



GUARDIANI DELLA COSTA

REPORT DEL QUARTO ANNO DELL'ATTIVITÀ DI *CITIZEN SCIENCE*

A cura di ENEA



Sommario

Statistiche generali.....	2
La valutazione della qualità dei dati.....	3
L'elaborazione dei dati	5
I risultati dell'attività di rilevamento di vegetazione e dune costiere	5
I risultati dell'attività di beachcombing	14
I risultati dell'attività di monitoraggio delle micro e mesoplastiche	21
Considerazioni finali e suggerimenti.....	26

Statistiche generali

La quarta edizione di Guardiani della Costa (A.S. 2022-2023) ha visto la partecipazione attiva di 3.223* studenti e 322* docenti, organizzati in 104 squadre di Guardiani che hanno rilevato 101 tratti di spiaggia ricadenti in tutte le regioni costiere italiane. Considerato che ogni tratto di spiaggia oggetto di rilevamento ha una lunghezza di 80-100 metri, nel complesso sono stati rilevati circa 10.000 metri di spiagge.

In seguito alle attività di valutazione della qualità dei dati (descritte nel paragrafo successivo), sono stati approvati per le elaborazioni 92 tratti di spiaggia (Figura 1) rilevati da 95 squadre. In totale, i punti di rilevamento in spiaggia approvati per le elaborazioni dei dati sono 1.925.

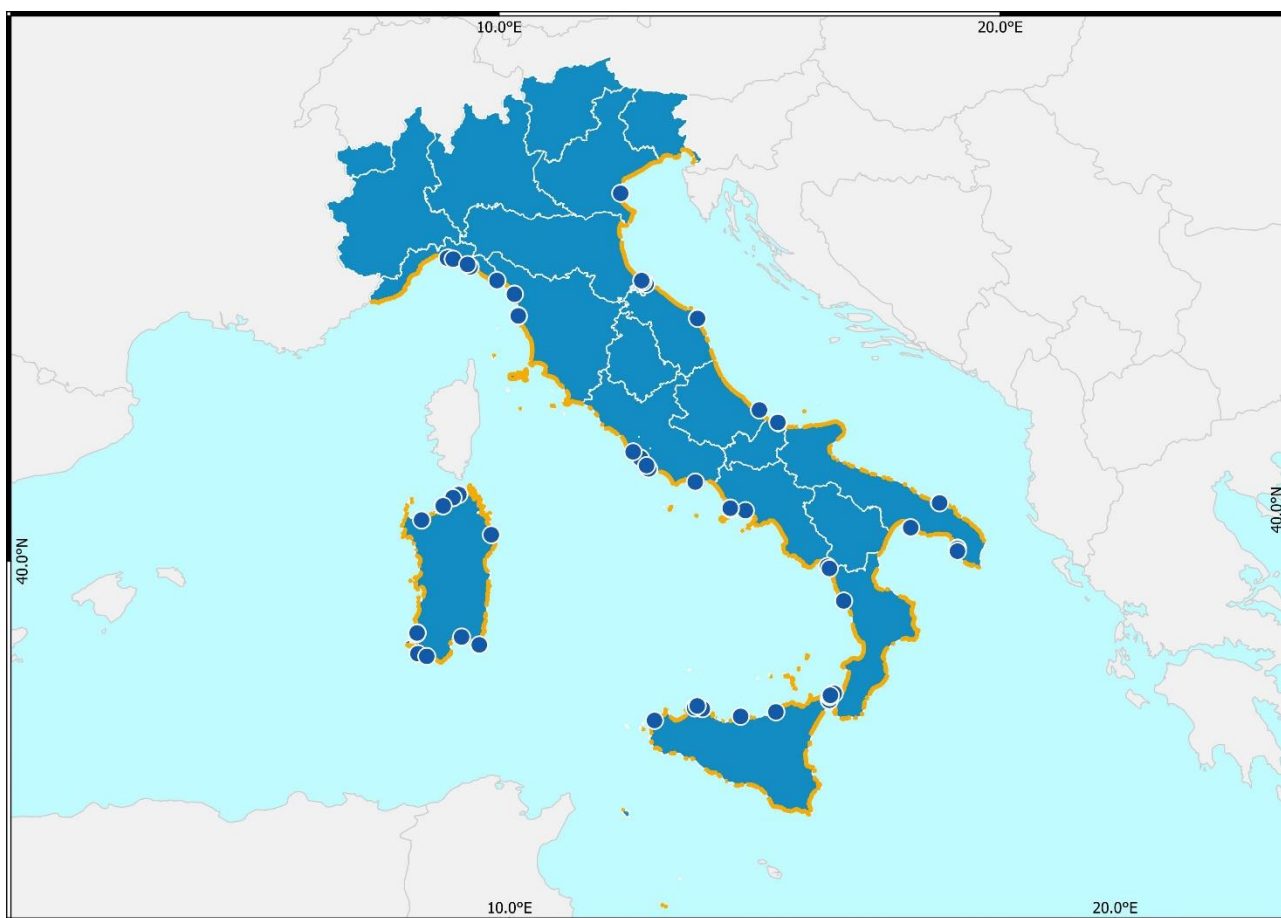


Figura 1. Distribuzione dei tratti di spiaggia rilevati dai Guardiani della Costa nel 2023.

* Dato da verificare con Scuola di Robotica

La valutazione della qualità dei dati

Al fine di valutare il livello di affidabilità dei dati raccolti dalle squadre di Guardiani, è stata svolta una verifica su un campione rappresentativo dei dati di vegetazione e *beachcombing*, mentre per le micro e mesoplastiche, considerato il numero minore di dati, è stata svolta una verifica sull'intero dataset.

L'attività di verifica è stata svolta da ricercatori ENEA esperti negli ambiti di riferimento, confrontando i dati inviati dai Guardiani con le informazioni ricavabili dalle fotografie associate a ciascun punto di rilevamento. Per le informazioni relative alle distanze misurate in passi e alle coordinate, la verifica è stata svolta in ambiente GIS proiettando su una mappa le coordinate rilevate dai Guardiani con i propri smartphone.

Le informazioni inviate dai Guardiani relative alla presenza e abbondanza di specie vegetali e categorie del *beachcombing* sono state confrontate con le informazioni ricavate dai ricercatori ENEA al fine di calcolare gli errori di valutazione compiuti dai Guardiani. La media delle differenze tra i valori osservati dai Guardiani e quelli ricavati dai ricercatori sul campione validato ha consentito di calcolare, per ciascuna voce oggetto di rilevamento, una percentuale di accuratezza statistica dei dati, cioè una misura del livello di affidabilità dei dati. A fini prudenziali, i valori di accuratezza sono stati corretti tenendo conto della percentuale di dati inviati con foto errate o rilevati con procedure non conformi che non hanno consentito la verifica.

Per l'attività su micro e mesoplastiche, a causa dell'elevato numero di foto errate (foto del *beachcombing* inviate al posto delle foto su micro e mesoplastiche) e procedure di cernita non conformi, non è stata valutata l'accuratezza del dato ma si è proceduto direttamente a correggere i dati laddove le foto corrette erano disponibili, scartando tutti gli altri dati.

Le tabelle seguenti mostrano i valori di accuratezza statistica dei dati dell'attività di rilevamento di vegetazione e dune costiere (Tabella 1) e dell'attività di *beachcombing* (Tabella 2).

Tabella 1. Accuratezza dei dati dell'attività di rilevamento vegetazione e dune costiere

Voce oggetto di rilevamento	Accuratezza
Latitudine in prossimità della battigia	68,9%
Longitudine in prossimità della battigia	68,9%
Latitudine nel punto di rilevamento	72,7%
Longitudine nel punto di rilevamento	72,7%
Numero di passi dalla battigia alle prime piante della spiaggia o al piede della duna	77,8%
Granulometria del sedimento	79,7%
Tipo di retrospiaggia	72,1%
Presenza di strutture di protezione della duna	75,3%
Presenza di segni evidenti di erosione	76,6%
Assenza delle specie vegetali oggetto di rilevamento	79,7%
Calcatreppola marittima	75,9%
Camomilla marina	75,3%
Crucianella marittima	78,5%
Erba medica marina	79,7%
Fico degli Ottentotti	79,1%
Finocchio litorale spinoso	76,6%

Giglio marino	76,6%
Ginepro	75,3%
Ginestrino delle spiagge	77,8%
Gramigna delle spiagge	72,7%
Papavero cornuto	75,9%
Pino	79,7%
Ravastrello marittimo	80,4%
Salsola Erba-cali	79,1%
Santolina delle spiagge	79,1%
Sparto pungente	72,7%
Sporobolo delle spiagge	75,9%
Tamerice	77,2%
Violaciocca	78,5%
Zigolo delle spiagge	70,2%

Tabella 2. Accuratezza dei dati dell'attività di beachcombing

Voce oggetto di rilevamento	Accuratezza
Foglie di Posidonia oceanica	66,8%
Rizomi di Posidonia oceanica	68,5%
Egagropile	69,2%
Altre fanerogame marine	69,0%
Resti di alghe	67,3%
Legno o legname (tronchi, rami...)	67,7%
Spugne (intere o frammenti)	69,4%
Meduse	69,4%
Velelle	68,8%
Bivalvi (interi o resti)	67,9%
Gasteropodi	68,8%
Patelle	69,1%
Cefalopodi (o resti di cefalopodi)	69,4%
Ovature (di varia natura)	69,5%
Granchi	69,4%
Stelle marine	69,5%
Ricci di mare	69,5%
Pesci (o resti di pesci)	69,5%
Plastica (bottiglie, sacchetti, oggetti, frammenti...)	68,9%
Mozziconi di sigaretta	69,4%
Alluminio (oggetti, frammenti...)	69,5%
Ferro ed altri metalli	69,4%
Polistirolo	69,5%
Catrame (macchie, grumi...)	69,5%
Vetro (bottiglie, frammenti, altri oggetti)	69,5%
Carta (involucri, frammenti, sacchetti...)	69,3%
Materiali da edilizia	69,4%

I valori ottenuti si aggirano intorno al 70-80% indicando che nel complesso, e grazie alla numerosità del campione, i dati di *citizen science* del progetto Guardiani della Costa hanno un'attendibilità ragguardevole e sufficiente a conferire ai risultati una discreta affidabilità.

L'elaborazione dei dati

I dati sono stati elaborati per singola attività con l'obiettivo di ottenere statistiche descrittive su scala nazionale. Tuttavia, per evidenziare eventuali differenze fra territori costieri, i dati sono stati suddivisi in ambiti costieri come illustrato nella Figura 2. Il criterio di suddivisione è principalmente legato all'esigenza di definire ambiti costieri omogenei, ma anche alla necessità di mantenere un numero di tratti di spiaggia sufficientemente rappresentativo per ciascun ambito.



Figura 2. Ambiti costieri con indicazione del numero di tratti di spiaggia e punti di rilevamento analizzati.

I risultati dell'attività di rilevamento di vegetazione e dune costiere

L'attività di rilevamento di vegetazione e dune costiere ha visto la partecipazione di 104 squadre che hanno rilevato 101 tratti di spiaggia per un totale di 919 punti di rilevamento.

Per l'elaborazione dei dati sono state considerate esclusivamente le squadre che hanno effettuato i rilievi in almeno 5 punti di rilevamento sui 10 previsti. A seguito delle attività di verifica sono stati

approvati per le elaborazioni i dati di 95 squadre, 92 tratti di spiaggia (Figura 3) e 898 punti di rilevamento.

Il numero di tratti di spiaggia non coincide col numero di squadre e ciò è dovuto al fatto che alcune squadre hanno effettuato i rilevamenti in tratti di spiaggia prenotati da altre squadre. I dati inviati da queste squadre non sono stati esclusi dalle elaborazioni statistiche, tuttavia i tratti di spiaggia rilevati da più squadre sono stati conteggiati una sola volta.

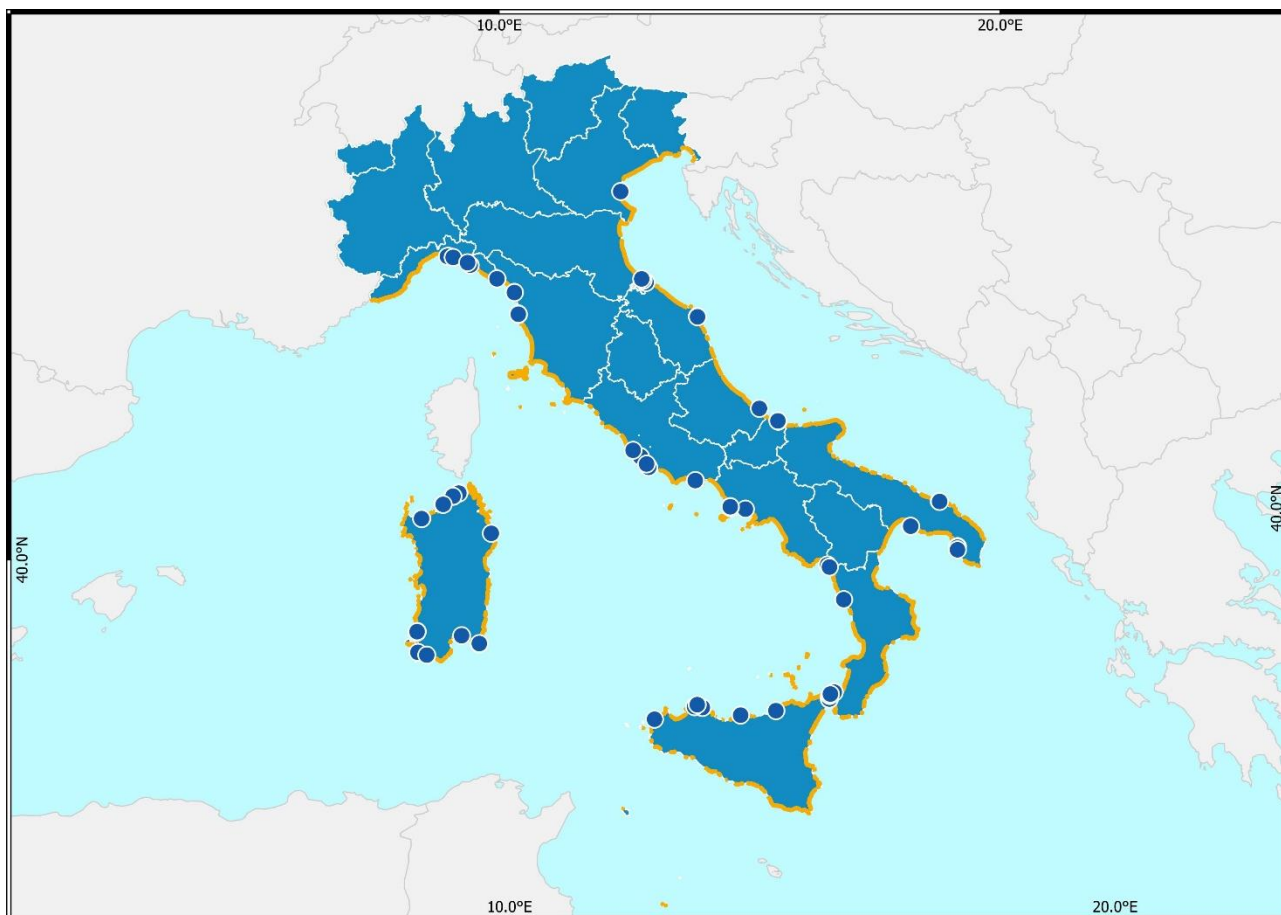


Figura 3. Distribuzione dei tratti di spiaggia dove è stata svolta l'attività di rilevamento di vegetazione e dune costiere.

L'attività di rilevamento di vegetazione e dune costiere ha l'obiettivo di valutare il livello di naturalità dei tratti di costa indagati, principalmente attraverso l'individuazione di indicatori sia fisici sia biologici. In particolare, è stato richiesto ai Guardiani di misurare in passi la larghezza della spiaggia dalla battigia al retrospiaggia, definire il tipo di retrospiaggia, individuare eventuali strutture di protezione della duna o della vegetazione naturale ed eventuali segni evidenti di erosione. Inoltre, i Guardiani dovevano verificare la presenza di specie floristiche indicatrici dello stato ecologico della spiaggia in un raggio di 3 metri dal punto di rilevamento.

Sulla base dei dati analizzati, la larghezza media dei tratti di arenile rilevati in tutto il territorio italiano è pari a 47 passi (corrispondente a circa 35 metri) con un intervallo di variazione da 7,3 passi (circa 5,5 metri) a 254,9 passi (circa 190 metri).

I valori più alti di larghezza dei tratti di arenile si riscontrano nella costa adriatica centro-settentrionale, con una media di 85 passi (circa 40 metri), mentre i più bassi si riscontrano nelle coste adriatica meridionale e ionica, con una media di 17,6 passi (circa 13 metri). Negli altri ambiti costieri i valori si aggirano intorno alla media complessiva.

La distribuzione percentuale delle classi di granulometria del sedimento (Figura 4) vede una larga prevalenza delle spiagge sabbiose (oltre tre quarti dei tratti di spiaggia rilevati), seguite dalle spiagge costituite da ghiaia fine. I materiali sedimentari più fini sono quindi ampiamente prevalenti nelle spiagge rilevate.

La percentuale di tratti di spiaggia sabbiosi aumenta nelle coste adriatica meridionale e ionica (98,8%) e in Sardegna (84,7%), mentre si riduce nei tratti di costa rilevati in Sicilia (58,1%).

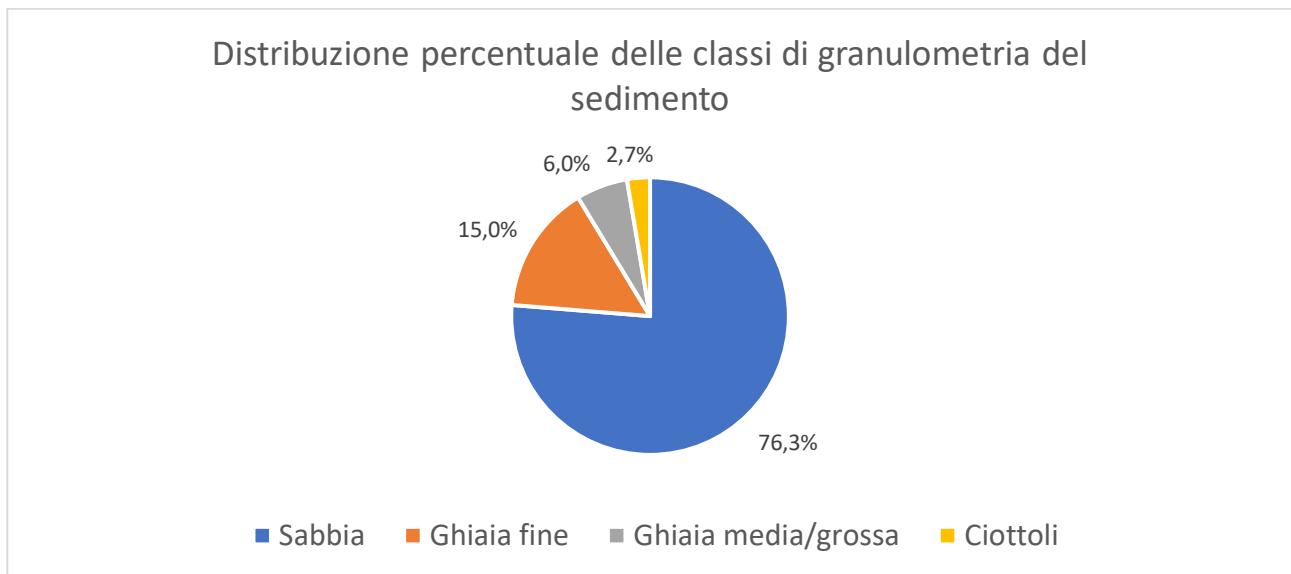


Figura 4. Distribuzione percentuale delle classi di granulometria del sedimento nei tratti di spiaggia rilevati nell'attività di rilevamento di vegetazione e dune costiere.

Ai fini della valutazione della naturalità delle spiagge, la presenza o assenza di dune e vegetazione più o meno indisturbata costituiscono indicatori importanti. L'assenza di questi elementi può essere dovuta a condizioni fisiche naturali che non ne consentono la formazione (ad esempio la presenza di un retrospiaggia costituito da falesia rocciosa), oppure alla presenza di fattori di disturbo antropico. In quest'ultimo caso, la presenza di manufatti nel retrospiaggia ne è un indicatore.

Un aspetto positivo è rappresentato dal fatto che nei tratti di spiaggia rilevati risulta prevalente la presenza di vegetazione e dune (Figura 5), indicando che in poco più della metà delle spiagge rilevate sono presenti buone condizioni di naturalità. I tratti di spiaggia dove non è presente la duna ma è presente vegetazione possono, invece, indicare condizioni in cui è in atto un processo di degrado dello stato di naturalità a causa di disturbo antropico, che non consente alla vegetazione di esercitare in modo efficiente il meccanismo di stabilizzazione delle sabbie costiere e, quindi, lo sviluppo della duna.

I retrospiaggia costituiti da roccia costituiscono meno del 5% dei tratti di spiaggia rilevati, mentre è da notare l'elevata percentuale (oltre un quarto) di aree di retrospiaggia caratterizzate dalla presenza

di manufatti. Può trattarsi di opere recenti o pregresse che hanno ormai sostituito i sistemi dunali e gli habitat naturali associati, ma indicano che una percentuale consistente dei tratti di spiaggia oggetto di rilevamento hanno perduto in maniera più o meno definitiva la propria naturalità. Questo dato è in linea con l'ultimo aggiornamento della banca dati "Linea di Costa Italiana 2020" di Ispra (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) il quale afferma che solo la metà delle linee di retrospiaggia in Italia restano naturali, mentre oltre il 20% è completamente occupato da opere artificiali, come infrastrutture viarie, abitazioni, lidi, siti produttivi.

La costa del Mar Ligure si differenzia significativamente dalla media complessiva, con una netta prevalenza dei retrospiaggia caratterizzati da manufatti (67,2%). Invece in Sardegna e nelle coste adriatica meridionale e ionica prevalgono i retrospiaggia caratterizzati dalla presenza di dune e vegetazione naturale (78,2% in Sardegna e 64,6% nelle coste adriatica meridionale e ionica).

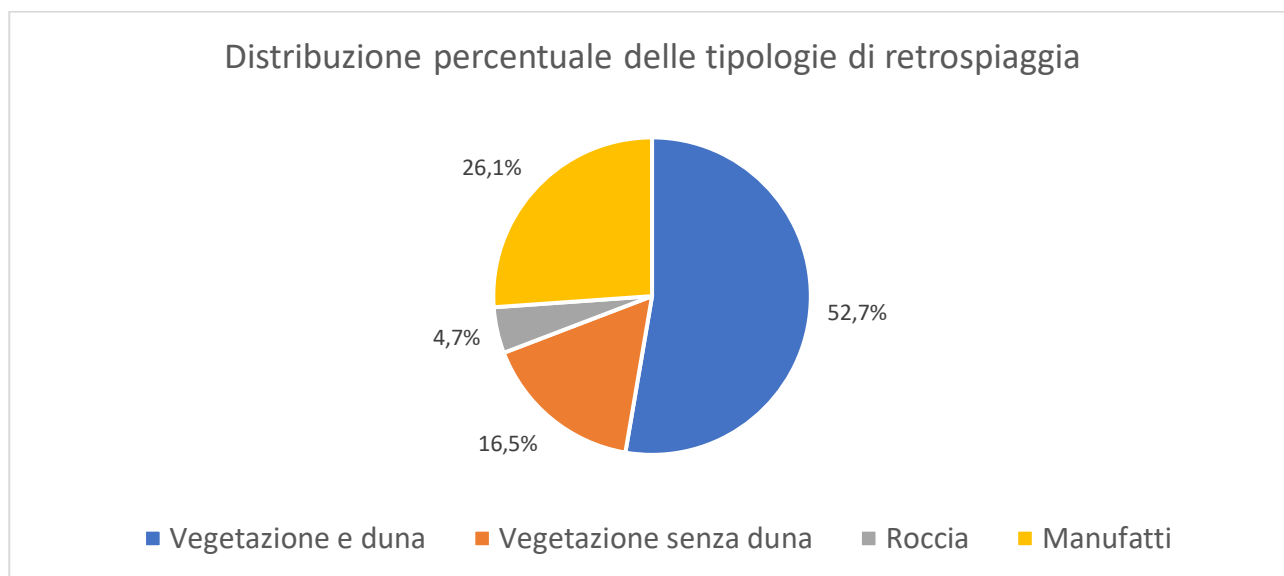


Figura 5. Distribuzione percentuale delle tipologie di retrospiaggia.

Talvolta, lungo le spiagge caratterizzate da maggiore naturalità, è possibile osservare la presenza di barriere in legno, corda o canne a protezione del sistema dunale retrostante. Si tratta di opere di ingegneria naturalistica atte ad evitare il calpestamento della vegetazione naturale e delle dune, o progettate per innescare il processo di sviluppo del sistema dunale in programmi di ripristino ambientale. La presenza di queste strutture, quindi, può da un lato indicare un certo livello di attenzione da parte delle amministrazioni per la tutela del capitale naturale associato alle sabbie costiere, dalle quali dipende una parte consistente dell'economia dei territori costieri. D'altro lato può indicare che sono in atto processi di erosione significativi ai quali è stato necessario porre rimedio con opere di rinaturalizzazione.

Nell'insieme dei tratti di spiaggia rilevati, la presenza di strutture di protezione della duna o della vegetazione naturale si attesta a circa il 20% (Figura 6).

Rispetto alla media complessiva, questa percentuale sale al 30,2% in Sardegna e 27,7% nelle coste adriatica meridionale e ionica, e si riduce al 9,3% nella costa del Mar Ligure.

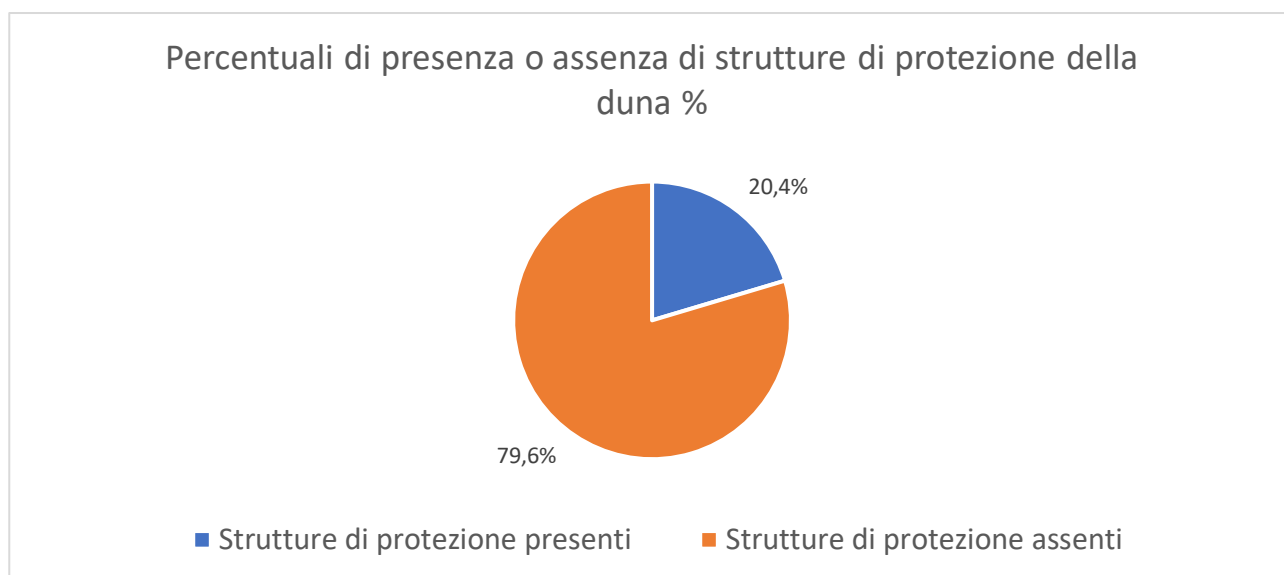


Figura 6. Presenza di strutture di protezione delle dune o della vegetazione naturale nei tratti di spiaggia rilevati.

Analizzando esclusivamente i tratti di spiaggia dove è presente la duna o vegetazione, quindi più meritevoli di interventi di protezione, la percentuale sale quasi al 27% nelle spiagge dove è presente vegetazione naturale e duna, ma scende a poco più del 10% nelle spiagge con vegetazione naturale ma prive di duna (Figura 7).

Ciò sta ad indicare che solo un quarto dei tratti di spiaggia caratterizzati da valori di naturalità riceve una qualche forma di protezione, mentre gli altri tre quarti potrebbero essere maggiormente esposti a fattori di disturbo come ad esempio il calpestamento o pulizia meccanica della spiaggia troppo invasiva per l'assenza di barriere di protezione davanti alle dune embrionali.

Come espresso in precedenza, la presenza di vegetazione senza duna può indicare una condizione di progressivo degrado della condizione di naturalità iniziale. Anche in questi casi potrebbe essere auspicabile un maggiore livello di protezione al fine di rimuovere i processi di disturbo e consentire il recupero di maggiori condizioni di naturalità.

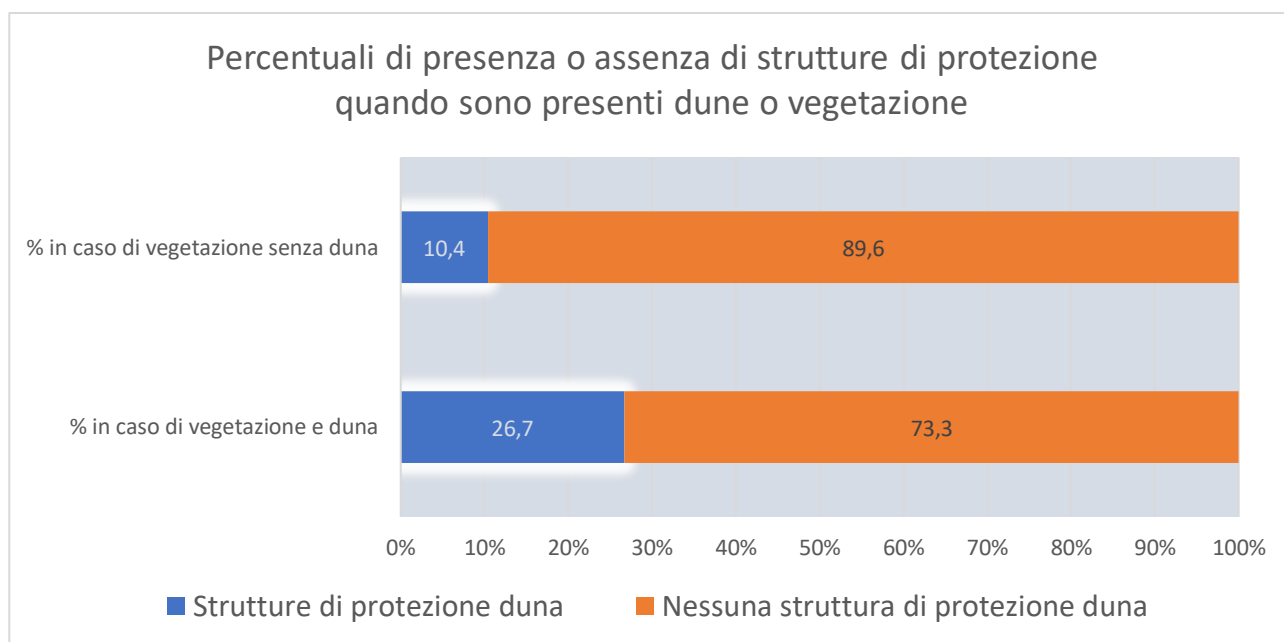


Figura 7. Presenza o assenza di strutture di protezione nei tratti di spiaggia con dune o vegetazione.

Tra le caratteristiche fisiche dei tratti di spiaggia rilevati, è stato richiesto ai Guardiani di segnalare eventuali segni evidenti di erosione dell'arenile. Solitamente questi appaiono come gradini netti prodotti dall'azione delle mareggiate. In caso di presenza di vegetazione è anche possibile osservare la presenza di radici esposte.

In più di un quarto dei tratti di spiaggia è stata segnalata la presenza di segni evidenti di erosione (Figura 8). Questa percentuale potrebbe essere sottostimata in quanto non sempre è facile individuare un gradino di erosione a causa della natura incoerente delle sabbie, che per assestamento possono celare la presenza di fenomeni di erosione in atto. Tuttavia, il dato ottenuto appare rilevante.

Gli ambiti costieri che hanno ottenuto percentuali più alte di segnalazione di segni evidenti di erosione sono le coste adriatica meridionale e ionica (41%) e la Sicilia (34,9%).

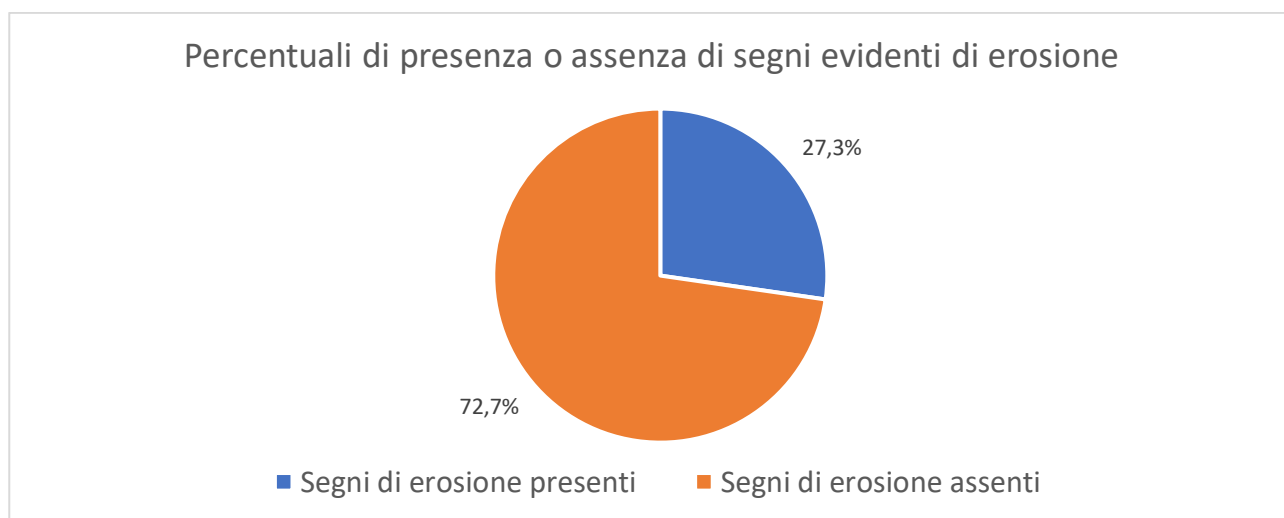


Figura 8. Presenza di segni evidenti di erosione.

Arriviamo ora all'elemento principale oggetto di rilevamento: le specie floristiche che costituiscono la vegetazione del retrospiaggia.

La presenza di vegetazione, come anticipato, è di per sé un indicatore di naturalità della spiaggia, ma la sua composizione in specie aggiunge un ulteriore livello di bioindicazione che può chiarire meglio il livello di naturalità.

A tale scopo è stato chiesto ai Guardiani di individuare le specie floristiche presenti tra le 20 indicate nella scheda di rilevamento. Si tratta di specie caratteristiche di particolari condizioni ecologiche del sistema dunale e pertanto la loro presenza o assenza restituisce tali informazioni ecologiche.

Innanzitutto, è stata rapportata la presenza o assenza delle specie oggetto di rilevamento in funzione del tipo di retrospiaggia. Come era facile immaginare, e come si osserva nella Figura 9, in presenza di manufatti si riduce notevolmente la presenza delle specie floristiche, a causa del disturbo antropico, mentre nella condizione più naturale, ovvero in presenza di dune, vi è la percentuale più alta di presenza di specie.

La percentuale si riduce in caso di vegetazione senza duna poiché, come già affermato, si tratta in gran parte di casi di degrado della vegetazione naturale.

La percentuale, invece, aumenta in caso di retrospiaggia caratterizzato da roccia, in quanto in questo caso si tratta di una condizione naturale che, fra l'altro, riduce anche la possibilità di installazione di manufatti nel retrospiaggia.

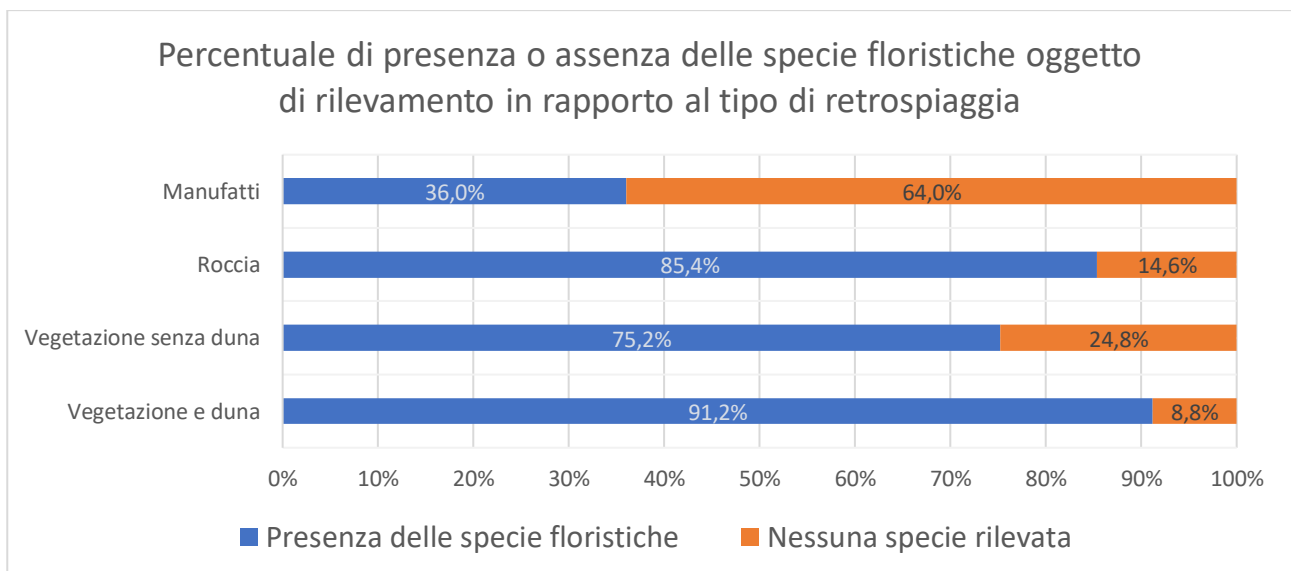


Figura 9. Presenza delle specie oggetto di rilevamento in risposta al tipo di retrospiaggia.

Per spiegare ulteriormente in che modo il tipo di retrospiaggia influenzi la vegetazione è stato rapportato alla ricchezza floristica rilevata dai Guardiani. Ovvero, in quali tipi di retrospiaggia è stato rilevato il numero maggiore di specie?

Anche in questo caso, dalla Figura 10 si osserva che la maggiore ricchezza floristica è associata alla condizione di presenza di duna e si riduce in assenza di duna. In questa analisi, tuttavia, la presenza di manufatti sembra associata a una ricchezza floristica maggiore rispetto alla condizione più

naturale del retrospiaggia roccioso. In realtà ciò si spiega col fatto che le specie oggetto di rilevamento erano tutte specie psammofile, cioè ecologicamente associate alla sabbia e non alla roccia, dove vivono specie più adattate al substrato roccioso. I manufatti sono generalmente associati a retrospiaggia sabbiosi e di conseguenza si nota una maggiore ricchezza di specie tra quelle oggetto di rilevamento.

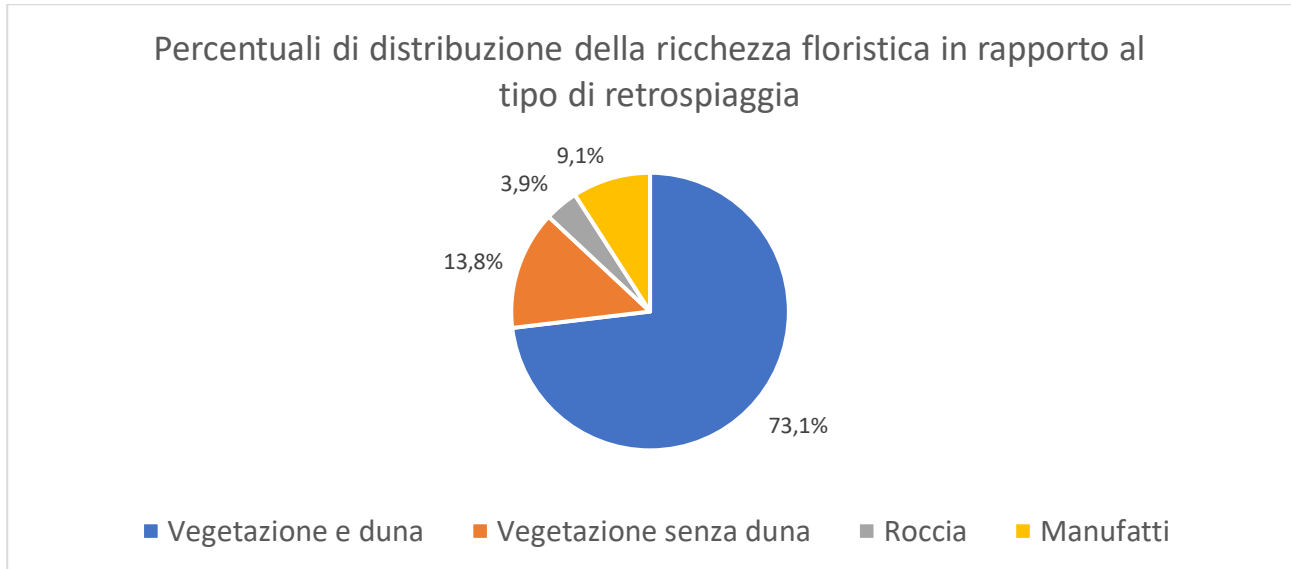


Figura 10. Distribuzione della ricchezza floristica in funzione del tipo di retrospiaggia.

Nella Figura 11 è illustrato il numero di presenze, l'abbondanza assoluta e l'abbondanza relativa delle diverse specie, inclusa la condizione di assenza delle specie oggetto di rilevamento.

Il numero di presenze rappresenta il numero di punti di rilevamento in cui una specie è stata ritrovata. L'abbondanza assoluta rappresenta la percentuale di punti di rilevamento in cui la specie è stata ritrovata fra tutti i punti di rilevamento previsti. L'abbondanza relativa, invece, rappresenta la frequenza di ritrovamento di una specie rispetto a tutte le altre.

Con 333 presenze, la gramigna delle spiagge rappresenta la specie più frequentemente ritrovata dai Guardiani. La specie era presente nel 35% dei punti di rilevamento, con un'abbondanza relativa di quasi il 13%. Questa specie ha probabilmente una buona resistenza ai fattori di disturbo antropico e pertanto la si ritrova anche in condizioni non perfettamente naturali. Tuttavia, la sua presenza insieme allo sporobolo delle spiagge, anch'esso relativamente abbondante, è da considerare positivamente in quanto queste specie sono associate alle prime fasce dunali, che solitamente sono le più vulnerabili. Inoltre, la presenza di tali specie anche in condizioni di non perfetta naturalità può rappresentare un punto di forza per i tratti di spiaggia degradati poiché, in caso di mitigazione dei fattori di disturbo (ad esempio, con la realizzazione di barriere contro il calpestamento), queste piante possono facilmente e rapidamente svilupparsi esercitando nuovamente il loro ruolo naturale di stabilizzazione delle sabbie costiere. L'abbondanza assoluta più bassa della gramigna delle spiagge si osserva nella costa del Mar Ligure (21,4%), mentre i valori più alti si osservano nelle coste adriatica meridionale e ionica (56,7%) e in Sardegna (40,9%).

È da notare che la seconda condizione più frequente è, invece, la totale assenza delle specie oggetto di rilevamento. In 233 degli 898 punti di rilevamento non è stata rilevata alcuna delle specie previste (Tabella 3), indicando che in un quarto dei circa 10.000 metri di spiaggia rilevati non era presente nessuna specie indicatrice di un seppur minimo recesso di naturalità. La percentuale di assenza delle specie oggetto di rilevamento aumenta nella costa del Mar Ligure (61,4%), mentre presenta i valori più bassi nelle coste adriatica meridionale e Ionica (10%), Sicilia (14,2%) e Sardegna (15,2%).

Tabella 3. Numero e percentuali di punti di rilevamento dove non è stata rilevata nessuna specie o dove è stata rilevata almeno una specie fra quelle oggetto di monitoraggio.

	Punti di rilevamento	Percentuale
Nessuna specie rilevata	233	25,9%
Almeno una specie rilevata	665	74,1%

Un altro aspetto degno di nota è la relativa scarsità del ravastrello marittimo (abbondanza assoluta 8%). Questa specie è associata alla prima fascia di vegetazione delle spiagge, ovvero la più vicina al mare. La vegetazione caratterizzata dal ravastrello costituisce un habitat d'importanza europea e si sviluppa dietro le fasce di deposito del materiale organico spiaggiato. Le operazioni di pulizia meccanica delle spiagge sono uno dei principali fattori di distruzione di questo tipo di vegetazione, pertanto questo potrebbe spiegare il basso livello di abbondanza del ravastrello rilevato dai Guardiani. L'abbondanza assoluta più bassa del ravastrello si osserva nella costa del Mar Ligure (3,6%), mentre i valori più alti si osservano in Sardegna (13%) e nella costa tirrenica (10%).

Specie come lo sparto pungente, la calcatreppola marittima, la camomilla marina, il giglio marino e il ginepro sono, invece, associate a fasce più interne del sistema dunale. La loro relativa frequenza nei rilievi dei Guardiani può anch'essa indicare che le prime fasce di vegetazione (vegetazione delle linee di deposito, dune embrionali e dune bianche) sono scomparse in una parte significativa dei tratti di spiaggia rilevati.

È da segnalare anche la relativa diffusione del fico degli Ottentotti, specie aliena invasiva che crea scompensi negli habitat in cui si diffonde. L'abbondanza assoluta rilevata dai Guardiani è del 6,5% e può essere considerata elevata se si pensa che in condizioni naturali la specie dovrebbe essere totalmente assente. Soltanto per l'ambito costiero del Mar Ligure non sono pervenute segnalazioni del fico degli Ottentotti, mentre l'abbondanza media più alta (13,1%) si registra nell'ambito costiero tirrenico.

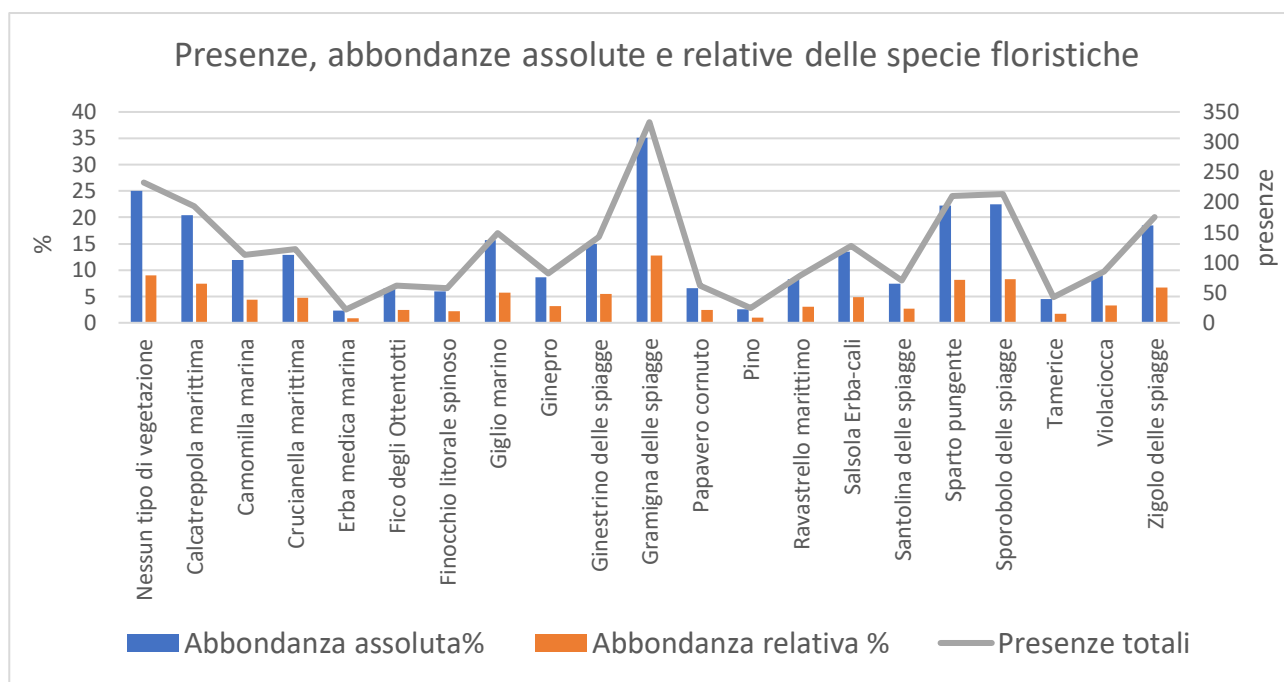


Figura 11. Presenze, abbondanze assolute e relative delle specie floristiche oggetto di rilevamento.

In conclusione, in base ai risultati ottenuti dall'attività di rilevamento di vegetazione e dune costiere, possiamo affermare che più della metà dei tratti di spiaggia analizzati conservano livelli importanti di naturalità, con presenza di vegetazione psammofila naturale e dune. Tuttavia, il rovescio della medaglia è che più del 40% dei tratti di spiaggia analizzati mostrano elevati livelli di antropizzazione o chiari segni di degrado degli habitat naturali. Inoltre, emergono differenze importanti tra ambiti costieri, con valori di naturalità più alti nei tratti di spiaggia delle Isole maggiori e del sud Italia, e maggiore antropizzazione nei tratti di spiaggia rilevati nelle coste più settentrionali. Queste differenze sono confermate in modo ancora più discriminante dalla presenza o assenza delle specie floristiche indicatrici che erano oggetto del rilevamento. Inoltre, in più di un quarto dei tratti di spiaggia analizzati si segnalano segni evidenti di erosione, mentre appare ancora insufficiente l'attuazione di interventi di protezione dei sistemi dunali e della vegetazione psammofila.

I risultati dell'attività di beachcombing

L'attività di *beachcombing* ha visto la partecipazione di 102 squadre che hanno rilevato 99 tratti di spiaggia per un totale di 909 punti di rilevamento.

Per l'elaborazione dei dati sono state considerate esclusivamente le squadre che hanno effettuato i rilievi in almeno 5 punti di rilevamento sui 10 previsti. A seguito delle attività di verifica sono stati approvati per le elaborazioni i dati di 95 squadre, 92 tratti di spiaggia e 897 punti di rilevamento (Figura 12).

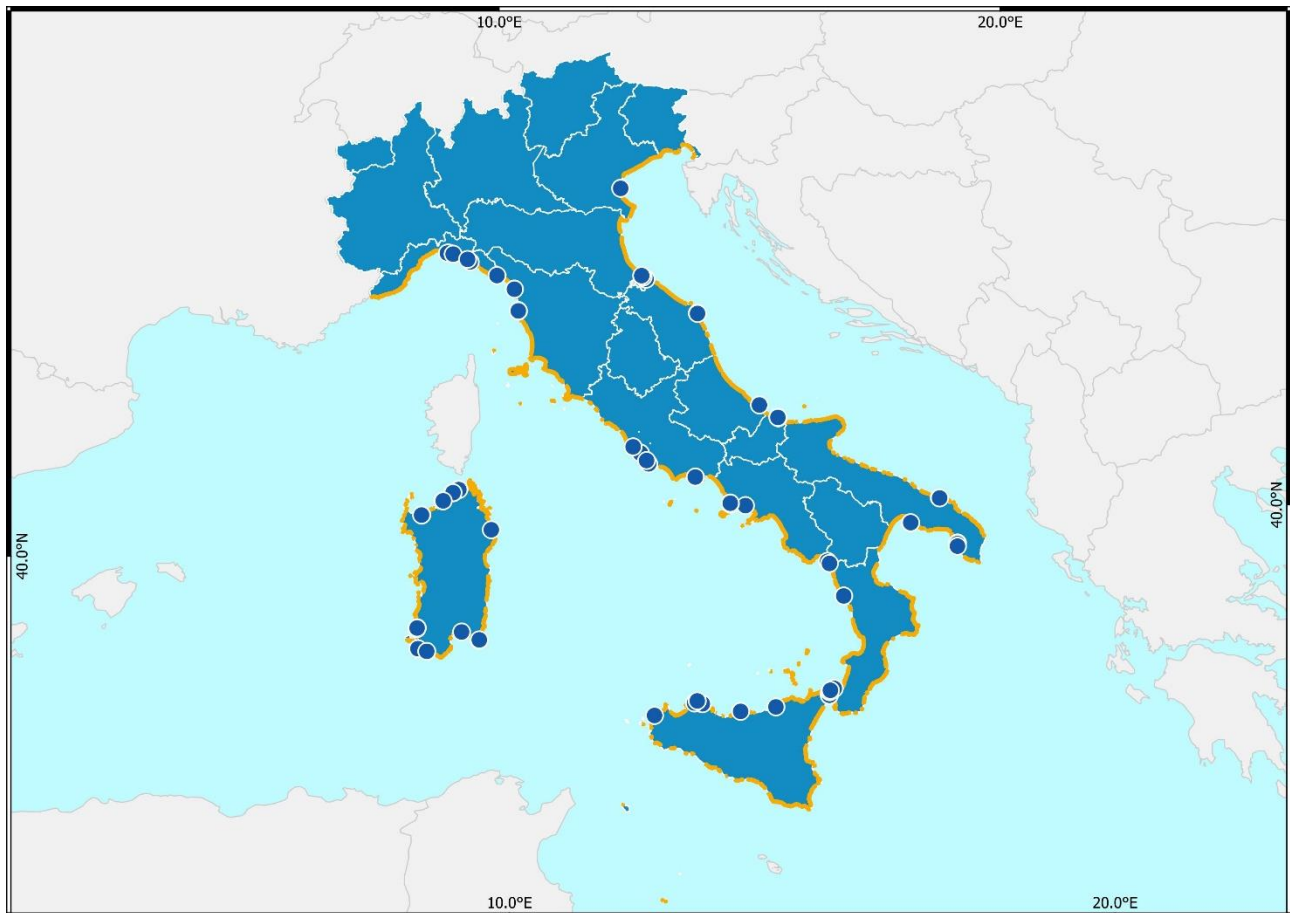


Figura 12. Distribuzione dei tratti di spiaggia dove è stata svolta l'attività di *beachcombing*.

A differenza del rilevamento della vegetazione, il *beachcombing* prevedeva l'uso di un quadrato sperimentale di 50 cm di lato suddiviso in 25 sottoquadrati. I Guardiani, poggiando il quadrato sull'arenile in 10 punti di rilevamento e per 3 repliche per punto, dovevano contare il numero di sottoquadrati in cui era presente ciascuna categoria prevista dalla scheda di rilevamento. Ciò ha consentito di stimare un valore di copertura, o abbondanza, di ciascuna categoria in base al numero di sottoquadrati in cui era presente sui 25 totali. Per ciascun punto di rilevamento è stata calcolata la media delle abbondanze derivanti dalle 3 repliche.

Nella Figura 13 è illustrato il numero di presenze, l'abbondanza assoluta e l'abbondanza relativa delle diverse categorie previste dall'attività di *beachcombing*.

Il numero di presenze rappresenta il numero di punti di rilevamento in cui una categoria è stata ritrovata. L'abbondanza assoluta rappresenta la percentuale media di sottoquadrati di rilevamento in cui ogni categoria è stata rilevata su 25 totali. L'abbondanza relativa, invece, rappresenta l'abbondanza di una categoria rispetto a tutte le altre.

Dalle statistiche complessive osservabili nella Figura 13 si nota immediatamente che il materiale spiaggiato più abbondante nei tratti di spiaggia rilevati è il legno, rappresentato da tronchi, rami e altri resti di piante terrestri trasportati in mare dai corsi d'acqua. Con 722 presenze su 897 punti di rilevamento è un materiale quasi onnipresente e dimostra di essere una parte integrante dei materiali naturali che compongono le spiagge. In termini di abbondanza stabilita con l'uso del

quadrato sperimentale risulta coprire quasi il 18% delle fasce di deposito del materiale spiaggiato. Tra gli ambiti costieri, il legno risulta più abbondante nella costa tirrenica (26,9%) e in quella adriatica centro-settentrionale (19,7%), probabilmente a causa della maggiore presenza di foci di grandi fiumi, mentre i valori più bassi si registrano in Sardegna, con abbondanza assoluta dell'8,4%.

Il secondo materiale organico più abbondante è, invece, di provenienza prettamente marina. Si tratta dei resti di *Posidonia oceanica*, specie endemica del bacino Mediterraneo e specie chiave degli ecosistemi della spiaggia sommersa nel nostro mare. Il dato dell'abbondanza della posidonia è da considerare positivo considerato il ruolo fondamentale di questa specie nel supporto di alti livelli di biodiversità, protezione delle coste dall'erosione e fonte di nutrienti per gli organismi della spiaggia emersa. I valori di abbondanza maggiori si registrano in Sardegna (27,7% per le foglie di posidonia) e nelle coste adriatica meridionale e ionica (18,8%), mentre il valore più basso di abbondanza delle foglie di posidonia si segnala nella costa adriatica settentrionale (3,1%) dove, infatti, è noto che la specie è più rara o persino assente (estinta nelle coste dell'Emilia Romagna e assente nelle coste delle Marche).

I resti di alghe e i gusci di bivalvi rappresentano altri materiali di origine naturale che costituiscono una parte consistente dei sedimenti di spiaggia.

Un altro dato interessante, seppur preoccupante, è l'elevata presenza di plastica. In termini di presenze (ben 657 su 897 punti di rilevamento) compete addirittura con il legname, dimostrandosi quasi onnipresente. In termini di abbondanza assoluta, tuttavia, scende al 6,9%. Questa differenza di abbondanza rispetto al legname indica che quest'ultimo è generalmente costituito da oggetti più grandi. La plastica rilevata dai Guardiani è evidentemente rappresentata da oggetti più piccoli appartenenti alle categorie delle micro e mesoplastiche. I dati dei Guardiani della Costa dimostrano, se ce ne fosse ancora bisogno, la preoccupante diffusione della plastica nel nostro mare, soprattutto nella componente più piccola, la più subdola e dannosa negli ecosistemi marini e costieri.

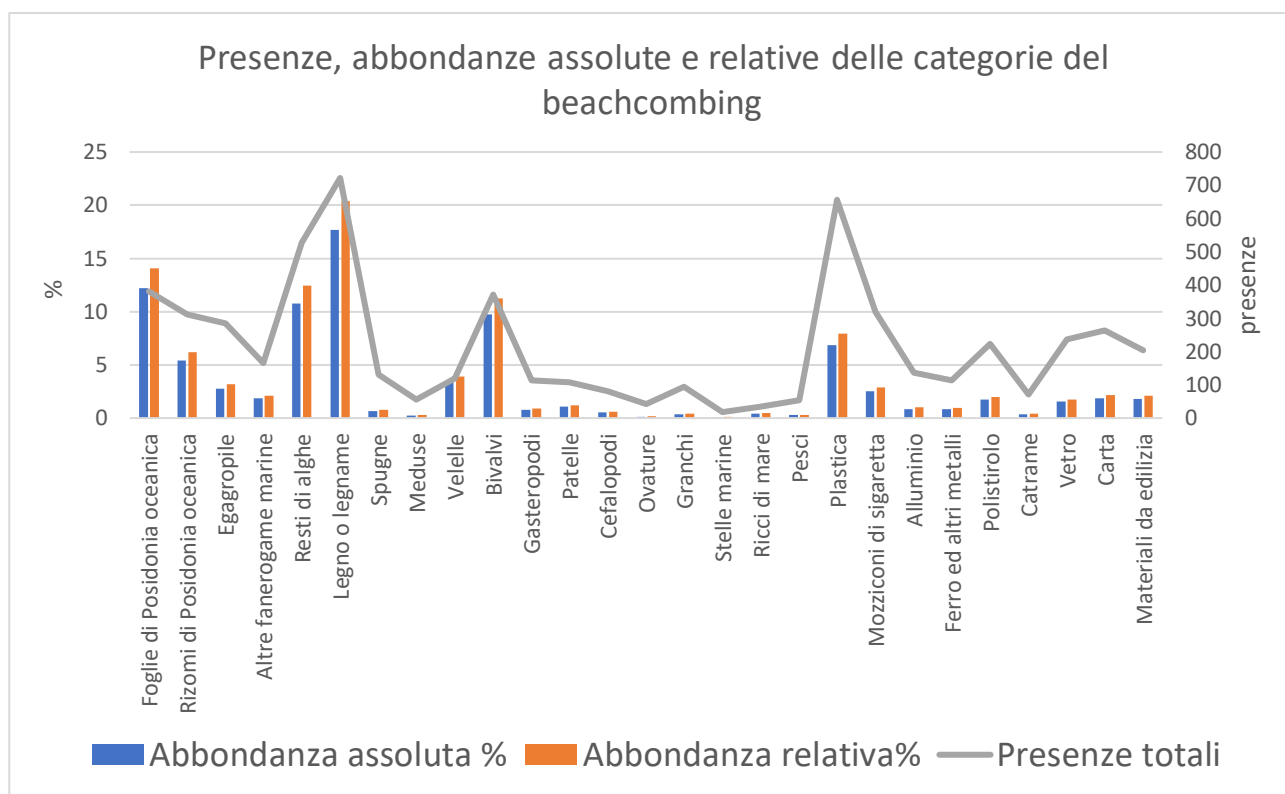


Figura 13. Presenze, abbondanze assolute e relative delle categorie del beachcombing.

La suddivisione tra macrocategorie del beachcombing (Figura 14) mostra una netta prevalenza dei materiali di origine vegetale e un'abbondanza relativa simile tra resti di organismi animali e materiali prodotti dall'uomo, con una leggera prevalenza di questi ultimi.

Considerando che i materiali prodotti dall'uomo non dovrebbero essere presenti nell'ambiente, la loro abbondanza relativa paragonabile a quella dei resti di organismi animali è un risultato assolutamente preoccupante.

I dati dei singoli ambiti costieri mostrano differenze sostanziali rispetto ai valori medi espressi sopra. Negli ambiti costieri del Mar Ligure, Tirrenico e della Sicilia aumenta la componente dei materiali di origine antropica, con abbondanza relativa rispettivamente del 45%, 37,6% e 45%, mentre si riduce nelle coste adriatiche meridionali e ioniche (13,7%) e Sardegna (7,2%).

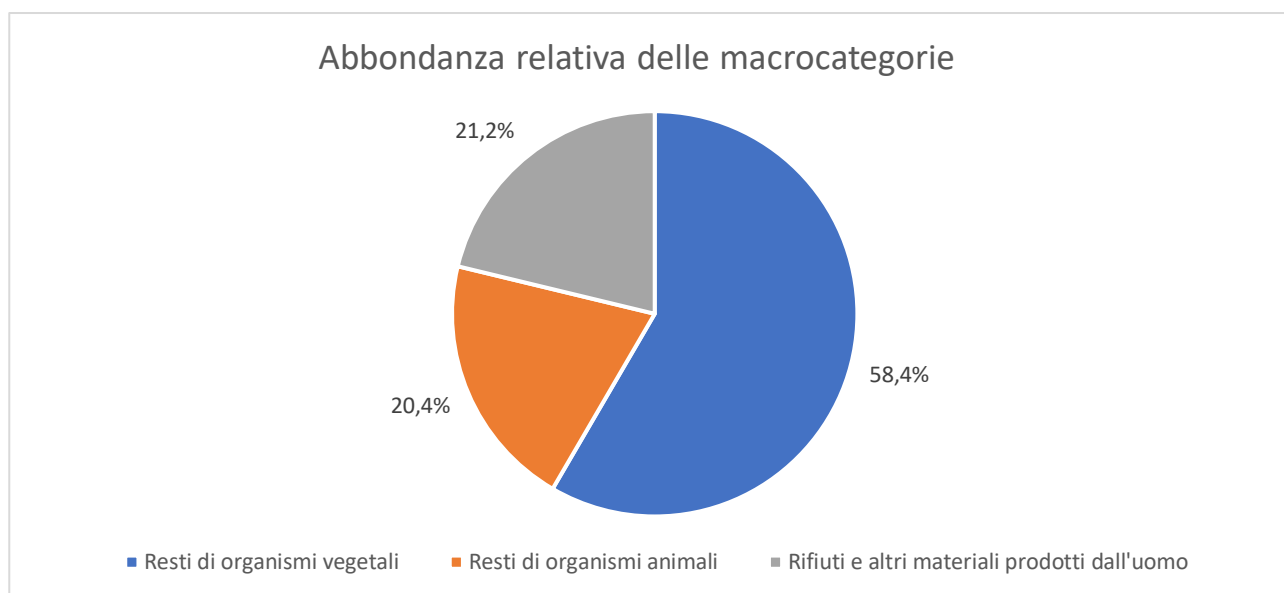


Figura 14. *Abbondanze relative delle macrocategorie del beachcombing.*

Anche nel dettaglio della macrocategoria dei resti di origine vegetale (Figura 15) si nota la netta prevalenza del legno e dei resti di posidonia. In spiagge con posidonieti particolarmente sviluppati, i resti di posidonia divengono in assoluto il materiale organico prevalente nelle fasce di deposito.

Tra i resti di origine vegetale, anche le alghe rappresentano una componente importante, sebbene occorra specificare che in molti casi sono state confuse in fase di rilevamento con resti di *Posidonia oceanica*.

La categoria Altre fanerogame marine è la meno rappresentata, sebbene in questo caso sia da riconoscere la difficoltà a distinguere questa categoria rispetto alla posidonia. È possibile ipotizzare che la categoria Altre fanerogame marine sia stata sottostimata.

Considerando i singoli ambiti costieri, nei tratti di costa del Mar Ligure, Tirreno, Adriatico centro-settentrionale e Sicilia prevale il legno (rispettivamente 35,4%, 63,2%, 57,8%, 35,4%), mentre nelle coste adriatiche e ioniche e in Sardegna prevalgono le foglie di posidonia oceanica (rispettivamente 29,8%, 37,9%).

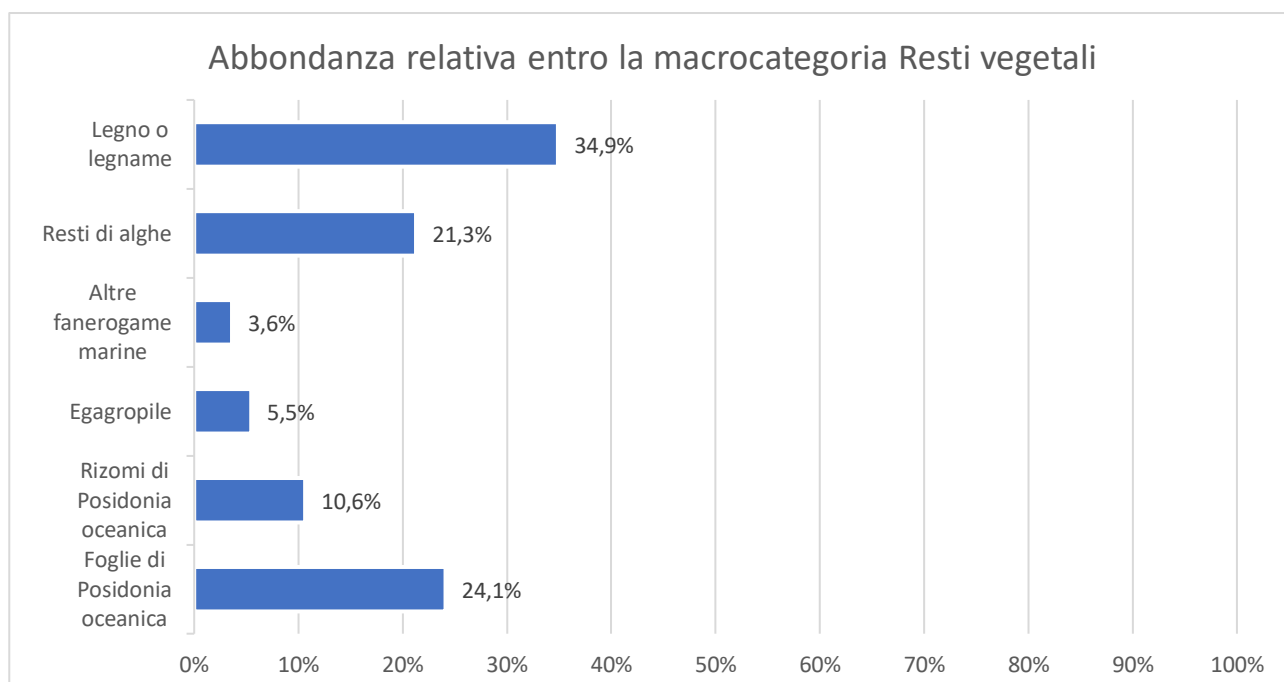


Figura 15. Abbondanza relativa entro la macrocategoria dei Resti vegetali.

Nell'ambito della macrocategoria dei resti animali è netta la prevalenza dei gusci di bivalvi, che costituiscono più della metà del materiale animale spiaggiato (Figura 16). Ciò è a riprova dell'importanza anche di questo materiale come componente naturale fondamentale delle nostre spiagge e, come tale, non dovrebbe mai essere portato via.

Importante anche la presenza di velelle, a testimonianza del fenomeno naturale di spiaggiamento stagionale in massa che segue il periodo riproduttivo di questa specie.

Tutte le altre categorie sono meno rappresentate, ma nel complesso, oltre a rappresentare anch'esse un importante componente naturale della spiaggia, sono un'importante indicatore della biodiversità del mare antistante alla spiaggia.

Merita di essere segnalata l'elevata abbondanza di bivalvi nei tratti costieri tirrenici, adriatici settentrionali, sardi e adriatici meridionali e ionici, con valori tra 60 e 77%, mentre rappresentano il 14,2% dei resti animali nei tratti di costa del Mar Ligure e Sicilia. In Sardegna si segnalano anche i valori più alti di abbondanza relativa delle velelle (19%), che negli altri ambiti costieri segnano valori dal 0,2 al 2,6%.

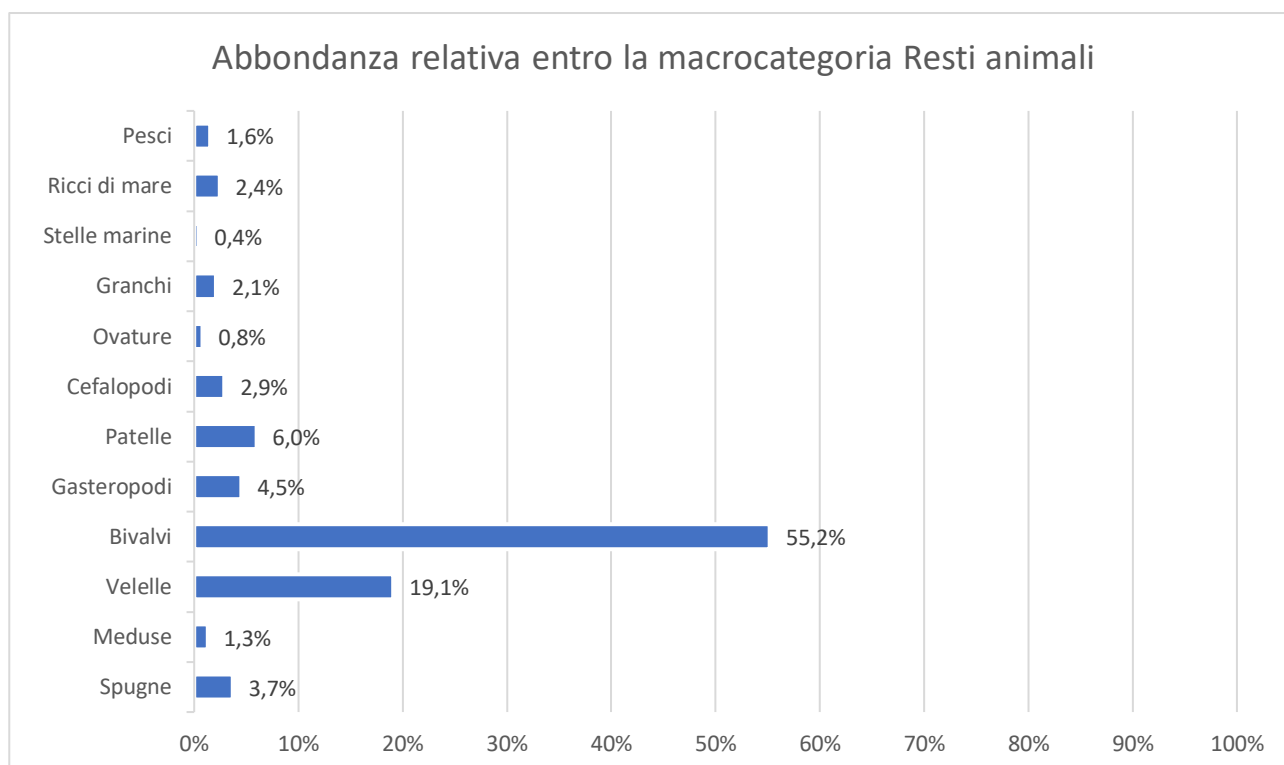


Figura 16. *Abbondanza relativa entro la macrocategoria dei Resti animali.*

Per quanto riguarda la macrocategoria dei rifiuti e altri materiali prodotti dall'uomo è netta la prevalenza dei materiali plastici (Figura 17). L'abbondanza relativa così elevata della plastica è da un lato dovuta al massiccio utilizzo di questo materiale da parte dell'uomo, ma anche alla sua resistenza nell'ambiente per tempi lunghissimi.

Seguono i mozziconi di sigaretta, con il 13,7%. Questo dato è abbastanza spiacevole perché i mozziconi di sigaretta presenti nelle spiagge, nella maggior parte dei casi, non rappresentano materiali trasportati dal mare per lunghe distanze e quindi spiaggiati, ma sono con molta probabilità gettati via sull'arenile subito dopo l'uso. L'elevata presenza di mozziconi di sigaretta, quindi, può essere considerato un termometro dell'assenza di coscienza ambientale in molti fruitori della spiaggia.

Tutti gli altri materiali previsti dall'attività di beachcombing, tranne il catrame, si attestano su abbondanze relative tra il 5 e il 10% e insieme costituiscono componenti rilevanti dei rifiuti abbandonati dall'uomo o riversati in mare da attività industriali o cattiva gestione delle fasi di vita dei materiali. Il catrame è la componente meno rappresentata e di probabile provenienza da attività di trasporto navale di idrocarburi e prodotti derivati.

Anche all'interno dei singoli ambiti costieri la plastica rappresenta il materiale di origine antropica prevalente. In Sardegna costituisce il 71% del materiale di origine antropica rilevato. Questa percentuale si riduce al 25% nei tratti di costa del Mar Ligure e della Sicilia, dove aumentano le componenti rappresentate da carta e materiali da edilizia (rispettivamente 13,6% e 15%). I mozziconi di sigaretta costituiscono il 17,8% del materiale di origine antropica nella costa tirrenica, il 15,1%

nella costa del Mar Ligure e della Sicilia, e tra il 6,6 e l'8% nei tratti di costa della Sardegna, dell'Adriatico centro-settentrionale, Adriatico meridionale e Ionio.

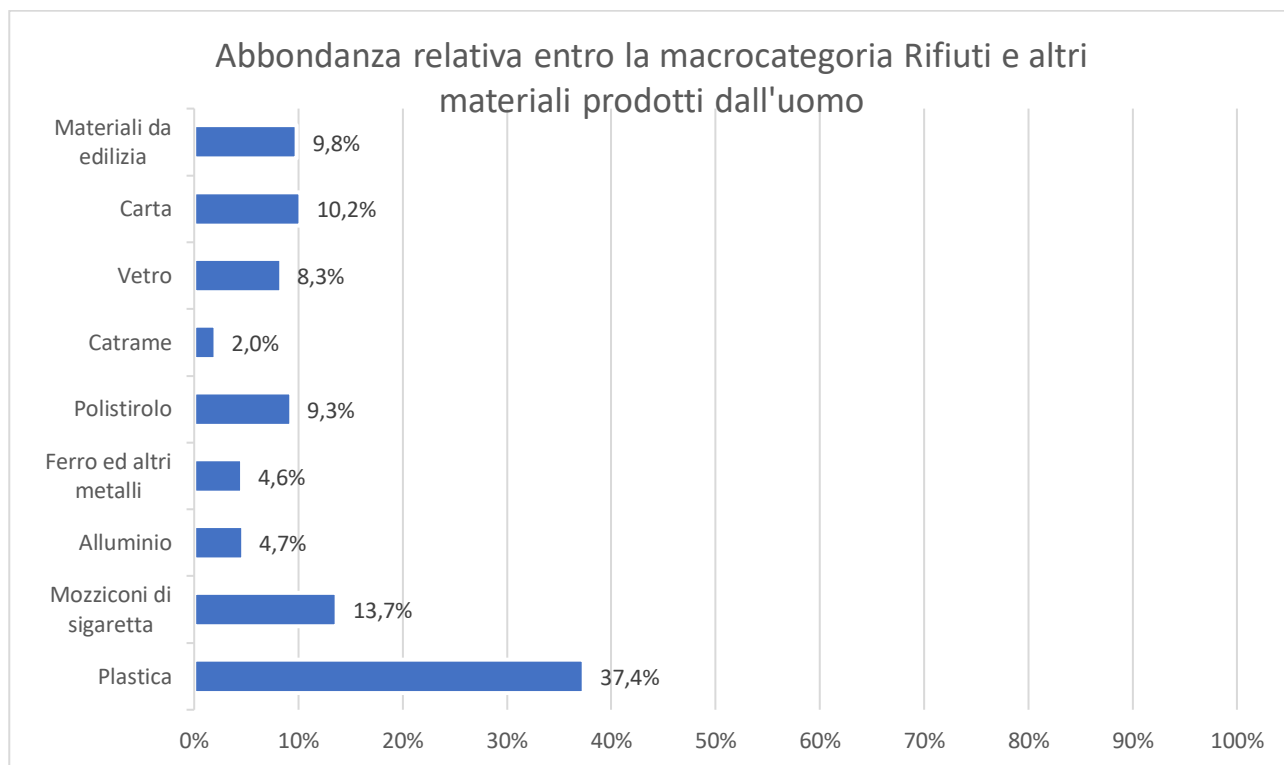


Figura 17. Abbondanza relativa entro la macrocategoria dei Rifiuti e altri materiali prodotti dall'uomo.

In conclusione, i risultati dell'attività di *beachcombing* mostrano chiaramente la grande eterogeneità dei materiali che compongono le spiagge e dimostrano che questi ambienti non sono costituiti soltanto da sabbia, ghiaia o ciottoli, ma anche dai resti di organismi vegetali e animali marini e terrestri. Purtroppo, i materiali di origine antropica stanno diventando una componente sempre più consistente delle nostre spiagge. In particolare la plastica, a causa della sua grande diffusione, ma soprattutto del cattivo smaltimento e della sua non biodegradabilità, è il materiale di origine antropica più abbondante rilevato dai Guardiani nelle spiagge indagate.

I risultati dell'attività di monitoraggio delle micro e mesoplastiche

L'attività di monitoraggio delle micro e mesoplastiche ha visto la partecipazione di 56 squadre che hanno rilevato 53 tratti di spiaggia per un totale di 298 punti di rilevamento.

Per l'elaborazione dei dati sono stati considerate esclusivamente le squadre che hanno effettuato i rilievi secondo le modalità previste dal protocollo di campionamento. A seguito delle attività di verifica sono stati approvati per le elaborazioni i dati di 22 squadre, 20 tratti di spiaggia e 130 punti di rilevamento (Figura 18).

L'elaborazione dei dati su micro e mesoplastiche è stata effettuata esclusivamente a livello complessivo senza la suddivisione in ambiti costieri in quanto il campione non era sufficientemente numeroso.

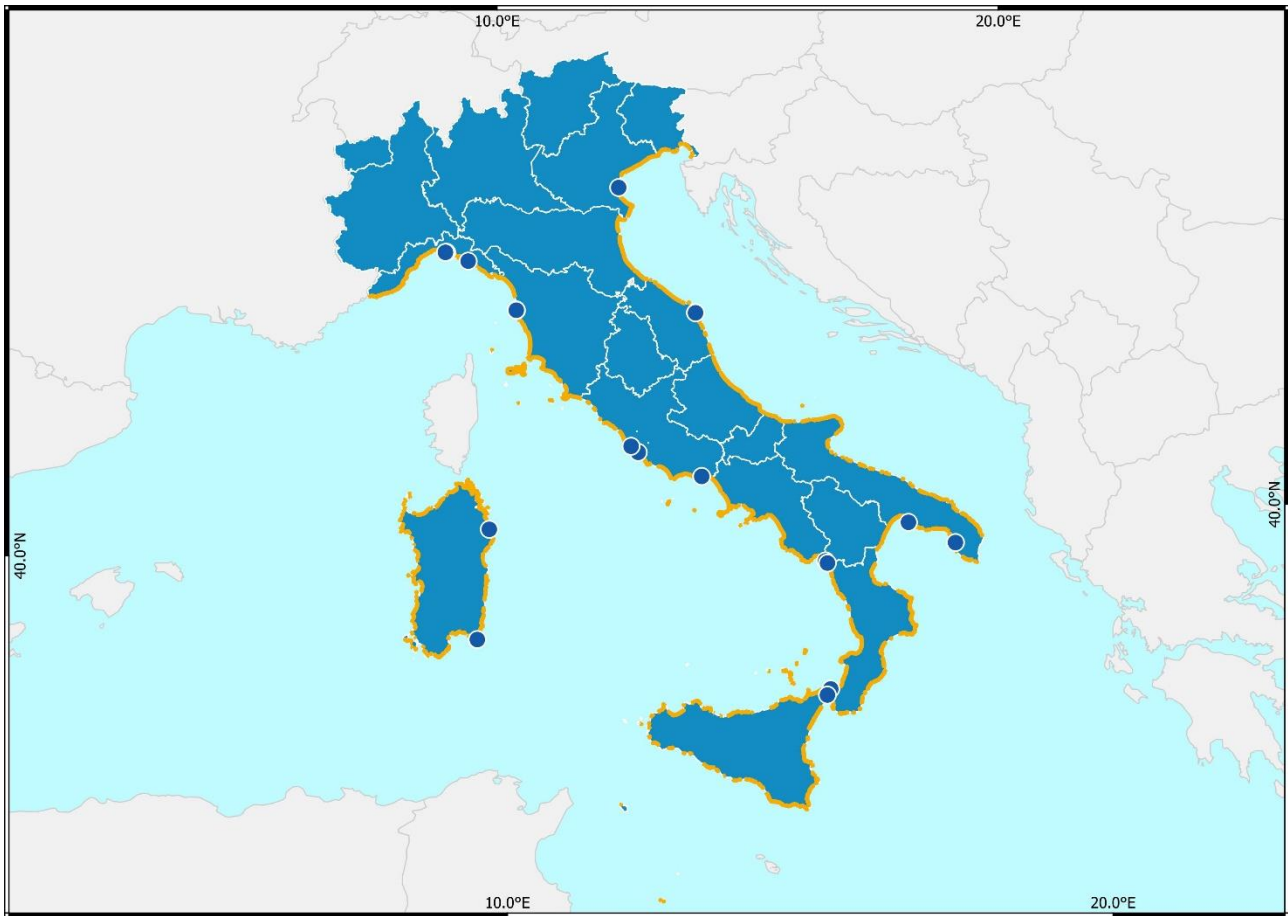


Figura 18. Distribuzione dei tratti di spiaggia dove è stata svolta l'attività di monitoraggio delle micro e mesoplastiche.

Nell'attività di monitoraggio delle micro e mesoplastiche era previsto, per ciascun tratto di spiaggia, il rilevamento su tre transetti distanziati di 50 passi l'un l'altro. Per ciascun transetto il rilevamento veniva effettuato in due punti: un punto di rilevamento in prossimità della battigia (punto A) e un punto in prossimità del retrospiaggia (punto B).

Considerando che il tipo di retrospiaggia può influire sull'accumulo di micro e mesoplastiche (effetto barriera rappresentato da dune, piante, roccia o manufatti), anche per questa attività è stato chiesto ai Guardiani di definire il tipo di retrospiaggia in corrispondenza del punto B.

La distribuzione percentuale delle tipologie di retrospiaggia (Figura 19) rispecchia grossomodo quella ottenuta nell'attività di rilevamento della vegetazione e dune costiere, come si evince dalla Figura 18, seppur con piccole differenze dovute alla diversa dimensione e composizione del campione.

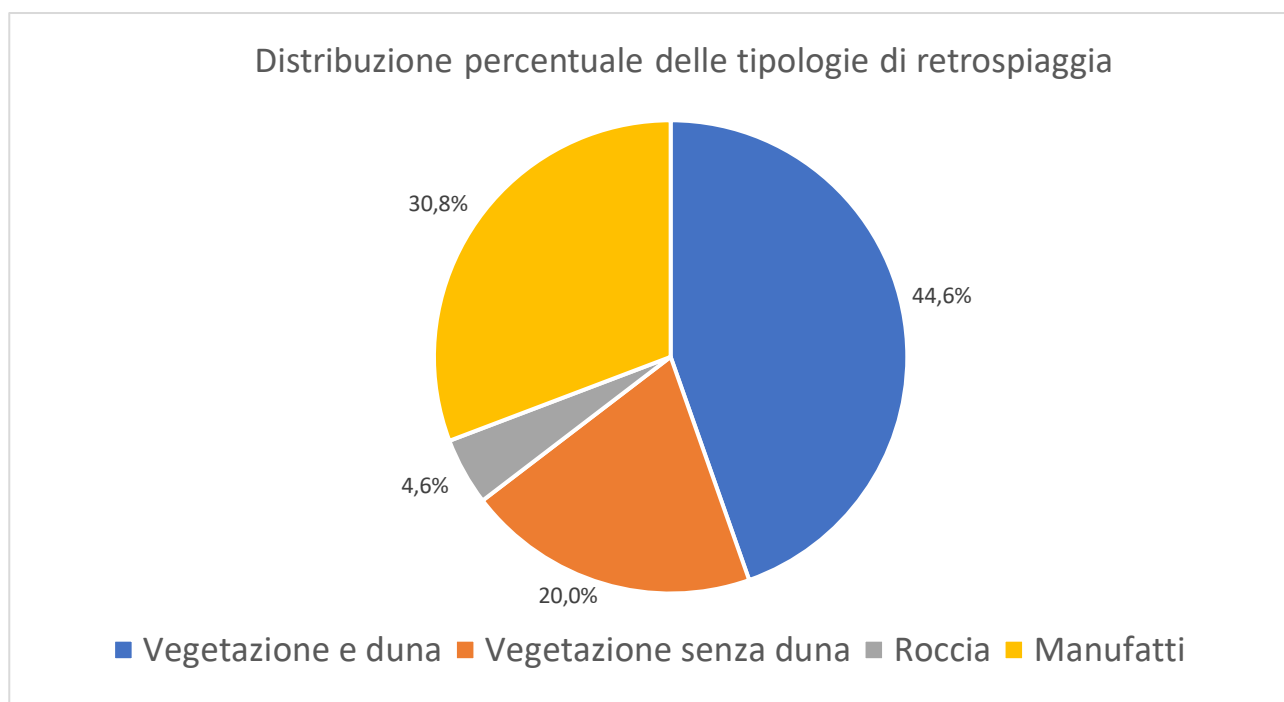


Figura 19. Distribuzione percentuale delle tipologie di retrospiaggia rilevate nell'attività di monitoraggio delle micro e mesoplastiche.

Per comprendere su quali tipologie di spiagge è stato effettuato il monitoraggio è stata calcolata la distribuzione percentuale delle classi di granulometria del sedimento (Figura 20). Anche in questo caso si nota la netta prevalenza delle spiagge a sedimento più sottile, di tipo sabbioso fine. Queste sono spiagge ideali dove svolgere l'attività, che prevede il setacciamento con un setaccio a maglie di 1 millimetro.

Oltre alle spiagge prevalentemente a sabbia fine, sono comprese spiagge a sabbia più grossolana, fino alle ghiaie medie e grosse. In questi casi il processo di cernita delle micro e mesoplastiche può risultare più difficoltoso poiché il setaccio trattiene una maggiore proporzione di materiale sabbioso e ghiaioso residuo.

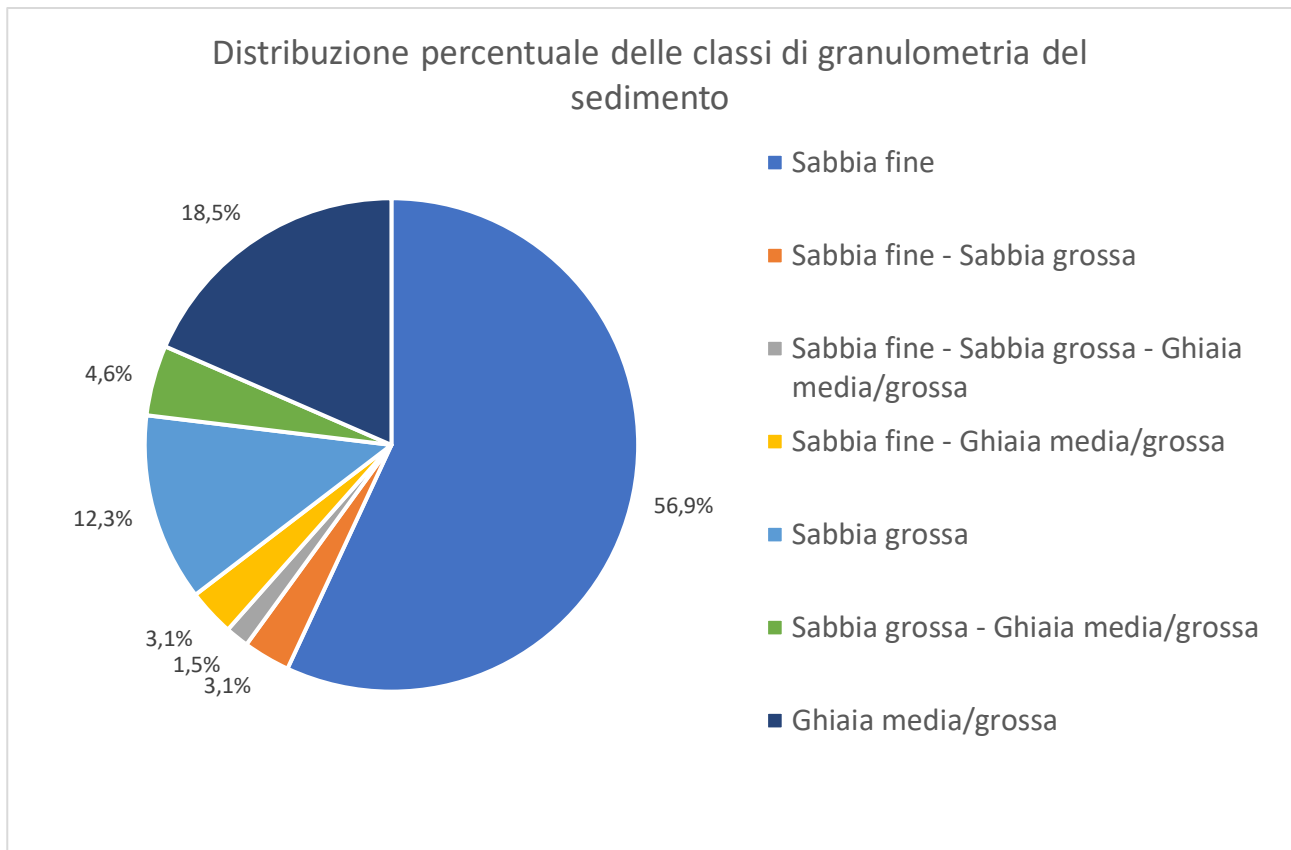


Figura 20. Distribuzione percentuale delle classi di granulometria del sedimento rilevate nell'attività di monitoraggio delle micro e mesoplastiche.

La Tabella 4 mostra le medie del numero di micro e mesoplastiche per m² di arenile, e la dimensione media degli oggetti nel punto A e nel punto B.

Si può osservare che nel punto B, più vicino al retrospiaggia, il numero totale di micro e mesoplastiche al m² è circa doppio rispetto al punto A. Ciò può essere spiegato da un effetto di accumulo dei piccoli elementi di plastica in corrispondenza del retrospiaggia, dove piante, manufatti rocce o dune possono esercitare un "effetto trappola" nei confronti dei materiali trasportati dal vento. Analogamente, è osservabile un aumento dei frammenti fino a 5 mm, dei pellet e dei pezzetti di polistirolo in corrispondenza del punto B. Non si osserva invece differenza per i frammenti tra 5,1 e 20 mm. Una spiegazione di ciò può essere legata a due possibili motivi: una minore suscettibilità al trasporto da parte del vento dei frammenti più grandi, oppure, più plausibilmente, una progressiva riduzione delle dimensioni dei frammenti durante il movimento dalla battigia al retrospiaggia per progressiva frammentazione.

Coerentemente, la dimensione media dei frammenti e dei pezzetti di polistirolo mostra una riduzione verso il punto B. I pellet sembrano, invece, mostrare un trend lievemente opposto, sebbene occorra tenere conto che questi oggetti rappresentano microplastiche primarie con dimensioni abbastanza costanti e che probabilmente risentono meno del fenomeno di frammentazione nel movimento dalla battigia verso il retrospiaggia.

Tabella 4. Medie di numero e dimensione di micro e mesoplastiche nei punti A e B

	Media Punto A	Media Punto B
Numero totale di oggetti per m ²	16,8	31,6
Numero frammenti fino 5 mm per m ²	5,6	13,8
Numero frammenti tra 5,1 e 20 mm per m ²	8,4	8,2
Dimensione tutti i frammenti (mm)	9,3	8,6
Numero totale di pellet per m ²	1,3	3,9
Dimensione media dei pellet (mm)	3,5	4,2
Numero di pezzetti di polistirolo fino 5 mm per m ²	0,6	4,0
Numero di pezzetti di polistirolo tra 5,1 e 20 mm per m ²	0,8	1,7
Dimensione tutti i pezzetti di polistirolo (mm)	9,7	7,0

I dati sulle micro e mesoplastiche sono stati analizzati anche in funzione del tipo di retrospiaggia (Tabella 5), in questo caso considerando esclusivamente il punto di rilevamento B, per capire se l'effetto barriera può essere differente tra tipologie di retrospiaggia.

Innanzitutto, si nota che il numero totale di micro e mesoplastiche è mediamente maggiore in presenza di manufatti. Ciò può essere dovuto ad un maggiore effetto barriera esercitato da strutture solide di origine antropica come muri o pannelli. Il numero totale di micro e mesoplastiche è comunque elevato anche al piede delle dune sabbiose, e meno elevato in presenza di vegetazione senza duna. Il numero maggiore lo ritroviamo in corrispondenza di retrospiaggia roccioso, ma riteniamo non sufficientemente attendibile questo risultato a causa della esiguità del campione.

La stessa tendenza espressa nel capoverso precedente si osserva anche nel numero delle diverse categorie di micro e mesoplastiche.

Per quanto riguarda le dimensioni medie dei frammenti non sembrano esserci particolari differenze meritevoli di essere discusse con sufficiente sicurezza. L'unico aspetto che sembra emergere, è la minore dimensione media dei frammenti di plastica e polistirolo in presenza di manufatti. Ciò può essere spiegato ipotizzando un effetto di frammentazione dovuto a operazioni di pulizia meccanica delle spiagge. Infatti, la presenza di manufatti è in genere legata a spiagge molto antropizzate e con un elevato numero di stabilimenti balneari. Quest'ultimo aspetto può comportare una maggiore frequenza degli interventi di pulizia meccanica e rimaneggiamento della spiaggia che causano una maggiore frammentazione delle plastiche.

Tabella 5. Medie di numero e dimensione di microplastiche nel punto B in rapporto al tipo di retrospiaggia.

	Vegetazione e duna	Vegetazione senza duna	Roccia	Manufatti
Numero totale di oggetti per m ²	35,6	9,2	2,7	44,8
Numero frammenti fino 5 mm per m ²	16,3	4,9	0,0	18,2
Numero frammenti tra 5,1 e 20 mm per m ²	8,8	4,0	2,7	10,8
Dimensione tutti i frammenti (mm)	9,2	8,7	10,0	7,4
Numero totale di pellet per m ²	7,0	0,3	0,0	2,2
Dimensione media dei pellet (mm)	4,1	5,0	-	4,0
Numero di pezzetti di polistirolo fino 5 mm per m ²	1,4	0,0	0,0	11,0
Numero di pezzetti di polistirolo tra 5,1 e 20 mm per m ²	2,1	0,0	0,0	2,4
Dimensione tutti i pezzetti di polistirolo (mm)	8,8	-	-	3,8

In conclusione, l'attività di monitoraggio delle micro e mesoplastiche ha messo in evidenza l'ormai conclamata presenza di questi elementi di origine antropica nelle nostre spiagge. Il numero medio di questi elementi per metro quadrato di arenile appare in linea con altri studi scientifici in materia, ma è probabilmente sottostimato. Si osserva, inoltre, una tendenza alla riduzione delle dimensioni dalla battigia al retrospiaggia, indicando un possibile processo di ulteriore frammentazione nella spiaggia. Questo processo di frammentazione può essere dovuto al calpestamento o alle operazioni di pulizia meccanica delle spiagge. Infine, i risultati sembrano indicare un aumento, soprattutto di microplastiche, nelle aree di transizione tra spiaggia e retrospiaggia. Questo processo di accumulo può essere legato all'effetto barriera degli elementi del retrospiaggia.

Considerazioni finali e suggerimenti

I risultati dell'attività di *citizen science* della quarta edizione di Guardiani della Costa hanno dimostrato un notevole arricchimento in termini di informazioni ecologiche relative all'ambiente costiero delle spiagge italiane.

I dati raccolti con i nuovi protocolli di rilevamento vanno oltre la semplice segnalazione di specie o categorie. Infatti, grazie alla raccolta di dati che descrivono l'ambiente, come il tipo di retrospiaggia, la presenza di segni di erosione e specie chiave che fungono da bioindicatori, i risultati sono ora interpretabili da un punto di vista ecologico.

È normale che i dati di *citizen science* abbiano intrinsecamente una certa percentuale di errore dovuta al fatto che sono campionati da persone non esperte. Tuttavia, la predisposizione di protocolli di rilevamento che hanno raggiunto un buon compromesso tra rigore scientifico e semplicità di applicazione ha permesso di ottenere dati con un livello di errore contenuto. Questo, unitamente al grande numero di rilievi su scala nazionale (92 tratti di spiaggia e quasi 2.000 punti di rilevamento), ha consentito di raggiungere una sufficiente attendibilità dei risultati, come dimostrano anche i valori di accuratezza statistica.

È in questi aspetti che si nota l'opportunità offerta dalla *citizen science*: una dimensione campionaria irraggiungibile per il singolo ricercatore, una discreta affidabilità dei dati e, al tempo stesso, l'avvicinamento alla scienza di un considerevole numero di persone.

Questo report è anche un'occasione di mettere in luce gli aspetti da perfezionare in futuro.

Nessuna delle tre attività di raccolta dati è esente da errori compiuti dalle squadre di Guardiani. In molti casi si tratta di errori tollerabili, e talvolta correggibili, come ad esempio la confusione di una specie per un'altra. In altri casi si tratta di errori nell'eseguire e inviare le foto, che rendono impossibile la verifica dei dati inviati, ma potranno essere ridotti man mano che i Guardiani prenderanno dimestichezza col metodo. In altri casi, invece, si tratta di errori procedurali che rendono inutilizzabili i dati.

È proprio negli errori procedurali che emerge la rilevanza del "fattore docente". I docenti che hanno seguito con maggiore interesse e motivazione il percorso sono riusciti, a loro volta, a coinvolgere maggiormente la squadra e trasmettere le nozioni fondamentali, ottenendo risultati migliori. Nei

casi di errori procedurali importanti, invece, si intuisce che il docente non ha trasmesso le nozioni più basilari, e la squadra ha contribuito con dati di qualità inferiore.

Va considerato che poche squadre che raccolgono i dati in modo superficiale riducono la qualità complessiva di tutti i dati, vanificando il lavoro di qualità svolto dalle squadre che hanno partecipato con maggiore coinvolgimento. Inoltre, se il docente trasmette concetti errati, vanifica l'intento educativo in tema ambientale nei confronti dei propri studenti. Questo "fattore docente" era uno dei più critici anche nelle prime edizioni del progetto, e occorre fronteggiarlo con una maggiore responsabilizzazione del docente.

Ci sono casi in cui le squadre hanno campionato un solo punto di rilevamento su dieci previsti, ottenendo tuttavia l'approvazione dell'attività come completata.

Questi aspetti si possono perfezionare mettendo in pratica diverse correzioni: affrontando con maggior chiarezza nei webinar formativi gli aspetti dove le squadre hanno fatto più errori; svolgendo un test al termine della fase di formazione dei docenti, per valutare se i concetti chiave sono chiari e consentire ai docenti di colmare le carenze; svolgendo la fase di validazione dei dati prima dell'approvazione di attività completata.

Infine, è necessario perfezionare la tempestività nel passaggio di dati e informazioni fra partner scientifici e tecnici, in modo che le attività di un partner agevolino le attività degli altri partner.