



Università degli Studi di Cagliari

DOTTORATO DI RICERCA

Difesa e Conservazione del Suolo, Vulnerabilità Ambientale
e Protezione Idrogeologica

Ciclo XXVIII

TITOLO TESI

Evoluzione Naturale ed Impatto Antropico sui sistemi costieri della Penisola
del Sinis (Sardegna centro-occidentale)

Settori scientifico disciplinari di afferenza

GEO/02, GEO/04, GEO/09

Presentata da:	Dott. Paolo Pinna
Coordinatore Dottorato	Prof. Giorgio Ghiglieri
Tutor	Prof. Felice Di Gregorio Prof. Stefano Naitza
Co-Tutor	Prof.ssa Concetta Ferrara

Esame finale anno accademico 2014 – 2015

a Loredana

Indice

<i>Abstract</i>		1
<i>Capitolo 1</i>	<i>Premessa ed Introduzione</i>	2
	1.1 <i>Premessa</i>	3
	1.2 <i>Introduzione</i>	4
<i>Capitolo 2</i>	<i>Antropocene ed Antropogene</i>	5
	2.1 <i>L'Antropocene ed i suoi limiti temporali</i>	6
	2.2 <i>Introduzione ai concetti di Archeoantropocene ed Antropogene</i>	8
	2.3 <i>L'Archeoantropocene nella Penisola del Sinis: evoluzione storico-antropica</i>	9
<i>Capitolo 3</i>	<i>Materiali e Metodi</i>	11
	<i>Area di Studio</i>	12
	3.1 <i>Inquadramento geologico della Penisola del Sinis</i>	12
	3.2 <i>Fisiografia e geomorfologia della fascia costiera della Penisola del Sinis</i>	14
	3.3 <i>Caratterizzazione ambientale delle singole aree di studio</i>	15
	3.3.1 <i>Mari Ermi – MM</i>	16
	3.3.2 <i>Is Arutas – IA</i>	17
	3.3.3 <i>S'Archeddu 'e Sa Canna – SAC</i>	18
	3.3.4 <i>Maimoni – MM</i>	19
	3.3.5 <i>Funtana Meiga – FM</i>	20
	3.3.6 <i>San Giovanni di Sinis – SG</i>	21
	3.3.6.1 <i>Località “Scalini” - SGT</i>	22
	3.3.6.2 <i>Capo San Marco – CPS</i>	23

<i>Metodi</i>	24
3.4 <i>Suddivisione delle singole aree di studio</i>	24
3.5 <i>Rilievi Geomorfologici</i>	24
3.5.1 <i>Rilevamento geomorfologico della spiaggia emersa</i>	24
3.5.2 <i>Metodo speditivo per l'analisi qualitativa delle variazioni geomorfologiche della spiaggia emersa</i>	26
3.6 <i>Campionamento ed analisi dei sedimenti</i>	28
3.6.1 <i>Premessa</i>	28
3.6.2 <i>Campionamento</i>	28
3.6.3 <i>Analisi granulometriche</i>	30
3.6.4 <i>Analisi mineralogiche e calcimetriche</i>	32
3.7 <i>Rilievi Multidato</i>	33
3.7.1 <i>Acquisizione ed analisi dei dati</i>	33
3.8 <i>Fotointerpretazione</i>	35
3.8.1 <i>Introduzione</i>	35
3.8.2 <i>Tematismi</i>	35
3.8.3 <i>Acquisizione ed analisi dei dati</i>	39
3.8.4 <i>Sviluppo delle carte evolutive</i>	39
3.8.5 <i>Interpretazione delle tabelle e dei grafici</i>	40
3.9 <i>Uso complementare della fotografia storica</i>	40
Capitolo 4 <i>Risultati</i>	41
4.1 <i>Rilievi geomorfologici</i>	42
4.1.1 <i>Rilevamento geomorfologico della spiaggia emersa</i>	42
4.1.1.1 <i>Mari Ermi – ME</i>	42
4.1.1.2 <i>Is Arutas – IA</i>	46
4.1.1.3 <i>S'Archeddu 'e Sa Canna – SAC</i>	49
4.1.1.4 <i>Maimoni – MM</i>	52
4.1.1.5 <i>Funtana Meiga – FM</i>	57
4.1.1.7 <i>San Giovanni di Sinis – SG</i>	59
4.1.2 <i>Metodo speditivo per l'analisi qualitativa delle variazioni della spiaggia emersa</i>	63

4.2	<i>Analisi dei sedimenti</i>	71
4.2.1	<i>Analisi mineralogiche e calcimetriche</i>	71
4.2.1.1	<i>Mari Ermi – ME</i>	71
4.2.1.2	<i>Is Arutas – IA</i>	76
4.2.1.3	<i>S'Archeddu 'e Sa Canna – SAC</i>	78
4.2.1.4	<i>Maimoni – MM</i>	82
4.2.1.5	<i>Funtana Meiga – FM</i>	86
4.2.1.6	<i>San Giovanni di Sinis “Scalini” - SGS</i>	88
4.2.1.7	<i>San Giovanni di Sinis – SG</i>	90
4.2.1.8	<i>Capo San Marco – CPS</i>	97
4.2.2	<i>Analisi granulometriche</i>	100
4.2.2.1	<i>Mari Ermi – ME</i>	100
4.2.2.2	<i>Is Arutas – IA</i>	
4.2.2.2.1	<i>Is Arutas: valutazione preliminare di uno stato temporaneo</i>	113
4.2.2.3	<i>S'Archeddu 'e Sa Canna – SAC</i>	120
4.2.2.4	<i>Maimoni – MM</i>	126
4.2.2.5	<i>Funtana Meiga – FM</i>	133
4.2.2.6	<i>San Giovanni di Sinis – SG</i>	136
4.3	<i>Rilievi multidato</i>	142
4.3.1	<i>Mari Ermi – ME</i>	142
4.3.2	<i>Is Arutas – IA</i>	152
4.3.3	<i>S'Archeddu 'e Sa Canna – SAC</i>	158
4.3.4	<i>Maimoni – MM</i>	165
4.3.5	<i>Funtana Meiga – FM</i>	179
4.3.6	<i>San Giovanni di Sinis – SG</i>	183
4.4	<i>Fotointerpretazione</i>	193
4.4.1	<i>Mari Ermi – ME</i>	193
4.4.2	<i>Is Arutas – IA</i>	201
4.4.3	<i>S'Archeddu 'e Sa Canna – SAC</i>	209
4.4.4	<i>Maimoni – MM</i>	216
4.4.5	<i>Funtana Meiga – FM</i>	223
4.4.6	<i>San Giovanni di Sinis – SG</i>	230

4.5	<i>Uso complementare della fotografia storica</i>	237
4.6	<i>Proposta preliminare per lo sviluppo di un Indice ambientale.</i>	239
Capitolo 5	<i>Discussione e Conclusioni</i>	243
5.1	<i>Discussione</i>	244
5.1.1	<i>Mari Ermi – ME</i>	244
5.1.2	<i>Is Arutas – IA</i>	245
5.1.3	<i>S'Archeddu 'e Sa Canna – SAC</i>	246
5.1.4	<i>Maimoni – MM</i>	247
5.1.5	<i>Funtana Meiga – FM</i>	248
5.1.6	<i>San Giovanni di Sinis – SG</i>	249
5.2	<i>Conclusioni</i>	251
	<i>Bibliografia</i>	253
	<i>Ringraziamenti</i>	261

Abstract

All over the world the coastal strip has suffered over the centuries the presence and the activities of the human beings: the historical needs of defending the countries from the invasions and to exploit natural resources for subsistence, have caused significant impacts on coastal environments, which now shows environmental changes hardly reversible. The Sardinia region despite having been affected more late from the effects of a fast economical and territorial development, shows noticeable mutations of the coastal strip, especially functional to a recreational and tourism use of the beaches and surrounding areas.

The Sinis Peninsula, located along the central-western part of this region, despite having been historically characterized by a constant and important human presence (well represented in particular by the remains of the Nuragic native culture, but also of the Roman, Phoenician-Punic and Arabian), is often considered as one of the parts of Sardinia that has been only partially affected by modern human impacts.

The need to understand how the presence and human activities may have worked on the present stage of the evolution of the coastal environments in the Sinis Peninsula, led to the development of the proposed research theme, whose main objective has been achieved through the integration of several research methods and themes. To achieve this result six representative Sinis Peninsula beach areas were studied through field laboratory and research activities. The first, primarily through a series of geomorphological, sedimentological and multi gage reliefs have allowed to determine the current status of the environments in study, both for the natural characteristics both for their direct interaction with the human activities. The latter mainly by means of historical photo interpretation, has allowed to assess the main changes that have occurred in the Sinis Peninsula in a specific time span, conceptually defined in this study as a period denominated Antropogene. The activities have been completed trough some corollary activities, which consist in the exam of some historical photographic documents, in the development of a expeditious geomorphological survey method and in the analysis of a particular environmental situation that occurred in one of the beaches in study. A final proposal for the development of an environmental index has permitted to achieve a satisfactory final result.

Acknowledgments

Paolo Pinna gratefully acknowledges Sardinia Regional Government for the financial support of his PhD scholarship (P.O.R. Sardegna F.S.E. Operational Programme of the Autonomous Region of Sardinia, European Social Fund 2007-2013 - Axis IV Human Resources, Objective 1.3, Line of Activity 1.3.1.)

Capitolo 1

Premessa e Introduzione

1.1 *Premessa*

A livello globale, nel corso degli ultimi anni, si è sviluppata una crescente consapevolezza dei ritmi e delle esigenze degli ambienti naturali e l'uomo è spesso visto come una forzante negativa, specie in relazione ad eventi dalle conseguenze estreme. E' difficile stabilire se si stia passando da uno spiccato antropocentrismo ad un principio embrionale di biocentrismo, ma di fatto l'antropizzazione ha giocato un ruolo difficilmente discutibile nell'evoluzione del territorio e degli ambienti naturali, per negativo o positivo che si voglia ritenere.

Questo lavoro di ricerca ha voluto portare un contributo alla comprensione di queste dinamiche studiando un'area che ha visto fin dai tempi più remoti la stretta interazione tra l'uomo e gli ambienti naturali, specie quelli costieri.

1.2 *Introduzione*

In tutte le parti del mondo la fascia costiera ha certamente risentito nel corso dei secoli della presenza e delle attività dell'uomo: le necessità storiche di difendere i territori dalle invasioni e quelle più semplici di sfruttare le risorse naturali per la sussistenza hanno fatto sì che gli ambienti litoranei subissero notevoli impatti attribuibili alle sue azioni diretta o indirette, le quali attualmente si palesano nella loro imponenza sotto forma di modifiche ambientali difficilmente reversibili.

La Sardegna pur avendo risentito in maniera più tardiva degli effetti di un rapido sviluppo economico e territoriale mostra anch'essa evidenti mutazioni della fascia costiera, funzionali soprattutto ad un uso turistico e ricreativo delle spiagge e delle aree limitrofe. La Penisola del Sinis, situata lungo la parte centro-occidentale di questa regione, pur essendo stata caratterizzata da una costante ed importante presenza storica dell'uomo (ben rappresentata in particolare dai resti della cultura autoctona nuragica, ma anche di quella romana, fenicio-punica e araba), viene spesso ritenuta come una delle parti della Sardegna che meno ha risentito degli impatti antropici moderni.

La necessità di comprendere quanto la presenza e le attività dell'uomo possano aver influito sull'attuale stadio evolutivo degli ambienti costieri della Penisola del Sinis ha portato allo sviluppo del tema di ricerca proposto, il cui obiettivo principale è stato raggiunto attraverso l'integrazione di diversi metodi e tematiche di ricerca.

Per giungere a questo risultato sei spiagge rappresentative della Penisola del Sinis sono state studiate sia attraverso attività di campo che di laboratorio. Le prime, principalmente tramite una serie di rilievi geomorfologici, sedimentologici e vegetazionali hanno consentito di determinare lo stato attuale degli ambienti in studio, sia dal punto di vista delle caratteristiche naturali che da quello della loro diretta interazione con la presenza dell'uomo; le seconde invece attraverso attività di fotointerpretazione ed analisi dei dati, hanno permesso di valutare i principali cambiamenti occorsi nella Penisola del Sinis in un arco di tempo prestabilito, concettualmente definito in

questo studio come Antropogene. A corollario ed integrazione del lavoro di ricerca sono stati portate avanti alcune attività parallele, che hanno consistito in particolare nello sviluppo di un semplice metodo speditivo di rilievo geomorfologico, nell'esame di documentazione fotografica storica e nell'analisi di una particolare situazione ambientale occorsa su di una delle spiagge in esame.

La proposta finale di un Indice di valutazione ambientale ha permesso di completare al meglio il lavoro e di giungere ad un risultato che si ritiene complessivamente soddisfacente.

Capitolo 2

Antropocene ed Antropogene

2.1 *L'Antropocene e i suoi limiti temporali*

Il termine Antropocene, introdotto negli anni '80 del secolo scorso dal biologo Eugene Stoermer e adottato e sviluppato poi dal chimico Premio Nobel Paul Jozef Crutzen identifica il lasso temporale a partire dal quale la presenza e le attività dell'uomo hanno influito in maniera evidente sull'evoluzione ambientale del pianeta Terra (Crutzen, 2000).

La definizione, all'apparenza semplice, comprende al suo interno argomenti che abbracciano campi della ricerca sia prettamente scientifici che legati ad aspetti storico-archeologici. Questo intreccio di tematiche non può che far sorgere un gran numero di domande che, spaziando dal pragmatico al filosofico, fanno risultare per molti versi il tema dell'Antropocene come un tema concettuale.

Risulta certamente complesso distinguere l'influenza che hanno avuto e che hanno tuttora gli impatti antropici nell'evoluzione complessiva del pianeta, specie rispetto ad altre specie facenti parte della biosfera, come annota Finney ricordando i record stratigrafici lasciati dallo sviluppo delle piante vascolari tra il Devoniano ed il Permiano (Finney, 2014) ben prima quindi della comparsa dell'Uomo sulla Terra.

E' d'altra parte però indubbio come l'Uomo, fin dalla sua comparsa, abbia modificato gli ambienti nei quali viveva per meglio adattarli alle proprie esigenze di sopravvivenza e sussistenza: in ottica evolutiva quindi la dinamica dei sistemi ecologici ed ambientali è apparsa in sostanziale equilibrio fin tanto che lo sviluppo tecnico e tecnologico non ha iniziato ad apportare modifiche irreversibili all'ambiente o che comunque ne hanno alterato le capacità e i tempi di resilienza.

L'Uomo quindi inteso come principale artefice dei cambiamenti ambientali, (Lewis et al., 2015), ma da quando? Attorno a questa domanda si è generato un ampio dibattito in seno alla comunità scientifica (Zalasiewicz et al., 2008; Albert, 2015; Finney, 2014) che ha convogliato gli studi verso la ricerca di un punto di rottura univoco che indicasse con certezza la presenza di chiare modifiche avvenute al sistema Terra a causa della presenza e delle attività dell'Uomo (Waters et al., 2014). Una delle ipotesi più condivise identifica questo punto, o confine, con la Prima Rivoluzione Industriale (1750-1800) (Crutzen, 2000; Steffen et al., 2011; Foley, 2013), la quale dà il via ad una grande crescita della popolazione mondiale e ad un notevole aumento delle emissioni di CO₂ nell'atmosfera (Steffen et al., 2011; Foley et al., 2013), per quanto queste ultime con ragionevole certezza attribuibili all'Uomo solo intorno alla seconda metà del XX secolo (Steffen et al., 2011). Proprio a partire da questo periodo, identificabile più in generale con la fine della II Guerra Mondiale (Steffen et al., 2007; Steffen et al., 2011) è stato inoltre individuato un'ulteriore aumento dell'impronta dell'Uomo sulla Terra, a causa dello sviluppo molto rapido delle capacità economiche e tecnologiche (Steffen et al., 2007; Steffen et al., 2011) dei paesi più industrializzati, nonché del cosiddetto fallout radioattivo a seguito delle esplosioni nucleari avvenute a partire dal 1945 (Waters et al., 2014; Lewis et al., 2015, Waters et al., 2015, Zalasiewicz et al., 2015).

Ragionando su un significato più estensivo del termine occorre poi considerare come l'Uomo abbia apportato le prime modifiche ambientali ben prima della Rivoluzione Industriale, modifiche ricollegabili alla fabbricazione dei primi utensili di pietra ed alla scoperta e successivo uso consapevole del fuoco (risalenti rispettivamente a circa 2.6 Ma (Roebroeks e Villa, 2011), 1.6-2.0 Ma (Glikson, 2013) e 300-400 ma (Roebroeks e Villa., 2011)). In quest'ottica è quindi sicuramente condivisibile l'inserimento all'interno dell'Antropocene del periodo intercorrente tra le prime modifiche effettuate dall'Uomo all'ambiente e la Prima Rivoluzione Industriale. Questo ipotetico arco temporale viene definito come Pale antropocene da Foley, che rimarca l'importanza delle interazioni tra scala regionale e planetaria per la comprensione degli effetti sul sistema Terra, affermazione molto importante, specie considerando l'assenza di uniformità geografica nell'evoluzione dell'Uomo (Roebroeks e Villa., 2011) (Glikson, 2013) e delle sue azioni sul territorio. Glikson (2013) inserisce invece questo periodo nei primi due dei tre nei quali suddivide l'Antropocene e cioè *Early* (2 milioni di anni, dalla scoperta del fuoco), *Middle* (a partire dallo sviluppo estensivo delle coltivazioni del grano) e *Late* (dallo sviluppo della combustione dei combustibili fossili).

Nel complesso, sebbene attualmente risulti discutibile distinguere nettamente l'Antropocene (e le sue suddivisioni intestine) dall'Olocene (Walker et al., 2015) specie senza di evidenze tali da poter definire un GSSP (Global Stratigraphic Section and Point) (Gibbard e Walker, 2014) od un GSSA (Global Standard Stratigraphic Age) (Finney, 2014), si ritiene che il concetto stesso possa comunque avere valore anche in assenza di una ratificazione cronostratigrafica o geocronologica certa (Finney, 2014).

Ritornando alle premesse iniziali si può certamente convenire sul fatto che il concetto di Antropocene sia ancora scervo dal raggiungere un punto univoco di convergenza tra i diversi studiosi che se ne occupano e tra le diverse discipline in cui si articola. Ciò non di meno si rivela comunque essere un concetto fondamentale per comprendere l'evoluzione avvenuta sul Pianeta Terra, sia a scala globale che a scala regionale e locale. Per questi motivi si ritiene di dover adottare all'interno di questa ricerca una parte dei concetti e delle definizioni precedentemente espresse ed in parte adattare al contesto di studio ed al tema della ricerca stessa.

Quale primo intervallo si vuole quindi considerare quello definito come Pale antropocene da Foley (Foley et al., 2013), che parte dai primi cambiamenti effettuati sugli ambienti da parte dell'Uomo (2Ma ca.) alla cosiddetta "Grande Accelerazione" demografica ed economica data dallo sviluppo tecnico e tecnologico indotto dalla Rivoluzione Industriale (1750-1800) (Steffen et al., 2015). Come inizialmente introdotto da (Crutzen et al., 2000) e successivamente da altri studiosi, si conviene considerare questa data come punto iniziale dell'Antropocene propriamente detto.

2.2 Introduzione ai concetti di Archeoantropocene ed Antropogene

Al fine di meglio sottolineare le caratteristiche evolutive presenti in contesti di minore scala si inseriscono in questo lavoro di ricerca due concetti che non vogliono inficiare quelli precedentemente espressi di Paleoantropocene ed Antropocene, ma, al contrario, si crede ne possano completare le valenze generali. Il primo, definito come Archeoantropocene risulta essere identificato a livello locale e regionale a partire dalle prime testimonianze storiche e archeologiche rinvenibili in un determinato territorio e caratterizzate da una certa omogeneità geografica e temporale. Nel caso della Sardegna potrebbe essere definito ad esempio dal primo rinvenimento di un osso appartenuto alla specie *Homo sapiens* L. nella Grotta Corbeddu, databile a circa 22000 anni fa, o addirittura ad oltre 150000 anni fa, in relazione al ritrovamento di manufatti in selce nel nord dell'Isola (Sondaar et al., 1995; Brigaglia, 2006). Il secondo periodo, definito come Antropogene vuole invece circoscrivere l'evoluzione regionale e locale corrispondente alla seconda fase della Grande Accelerazione posta alla fine della II Guerra Mondiale (Steffen et al., 2007; Steffen et al., 2011; Steffen et al., 2015) ed identificabile in Sardegna con le modifiche territoriali avvenute a partire da circa il 1943.

Di seguito (Fig. 2.1) la schematizzazione dei periodi precedentemente esposti.

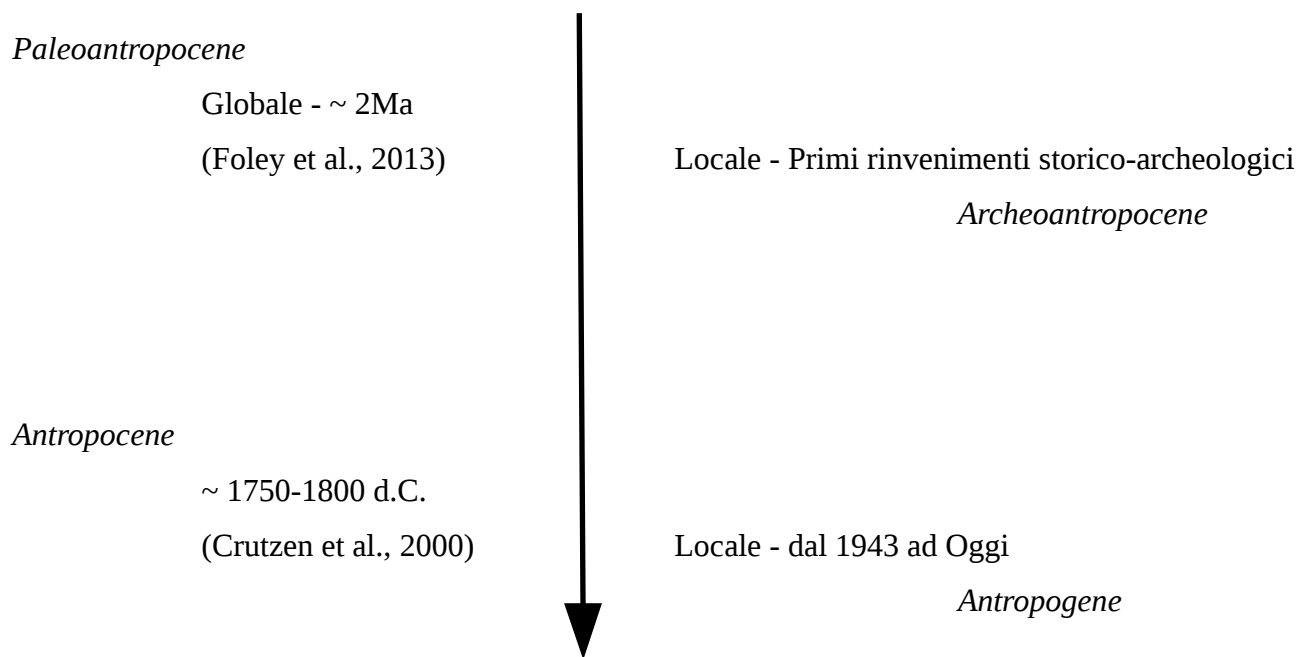


Fig. 2.1 – Schematizzazione dei periodi legati al concetto di Antropocene

2.3 *L'Archeoantropocene nella Penisola del Sinis: evoluzione storico-antropica*

Le caratteristiche naturali ed ambientali della Penisola del Sinis hanno sicuramente influenzato l'evoluzione storico-antropica del suo territorio: le risorse presenti nelle grandi zone umide nonché i continui scambi commerciali e culturali consentiti dalla vicinanza del mare favorirono in passato un'interazione tra uomo e l'ambiente forte e continua (Pinna et al., 2014).

Questa interazione ha portato un rapido sviluppo nella Penisola del Sinis durante il quale si nota una vicendevole interazione tra beni naturali e storico-archeologici, in continuità sia cronologica che spaziale (Pinna et al., 2014) e durante il quale il rapporto tra Uomo e territorio ha visto l'alternarsi di periodi di grande intensità ad altri di minima interazione, soprattutto in funzione dell'evoluzione demografica e del grado di popolamento della penisola (Pinna et al., 2014): è l'Archeoantropocene. Testimonianze di presenza umana risultano evidenti già dal Neolitico Medio (~4000 a.C.) all'Età Nuragica (~ 1800 a.C. - 300 a.C.), con le decine di nuraghi sparsi nel territorio, alcuni dei quali sorsero proprio lungo la costa, come nei pressi della attuale torre di San Giovanni di Sinis, presso la punta di Capo San Marco ed anche nell'Isola di Mal di Ventre (Acquaro et al., 1996; Bartoloni, 2009). Il rapporto tra l'ambiente circostante e l'economia di questi insediamenti era strettamente basato sullo sfruttamento degli stagni, sull'agricoltura praticata nelle vaste aree circostanti e sull'estrazione di rame e ferro (Spanu, 1998). Molto importante è la necropoli ed i ritrovati Giganti di Mont'e Prama, sulle cui origini gli studi sono in piena attività e che confermano anche capacità tecniche e tecnologiche già per molti versi avanzate. Altra significativa testimonianza della presenza umana nelle aree di costa è data dall'unica Domus de Janas del territorio, scavata in un banco di arenaria nei pressi di Is Arutas e risalente al Neolitico Tardo (Zucca, 1984).

Nei secoli successivi, di grande importanza risulta la presenza fenicia del territorio, con la fondazione nell'VIII sec. a.C della città di Tharros, sorta nella parte meridionale della Penisola del Sinis nei pressi dell'attuale San Giovanni ed i cui resti sono ancora ivi presenti. Questa città, di notevoli dimensioni, assumerà un aspetto sempre più monumentale con l'avvento dei cartaginesi nel VI sec.a.C., caratteristica, questa, mantenuta ed accresciuta poi con l'avvento dei Romani (Pinna et al., 2014) in Sardegna (238 a.C.) (Mastino, 1998). Significativo esempio di interazione tra uomo e ambiente è la struttura stessa di questo centro urbano, abitato ancora nell'VIII sec. d.C. (Zucca, 1993), che risulta costruito in buona parte con materiale estratto da affioramenti di arenaria presenti sul posto; affioramenti che addirittura costituirono in alcuni punti vere e proprie fondazioni, con alcuni edifici pubblici ricavati parzialmente dalla roccia (Del Vais et al., 2012). Anche in altri punti sparsi lungo la costa si rilevano comunque evidenti tracce di estrazione, risalenti prevalentemente al Bronzo Medio per quanto riguarda la piccola cava sita nei pressi del nuraghe Corrigias (Sinis centro-settentrionale, limitrofa alla zona di Is Arutas) ma, soprattutto all'età punica e romana; tracce di attività sono comunque rilevabili fino al XX sec. (Del Vais et al., 2012)

L'età tardo-antica e alto-medievale prelude ad un progressivo spopolamento di tutto il Sinis, che perdurerà fino alle soglie del Novecento e ad un lento abbandono della città di Tharros che diverrà nei secoli a venire una sorta di cava di materiale da costruzione per i centri limitrofi (Del Vais et al., 2012). Questo periodo dell'Antropocene risulta anche rappresentato dall'ipogeo di San Salvatore e dai resti degli edifici termali conosciuti come Domu 'e Cubas (Donati e Zucca, 1992), mentre nella località di San Giovanni di Sinis la presenza della chiesa omonima, il cui nucleo centrale risale al VI sec. d.C. (Coroneo, 1999) (Spanu, 1998) indica le precece cristianizzazione del territorio (Pinna et al., 2014). Periodi successivi, caratterizzati da frequenti incursioni compiute da popolazioni provenienti dalle coste nordafricane sono indicati dalla presenza di numerose torri costiere risalenti al XVI-XVII sec. d.C (Fois, 1981), tra le quali quella di San Giovanni di Sinis e di Seu. Un antropizzazione storica più recente reca significative testimonianze dell'attività di sussistenza principale, la pesca, con la peschiera di Mar'e Pontis e le ormai scomparse *barracas* presenti in prevalenza a San Giovanni di Sinis (Pinna et al., 2014).

Capitolo 3
Materiali e Metodi

Area di Studio

3.1 Inquadramento geologico della Penisola del Sinis

La Penisola del Sinis si estende senza avamposti di rilievo per circa 170 Km² lungo la sezione nord-occidentale del graben del Campidano, nella Sardegna centro-occidentale, separata dalla Fossa di Oristano da una serie di faglie quaternarie (Cherchi et al., 1978). La sua struttura geologica si basa cronologicamente su andesiti e tufi oligo-miocenici sui quali poggiano sedimenti marini risalenti al Miocene Inferiore-Medio (Cherchi et al., 1978), con il Miocene Superiore rappresentato in ampia misura da depositi sedimentari risalenti al Tortoniano ed al Messiniano (Cherchi et al., 1978). La litologia dei sedimenti Tortoniani consiste di argille grigio-scure indicanti una presenza del mare limitata, mentre i depositi messiniani vengono ricondotti a tre unità litostratigrafiche fondamentali: procedendo dal basso verso l'alto risultano presenti le argille marnoso-siltose della Formazione di Capo San Marco, i calcari laminati del Sinis, bianchi e monocristallini ed i calcari brecciati della Formazione di Torre del Sevo (indicata localmente come Turr'e Seu) (Marini e Murru, 1977; Cherchi et al., 1978). La presenza del Pliocene Trasgressivo è stata invece riscontrata in un piccolo affioramento visibile nell'estrema parte sud-occidentale della Penisola del Sinis, a Capo San Marco (Pecorini, 1972), con una serie che, proseguendo dall'alto verso il basso è costituita da: calcari arenaceo-argillosi, arenarie siltoso-argillose, arenarie calcaree e argille siltoso-marnose, brecce a frammenti e grandi blocchi di calcari risalenti al Messiniano (Pecorini, 1972). Colate basaltiche di vulcaniti pliocenico-quaternarie ricoprono questa serie (Pecorini, 1972) e si ritrovano presenti anche nel dicco del Catalano (Forti e Orrù, 1995) situato nello specchio di mare occidentale antistante la Penisola del Sinis; qui emerge piatta anche l'Isola di Mal di Ventre, formata in prevalenza da granodioriti grossolane (Cherchi et al., 1982) ed unico affioramento del basamento ercinico lungo la Sardegna occidentale (Deriu et al., 1964). Quest'ultima risulta in parte collegata al Quaternario e in riferimento al disfacimento delle sue litologie viene ricollegata da alcuni autori (De Falco et al., 2003), la presenza diffusa nelle spiagge antistanti di un caratteristico sedimento relitto silicoclastico a grana grossolana. Il Quaternario risulta in ogni caso particolarmente rappresentato nelle sue *facies* di tipo eolico, costituite da arenarie a stratificazione incrociata ben cementate presenti soprattutto nella parte centro settentrionale della Penisola del Sinis (Marini e Murru, 1977) e dalla “Panchina tirreniana” (Auct.), composta da conglomerati marini di diversa natura e diffusa in tutta la fascia costiera (Pomesano-Cherchi, 1968; Carboni e Lecca, 1985; Kindler et al., 1997; Andreucci et al., 2009). I depositi attuali sono invece costituiti in prevalenza da sabbie eoliche, da limi e argille di origine lagunare (Pomesano-Cherchi, 1968) e da sedimenti di spiaggia, in diversa misura e localizzazione bioclastici e silicoclastici.

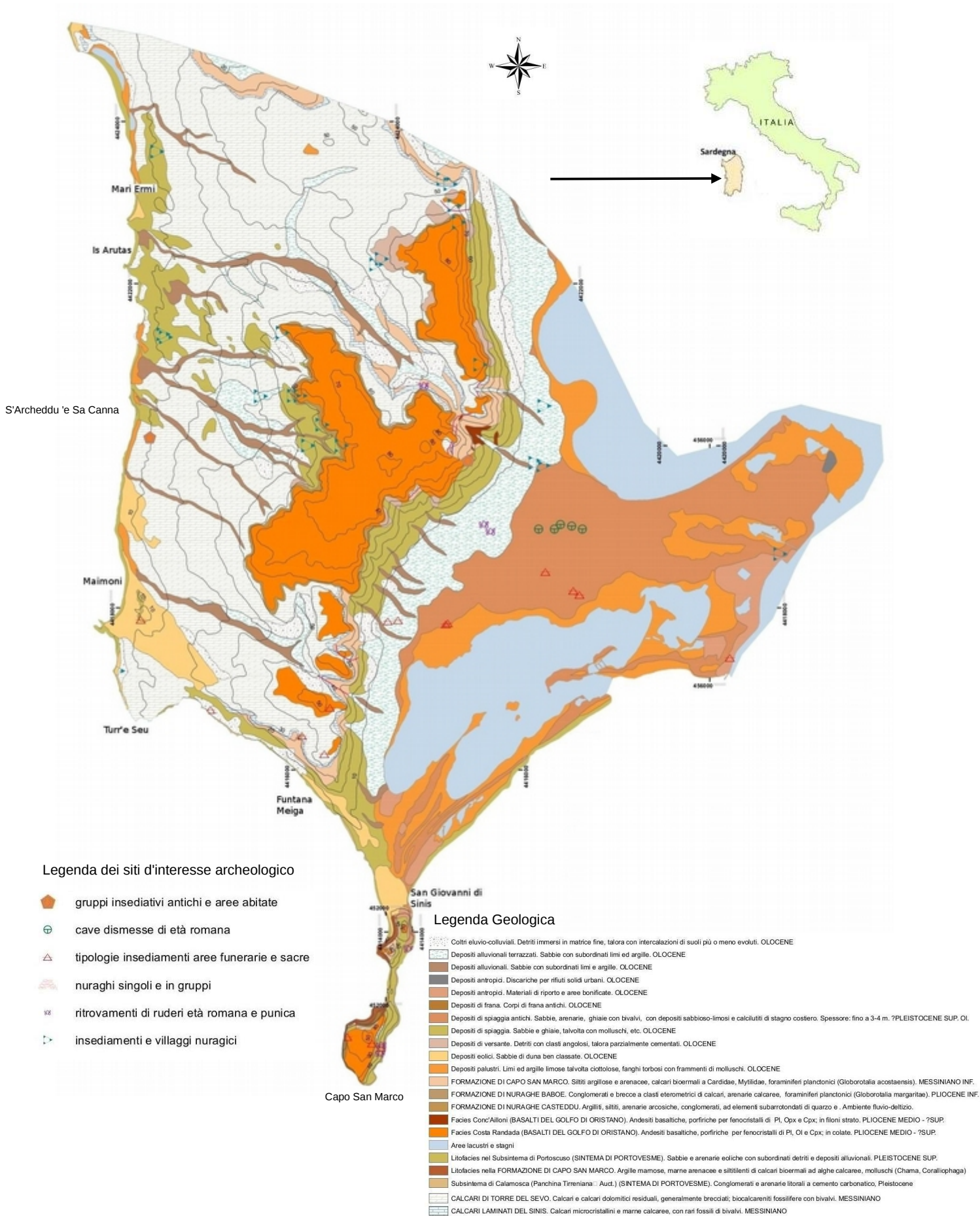


Fig 3.1.1 - Carta geologica e delle forme archeologiche della Penisola del Sinis

3.2 *Fisiografia e geomorfologia della fascia costiera della Penisola del Sinis*

La fisiografia della Penisola del Sinis risulta essere in larga misura tipicizzata da una grande variabilità geomorfologica degli ambienti costieri: in particolare lungo la fascia centro-meridionale ad alte falesie si avvicendano ampi tratti di costa bassa che, a causa della presenza frequente di agenti atmosferici di forte intensità, non di rado mostrano situazioni apparentemente inusuali (Pinna et al., 2015). I fenomeni di progradazione ed erosione vengono quindi ad alternarsi senza soluzione di continuità, con questi ultimi che tendono ad essere preponderanti (De Falco et al., 2003) e ad interessare anche le zone di costa alta, soggette a subire importanti fenomeni franosi, come nel caso delle falesie calcaree di Su Tingiosu (Carboni et al., 2010) e Seu (Cherchi et al., 1978). La morfogenesi litorale, sia per quanto riguarda i processi riguardanti le falesie che per la aree di spiaggia, in linea generale appare quindi influenzata oltre che dai processi dinamici, dalla variabilità strutturale, litologica e sedimentaria delle diverse zone (Carboni et. al, 2010).

L'interazione di queste caratteristiche porta ad una naturale suddivisione di questa parte della Penisola del Sinis in due macro aree, le quali, pur facendo parte di un sistema microtidalico dominato dal moto ondoso (Short, 1975) risultano caratterizzate da una differente quantità di energia trasferita annualmente sul sistema costiero. La prima, denominata Unità Geoambientale Settentrionale risulta caratterizzata da una quantità di energia maggiore (Atzeni et al., 2004; Simeone et al. 2007) e da sistemi di spiaggia tipicizzati da sabbie grossolane relitte, derivanti secondo alcuni autori (De Falco et al., 2003) dal disfacimento delle litologie granitiche presenti nell'antistante Isola di Mal di Ventre ed in generale da una spiaggia sommersa poco sviluppata se si eccettuano in parte le zone meridionali di Mari Ermi e Maimoni (Simeone et al., 2008); la seconda denominata Unità Geoambientale Meridionale viene invece interessata da un'energia mediamente minore (Atzeni et al., 2004; Simeone et al. 2007) la quale si staglia su sistemi di spiaggia-duna formati da sabbie di origine organogeno-biogenica a granulometria medio-fine (Forti e Orrù, 1995) e nelle quali la spiaggia sommersa risulta in genere piuttosto sviluppata (Simeone et al., 2007)

3.3 Caratterizzazione ambientale delle singole aree di studio

L'integrazione della fondamentale esperienza sul campo con i dati bibliografici ha suggerito quindi la suddivisione della parte centro-meridionale della Penisola del Sinis in due unità geoambientali principali (Fig 3.3.1), corrispondenti alle due macro aree precedentemente indicate: l'unità settentrionale, compresa dalla spiaggia di Mari Ermi fino a Capo Seu e l'unità Meridionale, estesa da Capo Seu fino a Capo San Marco.

L'esame preliminare della parte di fascia costiera compresa tra le due unità ha permesso quindi di individuare una serie di aree di spiaggia che fossero rappresentative per caratteristiche geomorfologiche, naturali e antropiche dell'intera area di studio; queste in una prima fase hanno compreso le aree di seguito descritte di Mari Ermi, Is Arutas, S'Archeddu 'e Sa Canna e Maimoni nella parte settentrionale e Funtana Meiga, San Giovanni di Sinis località "Scalini", San Giovanni di Sinis località "Torre" e Istmo di Capo San Marco in quella meridionale.

Durante lo sviluppo del tema di ricerca si è però preferito escludere le aree strettamente di falesia, caratterizzate fundamentalmente da una diversa reazione ai processi litorali rispetto a quelle di spiaggia-duna; questa scelta ha escluso dalla parte finale dello studio le spiagge di San Giovanni di Sinis località "Scalini" e l'Istmo di Capo San Marco.

Di seguito la descrizione delle principali caratteristiche ambientali delle aree di studio, indicate nel proseguo del lavoro sia coi nomi estesi sia o alternativamente per acronimi.

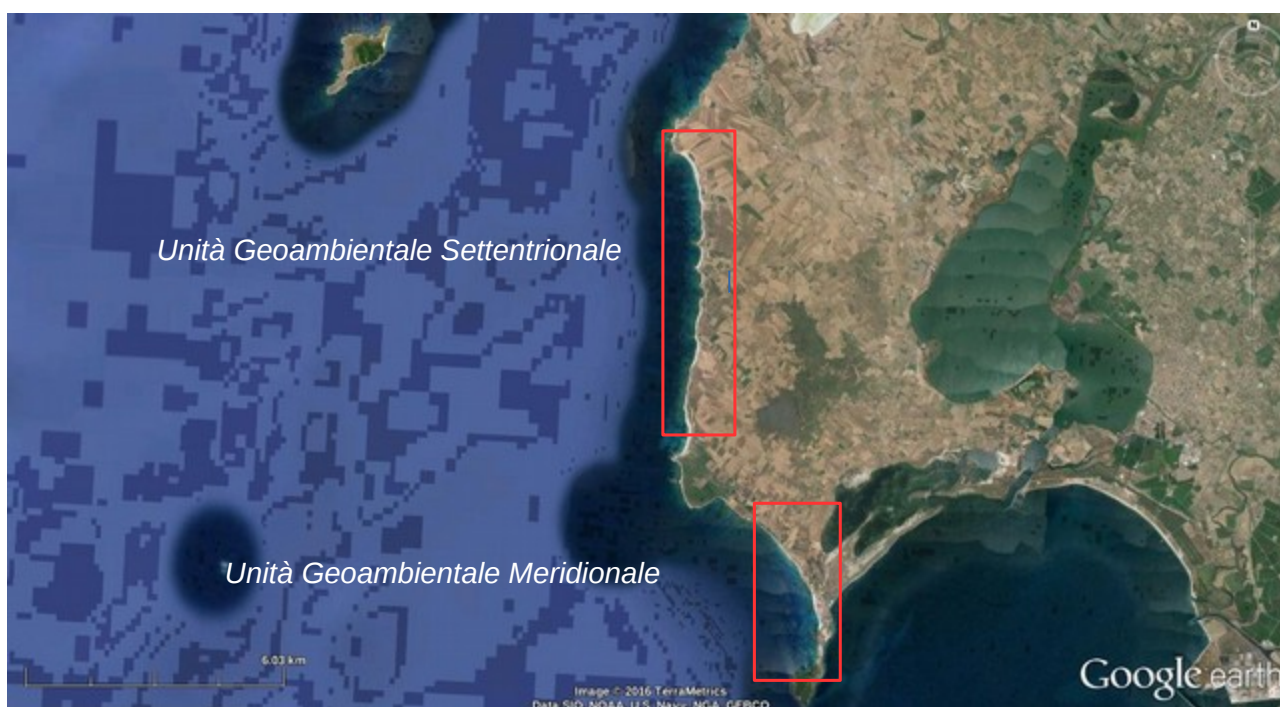


Fig 3.3.1 – Vista satellitare e localizzazione geografica delle due Unità Geombientali della Penisola del Sinis. Immagine tratta da Google earth.

3.3.1 Mari Ermi - ME

L'area di Mari Ermi (Fig 3.3.2), che apre a Nord l'unità geoambientale settentrionale, è formata da un sistema di spiaggia (Fig. 3.3.3) lungo circa 1300 metri caratterizzato, oltre che dalla detta copertura sedimentaria silicoclastica tipica di questa parte della Penisola del Sinis, anche dalla presenza di ampi stagni retrodunali (Fig 3.3.4) di carattere temporaneo. Questi ultimi cingono per quasi tutta la sua lunghezza la fascia litorale, interrotti nella parte centrale e chiusi in quella retrostante dallo sviluppo di aree antropizzate diffuse.



Fig 3.3.2 – Mari Ermi: localizzazione geografica all'interno dell'Unità Geoambientale Settentrionale della Penisola del Sinis. Immagini tratte da Google earth.



Fig 3.3.3 – Stagno retrodunale

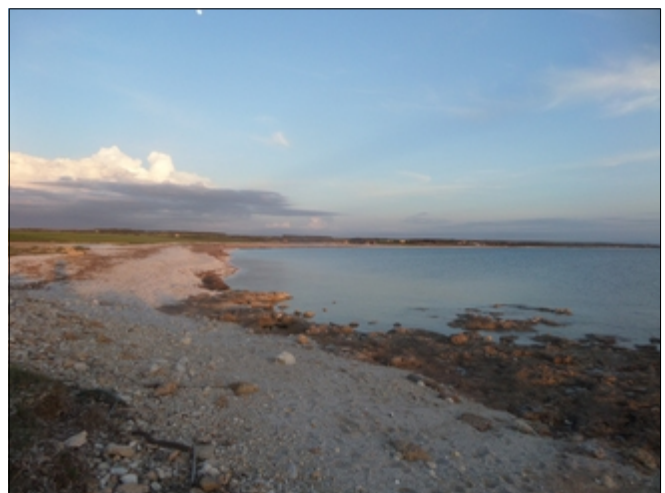


Fig. 3.3.4 – Arenile

3.3.2 Is Arutas - IA

L'area di spiaggia di Is Arutas (Fig 3.3.6) si estende per circa per circa 500m tra gli avamposti rocciosi di Su Bardoni a Nord e di Is Arutas a Sud, caratterizzata da una modesta larghezza per via della presenza di varie forme di antropizzazione che ne limitano l'estensione trasversale a poco oltre l'avanduna (fig 3.3.7). La tipica copertura sabbiosa silicoclastica pur essendo diffusa lungo una parte molto più ampia della Penisola del Sinis, viene popolarmente associata proprio alla spiaggia di Is Arutas, lungo la quale risulta ampiamente presente.



Fig 3.3.5 – Is Arutas: localizzazione geografica all'interno dell'Unità Geoambientale Settentrionale della Penisola del Sinis. Immagini tratte da Google earth.



Fig 3.3.6 – Arenile



Fig.3.3.7 – Area di retrospiaggia

3.3.3 S'Archeddu 'e Sa Canna - SAC

L'area di S'Archeddu 'e Sa Canna (Fig. 3.3.8), presenta un sistema di spiaggia (Fig. 3.3.10) molto simile a quello di Is Arutas, sia per la lunghezza che per la modesta estensione trasversale delle aree retrostanti (Fig. 3.3.9) involuppate allo stesso modo all'interno di vaste aree antropizzate, anche se di carattere diverso. Si nota ugualmente la presenza di un ampio costone roccioso nella parte settentrionale ed una copertura sedimentaria che mostra caratteristiche tessiturali molto simili.



Fig 3.3.8 – S'Archeddu 'e Sa Canna, localizzazione geografica all'interno dell'Unità geoambientale Settentrionale della Penisola del Sinis. Immagini tratte da Google earth.



Fig 3.3.9 – Area di retrospiaggia



Fig.3.3.10 – Arenile

3.3.4 Maimoni - MM

L'area di Maimoni (Fig 3.3.11), consta di un sistema di spiaggia lungo circa 1,5 km che risulta caratterizzato da un'estensione trasversale piuttosto variabile, limitata nella sua estrema propaggine settentrionale da diffuse forme di antropizzazione, e di larghezza progressivamente maggiore verso sud dove si evidenzia la presenza di un campo dunale piuttosto ampio. Come a Mari Ermi anche a Maimoni il retrospiaggia (Fig. 3.3.12) viene periodicamente occupato da vaste zone umide temporanee, mentre l'area di spiaggia propriamente detta (3.3.11) risulta anche in questo caso tipizzata dalla presenza di sedimenti grossolani silicoclastici, pur se chiaramente frammisti ad altri più fini di origine biogenica.



Fig 3.3.11 – Maimoni, localizzazione geografica all'interno dell'Unità Geoambientale Settentrionale della Penisola del Sinis. Immagini tratte da Google earth.



Fig 3.3.12 – Area di retrospiaggia



Fig.3.3.13 – Arenile

3.3.5 Funtana Meiga - FM

All'interno dell'Unità Geoambientale Meridionale l'area di Funtana Meiga (Fig. 3.3.14) si sviluppa in una lunga falesia calcarea che lascia progressivamente spazio verso sud ad un ampio sistema spiaggia-duna che si collega senza soluzione di continuità con la parte nord di San Giovanni di Sinis. L'ambiente sedimentario (Fig. 3.3.16) si presenta composto da sabbie medio fini di origine biogenica con a volte presenza di ciottoli di grosse dimensioni probabilmente legati all'azione degli eventi meteomarinari di più forte intensità. Le forme antropiche si presentano prevalenti lungo la parte alta dell'area (Fig. 3.3.15), pur cingendo in parte il sistema di spiaggia ed il campo dunale.



Fig 3.3.14 – Funtana Meiga, localizzazione geografica all'interno dell'Unità Geoambientale Meridionale della Penisola del Sinis. Immagini tratte da Google earth.



Fig 3.3.15 – Area antropizzata



Fig.3.3.16 - Arenile

3.3.6 San Giovanni di Sinis - SG

L'area di San Giovanni considerata nello studio (Fig. 3.3.17) comprende una parte di fascia costiera di circa 1 km, delimitata a nord da un piccolo avamposto roccioso e a sud da un capo di circa 30 m di altezza sovrastato dalla torre omonima (Fig. 3.3.18). L'ambiente sedimentario è composto da sedimenti di origine biogenica a granulometria medio-fine ed è caratterizzato da un sistema dunale piuttosto ampio, anche se parzialmente limitato da varie forme di antropizzazione (Fig. 3.3.19). Da evidenziare la presenza della vasta area archeologica di Tharros posta nella parte alta sudorientale dell'area.



Fig 3.3.17 – San Giovanni di Sinis, localizzazione all'interno dell'Unità Geoambientale Meridionale della Penisola del Sinis. Immagini tratte da Google earth.



Fig 3.3.18 – Spiaggia della Torre



Fig. 3.3.19 - Area antropizzata

3.3.6.1 San Giovanni di Sinis “Scalini” - SGS

La zona degli “Scalini”, parte della fascia costiera della Penisola del Sinis non compresa nello studio finale si trova tra quelle di Funtana Meiga e quella meridionale di San Giovanni di Sinis (Fig. 3.3.20) e risulta caratterizzata principalmente da una falesia formata da arenarie pleistoceniche (Lecca e Carboni, 2007) (Fig. 3.3.22) che chiude una sottile striscia di sabbia di circa 400 m di lunghezza (Fig. 3.3.21). Le forme antropiche sono presenti sulla parte alta della falesia che idealmente si ricongiunge al sistema spiaggia duna ancora presente a sud di quest'area.



Fig 3.3.20 – San Giovanni di Sinis “Scalini”, localizzazione geografica all'interno dell'Unità Geoambientale Meridionale della Penisola del Sinis. Immagini tratte da Google earth.



Fig 3.3.21 – Arenile



Fig. 3.3.22 – Falesia

3.3.6.2 Istmo di Capo San Marco - CPS

L'Istmo di Capo San Marco si sviluppa immediatamente a Sud della Torre di San Giovanni (Fig. 3.3.23), caratterizzato nella sua parte occidentale da una striscia sabbiosa di circa 500 m (Fig. 3.3.24) che, a seconda degli eventi meteomarinari intercorrenti si mostra suddivisa da tre piccoli capi sabbiosi in altrettanto piccole parti di spiaggia. Questa risulta complessivamente cinta da una bassa falesia (fig 3.3.25) che forma l'istmo vero e proprio e che congiunge l'area di San Giovanni di Sinis con Capo San Marco, estrema propaggine meridionale della Penisola del Sinis.



Fig. 3.3.23 – Istmo di Capo San Marco, localizzazione geohografica all'interno dell'Unità Geoambientale Meridionale della Penisola del Sinis. Immagini tratte da Google earth.



Fig 3.3.24 – Arenile



Fig. 3.3.25 – Falesia

Metodi

3.4 Suddivisione delle singole aree di studio

Al fine di consentire una più agevole acquisizione dei dati sul campo, i sistemi di spiaggia sono stati suddivisi in una serie di transetti ortogonali alla linea di riva lungo i quali sono stati poi svolti i rilievi. La determinazione iniziale del numero dei transetti si è basata sulla diversa estensione dei sistemi di spiaggia, i quali sono stati suddivisi quindi in settori aventi all'incirca la stessa lunghezza. Successive considerazioni sugli ambienti di sedimentazione, basate sia sull'osservazione delle principali caratteristiche geomorfologiche che sui risultati dei primi campionamenti dei sedimenti svoltisi nel 2013, hanno permesso di stabilire il numero definitivo dei transetti come di seguito elencato per le diverse aree di studio.

Mari Ermi - ME: 3 transetti (T1, T2, T3)

Is Arutas - IA: 2 transetti (T1, T2)

S'Archeddu 'e Sa Canna - SAC: 2 transetti (T1, T2)

Maimoni - MM: 4 transetti (T1, T2, T3, T4)

Funtana Meiga - FM: 1 transetto (T1)

San Giovanni di Sinis - SG: 3 transetti (T1, T2, T3)

3.5 Rilievi geomorfologici

3.5.1 Rilevamento geomorfologico della spiaggia emersa

Attraverso il supporto dell'Area Marina Protetta “*Penisola del Sinis – Isola di Mal di Ventre*”, tra i mesi di Luglio e Agosto e quelli di Ottobre e Novembre del 2014 sono state svolte due campagne di rilievo geomorfologico lungo le sei aree di spiaggia oggetto di studio. Queste, effettuate attraverso l'ausilio di strumentazione Dgps – Rtk, hanno permesso la determinazione delle linee di riva e, lungo i transetti precedentemente definiti, dei rispettivi profili di spiaggia.

L'acquisizione dei dati è stata effettuata in maniera statica, ovvero facendo lavorare lo strumento fermi sul punto per un lasso di tempo prestabilito ed impostando l'acquisizione di un numero fisso di battute (Dal Cin et al., 1994; Huang et al., 2002; Rocha et al., 2009). La linea di riva è stata rilevata con distanza media delle battute di circa 3-4 metri, più ravvicinata in caso di variazioni repentine della linea di riva (cuspidi ecc.) e più distanziata in caso di tratti rettilinei più omogenei, mentre il rilievo dei profili trasversali è stato effettuato con variazioni frequenti mirate a seguire con più precisione le forme principali del profilo di spiaggia, individuate secondo lo schema di Carobene e Brambati (1975).

I risultati acquisiti sono stati valutati attraverso lo studio dei tracciati delle linee di riva e dei profili trasversali di spiaggia, questi ultimi esposti in un profilo completo generale (Fig. 3.5.1) ed in due stagionali ridotti fino alla lunghezza alla quale è stato individuato il Piede della duna (Pd) (Fig. 3.5.2)

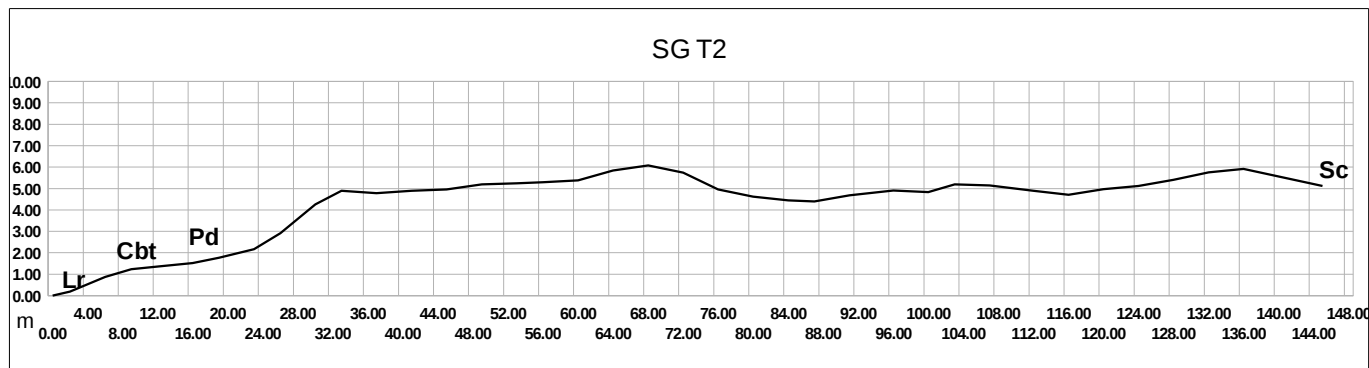


Fig 3.5.1 – Esempio di profilo trasversale completo (San Giovanni di Sinis – Sg, Transetto 2 – T2)

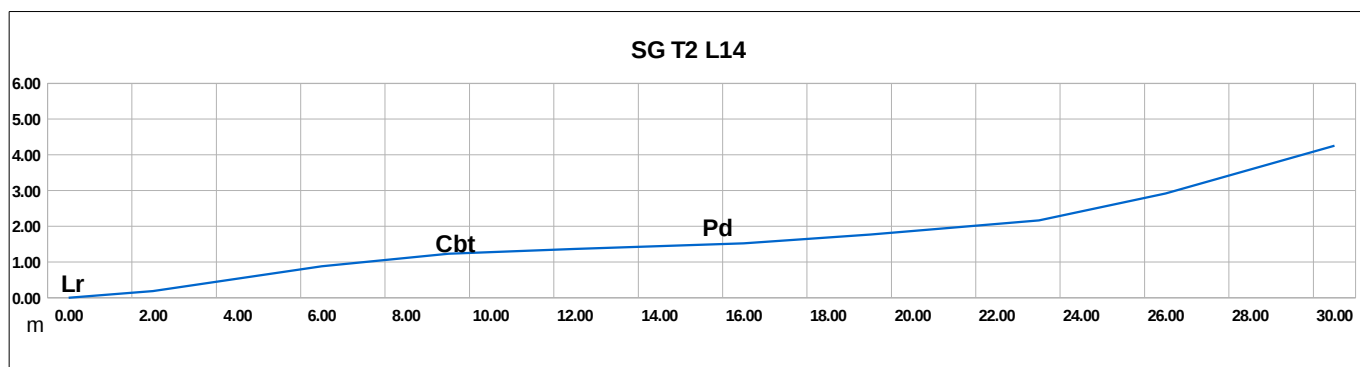


Fig 3.5.2 – Esempio di profilo ridotto al Piede duna (San Giovanni di Sinis – Sg, Transetto 2 - T2)

Legenda

Lr: Linea di riva	Cbo: Cresta della berma ordinaria	Cbt: Cresta della berma di tempesta
Pd: Piede duna	Vg: vegetazione	Sr: stagni retrodunali
m: muretto	Sc: Strada costiera	

3.5.2 Metodo speditivo per l'analisi qualitativa delle variazioni geomorfologiche della spiaggia emersa

Nell'ambito delle attività di ricerca, su alcuni dei sistemi di spiaggia in studio è stato sperimentato un metodo di rilievo speditivo, riproducibile ed a basso costo, atto a testare variazioni geomorfologiche ed ambientali nel breve e medio periodo.

Questo metodo si è avvalso dell'ausilio di un semplice apparecchio fotografico digitale sorretto da un treppiede (Fig. 3.5.3) e posizionato su alcuni punti fissi, i quali sono stati preliminarmente individuati in base alla possibilità di inquadrare una parte più ampia possibile dell'area prescelta e rendere evidenti (e in un certo qual modo quantificabili) le principali modifiche geomorfologiche ed ambientali occorrenti in un determinato arco temporale.

La metodologia, sviluppata prendendo spunto da quella generalmente in uso per gli studi effettuati tramite webcam posizionate su punti fissi (Jiménez et al., 2007; Harley et al., 2011; Ferrari et al., 2012) ha trovato riscontro in alcune azioni di monitoraggio ambientale effettuate nella regione di Perth, in Australia (<http://www.perthregionnrm.com/perth-nrm-programs/coastal/current-projects/coastal-photo-monitoring-project.aspx>). I primi risultati sono stati presentati al 5° Convegno Nazionale Aigeo “Geomorphology for Society: from risk knowledge to landscape heritage” tenutosi a Cagliari nel Settembre 2015 (Pinna et al., 2015)



Fig. 3.5.3 – Strumentazione utilizzata per i rilievi

Nelle aree ove è stato possibile un posizionamento sufficientemente esaustivo dello strumento è stata effettuata periodicamente l'acquisizione delle immagini, per almeno una serie a stagione; queste sono state successivamente corrette per renderle comparabili (Fig. 3.5.4) ed un'ulteriore elaborazione delle immagini ha poi permesso di evidenziare l'evoluzione della linea costiera e delle principali forme geomorfologiche della spiaggia, nonché di fare una valutazione qualitativa sullo spostamento occorso ai sedimenti della spiaggia emersa nell'intervallo di tempo di riferimento. Software liberi utilizzati tramite Linux OS sono stati utilizzati sia per la prima parte di correzione, effettuata attraverso Gwenview e Gimp, sia per la seconda parte, sviluppata tramite Qgis.



Fig 3.5.4 – Capo San Marco, direzione Nord-Sud.

In senso orario:

Immagine sorgente

Immagine corretta e ingrandita

Immagine con linea di riva

3.6 *Campionamento ed analisi dei sedimenti*

3.6.1 *Premessa*

La parte relativa al campionamento ed all'esame dei dati ottenuti tramite le analisi dei sedimenti di spiaggia, si è rivelata molto importante ai fini dello sviluppo del progetto di ricerca. Come è noto dalla bibliografia (Dal Cin, 1969), in particolare l'esame dei parametri tessiturali può consentire una buona analisi dello stato ambientale e naturale di un sistema di spiaggia, in quanto i dati riguardanti il diametro medio ed i valori di selezione ed asimmetria, possono essere indicatori rilevanti per quanto riguarda la tendenza sia stagionale che annuale a passare per cicli di erosione e/o progradazione. La valutazione dei dati espressi non è stata comunque portata avanti asetticamente ma ragionando in maniera critica: si ritiene infatti che l'applicazione di un indicatore o di un modello numerico anche associato debba sempre essere valutata con attenzione, specie se l'ambiente di sedimentazione presenta caratteristiche particolari e non facilmente classificabili ed interpretabili. Nel contesto della comprensione e della valutazione dello stato ambientale degli ambienti di spiaggia della Penisola del Sinis ha assunto inoltre particolare importanza l'analisi delle caratteristiche mineralogiche e calcimetriche dei sedimenti esaminati, specie in riferimento alla presenza in diverse spiagge in esame di un caratteristico tipo di sedimento relitto e al suo rapporto con l'eventuale presenza di sedimentazione attuale, specie se di origine biogenica. Questi dati si possono rilevare quindi anch'essi come buoni indicatori per la valutazione e la comprensione dello stato attuale ed evolutivo del sistema di spiaggia.

3.6.2 *Campionamento*

Dal punto di vista operativo il campionamento e le analisi sono avvenute in due fasi: la prima è stata svolta nel periodo compreso tra Luglio e Agosto del 2013 ed ha consistito in un primo prelievo lungo le otto aree scelte inizialmente per lo studio. Lo scopo, oltre quello di acquisire un certo numero di dati significativo, è stato come detto anche quello di ottimizzare il lavoro della seconda fase definendo risolutivamente sia il numero di transetti, sia i punti geomorfologici di campionamento per ogni spiaggia, questi ultimi individuati seguendo lo Schema Morfometrico di Carobene e Brambati (1975). I campioni sono stati quindi acquisiti lungo le forme geomorfologiche corrispondenti al piede della duna (Pd), alla cresta della berma di tempesta (Cbt), alla linea di riva (Lr), al piede gradino (Pg) ed alla profondità di 2 metri (2m). In tutte i transetti delle spiagge considerate sono stati prelevati almeno un campione lungo la linea di linea di riva ed uno che ne rappresentasse la chiusura (ad esempio il piede della duna o la cresta della berma di tempesta), in quanto non è stato possibile rilevare tutte le corrispondenze in ogni area di spiaggia considerata. I sedimenti sono stati quindi campionati su 4 transetti lungo le spiagge di lunghezza maggiore (Mari Ermi, Maimoni e San Giovanni di Sinis località "Torre") e su 3 transetti lungo le spiagge

di lunghezza inferiore (Is Arutas, S'Archeddu e Sa Canna, Funtana Meiga, San Giovanni di Sinis località “Scalini” e Istmo di Capo San Marco), per un totale di 107 campioni analizzati. Nella tabella seguente (Tab. 3.6.1) sono schematizzati il numero di transetti ed i campioni acquisiti per ogni sistema di spiaggia preliminarmente considerato.

<i>Aree di Spiaggia 2013</i>																
<i>Transetto</i>	<i>ME</i>		<i>IA</i>		<i>SAC</i>		<i>MM</i>		<i>FM</i>		<i>SGS</i>		<i>SGT</i>		<i>CPS</i>	
<i>T1</i>	2m	-	2m	1	2m	1	2m	1	2m	1	2m	1	2m	1	2m	-
	Pg	-	Pg	1	Pg	1	Pg	1	Pg	1	Pg	1	Pg	1	Pg	-
	Lr	1	Lr	1	Lr	1	Lr	1	Lr	1	Lr	1	Lr	1	Lr	1
	Cbt	1	Cbt	1	Cbt	1	Cbt	1	Cbt	1	Cbt	1	Cbt	1	Cbt	-
	Pd	-	Pd	-	Pd	1	Pd	-	Pd	-	Pd	-	Pd	1	Pd	1
<i>T2</i>	2m	-	2m	1	2m	1	2m	1	2m	1	2m	1	2m	1	2m	-
	Pg	-	Pg	1	Pg	1	Lr	1	Pg	1	Pg	1	Pg	1	Pg	-
	Lr	1	Lr	1	Lr	1	Pg	1	Lr	1	Lr	1	Lr	1	Lr	1
	Cbt	1	Cbt	1	Cbt	1	Cbt	1	Cbt	-	Cbt	1	Cbt	1	Cbt	-
	Pd	1	Pd	1	Pd	1	Pd	1	Pd	1	Pd	-	Pd	1	Pd	1
<i>T3</i>	2m	-	2m	1	2m	1	2m	1	2m	1	2m	1	2m	1	2m	-
	Pg	-	Pg	1	Pg	1	Pg	1	Pg	1	Pg	1	Pg	1	Pg	-
	Lr	1	Lr	1	Lr	1	Lr	2	Lr	1	Lr	1	Lr	1	Lr	1
	Cbt	1	Cbt	1	Cbt	1	Cbt	2	Cbt	-	Cbt	1	Cbt	1	Cbt	-
	Pd	1	Pd	-	Pd	1	Pd	2	Pd	1	Pd	-	Pd	1	Pd	1
<i>T4</i>	2m	-	NR		NR		2m	-	NR		NR		2m	1	NR	
	Pg	-					Pg	-					Pg	1		
	Lr	1					Lr	1					Lr	1		
	Cbt	-					Cbt	1					Cbt	1		
	Pd	1					Pd	1					Pd	1		
<i>Totale</i>	10		12		15		20		12		12		20		6	
<i>Totale 2013: 107 campioni</i>																

Tab. 3.6.1 - Schema di prelievo, anno 2013

Nella seconda fase del lavoro non sono stati rilevati dati riguardanti l'area di San Giovanni di Sinis località “Scalini” e quella di Capo San Marco. Inoltre, in base ad una serie di considerazioni riguardanti l'omogeneità ambientale e naturale ed ai dati sedimentologici e mineralogici acquisiti con la prima sessione di campionamento, si è provveduto ad un diverso distanziamento dei transetti, in alcuni casi riducendone il numero: sono stati quindi definiti ed analizzati 15 transetti totali, rispettivamente in numero di tre per la spiaggia di Mari Ermi (MM), quattro per Is Arutas (IA), due per S'Archeddu e Sa Canna (SAC), quattro per Maimoni (MM), uno per Funtana Meiga (FM) e tre per San Giovanni di Sinis (SG).

Secondo questo nuovo ordine sono stati effettuati altri campionamenti, rispettivamente nei mesi di Luglio e Ottobre 2014 (Tab. 3.6.2), che, sempre in base allo schema di Carobene e Brambati (1975), hanno rilevato le forme della linea di riva (Lr), della cresta della berma di tempesta (Cbt), del piede della duna (Pd), della cresta della duna (Cd) e della coda della duna (Cdd). Sono state quindi eliminate le campionature del piede gradino (Pg) e dei 2 metri (2m) aggiungendo la parte

della cresta e della coda della duna, dando quindi una maggiore evidenza alla parte relativa alla spiaggia emersa rispetto a quella sommersa ed intertidale. Si vuole sottolineare come non sempre l'identificazione delle diverse morfologie si sia presentata semplice, ma in ogni caso si è cercato di rendere la campionatura la più omogenea possibile, anche annotando eventuali dubbi e considerazioni.

<i>Aree di Spiaggia 2014</i>																		
Transetto	<i>ME</i>			<i>IA</i>			<i>SAC</i>			<i>MM</i>			<i>FM</i>			<i>SG</i>		
		Lug	Ott		Lug	Ott		Lug	Ott		Lug	Ott		Lug	Ott		Lug	Ott
<i>T1</i>	Lr	1	1	Lr	1	1	Lr	1	1	Lr	1	1	Lr	1	1	Lr	1	1
	Cbt	1	1	Cbt	1	1	Cbt	1	1	Cbt	1	1	Cbt	1	1	Cbt	1	1
	Pd	1	1	Pd	1	1	Pd	1	1	Pd	1	1	Pd	1	1	Pd	1	1
	Cd	1	1	Cd	1	1	Cd	1	1	Cd	1	1	Cd	1	1	Cd	1	1
	Cdd	1	1	Cdd	-	-	Cdd	1	1	Cdd	1	1	Cdd	1	1	Cdd	1	1
<i>T2</i>	Lr	1	1	Lr	1	1	Lr	1	1	Lr	1	1	Lr	NR	NR	Lr	1	1
	Cbt	1	1	Cbt	1	1	Cbt	1	1	Cbt	1	1	Cbt			Cbt	1	1
	Pd	1	1	Pd	1	1	Pd	1	1	Pd	1	1	Pd			Pd	1	1
	Cd	1	1	Cd	1	1	Cd	1	1	Cd	1	1	Cd			Cd	1	1
	Cdd	1	1	Cdd	1	1	Cdd	1	1	Cdd	1	1	Cdd			Cdd	1	1
<i>T3</i>	Lr	1	1	Lr	NR	NR	Lr	NR	NR	Lr	1	1	Lr	NR	NR	Lr	1	1
	Cbt	1	1	Cbt			Cbt			Cbt	1	1	Cbt			Cbt	1	1
	Pd	1	1	Pd			Pd			Pd	1	1	Pd			Pd	1	1
	Cd	1	1	Cd			Cd			Cd	1	1	Cd			Cd	1	1
	Cdd	1	1	Cdd			Cdd			Cdd	1	1	Cdd			Cdd	-	-
<i>T4</i>	Lr	NR	NR	Lr	NR	NR	Lr	NR	NR	Lr	1	1	Lr	NR	NR	Lr	NR	NR
	Cbt			Cbt			Cbt			Cbt	1	1	Cbt			Cbt		
	Pd			Pd			Pd			Pd	1	1	Pd			Pd		
	Cd			Cd			Cd			Cd	1	1	Cd			Cd		
	Cdd			Cdd			Cdd			Cdd	1	1	Cdd			Cdd		
<i>Totale</i>		15	15		9	9		10	10		20	20		5	5		14	14
<i>Totale 2013: 146 campioni (73 Luglio + 73 Ottobre)</i>																		

Tab. 3.6.2 - Schema di prelievo dei campioni sedimentari, anno 2014

3.6.3 *Analisi granulometriche*

Le analisi granulometriche dei sedimenti sono state effettuate procedendo per lavaggio, asciugatura e setacciatura dei campioni (Folk, 1980), con intervallo su Scala Krumbein (Krumbein, 1934), ad $\frac{1}{4}$ di Φ . Tramite un foglio di calcolo elettronico è stata tenuta sotto controllo la formazione della curva granulometrica, con scala in mm, il che ha consentito una immediata valutazione, controllo ed eventuale correzione di dati anomali, mentre con il software Gradistat (Blott e Pye, 2001), sempre con scala in mm sono stati calcolati i principali parametri statistici dei singoli campioni a setacciatura ultimata.

Di seguito sono stati quindi esaminati i principali parametri statistici relativi alle forme geomorfologiche della linea di riva (Lr), della cresta della berma di tempesta (Cbt) e del piede della duna (Pd) (o avanduna). I dati riguardano i campionamenti del 2014, ottenuti a Luglio ed

Ottobre con la nuova definizione dei transetti e dei punti di campionamento ed in rappresentazione di due stati ambientali della spiaggia potenzialmente diversi, legati alla presenza o assenza di fattori sia antropici (pressioni legate al turismo), che naturali (fenomeni meteomarinari di forte intensità).

Come introdotto, è stato dato particolare risalto alla valutazione dei parametri tessiturali come il diametro medio ed i valori di selezione ed asimmetria, i quali possono essere indicatori rilevanti per quanto riguarda lo stato ambientale della spiaggia e la sua tendenza sia stagionale che annuale a passare per cicli di erosione e/o progradazione: i sistemi in erosione sono infatti in genere caratterizzati da sabbie grossolane unimodali, ben selezionate con asimmetria negativa (verso le granulometrie più fini), mentre quelle in progradazione da sabbie più fini bimodali o polimodali, mal selezionate e con asimmetria positiva (verso le granulometrie più grossolane) (Dal Cin, 1969,1976). Di seguito il significato dei diversi parametri presi in considerazione e la loro analisi interpretativa, espressa per maggiore immediatezza di comprensione in scala metrica in luogo di quella logaritmica in phi.

Diametro Medio (Mz)

Indica la media aritmetica dei diametri dei diversi granuli presenti nel campione e ne indica quindi la maggiore o minore grossolanità. Un diametro medio elevato è tipico di ambienti caratterizzati da alta energia e può indicare fenomeni di erosione costiera (Dal Cin, 1969). Le scale utilizzate per la classificazione sono quelle di Udden-Wentworth (Udden, 1914, Wentworth, 1922) e Krumbein (Krumbein, 1934).

Classazione (So)

Indica il grado di selezione del sedimento, quindi la omogeneità o disomogeneità dimensionale dei granuli presenti all'interno di esso. Secondo Folk (1980) i sedimenti con diametro compreso tra 1 e 2 mm (intervallo all'interno del quale sono comprese buona parte delle sabbie presenti nelle aree di studio) sono quelli che tendono ad avere una classazione minore. Un grado di selezione elevato può indicare la tendenza verso fenomeni erosivi (Dal Cin, 1969) ed è direttamente proporzionale all'energia presente nell'ambiente di sedimentazione.

Simmetria (Sk)

Indica lo scostamento verso le frazioni più fini (asimmetria positiva) o grossolane (asimmetria negativa) della curva granulometrica. In generale, asimmetrie negative più elevate o di bassa positività indicano ambienti soggetti a fenomeni erosivi (Dal Cin, 1969). Pur avendo una immediatezza di comprensione numerica minore rispetto agli altri parametri, può essere un buon indicatore riguardo la presenza di due tipi di sedimenti distinti nell'ambiente in studio.

Curtosi (Kg)

La curtosi o coefficiente di appuntimento sta ad indicare la più o meno cospicua presenza di sedimenti relativi alle frazioni estreme della curva rispetto a quelle intermedie. Graficamente è indicata da un appiattimento maggiore (curva platicurtica) o minore (leptocurtica) della curva rispetto ad una perfetta media (curva mesocurtica). Una curtosi di grado elevato (leptocurtica), è in generale indice di ambienti ad alta energia e conseguente tendenza all'erosione (Dal Cin, 1969)

3.6.4 Analisi mineralogiche e calcimetriche

Le analisi della composizione mineralogica e della componente carbonatica sono state effettuate su una serie di campioni rappresentativi riguardanti la campagna preliminare svoltasi nel 2013. In particolare sono state valutate le frazioni corrispondenti agli intervalli modali principali rilevati tramite le analisi granulometriche, ponendo particolare attenzione a quei campioni che hanno evidenziato una spiccata bimodalità. Questa caratteristica tessiturale oltre che indicare la presenza di due tipi di sedimento racchiusi in intervalli granulometrici ben definiti può essere anche segnalare una probabile disomogeneità composizionale. La constatazione della presenza o assenza di questa ulteriore caratteristica sedimentologica può, come detto, rivelarsi utile alla comprensione dello stato attuale ed evolutivo dei sistemi di spiaggia, specie se caratterizzati dalla presenza di sedimenti relitti.

L'analisi composizionale e mineralogica è stata quindi effettuata al microscopio ottico sia sul sedimento incoerente che su sezioni sottili e con acquisizione di microfotografie. Sono state individuate, tramite comparatori a stima visiva, (Baccelle e Bosellini, 1965), le componenti terrigena e carbonatica, nonché verificato il grado di arrotondamento e spigolosità dei singoli granuli tramite la comparazione con la Tabella di Powers (1953).

Le analisi calcimetriche sono state invece effettuate attraverso una metodologia standard che valuta un campione di 0,82 g posto in un'ampolla contenente 20ml di HCL 1:1. In seguito allo svilupparsi della reazione chimica tra il campione e l'acido cloridrico si sviluppa una pressione, il cui valore fornisce la percentuale di Carbonato di Calcio presente nel campione, calcolata attraverso la seguente formula (Cossellu, 2007):

$$\text{CaCO}_3 = (P+6,5)/2$$

P= pressione del gas sviluppata.

3.7 Rilievi Multidato

Nell'ambito delle attività di campo sono state svolte due serie di rilievi multidato mirati a definire una migliore caratterizzazione ambientale dei sistemi di spiaggia in studio

La metodologia sviluppata ha previsto l'acquisizione di dati riguardanti la copertura vegetazionale, i depositi della fanerogama marina *Posidonia oceanica* (L.) Delile e la presenza di residui esterni al sistema di spiaggia stesso, sia di origine biologica (animali e vegetali) che come generica presenza di rifiuti abbandonati.

La copertura vegetazionale, presa in considerazione quale indicatore dello stato naturale del sistema di spiaggia e di eventuali disturbi antropici presenti all'interno di esso, è stata valutata sostanzialmente attraverso la sua copertura percentuale facendo particolare attenzione alla presenza di specie tipiche degli ambienti considerati, ad eventuali specie alloctone e ad alle zone in evidente depauperamento.

La presenza della *Posidonia oceanica* (L.) Delile sul sistema di spiaggia influisce in maniera cospicua sul suo bilancio sedimentario (De Falco et al., 2002), risultando quindi un buon indicatore del complessivo stato naturale di questo ambiente. Dei residui, determinati sia sotto forma isolata (es. egagropile) che come depositi compatti (banquette), è stata valutata oltre che la copertura percentuale anche la massima distanza dalla linea di riva alla quale sono stati rilevati. In particolare si ritiene che questo dato, direttamente associato all'azione del moto ondoso sul sistema di spiaggia, possa empiricamente indicare l'intensità dei fenomeni meteomarinari occorrenti su di esso.

La presenza di residui generici assolve infine alla funzione di indicare un generico disturbo esterno, più spesso associato alle azioni dirette o indirette dell'uomo che a fenomeni naturali.

3.7.1 Acquisizione ed analisi dei dati

La metodologia ha previsto l'utilizzo ed in parte l'adattamento di alcuni metodi di rilievo in uso principalmente in botanica per la valutazione della distribuzione e della dinamica di popolazione della vegetazione (Barbour et al., 1976; Pardini et al., 2015). I rilievi, al fine di verificare lo stato degli ambienti di spiaggia prima e dopo la stagione turistica estiva, sono stati effettuati in due distinte sessioni, la prima nella primavera e la seconda nell'autunno del 2014.

L'ambiente di studio è stato rilevato seguendo la suddivisione longitudinale in transetti stabilita all'inizio del lavoro ed applicando due metodologie complementari: nella prima, utilizzata nel mese di Aprile, ogni transetto è stato suddiviso in un numero medio di 20 posizioni di rilievo (di seguito plot) poste all'incirca alla stessa distanza (es.: lunghezza 100 metri, 20 plot, uno ogni 5 metri) (Barbour et al., 1976; Pardini et al., 2015); nella seconda, applicata nel mese di Ottobre, i dati sono stati invece acquisiti prendendo una distanza standard tra plot e plot (al contrario di un numero di plot fisso) e proseguendo il rilievo fino alla fine stabilita del transetto. In entrambe le sessioni

ogni plot stabilito è stato rilevato attraverso l'ausilio di un supporto quadrato in legno (delle dimensioni di 50 cm per lato) che ne ha circoscritto la superficie, documentata poi attraverso l'acquisizione di una serie di fotografie digitali (Fig. 3.7.1). Le immagini sono state poi lavorate graficamente al fine di ottenere un'immagine perfettamente regolare e poterla quindi suddividere in una maglia di 400 quadrati, ognuno dei quali pari allo 0,25% della superficie totale riprodotta (Fig. 3.7.2). Su ogni maglia è stata quindi calcolata la superficie occupata dai diversi parametri stabiliti, rilevati dalla linea di riva fino al termine fisico della spiaggia o, ove non sia stato possibile, fino al limite in cui sia stata raggiunta una copertura vegetazionale prossima al 100%. I dati acquisiti sono stati quindi elaborati, inseriti in tabelle e schematizzati tramite istogrammi, permettendo di individuare graficamente gli andamenti e le eventuali discrepanze spaziali riferite alle due sessioni di rilievo primaverili ed autunnali. I risultati indicativi dei diversi transetti sono quelli mediati ottenuti dai diversi plot, ed una procedura analoga è stata utilizzata per ottenere la valutazione complessiva dell'area di spiaggia considerata, in riferimento alle due sessioni di rilievo.

Si ritiene che l'integrazione dei due metodi possa aver contribuito ad una migliore loro interpretazione, specie per quanto riguarda quelli riferiti alla copertura vegetazionale, per la quale si suppone un certo grado di stabilità stagionale nel tempo e nello spazio. In quest'ottica si è anche proceduto ad una valutazione empirica di eventuali situazioni macroscopiche presenti ma non prese in esame dal metodo in quanto al di fuori dei transetti considerati, come ad esempio la presenza di rifiuti di grandi dimensioni o di specie alloctone diffuse.



Fig. 3.7.1 – Plot di rilevamento



Fig. 3.7.2 - Immagine corretta

In ogni caso per una maggiore confrontabilità dei dati, viste le spesso differenti lunghezze dei transetti rilevati si è scelto di limitare la valutazione strettamente numerica dei diversi parametri fino ad una distanza massima di circa 55 metri dalla linea di riva, corrispondente all'incirca alla minima lunghezza dei transetti rilevata, per quanto riguarda la copertura vegetazionale inoltre si è scelta una distanza di valutazione di circa 13-15 metri dalla linea di riva, corrispondente alla minima distanza alla quale è stata rilevata la presenza di specie vegetali.

L'informazione è stata comunque descritta e ragionata nella sua completezza e per maggiore chiarezza, sono stati elaborati due grafici per ogni rilievo: il primo che illustra l'andamento dei diversi parametri lungo il transetto completo, mentre il secondo limitato alla distanza di circa 55 metri dalla linea di riva al fine di poter confrontare anche graficamente il loro andamento a distanze equivalenti.

3.8 Fotointerpretazione

3.8.1 Introduzione

Una parte fondamentale nello studio dell'evoluzione antropogenica delle aree in esame ha consistito nell'analisi di una serie di ortofoto (Battino, 2014; Lovreglio et al., 2014) rappresentative di diversi periodi della storia recente della Penisola del Sinis e nell'individuazione e delimitazione all'interno di esse di un numero stabilito di tematismi, quali indicatori delle sue principali caratteristiche naturali ad antropiche.

Le ortofoto fanno parte dei dati della Regione Autonoma della Sardegna tramite ed in particolare, riguardano gli anni 1943, 1954, 1968, 1977, 2000 e 2008. L'esame è stato effettuato tramite il software Qgis, di libero utilizzo ed acquisizione, che ha quindi consentito di ricavare i dati necessari allo sviluppo di questa parte dello studio. Il punto iniziale dello studio è quindi individuato rappresentato dall'ortofoto del 1943, ma le valutazioni sono state fatte prendendo come riferimento un ipotetico "punto zero" corrispondente ad una situazione di antropizzazione completamente assente.

3.8.2 Tematismi

In generale con il termine tematismo si usa indicare la rappresentazione grafica di una determinata caratteristica di un territorio o di un ambiente. Seguendo questa definizione, in questo lavoro si è preferito non procedere strettamente e/o completamente con l'utilizzo di tematismi standard presenti in bibliografia quanto piuttosto cercare di individuarne e crearne una serie che potesse rappresentare nel modo più esaustivo possibile l'evoluzione delle caratteristiche naturali e antropogeniche dell'area di studio. Nel confermare e sottolineare l'approccio metodologico e filosofico della ricerca, i dati numerici ricavati, inseriti all'interno di tabelle e rappresentati visivamente sotto forma

di grafici, non sono stati poi letti ed interpretati in maniera asettica, bensì analizzandoli e valutandoli criticamente anche attraverso la fondamentale esperienza di campo. Una buona riuscita delle analisi effettuate con questa metodologia non può quindi assolutamente prescindere dalla conoscenza del territorio in esame, sia teorica che pratica, la quale può aiutare a ridurre le difficoltà di interpretazione e consente di migliorare l'accuratezza dell'analisi territoriale; questo sempre tenendo bene in considerazione i limiti, i possibili errori e le incongruenze che, anche se ridotti rispetto all'estensione ed alle caratteristiche delle aree in esame, possono sempre essere riscontrabili e, quando possibile, spiegabili. Un esempio può riguardare l'aumento della superficie delle aree naturali in luogo della loro più logica diminuzione: il fenomeno, al netto di misurazione, può semplicemente essere spiegato con un avanzamento della linea di riva (e conseguente aumento della superficie di copertura sabbiosa) o, ancora, con l'aumento della copertura vegetazionale dovuto a crescita spontanea.

Di seguito una disamina estensiva della legenda dei tematismi, nella quale verranno evidenziate le funzioni, le peculiarità e gli eventuali limiti applicativi dei singoli tematismi ed il significato dei numeri e delle percentuali espresse nella tabella.

Area di Studio Lorda (ASL), Area di Studio Netta (ASN)

L'Area di Studio Lorda (ASL) si riferisce a quella circoscritta complessiva, mentre l'Area di Studio Netta (ASN) a quella effettiva di studio per ogni anno esaminato, al netto quindi delle differenze dovute alla superficie occupata dal mare.

Aree Naturali (AN)

Con questo tematismo sono state messe in evidenza quelle porzioni di territorio che hanno conservato nel tempo uno stato identificabile come ad antropizzazione limitata o pari allo zero e di conseguenza ne indica anche la progressione del suo eventuale depauperamento. Queste aree possono comprendere una limitata viabilità costiera e di campagna e la presenza di costruzioni al loro interno, se queste incidono su zone non sottoposte ad altre forme di antropizzazione.

Aree di Recupero Ambientale o ad Antropizzazione Mitigata (AR)

Le Aree di recupero Ambientale o di Antropizzazione Mitigata (AR) vengono definite come quelle interessate in precedenza da fenomeni di antropizzazione e che allo stato attuale vedano un recupero dello stato naturale o pseudo-naturale. Danno un'indicazione sull'eventuale evoluzione positiva dell'area in esame, sia che corrisponda ad azioni indirette, come ad esempio la ripresa della naturalità in una zona precedentemente sottoposta ad impatti, che dirette, come nel caso della chiusura agli accessi di alcune parti di una spiaggia.

Copertura Sabbiosa (CS)

La superficie ricoperta da sedimenti sabbiosi può rappresentare un ottimo indicatore per quanto riguarda lo stato e l'evoluzione ambientale di una determinata spiaggia, specie nei casi di coperture sedimentarie relitte. La variazione di superficie può essere presa come indicatore di massima riguardo l'eventuale depauperamento dell'arenile ed anche su eventuali fenomeni di erosione o progradazione dello stesso, sempre nei limiti di precisione ed interpretazione dati dall'esame delle immagini. La copertura sabbiosa quindi, non potendosi stabilire la variazione volumetrica, è indicata come una superficie comprendente l'area all'interno della quale viene identificata la presenza del sedimento sabbioso sciolto, limitando il tematismo alle superfici caratterizzate da una copertura vegetazionale di duna o avanduna ed escludendo le parti identificabili come di duna fissa o riconducibili ad aree rocciose. Si è cercato inoltre di stabilire solo le unità compatte, evitando, in assenza di altri riscontri, la valutazione di zone a macchia di leopardo, in quanto facilmente confondibili con aree terrose o, nelle foto più recenti, già in parte modificate dall'uomo.

Aree ad Antropizzazione Limitata (AAL)

Il tematismo identifica una parte di territorio sulla quale insiste una evidente, anche lieve, antropizzazione ma in assenza di caratteristiche omogenee o comunque classificabili specificatamente (aree depauperate, circoscritte artificialmente). Può essere definita come una zona di confine, nella quale gli impatti sono presenti ma con una soglia di reversibilità contenuta.

Aree Agricole e Rurali (AGR)

Caratterizzate da confini bene evidenti e con segni di lavorazione distinguibili, identificano quella parte di territorio sulla quale insistono, in generale, coltivazioni agricole o attività legate alla pastorizia. Possono comprendere anche terreni non attualmente utilizzati ma non soggetti a recupero ambientale o comunque difficili da individuare rispetto a quelli attivi.

Aree Antropizzate Stabili (AAS)

Con il termine di Aree Antropizzate Stabili (AAS) viene indicata quella porzione di territorio soggetta ad impatti antropici stabili, costituiti ad esempio da opere di urbanizzazione ben definite (aree cementate, parcheggi ecc.). Sono quindi individuate le parti dell'area di studio che hanno subito e subiscono pressioni maggiori, e che limitano in tal modo le capacità di espansione e resilienza degli ambienti naturali.

Edifici Costieri e di Campagna (EC)

Gli edifici costieri e di campagna comprendono qualunque tipo di struttura ben identificabile e sono rappresentati sia sotto forma di complessi nei casi di strutture urbanizzate compatte, sia singolarmente, nei casi di presenze puntuali ma, in ogni modo, ben distinguibili. In quest'ultimo caso come in parte già detto, gli edifici possono essere compresi all'interno dell'Area Antropizzata Stabile, come nell'Area ad Antropizzazione Limitata e nell'Area Naturale. In quest'ultima un esempio tipico della zona è quello della *barracas* presenti per un lungo periodo in località San Giovanni di Sinis, ma anche, pur se in misura minore in altre spiagge della fascia costiera in studio.

Strade Costiere e di Campagna (SCC), Strade Asfaltate (SA), Sentieri (SNT)

Vengono definiti in questo modo i percorsi principali non asfaltati presenti nelle diverse aree di studio. Nelle immagini più recenti sono stati messe maggiormente in evidenza le strade ben delimitate e, in linea di massima, permanenti, con la facoltà di poter essere percorsi dai mezzi a motore, mentre nel contesto storico riconducibile alle ortofoto più datate sono stati compresi i percorsi meglio distinguibili e identificabili con ragionevole certezza. Le Strade Asfaltate (SA), presenti solo nelle immagini più recenti, rappresentano un punto importante dell'influenza nelle aree di studio, in quanto fondamentali per l'evoluzione degli spostamenti verso e dalla fascia costiera, specie nell'ottica dei flussi stagionali turistici.

I Sentieri indicano percorsi prevalentemente utilizzabili a livello tipo pedonale e comunque senza possibilità di accesso autorizzato ai mezzi motorizzati. Pur rappresentando un'opera antropica, essa si può configurare in alcuni casi come un apporto positivo alla tutela e salvaguardia dei sistemi di spiaggia, specie nei casi in cui vi sia la presenza di passerelle di accesso alle spiagge.

Aree Storico - Archeologiche (ASA), Edifici Storici (ES)

Rappresentano le forme di antropizzazione più antiche presenti nelle aree di studio. Si è fatto riferimento a quelle più importanti ricavabili dall'esame delle ortofoto e che abbiano avuto una minima evoluzione nel corso nei diversi anni in esame, tentando di attribuire alla loro presenza un peso che correli gli impatti provocati ed il loro valore storico e culturale. Gli Edifici Storici identificano invece quelle strutture classificabili come di interesse storico e/o archeologico, ma che, per la loro dimensione e mancanza di organicità, non minano l'integrità delle aree sulle quali insistono. Le aree puntiformi difficilmente identificabili e quelle che non hanno avuto un'evoluzione sostanziale (ad esempio nuraghi), se e ove presenti verranno ricavate dalla cartografia bibliografica disponibile e nelle carte d'insieme.

3.8.3 Acquisizione ed analisi dei dati

Al fine dell'acquisizione e della successiva analisi dei dati, le ortofoto sono state esaminate attraverso il software Qgis ed individuando, tramite le diverse funzionalità di disegno, i confini generali delle singole aree di studio ed i tematismi presenti al loro interno.

L'ortofoto di riferimento per la definizione delle superfici di studio è stata quella del 2008, per via della sua migliore risoluzione grafica, che ha consentito l'identificazione più facile di punti di riferimento precisi e per la maggior similarità alla situazione attuale degli ambienti di studio. La lunghezza delle diverse aree è stata valutata procedendo lungo le linee di riva e considerando la distanza quella tra i capi principali delle spiagge, non tenendo sempre pedissequamente conto delle denominazioni toponime ufficiali ma adattandosi alla concezione di unità geo-ambientale il più possibile omogenea e coerente. Per quanto riguarda l'estensione in larghezza, questa è stata invece determinata prendendo in considerazione una distanza media dalla linea di riva di circa 500 metri, ma in ogni caso cercando l'adattamento alle varie caratteristiche naturali e/o antropiche presenti nel territorio, come per esempio i terreni agricoli o la viabilità costiera. Ogni immagine è stata quindi analizzata singolarmente e confrontata con quelle più antiche e/o più recenti al fine di meglio circoscrivere e definire i tematismi, consentendo di comprendere meglio determinate fasi dell'evoluzione del territorio, come nel caso nell'individuazione e differenziazione tra le aree naturali e quelle di recupero ambientale, non sempre di facile distinzione.

Le diverse caratteristiche tematiche sono state inizialmente definite scegliendo un diverso colore per ogni anno in esame: questo ha consentito di avere sempre ben chiari i riferimenti di un particolare periodo, limitando gli errori e consentendo un primo confronto immediato dei diversi tematismi.

3.8.4 Sviluppo delle carte evolutive

Una volta terminate le operazioni di individuazione e perimetrazione, si è proceduto con la creazione delle carte relative alle diverse aree di studio e per ogni diverso anno delle ortofoto. In questo caso per ogni tematismo si è scelto un colore particolare che lo identificasse poi nella specifica legenda e che venisse riportato nella stessa maniera per ogni diversa zona e per ogni diverso periodo di studio. Il risultato finale (immagine) restituisce con immediatezza le variazioni occorse nel tempo nella stessa area di studio, permettendo un'analisi visiva immediata, integrata dai dati numerici ricavati.

3.8.5 Interpretazione delle tabelle e dei grafici

Lo sviluppo delle carte ha consentito di ricavare i dati poi necessari alla valutazione evolutiva delle singole aree di studio. Questi sono riassunti in tabelle e mostrati graficamente tramite istogrammi.

Le tabelle indicano per ogni singolo tematismo e ove necessario:

- superficie o lunghezza, espresse rispettivamente in m e m²
- percentuale di copertura in rapporto all'area di studio netta (%ASN)
- variazione della percentuale di copertura in rapporto all'area di studio netta ($\Delta\%$ ASN) rispetto all'anno in esame precedente
- variazione della superficie o della lunghezza rispetto all'anno in esame precedente $\Delta\%$ T.

3.9 Uso complementare della fotografia storica

Al fine di coadiuvare la comprensione dell'evoluzione antropica e naturale dell'area di studio è stata svolta un'attività complementare di ricerca, riguardante immagini storiche non tecniche della Penisola del Sinis. Le immagini acquisite più significative hanno riguardato le aree di San Giovanni di Sinis (Collezione Vacca, Collezione Manca-Cossu), Is Arutas (collezione Poddi) e Funtana Meiga (Collezione personale).

Nonostante le difficoltà di datazione precisa, grazie alla testimonianza dei proprietari si è risaliti al periodo presumibile della foto riferito al decennio, ma per quanto riguarda la Collezione Vacca, in alcuni casi addirittura al giorno esatto dello scatto. Le immagini sono state quindi analizzate identificando, per quanto possibile, il posizionamento e riscontrando le principali differenze con la situazione odierna, sia a livello di stato naturale che di presenza antropica (Bannon et al., 2010) (Bini et al., 2008)

Capitolo 4

Risultati

4.1 - Rilievi geomorfologici

4.1.1 - Rilevamento geomorfologico della spiaggia emersa

4.1.1.1 Mari Ermi - Me

Dall'esame delle linee di riva (Lr) e dei profili si nota come nel secondo e terzo transetto (T2 e T3) i cambiamenti occorsi tra l'estate (L14) e l'autunno del 2014 (O14) siano piuttosto limitati, sia per la tendenza gli spostamenti della linea di riva, sia per le forme morfologiche principali presenti sulla spiaggia emersa. In particolare i profili seguono un andamento piuttosto lineare nel secondo transetto in autunno (T2 O14) e nel terzo transetto in entrambe le stagioni (T3 L14, T3 O14); il secondo transetto mostra invece nel profilo estivo (T2 L14) una berma di tempesta ed un piede della duna più evidenti. Il primo transetto (T1) evidenzia modifiche maggiori, con una berma ordinaria ben definita in autunno, diverse berme secondarie ed una netta depressione interberma che precede la berma di tempesta. Si tratta di una conformazione in parte dovuta alla massiccia presenza di depositi di *Posidonia oceanica* (L.) Delile sull'arenile, i quali sono anche arrivati a coprire buona parte della linea di riva settentrionale, rendendo impossibile la sua misurazione. Questo stato dell'ambiente di sedimentazione tende a rafforzare la valenza (evidenziata anche nei rilievi multidato) di questi depositi lungo il sistema di spiaggia di Mari Ermi oltre a mostrare una generale maggiore reattività ai fenomeni meteomarinari della sua parte settentrionale.

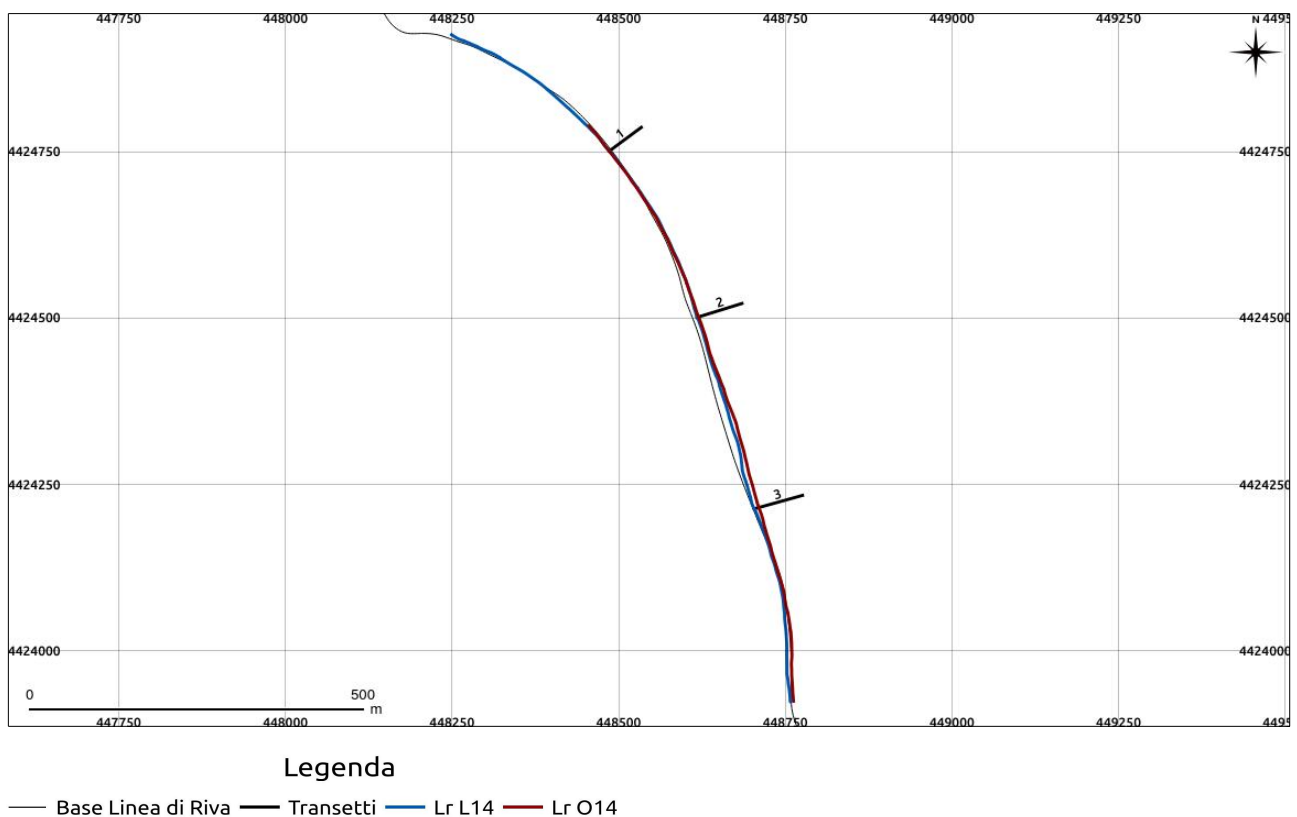


Fig. 4.1.1 – Mari Ermi, evoluzione linea di riva estate-autunno 2014 (Lr L14 - Lr O14)

Mari Ermi Transetto 1 – ME T1

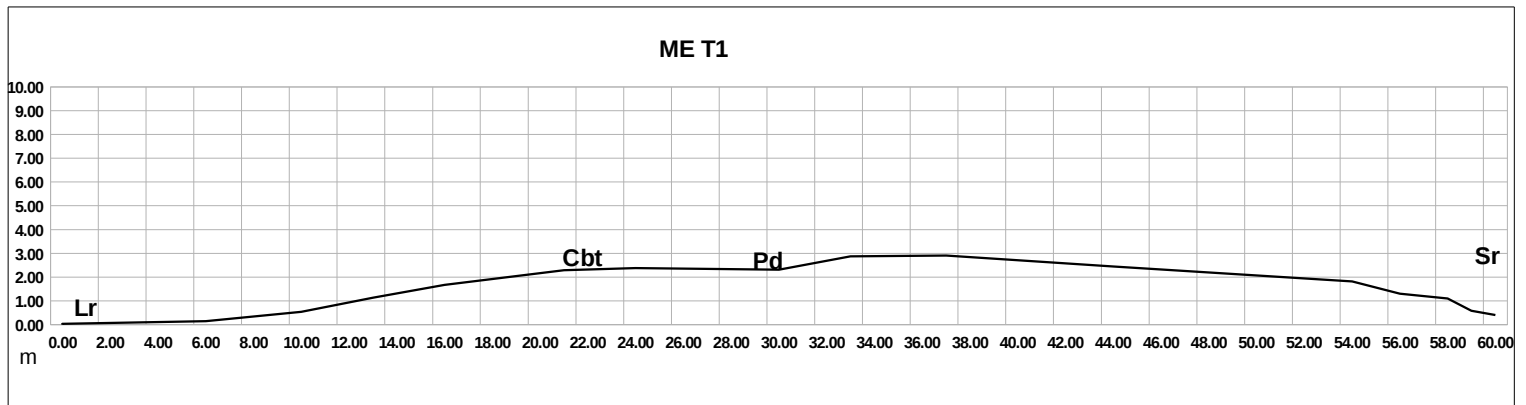


Fig. 4.1.2 – Mari Ermi, Transetto 1, profilo generale

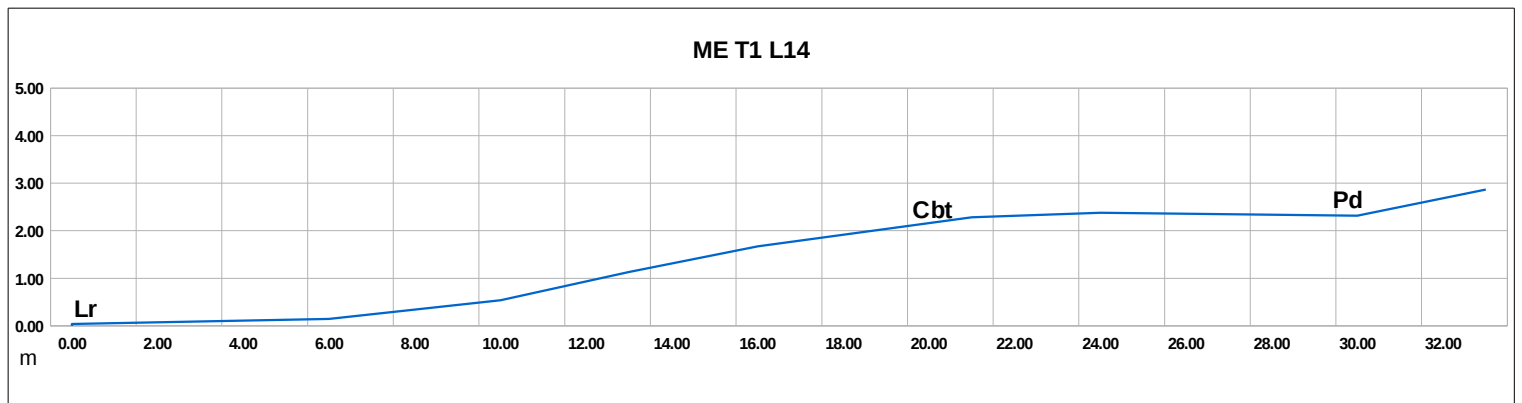


Fig. 4.1.3 – Mari Ermi, Transetto 1, profilo estivo

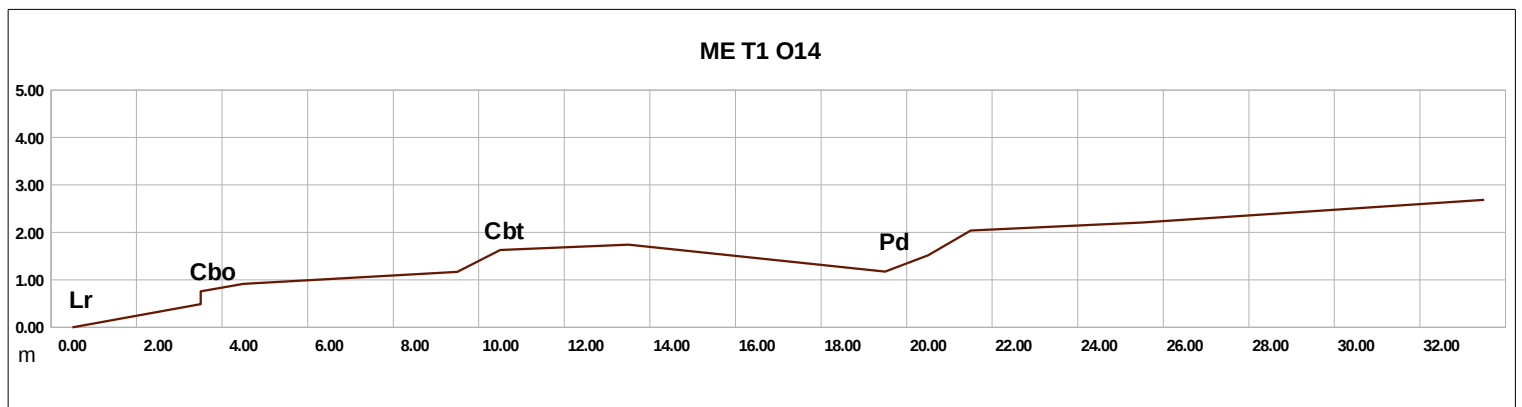


Fig. 4.1.4 – Mari Ermi, Transetto 1, profilo autunno 2014

Legenda

- Lr: Linea di riva
- Cbo: Cresta della berma ordinaria
- Cbt: Cresta della berma di tempesta
- Pd: Piede duna
- Vg: vegetazione
- Sr: stagni retrodunali
- m: muretto
- Sc: Strada costiera

Mari Ermi Transetto 2 – ME T2

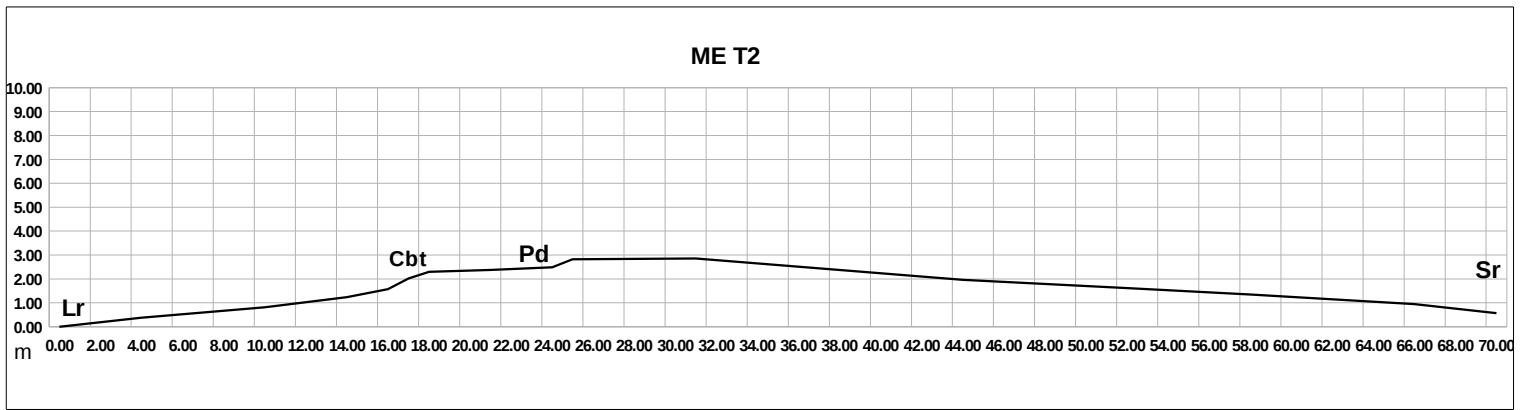


Fig. 4.1.5 – Mari Ermi, Transetto 2, profilo generale

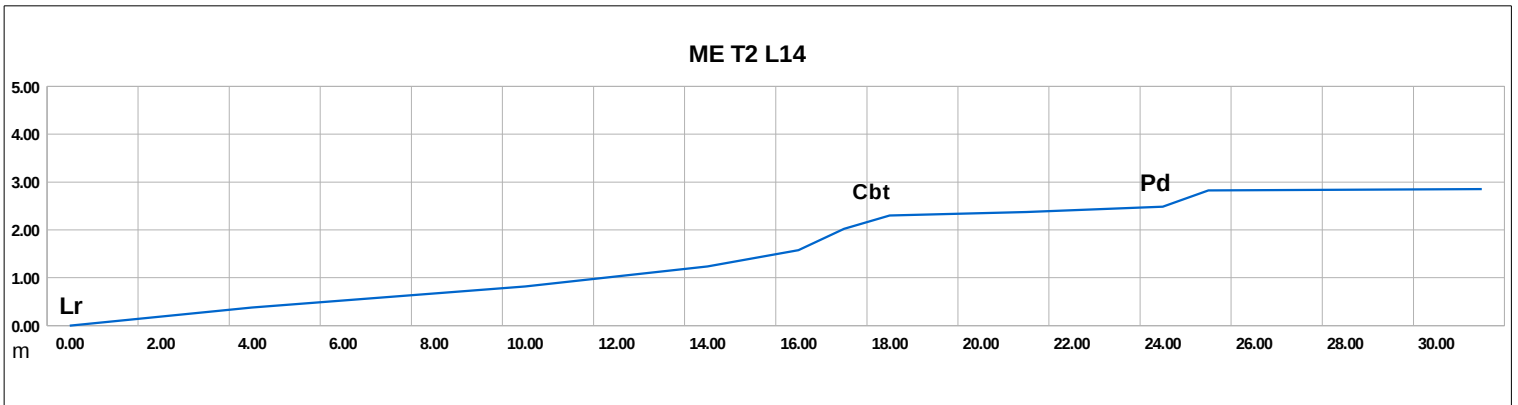


Fig. 4.1.6 – Mari Ermi, Transetto 1, profilo estivo

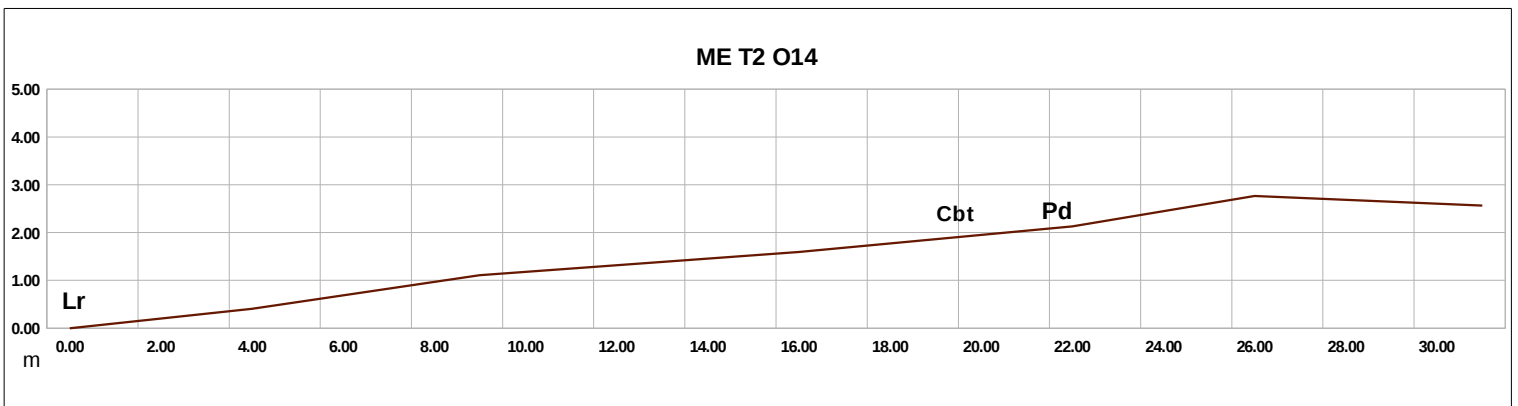


Fig. 4.1.7 – Mari Ermi, Transetto 1, profilo autunnale

Legenda

- | | | |
|-------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Lr: Linea di riva | Cbo: Cresta della berma ordinaria | Cbt: Cresta della berma di tempesta |
| Pd: Piede duna | Vg: vegetazione | Sr: stagni retrodunali |
| m: muretto | Sc: Strada costiera | |

Mari Ermi Transetto 3 – ME T3

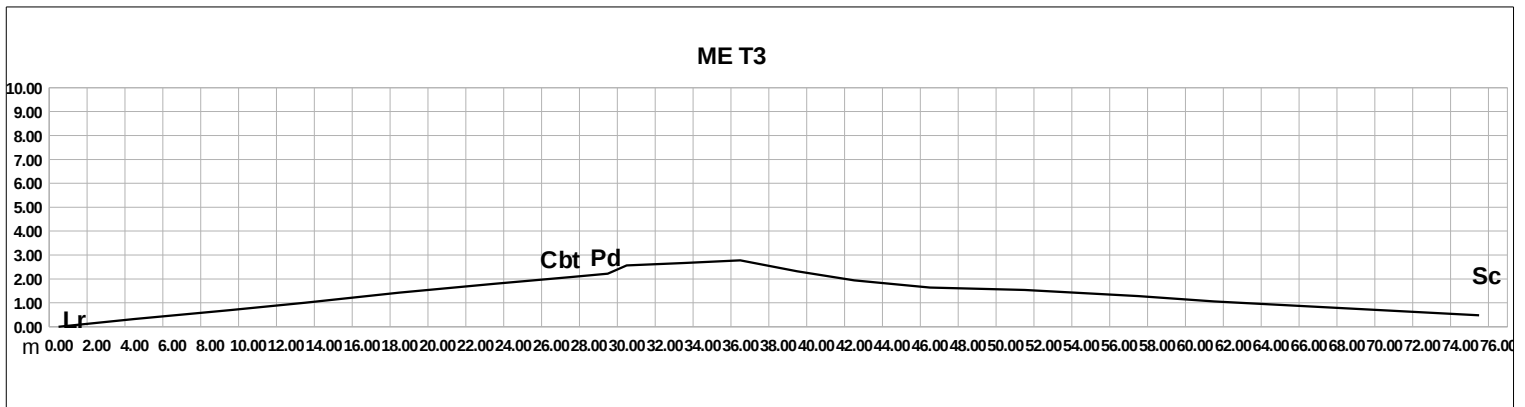


Fig. 4.1.8 – Mari Ermi, Transetto 3, profilo generale

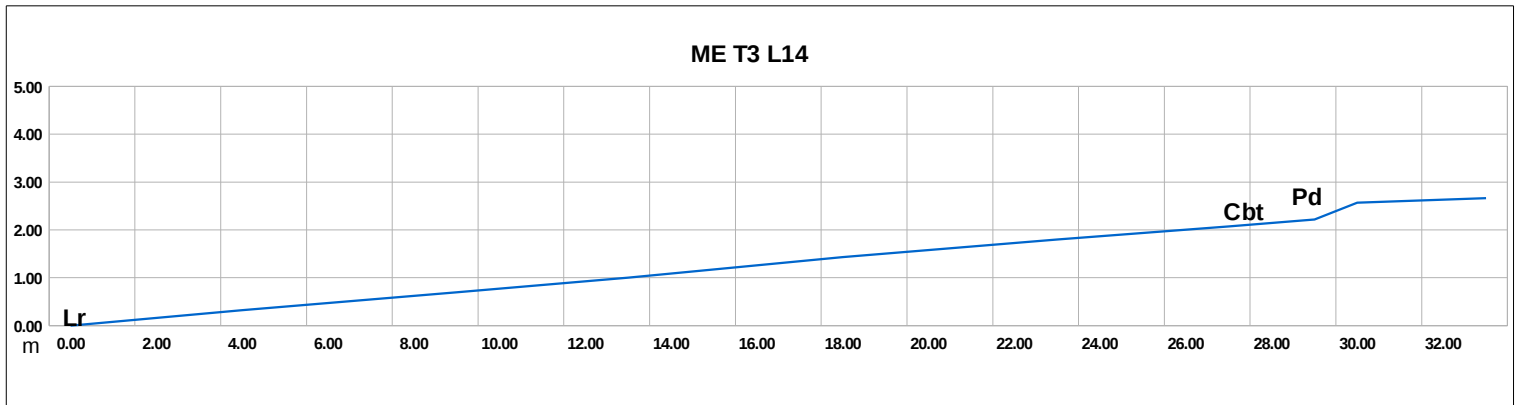


Fig. 4.1.9 – Mari Ermi, Transetto 1, profilo estivo

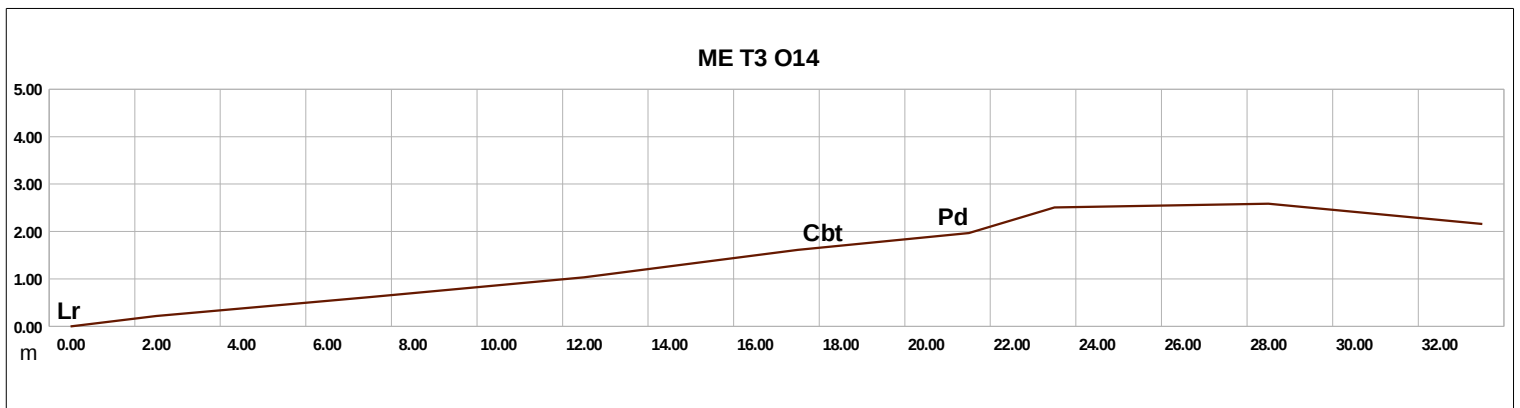


Fig. 4.1.10 – Mari Ermi, Transetto 1, profilo autunnale

Legenda

- | | | |
|-------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Lr: Linea di riva | Cbo: Cresta della berma ordinaria | Cbt: Cresta della berma di tempesta |
| Pd: Piede duna | Vg: vegetazione | Sr: stagni retrodunali |
| m: muretto | Sc: Strada costiera | |

4.1.1.2 Is Arutas - IA

La spiaggia di Is Arutas si presenta con profili estivi piuttosto lineari sia nella parte settentrionale che meridionale, caratterizzati da una limitata berma ordinaria, leggermente più spiccata nel secondo transetto (T2). Nel periodo autunnale si può invece notare come questa linearità sia interrotta da almeno tre berme nel primo transetto (con quella di tempesta a circa 30 metri dalla linea di riva) e da un andamento più acclive nel secondo transetto, con una berma di tempesta più vicina alla battigia ed una progressione verso l'avanduna senza soluzione di continuità.

Lo spostamento dei sedimenti verso la parte alta della spiaggia e la formazione di berme più definite conferma un'alta dinamicità del sistema di spiaggia in relazione ad eventi perturbativi di forte intensità (in questo caso da meridione) confermati anche dall'avanzamento della linea di riva verso la parte settentrionale ed un più spiccato arretramento in quella meridionale.

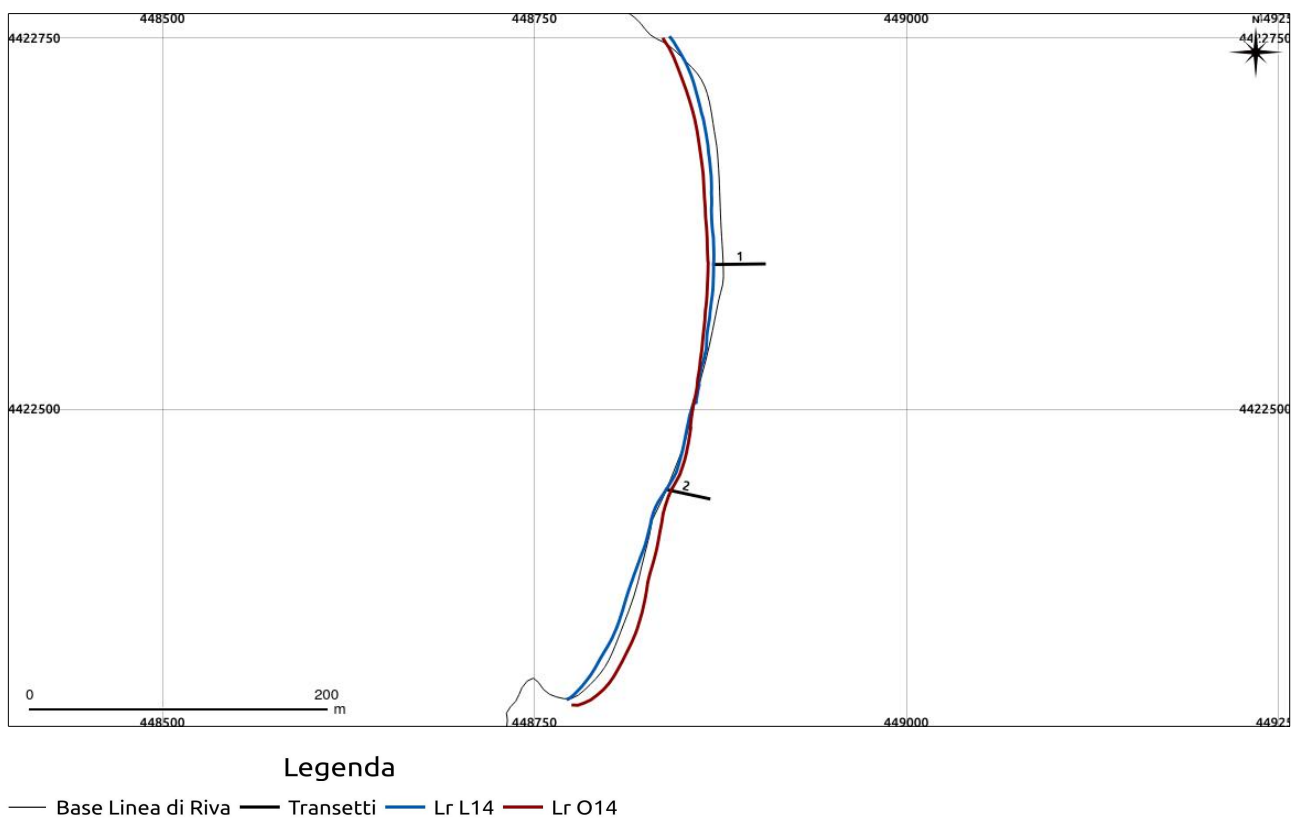


Fig. 4.1.11 – Is Arutas, evoluzione linea di riva estate-autunno 2014 (Lr L14 - Lr O14)

Is Arutas Transetto 1 – IA T1

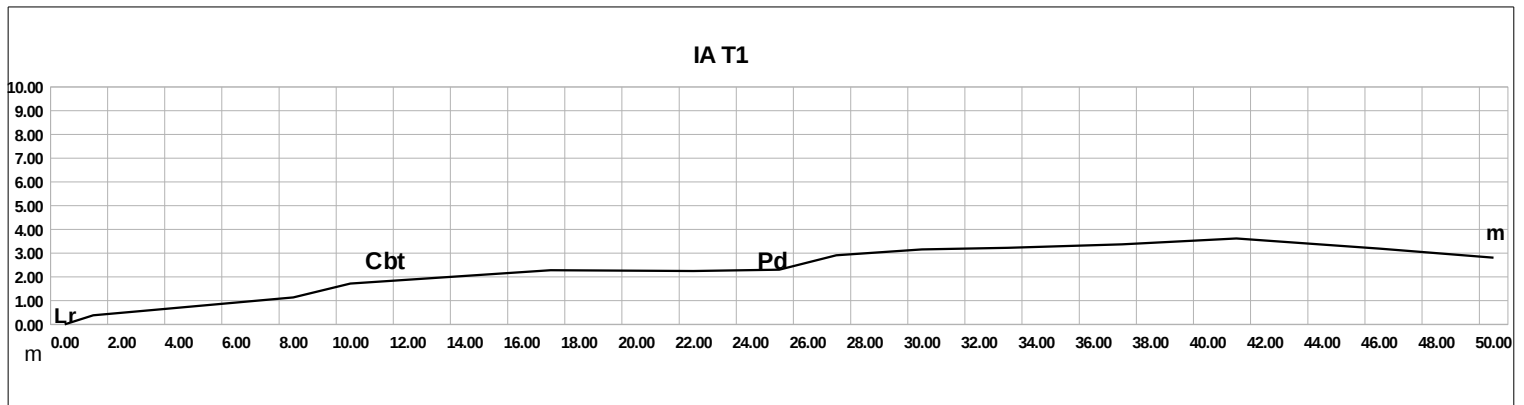


Fig. 4.1.12 – Is Arutas, Transetto 1, profilo generale

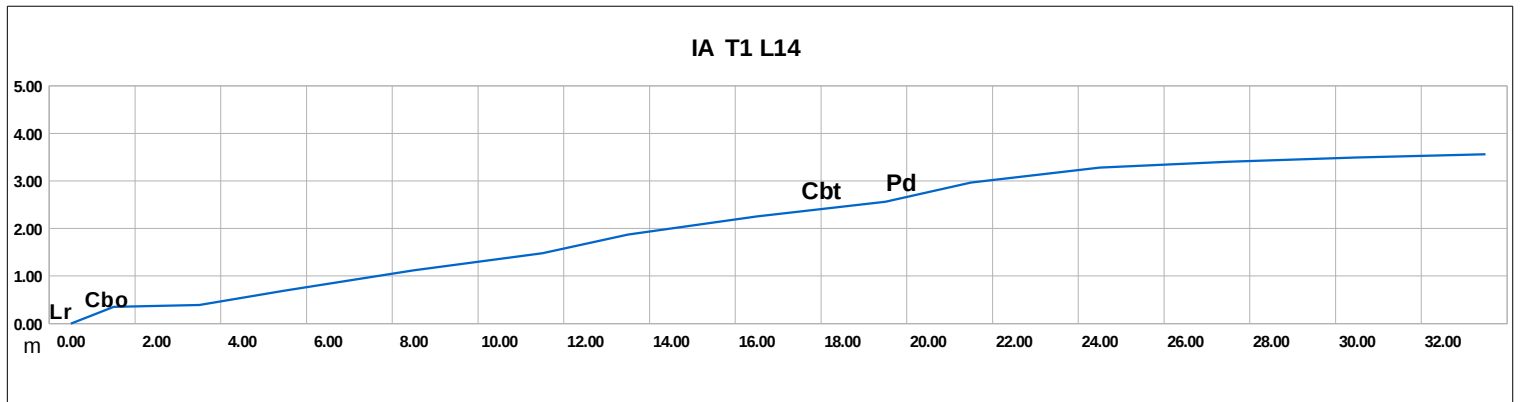


Fig. 4.1.13 – Is Arutas, Transetto 1, profilo estivo

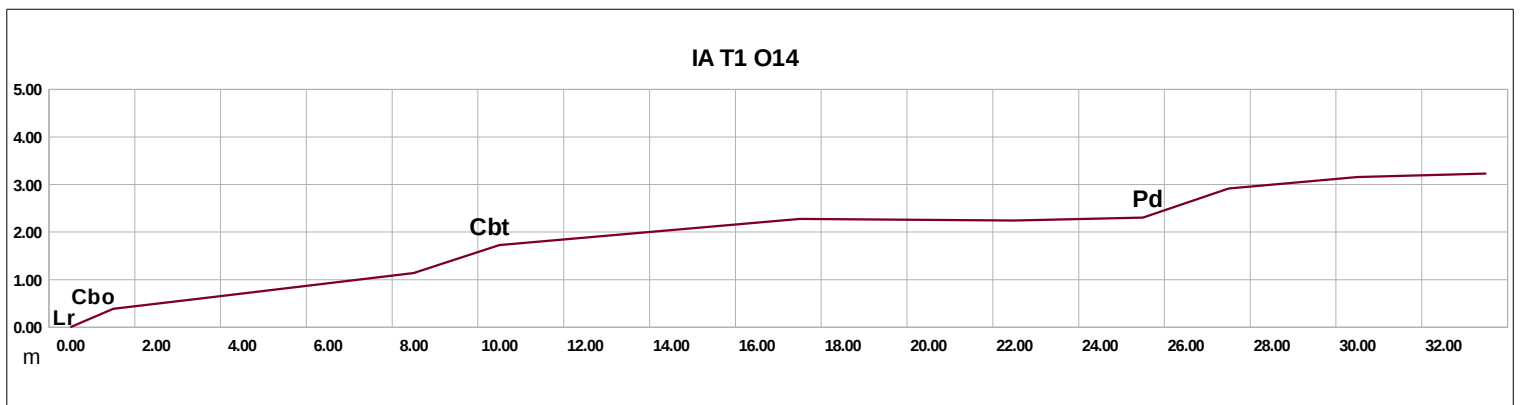


Fig. 4.1.14 – Is Arutas, Transetto 1, profilo autunnale

Legenda

- Lr: Linea di riva
- Cbo: Cresta della berma ordinaria
- Cbt: Cresta della berma di tempesta
- Pd: Piede duna
- Vg: vegetazione
- Sr: stagni retrodunali
- m: muretto
- Sc: Strada costiera

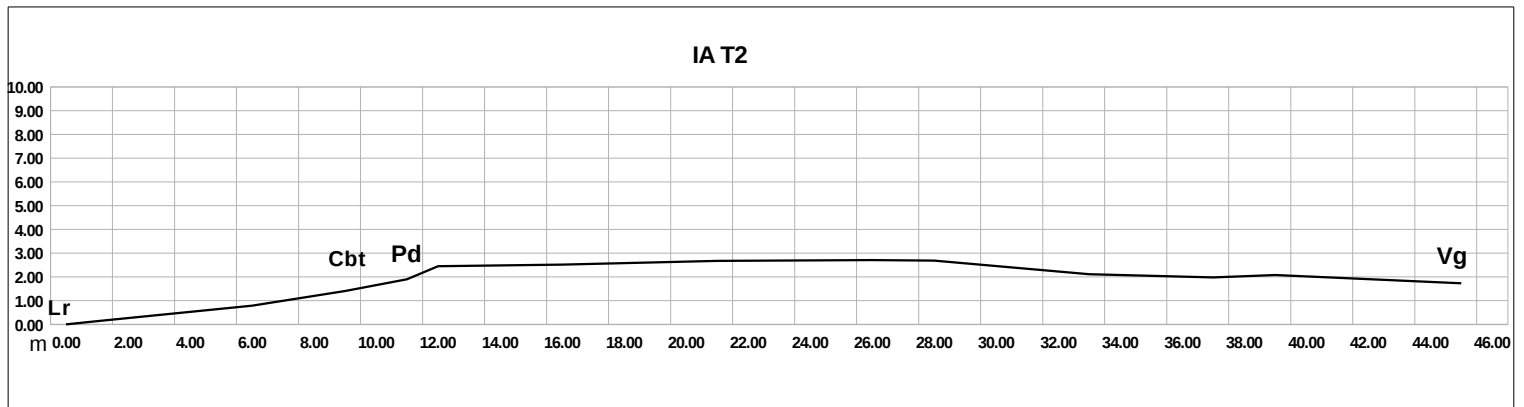


Fig. 4.1.15 – Is Arutas, Transetto 2, profilo generale

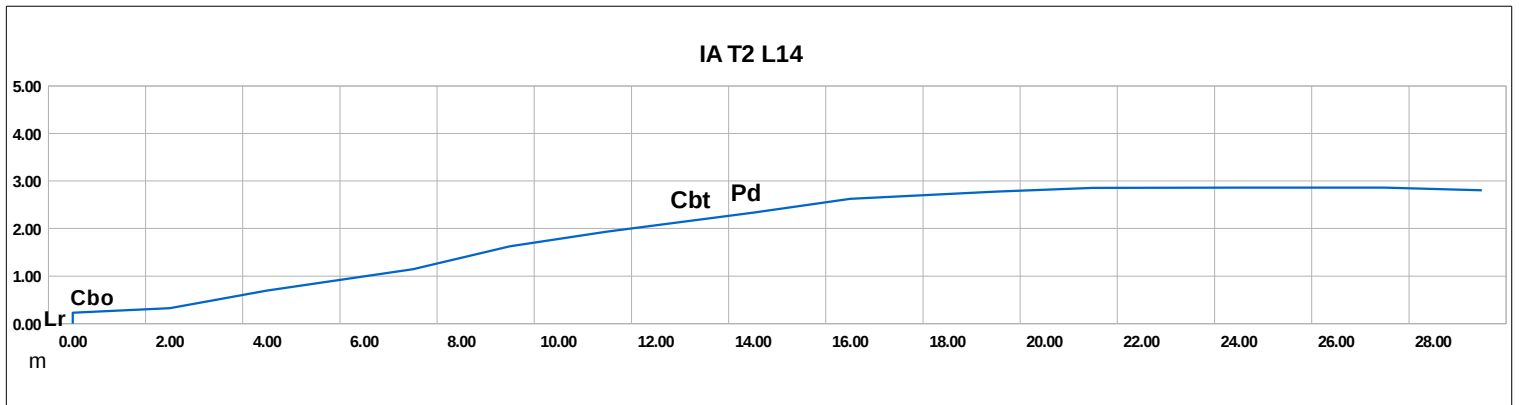


Fig. 4.1.16 – Is Arutas, Transetto 2, profilo estivo

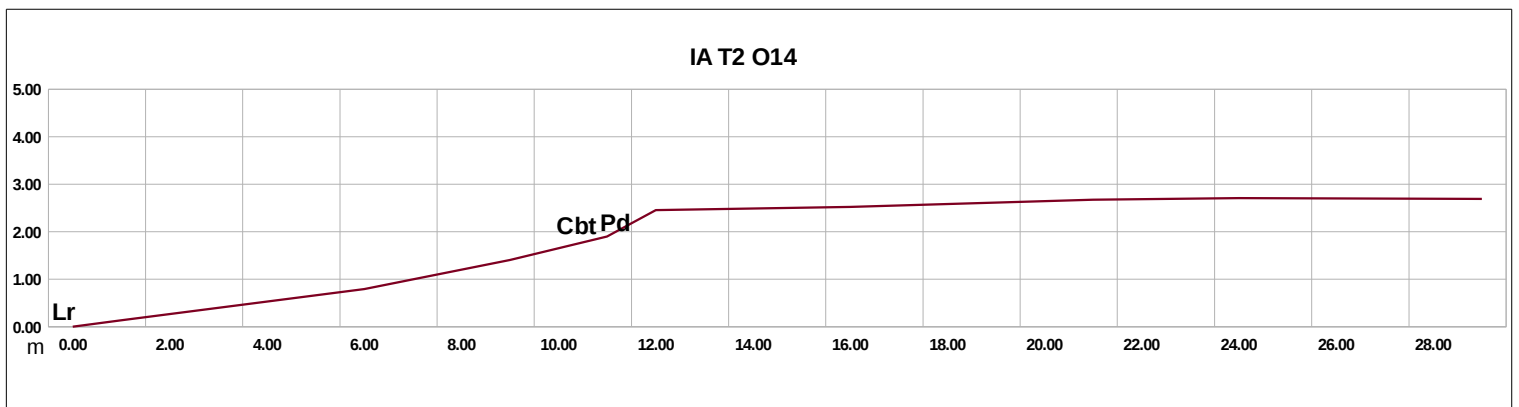


Fig. 4.1.17 – Is Arutas, Transetto 2, profilo autunnale

Legenda

- Lr: Linea di riva Cbo: Cresta della berma ordinaria Cbt: Cresta della berma di tempesta
- Pd: Piede duna Vg: vegetazione Sr: stagni retrodunali
- m: muretto Sc: Strada costiera

4.1.1.3 S'Archeddu 'e Sa Canna - SAC

L'analisi delle linee di riva evidenzia come nell'intervallo trascorso tra i due rilievi vi sia stata una sostanziale immutabilità delle parte meridionale ed un arretramento (mediamente intorno ai 5-6 metri) in quella settentrionale; i notevoli spostamenti linea di riva in questa parte del sistema di spiaggia, messi in evidenza anche dai rilievi fotografici, è certamente meritevole di ulteriori approfondimenti, in quanto da fonti del luogo pare sia un fenomeno tipico di questa parte della fascia costiera della Penisola del Sinis. L'andamento dei profili mostra una berma di tempesta decisamente più avanzata in entrambi i profili autunnali, ed un andamento più frammentato in quelli estivi, con una maggiore evidenza della berma ordinaria in entrambi i transetti.

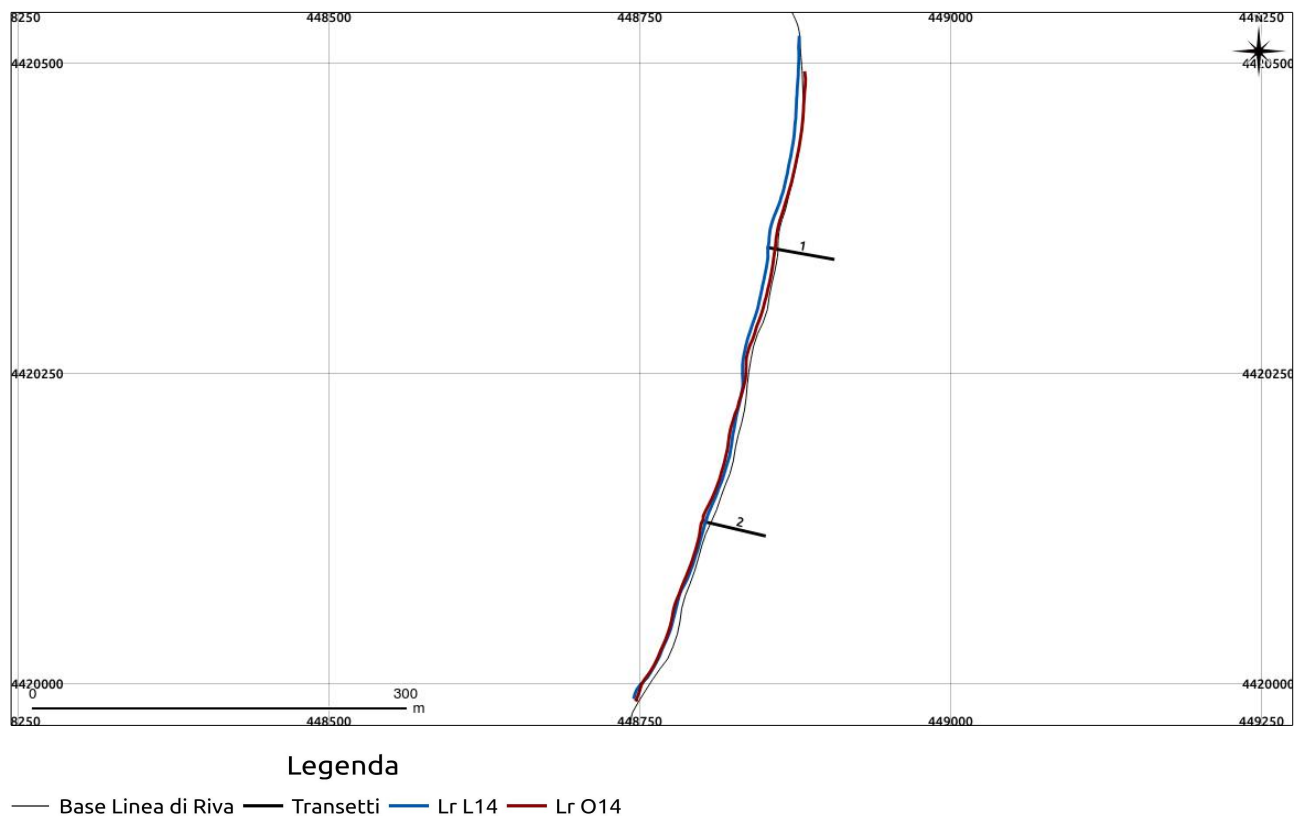


Fig. 4.1.18 – S'Archeddu 'e Sa Canna, evoluzione linea di riva estate-autunno 2014 (Lr L14 - Lr O14)

S'Archeddu 'e Sa Canna, Transetto 1 – SAC T1

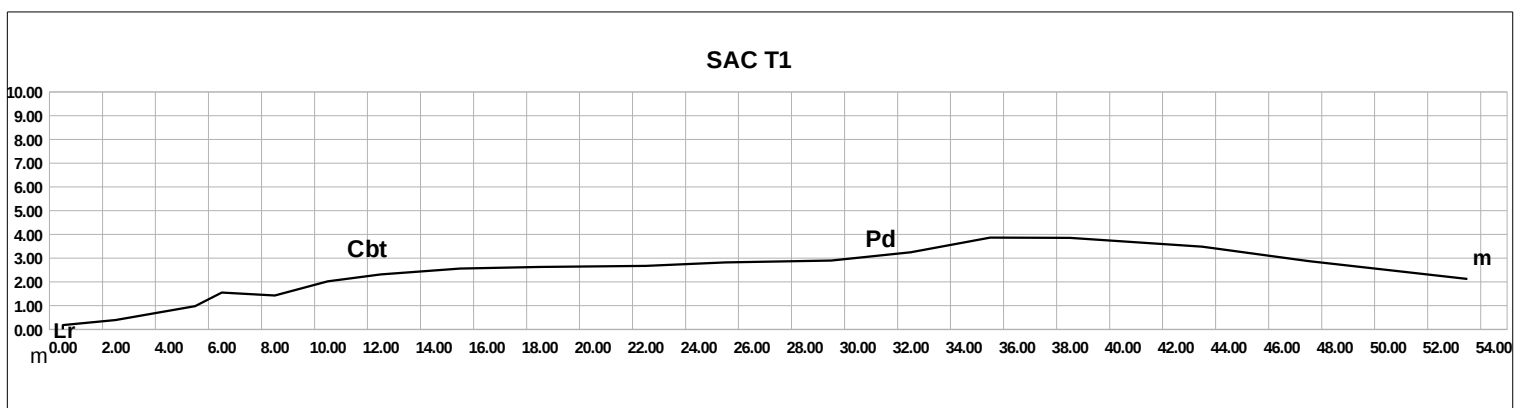


Fig. 4.1.19 – S'Archeddu 'e Sa Canna, Transetto 1, profilo generale

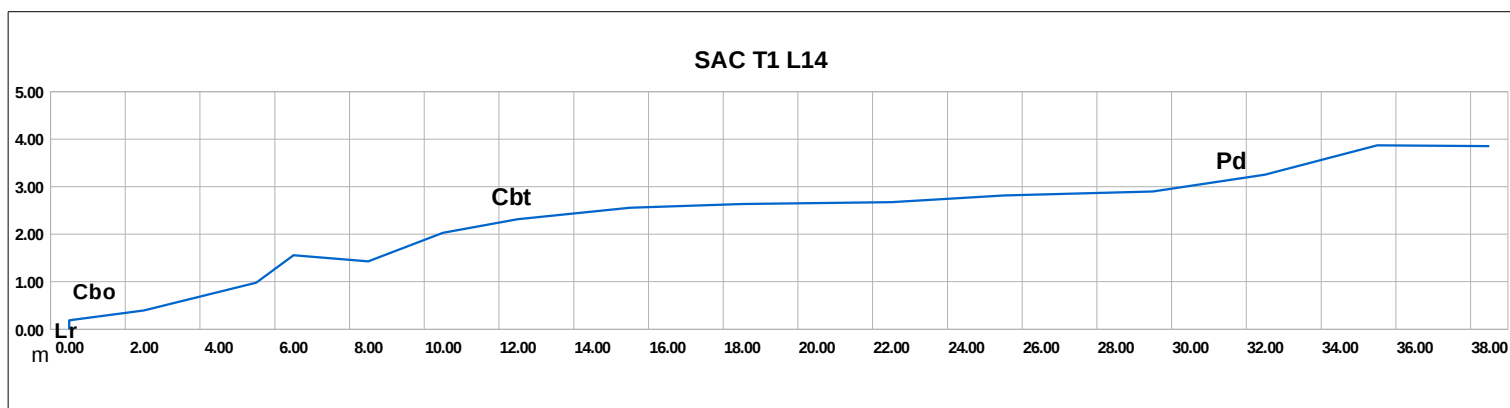


Fig. 4.1.20 – S'Archeddu 'e Sa Canna, Transetto 1, profilo estivo

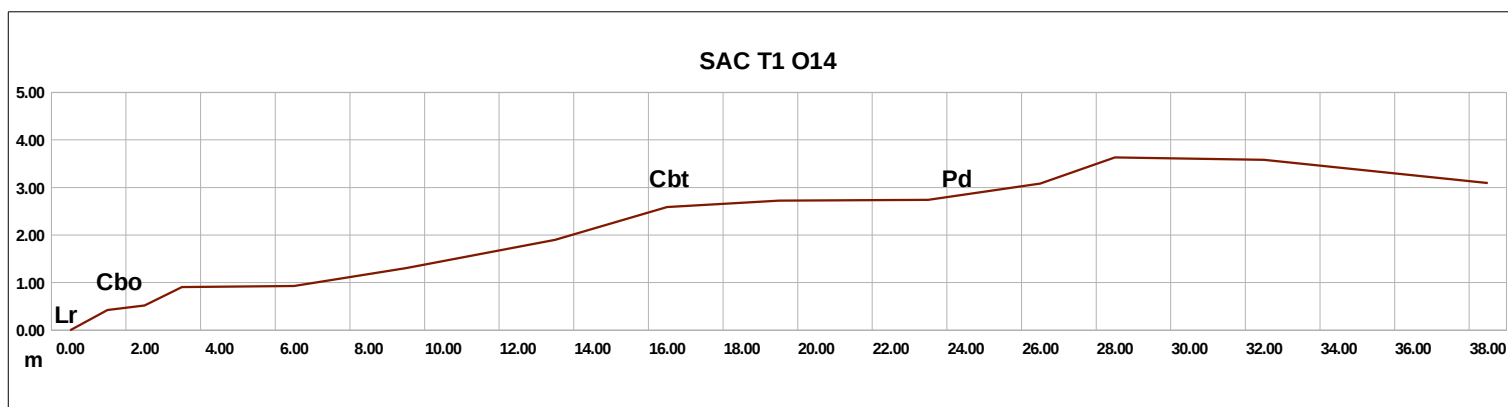


Fig. 4.1.21 – S'Archeddu 'e Sa Canna, Transetto 1, profilo autunnale

Legenda

- Lr: Linea di riva Cbo: Cresta della berma ordinaria Cbt: Cresta della berma di tempesta
- Pd: Piede duna Vg: vegetazione Sr: stagni retrodunali
- m: muretto Sc: Strada costiera

S'Archeddu 'e Sa Canna, Transetto 1 – SAC T2

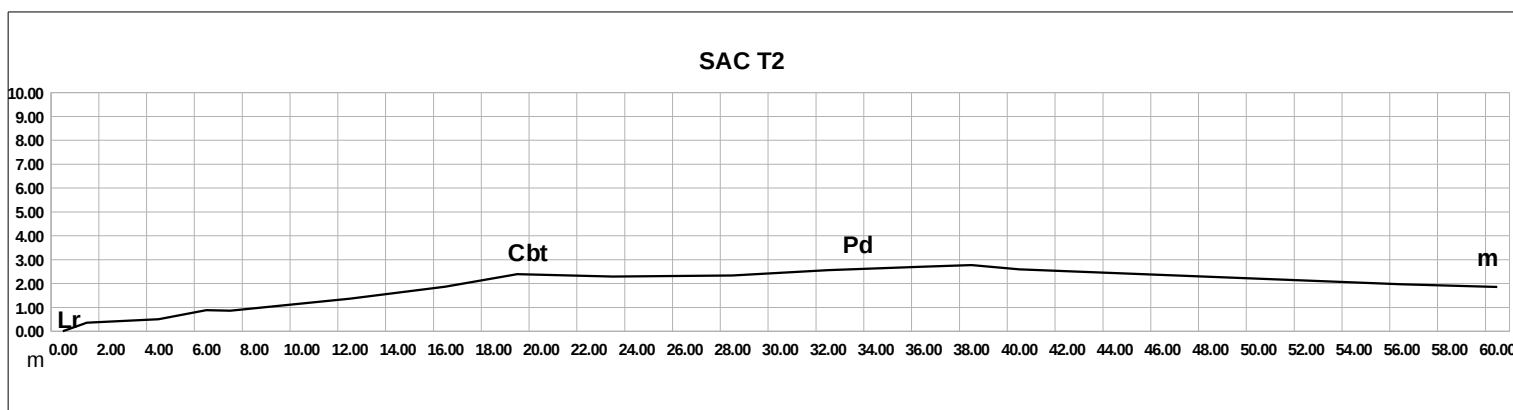


Fig. 4.1.22 – S'Archeddu 'e Sa Canna, Transetto 2, profilo generale

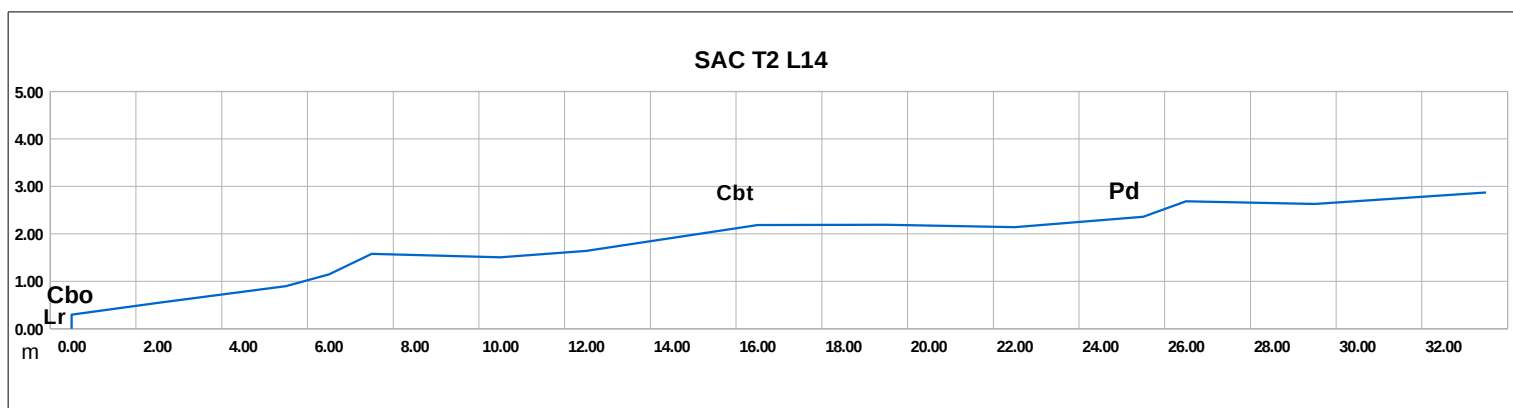


Fig. 4.1.23 – S'Archeddu 'e Sa Canna, Transetto 2, profilo estivo

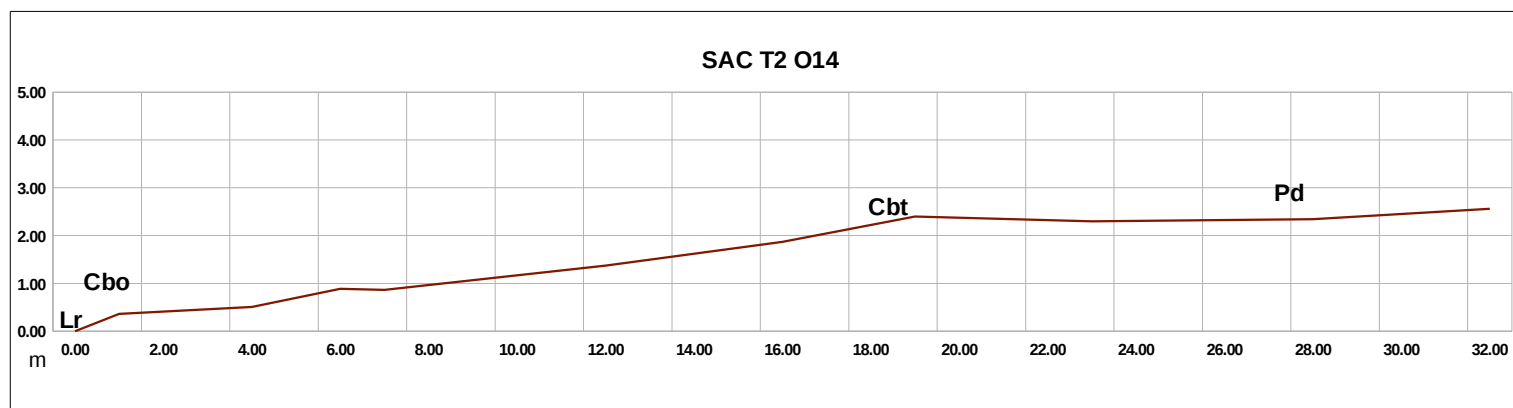


Fig. 4.1.24 – S'Archeddu 'e Sa Canna, Transetto 2, profilo autunnale

Legenda

- | | | |
|-------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Lr: Linea di riva | Cbo: Cresta della berma ordinaria | Cbt: Cresta della berma di tempesta |
| Pd: Piede duna | Vg: vegetazione | Sr: stagni retrodunali |
| m: muretto | Sc: Strada costiera | |

4.1.1.4 Maimoni - MM

I rilievi evidenziano un forte avanzamento della linea di riva nella parte centrale ad Ottobre, ed un suo arretramento nella parte meridionale, di valore minore ma protratto per una maggiore lunghezza. L'andamento dei profili evidenzia in autunno un sostanziale appiattimento delle forme geomorfologiche presenti, seppure non spiccatamente, nel periodo estivo. Le differenze maggiori lungo i profili si hanno nel secondo (T2) e terzo transetto (T3), con un andamento più lineare ad Ottobre e berme più evidenti a Luglio, anche per via dei notevoli depositi di *Posidonia oceanica* (L.) Delile presenti nella parte bassa del sistema di spiaggia. Il quarto transetto mostra invece un profilo simile seppur sfalsato di qualche metro a causa dell'arretramento della linea di riva in quella parte del sistema di spiaggia. Anche Maimoni mostra una notevole capacità di reazione agli eventi perturbativi, più evidente nella sua parte centro-settentrionale, lungo la quale vi sono segni evidenti di una notevole capacità di ingressione del moto ondoso sul sistema di spiaggia.

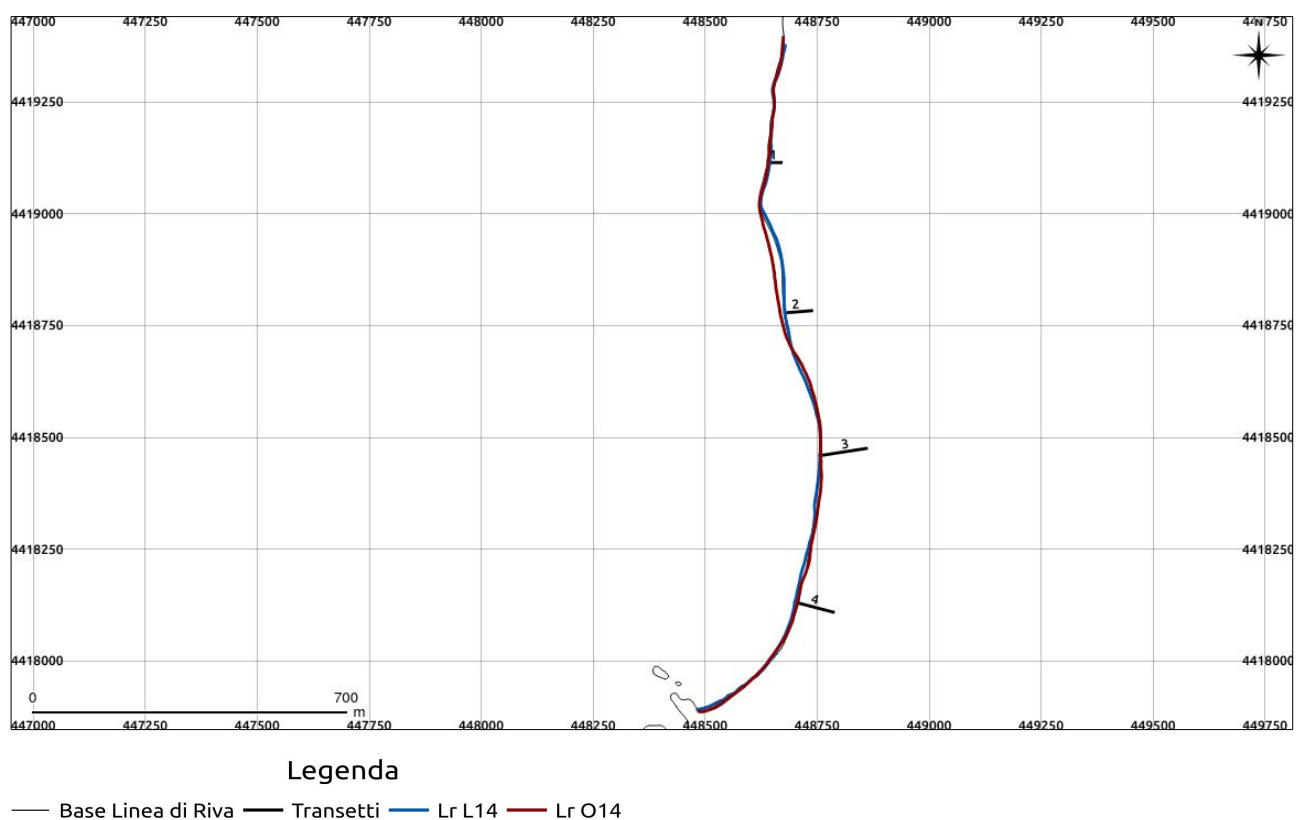


Fig. 4.1.25 – Maimoni, evoluzione linea di riva estate-autunno 2014 (Lr L14 - Lr O14)

Maimoni, Transetto 1 – ME T1

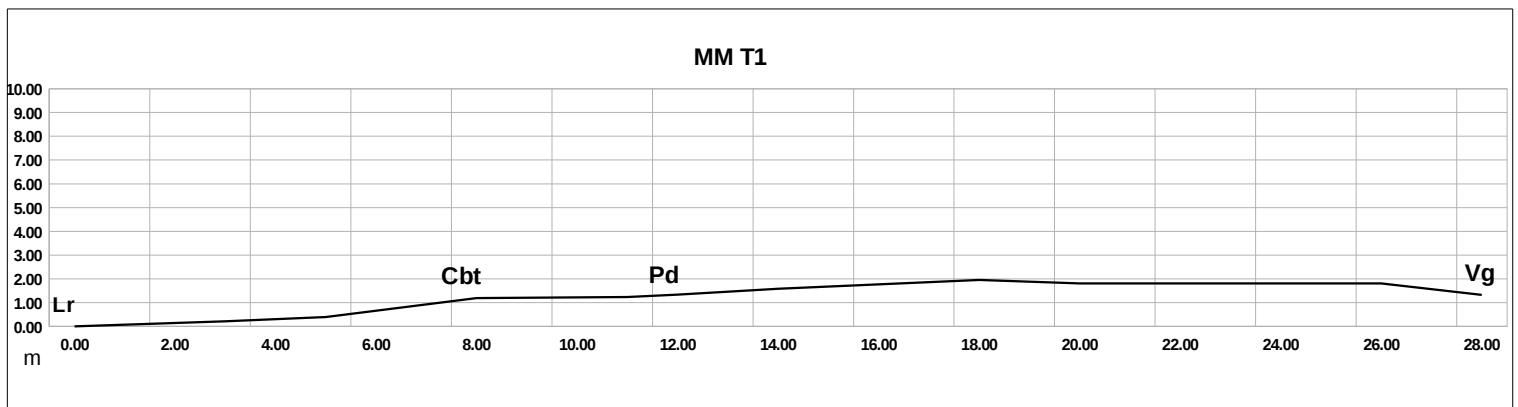


Fig. 4.1.26 – Maimoni, Transetto 1, profilo generale

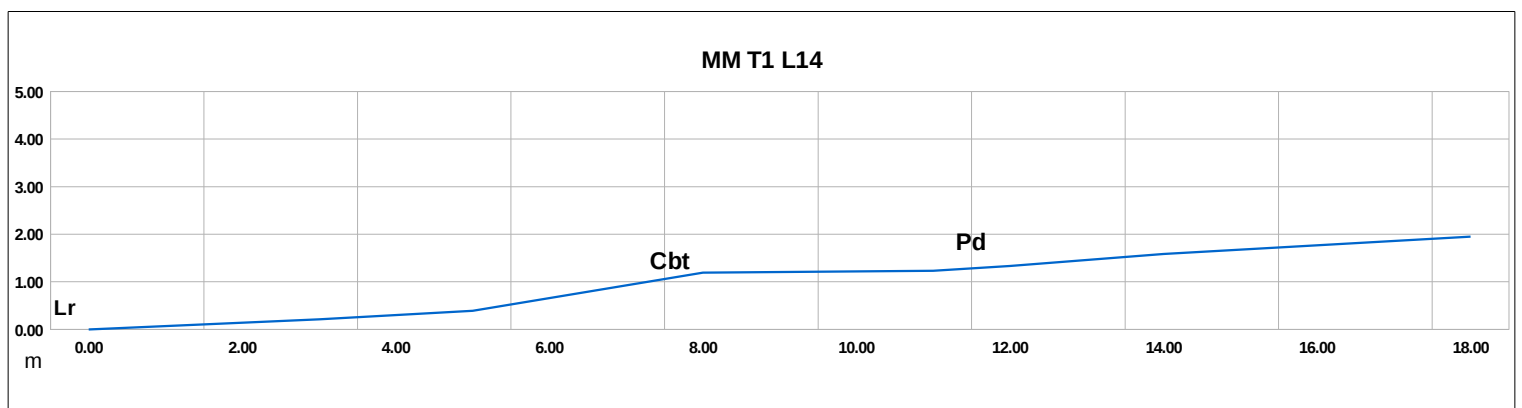


Fig. 4.1.27 – Maimoni, Transetto 1, profilo estivo

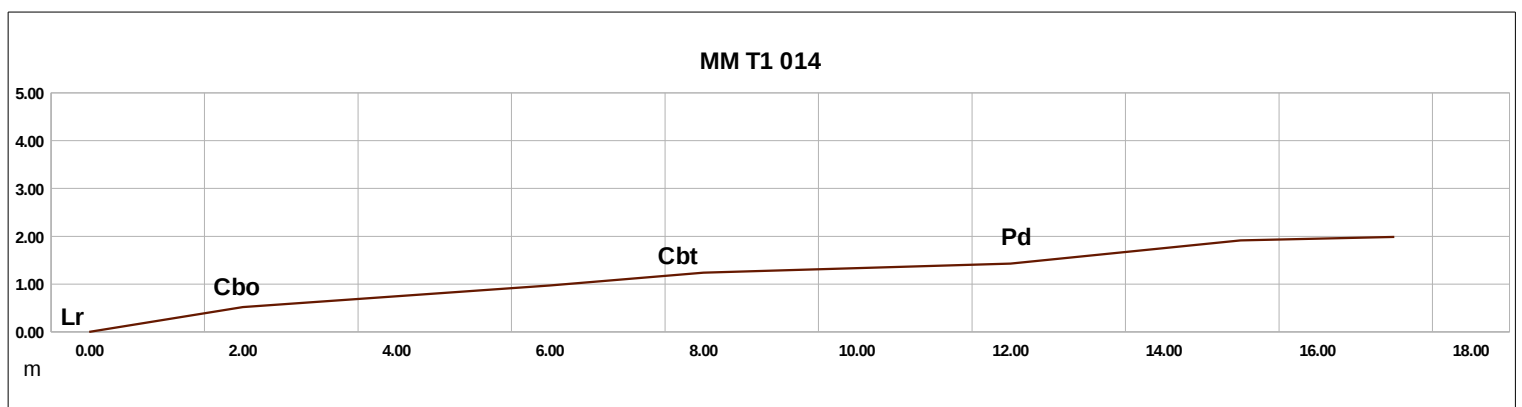


Fig. 4.1.28 – Maimoni, Transetto 2, profilo autunnale

Legenda

- Lr: Linea di riva
- Pd: Piede duna
- m: muretto
- Cbo: Cresta della berma ordinaria
- Vg: vegetazione
- Sr: stagni retrodunali
- Sc: Strada costiera
- Cbt: Cresta della berma di tempesta

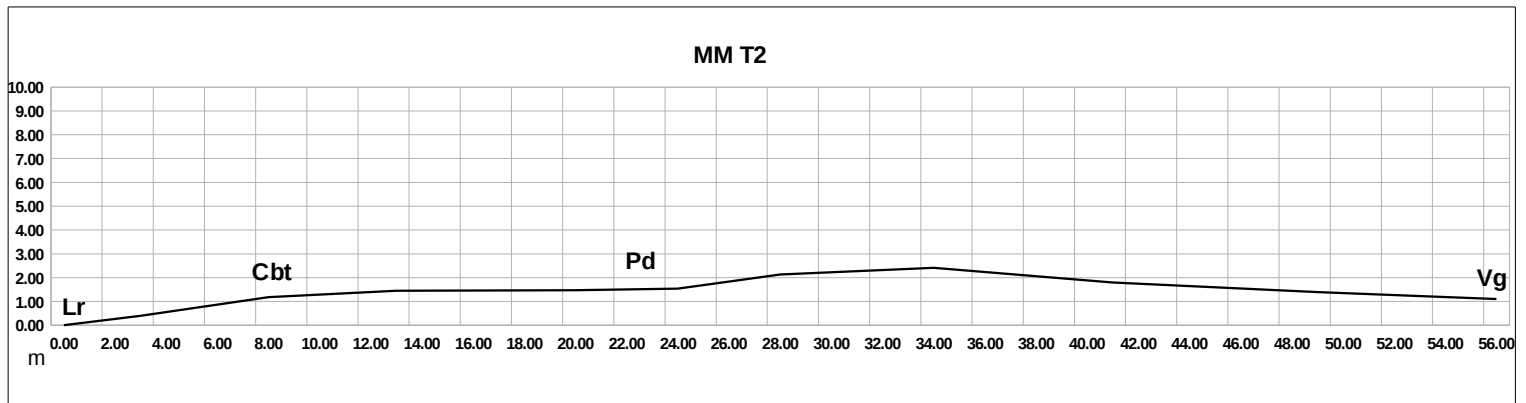


Fig. 4.1.29 – Maimoni, Transetto 2, profilo generale

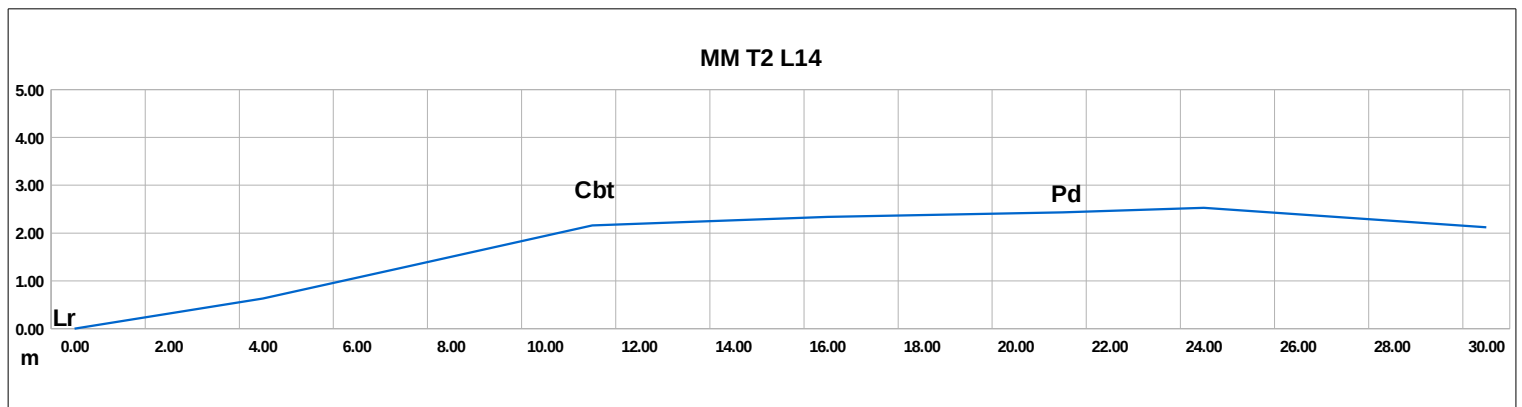


Fig. 4.1.30 – Maimoni, Transetto 2, profilo estivo

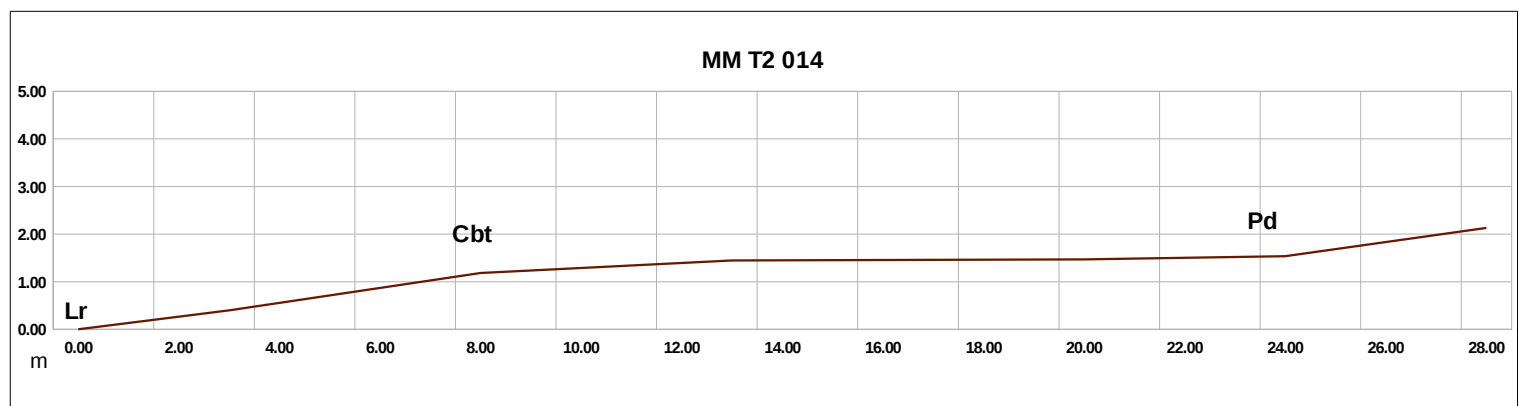


Fig. 4.1.31 – Maimoni, Transetto 2, profilo autunnale

Legenda

- Lr: Linea di riva
- Cbo: Cresta della berma ordinaria
- Cbt: Cresta della berma di tempesta
- Pd: Piede duna
- Vg: vegetazione
- Sr: stagni retrodunali
- m: muretto
- Sc: Strada costiera

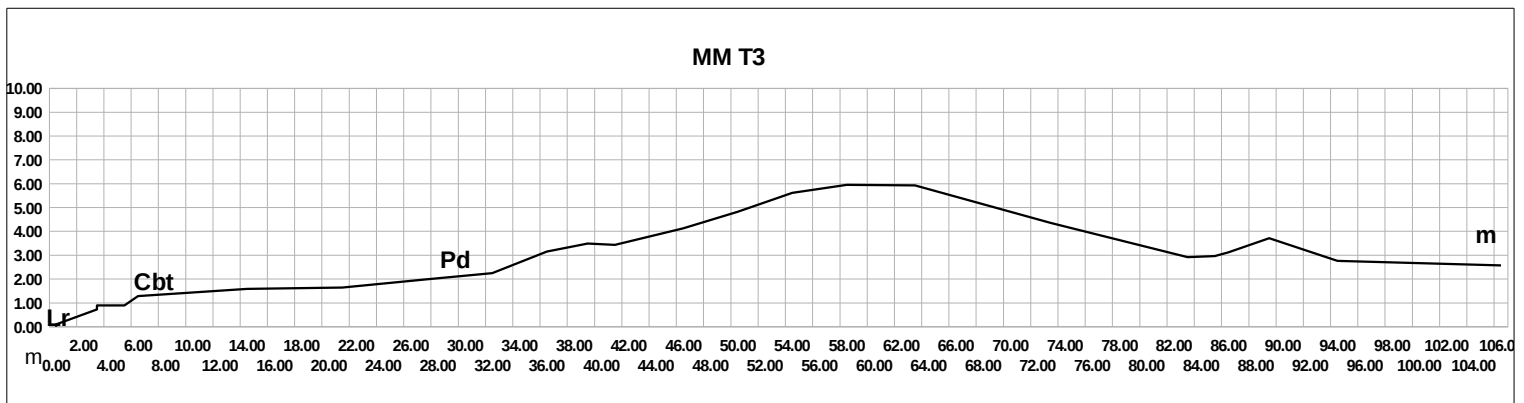


Fig. 4.1.32 – Maimoni, Transetto 3, profilo generale

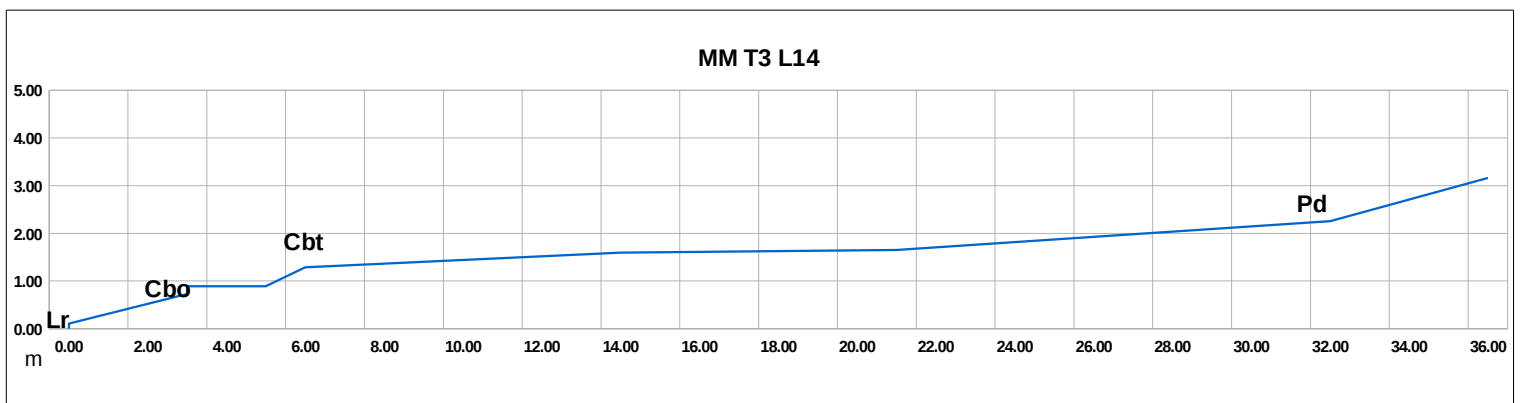


Fig. 4.1.33 – Maimoni, Transetto 3, profilo estivo

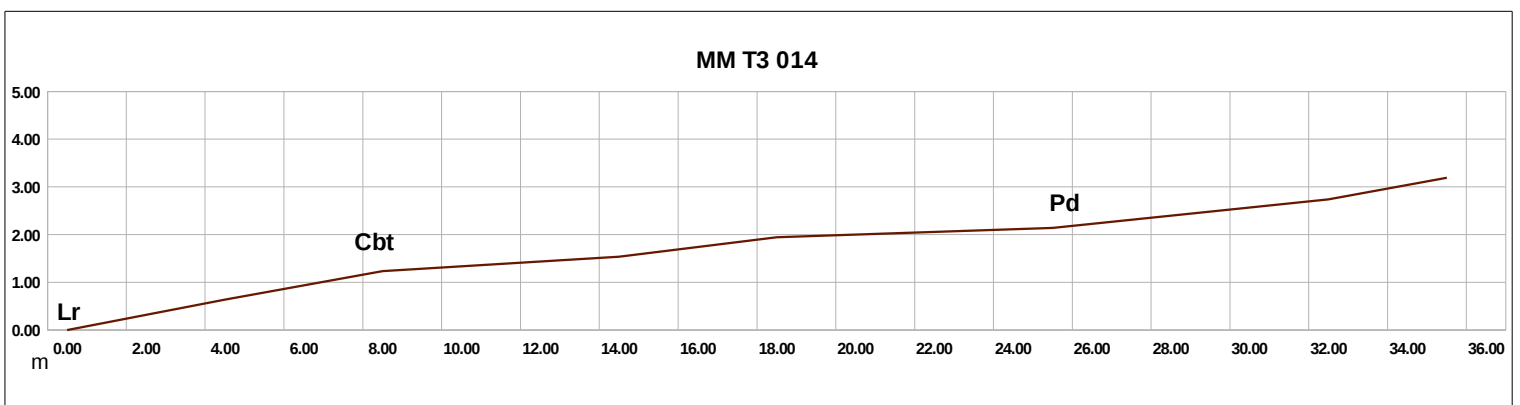


Fig. 4.1.34 – Maimoni, Transetto 3, profilo autunnale

Legenda

- Lr: Linea di riva
- Cbo: Cresta della berma ordinaria
- Cbt: Cresta della berma di tempesta
- Pd: Piede duna
- Vg: vegetazione
- Sr: stagni retrodunali
- m: muretto
- Sc: Strada costiera

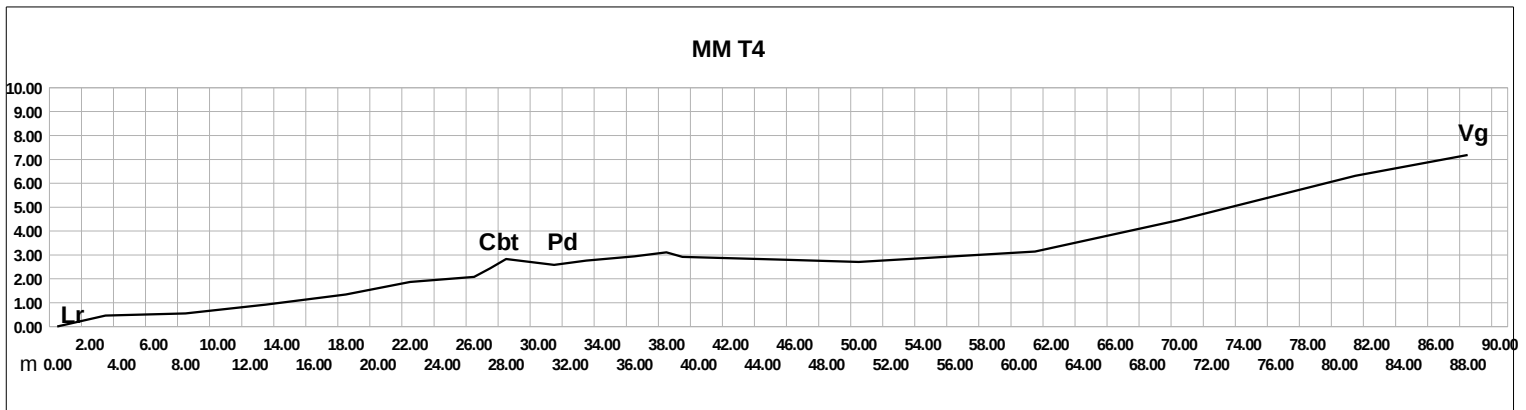


Fig. 4.1.35 – Maimoni, Transetto 4, profilo generale

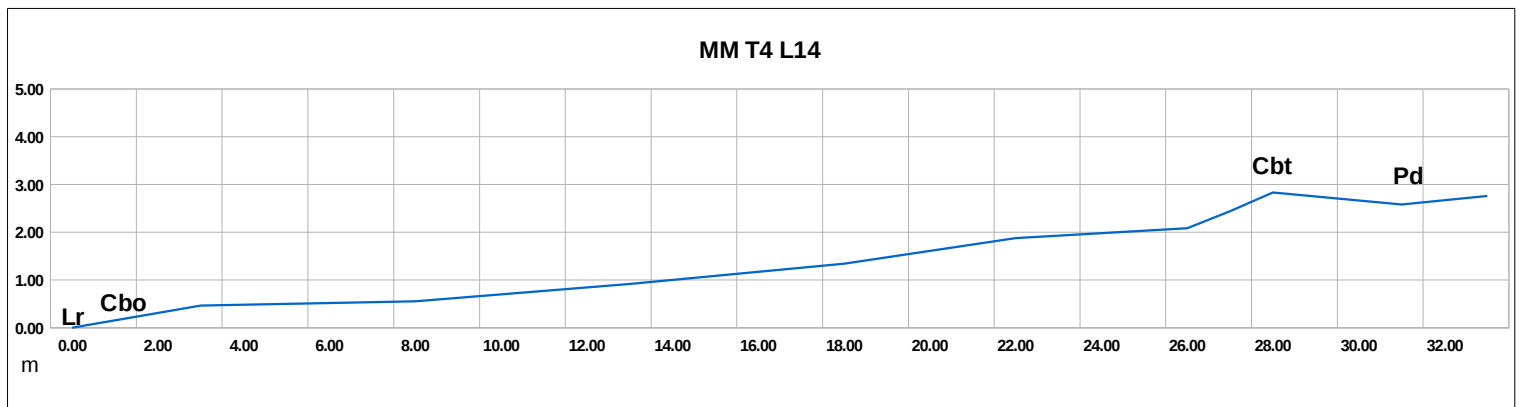


Fig. 4.1.36 – Maimoni, Transetto 4, profilo estivo

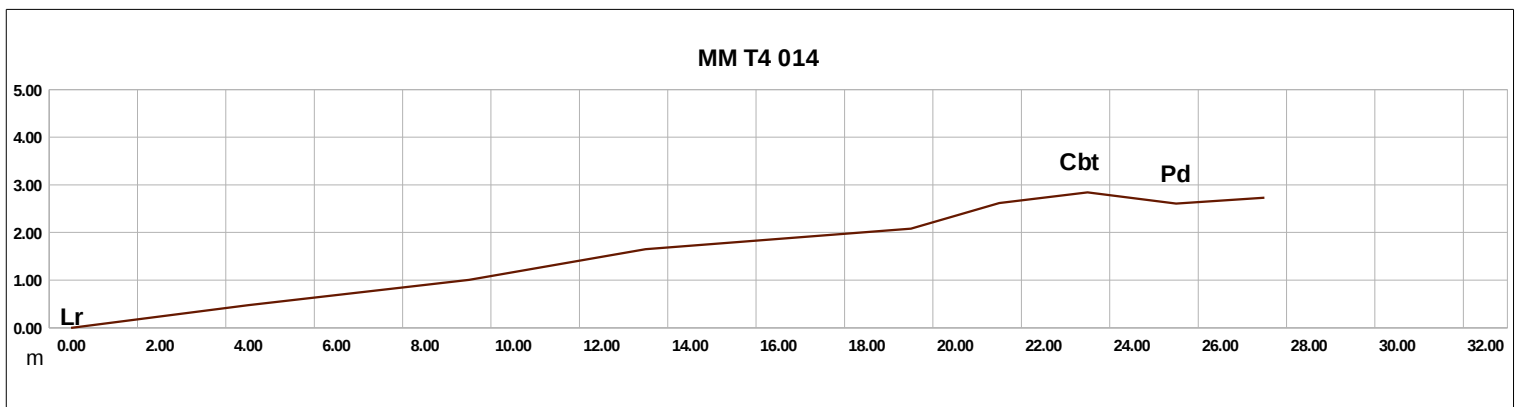


Fig. 4.1.37 – Maimoni, Transetto 4, profilo autunnale

Legenda

- Lr: Linea di riva
- Cbo: Cresta della berma ordinaria
- Cbt: Cresta della berma di tempesta
- Pd: Piede duna
- Vg: vegetazione
- Sr: stagni retrodunali
- m: muretto
- Sc: Strada costiera

4.1.1.5 Funtana Meiga - FM

Le variazioni principali occorse al sistema di spiaggia riguardano anche in questo caso un netto appiattimento delle forme geomorfologiche in autunno, con un andamento del profilo del tutto continuo dalla linea di riva fino al piede duna. Per quanto riguarda la linea di riva essa mostra una frammentarietà dovuta all'emersione di piccoli ma numerosi avamposti rocciosi che interrompono la continuità della battigia.

In linea generale questo sistema di spiaggia si mostra meno reattivo rispetto agli eventi meteomarinari di forte intensità che, in ogni caso agiscono con un'energia media minore rispetto all'unità geoambientale settentrionale (Atzeni et al., 2004; Simeone et al., 2007).

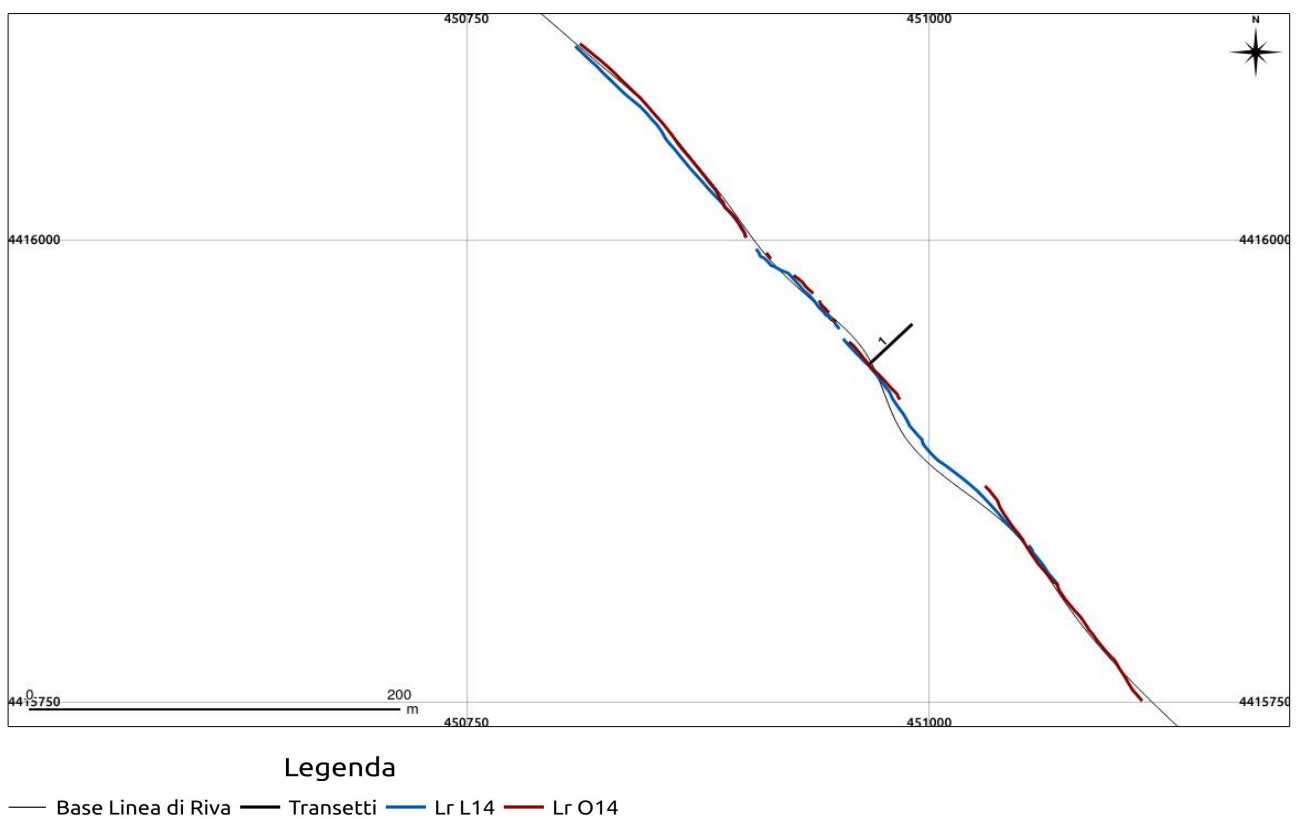


Fig. 4.1.38 – Funtana Meiga, evoluzione linea di riva estate-autunno 2014 (Lr L14 - Lr O14)

Funtana Meiga, Transetto 1 – FM T1

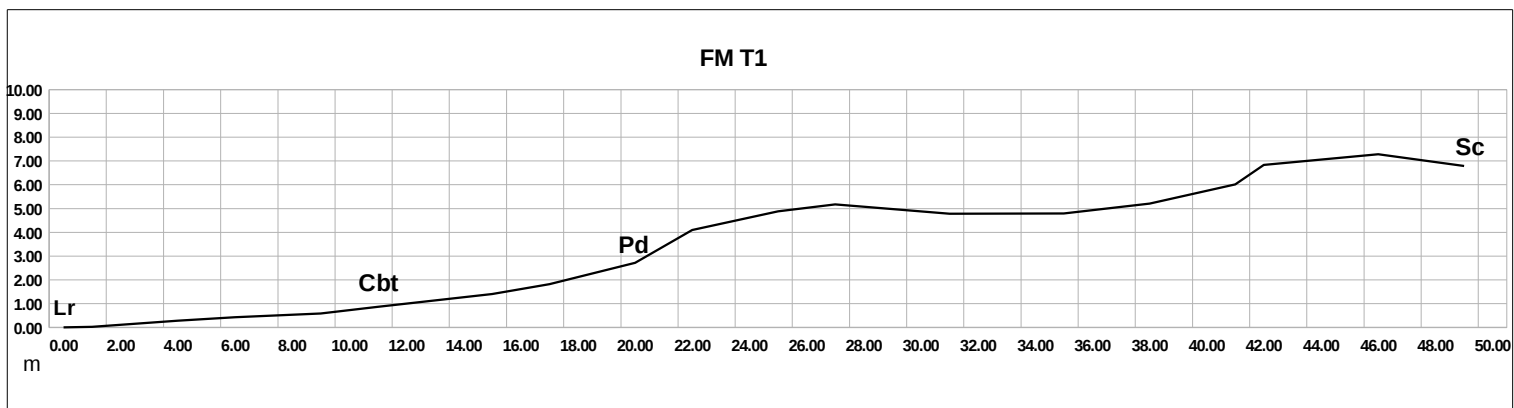


Fig. 4.1.39 – Funtana Meiga, Transetto 1, profilo generale

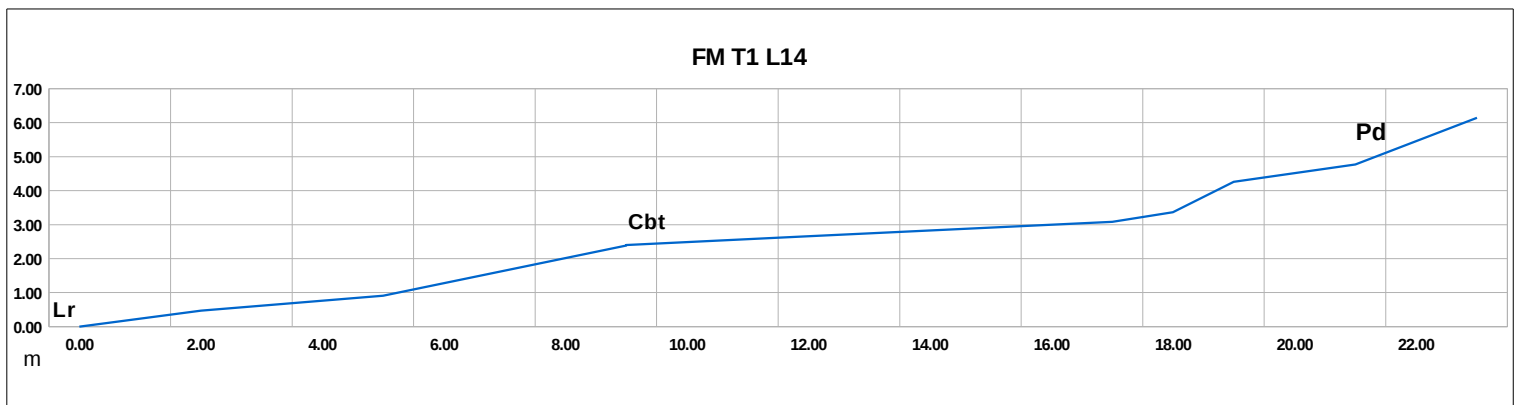


Fig. 4.1.40 – Funtana Meiga, Transetto 1, profilo estivo

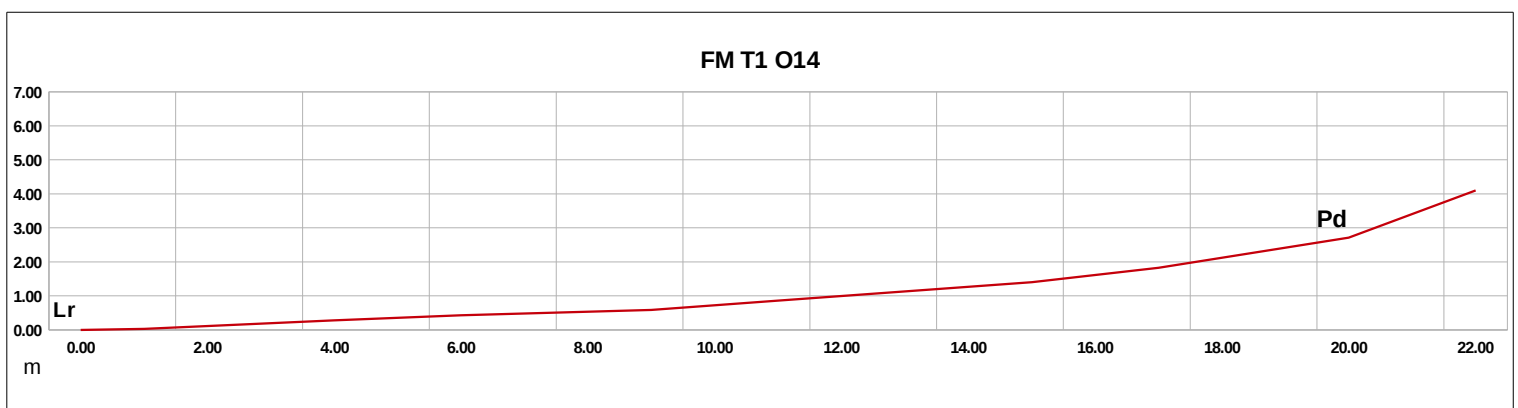


Fig. 4.1.41 – Funtana Meiga, Transetto 1, profilo autunnale

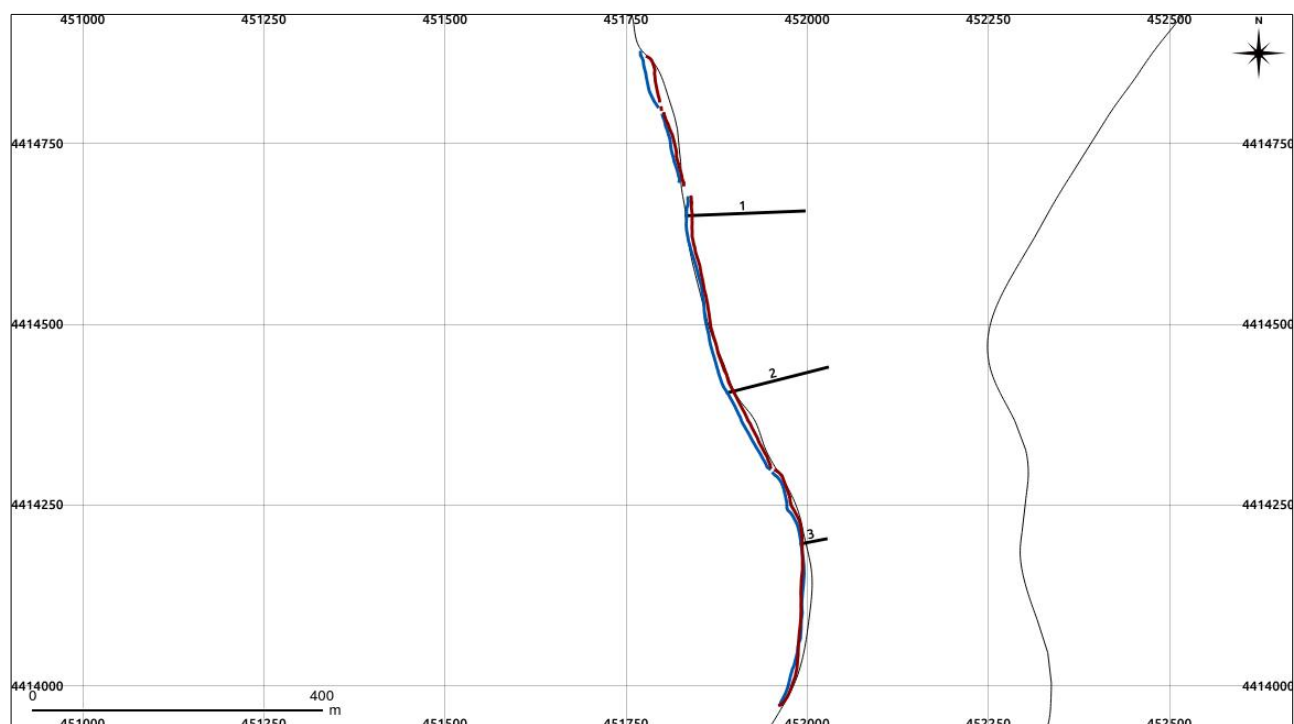
Legenda

- | | | |
|-------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Lr: Linea di riva | Cbo: Cresta della berma ordinaria | Cbt: Cresta della berma di tempesta |
| Pd: Piede duna | Vg: vegetazione | Sr: stagni retrodunali |
| m: muretto | Sc: Strada costiera | |

4.1.1.6 San Giovanni di Sinis - SG

Nell'intervallo intercorso tra i due rilievi si può notare come la linea di riva sia arretrata in maniera abbastanza omogenea lungo tutta la spiaggia, raggiungendo in alcune sezioni i circa 10 metri di spostamento e portando alla luce, anche a San Giovanni di Sinis, piccoli scogli coperti dalla sabbia durante il primo rilievo. Queste dinamiche vengono evidenziate anche dai rilievi effettuati con metodo speditivo, che mostrano anche come nella parte meridionale gli spostamenti tendano a ruotare intorno ad un nodo centrale corrispondente ad un avamposto roccioso emerso e risultino quindi, per quanto piuttosto cospicui, temporanei e tendenti ad equilibrarsi nel corso dell'anno.

La presenza di una rottura nello sviluppo del sistema dunale nel mese di Ottobre nel T3 (altezza della cresta di circa 2 metri rispetto alla sua base), rompe il progressivo sviluppo del profilo di spiaggia presente nel mese di Luglio e risulta il testimone più evidente degli eventi meteomarinari ad alta energia occorsi in questo intervallo di tempo. Pur essendo certamente suscettibili di correzioni e conferme, questi dati suggeriscono come la parte meridionale del sistema di spiaggia tenda a reagire a questi fenomeni in maniera più repentina rispetto a quella settentrionale e mostrando modifiche geomorfologiche più evidenti. La conformazione ad arco e la presenza di alcuni avamposti rocciosi emersi potrebbero favorire queste dinamiche pur se, come detto, soltanto analisi più continue potrebbero confermare o negare queste ipotesi.



Legenda

— Base Linea di Riva — Transetti — Lr L14 — Lr O14

Fig. 4.1.42 – San Giovanni di Sinis, evoluzione linea di riva estate-autunno 2014 (Lr L14 - Lr O14)

San Giovanni di Sinis, Transetto 1 – SG T1

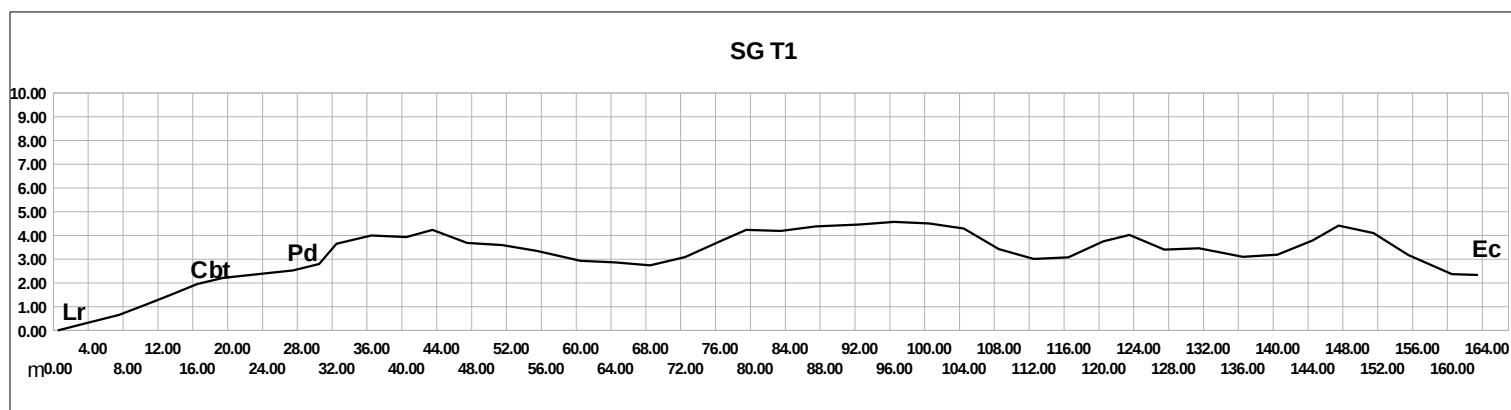


Fig. 4.1.43 – San Giovanni di Sinis, Transetto 1, profilo generale

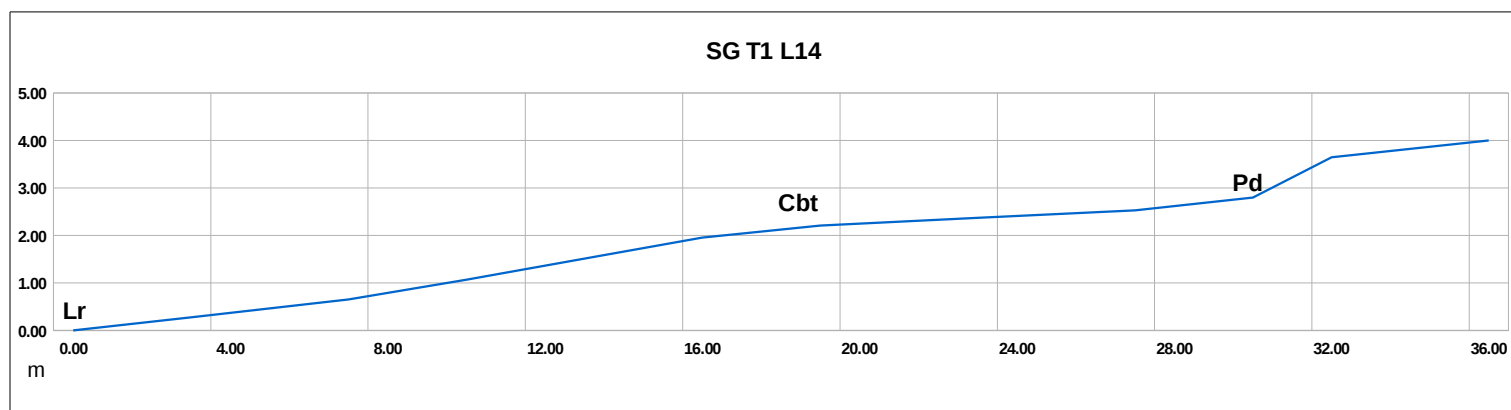


Fig. 4.1.44 – San Giovanni di Sinis, Transetto 1, profilo estivo

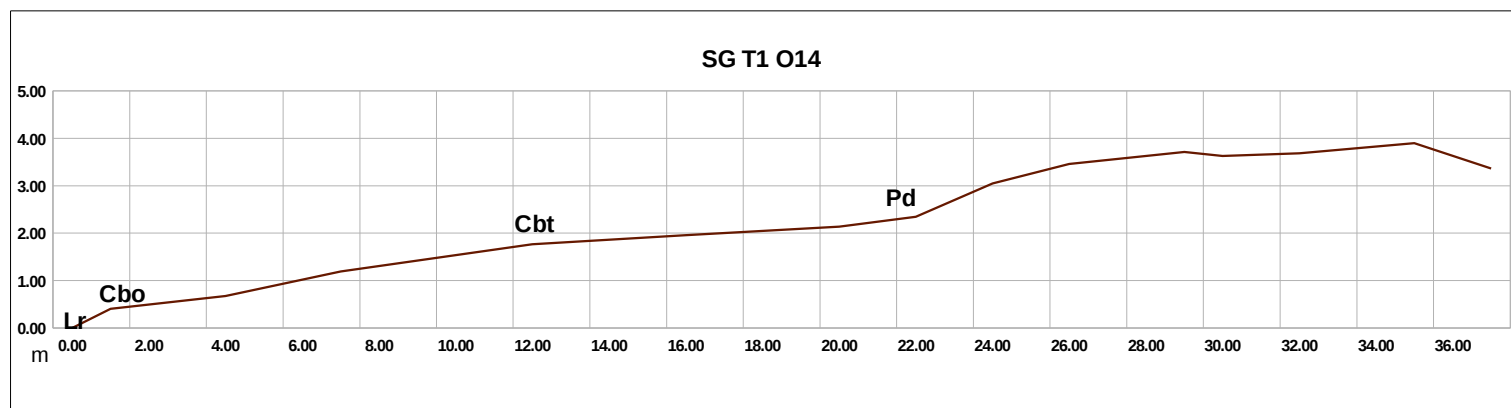


Fig. 4.1.45 – San Giovanni di Sinis, Transetto 1, profilo autunnale

Legenda

- Lr: Linea di riva Cbo: Cresta della berma ordinaria Cbt: Cresta della berma di tempesta
 Pd: Piede duna Vg: vegetazione Sr: stagni retrodunali
 m: muretto Sc: Strada costiera

San Giovanni di Sinis, Transetto 2 – SG T2

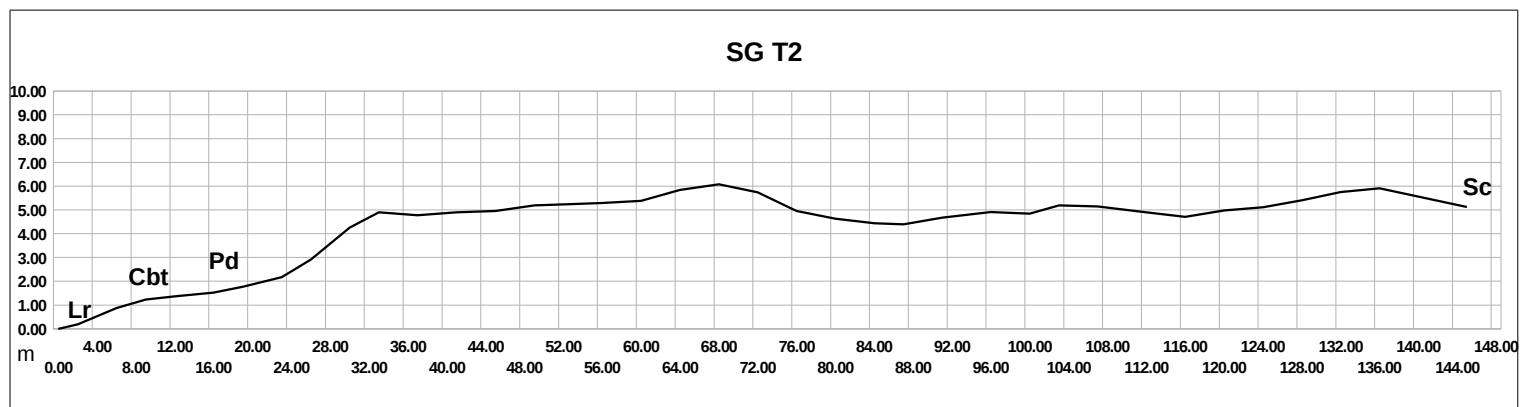


Fig. 4.1.46 – San Giovanni di Sinis, Transetto 2, profilo generale

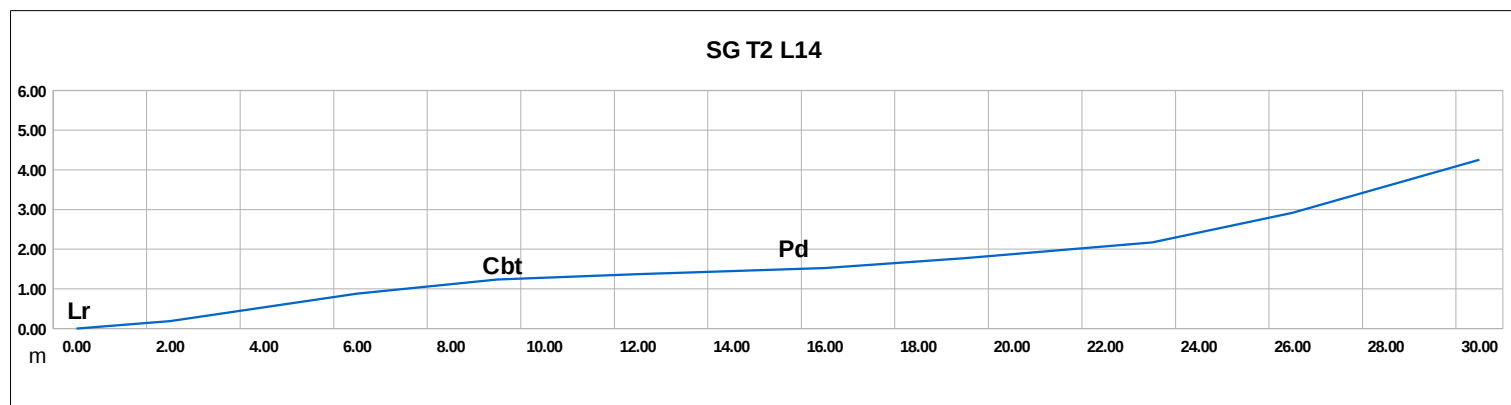


Fig. 4.1.47 – San Giovanni di Sinis, Transetto 2, profilo estivo

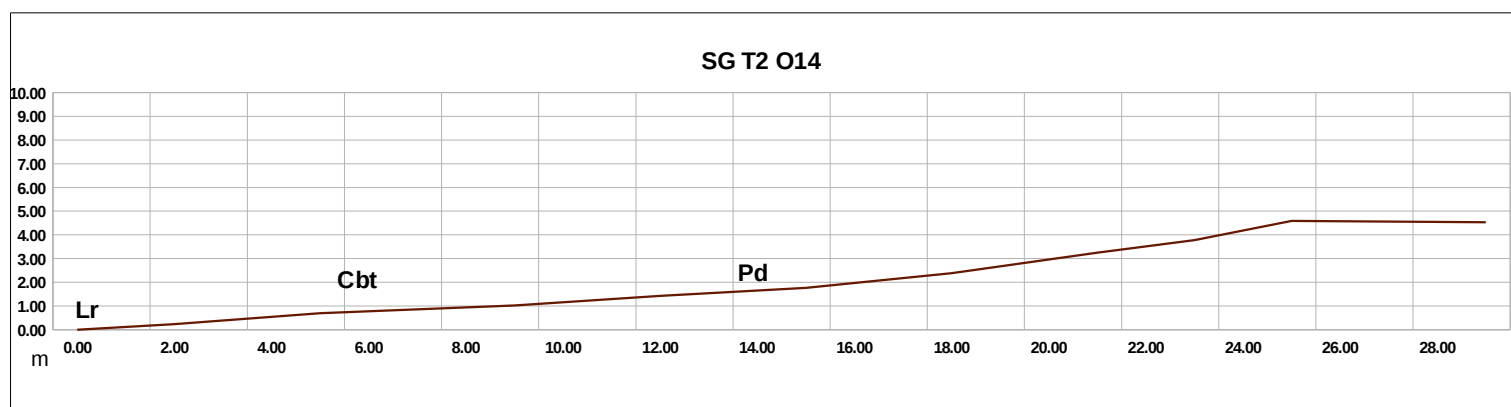


Fig. 4.1.48 – San Giovanni di Sinis, Transetto 2, profilo autunnale

Legenda

- Lr: Linea di riva
- Cbo: Cresta della berma ordinaria
- Cbt: Cresta della berma di tempesta
- Pd: Piede duna
- Vg: vegetazione
- Sr: stagni retrodunali
- m: muretto
- Sc: Strada costiera

San Giovanni di Sinis, Transetto 3 – SG T3

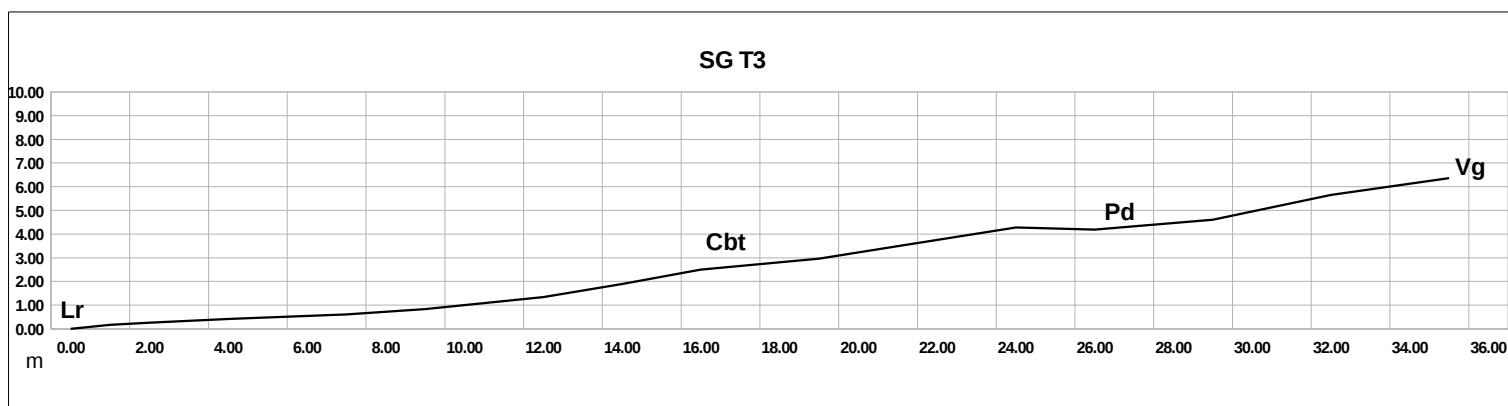


Fig. 4.1.49 – San Giovanni di Sinis, Transetto 3, profilo generale

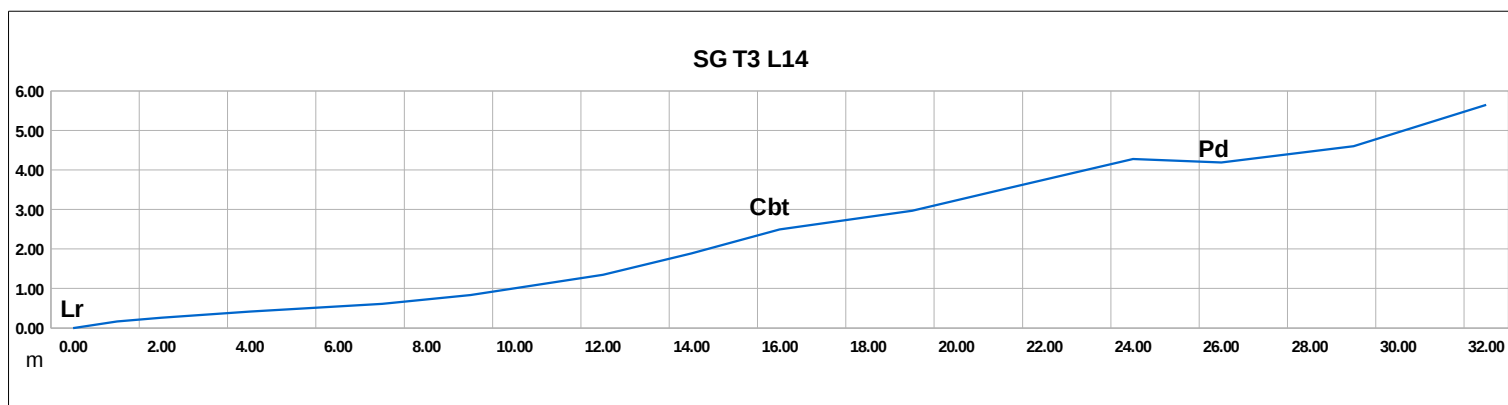


Fig. 4.1.50 – San Giovanni di Sinis, Transetto 3, profilo estivo

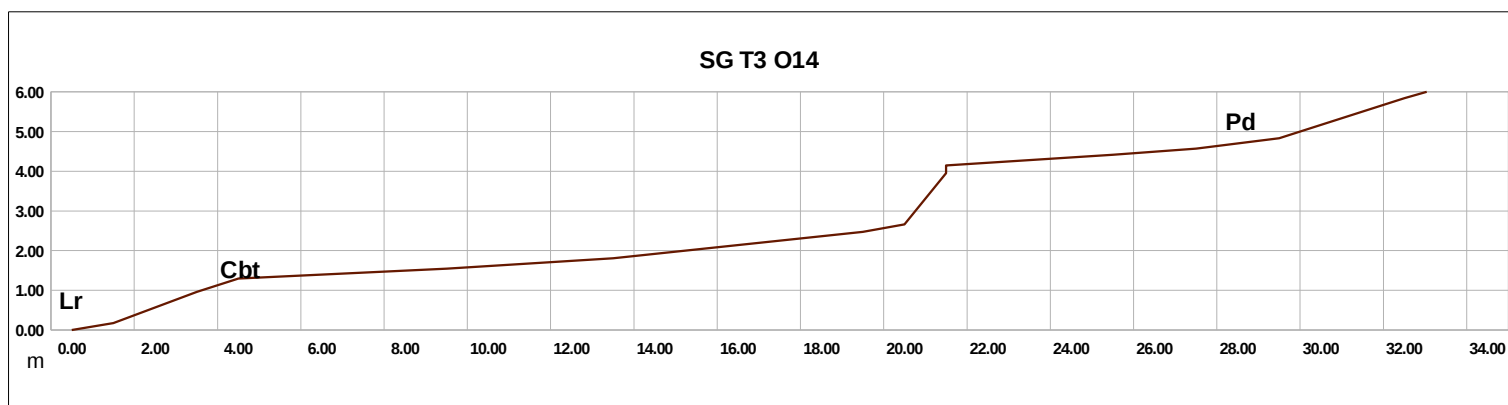


Fig. 4.1.51 – San Giovanni di Sinis, Transetto 3, profilo autunnale

Legenda

- Lr: Linea di riva
- Cbo: Cresta della berma ordinaria
- Cbt: Cresta della berma di tempesta
- Pd: Piede duna
- Vg: vegetazione
- Sr: stagni retrodunali
- m: muretto
- Sc: Strada costiera

4.1.2 - Metodo speditivo per l'analisi qualitativa delle variazioni geomorfologiche della spiaggia emersa

I primi risultati hanno stabilito come il metodo non sia ugualmente applicabile in tutte le spiagge, in quanto è difficile fare buone valutazioni in assenza di avamposti naturali che permettano un buon punto di inquadratura, specie nel caso di arenili molto lunghi. Alcuni dati sono stati comunque interessanti, come quelli acquisiti a San Giovanni di Sinis, dove l'altezza del punto di acquisizione (orientato verso nord), ha permesso una buona valutazione periodica, anche se le valutazioni sugli estremi confini settentrionali della spiaggia risultano comunque limitate dalla lunghezza della spiaggia, pari a circa un chilometro. In quest'area di spiaggia l'acquisizione è stata fatta su due punti: il primo in direzione Sud con inquadratura di circa cinquecento metri di spiaggia ed il secondo in direzione Nord con inquadratura totale pari, come detto, a circa mille metri. Riguardo quest'ultimo punto è stato possibile verificare gli spostamenti dei sedimenti sabbiosi verificatesi lungo tutta l'area di spiaggia, pur con una precisione ed evidenza maggiore nelle aree prettamente limitrofe al punto di rilievo; in ogni caso, nei diversi periodi di osservazione è stata evidenziata una notevole movimentazione di sedimenti sia da settentrione verso meridione che da meridione verso settentrione, in buon accordo con i venti prevalenti nel Sinis, il Maestrale (nord-ovest) ed il Libeccio (sud-ovest) (Atzeni et al., 2004) Nella sequenza delle immagini (Fig 4.1.52 - 4.1.58) si può notare chiaramente come ad un primo spostamento del corpo sedimentario verso Sud avvenuto tra Luglio e Settembre, se ne contrapponga uno in direzione contraria nel periodo compreso tra Settembre ed Ottobre, in particolare si possono notare le notevoli differenze tra le tre linee di riva (Fig. 4.1.55 - 4.1.58), ed il loro movimento lungo un nodo centrale.



. 4.1.52 – San Giovanni di Sinis, linea di riva Luglio 2014



Fig. 4.1.53 – San Giovanni di Sinis, evoluzione linea di riva Luglio 2014 – Settembre 2014.

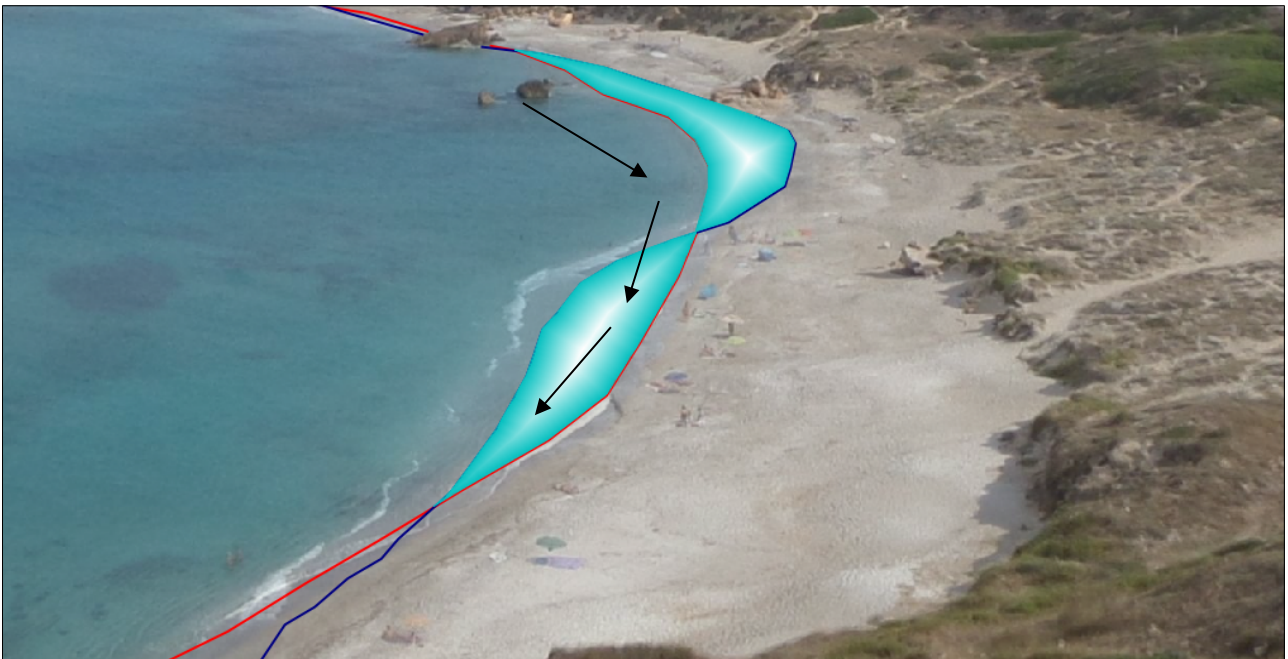


Fig. 4.1.54 – San Giovanni di Sinis, evoluzione linea di riva Luglio 2014 – Settembre 2014



Fig. 4.1.55 – San Giovanni di Sinis, evoluzione linea di riva Luglio 2014 – Settembre 2014



Fig. 4.1.56 – San Giovanni di Sinis, linea di riva Settembre 2014

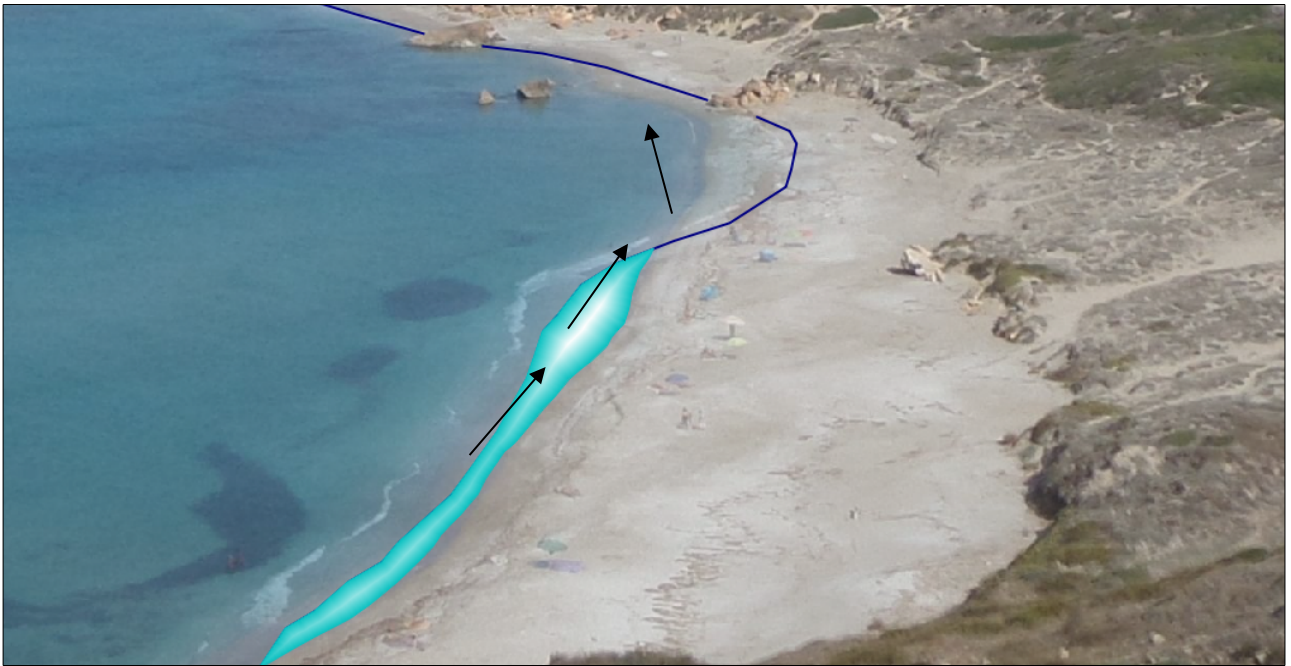


Fig. 4.1.57 – San Giovanni di Sinis, evoluzione linea di riva Settembre 2014 – Ottobre 2014

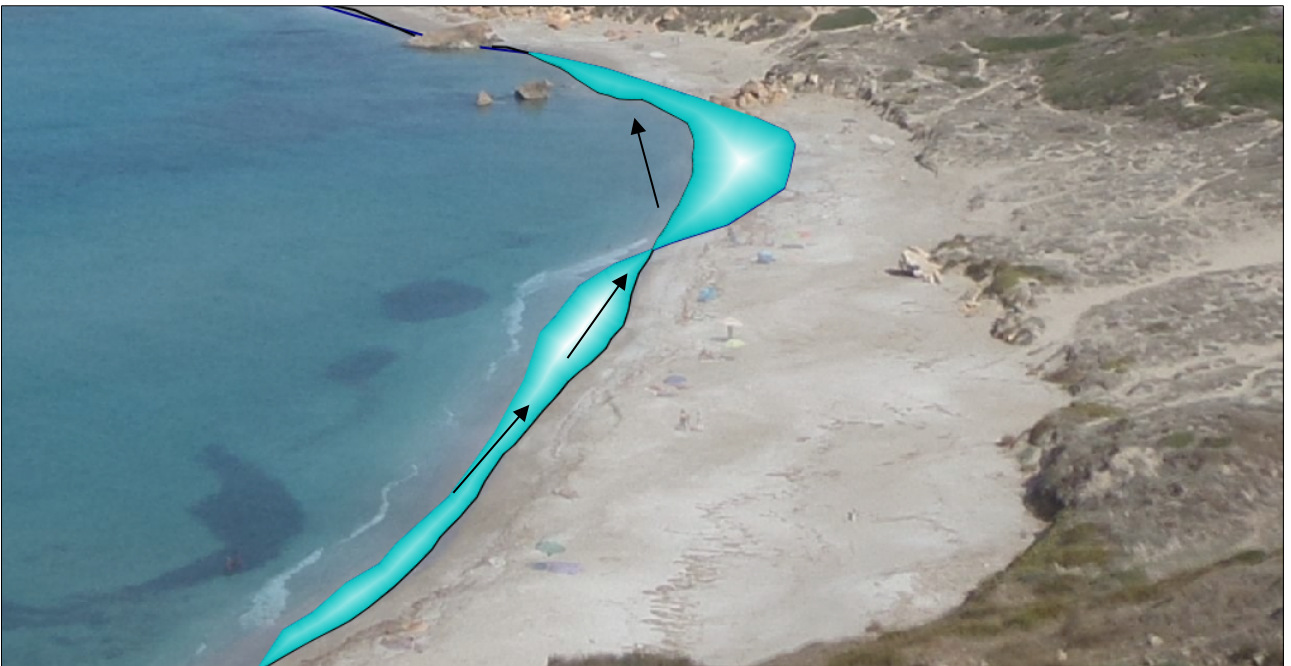


Fig. 4.1.57 – San Giovanni di Sinis, evoluzione linea di riva Settembre 2014 – Ottobre 2014



Fig. 4.1.58 – San Giovanni di Sinis, evoluzione linea di riva Settembre 2014 – Ottobre 2014



Fig. 4.1.58 – San Giovanni di Sinis, linea di riva Ottobre 2014

Si ritiene siano stati raggiunti buoni risultati anche nell'area di spiaggia di S'Archeddu 'e Sa Canna, di lunghezza più limitata (circa 500 metri), ma senza un punto di rilievo di dimensioni paragonabili a quelli presenti a San Giovanni di Sinis; in particolare, il buon posizionamento di questo capo roccioso ha permesso di seguire lo sviluppo ed i movimenti progressivi delle diverse forme geomorfologiche e delle *banquette* di *Posidonia oceanica*, nonché di evidenziare i notevoli movimenti progradativi e regressivi del sistema di spiaggia, in particolare della parte settentrionale (Fig. 4.1.59-4.1.62), come già evidenziato nel corso dei rilievi effettuati tramite strumentazione Dgps-Rtk (Fig. 4.1.18).

Nel complesso quindi il metodo ha evidenziato caratteristiche positive riguardanti soprattutto l'assenza di impatti sull'ambiente, il basso costo e la riproducibilità, nonché buoni risultati di valutazione in quelle spiagge che ne hanno permesso l'applicazione. Pur essendo limitato quindi allo stato attuale dalla possibilità di fare considerazioni qualitative e non quantitative appare evidente come possa risultare utile per documentare in maniera rapida e confrontabile eventi difficilmente rilevabili in assenza di adeguata strumentazione di misurazione.



Fig. 4.1.59 – S'Archeddu 'e Sa Canna, linea di riva Aprile 2014

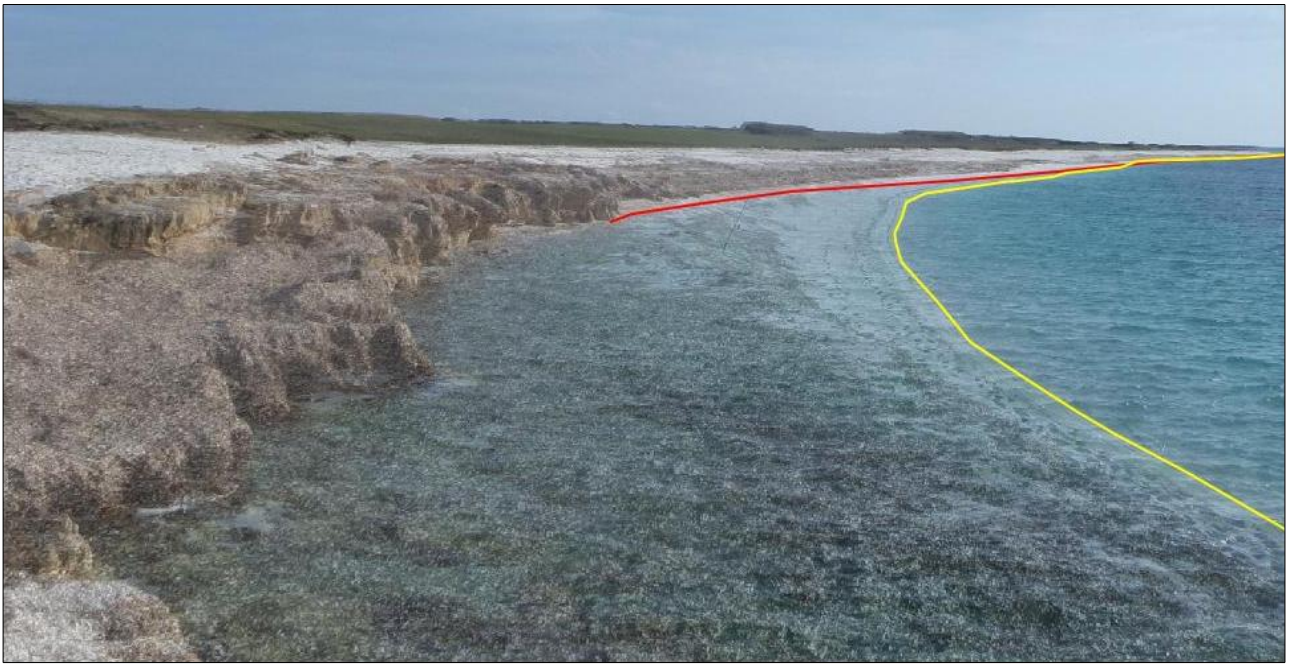


Fig. 4.1.60 – S'Archeddu 'e Sa Canna, evoluzione linea di riva Aprile 2014 – Novembre 2014



Fig. 4.1.61 – S'Archeddu 'e Sa Canna, linea di riva Novembre 2014

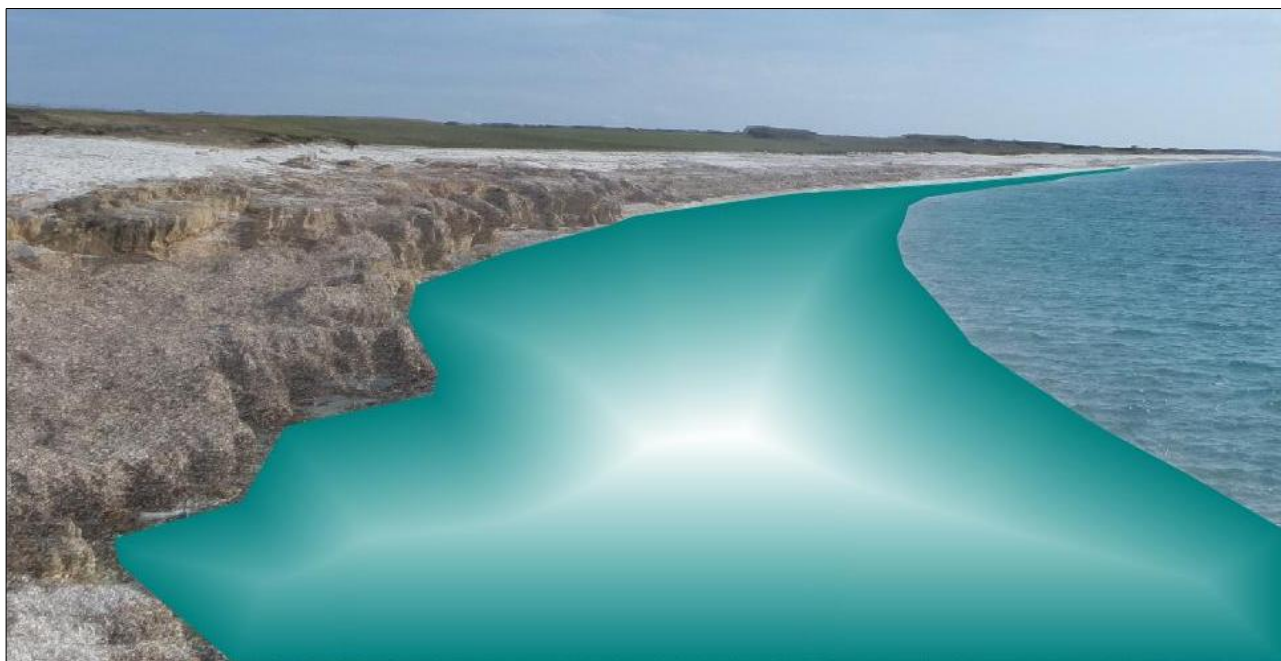


Fig. 4.1.62 – S'Archeddu 'e Sa Canna, approssimazione movimento sedimenti Aprile-Novembre 2014



Fig. 4.1.62 – S'Archeddu 'e Sa Canna, sovrapposizione delle immagini Febbraio-Novembre 2014

4.2 *Analisi dei sedimenti*

4.2.1 *Analisi mineralogiche e calcimetriche*

4.2.1.1 *Mari Ermi - ME*

Transetto 3, Luglio 2013 - ME T3 L13

Linea di Riva - Lr

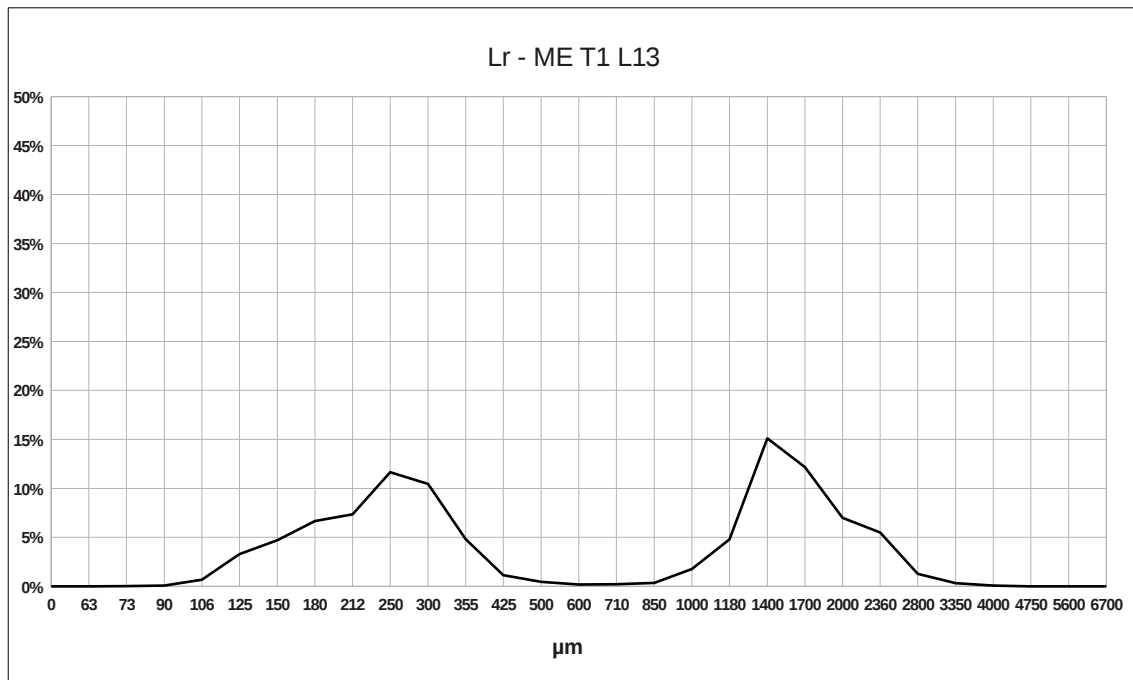


Fig 4.2.1 – Curva granulometrica Linea di riva - Lr

Lr 250 µm

Lungo il primo picco modale corrispondente alla linea di riva, si ha una prevalenza della frazione carbonatica sotto forma di bioclasti (foraminiferi, frammenti di gusci di lamellibranchi, gasteropodi, echinidi, briozoi, alghe...) ed intraclasti micritici (frammenti di fango carbonatico), con granuli compresi tra sub-arrotondati ad arrotondati (sub-rounded, rounded) e con bassa sfericità (low sphericity). La frazione terrigena appare subordinata con la presenza di prevalenti frammenti di quarzo che vanno da molto angolari ad angolari (very angular, angular) con bassa sfericità (low sphericity); feldspati (plagioclasì, microclino) da sub-angolari a sub-arrotondati (subangular, subrounded) a bassa sfericità (low sphericity) e microframmenti litici di rocce granitoidi sub-arrotondati (subrounded).

Lr 1400 μm

Il secondo picco modale della linea di riva corrisponde ad una frazione silicoclastica prevalente sotto forma di frammenti litici di rocce granitoidi. I granuli sono ben arrotondati (rounded) ed a bassa sfericit  (low sphericity). I frammenti carbonatici, sia micritici che sparitici, sono invece molto subordinati, anch'essi ben arrotondati (rounded) ed a bassa sfericit  (low sphericity).

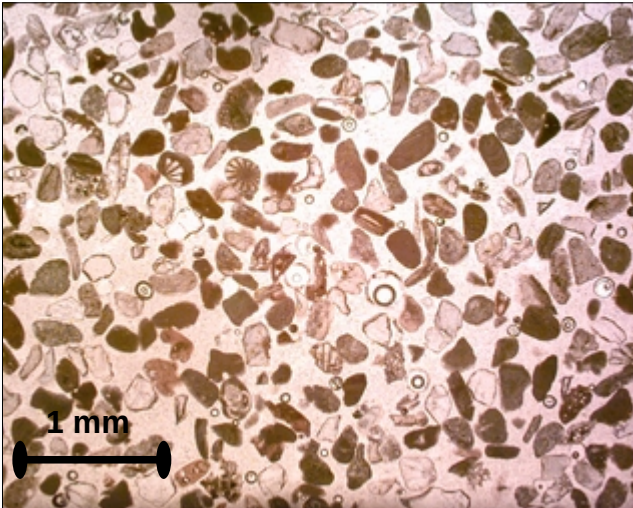


Fig. 4.2.2 – Frazione 250 μm

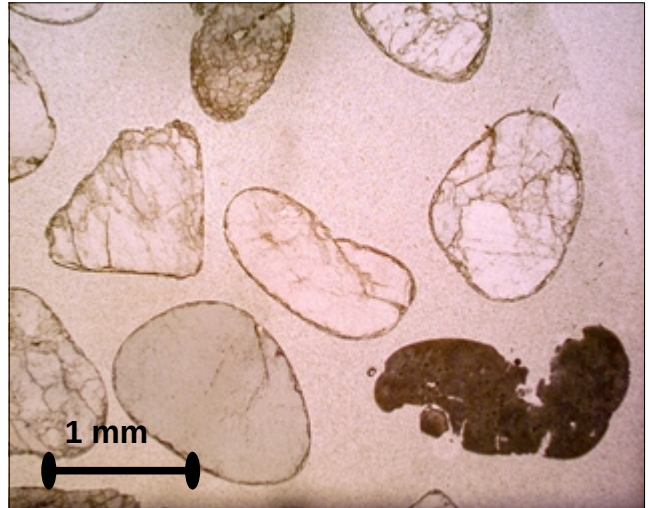


Fig 4.2.3 - Frazione 1400 μm

Cresta Berma di Tempesta - Cbt

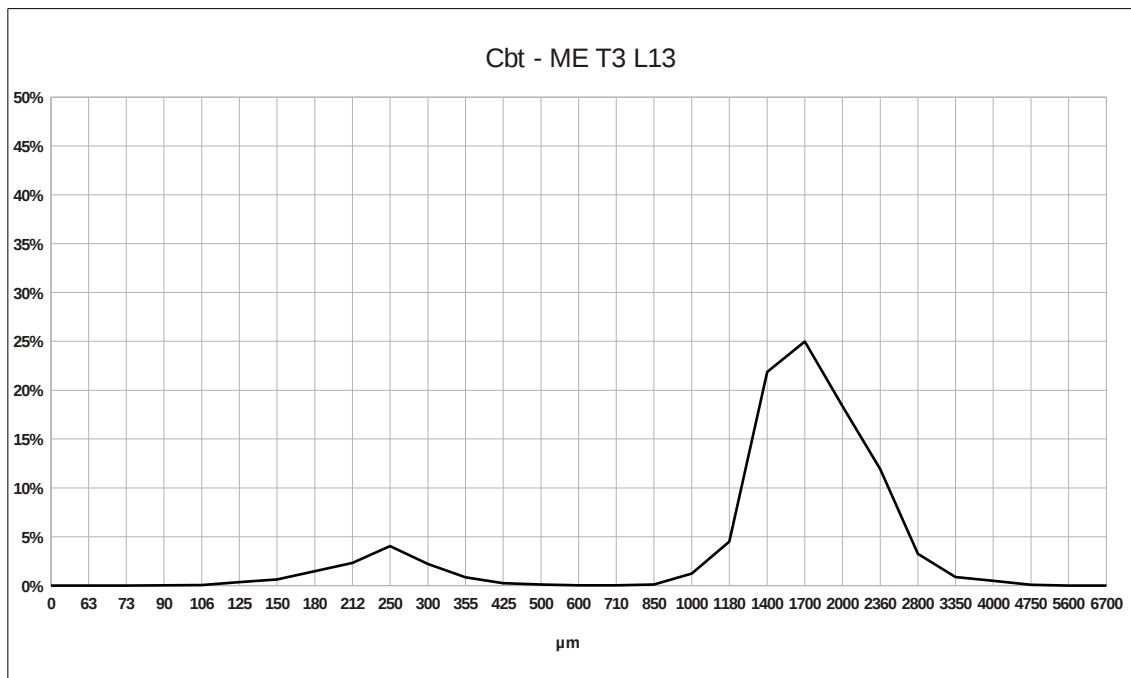


Fig 4.2.4 – Curva granulometrica Cresta della berma di tempesta - Cbt

Cbt 250 μ m

La frazione modale più fine appartenente alla cresta della berma di tempesta mostra la prevalenza della componente carbonatica sotto forma sia di bioclasti (foraminiferi, frammenti di gusci di lamellibranchi, gasteropodi, echinidi, briozoi, alghe...), sia di intraclasti micritici (frammenti di fango carbonatico), anche inglobanti altri elementi. I granuli risultano da sub-arrotondati ad arrotondati da Subrounded a Rounded e con una bassa sfericità (low sphericity). La subordinata frazione terrigena è a prevalenti frammenti di quarzo da molto angolari ad angolari (very angular, angular) e bassa sfericità (low sphericity), con rari microframmenti litici di rocce granitoidi sub-arrotondati (subrounded).

Cbt 1700 μ m

Nella frazione modale più grossolana della cresta della berma di tempesta, si ha la prevalenza della frazione silicoclastica sotto forma di grossi frammenti litici di rocce granitoidi, clasti di quarzo e feldspati. Risultano molto subordinati clasti carbonatici e di vulcaniti terziarie. I granuli vanno, in entrambi i casi, da molto arrotondati ad arrotondati (well rounded, rounded) ed assumono una sfericità molto variabile, compresa tra bassa ad alta (low, high sphericity).

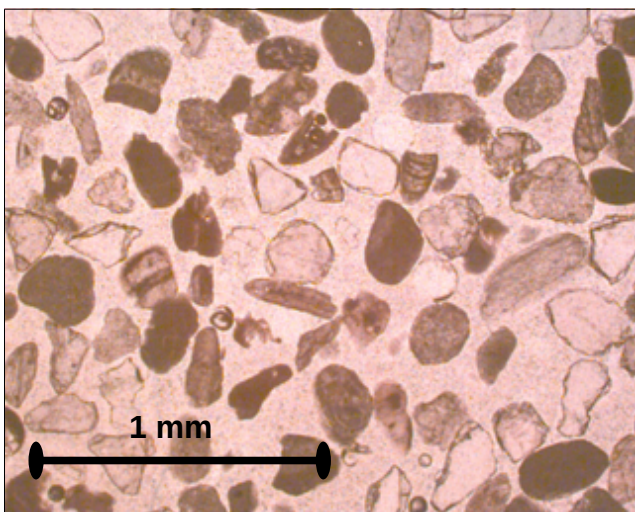


Fig. 4.2.5 – Frazione 250 μ m

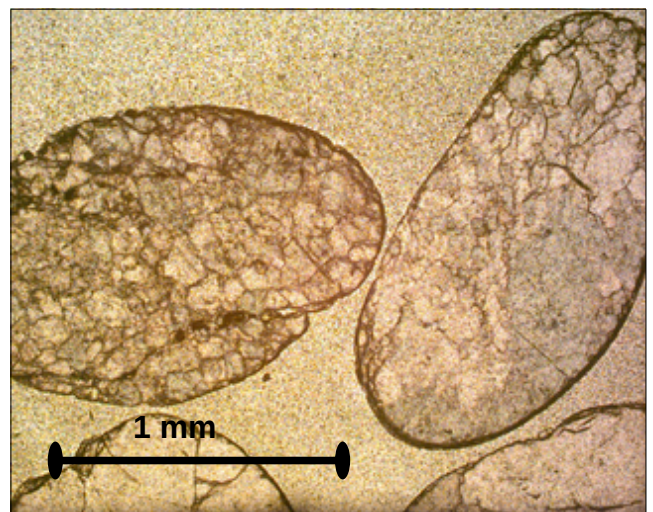


Fig 4.2.6 - Frazione 1700 μ m

Piede Duna - Pd

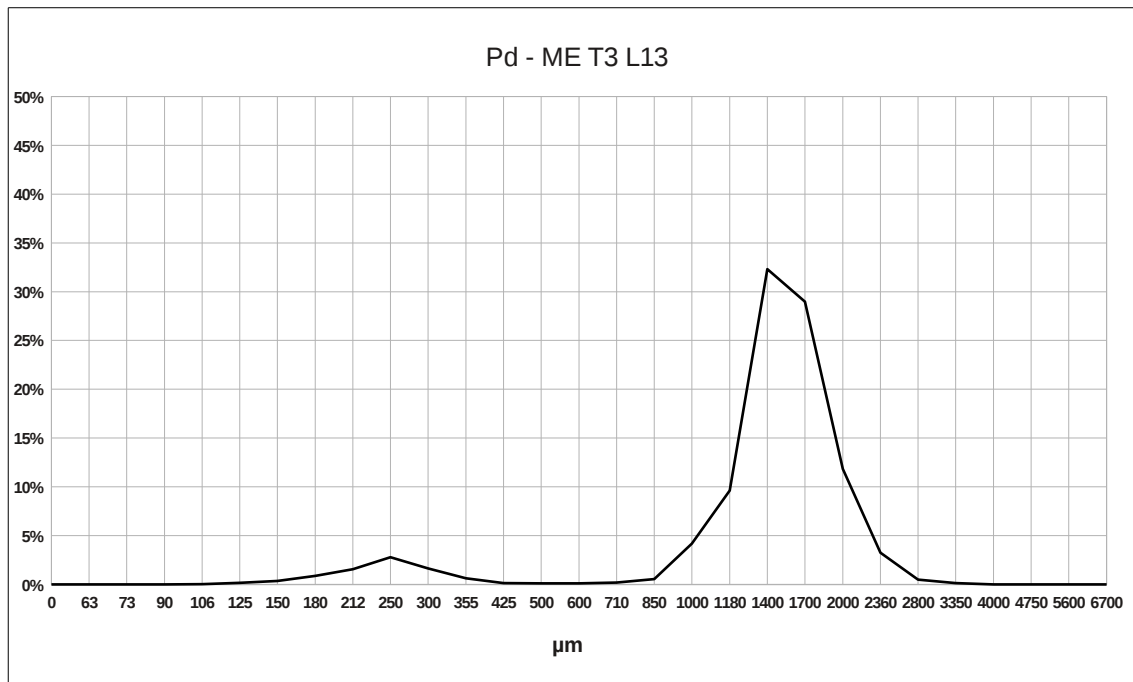


Fig 4.2.7 – Curva granulometrica Piede duna - Pd

Pd 250 µm

La frazione più fine corrispondente al piede della duna mostra una prevalenza della frazione carbonatica, presente sotto forma di bioclasti (foraminiferi, frammenti di gusci di lamellibranchi, gasteropodi, echinidi, briozoi, alghe...) ed intraclasti micritici (frammenti di fango carbonatico), anche inglobanti altri elementi. I granuli risultano sono da sub-arrotondati ad arrotondati (subrounded, rounded) e con una bassa sfericità (low sphericity). La subordinata frazione terrigena è costituita quasi esclusivamente da frammenti di quarzo con arrotondamento da angolare a sub-angolare (angular, subangular) ed una bassa sfericità (low sphericity); rari microframmenti litici di rocce granitoidi sub-arrotondati (subrounded).

Pd 1400 µm

La frazione più grossolana corrispondente al piede della duna, mostra la prevalenza della una frazione silicoclastica, che si presenta sotto forma di frammenti litici di rocce granitoidi e feldspati e frammenti di rocce metamorfiche. I granuli sono sempre ben arrotondati (rounded) ad una sfericità variabile da bassa ad alta (low, high sphericity). Risultano subordinati i frammenti di origine carbonatica, sia micritici che sparitici, anch'essi ben arrotondati (rounded) e con una bassa sfericità (low sphericity). Molto subordinati i frammenti di vulcaniti terziarie arrotondati (rounded) ed a bassa sfericità (low sphericity).

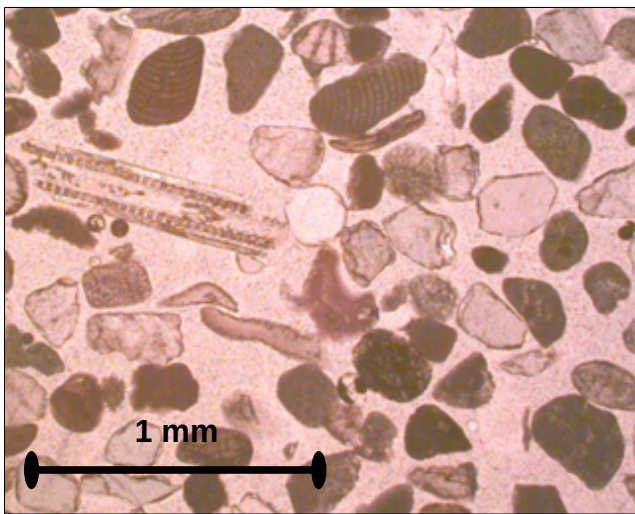


Fig. 4.2.8 – Frazione 250 µm

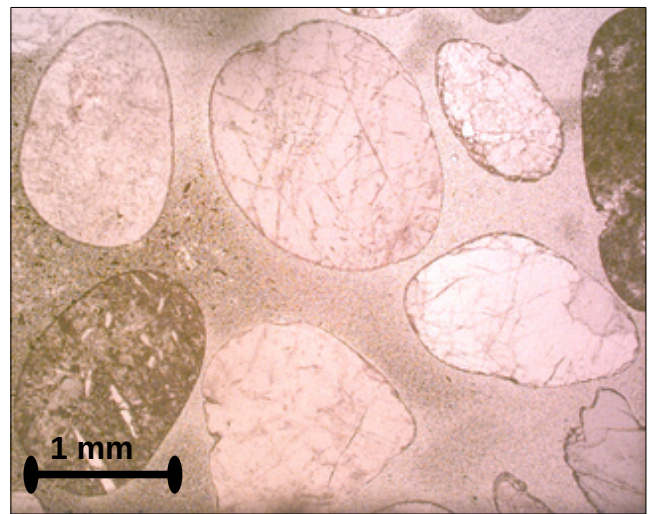


Fig 4.2.9 - Frazione 1400 µm

Calcimetria

Per quanto riguarda gli esami calcimetrici, questi hanno evidenziato una percentuale di CaCO_3 più elevata lungo la linea di riva rispetto alla cresta della berma di tempesta ed al piede della duna.

Nella prima forma i carbonati sono risultati presenti per il 40,75%, un valore piuttosto elevato, che evidenzia la presenza di una fonte piuttosto cospicua, riconducibile in parte ai grandi depositi di *Posidonia oceanica* L. Delile presenti lungo la riva della spiaggia. La percentuale di CaCO_3 riferita ai campioni della berma di tempesta e del piede della duna è stata invece rispettivamente pari al 20,25% ed al 23,75%, due valori comunque abbastanza cospicui. La differenza di presenze di carbonati tra le diverse forme di spiaggia è evidenziata anche dalle curve granulometriche, che mostrano lungo la linea di riva una bimodalità più spiccata, una bassa classazione con coda grossolana ed una altrettanto bassa curtosi. Queste caratteristiche sottolineano una maggiore presenza di sedimenti medio fini biogenici, in luogo di una netta prevalenza di sedimenti silicoclastici nelle altre due forme esaminate, il che conferma certamente le diverse percentuali di carbonati rilevate.

4.2.1.2 Is Arutas - IA

Transetto 2, Luglio 2013 - IA T2 L13

Linea di riva - Lr

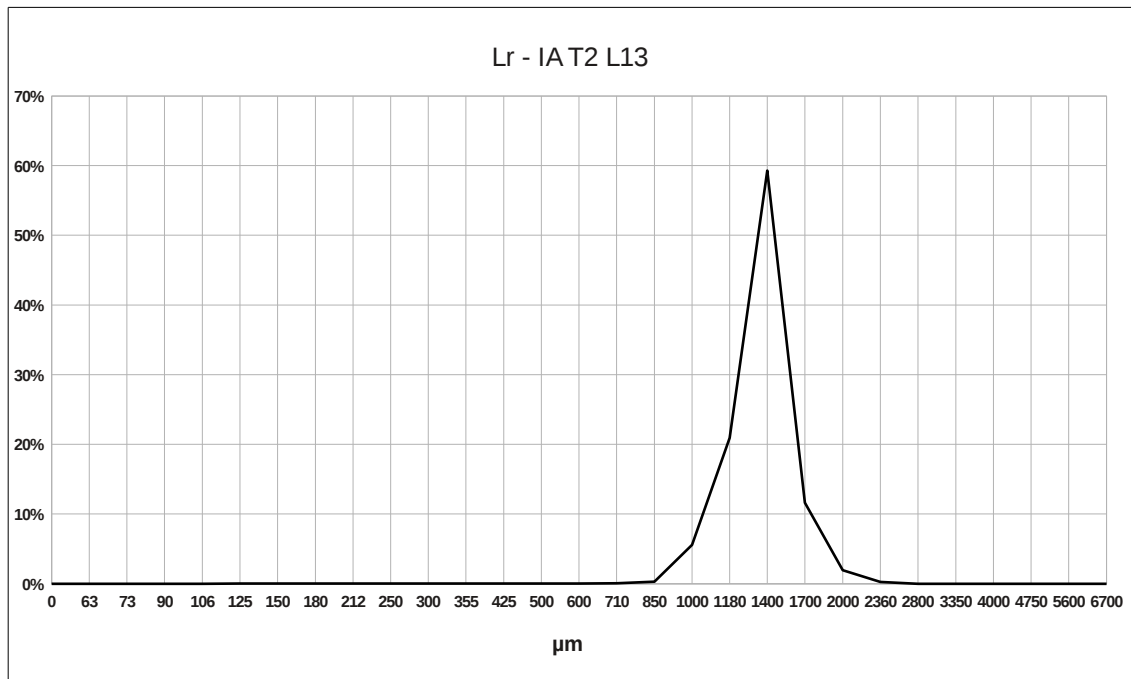


Fig 4.2.10 – Curva granulometrica Linea di riva - Lr

Lr 1400 μm

Il picco modale relativo alla linea di riva si presenta con una netta prevalenza della frazione silicoclastica sotto forma di frammenti litici di rocce granitoidi, quarzo in clasti e feldspati. Rari, man non del tutto assenti i bioclasti. I granuli sono in genere ben arrotondati (well rounded) e presentano generalmente una bassa sfericità (low sphericity)

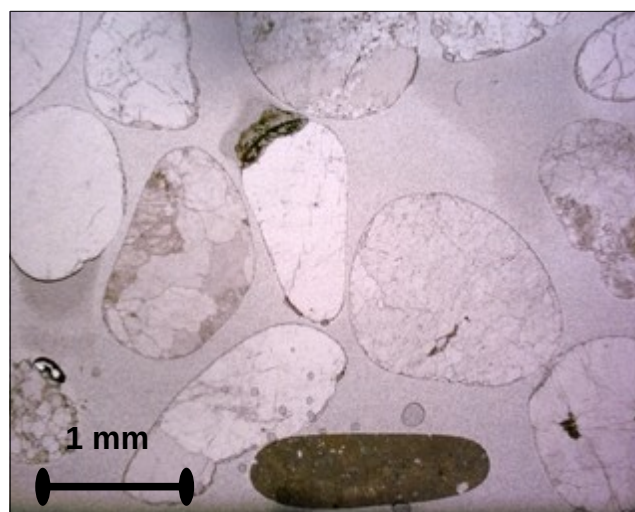


Fig. 4.2.11 - Frazione 1400 μm

Cresta berma di tempesta - Cbt

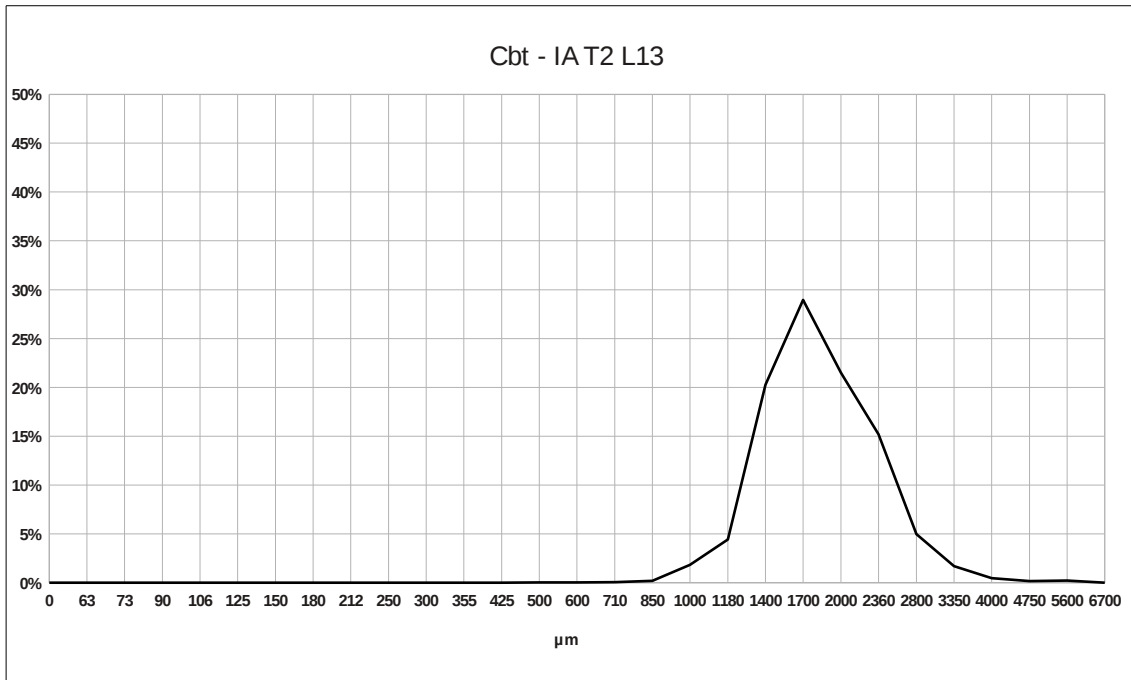


Fig 4.2.12 – Curva granulometrica Cresta della berma di tempesta - Cbt

Cbt 1700 µm

La frazione grossolana presente nella cresta della berma di tempesta mostra una netta prevalenza della parte silicoclastica, sotto forma di frammenti litici di rocce granitoidi, elementi di quarzo e feldspati. Rari i frammenti di calcare presenti. Il grado di arrotondamento varia in generale da arrotondato a ben arrotondato (rounded - well rounded) e la sfericità appare bassa (low sphericity).

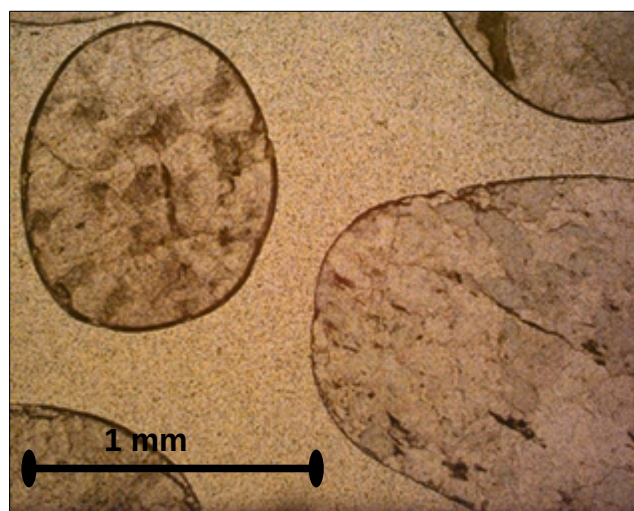


Fig. 4.2.13 - Frazione 1700 µm

Calcimetria

Molto bassa la percentuale presente di carbonati, equivalente al 3,75% lungo la linea di riva ed al 3,5% nella berma di tempesta, segno di un scarso apporto probabilmente legato a fattori stagionali legati alla presenza dei residui di *Posidonia oceanica* L. Delile. I dati granulometrici sottolineano in entrambi i casi questi numeri, con curve unimodali, alto grado di classazione e curtosi elevate.

4.2.1.3 S'Archeddu 'e Sa Canna – SAC

Transetto 2, Luglio 2013 - SAC T2 L13

Linea di Riva – Lr

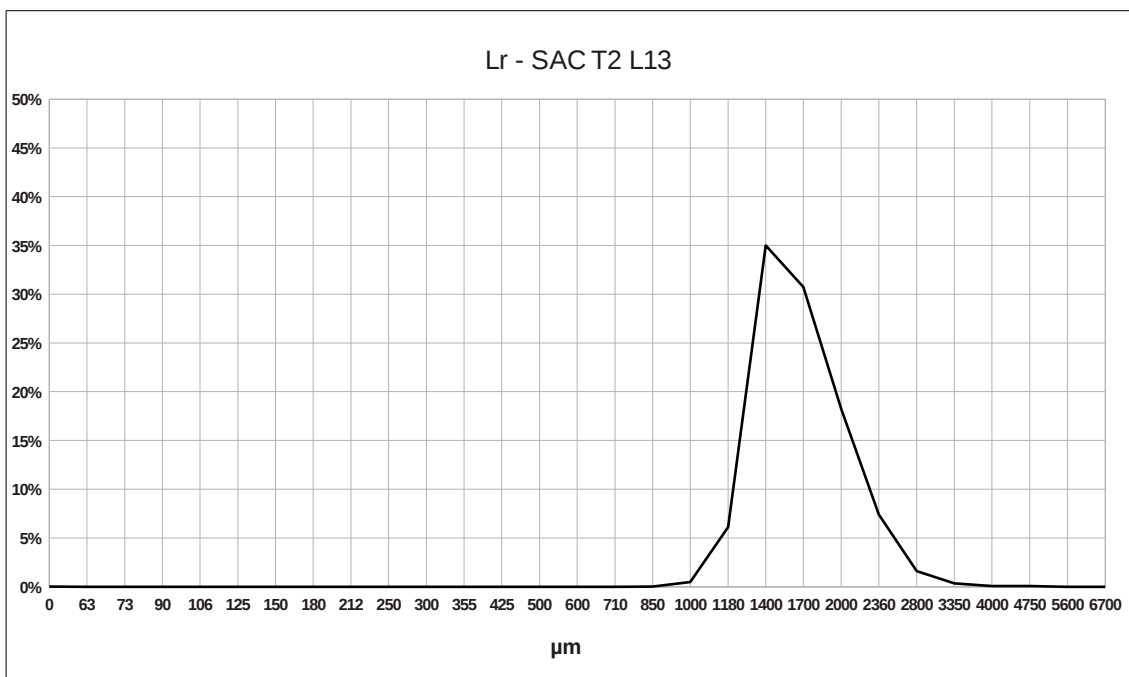


Fig 4.2.14 – Curva granulometrica Linea di riva - Lr

Lr 1400 μ m

Lungo la linea di riva si ha la prevalenza della frazione silicoclastica sotto forma di grossi frammenti litici di rocce granitoidi, clasti di quarzo e feldspati. Rari i bioclasti carbonatici. Il grado di arrotondamento dei granuli va da ben arrotondato ad arrotondato (well rounded, rounded) e la sfericit  varia da bassa ad alta (low to high sphericity).

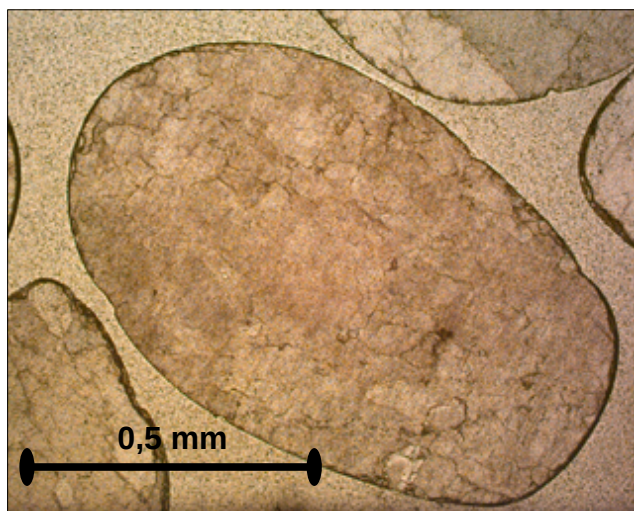


Fig. 4.2.15 - Frazione 1400 μ m

Cresta berma di tempesta - Cbt

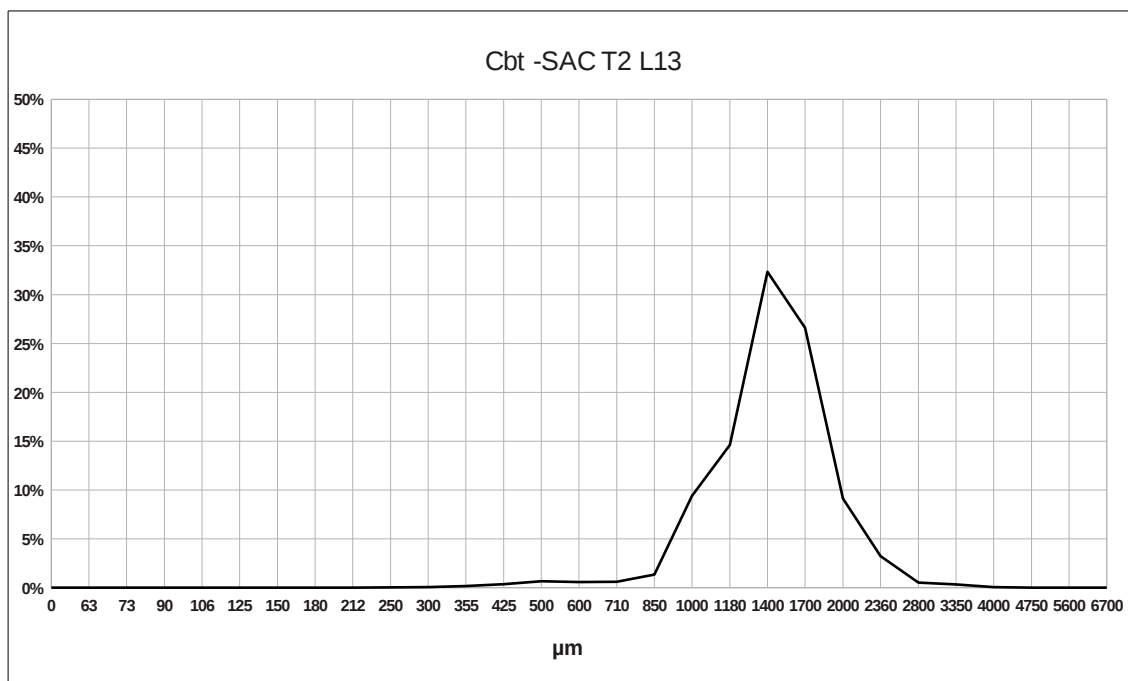


Fig 4.2.16 – Curva granulometrica Cresta della berma di tempesta - Cbt

Cbt 1400 μ m

La cresta della berma di tempesta presenta una prevalenza della frazione silicoclastica sotto forma di frammenti litici di rocce granitoidi, elementi di quarzo e feldspati. Sono presenti, molto subordinati, i frammenti di rocce vulcaniche e rari bioclasti. I granuli sono, in generale, ben arrotondati (well rounded) e con una sfericit  variabile da bassa ad alta (low to high sphericity).

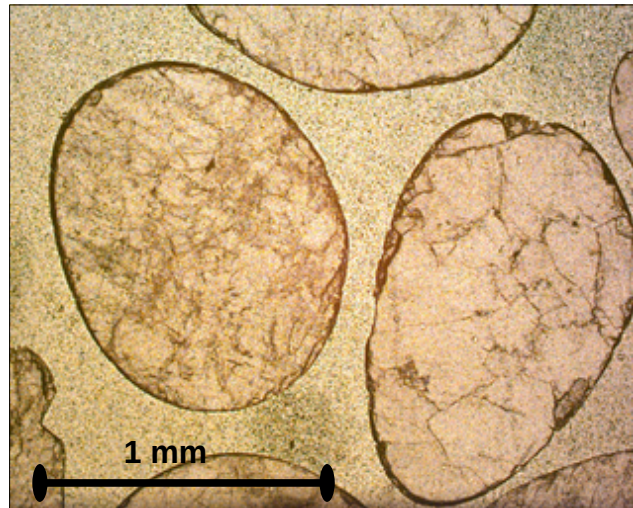


Fig. 4.2.17 - Frazione 1400 μ m

Piede duna – Pd

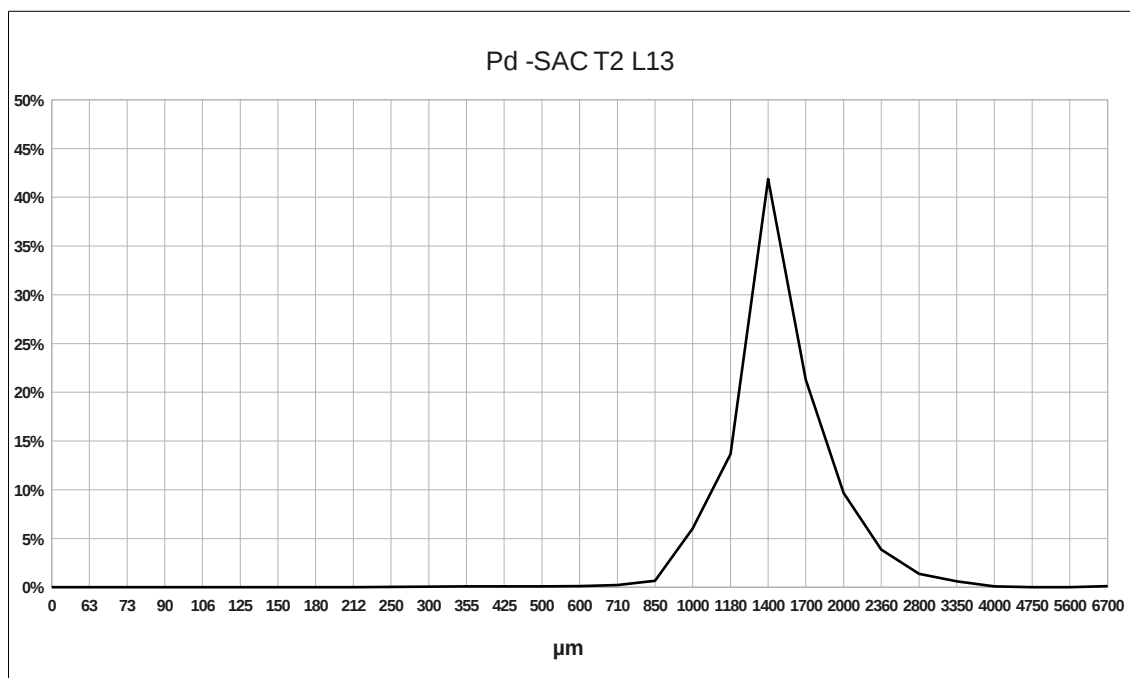


Fig 4.2.18 – Curva granulometrica Piede della duna - Pd

Pd 1400 μ m

Piede della duna a frazione prevalente silicoclastica sotto forma di frammenti litici di rocce granitoidi, elementi di quarzo e feldspati. Rari frammenti di vulcaniti e di calcari. Granuli da subarrotondati ad arrotondati (subrounded, rounded) e sfericità variabile da bassa ad alta (low, high sphericity).

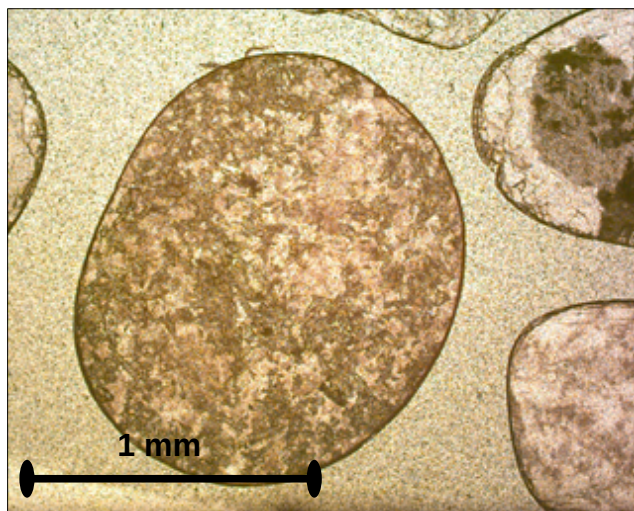


Fig. 4.2.19 - Frazione 1400 μ m

Calcimetria

Discorso molto simile a quello fatto per la spiaggia di Is Arutas, con addirittura l'assenza totale di carbonati lungo la cresta della berma di tempesta. Lungo la linea di riva e nel piede di duna invece percentuali identiche, pari al 3,75%.

4.2.1.4 Maimoni - MM

Transetto 2, Luglio 2013 (MM T2 L13)

Linea di riva - Lr

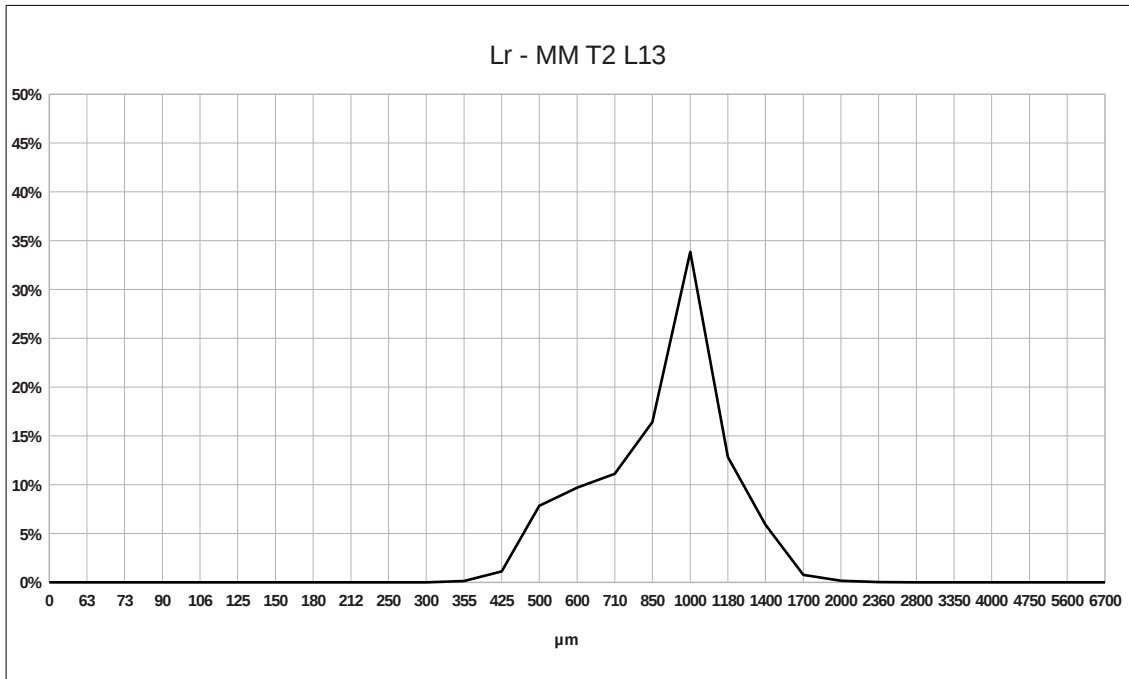


Fig 4.2.20 – Curva granulometrica Linea di riva - Lr

Lr 1000 μm

La frazione corrispondente al picco modale della linea di riva si presenta con una netta prevalenza di componenti silicoclastica sotto forma di granuli di quarzo ben arrotondati (well rounded) e con bassa sfericità (low sphericity). La componente organica risulta limitata a bioclasti carbonatici comunque ben presenti, arrotondati (rounded) e con bassa sfericità (low sphericity).

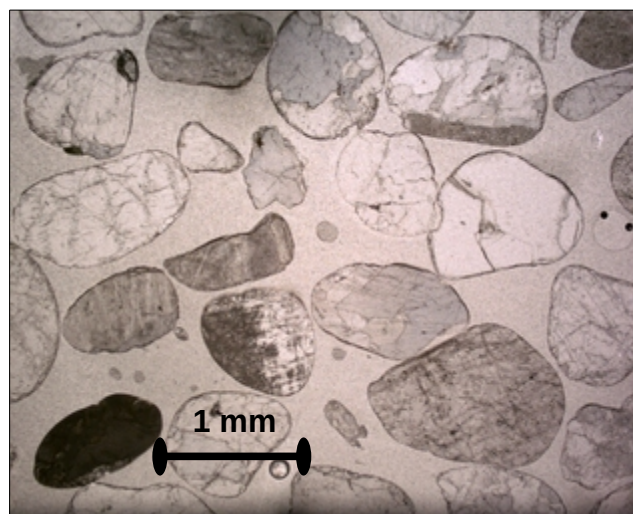


Fig. 4.2.21 - Frazione 1000 μm

Cresta berma di tempesta - Cbt

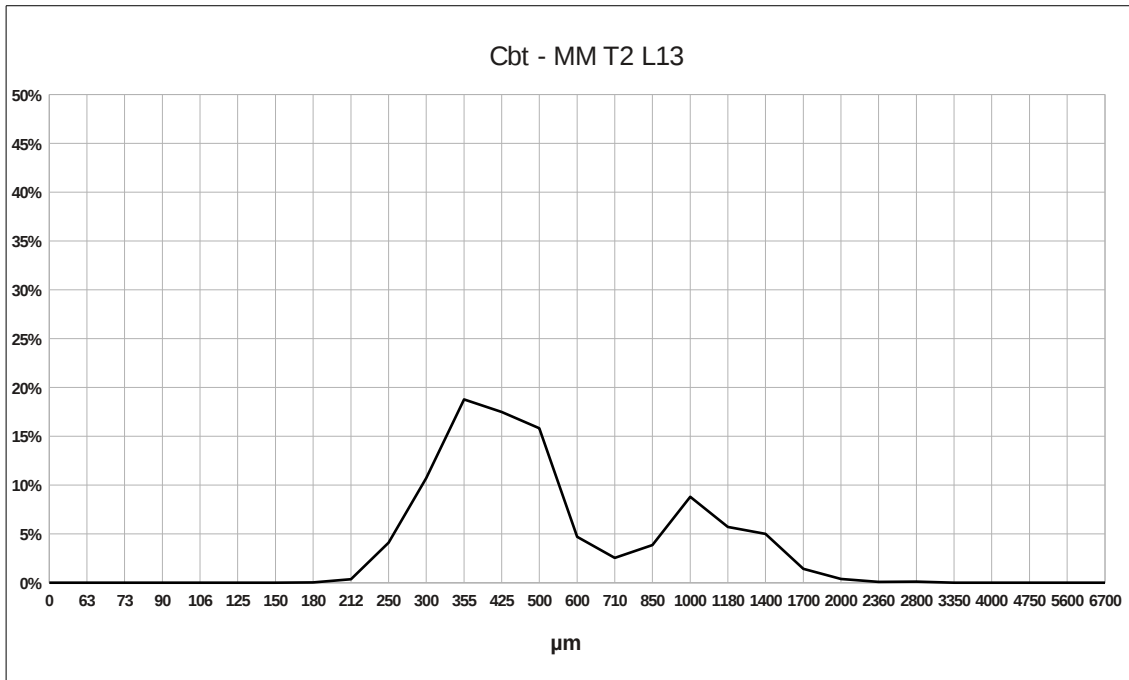


Fig 4.2.22 – Curva granulometrica Cresta della berma di tempesta - Cbt

Cbt 355 µm

La componente carbonatica risulta prevalente nel picco modale più fine della cresta della berma di tempesta, con subordinati granuli di derivazione vulcanica (es. px pirosseni). Granuli da sub-arrotondati a spigolosi (sub-rounded, angular) e con bassa sfericità (low sphericity)..

Cbt 1180 μm

La componente modale piú grossolana della cresta della berma di tempesta risulta composta da una frazione silicoclastica predominante, sotto forma di granuli ben arrotondati (well-rounded) e con bassa sfericitá (low sphericity). Sono presenti subordinati granuli di feldspato (ortoclasio, microclino) anch'essi ben arrotondati (well rounded) ed a bassa sfericitá (low sphericity); frammenti litici di metamorfiti ben arrotondati (well rounded) ed a bassa sfericitá (low sphericity) anche presenti, e in parte minore, frammenti di vulcaniti e di bioclasti carbonatici ben arrotondati (well rounded) ed a bassa sfericitá (low sphericity).

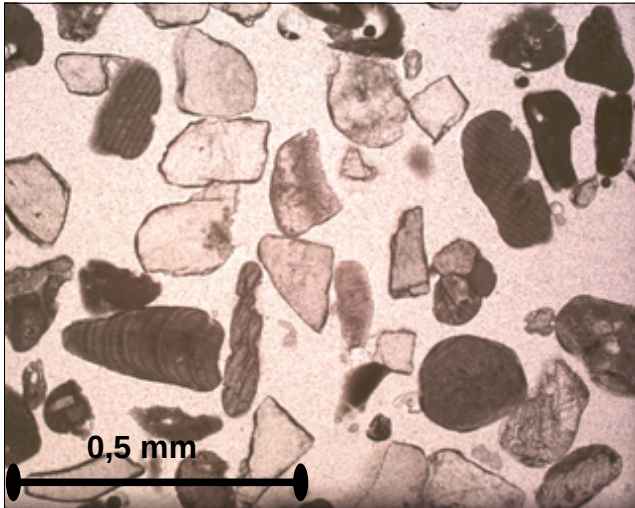


Fig. 4.2.23 - Frazione 355 μm

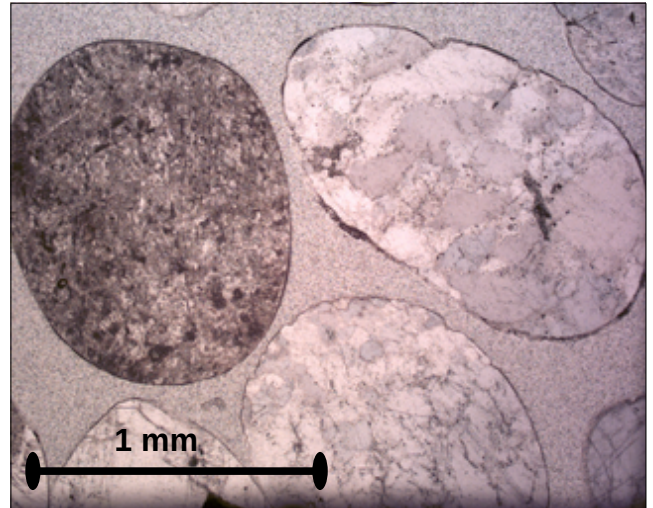


Fig. 4.2.24 - Frazione 1180 μm

Piede duna - Pd

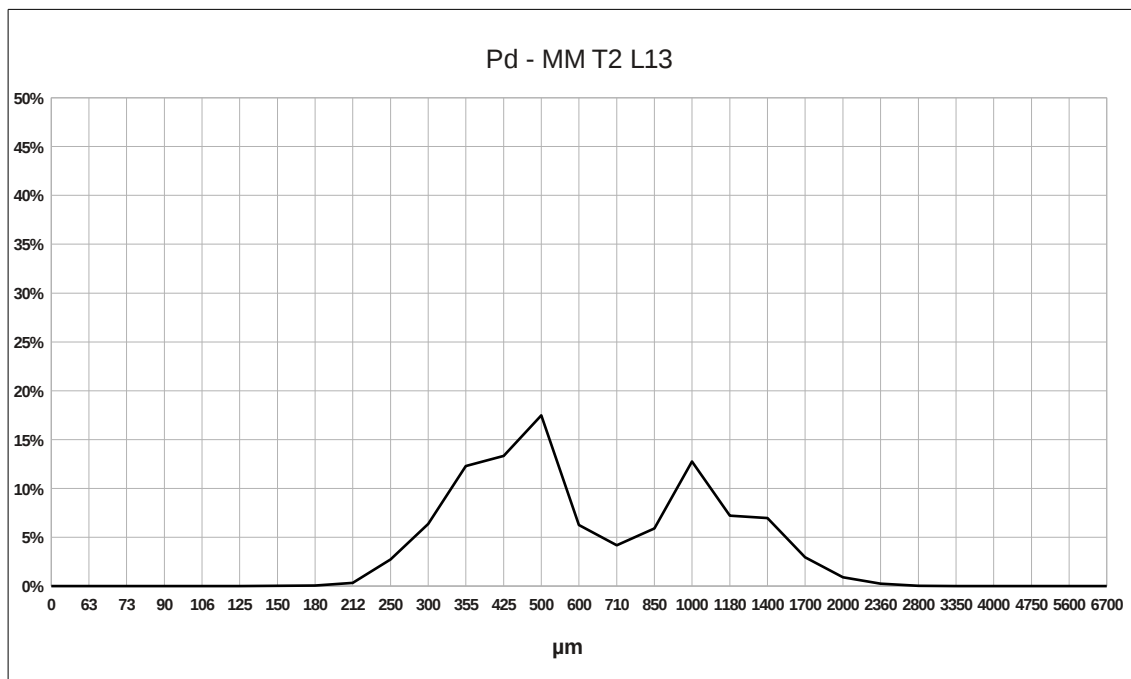


Fig 4.2.25 – Curva granulometrica Piede della duna - Pd

Pd 425 μ m

La frazione modale più fine del piede della duna ha una componente silicoclastica composta da granuli di quarzo più abbondanti e frammenti litici subordinati (granitoidi, vulcaniti ecc.) e risulta in percentuale pressoché analoga alla frazione carbonatica, composta in prevalenza da bioclasti (gusci di conchiglie, foraminiferi ecc.). Il grado di arrotondamento varia da sub-angolare a sub-arrotondato (subangular, subrounded) e la sfericità risulta bassa (low sphericity).

Pd 1000 μ m

La frazione modale più grossolana del piede della duna risulta composta da una componente silicoclastica predominante, sotto forma di granuli arrotondati (rounded) ed a bassa sfericità (low sphericity). Presenza di subordinati frammenti di vulcaniti granuli di feldspato (ortoclasio, microclino), frammenti litici di metamorfiti e minore presenza di bioclasti carbonatici. Il grado di arrotondamento risulta come arrotondato (rounded) e la sfericità bassa (low sphericity). Frazione di origine vulcanica piuttosto abbondante.

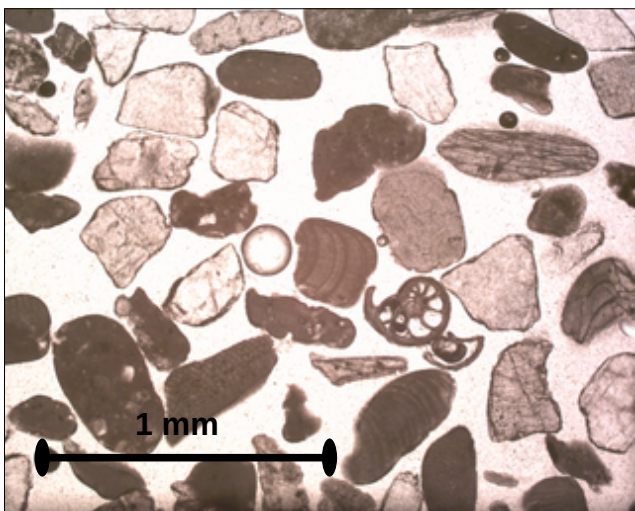


Fig. 4.2.26 - Frazione 425 μ m

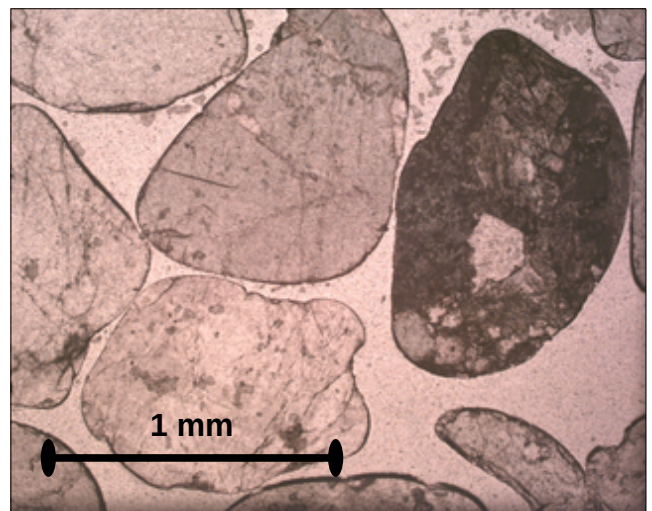


Fig. 4.2.27 - Frazione 1000 μ m

Calcimetria

Le analisi calcimetriche hanno evidenziato una frazione carbonatica più abbondante lungo la cresta della berma di tempesta, pari al 43,75%, e lungo il piede duna con una percentuale del 38,5%. Più limitate le quantità presenti lungo la linea di riva, pari al 14,75%. Evidenti le correlazioni con i grafici granulometrici con le forme della spiaggia alta caratterizzate da una bimodalità evidente verso le sabbie medie e fini.

4.2.1.5 Funtana Meiga

Transetto 3, Luglio 2013 - FM T3 L13

Linea di riva - Lr

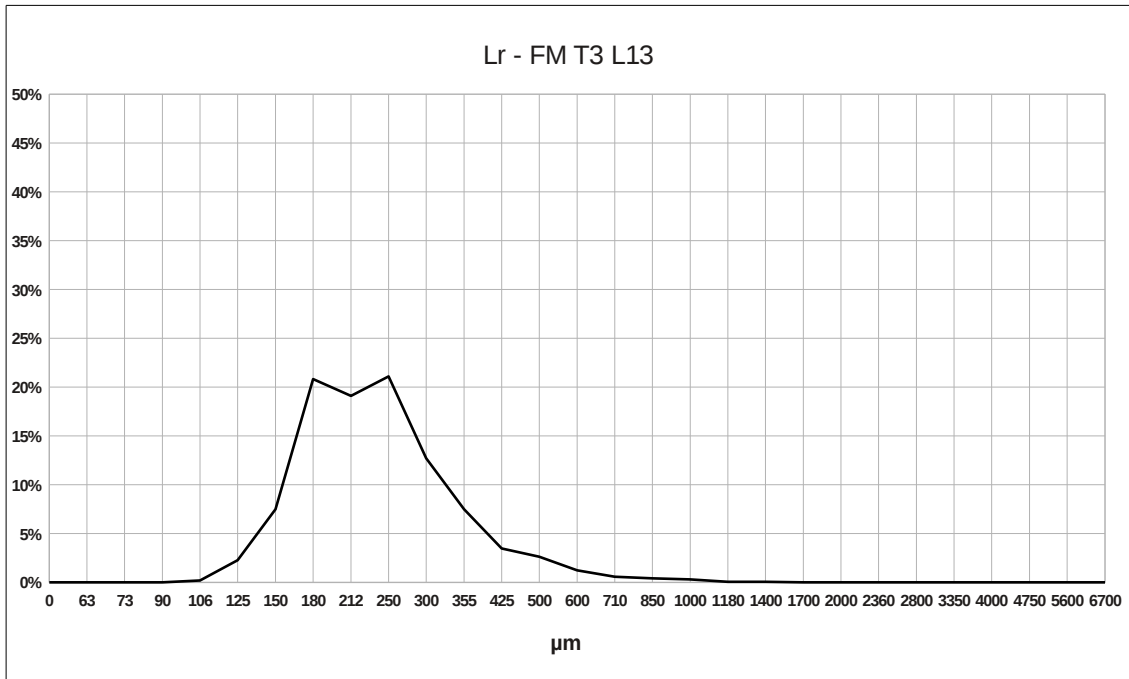


Fig 4.2.28 – Curva granulometrica Linea di riva - Lr

Lr 212 μm

Linea di riva a componente carbonatica molto abbondante, con bioclasti (foraminiferi), intraclasti e frammenti di calcare. Componente silicoclastica subordinata a prevalenza di quarzo in frammenti, feldspato (k-feldspato, plagioclaso). Granuli molto spigolosi (very angular) e con bassa sfericità (low sphericity). Limitata presenza di frammenti di derivazione vulcanica con granuli arrotondati e ben arrotondati (rounded, well rounded) e sfericità da bassa ad alta (low, high Sphericity).

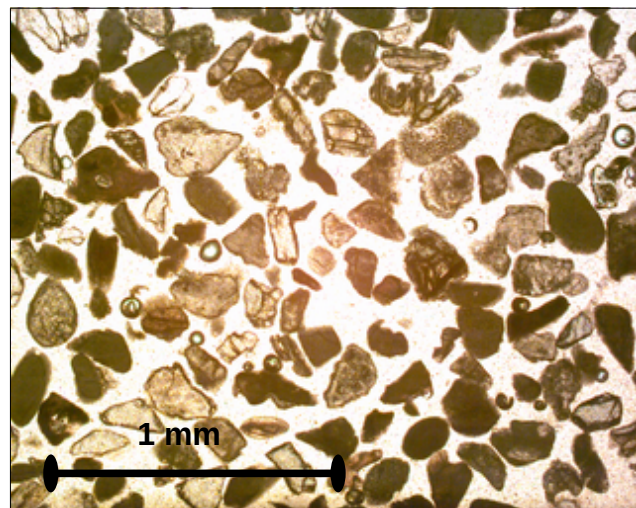


Fig. 4.2.29 - Frazione 212 μm

Piede duna - Pd

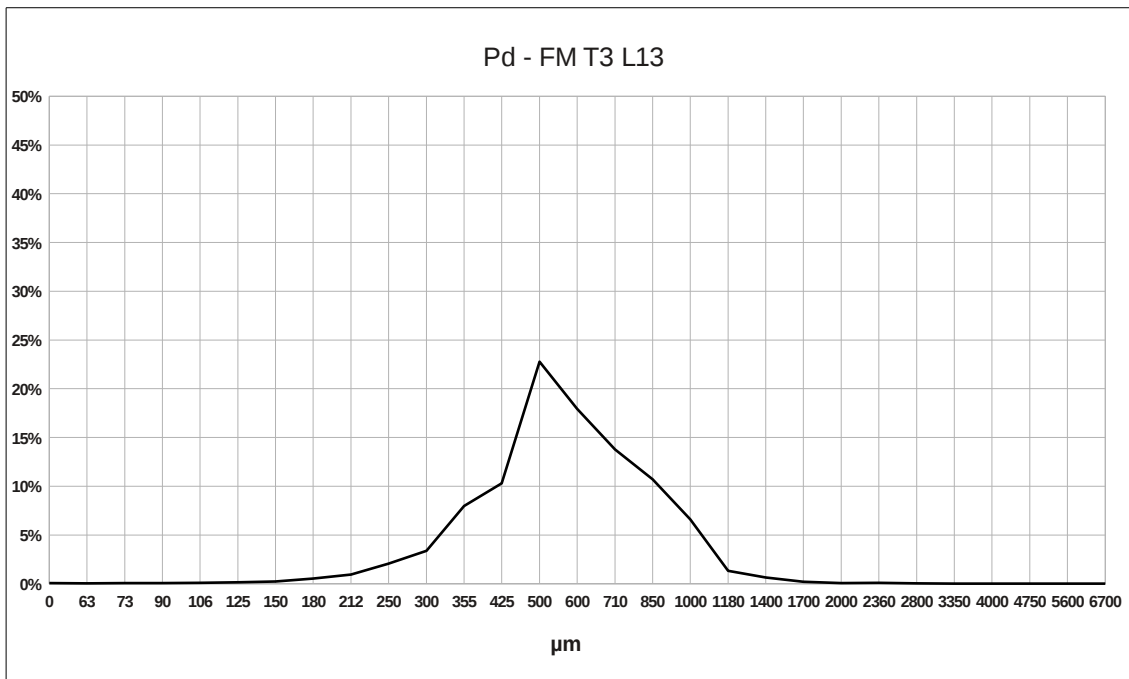


Fig 4.2.30 – Curva granulometrica Piede della duna - Pd

Pd 500 µm

Piede duna a componente carbonatica lievemente prevalente sotto forma di bioclasti (foraminiferi), intraclasti e frammenti di calcare; granuli ben arrotondati (well rounded) e sfericità bassa (low sphericity). Componente silicoclastica leggermente subordinata con piccoli frammenti litici di rocce granitoidi con quarzo come componente principale, feldspati (ortoclasì e pirosseni); abbondante componente di derivazione vulcanica, in particolare minerali femici (cpx, clinopirosseni) e subordinatamente frammenti litici di vulcaniti. Grado di arrotondamento dei granuli variabile da sub-angolare ad angolare (subangular, angular) e sfericità bassa (low sphericity).

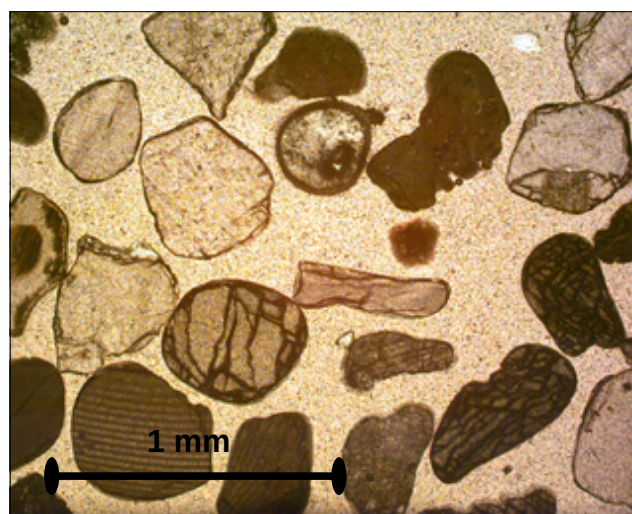


Fig. 4.2.31 - Frazione 500 µm

Calcimetria

Presenza elevata di carbonati, specie lungo la linea di riva con una percentuale del 74,25%, mentre il piede della duna si attesta sui 46,75%. E' questa la prima spiaggia dell'unità geoambientale meridionale, caratterizzata da una maggior presenza di sedimenti della classe delle sabbie medie e fini, come si evince chiaramente dai grafici delle granulometrie. Appare normale quindi una presenza maggiore dei componenti carbonatici in luogo di quelli organici tipici dei sedimenti silicoclastici.

4.2.1.6 San Giovanni di Sinis "Scalini" - SGS

Transetto 1, Luglio 2013 - SGS T2 L13

Linea di riva – Lr

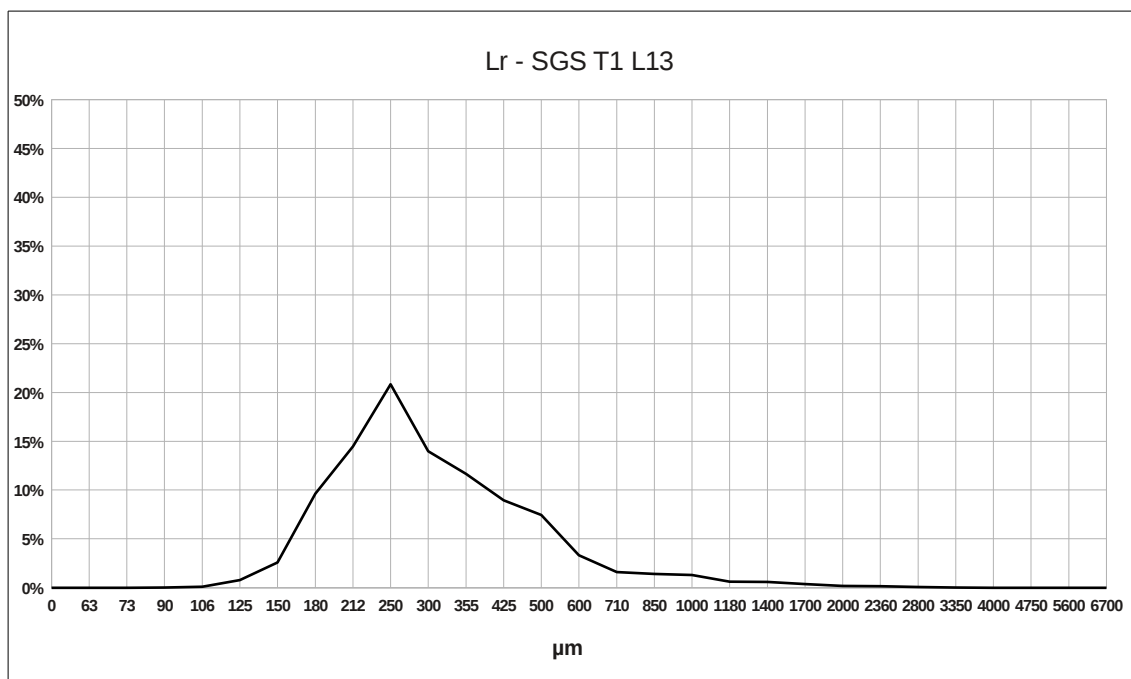


Fig 4.2.32 – Curva granulometrica Linea di riva - Lr

Lr 250 μ m

Componente carbonatica prevalente con presenza di bioclasti (foraminiferi, gasteropodi ecc.), intraclasti e frammenti di calcare, con granuli da arrotondati a ben arrotondati (rounded, well rounded) e sfericità da bassa ad alta (low, high sphericity). La componente silicoclastica è subordinata con una prevalente presenza di frammenti di quarzo, per lo più a spigoli vivi (angular) ed alta sfericità (high sphericity), frammenti di feldspati e una distinta componente di origine vulcanica, sotto forma di minerali femici (cpx-clinopirosseni) e probabili anfiboli; piccoli frammenti litici di rocce vulcaniche da sub-arrotondati ad arrotondati (subrounded, rounded) e sfericità da bassa ad alta (low, high sphericity).

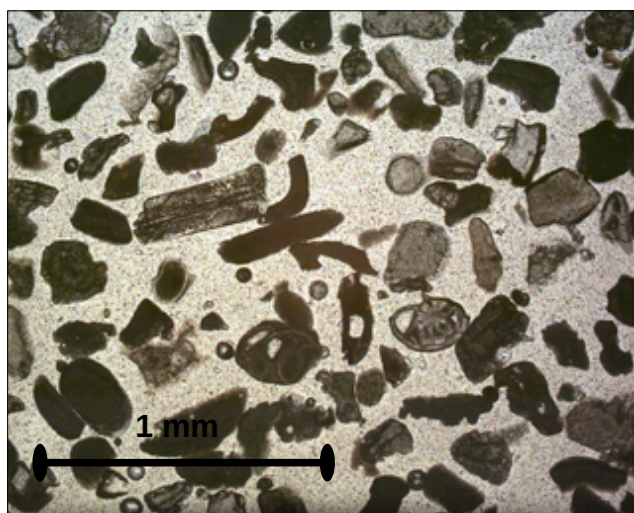


Fig. 4.2.33 - Frazione 250 μ m

Calcimetria

Il campione esaminato, relativo alla line di riva, con predominanti sabbie fini (picco modale a 250 μ m) e limitata presenza di sedimenti grossolani silicoclastici, evidenzia prevedibilmente un'alta percentuale di carbonati, in percentuale pari al 68,25%.

Transetto 2, Luglio 2013 - SG T2 L13

Linea di riva - Lr

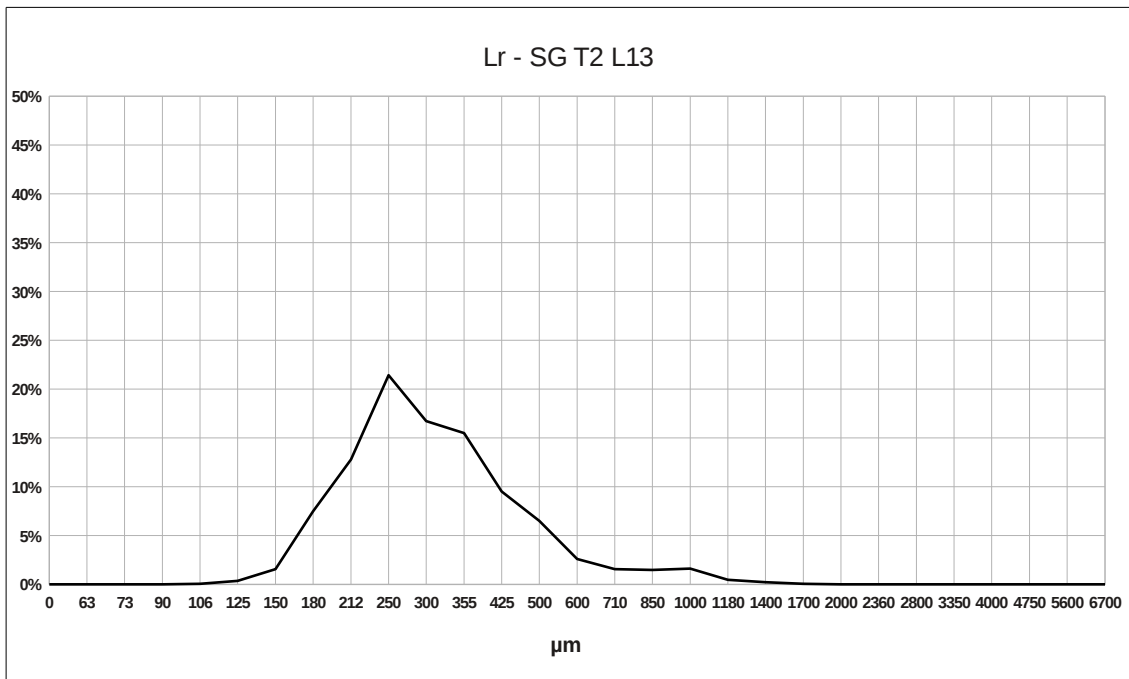


Fig 4.2.34 – Curva granulometrica Linea di riva - Lr

Lr 250 µm

La componente prevalente è di natura carbonatica, presente sotto forma di bioclasti, intraclasti e calcari. L'arrotondamento varia nell'intervallo dell'alto arrotondamento (well rounded, rounded), mentre la sfericità si manifesta in tutte le sue forme da bassa ad alta (low, high sphericity). Componente silicoclastica subordinata con quarzo angolare (angular) e sfericità elevata (high sphericity), feldspati e componenti di origine vulcanica.

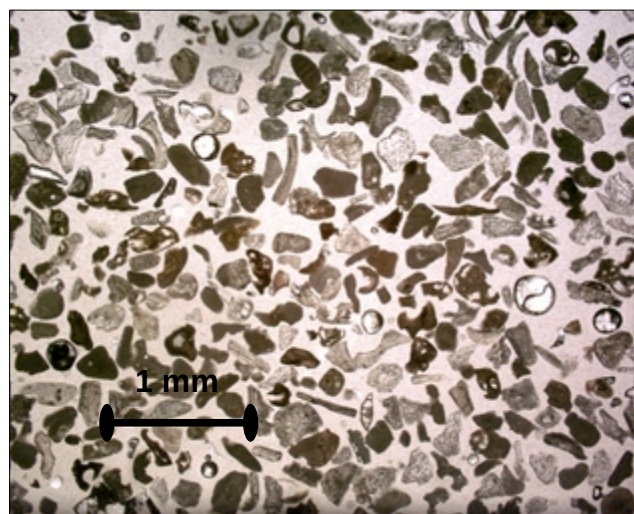


Fig. 4.2.35 - Frazione 250 µm

Cresta berma di tempesta - Cbt

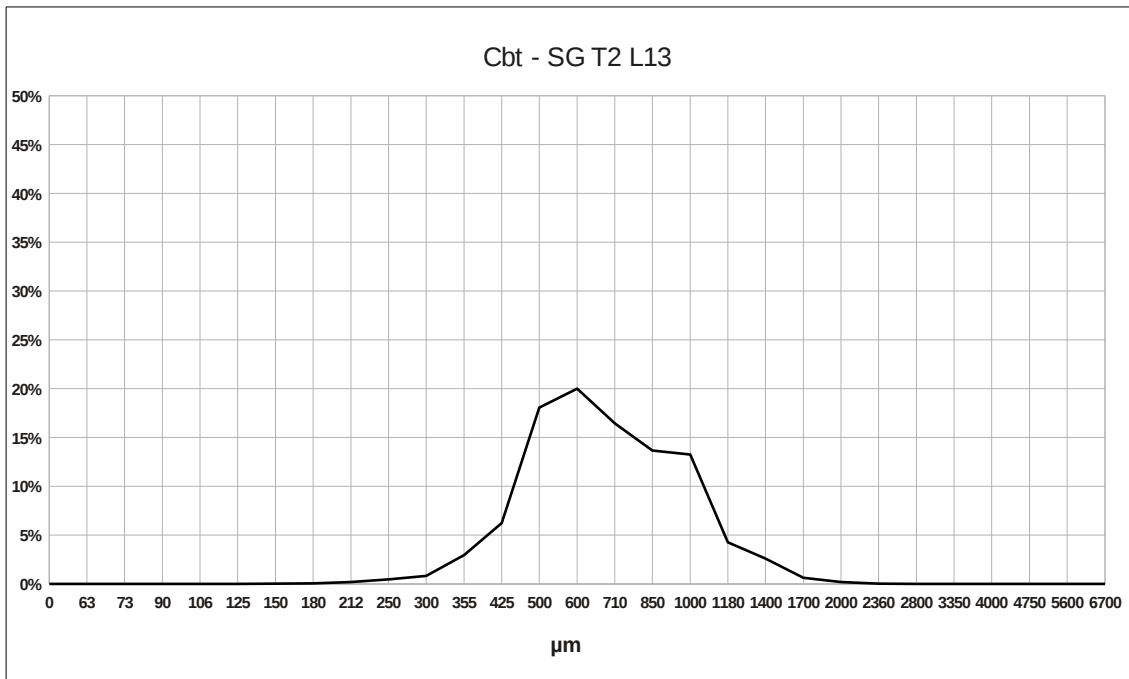


Fig 4.2.36 – Curva granulometrica Cresta della berma di tempesta - Cbt

Cbt 600 µm

La cresta della berma di tempesta risulta formata da una componente silicoclastica leggermente prevalente costituita da quarzo, feldspato (microclino), frammenti di rocce granitoidi, metamorfiche e vulcaniche. I granuli variano da sub-angolari a sub-arrotondati (subangular, subrounded) ed hanno una bassa sfericità (low sphericity). La subordinata frazione carbonatica bioclastica è composta in prevalenza da foraminiferi, echinidi e gasteropodi, con buon arrotondamento (well rounded) e bassa sfericità (low sphericity).

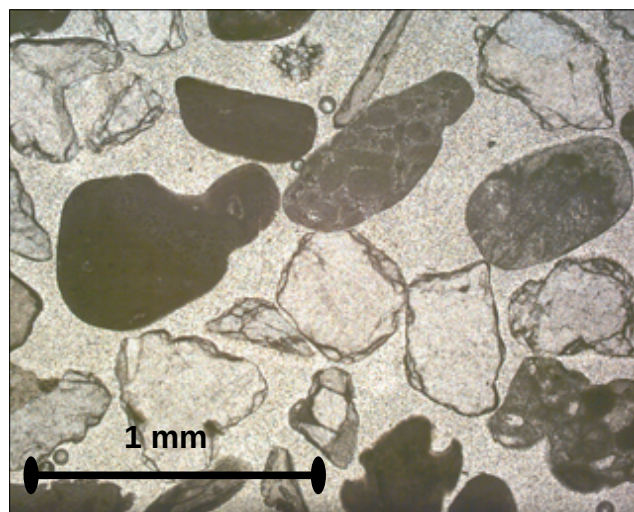


Fig. 4.2.37 - Frazione 600 µm

Piede duna - Pd

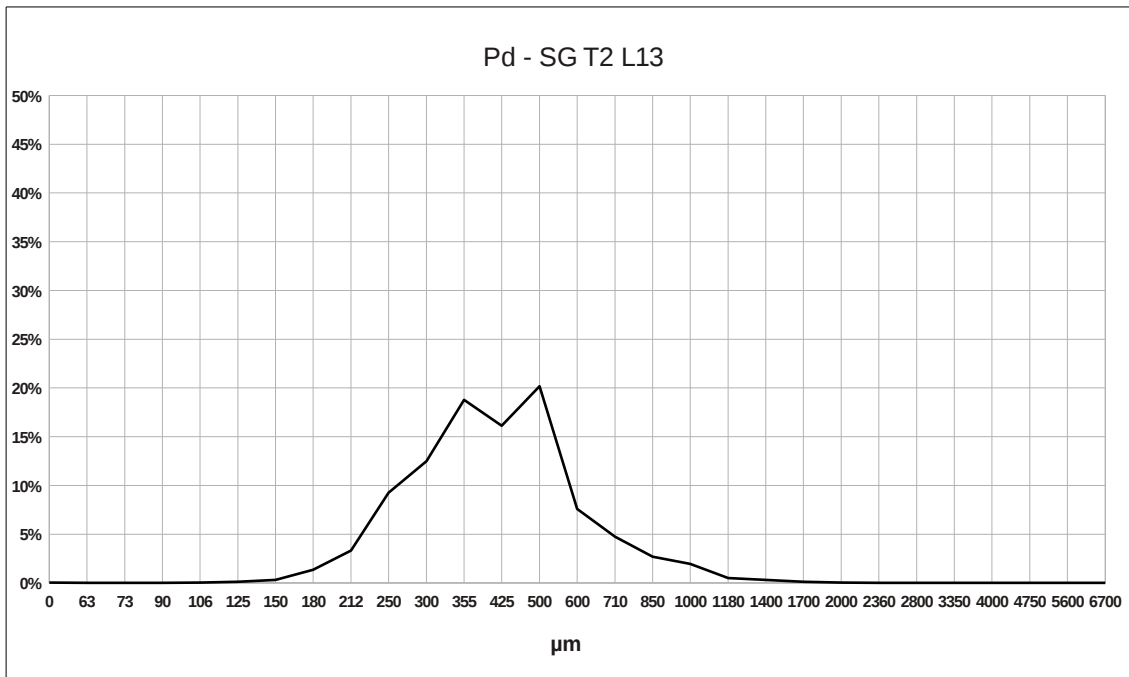


Fig 4.2.38 – Curva granulometrica Piede della duna - Pd

Pd 355 µm

Frazione carbonatica prevalente sul piede duna, con caratteri bioclastici e intraclastici arrotondati (rounded) e bassa sfericità (low sphericity). Frazione silicoclastica subordinata, con presenza di frammenti di quarzo e piccoli frammenti di rocce di derivazione granitoidi, granuli da angolari a sub-arrotondati (angular, subrounded) e sfericità variabile da bassa ad alta (high, low sphericity). Rari i frammenti di vulcaniti, che sono arrotondati (rounded) e ad alta (high sphericity).

Pd 500 μ m

Frazione carbonatica prevalente, con carattere bioclastico e intraclastico e granuli arrotondati ed a bassa sfericit  Rounded-Low Sphericity. Frazione silicoclastica subordinata sul piede della duna, con presenza di frammenti di quarzo e piccoli frammenti di rocce di derivazione granitoida da angolari a sub-arrotondati (angular, subrounded) e con sfericit  da bassa ad alta (low, high sphericity). Rari i frammenti di vulcaniti, arrotondati (rounded) e ad alta sfericit  (high sphericity).

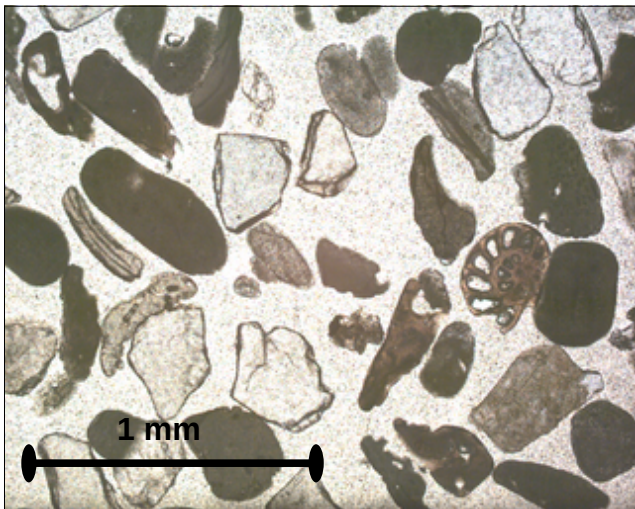


Fig. 4.2.39 - Frazione 355 μ m

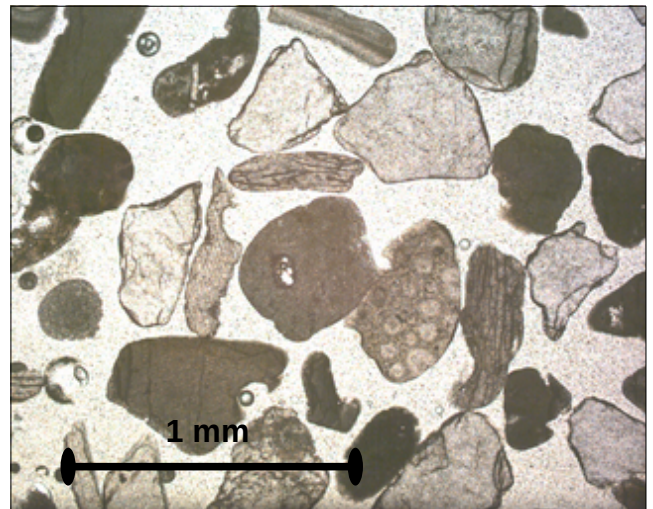


Fig. 4.2.40 - Frazione 500 μ m

Calcimetria

La presenza di carbonato di calcio si attesta su percentuali molto elevate, specie lungo la linea di riva con il 70,25% ed il piede della duna con il 61,75%. Percentuale minore ma sempre notevole lungo la cresta della berma di tempesta con il 33,75%, dovuta probabilmente alla maggiore energia a cui   sottoposta questa forma di spiaggia emersa.

Transetto 4, Luglio 2013 - SG T4 L13

Linea di riva - Lr

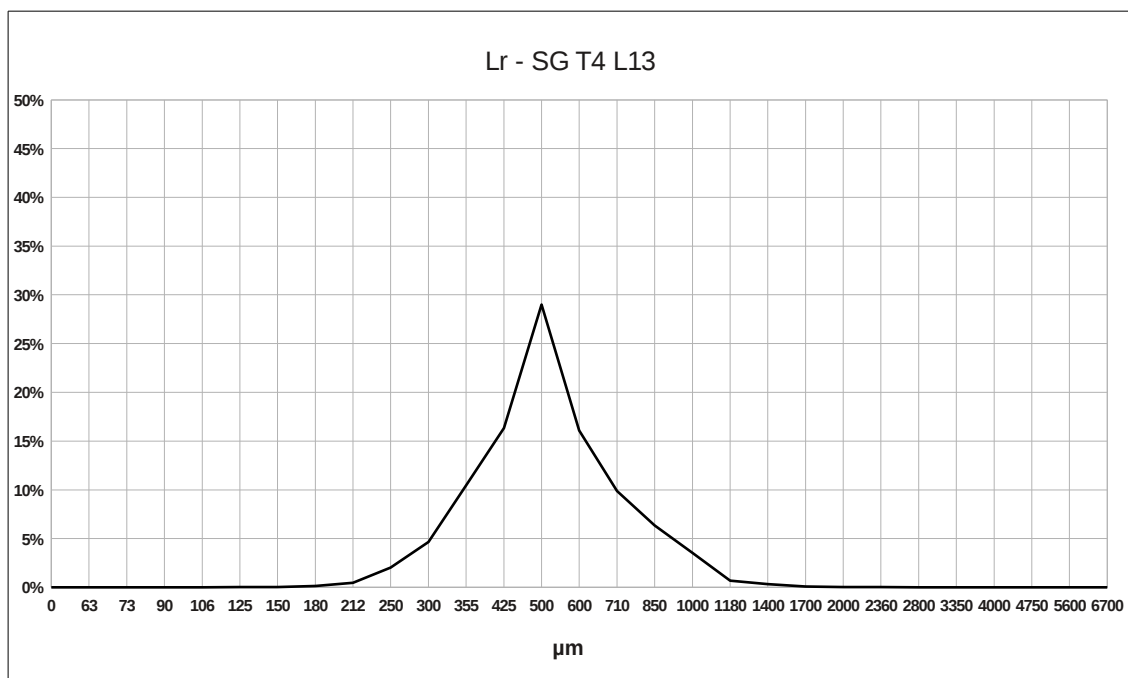


Fig 4.2.41 – Curva granulometrica Linea di riva - Lr

Lr 500 µm

Sulla linea di riva è leggermente prevalente la componente carbonatica, con abbondante frazione bioclastica (foraminiferi, echinidi, gasteropodi ecc.) ben arrotondata (well rounded) e ad alta sfericità (high sphericity). La frazione silicoclastica ha una subordinata componente vulcanica (minerali femici, frammenti litici) e granitica sotto forma di quarzo e frammenti di rocce granitoidi a prevalente grana fine. Granuli da angolari ad arrotondati (angular, rounded) e bassa sfericità (low sphericity).

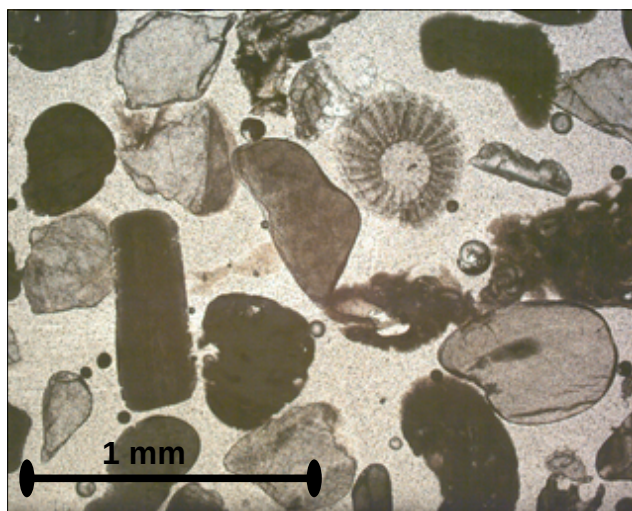


Fig. 4.2.42 - Frazione 500 µm

Cresta berma di tempesta - Cbt

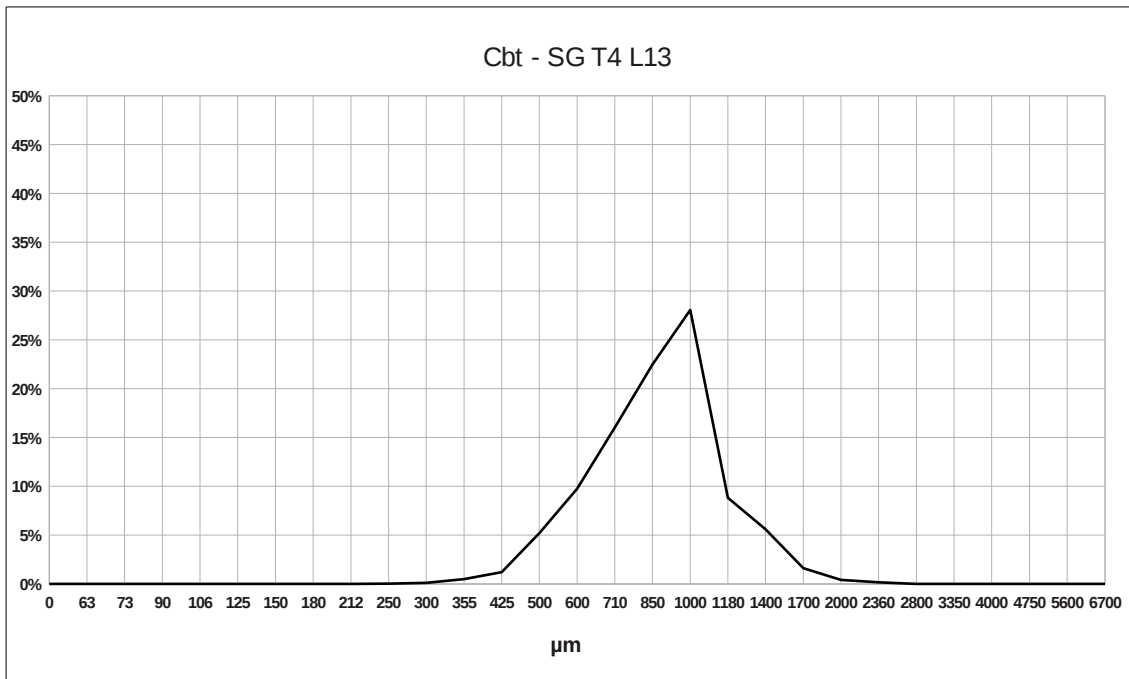


Fig 4.2.43 – Curva granulometrica Cresta della berma di tempesta - Cbt

Cbt 1000 µm

La cresta della berma di tempesta ha una frazione silicoclastica predominante con prevalenti quarzi e frammenti di rocce granitoidi, feldspati (ortoclasio, microclino), frammenti di rocce vulcaniche basiche Grado di arrotondamento da sub-arrotondato ad arrotondato (subrounded, rounded) e bassa sfericità (low sphericity). La frazione carbonatica è subordinata ed assume carattere bioclastico e intraclastico, con granuli arrotondati (rounded) ed a bassa sfericità (low sphericity).

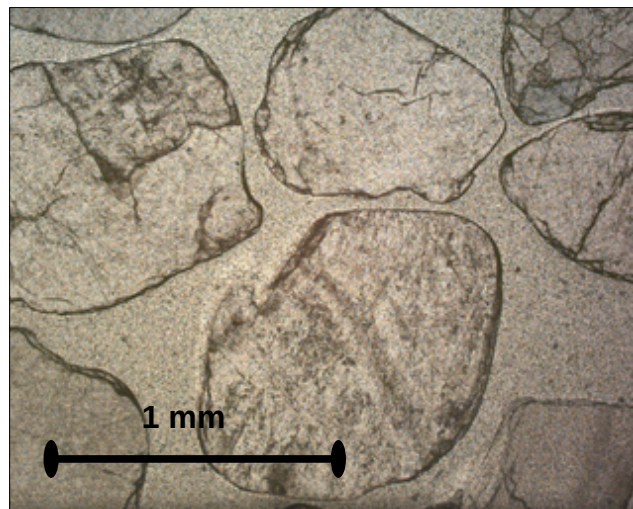


Fig. 4.2.44 - Frazione 1000 µm

Piede duna - Pd

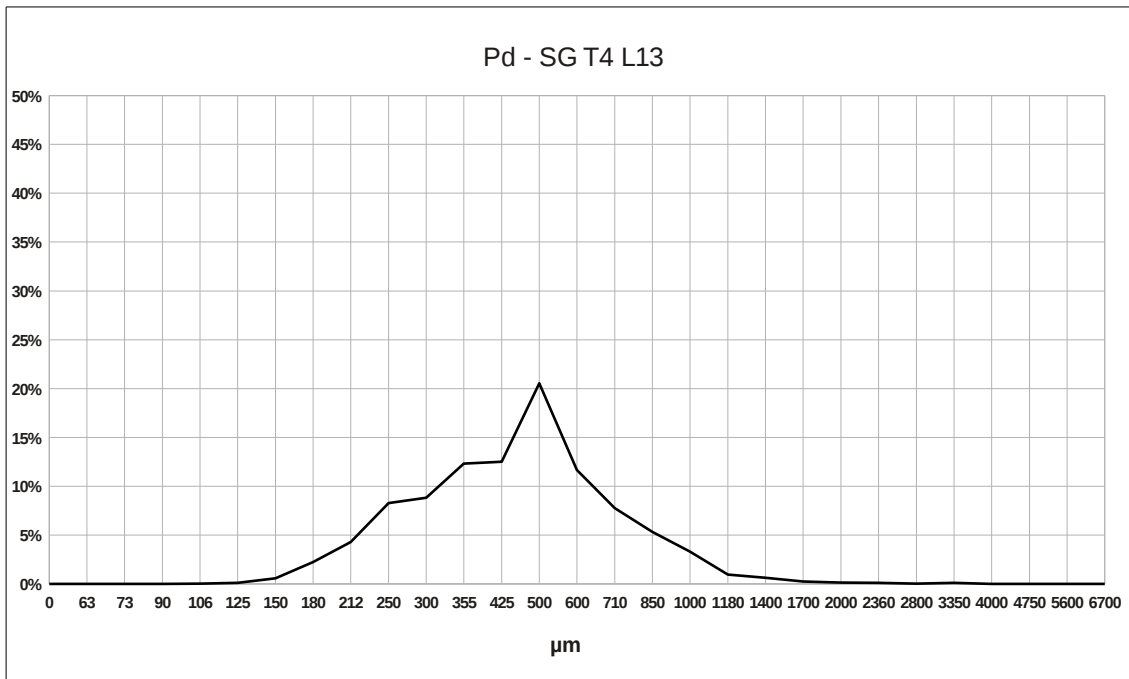


Fig 4.2.25 – Curva granulometrica Piede della duna - Pd

Pd 500 µm

Piede di duna a componente carbonatica leggermente prevalente e abbondante frazione bioclastica (foraminiferi, echinidi, gasteropodi ecc.). Granuli ben arrotondati (well rounded) e sfericità elevata (high sphericity). La frazione silicoclastica ha una prevalente componente granitica, sotto forma di quarzo e frammenti di rocce granitoidi a grana fine ed una consistente parte vulcanica fatta di rocce basiche (frammenti litici) e rocce metamorfiche. Granuli che vanno da angolari ad arrotondati (angular, rounded) e bassa sfericità (low sphericity).

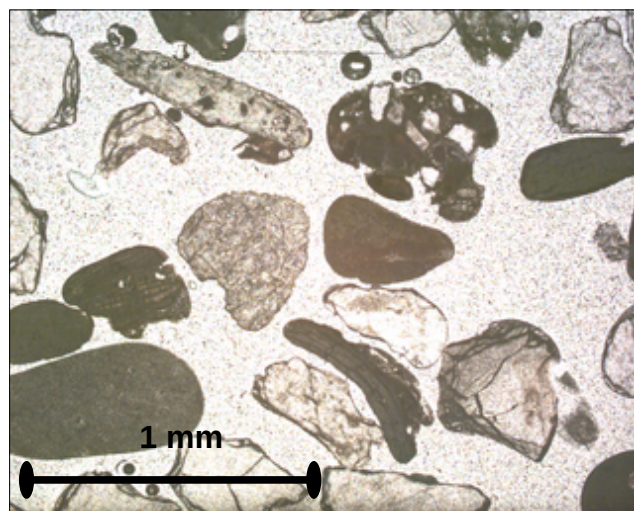


Fig. 4.2.46 - Frazione 500 µm

Calcimetria

Confermata la tendenza emersa lungo il secondo transetto, pur con percentuali inferiori, rispettivamente del 53,25%, del 32,25% nella berma di tempesta e del 51,25% nel piede di duna.

4.2.1.8 Isthmo di Capo San Marco - CPS

Transetto 1, Luglio 2013 - CPS T1 L13

Linea di riva - Lr

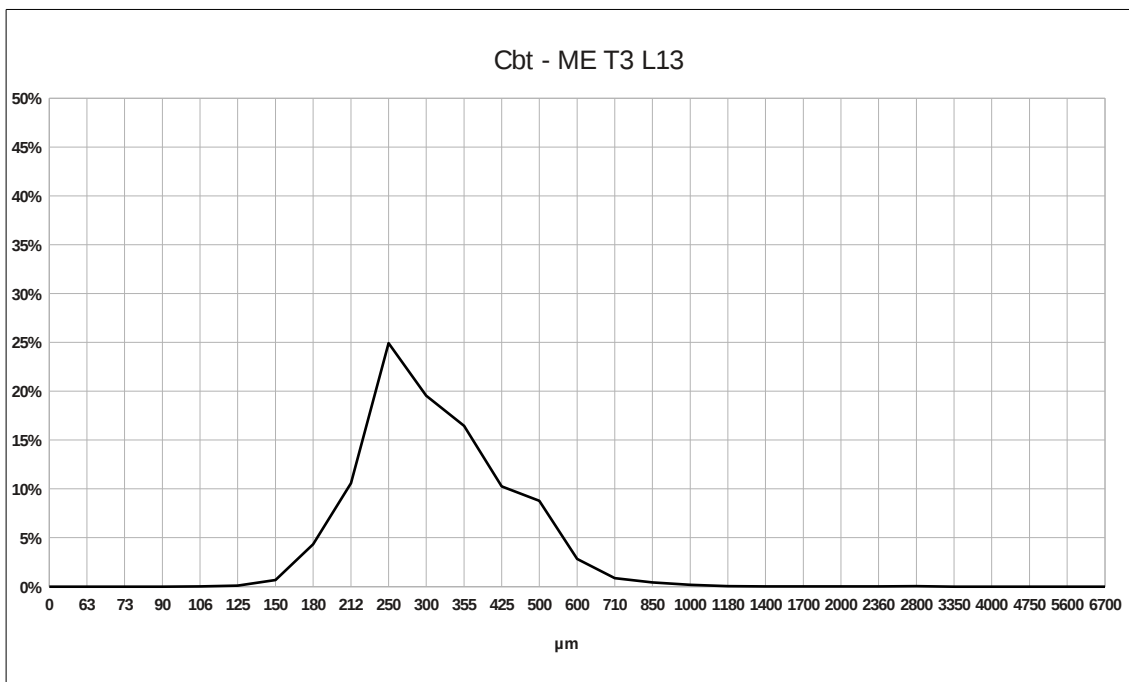


Fig 4.2.47 – Curva granulometrica Linea di riva - Lr

Lr 250 μ m

Lungo la linea di riva la componente carbonatica risulta predominante, con bioclasti sotto forma di foraminiferi, gasteropodi ecc. arrotondati (rounded) ed a bassa sfericit  (low sphericity). La frazione subordinata risulta composta da granuli silicoclastici in quarzo e componenti di derivazione granitica, e da frammenti di roccia vulcanica basica. Granuli da angolari a sub-angolari (angular, subangular) ed a bassa sfericit  (low sphericity).

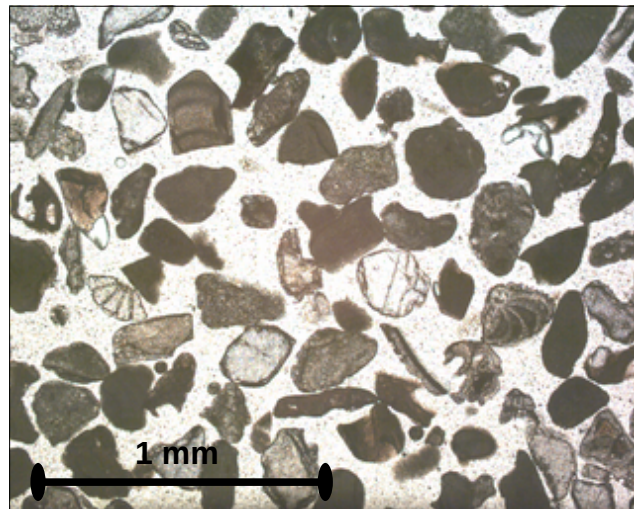


Fig. 4.2.48 - Frazione 250 μ m

Calcimetria

Percentuale molto elevata lungo la linea di riva, pari al 74,25%, data dalla preponderante presenza della frazione carbonatica in luogo di quella silicoclastica.

<i>Tabella esami calcimetrici</i>						
	<i>ME T3 L13 - Lr</i>	<i>ME T3 L13 - Cbt</i>	<i>ME T3 L13 - Pd</i>		<i>IA T2 L13 - Lr</i>	<i>IA T2 L13 - Cbt</i>
<i>CaCO₃ %</i>	40,75	20,25	23,75		3,75	3,5
	<i>SAC T2 L13 - Lr</i>	<i>SAC T2 L13 - Cbt</i>	<i>SAC T2 L13 - Pd</i>	<i>MM T2 L13 - Lr</i>	<i>MM T2 L13 - Cbt</i>	<i>MM T2 L13 - Pd</i>
<i>CaCO₃ %</i>	3,75	0	3,75	14,75	43,75	38,5
	<i>FM T3 L13 - Lr</i>	<i>FM T3 L13 - Pd</i>		<i>SGS T1 L13 - Lr</i>		<i>CPS T1 L13 - Lr</i>
<i>CaCO₃ %</i>	74,25	46,75		68,25		74,25
	<i>SGT T2 L13 - Lr</i>	<i>SGT T2 L13 - Cbt</i>	<i>SGT T2 L13 - Pd</i>	<i>SGT T4 L13 - Lr</i>	<i>SGT T4 L13 - Cbt</i>	<i>SGT T4 L13 - Pd</i>
<i>CaCO₃ %</i>	70,25	33,75	61,75	53,25	32,25	51,25

Tab. 4.2.1 – Dati calcimetria

Legenda

ME: Mari Ermi

MM: Maimoni

SG: San Giovanni di Sinis

Lr: linea di riva

IA: Is Arutas

FM: Funtana Meiga

CPS: Capo San Marco

Cbt: cresta della berma di tempesta

SAC: S'Archeddu 'e Sa Canna

SGS: San Giovanni di Sinis "Scalini"

T: transetto

Pd: piede della duna

4.2.2 *Analisi granulometriche*

4.2.2.1 *Mari Ermi - ME*

Linea di Riva - Lr

L'esame dei dati relativi alla linea di riva mette in evidenza differenze abbastanza marcate tra il Transetto 1 (T1), relativo alla parte settentrionale della spiaggia il Transetto 2 (T2) ed il Transetto 3 (T3), relativi alla parte centrale e meridionale; differenze che sono osservabili in tutti i parametri presi in considerazione e che si ripetono nei due diversi periodi di campionamento.

I sedimenti facenti parte del T1 evidenziano un rafforzamento dei propri parametri da Luglio ad Ottobre, probabilmente a causa di eventi meteomarini di forte intensità, che si evidenziano con un aumento del diametro medio in μm , dal intervallo delle sabbie molto grossolane a quello delle ghiaie molto fini, ed un miglioramento della classazione, minore curtosi, ma che vede scomparire la coda fine presente nel campione di Luglio. Nei sedimenti del T2 e del T3, pur invertendosi la tendenza tra Luglio ed Ottobre (con diametro medio più elevata a Luglio nel secondo e ad Ottobre nel terzo) si nota una certa omogeneità, che viene confermata dagli altri parametri presi in considerazione.

Da evidenziare la bimodalità presente in entrambi i campioni, sia a Luglio che a Ottobre, con la moda fine sempre definita nel intervallo delle sabbie fini a $250\mu\text{m}$, ed una minore classazione, segno chiaro della presenza di due tipi di sedimento ben distinti. Il picco modale principale, relativo alle sabbie più grossolane, tende a decrescere nel T2, passando dai $2000\mu\text{m}$ ai $1700\mu\text{m}$, mentre nel T3 i due picchi tendono ad appiattirsi ed allargarsi (curve platicurtiche), con il principale che sale da $1400\mu\text{m}$ a $2360\mu\text{m}$ (sabbie molto grossolane, ghiaie molto fini). I parametri esaminati evidenziano una generale tendenza ai fenomeni erosivi, più spiccata nella parte settentrionale della spiaggia, con un aumento del diametro medio ed una classazione in aumento in seguito ad eventi meteomarini di forte intensità ed un probabile trasporto della frazione meno grossolana per deriva litoranea non oltre la posizione corrispondente al T2. Fenomeno che si ripete nella parte meridionale della spiaggia, ma mantenendo ed accentuando la bimodalità dei sedimenti presenti.

<i>Mari Ermi, Linea di riva - Lr (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)</i>						
	ME T1 L14	ME T2 L14	ME T3 L14	ME T1 O14	ME T2 O14	ME T3 O14
MEDIA	1925,8	1122,3	786,3	2,408	988,7	1039,1
CLASSAZIONE	1,742	2,796	2,507	1,226	2,653	2,993
ASIMMETRIA	-0,581	-0,703	-0,792	0,128	-0,662	-0,620
CURTOSI	4.186	0,582	0,583	1,128	0,582	0,537

Tab 4.2.2 – *Principali parametri statistici (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)*

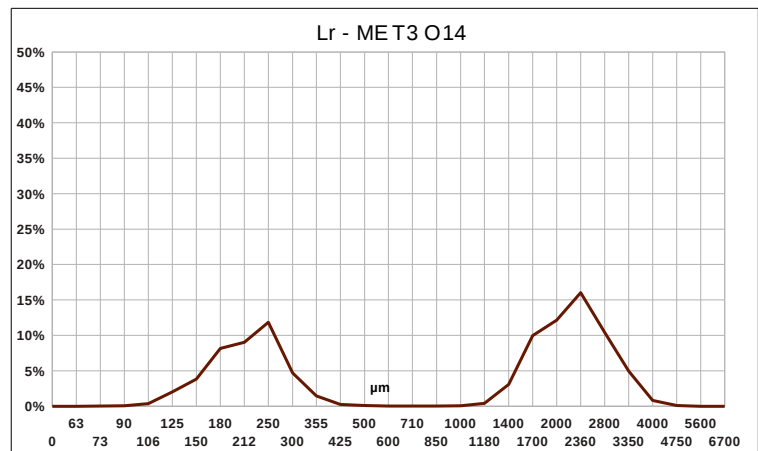
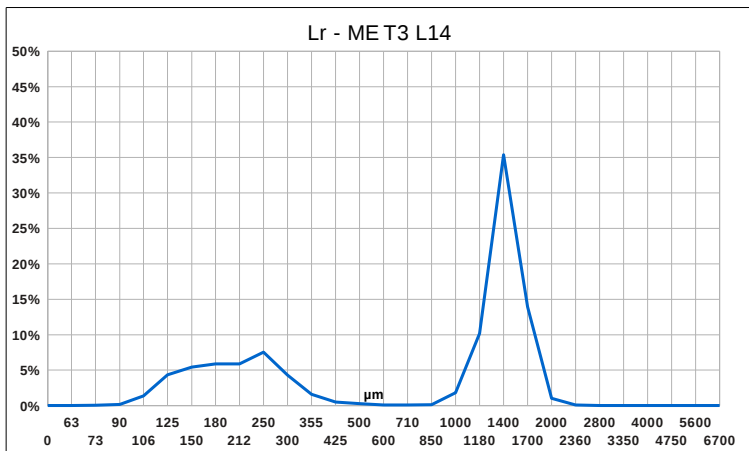
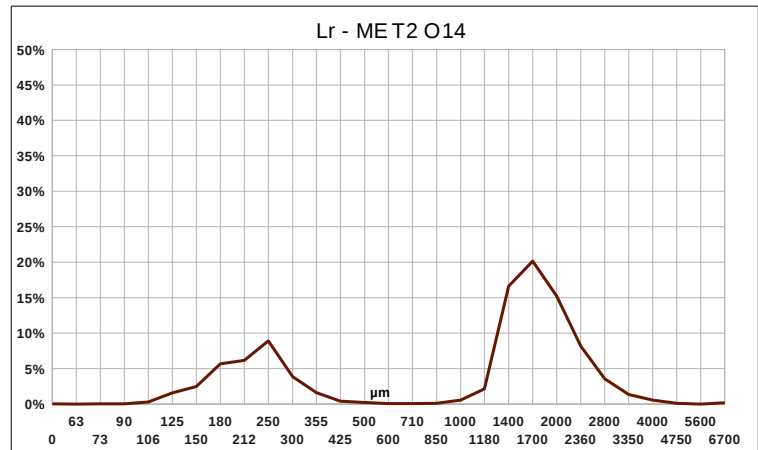
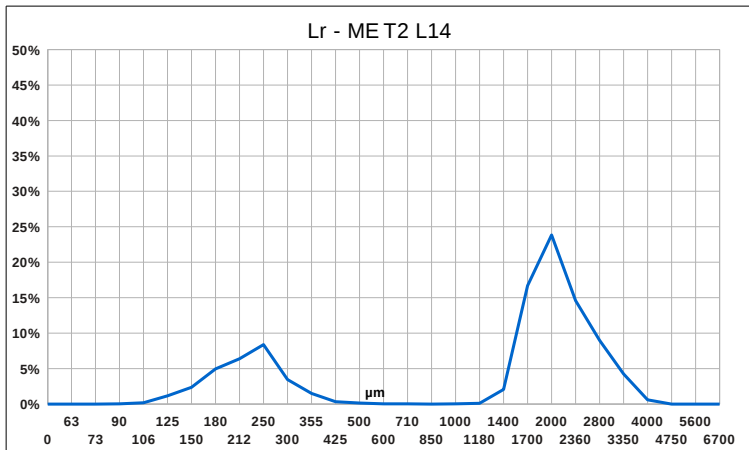
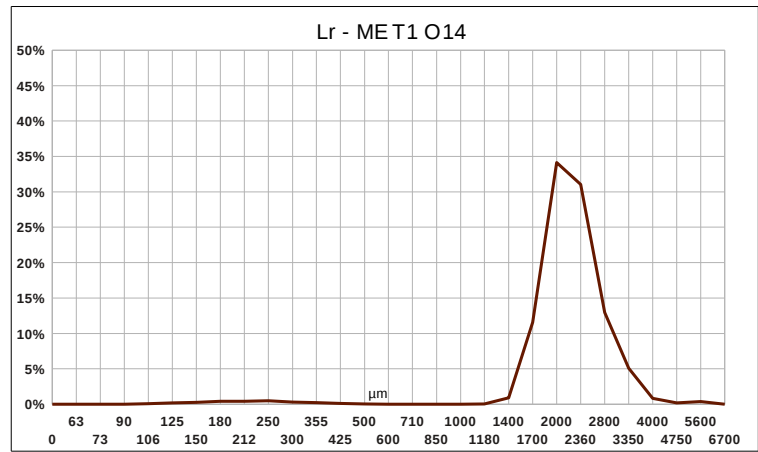
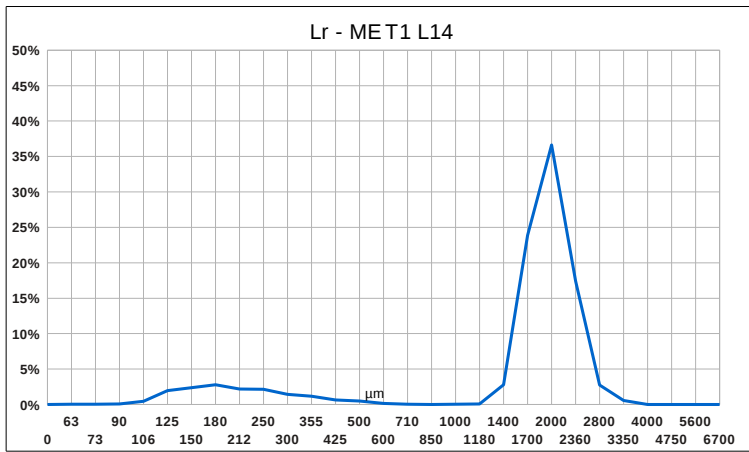


Fig. 4.2.49 – Mari Ermi - ME: curve granulometriche Linea di riva – Lr, estate, autunno 2014

Cresta berma di tempesta -Cbt

Per quanto riguarda la forma della berma di tempesta, si notano pochissime variazioni tra Luglio e Ottobre nei diversi transetti, in particolar modo lungo il T2. Il T1 si presenta, similmente alla linea di riva, con una granulometria media elevata che va ad aumentare lievemente ad Ottobre ma con il picco stabile nelle sabbie molto grossolane ed una lievissima coda fine con picco a 250 μ m; la classazione risulta elevata, come pure la curtosi. Anche il T2 ed il T3 presentano i due picchi lungo gli stessi intervalli, ma la bimodalità risulta più spiccata, con la frazione fine presente in maniera più rilevante. Quest'ultima risulta in aumento nel T3 ad Ottobre, con un impoverimento omogeneo delle frazioni intermedie ed una diminuzione generale del diametro medio. In linea generale vi è da notare come le variazioni lungo la berma di tempesta risultino più limitate rispetto alla linea di riva, con una evidente maggiore quantità proporzionale dei sedimenti medio fini. Questa caratteristica può essere messa in correlazione con lo stato generale del sistema di spiaggia ed in particolare con la posizione dei transetti considerati in aree a più o meno ampio sviluppo del retroduna.

<i>Mari Ermi, Cresta berma di tempesta – Cbt (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)</i>						
	ME T1 L14	ME T2 L14	ME T3 L14	ME T1 O14	ME T2 O14	ME T3 O14
MEDIA	1835,3	1096,3	1223,2	1958,6	1112,0	914,3
CLASSAZIONE	1,507	2,336	2,148	1,257	2,284	2,549
ASIMMETRIA	-0,350	-0,695	-0,677	0,061	-0,691	-0,713
CURTOSI	2,794	2,900	2,943	1,322	2,855	0,560

Tab 4.2.3 – Principali parametri statistici (Metodo Folk & Ward – μ m) (Blott&Pye, 2001)

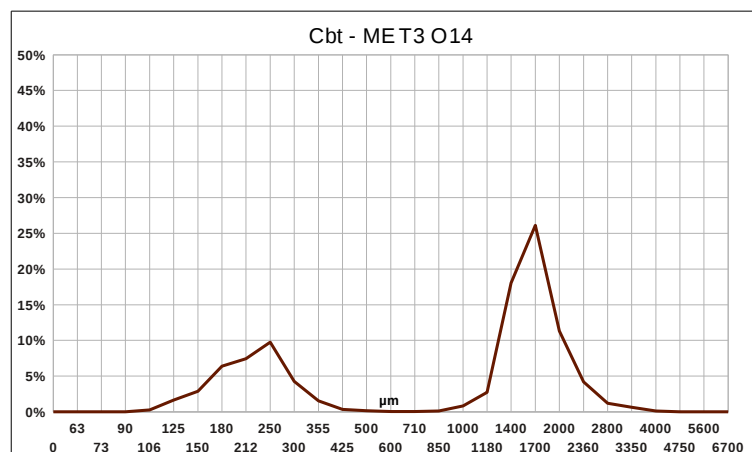
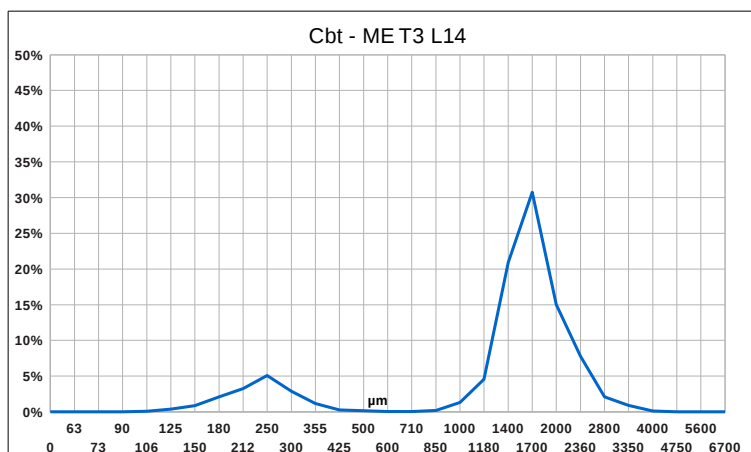
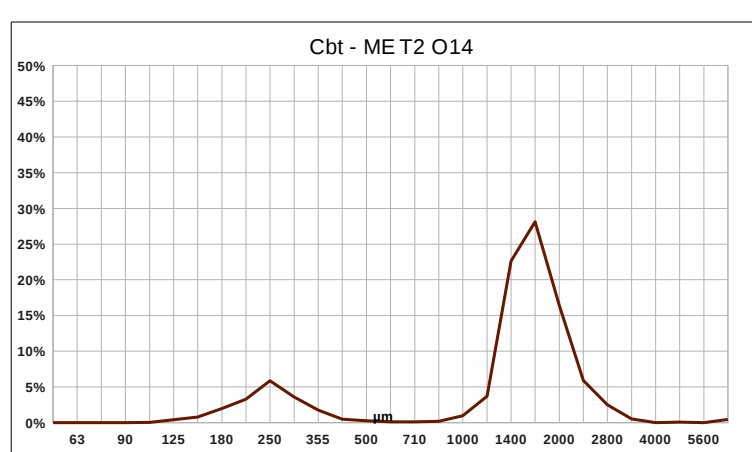
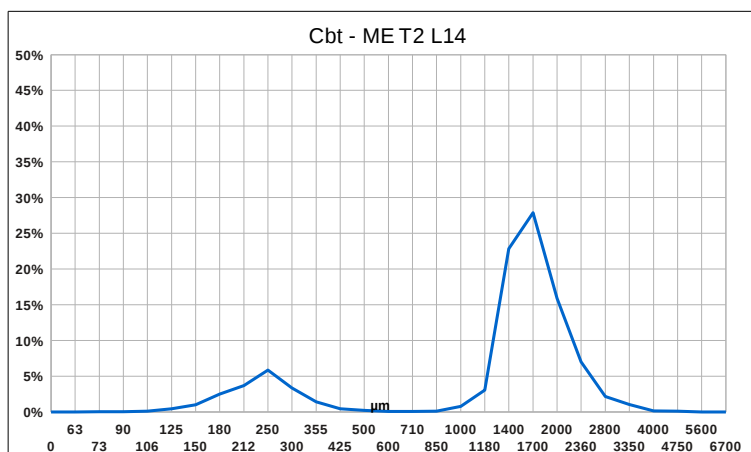
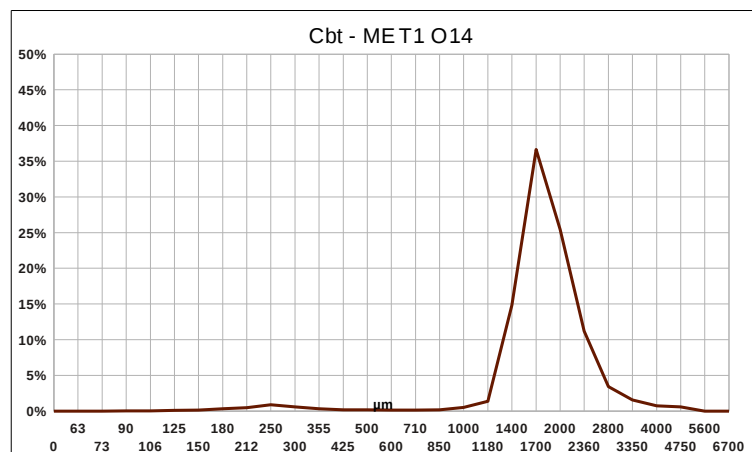
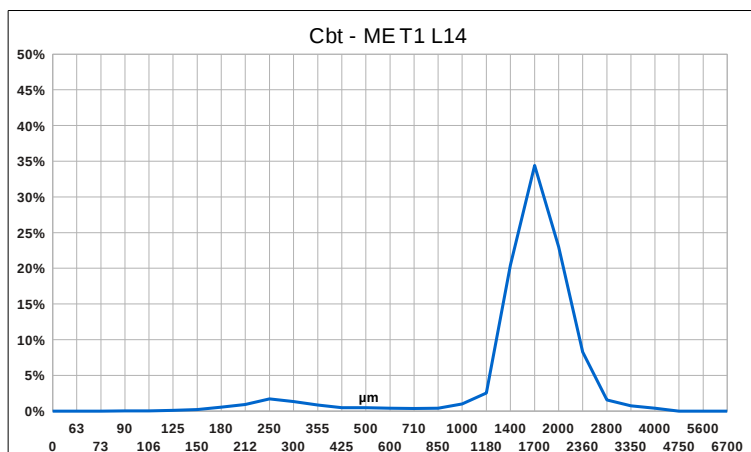


Fig. 4.2.50 – Mari Ermi – ME: curve granulometriche Cresta berma di tempesta - Cbt estate, autunno 2014

Piede duna - Pd

Nel primo transetto si nota sempre una spiccata unimodalità nel campo delle sabbie grossolane tendenti alla ghiaia fine, con una curva platicurtica nel mese di Ottobre in luogo della leptocurtica di Luglio ed una minore classazione pur con un aumento del diametro medio. Questa situazione può stare ad indicare un rimaneggiamento dei sedimenti del piede di duna dovuti ad un'energia non però sufficiente a definire uno spostamento omogeneo della curva verso le ghiaie, situazione compatibile con la distanza dalla linea di riva della forma in questione.

Nel confronto tra Luglio ed Ottobre del T2 si può notare un lieve aumento della curtosi con picco modale a 1700 μ m (sabbie molto grossolane) ed una comparsa di una sempre lieve bimodalità con picco leptocurtico a 250 μ m (sabbie moltofini). Nel complesso si tratta comunque di variazioni trascurabili nel complesso dell'andamento dei campioni. Lungo il T3 si rileva un fenomeno simile a quello presente nell'analogo riferito alla cresta della berma di tempesta e cioè un impoverimento dei sedimenti intermedi tra i due picchi modali (riferiti esattamente agli stessi intervalli), ma con, in questo caso nessuna variazione dei parametri statistici principali, come, ad esempio, il diametro medio ed il basso livello di classazione.

La distanza superiore alla linea di riva rende probabilmente queste forme meno soggette ai fenomeni più rilevanti dovuti al moto ondoso, specie nella parte centro meridionale della spiaggia; questo può rendere meno suscettibili a modifiche i parametri sedimentari, anche se riferiti solo a due campionamenti.

<i>Mari Ermi, Piede duna – Pd (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)</i>						
	ME T1 L14	ME T2 L14	ME T3 L14	ME T1 O14	ME T2 O14	ME T3 O14
MEDIA	2044,9	2154,8	1089,0	2679,7	1905,7	1076,7
CLASSAZIONE	1,262	1,240	2,444	1,383	1,531	2,495
ASIMMETRIA	0,214	0,098	0,673	0,096	-0,339	-0,704
CURTOSI	1,145	1,010	2,436	0,903	3,255	2,598

Tab 4.2.4 – Principali parametri statistici (Metodo Folk & Ward – μ m) (Blott&Pye, 2001)

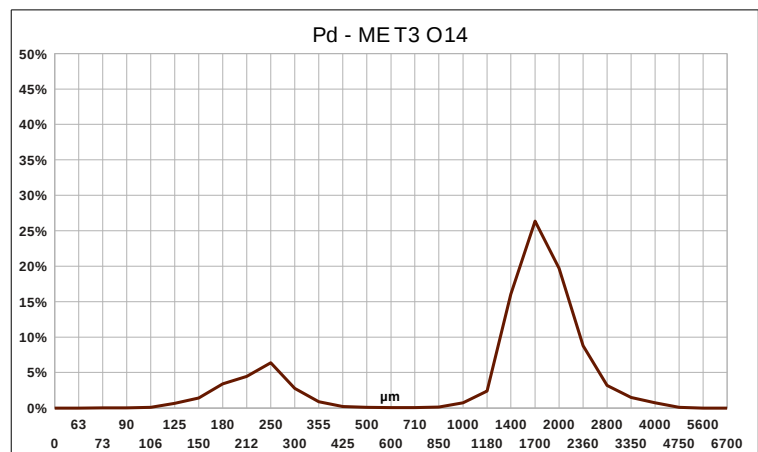
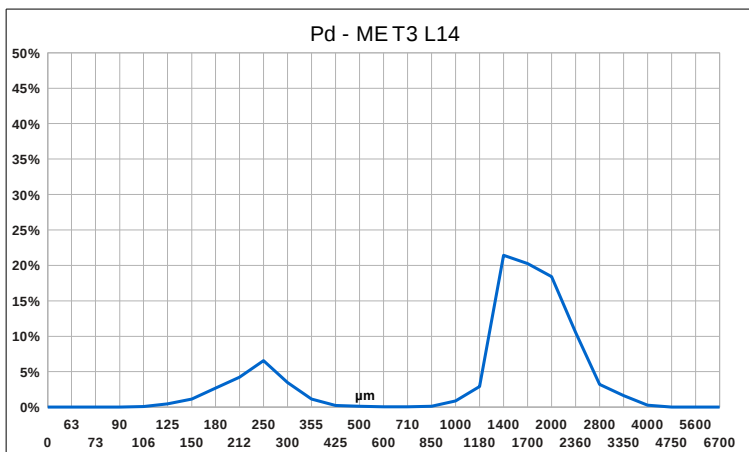
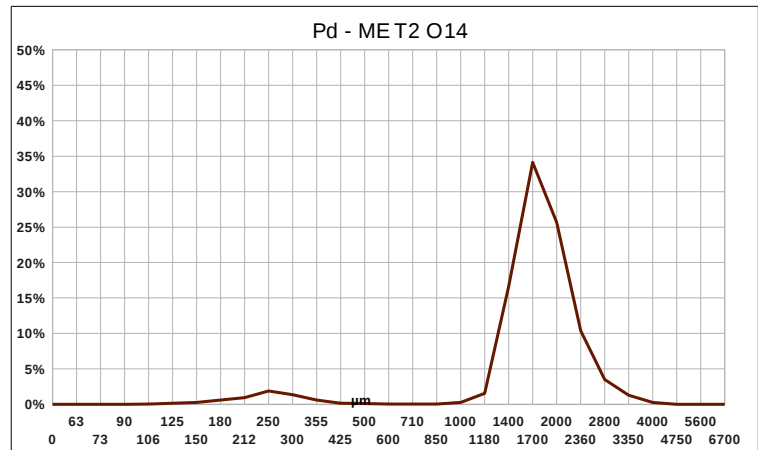
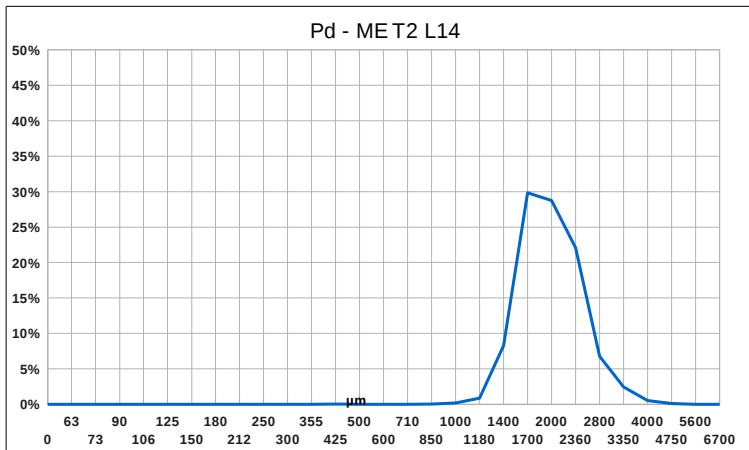
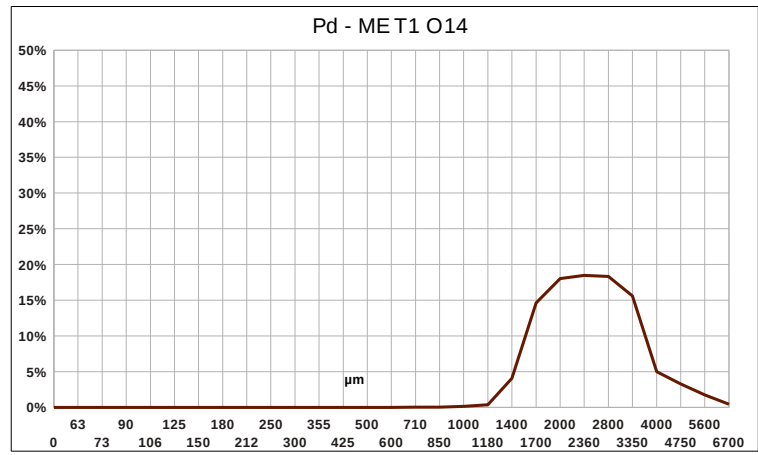
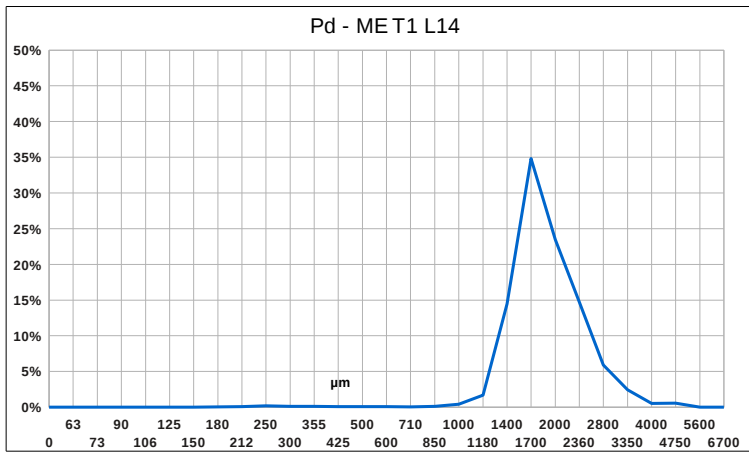


Fig. 4.2.53 – Mari Ermi - ME: curve granulometriche Cresta berma di tempesta - Cbt estate, autunno 2014

Considerazioni generali

Come detto il transetto relativo alla parte settentrionale della spiaggia si distacca piuttosto nettamente da quello centrale e da quello meridionale; in particolare appaiono meno evidenti le tracce di sedimenti medi o medio-fini, il che può essere ricondotto ad un'assenza di formazione attuale, ad un'ampiezza limitata dell'area di spiaggia e di duna ed ad un'azione più incisiva dei fenomeni meteomarini. Questi sedimenti si ritrovano invece costantemente nel secondo e terzo transetto e con picchi modali sempre riferiti all'intervallo dei 250 μ m ad indicare la presenza di una fonte di approvvigionamento vicina, come potrebbero essere le arenarie pleistoceniche presenti in larga parte nella fascia costiera della Penisola del Sinis (Carboni et al., 1985). Nel contesto dell'evoluzione ambientale dell'area, la presenza di quest'ultimo tipo di sedimenti si ritiene positiva, in quanto indica un sistema di spiaggia dinamicamente attivo e non relitto.

4.2.2.2 *Is Arutas - IA*

Linea di Riva - Lr

I dati relativi alla linea di riva si mostrano estremamente omogenei nei parametri principali, sia tra i due transetti che nei due diversi periodi di campionatura. Da Luglio ad Ottobre, si nota una diminuzione del diametro medio nel T1, ma senza code fini ed un lieve innalzamento della curtosi, che passa da meso a leptocurtica. Analoga situazione nel T2 per quanto riguarda il diametro medio, ma con un lieve appiattimento della curva, pur sempre nel intervallo mesocurtico. I sedimenti si mostrano comunque in generale unimodali, ben classati e con un diametro medio compreso nelle sabbie molto grossolane. Stando a questi dati, nel complesso la spiaggia risulta caratterizzata da una tendenza spiccata ai fenomeni erosivi.

<i>Is Arutas, Linea di riva - Lr (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)</i>				
	IA T1 L14	IA T2 L14	IA T1 O14	IA T2 O14
MEDIA	1776,2	1799,2	1569,5	1522,7
CLASSAZIONE	1,161	1,198	1,199	1,256
ASIMMETRIA	-0,008	0,143	-0,013	-0,104
CURTOSI	1,027	1,061	1,230	0,977

Tab 4.2.5 – Principali parametri statistici (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)

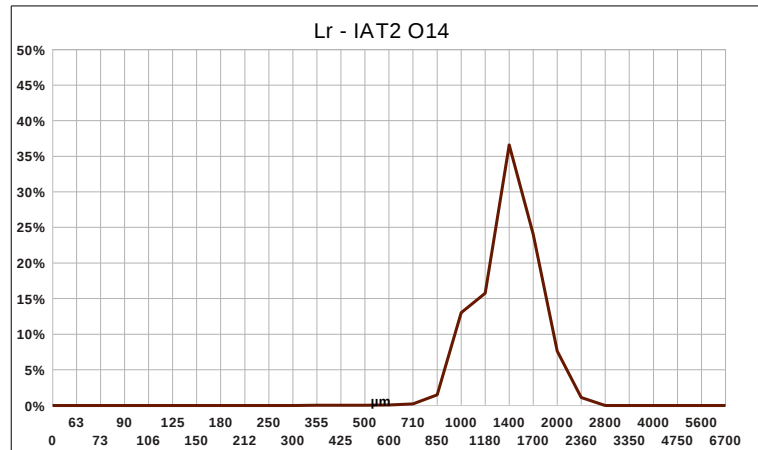
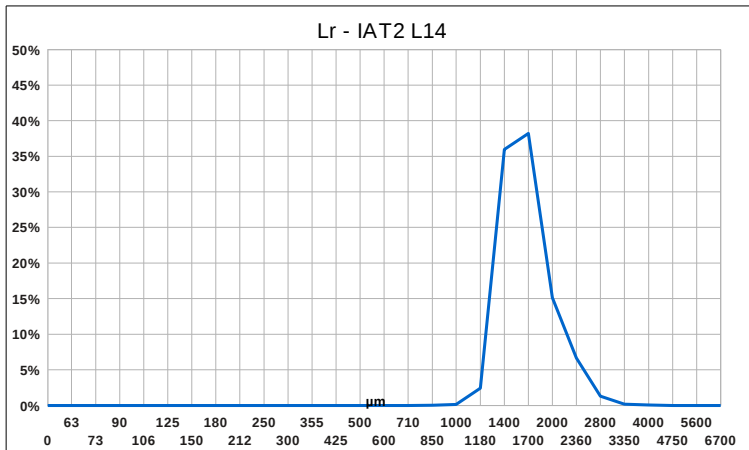
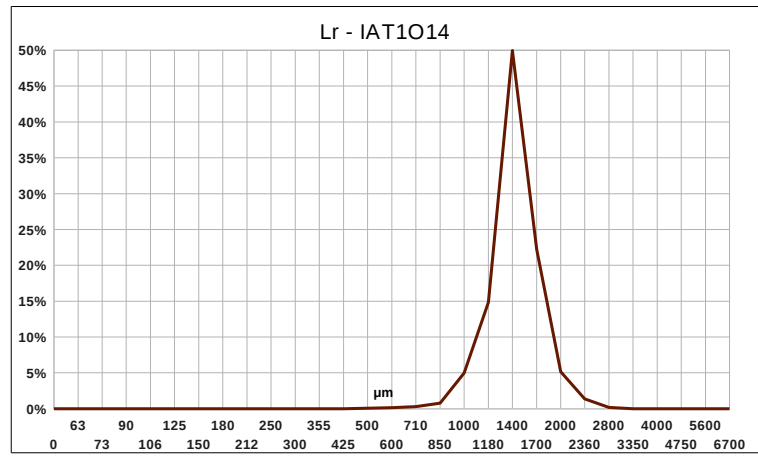
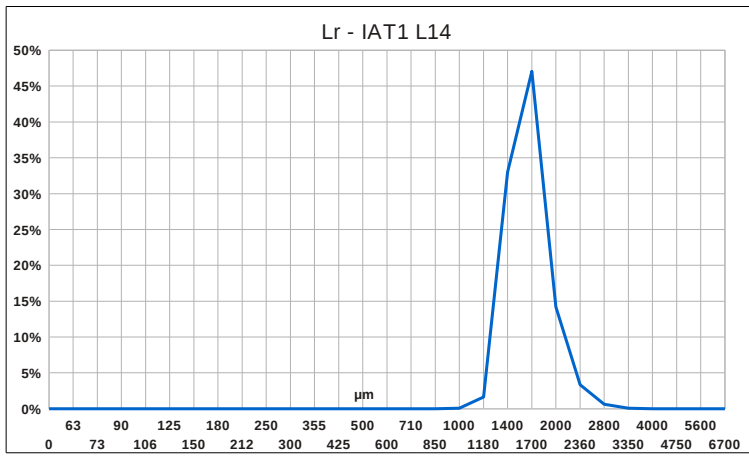


Fig. 4.2.52 – Is Arutas - IA: curve granulometriche Linea di riva – Lr, estate, autunno 2014

Cresta berma di tempesta - Cbt

Nel confronto tra Luglio ed Ottobre si nota nel T1 un aumento del diametro medio rilevato, una diminuzione della classazione e della curtosi, con quest'ultima che passa da leptocurtica a mesocurtica. Segni questi di una reazione a fenomeni meteomarini intercorrenti che hanno aumentato l'entropia delle sabbie presenti lungo quella parte di spiaggia. Per quanto riguarda il T2, si notano nel complesso modifiche meno evidenti, pur se, anche qui si nota un aumento del diametro medio dei granuli (anche se meno evidente) ed una altrettanto lieve variazione del grado di appuntimento, che passa da meso a leptocurtico.

<i>Is Arutas, Cresta berma di tempesta – Cbt (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)</i>				
	IA T1 L14	IA T2 L14	IA T1 O14	IA T2 O14
MEDIA	1674,6	1509,6	1886,9	1570,1
CLASSAZIONE	1,252	1,273	1,277	1,312
ASIMMETRIA	0,159	-0,048	0,100	-0,143
CURTOSI	1,148	1,036	1,004	1,258

Tab 4.2.6 – Principali parametri statistici (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)

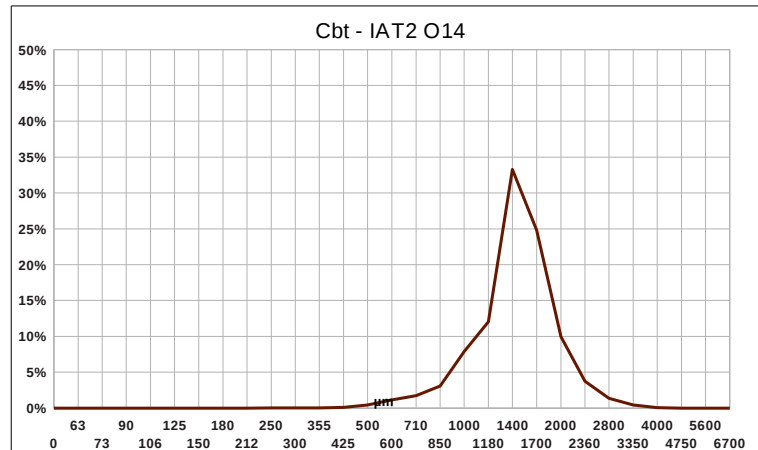
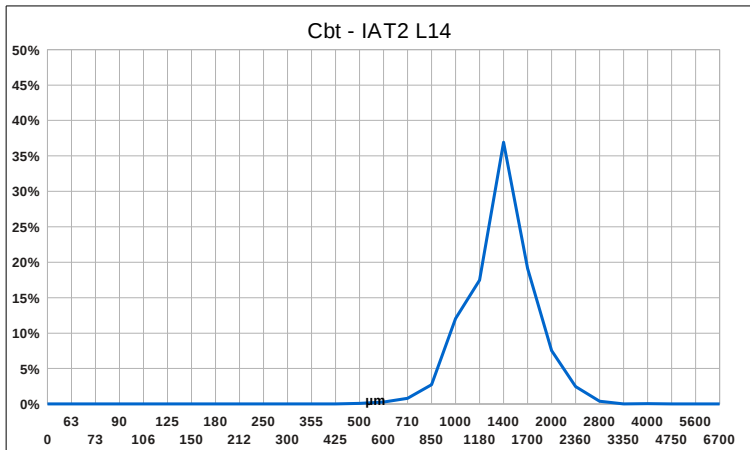
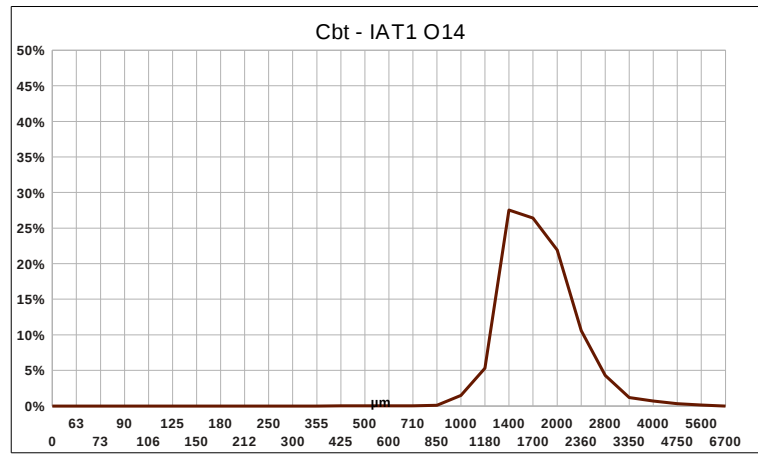
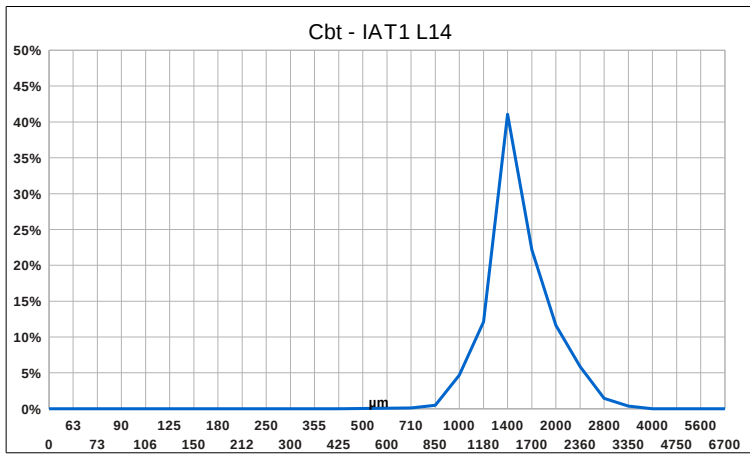


Fig. 4.2.53 – Is Arutas - IA: curve granulometriche Cresta berma di tempesta - Cbt estate, autunno 2014

Piede duna - Pd

Trascurabili differenze tra i dati rilevati nei transetti nei mesi di Luglio ed Ottobre. In particolare, i sedimenti presenti nel T1 appaiono compresi nell'intervallo delle ghiaie fini ed un diametro lievemente maggiore ad Ottobre, dove si ha anche una classazione migliore ed un indice di appuntimento maggiore. Nel T2 invece i parametri appaiono ancora più omogenei con scostamenti praticamente nulli di tutti i parametri, che identificano sedimenti di sabbie molto grossolane, molto ben classate e leptocurtiche. La distanza dalla linea di riva pregiudica modifiche di rilievo lungo le forme del piede di duna, caratterizzato comunque da differenze abbastanza evidenti tra la parte nord e quella sud della spiaggia.

<i>Is Arutas, Piede duna – Pd (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)</i>				
	IA T1 L14	IA T2 L14	IA T1 O14	IA T2 O14
MEDIA	2379,9	1757,7	2041,9	1743,3
CLASSAZIONE	1,587	1,266	1,409	1,272
ASIMMETRIA	0,326	0,016	0,194	0,020
CURTOSI	1,240	1,187	1,051	1,187

Tab 4.2.7 – Principali parametri statistici (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)

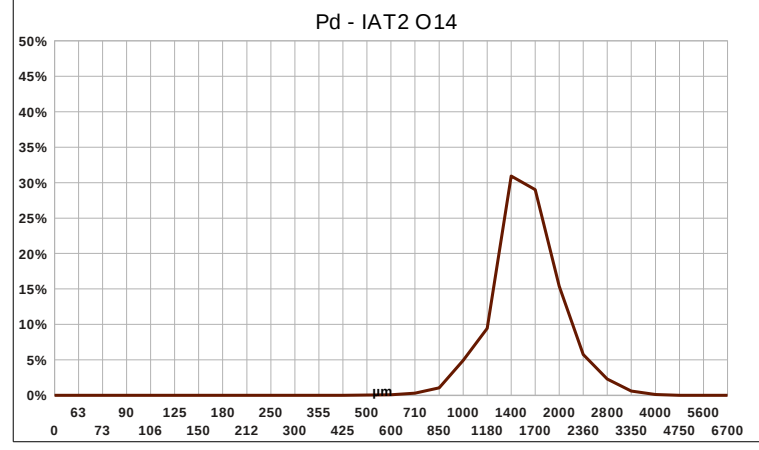
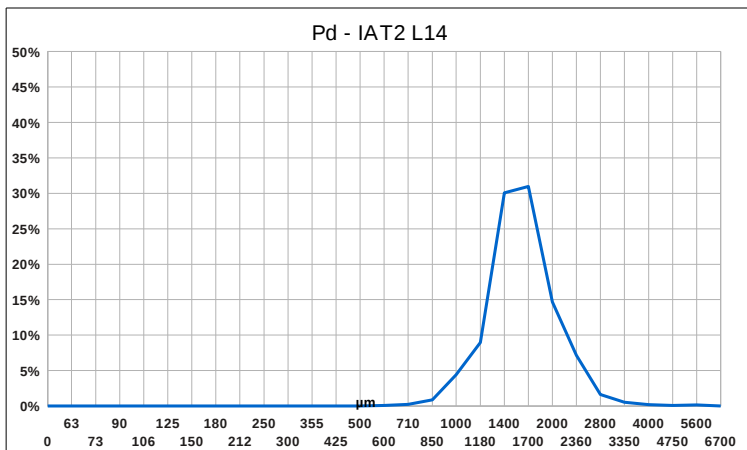
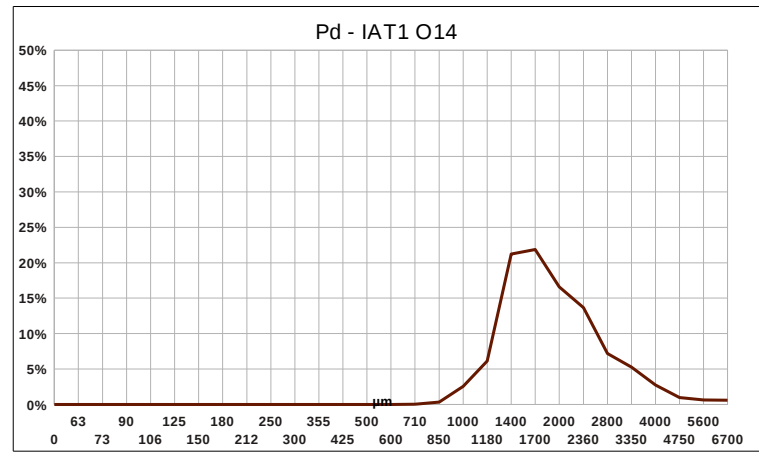
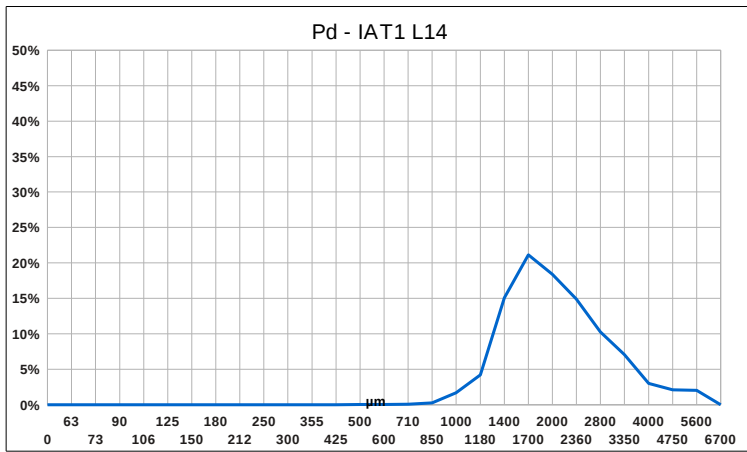


Fig. 4.2.54 – Is Arutas - IA: curve granulometriche Piede duna - Pd estate, autunno 2014

Considerazioni generali

L'ambiente di sedimentazione di Is Arutas appare come nettamente caratterizzato da sabbie unimodali grossolane di natura silicoclastica. Attualmente si tratta di un ambiente sedimentario che può essere ragionevolmente considerato come di tipo relitto, quindi con apporti attuali molto limitati, anche se la presenza di sabbie residuali di tipo biogenico collegate al disfacimento delle arenarie pleistoceniche non è del tutto marginale. Un fenomeno apparentemente inusuale è stato però documentato nell'Aprile del 2015 e di seguito illustrato nella sua completezza.

4.2.2.2.1 *Is Arutas, valutazione preliminare di uno stato temporaneo*

Nel periodo successivo al mese di Aprile del 2015 l'ambiente morfosedimentario di Is Arutas ha subito evidenti modifiche dei suoi caratteri, mostratesi soprattutto con la comparsa lungo la parte centrale di tre formazioni approssimativamente rettangolari di diverse dimensioni e prive di copertura sabbiosa (Fig. 4.2.56); contestualmente a queste, nella parte settentrionale sono comparse anche alcune piccole aree ricoperte di un sedimento più fine e frammisto rispetto al corpo della spiaggia (Fig. 4.2.59, 4.2.60)

Al fine di approfondire la natura di queste modifiche così evidenti Sono stati quindi esaminati alcuni campioni riguardanti i sedimenti di battigia oltre ad uno riguardante la parte medio alta della spiaggia, limitrofa ad un blocco centrale emerso di arenarie eoliche pleistoceniche (Carboni et al., 1985); contestualmente sono stati eseguiti una serie di rilievi geomorfologici tramite strumentazione Dpgs-Rtk, ed è stata acquisita una cospicua documentazione fotografica. I risultati di questo lavoro sono stati presentati al Congresso Nazionale Geosed svoltosi nel mese di Settembre del 2015. L'esame iniziale del materiale fotografico acquisito una conformazione geomorfologica della spiaggia corrispondente all'azione di eventi meteomarini di una certa rilevanza riferiti presumibilmente a forti mareggiate da Nord – Ovest; confrontando queste immagini con altre relative al periodo tra Novembre e Dicembre 2005 (Fig. 4.2.55) si evince una situazione dell'ambiente di sedimentazione pressoché analoga a quella attuale, (documentata anche da Simeone et al.),



Fig 4.2.55 - Parte centrale autunno 2005 Fig. 4.2.56 - Parte centrale primavera 2015

che fa propendere per una certa ripetitività del fenomeno. La sequenza che va da Ottobre dello stesso anno e si protrae per 12 mesi mostra poi un'evoluzione inversa, con la ricopertura delle zone prive di sedimento ed una visibile rimodulazione della linea di riva. I dati ricavati dagli esami sedimentologici hanno invece fornito risultati in parte coerenti con quelli ottenuti dai precedenti campionamenti, evidenziando una netta prevalenza in tutto l'arenile di sabbie grossolane di natura silicoclastica in contrapposizione alla quasi totale assenza di sedimenti più fini di origine biogenico-organogena.

Durante questo particolare studio è stata però rilevata la presenza cospicua di quest'ultimo tipo di sedimenti lungo l'estrema parte settentrionale dell'arenile, evidente già alla vista e confermata dalle analisi granulometriche che hanno mostrato la presenza di una coda nella classe delle sabbie più fini, con percentuali più o meno costanti dai 600 μm ai 106 μm (Fig. 4.2.58). Da analisi effettuate al microscopio ottico, questo stesso tipo di sedimento risulta presente in un campione prelevato in prossimità delle arenarie eoliche affioranti e anche le immagini allegate confermano questa origine.

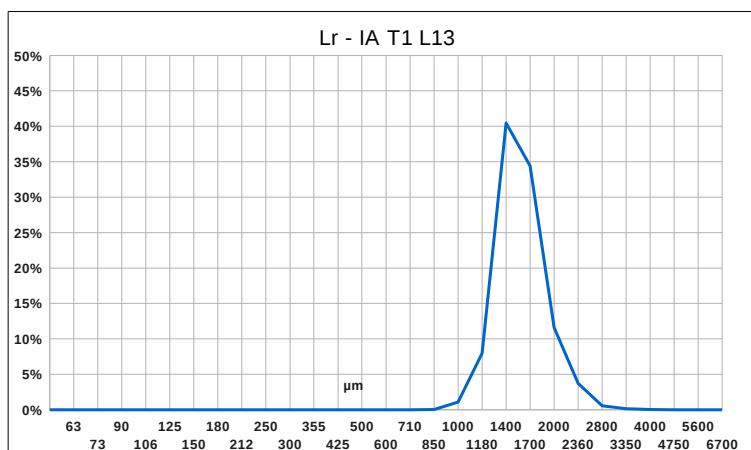


Fig 4.2.57 – Curva granulometrica
estate 2013

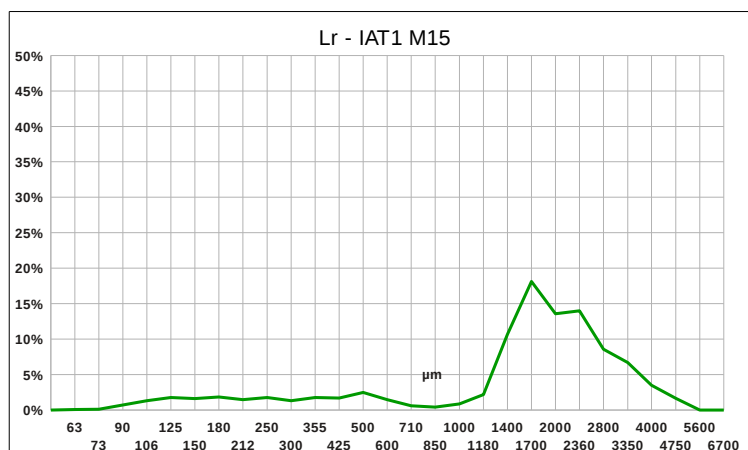


Fig 4.2.58 – Curva granulometrica
primavera 2015

I tre campioni rilevati dalla parte centrale a quella estrema meridionale della spiaggia invece, pur confermando la tendenza alla diminuzione delle dimensioni dei clasti procedendo verso sud, evidenziano tuttavia l'aumento del diametro medio rispetto ai campionamenti precedenti.

I dati sedimentologici ricavati evidenziano quindi come in quel presumibilmente limitato intervallo temporale vi sia stata una diminuzione della presenza delle frazioni più grossolane nella parte estrema settentrionale, ed un aumento in quella centro-meridionale, fenomeno che viene anche evidenziato da una maggiore classazione dei sedimenti causata con molta probabilità degli intensi eventi meteomarini occorsi sulla spiaggia. Per quanto riguarda la parte scevra di copertura sedimentaria, questa, da esami di laboratorio (Pinna et al., 2015) è stata identificata come un deposito colluviale costituito da una matrice argillosa ad immersi granuli quarzosi (riconducibili alle sabbie presenti nell'area) ed a clasti carbonatici di diversa dimensione e grado di arrotondamento.



Fig 4.2.59. - Is Arutas: parte settentrionale, primavera 2015



Fig.4.2.60 - Is Arutas: sedimenti palinsesti nel settore settentrionale

L'analisi micropaleontologica (Pinna et al., 2015) ha inoltre rilevato l'assenza di bioclasti derivanti dalla disgregazione di gusci e/o parti scheletriche di organismi marini (molluschi, coralli, echinodermi, foraminiferi, alghe calcaree, gasteropodi, brachiopodi, ecc.), confermando quindi la natura colluviale del deposito. I cambiamenti appurati all'ambiente sedimentario sono confermati anche da notevoli cambiamenti di carattere morfologico, riscontrabili sia nell'andamento della linea di riva che nei profili trasversali (Fig. 4.2.61, 4.2.69). In particolare nella parte meridionale della spiaggia (Fig. 4.2.63) questi vengono sottolineati da un evidente avanzamento della battigia contrapposto ad un suo arretramento a nord della spiaggia (rispetto all'autunno 2014), segno evidente dell'azione di fenomeni meteomarini di provenienza settentrionale.

In conclusione, la persistenza per lunghi periodi di eventi climatici e meteomarini di forte intensità apporta notevoli modifiche all'ambiente di spiaggia di Is Arutas ed il confronto dei risultati di medio periodo potrebbe far propendere ad ipotesi di cambiamenti permanenti

dell'ambiente morfosedimentario, ma i dati acquisiti non sembrano comunque sufficienti per fare affermazioni di questo tipo. La semplice analisi di immagini risalenti a circa dieci anni fa inoltre ha evidenziato una situazione del tutto analoga a quella odierna, con il ripristinarsi di un ambiente di sedimentazione meno estremo che porta ad un'ipotesi di ciclicità o periodicità degli eventi ma non, attualmente, alla loro definitiva persistenza. (Pinna et al., 2015).

Sono necessarie certamente ulteriori integrazioni per poter indicare con presumibile certezza eventuali modifiche di difficile reversibilità dell'ambiente morfosedimentario di Is Arutas, ma si ritiene comunque un buon risultato l'aver appurato la notevole dinamicità del sistema di spiaggia in condizioni fortemente perturbate e soprattutto la presenza di un tipo di sedimentazione attuale difficilmente riscontrabile, come si è visto, in altri periodi di campionamento.

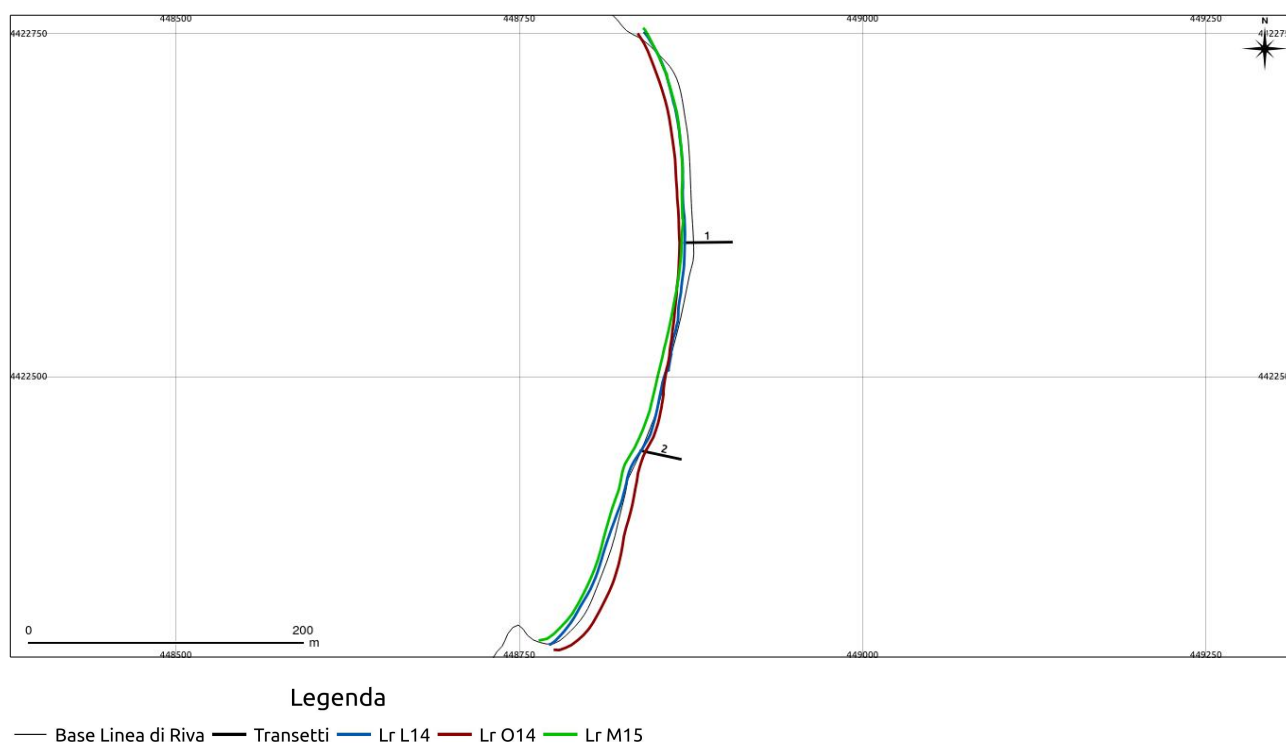
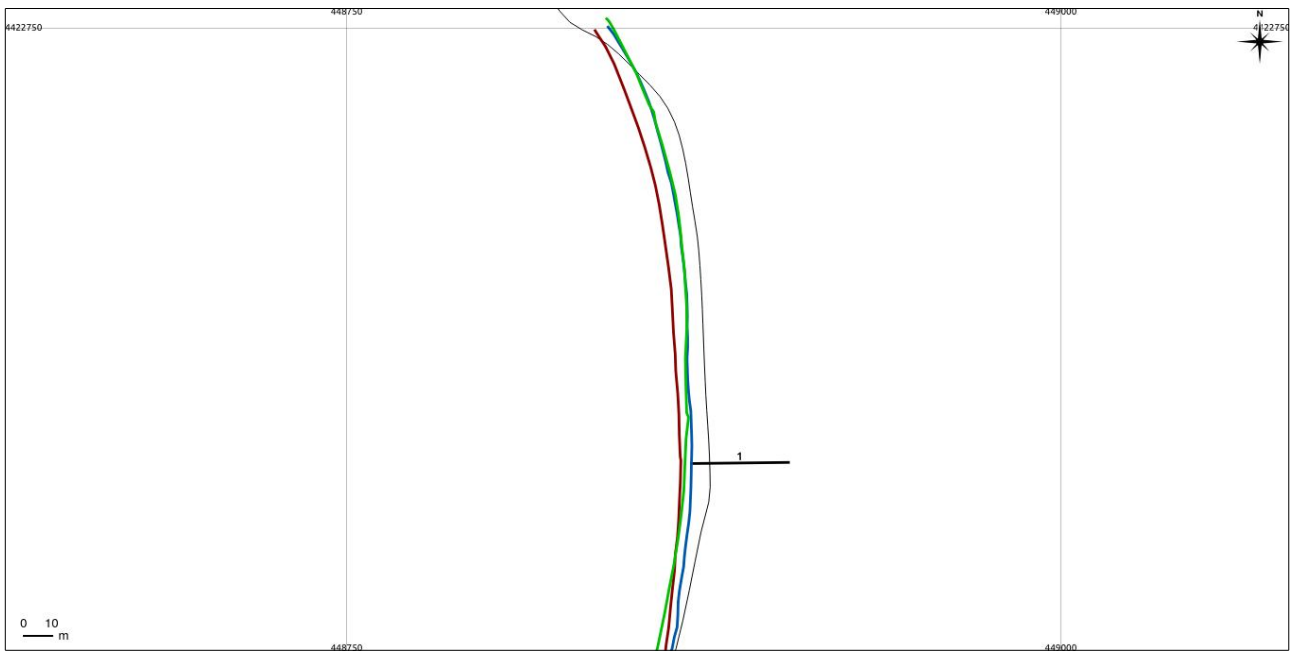


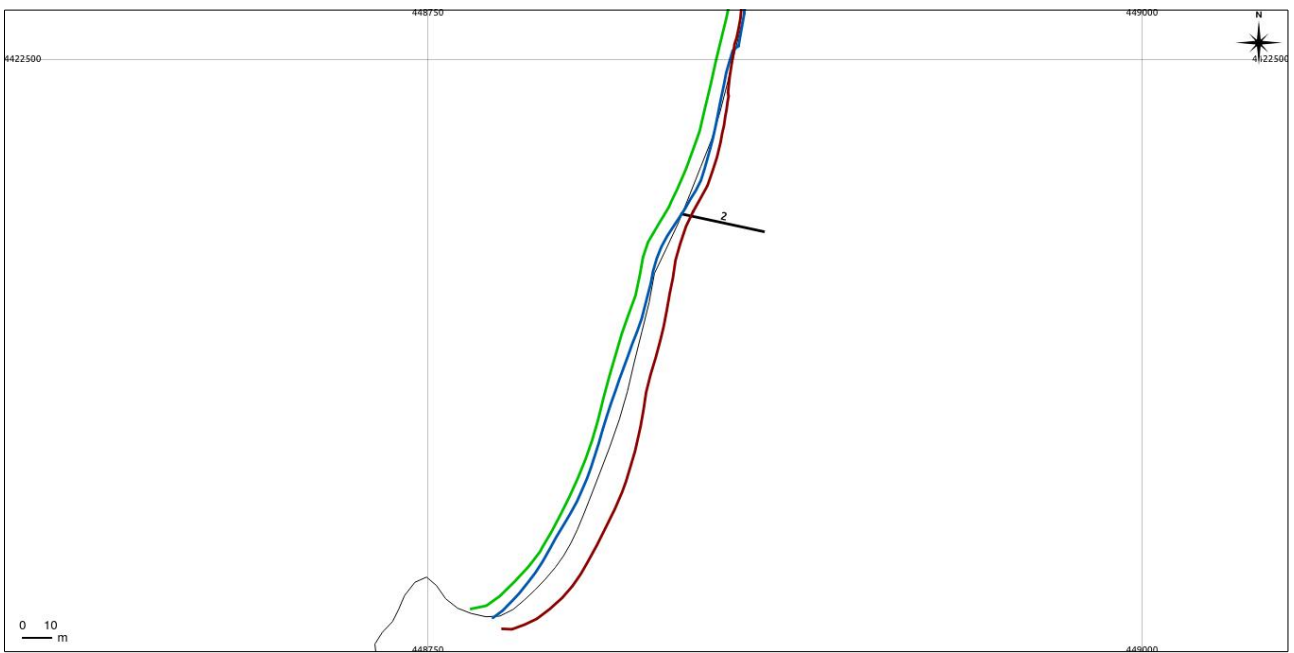
Fig. 4.2.61 - Is Arutas: linee di riva Luglio '14, Ottobre '14, Maggio '15



Legenda

— Base Line di Riva — Transetti — Lr L14 — Lr O14 — Lr M15

Fig.4.2.62 - Is Arutas, settore settentrionale: linee di riva Luglio '14, Ottobre '14, Maggio '15



Legenda

— Base Line di Riva — Transetti — Lr L14 — Lr O14 — Lr M15

Fig. 4.2.63 - Is Arutas, settore meridionale: linee di riva Luglio '14, Ottobre '14, Maggio '15

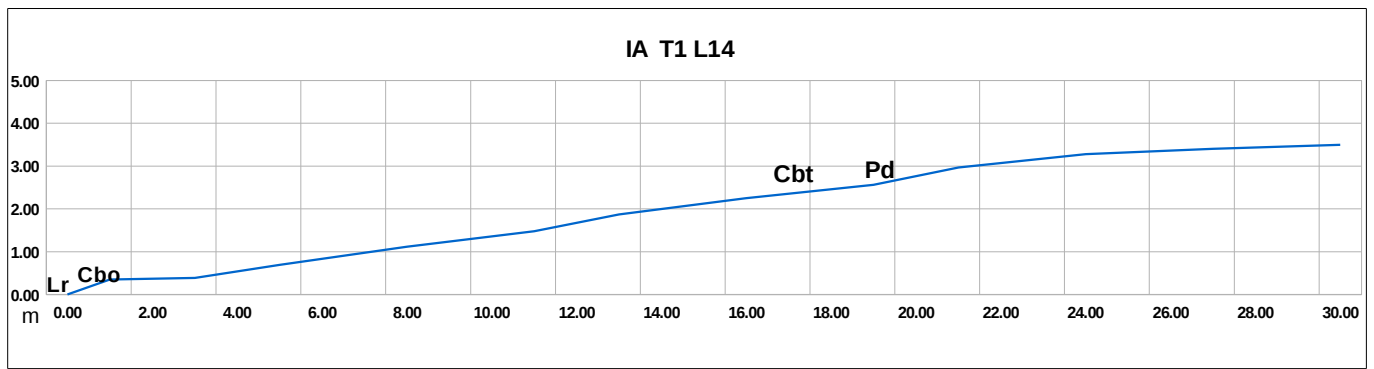


Fig. 4.2.64 - Is Arutas: profili di spiaggia Transetto 1, estate 2014

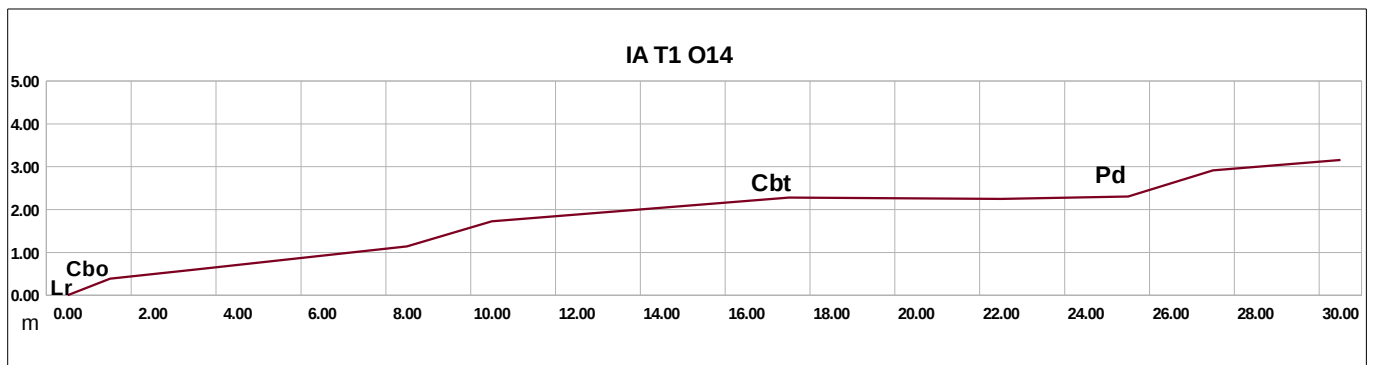


Fig. 4.2.65 - Is Arutas: profili di spiaggia Transetto 1, autunno 2014

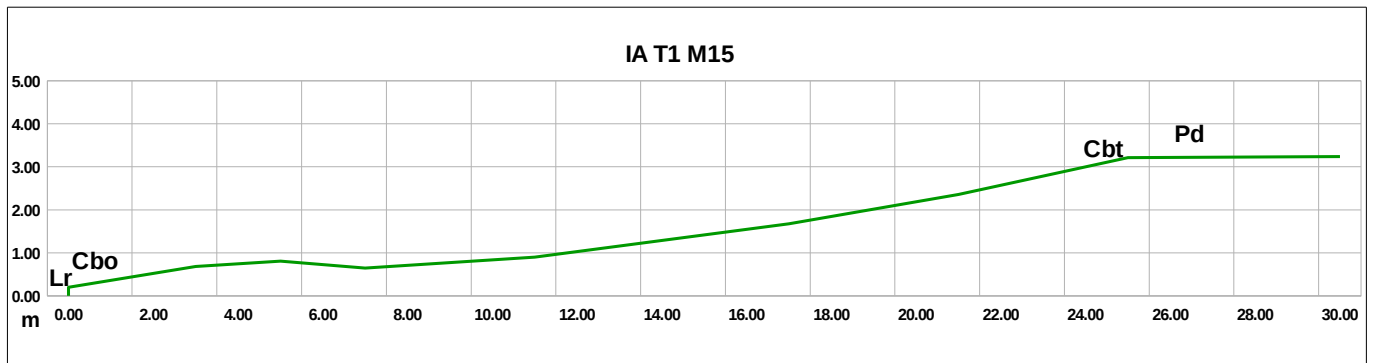


Fig. 4.2.66 - Is Arutas: profili di spiaggia Transetto 1, primavera 2015

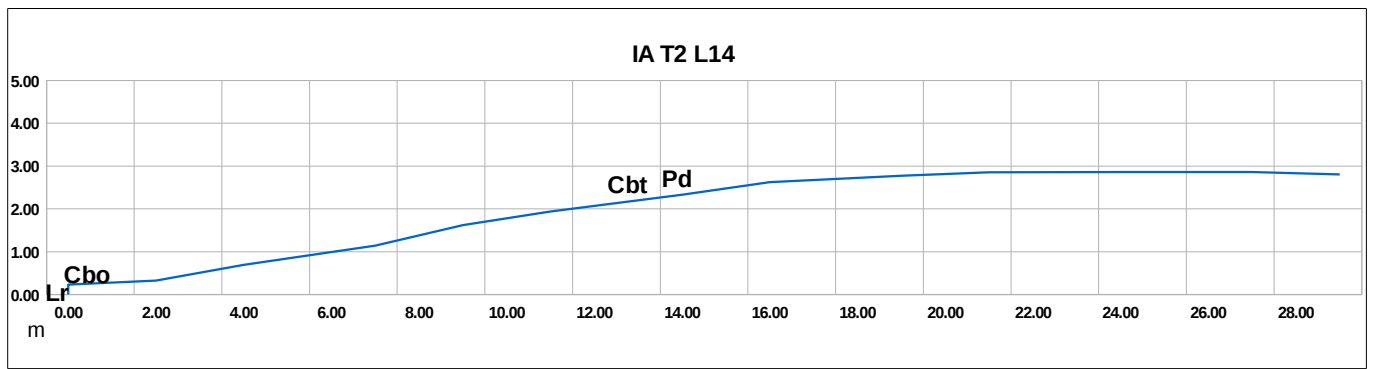


Fig. 4.2.67 - Is Arutas: profili di spiaggia Transetto 2, estate 2014

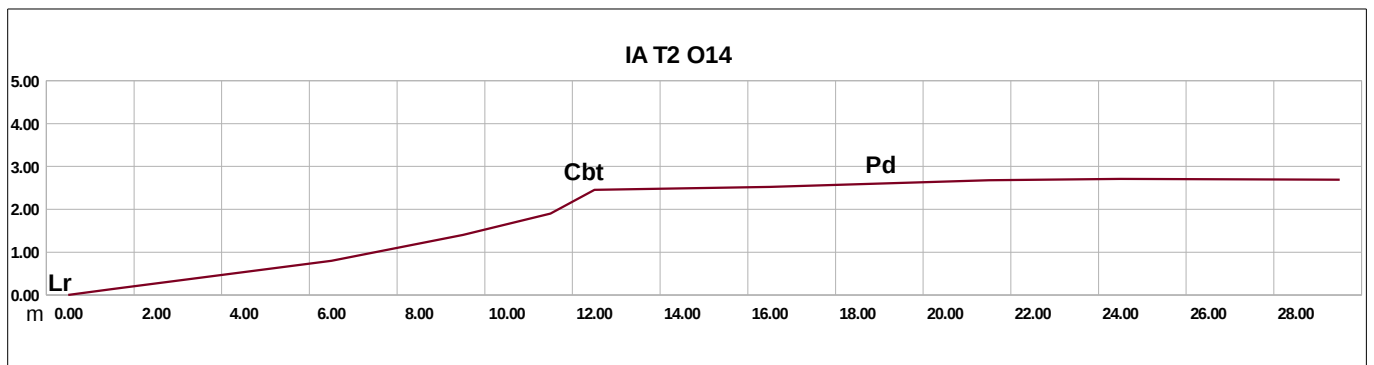


Fig. 4.2.68 - Is Arutas: profili di spiaggia Transetto 2, autunno 2014

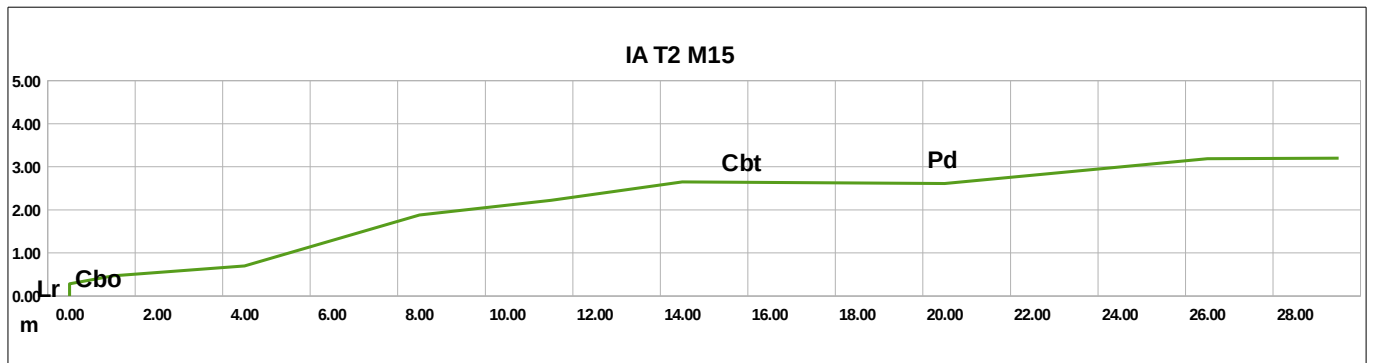


Fig. 4.2.69 - Is Arutas: profili di spiaggia Transetto 2, primavera 2015

4.2.2.3 S'Archeddu 'e Sa Canna - SAC

Linea di Riva - Lr

L'andamento dei dati relativi ai parametri principali mostrano uno stock sedimentario formato da sabbie molto grossolane, molto ben classate e con un andamento unimodale della curva granulometrica. Il diametro medio dei granuli risulta maggiore nel T2 ed in diminuzione a Ottobre rispetto a Luglio in entrambi in campionamenti. Sempre a Luglio le curve mostrano una curtosi ristretta specie nel T2 (sempre in un intervallo mesocurtico), mentre ad Ottobre questa risulta più appiattita, nel T2 platicurtica, a significare un aumento della percentuale di sedimenti più fini (anche se sempre in un intervallo di sabbie grossolane) probabilmente dovuto al cambiamento dei fenomeni meteomarinari stagionali.

<i>S'Archeddu 'e Sa Canna, Linea di riva - Lr (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)</i>				
	SAC T1 L14	SAC T2 L14	SAC T1 O14	SAC T2 O14
MEDIA	1379,6	1662,0	1242,9	1350,4
CLASSAZIONE	1,228	1,168	1,257	1,226
ASIMMETRIA	0,180	0,228	0,022	0,082
CURTOSI	0,973	1,035	1,056	0,856

Tab 4.2.8 – Principali parametri statistici (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)

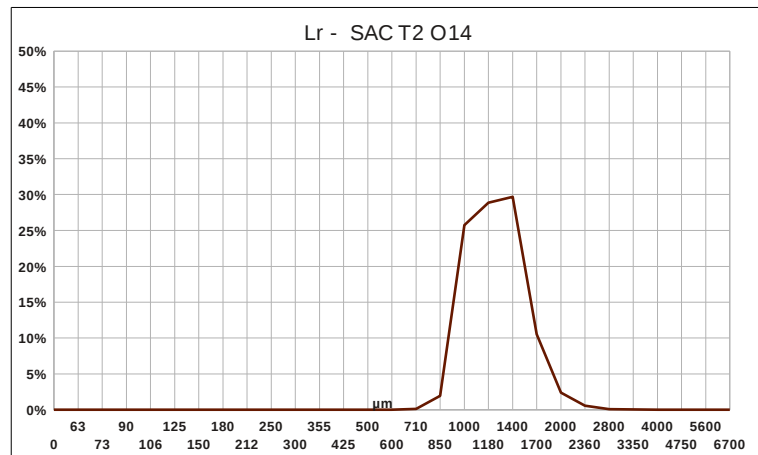
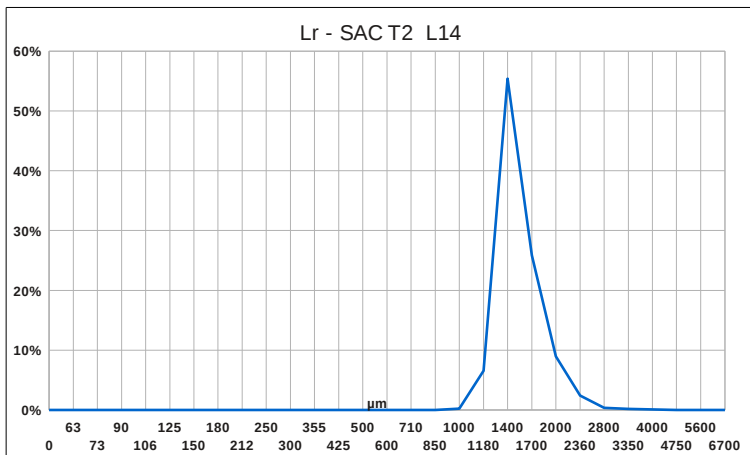
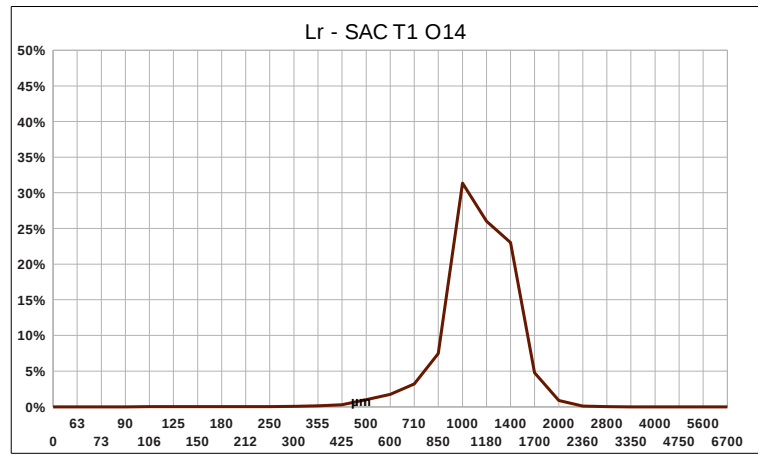
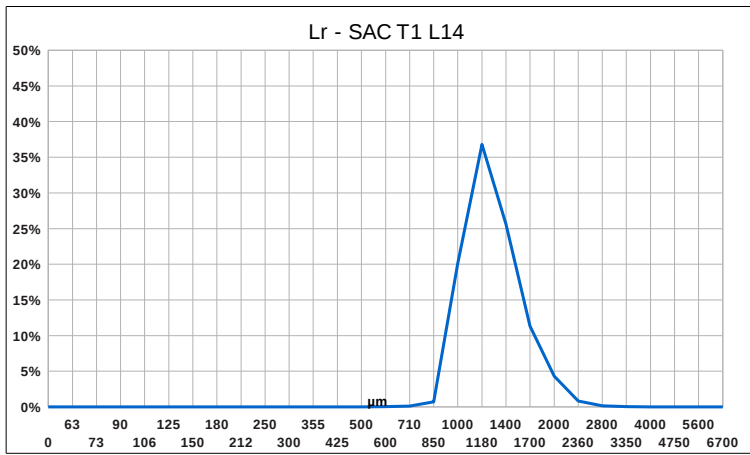


Fig. 4.2.70 – S'Archeddu 'e Sa canna: curve granulometriche Linea di riva – Lr, estate, autunno
2014

Cresta berma di tempesta - Cbt

Anche in questa forma il secondo transetto è caratterizzato da un diametro medio dei granuli più elevato sia a Luglio che ad Ottobre, mentre è confermato il trend diminutivo nel mese autunnale. Le curve risultano sempre unimodali con un lieve appiattimento nel T1 ad Ottobre, mentre nel T2 si confermano platicurtiche ma con un aumento delle frazioni più fini dello stock sedimentario, pur sempre in un intervallo di sabbie grossolane.

<i>S'Archeddu 'e Sa Canna, Cresta berma di tempesta – Cbt (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)</i>				
	SAC T1 L14	SAC T2 L14	SAC T1 O14	SAC T2 O14
MEDIA	1689,5	1918,8	1424,4	1709,3
CLASSAZIONE	1,351	1,284	1,324	1,203
ASIMMETRIA	-0,065	0,161	-0,069	-0,164
CURTOSI	1,090	1,142	0,886	1,145

Tab 4.2.9 – Principali parametri statistici (Metodo Folk & Ward – μ m) (Blott&Pye, 2001)

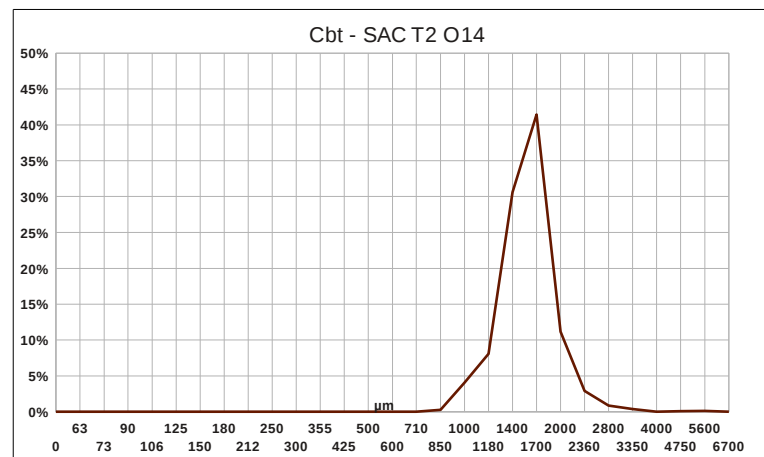
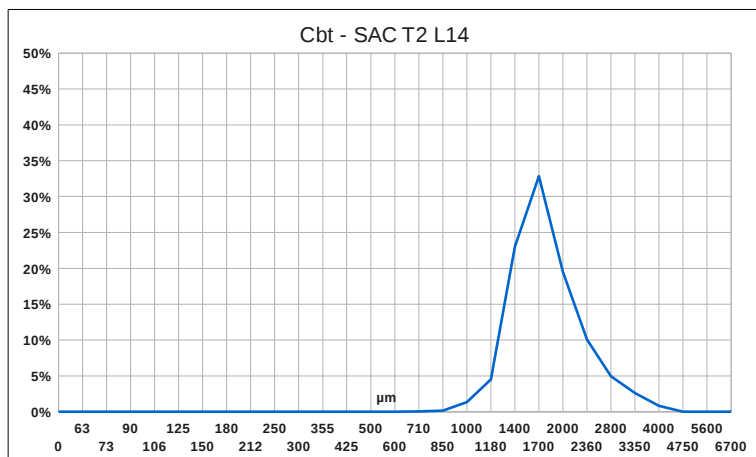
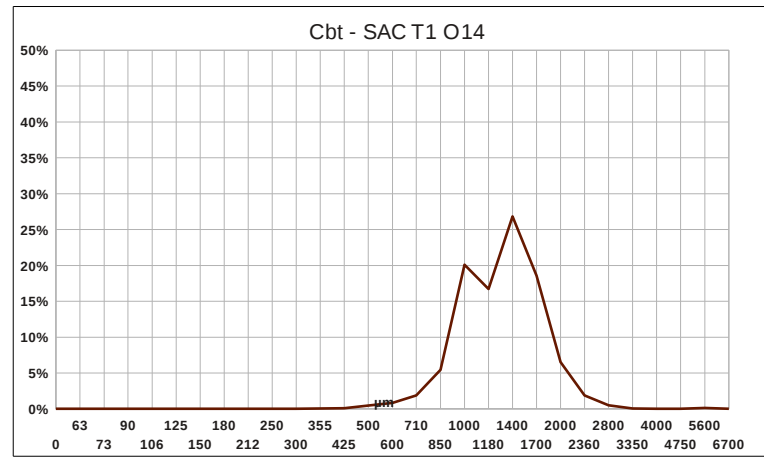
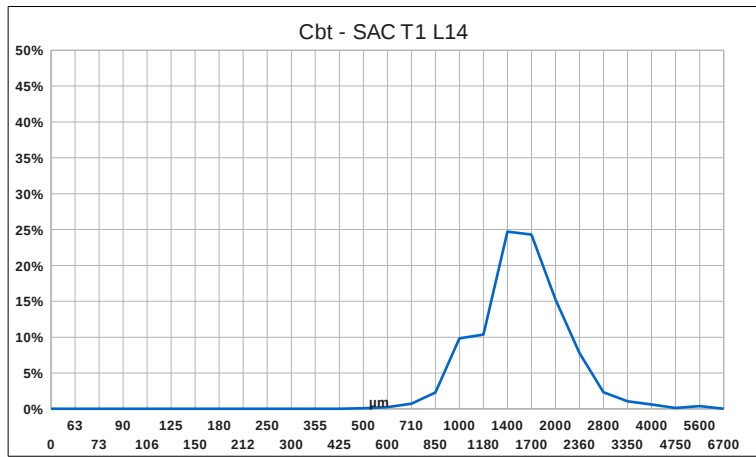


Fig. 4.2.71 – S'Archeddu 'e Sa Canna - SAC: curve granulometriche Cresta berma di tempesta - Cbt estate, autunno 2014

Piede duna - Pd

Pur confermandosi il maggior diametro medio dei granuli nel T2, si può notare come il trend dimensionale segua un andamento lievemente diverso rispetto alle altre due forme di spiaggia esaminate: nella parte settentrionale si verifica infatti un aumento delle dimensioni medie, mentre in quella meridionale una sostanziale non mutazione. Il differente andamento del T1 viene anche confermato da una curva più appuntita, che passa da platicurtica a mesocurtica. Come già notato per le altre spiagge precedentemente esaminate, la distanza di questa forma dalla linea di riva tende a limitare le sue reazioni ai fenomeni meteomarini intercorrenti, reagendo prevalentemente alla selezione di tipo eolica, che porta in carico prevalentemente i sedimenti fini e medio-fini.

<i>S'Archeddu 'e Sa Canna, Piede duna – Pd (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)</i>				
	SAC T1 L14	SAC T2 L14	SAC T1 O14	IA T2 O14
MEDIA	1361,7	1841,2	1554,9	1801,6
CLASSAZIONE	1,290	1,268	1,302	1,285
ASIMMETRIA	-0,004	0,077	-0,112	0,027
CURTOSI	0,895	1,212	1,037	1,130

Tab 4.2.10 – Principali parametri statistici (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)

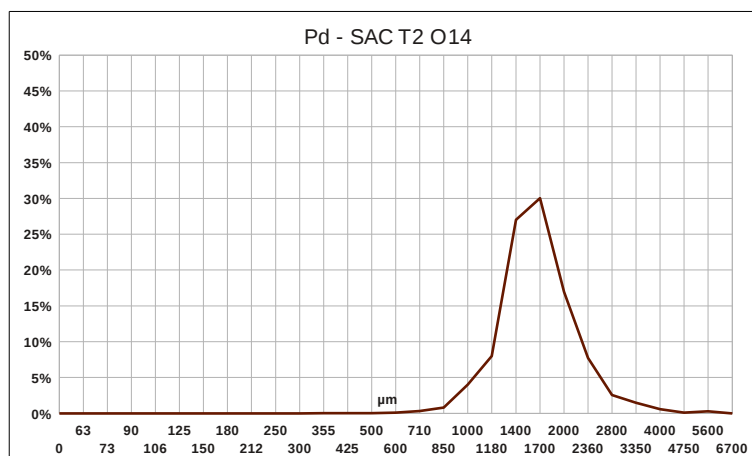
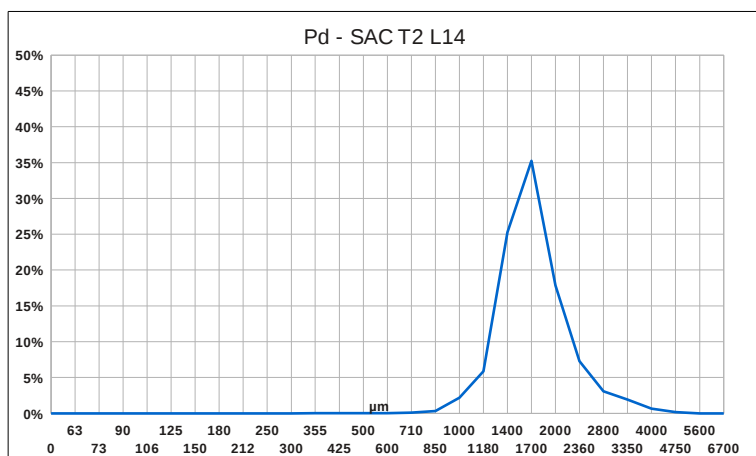
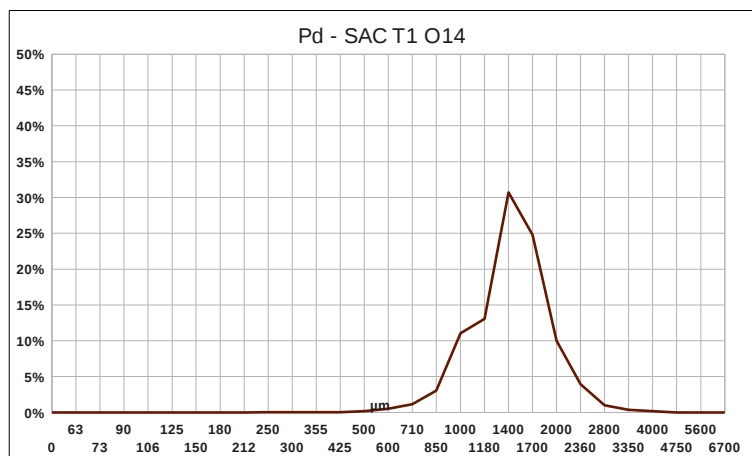
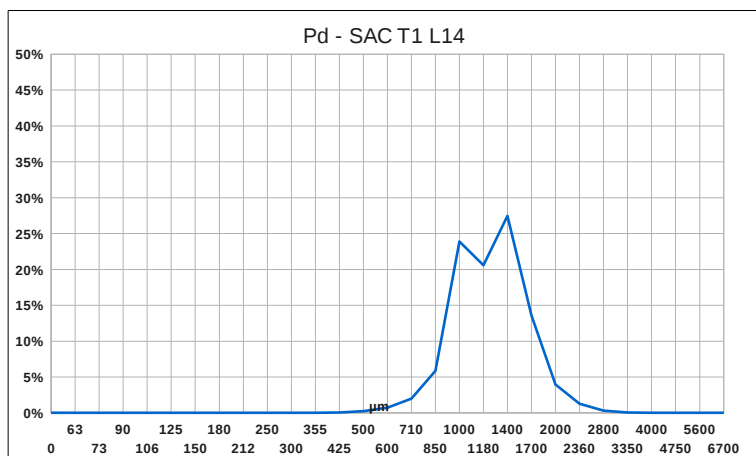


Fig. 4.2.72 – S'Archeddu 'e Sa Canna - SAC: curve granulometriche Piede duna - Pd estate, autunno 2014

Considerazioni generali

A S'Archeddu 'e Sa Canna si manifesta in maniera analoga (se non maggiore) ad Is Arutas la presenza predominante di un sedimento silicoclastico grossolano che relega a posizione marginale i depositi più fini di origine biogenica.

4.2.2.4 Maimoni - MM

Linea di Riva - Lr

Nei primi tre transetti (T1, T2, T3) si nota subito un calo del diametro medio nel passaggio da Luglio ad Ottobre: in particolare il T1 si mantiene comunque nel intervallo delle sabbie molto grossolane, mentre il T2 ed il T3 passano a quello delle sabbie grossolane. Questa tendenza è invece invertita nel quarto transetto (T4), che mostra un aumento di questo parametro e passa dal intervallo delle sabbie medie a quello delle sabbie grossolane, e passando da una curva unimodale ad una bimodale con maggiore presenza di queste ultime. Eccetto che per il T1, la classazione va a diminuire, il che mostra un rimaneggiamento notevole dei sedimenti della linea di riva, con un probabile spostamento dei sedimenti più grossolani con una deriva costiera da nord a sud, che ha portato ad una diminuzione della parte grossolana nel T1 nel T2 e nel T3 ed un suo aumento nel T4. Le curve granulometriche mostrano chiaramente questa tendenza nel T2 e T3 che passano da una complessiva unimodalità ad una netta bimodalità della curva; in questi due transetti vi è anche da notare l'andamento inverso delle dimensioni granulometriche, con una media complessiva più elevata nel T3 rispetto al T2.

<i>Maimoni, Linea di riva - Lr (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)</i>								
	MM T1 L14	MM T2 L14	MM T3 L14	MM T4 L14	MM T1 O14	MM T2 O14	MM T3 O14	MM T4 L14
MEDIA	1289,4	1268,3	1460,9	417,3	1,091,3	820,1	871,8	949,9
CLASSAZIONE	1,188	1,277	1,185	1,270	1,234	1,643	1,567	1,929
ASIMMETRIA	0,148	0,258	-0,076	-0,015	-0,042	-0,159	-0,352	-0,535
CURTOSI	0,969	0,947	1,041	0,927	1,581	0,790	0,828	0,643

Tab 4.2.11 – Principali parametri statistici (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)

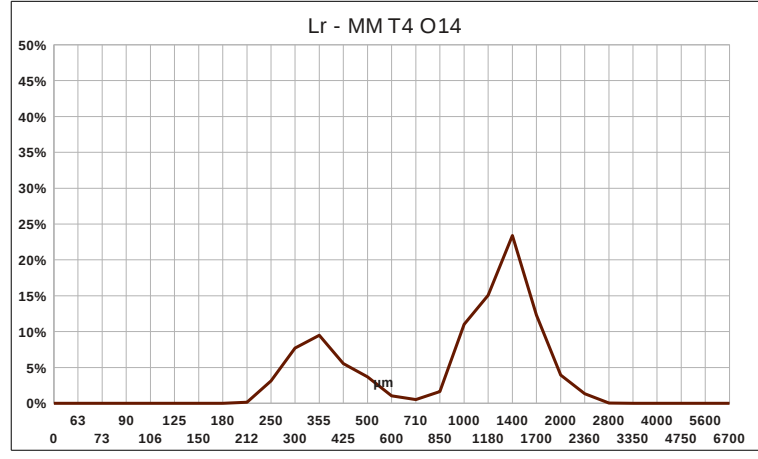
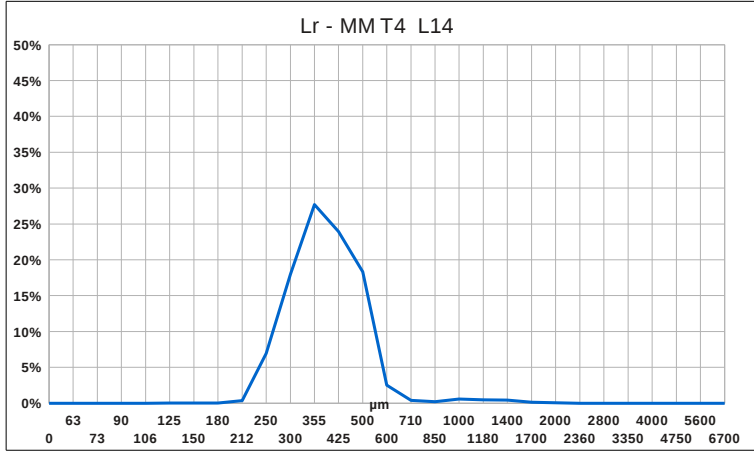
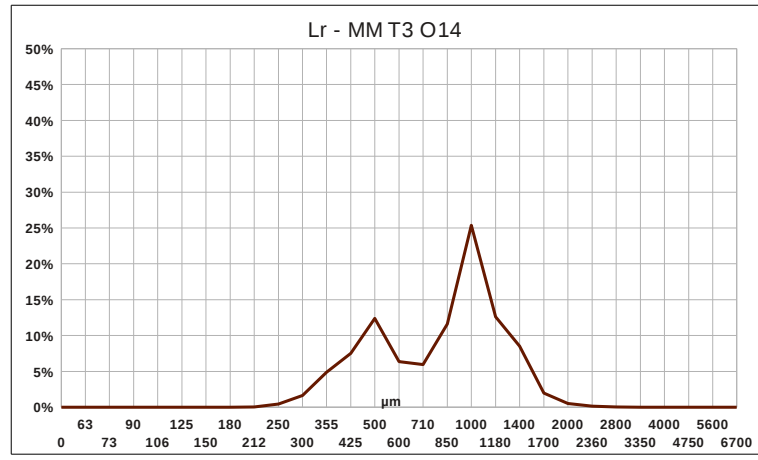
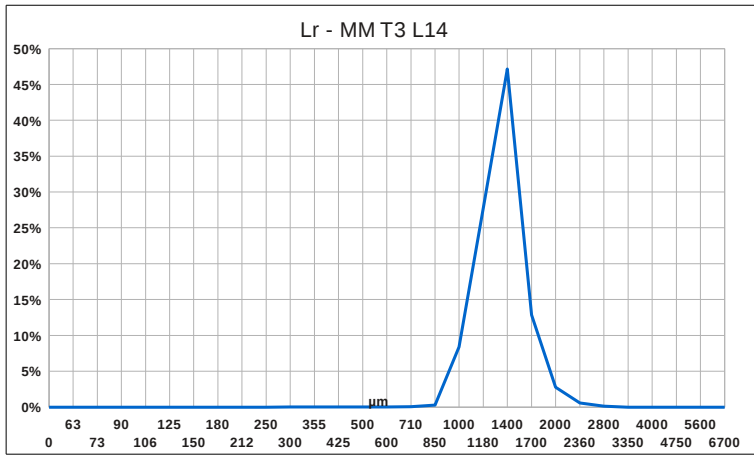
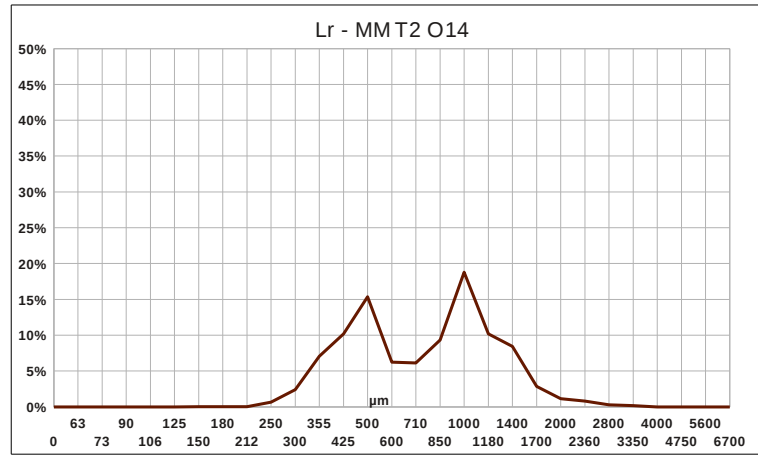
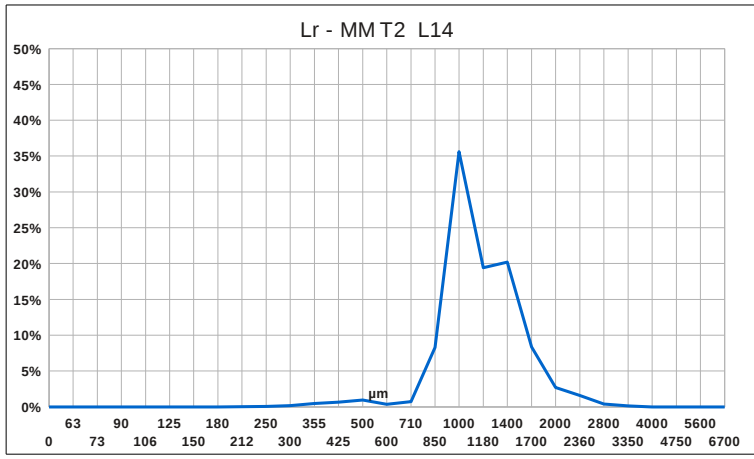
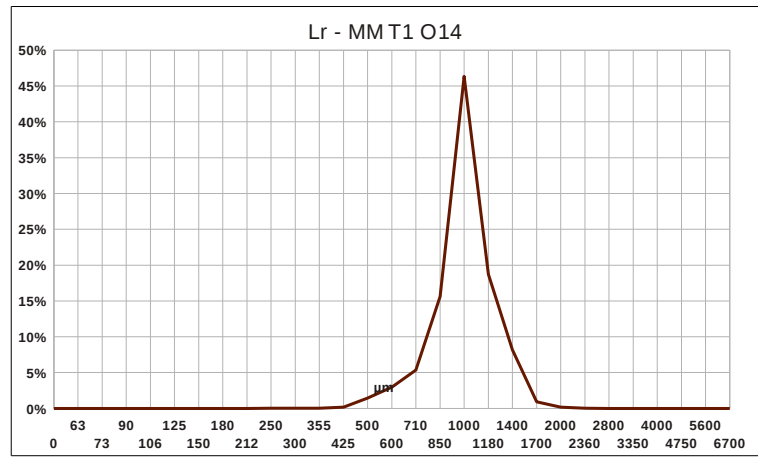
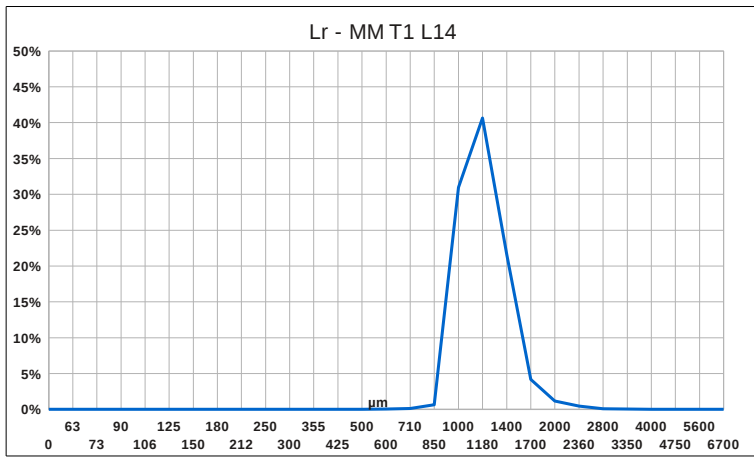


Fig. 4.2.73 – Maimoni - IA: curve granulometriche Linea di riva – Lr, estate, autunno 2014

Cresta berma di tempesta - Cbt

Lungo queste forme si nota una progressione quasi opposta rispetto alla linea di riva. Se nel T1 si nota una diminuzione del diametro medio dei granuli da Luglio ad Ottobre, nel T2, T3 e T4 il diametro medio tende ad aumentare. Le curve di questi ultimi, tutte bimodali, mostrano un progressivo aumento delle frazioni più grossolane nel secondo e terzo transetto, mentre il T4, pur vedendo aumentare anche la frazione fine, evidenzia l'allargamento della curva nel intervallo delle sabbie molto grossolane-ghiaie fini.

<i>Maimoni, Cresta berma di tempesta - Cbt (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)</i>								
	MM T1 L14	MM T2 L14	MM T3 L14	MM T4 L14	MM T1 O14	MM T2 O14	MM T3 O14	MM T4 L14
MEDIA	1541,2	613,5	827,2	917,3	1374,4	871,5	1017,3	1112,5
CLASSAZIONE	1,281	1,627	1,713	1,936	1,275	1,794	1,444	2,009
ASIMMETRIA	0,057	0,364	-0,155	-0,560	0,084	-0,236	-0,263	-0,574
CURTOSI	1,052	0,860	0,767	0,628	0,842	0,702	1,245	1,495

Tab 4.2.12 – Principali parametri statistici (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)

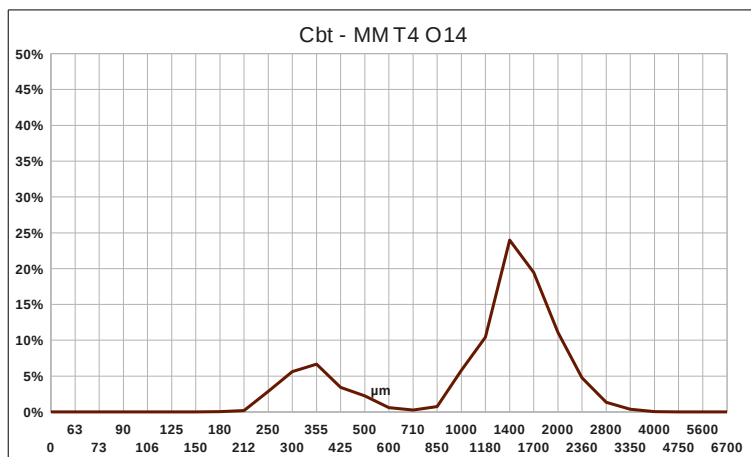
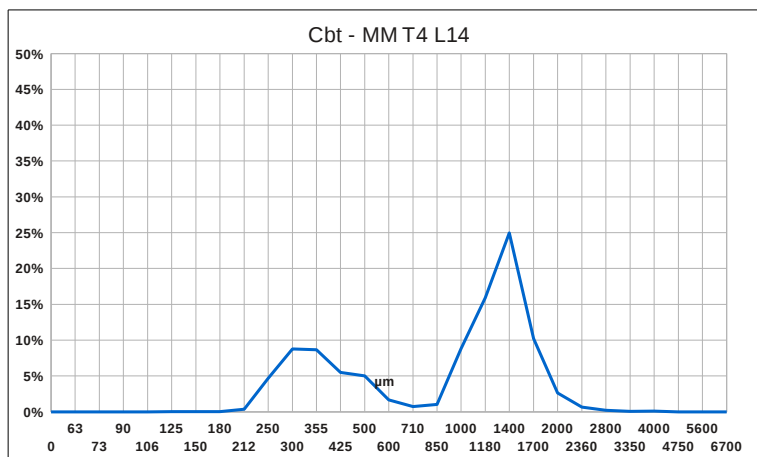
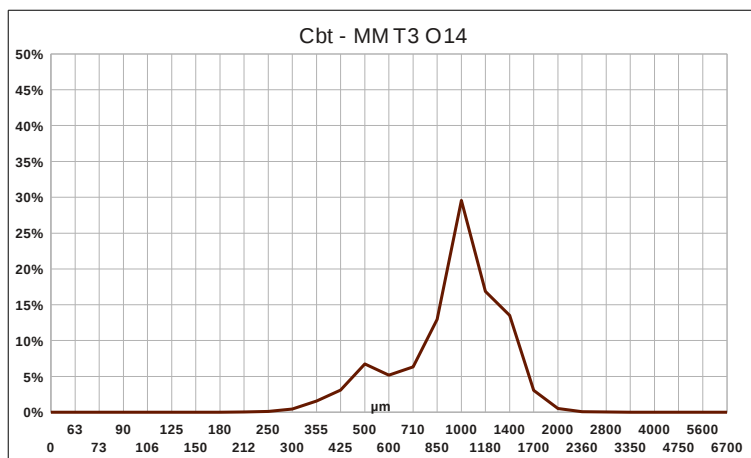
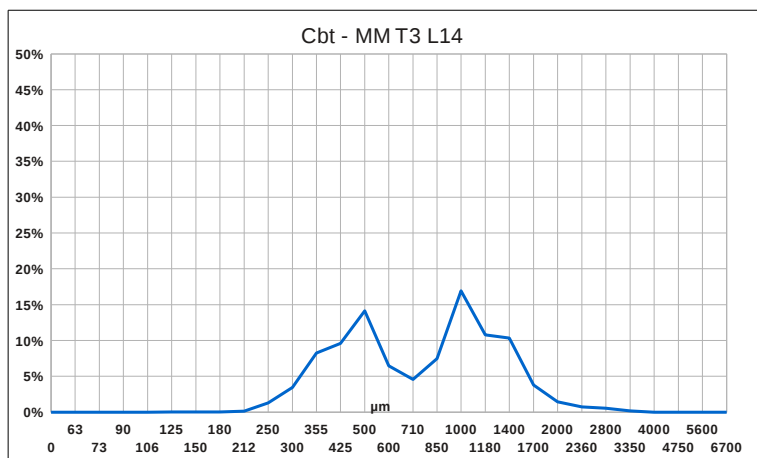
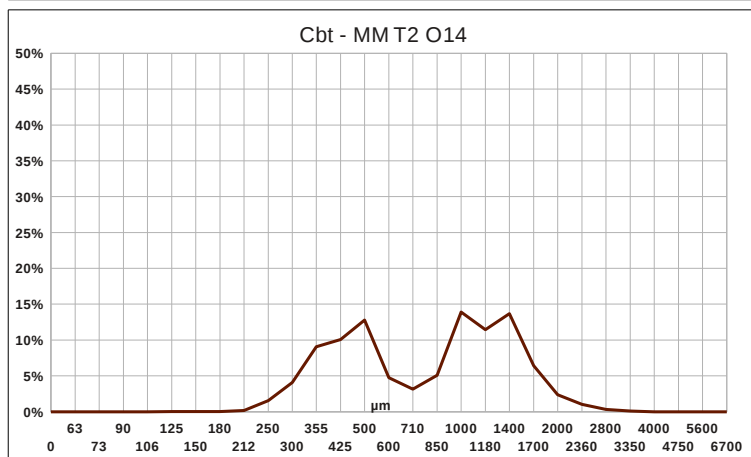
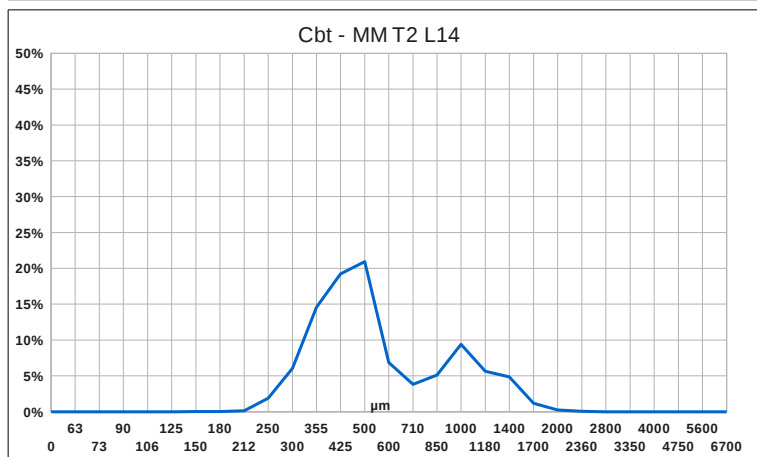
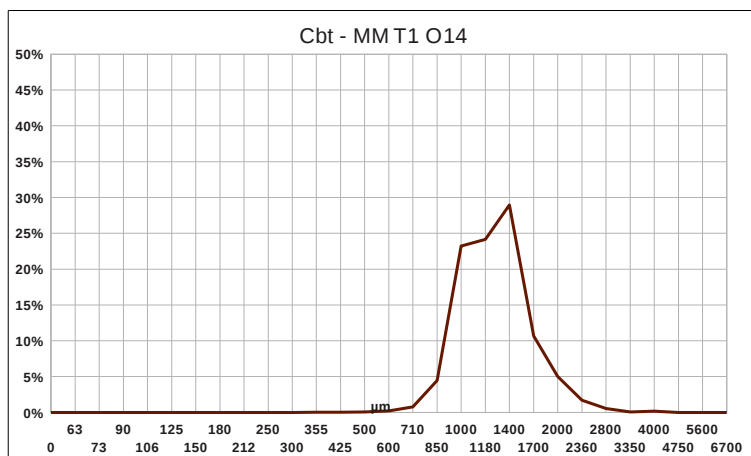
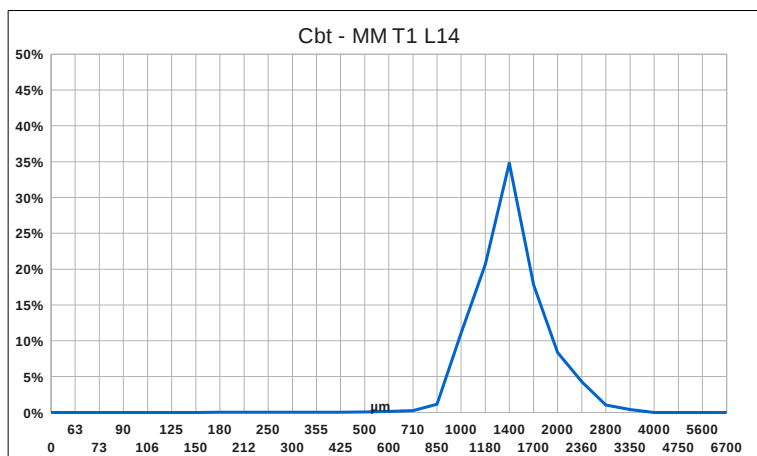


Fig. 4.2.74 – Maimoni - MM: curve granulometriche Cresta berma di tempesta - Cbt estate, autunno 2014

Piede duna - Pd

Minime differenze rilevate tra Luglio ed Ottobre nel T1, caratterizzato sempre da sabbie molto grossolane e da una curva unimodale e leptocurtica. La tendenza è alla diminuzione del diametro dei granuli da Luglio ad Ottobre, confermata nel T4, e soprattutto nel T3. In questi due transetti si nota (anche se ancora presente), una progressiva diminuzione della bimodalità delle curve, dovuta ad una maggiore frequenza dei diametri medio fini. Sostanziale omogeneità temporale nel T2, con curve bimodali sostanzialmente analoghe.

<i>Maimoni, Piede duna – Pd (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)</i>								
	MM T1 L14	MM T2 L14	MM T3 L14	MM T4 L14	MM T1 O14	MM T2 O14	MM T3 O14	MM T4 L14
MEDIA	1520,5	814,4	609,1	614,0	1398,1	887,1	485,2	520,9
CLASSAZIONE	1,441	1,703	1,718	1,798	1,304	1,723	1,397	1,644
ASIMMETRIA	-0,290	-0,132	0,287	0,382	-0,065	-0,241	0,142	0,412
CURTOSI	1,709	0,721	0,783	0,699	1,213	0,724	1,314	1,364

Tab 4.2.13 – Principali parametri statistici (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)

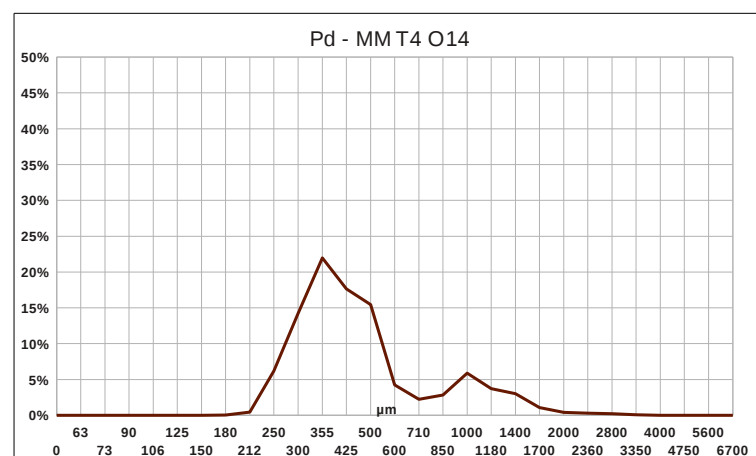
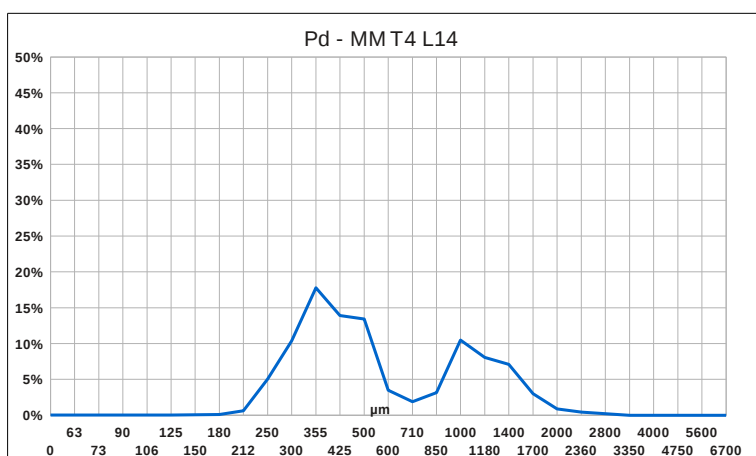
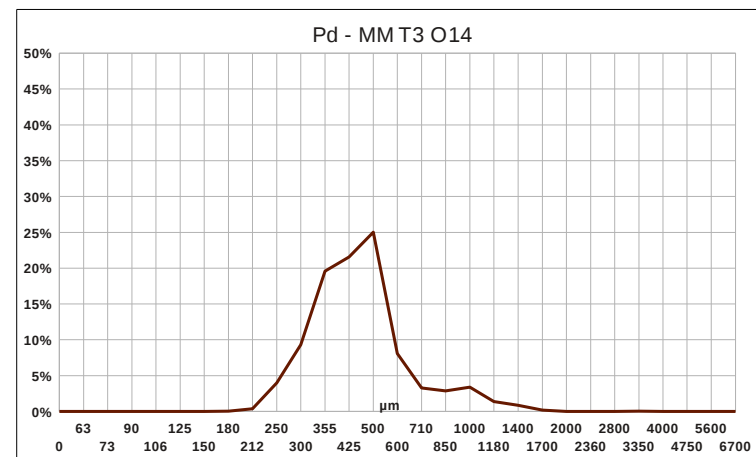
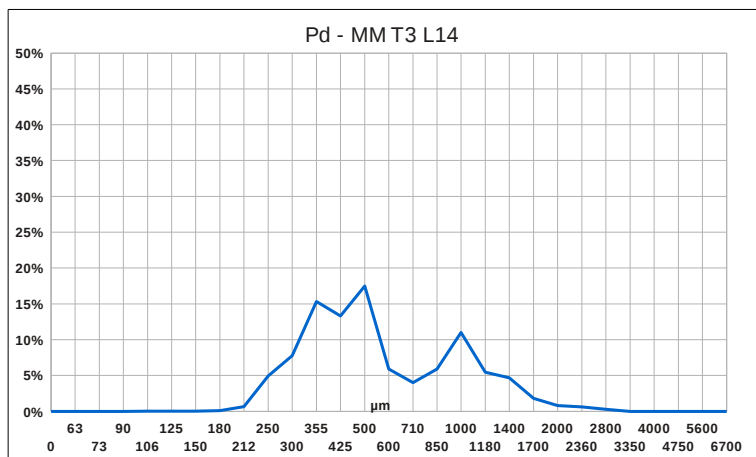
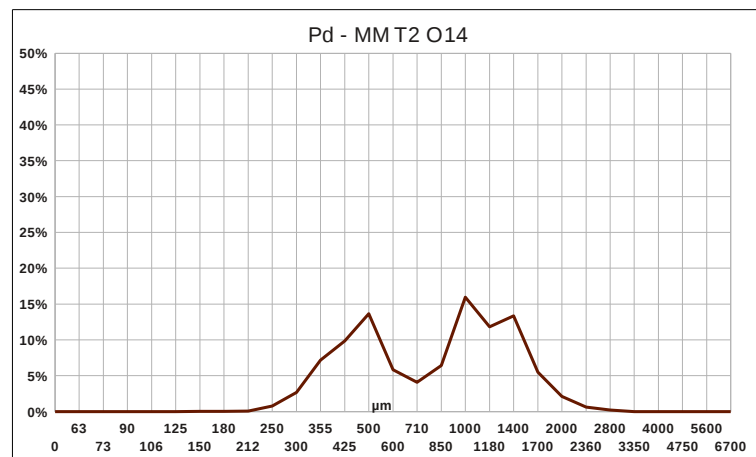
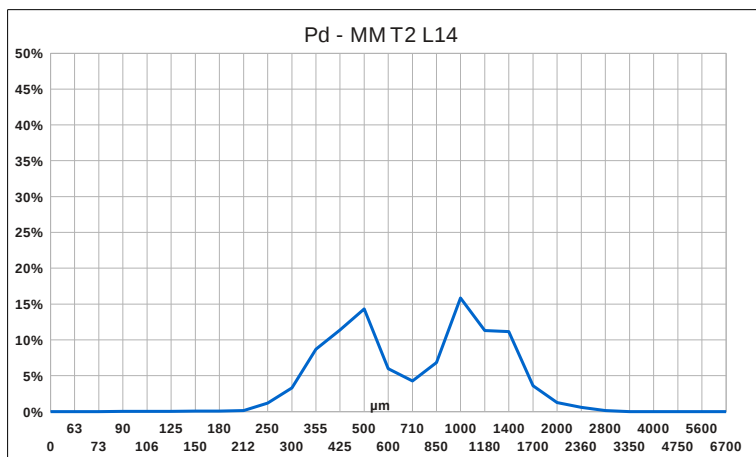
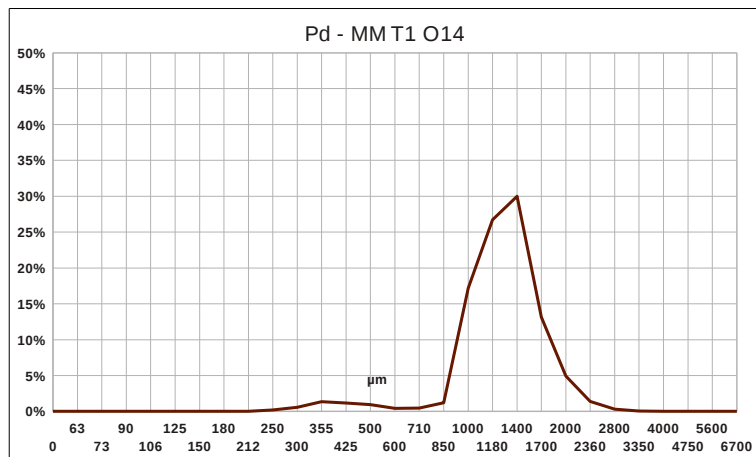
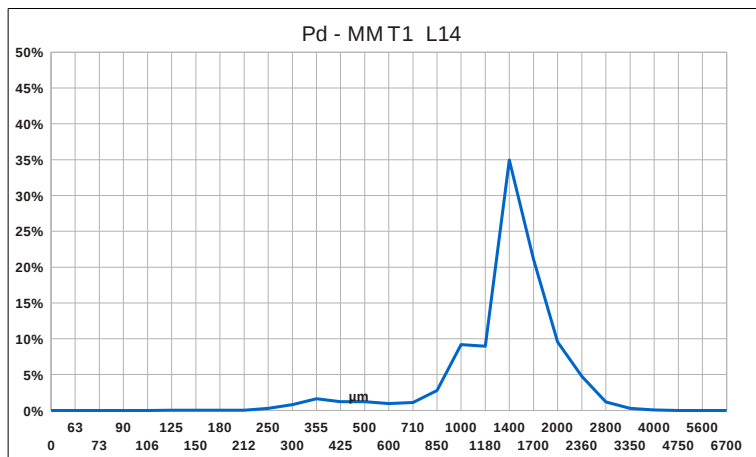


Fig. 4.2.75 – Maimoni - MM: curve granulometriche Piede duna - Pd estate, autunno 2014

Considerazioni generali

La complessità del sistema in studio mostra dei dati che risultano non semplicissimi da interpretare, specie nel passaggio dalle forme della linea di riva alla berma di tempesta. Considerando le diverse dimensioni dell'area di spiaggia ed il fatto che queste sono le forme che risentono più degli effetti del moto ondoso, si possono ipotizzare in via preliminare degli spostamenti sedimentari oltre che lungo riva (in direzione del moto ondoso predominante) anche da quest'ultima verso le forme più stabili della spiaggia emersa e da queste verso la linea di riva. La presenza di due distinti quanti granulometrici evidenzia queste dinamiche, che potranno essere però confermate o meno solo con analisi più approfondite.

4.2.2.5 Funtana Meiga - FM

Linea di Riva -Lr

Lungo l'unico transetto rilevato si nota una diminuzione della granulometria media dei sedimenti, che passano quindi da sabbie grossolane e sabbie medie. E' presente un lieve appiattimento della curva, che presenta anche una lieve coda nei materiali più grossolani.

<i>Funtana Meiga, Linea di riva - Lr (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)</i>		
	FM T1 L14	FM T1 O14
MEDIA	676,9	264,4
CLASSAZIONE	1,454	1,367
ASIMMETRIA	-0,073	0,137
CURTOSI	1,163	1,110

Tab 4.2.14 – Principali parametri statistici (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)

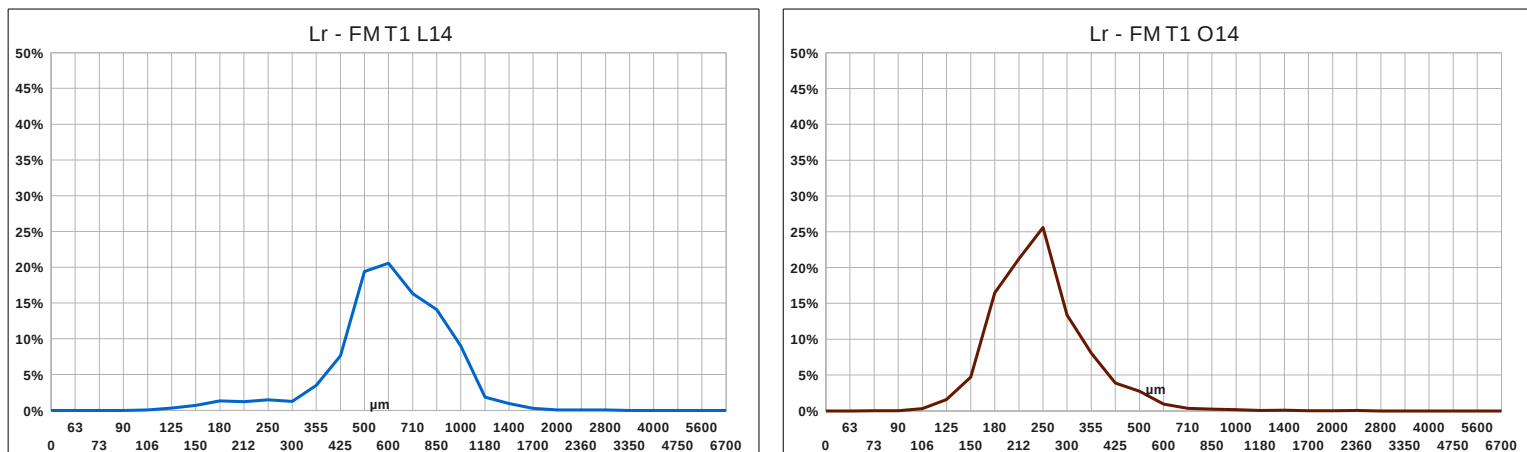


Fig. 4.2.76 – Funtana Meiga - FM: curve granulometriche Linea di riva – Lr, estate, autunno 2014

Cresta berma di tempesta -Cbt

Lungo la cresta della berma di tempesta i sedimenti subiscono anche in questa forma una diminuzione del diametro medio (450 μ m – 250 μ m), ma nel complesso le modifiche intercorse sono abbastanza limitate.

<i>Funtana Meiga, Cresta berma di tempesta - Cbt (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)</i>		
	FM T1 L14	FM T1 O14
MEDIA	435,1	252,9
CLASSAZIONE	1,493	1,288
ASIMMETRIA	-0,125	0,054
CURTOSI	1,015	1,071

Tab 4.2.15 – Principali parametri statistici (Metodo Folk & Ward – μ m) (Blott&Pye, 2001)

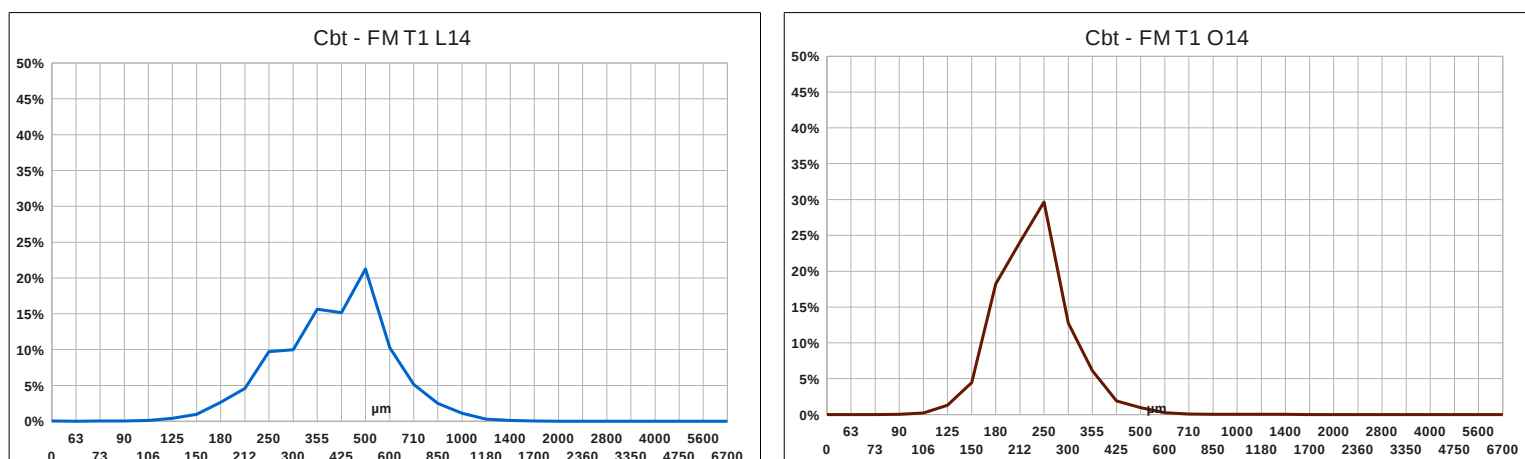


Fig. 4.2.77 – Funtana Meiga - FM: curve granulometriche Cresta berma di tempesta - Cbt estate, autunno 2014

Piede duna

Nessuna modifica sostanziale tra Luglio ed Ottobre, con sedimenti che si mostrano compresi in un intervallo di sabbie medie e con classazione che va da moderata a buona. Si può notare, anche in questo caso, una tendenza a subire in maniera limitata i fenomeni meteomarinari intercorrenti.

<i>Funtana Meiga, Piede duna - Pd (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)</i>		
	FM T1 L14	FM T1 O14
MEDIA	426,5	392,2
CLASSAZIONE	1,466	1,469
ASIMMETRIA	-0,138	-0,037
CURTOSI	0,945	0,919

Tab 4.2.16 – Principali parametri statistici (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)

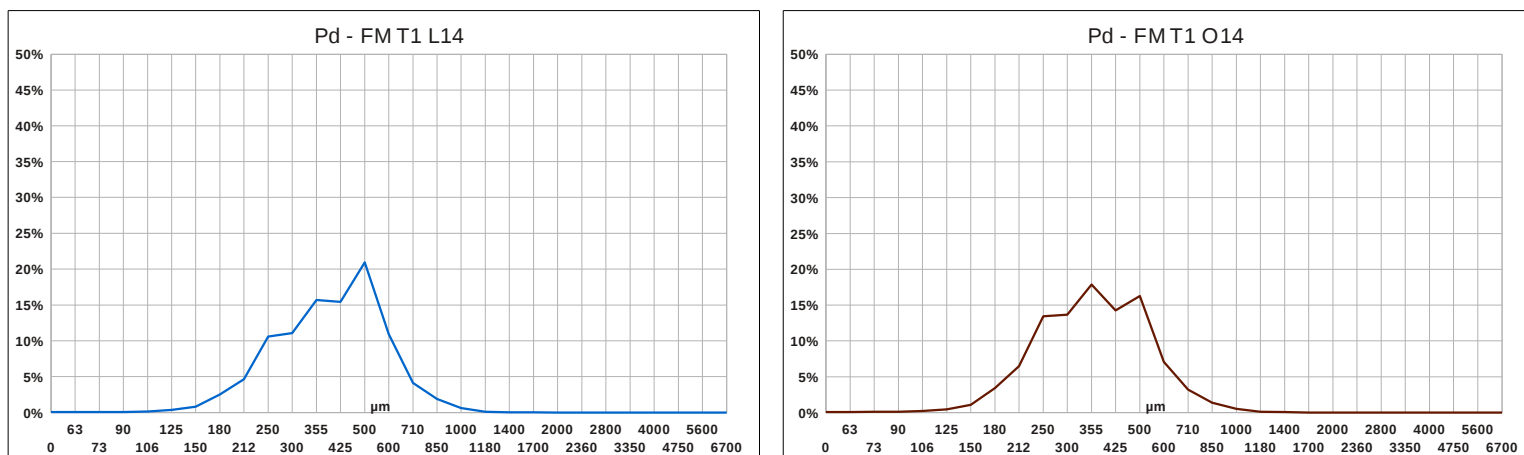


Fig. 4.2.78 – Funtana Meiga - FM: curve granulometriche Piede duna - Pd estate, autunno 2014

Considerazioni generali

L'ambiente sedimentario du Funtana Meiga segna nettamente il passaggio dall'Unità Geoambientale Settentrionale e quella Meridionale, con la netta prevalenza di sedimenti di origine biogenica su quelli silicoclastici. La presenza di una granulometria comunque piuttosto grossolana lungo la linea di riva può indicare una tendenza ai fenomeni erosivi piuttosto spiccata, confermata anche dai segni di crolli continui di nella limitrofa falesia calcarea.

4.2.2.6 *San Giovanni di Sinis - SG*

Linea di Riva - Lr

I sedimenti caratterizzanti la linea di riva non subiscono variazioni di rilievo nei due periodi di campionamento, specie per quanto riguarda le dimensioni medie. Queste rimangono all'interno del intervallo delle sabbie medie nel T1 ed in quello delle sabbie grossolane per nel T2 e T3. La tendenza generale in entrambi i mesi è quindi quella di un aumento del diametro medio da nord verso sud. Le curve sono unimodali, con una bimodalità molto vicina nel T2 di Ottobre e si presentano simmetriche, con un lieve appiattimento verso la parte fine nel T1 e nel T2 e verso la parte più grossolana nel T3.

<i>San Giovanni di Sinis, Linea di riva - Lr (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)</i>						
	SG T1 L14	SG T2 L14	SG T3 L14	SG T1 O14	SG T2 O14	SG T3 O14
MEDIA	484,0	525,4	843,9	446,8	500,3	848,6
CLASSAZIONE	1,382	1,277	1,236	1,633	1,384	1,368
ASIMMETRIA	0,093	-0,058	-0,030	-0,084	-0,079	-0,020
CURTOSI	1,073	1,273	0,883	0,802	1,136	0,910

Tab 4.2.17 – Principali parametri statistici (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)

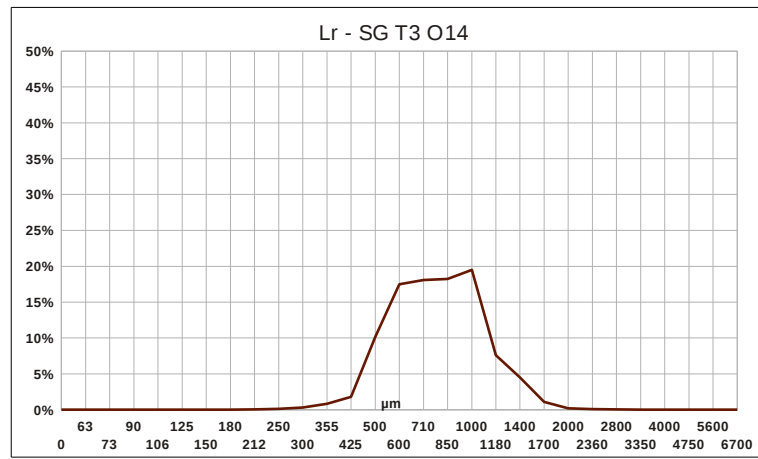
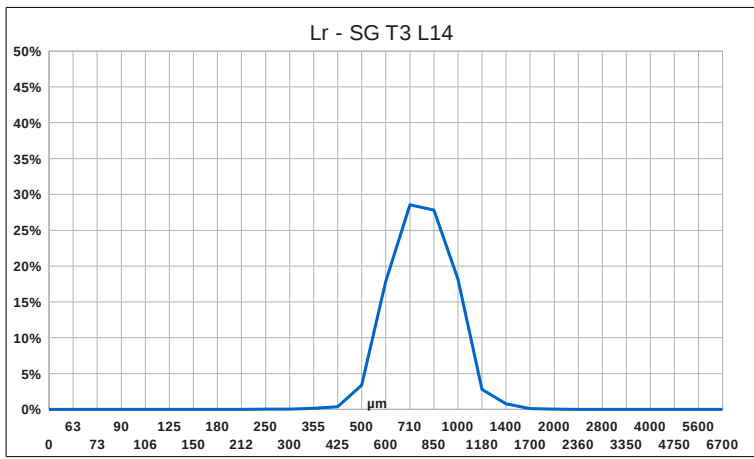
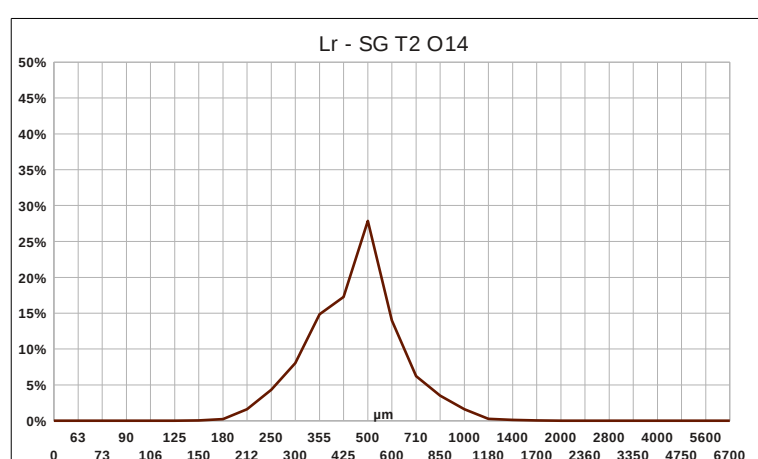
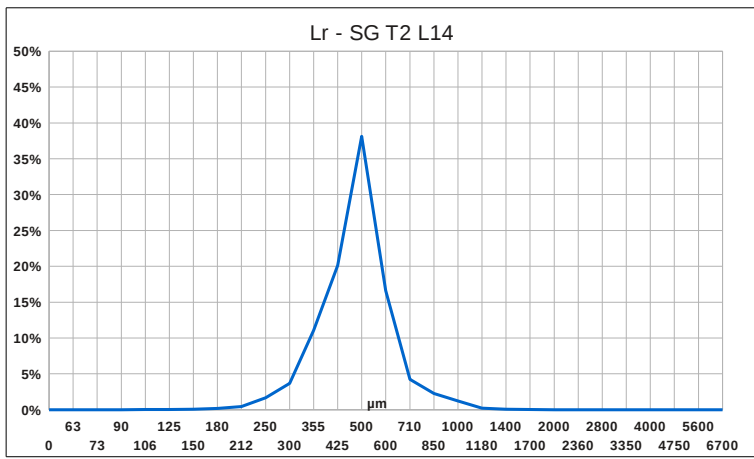
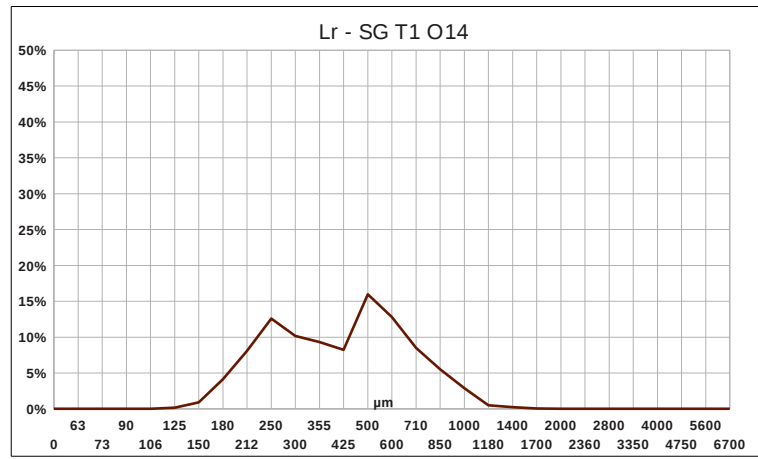
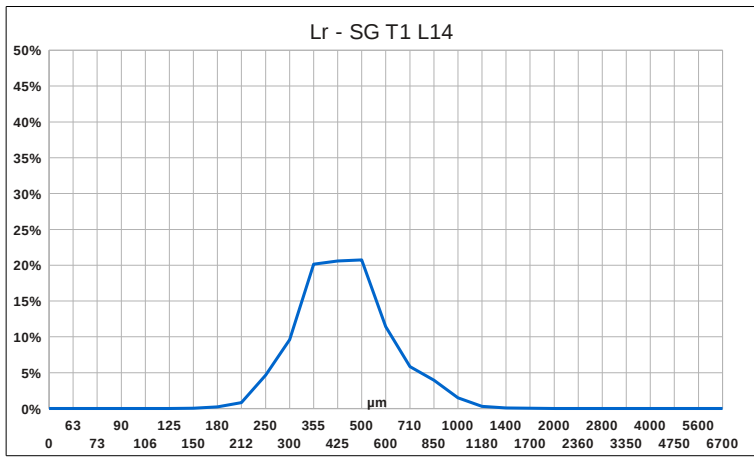


Fig. 4.2.79 – San Giovanni di Sinis - SG: curve granulometriche Linea di riva – Lr, estate, autunno 2014

Cresta berma di tempesta -Cbt

E' questa la forma che ha subito le maggiori variazioni tra i mesi di Luglio ed Ottobre, specie nel primo e terzo transetto. Nel T1 si può notare come, pur se nella sostanziale stabilità dei parametri di diametro medio e in parte classazione, la curva assuma una spiccata forma platicurica, estesa dai 180 μ m ai 1400 μ m, segno di forti rimaneggiamenti dovuti ad intensi eventi meteomarini. Il T2 mostra una diminuzione del diametro medio, che rientra nelle sabbie medie in luogo di quelle grossolane, ma conferma una curva mesocurtica d una classazione moderatamente buona. Il T3 mostra invece una netta differenza nel diametro medio dei granuli, che passa dai 450 μ m agli 850 μ m con una migliore classazione ed una curtosi più ristretta, nel campo delle sabbie grossolane.

<i>San Giovanni di Sinis, Cresta berma di tempesta – Cbt (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)</i>						
	SG T1 L14	SG T2 L14	SG T3 L14	SG T1 O14	SG T2 O14	SG T3 O14
MEDIA	607,7	603,4	449,9	582,4	470,1	814,5
CLASSAZIONE	1,576	1,506	1,544	1,722	1,462	1,243
ASIMMETRIA	-0,039	0,098	-0,006	-0,133	0,039	-0,078
CURTOSI	0,926	0,982	1,016	0,782	1,084	0,982

Tab 4.2.18 – Principali parametri statistici (Metodo Folk & Ward – μ m) (Blott&Pye, 2001)

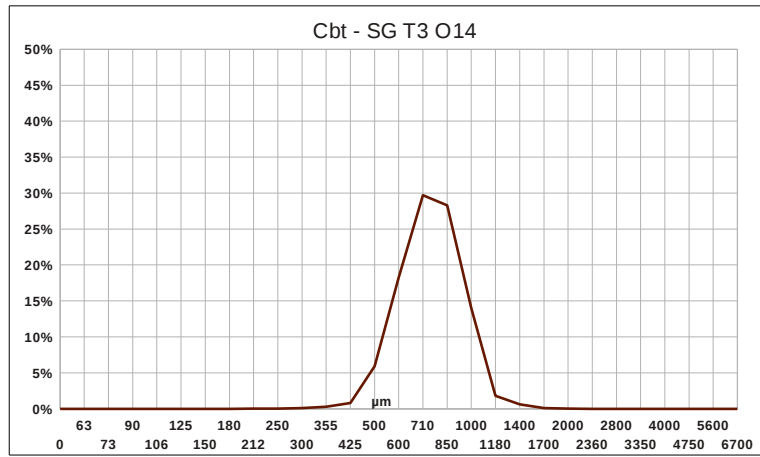
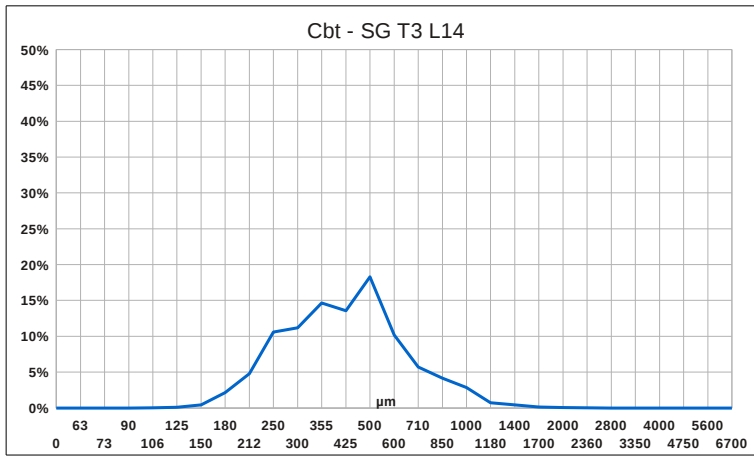
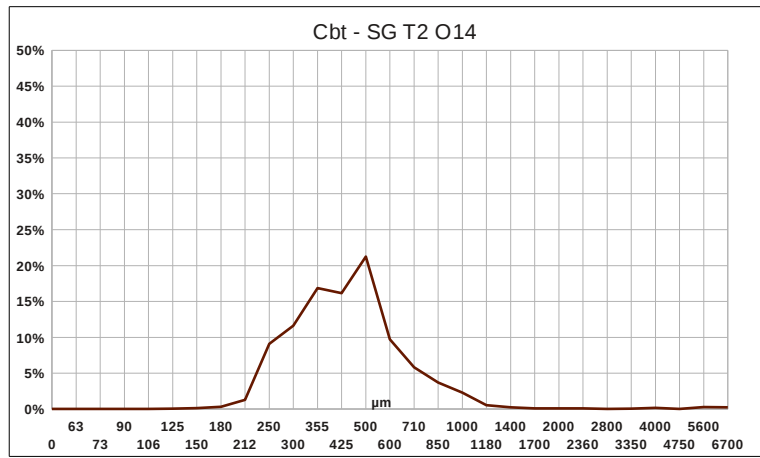
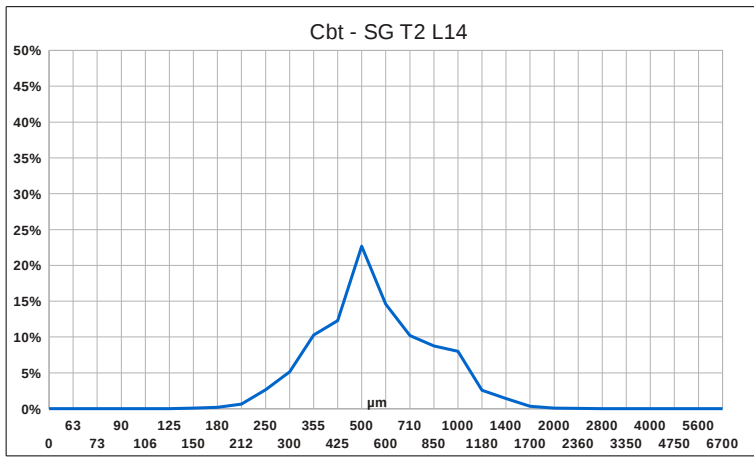
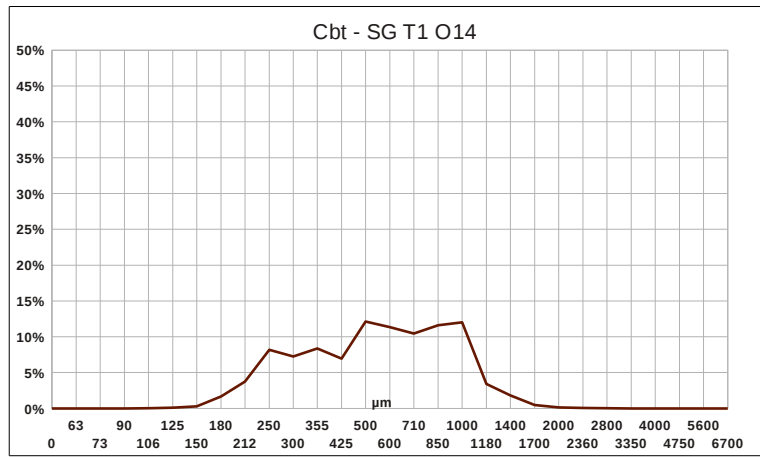
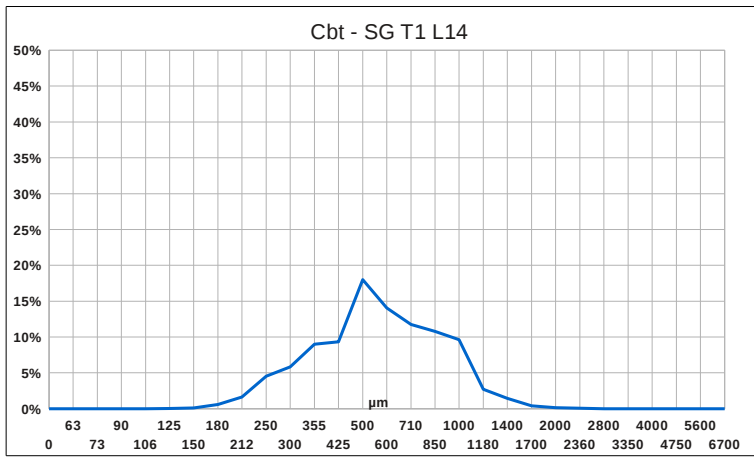


Fig. 4.2.80 – San Giovanni di Sinis - SG: curve granulometriche Cresta berma di tempesta - Cbt estate, autunno 2014

Piede duna - Pd

Lungo le forme del piede della duna si nota subito l'assenza di differenze di tutti i parametri riferiti al T2, con una curva granulometrica sostanzialmente immutata, mesocurtica e simmetrica ed una buona classazione. Lungo il T1, la curva, sempre mesocurtica, abbandona una lieve coda fine e passa dalle sabbie medie a quelle grossolane. Nel T3 si nota invece una diminuzione del diametro medio dei granuli, con conseguente passaggio alle sabbie medie da quelle grossolane, queste ultime presenti nella lieve coda della curva, che passa da leptocurtica a mesocurtica.

Sostanzialmente lungo il piede della duna si nota una maggiore stabilità dei parametri granulometrici, anche se nella parte meridionale questi sembrano più suscettibili a modifiche stagionali, probabilmente a causa della maggiore vicinanza di questa forma alla linea di riva.

<i>San Giovanni di Sinis, Piede duna – Pd (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)</i>						
	SG T1 L14	SG T2 L14	SG T3 L14	SG T1 O14	SG T2 O14	SG T3 O14
MEDIA	475,3	439,4	556,8	573,9	455,9	385,5
CLASSAZIONE	1,785	1,379	1,516	1,621	1,408	1,564
ASIMMETRIA	0,119	0,087	0,007	0,091	0,088	0,160
CURTOSI	0,958	1,037	1,154	0,975	1,038	1,050

Tab 4.2.19 – Principali parametri statistici (Metodo Folk & Ward – μm) (Blott&Pye, 2001)

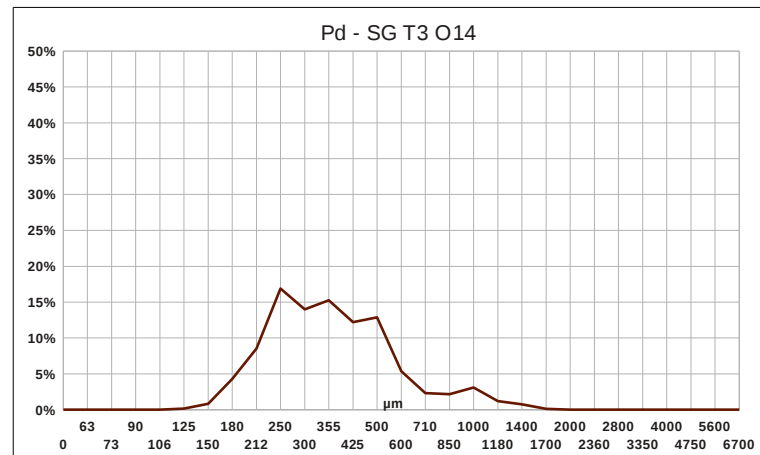
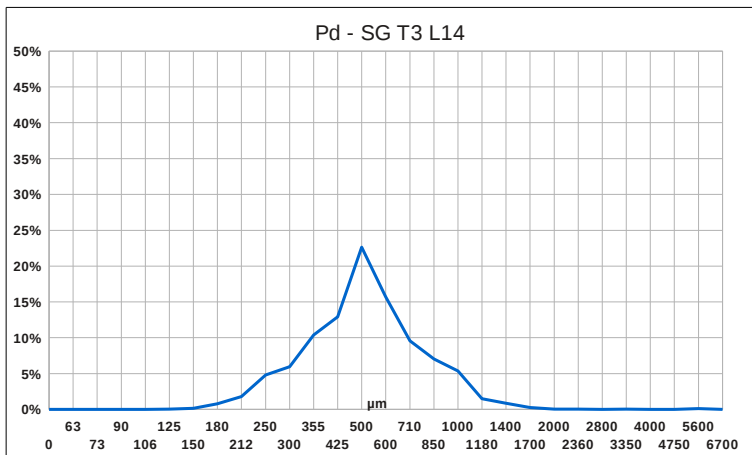
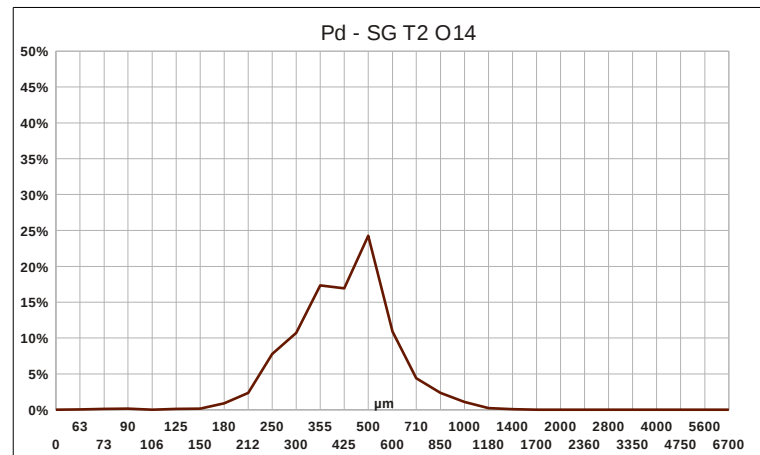
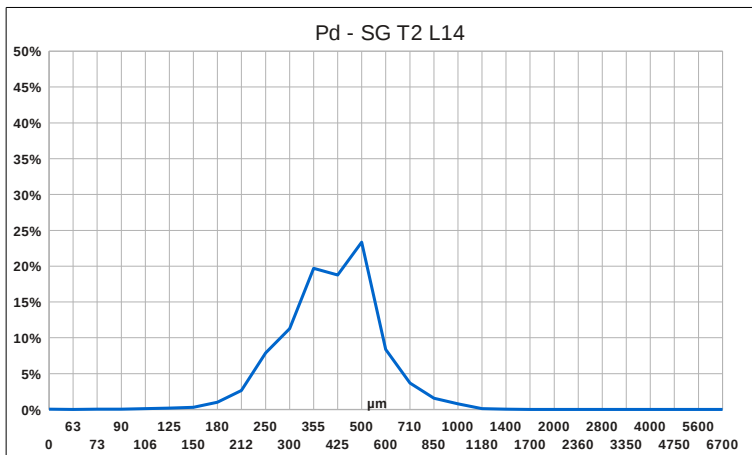
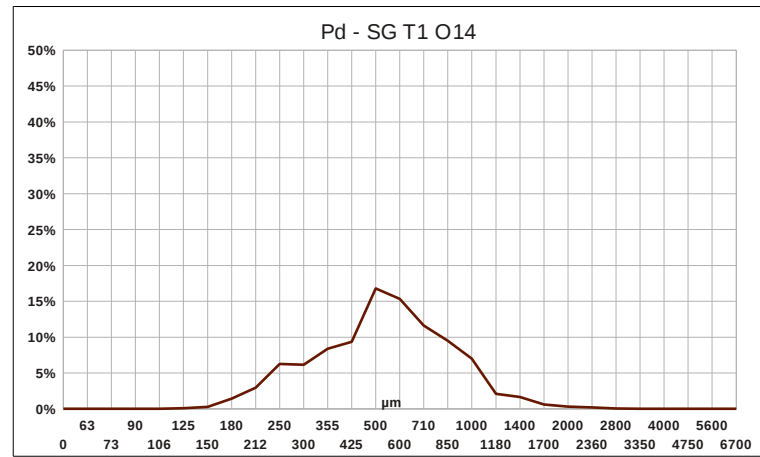
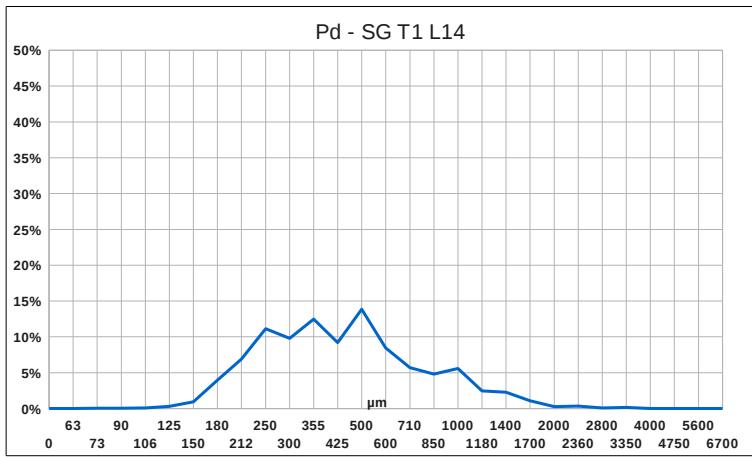


Fig. 4.2.81 – San Giovanni di Sinis - SG: curve granulometriche Piede duna - Pd estate, autunno 2014

Considerazioni generali

Sono evidenti in alcune forme del sistema di spiaggia gli effetti degli eventi meteomarinari intercorsi tra il mese di Luglio e quello di Ottobre, e specie nella parte meridionale della spiaggia vi è stata una situazione particolare documentata da vistosi cambiamenti della linea di riva e delle berme di tempesta. Occorre quindi prendere con le dovute cautele i dati espressi nel mese estivo, anche se significativi nell'ottica della valutazione temporale dello stato dell'ambiente di sedimentazione. **141**

4.3 Rilievi multidato

4.3.1 Mari Ermi - ME

Transetto 1 - T1

Il transetto è stato rilevato fino ad una distanza di circa 55 metri e non comprende la parte sulla quale insiste lo stagno retrodunale. I plot sono stati rilevati ad una distanza reciproca di circa 3 metri nel mese di Aprile ed a circa 4,5 metri in quello di Ottobre

Copertura vegetazionale

La vegetazione risulta maggiormente presente nel rilievo di Aprile nella fascia che vai dai 35 metri fino alla fine del transetto considerato e consta in particolare di piante alofite come il *Crithmum maritimum* L. e, nella parte limitrofa allo stagno retrodunale, *Salsola spp.*, verificata nel mese di Ottobre. La presenza di queste piante risulta non continua, ma alterna zone a copertura prossima al 100% ad altre in cui sono del tutto assenti. Questa caratteristica è evidenziata anche dal rilievo effettuato ad Ottobre che mostra una assenza di vegetazione nella fascia precedentemente coperta e viceversa una copertura totale, come evidenziato dai grafici, verso la fine dell'area di spiaggia.

Residui Posidonia oceanica (L.) Delile

La presenza dei residui di questa fanerogama marina è costante per tutta la lunghezza della spiaggia, con una percentuale di copertura variabile, con nel mese di Aprile la presenza di *banquette* anche molto estese nella fascia tra i 10 ed i 30 metri (100% intorno ai 20 metri) ed una distribuzione più omogenea e di origine recente nel mese di Ottobre.

Residui generici

Niente di consistente se si eccettua la presenza ad Aprile di alcuni resti spiaggiati di *Veleva veleva* (L.), uno cnidare planctonico presente nelle acque del Mar Mediterraneo.

<i>ME T1 A14</i>				<i>ME T1 O14</i>			
Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)	Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)
0	0	0	0	0	0	13,75	0
3	0	0	3,5	4,5	0	72,5	0
6	0	0	0				
9	0	3,5	1	9	0	18,75	0
12	0	0	0	13,5	0	12,5	0
15	0	70	0				
18	0	100	0	18	0	3,25	0
21	0	100	0	22,5	0	10	0
24	0	65	0				
27	0	2	0	27	0	20	0
30	0	0	0	31,5	0	5,5	0
33	91	9	0				
36	5	1,5	0	36	3,75	61,25	0,25
39	0,5	0,25	0	40,5	0	1	0
42	2,5	1	0				
45	3	0,25	0	45	0	0,25	0
48	0,25	0,25	0	49,5	0	0	0
51	0,25	0	0				
54	0	0	0	54	85	0	0

Tab 4.3.1 – ME T1: percentuali di copertura all'interno dei singoli plot, primavera e autunno 2014

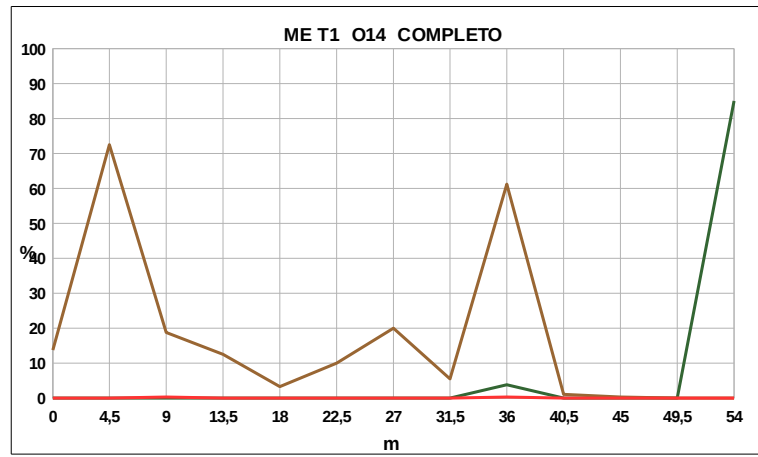
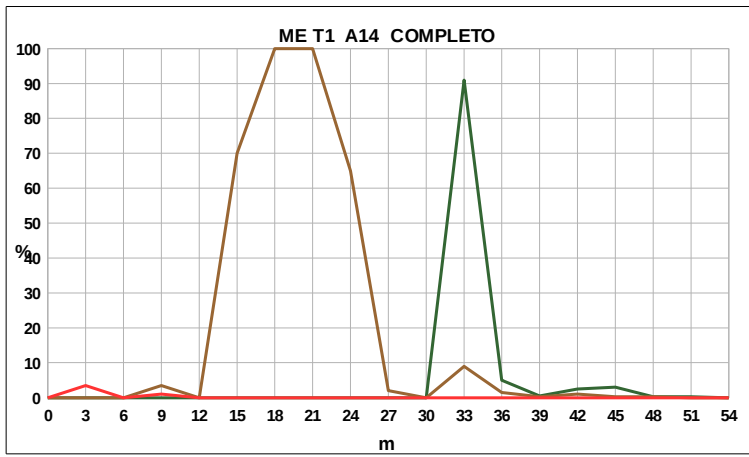


Fig. 4.3.1 - ME T1 transetto completo: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

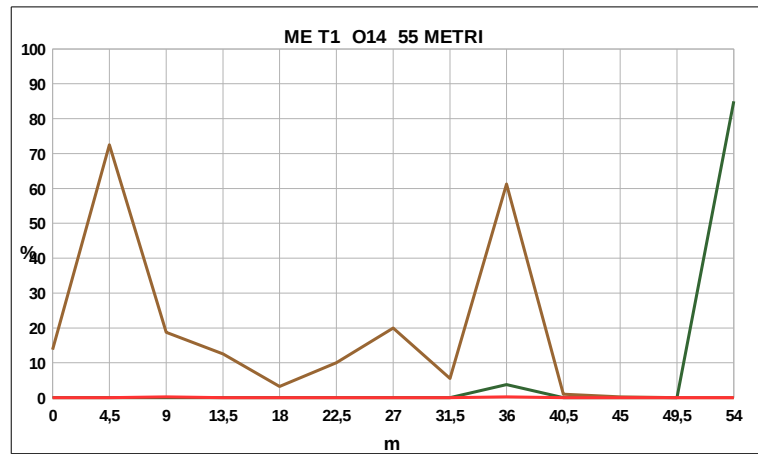
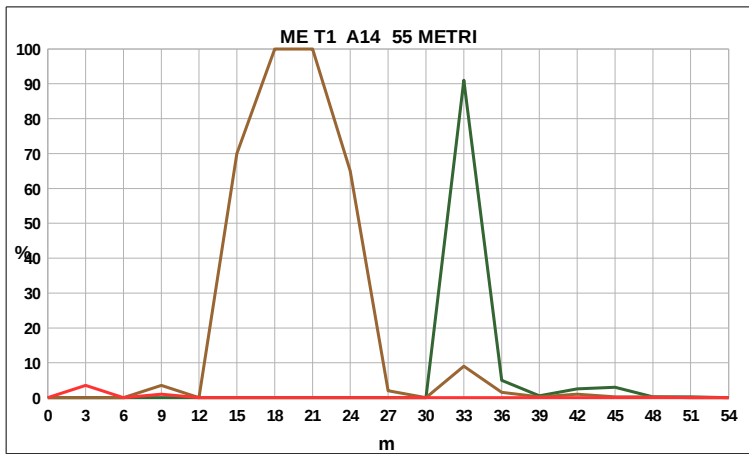


Fig. 4.3.2 - ME T1 transetto 55 metri: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

- Legenda
- Copertura vegetazionale
 - Posidonia oceanica (L.) Delile
 - Rifiuti

Transetto 2 - T2

Il secondo transetto si estende per una lunghezza più elevata, pari quasi 80 metri. I plot sono stati rilevati ad una distanza reciproca di circa 3,5 metri nel mese di Aprile, ed a circa 4,5 metri in quello di Ottobre, corrispondenti ai valori ricavati con l'utilizzo delle due metodologie complementari utilizzate.

Copertura Vegetazionale

La copertura vegetazionale mostra un andamento più omogeneo nel mese di Aprile, pur raggiungendo in entrambi i rilievi un picco intorno ai 50 metri, con presenza delle specie *Crithmum maritimum* (L.) , *Eryngium maritimum* (L.) ed *Ammophila arenaria* (L.), queste ultime due spesso riunite in associazione. Vi è una quasi assenza di copertura nella fascia tra i 60 ed i 70 metri ed un nuovo picco dopo i 70, corrispondente alla presenza, anche in questo transetto, di *Salsola spp.*, specie tipica degli ambienti di transizione.

Residui Posidonia oceanica (L.) Delile

I residui della *Posidonia oceanica* (L.) Delile sono presenti a partire da 15 metri circa nel mese di Aprile, con una chiusura ad oltre 70 metri dalla linea di riva, mentre nel mese di Ottobre si nota una consistenza maggiore nei primi metri ed una chiusura più vicina, intorno ai 60 metri. Nel complesso si evince una notevole presenza di questa fanerogama marina per tutta la larghezza del sistema di spiaggia, segno certamente dell'alta energia del moto ondoso che agisce su di esso.

Residui generici

Da evidenziare anche in questo transetto la presenza dei resti spiaggiati della specie *Velella velella* L. nel mese di Aprile, mentre in entrambi i rilievi non si segnala la presenza di altri residui.

<i>ME T2 A14</i>				<i>ME T2 O14</i>			
Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)	Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)
0	0	0	0	0	0	0	0
3,5	0	1,75	3,5	4,5	0	57,5	0
7	0	2,25	0				
10,5	0	0,5	0	9	0	90	0
14	0	0	0	13,5	0	8,75	0
17,5	0	1,5	0	18	0	100	0,25
21	0	5,75	0	22,5	0	1	0
24,5	0	0,5	0	27	0	60	0
28	0	3,75	0				
31,5	5	70	0	31,5	0	100	0
35	8	4,5	0	36	10	82,75	0
38,5	11,25	100	0				
42	27,5	100	0	40,5	0	100	0
45,5	50	100	0	45	5	65	0
49	33,75	64,75	0	49,5	99	1	0
52,5	22,5	0	0	54	0	16,25	0
56	8,25	5,5	0	58,5	0	2,5	0
59,5	6,5	100	0				
63	7,5	20	0	63	0,25	0,5	0
66,5	4	50	0	67,5	2,5	0	0
70	99	6	0	72	70	0	0
73,5	-	-	-				

Tab 4.3.2 – ME T2: percentuali di copertura all'interno dei singoli plot, primavera e autunno 2014

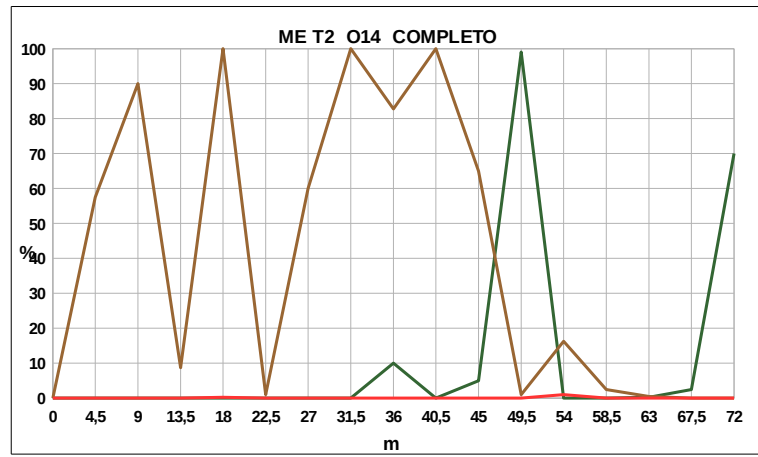
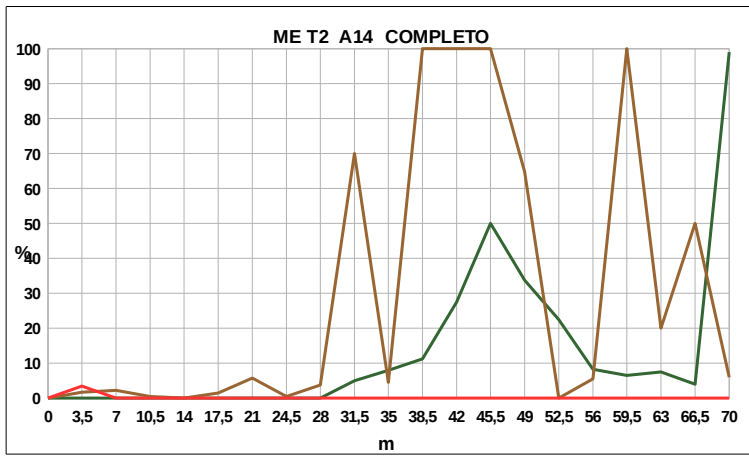


Fig. 4.3.3 - ME T2 transetto completo: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

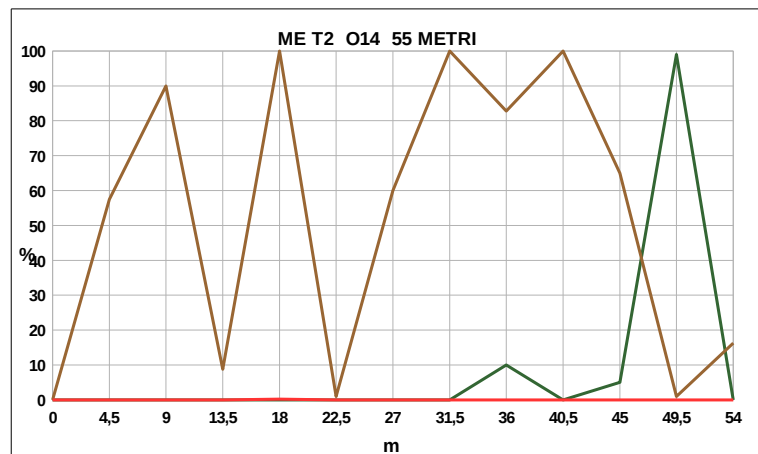
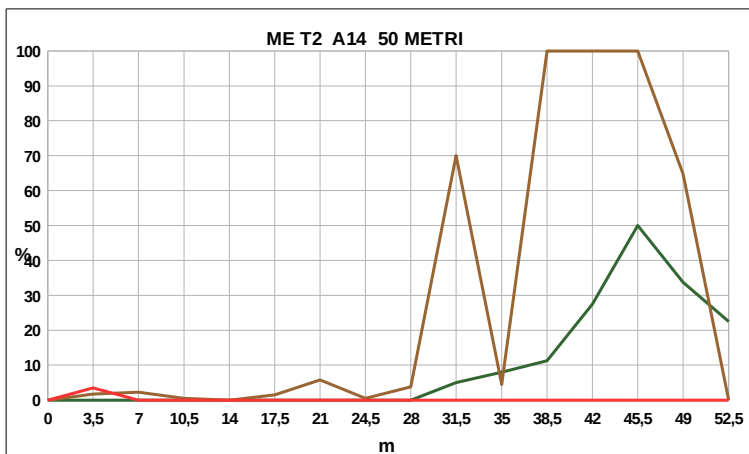


Fig. 4.3.4 - ME T2 transetto 55 metri: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

- Legenda
- Copertura vegetazionale
 - Posidonia oceanica (L.) Delile
 - Rifiuti

Transetto 3 - T3

Estensione massima rilevata del transetto di circa 100 metri (Aprile 2014), con un passo di acquisizione dei dati di circa 4,5 metri in entrambi i mesi.

Copertura vegetazionale

L'esame dei dati evidenzia l'aumento della copertura vegetazionale a partire dai 30 metri circa, per arrivare ad una stabilità sulla copertura massima, oltre i 50 metri circa. Fino a questa distanza si evidenziano delle lievi discrepanze tra i due rilievi, che consentono di mettere in evidenza la non omogeneità trasversale della copertura. Alle principali specie determinate negli altri due transetti si aggiungono la *Plantago serraria* L., molto diffusa in tutte le spiagge in esame e diverse specie caratteristiche di zone salmastre, presenti nelle zona di retroduna in corrispondenza degli stagni temporanei, come *Juncus acutus* L., *Salicornia europaea* L., e *Atriplex portulacoides* L.

Residui Posidonia oceanica (L.) Delile

Viene confermato nel terzo transetto, l'andamento della copertura, con ad Ottobre un intervallo più spostato verso la linea di riva ed una conseguente chiusura ad una distanza più breve, intorno ai 50 metri.

Residui generici

Nessuna presenza di residui, se si eccettua, anche in questa parte della spiaggia, quelli dello cnidare *Verella verella* (L.) nel mese di Aprile.

<i>ME T3 A14</i>				<i>ME T3 O14</i>			
Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)	Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)
0	0	0	0	0	0	0	0
4,5	0	0	1,25	4,5	0	2,5	0
9	0	0	1	9	0	9,5	0
13,5	0	0,5	7,5	13,5	0	0,75	0
18	0	1	1,5	18	0	55	0
22,5	0	100	0	22,5	5	92,5	0
27	0	35	0	27	0,75	100	0
31,5	0	15	0	31,5	60	40	0
36	18	100	0	36	1	99	0
40,5	30	100	0	40,5	10,5	10	0
45	32,5	100	0	45	7,5	92,5	0
49,5	21,5	100	0	49,5	13	20	0
54	47	90	0	54	100	0	0
58,5	65	35	0	58,5	100	0	0
63	100	0	0	63	100	0	0
67,5	100	0	0	67,5	-	-	-
72	100	0	0	72	-	-	-
76,5	100	0	0	76,5	-	-	-
81	100	0	0	81	-	-	-
85,5	85	0	0	85,5	-	-	-
90	86,5	0	0	90	-	-	-
94,5	69,5	0	4,5	94,5	-	-	-
99	100	0	0	99	-	-	-

Tab 4.3.3 – ME T3: percentuali di copertura all'interno dei singoli plot, primavera e autunno 2014

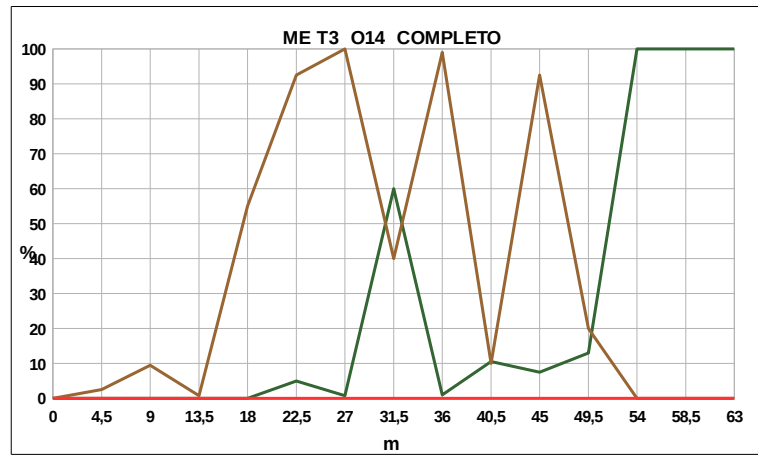
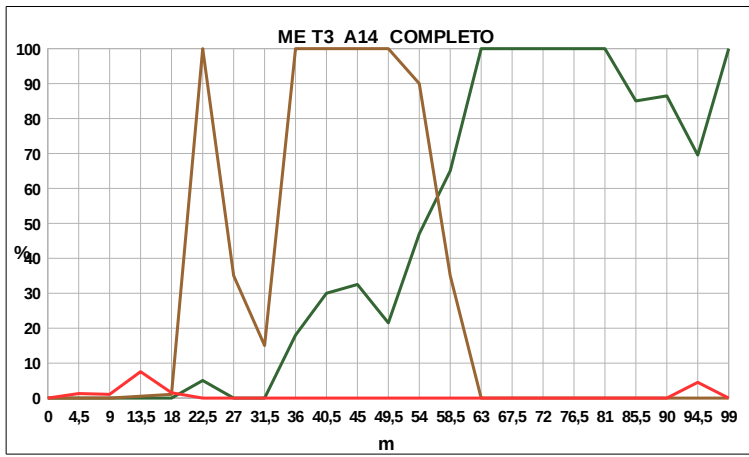


Fig. 4.3.5 - ME T3 transetto completo: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

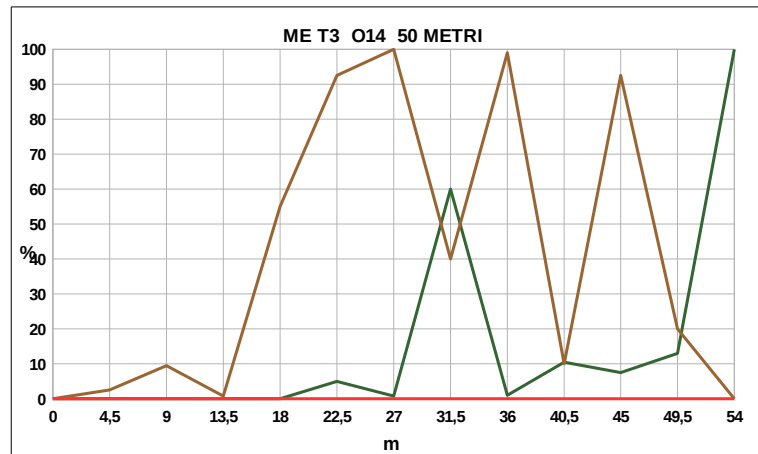
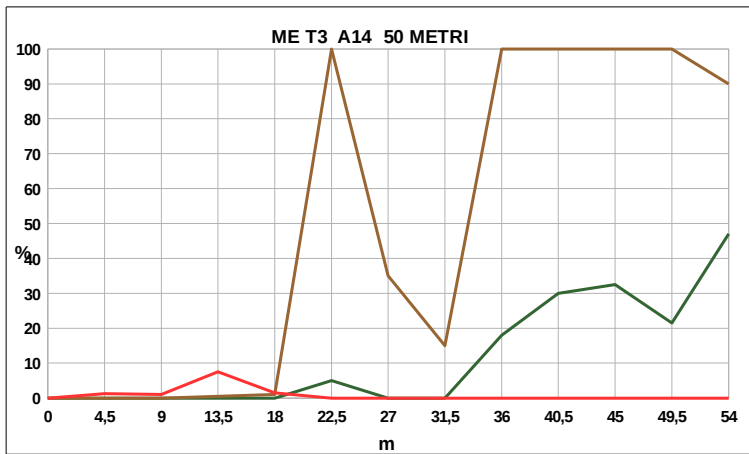


Fig. 4.3.6 - ME T3 transetto 55 metri: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

- Legenda
- Copertura vegetazionale
 - Posidonia oceanica (L.) Delile
 - Rifiuti

Considerazioni generali

Dai dati esaminati, riassunti nella tabella sottostante, la presenza di cospicui depositi di *Posidonia oceanica* (L.) Delile (diffusi lungo tutto l'arenile sia in senso longitudinale che trasversale) sembra sia la caratteristica che meglio tipicizza il sistema di spiaggia di Mari Ermi, pur se durante i rilievi la presenza rilevata non sia stata eccezionale; un dato in ogni caso positivo che indica come il complesso terra-acqua goda generalmente di una buona situazione ambientale. La presenza di questi residui oltre i 70 metri dalla linea di riva indica l'azione frequente di intensi fenomeni meteomarinari, che uniti al particolare tipo di sedimenti presenti ed al carico antropico estivo possono in parte spiegare la limitata copertura vegetazionale, caratterizzata comunque nella sua frammentarietà dalla presenza di diverse specie tipiche degli ambienti costieri (e di zone di transizione) e dall'assenza di specie alloctone. Praticamente nulla la presenza di residui esterni all'ambiente di spiaggia e comunque limitata a depositi organici biodegradabili.

ME T1								
Copertura vegetazionale 15-55m			Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile 0-55m			Residui generici 0-55m		
Aprile	Ottobre	Media	Aprile	Ottobre	Media	Aprile	Ottobre	Media
%	%	%	%	%	%	%	%	%
7,3	8,9	8,1	18,6	16,8	17,7	0,2	0,0	0,1
ME T2								
Copertura vegetazionale 15-55m			Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile 0-55m			Residui generici 0-55m		
Aprile	Ottobre	Media	Aprile	Ottobre	Media	Aprile	Ottobre	Media
%	%	%	%	%	%	%	%	%
12,8	11,4	12,1	27,1	52,5	39,8	0,2	0,0	0,1
ME T3								
Copertura vegetazionale 15-55m			Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile 0-55m			Residui generici 0-55m		
Aprile	Ottobre	Media	Aprile	Ottobre	Media	Aprile	Ottobre	Media
%	%	%	%	%	%	%	%	%
14,9	19,8	17,4	49,3	40,1	44,7	0,9	0,0	0,5
ME Totale								
Copertura vegetazionale 15-55m			Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile L. 0-55m			Residui generici 0-55m		
%			%			%		
12,5			34,1			0,2		

Tab 4.3.4 – Mari Ermi - ME: tabella percentuali di copertura medie e totali

4.3.2 Is Arutas - IA

Transetto 1 - T1

E' stata misurata una distanza massima del transetto di circa 60 metri, con un passo di rilievo di circa 3 metri nel mese di Aprile e di circa 4,5 metri in quello di Ottobre. L'area di spiaggia risulta delimitata da un muretto a secco.

Copertura vegetazionale

La copertura vegetazionale assume un andamento costante, con percentuali prossime al 100% dai 27-30 metri fino alla chiusura del transetto; tra le specie identificate *Matthiola tricuspidata* (L.) R. Br., intorno ai 30-40 metri dalla linea di riva. La copertura prossima alla fine della spiaggia è data in prevalenza da specie diffuse anche su terreni incolti, come *Lagurus ovatus* (L.) (Brotzu, 2004) e *Urospermum dalechampii* (L.) Schmidt.

Residui Posidonia oceanica (L.) Delile

Andamento inverso a quanto rilevato nel T2 e T3 di Mari Ermi, con una copertura maggiore e piuttosto evidente nei primi metri della spiaggia (0-20 metri) ad Aprile e più spostato verso la metà fino ai 40-50 metri ad Ottobre.

Residui generici

Nel mese di Aprile si segnala la presenza anche in questa spiaggia dello cnidare planctonico *Velella velella* (L.), mentre nel mese di Ottobre vi è la sola presenza di un residuo legnoso di notevoli dimensioni, probabilmente spiaggiatosi a seguito di una mareggiata.

IA T1 A14				IA T1 O14			
Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)	Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)
0	0	0	0	0	0	7	0,75
3	0	0	0	4,5	0	0	
6	0	41,25	1,0				
9	0	16,25	0	9	0	0,25	0
12	0	4,5	0	13,5	0	0,5	0
15	0	90,0	0				
18	0	4,5	0	18	0	1	0
21	0	5,0	0	22,5	0	50	14,5
24	0	5,5	0				
27	0	1,5	0	27	7	100	0
30	0	4,0	0	31,5	70	100	0
33	100	0	0				
36	100	1	0	36	100	5	0
39	100	12,5	0	40,5	100	100	0
42	100	0	0				
45	100	0	0	45	100	0	0
48	100	0	0	49,5	100	0	0
51	100	0	0				
54	100	0	0	54	100	0	0
57	100	0	0	-	-	-	-
60	100	0	0	-	-	-	-
63	100	0	0	-	-	-	-

Tab 4.3.5 – IA T1: percentuali di copertura all'interno dei singoli plot, primavera e autunno 2014

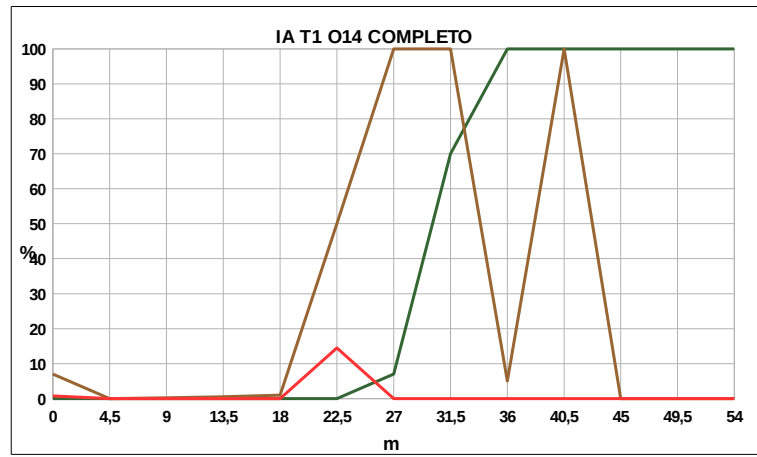
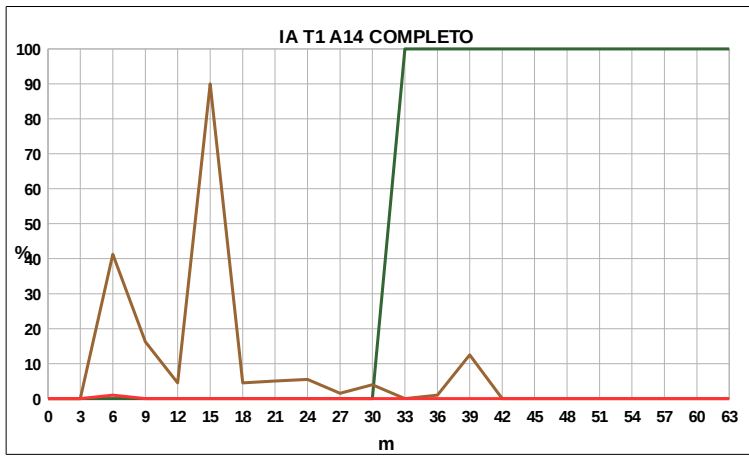


Fig. 4.3.7 - IA T1 transetto completo: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

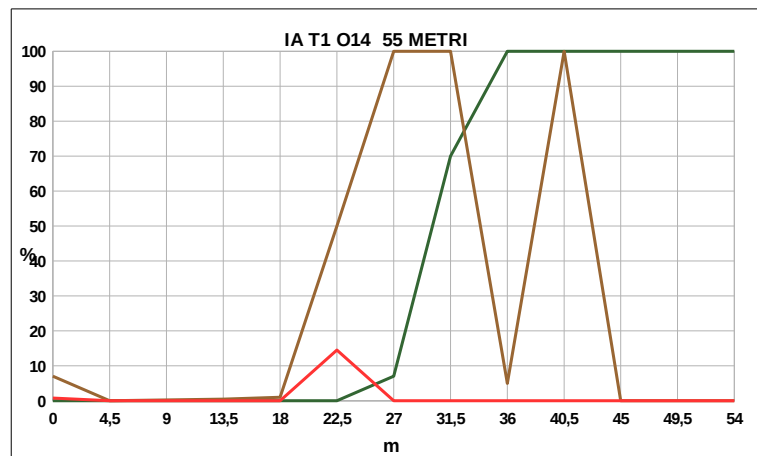
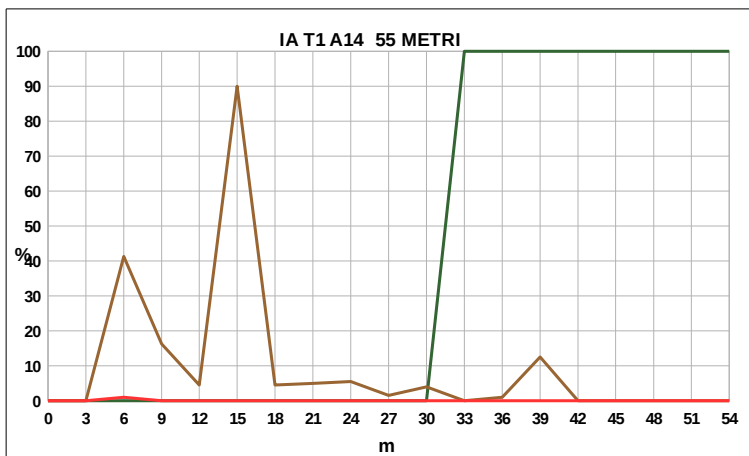


Fig. 4.3.8 - IA T1 transetto 55 metri: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

- Legenda
- Copertura vegetazionale
 - Posidonia oceanica (L.) Delile
 - Rifiuti

Transetto 2 - T2

La lunghezza massima misurata è stata inferiore ai 60 metri, con un passo di rilievo di circa 3,5 metri ad Aprile e di circa 4,5 metri ad Ottobre.

Copertura vegetazionale

Andamento della copertura che si delinea piuttosto costante intorno al 100% a partire dai 20 metri dalla linea di riva fino alla chiusura del transetto, intorno ai 55 metri. E' stata notata, tra i 30 ed i 40 metri circa una parte pressoché scevra corrispondente ad una piccola depressione di avanduna. Tra le specie presenti *Ammophila arenaria* (L.) e *Salsola spp.*, e *Medicago marina* (L.).

Residui *Posidonia oceanica* (L.) Delile

Nel secondo transetto si nota una presenza quasi nulla nel mese di Ottobre, mentre ad Aprile si ha una copertura maggiore, anche se non costante, fino alla chiusura della spiaggia, dove risulta notevolmente più cospicua, con coperture nell'ordine del 100%.

Residui generici

Nessuna segnalazione di rilievo, se si eccettua un piccolo residuo di gomma intorno alla metà della spiaggia nel mese di Aprile.

IA T2 A14				IA T2 O14			
Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)	Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)
0	0	0	0	0	0	0,75	0
3,5	0	0	0	4,5	0	0,25	0
7	0	1,0	0				
10,5	0	0	0	9	0	1,75	0
14	0	0,25	0	13,5	0	0,25	0
17,5	0	0	0				
21	0	1,0	0	22,5	0	0,5	0
24,5	17,5	2,0	0	27	100	6,25	0
28	100	52,5	0,25				
31,5	100	40,0	0	31,5	35,0	0	0
35	7,5	0	0	36	0	0,25	0,25
38,5	12,5	0,5	0				
42	100	20,0	1,0	40,5	100	100	0
45,5	100	12,5	0	45	100	100	0
49	100	0	0	49,5	100	100	0
52,5	100	0	0	54	100	0	0
56	100	67,5	0	-	-	-	-

Tab 4.3.6 – IA T2: percentuali di copertura all'interno dei singoli plot, primavera e autunno 2014

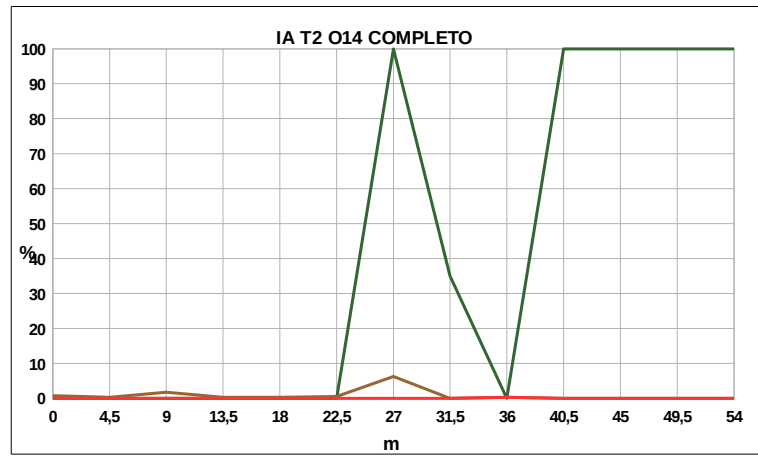
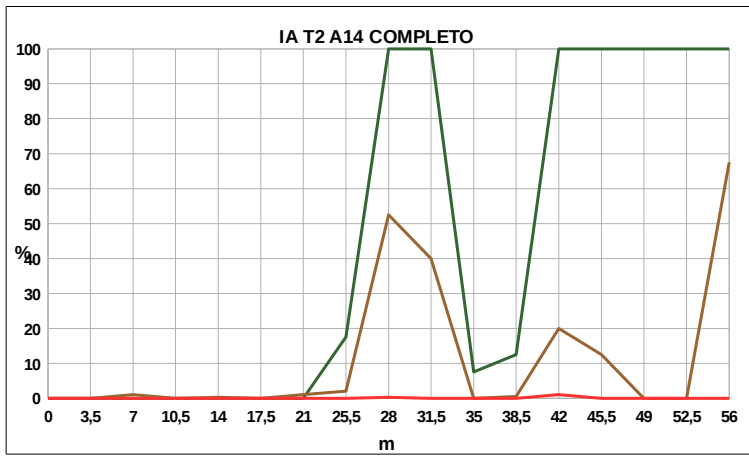


Fig. 4.3.9 - IA T2 transetto completo: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

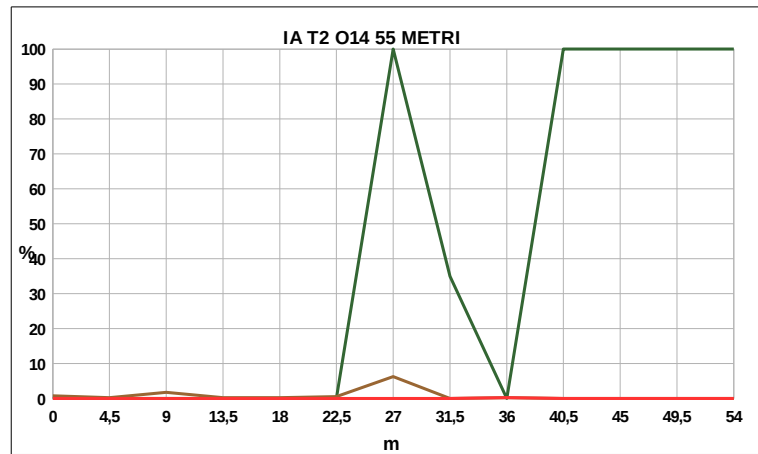
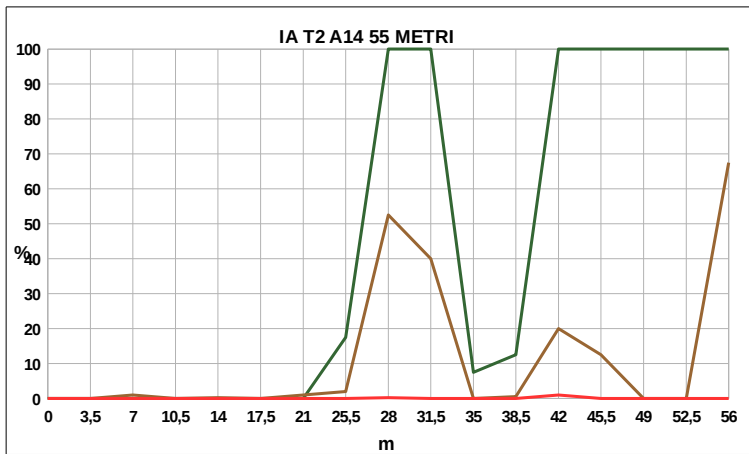


Fig. 4.3.10 - IA T2 transetto 55 metri: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

- Legenda
- Copertura vegetazionale
 - Posidonia oceanica (L.) Delile
 - Rifiuti

Considerazioni generali

L'area di spiaggia di Is Arutas si presenta come molto compatta in senso trasversale, delimitata da un muretto a secco che corre parallelo alla linea di riva, intorno a 60 metri di distanza da essa. Come a Mari Ermi, questo confine fisico limita lo sviluppo del sistema che risulta sostanzialmente privo di uno sviluppo dunale vero e proprio. Di conseguenza, viste anche in questo caso le caratteristiche dei sedimenti, antropiche e meteomarine, la copertura vegetazionale risulta cospicua solo nelle aree limitrofe alla chiusura della spiaggia, con presenza anche di specie più tipiche di ambienti rurali.

I residui della *Posidonia oceanica* (L.) Delile non sono risultati durante i rilievi molto cospicui, anche se la loro presenza è comunque evidente, anche nei pressi della chiusura della spiaggia, segno di una notevole capacità di ingressione del moto ondoso sulla spiaggia emersa.

Anche in questo caso la presenza di residui estranei al sistema di spiaggia si presenta limitata ai resti di *Veleva veleva* L. nel mese di Aprile ed a qualche residuo legnoso.

IA T1								
Copertura vegetazionale 15-55m			Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile 0-55m			Residui generici		
Aprile	Ottobre	Media	Aprile	Ottobre	Media	Aprile	Ottobre	Media
%	%	%	%	%	%	%	%	%
57,1	57,7	57,4	9,8	28,0	18,9	0,1	1,2	0,7
IA T2								
Copertura vegetazionale 15-55m			Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile 0-55m			Residui generici		
Aprile	Ottobre	Media	Aprile	Ottobre	Media	Aprile	Ottobre	Media
%	%	%	%	%	%	%	%	%
56,7	41,1	48,9	11,6	23,9	17,8	0,1	0,0	0,1
IA Totale								
Copertura vegetazionale 15-55m			Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile 0-55m			Residui generici		
%			%			%		
53,2			18,4			0,4		

Tab 4.3.7 – Is Arutas - IA: tabella percentuali di copertura medie e totali

4.3.3 S'Archeddu 'e Sa Canna - SAC

Transetto 1 - T1

Il transetto si estende per circa 65 metri, limitato e chiuso da una strada costiera. Il passo di rilievo è stato di circa 3,5 metri ad Aprile e di circa 4,5 metri ad Ottobre.

Copertura vegetazionale

Nel primo transetto si evince come la copertura della vegetazione si estenda maggiormente oltre i 30 metri circa dalla linea di riva stabilizzandosi sul 100% negli ultimi 5-10 metri del transetto. La vegetazione risulta quindi non omogenea, alternando aree coperte ad altre in cui è praticamente assente. Tra le specie più riconoscibili, l'*Eryngium maritimum* (L.) anche se in modesta quantità.

Residui Posidonia oceanica (L.) Delile

Presenza cospicua di depositi, specie nel mese di Aprile, con banquette di notevoli dimensioni ed individuazione di residui fino alla chiusura del sistema, segno, anche in questo caso, delle notevoli capacità di ingressione del moto ondoso sulla spiaggia emersa.

Residui generici

Sostanziale assenza di residui.

SAC T1 A14				SAC T1 O14			
Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)	Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)
0	0	0	0	0	0	0	0
3,5	0	25,0	0,25	4,5	0	9,25	0
7	0	82,5	0,25				
10,5	0	11,0	0	9	0	73,75	0
14	0	36,5	0	13,5	0	0,25	0
17,5	0	87,5	0	18	0	0,75	0
21	0	1,5	0,25	22,5	0	0,25	0
24,5	0	3,5	1,25	27	0	13,0	0
28	0	0,5	0				
31,5	42,5	57,5	0	31,5	0	4,5	0
35	15	25	0	36	39,25	10,0	0
38,5	20	100	0				
42	25	100	0	40,5	2,5	100	0
45,5	65	100	0	45	20,0	100	0
49	40	100	0	49,5	17,5	100	0
52,5	70	4	0,25	54	77,5	22,5	0
56	65	5	0	58,5	85	15,0	0
59,5	93	7	0				
63	100	0	0	63	17,5	82,5	0
66	100	0	0	-	-	-	-

Tab 4.3.8 – SAC T1: percentuali di copertura all'interno dei singoli plot, primavera e autunno 2014

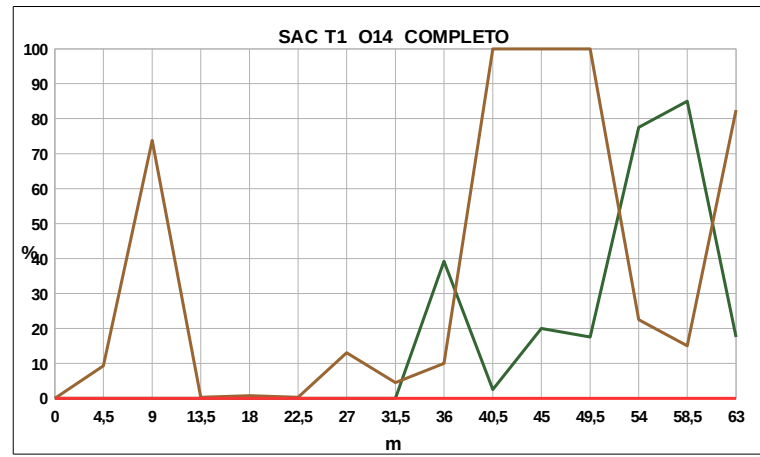
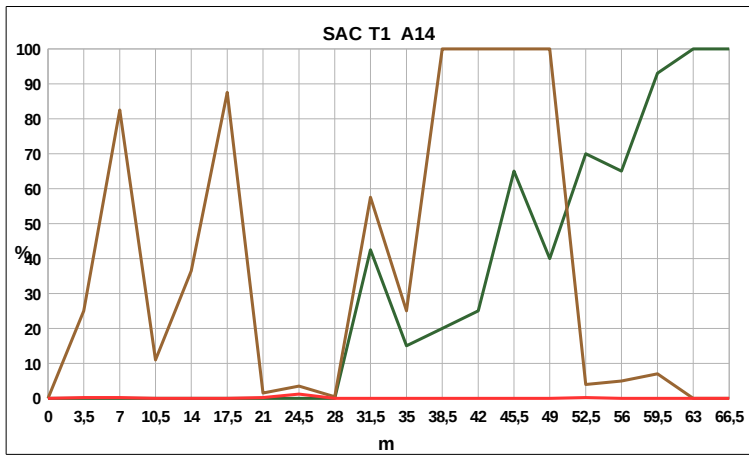


Fig. 4.3.11- SAC T1 transetto completo: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

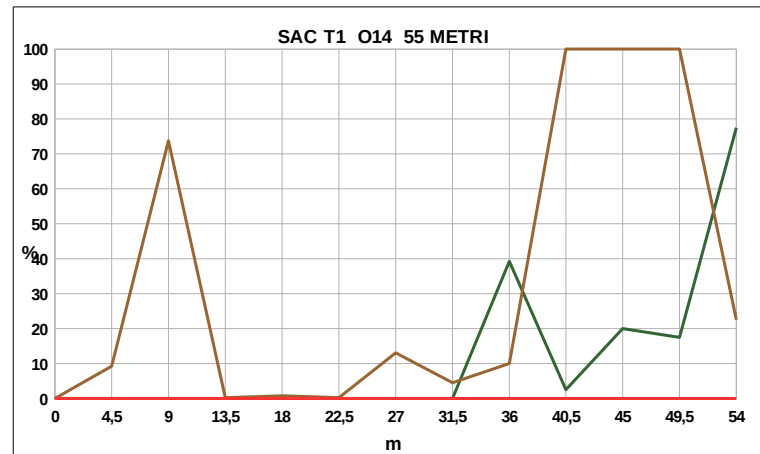
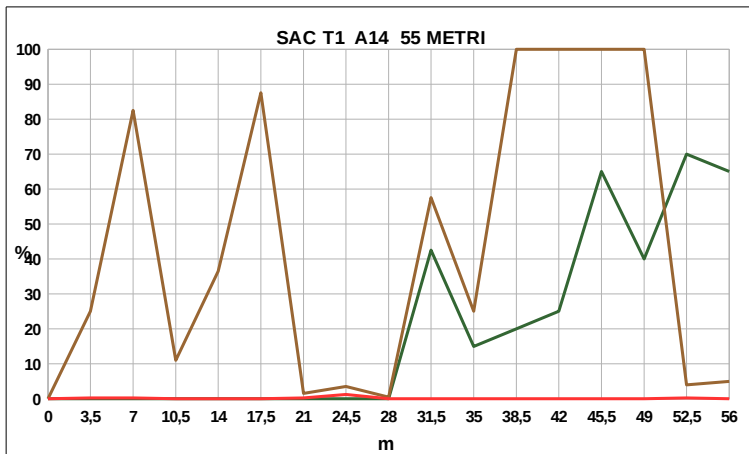


Fig. 4.3.12 - SAC T2 transetto 55 metri: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

- Legenda
- Copertura vegetazionale
 - Posidonia oceanica (L.) Delile
 - Rifiuti

Transetto 2 - T2

Il transetto risulta esteso circa 60 metri e limitato da una strada costiera. Le distanze tra i plot sono di circa 3 metri ad Aprile e di circa 4,5 metri ad Ottobre.

Copertura vegetazionale

Presenza più omogenea oltre i 40 metri. Tra le specie identificate l'*Eryngium maritimum* (L.) ed il *Chritmum maritimum* (L.), presente intorno ai 35 metri con copertura del 100%. Chiusura del transetto e della spiaggia con copertura percentuale maggiore, con presenza di specie caratteristiche di ambienti rurali.

Residui Posidonia oceanica (L.) Delile

Presenza sostanzialmente equivalente in entrambi i rilievi, con una tendenza all'accumulo nei primi metri dalla linea di riva ed una copertura totale verso la fine del transetto nel mese di Ottobre.

Residui generici

Massiccia presenza di residui di *Velella velella* nel mese di Aprile, fino a circa 30 metri e con picco intorno ai 15. Sostanziale assenza di altri residui.

SAC T2 A14				SAC T2 O14			
Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)	Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)
0	0	15	3,5	0	0	23,75	0
3	0	40	0	4,5	0	32	0
6	0	10	0				
9	0	99	0	9	0	1,75	0
12	0	55	0	13,5	0	3	0
15	0	0,5	15				
18	0	0,25	30	18	0	1	0
21	0	5	1	22,5	0	2,25	0
24	0	4,5	5				
27	0	1	0	27	0	1,25	0
30	0	2,5	0	31,5	1	3	0
33	7,5	1,5	1,5				
36	0	3,5	0	36	0	71,25	1,5
39	100	0	0	40,5	87,5	12,5	0
42	0	50	0				
45	28	15	0	45	1	73,75	1
48	2,5	1	0	49,5	4,5	0,75	0
51	3,5	0,5	0				
54	45	10	0	54	100	0	0
57	95	5	0	58,5	100	0	0,5
60	100	40	1,25	-	-	-	

Tab 4.3.9 – SAC T2: percentuali di copertura all'interno dei singoli plot, primavera e autunno 2014

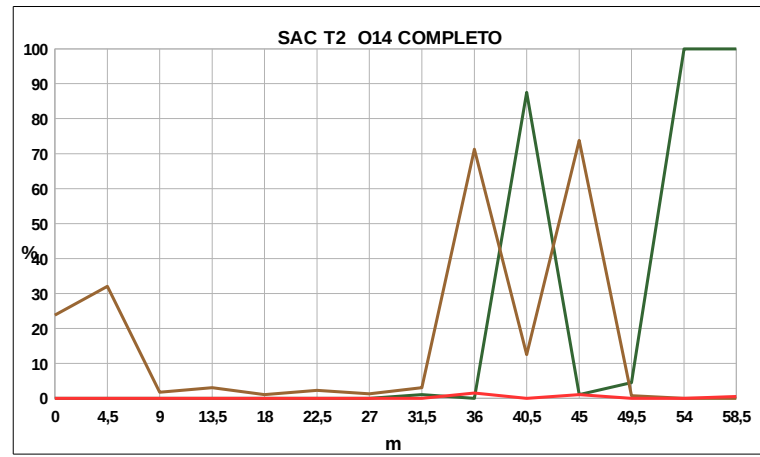
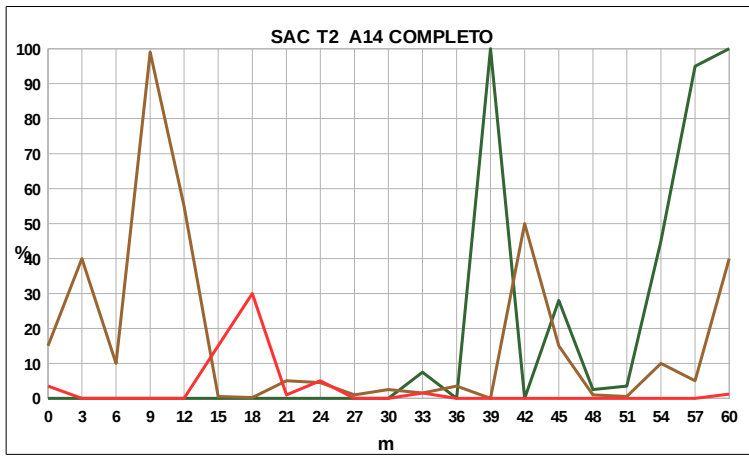


Fig. 4.3.13- SAC T2 transetto completo: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

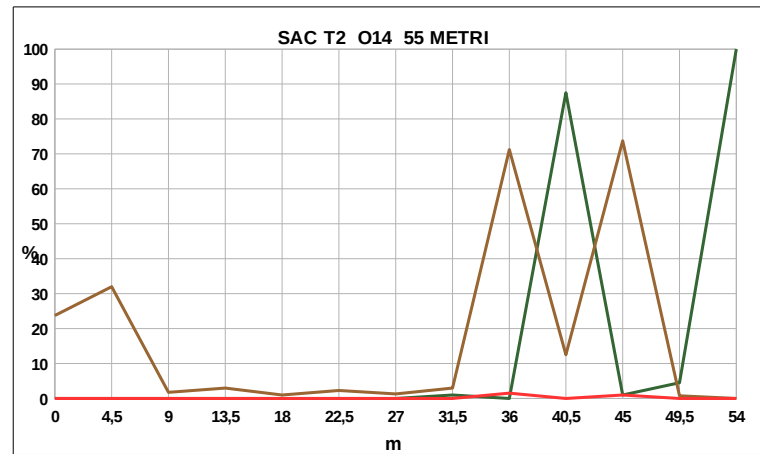
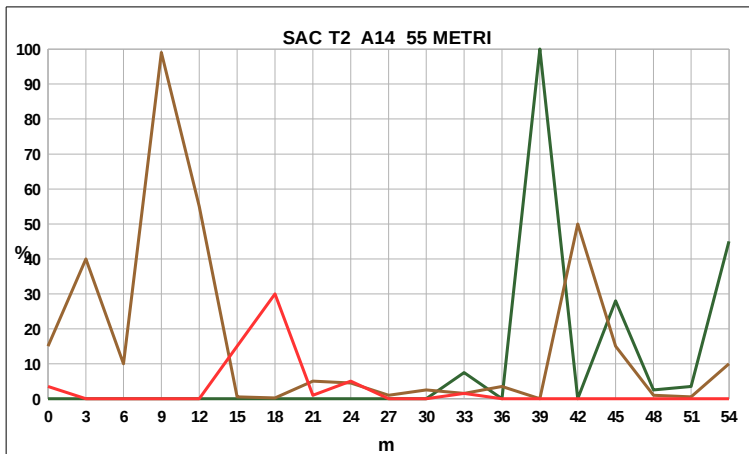


Fig. 4.3.14 – SAC T2 transetto completo: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

- Legenda
- Copertura vegetazionale
 - Posidonia oceanica (L.) Delile
 - Rifiuti

Considerazioni generali

L'arenile si presenta visivamente molto simile a quello di Is Arutas, ma si notano percentuali medie di copertura inferiori per quanto riguarda la vegetazione e superiori per quanto riguarda i residui della *Posidonia oceanica* (L.) Delile. La vegetazione si presenta distribuita a macchia di leopardo con limitata omogeneità trasversale ed un graduale aumento verso la chiusura dell'arenile, in un'area che può essere definita come di retroduna. Anche in questo caso la presenza dei residui della *Posidonia oceanica* (L.) Delile a grandi distanze sottolinea come gli eventi meteomarinari stagionali possano influenzare sia la conformazione morfologica che la stessa copertura vegetazionale. La presenza di residui estranei al sistema di spiaggia si limita per la maggior parte agli anche qui presenti resti dello cnidare planctonico *Velella velella* L. nel mese di Aprile.

SAC T1								
Copertura vegetazionale 15-55m			Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile 0-55m			Residui generici		
Aprile	Ottobre	Media	Aprile	Ottobre	Media	Aprile	Ottobre	Media
%	%	%	%	%	%	%	%	%
26,4	15,7	21,0	43,5	33,4	38,5	0,1	0,0	0,1
SAC T2								
Copertura vegetazionale 15-55m			Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile 0-55m			Residui generici		
Aprile	Ottobre	Media	Aprile	Ottobre	Media	Aprile	Ottobre	Media
%	%	%	%	%	%	%	%	%
13,3	19,4	16,4	16,5	17,4	17,0	2,9	0,3	1,6
SAC Totale								
Copertura vegetazionale 15-55m			Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile 0-55m			Residui generici		
%			%			%		
18,7			27,8			0,9		

Tab 4.3.10 – S'archeddu 'e Sa Canna - SAC: tabella percentuali di copertura medie e totali

4.3.4 Maimoni - MM

Transetto 1 - T1

Transetto esteso circa 80 metri, limitato da una strada costiera, rilevato per intero con passo di circa 3,5 metri ad Aprile e fino a circa 55 metri con passo di circa 4,5 metri ad Ottobre.

Copertura vegetazionale

Per quanto riguarda la copertura vegetazionale i dati evidenziano una presenza pressoché uniforme, pari al 100%, a partire dai 40-45 metri fino alla chiusura del transetto a circa 80 metri, se si esclude una zona scevra rilevata ad Aprile intorno ai 60 metri. Questa vasta area risulta coperta prevalentemente da *Atriplex portulacoides* L., specie molto presente nelle zone attorno agli specchi d'acqua salmastri della Penisola del Sinis, ed infatti corrispondente all'area degli stagni retrodunali di Maimoni. La vegetazione più avanzata è diffusa a partire dai 25-30 metri e, tra le specie più diffuse vede la presenza dell'*Otanthus maritimus* (L.) Hoffmann & Link, pianta pioniera tipica degli ambienti dunali, e delle già citate *Eryngium maritimum* (L.) e *Mathiola tricuspidata* (L.) R. Br.

Residui Posidonia oceanica (L.) Delile

I depositi sono presenti maggiormente nel rilievo di Ottobre, pur raggiungendo il picco nello stesso intervallo, intorno ai 20 metri dalla linea di riva.; presenza molto limitata oltre i 30 metri, segno di una certa difficoltà di ingressione del moto ondoso, dovuta probabilmente alla morfologia piuttosto acclive di questo tratto di spiaggia.

Residui generici

Presenza di notevoli quantità di *Veleva veleva* L. nei primi metri dalla linea di riva. Nessun altro residuo rilevato.

<i>MM T1 A14</i>				<i>MM T1 O14</i>			
Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)	Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)
0	0	0	0	0	0	0	0
3,5	0	45	15	4,5	0	7,5	0
7	0	10	30				
10,5	0	19	0	9	0	3,75	0
14	0	20	0	13,5 18	0,25 1	21,25 99	0 0
17,5	0	0,5	0				
21	2,0	65,5	2,25	22,5	0	25	0,25
24,5	0	9	0	27	15	10,25	0
28	93	4	0				
31,5	30	7,5	0	31,5	79	2	0
35	24,5	7,5	6,25	36	100	0	0
38,5	100	0	0				
42	100	0	0	40,5	100	0	0
45,5	100	0	0	45 49,5	100 100	0 0	0 0
49	100	0	0				
52,5	92	0	0	54	100	0	0
56	100	0	0	-	-	-	-
59,5	5	0	0	-	-	-	-
63	100	0	0	-	-	-	-
66,5	100	0	0	-	-	-	-
70	100	0	0	-	-	-	-
73,5	100	0	0	-	-	-	-
77	100	0	0	-	-	-	-

Tab 4.3.11 – MM T1: percentuali di copertura all'interno dei singoli plot, primavera e autunno

2014

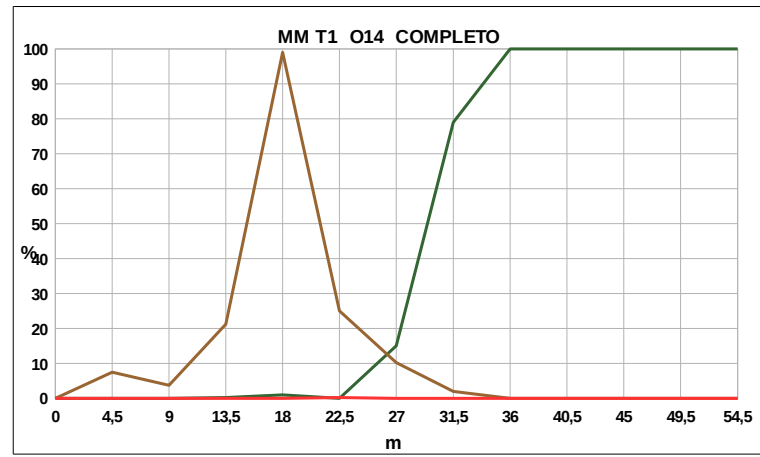
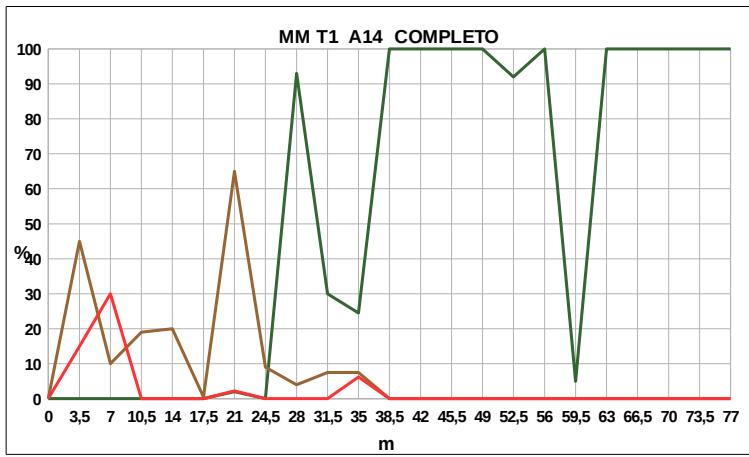


Fig. 4.3.15 - MM T1 transetto completo: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

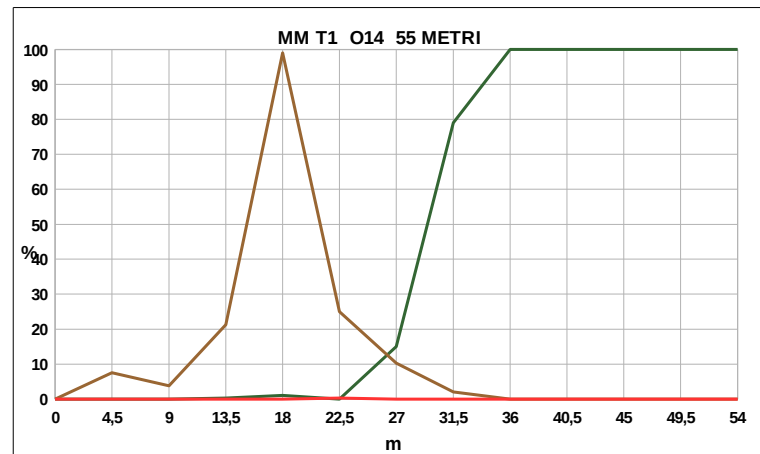
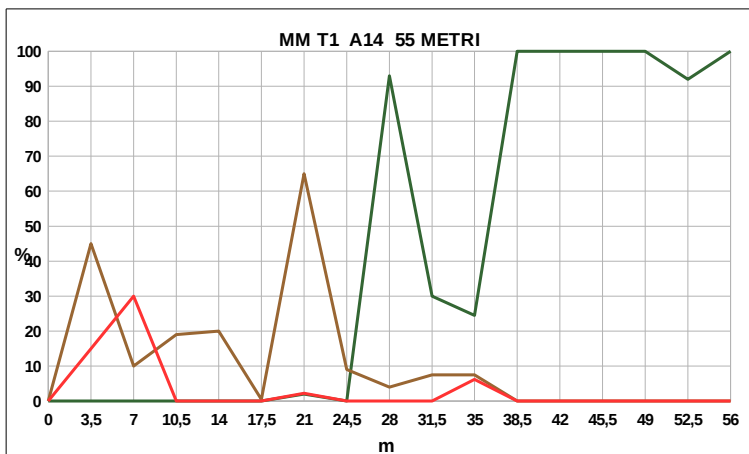


Fig. 4.3.16 - MM T1 transetto completo: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

- Legenda
- Copertura vegetazionale
 - Posidonia oceanica (L.) Delile
 - Rifiuti

Transetto 2 - T2

Il transetto è stato rilevato per tutta la sua lunghezza nel mese di Aprile, procedendo con una distanza tra plot di circa 6 metri, mentre nel mese di Ottobre si è chiuso a circa 95 metri dalla linea di riva, con un passo di 4,5 metri.

Copertura vegetazionale

L'ampia estensione di questo tratto di spiaggia (larghezza di oltre 130 metri) ed i notevoli fenomeni meteomarini che occorrono sull'intero arenile, spiegano la prima comparsa della vegetazione a rilevante distanza dalla linea di riva, tra i 35 ed i 40 metri circa. Tra le specie presenti in questa prima parte, tra l'avanduna e la duna, si possono distinguere l'*Ammophila arenaria* (L.), l'*Otanthus maritimus* (L.) Hoffmann & Link e la *Mathiola tricuspidata* (L.) R. Br. La copertura si sviluppa maggiormente tra i 70-75 metri e gli 85-90 metri stabilizzandosi su picchi del 100% e con, anche in questo caso, specie prevalente la *Atriplex portulacoides* L. affiancata dalla *Salicornia europaea* L., anch'essa tipica degli ambienti lacustri salmastri e da *Pistacia lentiscus* L. frammisto al quale è stato anche individuato *Galium schmidii* Arrigoni.

Ai limiti dell'area di retostagno, lungo la quale predomina questa specie, si possono distinguere specie più tipiche di aree rocciose o di campagna, come ad esempio il *Convulvulus althaeoides* L.

Residui Posidonia oceanica (L.) Delile

Notevoli quantità di depositi, con presenza rilevata fino ai 70 metri dalla linea di riva e maggiori quantità nell'intervallo tra i 30 ed i 60 metri. Presenza sia di depositi freschi (specie nel mese di Ottobre) che di *banquette*.

Residui generici

Qualche resto di *Velella velella* L. nei pressi della linea di riva nel mese di Ottobre, oltre ad un piccolo residuo plastico intorno ai 50 metri. Nel mese di Ottobre è stato invece rilevato un piccolo residuo legnoso intorno agli 80 metri dalla linea di riva.

MM T2 A14				MM T2 O14			
Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)	Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)
0	0	0	1	0	0	0	0
6	0	10	0	4,5	0	0,75	0
12	0	2,5	0	9	0	0	0
				13,5	0	0,5	0
18	0	2,5	0	18	0	0,75	0
24	0	21,75	0	22,5	0	2,25	0,25
30	0	0,5	1,5	27	0,25	3,75	0
				31,5	0	23,5	0
36	0	92	0	36	4	16,25	0
42	9,75	25	0	40,5	17,5	100	0
48	42	20	0	45	13,75	100	0
				49,5	26,25	73,75	0
54	25	25	5,5	54	5	87,5	0
60	50	80		58,5	90	10	0
66	100	0	0	63	5,75	0	0
				67,5	100	0	0
72	19	3	0	72	100	0	0
78	100	0	0	76,5	90	0	0
				81	0	0	1,5
84	100	0	0	85,5	100	0	0
				90	99	0	0
90	100	0	0	90	99	0	0
96	100	0	0	94,5	100	0	0
102	100	0	0	99	-	-	-
				103,5	-	-	-
108	65	0	0	108	-	-	-
114	100	0	0	112,5	-	-	-
				117	-	-	-
120	100	0	0	121,5	-	-	-
				126	-	-	-
126	100	0	0	126	-	-	-
132	100	0	0	130,5	-	-	-

Tab 4.3.12 – MMT2: percentuali di copertura all'interno dei singoli plot, primavera e autunno 2014

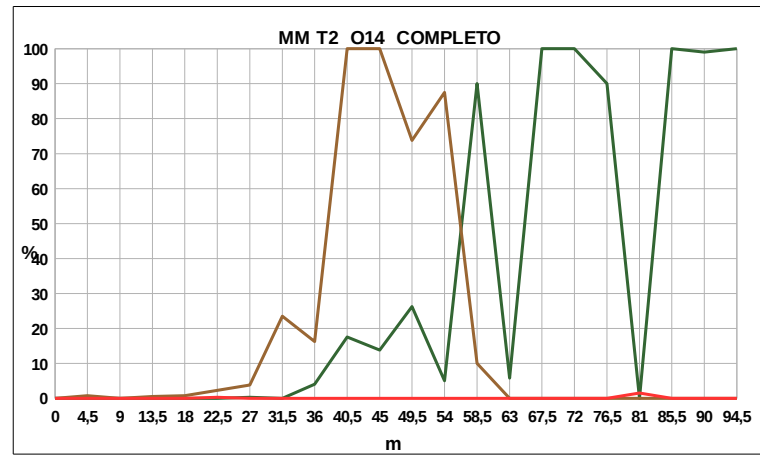
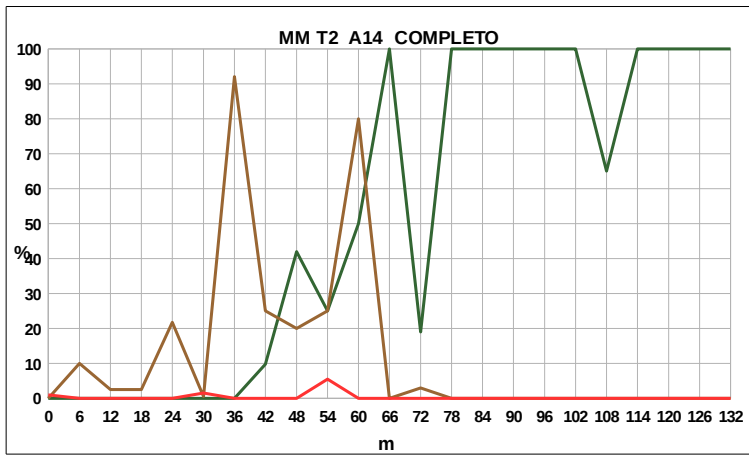


Fig. 4.3.17- MM T2 transetto completo: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

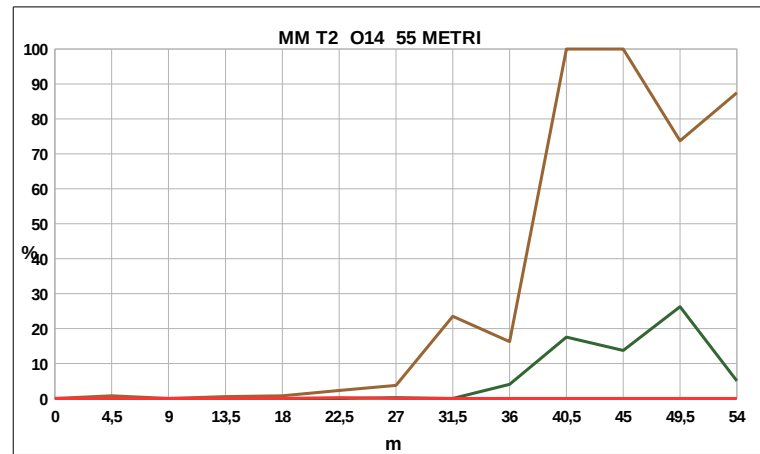
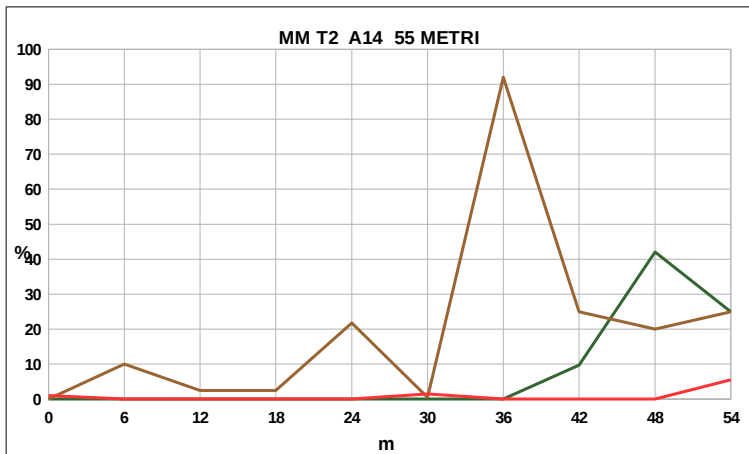


Fig. 4.3.18 – MM T2 transetto completo: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

- Legenda
- Copertura vegetazionale
 - Posidonia oceanica (L.) Delile
 - Rifiuti

Transetto 3 - T3

Transetto esteso oltre 130 metri, i cui rilievi sono stati eseguiti ad Aprile per tutta la sua lunghezza, seguendo un passo di circa 6,5 metri mentre fino circa a 100 metri dalla linea di riva ad Ottobre, con un passo di circa 4,5 metri.

Copertura vegetazionale

Viene confermato in questo transetto, uno sviluppo della vegetazione piuttosto distante dalla lineadi battigia, con i primi rilievi intorno ai 30 metri ma un aumento dell'abbondanza (pur se non costante trasversalmente al transetto) a partire dai 50 metri circa. Si ritrovano le specie più comuni in questi ambienti, come l'*Otanthus maritimus* (L.) Hoffmann & Link, l'*Eryngium maritimum* L., spesso in associazione con il *Pancaratium maritimum* L. e l'*Ammophila arenaria* L. Nelle depressioni retrodunali, oltre alla sempre presente *Atriplex portulacoides* L., si nota un'ampia presenza della *Salicornia europaea* L., specie anch'essa tipica degli ambienti limitrofi agli stagni salmastri. Presente a tratti anche il *Lagurus ovatus* L. più tipico di terreni incolti e bordi delle strade.

Residui Posidonia oceanica (L.) Delile

Presenza più limitata ad Aprile, soprattutto sotto forma di residui secchi a partire dai 30 metri e picco massimo (circa il 40% di copertura) intorno ai 60 metri dalla linea di riva. Presenza di residui freschi lungo la linea di riva nel mese di Ottobre. Da evidenziare la presenza fino a quasi 100 metri dalla linea di riva, segno della notevole capacità di ingressione del mare in questa parte di Maimoni.

Residui generici

Nessun dato di rilievo da segnalare. Presenza dei residui di *Veleva veleva* nel mese di Aprile.

<i>MM T3 A14</i>				<i>MM T3 O14</i>			
Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)	Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)
0	0	0	0	0	0	0	0
6,5	0	2	25	4,5	0	21,25	0
				9	0	1,25	0
13	0	1,5	0	13,5	0	7,5	0
19,5	0	0	0	18	0	0,25	0
				22,5	0	100	1,5
26	0	1	6	27	0	2,5	0
32,5	0	0,5	0,5	31,5	0	0,75	0
				36	1	16,25	0
39	25	10	0	40,5	0	61,25	0
45,5	10	2,5	0	45	32	60,5	0
52	90	10	0	49,5	12,5	5	0
				54	3	100	0
58,5	70	30	0	58,5	18,75	0	0
65	55	45	0	63	100	3	0
				67,5	100	0	0
71,5	75	15	0	72	92,25	0	0,25
78	100	0	0	76,5	100	0	0
				81	93,25	5,5	1,5
84,5	100	0	0	85,5	100	0	0
91	95	5	0	90	86	1	0,5
97,5	90	0	0,25	94,5	67	0	0,5
				99	98,75	0	0,25
104	50	0	0	103,5	100	0	0
110,5	97,5	0	0	108	-	-	-
				112,5	-	-	-
117	100	0	0	117	-	-	-
123,5	100	0	0	121,5	-	-	-
				125	-	-	-
130	65	0	0	129,5	-	-	-
136,5	100	0	0	134	-	-	-
				138,5	-	-	-

Tab 4.3.13 – MMT3: percentuali di copertura all'interno dei singoli plot, primavera e autunno 2014

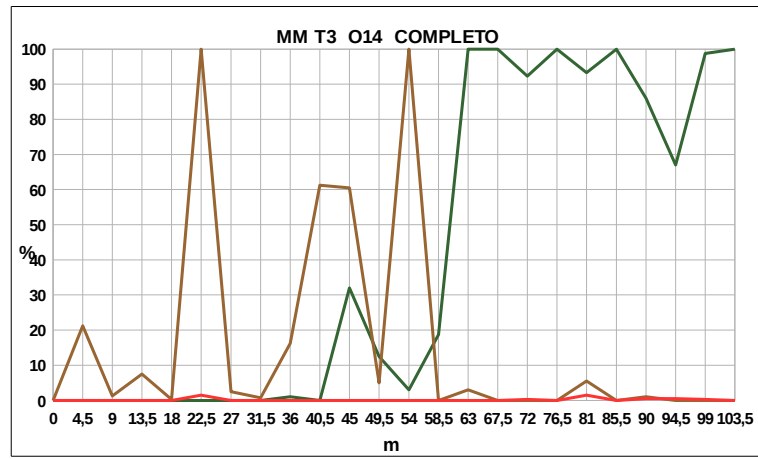
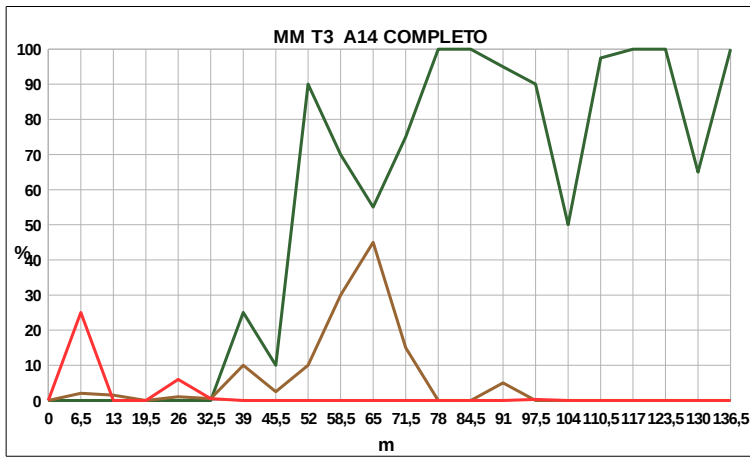


Fig. 4.3.19 - MM T3 transetto completo: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

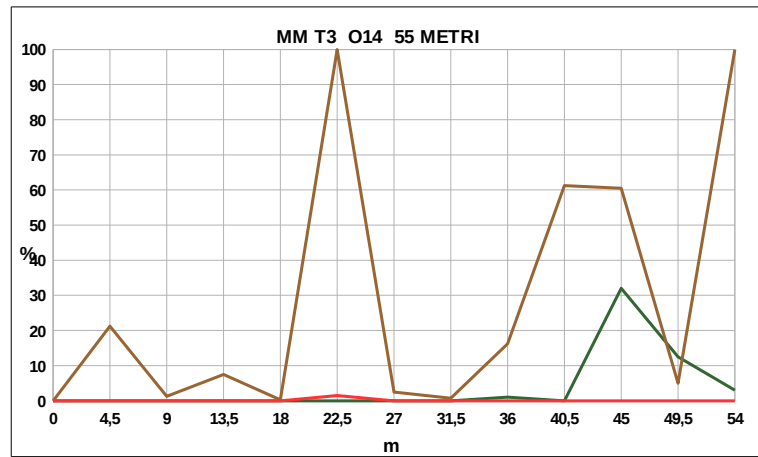
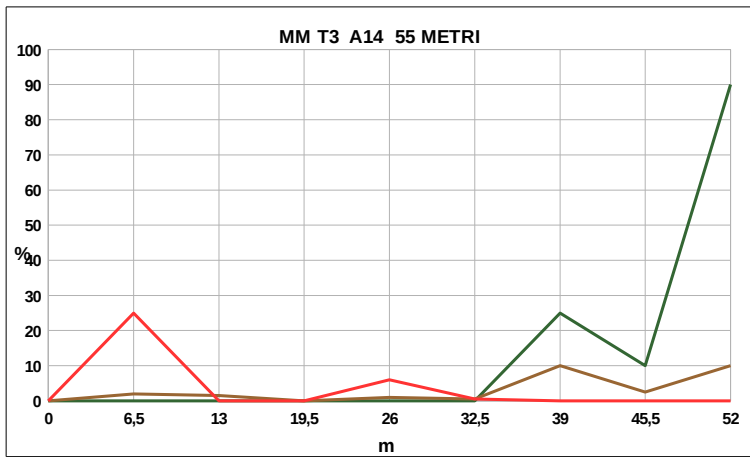


Fig. 4.3.20 - MM T3 transetto completo: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

- Legenda
- Copertura vegetazionale
 - Posidonia oceanica (L.) Delile
 - Rifiuti

Transetto 4 - T4

In questa parte di Maimoni il sistema di spiaggia si estende per circa 500 metri dalla linea di riva, espandendosi in un campo dunale piuttosto ampio. Si è quindi chiuso il transetto a distanze più brevi, corrispondenti a circa 130 metri nel mese di Aprile (con passo di circa 6,5 metri) ed a circa 105 metri nel mese di Ottobre (con passo di circa 4,5 metri).

Copertura vegetazionale

Lungo il quarto transetto la copertura vegetazionale si sviluppa nella prima parte del sistema di spiaggia a partire dai 30 metri circa abbastanza uniformemente, pur senza raggiungere picchi di copertura elevati. In questa parte iniziale dell'arenile tra le specie presenti si possono evidenziare *Otanthus maritimus* (L.) Hoffmann & Link, *Eryngium maritimum* L., spesso con *Ammophila arenaria* L., *Pancratium maritimum* L. e *Calystegia soldanella* (L.) Roem & Schult. Da notare inanche la presenza di *Plantago serraria* L., pianta erbacea perenne come detto molto presente lungo la costa della Penisola del Sinis.

Procedendo verso l'interno ad una distanza superiore ai 50 metri si notano specie arbustive più voluminose che tendono ad attuare una copertura prossima al 100%. Tra le specie presenti *Pistacia lentiscus* L., *Rosmarinus officinalis* L. e *Chaeromops humilis* L., la cosiddetta Palma nana. Frammisto a queste spunta saltuariamente anche il piccolo arbusto *Cistus incanus* L.

Residui Posidonia oceanica (L.) Delile

I resti della fanerogama marina si mostrano più abbondanti nel mese di Ottobre, dove la copertura risulta ampiamente superiore al 50% fino a circa 60 metri dalla linea di riva, punto di chiusura massimo di questo transetto. Il maggiore sviluppo del sistema dunale si crede possa in parte limitare l'ingressione di questi residui rispetto ai transetti precedenti.

Residui generici

Nel mese di Aprile si nota una massiccia presenza di *Veella veella* nei pressi della linea di riva, seguita poi da numerosi residui di diverse dimensioni che vanno da legnosi a plastici, la cui presenza è probabilmente dovuta agli effetti delle mareggiate che spesso si abbattono lungo la costa della Penisola del Sinis.

<i>MM T4 A14</i>				<i>MM T4 O14</i>			
Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)	Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)
0	0	0	0	0	0	0	0
6,5	0	90	0	4,5	0	0	0,75
				9	0	13,5	0
13	0	0,5	0	13,5	0	21,25	0
19,5	0	5	50	18	0	100	0
				22,5	0	100	0
26	0	0	90	27	0	2	0
32,5	45	0	3,5	31,5	0	25	0,5
				36	6	75,25	0
39	80	10	0	40,5	20	80	0
45,5	33,75	2	0	45	28,75	71,25	0
52	22,5	100	0	49,5	55	28,75	0
				54	1,25	0,25	0
58,5	100	0	0	58,5	74,5	2,5	1,25
65	15	0	0	63	68,75	11,25	0
				67,5	93	0	0
71,5	60	0	0	72	48,75	0	0
78	23	0	0	76,5	85,25	0	0
				81	9	0	0
84,5	92	0	0	85,5	16,25	0	0
91	100	0	0	90	88,75	0	0
97,5	100	0	0	94,5	100	0	0
				99	10	0	0
104	65	0	0	103,5	17,5	0	0
110,5	100	0	0	108	-	-	-
				112,5	-	-	-
117	55	0	0	117	-	-	-
123,5	100	0	0	121,5	-	-	-
				125	-	-	-
130	100	0	0	129,5	-	-	-

Tab 4.3.14 – MM T4: percentuali di copertura all'interno dei singoli plot, primavera e autunno

2014

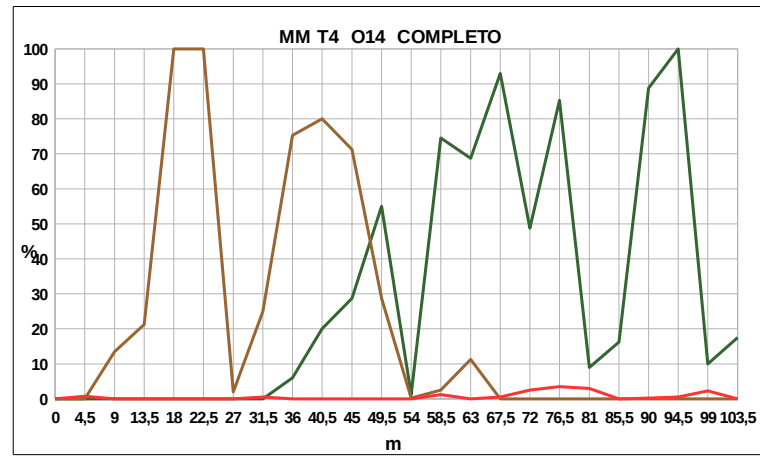
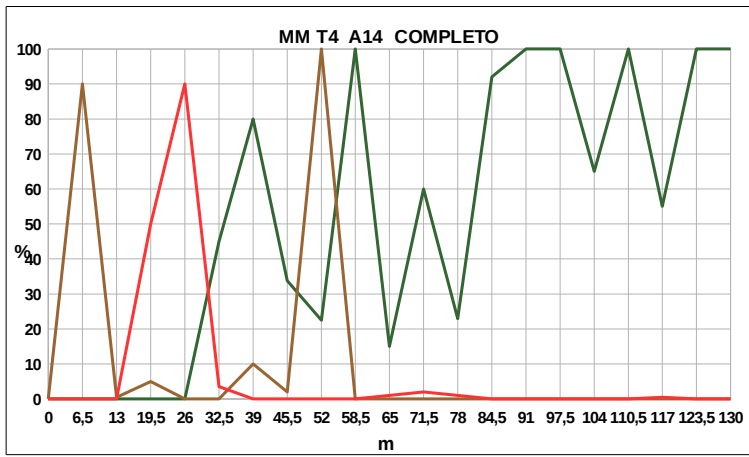


Fig. 4.3.21- MM T4 transetto completo: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

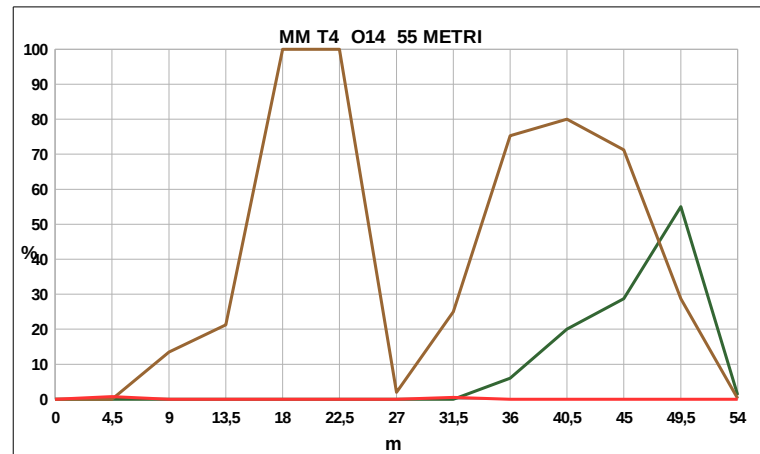
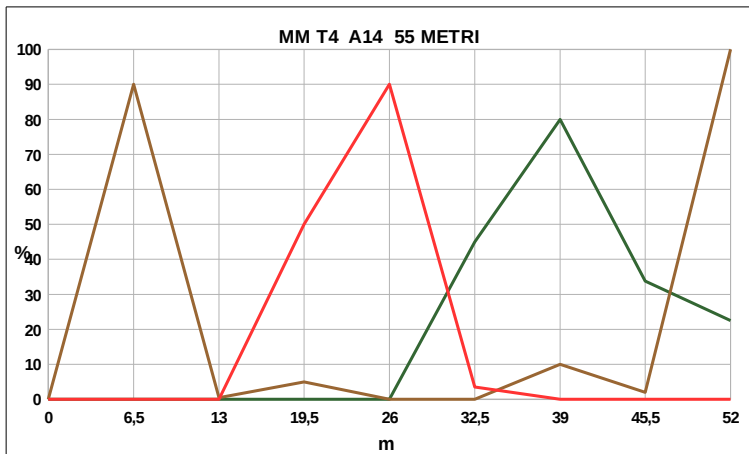


Fig. 4.3.22 – MM T4 transetto completo: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

- Legenda
- Copertura vegetazionale
 - Posidonia oceanica (L.) Delile
 - Rifiuti

Considerazioni generali

L'area di spiaggia di Maimoni si presenta come una delle più ampie tra quelle trattate. L'aspetto visivo è quindi quello di un sistema di spiaggia pressoché completo, con un sistema dunale che si sviluppa maggiormente nella parte meridionale e stagni retrodunali temporanei in quella centro-settentrionale. Come detto nell'esame dei singoli transetti, la notevole estensione trasversale, unita alla capacità di ingressione dell'acqua durante i fenomeni meteomarinari più intensi, non permettono uno sviluppo vegetazionale evidente fino ad almeno 30 metri dalla linea di riva. Questo fatto tende quindi a diminuire il valore medio della copertura vegetazionale totale, che risulta quindi allineato a quello rilevato nelle precedenti spiagge. Anche i depositi della *Posidonia oceanica* (L.) Delile risentono di queste dinamiche mostrandosi limitati alle zone prospicienti alla linea di riva nel primo transetto (T1) e più estesi verso la parte interna della spiaggia negli altri. E' interessante notare come nel terzo transetto (T3) ad una bassa copertura percentuale (ad ottobre la più bassa in assoluto col 6,7%) della vegetazione corrisponda anche la massima distanza a cui sono stati trovati i residui di questa fanerogama marina. Anche a Maimoni i residui generici si limitano ai resti di *Velella Velella* L. nel mese di Aprile e risultano pressoché nulli in quello di Ottobre.

<i>MM T1</i>								
<i>Copertura vegetazionale 15-55m</i>			<i>Residui Posidonia oceanica (L.) Delile 0-55m</i>			<i>Residui generici 0-55m</i>		
<i>Aprile</i>	<i>Ottobre</i>	<i>Media</i>	<i>Aprile</i>	<i>Ottobre</i>	<i>Media</i>	<i>Aprile</i>	<i>Ottobre</i>	<i>Media</i>
%	%	%	%	%	%	%	%	%
57,0	59,5	58,3	11,1	13,0	12,1	3,2	0	1,6
<i>MM T2</i>								
<i>Copertura vegetazionale 15-55m</i>			<i>Residui Posidonia oceanica (L.) Delile 0-55m</i>			<i>Residui generici 0-55m</i>		
<i>Aprile</i>	<i>Ottobre</i>	<i>Media</i>	<i>Aprile</i>	<i>Ottobre</i>	<i>Media</i>	<i>Aprile</i>	<i>Ottobre</i>	<i>Media</i>
%	%	%	%	%	%	%	%	%
10,3	6,7	8,5	19,5	31,5	25,5	0,8	0	0,4
<i>Maimoni T3</i>								
<i>Copertura vegetazionale 15-55m</i>			<i>Residui Posidonia oceanica (L.) Delile 0-55m</i>			<i>Residui generici 0-55m</i>		
<i>Aprile</i>	<i>Ottobre</i>	<i>Media</i>	<i>Aprile</i>	<i>Ottobre</i>	<i>Media</i>	<i>Aprile</i>	<i>Ottobre</i>	<i>Media</i>
%	%	%	%	%	%	%	%	%
17,9	4,9	11,4	3,1	29,0	16,1	3,5	0,1	1,8
<i>MM T4</i>								
<i>Copertura vegetazionale 15-55m</i>			<i>Residui Posidonia oceanica (L.) Delile 0-55m</i>			<i>Residui generici 0-55m</i>		
<i>Aprile</i>	<i>Ottobre</i>	<i>Media</i>	<i>Aprile</i>	<i>Ottobre</i>	<i>Media</i>	<i>Aprile</i>	<i>Ottobre</i>	<i>Media</i>
%	%	%	%	%	%	%	%	%
25,9	11,1	18,5	23,1	39,8	31,5	15,9	0,1	7,9
<i>MM Totale</i>								
<i>Copertura vegetazionale 15-55m</i>			<i>Residui Posidonia oceanica (L.) Delile L. 0-55m</i>			<i>Residui generici 0-55m</i>		
%			%			%		
24,2			21,3			2,9		

Tab 4.3.15 – Maimoni - MM: tabella percentuali di copertura medie e totali

4.3.5 Funtana Meiga - FM

Transetto 1 - T1

Il transetto è stato misurato per oltre 65 metri (con passo di rilievo di 3 metri circa) nel mese di Aprile, mentre in quello di Ottobre è stato chiuso al limite di una strada costiera, intorno ai 55 metri (con passo di circa 2,25 metri).

Copertura vegetazionale

Nonostante la presenza di parti di falesia, quale naturale prosecuzione degli ambienti di scogliera della parte nord di Funtana Meiga, è comunque importante la presenza delle tipiche specie di spiaggia, con una distribuzione prevalente nell'intervallo tra i 20 ed i 50 metri circa. Sono distinguibili soprattutto *Eryngium maritimum* L. e *Pancreatium maritimum* L., mentre nella prima parte della duna mista a roccia si può distinguere *Thymelaea hirsuta* (L.) Endl. e *Salsola* spp., oltre ad una foltissima presenza di *Plantago serraria* L.

Da segnalare la diffusa presenza di due specie alloctone, l'*Agave* spp. ed il *Carpobrotus* spp., originari rispettivamente del Centro America e del Sudafrica, molto diffuse come piante ornamentali, specie all'epoca della presenza dei casotti nell'area di spiaggia.

Residui Posidonia oceanica (L.) Delile

Presenti in modesta quantità, lievemente maggiore nel mese di Ottobre.

Residui generici

Presenza anche in quest'area di spiaggia dei residui di *Veleva veleva* L. nel mese di Aprile.

<i>FM T1 A14</i>				<i>FM T1 O14</i>			
Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)	Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)
0	0	0	0	0 (2,25)	0 0	0 0,25	0 0
3	0	0,5	0	4,5 (6,75)	0 0	1,75 1,5	0 0
6	0	1,25	20,0				
9	0	0,25	9,5	9 (11,25)	0 0	0,5 0	0 0
12	0	1	0,5	13,5 (15,75)	0 0	0 0	0 0
15	0	1	0,75				
18	0	0	0	18 (20,25)	0 0	0,5 2,25	0,25 0,25
21	3	1,25	0,25	22,5 (25,75)	0 0	0 0,5	0 0
24	2	1	1,25				
27	37,5	0	0	27 (29,25)	42,5 59,0	0 0	0 0
30	81,25	0	0	31,5 (33,75)	97,5 0	0 0	0 1
33	60	0	0				
36	100	0	0	36 (38,25)	2 6,25	0 0	0 0,25
39	77,5	0	0	40,5 (42,75)	75 100	0 0	2,5 0
42	95	0	0				
45	55	0	0	45 (47,25)	96,25 100	0 0	0 0
48	0	0	0,25	49,5 (52,75)	100 100	0 0	0 0
51	6,25	0	0,25				
54	80	0	0	54	22,5	0	0
57	95,5	0	0	-	-	-	-
60	100	0	0	-	-	-	-
63	100	0	0	-	-	-	-
66	100	0	0	-	-	-	-
69	0	0	1,5	-	-	-	-

Tab 4.3.16 – FM T1: percentuali di copertura all'interno dei singoli plot, primavera e autunno

2014

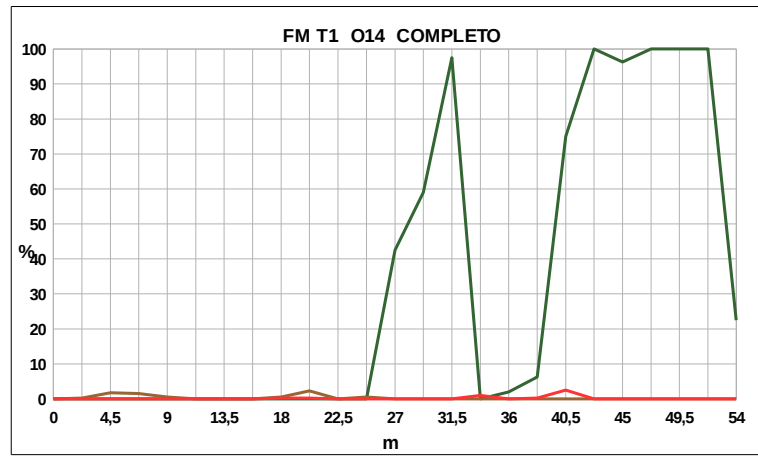
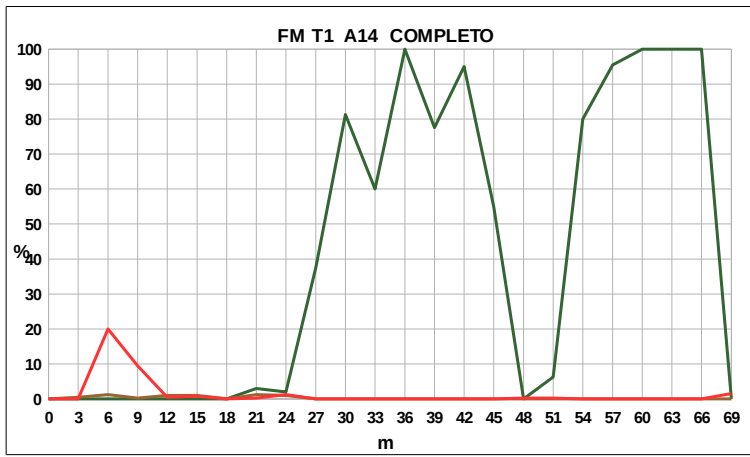


Fig. 4.3.23 - FM T1 transetto completo: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

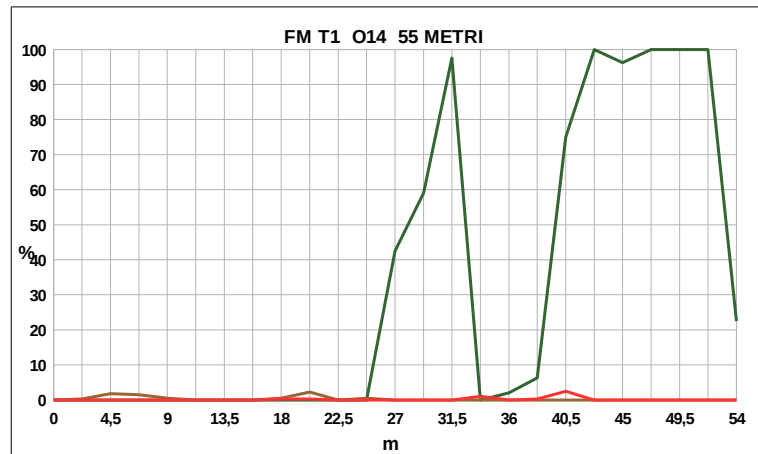
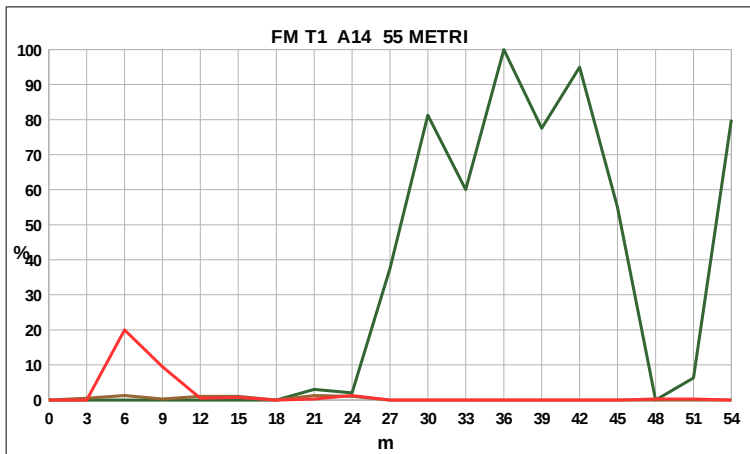


Fig. 4.3.24 - FM T1 transetto 55 metri: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

- Legenda
- Copertura vegetazionale
 - Posidonia oceanica (L.) Delile
 - Rifiuti

Considerazioni generali

Nell'ottica di questi rilievi si evidenzia la presenza delle due specie alloctone *Agave spp.* E *Carpobrotus spp.*, probabilmente inserite negli anni '70 come piante ornamentali; queste piante rendono testimonianza dei passati impatti antropici verificatisi lungo questo arenile i cui aspetti più evidenti (la presenza di edifici) sono ormai quasi completamente scomparsi.

Molto scarsa la presenza dei residui di *Posidonia oceanica* (L.) Delile, come anche quella di residui generici estranei al sistema di spiaggia

<i>FM T1</i>								
<i>Copertura vegetazionale 15-55m</i>			<i>Residui Posidonia oceanica (L.) Delile 0-55m</i>			<i>Residui generici</i>		
<i>Aprile</i>	<i>Ottobre</i>	<i>Media</i>	<i>Aprile</i>	<i>Ottobre</i>	<i>Media</i>	<i>Aprile</i>	<i>Ottobre</i>	<i>Media</i>
%	%	%	%	%	%	%	%	%
42,7	42,2	42,5	0,3	0,3	0,3	1,7	0,1	0,9
<i>FM Totale</i>								
<i>Copertura vegetazionale 15-55m</i>			<i>Residui Posidonia oceanica (L.) Delile 0-55m</i>			<i>Residui generici</i>		
%			%			%		
42,5			0,3			0,0		

Tab 4.3.17 – Funtana Meiga - FM: tabella percentuali di copertura medie e totali

4.3.6 San Giovanni di Sinis - SG

Transetto 1 - T1

Si è scelto di rilevare l'intero transetto, lungo circa 160 metri, seguendo un passo di circa 10 metri nel mese di Aprile ed il passo standard di circa 4,5 metri in quello di Ottobre.

Copertura vegetazionale

Come si vede dai grafici, l'andamento della copertura non è del tutto omogeneo, alternando tratti con superfici occupate limitrofe al 100% con altri completamente scevi. La conformazione del campo dunale, molto profondo, si presta a queste caratteristiche, ma bisogna anche considerare la presenza di un ampio *blowout* tra i 100-110 metri ed i 140-150 metri evidenziato abbastanza bene in entrambi i rilievi.

Tra le specie maggiormente presenti lungo tutto il sistema rilevato, *Eryngium maritimum* L., *Pancratium maritimum* L., *Ammophila arenaria* L., *Othantus maritimus* L. e *Plantago serraria* L., mentre nelle zome più distanti dalla battigia emerge la presenza di *Juncus acutus* L. e *Lagurus ovatus* L. Da mettere in evidenza la grande presenza lungo la parte finale del transetto di *Carpobrotus spp.* come detto, pianta alloctona non originaria del Mediterraneo.

Residui Posidonia oceanica (L.) Delile

Presenza limitata a piccole quantità però rilevate fino a circa 70 metri dalla linea di riva, segno di una notevole capacità di ingressione del mare sul sistema di spiaggia.

Residui generici

Presenza di *Velella velella* L. nel mese di Aprile. Limitata presenza di altri residui organici ed inorganici lungo tutto il transetto.

SG T1 A14				SG T1 O14			
Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)	Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)
0	0	0	0	0	0	0,75	0
10	0	4	7	4,5 9	0 0	1,5 1	0 0
20	0	2	21	13,5 18 22,5	0 0 0	0 0 1	0 0 0
30	0	2,5	0	27 31,5	0,75 60	0,75 7,5	0 0
40	90	0	0	36 40,5	35 52,5	0 0	0,25 0
50	95	1	0	45 49,5	3,5 15	0,5 15	0,25 0
60	70	0	0	54 58,5 63	4 1,5 0	2 1 0,25	0,25 0,25 0,25
70	25	0	0	67,5 72	0 30	0,25 2	0,25 0
80	35	0	0	76,5 81	85 80	0 0	0 0,25
90	20	0	0	85,5 90	25 85	0 0	2,5 0
100	90	0	0	94,5 99 103,5	17,5 18 4	0 0 0	1,5 0 0,75
110	55	0	0	108 112,5	90 65	0 0	0 0
120	30	0	0	117 121,5	0 7	0 0	0 2,5
130	0	0	0	126 130,5 135	35 1 0	0 0 0	0 1,25 0,5
140	32,5	0	0	139,5 144	1,5 70	0 0	0 0,5
150	27,5	0	0	148,5 153	4,5 97,5	0 0	0,25 0
160	30	0	1,25	157,5 162	70 30	0 0	0 0

Tab 4.3.18 – SG T1:ercentuali di copertura all'interno dei singoli plot, primavera e autunno 2014

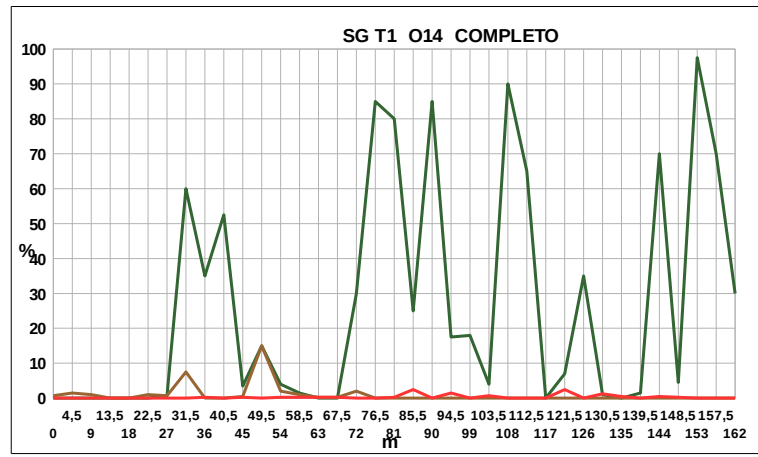
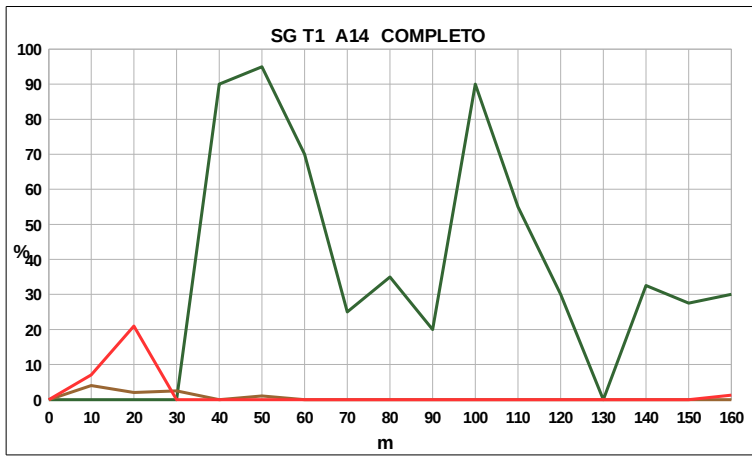


Fig. 4.3.25 - SG T1 transetto completo: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

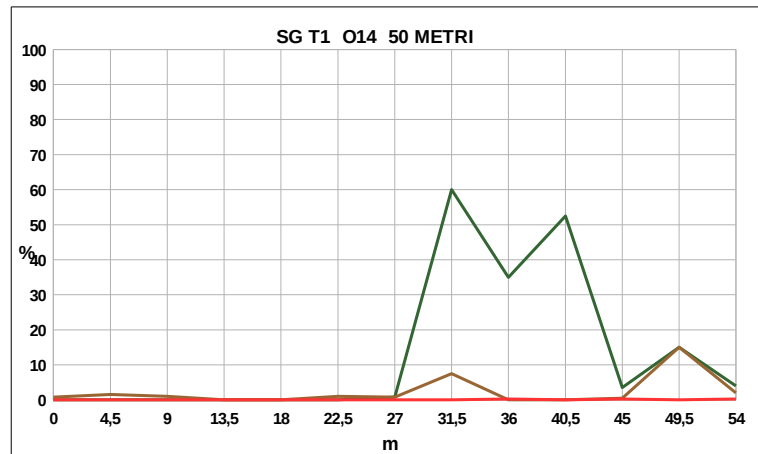
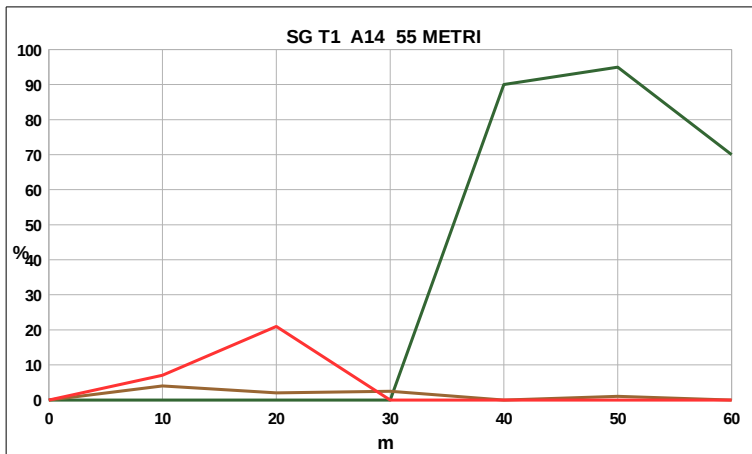


Fig. 4.3.26 - SG T1 transetto 55 metri: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

- Legenda
- Copertura vegetazionale
 - Posidonia oceanica (L.) Delile
 - Rifiuti

Transetto 2 - T2

Copertura vegetazionale

Il secondo transetto della spiaggia di San Giovanni di Sinis risulta caratterizzato da una copertura vegetazionale che alterna ampi tratti con alte percentuali di copertura ad altri con assenza totale o quasi. Anche in questo caso si distinguono le specie principali già identificate negli altri transetti ed in buona parte delle altre aree di studio, come *Eryngium maritimum* L., *Pancreatium maritimum* L., *Ammophila arenaria* L., *Othantus maritimus* L. e soprattutto *Plantago serraria* L. distribuita in gran numero per tutta la lunghezza del transetto.

Residui Posidonia oceanica (L.) Delile

A causa della conformazione geomorfologica del transetto, che vede la presenza di una piccola falesia, la distribuzione dei residui di *Posidonia oceanica* (L.) Delile si esaurisce intorno ai 15-20 metri dalla linea di riva raggiunge quantità abbondanti (oltre il 60%) solo in un plot del mese di Aprile

Residui generici

Residui di *Velella velella* L. rilevati nel mese di Aprile. Residui organici ed inorganici in modeste quantità (< 5%) distribuiti lungo il transetto nel mese di Ottobre.

SG T2 A14				SG T2 O14			
Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)	Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)
0	0	0	0	0	0	0	0
4,5	0	0	1,5	4,5	0	0,5	0,25
9	0	0	10	9	0	9,5	0
13,5	4	65	6	13,5	0	0,75	0
18	1	0,25	0	18	43,5	0	0,5
22,5	100	0	0	22,5	23,75	0	1,25
27	100	0	0	27	20	0	0,25
31,5	67	0	0,75	31,5	10	0	3,5
36	50	0	2	36	45	0	1
40,5	17	0	0	40,5	23,75	0	0
45	26	0	0	45	40	0	0,5
49,5	72	0	1	49,5	40	0	1,5
54	53	0	0	54	11,25	0	1
58,5	57	0	0	58,5	95,5	0	0
63	32	0	0	63	52,5	0	0
67,5	35	0	0	67,5	1	0	2,5
72	65	0	0	72	99	0	0
76,5	50	0	0	76,5	55	0	0,5
81	40	0	0	81	50	0	0
85,5	91	0	0	85,5	50	0	0
90	90	0	0	90	32,5	0	0
94,5	35	0	0	94,5	65	0	0
99	60	0	0	99	84	0	2,5
103,5	75	0	0	103,5	100	0	0
108	100	0	0	108	27,5	0	0
112,5	-	-	-	112,5	35	0	0

Tab 4.3.19 – SG T2: percentuali di copertura all'interno dei singoli plot, primavera e autunno 2014

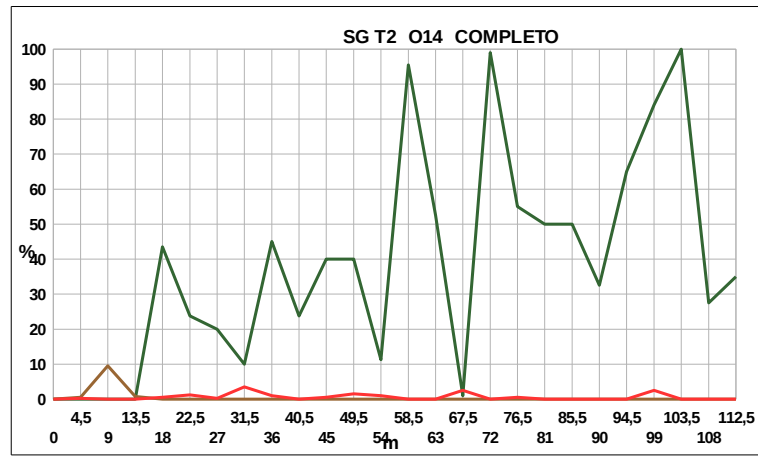
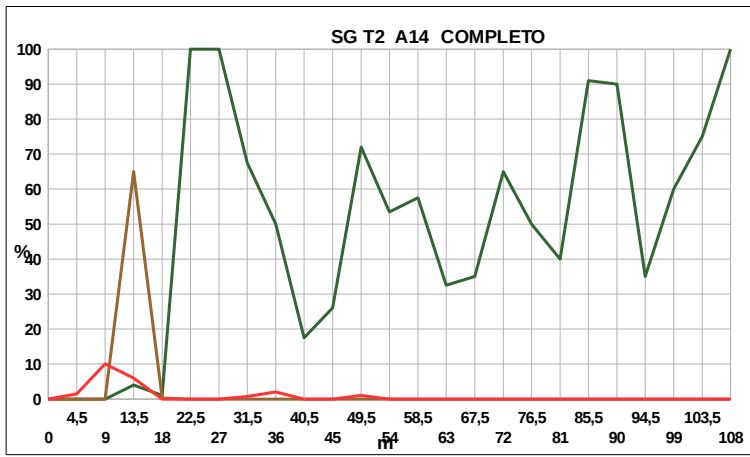


Fig. 4.3.27 - SG T2 transetto completo: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

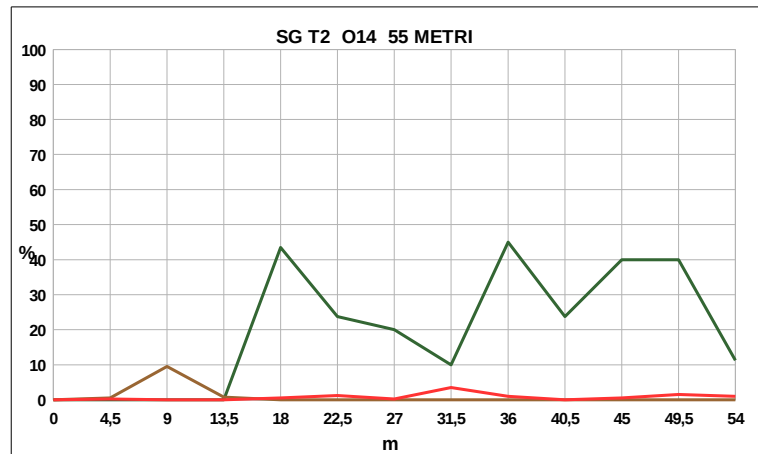
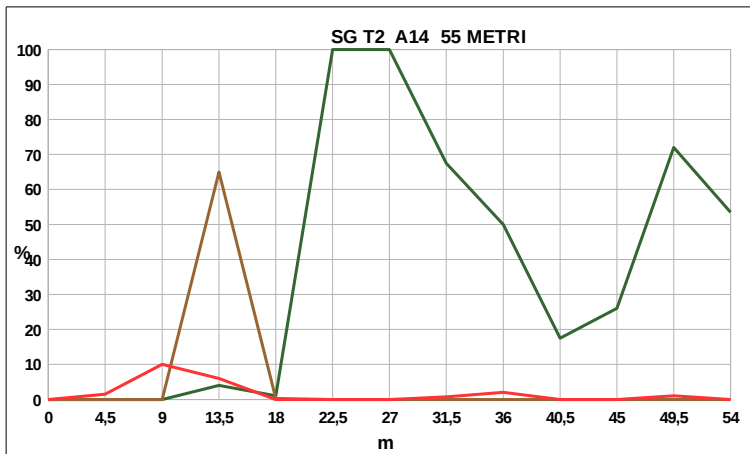


Fig. 4.3.28 - SG T2 transetto 55 metri: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

- Legenda
- Copertura vegetazionale
 - Posidonia oceanica (L.) Delile
 - Rifiuti

Transetto 3 - T3

Copertura vegetazionale

Copertura pari al 100% a partire dai 30 metri dalla linea di riva. La conformazione del sistema di spiaggia, con un sistema dunale invilupato in uno spazio piuttosto limitato (inferiore agli 80 metri), fa sì che si sviluppi subito una vegetazione di tipo arbustivo, composta prevalentemente da *Pistacia lentiscus* L. frammisto a *Smilax aspera* L., *Galium Schmidii* L. e *Anagyris foetida* L.

Nella superficie più strettamente sabbiosa si mostrano le specie tipiche già identificate, come *Otanthus maritimus* (L.) Hoffmann & Link, *Eryngium maritimum* L., *Ammophila arenaria* L., *Pancratium maritimum* L. *Calystegia soldanella* (L.) Roem & Schult. e *Plantago serraria* L., mentre nelle ristrette superfici prossime alla chiusura, *Urospermum dalechampii* (L.) Schmidt, *Elycrisum italicum* L., *Daucus carota* L. e *Lagurus ovatus* L.

Residui Posidonia oceanica (L.) Delile

Residui molto limitati nel mese di Aprile e lievemente più consistenti in quello di Ottobre. Intervallo massimo di rilievo intorno ai 30 metri dalla linea di riva.

Residui generici

Resti di *Veleva veleva* e piccoli residui legnosi rilevati nel mese di Aprile.

SG T3 A14				SG T3 O14			
Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)	Distanza (m)	Copertura vegetazionale (%)	Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile (%)	Residui generici (%)
0	0	0	0	0	0	0,25	0
3,5	0	0	0	4,5	0	18,75	0,25
7	0	0	37,5				
10,5	0	2	0	9	0	2	0,25
14	0	0	0	13,5	1,25	0	0
17,5	0	0,5	0	18	16,25	0,25	0
21	2	2,25	2,5	22,5	73,75	0	0
24,5	17	1	0	27	35	0	0,25
28	14	0,75	0,25				
31,5	85	3	0	31,5	86,25	0	1,25
35	90	0	0	36	100	0	0
38,5	100	0	0				
42	100	0	0	40,5	100	0	0
45,5	100	0	0	45	100	0	0
49	100	0	0	49,5	100	0	
52,5	100	0	0	54	100	0	0
56	100	0	0	58,5	100	0	0
59,5	100	0	0				
63	100	0	0	63	100	0	0
66,5	100	0	0	67,5	98,5	0	0,25
70	100	0	0	72	100	0	0
73,5	-	-	-				
77	-	-	-	-	-	-	-

Tab 4.3.20 – SG T3: percentuali di copertura all'interno dei singoli plot, primavera e autunno 2014

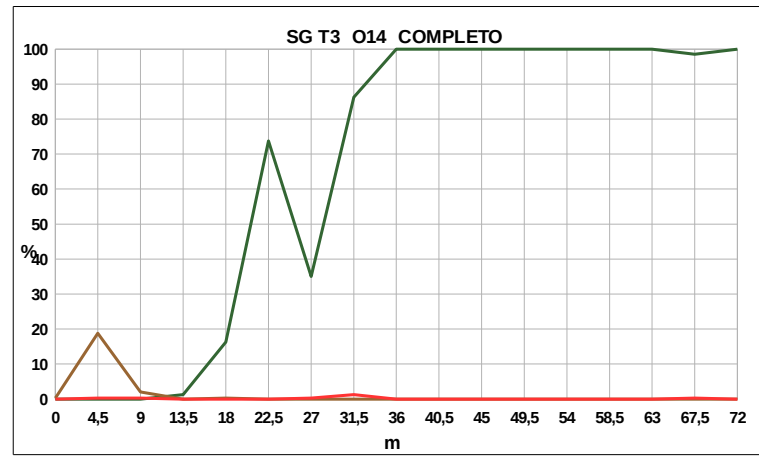
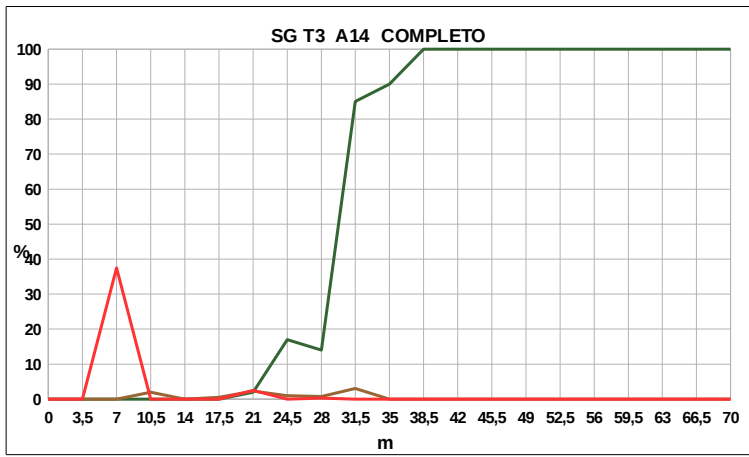


Fig. 4.3.29 - SG T3 transetto completo: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

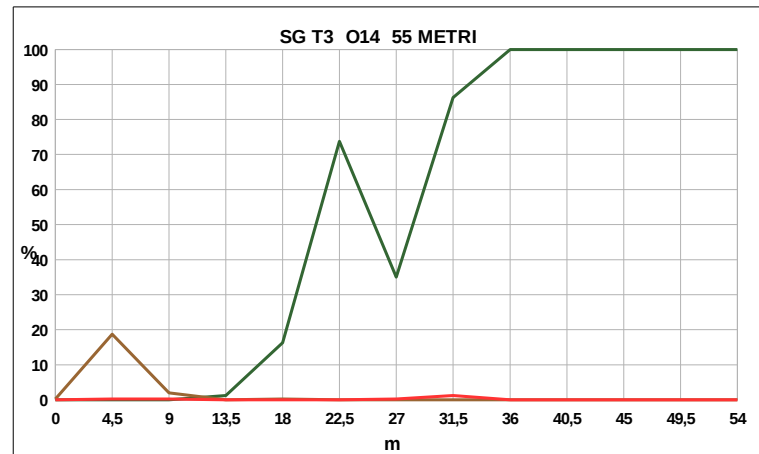
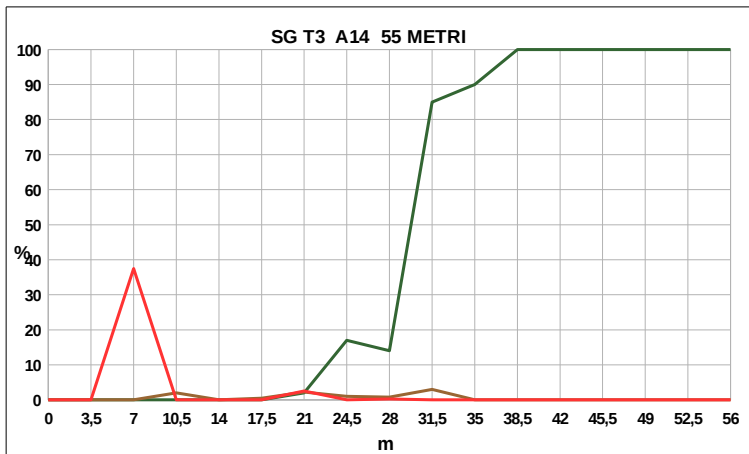


Fig. 4.3.30 - SG T3 transetto completo: grafici percentuali, primavera e autunno 2014

- Legenda
- Copertura vegetazionale
 - Posidonia oceanica (L.) Delile
 - Rifiuti

Considerazioni generali

Nonostante l'evidente presenza antropica nell'area vasta di San Giovanni di Sinis, i dati mostrano come il sistema di spiaggia sia in condizioni ambientali buone. In particolare la vegetazione, nonostante la presenza di *Carpobrotus spp.* nel primo transetto (T1), si mostra presente in tutta l'area di studio, nonostante alcune zone, sempre nel T1 siano completamente scovre per diversi metri. Il contributo della *Posidonia oceanica* (L.) Delile all'equilibrio ambientale del sistema si è dimostrato limitato nel corso dei rilievi, per quanto comunque non nullo, specie nella parte centrale di San Giovanni di Sinis (3,0% copertura media nel T2). Da notare che i pochi residui sono limitati a distanze minime dalla linea di riva, segno (insieme alla presenza di vegetazione già dai 13-15 metri) di capacità ingressive del mare minori rispetto alle spiagge dell'unità geoambientale settentrionale. Anche qui limitata, ma non assente, la presenza di residui generici esterni al sistema, caratterizzati ancora nel mese di Aprile dai resti di *Velella velella*, L. ma anche con qualche residuo plastico, anche se in misura minima.

SG T1								
Copertura vegetazionale 15-55m			Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile 0-55m			Residui generici 0-55m		
Aprile	Ottobre	Media	Aprile	Ottobre	Media	Aprile	Ottobre	Media
%	%	%	%	%	%	%	%	%
51,0	17,1	34,1	1,4	2,3	1,9	4,0	0,1	2,1
SG T2								
Copertura vegetazionale 15-55m			Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile 0-55m			Residui generici 0-55m		
Aprile	Ottobre	Media	Aprile	Ottobre	Media	Aprile	Ottobre	Media
%	%	%	%	%	%	%	%	%
54,9	25,7	40,3	5,0	0,9	3,0	1,6	0,8	1,2
SG T3								
Copertura vegetazionale 15-55m			Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile 0-55m			Residui generici 0-55m		
Aprile	Ottobre	Media	Aprile	Ottobre	Media	Aprile	Ottobre	Media
%	%	%	%	%	%	%	%	%
62,1	71,3	66,7	0,6	1,6	1,1	2,4	0,2	1,3
SG Totale								
Copertura vegetazionale 15-55m			Residui <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile L. 0-55m			Residui generici 0-55m		
%			%			%		
47,0			2,0			1,5		

Tab 4.3.21 – San Giovanni di Sinis - SG: tabella percentuali di copertura medie e totali

4.4 Fotointerpretazione

4.4.1 Mari Ermi - ME

1943

L'analisi dell'ortofoto risalente al 1943 denota a Mari Ermi una situazione di completa naturalità, con una superficie di territorio dominata dalla copertura vegetazionale e gli unici segni della presenza umana limitati a strade costiere e di campagna appena abbozzate. Per quanto riguarda la presenza dei sedimenti sabbiosi, dall'immagine si può evincere una loro presumibile estensione fino almeno ai limiti esterni degli stagni retrodunali segno anche questo di uno stato naturale il più possibile intatto.

1954

Nel 1954 la situazione appare del tutto analoga a quella del 1943, se si eccettua una presenza più fitta e definita delle strade costiere, probabilmente per via della crescente capacità di movimento su lunghe distanze. La variazione della superficie sabbiosa appare del tutto fisiologica alle dinamiche stagionali ed annuali e tende a confermare una presenza della copertura sedimentaria fino ai limiti esterni degli stagni retrodunali.

1968

La situazione ambientale di Mari Ermi appare nel 1968 vastamente mutata: come ben si evince dalle elaborazioni, le aree retrostanti agli stagni sono state quasi completamente acquisite da parte dell'uomo con presumibile valenza di terreni agricoli (69,4% dell'area di studio) ed a questa evoluzione territoriale si ricollega la razionalizzazione che ha portato ad una diminuzione percentuale delle strade costiere e di campagna di oltre il 50%. La superficie coperta dalle aree naturali passa quindi dal 100% al 32% rimanendo quindi del tutto confinata al sistema di spiaggia, se si eccettua una parte limitata presente a sud dell'area di studio. All'interno di questo trend si colloca anche l'evoluzione della copertura sedimentaria, che non sembra più allungarsi fino ai suoi confini estremi, ma rimane limitata all'area di retroduna antecedente gli stagni.

1977

Situazione piuttosto simile a quella del 1968, con una sostanziale conferma del rapporto tra aree antropizzate e naturali. Per quanto riguarda le prime si evidenzia la prima comparsa di una piccola Area di Antropizzazione Stabile (AAS), rappresentata da una piccola piazza circolare neipresso della parte centrale della spiaggia, collegata alla nascita di un tratto di strada asfaltata, entrambe perduranti fino ad oggi. Molto interessante è anche la presenza di alcune costruzioni lungo la spiaggia, con tutta probabilità le cosiddette *barraccas*, capanne con copertura di falasco molto diffuse all'epoca in tutta la costa del Sinis ed in particolare nell'area di San Giovanni.

Per quanto riguarda le aree naturali, racchiuse fondamentalmente nel sistema di spiaggia, si nota una notevole diminuzione (per oltre il 30%) della superficie sabbiosa;

si ritiene però che questo fenomeno sia probabilmente dovuto (almeno in parte) ad una anomalia positiva presente nel 1968 contrapposta ad una negativa nel 1977, anomalie non così rare nella zona e confermate anche dallo stesso trend verificatesi tra i due periodi nella vicina spiaggia di Is Arutas.

2000

La carta del 2000 mostra una notevole presenza lungo le aree di spiaggia ed in quelle limitrofe e si riferisce quindi molto probabilmente al periodo estivo. Si può quindi notare, al netto dei dati fisici ricavati, come le pressioni fossero notevoli ed interessassero tutte le aree naturali presenti. Ricollegate alla valenza turistica dell'area, fanno la comparsa alcune strutture adibite a punti di ristoro e, mentre rimangono pressoché costanti le superfici interessate dall'antropizzazione stabile, si nota un netto aumento (oltre il 2000%) delle superfici ad antropizzazione limitata (AAL), non riconducibili quindi a tematismi particolari, ma in alcuni casi identificabili, ad esempio, in aree di sosta per autoveicoli.

Per quanto riguarda le aree naturali, a conferma dell'ipotesi riguardante il 1968 ed il 1977, si nota un aumento della superficie di copertura sabbiosa (+20,2%) che si oppone ad una diminuzione di quella totale naturale (-13,1%). Fatte queste considerazioni, al netto delle variazioni stagionali, si può ipotizzare una diminuzione costante di circa il 10% tra ogni periodo considerato a partire dal 1968 (1968-1977, 1977-2000, 2000-2008). Limitata la presenza di aree di recupero ambientale (AR), anche se in aumento rispetto al 1977 (+89,8%).

2008

Grazie a questa ortofoto viene evidenziato il netto aumento delle forme di antropizzazione stabile (AAS) che passano da circa 1000 m² a quasi 23000 m², a causa della comparsa di una vasta area pavimentata in pietra nella zona di retrospiaggia. La stabilizzazione antropica di questa parte di Mari Ermi, pur limitando di fatto l'area di espansione del sistema di spiaggia e di quello dunale, può essere in parte considerata come positiva in quanto ha razionalizzato un'area in precedenza caratterizzata da antropizzazione limitata (AAL) ed ha consentito la chiusura all'accesso ai mezzi di locomozione di una vasta area di retrospiaggia. Interessante anche il recupero alla naturalità di una vasta area agricola, nella parte orientale, segno anche questo di un probabile cambiamento d'uso del territorio.

Precisazioni riguardo la valutazione della Copertura Sabbiosa (CS) e delle Zone Umide (ZU)

A Mari Ermi la presenza degli ampi stagni retrodunali, di natura prevalentemente stagionale ma ben definiti durante tutto l'anno, ha reso più difficoltosa l'interpretazione della copertura sabbiosa totale. I dati relativi al 1954 visibili dalla carta ricavata, fanno presupporre una copertura sedimentaria estesa fino al limite delle zone umide e ricoperta stagionalmente dall'acqua, ma di fatto senza altri dati risulta difficile stabilire la certezza di questa ipotesi.

Le diverse immagini mostrano inoltre situazioni legate a stagioni evidentemente differenti e quindi con una presenza d'acqua più o meno cospicua, il che complica ulteriormente una corretta valutazione della situazione passata. Per quanto riguarda la situazione attuale invece, le uscite sul campo hanno consentito di stabilire con ragionevole certezza una scarsa, se non nulla, presenza di sedimenti sabbiosi all'interno delle aree interessate dagli stagni, perlomeno in quantità talmente rilevanti da poter essere identificabili tramite l'analisi delle ortofoto. Conseguentemente, pur riconoscendo la non completa accuratezza dell'ipotesi, si è scelto di limitare la valutazione di questa superficie alle sole aree di spiaggia escludendo quindi le retrostanti zone umide. Questo, pur rischiando di escludere dal conteggio un'ampia parte del sistema, pone in condizioni di fare una comparazione numericamente più corretta riguardo eventuali fenomeni di erosione o progradazione in atto, sia tra diversi periodi nello stesso arenile, sia tra le diverse aree di spiaggia in studio.

Tab 4.1.1 - Mari Ermi – ME: Dati analisi tematismi

	1943	%ASN Δ%ASN Δ%T	1954	%ASN Δ%ASN Δ%T	1968	%ASN Δ%ASN Δ%T	1977	%ASN Δ%ASN Δ%T	2000	%ASN Δ%ASN Δ%T	2008	%ASN Δ%ASN Δ%T
ASL (m ²)	831736	-	831736	-	831736	-	831736	-	831736	-	831736	-
ASN (m ²)	653293	-	650966	-	659956	-	654997	-	654709	-	644724	-
AN (m ²)	653293	100%	650966	100%	210862	32,0% -68,0% -68,0%	196395	30,0% -2,0% -6,9%	170713	26,1% -2,9% -13,1%	169113	26,2% +0,1% -0,9%
AR (m ²)	0	-	0	-	0	-	1323	0,2%	2511	0,4% +0,2% +89,8%	47971	7,4% +7,0% +1910,4%
CS (m ²)	145496	-	137632	-	98639	-	67361	-	80937	-	71975	-
LR (m ²)	1334	-	1335	-	1319	-	1296	-	1280	-	1339	-
ZU (m ²)	46056	-	13585	-	55810	-	15893	-	23962	-	51148	-
AAL (m ²)	0	-	0	-	0	-	1710	0,3%	47302	7,2% +6,9% +2666,2%	49925	7,7% +0,5% -5,5%
AGR (m ²)	0	-	0	-	449094	68,0%	454325	69,4% +1,3% +1,2%	431906	66,1% -3,3% -4,9%	354962	55,1% -11,0% -17,8%
AAS (m ²)	0	-	0	-	0	-	1244	0,1%	1007	0,2% +0,0% -19,5%	22753	3,5% +3,3% +2159,5%
EC (m ²)	0	-	0	-	0	-	458	-	991	-	1485	-
SNT (m)	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	647	-
SCC (m)	1690	-	2364	-	1125	-	2920	-	2929	-	2868	-
SA (m)	0	-	0	-	0	-	303	-	303	-	303	-
ES (m ²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ASA (m ²)	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-

Legenda ASL - Area di Studio Lorda

ASN - Area di Studio Netta

AN - Aree Naturali

AR - Aree di Recupero Ambientale

CS - Copertura Sabbiosa

LR - Linea di Riva

ZU - Zone Umide

AAL - Area ad Antropizzazione Limitata

AGR - Aree Agricole

AAS - Aree Antropizzate Stabili

EC - Edifici Costieri

SNT - Sentieri

SCC - Strade Costiere

SA - Strade Asfaltate

ES - Edifici Storici

ASA - Aree Storico-Archeologiche

%ASN - percentuale copertura su ASN

Δ%T: - incremento percentuale del tematismo

Δ%ASN - incremento percentuale copertura su ASN

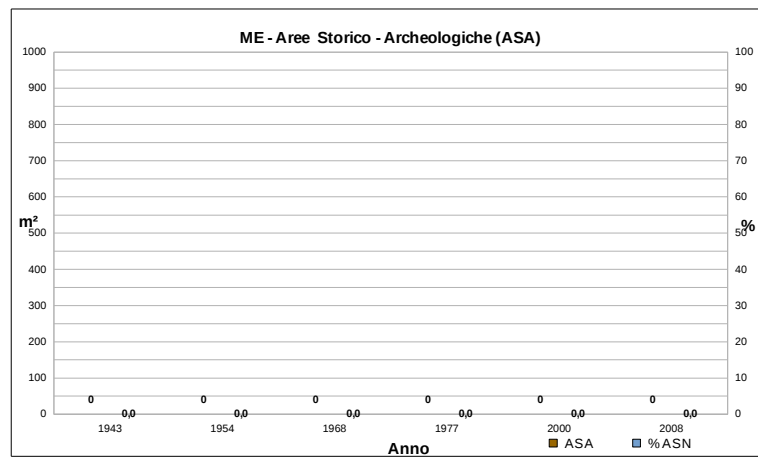
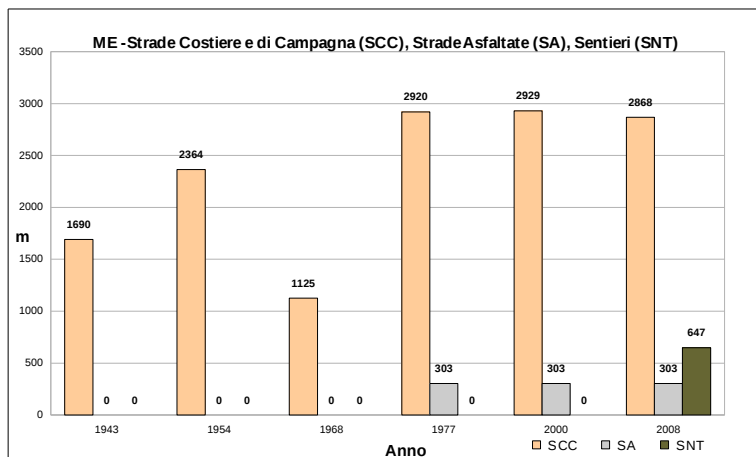
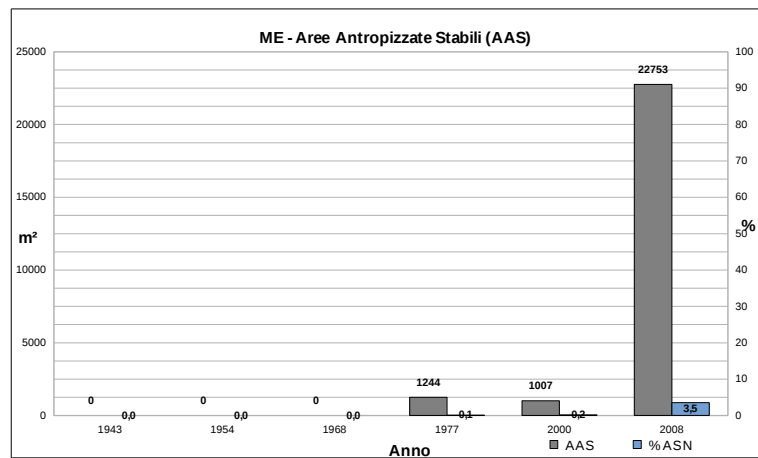
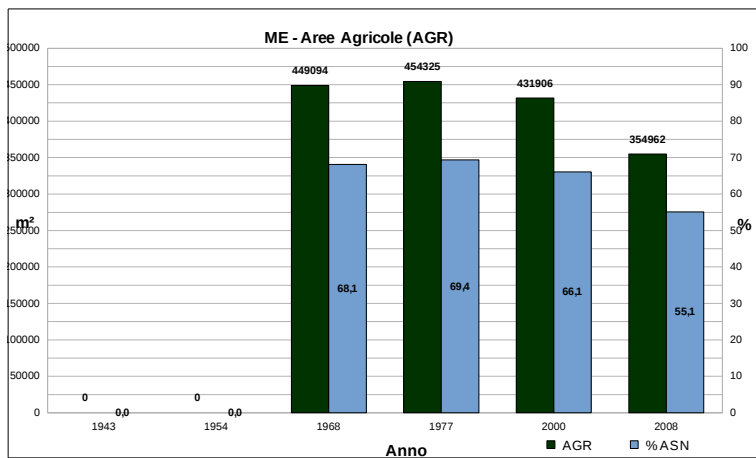
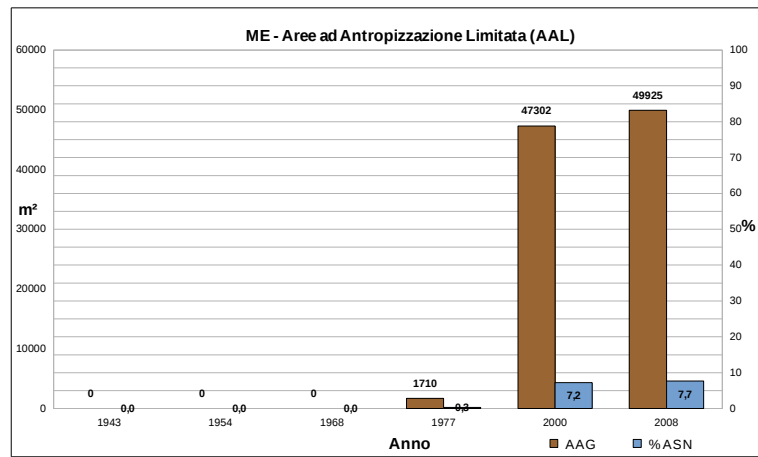
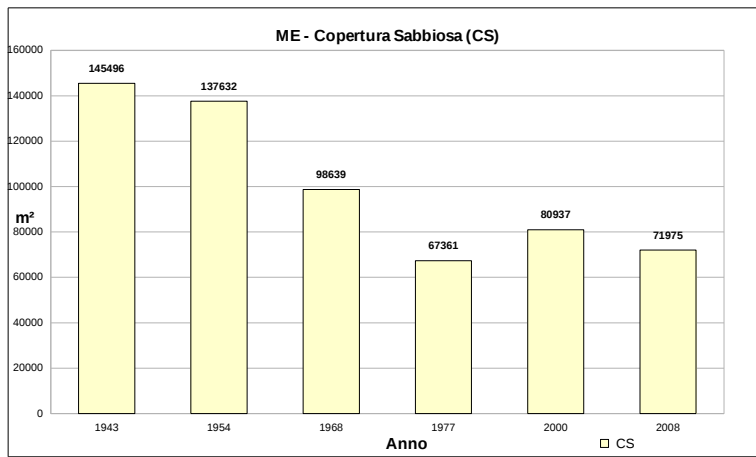
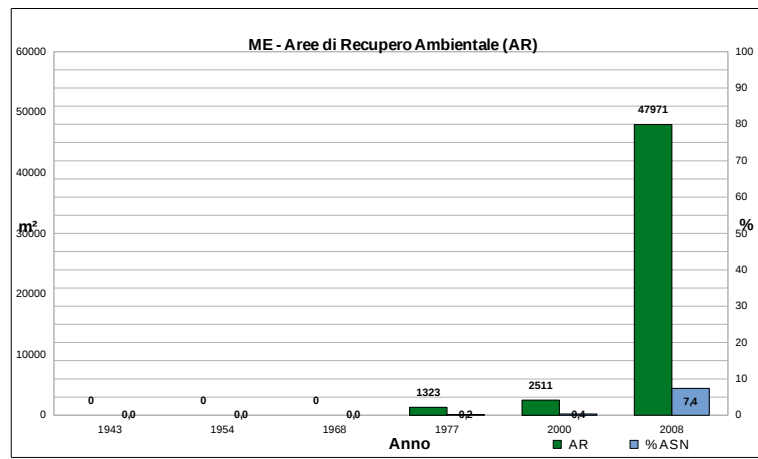
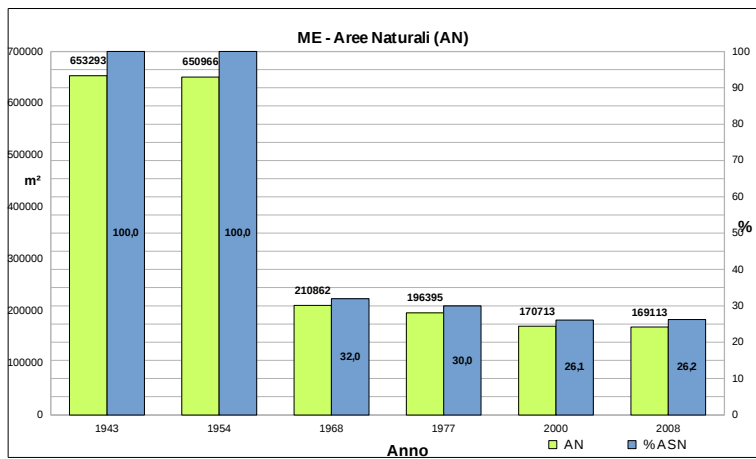


Fig. 4.4.1 – Mari Ermi – ME: Istogrammi tematismi

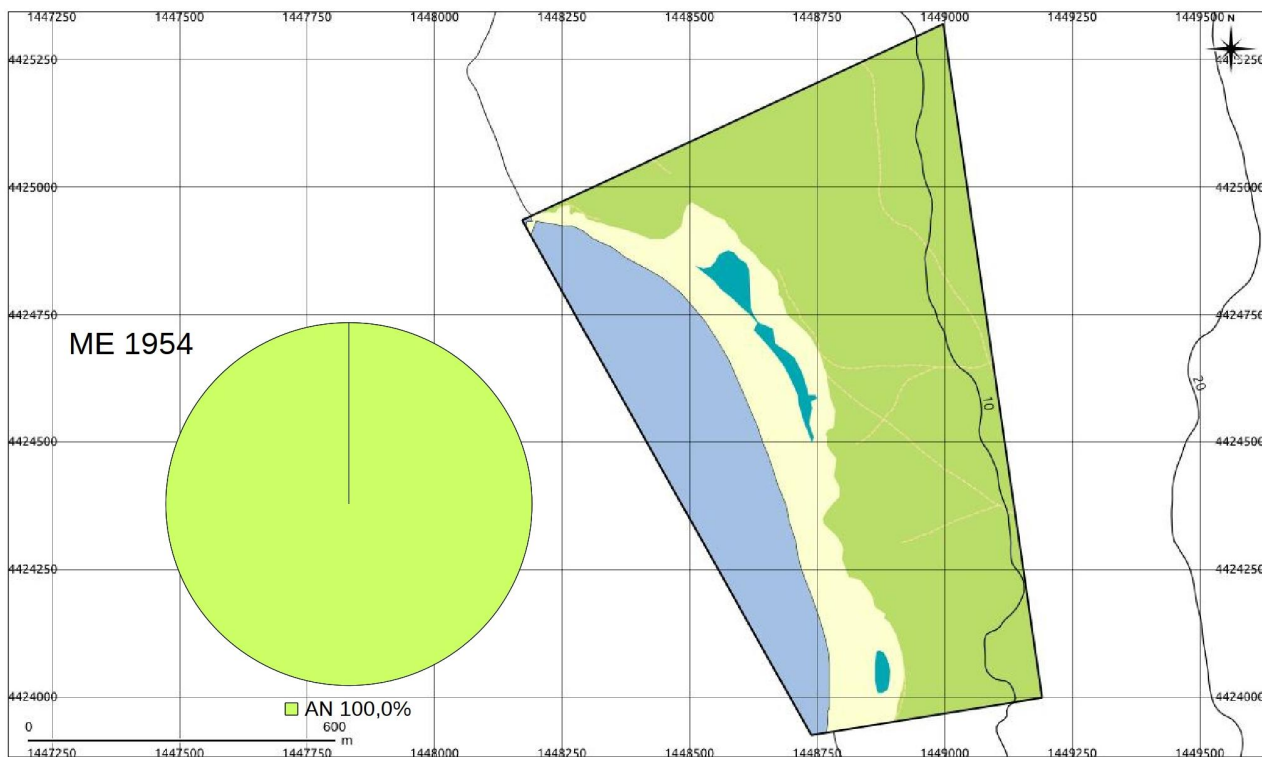
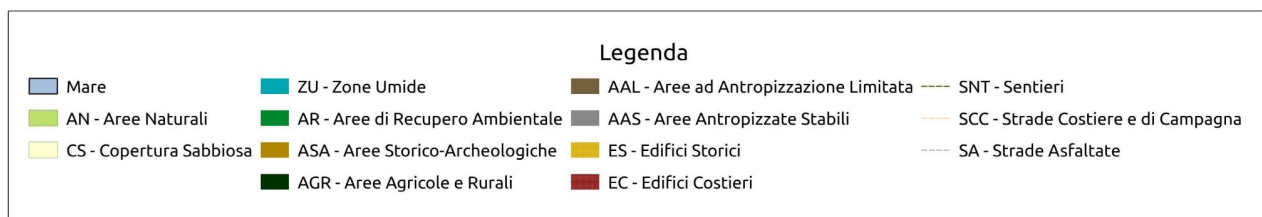
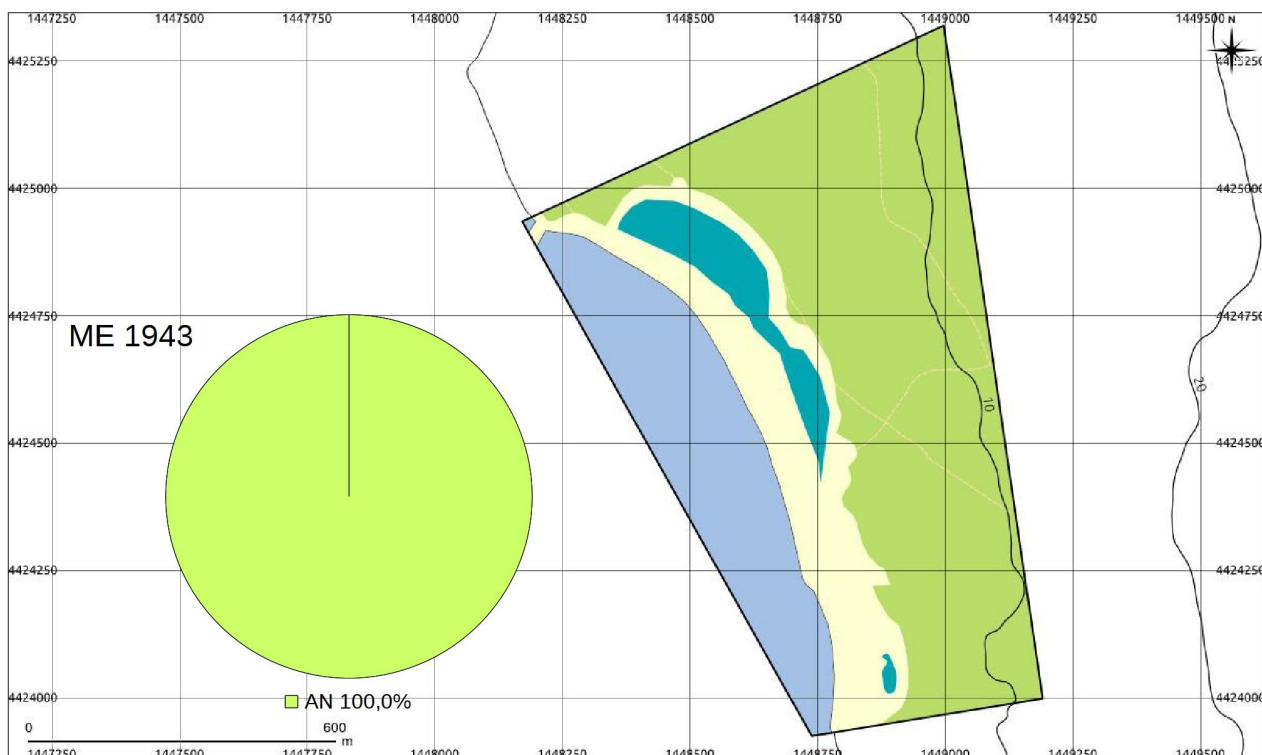


Fig. 4.4.2 – Mari Ermi – ME: Carte Evolutive 1943 – 1954

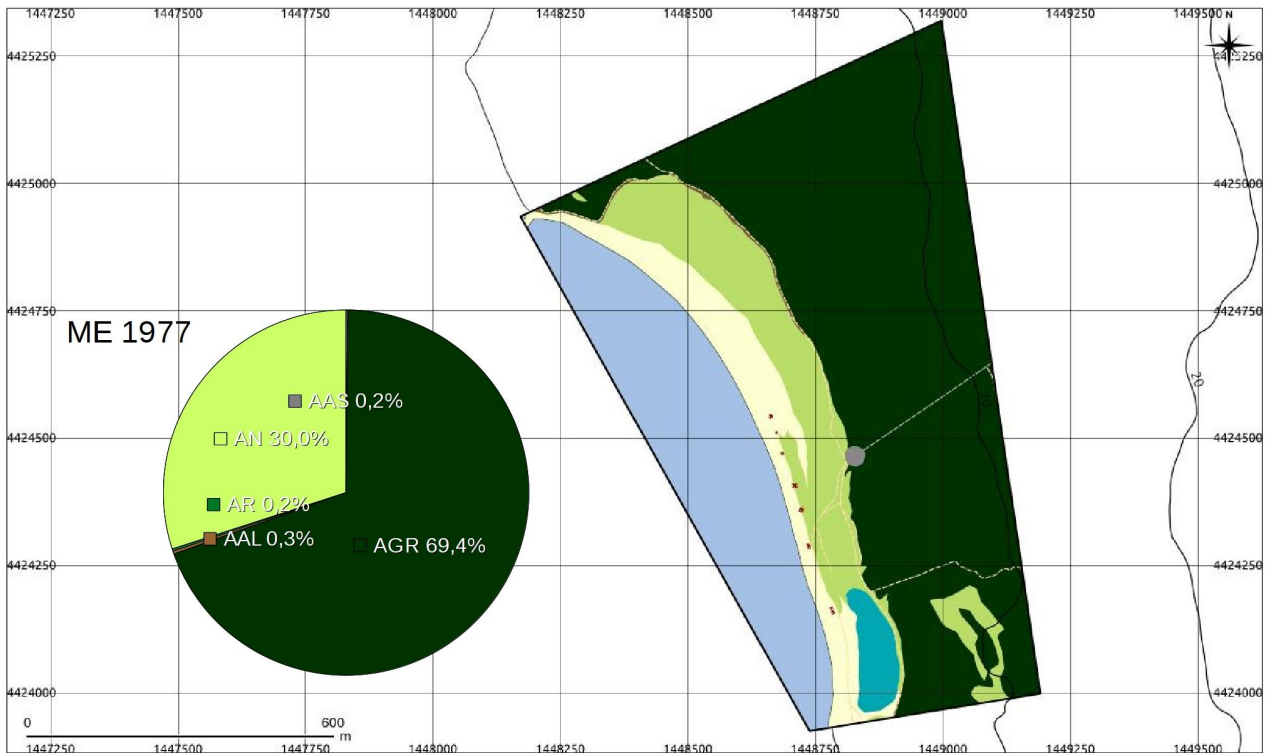
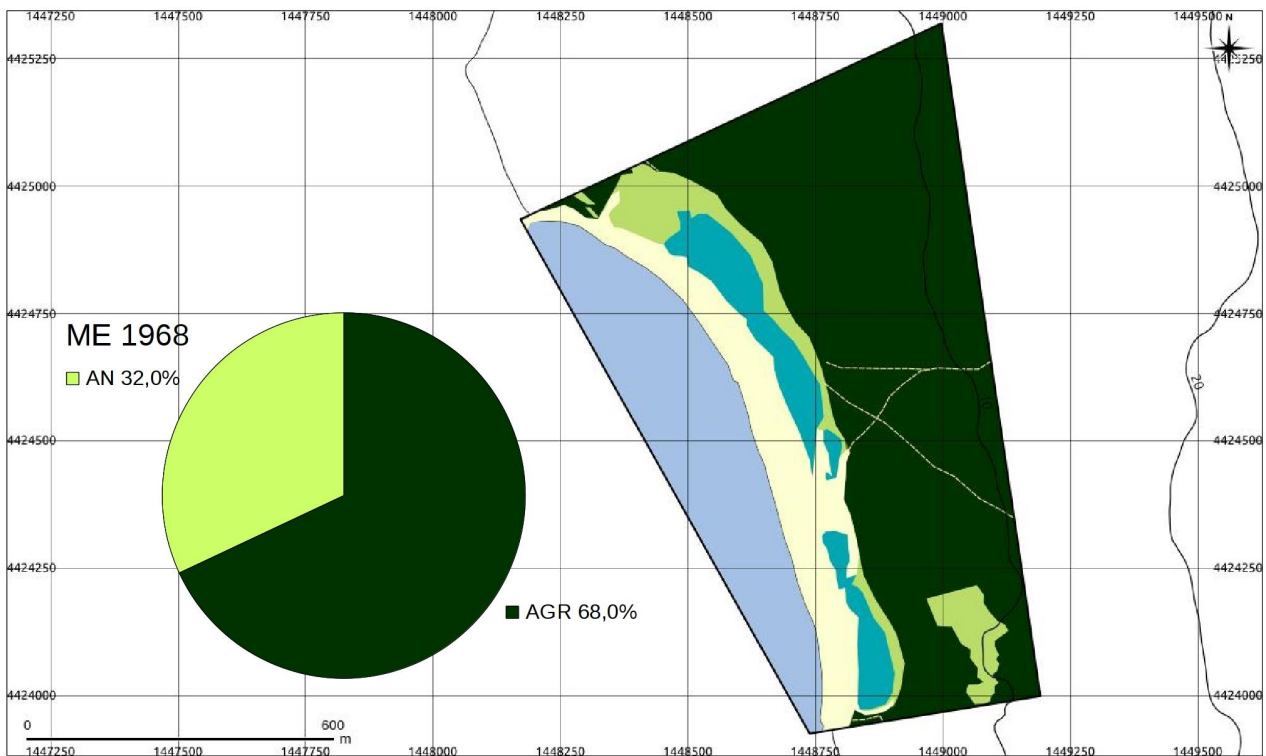


Fig. 4.4.3 – Mari Ermi – ME: Carte Evolutive 1968 – 1977

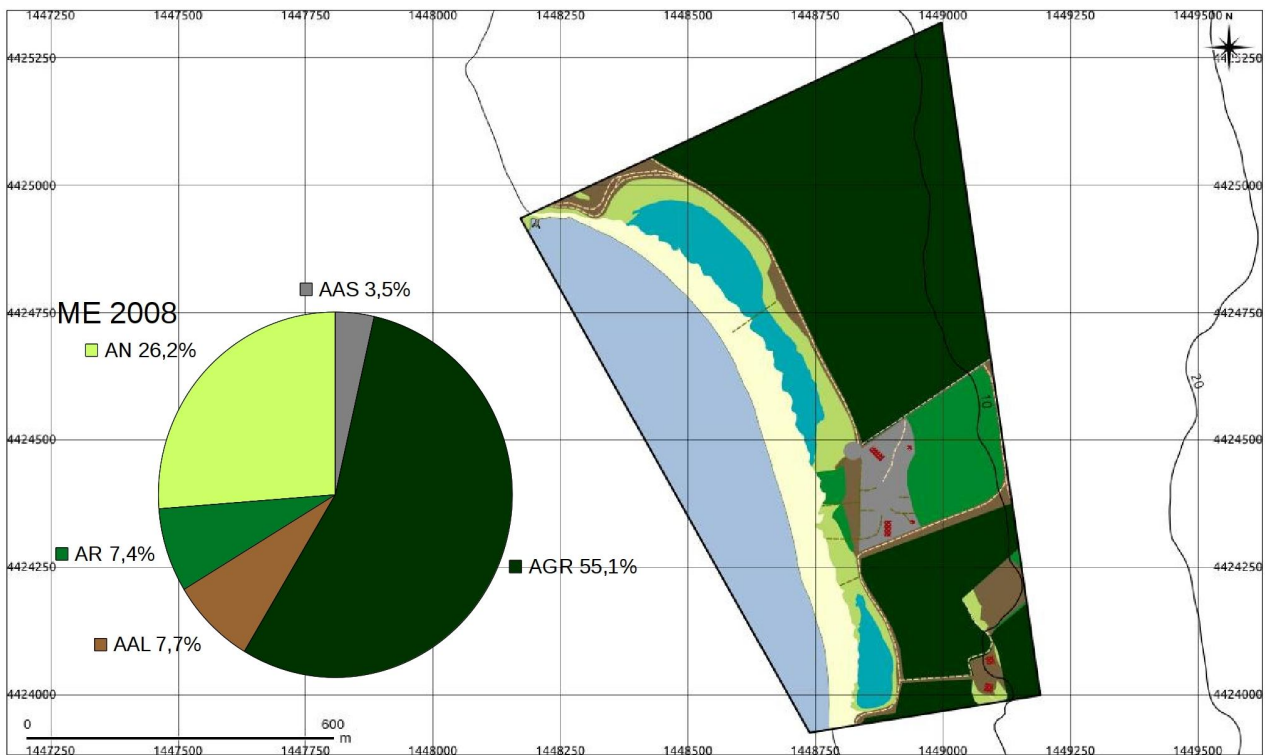
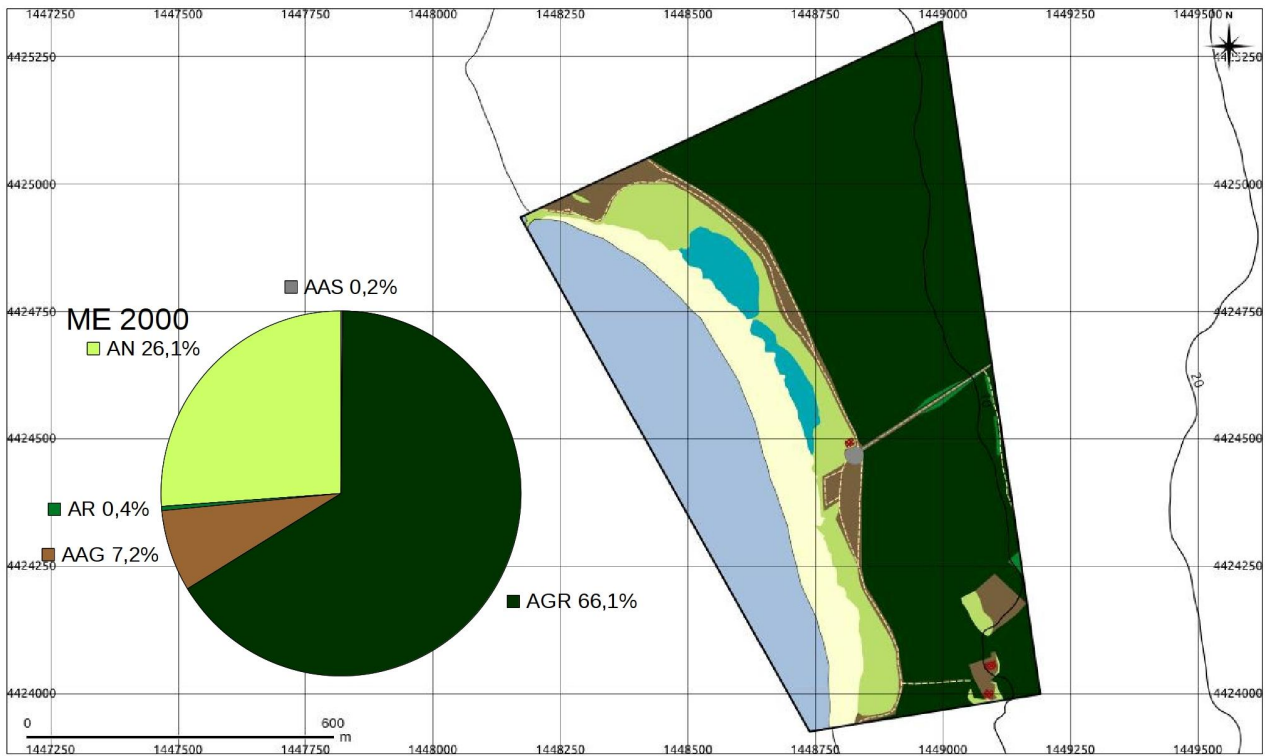


Fig. 4.4.4 – Mari Ermi – ME: Carte Evolutive 2000 – 2008

4.4.2 *Is Arutas - IA*

1943

La situazione dell'ambiente di studio che si evince dall'esame della relativa ortofoto e dal confronto con le successive è quella di una pressoché totale naturalità, con le uniche opere umane evidenti rappresentate da una limitata presenza di strade di campagna.

1954

Nel 1954 l'area appare sostanzialmente immutata, con una copertura degli ambienti naturali pari ancora al 100%. Lievi discrepanze riguardano la lunghezza della linea di riva (LR) (-3,9%) e la superficie di copertura sabbiosa (CS) (-4,9%), ma ampiamente entro un intervallo di tolleranza stagionale. L'unico segno evidente della presenza umana è ancora dato dalle strade costiere e di campagna (SCC), che però segnano un netto aumento della loro lunghezza complessiva, pari a circa il 50%.

1968

Nel 1968 iniziano i primi segni tangibili delle azioni umane sul territorio, espressi in misura maggiore dalla comparsa di aree destinate ad uso agricolo o rurale (AGR), che incidono per oltre il 32% sulla superficie netta di studio (ASN). La presenza dell'uomo viene anche evidenziata da un ulteriore incremento (+28,0%) della lunghezza delle strade costiere e di campagna caratterizzate in alcuni casi anche da un più evidente tracciamento, preludio alla loro parziale evoluzione come strade asfaltate, in questo contesto fanno anche la comparsa una serie di piccole costruzioni sparse, probabilmente riconducibili alle attività di pesca praticate nella zona.

Per quanto riguarda i parametri naturali invece, le oscillazioni riguardanti la linea di riva rientrano ancora in un intervallo stagionale, mentre si nota un netto incremento della superficie sabbiosa emersa (+14,4); questo fatto, analogamente all'area di Mari Ermi, può essere con tutta probabilità attribuibile ad eventi meteomarini di portata rilevante intercorsi antecedentemente alla data della foto, i quali potrebbero aver movimentato una notevole quantità di sedimenti dalla spiaggia sommersa verso quella emersa.

1977

Nel 1977 le aree naturali (AN) risultano ancora in diminuzione (-5,9%), e si ravvisa un altrettanto lieve aumento dell'uso agricolo-rurale del territorio (+6,0% rispetto al 1968), con la soglia delle aree ad antropizzazione limitata (AAL) stabile attorno all'1%. Appare più che raddoppiata la superficie occupata dagli edifici costieri (EC), seppur ancora in limitata misura (circa 500 m²), mentre si assiste ad un netto decremento della strade e sentieri costieri, a causa di una loro probabile ottimizzazione basata sulla presenza dei terreni agricoli, nonché ad una maggior difficoltà di percorrenza di alcuni di essi da parte dei sempre più diffusi veicoli a motore.

Per quanto riguarda l'area di spiaggia propriamente detta, la lunghezza di riva continua

ad oscillare in intervalli limitati, mentre, rispetto al 1968, vi è stato un netto decremento della superficie della copertura sabbiosa, pari a circa il 36,7%: anche considerando un ipotetico valore anomalo nel 1968, si tratta comunque di una variazione di circa il 9% rispetto al 1954, soglia fin'ora più bassa, a significare un trend negativo probabilmente dovuto sia a cause naturali che antropiche.

2000

La differenza più significativa rispetto agli anni precedenti è la comparsa di una abbastanza vasta Area Antropizzata Stabile (AAS), costituita essenzialmente da due aree di parcheggio adiacenti, di cui una cementata ed un campeggio, sito nella parte meridionale dell'area di studio. In parallelo vi è stato anche un deciso incremento delle aree ad antropizzazione limitata (+6,0% di copertura rispetto all'area di studio netta) ed una diminuzione di quelle rurali agricole, oltre a una maggior presenza di edifici. Le strade costiere e di campagna hanno subito un incremento di quasi il 30% rispetto al 1977, specie nelle aree strettamente limitrofe all'arenile.

Nel complesso la superficie di aree naturali ha subito un ulteriore decremento (oltre il 15%) proseguendo il trend iniziato negli anni '60, mentre risultano poco significative le variazioni riguardanti la linea di riva e la copertura sabbiosa.

2008

Nel 2008 si possono alcune modifiche nell'area antropizzata, non tanto nella superficie occupata, che toglie poco all'area naturale (-1,7% sulla superficie totale di studio), quanto nella tipologia, con un passaggio evidente dalle aree ad antropizzazione limitata (AAL) a quelle stabili (AAS). La creazione di un'ampia area pavimentata di retrospiaggia ed una maggiore definizione delle aree di sosta ha portato a questa evoluzione, non da intendere necessariamente in accezione negativa: pur se, come a Mari Ermi infatti, la stabilizzazione delle aree di retrospiaggia ha limitato l'area di espansione naturale del sistema di spiaggia e di quello dunale, ha anche consentito di razionalizzare gli accessi all'arenile ed evitare la presenza degli autoveicoli nelle aree strettamente limitrofe a questo. D'altra parte, si può anche notare un parziale recupero delle aree antropizzate con la comparsa di piccole aree di recupero ambientale (AR) (pari a circa l'1% della superficie netta di studio).

La superficie occupata dalle aree naturali (AN) risulta pressoché stabile rispetto al 2000 come anche quella della linea di riva, sostanzialmente immutata in lunghezza, anche se con una evidente diminuzione della superficie di copertura sabbiosa (CS), diminuita del 15,4%.

Considerazioni generali

Come si evince dai dati ricavati l'area di Is Arutas ha subito profondi cambiamenti nell'intervallo temporale antropogenico compreso tra il 1943 ed il 2008. La completa naturalità presente fino agli anni '50 ha iniziato il suo trend negativo a partire dagli anni '60, anche se limitato ad un uso parzialmente agricolo delle aree circostanti e ad un aumento della viabilità costiera,

quest'ultima in evidente aumento anche nel 1977. Lo sviluppo dell'uso turistico di questa parte di territorio si evince chiaramente nel 2000, con forse il picco massimo di carico negli ambienti di spiaggia e limitrofi. La creazione di strutture antropiche persistenti, pur avendo avuti impatti notevoli nelle aree di spiaggia e retrospiaggia ha consentito di limitare ed ordinare questi flussi, anche grazie alla creazione di percorsi di accesso facilitati da passerelle.

Risulta difficile fare valutazioni certe sulla variazione della copertura sabbiosa: queste infatti subiscono diverse fluttuazioni probabilmente dovute a situazioni ambientali particolari legate agli eventi meteomarinari: in particolare risulta evidente la situazione presente nel 1968, con un picco di superficie occupata nettamente superiore non solo al 1977, ma anche rispetto al 1943 ed al 1954. Considerando l'evoluzione degli impatti antropici nel corso degli anni successivi, al netto di una possibile anomalia positiva riconducibili all'interno di un intervallo negativo dal 1943 al 2008, questo dato indica in ogni caso un ambiente di spiaggia all'epoca ancora in un ottimo stato di conservazione.

Tab. 4.1.2 - Is Arutas – IA: dati analisi tematismi

	1943	%ASN Δ%ASN Δ%T	1954	%ASN Δ%ASN Δ%T	1968	%ASN Δ%ASN Δ%T	1977	%ASN Δ%ASN Δ%T	2000	%ASN Δ%ASN Δ%T	2008	%ASN Δ%ASN Δ%T
ASL (m ²)	440934	-	440934	-	440934	-	440934	-	440934	-	440934	-
ASN (m ²)	389219	-	397153	-	397067	-	390469	-	392029	-	392090	-
AN (m ²)	389219	100%	397153	100%	263488	66,4% -33,6% -33,6%	236112	60,5% -5,9% -10,4%	172837	44,1% -16,4% -26,8%	165956	42,3% -1,8% -4,0%
AR (m ²)	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	3748	1,0% +1,0% -
CS (m ²)	25972	-	24698	-	35567	-	22498	-	22887	-	19373	-
LR (m ²)	686	-	659	-	680	-	708	-	750	-	750	-
ZU (m ²)	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
AAL (m ²)	0	-	0	-	4473	1,1% - -	4108	1,0% -0,1% -8,2%	27590	7,0% +6,0% +571,6%	12737	3,2% -3,8% -53,8%
AGR (m ²)	0	-	0	-	129106	32,5% - -	150249	38,5% +6,0% +16,4%	116441	29,7% -8,8% -22,5%	111191	28,4% -1,3% -4,5%
AAS (m ²)	0	-	0	-	0	-	0	-	75161	19,2% - -	98458	25,1% +5,9% +31,0%
EC (m ²)	0	-	0	-	242	-	491	-	7215	-	8145	-
SNT (m)	0	-	0	-	0	-	0	-	383	-	1597	-
SCC (m)	1773	-	2700	-	3455	-	2333	-	2911	-	1143	-
SA (m)	0	-	0	-	0	-	0	-	700	-	718	-
ES (m ²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ASA (m ²)	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-

Legenda ASL - Area di Studio Lorda

ASN - Area di Studio Netta

AN - Aree Naturali

AR - Aree di Recupero Ambientale

CS - Copertura Sabbiosa

LR - Linea di Riva

ZU - Zone Umide

AAL - Area ad Antropizzazione Limitata

AGR - Aree Agricole

AAS - Aree Antropizzate Stabili

EC - Edifici Costieri

SNT - Sentieri

SCC - Strade Costiere

SA - Strade Asfaltate

ES - Edifici Storici

ASA - Aree Storico-Archeologiche

%ASN - percentuale copertura su ASN

Δ%T: - incremento percentuale del tematismo

Δ%ASN - incremento percentuale copertura su ASN

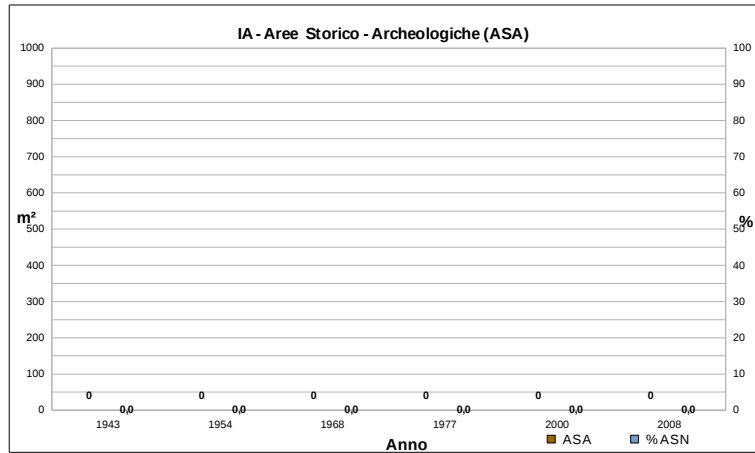
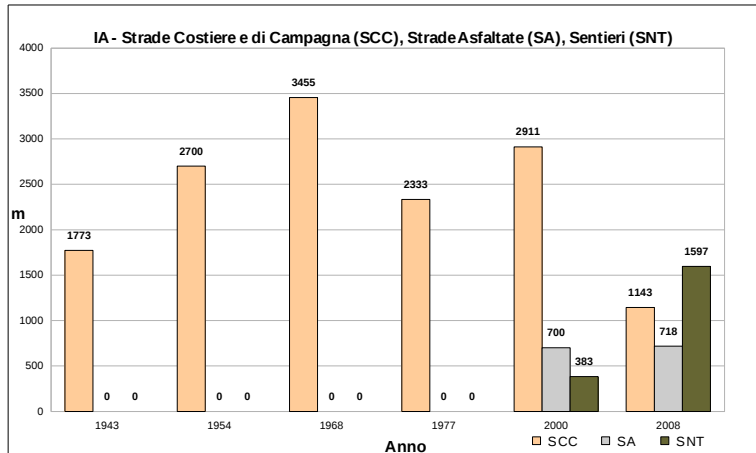
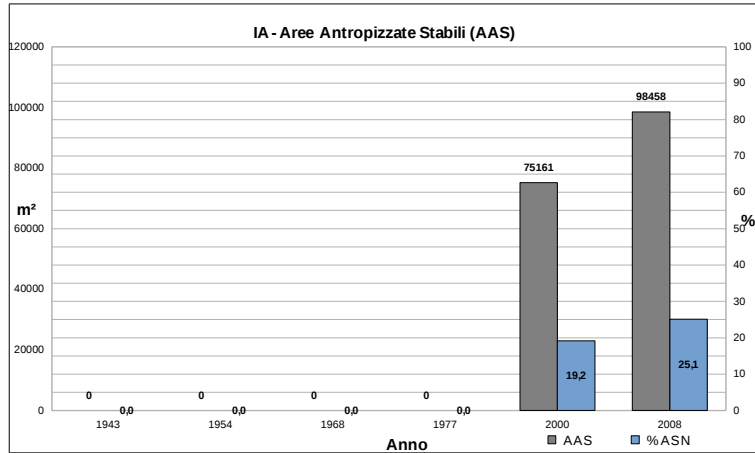
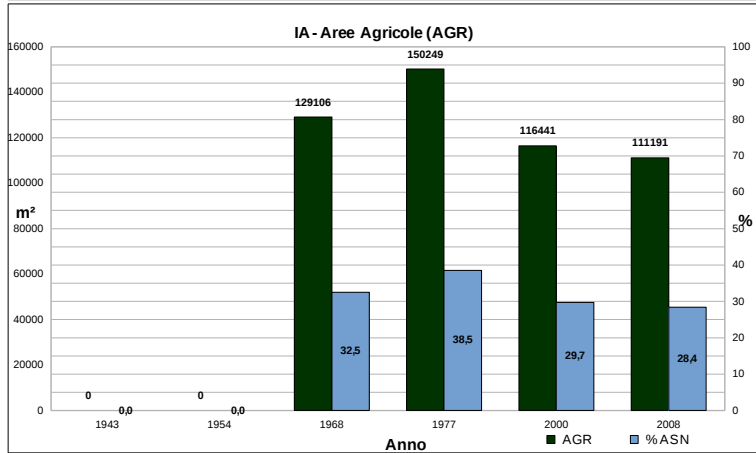
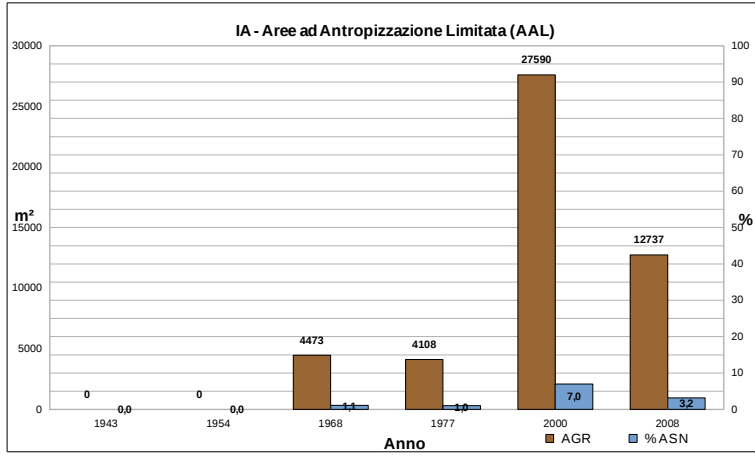
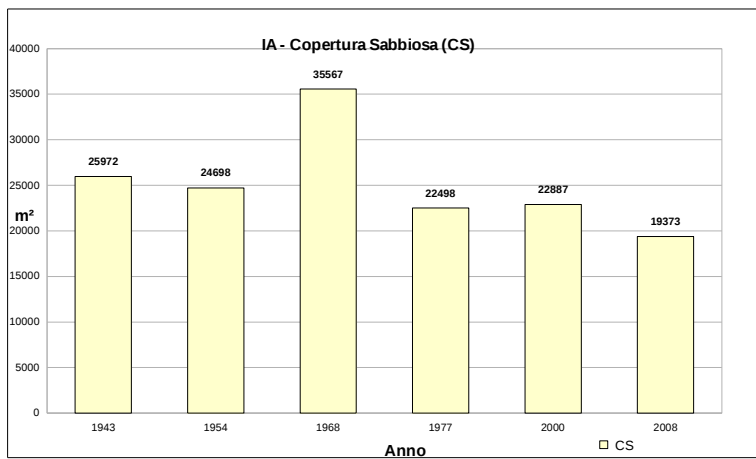
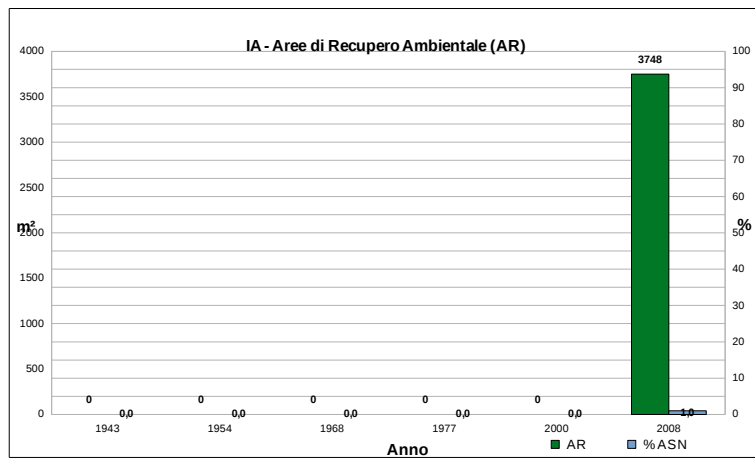
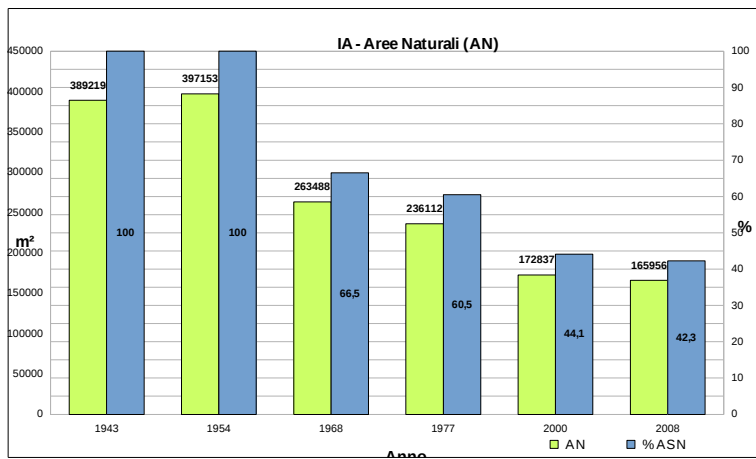


Fig - 4.4.5 – Is Arutas – IA: Istogrammi tematisimi

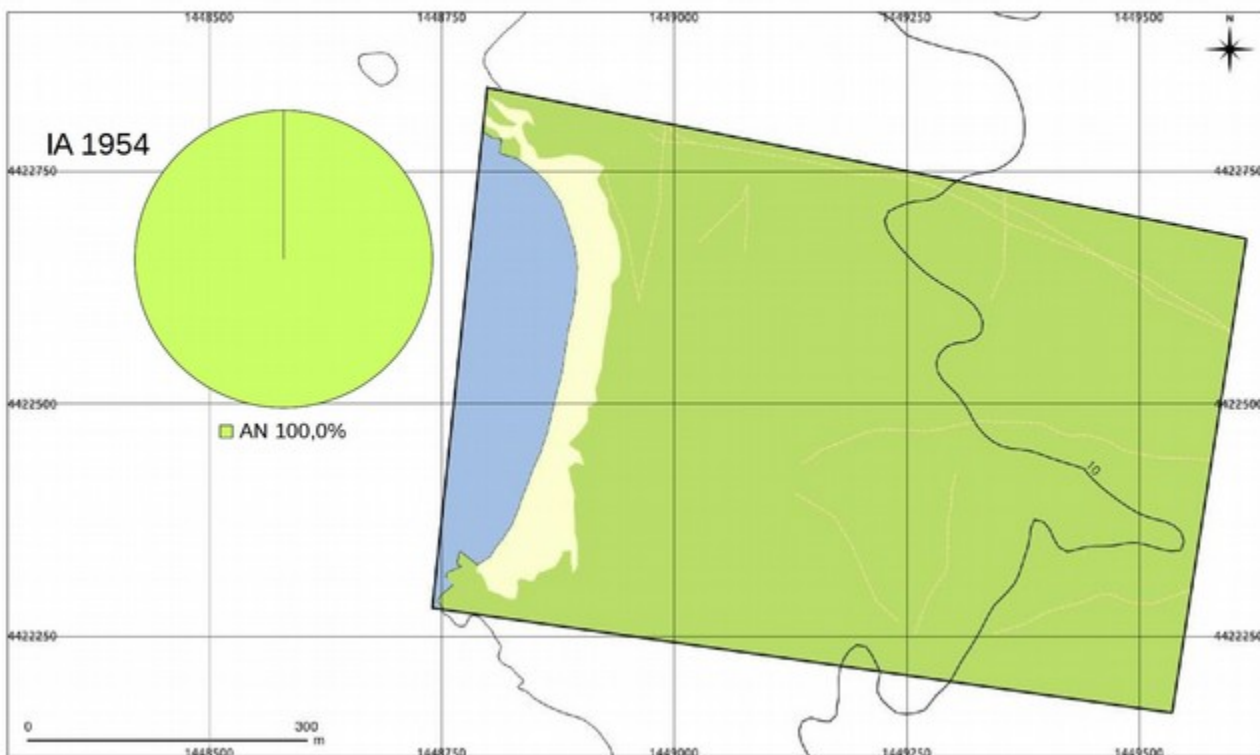
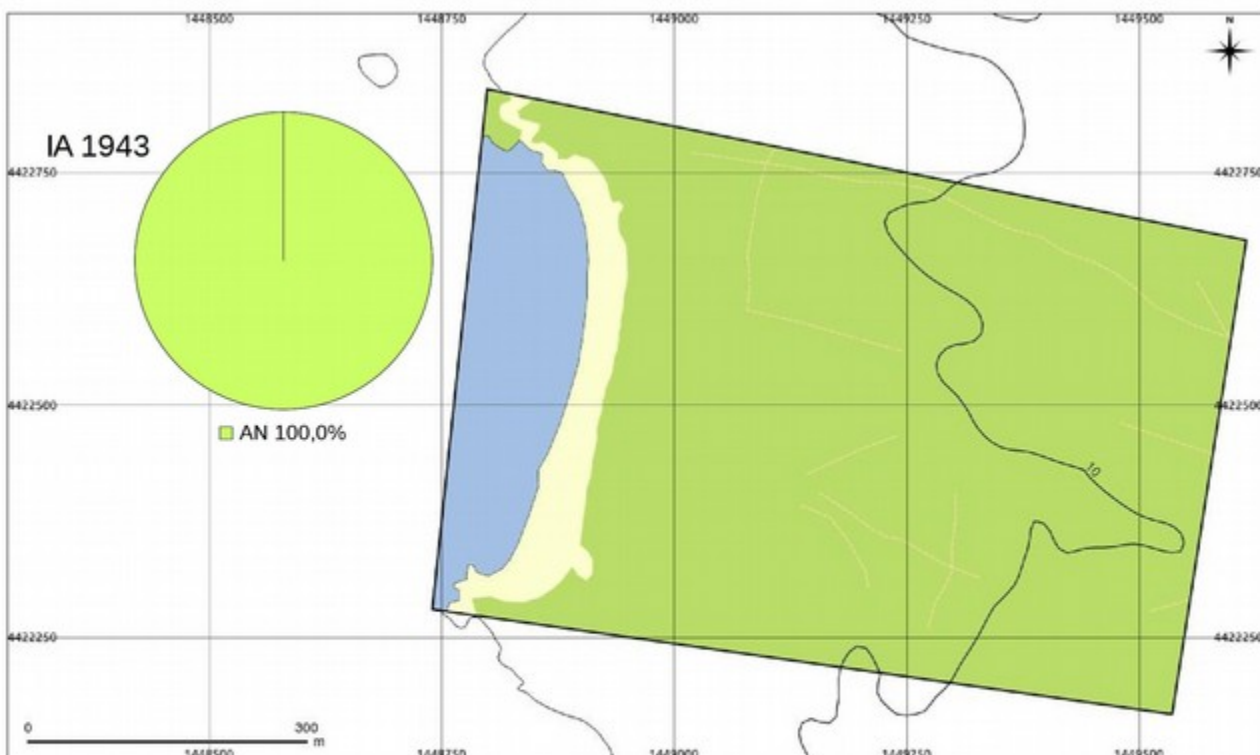


Fig. 4.4.6 – Is Arutas - IA: Carte Evolutive 1943 – 1954

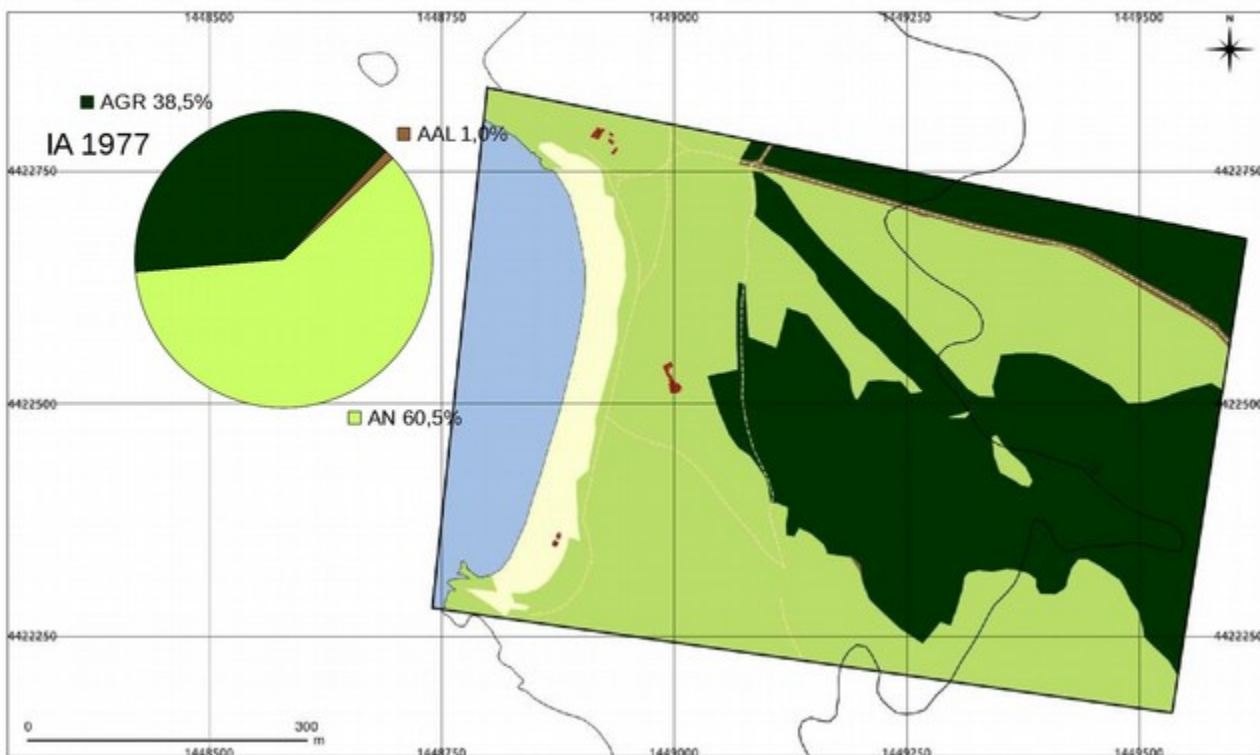
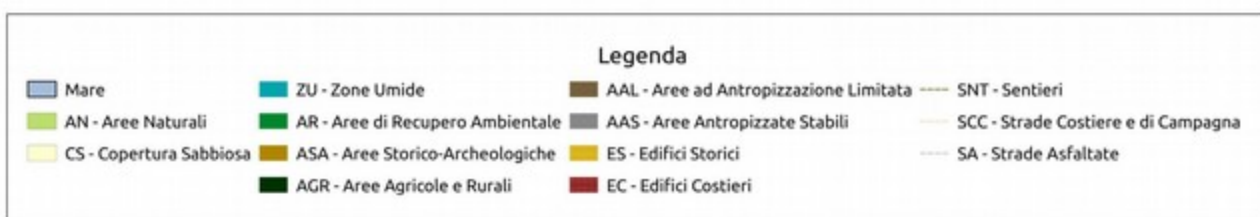
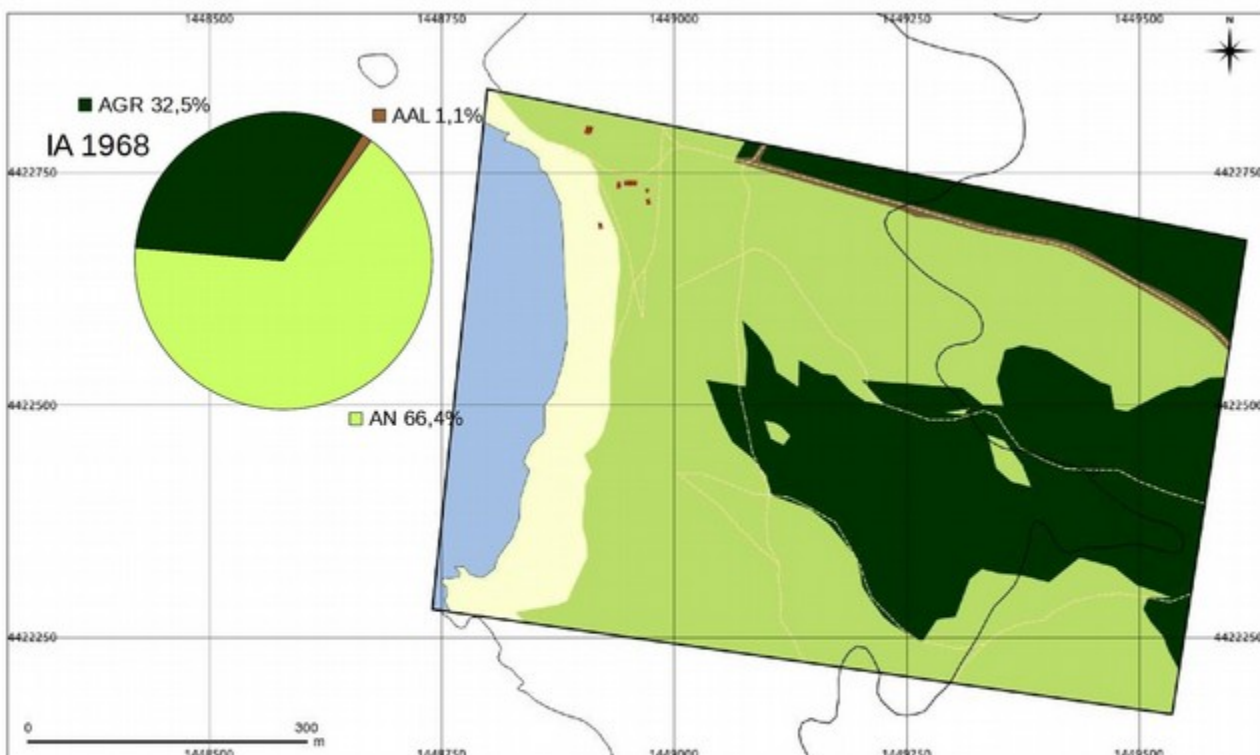


Fig. 4.4.7 – Is Arutas - IA: Carte Evolutive 1968 – 1977

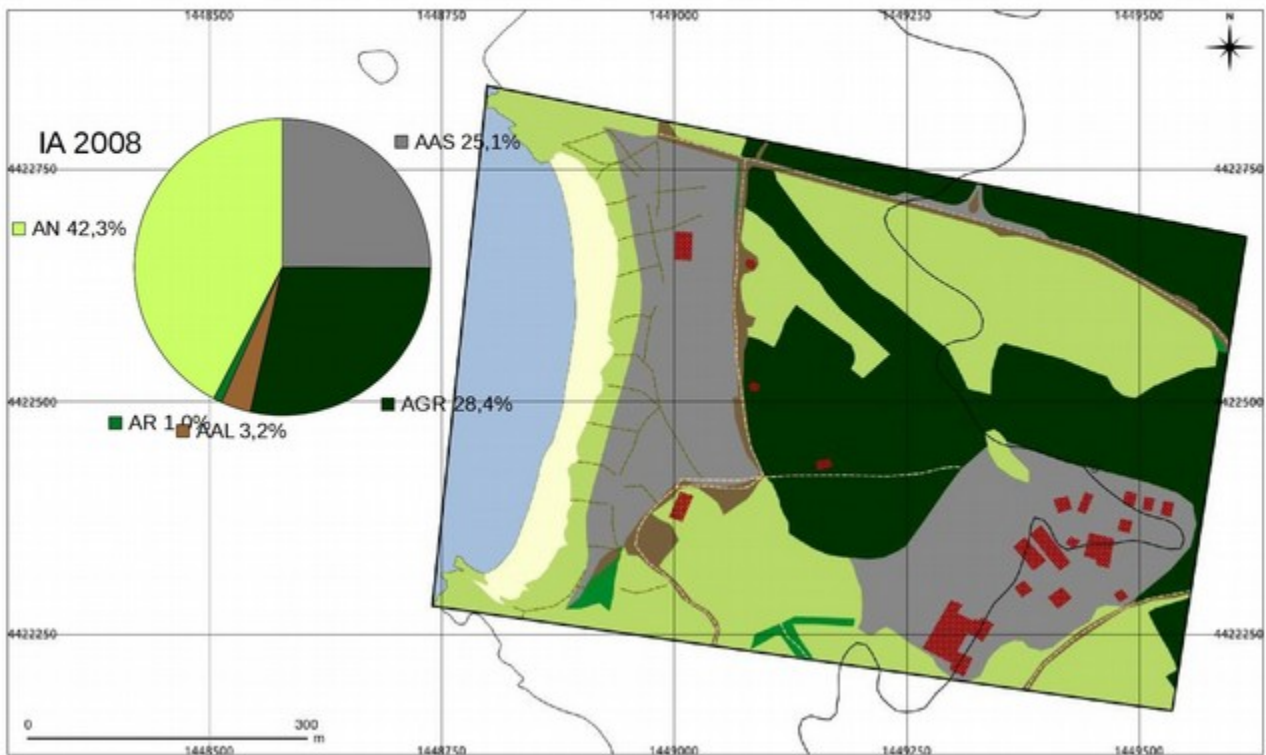
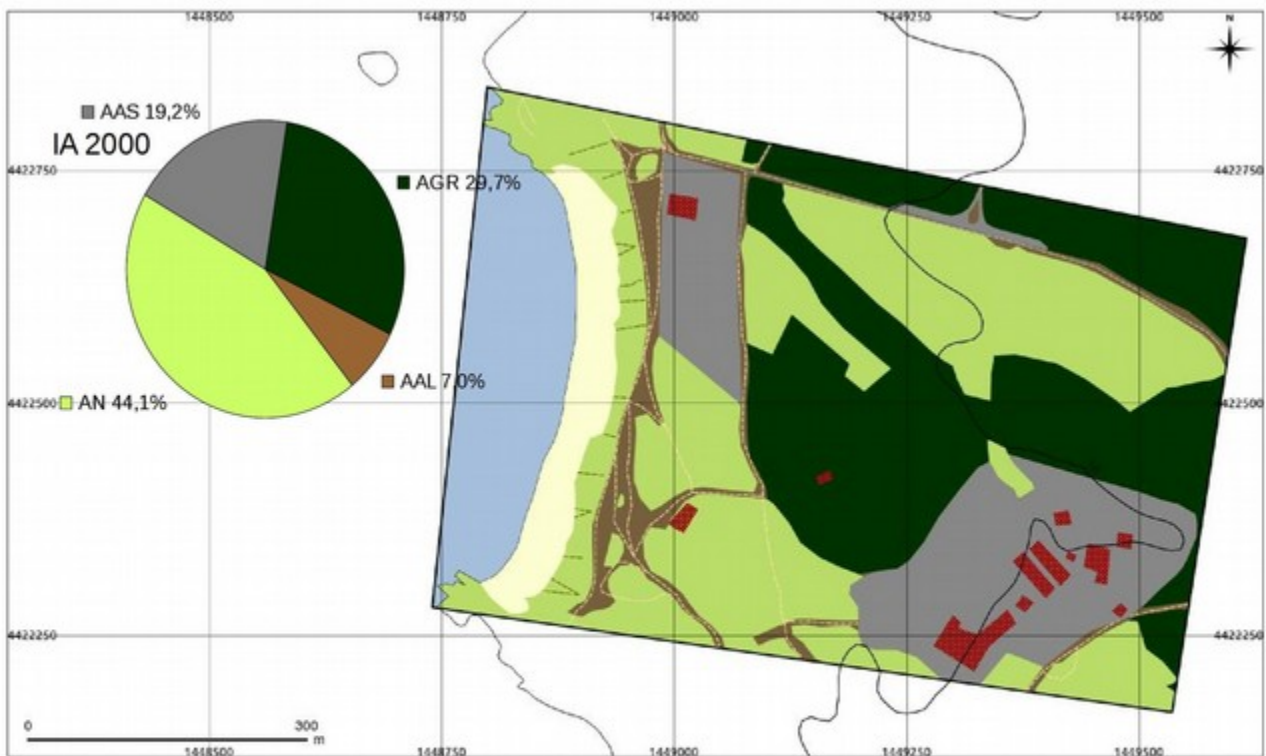


Fig. 4.4.8 – Is Arutas - IA: Carte Evolutive 2000 – 2008

4.4.3 *S'Archeddu 'e Sa Canna - SAC*

1943

Nel 1943 è presente una piuttosto vasta area antropizzata, le cui caratteristiche non fanno comprendere con certezza la sua destinazione d'uso. L'analisi delle ortofoto successive fa ritenere con ragionevole certezza che queste modifiche fossero preludio al passaggio di quella fetta di territorio ad uso agricolo.

1954

Nel 1954, come accennato, si nota la presenza di una parte di aree agricole o rurali, che incidono sulla superficie totale per oltre il 50%, facendo diminuire quindi notevolmente le aree naturali. In parallelo a queste modifiche si ha una maggior presenza di strade costiere e di campagna (SCC) (circa 750 metri), ma non si notano altri segni di una presenza antropica rilevante. Per quanto riguarda le aree naturali, come detto, il decremento è dovuto alla presenza delle citate aree agricole, ma i dati mostrano anche un aumento di circa il 15% della superficie sabbiosa, in lieve controtendenza con l'andamento delle due spiagge precedenti. Riguardo quest'ultimo dato c'è da considerare il fatto che possa aver inciso, oltre la normale od anormale fluttuazione temporale, l'incidenza dell'uomo: vi è infatti da notare come una delle strade costiere (assente nel 1943 e molto meno definita nel 1954), scorra molto vicina all'arenile, influenzando con molta probabilità sulle discrepanze rilevate.

1968

Nel 1968 vi è un ulteriore l'aumento della superficie destinata ad attività agricole o rurali, che incide ora sull'area di studio per quasi l'80%; la parte naturale viene quindi a diminuire ed occupa ora una porzione dell'area di studio netta piuttosto limitata; stessa tendenza negativa è assunta dalla superficie di copertura sabbiosa (-8,1%), anche se in maniera probabilmente del tutto fisiologica rispetto al 1954 ed al 1943 (+5,6%). Ancora in aumento le strade costiere, pur se si nota una loro maggiore razionalità, dettata probabilmente dalla presenza dalle stesse terre coltivate. Da segnalare la presenza di un edificio costiero (EC) nella parte centro settentrionale dell'area.

1977

La situazione appare simile a quella del 1968, con un rapporto tra superficie antropizzata e naturale del tutto analoga. Gli unici cambiamenti da segnalare riguardano lo sviluppo delle strade costiere, che, pur segnando un aumento non eccezionale della loro presenza evidenziano caratteristiche intersezioni multiple anche a pochissima distanza reciproca: questa situazione può però essere dovuta al periodo stagionale dell'ortofoto, presumibilmente relativa al periodo autunnale-invernale, situazione che, anche per via degli eventi meteomarinari visibili nell'ortofoto (analogamente a Mari Ermi ed Is Arutas) potrebbe anche aver condizionato la situazione della copertura sabbiosa, in diminuzione di quasi il 20%.

2000

Nel 2000, pur persistendo una situazione piuttosto statica rispetto alle altre aree di studio, si può notare la comparsa, nella parte nord-occidentale, di una piccola area di recupero ambientale (AR). Lungo la parte settentrionale e meridionale della strada costiera che corre parallela alla linea di riva si nota invece la comparsa di due piccole aree ad antropizzazione limitata, probabilmente stabilizzate dal flusso statico e dinamico dei mezzi di locomozione durante il periodo estivo. Le aree naturali e della copertura sabbiosa proseguono in un trend negativo, con quest'ultima in particolare che vede diminuire la sua superficie di quasi il 14%.

2008

Nel 2008 i principali cambiamenti consistono in una maggiore definizione antropica della strada costiera, in particolare ai due estremi settentrionale e meridionale dell'area di studio e nella comparsa di diverse area rinaturalizzate (ca. 2000 m²) tra le quali spicca quella posta nella parte nord-orientale dell'area, che incide sulla superficie totale dell'area per quasi il 7%. La copertura sabbiosa, come pure le aree naturali, appaiono ancora in diminuzione, pur se in maniera limitata rispetto all'intervallo 1977-2000.

Tab. 4.4.3 - S'Archeddu 'e Sa Canna – SAC: dati analisi tematismi

	1943	%ASN Δ%ASN Δ%T	1954	%ASN Δ%ASN Δ%T	1968	%ASN Δ%ASN Δ%T	1977	%ASN Δ%ASN Δ%T	2000	%ASN Δ%ASN Δ%T	2008	%ASN Δ%ASN Δ%T
ASL (m ²)	522503	-	522503	-	522503	-	522503	-	522503	-	522503	-
ASN (m ²)	479377	-	489655	-	495999	-	487006	-	483510	-	484963	-
AN (m ²)	378076	78,9	234201	47,8% -31,1% -38,1%	104193	21,0% -26,8% -55,5%	94173	19,3% -1,8% -9,6%	75478	15,6% -3,7% -19,9%	70866	14,6% -1,0% -6,1%
AR (m ²)	0	-	0	-	0	-	227	0,0%	5831	1,2% +1,2% +2468,9%	33300	6,9% +5,7% +471,0%
CS (m ²)	35461	-	40762	- +14,9%	37442	- -8,1%	30056	- -19,7%	25957	- -13,6%	23776	- -8,4%
LR (m ²)	703	-	698	- -0,7%	664	- -4,9%	675	- +1,0%	690	- +1,0%	682	- -1,2%
ZU (m ²)	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
AAL (m ²)	101301	21,1%	0	- -100% -100%	0	-	0	-	5323	1,1%	12679	2,6% +1,5% +138,2%
AGR (m ²)	0	-	255454	52,2%	391806	79,0% +26,8% +53,4%	392605	80,6% +1,6% +0,2%	396877	82,1% +1,4% +1,0%	368117	75,9% -6,2% -7,2%
AAS (m ²)	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
EC (m ²)	0	-	0	-	62	-	62	-	439	- +608,1%	654	- -49,0%
SNT (m)	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	647	-
SCC (m)	316	-	766	- +142,1%	1733	- +126,3%	2685	- +54,9%	1774	- -33,9%	1788	- +0,8%
SA (m)	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
ES (m ²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ASA (m ²)	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-

Legenda ASL - Area di Studio Lorda

ASN - Area di Studio Netta

AN - Aree Naturali

AR - Aree di Recupero Ambientale

CS - Copertura Sabbiosa

LR - Linea di Riva

ZU - Zone Umide

AAL - Area ad Antropizzazione Limitata

AGR - Aree Agricole

AAS - Aree Antropizzate Stabili

EC - Edifici Costieri

SNT - Sentieri

SCC - Strade Costiere

SA - Strade Asfaltate

ES - Edifici Storici

ASA - Aree Storico-Archeologiche

%ASN - percentuale copertura su ASN

Δ%T: - incremento percentuale del tematismo

Δ%ASN - incremento percentuale copertura su ASN

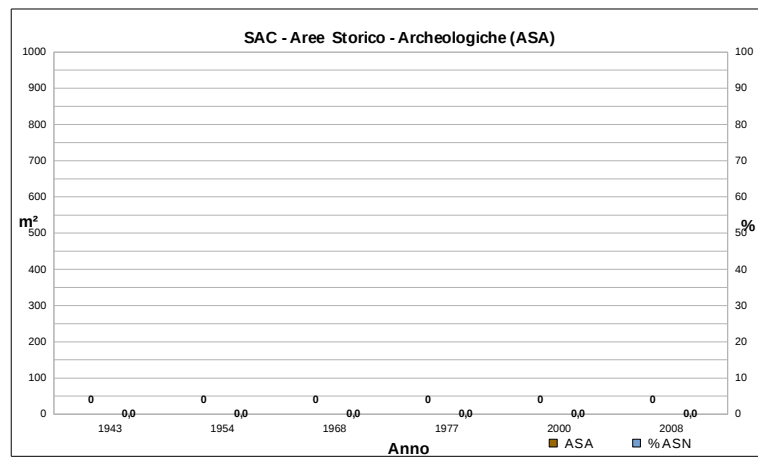
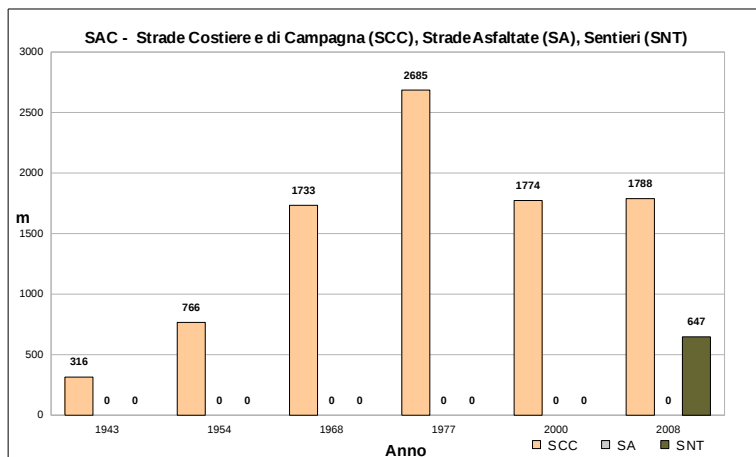
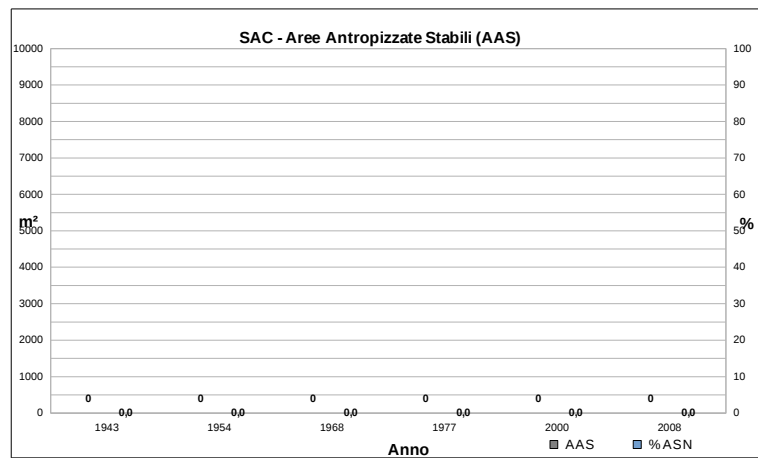
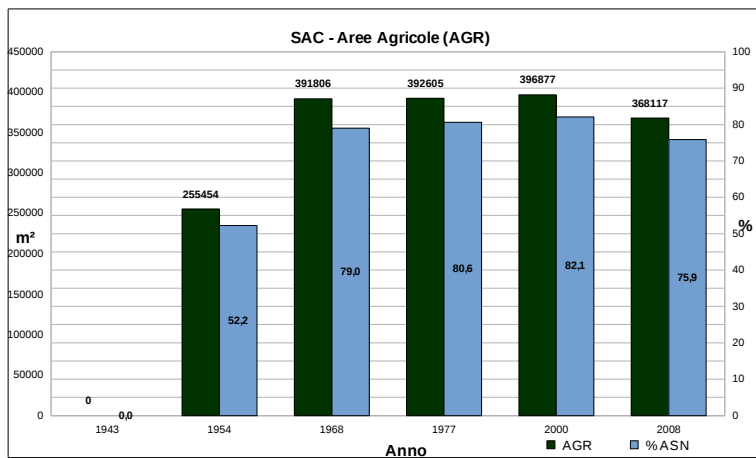
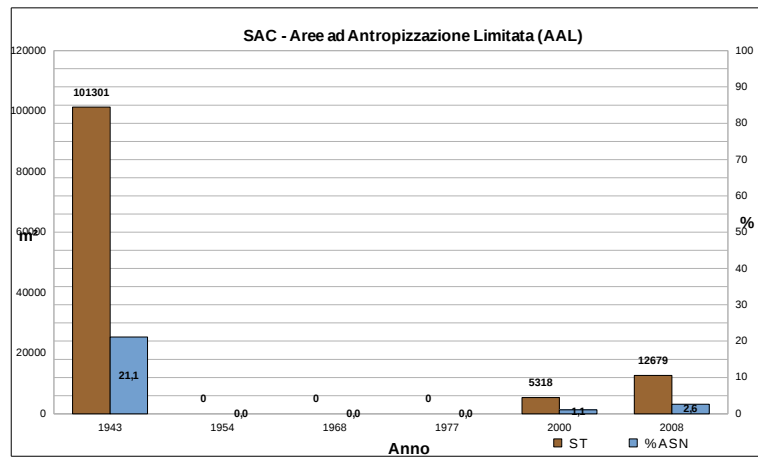
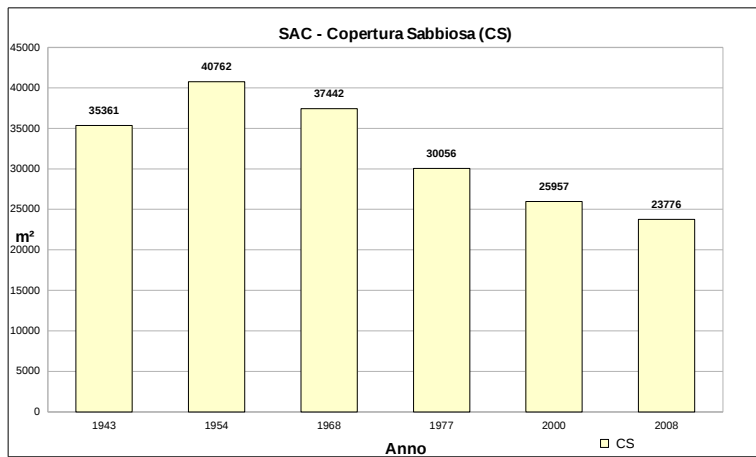
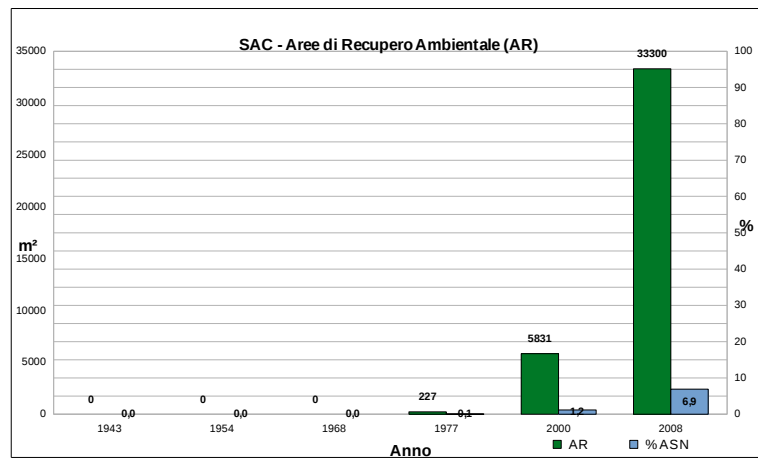
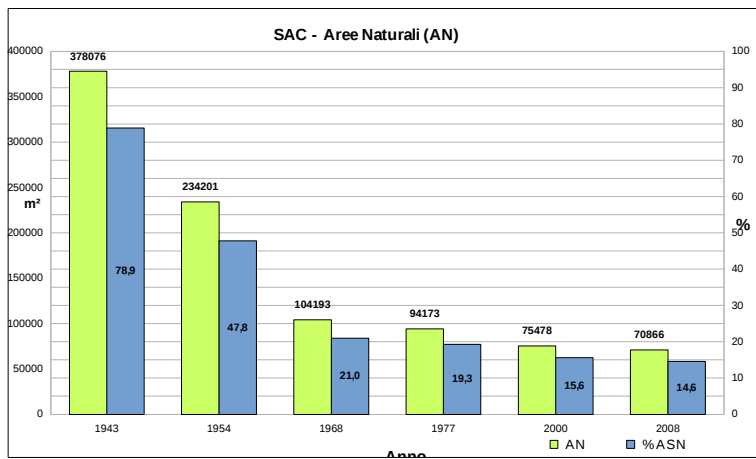


Fig. 4.4.9 – S'Archeddu 'e Sa Canna: Istogrammi tematismi

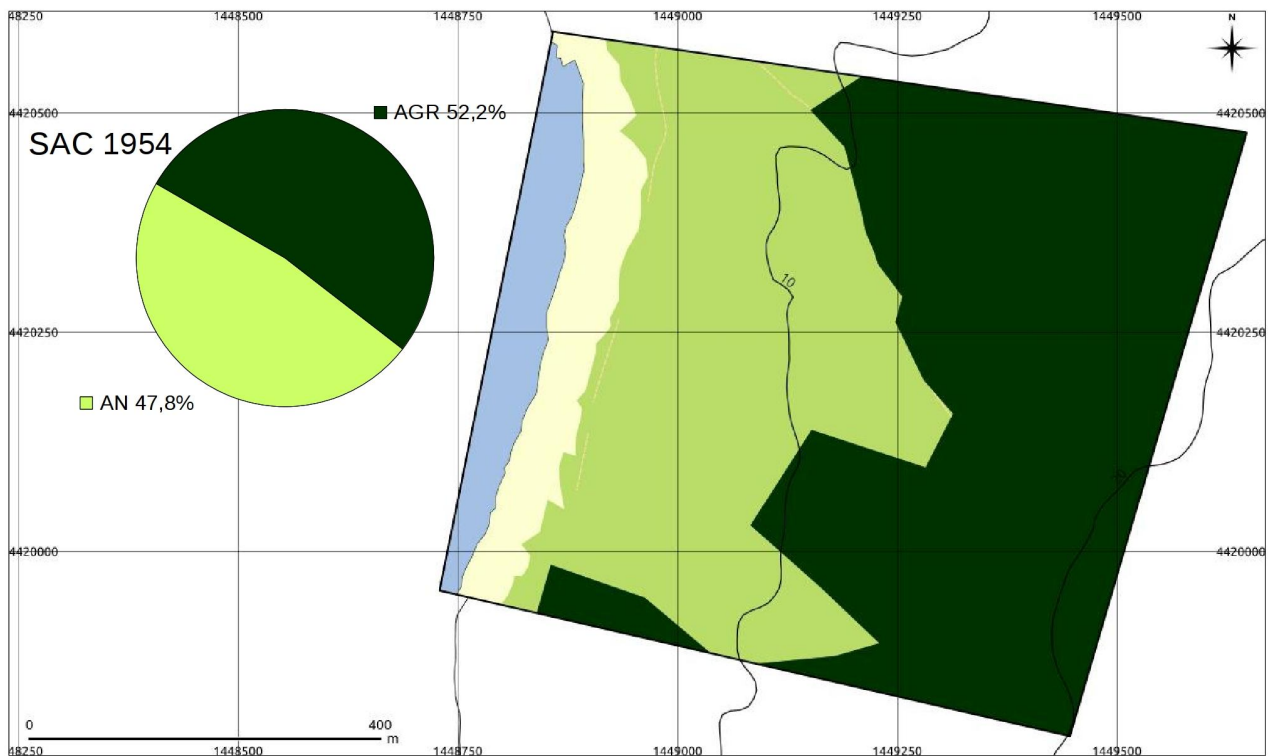
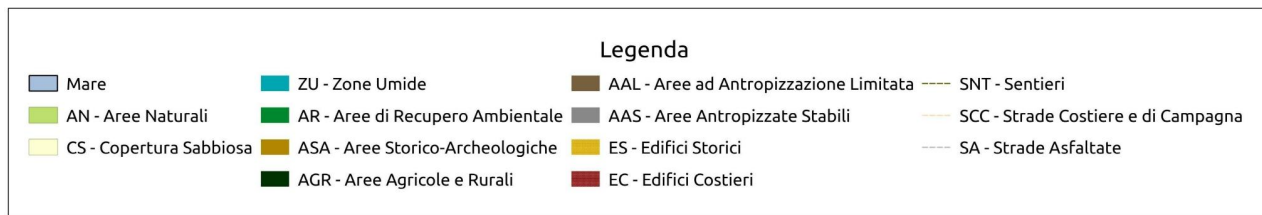
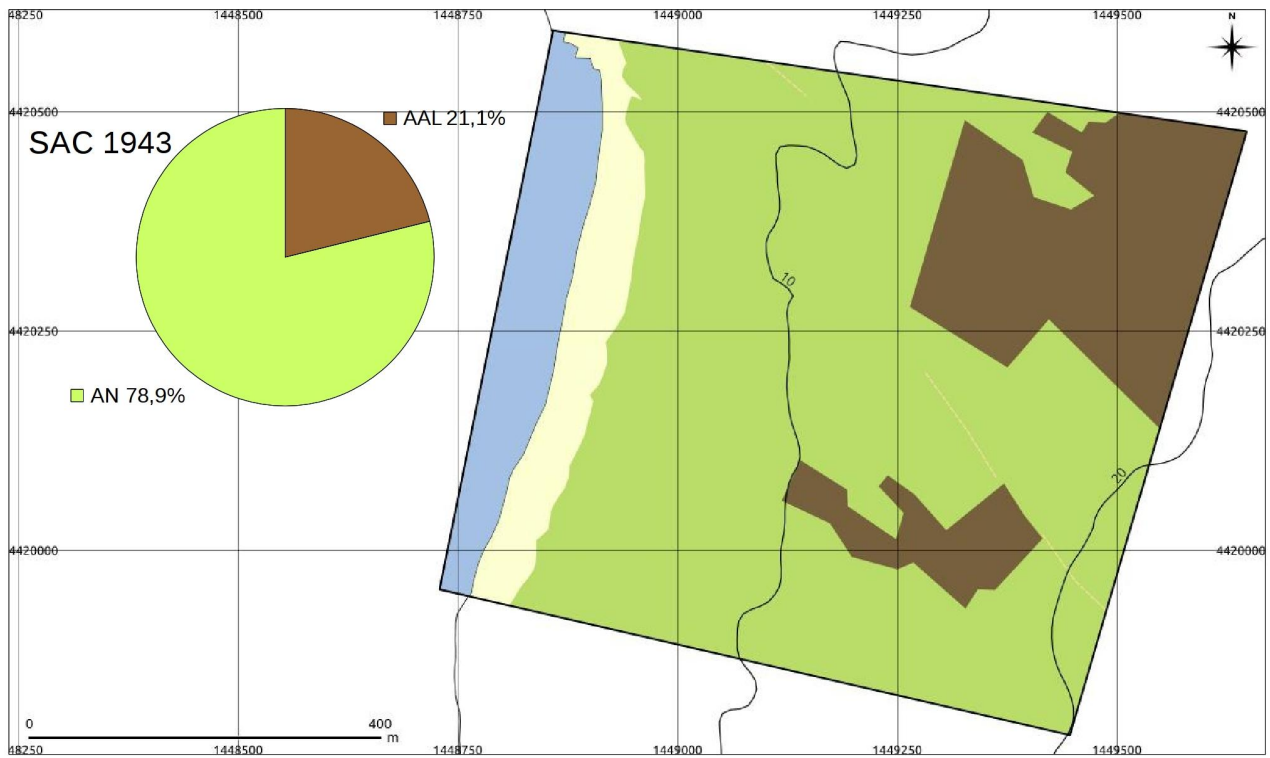


Fig. 4.4.10 - S'Archeddu 'e Sa Canna – SAC: Carte Evolutive 1943 – 1954

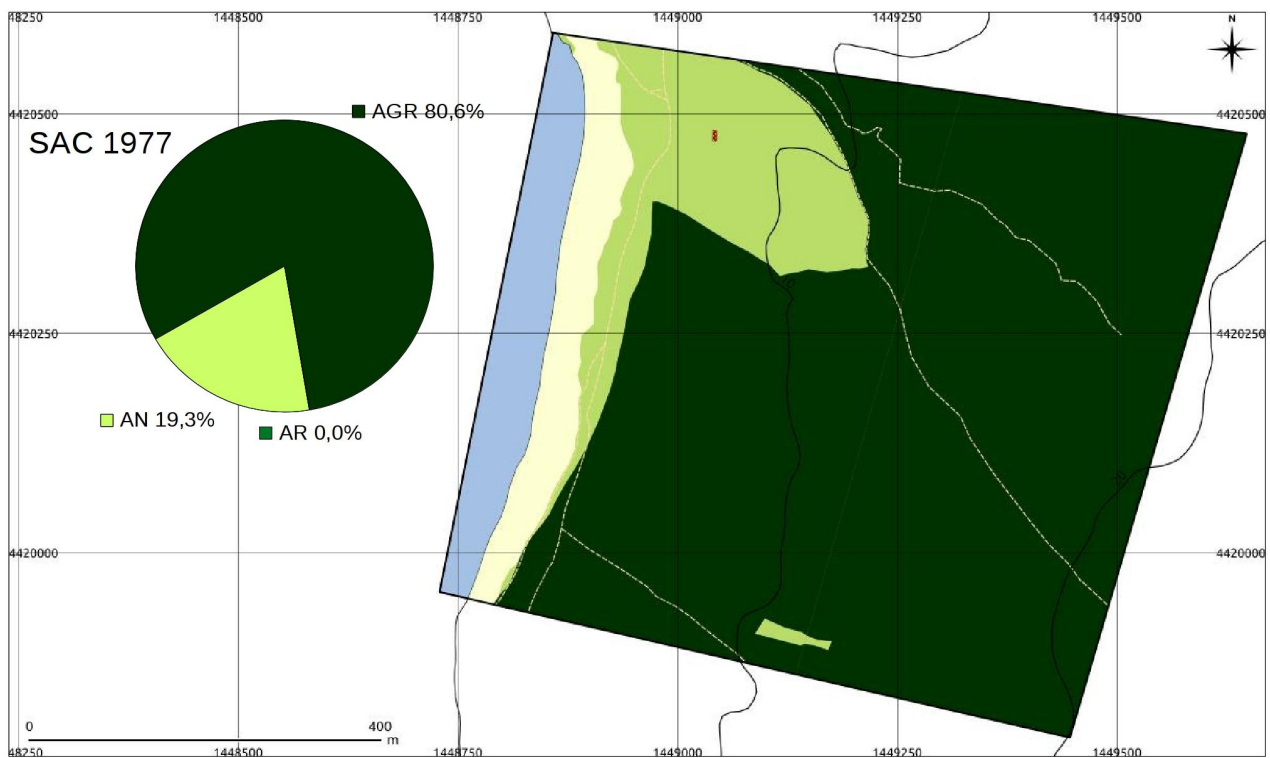
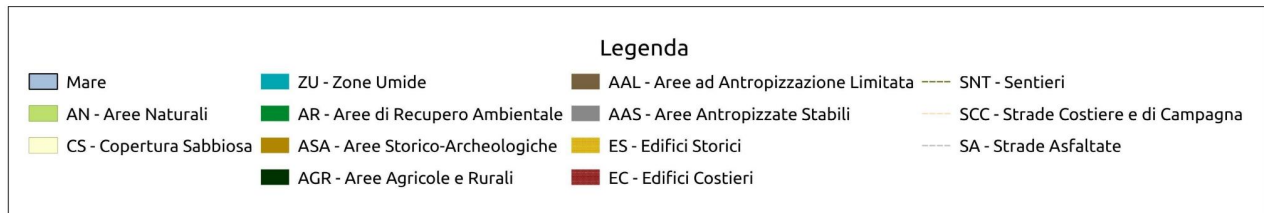
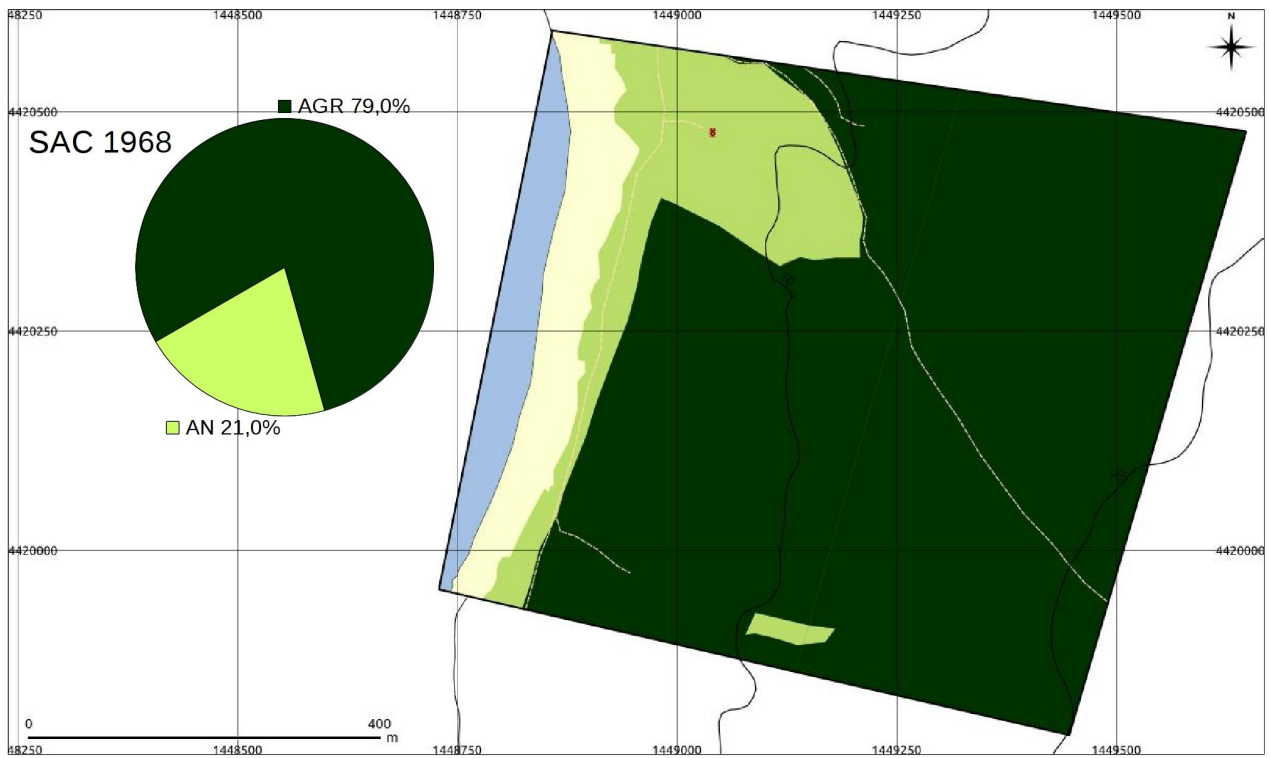


Fig. 4.4.11 - S'Archeddu 'e Sa Canna – SAC: Carte Evolutive 1954 – 1968

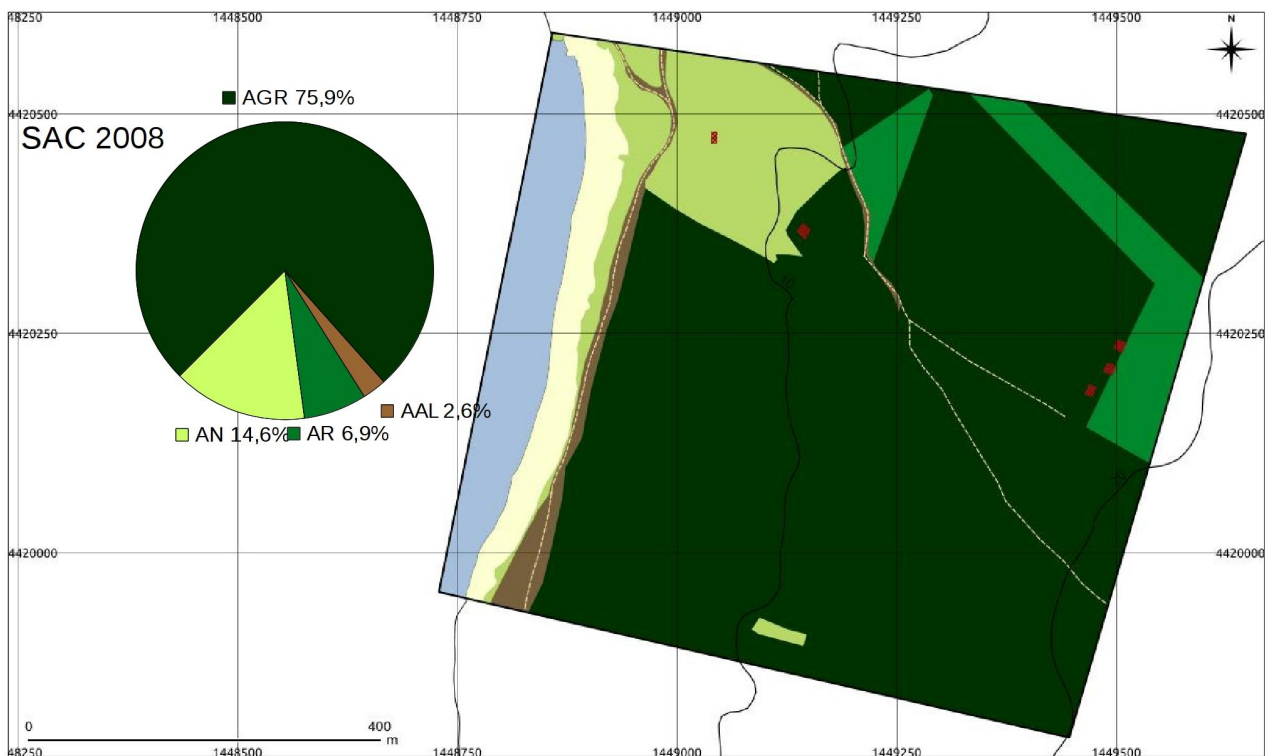
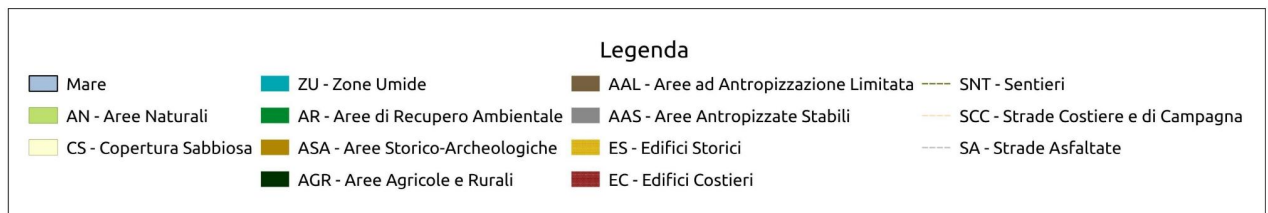
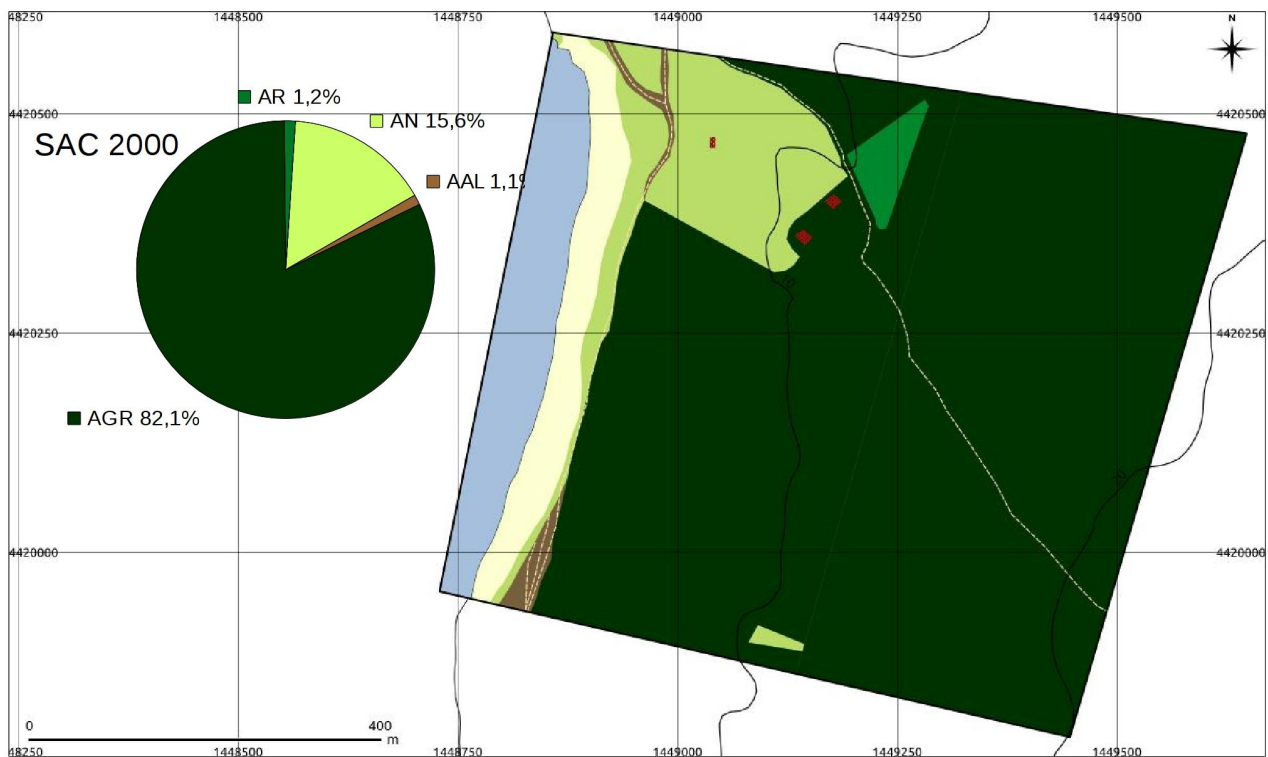


Fig. 4.4.12 - S'Archeddu 'e Sa Canna – SAC: Carte Evolutive 2000 – 2008

4.4.4 Maimoni - MM

1943

Già nel 1943 Maimoni presenta alcuni segni delle attività umane, anche se in maniera abbastanza limitata. La presenza di superfici dedicate ad uso agricolo o rurale (AGR), incide in maniera piuttosto frammentata per il 12,6% sulla superficie netta di studio (ASN) mentre l'estensione delle strade costiere e di campagna (SCC), appare piuttosto limitata. Da notare come nella parte centro settentrionale lo stagno retrodunale si presenti in una situazione attiva, con una superficie di circa 1300 m².

1954

Nel 1954 la superficie agraria si mostra più che raddoppiata, arrivando ad incidere sulla superficie di studio netta per il 26,2% e di conseguenza la superficie naturale diminuisce di circa il 14%. Esclusa questa evidente variazione, gli altri parametri esaminati, sia naturali che antropici, pur differenti a livello morfologico (come gli stagni retrodunali (ZU)), si mostrano in sostanziale equilibrio rispetto al 1943.

1968

Nel 1968 la superficie delle aree agricole mostra un incremento di circa il 70% rispetto al 1954, arrivando ad incidere per oltre il 45% della superficie netta di studio e provocando una diminuzione delle aree naturali (AN) di quasi il 40%. Si può anche notare come queste aree lambiscano inoltre il sistema di spiaggia, influenzando con ragionevole probabilità anche sulla diminuzione della superficie copertura sabbiosa (-15,7%), in linea con quanto già detto in precedenza per S'Archeddu 'e Sa Canna. Quasi triplicata la lunghezza delle strade costiere e di campagna presenti in linea con l'andamento dei parametri precedentemente detti.

1977

Le aree naturali si mostrano ancora in diminuzione (-9,1%), con questa variazione che va ad incidere prevalentemente sull'area di spiaggia, che vede un decremento della copertura sabbiosa del 22,0% e l'area precedentemente occupata dagli stagni retrodunali che ora risulta antropizzata (AAL). Sono modifiche importanti che sono andate ad incidere sull'assetto del sistema di spiaggia portandolo ad una situazione di contrazione, peraltro già evidenziata anche nelle spiagge di Mari Ermi, Is Arutas e S'Archeddu 'e Sa Canna. Gli altri parametri esaminati mostrano solo variazioni trascurabili, se si eccettua la comparsa di piccole aree identificate come di recupero (AR) lungo la parte centrale dell'area di studio.

2000

I dati ricavati dall'esame di questa ortofoto evidenziano un aumento delle aree ad uso agricolo e rurale (+17,0%) ed una diminuzione di quella ad antropizzazione limitata (-32,5%), che però assumono contorni ancora più definiti.

Le strade costiere e di campagna subiscono un aumento di oltre il 40%, dopo aver osservato una certa stabilità tra il 1968 ed il 1977, incremento riconducibile in parte ad una maggiore frequentazione della zona nel periodo estivo. Le aree naturali continuano nel loro trend negativo, diminuendo del 8,9% rispetto al 1977 ed incidendo ora per meno della metà (38,0%) sull'area di studio netta.

2008

Nella carta del 2008 si può notare come sia stata recuperata una parte del sistema di spiaggia di Maimoni, per molto tempo interessata da antropizzazione limitata (AAL). La chiusura degli accessi agli autoveicoli e la creazione di una serie di percorsi di accesso alla spiaggia (SNT) ha consentito una nuova espansione della zona dunale e retodunale, nonché la nuova formazione degli stagni retrodunali temporanei, pur se non presenti nell'ortofoto. La razionalizzazione delle strade costiere e di campagna, nonché anch'esse una lieve diminuzione delle aree destinate ad uso agricolo e rurale, segnano certamente un'inversione di tendenza nello sviluppo ambientale di quest'area, destinata comunque ad un uso anche turistico, come evidenziato dall'incrementata presenza di strutture (EC) adibite a servizi turistici.

Tab. 4.4.4 - Maimoni – MM: Dati analisi tematismi

	1943	%ASN Δ%ASN Δ%T	1954	%ASN Δ%ASN Δ%T	1968	%ASN Δ%ASN Δ%T	1977	%ASN Δ%ASN Δ%T	2000	%ASN Δ%ASN Δ%T	2008	%ASN Δ%ASN Δ%T
ASL (m ²)	1192553	- - -	1192553	- - -	1192553	- - -	1192553	- - -	1192553	- - -	1192553	- - -
ASN (m ²)	932861	- - -	949745	- - -	939156	- - -	932944	- - -	924247	- - -	927374	- - -
AN (m ²)	815321	87,4% - -	700747	73,8% -13,6% -14,1%	422292	45,0% -28,8% -39,7%	383953	41,2% -3,8% -9,1%	349828	38,0% -3,2% -8,9%	345361	37,2% -0,8% -1,3%
AR (m ²)	0	- - -	0	- - -	0	- - -	3831	0,4% - -	6602	0,7% +0,3% +72,3%	67069	7,2% +6,5% +915,8%
CS (m ²)	247944	- - -	248668	- - +0,3%	209570	- - -15,7%	163378	- - -22,0%	146087	- - -10,6%	146182	- - +0,1%
LR (m ²)	1930	- - -	1892	- - -2,0%	1906	- - +0,7%	1903	- - -0,2%	1781	- - -5,9%	1837	- - +3,1%
ZU (m ²)	14517	- - -	13968	- - -3,8%	17695	- - +26,7%	0	- - -100%	0	- - -	0	- - -
AAL (m ²)	0	- - -	0	- - -	90819	9,6% - -	145209	15,5% +5,9 +59,9%	97937	10,6% -4,9% -32,5%	83828	9,1% -1,5% -14,4%
AGR (m ²)	117540	12,6% - -	248998	26,2% +13,6% +111,8%	426045	45,4% +19,2% +71,1%	399951	42,9% -2,5% -6,1%	468060	50,6% +7,7% +17,0%	431116	46,5% -4,1% -7,9%
AAS (m ²)	0	- - -	0	- - -	0	- - -	0	- - -	0	- - -	0	- - -
EC (m ²)	0	- - -	0	- - -	0	- - -	49	- - -	159	- - +224,9%	968	- - +508,8%
SNT (m)	0	- - -	0	- - -	586	- - -	533	- - -9,0%	324	- - -39,2%	941	- - +190,4%
SCC (m)	1301	- - -	1248	- - -4,1%	3464	- - +177,6%	3606	- - +4,1%	5056	- - +40,2%	3526	- - -30,3%
SA (m)	0	- - -	0	- - -	0	- - -	0	- - -	0	- - -	0	- - -
ES (m ²)	-	- - -	-	- - -	-	- - -	-	- - -	-	- - -	-	- - -
ASA (m ²)	0	- - -	0	- - -	0	- - -	0	- - -	0	- - -	0	- - -

Legenda ASL - Area di Studio Lorda

ASN - Area di Studio Netta

AN - Aree Naturali

AR - Aree di Recupero Ambientale

CS - Copertura Sabbiosa

LR - Linea di Riva

ZU - Zone Umide

AAL - Area ad Antropizzazione Limitata

AGR - Aree Agricole

AAS - Aree Antropizzate Stabili

EC - Edifici Costieri

SNT - Sentieri

SCC - Strade Costiere

SA - Strade Asfaltate

ES - Edifici Storici

ASA - Aree Storico-Archeologiche

%ASN - percentuale copertura su ASN

Δ%T: - incremento percentuale del tematismo

Δ%ASN - incremento percentuale copertura su ASN

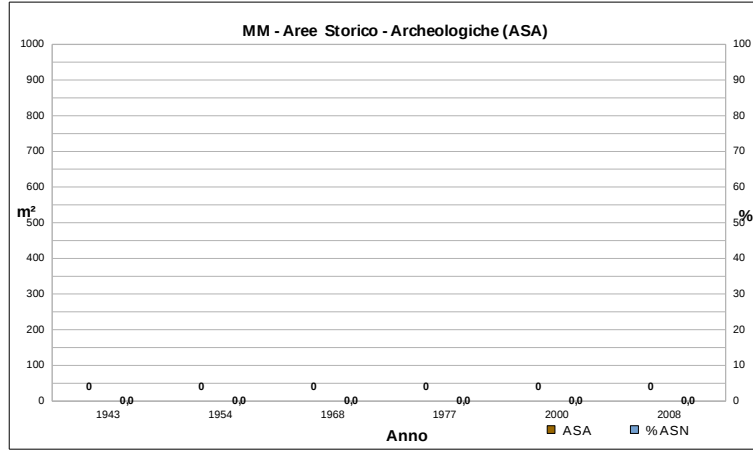
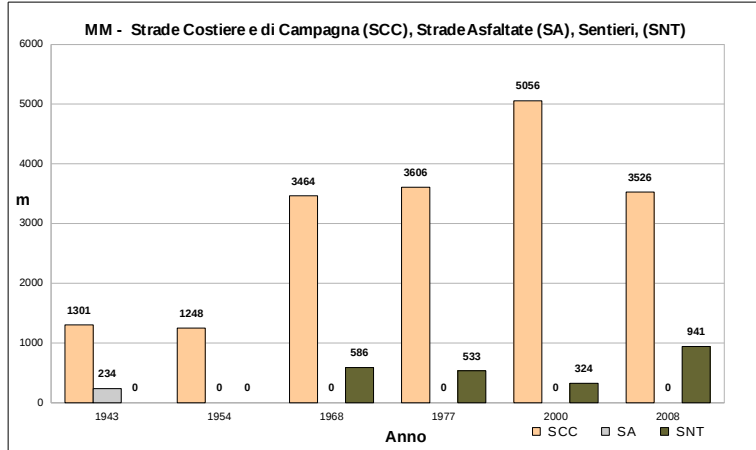
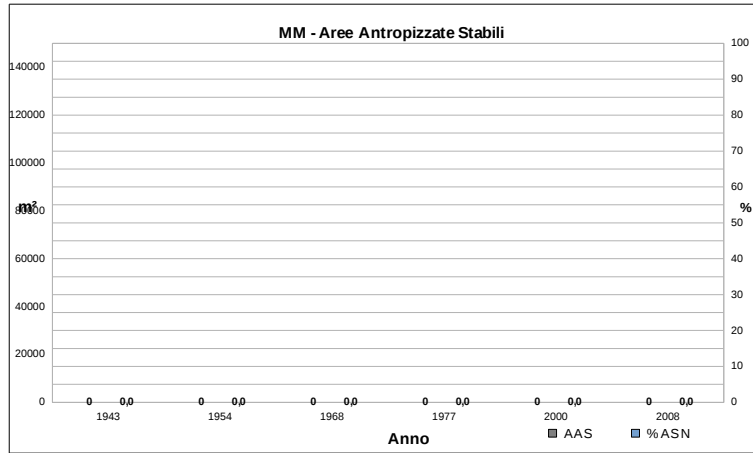
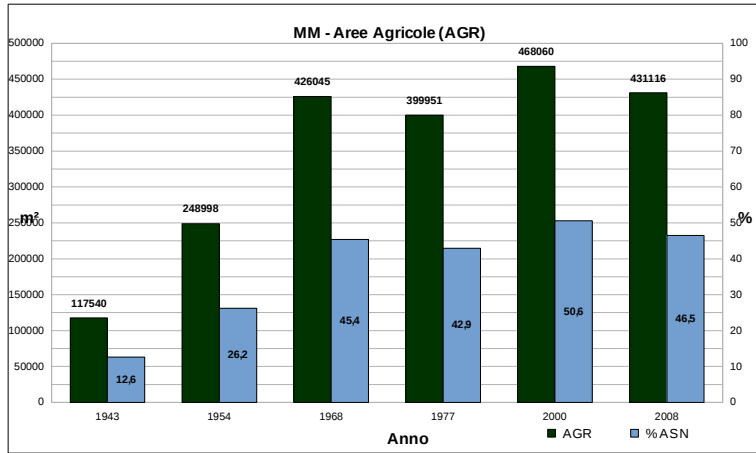
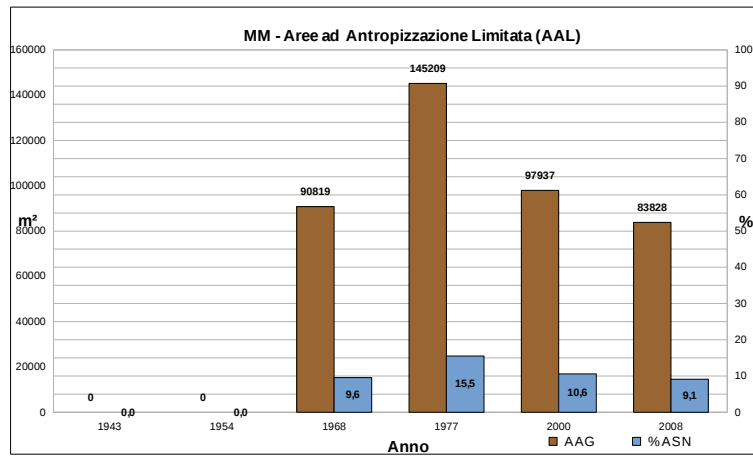
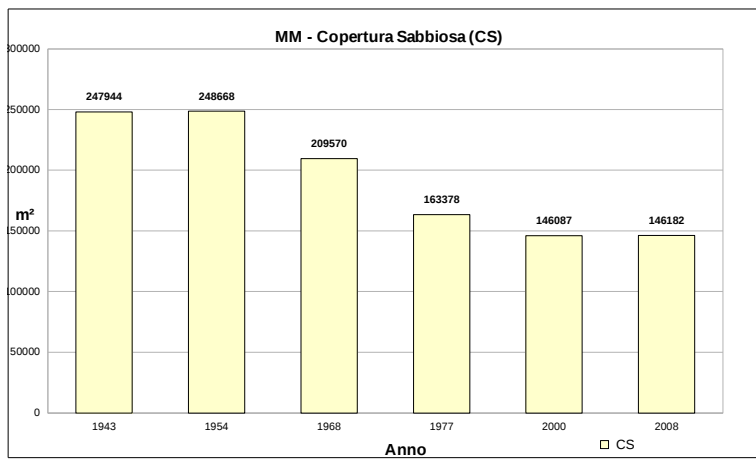
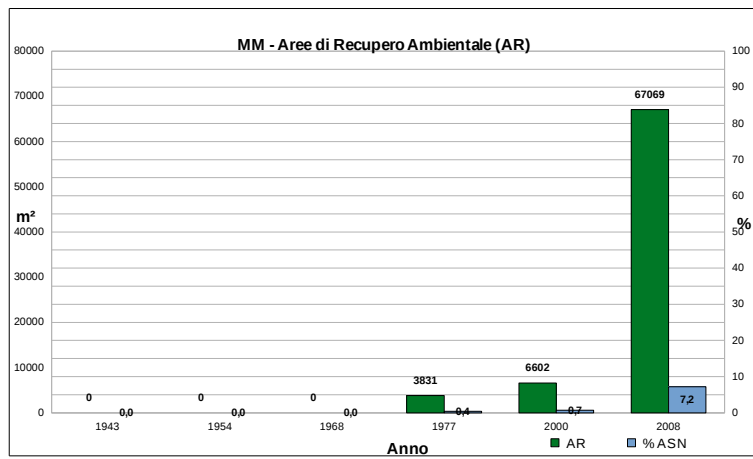
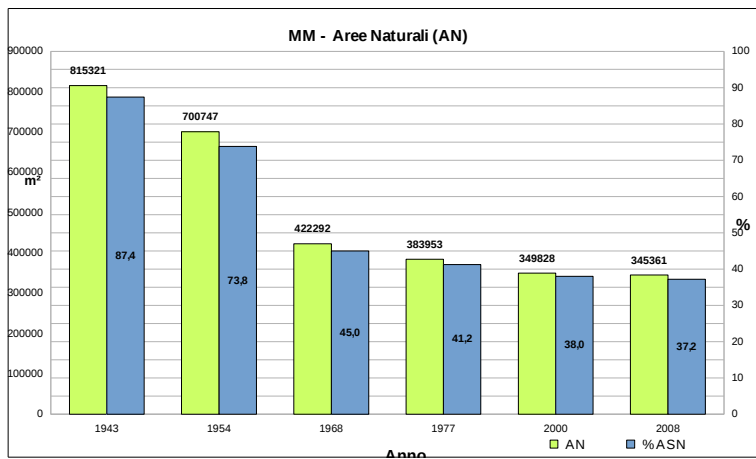


Fig. 4.4.13 – Maimoni – MM: Istogrammi tematismi

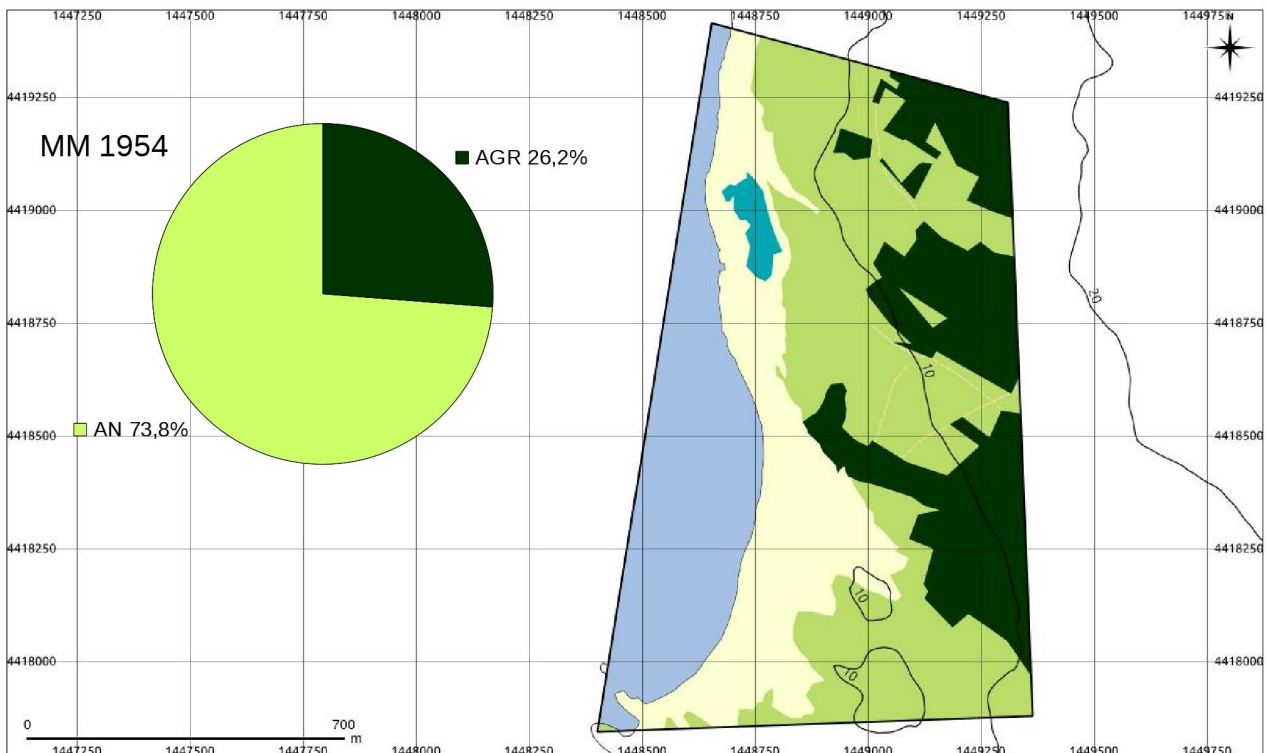
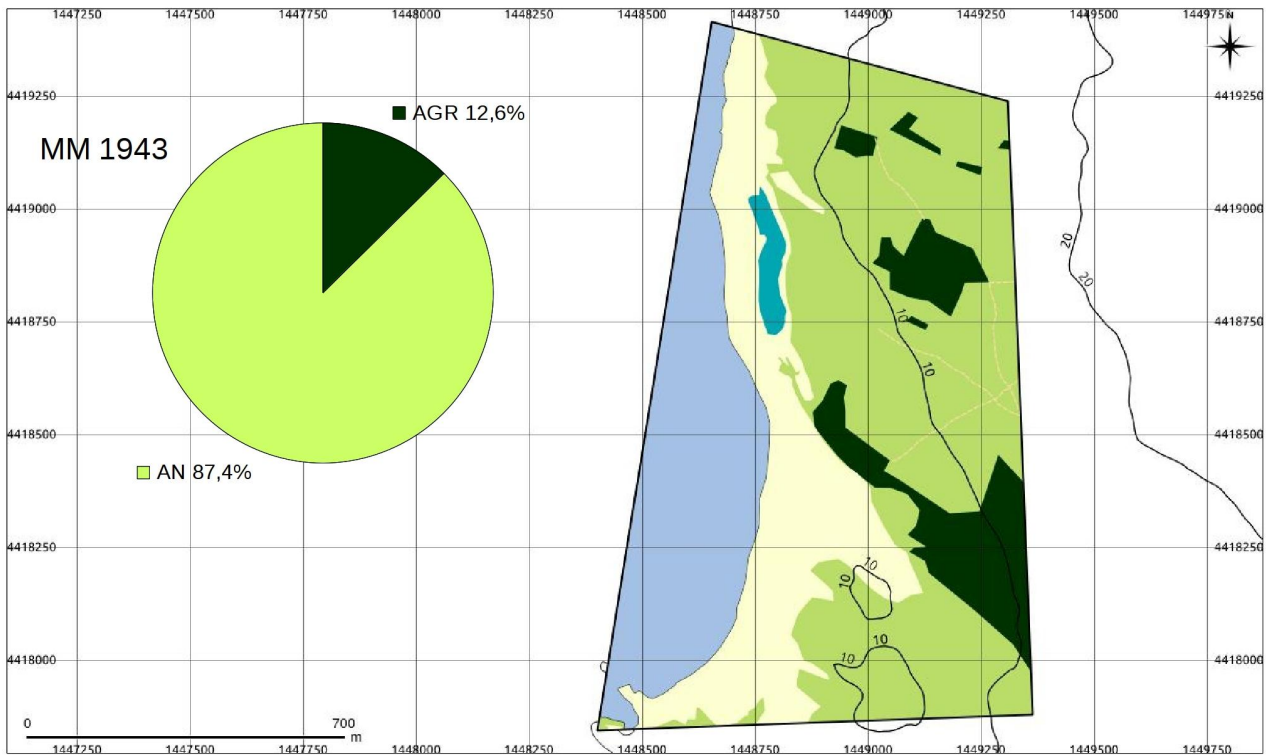


Fig. 4.4.14 - Maimoni – MM: Carte Evolutive 1943 – 1954

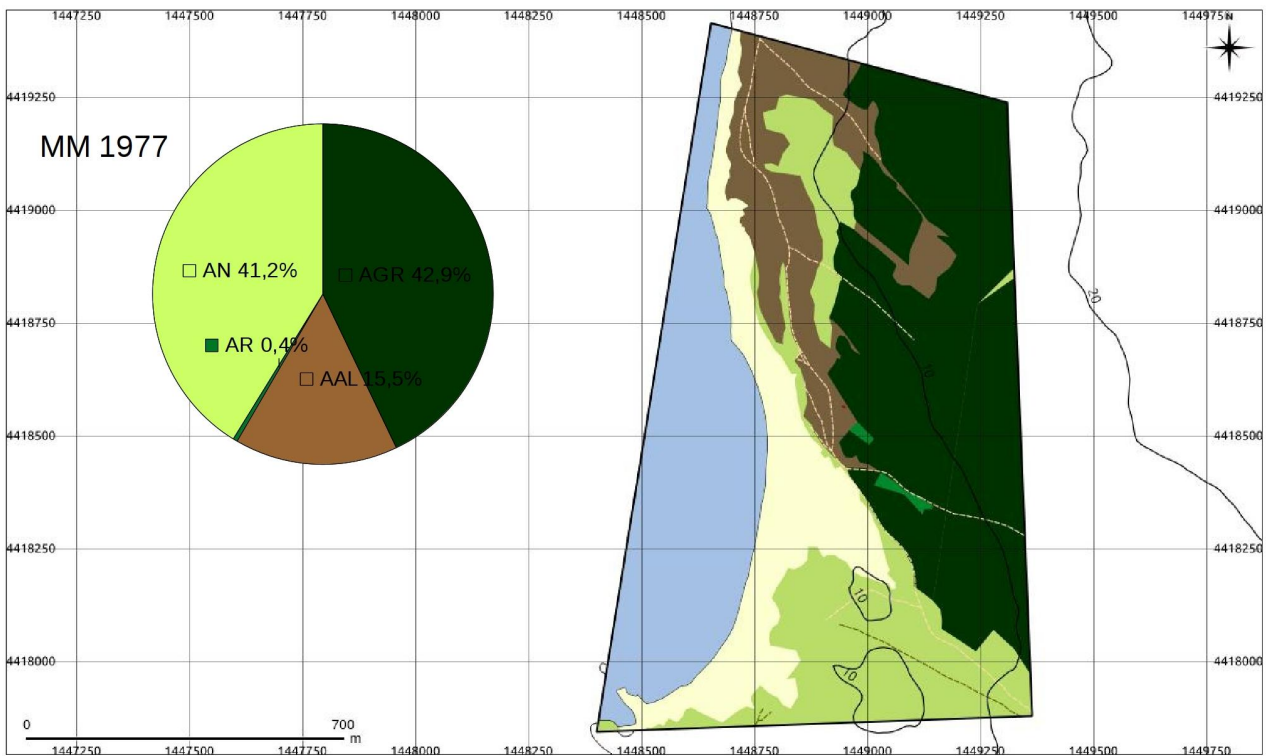
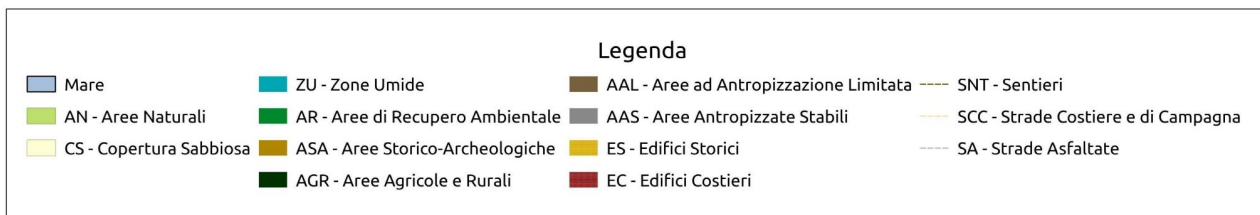
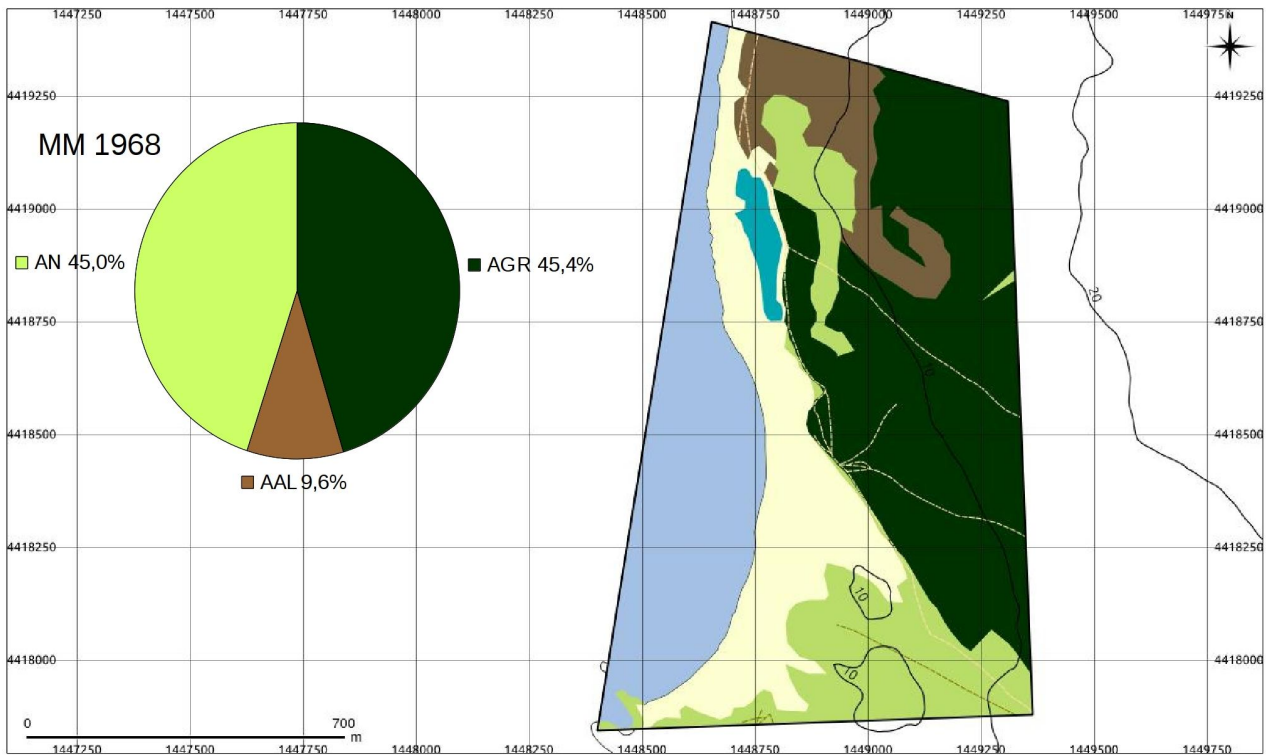


Fig. 4.4.15 - Maimoni – MM: Carte Evolutive 1968 – 1977

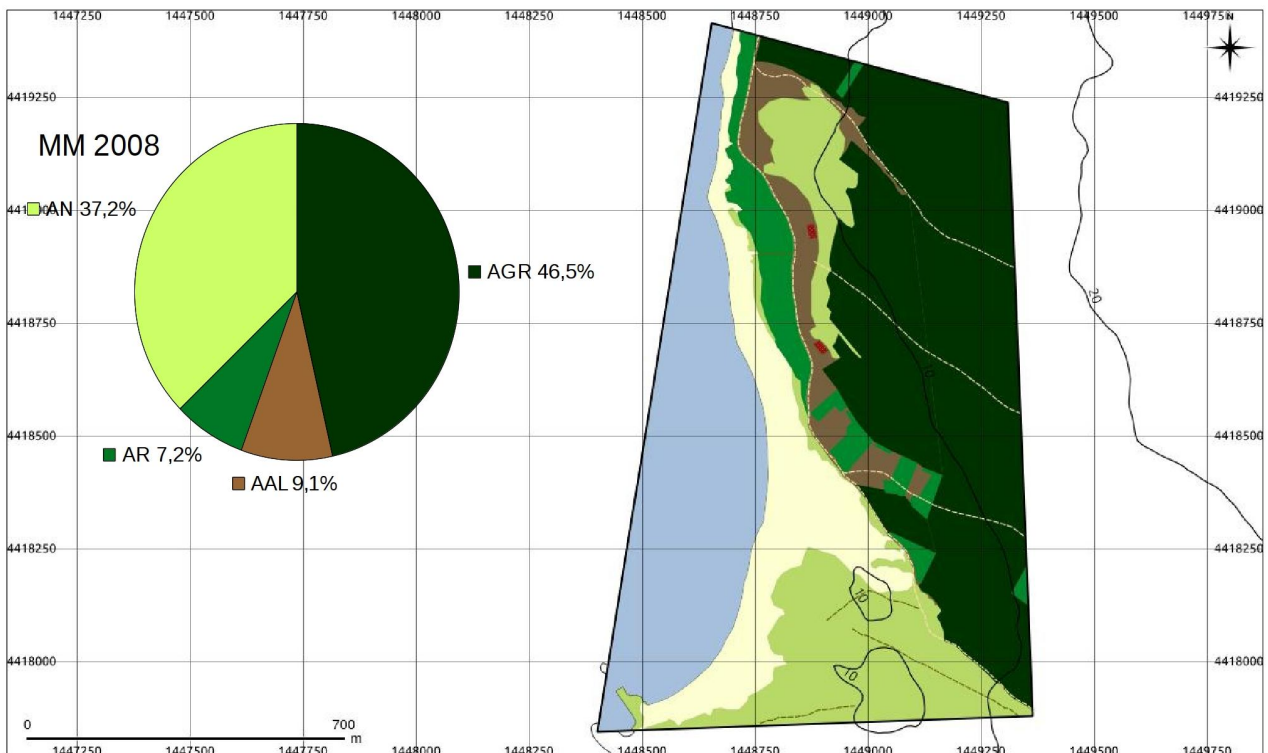
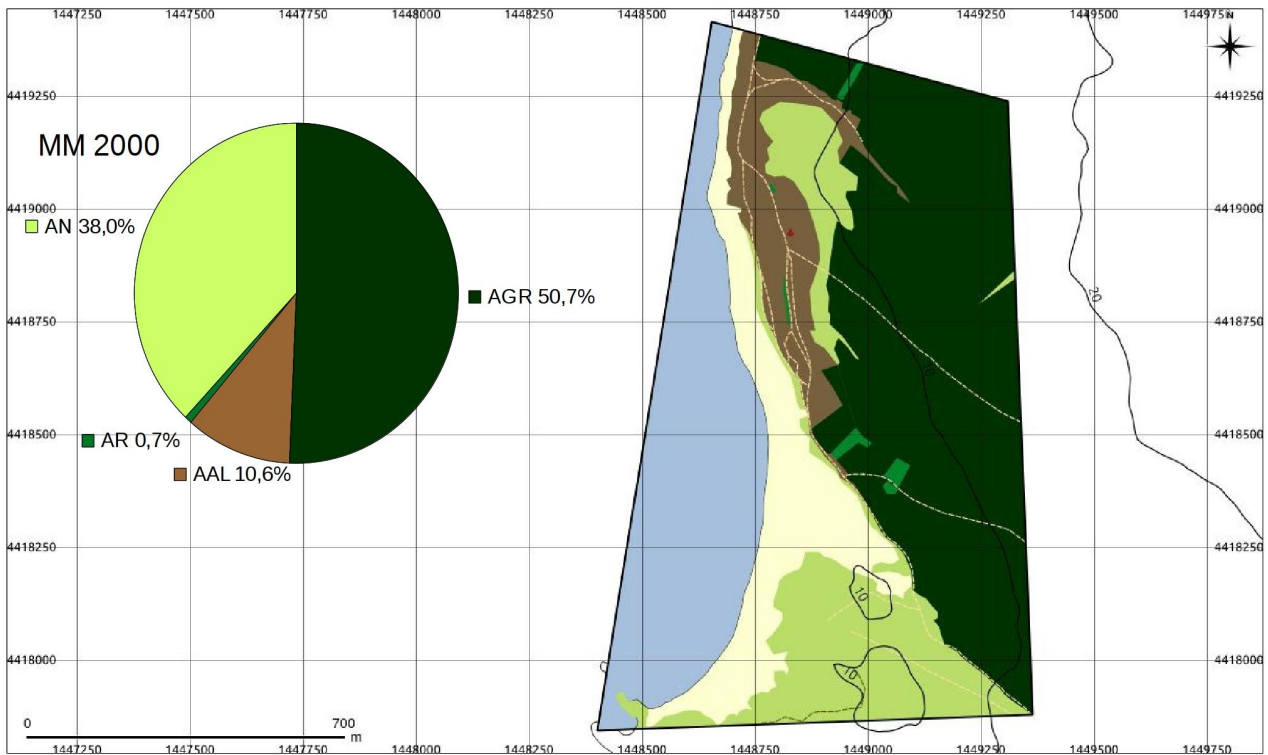


Fig. 4.4.16 - Maimoni – MM: Carte Evolutive 2000 – 2008

4.4.5 *Funtana Meiga -FM*

1943

A differenza delle precedenti aree in esame, quella di Funtana Meiga risulta notevolmente antropizzata già nel 1943. La superficie naturale (AN) ricopre poco più del 40% del territorio, essendo la restante parte occupata da aree destinate ad uso agricolo (AGR). Limitati gli altri impatti, corrispondenti alle strade costiere e di campagna (SCC), estese per poco più di 300 metri.

1954

Situazione pressoché analoga a quella del 1943, ma con un ulteriore aumento della superficie destinata ad uso agricolo a discapito di quella ricoperta dalle aree naturali (-16,2%). In aumento anche la copertura delle strade costiere, per più del doppio della lunghezza rispetto al 1943.

Copertura sabbiosa (CS) in lieve aumento (+5,9%) e lunghezza della linea di riva (LR) sostanzialmente stabile.

1968

Le superfici naturali risultano ridotte a meno del 15% per la maggior parte relative al solo sistema di spiaggia e dunale. La copertura delle aree agricole e rurali si estende quindi per oltre il 75% del territorio di Funtana Meiga, mentre si nota la comparsa di alcuni edifici costieri (EC) ed un ulteriore aumento delle strade costiere e di campagna, per una lunghezza di quasi 2500 metri. Trend confermati per la copertura sabbiosa e la lunghezza della linea di riva.

1977

Il 1977 si caratterizza principalmente per due eventi: il primo riguarda la comparsa di alcune piccole aree identificate come di recupero ambientale estese per circa 11000 m² lungo la parte nord-occidentale dell'area di studio e che hanno interessato zone precedentemente destinate ad uso agricolo.. Il secondo, di tenore diametralmente opposto riguarda il notevole aumento degli edifici costieri, per di più localizzati lungo il sistema di spiaggia: si tratta dei cosiddetti "casotti", di cui si è già parlato, molto diffusi in tutta l'Italia fino alla prima metà degli anni'80. Lungo la Penisola del Sinis erano presenti principalmente proprio a Funtana Meiga, dove formavano un cordone lungo qualche centinaio di metri, ricongiundendosi idealmente alla "barracas" presenti a San Giovanni di Sinis. La superficie delle aree naturali, subisce un decremento di circa il 7%, come pure la copertura sabbiosa, mentre si nota la prima comparsa di piccole zone ad antropizzazione limitata, localizzate nei pressi di alcuni edifici costieri.

2000

La comparsa di un ampio complesso urbano classificabile tra le Aree Antropizzate Stabili (AAS), si mostra come la modifica principale occorsa a Funtana Meiga tra il 1977 ed il 2000. Se si eccettua un residuo di superficie naturale presente lungo la parte centrale, questo complesso si inserisce in un'area comunque già caratterizzata da antropizzazione pregressa ad uso agricolo e rurale;

in parallelo una parte delle strade di campagna vengono stabilizzate in asfaltate (SA), mentre sono scomparsi i “casotti” presenti nel 1977 lungo il sistema di spiaggia e dunale.

I parametri naturali si mostrano in costante calo, anche nelle zone non direttamente interessate dall'antropizzazione stabile; si nota una certa diminuzione della copertura sabbiosa (18,0%) mentre nelle zone più lontane dall'arenile una parte di superficie naturale è stata inglobata all'interno del complesso urbanizzato.

2008

Pur persistendo gli impatti già presenti nel 2000, in questa ortofoto è stato evidenziato il notevole aumento delle aree di recupero (AR), che hanno avuto un incremento di oltre il 300%, e sono localizzate sia nelle zone limitrofe al sistema di spiaggia ed al campo dunale che nella parte settentrionale, in aree prima interessate da attività agricole. Ancora in diminuzione la copertura sabbiosa, all'interno però di una sostanziale stabilità delle superfici naturali totali.

Tab. 4.4.5 - Funtana Meiga – FM:Dati analisi tematismi

	1943	%ASN Δ%ASN Δ%T	1954	%ASN Δ%ASN Δ%T	1968	%ASN Δ%ASN Δ%T	1977	%ASN Δ%ASN Δ%T	2000	%ASN Δ%ASN Δ%T	2008	%ASN Δ%ASN Δ%T
ASL (m ²)	630642	- - -	630642	- - -	630642	- - -	630642	- - -	630642	- - -	630642	- - -
ASN (m ²)	561041	- - -	564356	- - -	562924	- - -	562323	- - -	566068	- - -	557077	- - -
AN (m ²)	226838	40,4% - -	190165	33,7% -6,7% -16,2%	82603	14,7% -19,0% -56,6%	76739	13,6% -1,1% -7,1%	69590	12,3% -1,3% -9,3%	70552	12,7% +0,4% +1,4%
AR (m ²)	0	- - -	0	- - -	0	- - -	11831	2,1% - -	12276	2,2% +0,1% +3,8%	54831	9,8% +7,6% +346,7%
CS (m ²)	63299	- - -	67007	- - +5,9%	69740	- - +4,1%	64702	- - -7,2%	53076	- - -18,0%	47529	- - -10,5%
LR (m ²)	1293	- - -	1304	- - +0,9%,	1322	- - +1,4%	1313	- - -0,7%	1305	- - -0,6%	1339	- - +2,6%
ZU (m ²)	0	- - -	0	- - -	0	- - -	0	- - -	0	- - -	0	- - -
AAL (m ²)	0	- - -	0	- - -	0	- - -	1969	0,4% - -	44108	7,8% +7,4% +2140,1%	71069	12,8% +5,0% +61,1%
AGR (m ²)	334203	59,6% - -	374191	66,3% +3,6% +12,0%	480321	85,3% +19,0% +28,4%	471784	83,9% -1,4% -1,8%	345930	61,1% -22,8% -26,7%	265727	47,7% -14,4% -23,2%
AAS (m ²)	0	- - -	0	- - -	0	- - -	0	- - -	94164	16,6% - -	94898	17,0% +0,6% +0,8%
EC (m ²)	0	- - -	0	- - -	176	- - -	11424	- - +6390,9%	63410	- - +5450,6%	71038	- - +12,0%
SNT (m)	0	- - -	0	- - -	0	- - -	0	- - -	605	- - -	698	- - +15,4%
SCC (m)	336	- - -	717	- - +113,4%	2463	- - +243,5%	3151	- - +27,9%	3007	- - -4,6%	3021	- - +0,5%
SA (m)	0	- - -	0	- - -	0	- - -	0	- - -	2034	- - -	2159	- - +6,1%
ES (m ²)	-	- - -	-	- - -	-	- - -	-	- - -	-	- - -	-	- - -
ASA (m ²)	0	- - -	0	- - -	0	- - -	0	- - -	0	- - -	0	- - -

Legenda ASL - Area di Studio Lorda

ASN - Area di Studio Netta

AN - Aree Naturali

AR - Aree di Recupero Ambientale

CS - Copertura Sabbiosa

LR - Linea di Riva

ZU - Zone Umide

AAL - Area ad Antropizzazione Limitata

AGR - Area Agricola

AAS - Aree Antropizzate Stabili

EC - Edifici Costieri

SNT - Sentieri

SCC - Strade Costiere

SA - Strade Asfaltate

ES - Edifici Storici

ASA - Aree Storico-Archeologiche

%ASN - percentuale copertura su ASN

Δ%T: - incremento percentuale del tematismo

Δ%ASN - incremento percentuale copertura su ASN

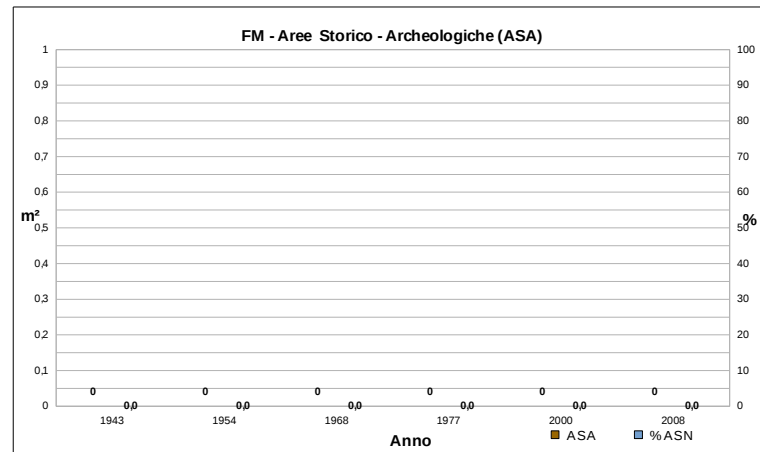
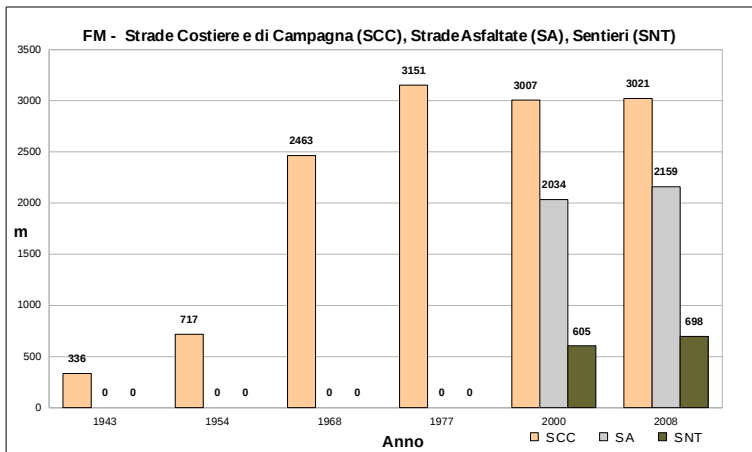
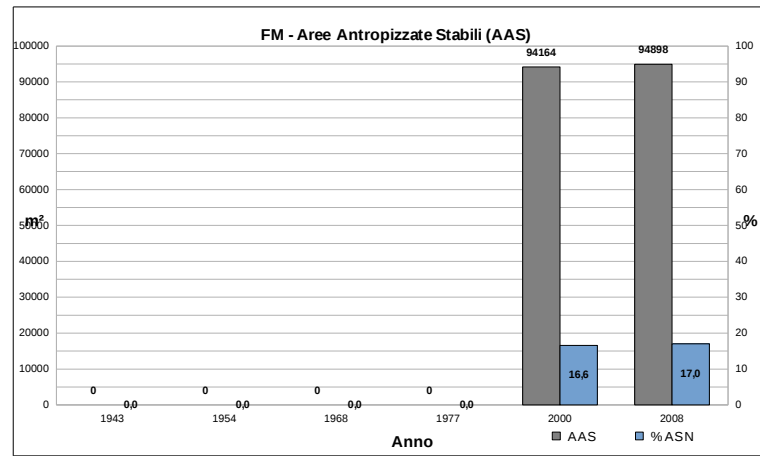
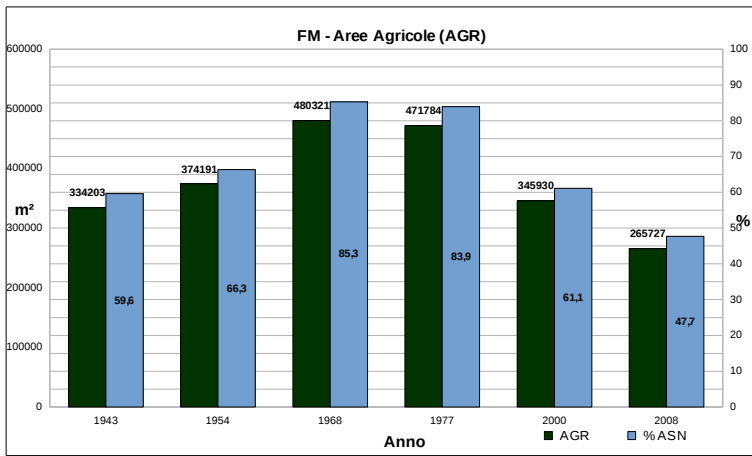
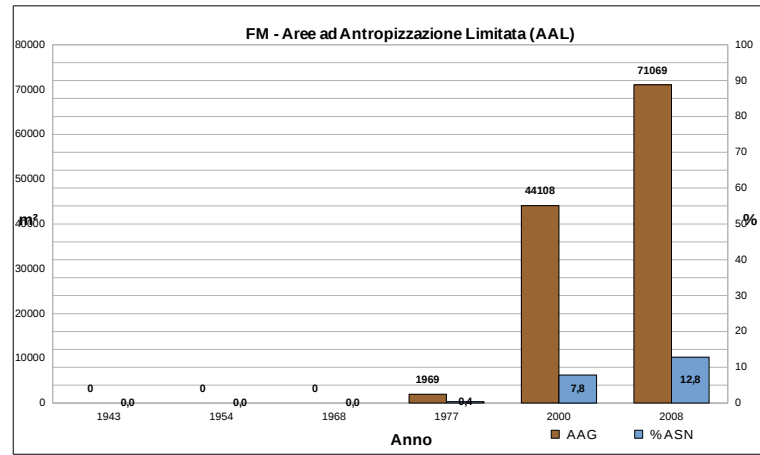
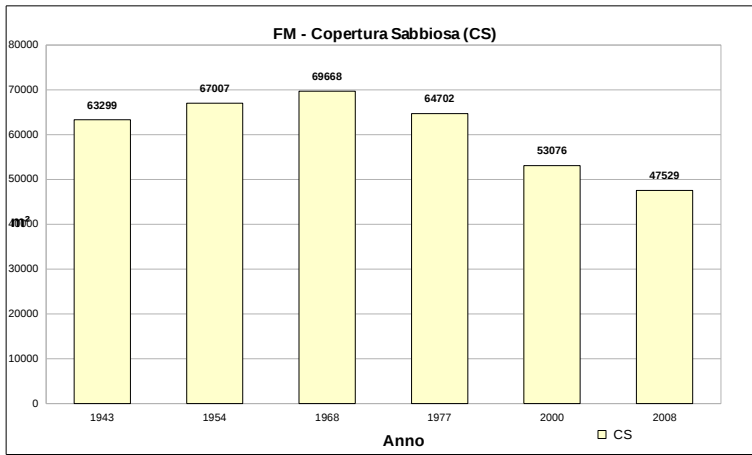
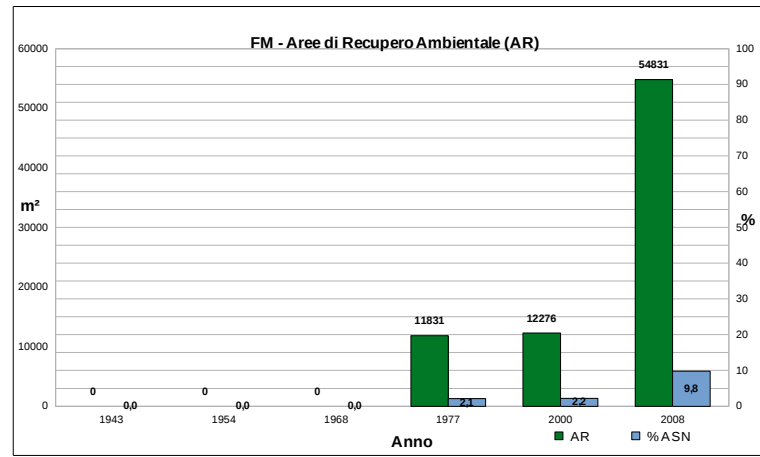
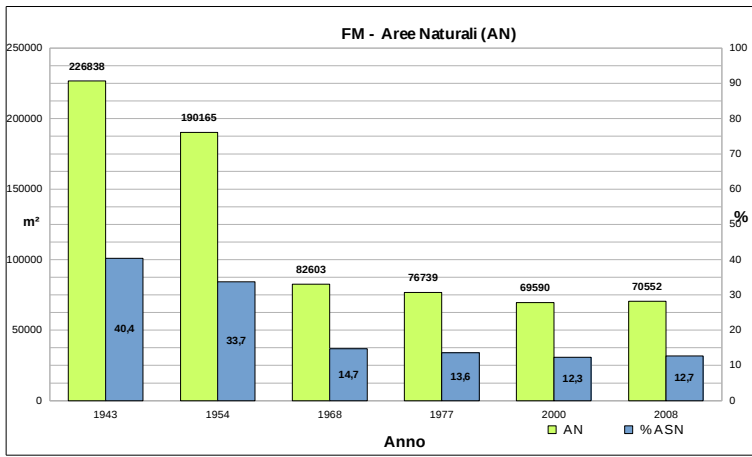


Fig. 4.4.17 – Funtana Meiga - FM: Istogrammi tematismi

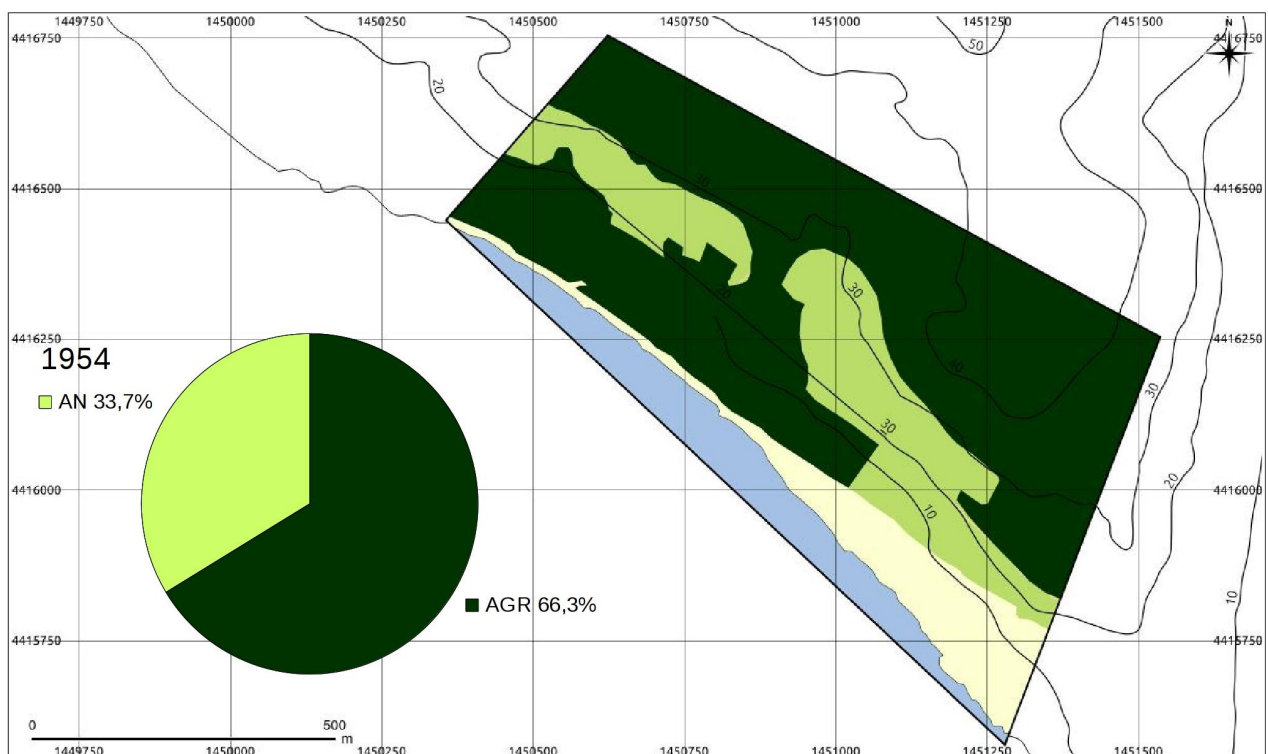
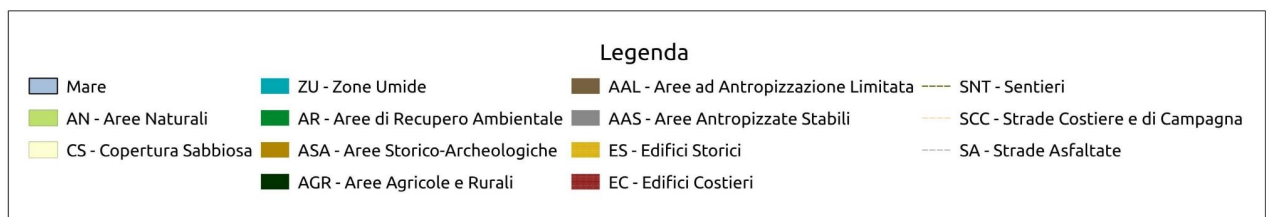
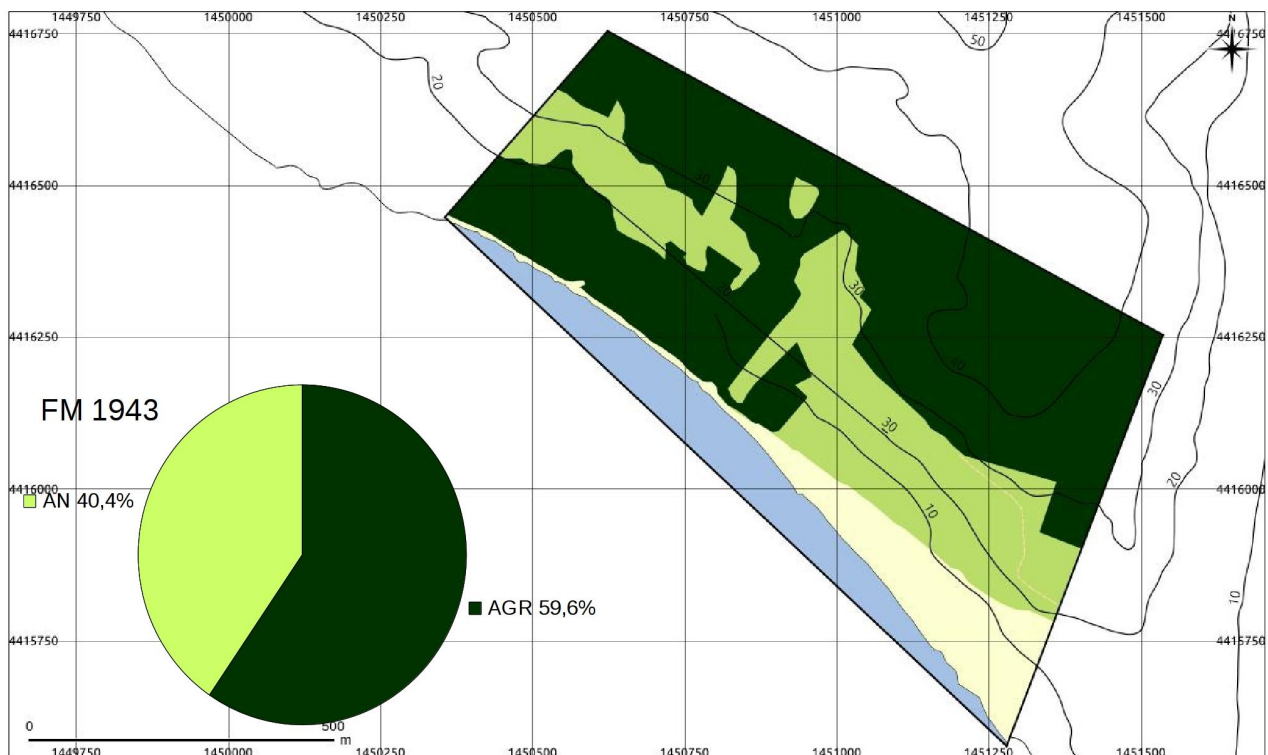


Fig. 4.4.18 - Funtana Meiga - FM: Carte Evolutive 1943 – 1954

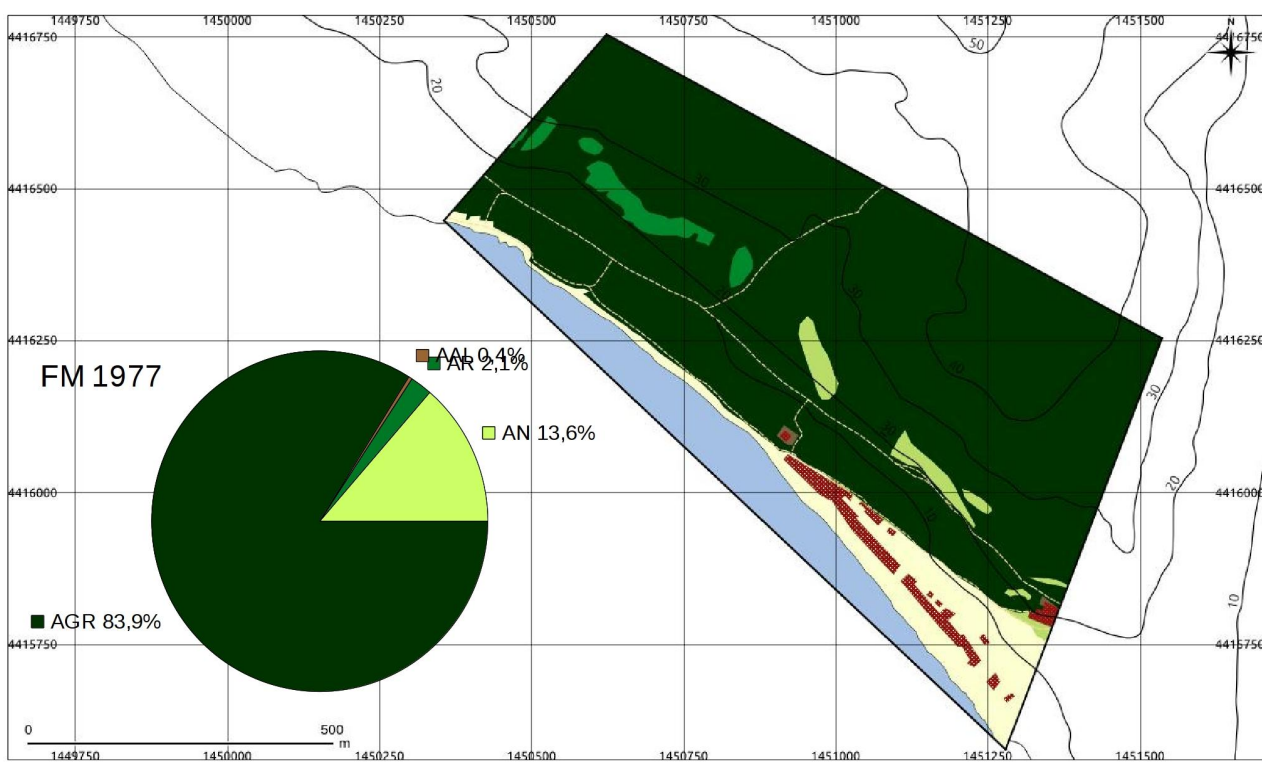
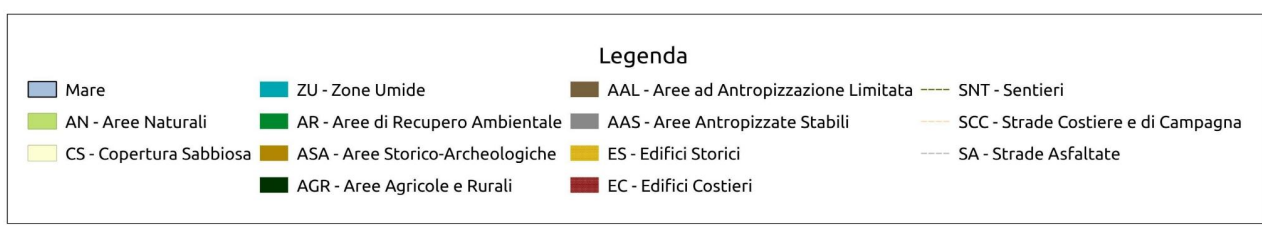
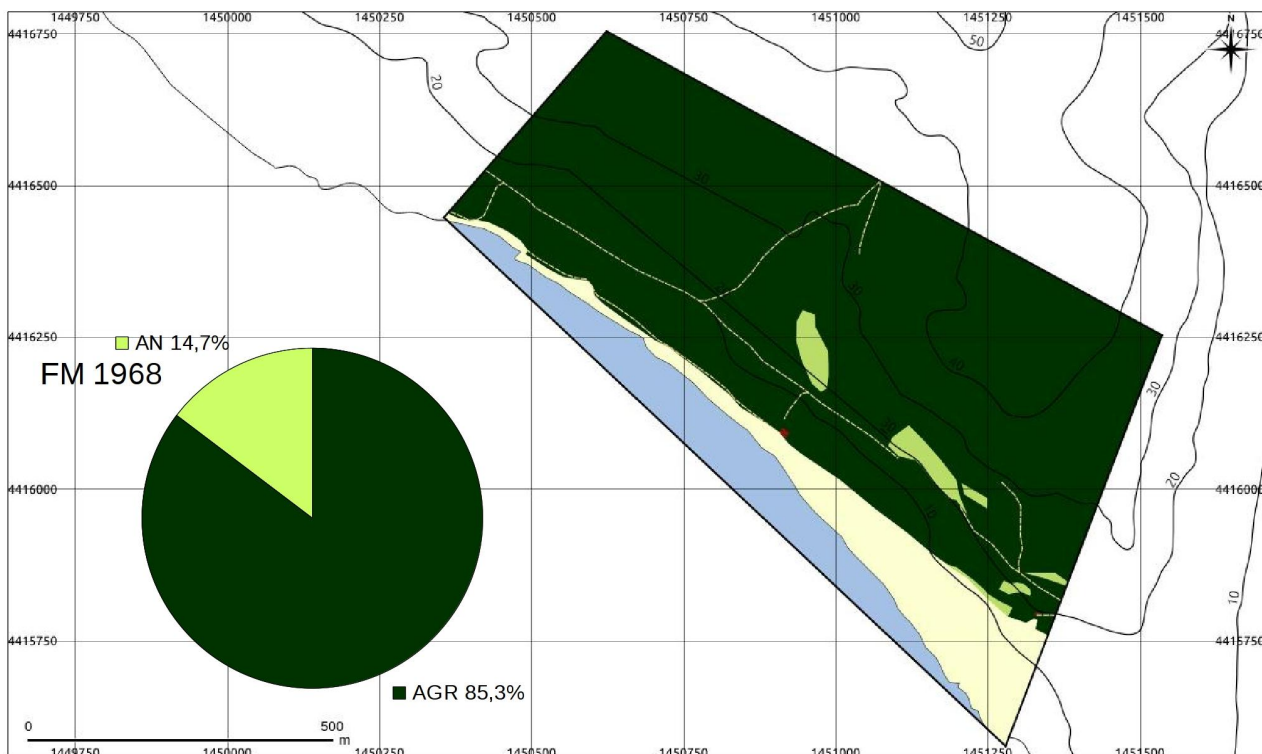


Fig. 4.4.19 - Funtana Meiga - FM: Carte Evolutive 1968 – 1977

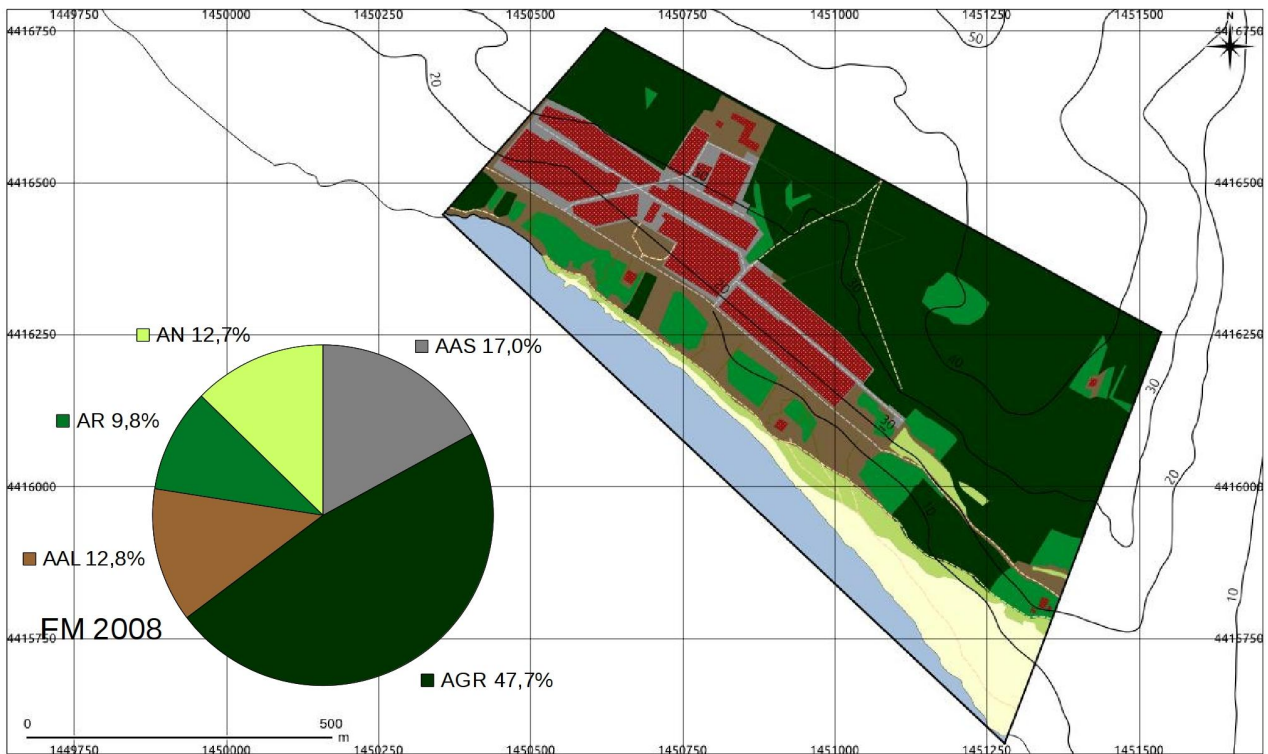
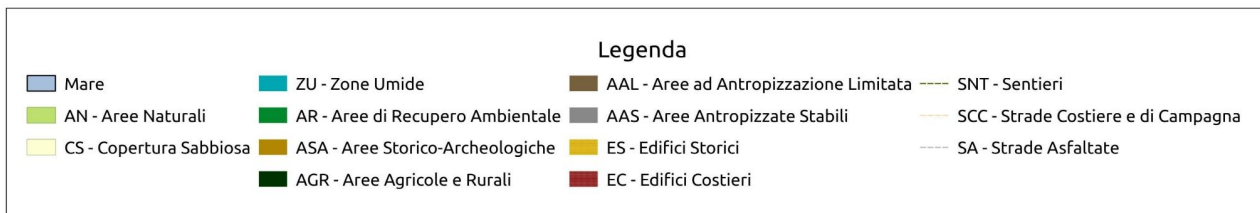
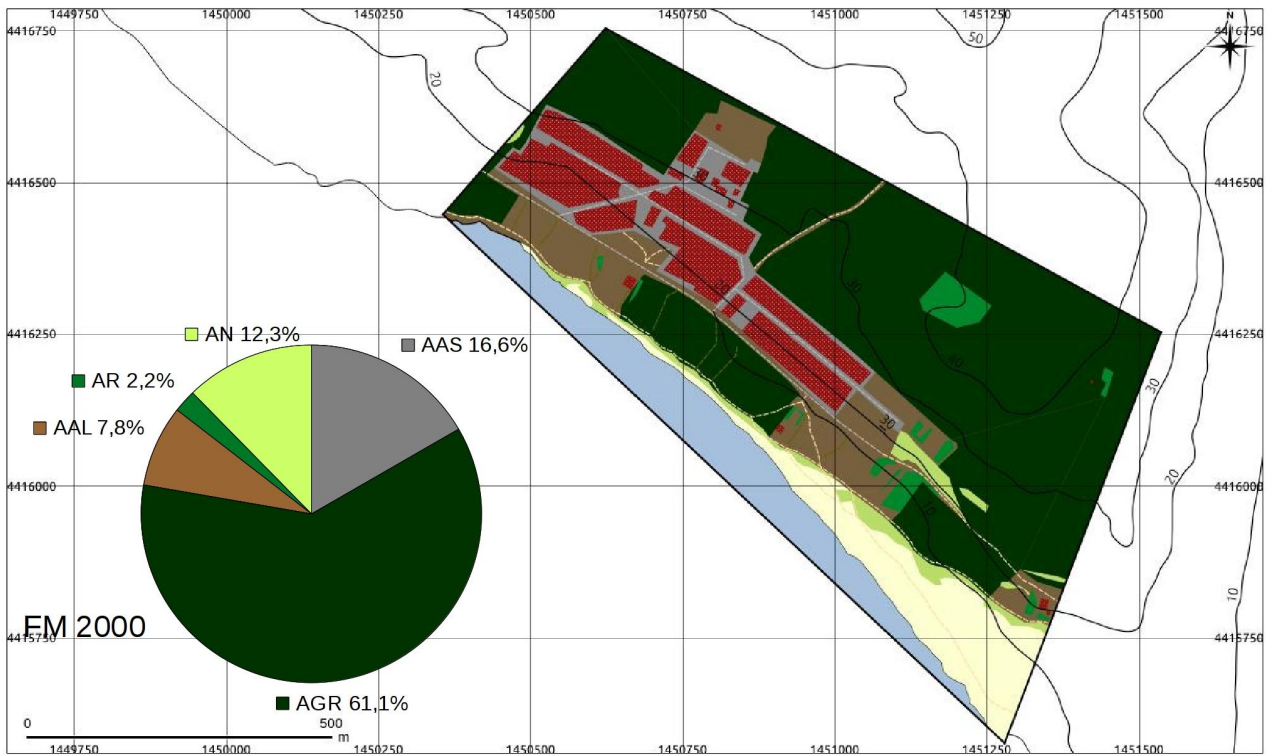


Fig. 4.4.20 - Funtana Meiga - FM: Carte Evolutive 2000 – 2008

4.4.6 *San Giovanni di Sinis - SG*

1943

Nel 1943 l'area di San Giovanni di Sinis si presenta in una situazione territoriale complessiva di sostanziale naturalità, senza alcun segno di opere di antropizzazione evidenti, se si eccettua la presenza di strade costiere e di campagna e di alcuni edifici, tra i quali la Torre di avvistamento di origine spagnola e la chiesa paleocristiana.

Da evidenziare l'estensione del sistema di spiaggia che si estendeva, senza soluzione di continuità, da ovest verso est, con la presenza di un campo dunale di notevoli dimensioni.

1954

Situazione pressoché analoga al 1943, se si eccettua l'aumento del numero degli edifici costieri e della lunghezza delle strade. Tra i primi si posso inserire le cosiddette "barracas", costruzione tradizionali in falasco, erba palustre molto diffusa nella zona degli stagni, inizialmente uso ai pescatori, ma che avranno un notevole incremento come case estive negli anni a seguire.

Diminuzione della copertura sabbiosa fisiologica, in luogo anche delle notevoli dimensioni dell'area di studio e della presenza dei due opposti sistemi costieri.

1968

Il 1968 si caratterizza per la comparsa degli scavi archeologici che interessarono la portata in luce della città fenico-punico-romana di Tharros, lungo la parte meridionale dell'area di studio. Gli scavi, oltre 20000 m², incidono per quasi il 4% dell'area estendendosi fin quasi la linea di riva della parte orientale. Fa la sua comparsa anche un'ampia area ad antropizzazione limitata e la prima parte di strade asfaltate (AS), ma soprattutto si nota la mutata estensione degli edifici lungo costa: si tratta delle già citate "barracas", presenti in numero notevolmente superiore rispetto al 1954 e che portano ad un incremento totale del tematismo di oltre il 300%. La superficie delle aree naturali rimane in ogni caso ancora sopra il 90%, mentre la copertura sabbiosa non mostra variazioni di rilievo.

1977

Nel 1977 si notano ancora notevoli modifiche del territorio. In particolare in netto aumento sono le superfici legate alle aree Storico-Archeologiche (ASA) (+139,2%) e quelle legate agli Edifici Costieri (EC) (+77,5%). Riguardo le prime l'incremento è dovuto al proseguo degli scavi della città archeologica di Tharros, che, nella loro parte settentrionale hanno anche inciso sulla diminuzione della copertura sabbiosa totale (-20,1%), mentre per quanto riguarda gli edifici costieri, si arriva al picco massimo di presenza delle "barracas", ormai estese anche nella parte orientale dell'area di studio. Stabili le aree ad antropizzazione limitata. Nonostante questi evidenti segni della presenza umana sul territorio, la zona di San Giovanni di Sinis, appare ancora dominata dalle superfici naturali, che incidono per oltre l'85% sull'intera area di studio.

2000

Nel 2000 si può notare un ulteriore incremento della superficie dedicata all'area archeologica di Tharros (+34,8%), nonché delle aree ad antropizzazione limitata (+221,8%). Queste ultime si estendono per la maggior parte nella zona settentrionale di San Giovanni di Sinis in relazione ad un'ampia presenza di edifici costieri. Pur (secondo i concetti espressi nella spiegazione dei tematismi), non potendo parlare di aree antropizzate stabili, è evidente come questa sia una forma di antropizzazione ben radicata e che comunque ha apportato modifiche notevoli agli ambienti naturali, in ogni caso ancora in diminuzione (-12,8%). Strade costiere e di campagna ancora in aumento anche in presenza di sentieri (SNT) di accesso alle spiagge, in ogni caso fonte di impatto sul sistema di spiaggia e dunale.

2008

Il 2008 vede come modifica maggiore la comparsa di una vasta superficie di Aree Antropizzate Stabili (per circa 8000 m²) lungo la parte settentrionale di San Giovanni di Sinis, costituite fondamentalmente da un lungomare pedonale, un percorso anch'esso pedonale ed alcune piccole piazze. Si tratta di forme antropiche il cui impatto si ritiene sia parzialmente mitigato dal fatto che siano state costruite su di un'area sulla quale già insisteva una forma ad antropizzazione limitata, come detto, ben radicata. Si nota anche, sempre nella parte nord dell'area, la comparsa di una limitata area di recupero, e la diminuzione delle strade costiere e di campagna. Gli altri parametri si mostrano sostanzialmente stabili rispetto al 2000.

Tab. 4.4.6 - San Giovanni di Sinis: dati analisi tematisimi

	1943	%ASN Δ%ASN Δ%T	1954	%ASN Δ%ASN Δ%T	1968	%ASN Δ%ASN Δ%T	1977	%ASN Δ%ASN Δ%T	2000	%ASN Δ%ASN Δ%T	2008	%ASN Δ%ASN Δ%T
ASL (m ²)	877979	-	877979	-	877979	-	877979	-	877979	-	877979	-
ASN (m ²)	550201	-	524694	-	534257	-	520468	-	524450	-	521183	-
AN (m ²)	550201	100,0%	524694	100,0%	494329	92,5% -7,5% -5,8%	450564	86,6% -5,9% -8,9%	393115	75,0% -11,6% -12,8%	386146	74,1% -0,9% -1,8%
AR (m ²)	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	4938	0,9%
CS (m ²)	330165	-	310150	-	304969	-	243819	-	152103	-	157044	-
LR (m ²)	2798	-	2810	-	2723	-	2761	-	2843	-	2854	-
ZU (m ²)	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
AAL (m ²)	0	-	0	-	18879	3,6%	19554	3,8% +0,2% +3,6%	62919	12,0% +8,2% +221,8%	59131	11,3% -0,7% -6,0%
AGR (m ²)	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
AAS (m ²)	0	-	0	-	0	-	0	-	552	0,1%	7984	1,5% +1,4% +1345,5%
EC (m ²)	1251	-	5815	-	24882	-	44167	-	20775	-	19602	-
SNT (m)	0	-	0	-	0	-	0	-	812	-	712	-
SCC (m)	527	-	633	-	2121	-	2905	-	4929	-	3322	-
SA (m)	0	-	0	-	490	-	482	-	506	-	644	-
ES (m ²)	507	-	494	-	512	-	463	-	495	-	464	-
ASA (m ²)	-	-	-	-	21049	3,9%	50350	9,7% +5,8% +139,2%	67864	12,9% +3,2% +34,8%	64599	12,4% -0,5% -4,8%

Legenda ASL - Area di Studio Lorda

ASN - Area di Studio Netta

AN - Aree Naturali

AR - Aree di Recupero Ambientale

CS - Copertura Sabbiosa

LR - Linea di Riva

ZU - Zone Umide

AAL - Area ad Antropizzazione Limitata

AGR - Aree Agricole

AAS - Aree Antropizzate Stabili

EC - Edifici Costieri

SNT - Sentieri

SCC - Strade Costiere

SA - Strade Asfaltate

ES - Edifici Storici

ASA - Aree Storico-Archeologiche

%ASN - percentuale copertura su ASN

Δ%T: - incremento percentuale del tematismo

Δ%ASN - incremento percentuale copertura su ASN

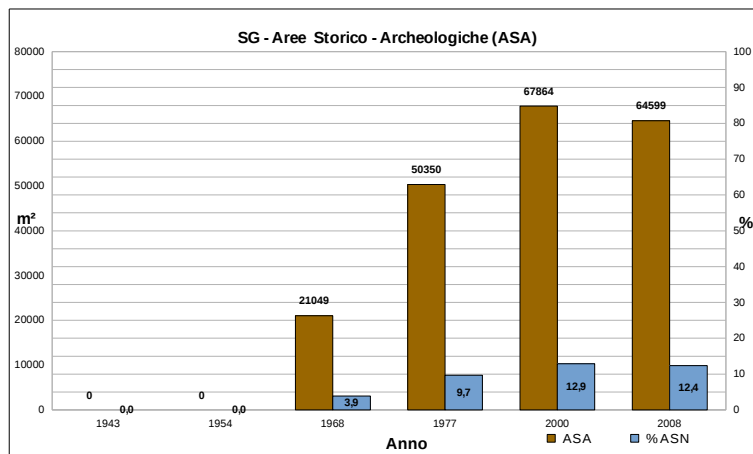
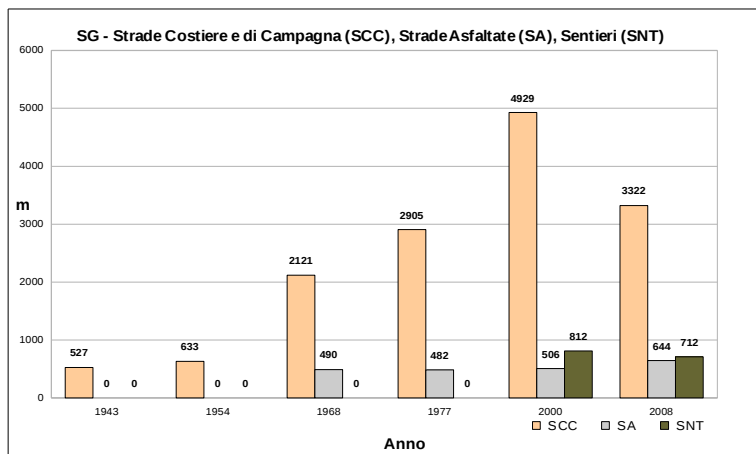
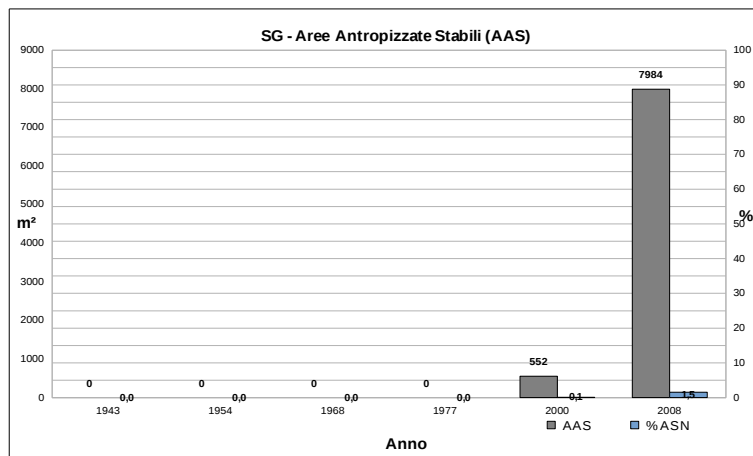
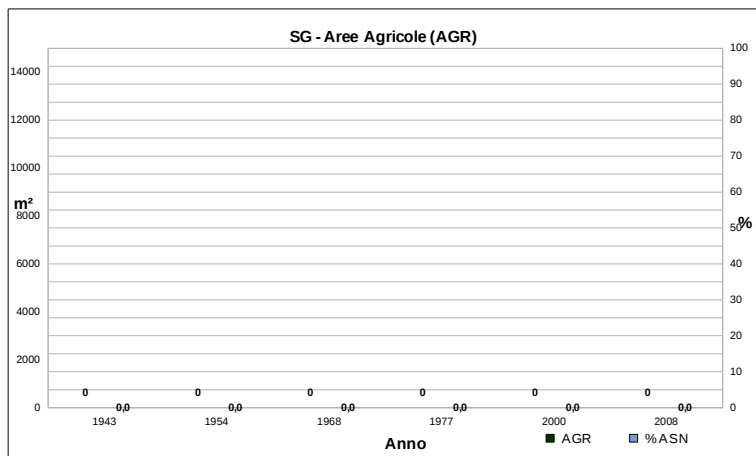
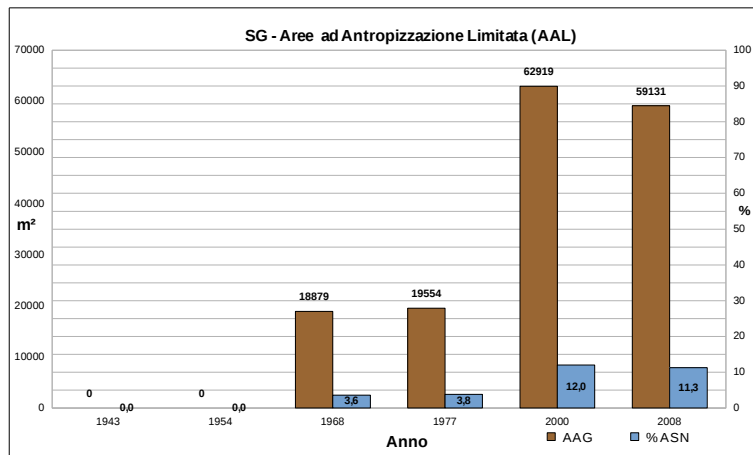
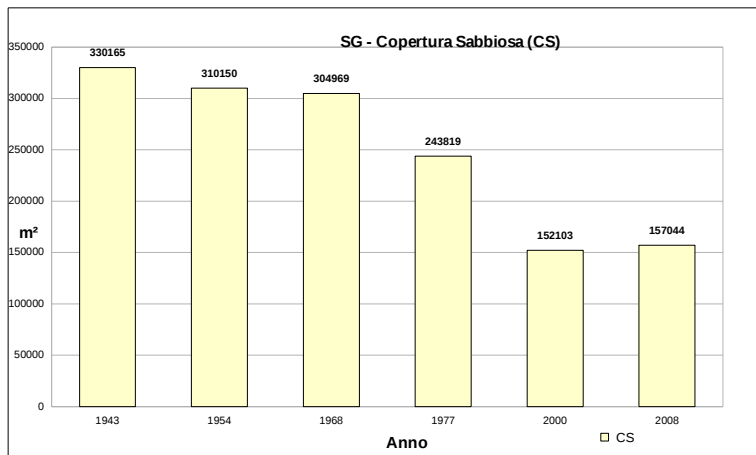
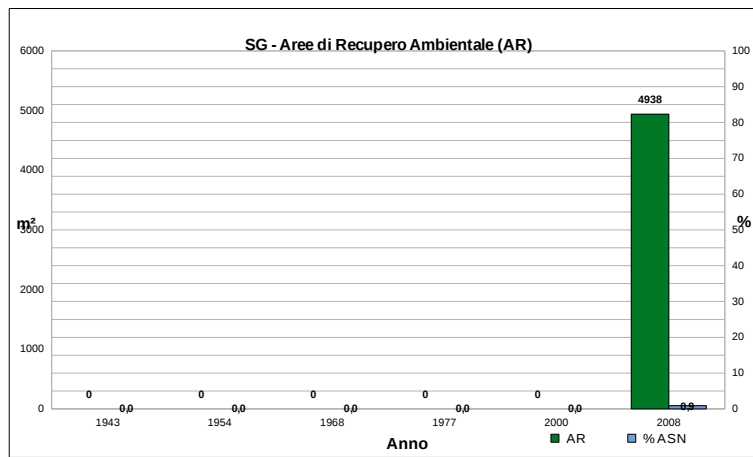
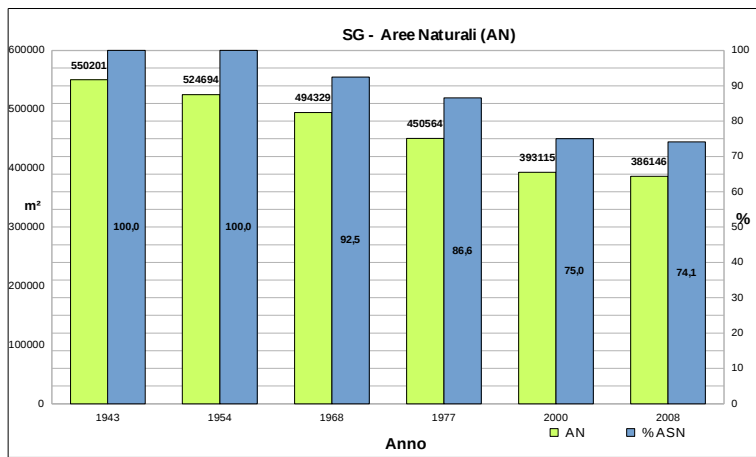


Fig. 4.4.21 – San Giovanni di Sinis - SG: Istogrammi tematismi

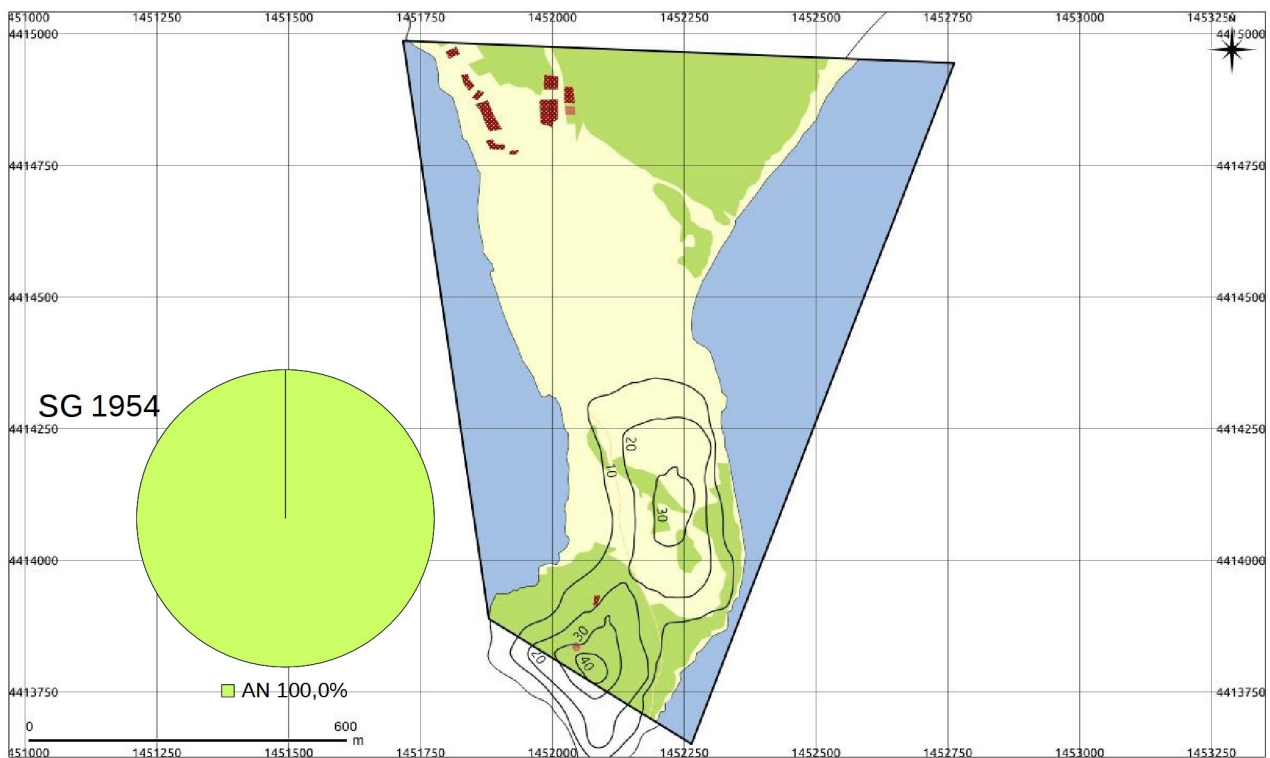
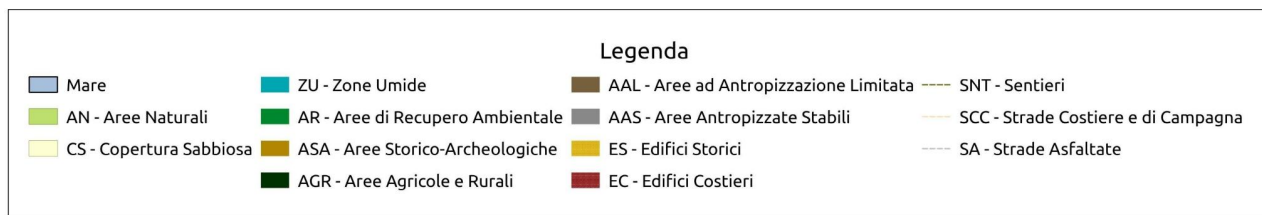
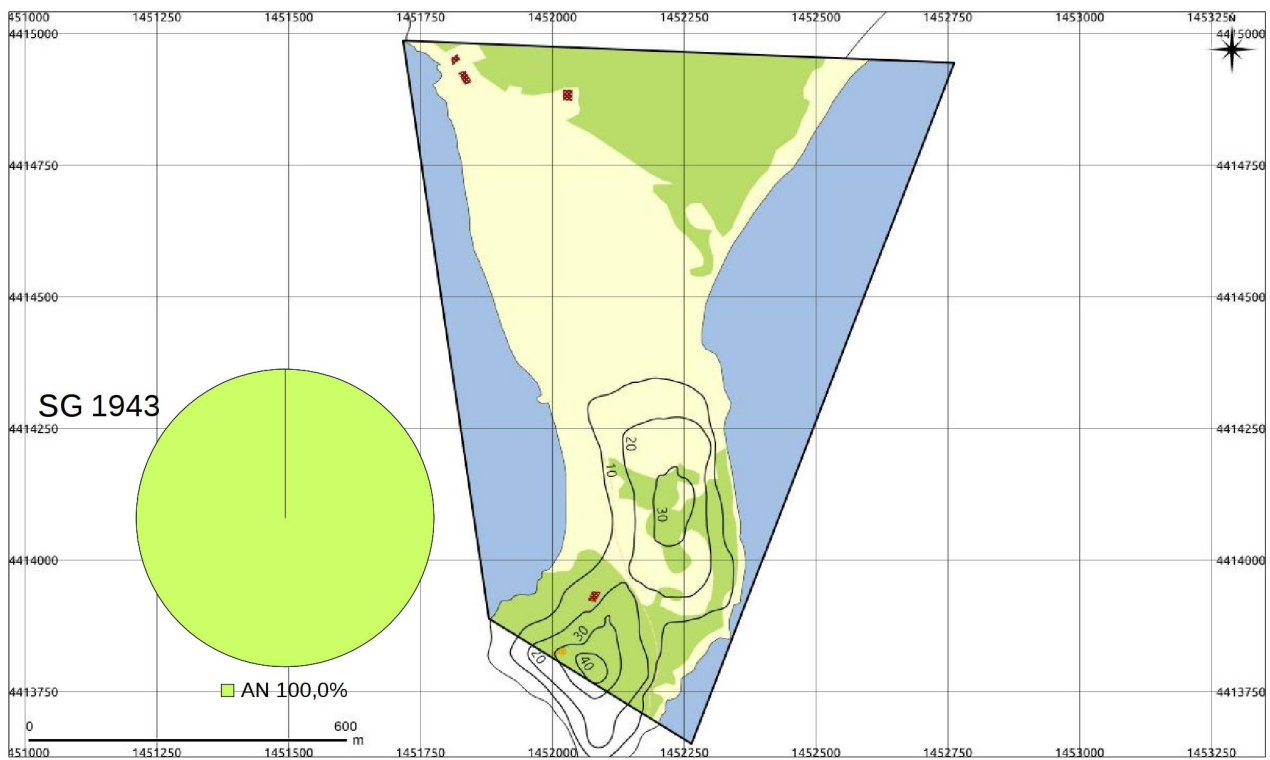


Fig. 4.4.22 - San Giovanni di Sinis - SG: Carte Evolutive 1943 – 1954 234

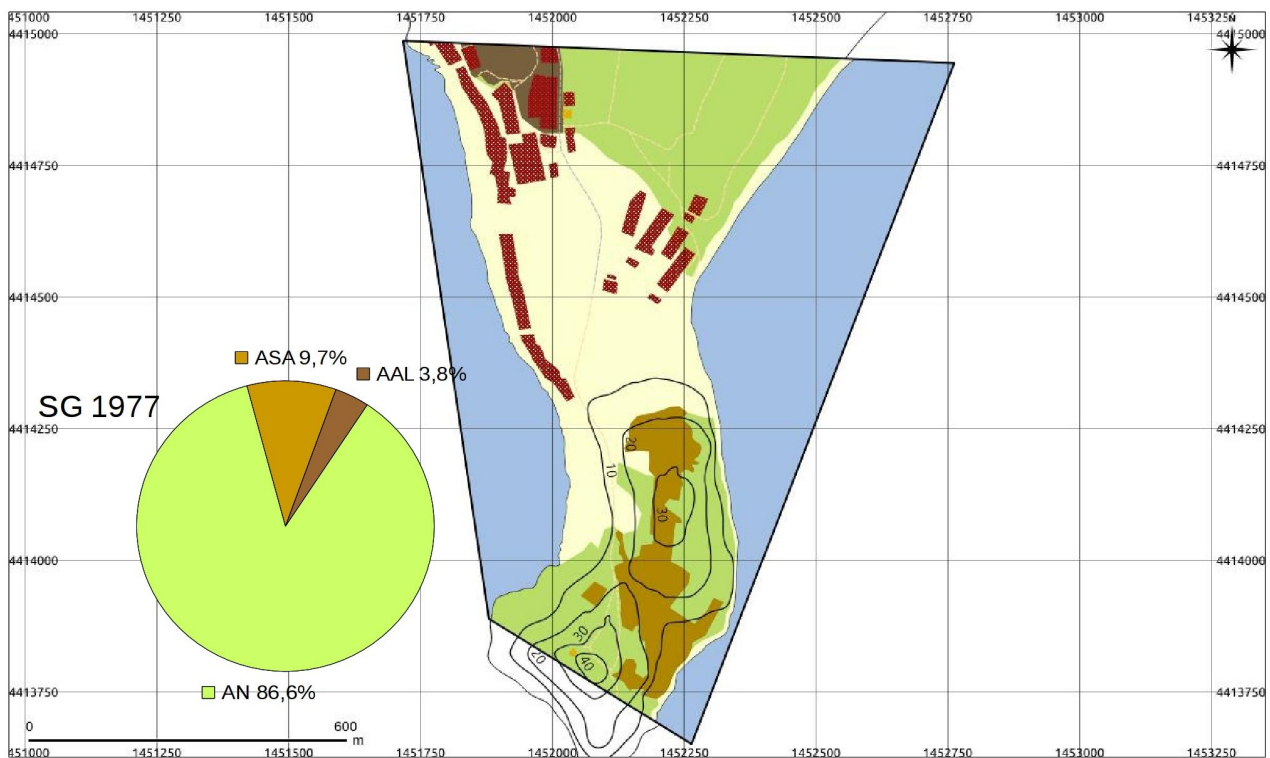
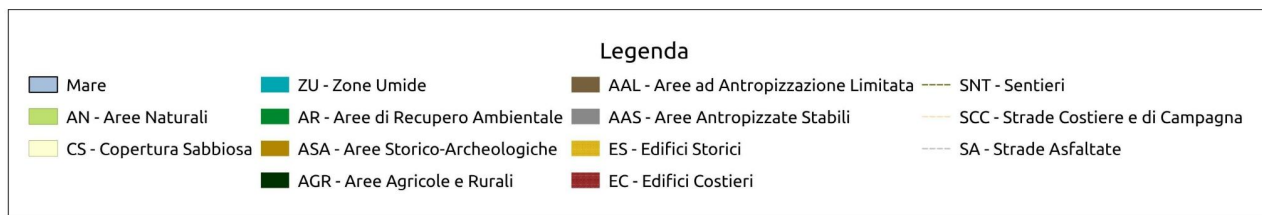
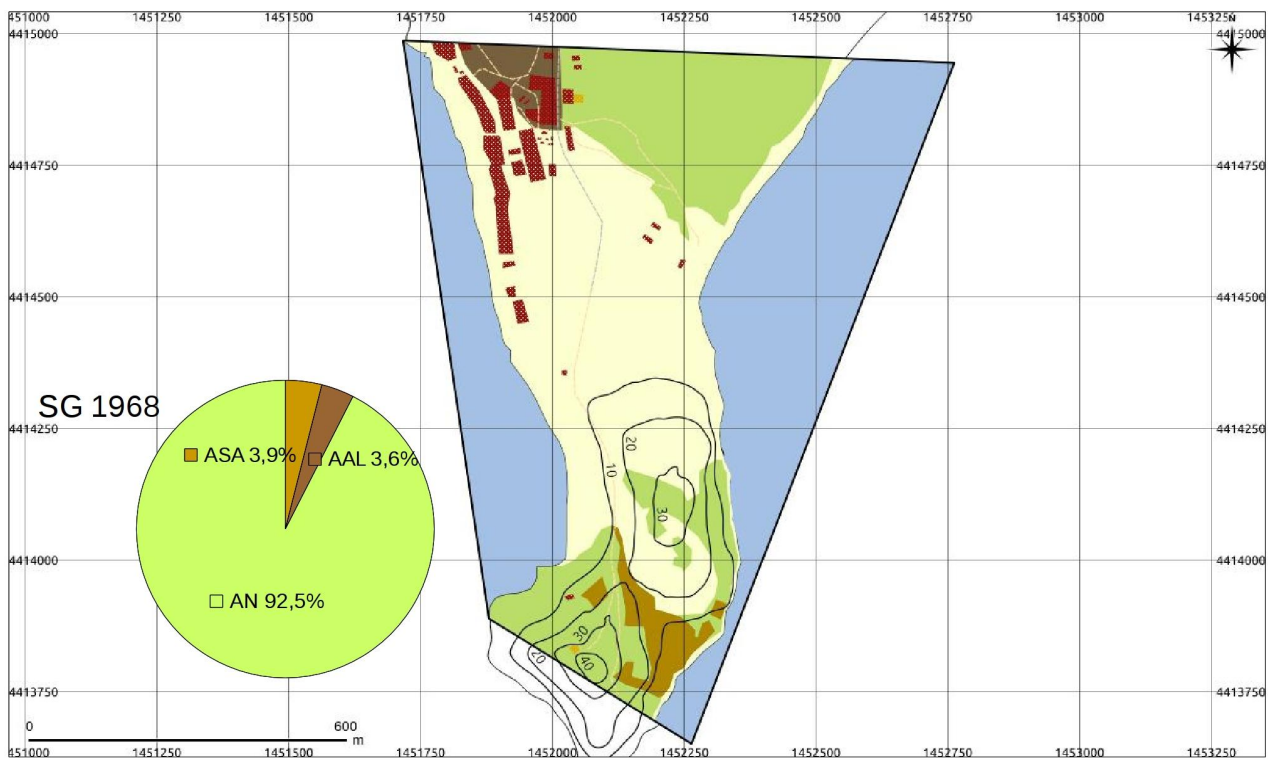


Fig. 4.4.23 - San Giovanni di Sinis - SG: Carte Evolutive 1968 – 1977 235

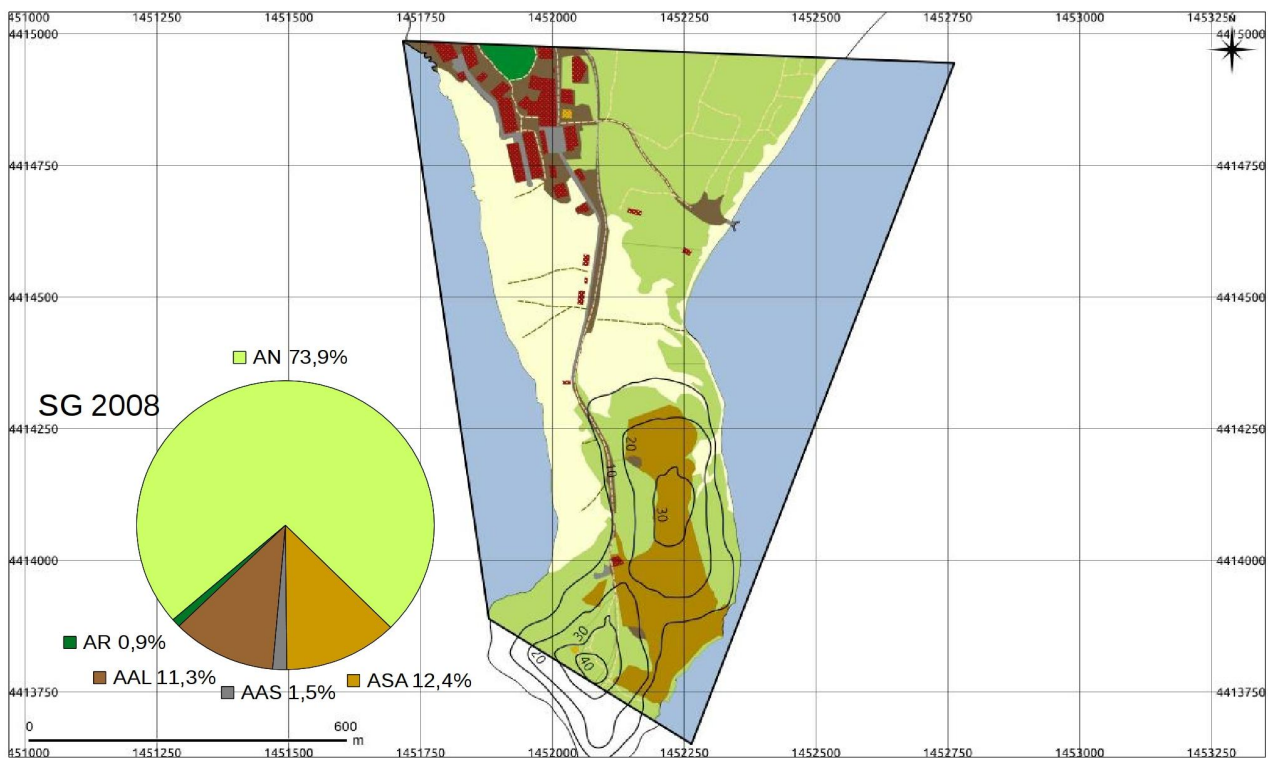
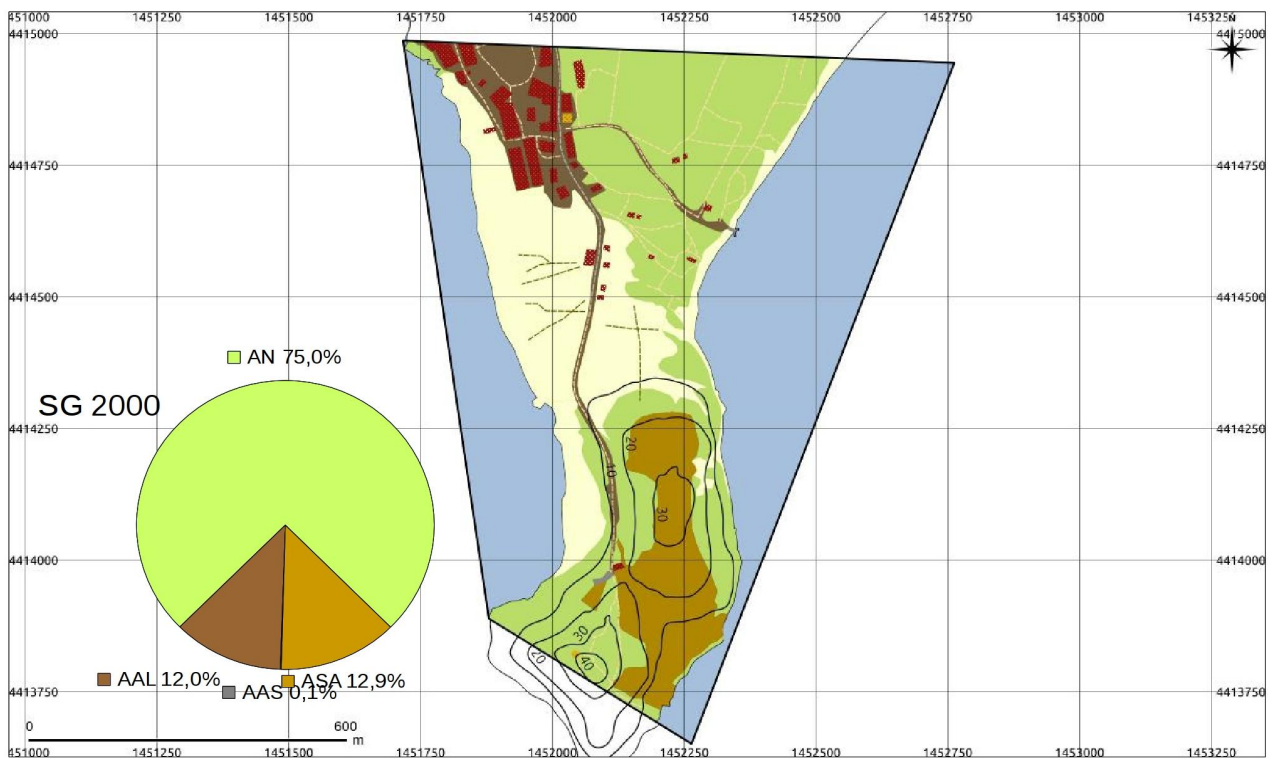


Fig. 4.4.24 - San Giovanni di Sinis - SG: Carte Evolutive 2000 – 2008 236

4.5 *Uso complementare della fotografia storica*

Durante lo sviluppo di questa parte del lavoro sono emersi risultati molto interessanti che hanno permesso di integrare i dati acquisiti attraverso le diverse metodologie in uso.

In particolare le immagini della Collezione Vacca, risalenti alla fine degli anni '50, hanno fatto emergere una San Giovanni di Sinis molto diversa da quella odierna, con limitati segni della presenza umana lungo la fascia costiera. In particolare è evidente un sistema dunare nettamente più ampio rispetto ad oggi (Fig. 4.5.1 - 4.5.2) all'interno del quale spuntano, quasi come fossero parte naturale di esso le tipiche barracas. Queste ultime si rivelano essere un numero piuttosto limitato rispetto a quelle presenti nei decenni successivi, ma la loro presenza non era limitata a questa parte dell'Unità Geoambientale Meridionale della Penisola del Sinis, ma anche a quella Settentrionale, come evidente nell'immagine della Collezione Poddi, riferita presumibilmente ad Is Arutas o S'Archeddu 'e Sa Canna negli anni '60.



Fig. 4.5.1, 4.5.2 – San Giovanni di Sinis, 1959: campo dunale

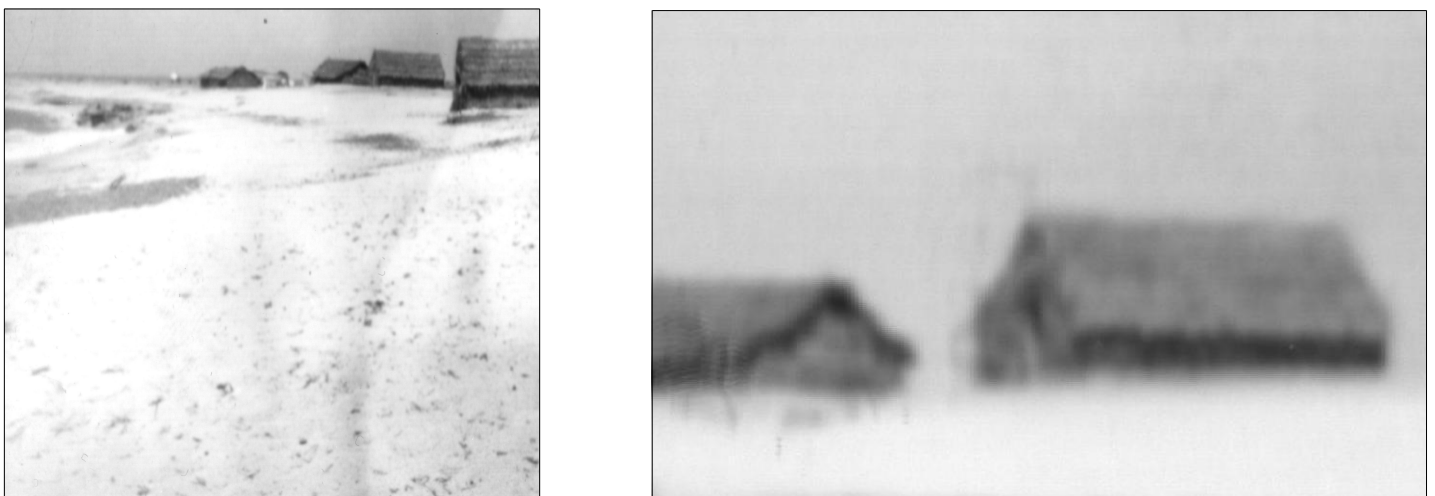


Fig. 4.5.3, 4.5.4 – Barracas a Is Arutas, anni '60

Una particolare condizione della fascia costiera si presenta invece nell'immagine seguente, che mostra una San Giovanni di Sinis caratterizzata da una posizione della linea di riva nettamente arretrata rispetto ad oggi, come ben visibile nel raffronto con un immagine recente. Non è possibile sapere se questa situazione abbia dato inizio ad un fenomeno di progradazione ancora in atto o se sia il risultato di intensi eventi meteomarini ma dimostra certamente come l'ambiente morfosedimentario di questa parte della fascia costiera della Penisola del Sinis sia stato e sia tuttora soggetto a forti cambiamenti morfologici.

Per concludere si ritiene che nel complesso questo metodo sia stato e possa essere ancora di grande aiuto per la comprensione degli stadi evolutivi in atto nella Penisola del Sinis e, in genere di un qualunque sistema ambientale. In particolare si è rivelato molto efficace nella verifica di alcuni stati ambientali e antropici difficilmente presumibili con altri tipi di analisi, come ad esempio la presenza di piccoli manufatti o l'integrità dei sistemi naturali.



Fig. 4.5.5 - San Giovanni di Sinis 1959



Fig. 4.5.6 – San Giovanni di Sinis, 2014

4.6 *Proposta preliminare per lo sviluppo di un Indice ambientale.*

In ultima analisi si ritiene che l'articolazione multidisciplinare del progetto di ricerca abbia avuto un ruolo fondamentale nella comprensione dello stato attuale ed evolutivo degli ambienti naturali ed antropici in studio: l'integrazione di informazioni provenienti da campi anche molto differenti può quindi portare a buoni risultati complessivi, a patto di dare un'interpretazione quanto più corretta possibile dei fenomeni esaminati.

Ponderare correttamente il valore di tutti i parametri indicatori è certamente un compito basilare nello sviluppo di un Indice il cui obiettivo principale è fondamentalmente quello di sintetizzare in un unico dato numerico i diversi fattori che concorrono allo studio di un determinato fenomeno.

La bibliografia tratta ampiamente lo sviluppo degli indici ambientali, specie per quanto riguarda gli studi sulla fascia costiera (García-Mora et al., 2001; Ramieri et al., 2001; van Koningsveld et al., 2005; Davidson et al., 2007; Jiménez et al., 2007), nei quali spesso interagiscono diversi campi di ricerca (McLaughlin e Cooper, 2010; Sousa et al., 2011).

Nell'uso quindi ormai diffuso di questa metodologia può risultare però complicato riuscire a selezionare uno stock omogeneo di dati: vi è il rischio infatti che a valori numerici precisi, se ne affianchino altri che rappresentano informazioni difficili da quantificare e, in un certo senso, aleatorie.

Alcuni criteri fondamentali per la ricerca di uno stock attendibile di indicatori sono stati esposti nello sviluppo dei Coastal State Indicators (CSI) (van rijm, 2010) e si crede possano essere un buon punto di partenza per la creazione di un Indice attendibile.

In particolare, secondo queste direttive gli indicatori devono:

- essere rilevanti (deve essere dimostrata la relazione con la funzione costiera in studio)
- essere facilmente misurabili
- essere sensibili agli stress subiti dal sistema
- avere una risposta conosciuta ai disturbi, agli stress antropici ed ai cambiamenti nel corso del tempo
- essere anticipatori (un cambiamento dell'indicatore deve essere rilevato prima che agisca sul fenomeno in studio)
- essere integrativi (tutto lo stock degli indicatori deve fornire una risposta generale e complessiva del fenomeno studiato)

(van rijm, 2010)

Viste le premesse esposte e le caratteristiche multidisciplinari del progetto di ricerca si ritiene sia ipotizzabile in futuro lo sviluppo di un Indice ambientale che possa almeno in parte utilizzare come indicatori i parametri forniti all'interno del progetto stesso.

L'Indice, definito come Antropogenico per meglio sottolineare l'arco temporale al quale si riferisce, verterebbe quindi principalmente sulla dicotomia tra stato attuale e stato evolutivo di un determinato ambiente evidenziando il ruolo dell'uomo nei progressivi cambiamenti occorsi alla particolare area di studio nell'intervallo temporale prestabilito: gli Indicatori, suddivisi in Naturali ed Antropici andrebbero quindi esaminati sia per verificarne la situazione attuale che per stabilirne l'evoluzione temporale.

Tra i vari parametri esaminati durante questo progetto di ricerca si possono indicare come esempio per gli Indicatori Naturali le dinamiche riguardanti la linea di riva, le quali forniscono sia indicazioni nel breve periodo (legate alle caratteristiche riflettenti o dissipative del sistema di spiaggia) che nel lungo periodo (tendenza all'erosione o progradazione); per quanto riguarda gli Indicatori Antropici si può invece citare lo studio delle caratteristiche attuali ed evolutive dell'antropizzazione costiera.

Di seguito due tabelle indicative dei principali parametri utilizzabili come Indicatori nella proposta di Indice Antropogenico; L'analisi bibliografica, riguardante in particolare gli studi sulla vulnerabilità della fascia costiera (*García-Mora et al., 2001; Ramieri et al., 2001; Sousa et al., 2011*), ha fornito la base di ricerca fondamentale per la creazione di questo primo stock preliminare di indicatori, che occorre in ogni caso ribadire, siano necessari di una validazione rigorosa che ne attesti una sufficiente attendibilità formale.

Gli indicatori sono stati suddivisi in due categorie principali o Macrotipi, definite come Naturale ed Antropico, al fine di evidenziare chiaramente l'origine del dato considerato; all'interno di questa suddivisione principale è stata sottolineata poi la valenza temporale o Stato dell'informazione, definita come Attuale se riferita a parametri di recente e diretta acquisizione (ad esempio derivanti da rilievi o campionamenti) ed Evolutiva se riferita al contrario ad informazioni riguardanti la variazione di quel determinato parametro in un arco temporale prestabilito, in questo caso quello definito dall'Antropogene. Di ogni Indicatore viene inoltre specificata l'origine metodologica precisa del dato acquisito (es. analisi dei sedimenti) raggruppata poi all'interno di un Tipo prestabilito, che specifica la tematica generale dell'informazione (es. geomorfologica).

Ogni indicatore viene quindi definito da:

- *Macrotipo*: definisce l'origine del dato (Naturale o Antropica)
- *Stato*: definisce la valenza temporale del dato (Attuale od Evolutiva)
- *Tipo*: definisce la tematica generale di acquisizione del dato (es. Vegetazionale, Pressioni)

Indice Antropogenico					
Macro Tipi	Stato	Tipi	Parametro	Indicazione	Metodologia
<i>Naturali</i>					
	<i>Attuali</i>				
		<i>Geomorfologici</i>	Evoluzione linea di riva nel breve periodo	Tendenza del sistema all'erosione/progradazione	Gps, foto
			Evoluzione profilo di spiaggia nel breve periodo	Tendenza del sistema all'erosione/progradazione e capacità di resilienza.	Gps, foto
			Presenza e ampiezza forme geomorfologiche	Tendenza del sistema all'erosione/progradazione e capacità di resilienza.	Foto, osservazioni
			Presenza ampiezza spiaggia sommersa	Tendenza del sistema all'erosione/progradazione.	Bibliografia
			Ampiezza area naturale	Grado di sviluppo naturale.	Gps, ortofoto, foto
			Presenza e ampiezza aree danneggiate	Grado di sviluppo naturale, perturbazione aree naturali	Foto, ortofoto, plot
		<i>Sedimentologici</i>	Parametri granulometrici	Tipo dinamico di spiaggia. Tendenza sistema all'erosione/progradazione.	Analisi granulometriche sedimenti
			Rapporto tra sedimenti attuali e relitti	Sistema di spiaggia attivo o tendente al relitto.	Analisi composizionale mineralgica, calcimetrie
		<i>Vegetazionali</i>	Copertura vegetazionale	Capacità di resilienza, grado di sviluppo naturale	Plot, cartografia ortofoto, foto, osservazioni
			Specie alloctone	Perturbazione aree naturali introduzione di specie non autoctone	Plot, foto, osservazioni
			<i>Posidonia oceanica</i> Delile	Tendenza del sistema erosione/progradazione	Plot, foto, osservazioni
	<i>Evolutivi</i>				
		<i>Geomorfologici</i>	Evoluzione linea di riva nel lungo periodo	Tendenza del sistema all'erosione/progradazione.	Cartografia, ortofoto, foto storiche
			Evoluzione ampiezza area naturale	Capacità di resilienza, grado di sviluppo naturale.	Cartografia, ortofoto, foto storiche
			Evoluzione aree danneggiate	Capacità di resilienza, presenza di impatti	Ortofoto, foto storiche
		<i>Vegetazionali</i>	Evoluzione copertura vegetazionale	Capacità di resilienza, grado di sviluppo naturale.	Cartografia, ortofoto, foto storiche

<i>Indice Antropogenico</i>					
Macro Tipi	Stato	Tipi	Parametro analizzato	Indicazione	Metodologia
<i>Antropici</i>					
	<i>Attuali</i>				
		<i>Opere</i>	Strutture, infrastrutture, 500 metri.	Impatti stabili	Cartografia, ortofoto
			Accessi controllati	Limitazione impatti sulle aree naturali	Ortofoto, osservazioni
		<i>Pressioni</i>	Pressione antropica	Pressione costante e stagionale	Osservazioni, dati presenze
			Presenza rifiuti	Residui organici e inorganici	Plot, osservazioni
		<i>Gestionali</i>	Attività gestionali in atto	Forme di gestione legate alla tutela	Documentazione
			Attività di ripristino effettuate	Miglioramento di opere presenti	Cartografia, ortofoto, documentazione
		<i>Caratterizzanti</i>	Posizionamento apparati controllo fissi o mobili	Caratteristiche fisiche per forme di controllo costanti	Cartografia, ortofoto
		<i>Beni Culturali</i>	Antropizzazione storica e archeologica	Forme e tipo (periodo, caratteristiche)	Documentazione, cartografia, ortofoto
	<i>Evolutivi</i>				
		<i>Opere</i>	Evoluzione strutture e infrastrutture, 500 metri	Mutazione antropica del territorio	Cartografia, ortofoto
			Evoluzione degli accessi controllati	Limitazione impatti sulle aree naturali	Cartografia, ortofoto
		<i>Pressioni</i>	Evoluzione pressione antropica	Aumento o diminuzione della pressione antropica	Cartografia, ortofoto, foto storiche, documentazione
		<i>Gestionali</i>	Evoluzione attività di gestione e tutela	Forme di gestione legate alla tutela delle aree di spiaggia	Documentazione

Capitolo 5

Discussione e Conclusioni

5.1 *Discussione*

5.1.1 *Mari Ermi*

L'area di Mari Ermi ha subito una serie di modifiche sostanziali al suo assetto naturale nell'intervallo temporale intercorrente tra il 1943 ed oggi. Le analisi diacroniche del materiale ortofotografico hanno evidenziato come fino al 1954 l'area di studio si presentasse in uno stato sostanzialmente intonso, con pochissime tracce di presenza umana; i dati relativi al 1968 mostrano con chiarezza invece come i primi e allo stesso tempo importanti impatti antropici siano dovuti allo sviluppo delle attività agricole, le quali hanno portato ad una diminuzione iniziale della superficie naturale di quasi il 70%. Non ci sono elementi chiari che possano far intuire la rapidità di queste modifiche, ma si può certamente presupporre come lo sviluppo economico avutosi a partire dalla seconda metà degli anni '50 sia stato per esse un volano fondamentale. Gli ambienti naturali nella prima fase della loro evoluzione antropogenica hanno quindi visto la modifica netta di tutta la fascia di retrospiaggia occupata attualmente dai terreni agricoli mentre i confini del sistema spiaggia-duna e stagni retrodunali appaiono sostanzialmente immutati fino ad oggi. I dati estrapolati dallo studio delle ortofoto ci mostrano però come anche le modifiche occorse a questo ambiente non siano state di poco conto nel corso degli anni: la copertura sabbiosa della spiaggia emersa (la quale è in parte di natura relitta (De Falco et al., 2003) appare diminuita di oltre il 50% tra il 1943 ed il 2008 e, nonostante sia emersa dai rilievi geomorfologici e sedimentologici la tendenza naturale del sistema, che può essere definito intermedio-riflettente (Finkl, 2004) a subire fenomeni erosivi (pur se parzialmente attenuata dalla presenza costante dei depositi di *Posidonia oceanica* (L.) Delile, si ritiene che in questa evoluzione non possa essere sottovalutato il ruolo dell'uomo. L'attuale assenza di sedimenti sabbiosi rilevanti nei pressi della strada costiera limitrofa agli stagni retrodunali, ben visibili fino al 1954, la presenza (1977) di diverse costruzioni sull'arenile e l'aumento crescente di aree antropizzate generali evidenziano bene l'importanza di questo ruolo. Il rapporto tra lo sviluppo evolutivo del sistema di spiaggia e gli impatti antropici viene inoltre messo in evidenza dai rilievi multidato che sottolineano come la copertura vegetazionale, pur se positivamente caratterizzata dalla completa assenza di specie alloctone rilevate, sia attualmente molto frammentaria e che le aree scevre siano spesso in corrispondenza di quelle dove la presenza umana, specie stagionale, si fa più rilevante. L'aumento delle aree antropizzate stabili verificatosi a partire dal 2008 va al contrario interpretato come un segnale non necessariamente negativo, in quanto la maggior parte di queste opere ha consentito, come già detto, la razionalizzazione di un'ampia fascia di retrospiaggia interessata in passato dall'accesso e percorrenza da parte dei mezzi di locomozione e conseguentemente una maggior tutela e valorizzazione dell'area strettamente di spiaggia.

5.1.2 *Is Arutas*

Analogamente a quanto verificato per Mari Ermi l'esame delle diacronico delle ortofoto ha evidenziato come fino al 1954 l'area di Is Arutas avesse subito pressioni antropiche limitate, identificate soltanto in un dedalo di piccole strade di campagna spesso senza un preciso collegamento le une con le altre. La situazione si presenta decisamente modificata nel 1968, con una diminuzione cospicua della superficie coperta dalle aree naturali in favore di un'antropizzazione anche in questo caso prevalentemente di tipo agricolo, evoluzione questa comune all'epoca a buona parte della Penisola del Sinis. In contrasto con il dato qui espresso si evidenzia però uno dei risultati più interessanti emersi dallo studio e cioè il particolare andamento della superficie occupata dalla copertura sedimentaria: questa, che nel 1968 vede incrementare di oltre il 14% il valore espresso nel 1954, presenta una netta diminuzione negli intervalli temporali successivi, che segnano un -36,7% nel 1977 ed arrivano ad un decremento totale complessivo di quasi il 50% nel 2008. I risultati emersi dai rilievi geomorfologici, che indicano una evidente tendenza del sistema morfosedimentario, anche in questo caso classificabile come intermedio-riflettente (Finkl, 2004) a rispondere vistosamente ad eventi meteomarini di forte energia, suggeriscono la necessità di procedere con una certa cautela nella valutazione degli stati temporanei in sistemi complessi e fortemente dinamici come quello di Is Arutas, ma si può ipotizzare come fino almeno al 1968 gli impatti antropici non avessero ancora minato le naturali capacità di resilienza del sistema di spiaggia; questi ultimi si presentano in tutta la loro importanza a partire dal 2000, con in particolare un arenile ormai involupato all'interno di un retrospiaggia completamente modificato.

L'aumento costante delle diverse tipologie di antropizzazione, sia di tipo infrastrutturale (parcheggi, aree pavimentate) che legata ai flussi stagionali estivi, fanno ipotizzare come queste abbiano probabilmente influito sull'importante depauperamento sedimentario verificatosi nel corso degli anni a Is Arutas, anche se pare difficile attualmente quantificarne con certezza il peso relativo. Una attenta valutazione dei risultati espressi dai rilievi multidato, tende a confermare questa ipotesi, specie per quanto riguarda la copertura vegetazionale; questa, pur esprimendosi con percentuali di copertura media piuttosto elevate, specie nella parte settentrionale della spiaggia, ad un esame più attento evidenzia come la vegetazione si trovi soprattutto in prossimità della parte finale dell'arenile, corrispondente alla parte di retroduna ancora presente e che, per quanto riguarda le specie più avanzate, come le pioniere, la copertura sia piuttosto limitata e sporadica. In questa evoluzione temporale certamente caratterizzata da un ruolo dell'uomo sempre più importante vi è comunque da evidenziare come attualmente vi sia, soprattutto per la presenza dell'Area Marina Protetta "*Penisola del Sinis – Isola di Mal di Ventre*", un'acclarata tendenza all'aumento delle attività di tutela e conservazione degli ambienti naturali.

La presenza di diverse aree recuperate ed un miglior controllo e tutela del sistema di spiaggia, grazie a una serie di percorsi serviti da passerelle ed alla chiusura degli accessi ai mezzi di locomozione nelle aree strettamente limitrofe al sistema di spiaggia, ne sono probabilmente la maggiore evidenza.

5.1.3 *S'Archeddu 'e Sa Canna*

S'Archeddu 'e Sa Canna a differenza delle due aree di studio precedenti mostra le prime modifiche chiaramente identificabili all'assetto naturale del territorio già nel 1943. Si tratta inizialmente di forme di antropizzazione non ben definita (anche se probabilmente riconducibili a modifiche precedenti una destinazione d'uso agricolo) che poi progrediscono costantemente per arrivare, anche in questa parte della Penisola del Sinis, ai cambiamenti maggiori, che si notano a partire almeno dal 1968: lo sviluppo dell'agricoltura segna un incremento di oltre il 50% rispetto al 1954 e le superfici occupate da aree non antropizzate si riducono a circa il 20%. Per quanto di notevole portata ed eccezione fatta per la ovvia presenza di strade costiere nonché di alcuni edifici isolati, sono queste le modifiche principali apportate dall'uomo a S'Archeddu 'e Sa Canna nel corso della sua evoluzione antropogenica: non si notano infatti segni di una antropizzazione stabile ed anche quella generica risulta attualmente piuttosto limitata, presente in prevalenza nelle aree limitrofe al sistema di spiaggia. Lo sviluppo dei risultati riguardanti questa importante parte dell'area di studio ha fornito diversi spunti di riflessione sul ruolo delle attività umane nell'evoluzione antropogenica di questa parte di fascia costiera. Il sistema di spiaggia di S'Archeddu 'e Sa Canna, che potrebbe essere definito anch'esso come intermedio-riflettente (Finkl, 2004) mostra attualmente caratteristiche molto simili a quelle presenti ad Is Arutas, che vanno dalla netta prevalenza di una copertura sedimentaria grossolana silicoclastica, alla conformazione morfologica e geomorfologica ed alla frammentarietà della copertura vegetazionale, per finire con le caratteristiche del retrospiaggia antropizzato (in questo caso da terreni agricoli) che di fatto ne delimita nettamente i confini e la conseguente larghezza. Queste similitudini vengono confermate dall'evoluzione della stessa superficie sedimentaria che segue un trend generale negativo arrivando ad una diminuzione totale dell'ordine del 40-45%, è interessante poi notare come le oscillazioni si mantengano perlomeno in equilibrio fino al 1968, segnando un crollo di quasi il 20% nel 1977, in maniera piuttosto simile ancora al trend evolutivo di Is Arutas.

Analizzando la situazione nel complesso si deve quindi constatare come anche nell'area di S'Archeddu 'e Sa Canna l'evoluzione antropogenica sia stata guidata decisamente dalle azioni dell'uomo, ma, anche se queste non abbiano agito per molto tempo nell'ottica della conservazione degli ambienti naturali, si devono comunque sottolineare alcune piccole evoluzioni recenti che mirano a questo scopo, specialmente riguardo alla tutela del sistema di spiaggia.

5.1.4 *Maimoni*

L'analisi delle diverse forme di pressione antropica verificatesi a *Maimoni* nel corso della sua evoluzione antropogenica si è dimostrata molto interessante poiché ha rilevato una notevole dinamicità in intervalli temporali relativamente brevi. L'area di studio, la più vasta tra quelle prese in esame, mostra infatti i segni di un'agricoltura già abbastanza sviluppata nel 1943, la quale aumenta notevolmente le sue aree di attività nel 1968 e si stabilizza tra il 1977 ed il 2008 su percentuali di copertura oscillanti intorno al 45%. Pur non evidenziandosi nel corso degli anni nessuna forma di antropizzazione che qui è stata definita stabile, si nota invece come le modifiche antropiche generiche siano ben presenti a partire dal 1968, per arrivare ad un picco di copertura di circa il 15% nel 1977 e, in un continuo susseguirsi di modifiche spaziali, stabilizzarsi intorno al 10% nel 2008.

Le superfici considerate come naturali hanno ovviamente risentito di queste diverse pressioni, vedendo una diminuzione della loro copertura di quasi il 60% tra il 1943 ed il 2008; inoltre, in entrambi i tipi di impatto considerati i dati mettono in risalto come questi abbiano agito, prima marginalmente e poi in maniera più pesante, sui delicati equilibri del sistema spiaggia-duna. Il picco di queste interferenze è stato individuato nell'intervallo di tempo intercorrente tra il 1977 ed il 2000 dove l'antropizzazione generale è arrivata ad interessare un'ampia fascia di retrospiaggia nella parte settentrionale caratterizzata negli intervalli precedenti dalla presenza di ampi stagni retrodunali temporanei e che nel 2000 arriva ad essere completamente modificata e non più definibile come naturale. A partire dal 2008, grazie alla definitiva chiusura degli accessi dei mezzi di locomozione, questa stessa area appare in fase di totale recupero e attualmente risulta caratterizzata da una ricomparsa degli stagni retrodunali temporanei e da una fitta copertura vegetazionale tipica delle aree di transizione. Proprio i dati vegetazionali, insieme a quelli geomorfologici e sedimentologici, mostrano poi come in realtà il sistema di spiaggia di *Maimoni* presenti caratteristiche piuttosto differenti nei diversi settori esaminati, passando da un sistema più di tipo intermedio (Finkl, 2004) nella parte centro-meridionale ad uno intermedio-riflettente (Finkl, 2004) in quella settentrionale; qui si nota infatti come il rapporto tra la conformazione geomorfologica, la copertura vegetazionale e le caratteristiche dei sedimenti siano forse più simili alle aree di *Is Arutas* e *S'Archeddu 'e Sa Canna* che non alla stessa parte meridionale di *Maimoni*. Qui, lo sviluppo di un ampio campo dunale e quindi maggiori dimensioni trasversali del sistema di spiaggia influenzano in particolare la tessitura dei sedimenti, che presentano spesso palinsesti completamente assente nei pressi del primo transetto (T1), caratterizzato da una unimodalità pressoché costante in tutte le forme di spiaggia ed in entrambi i periodi di rilievo. Procedendo sempre con la dovuta cautela, anche questi dati tendono a confermare l'ipotesi che la diminuzione dello sviluppo trasversale possa portare nel tempo modifiche sostanziali al sistema di spiaggia ed alla sua capacità di reazione

e resilienza alle dinamiche naturali che ivi occorrono, specie in spiagge caratterizzate dalla presenza, anche in questo caso, di sedimenti relitti e da una spiaggia sommersa non ampiamente sviluppata se non nella parte meridionale (Simeone et al., 2007)

5.1.5 *Funtana Meiga*

Le caratteristiche geomorfologiche di questa parte della Penisola del Sinis, caratterizzata da una zona collinare molto ampia e da un sistema spiaggia-duna esteso prevalentemente verso meridione, dividono virtualmente Funtana Meiga in due settori distinti, i quali nel corso dell'Antropogene hanno avuto forme diverse ma complementari di antropizzazione.

L'area di studio, facente parte della unità geoambientale meridionale, nella prima fase della sua evoluzione antropogenica presenta notevoli segni della presenza e delle azioni dell'uomo, i quali sono messi in evidenza da una superficie naturale limitata a circa il 40% del totale già nel 1943: si tratta, anche in questo caso degli effetti delle attività agricole, che in questa parte della Penisola del Sinis hanno avuto uno sviluppo più rapido rispetto alle altre aree in studio, raggiungendo un picco massimo di copertura pari a circa l'85% nel 1968. Sono questi i segni antropici più tangibili fino almeno al 1977, anno in cui essi si mostrano vistosi anche sull'arenile, specie con la comparsa di un gran numero di edifici costieri (i cosiddetti casotti), all'epoca ampiamente diffusi in tutta la fascia costiera italiana. E' probabilmente questo il periodo durante il quale il sistema spiaggia-duna ha subito le modifiche maggiori, evidenziate tra le altre cose dalla presenza ancora ai giorni nostri (e probabilmente diffusa anche prima del 1977) di specie vegetali alloctone, tra le quali *Carpobrotus spp.* (Fig. 5.1.1) e *Agave spp.*, nonché da un progressivo depauperamento della copertura sabbiosa diminuita di circa il 25% tra il 1943 ed il 2008.



Fig. 5.1.1 - *Carpobrotus spp.*

Unite a questi fenomeni indotti, le dinamiche piuttosto reattive e la tendenza a subire fenomeni erosivi emerse dall'analisi dei dati geomorfologici e sedimentologici, classificabili all'interno di un sistema di tipo intermedio-riflettente (Finkl, 2009) rendono certamente questa parte di Funtana Meiga come una delle più sensibili alle pressioni ed agli impatti indotti dall'uomo. Impatti che hanno subito una netta accelerazione nella prima metà degli anni '90 del XX sec. con la comparsa nella parte più alta di Funtana Meiga di un complesso urbano piuttosto vasto, ben visibile già nell'immagine relativa al 2000. Questo, pur avendo inciso su aree già antropizzate (anche se in maniera meno incisiva) e non avendo modificato in maniera diretta (se non parzialmente) la restante porzione dell'area di studio occupata dalle superfici naturali, ha decisamente aumentato la portata degli impatti visibili e invisibili su questo territorio. Rispetto ai detti notevoli impatti subito nel corso della sua evoluzione antropogenica, vi è però da dire come almeno a partire dal 2008 siano venuti alla luce anche a Funtana Meiga alcuni segnali indicanti un miglioramento dello stato ambientale dell'area, ben rappresentati in particolare dalla comparsa un cospicuo numero di aree recuperate al verde, alcune delle quali limitrofe al sistema spiaggia-duna.

5.1.6 *San Giovanni di Sinis*

A San Giovanni di Sinis fino almeno al 1954 sono pochissimi i segni visibili della presenza umana, riconducibili sostanzialmente ad una serie di edifici isolati e ad una breve strada costiera. Dall'analisi diacronica si evince quindi come gli ambienti naturali si presentassero all'epoca sostanzialmente intatti, dato che viene confermato anche da una serie di immagini risalenti alla fine degli anni '50 che mostrano come il sistema spiaggia-duna si estendesse senza soluzione di continuità da una parte all'altra della Penisola del Sinis propriamente detta (Pinna et al., 2014). Lungo l'arenile, che presenta le caratteristiche di un sistema intermedio maggiormente tendente al riflettente nella parte meridionale (Finkl, 2004), le rilevanze di una crescente antropizzazione iniziano ad manifestarsi negli anni '60, soprattutto con la presenza sempre più cospicua di piccoli edifici, le cosiddette *barracas*. Queste che nell'immediato passato venivano usate prevalentemente dai pescatori come supporto logistico per l'esercizio della loro attività professionale, si evolvono in una sorta di case di villeggiatura estive e sopravvivono, con incrementi numerici sempre maggiori, fino alla metà degli anni '80 (Pinna et al., 2014); nello sviluppo di questo lavoro in particolare il picco di questa crescita è stato rilevato nel 1977, con un incremento di oltre il 600% rispetto al 1954, prima immagine nella quale sono state individuate con ragionevole certezza. E' questo un dato molto importante su cui riflettere, in quanto fa intuire come in questo breve arco temporale si sia sviluppato molto rapidamente il concetto di utilizzo della fascia costiera ai fini ricreativi e turistici, in netta antitesi con quello che accadeva nei primi anni dell'Antropogene, durante i quali questo uso era una prerogativa di pochi e la presenza dell'uomo era da considerarsi

in stretta relazione all'esercizio delle attività lavorative tradizionali come la pesca, l'agricoltura e la pastorizia (Pinna et al., 2014).

Se si esclude la parte nord-orientale dell'area di studio, rimasta sostanzialmente immutata fino ad oggi, l'assetto territoriale ed ambientale di San Giovanni di Sinis è stato interessato nel corso della sua evoluzione antropogenica da importanti modifiche: queste possono essere generalmente riassunte in un consistente aumento delle forme di antropizzazione limitata e stabile e dall'importante depauperamento sedimentario che ha interessato in particolare il sistema spiaggia-duna (Fig. 5.1.2) Questo, come detto, esteso fino alla metà degli anni '50 da un estremo della penisola dell'altro, ha progressivamente perso la sua continuità disturbato dalla presenza sempre più definita delle attività e delle opere antropiche e ha visto comparire in alcune parti vaste interruzioni, come anche evidenziato dai rilievi geomorfologici. E' stata inoltre determinata al suo interno la presenza (circostrita ma ampia) di vegetazione alloctona, come per Funtana Meiga ricollegabile con ragionevole certezza ad un uso ornamentale legato agli edifici costieri, nonché una limitata (ma non nulla) presenza di residui esterni di vario tipo.

Altro punto importante nell'evoluzione antropogenica di San Giovanni di Sinis risulta poi essere la presenza degli importanti scavi archeologici che hanno riportato alla luce la città Fenicio-Punico-Romana di *Tharros*. Le attività principali iniziate già alla fine degli anni'50, poi proseguite in maniera abbastanza costante nel corso degli anni, sono arrivate a determinare un picco di superficie occupata di quasi il 13% negli anni 2000.



Fig. 5.1.2 – San Giovanni di Sinis: blowout dunare

In questo lavoro si è voluto documentare in maniera essenziale questo particolare tipo di evoluzione ambientale, in quanto risulta certamente difficile dare senso univoco ad una simile forma di antropizzazione; risulta comunque indubbio come gli elevati valori storici, culturali e di identità rappresentati da vestigia così importanti si contrappongano alle nette e cospicue modifiche degli ambienti naturali sui quali si stagliano.

Anche in questa estrema parte meridionale della Penisola del Sinis occorre però sottolineare come negli ultimi anni siano stati compiuti notevoli sforzi per la salvaguardia e la tutela degli ambienti naturali ancora ampiamente presenti, anche nell'ottica di una fruibilità del territorio legata in ogni caso in maniera difficilmente scindibile alla sua evoluzione Antropogenica.

5.2 Conclusioni

Il lavoro di ricerca svolto si ritiene possa costituire un buon contributo alla comprensione dello stato attuale e della recente evoluzione degli ambienti costieri della Penisola del Sinis. I risultati emersi dallo sviluppo dello studio fanno affermare in particolare come l'integrazione di diverse metodologie e tematiche abbia portato a comprendere in maniera più efficace le complesse dinamiche che sottendono questi processi evolutivi.

I rilievi effettuati sul campo, comprendenti tematiche diverse ma complementari, hanno permesso di stabilire un quadro il più possibile esaustivo dello stato attuale degli ambienti di studio, sia determinandone le caratteristiche naturali che valutando le loro interazioni con la presenza e le attività dell'uomo. L'introduzione del concetto di Antropogene poi, per quanto aperta ad ulteriori elaborazioni, si ritiene abbia potuto meglio rappresentare la veloce evoluzione di queste interazioni, stabilendone con ragionevole approssimazione i confini temporali all'interno dei quali è stata poi svolta l'attività di fotointerpretazione.

I risultati ottenuti evidenziano in generale come nella Penisola del Sinis vi sia stata e vi sia ancora una chiara associazione tra evoluzione degli ambienti naturali e sviluppo antropico. Questi mettono in chiara evidenza come l'evoluzione antropogenica si sia sviluppata in maniera piuttosto progressiva fino almeno alla fine degli anni '50, durante i quali le modifiche apportate agli ambienti naturali risultavano legate prevalentemente alle attività economiche tradizionali (Pinna et al., 2014); in particolare erano le attività connesse all'agricoltura ad essere già piuttosto estese, specie nella parte centrale e meridionale dell'area di studio, dove le superfici intatte risultavano essere quasi esclusivamente relegate al sistema spiaggia-duna. Una netta accelerazione si è avuta certamente a partire dagli anni '60, con una progressiva evoluzione verso un uso turistico e ricreativo della fascia costiera, in funzione delle mutate condizioni economiche e sociali della zona. I segni di questa mutazione sono ben rappresentati dal notevole aumento delle diverse forme di antropizzazione generica e stabile e da un progressivo depauperamento dei sistemi di spiaggia-duna,

non di rado anche disturbati dalla presenza di specie vegetali alloctone invasive. Segnali che evidenziano una decisa inversione di tendenza si hanno verso la metà degli anni '90, con l'avvento dell'Area Marina Protetta “Penisola del Sinis – Isola di Mal di Ventre”, che si ritiene abbiano contribuito a meglio integrare le esigenze di tutela e conservazione degli ambienti naturali della fascia costiera con quelle dello sviluppo sociale ed economico della Penisola del Sinis.

Bibliografia

A

- Acquaro, E., Mezzolani, A., & Comitato nazionale per gli studi e le ricerche sulla civiltà fenicia e punica (Italy). (1996). *Tharros*. Roma: Libreria dello Stato, Istituto poligrafico e Zecca dello Stato..
- Albert, R. M. (2015). Anthropocene and early human behavior. *The Holocene*, 25 (10), 1542-1552
- Andreucci, S., Pascucci, V., Murray, A. S., & Clemmensen, L. B. (2009). Late Pleistocene coastal evolution of San Giovanni di Sinis, west Sardinia (Western Mediterranean). *Sedimentary Geology*, 216(3), 104-116.
- Atzeni, A., De Muro, S., Di Gregorio, F., & Piras, G. (2004). Map of geo-environmental hazard on the coast of Sardinia (Italy). Firenze, Italy SELCA, scale, 1(200,000), 1.

B

- Baccelle, L., & Bosellini, A. (1965). *Diagrammi per la stima visiva: della composizione percentuale nelle rocce sedimentarie (Vol. 1)*. Università degli studi di Ferrara.
- Barbour, M. G., de Jong, T. M., & Johnson, A. F. (1976). Synecology of beach vegetation along the Pacific Coast of the United States of America: a first approximation. *Journal of Biogeography*, 55-69.
- Bannon, P. G., Marshall, I. W., James, M., & Ilic, S. (2010). The assimilation of historic photography and cartography into longterm coastal geomorphological analysis. *Procedia Environmental Sciences*, 2, 527-5
- Bartoloni, P., (2009). *I Fenici, i Cartaginesi in Sardegna*, Carlo Delfino Editore, Sassari.
- Battino, S. (2014). *Stime quantitative e un primo studio cartografico delle seconde residenze nel processo di litoralizzazione della fascia costiera del Nord-Est della Sardegna*.
- Bini, M., Casarosa, N., & Ribolini, A. (2008). L'evoluzione diacronica della linea di riva del litorale pisano (1938-2004) sulla base del confronto di immagini aeree georeferenziate. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie A*, 113, 1-12.
- Blott, S. J., & Pye, K. (2001). GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth surface processes and Landforms*, 26(11), 1237-1248.
- Brigaglia, M., Mastino, A., & Ortu, G. G. (2006). *Storia della Sardegna. 1: dalle origini al Settecento (pp. p-XI)*. GLF editori Laterza.

C

- Carboni, S., & Lecca, L. (1985). Osservazioni sul Pleistocene medio-superiore della Penisola del Sinis (Sardegna occidentale). *Bollettino della Società Geologica Italiana*, 104(3), 459-477.
- Carboni, S., Lecca, L., Tilocca, G. (2010). Analisi stratigrafico-morfologica e censimento dei processi franosi in atto sulle coste alte nel settore costiero compreso tra Capo San Marco e Capo Marrargiu (Sardegna centro-occidentale). Università di Cagliari, Dipartimento di Scienze della Terra, Provincia di Oristano – Provintzià de Aristanis, Assessorato alla Difesa dell'Ambiente.
- Carobene, L., & Brambati, A. (1975). Metodo per l'analisi morfologica quantitativa delle spiagge. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, 94(3), 479-493.
- Carta Geologica d'Italia scala 1:5000. Foglio 528, realizzato secondo le normative del Progetto CARG, pubblicato sul web, in allestimento per la stampa.
- Cherchi A., Marini A., Murru M. - Stratigrafia e paleoecologia del Miocene superiore della Penisola del Sinis (Sardegna occidentale). Univ.. (1978).
- Cherchi, A., Marcello, A., Marini, A., Murru, M., Pretti, S., & Salvadori, I. (1982). Carta geologica della Sardegna 1:250.000. Ente Minerario Sardo, Tipografia Selca Firenze.
- Coroneo, R. (1999). Le chiese cruciformi "bizantine" della Sardegna: aspetti e problemi di cronologia e interpretazione. In Coroneo, R., Coppola, M. Chiese cruciformi bizantine della Sardegna nelle fotografie di Louis Fischer. (pp. 11-16). Catalogo della mostra. Cagliari: (Italy)
- Cossellu, M. (2007). Sedimentologia e processi deposizionali della piattaforma continentale di Cagliari dal Last Glacial Maximum all'attuale.
- Crutzen, P.J., Stoermer, E.F., 2000. The "Anthropocene". *Global Change Newsletter* 41, 17e18.

D

- Dal Cin, R. (1969). Distinzione tra spiagge in erosione ed in avanzamento mediante metodo granulometrico. Edizioni scientifiche italiane.
- Dal Cin, R. (1976). The use of factor analysis in determining beach erosion and accretion from grain-size data. *Marine Geology*, 20(2), 95-116.
- Dal Cin, R., & Simeoni, U. (1994). A model for determining the classification, vulnerability and risk in the southern coastal zone of the Marche (Italy). *Journal of Coastal Research*, 18-29.

- Davidson, M., Van Koningsveld, M., de Kruif, A., Rawson, J., Holman, R., Lamberti, A., ... & Aarninkhof, S. (2007). The CoastView project: Developing video-derived Coastal State Indicators in support of coastal zone management. *Coastal Engineering*, 54(6), 463-475.
- De Falco, G., Baroli, M., Simeone, S., & Piergallini, G. (2002). La rimozione della Posidonia dalle spiagge: conseguenze sulla stabilità dei litorali.
- De Falco, G., Molinaroli, E., Baroli, M., Bellacicco, S., (2003). Grain size and compositional trends of sediment from Posidonia oceanica meadows to beach shore, Sardinia, Western Mediterranean. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 58, 299e309.
- Del Vais C., Grillo, S.M., Naitza, S., (2012) Inventory, mapping and multidisciplinary study of the ancient quarries of the Sinis Peninsula (West Sardinia, Italy) in Proceedings of the 39 International Symposium for Archaeometry, Leuven (2012), pp. 34-41)
- Deriu, M. (1964). Notizie sulla costituzione geologica del Bosano, della Planargia e del Montiferro settentrionale e occidentale. Tipografia Bernardi.
- Donati, A., & Zucca, R. (1992). L'ipogeo di San Salvatore (Vol. 21, p. 88). Carlo Delfino Editore, Sassari.

F

- Ferrari M., Schiaffino C.F., Brignone M., Iannotta A., Corradi N. (2012). Coastal video monitoring for beach management.
- Finkl, C. W. (2004). Coastal classification: systematic approaches to consider in the development of a comprehensive scheme. *Journal of Coastal Research*, 166-213.
- Fois, F., (1981) Torri Spagnole e forti piemontesi in Sardegna: contributo alla storia delle fortificazioni in Sardegna, Cagliari.
- Folk, R. L., 1980. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill's, Austin.
- Forti, S., & Orrù, P. (1995). Geomorfologia costiera e sottomarina della Penisola del Sinis (Sardegna occidentale). *Bollettino della Società Geologica Italiana*, 114(1), 3-21.
- Finney, S. C. (2014). The 'Anthropocene' as a ratified unit in the ICS International Chronostratigraphic Chart: fundamental issues that must be addressed by the Task Group. *Geological Society, London, Special Publications*, 395(1), 23-28.
- Foley, S. F., Gronenborn, D., Andreae, M. O., Kadereit, J. W., Esper, J., Scholz, D., Pöschl U., Jacob, D.E., Schöne, B.R., Schreg, R., Vött, A., Jordan, D., Lelieveld, J., Weller, C.G., Alt, K. W., Gaudzinski-Windheuser, S., Bruhn, K-C., Tost, H., Sirocko, F., Crutzen, P. J. (2013). The Palaeoanthropocene—the beginnings of anthropogenic environmental change. *Anthropocene*, 3, 83-88.

G

- García-Mora, M. R., Gallego-Fernández, J. B., Williams, A. T., & Garcia-Novo, F. (2001). A coastal dune vulnerability classification. A case study of the SW Iberian Peninsula. *Journal of coastal research*, 802-811.
- Gibbard, P. L., & Walker, M. J. C. (2014). The term 'Anthropocene' in the context of formal geological classification. *Geological Society, London, Special Publications*, 395(1), 29-37.
- Glikson, A. (2013). Fire and human evolution: the deep-time blueprints of the Anthropocene. *Anthropocene*, 3, 89-92.

H

- Harley, M. D., Turner, I. L., Short, A. D., & Ranasinghe, R. (2011). Assessment and integration of conventional, RTK-GPS and image-derived beach survey methods for daily to decadal coastal
- Huang, J., Jackson, D. W., & Cooper, J. A. G. (2002). Morphological monitoring of a high energy beach system using GPS and total station techniques, Runkerry, Co. Antrim, Northern Ireland. *Journal of Coastal Research*, 36(36), 390-398.

J

- Jiménez, J. A., Osorio, A., Marino-Tapia, I., Davidson, M., Medina, R., Kroon, A., ... & Aarnikhof, S. G. J. (2007). Beach recreation planning using video-derived coastal state indicators. *Coastal Engineering*, 54(6), 507-521.

K

- Kindler, P., Davaud, E., & Strasser, A. (1997). Tyrrhenian coastal deposits from Sardinia (Italy): a petrographic record of high sea levels and shifting climate belts during the last interglacial (isotopic substage 5e). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 133(1), 1-25.
- Krumbein, W. C. (1934). Size frequency distributions of sediments. *Journal of sedimentary Research*, 4(2).

L

- Lecca, L., & Carboni, S. (2007). The Tyrrhenian section of San Giovanni di Sinis (Sardinia): stratigraphic record of an irregular single high stand. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 113(3), 509.
- Lovreglio, R., Danna, E., & Mou, G. (2014). Mitigazione del pericolo incendi nelle aree di interfaccia urbano/foresta: un esempio di selvicoltura preventiva in Sardegna. *Forest@-Journal of Silviculture and Forest Ecology*, 11(51), 156.
- Lewis, S. L., & Maslin, M. A. (2015). Defining the anthropocene. *Nature*, 519(7542), 171-180.

M

- Marini, A., & Murru, M. (1977). Rilevamento geologico della *Penisola del Sinis* (Sardegna centro meridionale). *Rendiconti Seminario Facoltà di Scienze Università di Cagliari*, 24, 95-108.
- Mastino, A. (1998). La Sardegna romana.
- McLaughlin, S., & Cooper, J. A. G. (2010). A multi-scale coastal vulnerability index: A tool for coastal managers?. *Environmental Hazards*, 9(3), 233-248.

P

- Pardini, E. A., Vickstrom, K. E., & Knight, T. M. (2015). Early Successional Microhabitats Allow the Persistence of Endangered Plants in Coastal Sand Dunes. *PloS one*, 10(4), e0119567.
- Pecorini, G. (1972). La trasgressione pliocenica nel Capo S. Marco (Oristano, Sardegna occidentale). *Bollettino della Società Geologica Italiana*, 91(2), 365-372.
- Pethick, J. S., & Crooks, S. (2000). Development of a coastal vulnerability index: a geomorphological perspective. *Environmental Conservation*, 27(04), 359-367.
- Pinna P., Di Gregorio F., Ferrara C., Frongia P., Naitza S. e Poddi M. 2014. Prime indagini sull'interazione tra aspetti naturali, ambientali e storico archeologici nella Penisola del Sinis, Sardegna centro occidentale. Atti convegno il Monitoraggio costiero Mediterraneo Problematiche e Tecniche di Misura. Livorno, Giugno 2014.
- Pinna P., Buosi C., Ferrara C., Naitza S. (2015) Is Arutas beach (Sinis Peninsula – Sardinia): Environmental, Geomorphological and Sedimentological observations. XI GeoSed Congress Italian Association for Sedimentary Geology, section of the Italian Geological Society, Cagliari, September 21-27, 2015. In press.
- Pinna, P., Ferrara, C., & Naitza, S. (2015). Geomorphological and and environmental changes on several beaches in the Sinis Peninsula (Sardinia, Italy): an expeditious method for qualitative analisys. *Geomorphology for Society*.
- Pomesano Cherchi, A. (1968). Il Quaternario del Golfo di Oristano. In *Atti del X Congresso Internazionale di Studi Sardi. Cagliari* (p. 8).
- Powers, M. C. (1953). A new roundness scale for sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Research*, 23(2).

R

- Ramieri, E., Hartley, A., Barbanti, A., Santos, F. D., Gomes, A., Hilden, M., ... & Santini, M. (2011). Methods for assessing coastal vulnerability to climate change. European Environment Agency, European topic centre on climate change impacts, vulnerability and adaptation.

- Rocha, C. P., Araújo, T. C. M., & Mendonça, F. J. B. (2009). Methodology for location of shorelines using 3D-GPS positioning: A case study at Sauacui Beach, northeast Brazil. *Journal of Coastal Research*, 1052-1058.
- Roebroeks, W., & Villa, P. (2011). On the earliest evidence for habitual use of fire in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(13), 5209-5214.

S

- Short, A. D. (1975). Multiple offshore bars and standing waves. Coastal Studies Institute, Louisiana State University.
- Simeone, S., De Falco-Fondazione, C. D. G., & Gellon, I. A. Monitoraggio dei litorali dell'Area Marina Protetta Penisola del Sinis-Isola di Mal di Ventre.
- Simeone S., Dessy C., Di Gregorio F., Paliaga B., Cucco A., De Falco G. (2007). Analisi della vulnerabilità dei litorali sabbiosi dell'Area Marina Protetta (Penisola del Sinis-Isola di Mal di Ventre). *Studi Costieri* N° 13 2007
- Sondaar, P., Elhurg, R., Holmeijer, G. K., Martini, F., Sanges, M., Spaan, A., & de Visser, H. (1995). The human colonization of Sardinia: a Late—Pleistocene human fossil from Corbeddu cave.
- Sousa, P. H. G. O., Siegle, E., & Tessler, M. G. (2011). Environmental and anthropogenic indicators for coastal risk assessment at Massaguaçu Beach (SP) Brazil. *Journal of Coastal Research*, 0749-0208.
- Spanu, P. G. (1998). *La Sardegna bizantina tra VI e VII secolo* (Vol. 12). S'alvure.
- Steffen, W., Crutzen, P. J., & McNeill, J. R. (2007). The Anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of nature. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 36(8), 614-621.
- Steffen, W., Grinevald, J., Crutzen, P., & McNeill, J. (2011). The Anthropocene: conceptual and historical perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 369(1938), 842-867.
- Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015). The trajectory of the Anthropocene: the great acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81-98.

U

- Udden JA. 1914. Mechanical composition of clastic sediments. *Bulletin of the Geological Society of America* 25: 655–744.

W

- Walker, M., Gibbard, P., & Lowe, J. (2015). Comment on “When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary is stratigraphically optimal” by Jan Zalasiewicz et al.(2015), *Quaternary International*, 383, 196–203. *Quaternary International*, 383, 204-207.
- Waters, C. N., Zalasiewicz, J. A., Williams, M., Ellis, M. A., & Snelling, A. M. (2014). A stratigraphical basis for the Anthropocene?. *Geological Society, London, Special Publications*, 395(1), 1-21.
- Waters, C. N., Syvitski, J. P., Galuszka, A., Hancock, G. J., Zalasiewicz, J., Cearreta, A., Grinevald, J., Jeandel, C., McNeill, J.R., Summerhayes, C., & Barnosky, A. (2015). Can nuclear weapons fallout mark the beginning of the Anthropocene Epoch?. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 71(3), 46-57.
- Wentworth CK. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology* 30: 377–392.

V

- van Koningsveld, M., Davidson, M. A., & Huntley, D. A. (2005). Matching science with coastal management needs: the search for appropriate coastal state indicators. *Journal of Coastal Research*, 399-411.
- van Rijn, L. (2010). Description of coastal state indicators in Concepts and Science for Coastal Erosion Management (Conscience) Project. Description of coastal state indicators, Deliverable D, 9.

Z

- Zalasiewicz, J., Williams, M., Smith, A., Barry, T. L., Coe, A. L., Bown, P. R., Brenchley, P., Cantrill, D., Gale, A., Gibbard, P., Gregory, F.J., Hounslow, M.W., Kerr, A.C., Pearson, P., Robert Knox, R., Powell, J., Waters, C., Marshall, J., Oates, M., Rawson, P., Stone, P., (2008). Are we now living in the Anthropocene?. *Gsa Today*, 18(2), 4.
- Zalasiewicz, J., Waters, C. N., Williams, M., Barnosky, A. D., Cearreta, A., Crutzen, P., Ellis, E., Ellis, M.A., Fairchild, I.J., Grinevald, J., Haff, P.K., Hadjas, I., Leinfelder, R., McNeill, J., Odada, E.O., Peirier, C., Richter, D., Steffen, W, Summerhayes, C., Syvitsky, J.P.M., Vidas, D., Wagreich, M., Wing, S.L., Wolfe, A.P., An, Z., Oreskes, N. (2015). When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary level is stratigraphically optimal. *Quaternary International*.
- Zucca, R. (1984). *Tharros*. Giovanni Corrias, Oristano
- Zucca, R. (1993). *Tharros*. Giovanni Corrias, Oristano

Sitografia

- Regione Sardegna Geoportale <http://www.sardegnageoportale.it>
- Regione Sardegna Geoportale Mash-up Sardegna mappe <http://www.sardegnageoportale.it/index.php?xsl=1598&s=164279&v=2&c=9074&t=1>
- <http://www.perthregionnrm.com/perth-nrm-programs/coastal/current-projects/coastal-photo-monitoring-project.aspx>

Ringraziamenti



La presente Tesi di Dottorato è stata prodotta durante la frequenza del corso di dottorato in “Difesa e conservazione del suolo, vulnerabilità ambientale e protezione idrogeologica” dell’Università degli Studi di Cagliari, a.a. 2013/2015 - XXVIII ciclo, con il supporto di una borsa di studio finanziata con le risorse del P.O.R. SARDEGNA F.S.E. 2007-2013 - Obiettivo competitività regionale e occupazione, Asse IV Capitale umano, Linea di Attività I.3.1 “Finanziamento di corsi di dottorato finalizzati alla formazione di capitale umano altamente specializzato, in particolare per i settori dell’ICT, delle nanotecnologie e delle biotecnologie, dell’energia e dello sviluppo sostenibile, dell’agroalimentare e dei materiali tradizionali.

Si ringraziano il Professor Felice di Gregorio, la Professoressa Concetta Ferrara ed il Professor Stefano Naitza per il supporto costante e la continua disponibilità avuti durante i tre anni di Dottorato.

Si ringrazia tutto il personale del Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche di Cagliari per il supporto tecnico, logistico e morale fornito in questi tre anni di Dottorato.

Si ringraziano tutti i Docenti del Dottorato di Ricerca.

Si ringraziano i Professori Stefano Andreucci, Silvana Fais, Giorgio Ghiglieri, Luciano Lecca, Rita Teresa Melis, Francesco Secchi ed Andrea Vacca per la disponibilità ed i preziosi consigli.

Un ringraziamento particolare ai colleghi di Dottorato presenti e passati.

Si ringraziano Carla Buosi e Matteo Poddi per il prezioso aiuto scientifico.

Si vuole ringraziare in particolare l'Area Marina Protetta “Penisola del Sinis – Isola di Mal di Ventre” ed in Particolare il Direttore Dott.Giorgio Massaro per il supporto logistico, tecnico coadiuvato dall'uso della strumentazione, nonché per la grande disponibilità e interesse.

Si ringrazia la School of Earth and Ocean Science dell'Università di Cardiff dell'Università di Cardiff ed in particolare il Dr. José Constantine per il supporto fornito durante io soggiorno all'estero.

Si ringrazia il Professor Dario Cossu per le immagini della Sua collezione privata (Collezione Manca-Cossu), realizzate dal Professor Jacob Schweizer. In memoria della moglie, Professoressa Mena Manca Cossu.

Si ringraziano i Sigg. Paolo Vacca e Stefano Vacca per le immagini della loro collezione privata (Collezione Vacca). In memoria dei genitori Bruno e Nerina. Si ringrazia il Signor Maurizio Poddi e Famiglia (Collezione Poddi) per le immagini della loro collezione privata.

Si ringraziano tutti gli amici che mi son stati vicini.

Un particolare ringraziamento finale va a mia madre.