testimonianza di depositi rocciosi alla base per fenomeni di erosione delle bancate laviche. A Punta del Becco la situazione geologica è resa complessa dalla tettonica che pone a contatto le lave con le rioliti alternate a piroclastiti mineralizzate; per questo motivo da Punta del Becco a Punta del Capodolio, le alternanze dei flussi piroclastici sono ben evidenti e determinano marcate anisotropie strutturali con conseguenti situazioni particolarmente instabili lungo le quali si sono verificati fenomeni di crollo recenti per le quali sono state emanate, dalla Capitaneria di Porto, ordinanze di interdizione alla navigazione. Inoltre, la tettonica terziaria è particolarmente presente, infatti lungo le faglie ad andamento NW-SE e loro Riedel, si impostano canali particolarmente incisi quali il Canale del Becco e il Canale di Capo Rosso. La copertura vegetale è insignificante in questa porzione di costa, in quanto battuta dal forte vento di maestrale e perciò complessivamente scarsa. Il grado di *pericolosità* che se ne determina è perciò *da molto elevato* nei tratti sopracitati *ad elevato* in alcune aree retrostanti

Da Punta di Capo Rosso fino a Punta Senoglio affiorano in sostanziale continuità le facies comenditiche tipiche dell'area; si tratta di ignimbriti e colate comenditiche a giacitura tabulare e marcata fessurazione colonnare dove all'interno non è raro riscontrare marcate lineazioni di flusso. Anche in questo caso la morfologia che si determina e particolarmente acclive ed esposta sia ai forti venti di maestrale che le frequenti mareggiate. Dalle evidenze sovraesposte, dall'assenza di una copertura vegetale, e dalla sfavorevole esposizione si determina, per questo tratto di falesia, una *pericolosità molto elevata*, con tratti retrostanti a *pericolosità*

elevata. Tali evidenze sono ben esposte presso Capo Sandalo, Punta di Cala Fico, Punta della Borrona, e Punta della Berra presso Cala Vinagra.

Da Punta Senoglio a Punta delle Oche la costa è rappresentata da una falesia in arretramento costituita da ignimbriti riolitiche in differenti unità di flusso della formazione di Monte Ulmus. Anche in questo caso la falesia è acclive esposta totalmente verso nord. Il primo tratto è caratterizzato dalle ignimbriti quarzotrachitiche che poggiano su delle sequenze piroclastiche non saldate e stratificate; ciò determina condizione di instabilità costa si sviluppa verso est sempre con le stesse caratteristiche; a testimonianza dell'arretramento del tratto costiero è la presenza di piccoli isolotti prospicienti quali l'isolotto di Stea oltre la Punta omonima e scogli affioranti di grandi dimensioni. Inoltre in questo tratto di costa sfociano il Canale di Stea, il Canale di Guidi e il Canale di Bacusci; la caratteristica è che sono tutti canali pensili, il che farebbe presupporre eredi forse di un antico reticolo fluviale rielaborato durante il quaternario e successivamente sommerso per eustatismo e ringiovanito a causa del rapido arretramento della falesia. Il tratto successivo verso Punta delle Oche mantiene le stesse caratteristiche e presenta inoltre alcune cavità percorribili con piccole imbarcazioni (Grotte di Punta delle Oche), che rivelano anche qui la complessità strutturale primaria e secondaria delle vulcaniti che mostrano una marcata fessurazione colonnare e tratti con evidenti unità di flusso sovrapposte. Come per le altre falesie anche questo tratto presenta scarsa vegetazione in relazione all'esposizione dei venti dominanti per questi motivi si determina una *pericolosità da elevata a molto elevata*.

- *AREA INTERNA:*

  Lungo la porzione interna dell'area si riscontrano alcune criticità relative sia alle condizioni litologiche, sia all'uso del suolo oltre che ovviamente alla pendenza. Presso la Montagna di Capo Rosso verso il Becco, vi è la presenza di discariche minerarie di materiale sciolto posto a varie quote lungo i versanti; si tratta di ganga delle mineralizzazioni a manganese o di ocre. La pezzatura del materiale è generalmente ghiaiosa sostenuta da un cemento argilloso. La morfologia può essere assimilata a cuestas, mentre la Montagna di Capo Rosso mostra una sorta di plateaux ignimbritico sul quale si determinano cornici nette che ricoprono alternanze cineritiche. Per quest'area è stata determinata una *pericolosità da moderata a media*. Verso la Montagna di Ravenna, lungo le pendici meridionali e settentrionali, l'elevata acclività delle comenditi associata alla completa mancanza di copertura vegetale, porta alla determinazione di un grado di *pericolosità da elevata a molto elevata*; muovendoci lungo la strada provinciale verso Capo Sandalo, poco oltre il bivio di Genarbì affiorano potenti sequenze cineritiche in

facies di air fall, che il taglio stradale mette chiaramente in luce; lungo il taglio stradale denudato da vegetazione, e poco oltre non è raro, durante eventi pluviometrici importanti, ritrovare sulla carreggiata porzioni cineritiche in disfacimento e lapilli; ancora più avanti oltre il tornante è presente una piccola frana segnalata anche dal Progetto IFFI. Per questi motivi si determina una *pericolosità da media a molto elevata*. L'elevata acclività delle comenditi associata alla completa denudazione dei versanti la si riscontra anche presso Bricco Nasca, Bricco Bordonaro con la presenza di creste rocciose e di cornici sovrastanti flussi non saldati. Particolare condizione la si riscontra presso Bricco Patella e Bricco Bocchette, dove, oltre la presenza di creste e versanti acclivi vi è la presenza di orli di scarpata di cava con alzate superiori ai 20 metri non gradonate (Bricco Patella), e vecchi scavi minerari impostati tra le cineriti di base e le cornici ignimbritiche sovrastanti con presenza di fornelli e gallerie. Per queste aree è stata determinata una *pericolosità da elevata a moderata*. La porzione verso Punta delle Oche è diversa in quanto si assiste ad un cambio di litologia; in queste aree le criticità maggiori si riscontrano nelle variazioni delle condizioni di saldatura dei flussi piroclastici della formazione di Paringianu infatti la base sovente costituita da flussi non saldati (base surge e air fall) determina la formazione di cornici saldate nelle quali vi è la possibilità di qualche caduta di masso dovuta alla maggiore erodibilità della base. La morfologia che si determina può essere assimilata a delle cuestas; le aree sono vegetate o da conifere o da sistemi particellari complessi, tuttavia la pendenza elevata nella rottura di pendio potrebbe denudare la cornici. L'esistenza di cornici saldate con alla base flussi non saldati ha fatto propendere per una *pericolosità da media ad elevata.*

Tale situazione è ben visibile presso il Bricco delle Scimmie e Punta delle Oche; per questo motivo è stata determinata una *pericolosità da moderata ad elevata*.

Gli alvei e le aste torrentizie presenti sono alvei particolarmente ripidi, in roccia sovente denudata talora con sbocco pensile (Canale di Guidi, Canale di Pitticheddu, Canale del Becco, Canale di Cala Vinagra, Canale di Stea e Canale di Bacusci) si determina lungo gli alvei appunto una *pericolosità media*.

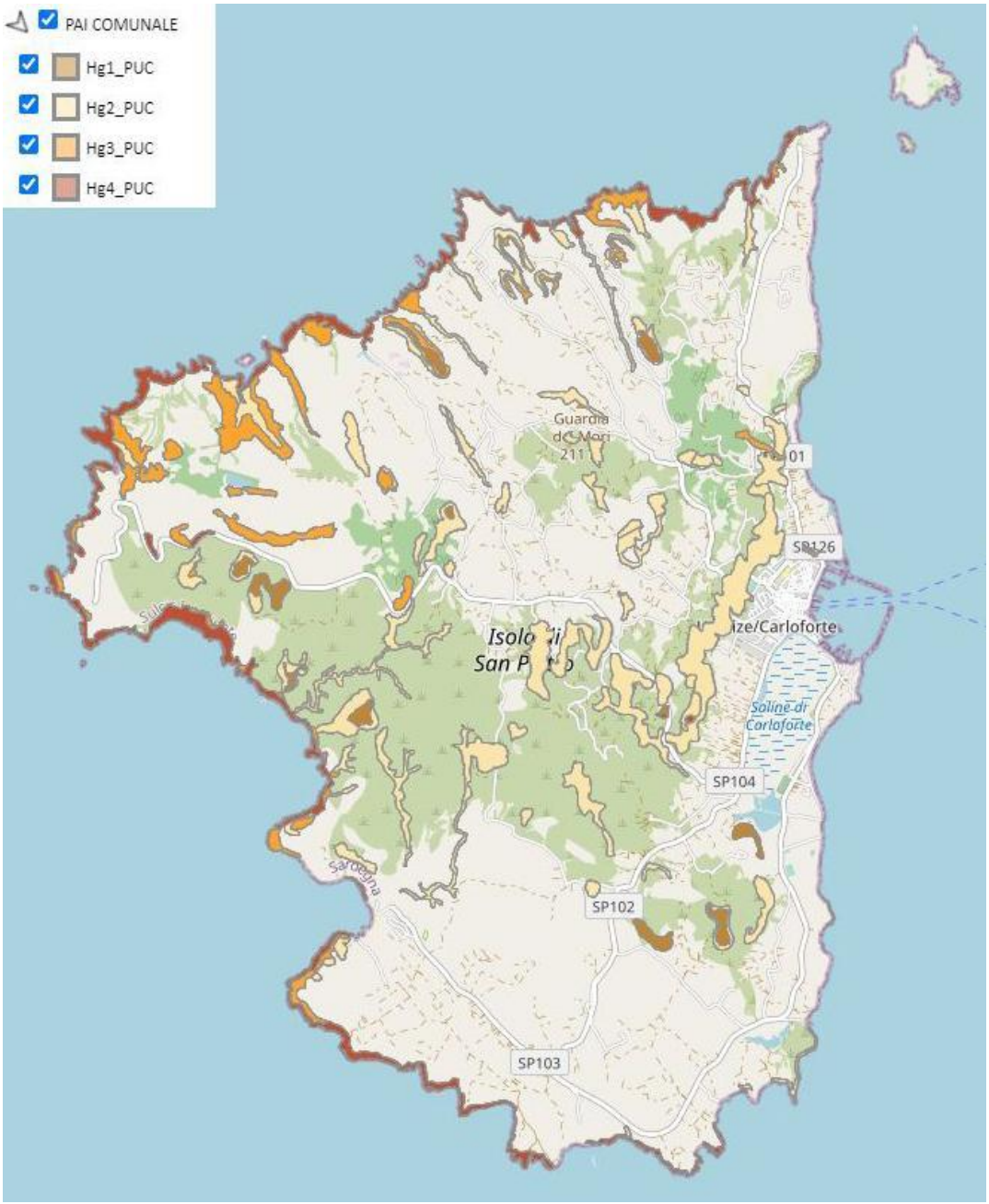


Figura 3 – Aree a pericolosità da frana – PAI (aggiornamento ex art.37 del 2020) – Fonte: Geoportale Comunale

2.4. Caratteri idrografici

Il reticolo idrografico superficiale dell'area d'interesse appartiene all'ambito del bacino del Riu Palmas del Bacino Idrografico Regionale.

Il reticolo idrografico di riferimento è caratterizzato fondamentalmente dall'attraversamento del Riu Palmas.

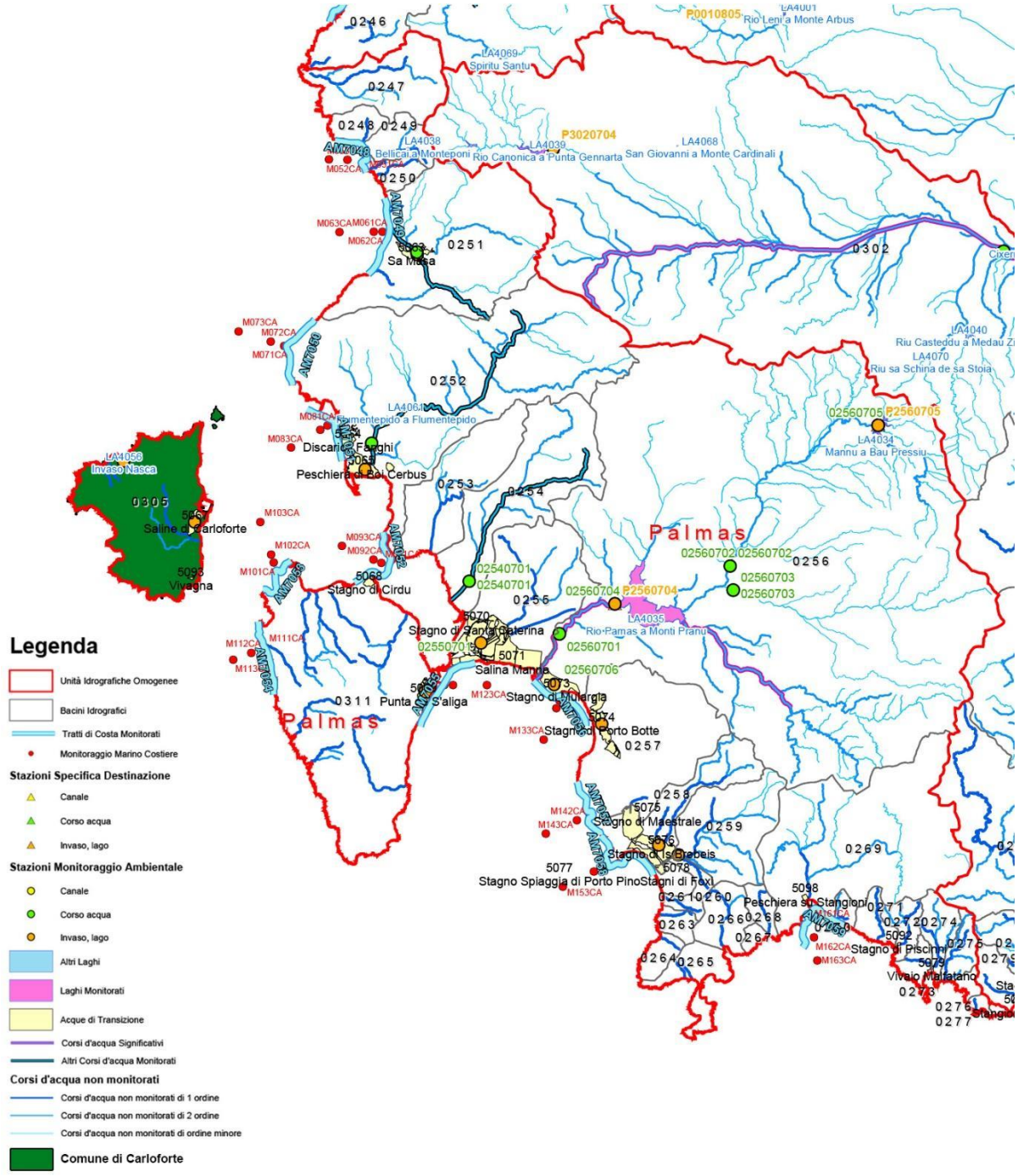


Figura 4 – Reticolo idrografico dell'aera vasta - Fonte: Piano di tutela delle Acque RAS

La caratteristica comune dei corsi d'acqua che solcano nell'Isola di San Pietro, è il regime palesemente torrentizio e la chiara impostazione della maggior parte di essi secondo linee tettoniche di faglie e fratture. Tali torrenti sono localizzati in due bacini idrografici principali, uno settentrionale l'altro meridionale, individuati dalla linea spartiacque che passa per le vette della M.gna di Ravenna, del B.co Bordonaro, del M.te Tortoriso e del B.co Spagnole.

Il bacino settentrionale è a sua volta suddiviso in vari bacini sub – paralleli, che allungandosi con direzione meridiana, scaricano a mare. Il bacino idrografico meridionale è costituito da due estesi bacini delimitati in senso nord – sud dall'allineamento: M.te di Gasparro, B.co Benitto, B.co Tomaso.

Per quanto riguarda le caratteristiche dei corsi d'acqua, i modelli morfometrici che ricorrono maggiormente sono due: il dendritico e quello parallelo. Il primo si localizza nel settore nord – occidentale dell'isola e si imposta sul paesaggio dominato dalle comenditi, il secondo è più generalizzato e lo si riscontra quasi ovunque ma in particolar modo nel settore settentrionale impostandosi sulle litologie ignimbritiche.

I corsi d'acqua principali che sono comunemente denominati "Canali", identificando la struttura morfologica con il corso d'acqua contenuto, sono:

- ***Canale di Valacca**: questo torrente è probabilmente il più lungo tra quelli presenti nell'isola; esso ha uno sviluppo longitudinale di circa 5 chilometri, originandosi dalla regione Paradiso, al contatto comenditi e sovrastanti ignimbriti, scorrendo con acclività sempre minori lungo una direzione all'incirca meridiana. In questo primo tratto prende il nome di Canale del Bacciu. In corrispondenza della regione Valacca, da cui prende il nome, per le strutture indotte dalla tettonica terziaria, cambia orientamento procedendo in direzione est – ovest, fino a sfociare nello stagno del Bubò, e scaricarsi poi a mare con il nome del Canale dei Muggini.*
- ***Canale di Bolau**: questo canale si origina dalla confluenza del Canale del Gritta con il Canale della Sepoltura. Pertanto la sua descrizione si riduce alla descrizione di questi ultimi due. Il Canale della Sepoltura si origina dalle pendici sud – orientali di B.co della Guardia, e solcano le formazioni laviche delle rioliti di base, mettendo a nudo le quarzolatiti, scende verso sud per congiungersi all'altezza della C. dei Benedetti, al Canale del Gritta. Questi presenta un reticolo parallelo. Nel primo tratto segue una direzione nord – sud, in seguito, come il Canale di Valacca, cambia direzione e procede in modo parallelo sino a congiungersi al Canale della Sepoltura, per dare luogo al Canale di Bolau. Nei mesi invernali questo torrente talvolta incide buona parte dell'antistante arenile della Caletta, depositando una cospicua quantità di detriti.*
- ***Canale del Generale**: sarebbe più opportuno nominarlo "del Geniale" come sulle vecchie carte topografiche. Di lunghezza inferiore ai primi, convoglia verso il mare le acque provenienti dal*

settore orientale del piano strutturale Mandria – Stagnetto - Sabino, e dal Canale delle Gabbie. Questo canale aveva una certa importanza, in quanto in tempi passati le sue acque, nel tratto che attraversava il paese, erano incanalate, ed andavano a riempire la vasca del "Cisternone", che tuttora costituiscono uno dei tanti depositi d'acqua del paese.

- ***Canale di Pitticheddu**: questo torrente mostra la tipica morfometria dei canali a sviluppo dendritico. Esso si origina a circa 200 metri a sud di B.co Buttoni da una sorgente posta ad una quota di circa 100 m. s.l.m.; attraversa l'omonima regione con andamento est – ovest sfociando nella baia del Becco.*

L'elemento dominante nel paesaggio dell'Isola di San Pietro, dal punto di vista idrogeologico è la presenza delle rocce vulcaniche del ciclo calcalino terziario che occupano la quasi totalità degli affioramenti. I terreni detritici superficiali, nonostante poco estesi in quest'area, consentono un buon drenaggio, di conseguenza in questi terreni appunto, il reticolo idrografico risulta scarsamente sviluppato.

Per ciò che concerne i pozzi, sono stati segnalati solamente i principali punti di captazione, in quanto non esiste un censimento preciso degli stessi e delle relative autorizzazioni.

Si può comunque affermare che la scarsa permeabilità dei litotipi vulcanici, che occupano praticamente tutta l'isola, non favorisce certamente l'infiltrazione delle acque meteoriche, peraltro piuttosto scarse, che invece tendono a scorrere in superficie, anche in considerazione del fatto che le acclività sono generalmente piuttosto elevate ed esiste nell'isola un sistema idrografico alquanto sviluppato.

Ciò nonostante una parte delle acque meteoriche si infiltra attraverso la superficie del suolo, dando luogo ad acquiferi a diverse profondità.

Dai dati bibliografici si possono mettere in evidenza le complesse caratteristiche egli acquiferi in quanto rappresentanti domini differenti ubicati in diverse località.

In ogni caso, i dati mostrano l'esistenza di falde sospese di geometria irregolare e modesta entità a differenti quote non profonde dal piano di campagna.

È comunque importante soffermarsi sulla situazione presente alla regione Fontane – Macchione – Pozzino, dove durante il rilevamento geologico ha evidenziato la presenza di un'importante faglia avente direzione NNE – SSW. Le faglie sono frequentemente accompagnate da zone di argillificazione e quindi possono dar luogo a soglie idrauliche (come ad esempio la manifestazione sorgiva a fontana nella regione che appunto ne prende il nome). La zona di frattura ha il ruolo di sbarramento sotterraneo naturale per la messa a contatto di formazioni idrogeologiche a permeabilità differenti.

Alla luce di questi dati si può ipotizzare quanto segue:

- *Non sembra che esistano nell'isola falde acquifere sviluppate e continue, se si eccettua la falda insediata nel materasso detritico della piana del Macchione, tutte le manifestazioni sembrano essere legate a falde locali e ridotte, che risultano indipendenti le une dalle altre.*
- *Esistono delle facies litologiche nelle quali si nota una circolazione, seppur ridotta; la permeabilità di tali formazioni sembra essere dovuta in parte a fessurazione di raffreddamento sommata a fenomeni tettonici.*
- *Le variazioni petrografiche all'interno delle stesse formazioni possono causare discontinuità nei valori della permeabilità con conseguente possibilità di accumulo.*
- *La concomitanza di tettonica e litologia dà origine a zone favorevoli per l'accumulo.*
- *I contatti normali fra i diversi termini della serie vulcanici sembrano favorire la circolazione.*

Dallo studio idrogeologico risulta evidente come, nell'intero territorio comunale, sono stati rilevati principalmente due gradi e tipi di permeabilità, a causa della presenza di differenti litologie.

Di seguito si descrivono le unità idrogeologiche e la classe di permeabilità a loro assegnate:

Unità idrogeologica delle vulcaniti Oligo-mioceniche

Complesso piroclastico (Acquifero dell'Oligo-Miocene): K=1x10-6 (m/s)

Le vulcaniti terziarie, sulle quali poggiano le successioni sedimentarie mioceniche, sono costituite essenzialmente da una successione di flussi piroclastici (ignimbriti) con sottili intercalazioni di surge e fall. L'immersione generale delle coltri ignimbritiche è verso i quadranti nord orientali. Tale giacitura non condiziona l'andamento generale del deflusso sotterraneo.

Unità idrogeologica delle alluvioni Plio-quaternarie

Complesso sedimentario recente (Acquifero del Quaternario): K=1x10-6 ≤ K ≤ 1x10-4 (m/s)

I depositi alluvionali, con le loro notevoli permeabilità, consentono ai flussi di passare al di sotto nel sistema vulcanico. Laddove alla base di questi depositi si trovino paleosuoli o livelli ricchi di argille, possono raccogliersi falde non molto produttive che alimentano, laddove incisioni fluviali mettono a nudo il contatto stratigrafico che rappresenta il letto impermeabile di queste falde, sorgenti di contatto. Queste falde, molto superficiali, in virtù del modesto spessore degli acquiferi, sono spesso sfruttate con pozzi scavati.[5]

In conclusione, l'isola di San Pietro è caratterizzata dalla presenza dei seguenti corsi d'acqua:

- Canale del Generale;
- Canale dei Muggini;

[5] Estratto dalla Relazione geologica (2020) allegata alla Variante al Piano di Assetto Idrogeologico ex art. 37 delle norme tecniche di attuazione.

- Compluvio minore urbano gravante sulla zona del porticciolo pescatori;
- Canale che lambendo lo stagno della Vivagna sfocia sull'arenile di Punta Nera;
- Canale di Bolau che sfocia sull'arenile de La Caletta;
- Canale della zona di Nasca;
- Canale della zona di Canalfondo;
- Canale della zona di Cala Lunga;
- Canale della zona di Cala Vinagra;
- Canale della zona di Geniò.

Ognuno di essi appartiene ad un bacino a sé stante con dimensioni che vanno da 6,310 kmq (per il Canale dei Muggini) a 0,512 kmq (per il Canale della zona di Canalfondo).

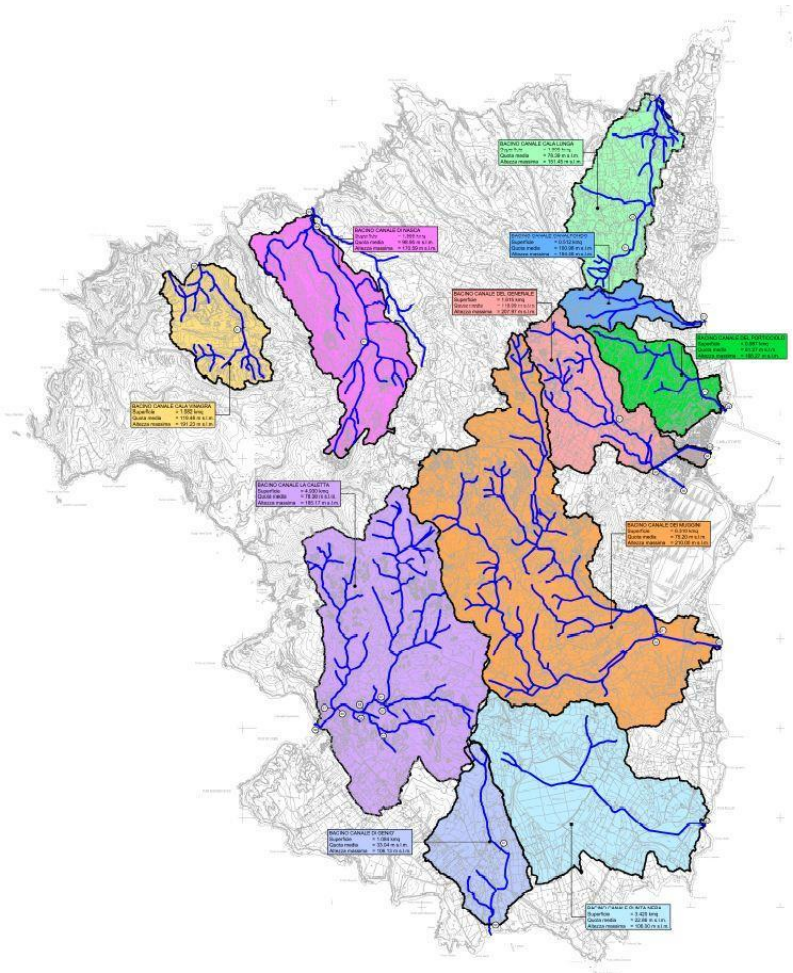


Figura 5 – Bacini idrografici dell'Isola di San Pietro

Nel territorio comunale non sono presenti laghi, né naturali né artificiali.

2.4.1. Analisi sulla pericolosità idraulica del territorio

Lo Studio di compatibilità geotecnica, geologica e idraulica condotto per la Variante al PAI (ai sensi delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI, articolo 37), con l'estensione dello studio a tutto il territorio comunale, individua i seguenti punti critici:[6]

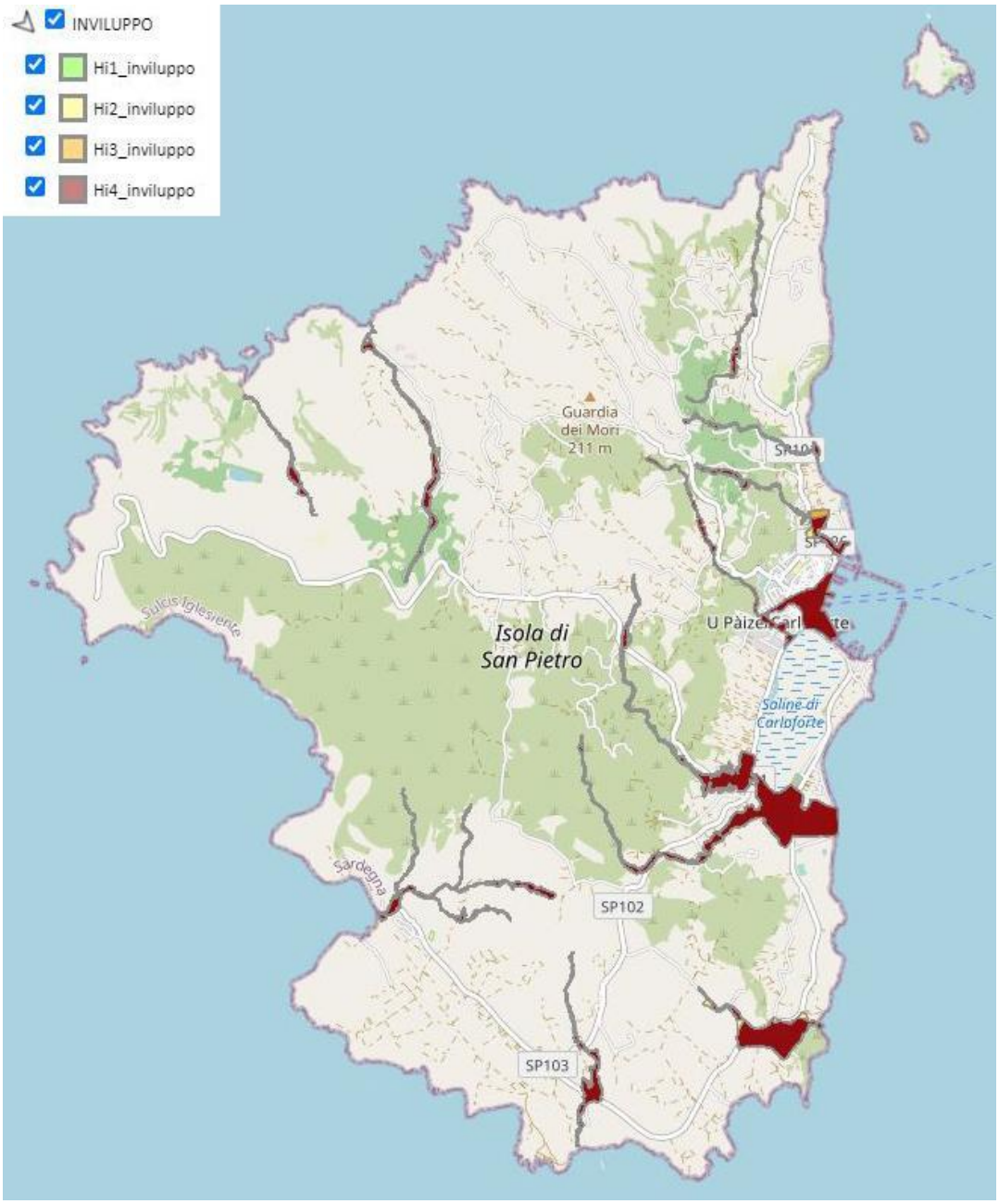


Figura 6 – Aree a pericolosità idraulica – PAI (aggiornamento ex art.8 del 2019) – Fonte: Geoportale Comunale

[6] La procedura di approvazione della variante al PAI derivata dallo Studio non si è ancora conclusa, esso perciò non è attualmente vigente.

Lo studio idraulico ha analizzato anche i canali tombati presenti nel territorio:

- un vecchio canale tombato lungo la via Corvetto-via Bruno Danero-Via Roma di sezione rettangolare con le seguenti dimensioni: larghezza 4,50 m ed altezza 0,45 m; la portata massima transitabile è stata stimata, in condizioni di moto uniforme, pari a 3,68 mc/s.
- un canale fugatore di recente realizzazione lungo la via Cavallera di sezione rettangolare con le seguenti dimensioni: larghezza 2,30 m ed altezza 1,40 m sino alla sezione 253, larghezza 3,10 m ed altezza 1,30 m dalla sezione 253 alla sezione 3; la portata massima transitabile è stata stimata, in condizioni di moto uniforme, pari a 15,24 mc/s.

Entrambi i canali tombati, data la ridotta altezza non possono essere considerati di tipo "molto ampio ispezionabile" ai sensi dell'art. 6.3 della "*Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza dei canali tombati esistenti*" della Direzione Generale dell'Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna e pertanto nelle simulazioni idrauliche dello studio di compatibilità sono stati considerati completamente ostruiti ed è stato modellato lo scorrimento dell'intera portata per i vari tempi di ritorno al di fuori dei canali stessi.

2.5. Caratteri ambientali e paesaggistici

In base al Piano Paesaggistico Regionale (PPR) della Sardegna, il Comune di Carloforte ricade interamente nell'Ambito Costiero n.6 - "Carbonia e Isole Sulcitane".

Paesaggisticamente il territorio è quindi descritto attraverso i caratteri dell'ambito.

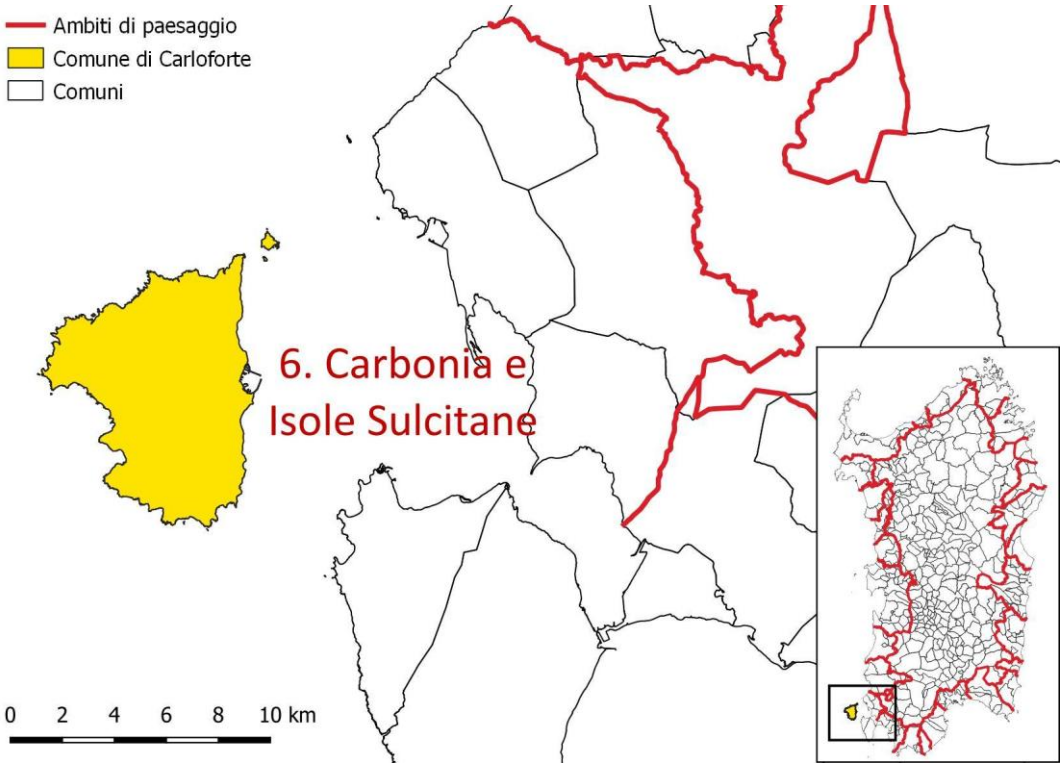


Figura 7 – Ambito costiero n.6 e territorio comunale di Carloforte

Ambito paesaggistico 6 "Carbonia e Isole Sulcitane"

La struttura dell'Ambito di paesaggio è definita dal "mare interno" formato dal sistema insulare del Sulcis, che comprende le Isole di Sant'Antioco e di San Pietro, e dalla fascia costiera antistante che si estende a nord dell'istmo di Sant'Antioco fino alla tonnara di Porto Paglia, oltre il promontorio di Capo Altano (Portoscuso); su questa fascia insiste il nucleo del bacino carbonifero del Sulcis. Si tratta di un Ambito caratterizzato da un ricchissimo insediamento antico e da una sequenza moderna di centri di fondazione. Dopo una fase di spopolamento tardomedievale il territorio si è arricchito di nuovi grandi progetti fondativi. In età spagnola a Portoscuso, poi con l'impulso del riformismo sabaudo a Carloforte, Calasetta e Sant'Antioco ed infine con il progetto del carbone autarchico a Carbonia, Bacu Abis e Cortoghiana. All'interno dell'ambito, il sistema insulare di Sant'Antioco e San Pietro definisce lo spazio marino costiero e rappresenta l'elemento di identità e relazione del complesso sistema di risorse storiche, insediative ed ambientali. L'insediamento è caratterizzato dalla presenza di centri urbani di impianto storico (Carloforte,

Calasetta, Porto Scuso, Sant'Antioco), che trovano nello specchio acqueo antistante, l'ambito privilegiato di relazione ed il riferimento di localizzazione originario.

Permangono testimonianze di insediamenti e infrastrutture connesse alla pratica tradizionale della pesca, quali ad esempio il patrimonio storico-architettonico delle tonnare dismesse. L'isola di San Pietro si caratterizza inoltre per una copertura vegetale a gariga, formazioni a Pino d'Aleppo ed endemismi floristici.

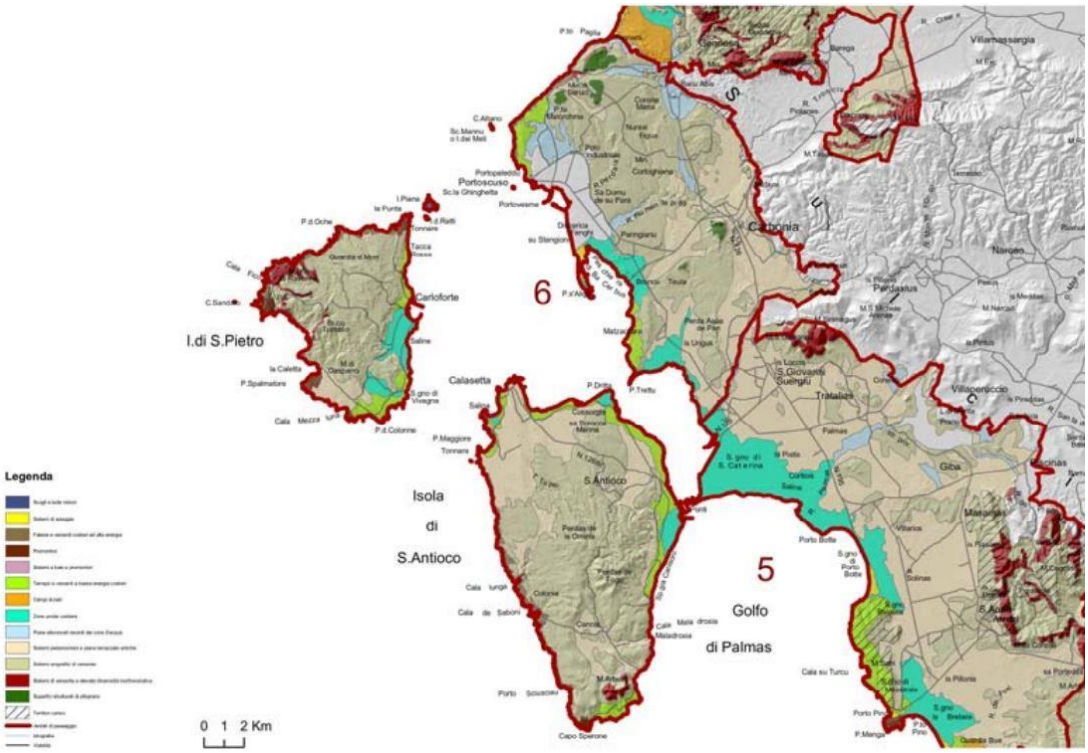


Figura 8 – Elementi dell'ambito paesaggistico n.6 – Carbonia e Isole Sulcitane

Una criticità di questo territorio è costituita dal degrado della copertura pedologica e vegetale dei sistemi montani, per continui e ripetuti fenomeni di incendio, dal dissesto idrogeologico del reticolo idrografico e dei versanti e dal degrado ecologico dei principali sistemi fluviali, delle zone umide costiere e dei sistemi sabbiosi litoranei.

Si rileva inoltre la tendenza alla dispersione e alla diffusione dell'insediamento turistico-residenziale attorno ai centri urbani costieri con fenomeni di compromissione del paesaggio agrario e del patrimonio insediativo diffuso tradizionale, ad esempio le baracche carlofortine, interessate da processi di riconversione ad uso turistico ricettivo, incoerenti con i caratteri insediativi e paesaggistici tradizionali.

Infine si segnala il degrado del patrimonio insediativo rurale dei medaus e dei furriadroxius dovuto a fenomeni di abbandono, sovrautilizzo o fenomeni di riconversione, incoerenti con i caratteri insediativi e paesaggistici tradizionali.[7]

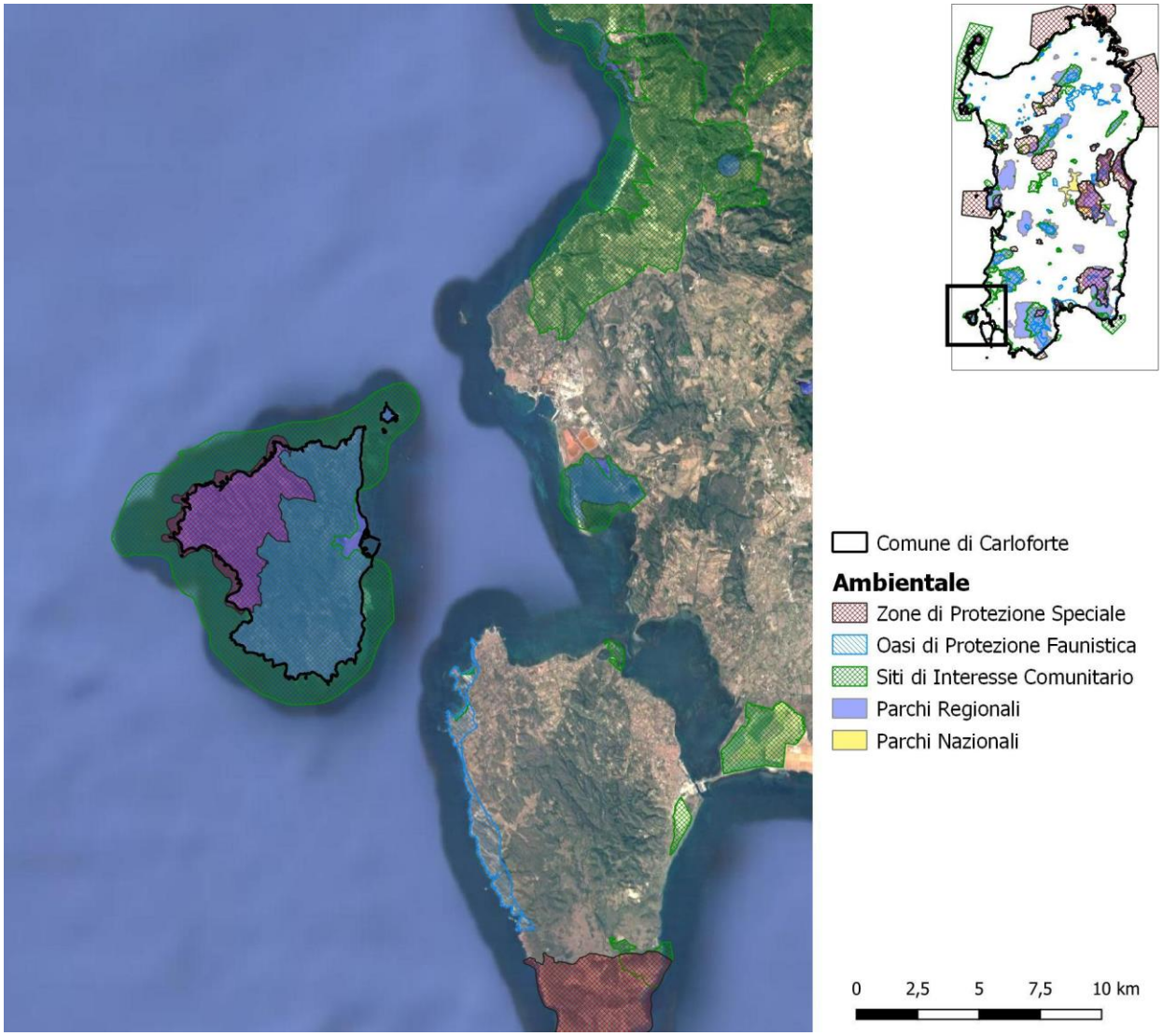


Figura 9 – Vincoli ambientali nel territorio del Comune di Carloforte

Nella Figura 8 si può vedere come il territorio comunale di Carloforte sia interessato dalla presenza di:

- Zona di Protezione Speciale: Costa e entroterra tra Punta Cannoni e Punta delle Oche – Isola di San Pietro;
- Sito di Importanza Comunitaria: Isola di San Pietro;
- Parco Regionale: Riserva naturale – Isola di San Pietro.

[7] Scheda Ambito n 6 – Carbonia e Isole Sulcitane - Piano Paesaggistico Regionale – Ambiti di Paesaggio.

Nelle Figure 10-11-12 sono localizzati rispettivamente i beni identitari, paesaggistici e culturali tutelati, presenti nel territorio comunale.

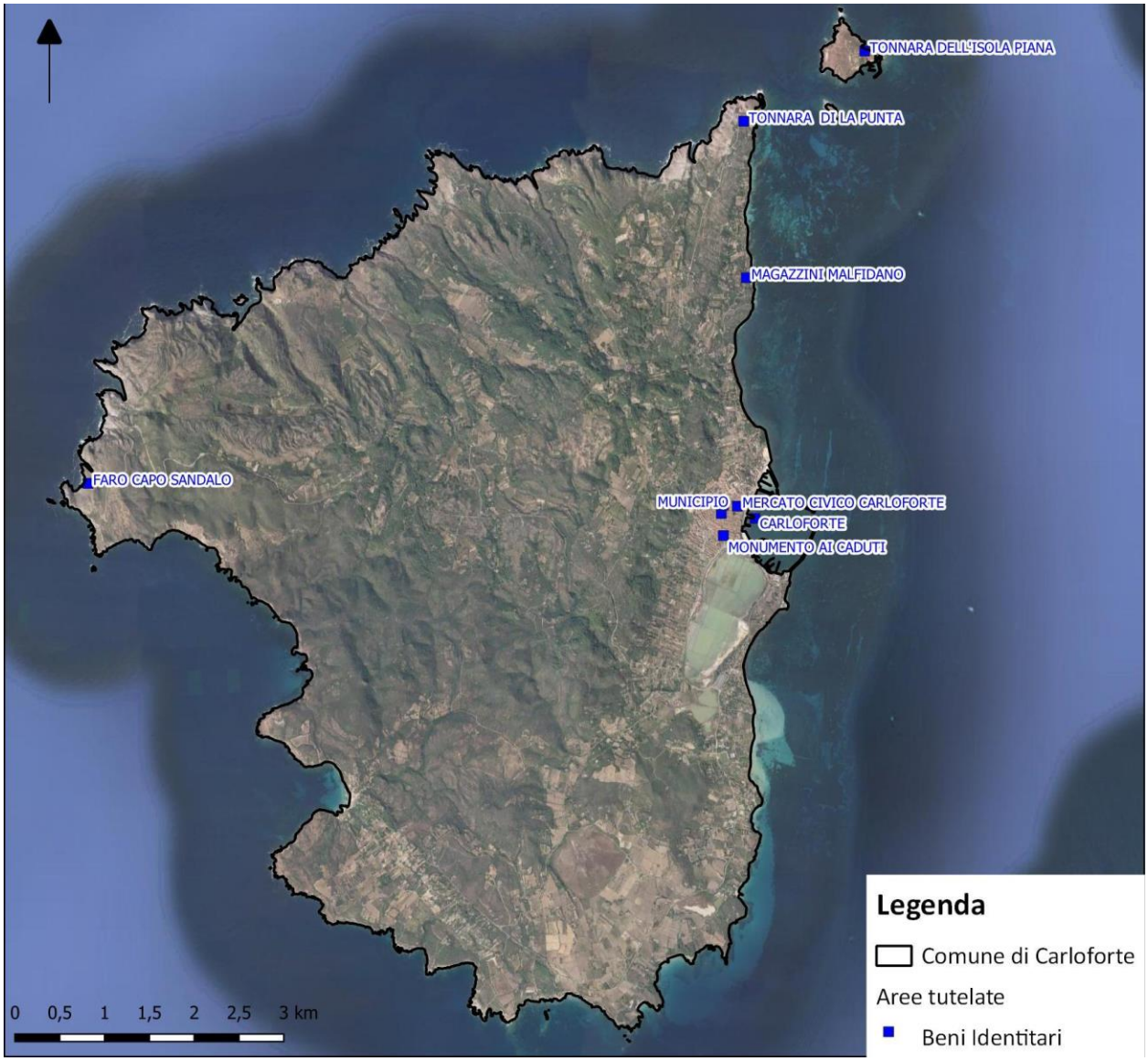


Figura 10 – Beni Identitari tutelati nel territorio del Comune di Carloforte - PPR

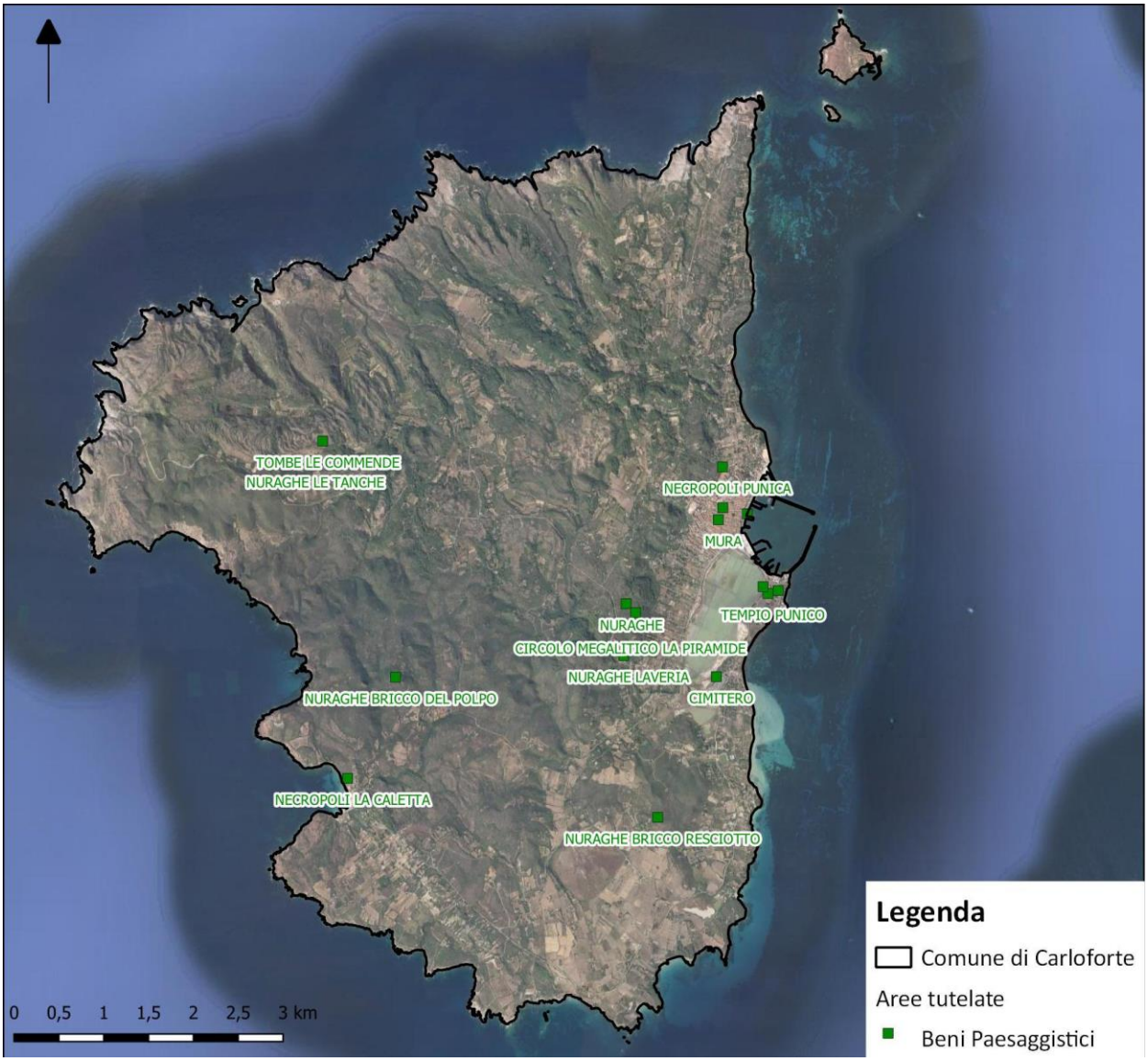


Figura 11 – Beni Paesaggistici tutelati nel territorio del Comune di Carloforte – PPR

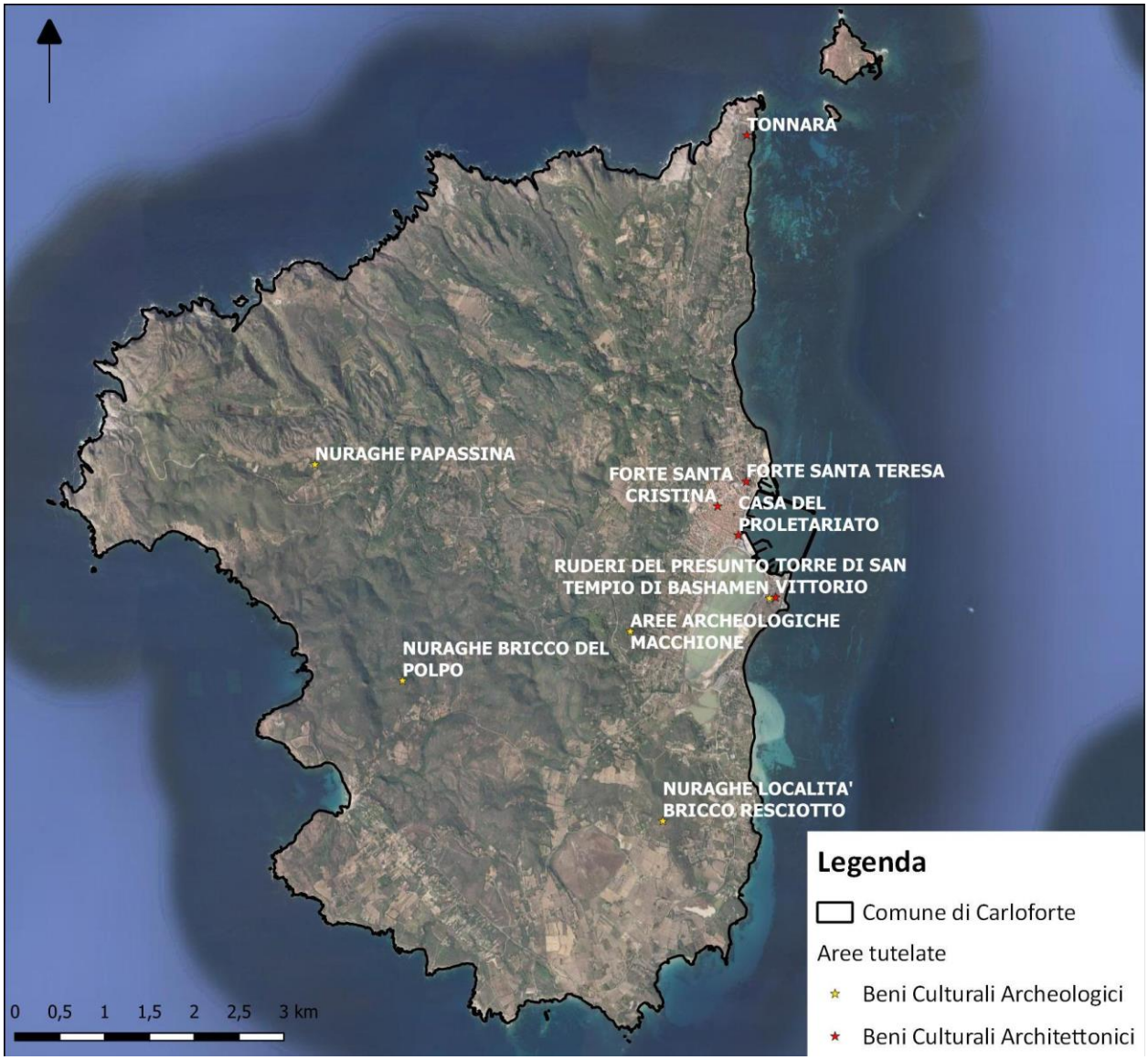


Figura 12 – Beni Culturali tutelati nel territorio del Comune di Carloforte – PPR

2.6. Caratteri demografici

I dati aggiornati al 01/01/2021 sulla popolazione residente del Comune di Carloforte e i relativi caratteri demografici sono i seguenti[8]:

	Numero		%		Anno di riferimento
Totale residenti	5.960				(01/01/2021)
Totale nuclei familiari	2.885				(31/12/2017)
Totale maschi	2.949		49,5		(01/01/2021)
Totale femmine	3.011		50,5		(01/01/2021)
Popolazione disabile					
Stranieri residenti	120		2		(01/01/2021)
Classi di età (anni)	**0-14**	**15-64**	**65+anni**	**Età media**	
Totale individui	574	3.628	1.794	50,2	(01/01/2020)

2.7. Attività di prevenzione a livello strutturale Comunale/Intercomunale

Il Piano di protezione civile del Comune di Carloforte si avvale dei contenuti degli studi specialistici elaborati relativamente alla componente idraulica e geomorfologica e di cui l'amministrazione si è avvalsa per adeguare il proprio Piano Urbanistico al Piano assetto idrogeologico regionale.

Tiene conto inoltre di tutte i contenuti emersi in occasione degli incontri di pianificazione nei quali, attraverso il coinvolgimento dei diversi portatori di interesse, sono emersi elementi significativi ai fini della protezione civile.

[8] https://www.tuttitalia.it/sardegna/57-carloforte/

AZIONI DI MONITORAGGIO

Rischio Idraulico

- **vecchio canale** tombato lungo la via Corvetto-via Bruno Danero-Via Roma;
- **canale fugatore** di recente realizzazione lungo la via Cavallera;
- area compresa tra la SP101, Via Sandro Pertini e Via Primo Maggio;
- area compresa tra il **canale dei Muggini** e il **canale Valacca;**
- area dello **Stagno della Vivagna;**
- area lungo il **canale di Bolau** in località La Caletta.