

**ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITA' DI BOLOGNA**

**Corso di Laurea Magistrale in
Analisi e Gestione dell'Ambiente**

**“Analisi spaziale e temporale della flora psammofila del litorale della Provincia di
Pesaro e Urbino”**

**Tesi di Laurea in
Botanica Ambientale**

Relatore

Prof.ssa Giovanna Pezzi

Correlatore interno

Prof. Alessandro Buscaroli

Presentata da

Sarah Tonelli

Correlatore esterno

Dott. Leonardo Gubellini

Sessione Unica Anno Accademico 2019/2020

INDICE

1 INTRODUZIONE	5
1.1 L'erbario come fonte di dati	5
1.1.1 Funzioni e bias	5
1.2 L'ambiente costiero	6
1.3 La flora psammofila del litorale della Provincia di Pesaro e Urbino nell'Erbario Brilli-Cattarini	8
2 AREA STUDIO	10
2.1 La costa della Provincia di Pesaro e Urbino	10
2.1.1 Inquadramento geografico	10
2.2 Trasformazioni del litorale della Provincia di Pesaro e Urbino	11
2.2.1 Apporto fluviale	11
2.2.2 Il ruolo della ferrovia e l'urbanizzazione	13
2.2.3 Turismo costiero	14
2.2.4 Evoluzione della linea di costa	15
2.3 La flora psammofila del litorale della Provincia di Pesaro e Urbino	17
2.3.1 Storia delle esplorazioni	17
2.3.2 La checklist della flora psammofila	18
2.3.3 La flora autoctona	24
2.3.4 Distribuzione della flora psammofila	26
2.3.5 Le specie alloctone	27
3 MATERIALI E METODI	29
3.1 Selezione delle specie ed estrazione dei dati	29
3.1.1 I dati dell'Erbario Brilli-Cattarini <i>De Planta Salis</i>	29
3.1.2 Le segnalazioni floristiche	32
3.2 Creazione di un database e georeferenziazione dei dati	32
3.2.1 Analisi dei dati	35
4 RISULTATI	36
4.1 Le specie target	36
4.2 La distribuzione dei dati	42
4.2.1 La distribuzione temporale dei dati	42
4.2.2 La distribuzione spaziale dei dati	44
4.2.3 La distribuzione spazio-temporale dei dati	47
5 DISCUSSIONE E CONCLUSIONI	61

BIBLIOGRAFIA	66
SITOGRAFIA	75
RINGRAZIAMENTI	76

1 INTRODUZIONE

1.1 L'erbario come fonte di dati

1.1.1 Funzioni e bias

Un erbario è una raccolta di campioni vegetali essiccati e pressati, montati su fogli di cartoncino di formato standard, corredati da informazioni indispensabili e sistemati secondo criteri di ordinamento precedentemente stabiliti (Figura 1.1). Esso è caratterizzato dal fatto di poter mantenere inalterate quasi tutte le caratteristiche morfologiche e strutturali della pianta, permettendone sempre l'osservazione e lo studio.



Figura 1.1 – Sala d'erbario del Centro Ricerche Floristiche delle Marche (2009) (Fotografia di L. Gubellini).

Storicamente, gli erbari hanno come prima funzione quella di servire come fonte per i botanici per svolgere ricerche sulla tassonomia e la sistematica. Tuttavia, c'è stata un crescente interesse per le collezioni d'erbario da sfruttare per valutare la passata, attuale e futura distribuzione delle piante, la demografia, cambiamenti temporali in tratti fenologici e morfologici (Daru *et al.*, 2018; Moggi, 2012) e identificare gli effetti di variazioni di condizioni ambientali sulle attività antropiche e sui servizi degli ecosistemi (Geri *et al.*, 2016). Possono inoltre ricostruire l'andamento dell'invasione di specie alloctone e dell'espansione di quelle autoctone (Delisle *et al.*, 2003; Crawford *et al.*, 2009; Antunes & Schamp, 2017). I dati d'erbario vengono inoltre utilizzati per il confronto della flora attuale con quella del passato ai fini della gestione del territorio (Alessandrini, 2012), in particolare per definire le priorità nei piani di conservazione (MacDougall *et al.*, 1998). In aggiunta, tramite l'analisi dei dati georeferenziati è possibile valutare quali specie siano in espansione o in regresso e

individuare le aree di particolare pregio e definire le eventuali misure di tutela (Perazza *et al.*, 1998).

I campioni vegetali sono generalmente raccolti in modo non casuale e questo conduce alla presenza di bias che devono essere tenuti in considerazione quando si utilizza questa tipologia di dato. Si tratta di bias geografici, temporali, tassonomici e legati a chi raccoglie i campioni (Daru *et al.*, 2018). I bias geografici sono dovuti al fatto che le specie raccolte in prossimità di aree più accessibili, aree a basse quote oppure distribuite vicino a strade o città sono sovrarappresentate rispetto alle specie raccolte in aree più remote (Daru *et al.*, 2018; Delisle *et al.*, 2003). Inoltre, questo si può accompagnare ad una descrizione di località e habitat di campionamento, a volte, non dettagliata (MacDougall *et al.*, 1998). Le località di ritrovamento possono per di più riferirsi ad ambiti estremamente circoscritti oppure ad aree molto estese oppure la stessa località può presentare descrizioni diverse fra loro. Pertanto, talvolta, è necessario un processo di standardizzazione (Lucchese *et al.*, n.d.). La mancanza di una precisa localizzazione si traduce in imprecisione in fase di georeferenziazione dei campioni d'erbario (Perazza *et al.*, 2005). I bias temporali sono determinati dalla stagionalità delle specie vegetali e dal periodo di maggiore intensità di campionamento di chi raccoglie i campioni d'erbario (Daru *et al.*, 2018; Delisle *et al.*, 2003) con conseguenti effetti sulla valutazione della frequenza delle specie (Hedenäs *et al.*, 2001). Esistono anche bias legati alla difficoltà dell'identificazione di specie sul campo (Delisle *et al.*, 2003), alla nomenclatura obsoleta nei cartellini e alla sovrarappresentazione delle specie più comuni rispetto a quelle rare a causa della loro limitata abbondanza (MacDougall *et al.*, 1998). Sottorappresentare le specie rare potrebbe portare per esempio ad una valutazione errata del rischio di estinzione di tali specie. I bias legati a chi raccoglie i campioni derivano dal fatto che una larga percentuale di campioni spesso viene raccolta da un numero ridotto di botanici. Inoltre, le preferenze su determinate specie del singolo rilevatore guidano la forma, la struttura e la composizione in campioni dell'erbario (Daru *et al.*, 2018).

Tuttavia, i bias sopra menzionati non diminuiscono comunque l'importanza dei dati d'erbario e il loro utilizzo per lo studio di aree particolarmente dinamiche o fortemente modificate come sono le aree costiere.

1.2 L'ambiente costiero

Le coste sono un ambiente di transizione estremamente dinamico. Gli agenti che ne determinano le transizioni a breve, medio e lungo termine sono di natura geologica e geomorfologica, climatica e biologica (Audisio *et al.*, 2002; Acosta & Ercole, 2015).

Gli ecosistemi costieri forniscono numerosi servizi ecosistemici (Calvão *et al.*, 2013; Drius *et al.*, 2019; Rodríguez-Revelo *et al.*, 2018). Dal punto di vista naturalistico, le coste forniscono un habitat unico a causa del gradiente che si sviluppa dal mare verso l'entroterra ad elevata eterogeneità ambientale (Van Der Maarel, 2003) che permette di ospitare una flora che presenta poche specie, ma estremamente specializzata (Drius *et al.*, 2019). La valenza naturalistica delle coste risiede anche nel fatto che gran parte delle comunità vegetali costiere sono considerate habitat di interesse comunitario (Direttiva 93/42/CEE). Questi ospitano sia specie a rischio o di interesse biogeografico (Stanisci *et al.*, 2007) sia specie esclusive (Acosta *et al.*, 2009).

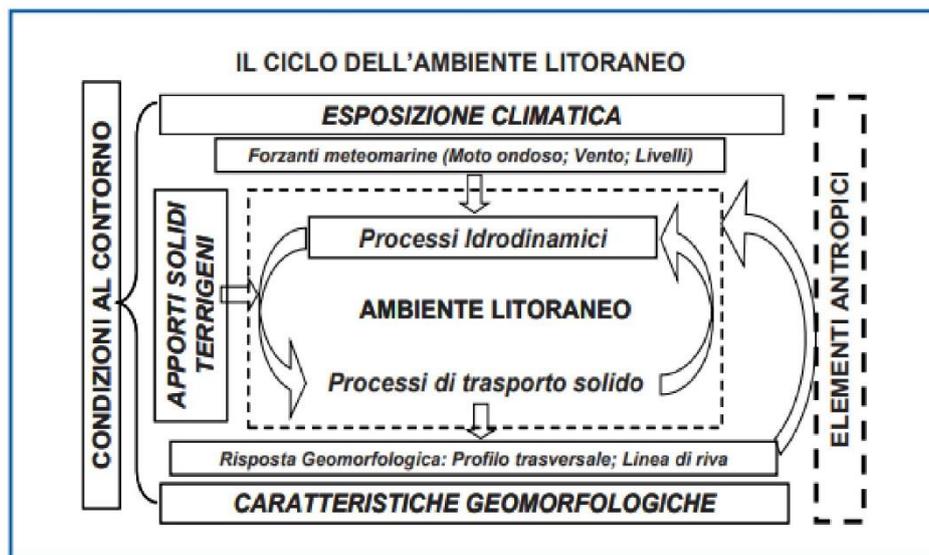


Figura 1.2 – Ciclo dell'ambiente litoraneo (Atzeni *et al.*, 2009)

I fattori abiotici influenzano positivamente la ricchezza delle specie autoctone (Sperandii *et al.*, 2019) e mostrano effetti sulla distribuzione, struttura e composizione delle comunità vegetali lungo il gradiente mare – terra (Figura 1.2). I principali fattori abiotici che hanno effetti sulla distribuzione delle comunità vegetali sono, la variazione della linea di costa (Ruocco *et al.*, 2014), la granulometria del sedimento (Bertoni *et al.*, 2014), i parametri correlati al vento (Fenu *et al.*, 2013; Lane *et al.*, 2008) e le interazioni tra dinamiche ecologiche e geomorfologiche (Acosta *et al.*, 2009; Yousefi Lalimi *et al.*, 2017). I principali fattori che hanno effetti sulla composizione in specie lungo la serie psammofila sono la distanza dalla linea di battigia (Acosta *et al.*, 2009), la composizione chimica del substrato, la sostanza organica (Bertoni *et al.*, 2014; Lane *et al.*, 2008; Ruocco *et al.*, 2014), pH, conduttività elettrica, seppellimento da parte della sabbia, l'erosione da parte del vento (Fenu

et al., 2013; Lane *et al.*, 2008) e la salsedine con effetti anche su crescita, sviluppo e adozione di strategie adattative delle specie vegetali (Du & Hesp, 2020).

Le attività umane influenzano tutti gli habitat della costa (Malavasi *et al.*, 2016). Maggiore è il disturbo, più evidenti diventano i fenomeni di frammentazione delle cenosi, di destrutturazione e di impoverimento floristico (Figura 1.3) (Ercole *et al.*, 2007)

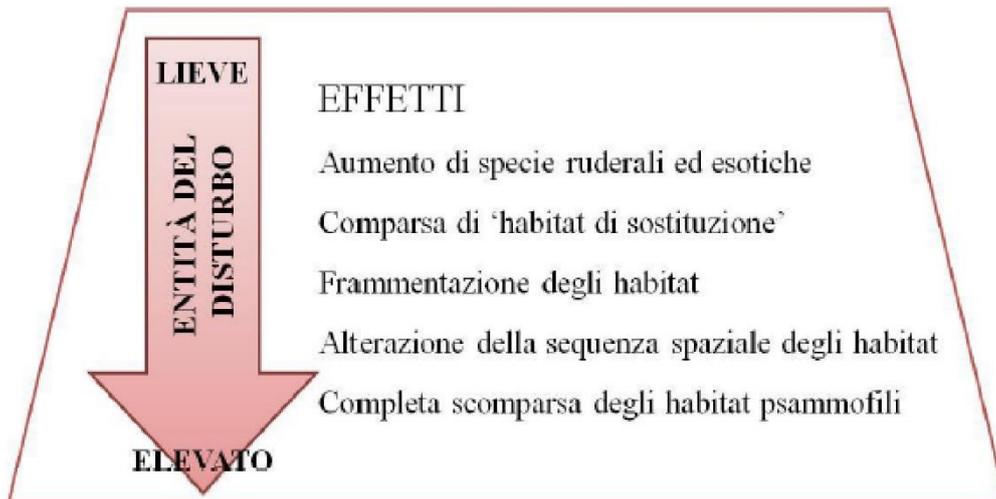


Figura 1.3 – Effetti dell'entità del disturbo antropico sugli habitat psammofili (Acosta & Ercole, 2015)

L'urbanizzazione e l'elevata copertura artificiale causano la scomparsa delle specie, soprattutto di quelle più sensibili, la sostituzione con specie ruderali ed alloctone (Ercole *et al.*, 2007; Sperandii *et al.*, 2019), una condizione a patches delle dune o la completa scomparsa (Calvão *et al.*, 2013; Tzatzanis *et al.*, 2003). Anche il turismo costiero è causa di sostituzione con specie ruderali dovuta a cambiamenti degli habitat, frammentazione delle comunità psammofile (Buffa *et al.*, 2012; Tzatzanis *et al.*, 2003) ed invasione delle specie alloctone utilizzate anche a scopo ornamentale (Acosta *et al.*, 2007). Nello specifico, il calpestio dei turisti (Šilc *et al.*, 2017), la presenza di campeggi e il passaggio di veicoli causano una diminuzione delle specie e un danno fisico alle dune (Thompson & Schlacher, 2008).

1.3 La flora psammofila del litorale della Provincia di Pesaro e Urbino nell'Erbario Brilli-Cattarini

In questo lavoro di tesi viene analizzata la flora psammofila del litorale della Provincia di Pesaro e Urbino utilizzando come fonte dei dati storici l'*Herbarium Brilli-Cattarini De Planta Salis* (PESA, Holgrem *et al.*, 1990) conservato presso il Centro Ricerche Floristiche delle Marche. Tale Centro fu fondato nel 1949 dal Prof. Brilli-Cattarini. Nel 1975 è diventato

di proprietà della Provincia di Pesaro e Urbino che lo gestisce con lo scopo di rilevare e studiare la flora spontanea delle Marche. In tale Centro è conservato l'erbario più grande delle Marche, la cui raccolta dei campioni è stata effettuata dal Prof. Brillì-Cattarini e successivamente dai suoi collaboratori. Tale erbario è costituito da cinque collezioni botaniche: *Herbarium Brillì-Cattarini De Planta Salis* (la collezione principale), l'*Herbarium A. Del Testa*, l'*Herbarium P. Petrucci*, l'Erbario Crittogamico Italiano e l'erbario micologico. Al suo interno sono conservati circa 300.000 campioni vegetali. La collezione principale è distribuita dagli anni '30 del 1900 agli anni 2000. Questo arco temporale è di rilievo per la costa della Provincia poiché rappresentativo del periodo di maggiore trasformazione per il litorale sia dal punto di vista naturale sia dal punto di vista antropico.

La costa della Provincia di Pesaro e Urbino è un esempio dell'area costiera Adriatica di come fattori naturali ed antropici influenzino la flora litoranea e gli ambienti che la ospitano. In particolare, perché come altre aree costiere Adriatiche, la presenza della ferrovia litoranea, edifici e zone residenziali in stretta vicinanza alla linea di battigia e il peso dell'industria del turismo hanno lasciato poco spazio alle zone naturali con effetti sia sulla morfologia delle spiagge sia sulla distribuzione della flora. Quest'ultima è localizzata in alcuni tratti di spiaggia e manca della tipica sequenza che si estende lungo il gradiente mare – terra.

Lo scopo di questo lavoro è stato quello di indagare se e come l'evoluzione del litorale della Provincia di Pesaro e Urbino in relazione alle principali attività antropiche presenti nel territorio abbiano avuto effetti sull'andamento delle specie autoctone e alloctone e se i dati floristici utilizzati forniscono informazioni su questo ambiente litoraneo nel periodo considerato (1930 – 2020). Per fare questo sono stati georeferenziati i dati di specie target autoctone e alloctone relativi ai campioni di flora psammofila conservati nell'*Herbarium Brillì-Cattarini De Planta Salis* e di segnalazioni floristiche (edite e non edite) conservate presso il Centro Ricerche Floristiche delle Marche.

2 AREA DI STUDIO

2.1 La costa della Provincia di Pesaro e Urbino

2.1.1 Inquadramento geografico

L'area di studio riguarda il tratto di litorale compreso nei Comuni di Pesaro, Fano e Mondolfo (Provincia di Pesaro e Urbino, Marche settentrionali.). Si estende da N.O. a S.E. per circa 25 km, dall'inizio dell'Area Floristica "Sotto il Monte Ardizio", detta localmente "Sottomonte", fino alla foce del fiume Cesano (Figura 2.1). Il limite interno dell'area è costituito dalla linea ferroviaria Bologna-Ancona.



Figura 2.1 – Area di studio, litorale della Provincia di Pesaro e Urbino (2021)

L'area è costituita da coste basse e rettilinee in cui si alternano tratti di spiaggia sabbiosa e ghiaiosa (Figura 2.2). Quest'ultimo tipo è presente soprattutto in corrispondenza delle foci fluviali del Metauro e del Cesano, due dei quattro principali fiumi della Provincia di Pesaro e Urbino.

In particolare, il litorale Adriatico tra l'inizio dell'Area Floristica "Sotto il Monte Ardizio" e il porto di Fano si presenta sabbioso fino circa a metà del litorale di "Baia del Re". A partire da quest'ultimo tratto, la spiaggia diventa stretta e ghiaiosa sino alla "Gimarra". Il litorale a Sud

del Porto di Fano sino a Metaurilia è ghiaioso per l'apporto di sedimenti provenienti dal fiume Metauro. Il litorale di Metaurilia si presenta come una stretta fascia che nel suo tratto finale diventa sabbiosa fino a Torrette di Fano ed infine di nuovo ghiaiosa a Marotta, data la vicinanza della foce del Cesano. Quest'ultima coincide con il confine amministrativo fra le Province di Pesaro e Urbino e di Ancona.

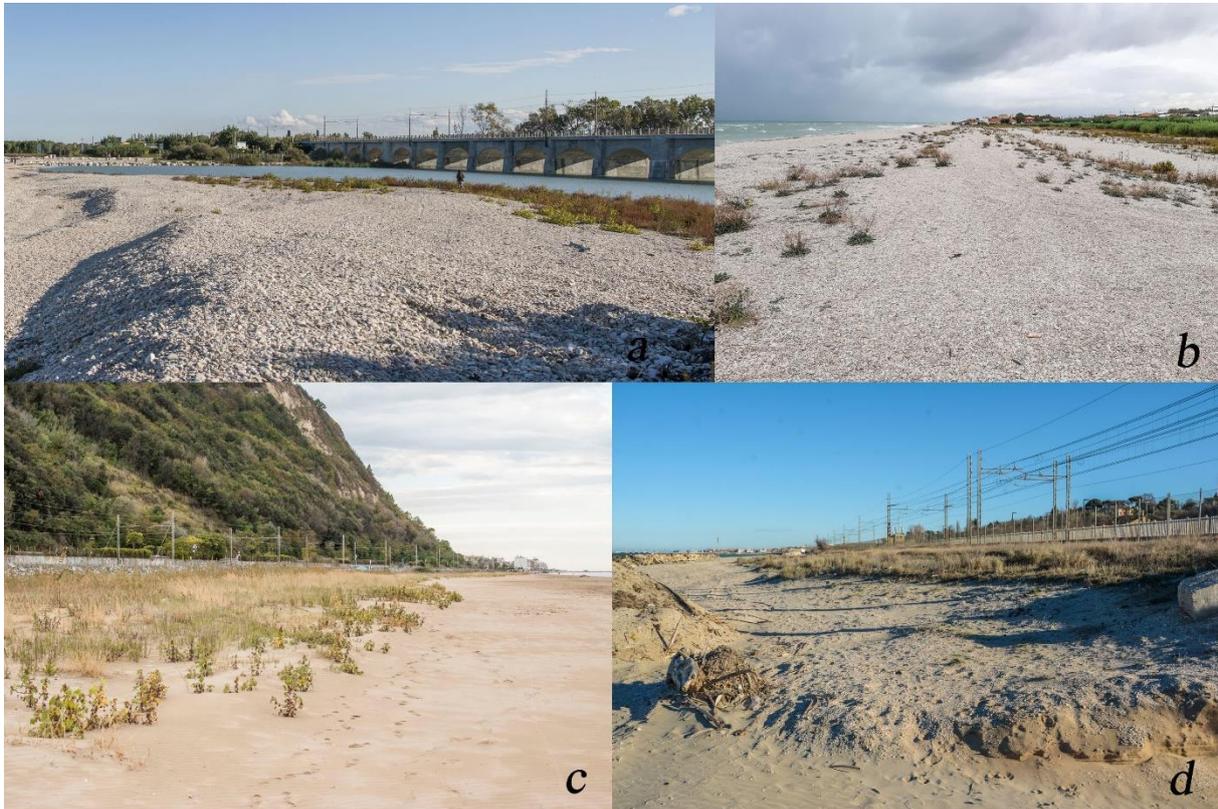


Figura 2.2 – Esempi di ambienti presenti nell'area di studio: a) litorale in prossimità della Foce del Metauro, b) litorale in prossimità della Foce del Cesano, c) litorale di Sottomonte, d) litorale di Baia del Re (Foto a),b),c) di S. Tonelli; foto d) di L. Gubellini).

2.2 Trasformazioni del litorale della Provincia di Pesaro e Urbino

2.2.1 Apporto fluviale

I processi costieri sono molto sensibili alla variazione nell'apporto di sedimenti che, a sua volta, è fortemente influenzato dalla copertura di specie vegetali e quindi dall'uso del suolo (Coltorti, 1997). Nell'area di studio, negli anni '30 e successivamente nel secondo dopoguerra, infatti, vi fu un rapido calo degli apporti solidi a mare. Questo calo può essere imputabile a diversi fattori quali il prelievo di acqua, la costruzione di sbarramenti, le sistemazioni idrauliche dei versanti, le modifiche agli alvei, lo spopolamento dell'entroterra. A questi interventi si deve aggiungere il consistente prelievo di inerti effettuato dal 1960 al 1975 che ha provocato una notevole riduzione della quantità di materiale che arriva alle foci

(Acciari *et al.*, 2013; Coltorti, 1997; Curzi *et al.*, 1991; Regione Marche, 2005). Infatti, il fiume Metauro e il Cesano dal 1960 hanno ridotto il loro apporto dal 30 al 50% (Curzi *et al.*, 1991; Regione Marche, 2013). Il risultato delle variazioni appena citate è il completo azzeramento delle cuspidi fluviali avvenuto durante questo secolo (Figure 2.3 e 2.4). Attualmente i fiumi non sono più in grado di rimpiazzare i materiali che il mare ha via via asportato e in mancanza di nuovo apporto di sedimento, l'energia delle onde aggrede a poco a poco l'apparato costiero per tutta la sua lunghezza, assottigliando le spiagge, scalzando la duna, mettendo in crisi i manufatti realizzati troppo vicino alla linea di battigia (Guzzi, 1998).



Figura 2.3 – Evoluzione storica della foce del fiume Metauro (Regione Marche, 2005).

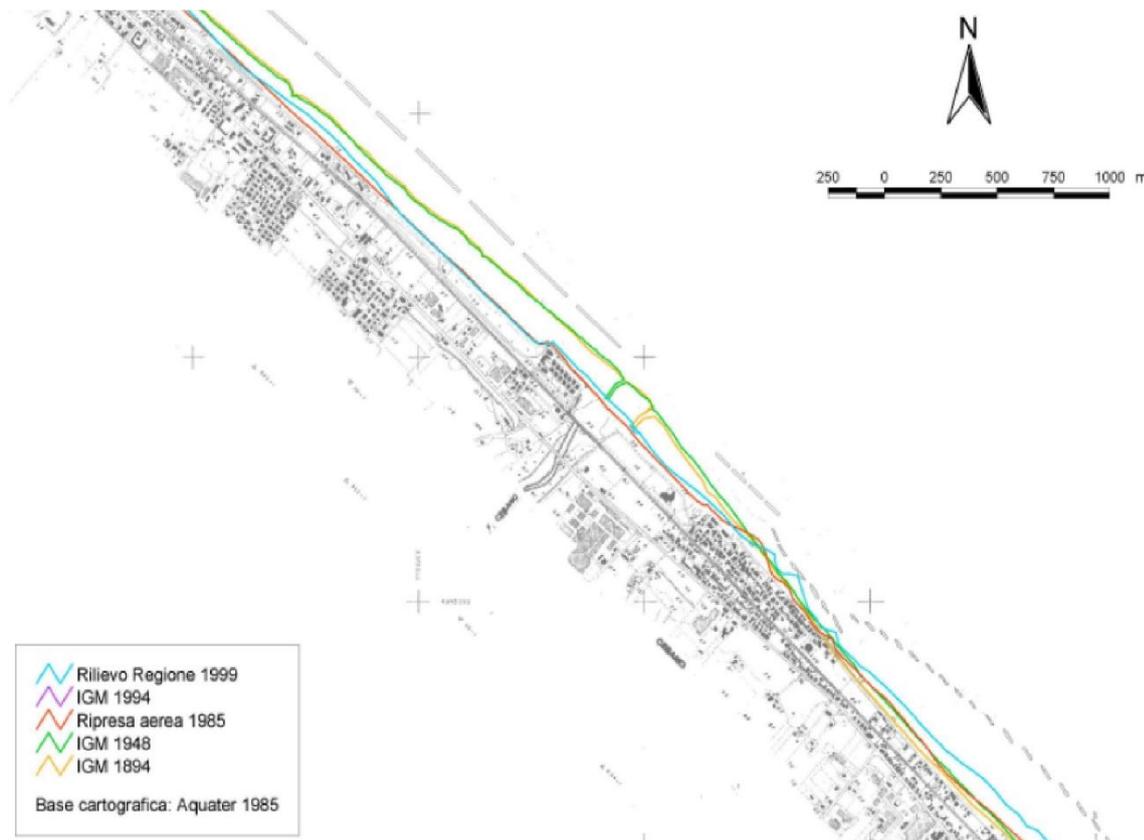


Figura 2.4 – Evoluzione storica della foce del fiume Cesano (Regione Marche, 2005)

2.2.2 Il ruolo della ferrovia e l'urbanizzazione

Il fattore scatenante delle trasformazioni avvenute lungo il litorale è la realizzazione dei primi tronchi della rete ferroviaria nazionale a metà del 1800 (La Perna, 1998). Questo evento ha avuto due principali effetti sulle aree costiere. Il primo è che la ferrovia e le opere di viabilità furono costruite utilizzando i materiali delle aste fluviali e delle spiagge, con conseguente diminuzione di apporto detritico a mare ed eliminazione quasi totale delle dune litoranee, naturali serbatoi di sedimenti per la dinamica costiera (Acciarri *et al.*, 2013). Questo ha contribuito ai fenomeni erosivi che sono iniziati nei primi decenni del '900 (Curzi *et al.*, 1991). Allo stesso tempo, però, l'esistenza di alcuni tratti di arenile (es. Baia del Re) è legata in parte alla serie di scogliere costruite dal 1935 per proteggere la vicina linea ferroviaria dal continuo arretramento della costa: si è determinata così una progressiva sedimentazione di nuova sabbia dietro la linea degli scogli, sino a formare l'attuale estensione. Il secondo effetto, è che la ferrovia ha fortemente influenzato una tendenza migratoria dalle campagne verso le città della costa le quali si sono espanse parallelamente al litorale e intorno ai vecchi nuclei abitati serviti da stazioni provvisorie. Ciò ha determinato uno sviluppo frammentato dell'insediamento costiero che prevaleva nelle osservazioni fatte fino agli anni '60 del 1900. Dopo la ferrovia, fu completata la Strada Statale n. 16 Adriatica concepita con

un tracciato parallelo e praticamente coincidente. Da allora, il paesaggio costiero si è sempre più caratterizzato per continuità delle urbanizzazioni (La Perna, 1998). Dagli anni '50 alla metà degli anni '70, infatti, si è raggiunta la saturazione delle aree costiere della Provincia (Curzi *et al.*, 1991). L'ultimo esempio, sino a qualche decennio fa, comune lungo il tratto di costa preso in esame è la località "Poligono di Tiro". Questo è un breve tratto di spiaggia ghiaiosa con un retrospiaggia caratterizzato da vegetazione ruderale e nitrofila e in precedenza coltivato, ma anche questo ormai del tutto urbanizzato. Ad oggi, questo aspetto di continuità dell'edificato è particolarmente evidente nella zona tra Metaurilia e Marotta dove difficilmente si possono osservare tratti di litorale liberi da infrastrutture. Gli unici segmenti (Figura 2.5) ancora relativamente non edificati si incontrano in corrispondenza delle due Aree Floristiche "Sotto il Monte Ardizio" (Comune di Pesaro) e "Baia del Re" (Comune di Fano).

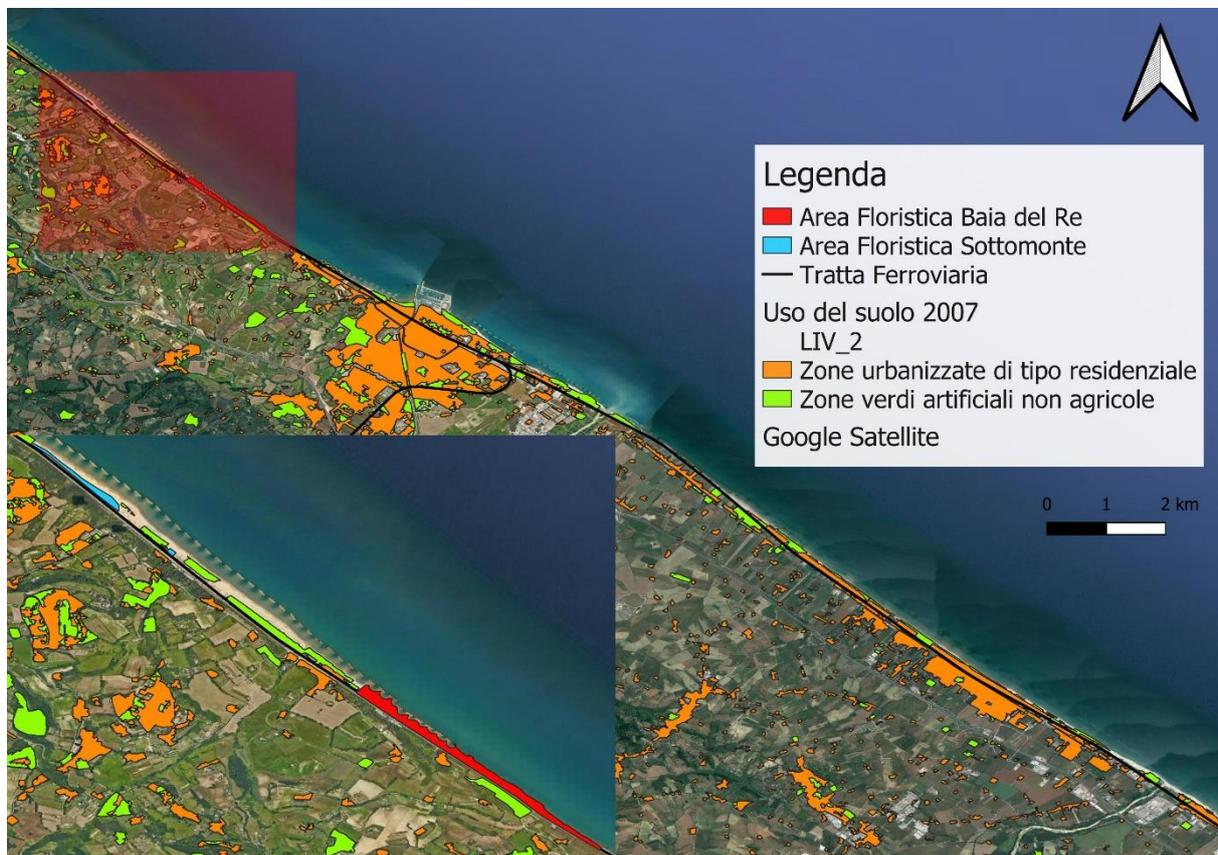


Figura 2.5 – Uso del suolo dell'area studio realizzata con la carta di uso del suolo della Regione Marche (2007). In particolare, le "zone verdi artificiali non agricole" comprendono anche le aree di balneazione. Il tratto di litorale in corrispondenza delle due Aree Floristiche, nel dettaglio, risulta ancora relativamente non edificato.

2.2.3 Turismo costiero

Il turismo costiero è diventato significativo dagli anni '60 e '70 (Romano & Zullo, 2014) ed è ora considerato la prima causa di degrado delle dune costiere (Buffa *et al.*, 2012). Secondo il report "Osservatorio regionale sul turismo della Regione Marche" del 2007, Pesaro, Fano e

Mondolfo sono i Comuni che attirano il maggior numero di turisti lungo la costa. Conseguenze dirette e indirette del turismo possono riscontrarsi in particolare, oltre che nell'urbanizzazione diffusa e incontrollata, nella costruzione di infrastrutture turistiche, attraversamento delle dune con mezzi a motore, calpestio dei bagnanti, costruzione di campeggi abusivi, abbandono di rifiuti solidi, pulizia meccanica delle spiagge, introduzione di piante alloctone a scopo ornamentale (Acosta & Ercole, 2015). A questi, si deve aggiungere la costruzione (e successivo smantellamento) di dune artificiali per la difesa invernale delle strutture turistico-balneari. Si tratta di accumuli di materiale (con gli stessi sedimenti di spiaggia o con riporti artificiali esterni) disposti longitudinalmente a ridosso delle strutture. Queste dune artificiali sono successivamente smantellate meccanicamente. Il materiale viene ridistribuito sulla spiaggia azzerando il ruolo delle specie psammofile nel trattenimento della sabbia che è alla base della formazione dei cordoni dunali (Casavecchia *et al.*, 2015). Questo causa quindi un forte disturbo alla flora che tende a ricostituirsi nelle zone di accumulo delle sabbie (Biondi *et al.*, 1989).

2.2.4 Evoluzione della linea di costa

Le variazioni che interessano la linea di riva sono caratterizzate da fasi alterne di accrescimento e arretramento dovute a variabili naturali quali la diminuzione dell'apporto solido fluviale, il moto ondoso determinato dal vento e dalle correnti e la scomparsa della vegetazione litoranea. Le fasi di erosione, però, dal dopoguerra in poi si sono accentuate per l'effetto indotto dal prevalere dei fattori antropici che, direttamente o indirettamente, influenzano la dinamica del litorale (Curzi *et al.*, 1991). Infatti, dai primi del '900 fino alla metà del secolo lungo la costa si evidenziò una tendenza alla retrocessione della spiaggia (Acciarri *et al.*, 2013; Angeli *et al.*, 2005; Curzi *et al.*, 1991). Il fenomeno erosivo diviene per la prima volta importante quando comincia ad interessare i tratti costieri della linea ferroviaria adriatica poiché essa è stata collocata sulla parte alta della spiaggia emersa (Regione Marche, 2013). In particolare, tra gli anni '60 e gli anni '70, l'arretramento della linea di riva ha raggiunto tassi particolarmente elevati (Figura 2.6).

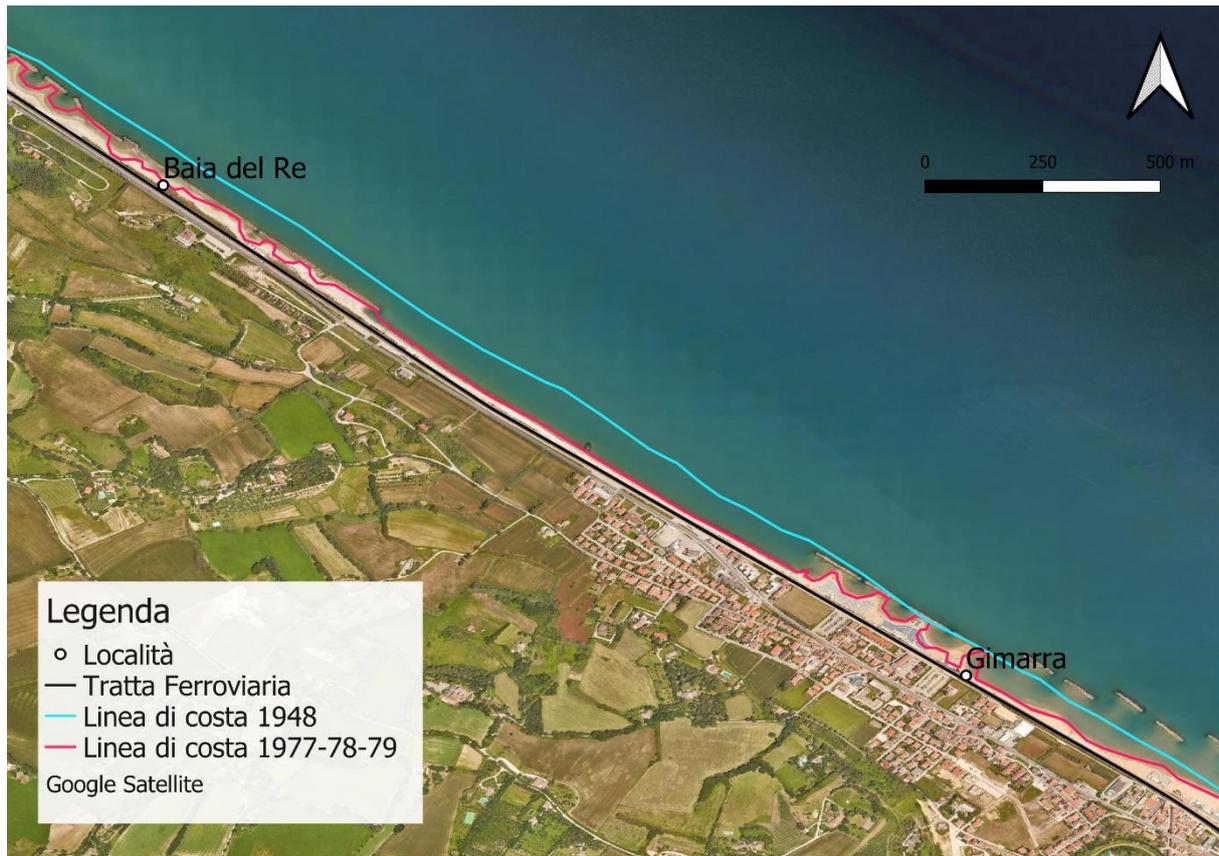


Figura 2.6 – Evoluzione del litorale tra Baia del Re e Gimarra tra gli anni '50 e gli anni '80, tratto particolarmente soggetto a fenomeni erosivi

Quindi, parallelamente alla necessità di proteggere la linea ferroviaria, allo sviluppo urbanistico dei centri costieri ed alla crescente richiesta del turismo balneare, ha spinto l'amministrazione locale alla realizzazione di opere rigide di difesa costiera (Acciarri *et al.*, 2013; Angeli *et al.*, 2005; Baioni *et al.*, 2017; Poggiani, 2004). Come conseguenza, si è riscontrata una diminuzione della regressione della linea di riva dopo gli anni '80 (Angeli *et al.*, 2005). Tuttavia, il Piano di Gestione Integrata delle Zone Costiere del 2019 evidenzia come la costa presa in esame risulta quasi tutta in erosione per un range che va da 0 a 10 m, con alcune aree in forte erosione, in particolare quelle in corrispondenza delle località Poligono di Tiro e a Sud della Foce del Metauro. Sfuggono a questo fenomeno, il litorale Sottomonte, il litorale da Ponte Sasso fino a Marotta e quello in corrispondenza della foce del fiume Cesano, che mostrano invece un avanzamento pari a > 10 m (Regione Marche, 2019). Complessivamente la costa della Provincia di Pesaro e Urbino mostra elevati livelli di vulnerabilità e rischio potenziale che si rivelano mitigati dalle difese costiere presenti, ma questo aspetto evidenzia la forte dipendenza di questo tratto costiero dalle difese costruite

negli anni passati e, quindi, le criticità che possono sussistere a seguito di una parziale o totale inefficacia delle stesse (Bisiccia *et al.*, 2016; D’Onofrio *et al.*, 2017).

2.3 La flora psammofila della Provincia di Pesaro e Urbino

2.3.1 Storia delle esplorazioni

Le prime informazioni sulla flora del litorale Pesarese sono state fornite dai botanici G. Brignoli e A. Bodei che pubblicano nel 1813 “*Alcuni cenni sulle produzioni del Dipartimento del Metauro*¹” in cui è contenuto un elenco di 1254 entità. Tale elenco, relativo a un territorio più ampio della Provincia di Pesaro e Urbino, comprende alcune specie tipiche di ambienti litoranei come *Ambrosia maritima* (estinta nella Regione), *Cakile maritima*, *Convolvulus soldanella*, *Crithmum maritimum*. Tuttavia, tale elenco è privo della località di ritrovamento, perciò non c’è la certezza che tali specie siano riferite al litorale preso in esame. Successivamente, A. Bertoloni, nella sua opera “*Flora Italica*” (1833-54), segnala *Bassia laniflora* (estinta nella Regione), *Limbarda crithmoides*, *Medicago marina*, *Salvia verbenaca*, *Silene conica* e *Stachys maritima*. Tali osservazioni sono da attribuire, in parte, allo stesso Bertoloni, in parte, a diversi botanici locali (Petrucci, Masquillieri, Narducci, Orsini, Federici, Bruschi) che erano soliti inviargli dei campioni. Qualche anno più tardi, con l’opera “*Flora Italiana*” (1848-1872), F. Parlatore segnala altre due specie: *Erodium laciniatum* e *Tamarix gallica*. La prima tramite un’osservazione di un botanico locale (Orsini), la seconda tramite un’osservazione effettuata dallo stesso autore. Di seguito, anche Arcangeli con la sua opera “*Compendio della Flora Italica*” (1882-1884), cita *Bassia laniflora*, *Polygala flavescens* subsp *pisauriensis* (estinta per la costa della Regione) ripresa da una segnalazione di L. Caldesi fatta qualche anno prima (Caldesi, 1879) e *Stachys maritima*. Tra il 1883 e il 1894 altre segnalazioni si devono a Caruel (Caruel, 1883-1894). Quest’ultimo cita *Convolvulus soldanella*, *Eryngium maritimum*, *Reseda alba*, *Silene canescens*, *Stachys maritima* (probabilmente sulla base di dati inediti di Parlatore), *Salvia verbenaca* (da Bertoloni), e *Silene conica* da Ricasoli (un botanico locale). Alla fine del 1800, un importante contributo arriva da L. Paolucci con la sua opera “*Flora Marchigiana*” (1890-91). Egli riporta per la Provincia di Pesaro e Urbino circa 1130 entità. Tale opera contiene sia osservazioni effettuate dall’autore stesso sia segnalazioni comunicategli dal botanico A. Scagnetti. E’ proprio grazie

¹ Il dipartimento del Metauro è un territorio che comprendeva tutta la Provincia di Pesaro e Urbino (con esclusione del Montefeltro e inclusione di parti dei bacini del Tavollo, del Ventena e del Conca, oggi appartenenti all’Emilia-Romagna), il settore della Provincia di Ancona a Nord-Est della linea foce del Musone-Offagna-Cupramontana-Mergo-Serra dei Conti- Barbara-Castelleone di Suasa, il circondario di Gubbio.

all'attività di ricerche floristiche di Scagnetti che si deve il maggior numero di specie presenti nell'opera di Paolucci riguardanti il litorale in esame. Le segnalazioni di Paolucci continuano fino agli inizi del '900, anno in cui, insieme a F. Cardinali, segnala *Sonchus maritimus*. Successivamente si hanno ulteriori poche segnalazioni, fra cui alcune nella “*Nuova Flora Analitica d'Italia*” (1923-1929) di A. Fiori. Quest'ultimo cita *Erodium laciniatum*, *Polygala flavescens* subsp *pisauriensis* (ripreso da Arcangeli), *Limonium oleifolium* (mai più segnalato per la Regione) e *Sonchus maritimus*. Dopo l'opera di Paolucci, le indagini sulla flora del Pesarese si sono praticamente arrestate sino a quando, nel 1934, il Prof. Brillì-Cattarini iniziò le sue prime ricerche botaniche nel territorio. Tuttavia, l'attività più consistente del Prof. Brillì-Cattarini inizia nel 1952 con una serie di pubblicazioni che proseguono sino al 1981. Dalla seconda metà del '900 sino alla metà degli anni '90, sono state effettuate sporadiche raccolte soprattutto ad opera di ricercatori del Dipartimento di Scienze Agrarie Alimentari e Ambientali dell'Università Politecnica delle Marche. Dagli anni '90 circa sono state pubblicate anche una serie di segnalazioni da vari autori, sia in lavori divulgativi che scientifici. Tuttavia, riguardo soprattutto quelli scientifici, queste segnalazioni si basano, spesso, su campioni d'erbario raccolti dallo stesso Brillì-Cattarini o su sue segnalazioni già pubblicate precedentemente. Per esempio, la segnalazione di *Oenothera stucchii* da parte di Soldano (1993) per la foce del Metauro si basa su reperti di Brillì-Cattarini. Negli ultimi anni, le segnalazioni e le opere più recenti si devono a pochi autori, tra cui Gubellini, (Gubellini, 2000), Gubellini *et al.* (2014) e Viegi *et al.* (2003) e infine Poggiani *et al.* (2004) il cui lavoro divulgativo, ma rigoroso riporta un numero consistente di specie per il litorale in esame.

2.3.2 La checklist della flora psammofila

Per “psammofile” si intendono quelle specie vegetali che sono in grado di sopravvivere su suoli sabbiosi a scarsa ritenzione idrica. Queste condizioni generalmente caratterizzano gli ambienti della spiaggia e delle dune che, grazie al dilavamento dell'acqua piovana, presentano valori di salinità poco elevati. Tale caratteristica è da distinguere con il termine “alofilo” che comprende, invece, specie tolleranti ad elevati valori di salinità. Questa condizione caratterizza le zone umide retrodunali.

La checklist presente alla fine del capitolo riporta le specie autoctone e alloctone segnalate per il litorale preso in esame (Tabella 2.1).

Questo tipo di flora ha sviluppato una serie di adattamenti morfologici e fisiologici che permette loro di sopravvivere su suoli sabbiosi. Questa specializzazione fa sì che le specie che vivono in questi ambienti spesso non siano in grado di sopravvivere in condizioni ambientali

diverse (Acosta & Ercole, 2015). Tra questi ricordiamo la presenza di foglie carnose nelle quali la pianta può conservare una riserva d'acqua, la pelosità di foglie e fusti giovani, foglie coriacee e pochi stomi che proteggono la pianta da un'eccessiva traspirazione, la presenza di rizomi striscianti sotto la sabbia che consente di sfuggire alle temperature troppo elevate. Infine, un adattamento di tipo temporale e non morfologico è dato dal ristretto periodo vegetativo che si svolge tra inverno e primavera (Audisio *et al.*, 2002). In Figura 2.7 sono riportati alcuni esempi.



Figura 2.7 – Esempi di adattamenti della flora psammofila: a) *Cakile maritima*, b) *Medicago marina*, c) *Eryngium maritimum* (Foto di L. Gubellini).

Questi adattamenti sono in relazione al gradiente ecologico che si estende dal mare verso l'entroterra (Del Vecchio *et al.*, 2006). Tale gradiente è determinato dalla mobilità della sabbia per effetto del vento e la capacità di procurarsi l'acqua (Audisio *et al.*, 2002).

CHECKLIST DELLA FLORA DEL LITORALE DELLA PROVINCIA DI PESARO E URBINO			
SPECIE	AMBIENT E	ESOTICITA ,	FORMA BIOLOGIC A
<i>Aeluropus littoralis</i> (Gouan) Parl.	UM		G
<i>Allium chamaemoly</i> L. subsp. <i>chamaemoly</i>		ALL	G
<i>Althaea officinalis</i> L.			H
<i>Amaranthus albus</i> L.		ALL	T
<i>Amaranthus deflexus</i> L.		ALL	T
<i>Amaranthus hybridus cruentus</i> (L.) Thell.		ALL	T
<i>Amaranthus hybridus</i> subsp <i>caudatus</i> (L.) Iamónico & Galasso		ALL	T
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.		ALL	T
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.		ALL	T
<i>Ambrosia maritima</i> L.	MA		T
<i>Ambrosia psilostachya</i> DC.	MA	ALL	G
<i>Amorpha fruticosa</i> L.		ALL	P

Anacyclus radiatus Loisel. subsp. <i>radiatus</i>			T
<i>Anemone hortensis</i> L. subsp. <i>hortensis</i>			G
<i>Aristolochia clematitis</i> L.			G
<i>Artemisia absinthium</i> L.			CH
<i>Artemisia verlotiorum</i> Lamotte		ALL	H
<i>Arundo donax</i> L.			G
<i>Asparagus acutifolius</i> L.			G
Astragalus sesameus L.			T
<i>Atriplex prostrata</i> Boucher ex DC.			T
<i>Avena barbata</i> Pott ex Link			T
Baldellia ranunculoides (L.) Parl.	UM		I
Bassia laniflora (S. G. Gmelin) A. J. Scott	MA		T
Bassia scoparia (L.) A.J. Scott subsp. <i>scoparia</i>		ALL	T
<i>Bidens frondosa</i> L.	UM	ALL	T
<i>Brachypodium rupestre</i> (Host) Roemer et Scultes			H
<i>Briza maxima</i> L.			T
Bupleurum tenuissimum L.			T
<i>Cakile maritima</i> Scop. subsp. <i>maritima</i>	MA		T
<i>Calamagrostis arenaria</i> subsp. <i>arundinacea</i> (husn.) Banfi, Galasso e Bartolucci	MA		G
<i>Calendula arvensis</i> (Vaill.) L.			T
<i>Callitriche palustris</i> L.	UM		I
<i>Carex acutiformis</i> Ehrh.	UM		G
<i>Carex distans</i> L.	UM		H
<i>Carex divisa</i> Huds.			G
Carex extensa Good.	UM		H
Carex viridula Michx.	UM		H
<i>Carlina corymbosa</i> L. subsp. <i>corymbosa</i>			H
<i>Carpobrotus acinaciformis</i> (L.) L. Bolus	MA	ALL	CH
<i>Catapodium balearicum</i> (Willk.) H. Scholz	MA		T
Celosia argentea L.		ALL	T
<i>Cenchrus longispinus</i> (Hack.) Fernald	MA	ALL	T
<i>Centaurea jacea</i> L. subsp. <i>gaudinii</i> (Boiss. & Reut.) Gremli			H
Centaurea tommasinii A. Kerner			H
<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill.			T
<i>Cerastium glutinosum</i> Fries			T
<i>Cerastium semidecandrum</i> L.			T
Ceratophyllum demersum L.	UM		I
<i>Chondrilla juncea</i> L.			H
<i>Citrullus lanatus</i> (Thunb.) Matsum. & Nakai		ALL	T
<i>Clinopodium nepeta</i> (L.) Kuntze subsp. <i>nepeta</i>			CH
<i>Convolvulus soldanella</i> L.	MA		G
<i>Crithmum maritimum</i> L.	MA		CH
<i>Cucurbita pepo</i> L.		ALL	T

<i>Cuscuta campestris</i> Yunck.		ALL	T
<i>Cutandia maritima</i> (L.) Benth. ex Barbey	MA		T
<i>Cycloloma atriplicifolium</i> (Spreng.) J.M. Coult.		ALL	T
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.			G
<i>Cyperus capitatus</i> Vandelli	MA		G
<i>Dactylis glomerata</i> L.			H
<i>Dasypyrum villosum</i> (L.) P. Candargy			T
<i>Datura stramonium</i> L. subsp. <i>stramonium</i>			T
<i>Diplotaxis tenuifolia</i> (L.) DC.			H
<i>Dittrichia viscosa</i> (L.) Greuter subsp. <i>viscosa</i>			H
<i>Dysphania ambrosioides</i> (L.) Mosyakin & Clemants		ALL	T
<i>Dysphania multifida</i> (L.) Mosyakin & Clemants		ALL	H
<i>Ecballium elaterium</i> (L.) A. Richard			T
<i>Echinophora spinosa</i> L.	MA		H
<i>Echium vulgare</i> L.			H
<i>Elymus repens</i> (L.) Gould subsp. <i>repens</i>			G
<i>Equisetum ramosissimum</i> Desf.			G
<i>Erigeron bonariensis</i> L.		ALL	T
<i>Erigeron canadensis</i> L.		ALL	T
<i>Erigeron sumatrensis</i> Retz.		ALL	T
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Her. subsp. <i>cutarium</i>			T
<i>Erodium laciniatum</i> (Cav.) Willd. subsp. <i>laciniatum</i>	MA		T
<i>Eryngium campestre</i> L.			H
<i>Eryngium maritimum</i> L.	MA		G
<i>Euphorbia cyparissias</i> L.			H
<i>Euphorbia paralias</i> L.	MA		CH
<i>Euphorbia peplis</i> L.	MA		T
<i>Euphorbia terracina</i> L.	MA		T
<i>Festuca bromoides</i> L.			T
<i>Festuca danthonii</i> Asch. & Graebn. subsp. <i>danthonii</i>			T
<i>Festuca fasciculata</i> Forssk	MA		T
<i>Festuca incurva</i> (Gouan) Gutermann			T
<i>Filago pygmaea</i> L.			T
<i>Fumana procumbens</i> (Dunal) Gren. & Godr.			CH
<i>Galatella tripolium</i> (L.) Galasso, Bartolucci & Ardenghi	UM		H
<i>Geranium robertianum</i> L. subsp. <i>purpureum</i> (Vill.) Nyman			T
<i>Glaucium flavum</i> Crantz	MA		H
<i>Hainardia cylindrica</i> (Willd.) W. Greuter	MA		T
<i>Halimione portulacoides</i> (L.) Aellen	UM		CH
<i>Hedypnois rhagadioloides</i> (L.) F. W. Schmidt	MA		T
<i>Helichrysum italicum</i> (Roth) G. Don fil. subsp. <i>italicum</i>			CH
<i>Hordeum marinum</i> Huds. subsp. <i>marinum</i>			T
<i>Hyoscyamus albus</i> L.			T

<i>Hypochaeris achyrophorus</i> L.			T
<i>Hypochaeris radicata</i> L.			H
<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Raeusch.			G
<i>Juncus acutus</i> L.	UM		H
<i>Juncus littoralis</i> C.A.Mey.	UM		H
<i>Lagenaria siceraria</i> (Molina) Standl.		ALL	T
<i>Lagurus ovatus</i> L.	MA		T
<i>Legousia speculum-veneris</i> (L.) Chaix			T
<i>Lepidium coronopus</i> (L.) Al- Shehbaz			T
<i>Lepidium didymum</i> L.		ALL	T
<i>Limbarda crithmoides</i> (L.) Dumort.	MA		CH
<i>Limniris pseudacorus</i> (L.) Fuss	UM		G
<i>Limonium narbonense</i> Mill.	UM		H
<i>Linum maritimum</i> L. subsp. <i>maritimum</i>	MA		H
<i>Lolium rigidum</i> Gaudin subsp. <i>lepturoides</i> (Boiss.) Sennen & Mauricio			T
<i>Lotus maritimus</i> L.	MA		H
<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.			T
<i>Medicago falcata</i> L.			H
<i>Medicago littoralis</i> Loisel.	MA		T
<i>Medicago marina</i> L.	MA		CH
<i>Medicago orbicularis</i> (L.) Bartal.			T
<i>Medicago sativa</i> L.			H
<i>Melilotus albus</i> Medik.			T
<i>Melissa officinalis</i> L. subsp. <i>officinalis</i>			H
<i>Mentha x piperita</i> L.			H
<i>Oenothera biennis</i> L.		ALL	H
<i>Oenothera glazioviana</i> Micheli		ALL	H
<i>Oenothera stucchii</i> Soldano	MA	ALL	H
<i>Oenothera suaveolens</i> Desf. ex Pers.			H
<i>Onopordum illyricum</i> L.			
<i>Pallenis spinosa</i> (L.) Cass. subsp. <i>spinosa</i>			T
<i>Pancratium maritimum</i> L.	MA		G
<i>Panicum miliaceum</i> L.		ALL	T
<i>Parapholis incurva</i> (L.) C. E. Hubbard	MA		T
<i>Parietaria judaica</i> L.			H
<i>Paspalum distichum</i> L.		ALL	G
<i>Persicaria orientalis</i> (L.) Spach		ALL	T
<i>Petrorhagia saxifraga</i> (L.) Link subsp. <i>saxifraga</i>			H
<i>Phleum arenarium</i> L.	MA		T
<i>Pilularia globulifera</i> L.	UM		I
<i>Plantago arenaria</i> Waldst. & Kit.			T
<i>Plantago coronopus</i> L.	MA		T
<i>Plantago lagopus</i> L.			T
<i>Plantago maritima</i> L. subsp. <i>maritima</i>	MA		H

<i>Plantago weldenii</i> Rchb			T
<i>Polycarpon tetraphyllum</i> (L.) L. subsp. <i>alsinifolium</i> (Biv.) Ball.			T
<i>Polygala flavescens</i> DC. Subsp <i>pisauensis</i> (Caldesi) Arcang.			H
<i>Polygonum arenastrum</i> Boreau			T
<i>Polygonum maritimum</i> L.	MA		H
<i>Polypogon monspeliensis</i> (L.) Desf.			T
<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	UM		I
<i>Potamogeton schweinfurthii</i> A. Benn.	UM		I
<i>Pulicaria dysenterica</i> (L.) Bernh.			H
<i>Ranunculus parviflorus</i> L.			T
<i>Ranunculus sardous</i> Crantz			T
<i>Raphanus raphanistrum</i> L. subsp. <i>landra</i> (DC.) Bonnier et Layens			T
<i>Reichardia picroides</i> (L.) Roth			H
<i>Reseda alba</i> L. subsp. <i>alba</i>	MA		T
<i>Rostraria pubescens</i> (Lam.) Trin.	MA		T
<i>Rumex pulcher</i> L.			H
<i>Sagina apetala</i> Ard.			T
<i>Sagina maritima</i> G. Don			T
<i>Salicornia perennans</i> Willd. Subsp <i>perennans</i>	UM		T
<i>Salsola squarrosa</i> Steven. Ex Moq.	MA		T
<i>Salvia verbenaca</i> L.			H
<i>Scirpoides holoschoenus</i> (L.) Soják subsp. <i>holoschoenus</i>	UM		G
<i>Scolymus hispanicus</i> L.			H
<i>Sedum acre</i> L. subsp. <i>acre</i>			CH
<i>Sedum sexangulare</i> L.			CH
<i>Setaria italica</i> (L.) P. Beauv.			T
<i>Sicyos angulatus</i> L.		ALL	T
<i>Silene colorata</i> subsp. <i>colorata</i> Poiret	MA		T
<i>Silene conica</i> L.	MA		T
<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke			H
<i>Sixalix atropurpurea</i> (L.) Greuter et Bourdet subsp. <i>maritima</i> Jahandiez et Maire	MA		T
<i>Soda inermis</i> Fourr.	UM		T
<i>Solanum tuberosum</i> L.		ALL	T
<i>Solanum villosum</i> Mill.			T
<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill subsp. <i>asper</i>			T
<i>Sonchus bulbosus</i> (L.) N. Kilian & Greuter subsp. <i>bulbosus</i>			G
<i>Sonchus maritimus</i> L. subsp. <i>maritimus</i>	MA		H
<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench		ALL	T
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.		ALL	G
<i>Spergularia bocconei</i> (Scheele) Ascherson et Graebner	MA		T
<i>Spergularia marina</i> (L.) Besser	MA		T

<i>Spinacia oleracea</i> L.		ALL	T
<i>Sporobolus aculeatus</i> (L.) P.M. Peterson	UM		T
<i>Sporobolus pumilus</i> (Roth) P.M. Peterson & Saarela	MA	ALL	G
<i>Stachys maritima</i> Gouan	MA		H
<i>Suaeda maritima</i> (L.) Dumort. subsp. <i>maritima</i>	UM		T
<i>Symphotrichum squamatum</i> (Spreng.) G.L. Nesom		ALL	T
<i>Tamarix gallica</i> L.		ALL	P
<i>Teucrium capitatum</i> L.			CH
<i>Teucrium chamaedrys</i> L. subsp. <i>chamaedrys</i>			CH
<i>Theligonum cynocrambe</i> L.			T
<i>Thelypteris palustris</i> Schott	UM		G
<i>Thinopyrum acutum</i> (DC.) Banfi			H
<i>Thinopyrum junceum</i> (L.) A. Love	MA		G
<i>Thymelaea passerina</i> (L.) Coss. & Germ.			T
<i>Tragopogon dubius</i> Scop.			H
<i>Tragopogon porrifolius</i> L. subsp. <i>australis</i> (Jord.) Nyman			H
<i>Tragus racemosus</i> (L.) All.	MA		T
<i>Tribulus terrestris</i> L.	MA		T
<i>Trifolium campestre</i> Schreb.			T
<i>Trifolium nigrescens</i> Viv.			T
<i>Typha latifolia</i> L.	UM		G
<i>Urospermum dalechampii</i> (L.) Scop. ex F.W. Schmidt			H
<i>Valantia muralis</i> L.			T
<i>Verbascum sinuatum</i> L.	MA		H
<i>Veronica persica</i> Poir.		ALL	T
<i>Vitex agnus-castus</i> L.			P
<i>Xanthium orientale</i> L. subsp. <i>italicum</i> (Moretti) Greuter	MA	ALL	T

Tabella 2.1 – Checklist della flora della costa della Provincia di Pesaro e Urbino. In grassetto sono segnalate le specie estinte. Per quanto riguarda l’ambiente vengono distinte le specie tipiche di zone umide (UM) e le specie tipiche delle spiagge (MA). Abbreviazioni esoticità: ALL= alloctone. Abbreviazioni delle forme biologiche: CH= Camefite, H= Emicriptofite, G= Geofite, I= Idrofite, P= Fanerofite, T= Terofite.

2.3.3 La flora autoctona

La flora autoctona del litorale della Provincia di Pesaro e Urbino (Tabella 2.1) conta 182 specie. Prevalgono le terofite (Figura 2.8), ovvero piante annuali che trascorrono la stagione avversa allo stato di semi (Raunkiær *et al.*, 1934). Le terofite sono largamente diffuse lungo il litorale e sono quelle che hanno risentito meno dell’antropizzazione, sviluppandosi quando le spiagge sono già state livellate. Seguono poi per importanza le emicriptofite, le geofite, le camefite e le idrofite.

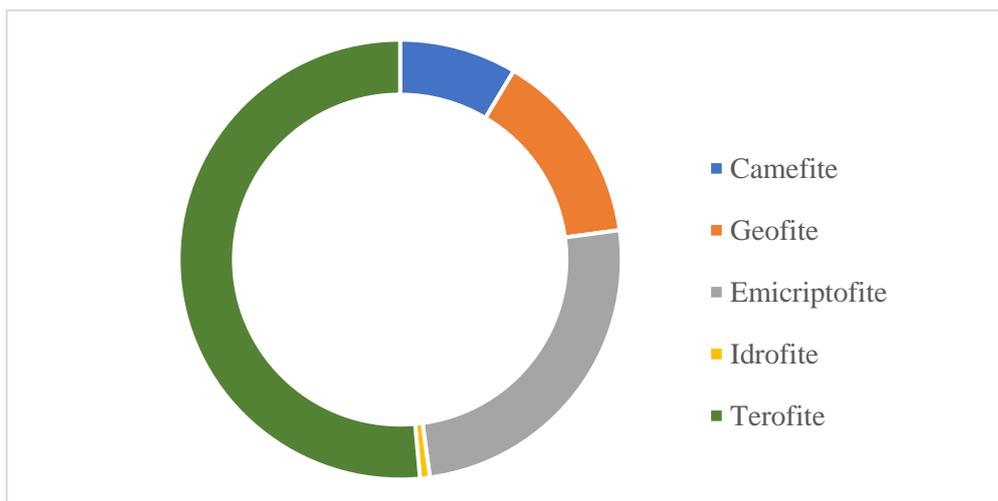


Figura 2.8 – Spettro biologico della flora autoctona del litorale della Provincia di Pesaro e Urbino

La tabella 2.1 mostra anche 43 specie estinte. Tra le forme biologiche prevalgono le terofite, subito seguite dalle emicriptofite, le geofite, le idrofite e le camefite. L'estinzione e l'impovertimento della flora sono legati alla distruzione degli habitat che la ospitano. Questo aspetto è maggiormente evidente per le praterie umide retrodunali. La maggior parte di queste sono scomparse da oltre un secolo pressochè in tutta la Regione a causa delle infrastrutture per il trasporto (la ferrovia, in particolare), zone urbane e strutture turistiche costruite lungo il litorale (Casavecchia *et al.*, 2015). Con esse, è scomparsa anche la loro peculiare flora alofila che si può osservare nella checklist riportata (Tabella 2.1). Inoltre, come si osserva da tale checklist, sono numerose tra le estinte le specie delle spiagge. Alcune di queste non sono state più segnalate dal 1978, come, per esempio, *Stachys maritima* e *Bassia laniflora* (Poggiani *et al.*, 2004). Altre specie, tipicamente psammofile, sono ad oggi in forte riduzione lungo il litorale. Per esempio, *Tragus racemosus* e *Lotus maritimum* non sono più presenti all'interno dell'area di studio. Di queste, esistono solo stazioni isolate al di fuori di tale area. Oppure per *Calamagrostis arenaria* subsp. *arundinacea* si conosce la presenza nell'Area Floristica di "Baia del Re", unica stazione nella Provincia di Pesaro e Urbino (Casavecchia *et al.*, 2015). In alcuni casi, invece, tra le specie estinte sono presenti alcune entità spontaneizzate come *Bassia scoparia* e *Sorghum bicolor*. In altri casi, si tratta di specie non tipicamente psammofile che erano presenti lungo il litorale fino circa gli anni '70-'80, e che oggi si possono osservare solamente in località collinari. Quest'ultimo è il caso, per esempio, di *Polygala flavescens* subsp. *pisaurensis*, *Astragalus sesameus* e *Plantago maritima* subsp. *maritima* (Gubellini L., com. pers.).

La scomparsa della flora litoranea è importante perché rende impossibile il depositarsi della sabbia che viene dispersa, con conseguente perdita per il bilancio detritico litoraneo (Curzi *et al.*, 1991).

2.3.4 Distribuzione della flora psammofila

La flora psammofila del litorale preso in esame è caratterizzata da due aspetti principali: la mancanza di una tipica zonazione (Figura 2.9) e la forte localizzazione delle specie. Entrambi questi aspetti sono da ricondurre alle trasformazioni che ha subito il litorale della Provincia, discusse precedentemente.

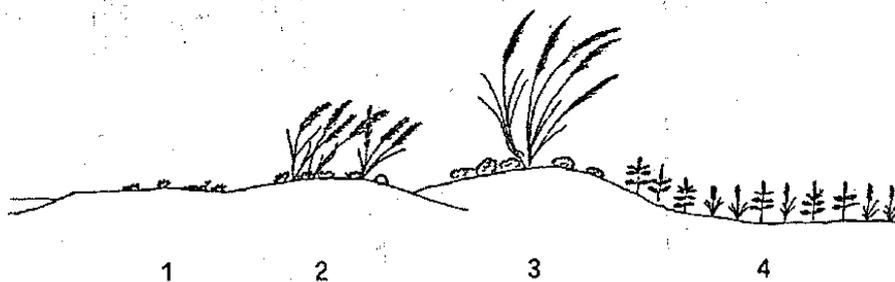


Figura 2.9 – Zonazione dell'Area Floristica "Baia del Re" (Comune di Fano): 1 fascia subito dopo la zona afitoica (ossia la zona priva di vegetazione), 2 fascia delle dune embrionali, 3 fascia delle dune mobili, 4 fascia del versante continentale della duna (Biondi *et al.*, 1989, modificato)

La zonazione (di cui un esempio è riportato in Figura 2.9) era ben osservabile lungo tutto il litorale preso in esame fino ai primi del '900. Ad oggi, rimane solamente qualche frammento della zonazione di cui sopra e con caratteri talmente alterati da essere di difficile identificazione. In particolare, la flora che accompagna la fascia delle dune mobili è ridotta su tutto il litorale. Ciò è dovuto, oltre alle trasformazioni di carattere antropico, alle caratteristiche stesse delle dune della Provincia di Pesaro e Urbino, tipicamente piatte (Biondi *et al.*, 1989). La flora psammofila è fortemente localizzata su piccoli e pochi segmenti di litorale situati nelle Aree Floristiche "Sotto il Monte Ardizio" e "Baia del Re" (Figura 2.5), istituite rispettivamente la prima nel 2017 e la seconda all'inizio degli anni '80, che rappresentano gli ultimi lembi di spiaggia non completamente degradati nell'ambito delle Marche Settentrionali. In particolare, nella prima Area Floristica la fascia vegetata è di recente formazione e in corrispondenza di questa si sta originando un piccolo sistema dunale, morfologicamente rialzato rispetto al restante arenile. L'importanza di queste due Aree Floristiche deriva dal fatto che ospitano caratteristiche specie psammofile e alofile, specie che si possono rinvenire in altri ambienti simili e specie che vivono prevalentemente in altri

ambienti, ma che occasionalmente sopravvivono anche sulle spiagge (Poggiani *et al.*, 2004), come mostrato in tabella 2.1.

2.3.5 Le specie alloctone

La Provincia di Pesaro e Urbino è, tra le province delle Marche, quella che presenta il maggior numero di specie alloctone (Viegi *et al.*, 2003) La presenza delle principali vie di comunicazione così vicine al litorale permette a queste specie di diffondersi efficacemente (Celesti-Grapow *et al.*, 2010). La maggior parte è distribuita in ambienti influenzati dall'attività antropica (Ballelli & Pedrotti, 2009). Tra le specie alloctone (Tabella 2.1) quelle particolarmente abbondanti in ambito costiero sono le specie del genere *Oenothera*, *Cenchrus longispinus*, *Amaranthus*, oltre ad *Ambrosia psilostachya* e *Amorpha fruticosa*, che rappresentano un elemento di degrado per gli habitat presenti (Casavecchia *et al.*, 2015). Queste specie sono principalmente di origine Americana (Figura 2.10), seguono poi quelle provenienti dall'Asia, dall'Africa, dal Canada e infine dall'Europa (Celesti-Grapow *et al.*, 2009)

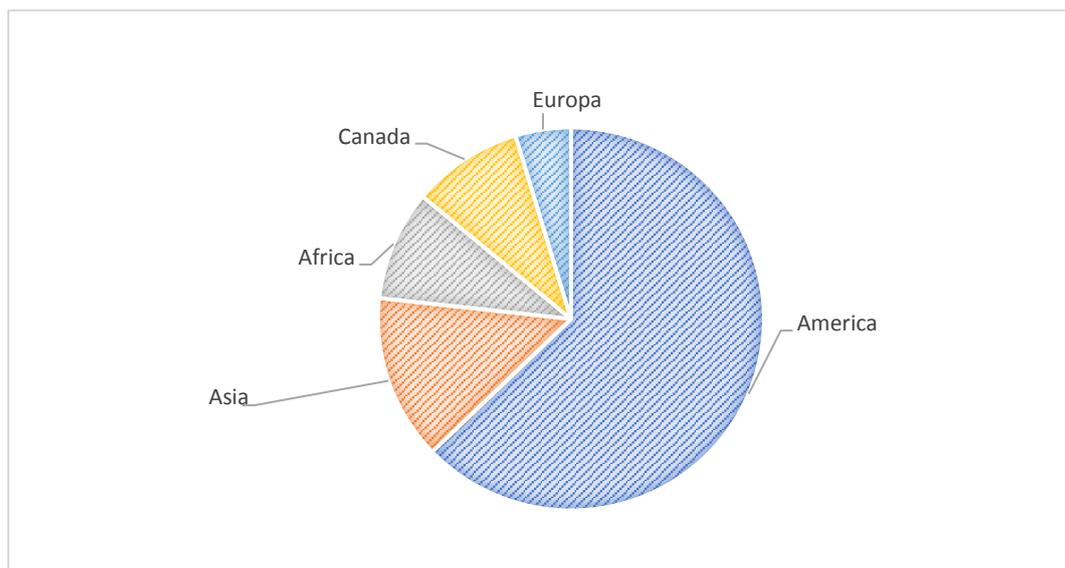


Figura 2.10 – Paesi di origine della flora alloctona del litorale della Provincia di Pesaro e Urbino (Celesti-Grapow *et al.*, 2009)

La maggior parte delle alloctone sono invasive (Acosta *et al.*, 2007). Per esempio, *Ambrosia psilostachya* rappresenta la specie più invasiva delle parti più stabili di arenili e retroarenili. Questa specie è in grado di diffondersi a tappeto costituendo popolazioni fitte che possono rappresentare un serio ostacolo alla diffusione delle entità autoctone meno competitive (Celesti-Grapow *et al.*, 2010). Inoltre, l'antropizzazione dei settori dunali ha portato alla proliferazione di alcune specie nitrofile e ruderali come, per esempio, *Cenchrus longispinus*.

A seguito del periodico livellamento dei sistemi dunali si assiste ad una rapida colonizzazione delle dune embrionali di quest'ultima (Biondi *et al.*, 1989; Casavecchia *et al.*, 2015). Altre specie, invece, sono introdotte a scopo ornamentale. È il caso di *Carpobrotus acinaformis*, fortemente competitiva, viene spesso utilizzata a scopo ornamentale in ambito costiero per la sua resistenza agli ambienti disturbati ed alla salinità. Le alloctone casuali, sfuggono invece alle colture (Acosta *et al.*, 2007) mentre la maggior parte di quelle naturalizzate si rinvencono in ambienti antropizzati (Celesti-Grapow *et al.*, 2010).

Come nel caso delle autoctone, anche tra le specie alloctone dominano le terofite. Seguono per importanza le emicriptofite, le geofite, le fanerofite e le camefite.

3 MATERIALI E METODI

3.1 Selezione delle specie ed estrazione dei dati

Partendo dalla checklist della flora della costa della Provincia di Pesaro e Urbino (Tabella 2.1) sulla base del parere esperto del Dott. Leonardo Gubellini (Responsabile del Centro Ricerche Floristiche delle Marche) sono state selezionate le specie psammofile autoctone e alloctone presenti nell'area di studio. Successivamente sono stati individuati i campioni relativi alle specie scelte dall'*Herbarium Brilli-Cattarini De Planta Salis* e segnalazioni floristiche (pubblicate e non pubblicate).

3.1.1 I dati dell'*Erbario Brilli-Cattarini De Planta Salis*

I dati relativi alle specie target sono stati estratti dai campioni dell'*Herbarium Brilli-Cattarini De Planta Salis* sezione *La Flora della Regione Marchigiana Fisica*.

L'erbario, così denominato dal nome del suo fondatore (Aldo J.B. Brilli-Cattarini 1924-2006), è la collezione principale delle cinque presenti nel Centro Ricerche Floristiche Marche. Costituito da oltre 200.000 inserti, viene definito una collezione "aperta", ossia soggetta a continui nuovi incrementi. In questo erbario la collocazione dei campioni segue l'ordine sistematico che si trova in "*Flora Eurapaea*" (Tutin *et al.*, 1964-1980). All'interno di ogni famiglia, le specie sono sistemate in ordine alfabetico. Le specie raccolte e inserite all'interno dell'erbario sono state identificate seguendo tre opere:

- *Nuova Flora Analitica D'Italia*. (Fiori, 1923 – 1929)
- *Flora Italica* (Zangheri, 1976)
- *Flora Europaea* (Tutin *et al.*, 1964-1980)

L'Erbario è diviso in due sezioni:

- *Flora della Regione Marchigiana Fisica*
- *Herbarium Generale*

I dati di questo lavoro di tesi derivano dalla sezione *La Flora della Regione Marchigiana Fisica*. Questa sezione costituisce la principale documentazione sulla flora di tale territorio, raccolta in oltre sessant'anni di esplorazione da parte del Prof. Billi-Cattarini e dei suoi collaboratori. Il suo nucleo originario è costituito dalle raccolte risalenti agli anni 1934-1948, che, seppure quantitativamente modeste, presentano campioni di piante oggi non più presenti nella regione in seguito alla scomparsa o alterazione degli ambienti preferenziali. Inoltre, ciascun taxon è rappresentato dal maggior numero possibile di esemplari provenienti dalle più svariate località e ambienti. Questo permette di documentare in maniera accurata la

distribuzione e l'ecologia di ogni singola specie, offrendo un panorama circa completo della biodiversità vegetale delle Marche (Gubellini, 2004). I campioni vegetali presenti in questo erbario sono notoriamente di grande qualità e le sue etichette le più complete fra quelle che si possono osservare negli erbari Italiani. Nei cartellini dei campioni di erbario sono presenti diverse informazioni quali: il nome scientifico della specie, la citazione dell'opera con cui è stata identificata la specie, la località, l'ambiente, la quota, la data, l'humus (per le specie erbacee), il nome del raccogliitore (preceduto dalla sigla "Leg.", cioè raccolse "legit" o raccolsero "legerunt") e il nome di chi ha fatto il riconoscimento (preceduto dalla sigla "Det.", dal latino "determinavit"). Nei campioni più vecchi, i cartellini, generalmente scritti di pugno dal Prof. Brilli-Cattarini, spesso mancano di dati relativi a humus (sostanza organica) e quota (Figura 3.1). I campioni più recenti non riportano più la fonte utilizzata per l'identificazione del taxon, ma le coordinate geografiche.



Figura 3.1 – Esempio di un campione dell'Herbarium Brilli-Cattarini De Planta Salis di *Silene conica* L. a sinistra e dettaglio del relativo cartellino a destra

Da tale erbario sono stati individuati i campioni relativi alle specie target. Per ogni specie sono stati considerati solamente i campioni con un chiaro riferimento all'area di studio, assicurandosi di non avere due campioni con la stessa data per la stessa località. Questo ha

portato ad escludere *Ambrosia maritima* L., *Euphorbia terracina* L., *Polycarpon tetraphyllum* subsp. *diphyllum* (Cav.) O. Bolos & Font Quer, *Sonchus maritimus* L. e *Stachys maritima* Gouan perché i campioni d'erbario o erano assenti o non riportavano segnalazioni all'interno dell'area di studio o indicavano la località in modo generico. Una volta selezionati tutti i campioni per le specie autoctone, la nomenclatura è stata adottata conformemente a Bartolucci *et al.* (2018) e per quelle alloctone si è adottato Galasso *et al.* (2018). In tabella 3.1 vengono riportate le specie per cui è stato necessario aggiornare la nomenclatura.

Nomenclatura Erbario	Nomenclatura aggiornata
<i>Aster tripolium</i> L.	<i>Galatella tripolium</i> (L.) Galasso, Bartolucci & Ardenghi
<i>Crypsis aculeata</i> (L.) Aiton	<i>Sporobolus aculeatus</i> (L.) P.M. Peterson
<i>Galilea mucronata</i> Parl.	<i>Cyperus capitatus</i> Vand.
<i>Elymus farctus</i> (Viv.) Runemark ex Malderis subsp. <i>farctus</i> <i>Agropyrum junceum</i> (L.) P.B.	<i>Thinopyrum junceum</i> (L.) A. Love
<i>Inula crithmoides</i> L.	<i>Limbarda crithmoides</i> (L.) Dumort.
<i>Koeleria pubescens</i> (Lam.) P. Beauv. <i>Lophochloa pubescens</i> Lam.	<i>Rostraria pubescens</i> (Lam.) Trin
<i>Limonium</i> cfr. <i>angustifolium</i> (Tausch) Degen	<i>Limonium narbonense</i> Mill.
<i>Polygala pisauriensis</i> Caldesi	<i>Polygala flavescens</i> DC. subsp. <i>pisauriensis</i> (Caldesi) Arcang.
<i>Salicornia europaea</i> L.	<i>Salicornia perennans</i> Willd. subsp. <i>perennans</i>
<i>Salsola kali</i> L.	<i>Salsola squarrosa</i> Steven. Ex Moq.
<i>Salsola soda</i> L.	<i>Soda inermis</i> Fourr.
<i>Spartina versicolor</i> Fabre	<i>Sporobolus pumilus</i> (Roth) P.M. Peterson & Saarela
<i>Vulpia membranacea</i> (L.) Link.	<i>Festuca fasciculata</i> Forssk.

Tabella 3.1 – Lista di specie per cui è stato necessario aggiornare la nomenclatura. A sinistra la nomenclatura presente nei cartellini d'erbario, a destra la nomenclatura aggiornata.

3.1.2 Le segnalazioni floristiche

Le segnalazioni floristiche sono state derivate dai lavori cartacei e informatizzati presenti presso la biblioteca del Centro Ricerche Floristiche delle Marche e dalla miscellanea raccolta durante gli anni dallo stesso Prof. Brilli-Cattarini. Nella scelta delle segnalazioni del Prof. Brilli-Cattarini sono state escluse quelle con una localizzazione riportata in modo generico come, ad esempio, “litorale di Pesaro” oppure “Marche: settore litoraneo”, a meno che, in base all’identità del taxon fosse possibile riferirsi al territorio di indagine.

Inoltre, sono infine state considerate osservazioni personali del Dott. Gubellini dagli anni ’80 comprese alcune effettuate nel 2020 per questo lavoro di tesi.

Come per i dati d’erbario, è stata adottata per le specie autoctone la nomenclatura conforme a Bartolucci *et al.* (2018) e per quelle alloctone Galasso *et al.* (2018).

3.2 Creazione di un database e georeferenziazione dei dati

Lo studio ha previsto la creazione di un database comprendente la selezione dei dati derivanti dai campioni d’erbario e le segnalazioni relative alle specie target. Per ogni record nel database sono state riportate quattro informazioni:

- Nome scientifico della specie
- Località
- Anno
- Tipo di dato

Per georeferenziare le località riportate in ciascun record è stato utilizzato il software open source QGIS *Geographic Information System* (www.qgis.org) che ha permesso di digitalizzare le località e la flora ad esse associate nell’area di studio. Inoltre, sono state utilizzate la cartografia del litorale della Provincia di Pesaro e Urbino insieme a cartografie tematiche di supporto per ottenere una più precisa localizzazione dei record floristici. In tabella 3.2 è riportata la cartografia consultata.

Tematismo	Cartografia	Anno	Fonte	Sito web
Carta topografica	Tavolette 1:25.000	1948	Istituto Geografico Militare	https://www.igmi.org/
Carta topografica	Sezioni 1:25.000 Serie 25	1994	Istituto Geografico Militare	https://www.igmi.org/

Limiti Amministrativi Quartieri	Cartografia CTN comunale	2019	Ufficio Pianificazione Territoriale Comune di Fano	https://www.comune.fano.pu.it/open-data/open-data-territoriali/cartografia
Erosione costiera	Ortofoto	1977-78-79	Servizio WMS Regione Marche	https://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Paesaggio-Territorio-Urbanistica-Genio-Civile/Cartografia-e-informazioni-territoriali/WMS
	Ortofoto	1988-89	Servizio WMS Regione Marche	https://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Paesaggio-Territorio-Urbanistica-Genio-Civile/Cartografia-e-informazioni-territoriali/WMS
	Ortofoto	2006	Servizio WMS Geoportale Nazionale	http://www.pcn.minambiente.it/mattm/servizio-wms/
	Ortofoto	2012	Servizio WMS Geoportale Nazionale	http://www.pcn.minambiente.it/mattm/servizio-wms/
Aree Floristiche	Carta Aree Floristiche	2014	Regione Marche	http://www.ambiente.marche.it/Ambiente/Natura/Infrastrutturaverde/Areefloristiche/Cartografia.aspx
Uso del suolo	Carta Uso del suolo 1:10.000	1978-1984	Regione Marche	https://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Paesaggio-Territorio-Urbanistica/Cartografia/Repertorio/Cartausosuolo10000_78-84
	Carta Uso del suolo 1:10.000	2007	Regione Marche	https://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Paesaggio-Territorio-Urbanistica/Cartografia/Repertorio/Cartausosuolo10000_2007

Tabella 3.2 – Cartografia consultata per la georeferenziazione dei dati

Per georeferenziare i dati si è partiti dalla località segnalata nei campioni d'erbario e si è tenuto conto delle consuetudini di esplorazione floristica di botanici ed esperti del territorio. Il Prof. Brilli-Cattarini era, inoltre, solito rifarsi a toponimi, nomi di abitazioni reperibili nelle carte topografiche oppure annotare informazioni ricevute da residenti dei luoghi frequentati (Gubellini, com. pers.). Dal complesso di campioni d'erbario presi in esame si è visto come le località di segnalazione non corrispondano ad elementi puntuali della costa, ma, al contrario, facciano riferimento a tratti di litorale di diversa estensione. Ciascuno di questi tratti è spesso

compreso tra due toponimi, come si può osservare dal cartellino del campione d'erbario (riportato in Figura 3.1).

La georeferenziazione dei dati si è svolta in cinque passaggi:

- Interpretazione, aggiornamento e georeferenziazione dei toponimi
- Standardizzazione dei toponimi
- Misurazione dell'estensione dei tratti di litorale e calcolo del punto mediano
- Digitalizzazione dei record floristici
- Creazione dell'area buffer

Per prima cosa, sono stati interpretati, aggiornati e georeferenziati i toponimi poiché alcuni campioni di erbario riportavano nomi di località oggi non più utilizzati. In particolare, le prime due cartografie riportate in tabella 3.2 sono state utili per il confronto tra vecchi e nuovi toponimi. La cartografia fornita dall'Ufficio di Pianificazione Territoriale del Comune di Fano (Tabella 3.2) è stata utilizzata per estrarre i limiti amministrativi dei quartieri litoranei. In questo modo si è potuta stabilire l'estensione dei tratti di litorale e la georeferenziazione dei toponimi.

Questi ultimi, data la loro eterogeneità, sono stati successivamente standardizzati. L'eterogeneità è data da due fattori. Il primo si origina dalla presenza di citazioni diverse che fanno riferimento ad uno stesso segmento di litorale. Per esempio, “dintorni di Fano sulla spiaggia tra Fano e la foce del Fosso Sejore”, “dintorni di Fano nel litorale tra la foce del Fosso Sejore e Fano”, “dintorni di Fano: lungo la spiaggia circa 2 km a N.O. della città”. Il secondo fattore è determinato dal fatto che, per alcuni campioni, i tratti di litorale sono riportati senza una precisa estensione. Per esempio, “dintorni di Fano: in destra della foce del Metauro” oppure “dintorni di Mondolfo nel litorale in sinistra della foce del Cesano”. Sono stati aggregati, successivamente, sotto definiti tratti di litorale, sia citazioni diverse di uno stesso segmento di litorale sia citazioni delle località senza un preciso riferimento topografico. Per ognuno dei tratti di litorale identificato è stata misurata l'estensione tramite il software GIS e trovato il punto mediano. Le coordinate di quest'ultimo sono state associate ad ogni record di flora segnalato in quel tratto.

Infine, si è creata un'area di buffer intorno a ciascun record di flora. Quest'area è stata creata sulla base dell'estensione del segmento di litorale in cui si trova ciascuna specie, per attribuire la sua presenza all'intero tratto interessato. Le porzioni delle aree di buffer ricadenti all'esterno dell'area di studio (in mare e oltre la ferrovia) sono state, in seguito, eliminate.

3.2.1 Analisi dei dati

I dati sono stati analizzati secondo tre archi temporali (prima del 1950, il periodo 1950-1980 e dopo il 1980). A questi coincidono significative trasformazioni costiere.

La distribuzione delle specie target (autoctone e alloctone) è stata valutata nei tre periodi di tempo considerati per verificare sia l'andamento delle specie autoctone sia l'eventuale espansione delle specie alloctone.

Le specie sono state classificate poi in base al tipo di ambiente. In particolare, sono state divise le specie tipiche dei litorali e quelle tipiche di ambienti umidi. Tale distinzione è stata utilizzata come proxy di cambiamenti nella presenza degli ambienti preferenziali di queste specie.

Sono state inoltre distinte le specie estinte da quelle attualmente presenti. Le specie estinte sono state utilizzate come proxy per la scomparsa degli habitat di riferimento.

4 RISULTATI

Il database si compone di 52 specie target (di cui 46 autoctone e 6 alloctone) e conta 296 record floristici così suddivisi: 177 dati di erbario, 52 segnalazioni provenienti da dati di letteratura e 67 segnalazioni risultate da osservazioni personali. La distribuzione temporale dei dati copre un periodo che va dal 1936 al 2020 (Figura 4.5). Mentre, per quanto riguarda la distribuzione spaziale, la standardizzazione dei toponimi citati nei record di flora ha prodotto 23 località. Di queste, 5 rientrano nel comune di Pesaro, 15 nel comune di Fano e solo 3 nel comune di Mondolfo (Tabella 4.3).

4.1 Le specie target

La Tabella 4.1 riporta le 52 specie target, di cui la maggior parte sono autoctone (46).

Tra le specie autoctone risultano 38 tipiche di spiagge marine e 8 tipiche di zone umide. Il numero complessivo di record per le specie autoctone è pari a 250 suddiviso in 155 dati di erbario, 47 segnalazioni da letteratura e 48 osservazioni personali. Tra le specie autoctone, *Cutandia maritima* e *Pancreatium maritimum* non presentano dati d'erbario. La specie con il maggior numero di record è *Plantago coronopus* (15 record). Sono 12 le estinte. In particolare, 2 risultano estinte a livello Regionale, 1 per l'ambiente costiero della Regione e 9 a livello Provinciale. Per quel che riguarda l'ambiente a cui sono legate, 6 sono tipiche di ambienti di spiaggia e 6 di ambienti umidi. La forma biologica dominante è quella delle terofite con 27 entità. Seguono le emicriptofite con 8 specie, le geofite con 6 specie e le camefite con 5 specie (Figura 4.1).

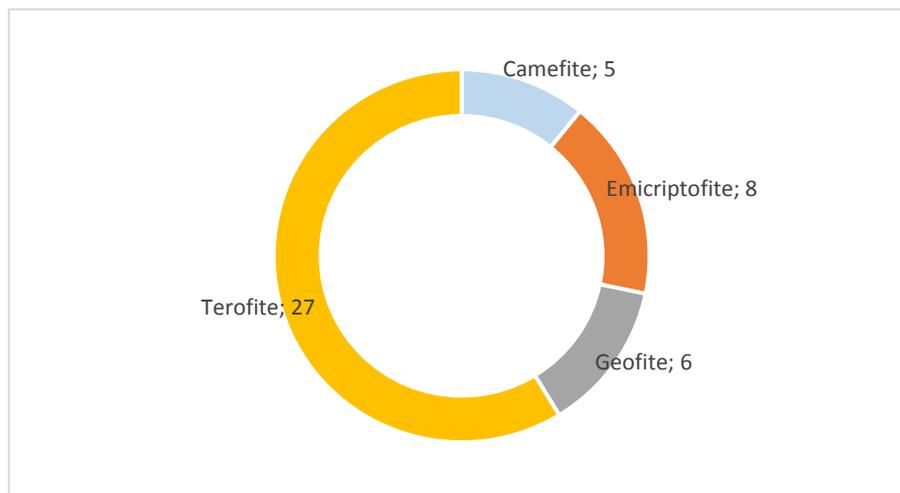


Figura 4.1 – Spettro biologico delle specie autoctone

Le specie alloctone (6) sono entità tipiche di spiagge marine e includono le invasive *Ambrosia psilostachya*, *Carpobrotus acinaformis*, *Cenchrus longispinus*, *Oenothera stuchii*, *Xanthium italicum* e la specie naturalizzata *Sporobolus pumilus* (Galasso *et al.*, 2018). Queste entità sono in prevalenza di origine Americana, *Sporobolus pumilus* ha origini Europee, mentre *Carpobrotus acinaformis* è di origine Sud Africana (Celesti-Grapow *et al.*, 2009). Il numero totale di record è pari a 46, suddiviso in 22 dati d'erbario, 5 di letteratura e 19 osservazioni personali. Di queste, solamente *Carpobrotus acinaformis* non presenta dati d'erbario. La specie con il maggior numero di record è *Ambrosia psilostachya* (14 record).

Per quanto riguarda la forma biologica sono risultate 2 entità sia per le terofite che per le geofite e 1 entità sia per le camefite che per le emicriptofite.

LE SPECIE TARGET				
SPECIE	AMBIENTE	ESOTICITA'	FORMA BIOLOGICA	NUMERO RECORD
<i>Ambrosia psilostachya</i> DC.	MA	ALL	G	14
<i>Bassia laniflora</i> (S. G. Gmelin) A. J. Scott*	MA		T	6
<i>Cakile maritima</i> Scop.	MA		T	5
<i>Calamagrostis arenaria</i> subsp. <i>arundinacea</i> (husn.) Banfi, Galasso e Bartolucci	MA		G	5
<i>Carpobrotus acinaformis</i> (L.) L. Bolus	MA	ALL	CH	1
<i>Catapodium balearicum</i> (Willk.) H.Scholz	MA		T	12
<i>Cenchrus longispinus</i> (Hack.) Fernald	MA	ALL	T	10
<i>Centaurea tommasinii</i> A. Kerner*	MA		H	6
<i>Convolvulus soldanella</i> L.	MA		G	11
<i>Crithmum maritimum</i> L.	MA		CH	3
<i>Cutandia maritima</i> (L.) Benth. ex Barbey	MA		T	2
<i>Cyperus capitatus</i> Vandelli	MA		G	7
<i>Echinophora spinosa</i> L.	MA		H	9
<i>Erodium laciniatum</i> (Cav.) Willd. subsp <i>laciniatum</i>	MA		T	4
<i>Eryngium maritimum</i> L.	MA		G	11
<i>Euphorbia paralias</i> L.	MA		CH	8
<i>Euphorbia peplis</i> L.	MA		T	4
<i>Festuca fasciculata</i> Forssk.	MA		T	4
<i>Galatella tripolium</i> (L.) Galasso, Bartolucci & Ardenghi	UM		H	1
<i>Glaucium flavum</i> Crantz	MA		H	7
<i>Hainardia cylindrica</i> (Willd.) Greuter	MA		T	6

<i>Halimione portulacoides</i> (L.) Aellen	UM		CH	2
<i>Hedypnois rhagadioloides</i> (L.) F.W. Schmidt	MA		T	2
<i>Juncus acutus</i> L.	UM		H	3
<i>Lagurus ovatus</i> L. subsp. <i>ovatus</i>	MA		T	12
<i>Limbarda crithmoides</i> (L.) Dumort.	MA		CH	4
<i>Limonium narbonense</i> Mill.	UM		H	2
<i>Medicago littoralis</i> Rohde ex Loisel.	MA		T	2
<i>Medicago marina</i> L.	MA		CH	10
<i>Oenothera stuchii</i> Soldano	MA	ALL	H	7
<i>Pancratium maritimum</i> L.	MA		G	3
<i>Parapholis incurva</i> (L.) C.E. Hubbard	MA		T	5
<i>Phleum arenarium</i> L.	MA		T	6
<i>Plantago coronopus</i> L.	MA		T	15
<i>Polygala flavescens</i> DC. subsp. <i>pisauensis</i> (Caldesi) Arcang.**	MA		H	2
<i>Reseda alba</i> L.	MA		T	4
<i>Rostraria pubescens</i> (Lam.) Trin.	MA		T	10
<i>Salicornia perennans</i> Willd. subsp. <i>perennans</i>	UM		T	6
<i>Salsola squarrosa</i> Steven. Ex Moq.	MA		T	2
<i>Silene colorata</i> Poirret subsp. <i>canescens</i> (ten.) Anazalone & al	MA		T	9
<i>Silene conica</i> L. subsp. <i>conica</i>	MA		T	4
<i>Soda inermis</i> Fourr.	UM		T	6
<i>Spergularia bocconei</i> (scheele) Graebner	MA		T	3
<i>Spergularia marina</i> (L.) Besser	MA		T	5
<i>Sporobolus aculeatus</i> (L.) P.M. Peterson	UM		T	2
<i>Sporobolus pumilus</i> (Roth) P.M. Peterson & Saarela	MA	ALL	G	6
<i>Suaeda maritima</i> (L.) Dumort.	UM		T	4
<i>Thinopyrum junceum</i> (L.) A. Love	MA		G	8
<i>Tragus racemosus</i> (L.) All.	MA		T	3
<i>Tribulus terrestris</i> L.	MA		T	3
<i>Verbascum sinuatum</i> L.	MA		H	2
<i>Xanthium italicum</i> Moretti	MA	ALL	T	8

Tabella 4.1 – Lista delle specie target. In grassetto le specie estinte: le specie senza simboli sono estinte a livello Provinciale, le specie con “*” sono estinte a livello Regionale e quelle con “**” sono estinte solo per la costa della Regione. Abbreviazioni: “MA” = specie di spiagge marine; “UM” = specie di zone umide; “ALL” = specie alloctone. Forme Biologiche: CH = Camefite; H = Emicriptofite; G = Geofite; T = Terofite.

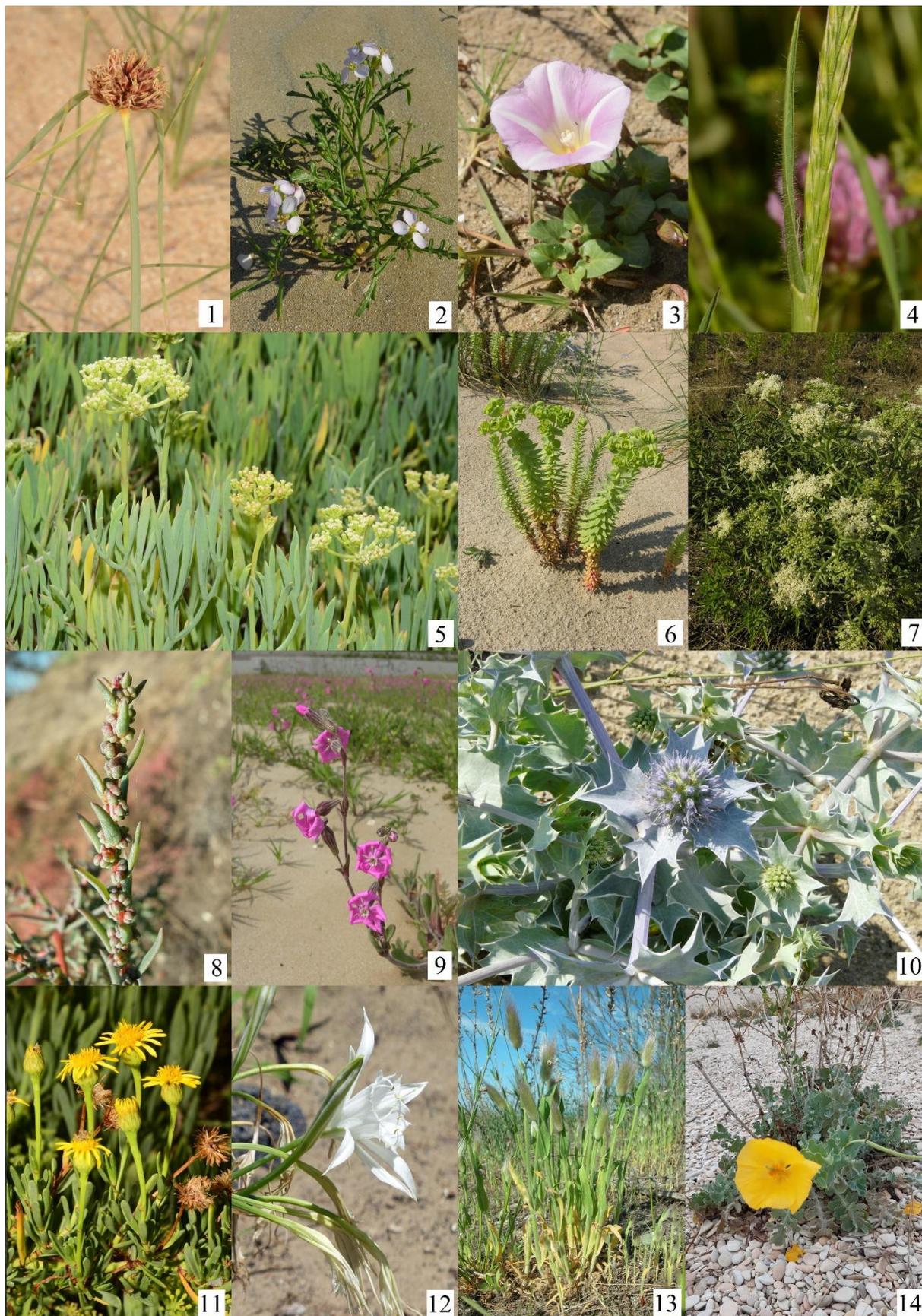


Figura 4.2 – Specie target autoctone: 1) *Cyperus capitatus*, 2) *Cakile maritima*, 3) *Convolvulus soldanella*, 4) *Calamagrostis areanria* subsp *arundinacea*, 5) *Crithmum maritimum*, 6) *Euphorbia paralias*, 7) *Echinophora*

spinosa, 8) *Salsola soda*, 9) *Silene colorata* subsp *canescens*, 10) *Eryngium maritimum*, 11) *Limbarda crithmoides*, 12) *Pancratium maritimum*, 13) *Lagurus ovatus*, 14) *Glaucium flavum* (Fotografie dalla 1 alla 13 di L. Gubellini, fotografia 14 di S. Tonelli).

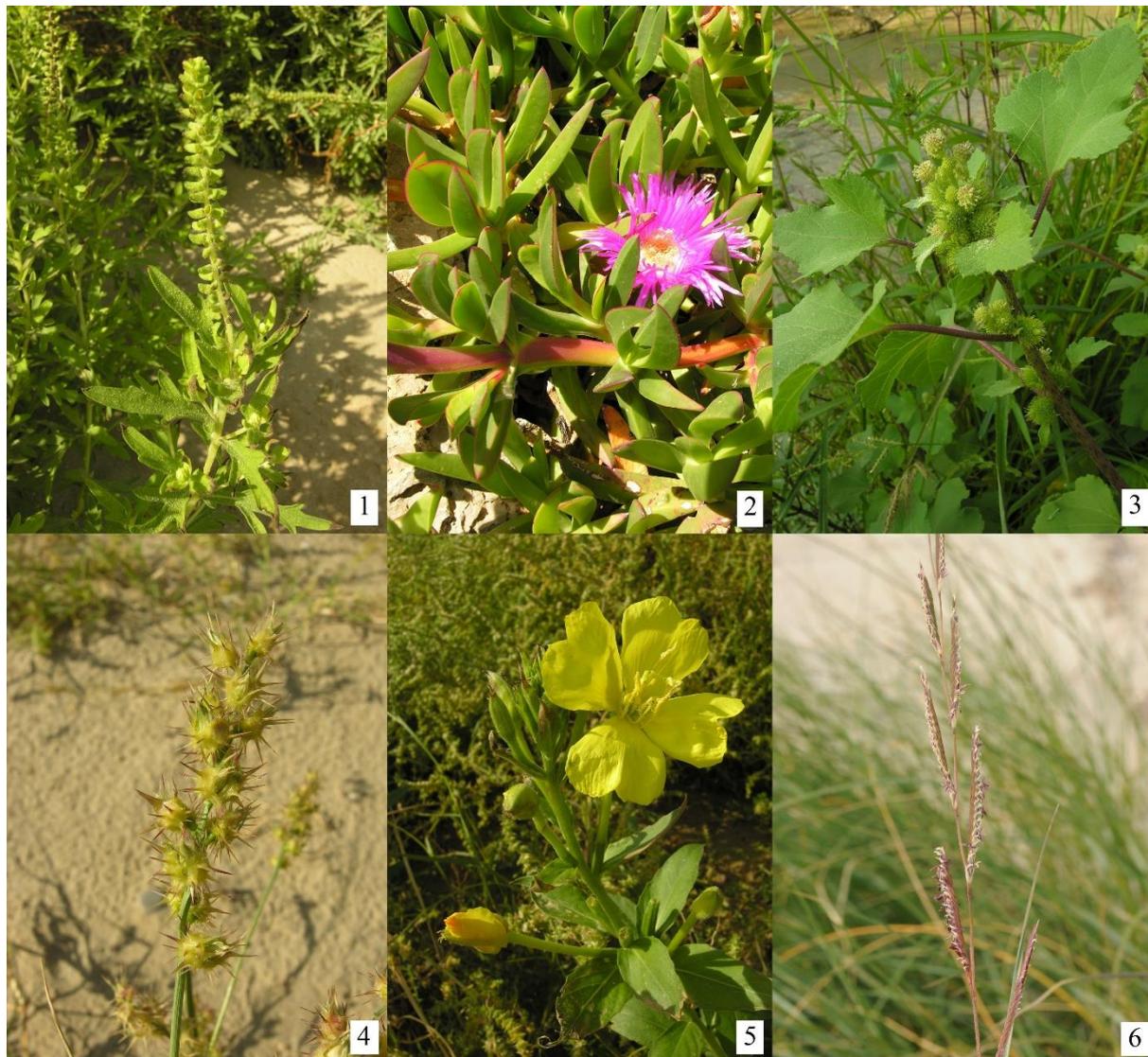


Figura 4.3 – Specie target alloctone: 1) *Ambrosia psilostachya*, 2) *Carpobrotus acinaformis*, 3) *Xanthium italicum*, 4) *Cenchrus longispinus*, 5) *Oenothera stucchi*, 6) *Sporobolus pumilus* (Fotografie di L. Gubellini).

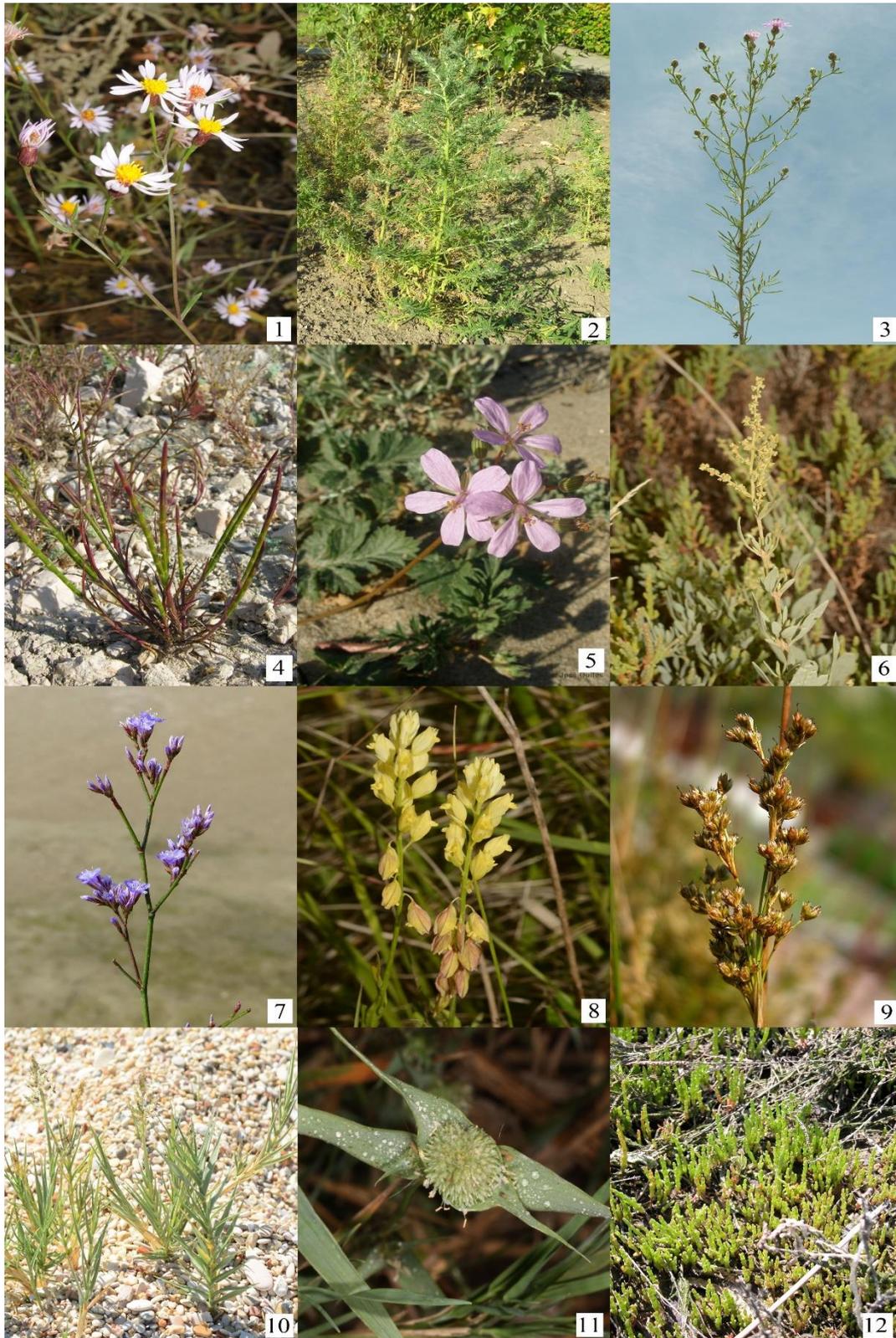


Figura 4.4 – Specie target estinte: 1) *Galatella tripolium*, 2) *Bassia laniflora*, 3) *Centaurea tommasinii*, 4) *Hainardia cylindrica*, 5) *Erodium laciniatum*, 6) *Halimione portulacoides*, 7) *Limonium narbonense*, 8) *Polygala flavescens* subsp. *pisauriensis*, 9) *Juncus acutus*, 10) *Tragus racemosus*, 11) *Sporobolus aculeatus*, 12) *Salicornia perennans* subsp. *perennans*. (Fotografie 1,2,3,4,8 e 10 di L. Gubellini, fotografia 5 di J. Quiles Hoyo, fotografia 12 di A. Moro, fotografia 11 di D. Camprini)

4.2 La distribuzione dei dati

4.2.1 La distribuzione temporale dei dati

La distribuzione temporale dei record va dal 1936 al 2020 (Figura 4.5). In particolare, sono risultati 15 record datati prima del 1950, 177 record con data tra gli anni '50 e gli anni '80 e 104 con data successiva al 1980.

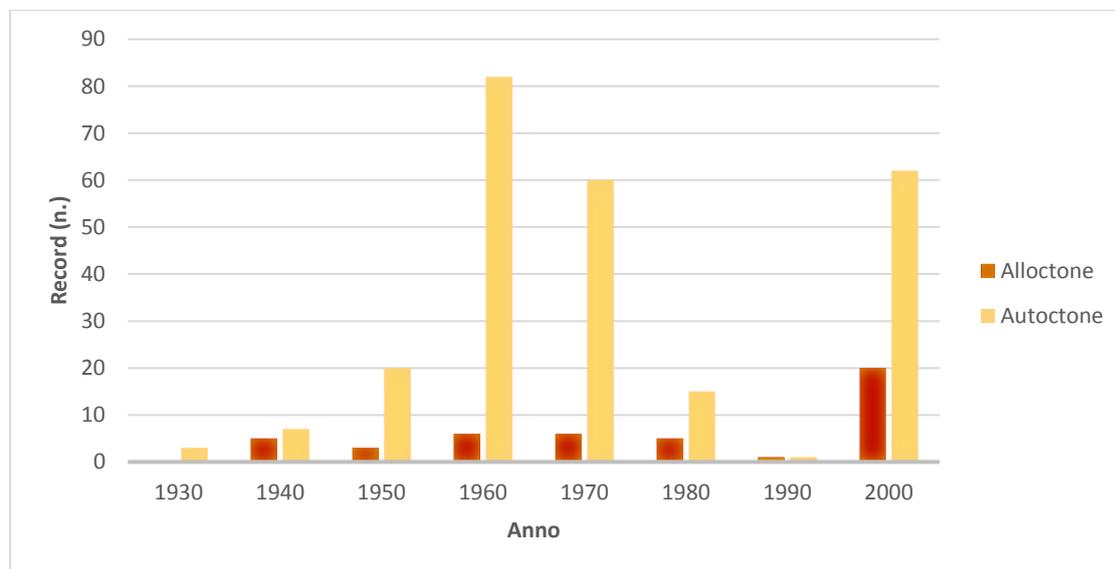


Figura 4.5 – Distribuzione dei record di flora dagli anni '30 al 2020

Le specie target autoctone che mostrano la prima segnalazione antecedente al 1950 sono 8 (Tabella 4.2). *Euphorbia paralias* e *Polygala flavescens* subsp. *pisaurensis* (1936), *Cyperus capitatus* (1937), *Echinophora spinosa* (1940), *Catapodium balearicum*, *Convolvulus soldanella*, *Juncus acutus* (1942), *Glaucium flavum* (1945). Queste specie continuano ad essere osservate anche successivamente, tranne *Juncus acutus* e *Polygala flavescens* subsp. *pisaurensis*. Mentre, le specie target alloctone che presentano dei record prima degli anni '50 sono *Ambrosia psilostachya* (1940), *Cenchrus longispinus* (1946) e *Sporobolus pumilus* (1949). Le prime due sono presenti lungo il litorale anche dopo il 1950. La terza manca di segnalazioni dagli anni '50 agli anni '80.

La maggior parte delle specie target (39) presentano la prima segnalazione dopo il 1950 (Tabella 4.2). In particolare, 37 di queste sono autoctone di cui 10 non presentano record dopo il 1980. Solamente 2 specie tra le alloctone presentano i primi record dopo gli anni '50.

Dei dati analizzati, solamente la specie autoctona *Cutandia maritima* mostra la prima segnalazione dopo il 1980. Tra le alloctone, invece, solamente *Carpobrotus acinaformis*, presenta la prima segnalazione dopo tale data. Entrambe le specie sono presenti all'interno del database grazie ad osservazioni non edite dell'anno 2020.

SPECIE	DECADE							
	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000
<i>Ambrosia psilostachya</i> DC.		+						
<i>Bassia laniflora</i> (S. G. Gmelin) A. J. Scott			+					
<i>Cakile maritima</i> Scop.					+			
<i>Calamagrostis arenaria</i> subsp. <i>arundinacea</i> (husn.) Banfi, Galasso e Bartolucci				+				
<i>Carpobrotus acinaformis</i> L. (L.) Bolus								+
<i>Catapodium balearicum</i> (Willk.) H.Scholz		+						
<i>Cenchrus longispinus</i> (Hack.) Fernald		+						
<i>Centaurea tommasinii</i> A. Kerner			+				+	
<i>Convolvulus soldanella</i> L.		+						
<i>Crithmum maritimum</i> L.				+				
<i>Cyperus capitatus</i> Vandelli	+							
<i>Cutandia maritima</i> L.								+
<i>Echinophora spinosa</i> L.		+						
<i>Erodium laciniatum</i> (Cav.) Willd. Subspc laciniatum				+				
<i>Eryngium maritimum</i> L.					+			
<i>Euphorbia paralias</i> L.	+			+				
<i>Euphorbia peplis</i> L.				+				
<i>Festuca fasciculata</i> Forssk.			+					
<i>Galatella tripolium</i> (L.) Galasso, Bartolucci & Ardenghi					+			
<i>Glaucium flavum</i> Crantz		+						
<i>Hainardia cylindrica</i> (Willd.) Greuter				+				
<i>Halimione portulacoides</i> (L.) Aellen				+				
<i>Hedypnois rhagadioloides</i> (L.) F.W. Schmidt				+				
<i>Juncus acutus</i> L.		+						
<i>Lagurus ovatus</i> L. subsp. <i>ovatus</i>			+					
<i>Limbarda crithmoides</i> (L.) Dumort.				+				
<i>Limonium narbonense</i> Mill.				+				
<i>Medicago littoralis</i> Rohde ex Loisel.				+				

<i>Medicago marina</i> L.		+		
<i>Oenothera stuchii</i> Soldano			+	
<i>Pancratium maritimum</i> L.			+	
<i>Parapholis incurva</i> (L.) C.E. Hubbard			+	
<i>Phleum arenarium</i> L.			+	
<i>Plantago coronopus</i> L.			+	
<i>Polygala flavescens</i> DC. subsp. <i>pisaurensis</i> (Caldesi) Arcang	+			
<i>Reseda alba</i> L.			+	
<i>Rostraria pubescens</i> (Lam.) Trin.			+	
<i>Salicornia perennans</i> Willd. subsp. <i>perennans</i>			+	
<i>Salsola squarrosa</i> Steven. Ex Moq.			+	
<i>Silene colorata</i> Poiret subsp. <i>canescens</i> (ten.) Anazalone & al			+	
<i>Silene conica</i> L. subsp. <i>conica</i>			+	
<i>Soda inermis</i> Fourr.			+	
<i>Spergularia bocconei</i> (scheele) Graebner			+	
<i>Spergularia marina</i> (L.) Besser			+	
<i>Sporobolus aculeatus</i> (L.) P.M. Peterson			+	
<i>Sporobolus pumilus</i> (Roth) P.M. Peterson & Saarela		+		
<i>Suaeda maritima</i> (L.) Dumort.			+	
<i>Thinopyrum junceum</i> (L.) A. Love			+	
<i>Tragus racemosus</i> (L.) All.			+	
<i>Tribulus terrestris</i> L.			+	
<i>Verbascum sinuatum</i> L.			+	
<i>Xanthium italicum</i> Moretti			+	

Tabella 4.2 – Specie target autoctone e alloctone nell'area di studio. In grassetto le specie alloctone. “+”: il decennio della prima segnalazione. In verde le specie autoctone e alloctone che mostrano la prima segnalazione con una data antecedente al 1950. In giallo le specie autoctone e alloctone che mostrano la prima segnalazione con una data tra il 1950 e il 1980. In rosso le specie autoctone e alloctone che mostrano la prima segnalazione con una data successiva al 1980.

4.2.2 La distribuzione spaziale dei dati

La tabella 4.3 riporta le 23 località prodotte dalla standardizzazione dei toponimi.

Località	Comune	Coordinate		Raggio Area Buffer (m)	Record (n.)		Specie (n.)	
		Lat.	Long.		AUT	ALL	AUT	ALL
Pesaro – Foce Fosso Sejore	Pesaro	334620.8	4862608.2	2532	19	4	15	3
Sottomonte (Nord)	Pesaro	334737.9	4862477.1	452	14	5	14	5
Sottomonte (Sud)	Pesaro	335387.1	4861698.9	32	13	2	13	2
Villa Ardizia	Pesaro	336506.6	4860538.9	5	1		1	
Villa Ardizia – Foce Fosso Sejore	Pesaro	336311.1	4860715.4	529	20		13	2
Foce Fosso Sejore	Fano	335967.4	4861127.3	5	18	1	17	
Fosso Sejore	Fano	335602.6	4861510.5	269	3		3	
Foce Fosso Sejore - Fano	Fano	337947.5	4859096.3	581	21	4	20	1
Foce Fosso Sejore – Baia del Re	Fano	336927.1	4860099.9	863	1	2	1	2
Baia Del Re	Fano	337536.1	4859507.5	1163	34	11	23	4
Gimarra	Fano	339199.9	4858017.4	988	1		1	
Sassonia	Fano	341493.4	4856544.5	731	2		2	
Poligono di Tiro	Fano	342120.8	4855951.3	140	3		3	
Poligono di Tiro – Foce Metauro	Fano	342876.1	4855373.0	954	6		5	
In sinistra Foce Metauro	Fano	343525.5	4854831.9	21	13	2	6	2
In destra Foce Metauro	Fano	343704.0	4854648.4	37	15	1	12	1
Metaurilia	Fano	344926.8	4853495.2	1641	11	3	9	3
Torrette di Fano	Fano	346951.6	4851215.9	1405	21	2	16	1
Torrette Di Fano - Ponte Sasso	Fano	347915.8	4850196.4	5	1		1	
Ponte Sasso	Fano	348337.8	4849802.5	575	11	3	8	3
Marotta	Mondolfo	350275.0	4848016.0	2061	1		1	

Marotta – Foce Cesano	Mondolfo	351954.0	4846502.1	200	2		2	
In sinistra Foce Cesano	Mondolfo	352318.0	4846143.4	270	19	2	14	1

Tabella 4.3 – Località del litorale della Provincia di Pesaro e Urbino ordinate da Nord (in alto) a Sud (in basso). Abbreviazioni: “AUT” = autoctone; “ALL”= alloctone. Vengono presentati inoltre il Comune entro cui ricade la località, le coordinate ottenute tramite il calcolo del punto mediano, il raggio dell’area buffer e il numero di record e di specie delle autoctone e delle alloctone.

“Baia del Re” è risultata la località con il maggior numero di record di specie (21 specie autoctone e 6 specie alloctone), mentre “Villa Ardizia”, “Gimarra”, “Torrette di Fano - Ponte Sasso” e “Marotta” sono le località con il minor numero di specie (Tabella 4.3).

Le specie autoctone sono risultate presenti in tutte le località (Figura 4.6). Le alloctone, invece, sono risultate presenti in 14 località. Tra le alloctone, *Ambrosia psilostachya* è presente in 10 località ed è l’alloctona maggiormente presente. Seguono *Cenchrus longispinus* e *Xanthium italicum* entrambe riscontrate in 7 località, *Oenothera stucchii* e *Sporobolus pumilus* entrambe in 4, infine *Carpobrotus acinaformis* solamente in 1 località (Tabella 4.4).

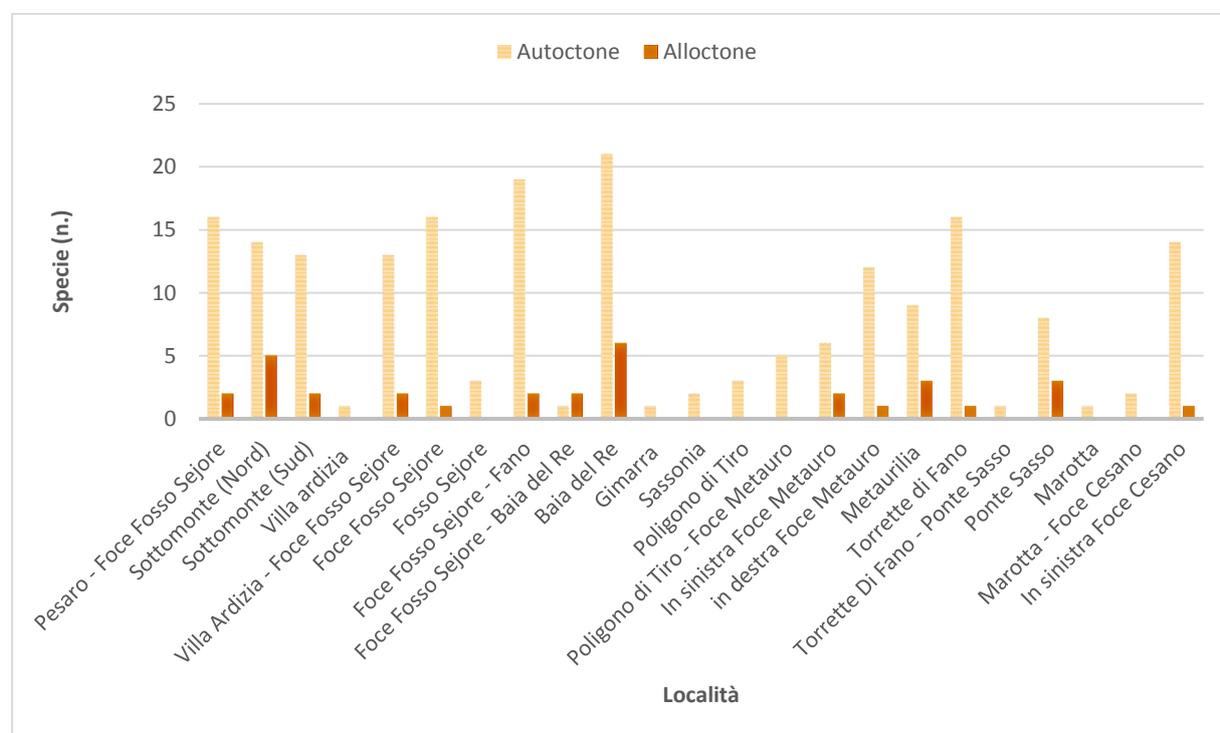


Figura 4.6 – Numero di specie autoctone e alloctone per località. Le località sono ordinate da Nord (a sinistra) a Sud (a destra).

DISTRIBUZIONE SPAZIALE DELLE SPECIE ALLOCTONE						
Località	<i>Ambrosia psylostachia</i>	<i>Carpobrotus acinaformis</i>	<i>Cenchrus longispinus</i>	<i>Oenothera stuchii</i>	<i>Sporobolus pumilus</i>	<i>Xianthium italicum</i>
Pesaro – Foce Fosso Sejore	x		x			
Sottomonte (Nord)	x		x	x	x	x
Sottomonte (Sud)	x					x
Villa Ardizia – Foce Fosso Sejore	x		x			
Foce Fosso Sejore	x					
Foce Fosso Sejore - Fano	x		x			
Foce Fosso Sejore - Baia del Re	x				x	
Baia del Re	x	x	x	x	x	x
In sinistra Foce Metauro				x		x
In destra Foce Metauro						x
Metaurilia	x			x		x
Torrette di Fano			x			
Ponte Sasso	x		x		x	
In sinistra Foce Cesano						x

Tabella 4.4 – Distribuzione spaziale delle sei specie alloctone. Le località sono ordinate da Nord (in alto) a Sud (in basso).

4.2.3 La distribuzione spazio-temporale dei dati

Tra le autoctone (Figura 4.7), sono 5 le località che mostrano record prima del 1950. Al contrario, quasi tutte le località (18) presentano dei record con una data tra il 1950 e il 1980. Infine, 9 località mostrano record con data successiva al 1980. Tra le alloctone (Figura 4.8)

sono 4 le località che presentano dei record prima del 1950 e 8 sia quelle con record tra gli anni '50 e '80 sia quelle con record datati dopo il 1980.

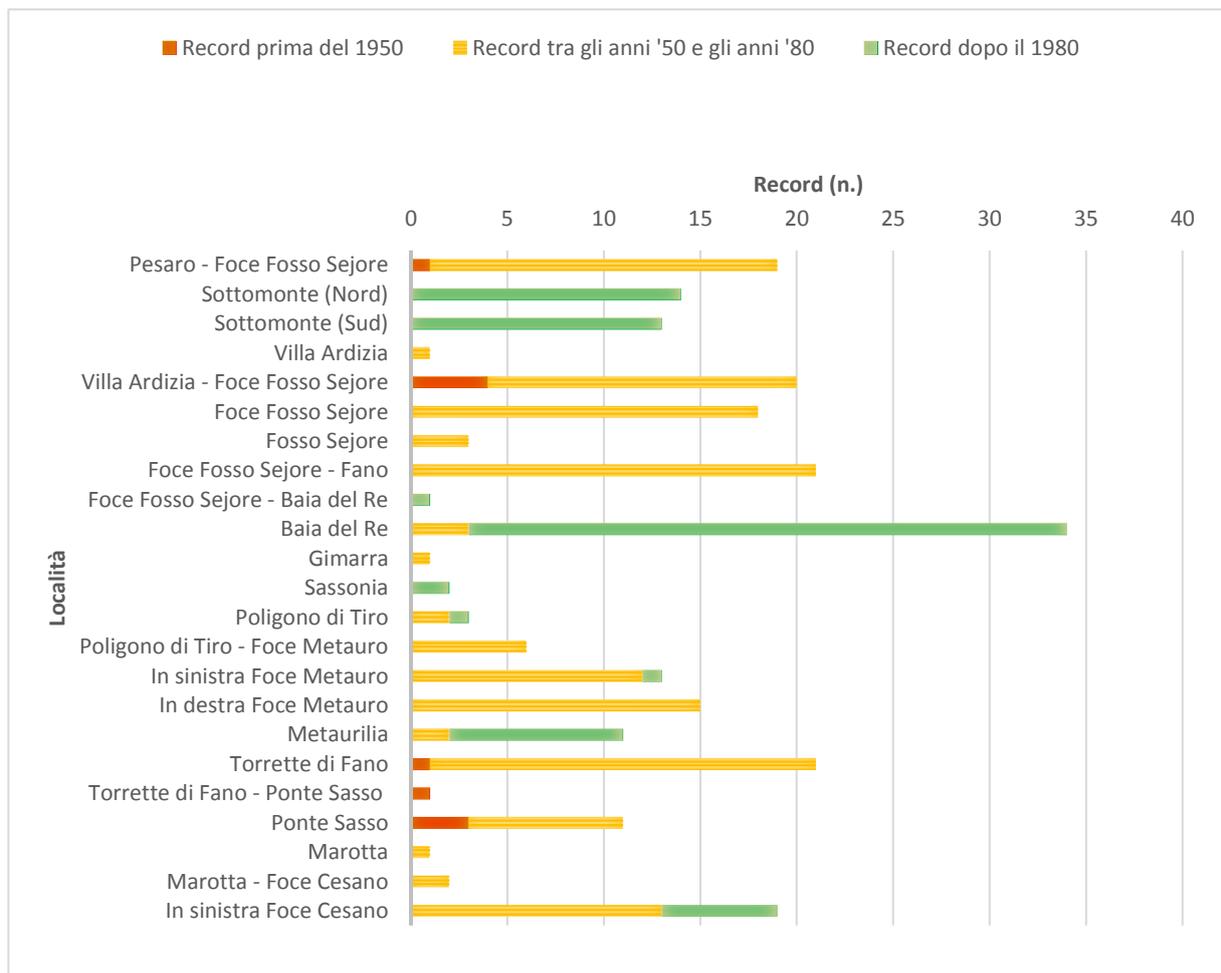


Figura 4.7 – Distribuzione spaziale dei record delle specie autoctone in base a tre archi temporali: record prima del 1950, record tra il 1950 e il 1980, record dopo il 1980. Le località sono ordinate da Nord (in alto) a Sud (in basso).

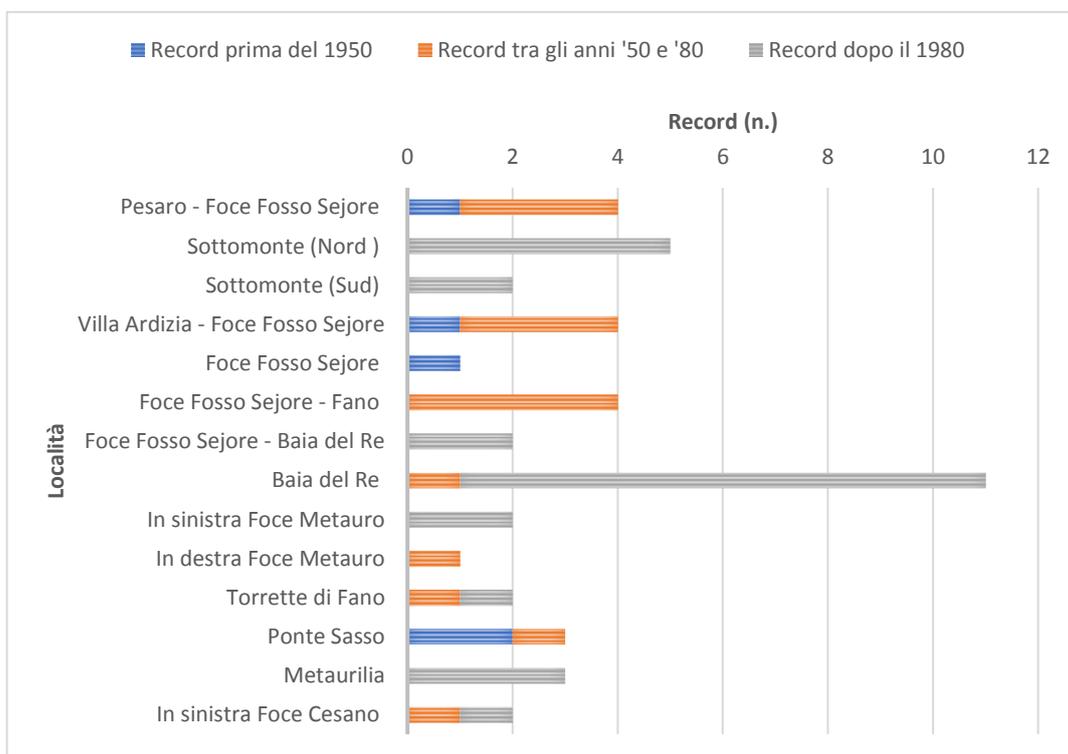


Figura 4.8 – Distribuzione spaziale dei record delle specie alloctone in base a tre archi temporali: record prima del 1950, record tra il 1950 e il 1980 e record dopo il 1980. Le località sono ordinate da Nord (in alto) a Sud (in basso).

I record delle specie autoctone e alloctone con una data antecedente al 1950 (Tabella 4.2) si riferiscono a 6 località (Tabella 4.5, Figure 4.9 e 4.10). Le località con il maggior numero di segnalazioni di specie autoctone prima del 1950 sono Villa Ardizia-Foce Fosso Sejore e Ponte Sasso. Quest'ultima è risultata anche la località con il maggior numero di segnalazioni di specie alloctone.

Località con record di specie antecedenti al 1950	Record Autoctone (n.)	Record Alloctone (n.)
Pesaro – Foce Fosso Sejore	1	1
Villa Ardizia – Foce Fosso Sejore	3	1
Foce Fosso Sejore		1
Torrette di Fano	1	
Torrette di Fano – Ponte Sasso	1	
Ponte Sasso	3	2

Tabella 4.5 – Distribuzione spaziale del numero dei record di specie autoctone e alloctone con una data antecedente al 1950. Le località sono ordinate da Nord (in alto) a Sud (in basso).

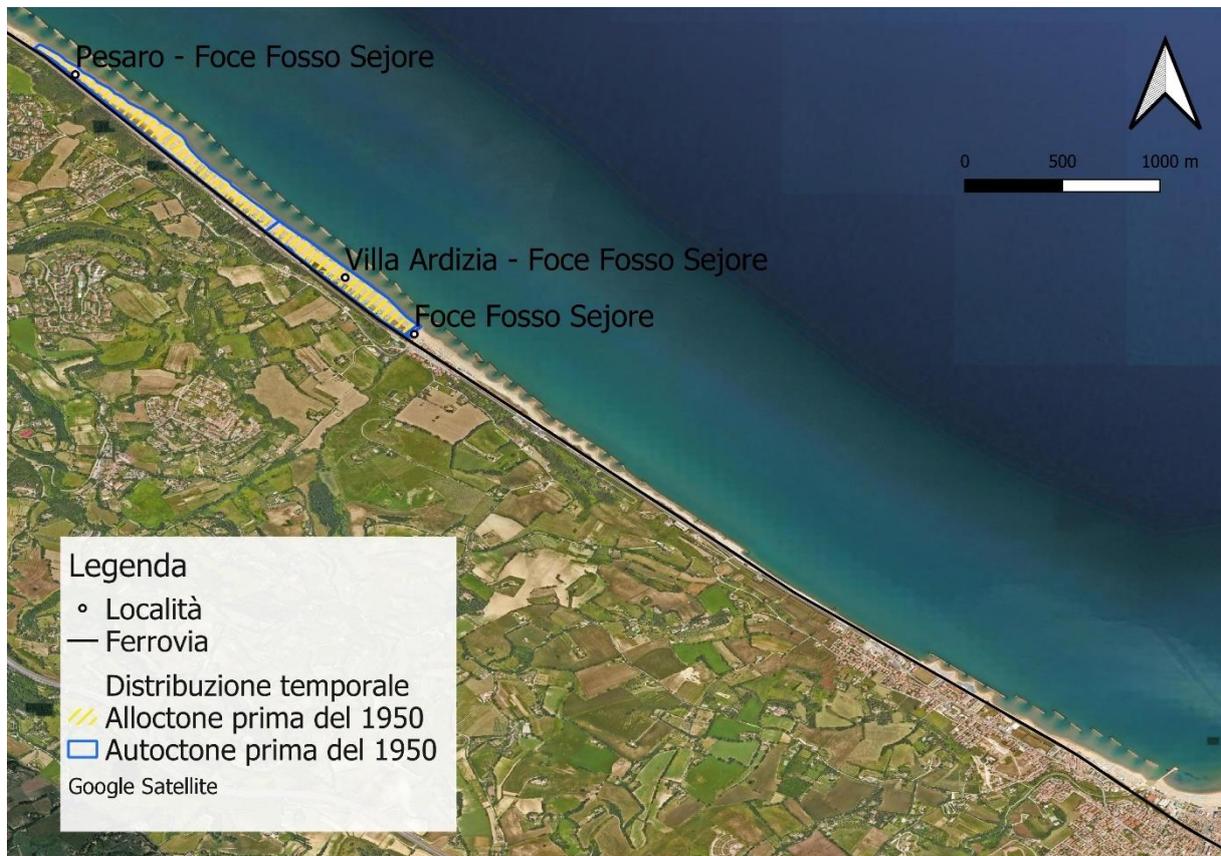


Figura 4.9 – Distribuzione dei record delle specie target autoctone e alloctone datati prima del 1950. Tra le specie autoctone figurano *Cyperus capitatus*, *Echinophora spinosa*, *Euphorbia paralias*, *Glaucium flavum*, *Polygala flavescens* subsp. *pisaurensis*. Quest'ultima, ad oggi estinta, venne segnalata nuovamente solo negli anni '70 (Tabella 4.2). Tra le specie alloctone è *Ambrosia psilostachya*.

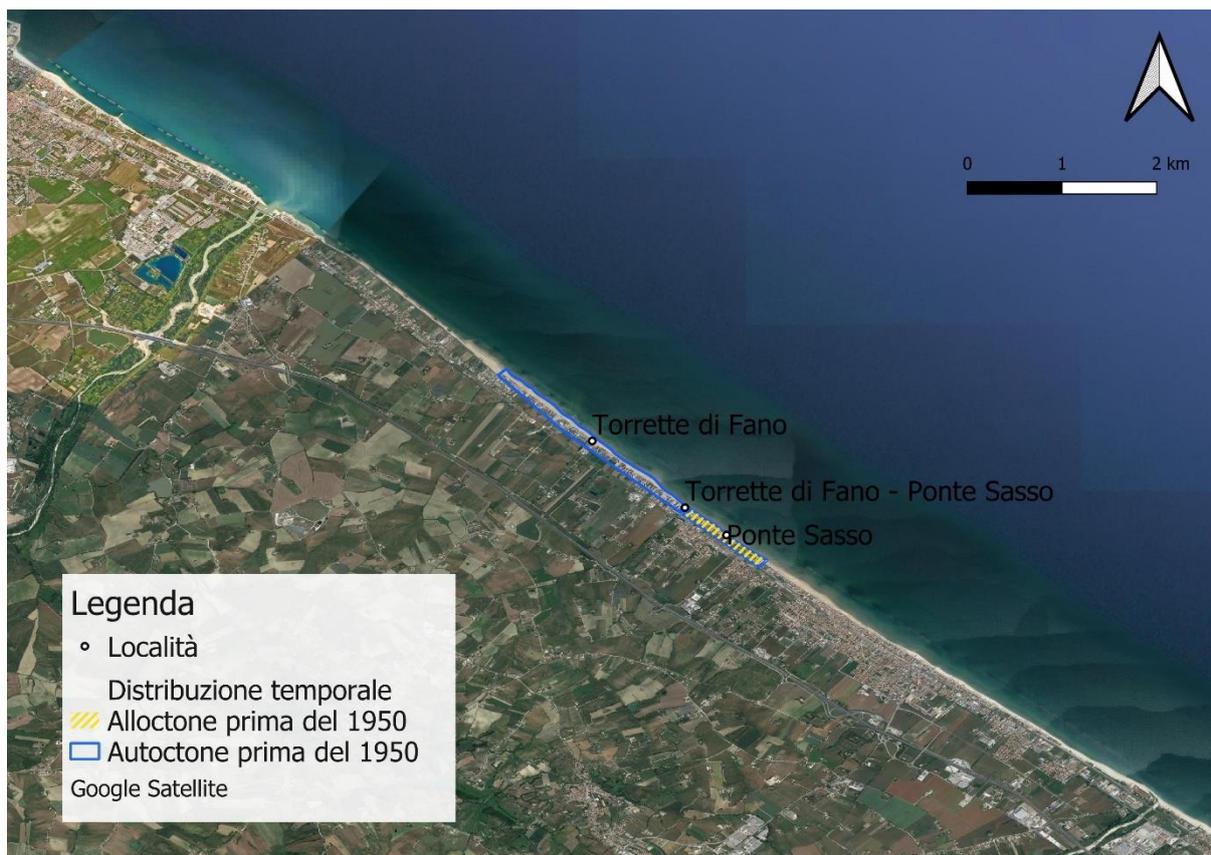


Figura 4.10 - Distribuzione dei record delle specie target autoctone e alloctone datati prima del 1950. Tra le specie autoctone sono presenti *Convolvulus soldanella*, *Catapodium balearicum*, *Juncus acutus*, *Glaucium flavum*. Mentre tra le specie alloctone sono rappresentate *Cenchrus incertus* e *Sporobolus pumilus*.

I record delle specie autoctone e alloctone con una data tra il 1950 e il 1980 (Tabella 4.2) interessano 18 località (Tabella 4.6, Figure 4.11 e 4.12). Si tratta del periodo di maggiore attività di indagine floristica da parte del Prof. Brillì-Cattarini. Le località con il maggior numero di segnalazioni di specie autoctone e alloctone tra il 1950 e il 1980 è Foce Fosso Sejore – Fano.

Località con record di specie tra il 1950 e il 1980	Record Specie Autoctone (n.)	Record Specie Alloctone (n.)
Pesaro – Foce Fosso Sejore	18	3
Villa Ardizia	1	
Villa Ardizia – Foce Fosso Sejore	16	3
Foce Fosso Sejore	18	
Fosso Sejore	3	
Foce Fosso Sejore - Fano	21	4
Baia Del Re	3	1
Gimarra	1	
Poligono di Tiro	2	
Poligono di Tiro –	6	

Foce Metauro		
In sinistra Foce Metauro	12	
In destra Foce Metauro	15	1
Metaurilia	2	
Torrette di Fano	20	1
Ponte Sasso	8	1
Marotta	1	
Marotta – Foce Cesano	2	
In sinistra Foce Cesano	13	1

Tabella 4.6 – Distribuzione spaziale del numero dei record di specie autoctone e alloctone con una data tra il 1950 e il 1980. Le località sono ordinate da Nord (in alto) a Sud (in basso).

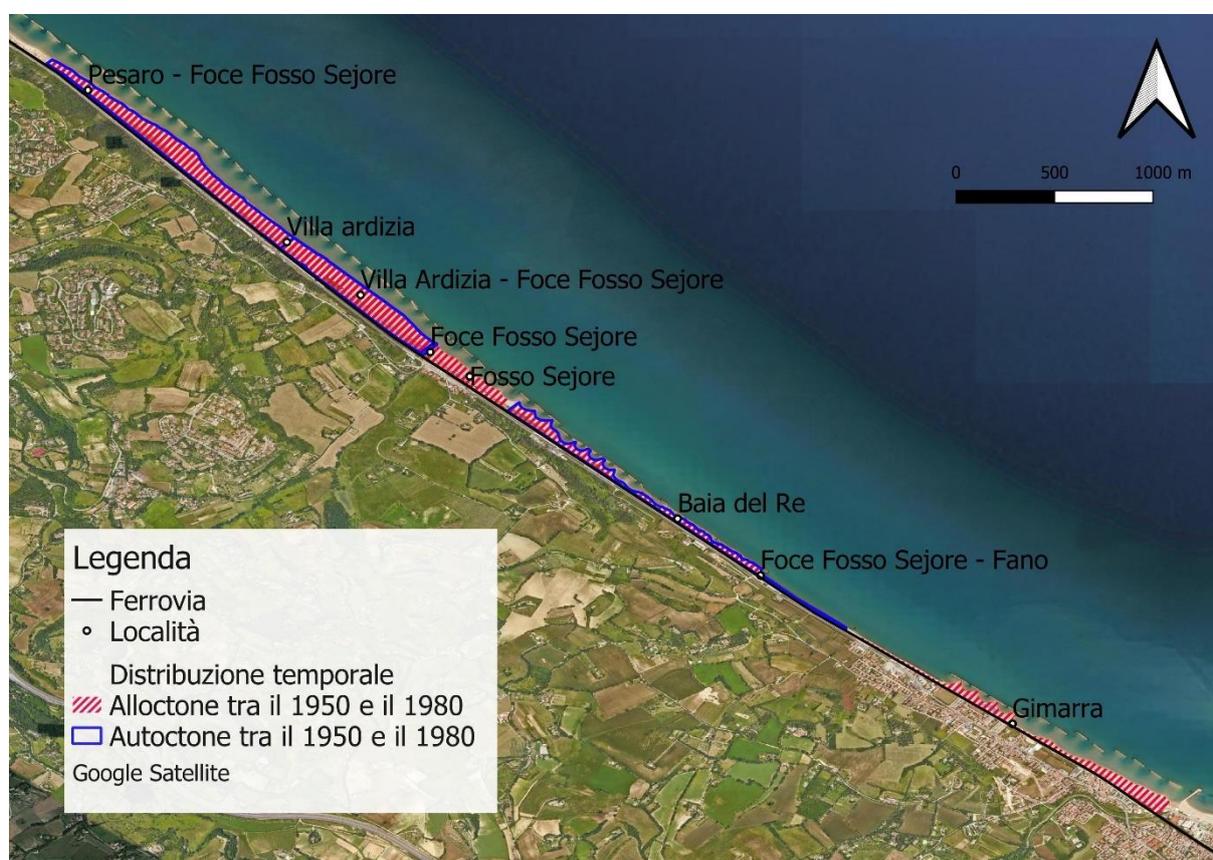


Figura 4.11 – Distribuzione dei record delle specie autoctone e alloctone datati tra il 1950 e il 1980. Tra le specie autoctone figurano *Bassia laniflora*, *Cakile maritima*, *Calamagrostis arenaria* subsp. *arundinacea*, *Catapodium balearicum*, *Centaurea tommasinii*, *Convolvulus soldanella*, *Crithmum maritimum*, *Cyperus capitatus*, *Echinophora spinosa*, *Erodium laciniatum*, *Euphorbia paralias*, *E. peplis*, *Festuca fasciculata*, *Glaucium flavum*, *Halimione portulacoides*, *Hedypnois ragadioloides*, *Lagurus ovatus*, *Limbarda crithmoides*, *Medicago marina*, *Parapholis incurva*, *Phleum arenarium*, *Plantago coronopus*, *Reseda alba*, *Rostraria pubescens*, *Salsola squarrosa*, *Silene colorata* subsp. *canescens*, *Silene conica* subsp. *conica*, *Sida inermis*, *Spergularia bocconei*, *Thinopyrum junceum*, *Tragus racemosus*, *Tribulus terrestris*. Tra le specie alloctone *Ambrosia psilostachya*, *Cenchrus longispinus* e *Oenothera stuehlii*.

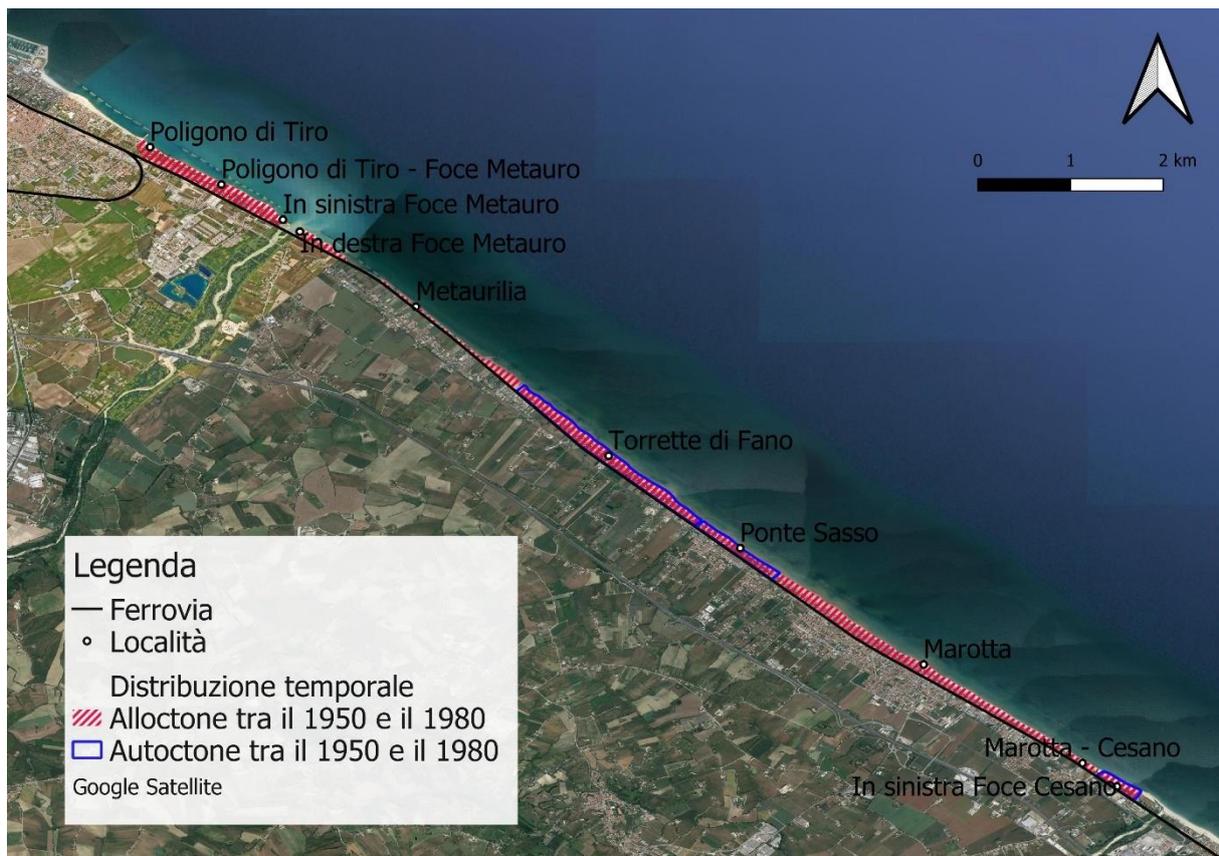


Figura 4.12 – Distribuzione dei record delle specie autoctone e alloctone datati tra il 1950 e il 1980. Tra le specie autoctone vengono rappresentate *Bassia laniflora*, *Calamagrostis arenaria* subsp. *arundinacea*, *Catapodium balearicum*, *Centaurea tommasinii*, *Convolvulus soldanella*, *Cyperus capitatus*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Festuca fasciculata*, *Galatella tripolium*, *Glaucium flavum*, *Hainardia cilindrica*, *Juncus acutus*, *Lagurus ovatus*, *Limonium narbonense*, *Medicago marina*, *Pancratium maritimum*, *Parapholis incurva*, *Phleum arenarium*, *Plantago coronopus*, *Polygala flavescens* subsp. *pisaurensis*, *Rostraria pubescens*, *Salicornia perennans* subsp. *perennans*, *Silene colorata* subsp. *canescens*, *Silene conica* subsp. *conica*, *Soda inermis*, *Spergularia bocconeii*, *Spergularia marina*, *Sporobolus aculeatus*, *Suaeda maritima*, *Thinopyrum junceum*, *Tribulus terrestris*, *Verbascum sinuatum*. Tra le specie alloctone *Ambrosia psilostachya*, *Cenchrus longispinus* e *Xanthium italicum*.

I record delle specie target autoctone e alloctone con una data dopo il 1980 (Tabella 4.2) interessano 10 località (Tabella 4.7, Figure 4.13, 4.14). La località con il maggior numero di record di specie autoctone dopo il 1980 è risultata Baia del Re. Quest'ultima è anche quella che mostra il numero più alto di record di specie target alloctone.

Località con record di specie dopo il 1980	Record Autoctone (n.)	Record Alloctone (n.)
Sottomonte (Nord)	14	5
Sottomonte (Sud)	13	2
Foce Fosso Sejore – Baia del Re	1	2

Baia Del Re	29	10
Sassonia	2	
Poligono di Tiro	1	
In sinistra Foce Metauro	1	2
Metaurilia	9	3
Torrette di Fano	1	
In sinistra Foce Cesano	6	1

Tabella 4.7 – Distribuzione spaziale del numero di segnalazioni di specie autoctone e alloctone successive al 1980. Le località sono ordinate da Nord (in alto) a Sud (in basso)

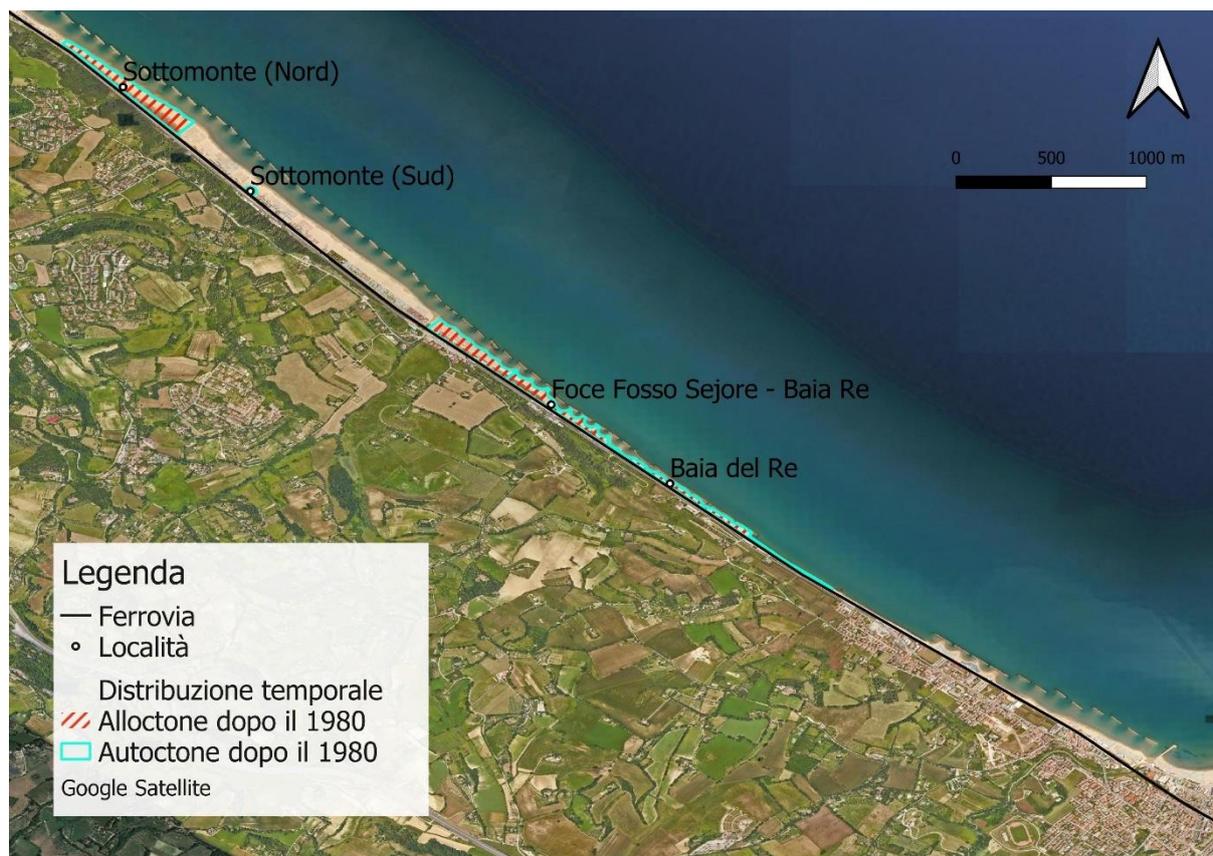


Figura 4.13 – Distribuzione dei record delle specie autoctone e alloctone datati dopo il 1980. Tra le specie autoctone che presentano record dopo il 1980 sono presenti *Cakile maritima*, *Calamagrostis arenaria* subsp. *arundinacea*, *Convolvulus soldanella*, *Crithmum maritimum*, *Cutandia maritima*, *Cyperus capitatus*, *Echinophora spinosa*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, *E. peplis*, *Festuca fasciculata*, *Lagurus ovatus*, *Limbarda crithmoides*, *Medicago littoralis*, *M. marina*, *Pancratium maritimum*, *Plantago coronopus*, *Reseda alba*, *Rostraria pubescens*, *Salsola squarrosa*, *Silene colorata* subsp. *canescens*, *Silene conica* subsp. *conica*, *Soda inermis*, *Spergularia bocconeii*, *Thinopyrum junceum*, *Verbascum sinuatum*. Tra le specie alloctone *Ambrosia psilostachya*, *Carpobrotus acinaformis*, *Cenchrus longispinus*, *Oenothera stuehlii*, *Sporobolus pumilus*, *Xanthium italicum*.

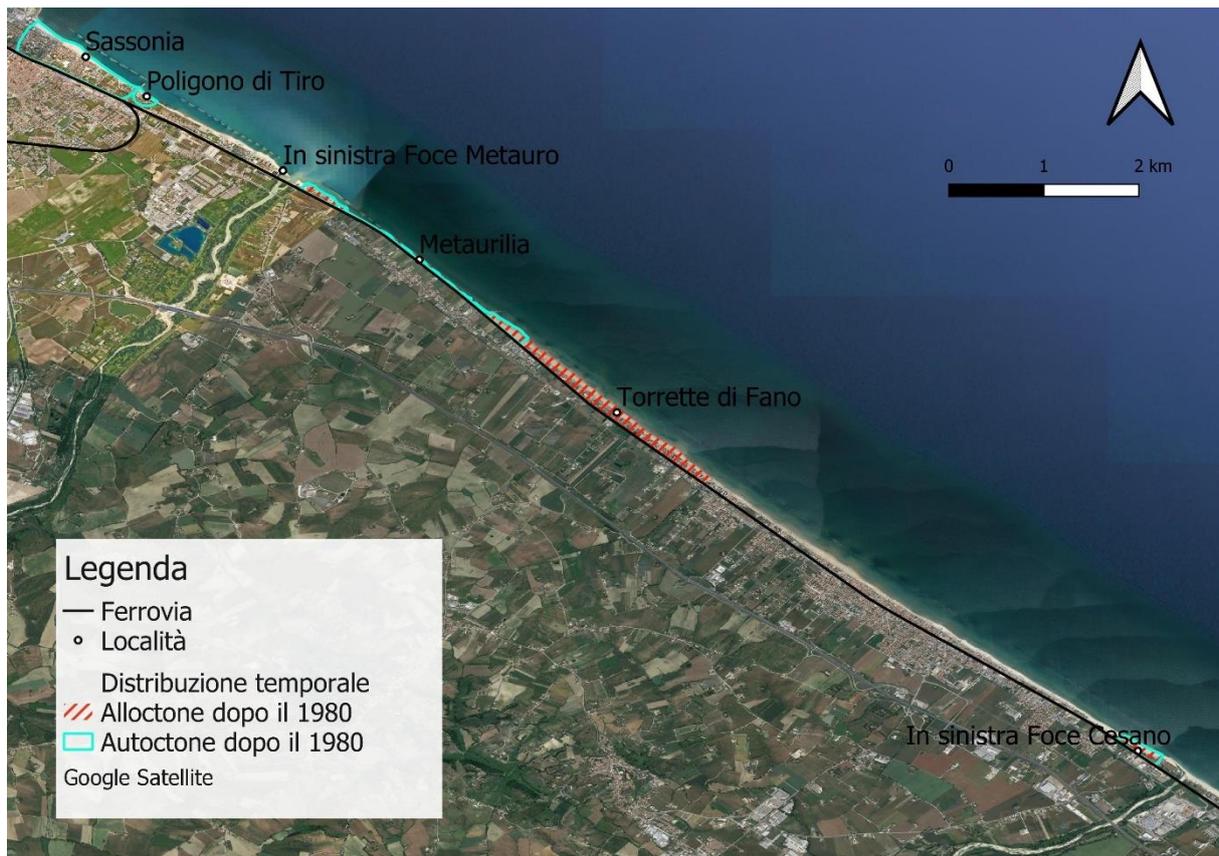


Figura 4.14 - Distribuzione dei record delle specie autoctone e alloctone datati dopo il 1980. Tra le specie autoctone vengono rappresentate *Cakile maritima*, *Centaurea tommassinii*, *Convolvulus soldanella*, *Echinophora spinosa*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Glaucium flavum*, *Lagurus ovatus*, *Limbarda crithmoides*, *Pancratium maritimum*, *Plantago coronopus*, *Spergularia marina*, *Suaeda maritima*, *Tragus racemosus*, *Tribulus terrestris*. Tra le specie alloctone *Ambrosia psilostachya*, *Cenchrus longispinus*, *Oenothera stuchii*, *Xanthium italicum*.

Le località che mostrano la presenza di specie estinte sono 13 (Tabelle 4.8 e 4.9).

Tra le specie estinte tipiche di spiagge marine che mostrano record prima del 1950 (Tabella 4.8, Figura 4.15) è rappresentata *Polygala flavescens* subsp. *pisaurensis*. Tra le specie estinte tipiche di spiagge marine che mostrano record tra il 1950 e il 1980 (Tabella 4.8, Figura 4.15 e 4.16) sono presenti *Bassia laniflora*, *Centaurea tommasinii*, *Erodium laciniatum* subsp. *laciniatum* e *Tragus racemosus*, *Hainardia cilindrica*, *Polygala flavescens* subsp. *pisaurensis*. Tra le specie estinte tipiche di spiagge marine con record dopo il 1980 (Tabella 4.8, Figura 4.16) sono rappresentate *Centaurea tommasinii* (1998) e *Tragus racemosus* (1981).

Località	Specie estinte tipiche di spiagge marine	Record (n.)		
		Prima del 1950	Tra il 1950 e il 1980	Dopo il 1980
Pesaro –	<i>Bassia laniflora</i>		2	

Foce Fosso Sejore	<i>Centaurea tommasinii</i>		1	
Villa Ardizia – Foce Fosso Sejore	<i>Erodium laciniatum</i>		2	
	<i>Polygala flavescens</i> subsp. <i>pisauensis</i>	1		
	<i>Tragus racemosus</i>		1	
Foce Fosso Sejore	<i>Bassia laniflora</i>		1	
	<i>Erodium laciniatum</i>		2	
	<i>Tragus racemosus</i>		1	
Foce Fosso Sejore - Fano	<i>Bassia laniflora</i>		1	
	<i>Centaurea tommasinii</i>		1	
In sinistra Foce Metauro	<i>Hainardia cylindrica</i>		2	
In destra Foce Metauro	<i>Hainardia cylindrica</i>		1	
	<i>Polygala flavescens</i> subsp. <i>pisauensis</i>		1	
Metaurilia	<i>Centaurea tommasinii</i>		1	
Torrette di Fano	<i>Bassia laniflora</i>		2	
Marotta – Foce Cesano	<i>Centaurea tommasinii</i>		1	
In sinistra Foce Cesano	<i>Centaurea tommasinii</i>		1	1
	<i>Hainardia cylindrica</i>		2	
	<i>Tragus racemosus</i>			1

Tabella 4.8 – Numerosità dei record delle segnalazioni delle specie estinte tipiche di spiagge marine e relativa località di rinvenimento; periodo delle segnalazioni prima del 1950, tra il 1950 e il 1980 e dopo il 1980. Le località sono ordinate da Nord (in alto) a Sud (in basso).

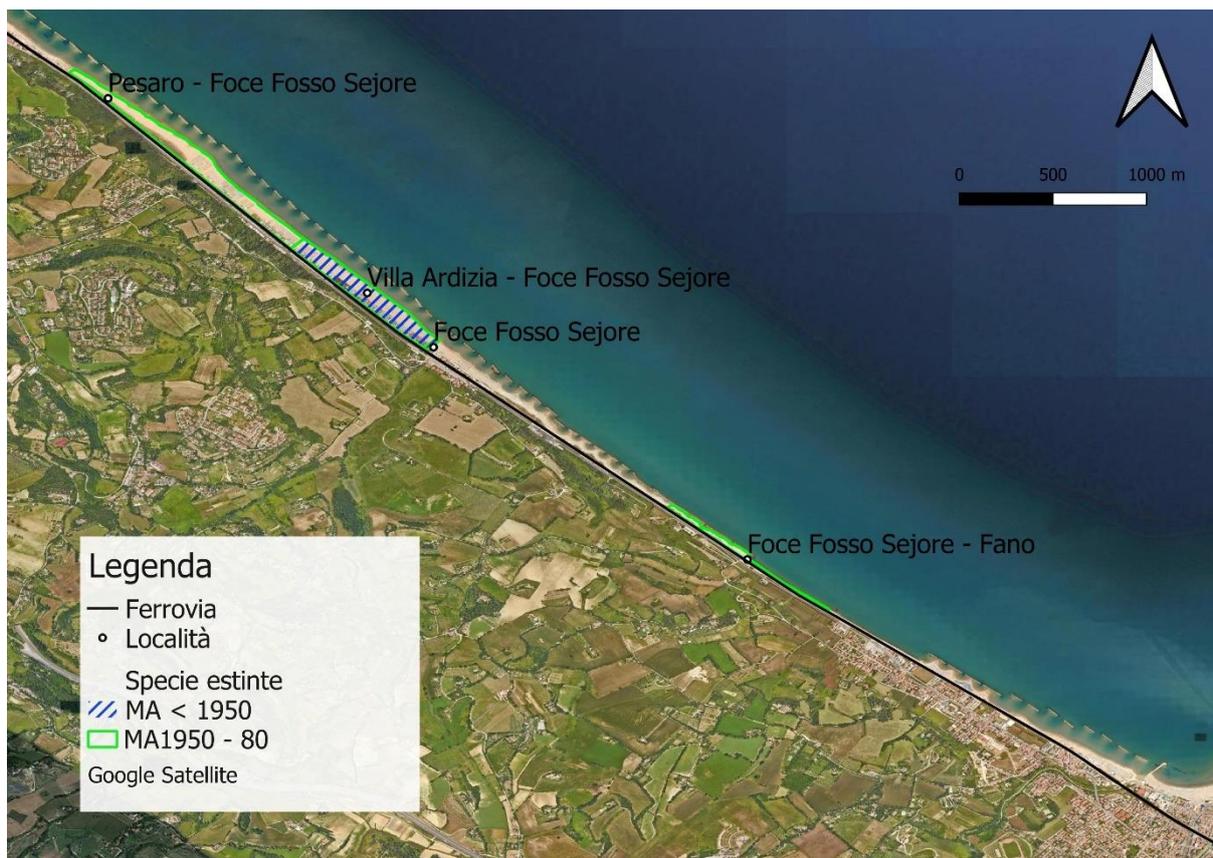


Figura 4.15 – Località delle segnalazioni delle specie attualmente estinte tipiche di spiagge marine (MA) con record prima del 1950 e tra il 1950 e il 1980.

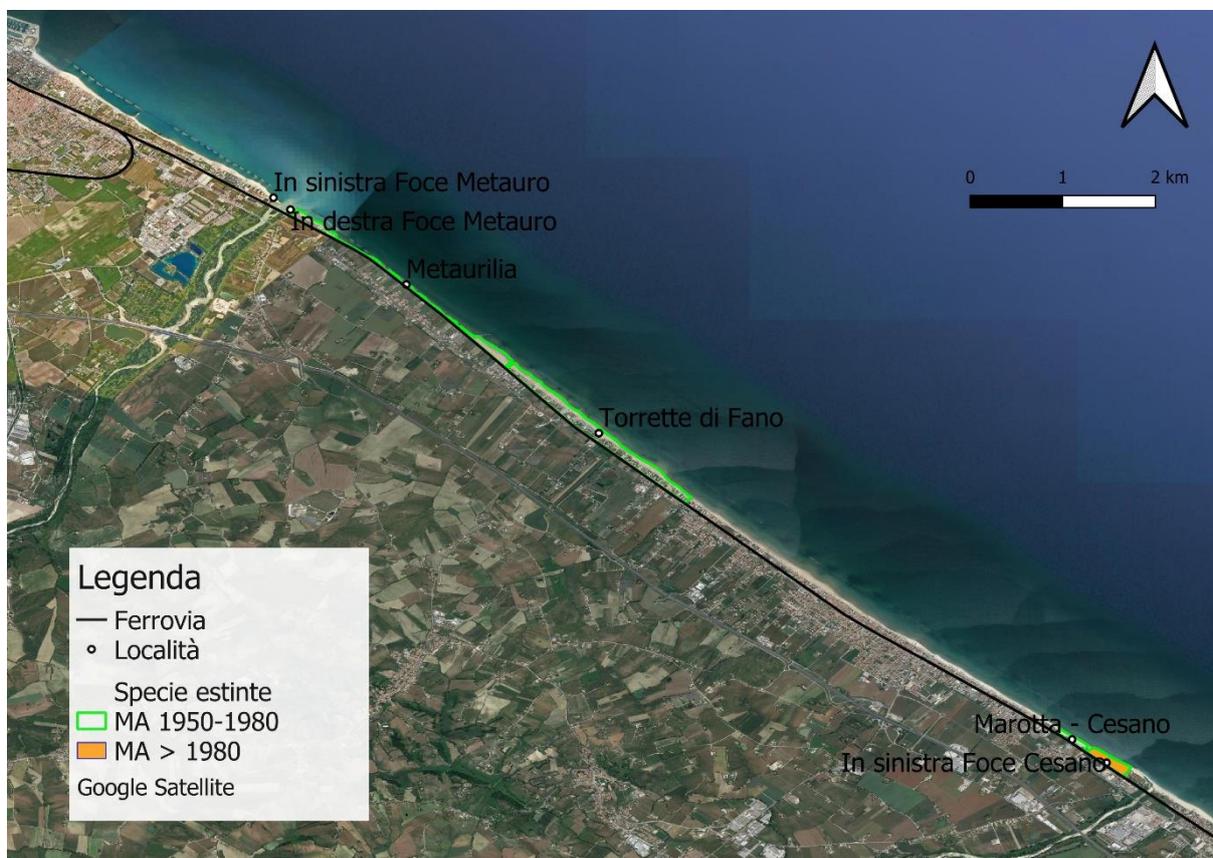


Figura 4.16 – Località delle segnalazioni delle specie attualmente estinte tipiche di spiagge marine (MA) con record tra il 1950 e il 1980 e dopo il 1980

La sola specie estinta tipiche di zone umide che mostra record prima del 1950 (Tabella 4.9, Figura 4.18) è *Juncus acutus*. Tra le specie estinte tipiche di zone umide con record tra il 1950 e il 1980 (Tabella 4.9, Figura 4.17, 4.18) sono presenti *Juncus acutus*, *Halimione portulacoides*, *Galatella tripolium*, *Limonium narbonense*, *Salicornia perennans* subsp. *perennans* e *Sporobolus aculeatus*.

Località	Specie estinte tipiche di zone umide	Record (n.)		
		Prima del 1950	Tra il 1950 e il 1980	Dopo il 1980
Foce Fosso Sejore - Fano	<i>Halimione portulacoides</i>		2	
Poligono di Tiro	<i>Limonium narbonense</i>		1	
	<i>Salicornia perennans</i> subsp. <i>perennans</i>		1	
Poligono di Tiro – Foce Metauro	<i>Sporobolus aculeatus</i>		2	
	<i>Salicornia perennans</i> subsp. <i>perennans</i>		2	
	<i>Limonium narbonense</i>		1	
In sinistra Foce Metauro	<i>Salicornia perennans</i> subsp. <i>perennans</i>		2	
In destra Foce Metauro	<i>Galatella tripolium</i>		1	
	<i>Salicornia perennans</i> subsp. <i>perennans</i>		1	
Ponte Sasso	<i>Juncus acutus</i>	1	2	

Tabella 4.9 – Numerosità dei record delle segnalazioni delle specie estinte tipiche di zone umide e relativa località di rinvenimento; periodo delle segnalazioni prima del 1950, tra il 1950 e il 1980 e dopo il 1980. Le località sono ordinate da Nord (in alto) a Sud (in basso).



Figura 4.17 – Località delle segnalazioni delle specie attualmente estinte tipiche di zone umide (UM) con record tra il 1950 e il 1980.

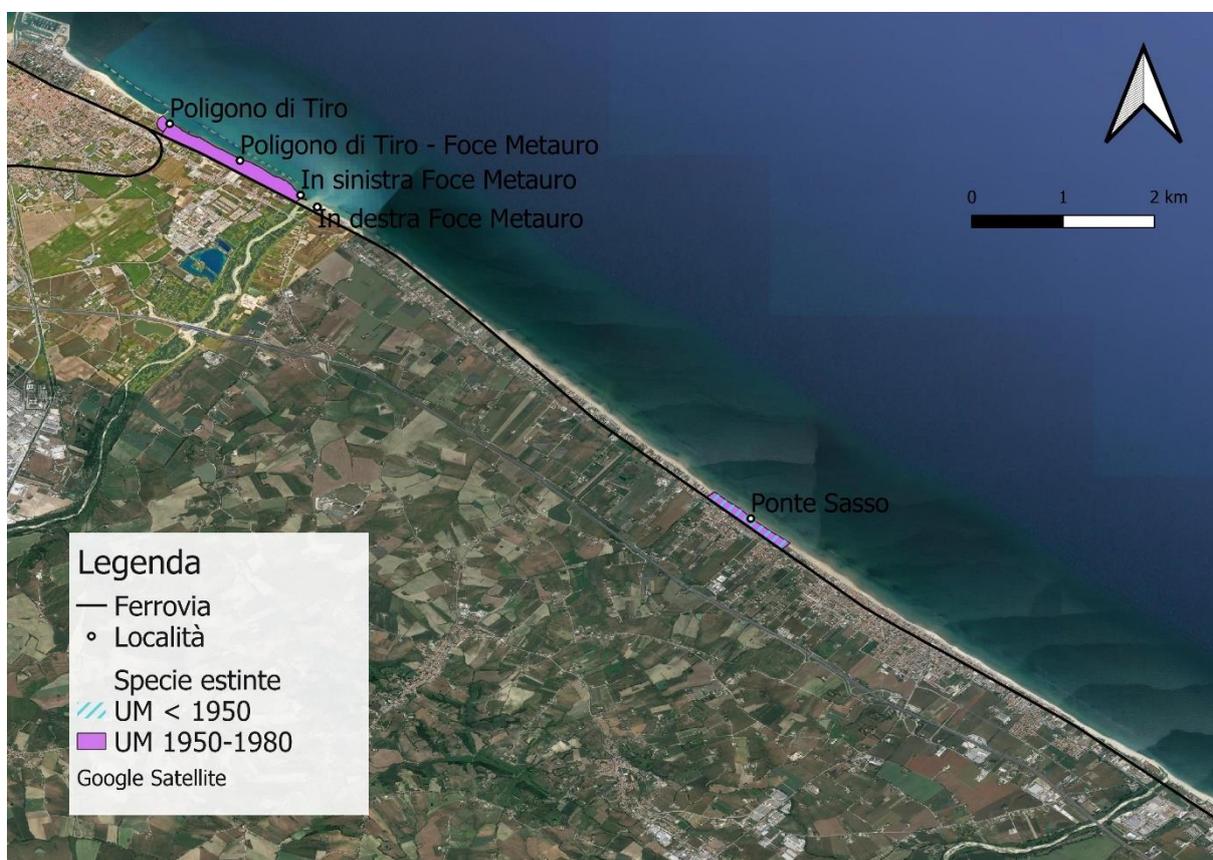


Figura 4.18 – Località delle segnalazioni delle specie attualmente estinte tipiche di zone umide (UM) con record prima del 1950 e tra il 1950 e il 1980

5 DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Questo lavoro di tesi ha analizzato, dopo un'accurata georeferenziazione, i dati sulla flora psammofila (autoctone e alloctona) conservata nell'*Herbarium Brillii-Cattarini De Planta Salis* del litorale della Provincia di Pesaro e Urbino raccolti a partire dagli anni '30 del secolo scorso. L'utilizzo di questo erbario come fonte di dati è stato utile per analizzare la distribuzione spazio-temporale delle specie target negli ultimi 90 anni e per ottenere informazioni significative sulle trasformazioni del litorale. Tuttavia, la mancanza di un metodo standardizzato di raccolta e di un metodo standard per descrivere le località dei record storici di flora è un punto focale quando si considera un erbario come fonte di dati (Antunes *et al.*, 2018; Hedenäs *et al.*, 2002). In primo luogo, perché tale mancanza ha reso necessaria la consultazione di pareri esperti che ha aumentato la soggettività legata alle scelte prese per analizzare questi record (Hedenäs *et al.*, 2002). In secondo luogo, perché questi dati sono legati a diversi bias geografici e temporali (Daru *et al.*, 2018; Delisle *et al.*, 2003) che portano ad una rappresentazione poco accurata della storia della diffusione dei taxa. Si dovrebbe trovare in futuro un metodo standard di lavoro che minimizzi questi bias e che permetta di poter effettuare delle predizioni significative sui cambiamenti della flora di un determinato territorio, non solo in ambito costiero.

I primi campioni d'erbario relativi alla flora autoctona ed alloctona litoranea della Provincia di Pesaro e Urbino risalgono agli anni '30 del 1900 grazie alle raccolte del Prof. Brillii-Cattarini. Questi *exsiccata* sono il frutto delle prime poche e inedite raccolte effettuate da Brillii-Cattarini. Tuttavia, il maggior numero di record di specie target autoctone ed alloctone risale al periodo compreso tra il 1950 e il 1980. Il numero elevato di record in questo trentennio è dovuto sia alla storia delle ricerche floristiche della Provincia di Pesaro e Urbino sia ad una maggiore intensità di campionamento da parte del Prof. Brillii-Cattarini. Dopo la pubblicazione dell'opera "*Flora Marchigiana*" (Paolucci, 1890-91) si riscontra la scarsa presenza, nel territorio, di botanici locali e di conseguenza di lavori floristici o vegetazionali sino agli anni '50. Il decennio del 1950 segna l'inizio dell'attività di raccolta e pubblicazione più consistente del Prof. Brillii-Cattarini, che si è protratta "solo" fino al 1980. Dall'analisi dei dati, emerge infatti che dopo gli anni '80 il numero dei record diminuisce e, ad oggi, non ci sono nuove segnalazioni per questo territorio. Questo può essere spiegato, in parte, perché lo stato di conoscenza della poca flora rimasta è stato già ampiamente documentato da Brillii-Cattarini in quel trentennio. In parte, perché, oltre a Brillii-Cattarini, erano pochissimi i botanici impegnati a studiare la flora non solo del settore litoraneo, ma dell'intero territorio provinciale. Inoltre, bisogna considerare che nuovi lavori floristici vengono pubblicati

solamente sulla base di lavori su singoli territori, su particolari gruppi sistematici o a seguito della scoperta di specie di particolare interesse fitogeografico. La scarsità di botanici nel corso della storia della ricerca floristica di questo territorio ha guidato la georeferenziazione e l'analisi dei dati in modo tale da tenere conto delle consuetudini di esplorazione floristica e di raccolta dei campioni vegetali di un singolo botanico (ossia il Prof. Brillì-Cattarini). Questo significa che i dati riflettono le preferenze del Prof. Brillì-Cattarini sia per quanto riguarda gli anni in cui sono stati raccolti i campioni sia per quanto riguarda i luoghi esplorati per raccogliarli (Daru *et al.*, 2018).

Ignorare tutti questi elementi, ossia la storia delle ricerche floristiche di questa Provincia, la maggiore intensità di campionamento del Prof. Brillì-Cattarini nel trentennio '50-'80 e il fatto che i dati riflettano le preferenze dello stesso botanico avrebbe portato ad un'interpretazione errata dei cambiamenti avvenuti alla flora psammofila nel periodo di tempo considerato (1930 – 2020) (Daru *et al.*, 2018; Hedenäs *et al.*, 2002). Sarebbe stata utile l'integrazione dei dati tra più erbari per ottenere un numero più consistente di record per ogni specie. Tuttavia, l'utilizzo di più erbari può aumentare il numero di bias a cui sono associati. Quindi, oltre a questo, per ulteriori indagini future sarebbe utile che lo sforzo di campionamento risulti costante e sistematico e che venga effettuato da più botanici o ricercatori per evitare che prevalgano le tecniche di raccolta di singoli individui (Daru *et al.*, 2018). Questo permetterebbe di lavorare con un set di dati che consentirebbe una migliore rappresentazione dell'andamento delle specie autoctone e dell'invasione di quelle alloctone.

L'analisi dei dati delle specie target autoctone ha evidenziato che la quasi totalità di tali specie manifesta una presenza costante nell'area di studio dagli anni '30 ad oggi (ad eccezione delle specie estinte), mascherando parzialmente l'effetto delle trasformazioni del territorio sulle specie autoctone nel periodo di tempo esaminato. Fanno eccezione le due specie autoctone *Cutandia maritima* e *Pancratium maritimum*. In particolare, nonostante le ripetute ricerche del Prof. Brillì-Cattarini, *Cutandia maritima* non era stata più segnalata dopo la pubblicazione dell'opera "*Flora Marchigiana*" (Paolucci, 1890-91). Solo di recente, nel 1999, fu ritrovata a Senigallia da E. Biondi (*Herbarium Anconitanum, ANC*). Dopo tale ritrovamento, le osservazioni di tale specie si sono moltiplicate, da Pesaro a San Benedetto del Tronto, in aree precedentemente ben esplorate. Ciò dimostrerebbe che la specie si trova in una fase di rapida espansione (Gubellini com. pers.). Questo spiega perchè *Cutandia maritima* è presente nel set di dati analizzato solamente con record derivanti da osservazioni inedite (2020) (Tabella 4.2). Riguardo a *Pancratium maritimum*, la specie fu segnalata dal Prof. Brillì-Cattarini nell'unica stazione di Ponte Sasso (1979) (stazione storica) (Tabella 4.2). Successivamente non è più

stata segnalata per il litorale marchigiano. Considerando quindi solo i dati pubblicati, avremmo potuto dire che tale specie sia scomparsa dopo gli anni '80. Tuttavia, anche in assenza di segnalazioni, sappiamo (Gubellini com. pers.) che la specie è sempre stata presente lungo la costa fino all'ultima segnalazione. Recentemente è stato osservato un abbondante numero di esemplari in località di Metaurilia (2020) (Figura 4.14). Si può quindi dire che i cambiamenti avvenuti lungo il litorale non abbiano influenzato la presenza di *Pancratium maritimum* e che tale specie potesse essere presente anche in passato presso Metaurilia.

Per le specie target alloctone il maggior numero di record è presente nello stesso arco temporale dei principali cambiamenti per il territorio. E' noto che l'impatto antropico è correlato positivamente con l'ingresso di specie alloctone all'interno delle comunità psammofile (Acosta *et al.*, 2007; Ercole *et al.*, 2007; Sperandii *et al.*, 2019). Tuttavia, l'aumento del numero di specie alloctone tra il 1950 e il 1980 potrebbe essere dovuto all'aumento dell'intensità di campionamento da parte del Prof. Brilli-Cattarini in tale arco temporale. In questo caso, il confronto del numero di record delle specie alloctone nei tre archi temporali (prima del 1950, tra il 1950-1980, dopo il 1980) ha portato ad un aumento apparente della frequenza di queste specie (Hedenäs *et al.*, 2002). Considerando le trasformazioni del litorale questo risulta maggiormente evidente in quanto, dopo gli anni '80, il numero di record diminuisce nonostante che siano continuati a persistere i fenomeni di urbanizzazione, soprattutto quelli legati al turismo costiero.

Confrontando le figure 4.9, 4.11 e 4.13 e 4.10, 4.12 e 4.14 la maggiore intensità di campionamento del Prof. Brilli-Cattarini tra il 1950 e il 1980 non ha effetti solamente sulla distribuzione temporale dei record delle specie autoctone e alloctone, ma anche sulla loro distribuzione spaziale. Infatti, le specie target autoctone e alloctone coprono un maggior numero di località tra il 1950 e il 1980. Si può dire quindi che tale andamento non rappresenta la reale espansione di queste specie.

La vegetazione costiera è attualmente ridotta a pochi lembi di spiaggia. Come già documentato in altre aree costiere (Buffa *et al.*, 2012; Calvão *et al.*, 2013; Šilc *et al.*, 2017; Thompson & Schlacher, 2008; Tzatzanis *et al.*, 2003) anche in questo litorale il principale fenomeno di disturbo che ha portato alla frammentazione dell'ambiente costiero è rappresentato dalle attività antropiche legate al turismo, soprattutto quelle di pulizia meccanica delle spiagge e di regimazione invernale. Infatti, la maggior parte delle osservazioni inedite (2020) sono state effettuate negli ultimi lembi di spiaggia ancora relativamente liberi da costruzioni e stabilimenti balneari (Figure 4.13 e 4.14). In particolare, le due Aree Floristiche "Baia del Re" e "Sottomonte" si presentano come le aree più

conservate dal punto di vista naturalistico. La tutela di queste aree sembra quindi garantire una maggiore biodiversità rispetto agli altri tratti di litorale osservati.

Anche per le specie estinte, vale quando detto sull'intensità dello sforzo di campionamento del Prof. Brilli-Cattarini e sulla mancanza di botanici nel territorio. Tuttavia, è noto anche che l'estinzione e l'impovertimento della flora sono legate alla distruzione degli habitat che la ospitano (Casavecchia *et al.*, 2015). Le 12 specie target estinte non mostrano record dopo il 1980, ad eccezione di *Tragus racemosus* (1981) e *Centaurea tommasinii* (1998). Quest'ultima era presente e diffusa sino agli anni '70 e si è estinta recentemente nell'area di studio (Tabella 4.2). Il risultato della distribuzione spaziale dei record delle specie estinte, in particolare di quelle tipiche di zone umide (Figure 4.17, 4.18), potrebbe essere legato alla scomparsa degli ambienti umidi. Queste zone, infatti, caratterizzavano il retroduna della costa della Provincia di Pesaro e Urbino. Con la costruzione della ferrovia a metà del 1800 la maggior parte di queste zone sono scomparse. Le ultime di queste aree si potevano osservare sino circa gli anni '70 nel tratto a Nord della foce del Metauro (Figura 4.18). Con la progressiva urbanizzazione anche le zone umide di quest'area sono scomparse definitivamente. In questo caso le specie tipiche di zone umide estinte hanno permesso di evidenziare dove un tempo erano presenti questi ambienti retrodunali lungo la costa della Provincia, fornendo così informazioni sulle trasformazioni del litorale. Al contrario, la località "In sinistra Foce Cesano" era un'"area floristica" regionale importante per la presenza di varie specie legate ad ambienti umidi. Questa località, infatti, era caratterizzata sino al 2015 dalla presenza di un piccolo stagno artificiale originato da escavazione di ghiaia e successivamente tombato. La scomparsa di questo habitat, seppure artificiale, ha determinato la scomparsa della flora che ospitava. Per esempio, *Potamogeton perfoliatus* (unica stazione nota per questa specie per le Marche), *Carex extensa*, *Ranunculus sceleratus*, *Samolus verlandi* sono solo alcune delle specie che non si sono più osservate di recente. Pertanto, tra le specie selezionate, in quest'area non sono presenti, attualmente, specie tipiche di zone umide (Figura 4.16).

Sia per le specie autoctone sia per le specie alloctone eliminare o ridurre le fonti di bias è un passaggio fondamentale per poter massimizzare la qualità dell'utilizzo dei dati provenienti da uno o più erbari. Tale utilizzo potrebbe essere funzionale ad un'ampia varietà di ricerche. In particolare, tali dati potrebbero essere funzionali per lo studio di cambiamenti di condizioni ambientali nel lungo periodo di tempo in ambito costiero, anche in relazione ai cambiamenti climatici in corso. Potrebbero essere impiegati per istituire o gestire Aree Floristiche, siti Natura 2000 o altre forme di tutela e verificarne l'effettiva efficienza. Potrebbero essere utilizzati nei piani di Gestione Integrata delle Zone Costiere per monitorare lo stato di qualità

ambientale del litorale. Potrebbero, infine, aiutare a guidare la destinazione d'uso di alcuni tratti di litorale, soprattutto in vista del consistente turismo costiero stagionale con cui la Provincia di Pesaro e Urbino lavora ogni anno. Nonostante sia, in parte, riconosciuto tale valore ai dati d'erbario, esiste oggi una mancanza generale di interesse per le esplorazioni floristiche e per le raccolte di campioni d'erbario. Questo è preoccupante soprattutto perché le lacune presenti nei dati ostacolano la possibilità di studiare in futuro l'andamento delle specie e la comprensione dei processi che hanno portato a tale andamento.

Infine, questo lavoro rappresenta uno dei pochi studi recenti interessato agli aspetti floristici in relazione alle trasformazioni della costa di questo territorio. La percezione che si ha di questo litorale è che sia quasi del tutto privo di valore naturalistico. Tuttavia, i nuclei di vegetazione e flora psammofila che vegetano nei lembi di spiaggia rimasti, rappresentano un'importante testimonianza della coltre vegetale che ricopriva le spiagge del territorio fino ai primi anni del '900. Inoltre, la grande capacità di molte specie di colonizzare questi ambienti potrebbe essere sfruttata per rinaturalizzare le aree strappate all'espansione urbanistica e all'invadenza del turismo.

Sarebbe utile in futuro una maggiore sensibilizzazione e consapevolezza, non solo tra i cittadini, ma anche all'interno dell'amministrazione locale, dei servizi ecosistemici che la costa può offrire. Lo studio e la comprensione di tali servizi permettono di preservare questo ambiente e la sua flora.

BIBLIOGRAFIA

- Acciarri, A., Bisci, C., Cantalamessa, G., Di Pancrazio, G. (2013). La storia del litorale Piceno: il ruolo degli effetti antropici nell'evoluzione della costa. *Geologi Marche*, 51, 7-11
- Acosta, A., Carranza, M. L., Ciaschetti, G., Conti, F., Di Martino, L., D'Orazio, G., Frattaroli, A., Izzi, C. F., Pirone, G., & Stanisci, A. (2007). Specie vegetali esotiche negli ambienti costieri sabbiosi di alcune regioni dell'Italia Centrale. *Webbia*, 62(1), 77–84. <https://doi.org/10.1080/00837792.2007.10670817>
- Acosta, A., Carranza, M. L., & Izzi, C. F. (2009). Are there habitats that contribute best to plant species diversity in coastal dunes? *Biodiversity and Conservation*, 18(4), 1087–1098. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9454-9>
- Acosta A.T.R. & Ercole S. (Eds) (2015). Gli habitat delle coste sabbiose italiane: ecologia e problematiche di conservazione. ISPRA, Serie Rapporti, 215/2015
- Alessandrini, A. (2012). Ricerca floristica, fonti d'informazione ed erbari (Cap. XII pag. 425-440) In: F. Taffetani (a cura di) *Herbaria. Il grande libro degli erbari italiani. Per la ricerca tassonomica, la conoscenza ambientale e la conservazione del patrimonio culturale*. Nardini Editore, Firenze.
- Angeli, M. G., Gasparetto, P., Marabini, F., Menotti, R. M., Merzanis, A., & Pontoni, F. (2005). The evolution of the adriatic coastal zone (Italy) between the Gabicce promontory and the tronto river mouth. *WIT Transactions on the Built Environment*, 78, 179–184.
- Antunes, P. M., & Schamp, B. (2017). Constructing Standard Invasion Curves from Herbarium Data - Toward Increased Predictability of Plant Invasions. *Invasive Plant Science and Management*, 10(4), 293–303. <https://doi.org/10.1017/inp.2017.38>
- Arcangeli, G. (1982-1984). Compendio della Flora Italiana ossia manuale per la determinazione delle piante che trovansi selvatiche od inselvaticate nell'Italia e nelle

Isole adiacenti. Torino, Ermanno Loescher.

Atzeni, P., Ceri, S., Paraboschi, S., & Torlone, R. (2009). Capitolo 9. 1–18

Audisio, P., Giuseppe, M., Pignatti, S., & Solari, M. (2002). Dune e spiagge sabbiose
Ambienti fra terra e mare

Baioni, D., Ballelli, G., Bisiccia, C., Nesci, O., Pappafico, G., Stecchi, F., Tempesta, B.,
Tramontana, M. (2017). Aspetti evolutivi della spiaggia ubicata a sud-est del porto di
Pesaro (Marche settentrionali). *Studi costieri*, 24, 15-20

Ballelli, S., & Pedrotti, F. (2009). Grădina Botanică “ Alexandru Borza ” EXOTIC SPECIES
OF THE MARCHES REGION (CENTRAL ITALY) AND THEIR DISTRIBUTION.
37–47

Bartolucci, F., Peruzzi, L., Galasso, G., Albano, A., Alessandrini, A., Ardenghi, N. M. G.,
Astuti, G., Bacchetta, G., Ballelli, S., Banfi, E., Barberis, G., Bernardo, L., Bouvet, D.,
Bovio, M., Cecchi, L., Di Pietro, R., Domina, G., Fascetti, S., Fenu, G., Conti, F. (2018).
An updated checklist of the vascular flora native to Italy. *Plant Biosystems*, 152(2), 179–
303. <https://doi.org/10.1080/11263504.2017.1419996>

Bertoloni, A. (1833-1854). *Flora Italica, sistens plantas in Italia et in insulis circumstantibus
sponte nascentese*. Voll. 1-10. Masi, Bologna.

Bertoni, D., Biagioni, C., Sarti, G., Ciccarelli, D., & Ruocco, M. (2014). The role of sediment
grain-size, mineralogy, and beach morphology on plant communities of two
Mediterranean coastal dune systems. *Italian Journal of Geosciences*, 133(2), 271–281.
<https://doi.org/10.3301/IJG.2014.09>

Biondi, E., Brugiapaglia, E., Allegrezza, M., Ballelli, S. (1989). La vegetazione del litorale
marchigiano (Adriatico centro-settentrionale). *Coll. Phytosoc.*, XIX: 429-460

Bisiccia, C., Baioni, D., Alesi, P., Fontolan, G., Tramontana, M. (2016). *Studi costieri*, 24,
21-26

- Brignoli, G., & Bodei, A. (1813). Alcuni cenni sulle produzioni naturali del Dipartimento del Metauro. Guerrini, Urbino.
- Buffa, G., Fantinato, E., & Pizzo, L. (2012). Effects of Disturbance on Sandy Coastal Ecosystems of N-Adriatic Coasts (Italy). *Biodiversity Enrichment in a Diverse World*, August. <https://doi.org/10.5772/48473>
- Caldesi, L. (1879). Di una nuova Polygala a fiore giallo. *Nuovo Giornale Botanico Italiano*, 11: 188.
- Calvão, T., Pessoa, M. F., & Lidon, F. C. (2013). Impact of human activities on coastal vegetation - A review. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 25(12), 926–944. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v25i12.16730>
- Caruel, T. (1883-1894). Filippo Parlatore. *Flora Italiana continuata da Teodoro Caruel*. Voll. 6-10. Le Monnier, Firenze
- Casavecchia, S. (2015). (a cura di) Censimento e monitoraggio degli habitat 1210 , 2110 e 2120. Relazione conclusiva. Ancona.
- Celesti-Grapow, L., Alessandrini, A., Arrigoni, P. V., Banfi, E., Bernardo, L., Bovio, M., Brundu, G., Cagiotti, M. R., Camarda, I., Carli, E., Conti, F., Fascetti, S., Galasso, G., Gubellini, L., la Valva, V., Lucchese, F., Marchiori, S., Mazzola, P., Peccenini, S., ... Blasi, C. (2009). Inventory of the non-native flora of Italy. In *Plant Biosystems* (Vol. 143, Issue 2). <https://doi.org/10.1080/11263500902722824>
- Celesti-Grapow, L., Pretto, F., Carli, E., Accogli, R., Albano, A., Alessandrini, A., Arrigoni, P. V., Assini, S., Banfi, E., Barni, E., Bernardo, L., Blasi, C., Bodesmo, M., Boracchia, M., Bovio, M., Bracchi, G., & Bracco, F. (2010). *Flora vascolare alloctona e invasiva delle regioni d'Italia*. Casa Editrice Università La Sapienza, 208.
- Coltorti, M. (1997). Human impact in the Holocene fluvial and coastal evolution of the Marche region, Central Italy. *Catena*, 30(4), 311–335. <https://doi.org/10.1016/S0341->

- Crawford, P. H. C., & Hoagland, B. W. (2009). Can herbarium records be used to map alien species invasion and native species expansion over the past 100 years? *Journal of Biogeography*, 36(4), 651–661. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2008.02043.x>
- Curzi, P.V., Tonnarelli, D., Frontini, N., Polonara, L. (1991) – I litorali marchigiani. In: Regione Marche, Assessorato urbanistica Ambiente. L'ambiente fisico delle Marche. Geologia, Geomorfologia, Idrogeologia. Officine Grafiche Tecnoprint, Bologna.
- Daru, B. H., Park, D. S., Primack, R. B., Willis, C. G., Barrington, D. S., Whitfeld, T. J. S., Seidler, T. G., Sweeney, P. W., Foster, D. R., Ellison, A. M., & Davis, C. C. (2018). *Widespread sampling biases in herbaria revealed from large-scale digitization. 2016*, 939–955. <https://doi.org/10.1111/nph.14855>
- Delisle, F., Lavoie, C., Jean, M., & Lachance, D. (2003). Reconstructing the spread of invasive plants: Taking into account biases associated with herbarium specimens. *Journal of Biogeography*, 30(7), 1033–1042. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2003.00897.x>
- Del Vecchio, S. , Carboni, M. , Izzi, C.F. , Acosta, A. (2006). Analisi delle strategie adattative della vegetazione costiera psammofila del Lazio Settentrionale. In *Ecology* (Issue January)
- D'Onofrio, R., Camaioni, C., Sargolini, M. (2017). Tutela e pianificazione delle aree costiere: alcuni casi del Medio Adriatico. *Studi costieri*, 24: 27 – 34
- Drius, M., Jones, L., Marzialetti, F., de Francesco, M. C., Stanisci, A., & Carranza, M. L. (2019). Not just a sandy beach. The multi-service value of Mediterranean coastal dunes. *Science of the Total Environment*, 668, 1139–1155. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.364>
- Du, J., & Hesp, P. A. (2020). Salt Spray Distribution and Its Impact on Vegetation Zonation on Coastal Dunes: a Review. *Estuaries and Coasts*, 43(8), 1885–1907.

<https://doi.org/10.1007/s12237-020-00820-2>

- Ercole, S., Acosta, A., & Blasi, C. (2007). Stato delle conoscenze e alterazioni indotte dal disturbo sulle fitocenosi delle coste sabbiose laziali. *Fitosociologia*, 44(1), 105–110
- Fenu, G., Carboni, M., Acosta, A. T. R., & Bacchetta, G. (2013). Environmental Factors Influencing Coastal Vegetation Pattern: New Insights from the Mediterranean Basin. *Folia Geobotanica*, 48(4), 493–508. <https://doi.org/10.1007/s12224-012-9141-1>
- Fiori, A. (1923-1929). *Nuova flora analitica d'Italia*. Voll. 1-2. Tipografia Editrice M. Ricci, Firenze.
- Galasso, G., Conti, F., Peruzzi, L., Ardenghi, N. M. G., Banfi, E., Celesti-Grapow, L., Albano, A., Alessandrini, A., Bacchetta, G., Ballelli, S., Bandini Mazzanti, M., Barberis, G., Bernardo, L., Blasi, C., Bouvet, D., Bovio, M., Cecchi, L., Del Guacchio, E., Domina, G., Bartolucci, F. (2018). An updated checklist of the vascular flora alien to Italy. *Plant Biosystems*, 152(3), 556–592
- Geri, F., La Porta, N., Zottele, F., & Ciolli, M. (2016). Mapping historical data: Recovering a forgotten floristic and vegetation database for biodiversity monitoring. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 5(7). <https://doi.org/10.3390/ijgi5070100>
- Gubellini, L. (2000). Aspetti floristici della Provincia di Pesaro e Urbino. In: Furlani M. (a cura di): *Il paesaggio delle Marche – passato remoto e presente: Liceo Scientifico “G. Torelli”, Pergola*. Metauro Edizioni s.n.c., Fossombrone.
- Gubellini, L. (2004). *Il Centro Ricerche Floristiche delle Marche*. Assessorato Beni e Attività Ambientali Provincia di Pesaro e Urbino, Pesaro.
- Gubellini, L., Hofmann, N., & Pinzi, M. (2014). Contributo alla conoscenza della flora vascolare delle Marche e di alcune regioni limitrofe. *Informatore Botanico Italiano*, 46(1), 17–26.
- Guzzi, U., (1998) - L'arretramento delle spiagge (pagg. 13-16). In: TOSI E.: *La situazione*

ambientale del Comune di Fano. Ed. Ass. Naturalistica Argonauta, Fano

- Holmgren, P.K., Holmgren, N.H., Barnett, L.C. (1990). Index Herbariorum. Part I, The herbaria of the world. 8th ed. New York: New York Botanical Garden for the International Association for Plant Taxonomy. Regnum vegetabile. 120.
- Hedenäs, L., Bisang, I., Tehler, A., Hamnede, M., Jaederfelt, K., & Odelvik, G. (2002). A herbarium-based method for estimates of temporal frequency changes: Mosses in Sweden. *Biological Conservation*, 105(3), 321–331. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(01\)00212-9](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(01)00212-9)
- Lane, C., Wright, S. J., Roncal, J., & Maschinski, J. (2008). Characterizing environmental gradients and their influence on vegetation zonation in a subtropical coastal sand dune system. *Journal of Coastal Research*, 24(4 SUPPL.), 213–224. <https://doi.org/10.2112/07-0853.1>
- La Perna, M. (1998) - L'assetto urbanistico della costa. In: TOSI E. (a cura di) - La situazione ambientale del Comune di Fano. Ed. Associazione Naturalistica Argonauta, Fano
- Lucchese, F., Iocchi, M., & Paglia, S. (n.d.). 2 - Cartografia Floristica Regionale: E Archiviazione Dei Dati. 49–62.
- MacDougall, A. S., Loo, J. A., Clayden, S. R., Goltz, J. G., & Hinds, H. R. (1998). Defining conservation priorities for plant taxa in southeastern New Brunswick, Canada using herbarium records. *Biological Conservation*, 86(3), 325–338. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(98\)00031-7](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(98)00031-7)
- Malavasi, M., Santoro, R., Cutini, M., Acosta, A. T. R., & Carranza, M. L. (2016). The impact of human pressure on landscape patterns and plant species richness in Mediterranean coastal dunes. *Plant Biosystems*, 150(1), 73–82. <https://doi.org/10.1080/11263504.2014.913730>
- Moggi, G. (2012). Definizione e significato dell'erbario (Cap. II, 33-48). In: F. Taffetani (a cura di) *Herbaria. Il grande libro degli erbari italiani. Per la ricerca tassonomica*, la

conoscenza ambientale e la conservazione del patrimonio culturale. Nardini Editore, Firenze

Paolucci, L. (1890-91). Flora Marchigiana. Tipo-Li. Federici, Pesaro.

Parlatore, F. (1848-1872). Flora italiana, ossia descrizione delle piante che crescono spontanee o vegetano come tali in Italia e nelle isole ad essa adiacenti, disposta il secondo il metodo naturale. Voll. 1-5. Le Monnier, Firenze.

Pencarelli, T., & Carlo, U. (2007). REPORT OSSERVATORIO REGIONALE PROVINCIA DI PESARO E URBINO 2007

Perazza, G. (1998). Proposte per la Cartografia delle Orchidee Italiane. Giros Notizie, 8, 1-18

Perazza, G., Decarli Perazza, M. (2005). Cartografia orchidee Tridentine (COT): mappatura delle orchidee spontanee in provincia di Trento (Italia settentrionale), aggiornamento generale. Ann. Mus. civ. Rovereto Sez.: Arch., St., Sc. nat., 20, 153-339

Poggiani, L., Dionisi, V., Gubellini, L. (2004). Ambiente, Flora e Fauna del litorale di Fano. Arti Grafiche Stibu, Urbania.

Raunkiaer, C.C. (1934). The Life Forms of The Plants and Statistical Plant GEography. Oxford University Press, Oxford.

Regione Marche (2005). Studi, indagini e modelli matematici finalizzati alla redazione del Piano di difesa della costa.

Regione Marche (2013). Intervento di difesa della costa. Località Lido delle Nazioni. Comune di Porto Recanati (MC). Relazione tecnica e illustrativa.

Regione Marche (2019). Piano di Gestione Integrata delle Zone Costiere (Piano GIZC).

Rodríguez-Revelo, N., Espejel, I., García, C. A., Ojeda-Revah, L., & Vázquez, M. A. S.

- (2018). Environmental services of beaches and coastal sand dunes as a tool for their conservation. *Coastal Research Library*, 24, 75–100. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58304-4_5
- Romano, B., & Zullo, F. (2014). The urban transformation of Italy's Adriatic coastal strip: Fifty years of unsustainability. *Land Use Policy*, 38, 26–36. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.10.001>
- Ruocco, M., Bertoni, D., Sarti, G., & Ciccarelli, D. (2014). Mediterranean coastal dune systems: Which abiotic factors have the most influence on plant communities? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 149, 213–222. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2014.08.019>
- Šilc, U., Čaković, D., Kuzmič, F., & Stešević, D. (2017). Trampling impact on vegetation of embryonic and stabilised sand dunes in Montenegro. *Journal of Coastal Conservation*, 21(1), 15–21. <https://doi.org/10.1007/s11852-016-0468-2>
- Sperandii, M. G., Bazzichetto, M., Acosta, A. T. R., Barták, V., & Malavasi, M. (2019). Multiple drivers of plant diversity in coastal dunes: A Mediterranean experience. *Science of the Total Environment*, 652, 1435–1444. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.299>
- Stanisci, A., Acosta, A., Carranza, M. L., Feola, S., & Giuliano, M. (2007). Gli habitat di interesse comunitario sul litorale molisano e il loro valore naturalistico su base floristica. *Fitosociologia*, 44(2 SUPPL. 1), 171–175.
- Thompson, L. M. C., & Schlacher, T. A. (2008). Physical damage to coastal dunes and ecological impacts caused by vehicle tracks associated with beach camping on sandy shores: A case study from Fraser Island, Australia. *Journal of Coastal Conservation*, 12(2), 67–82. <https://doi.org/10.1007/s11852-008-0032-9>
- Tutin, T.G., Heywood, V. H., Burgers, N.A., Moore, D.M., Valentine, D.H., Walters, S.M., & Webb, D.A. (eds) (1964-1980). *Flora Europaea*. Voll. 1-5. Cambridge University Press, Cambridge.

- Tzatzanis, M., Wrbka, T., & Sauberer, N. (2003). Landscape and vegetation responses to human impact in sandy coasts of Western Crete, Greece. *Journal for Nature Conservation*, 11(3), 187–195. <https://doi.org/10.1078/1617-1381-00047>
- Van Der Maarel, E. (2003). Some remarks on the functions of European coastal ecosystems. *Phytocoenologia*, 33(2–3), 187–202. <https://doi.org/10.1127/0340-269X/2003/0033-0187>
- Viegi, L., Vangelisti, R., D'Eugenio, M. L., & Izzo, A. M. (2003). Contributo alla conoscenza della flora esotica d'italia: Le specie presenti in umbria. *Atti Della Societa Toscana Di Scienze Naturali, Memorie Serie B*, 110, 163–188.
- Zangheri, P. (1976). *Flora Italica*. Voll. 1-2. CEDAM, Padova.

SITOGRAFIA

Acta Plantarum, 2007 in avanti - Progetto open source finalizzato allo studio della Flora spontanea d'Italia. Disponibile on line <https://www.actaplantarum.org/> [Consultato: 15.10.2020]

Banca dati "la Valle del Metauro - aspetti naturali e antropici del bacino del Metauro", <https://www.lavalledelmetauro.it>. Ed. Associazione Naturalistica Argonauta e Comune di Fano, Fano (PU) [Consultato: 26.02.2021]

Comune di Fano. <https://www.comune.fano.pu.it/open-data/open-data-territoriali/cartografia> [Consultato: 17.01.2021]

Geoportale nazionale. Servizio di Consultazione WMS
<http://www.pcn.minambiente.it/mattm/servizio-wms/> [Consultato: 20.02.2021]

“Portale della Flora d’Italia/ Portal to the Flora of Italy. Disponibile a/Available at <http://dryades.units.it/floritaly> [Consultato: 10.10.2020]”

Regione Marche. Paesaggio, Territorio, Urbanistica e Genio Civile.
<https://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Paesaggio-Territorio-Urbanistica-Genio-Civile/Cartografia-e-informazioni-territoriali/OpenData> [Consultato: 12.01.2021]

Regione Marche. Infrastruttura verde.
<http://www.ambiente.marche.it/Ambiente/Natura/Infrastrutturaverde/Areefloristiche/Cartografia.aspx> [Consultato: 15.02.2021]

RINGRAZIAMENTI

I miei ringraziamenti vanno a tutte le persone che mi hanno aiutato nella preparazione e nello svolgimento di questo lavoro di tesi. In particolare, vorrei ringraziare la mia relatrice Prof.ssa Giovanna Pezzi e il mio correlatore interno Prof. Alessandro Buscaroli per avermi seguita, nonostante le difficoltà legate alla situazione di pandemia.

Vorrei fare un ringraziamento al correlatore esterno Dott. Leonardo Gubellini che mi ha accompagnata nel lavoro con pazienza e costanza, offrendo sempre un punto di vista personale e un aiuto prezioso. Vorrei ringraziare inoltre: tutto il personale del Centro Ricerche Floristiche delle Marche che, nei mesi in cui mi ha ospitato, si è dimostrato gentile e disponibile nei miei confronti. Nicole Hofmann, per la sua generosità e precisione. Simone Ridolfi, per gli utili consigli sulla cartografia. Luciano Poggiani, per la condivisione di informazioni storiche di grande valore. Pia Miccoli, dell'Ufficio di Pianificazione Territoriale del Comune di Fano, per la collaborazione.

Un ringraziamento a parte va ad Alessandra e Roberta poichè grazie alla loro amicizia questo percorso a Ravenna è stato speciale. Non avrei voluto viverlo diversamente.

Inoltre, vorrei ringraziare anche Laura e Camilla che mi hanno sempre sostenuta in questo anno della mia vita particolarmente duro e pieno di cambiamenti.

Ringrazio i miei punti cardinali: i miei nonni, tutti.

Ringrazio mio fratello, Matteo, per essere la mia guida semplicemente essendo se stesso.

Voglio ringraziare i miei genitori che hanno saputo trasmettermi cosa significa lavorare duramente, ma con gentilezza e pazienza.

Infine, ringrazio me stessa, non tanto per aver svolto questa tesi. Era il mio dovere. Ringrazio me stessa per averlo fatto nonostante tutto.