Politecnico di Torino

Dipartimento di Architettura e Design
Collegio di Design
Corso di Laurea Magistrale in Design Sistemico

Tesi di Laurea

PULIZIA DELLE SPIAGGE

UNA GESTIONE ALTERNATIVA DELLA POSIDONIA OCEANICA

Relatore: Prof. Paolo Tamborrini
Correlatore: Prof Walter Franco

Candidato: Luca Olmi

Anno Accademico 2020/21

INTRODUZIONE 8
1. JAMES DYSON FOUNDATION 10
2. JAMES DYSON AWARD 12
3. LO STATO DEL MARE 18
3.1 Temperatura della superficie del mare 20
3.2 Salinità 24
4. LA POSIDONIA OCEANICA 28
4.1 IMPATTO UMANO SULLA POSIDONIA OCEANICA 34
5. BANQUETTE 40
5.1 GESTIONE E IMPATTO UMANO SULLE BANQUETTE 42
6. GESTIONI ALTERNATIVE - casi studio 48
6.1 LA SPIAGGIA ECOLOGICA 49
6.2 PROGETTO MEDONIA - ecostrutture per l'arredo urbano 50
6.3 PROGETTO LIFE P.R.I.M.E. 51
6.4 PROGETTO BARGAIN 52
6.5 POSIDONIA GREEN FESTIVAL 53
7. ANALISI TERRITORIALE 56
7.1 ZONA 1 - Rocciosa (i Balzi Rossi e Punta d'u Darsenun) 58
7.1.1 I Balzi Rossi: 58
7.1.2 Punta d'u Darsenun: 59
7.2 ZONA 2 - La Spiaggetta dei Balzi Rossi 60
7.3 ZONA 3 - Baia Grimaldi 61
8. ESIGENZE 64
9. LINEE GUIDA 68
10. PROGETTO 74
10.1 Processo 76
10.2 Dimensioni e proporzioni 84
10.4 Stoccaggio 97
10.4.1 Copertura 97
10.4.2 Telaio 98

10.4 Candidatura al James Dyson Award 104
10.5 Progetti futuri 106
11. Conclusioni 108
BIBLIOGRAFIA 109
SITOGRAFIA 110

INTRODUZIONE

La tesi che segue nasce dalla partecipazione a un concorso internazionale, dedicato agli studenti delle facoltà di design e ingegneria, il James Dyson Award.
La scelta di prendere parte a questa competizione di fama mondiale è mossa dalla grande opportunità di poter avviare una carriera nel mondo del social design, di confrontarsi in modo stimolante con studenti provenienti da altri Paesi e con giudici esperti, ed è legata a un brief molto ampio che premia la creatività connessa alla sostenibilità, lasciando grande libertà di interpretazione ai giovani inventori.
Il processo di progettazione vuole affrontare inizialmente l'analisi del concorso stesso e dei progetti vincitori degli anni passati, nonché i problemi che sono stati risolti da chi ha partecipato dal 2014 al 2020; segue la ricerca di un problema specifico reale di impatto rilevante e, una volta trovato, si procede con l'analisi di quest'ultimo, al fine di ottenere maggiori informazioni possibili circa le cause e gli effetti; saranno raccontate esperienze in merito a specifici sopralluoghi utili nell'immedesimazione e nella comprensione più completa dell'entità del problema, e per poter elencare una serie di linee guida ed esigenze da rispettare; in conclusione si propongono degli obiettivi, e attorno a questi prenderà forma la soluzione.

1

1. JAMES DYSON FOUNDATION

Fondata nel 2002 in Gran Bretagna dal noto imprenditore James Dyson, la ***James Dyson Foundation*** è un ente di beneficenza nata per supportare l'educazione e la formazione dei giovani studenti e inventori, è stata poi ampliata negli USA nel 2011, in Giappone nel 2016 ed infine anche in Malesia e Singapore, dove sono presenti team di progetto. Le missioni principali della fondazione riguardano l'istruzione ingegneristica, la ricerca medica e il sostegno della comunità locale (Chicago), mediante donazioni mirate, workshop, circoli, corsi e altre risorse.
La ***James Dyson Foundation*** vede negli ingegneri i risolutori dei problemi del mondo, perciò si impegna a ispirare i giovani a intraprendere carriere in questi ambiti, per affrontare le sfide del prossimo futuro.
Nella pratica, come si evince dal loro sito, la fondazione mette a disposizione risorse gratuite, lezioni e supporto per gli studenti, dai più piccoli (scuole elementari) ai più grandi (scuole superiori); gli workshop coinvolgono gli studenti durante tutte le fasi di progettazione, dal brainstorming al prototipo, con l'obiettivo di trovare nuove soluzioni creative ai problemi quotidiani; il club doposcuola ***design.build.test.*** consiste in un percorso della durata di 10 settimane, in cui viene insegnato il design thinking per poter sviluppare soluzioni innovative dagli studenti; le donazioni effettuate alle scuole (150mila dollari a tre scuole di Chicago) consentono di acquistare attrezzature nuove per i laboratori e formare gli insegnanti.
Per ciò che concerne invece la ricerca medica, la ***James Dyson Foundation*** investe regolarmente in questo ambito, nel 2011 ha inaugurato il Dyson Center for Neonatal Care al Royal United Hospital di Bath, in Inghilterra. Nello stesso ospedale sono stati donati poi altri 5,2 milioni di dollari per lo sviluppo del Cancer Center[1].

[1] JamesDysonFoundation, https://www.jamesdysonfoundation.com, *2021*

2

2. JAMES DYSON AWARD

Coerente con le missioni legate alla formazione dei giovani inventori e gli investimenti sulle idee brillanti e globali, la ***James Dyson Foundation*** nel 2005 indìce un concorso di idee che incoraggi le giovani menti a pubblicare sulla piattaforma apposita le loro soluzioni innovative a problemi reali, seguendo l'ampio e stimolante brief della competizione, che cita: "progettare qualcosa che risolva un problema".
Il James Dyson Award è un concorso annuale internazionale di progettazione che si rivolge agli studenti universitari delle facoltà di product design, industrial design o ingegneria e a quanti abbiano conseguito una laurea in tali discipline negli ultimi 4 anni.
Il luogo di studio dei candidati deve far parte del seguente elenco di 27 Nazioni: Australia, Austria, Belgio, Canada, Cina, Corea del Sud, Emirati Arabi Uniti, Filippine, Francia, Germania, Giappone, Hong Kong, India, Irlanda, Italia, Malesia, Messico, Nuova Zelanda, Paesi Bassi, Polonia, Regno Unito, Russia, Singapore, Spagna, Svizzera, Svezia, Taiwan, e USA.
Il numero di partecipanti è aperto, nel 2020 sono stati esaminati oltre 1700 candidati dalla giuria, la quale ha il compito di selezionare in una prima fase 3 progetti per ogni regione (uno vincitore e due secondi classificati), per un totale di 81 finalisti. Ogni vincitore nazionale riceve circa € 2200, ma tutti gli 81 finalisti passano alla seconda fase della competizione dove si ha l'opportunità di entrare nella Top Twenty internazionale. Infine, la Top Twenty viene rivista in dettaglio da James Dyson in persona, che sceglie i migliori. Dopo una valutazione dell' Intellectual Property Team di Dyson, che verifica eventuali violazioni di natura legale, si possono annunciare il vincitore internazionale (per cui è previsto un premio in denaro di € 33000), due secondi classificati e il vincitore miglior progetto legato alla Sostenibilità (indetto solo nel 2020 e premiato con una vincita in denaro di € 33000). In totale, il James Dyson Award dall'anno della sua nascita (2005) ha assegnato quasi € 700000 di premi in denaro a giovani ingegneri e designer.
"Young design engineers have the ability to develop tangible technologies that can change lives. The James Dyson Award rewards those who have the persistence and tenacity to develop their ideas" (James Dyson)[2].

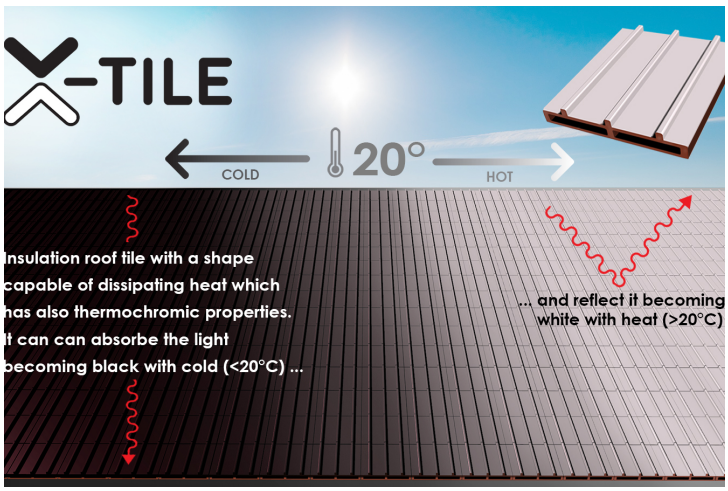
In palio, oltre alle rilevanti somme di denaro, grazie alla piattaforma dedicata vi è la possibilità di farsi conoscere come progettisti nella sezione rivolta ai progetti passati, dove sono raccolte alcune storie dei partecipanti che, grazie a idee innovative, hanno rivoluzionato le loro carriere.
In questa stessa sezione del sito, la pagina filtra i progetti in base all'argomento affrontato, ovvero il contesto del problema preso in analisi, e ne distingue 11: agricoltura, costruzione, energia, formazione scolastica, salute, sicurezza, sostenibilità, stile di vita, tecnologia, trasporto e altro.
Anche se non chiaramente specificato dal concorso stesso, i problemi affrontati dagli studenti che hanno partecipato alle scorse edizioni sono tendenzialmente di natura sociale o ambientale, con una costante attenzione all'aspetto economico, e per questo motivo si può affermare che rispettino le tre P della sostenibilità (planet, people, profit), mantenendo un carattere di tipo etico, indipendentemente dal Paese di provenienza.

[2] jamesDysonAward, https://www.jamesdysonaward.org/it-it/home/, *2021*

Questo dimostra che, da parte dei progettisti, vi è stato un consapevole e responsabile approccio sia all'analisi del problema, sia alla ricerca della soluzione, palesando ciò che a monte è stato un corretto insegnamento di design process.
I progetti finalisti delle precedenti edizioni del James Dyson Award sono stati analizzati e poi suddivisi in due macro-ambiti principali: da una parte i progetti legati alla sostenibilità ambientale creati per risolvere problemi connessi agli elevati consumi e/o agli scarti, dall'altra quelli che rientrano nel settore medico, nati per preservare la salute umana. Degni di menzione anche una piccola parte di progetti finalisti che non rientrano in nessuno dei due macro-ambiti e riguardano in alcuni casi il 3D-printing.
Studiando i due macro-ambiti di ricerca più gettonati dai candidati, si può notare come i progettisti abbiano individuato situazioni e momenti diversi in problemi simili, intervenendo in maniera più particolare che generale. Per questo motivo è stata fatta un'ulteriore suddivisione interna, al fine di individuare i problemi che hanno mosso l'interesse dei vari progettisti provenienti da tutto il mondo, ed è stato notato che le soluzioni presentate intervengono in fasi temporali diverse, impegnandosi a risolvere i problemi legati ad un momento specifico.
Per ciò che concerne il macro-ambito del settore medico, i progetti intervengono in fasi diverse del problema, sia esso una malattia specifica o uno stato di salute particolare dell'individuo, e possono essere divisi in: prevenzione, monitoraggio, primo soccorso, supporto medico, riabilitazione, accessibilità; a seconda della fase di intervento, chiaramente cambiano gli obiettivi, gli usi, i livelli di innovazione e i tipi di tecnologia del progetto.
Per quanto riguardo il macro-ambito della sostenibilità ambientale invece, sono stati individuati solo due problemi fondamentali legati a due momenti diversi (a monte e a valle): i consumi elevati e gli scarti; per la loro natura cronologicamente consequenziale, intervenire sul primo vuol dire evitare che giunga il secondo, mentre intervenire sul secondo vuol dire trasformare il sistema e creare un input sfruttando un output.

L'analisi conseguita in questa sede prende in considerazione i progetti candidati ai concorsi dal 2016 al 2020 compresi, che ha visto in questi anni la partecipazione di tutti i Paesi ammessi, ma l'accesso alle fase finali (Top Twenty) di soli 11 su 27, di cui Gran Bretagna, Canada e Australia i più vincenti. I progetti provenienti dalle università italiane in questi ultimi 5 anni sono stati 18, ma sono stati selezionati per entrare a far parte della Top Twenty solamente due: ***Atropos***, un braccio robotico a sei assi per la stampa 3D ad alta qualità, presentato nel 2017 dal Politecnico di Milano e ***X-Tile***, unico progetto presentato dal Politecnico di Torino nella storia del concorso e composto da una speciale tegola in grado di dissipare il calore, entrato in graduatoria nel 2020 e facente parte del macro-ambito legato alla sostenibilità, in particolare ai problemi connessi con i consumi.

Figura 1



X-Tile, Manuel Ibba, Politecnico di Torino, 2020

Nello stesso anno il concorso ha inaugurato il nuovo premio sostenibilità, che consiste in un ammontare di € 33000 al miglior lavoro che affronta un problema ambientale o sociale o che è stato progettato, acquistato e prodotto pensando alla sostenibilità. James Dyson in persona seleziona anche questo vincitore tra i primi 20 finalisti internazionali, lodando e incoraggiando gli sforzi per forgiare il futuro del design sostenibile.
"Each year we have been struck by the ingenuity and conscience of young people to solve really big problems. So many of the James Dyson Award entries have a focus on improving the world through engineering and technology. Recognising the role that engineers and scientists play in creating a sustainable future, we have decided to introduce a second international prize focused on ideas which do more with less and tackle environmental or social issues" (James Dyson).
La prima e finora unica edizione di questo speciale premio è stato vinto dal ***Aureus System Technology***, parete di materiale riciclato in grado di assorbire la luce UV e convertirla in energia elettrica, ideato all'University of Manila (Filippine).

Figura 2

Aureus, Carvey Ehren Maigue, Papua University, 2020

Non sorprende che sia stato indetto questo nuovo premio, considerando che fra i tre finalisti generali del concorso è quasi sempre arrivato anche almeno un progetto improntato sulla sostenibilità (in ordine dal più recente): ***Tyre Collective***, per ridurre l'inquinamento dei pneumatici durante il loro uso; ***MarinaTex***, bioplastica creata dagli scarti del pesce; ***O-Wind***, turbina eolica per la produzione di energia; ***Ecohelmet***, casco da bici in cartone con struttura a nido d'ape.
Inoltre, il numero di soluzioni sostenibili atte a ridurre gli sprechi o riutilizzarli, sono aumentate sempre più anno dopo anno, facendo così crescere l'interesse da parte degli organizzatori del James Dyson Award ad aggiungere il premio sostenibilità.

Un' ulteriore analisi sui progetti presenti nell'archivio del concorso, riguarda l'uso collettivo o individuale, ovvero se il prodotto (o servizio) sia stato ideato per essere utilizzato da una sola persona e risolvere il suo determinato problema o da più persone contemporaneamente che condividono lo stesso problema. Da non confondere con privato e pubblico, che riguarda invece un ambito di appartenenza del prodotto. Da questa si evince che mediamente circa tre quarti (73/100) delle idee finaliste (Top Twenty) degli ultimi sei anni prevedono un uso individuale dello strumento, ma di questi la maggior parte fanno parte del macro-ambito medico, giustificando il tipo di uso individuale con ragioni legate a fattori igienici o di riservatezza. Per quanto riguarda la minoranza di prodotti ad uso collettivo, di questi la maggior parte sono catalogabili nel macro-ambito della sostenibilità, perché risolvono problemi comuni e consistono in soluzioni spesso a monte (nuovi materiali, nuove fonti di energia, ecc..).

3. LO STATO DEL MARE

"Progettare qualcosa che risolva un problema", come cita il brief del James Dyson Award, implica per prima cosa la ricerca di un problema.
La maggior parte dei problemi ritenuti urgenti, che richiedono una soluzione efficace e immediata, riguardano situazioni gravi e palesemente visibili a tutti, ma se un problema ugualmente grave non fosse visibile a tutti?
Questo lo rendere un problema minore o solo ignorato?

Il nostro pianeta è coperto da mari e oceani per circa il 70% della sua superficie e, sotto il livello di questi, vi è un ecosistema delicato e ricco di specie vegetali e animali, non visibile dalla terra ma non per questo di minore importanza.
Gli oceani svolgono funzioni indispensabili per l'equilibrio globale e per la nostra sopravvivenza. Immagazzinano oltre il 90 per cento del calore prodotto dall'uomo regolando il clima, ospitano un'incredibile biodiversità, forniscono sostentamento a milioni di persone e veicolano il 90 per cento dei commerci mondiali. Nonostante la loro importanza l'impatto dell'uomo sta distruggendo questi ecosistemi, minacciati dall'aumento delle temperature, dall'inquinamento e dallo sfruttamento scriteriato. Oggi possiamo però conoscere con più precisione lo stato di salute degli oceani.
È stata infatti pubblicata la prima edizione annuale del ***Rapporto sullo stato degli oceani (Osr)***, realizzato grazie al lavoro di ottanta scienziati appartenenti a oltre venticinque istituzioni europee coordinati da Marcator Ocean (il centro francese per l'analisi e le previsioni oceaniche globali) che, con la collaborazione del Servizio di monitoraggio ambientale marino Copernicus[3] (Cmems), hanno analizzato e confrontato dati derivanti da anni di ricerca, dal 1993 al 2015. Il rapporto mostra le anomalie oceaniche, le tendenze dell'estensione del ghiaccio marino, l'aumento del livello dei mari e il riscaldamento della superficie degli oceani[4].
Secondo il Rapporto sullo stato dell'oceano del servizio di monitoraggio dell'ambiente marino di Copernicus, dall'inizio del periodo industriale, il clima della Terra è stato sottoposto a pressioni antropiche e i fattori chiave sono gli aumenti di anidride carbonica (CO_2). Gli oceani del mondo fungono da tampone energetico e biogeochimico. Negli ultimi 50 anni, hanno assorbito più del 90% del calore in eccesso ricevuto dal nostro pianeta in via di riscaldamento (Levitus et al. 2005). Allo stesso tempo, hanno assorbito quasi il 30% delle emissioni antropogeniche di CO_2 che portano all'acidificazione degli oceani (Le Quéré et al.). Questi cambiamenti indotti dall'uomo interferiscono con il flusso naturale di energia nel sistema climatico. I principali effetti tampone dell'oceano sul clima non sono senza conseguenze sulla fisica e sulla chimica dell'oceano: innalzamento del livello del mare, aumento delle temperature in superficie e in profondità, scioglimento del ghiaccio marino e restringimento del ghiaccio marino artico, deossigenazione ed espansione delle zone minime di ossigeno e acidificazione. Questi cambiamenti nei parametri fisici e chimici dell'oceano hanno già avuto un grande impatto sugli habitat marini, sugli ecosistemi e sulle risorse marine, che sono anche soggetti a forti pressioni da altre attività umane, tra cui l'inquinamento, la pesca e l'estrazione di risorse (IPCC 2014).[5]

---

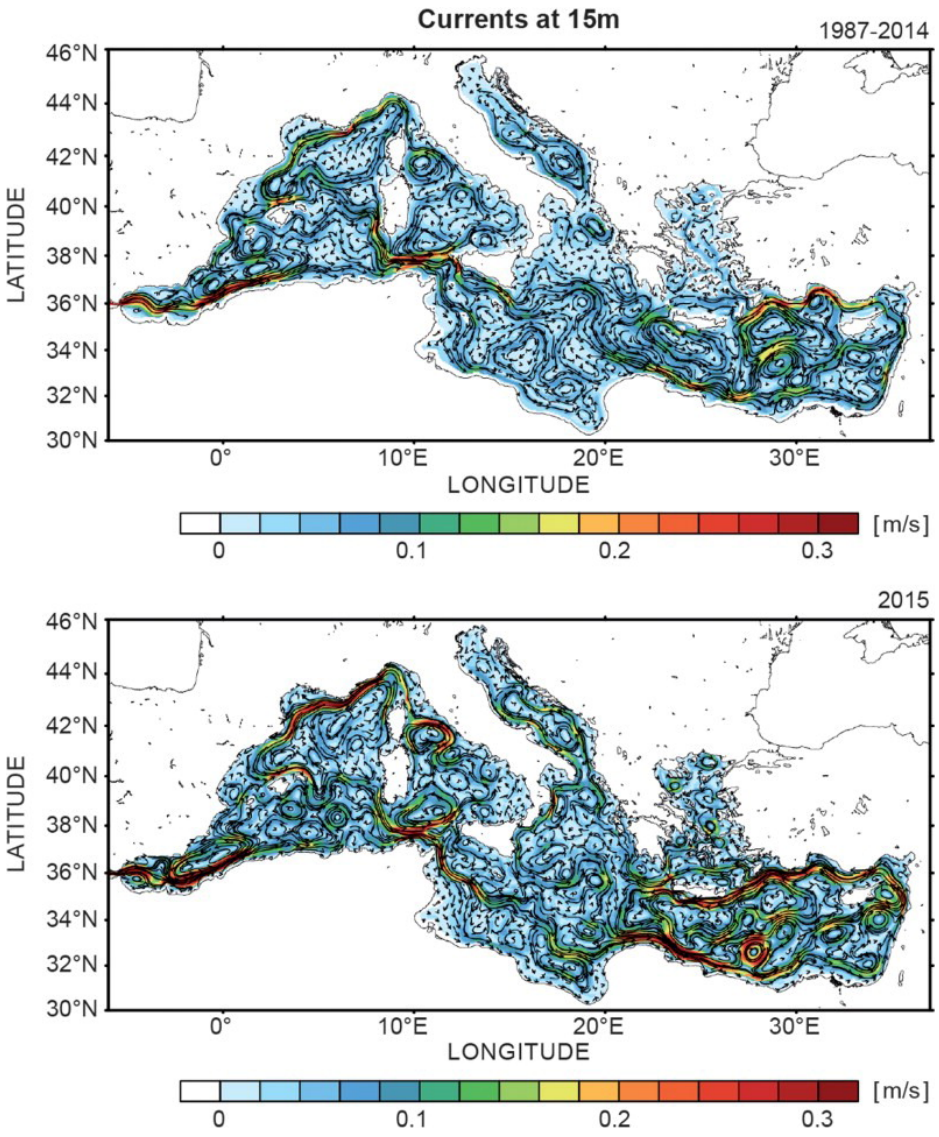
[3] Copernicus: programma di osservazione della Terra dell'Unione Europea

[4] Brenna L., *Come stanno i mari e gli oceani del mondo*, in "*lifegate*", 2017

[5] Karina Von Schuckmann et al., *Journal of Operational Oceanography*, Vol.9, 2017

All'interno del Rapporto del 2015, sono presi in analisi anche i mari regionali, non solo gli oceani. Per quanto riguarda il Mar Mediterraneo, di importanza economica, ambientale e culturale per tutti i numerosi Paesi affacciatisi europei, asiatici e africani, a causa delle sue dimensioni relativamente ridotte e della natura semichiusa, il clima risulta molto sensibile alle forzature atmosferiche e alle influenze antropiche. Fra le variabili essenziali discusse in questo Osr, verranno riportate la temperatura della superficie del mare e la salinità.

Figura 3



Circolazione del Mar Mediterraneo a 15 m: (a) calcolato dal prodotto di rianalisi regionale CMEMS per il Mar Mediterraneo nel periodo 1987-2014; (b) calcolato dai dati di analisi regionale CMEMS per il 2015.
Fonte: "The Copernicus Marine Environment Monitoring Service Ocean State Report" in Journal of Operational Oceanography, 2017

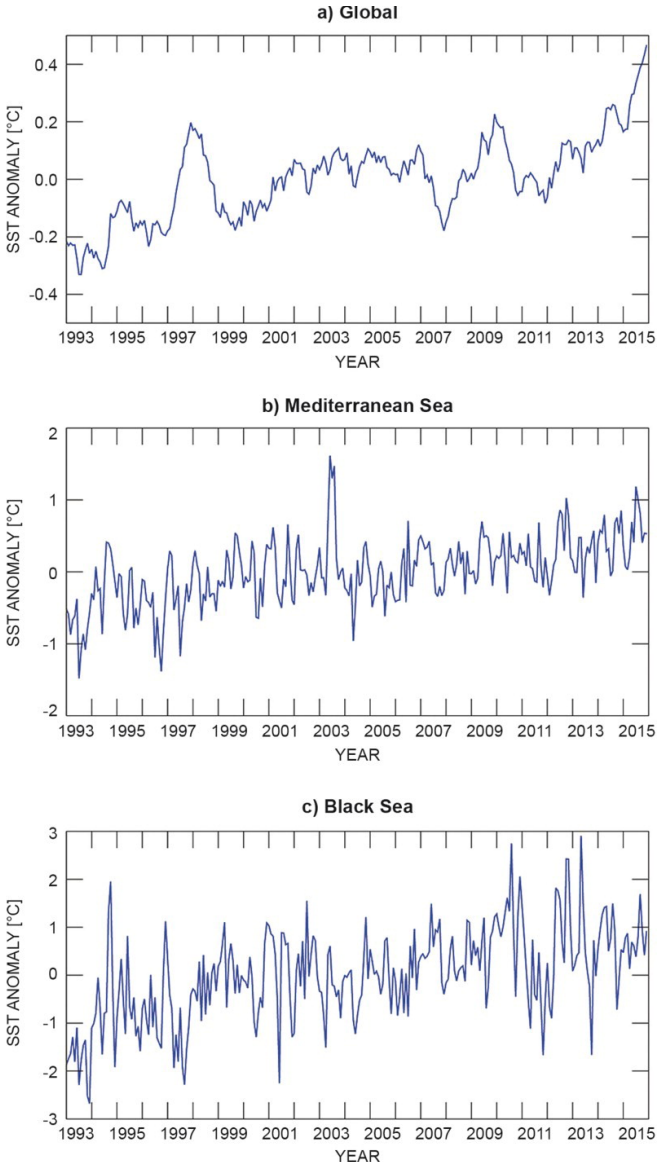
3.1 Temperatura della superficie del mare

La temperatura della superficie del mare (SST) è la variabile oceanica chiave che determina lo scambio di calore tra oceano e atmosfera. È uno dei parametri fondamentali nella ricerca e previsione della variabilità e del cambiamento climatico, ed è richiesto anche per molte altre applicazioni, come i sistemi di previsione meteorologica e oceanica (es. Chelton & Wentz, 2005), la ricostruzione del ciclo di riscaldamento diurno (es. Marullo et al.2014), acquacoltura ecc.
L'SST può fornire informazioni sul bilancio termico nel sistema climatico, sui modelli generali di circolazione e sulle anomalie termiche. Le serie temporali delle anomalie medie globali mensili SST per il periodo 1993-2015 sono state derivate dai prodotti osservativi ESA-CCI. I risultati mostrano un evidente riscaldamento SST a una velocità di 0,016°C/ anno ± 0,002 con una significatività del 99%, che corrisponde a un aumento totale medio di circa 0,4°C in questo periodo di 23 anni.

I minimi SST nel Mar Mediterraneo sono stati registrati durante il 1993 e il 1996, mentre i valori SST massimi si sono verificati durante l'estate 2003 (vedi anche Jung et al.2006; Feudale & Shukla 2007) e 2015. La SST media del Mar Mediterraneo è aumentata a un tasso di 0,039 ± 0,009°C/anno (livello di significatività del 99%), che corrisponde a un aumento medio di 0,9°C nel periodo 1993-2015[6].

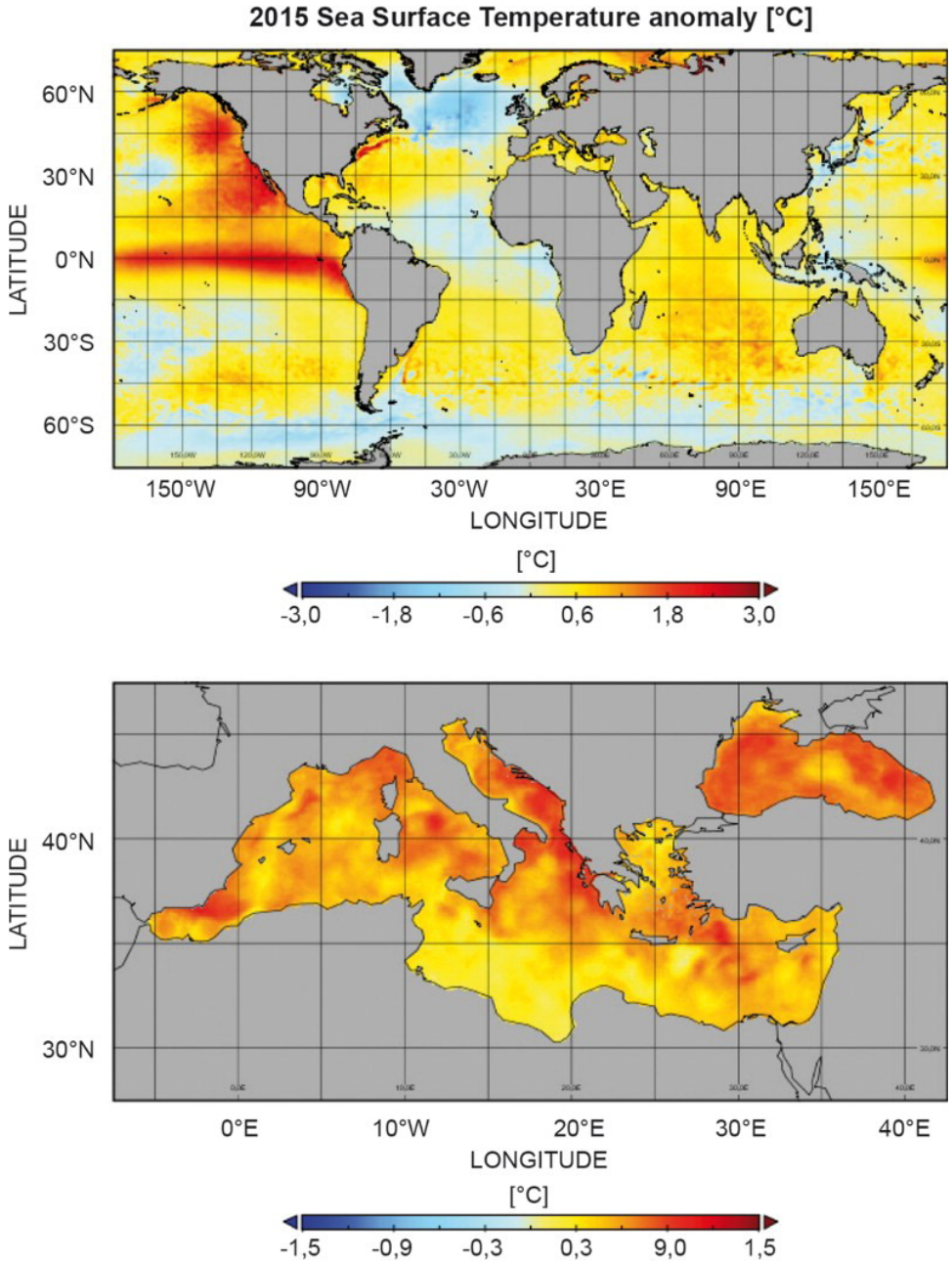
[6] H. Roquet, A. Pisano, O. Embury, *Journal of Operational Oceanography*, Cap.1, Vol.9, 2017

Figura 4



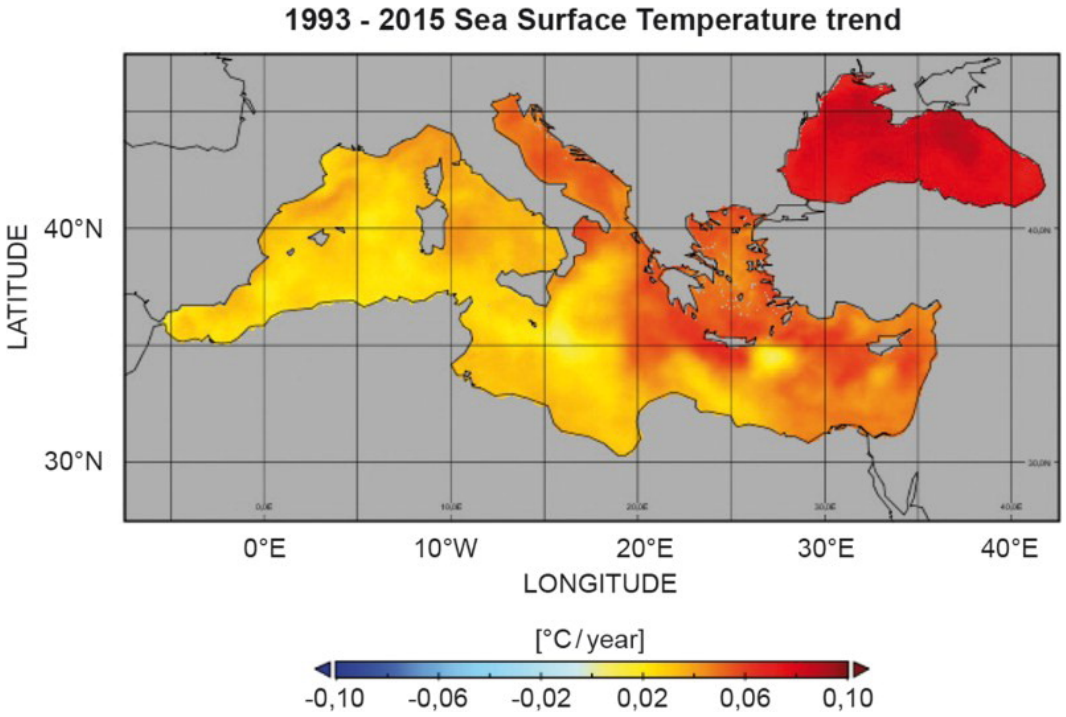
Serie temporali mensili delle anomalie medie globali SST, (b) Mediterraneo e (c) Serie temporali mensili delle anomalie medie SST del Mar Nero.
Fonte: "The Copernicus Marine Environment Monitoring Service Ocean State Report" in Journal of Operational Oceanography, 2017.

Figura 5



Mappa delle anomalie SST globale media annua 2015 (-3/ + 3°C, vedere il testo per informazioni sull'uso dei dati) relativa alla climatologia 1993-2007.
Fonte: "The Copernicus Marine Environment Monitoring Service Ocean State Report" in Journal of Operational Oceanography, 2017.

Figura 6



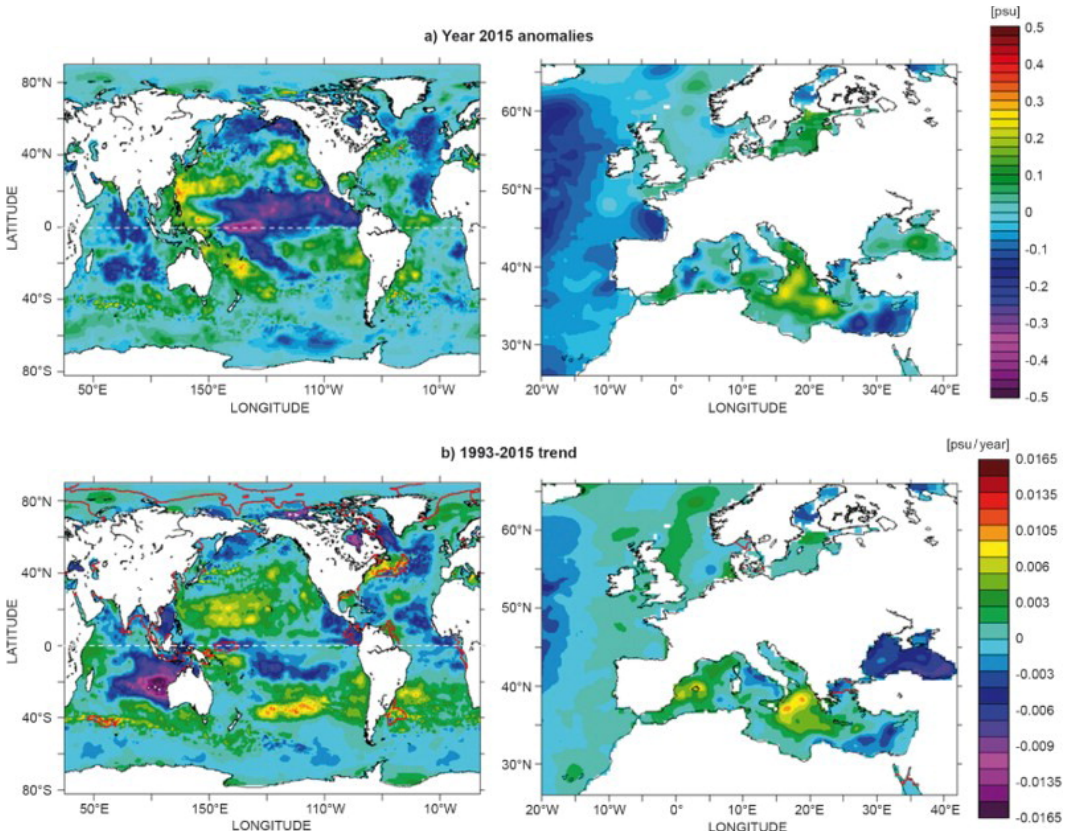
Anomalia generale del riscaldamento superficiale durante il 2015 su tutto il Mediterraneo e il Mar Nero. In particolare, il bacino del Mediterraneo settentrionale e l'intero Mar Nero hanno registrato una forte anomalia positiva (rappresentata da colori in tonalità rossa per anomalie superiori a 0,8°C), mentre le anomalie lungo la costa libica erano prossime allo zero.

Fonte: "The Copernicus Marine Environment Monitoring Service Ocean State Report" in Journal of Operational Oceanography, 2017.

3.2 Salinità

La salinità dell'oceano è una variabile essenziale molto importante in quanto è legata al ciclo dell'acqua terrestre ed è un elemento chiave dei sistemi meteorologici, climatici e ambientali. La componente più grande del ciclo globale dell'acqua si verifica all'interfaccia oceano-atmosfera (Trenberth et al. 2007). Inoltre, in tutto il mondo si stanno verificando cambiamenti nella distribuzione oceanica delle acque salate e dolci, suggerendo legami con il riscaldamento globale e possibili cambiamenti nel ciclo idrologico della Terra (Curry et al. 2003; Durack et al. 2016). La struttura spaziale della superficie oceanica globale e del campo di salinità del sottosuolo è mantenuta dalla circolazione e dalla miscelazione oceanica, entrambe guidate dai gradienti di densità oceanica e dai flussi aria-mare. A questa interfaccia, la salinità della superficie del mare (SSS) risponde al cambiamento dei modelli di evaporazione, precipitazione e deflusso fluviale visualizzando anomalie salate o fresche.

Figura 7



Mappe orizzontali (globali e zoom sui mari europei) della salinità vicino alla superficie (10 m) (a) anomalie nel 2015 relative al periodo climatologico 1993-2014 (le unità sono psu) e (b) tendenze durante il periodo 1993–2015 (le unità sono psu/anno, la linea rossa corrisponde alle aree in cui la correzione dell'errore formale dell'adattamento dei minimi quadrati è maggiore di 0,001 psu/anno).
Fonte: "The Copernicus Marine Environment Monitoring Service Ocean State Report" in Journal of Operational Oceanography, 2017.

Nel Mar Mediterraneo si osservano anomalie di salinità nel bacino ionico e nuove anomalie nel bacino levantino, entrambi con ampiezza simile di ±0.2 psu.
Le anomalie negative nel levantino sono legate al modello di circolazione superficiale caratterizzata da uno spostamento verso sud-ovest della Corrente Atlantica Ionica, che attraversa il canale in direzione sud-est come un unico getto principale, diventando la Corrente Meridionale del Passaggio di Creta e portando acque relativamente dolci nel Levante e nell'Egeo. Il Mar Mediterraneo, il bacino del Tirreno meridionale, il bacino ionico e il Mar Adriatico meridionale sono molto più salati rispetto alla media di lungo periodo.[7]

I cambiamenti di temperatura e salinità, oltre che il livello di torbidità del mari, sono condizionati dalle attività terrestri, soprattutto da quelle umane, tanto più se intensive e nelle vicinanze delle zone costiere (urbane, industriali e commerciali).
Gli avvenimenti sulla terra hanno quindi ripercussioni sul mare e, proprio per questo costante flusso di energia fra l'ecosistema terrestre e quello marino, è chiaro che la biosfera debba essere considerata in maniera olistica e non settoriale.
Uno di questi ecosistemi in particolare è minacciato dall'impatto fortemente dannoso dell'uomo, soprattutto per edificazioni costiere, opere di urbanizzazione, infrastrutture varie, porti turistici e industriali, stabilimenti balneari, spiagge artificiali, gestioni scorrette degli spiaggiamenti vegetali; queste attività minacciano la salute delle praterie di Posidonia oceanica, specie vegetale appartenente alla famiglia delle angiosperma, la cui presenza sui fondali marini risulta indispensabile per il mantenimento della buona salute degli ecosistemi del Mar Mediterraneo. La presenza di questa pianta appare, infatti, come un significativo indicatore della qualità delle acque marine lungo la costa, proprio per via della sensibilità posseduta nei confronti di eventuali modificazioni delle condizioni ambientali che possono imperversare le stesse zone costiere.
La regressione che sta subendo sta avvenendo ad una velocità allarmante, con un tasso di perdita di circa 5% ogni anno (quadruplo del tasso di perdita della foresta tropicali), come riporta il Posidonia Green Project[8].
Come se non bastasse, la Posidonia ha lunghe tempistiche di crescita e una bassa produzione di sementi, aspetti che contribuiscono a rendere irreversibile la regressione delle praterie[9].
Per via dell'effetto a catena e della ciclicità della vita naturale, le conseguenze di questo problema si ribaltano sulle altre piante, sulle alghe, sui pesci, sui crostacei e anche sulle coste, le spiagge e gli animali terrestri, infatti come verrà descritto nel capitolo dedicato alla Posidonia oceanica, queste piante influenzano la vita dell'intero Mar Mediterraneo.

---

[7] S. Guinehut, G. Notarstefano, S. Simoncelli, P. Poulain e Karina von Schuckmann, *Journal of Operational Oceanography*, Cap.1, Vol.9, 2017

[8] Posidonia Green Project: organizzazione internazionale dedicata alla protezione dell'ambiente marino

[9] Posidonia Green Project, https://www.posidoniagreenfestival.com/posidonia-oceanica/

4. LA POSIDONIA OCEANICA

La Posidonia oceanica (L.) Delile, spesso erroneamente considerata un'alga, è una pianta acquatica fanerogama[10] presente esclusivamente nel Mar Mediterraneo, luogo che per via delle sue condizioni ambientali si è rivelato ottimale in termini di temperatura, salinità e trasparenza delle acque.
Tale pianta marina occupa i fondali popolando vaste aree identificabili come reali praterie, capaci di sostenere un ecosistema subacqueo fondamentale per l'equilibrio dell'intero bacino mediterraneo[11].

Figura 8

Areale della Posidonia oceanica

[10] Il termine fanerogame riguarda la proprietà di queste piante di moltiplicarsi per riproduzione sessuata, attraverso la fecondazione di fiori, la maturazione di frutti, e la produzione di semi. (biologiamarina.org, 2012)

[11] P. Borrello et al., *Formazione e gestione delle banquettes di Posidonia oceanica degli arenili*, ISPRA,p1, 2010

E' una pianta superiore[12] appartenente alla famiglia delle Posidoniaceae (subphylum Angiospermae, classe Monocothyledonae) dotata di diverse strutture vegetative: radici, rizoma (il fusto), fasci di 6/7 foglie, fiori (in autunno) e frutti (in primavera) generalmente note col nome di "olive di mare"[13].

Figura 9

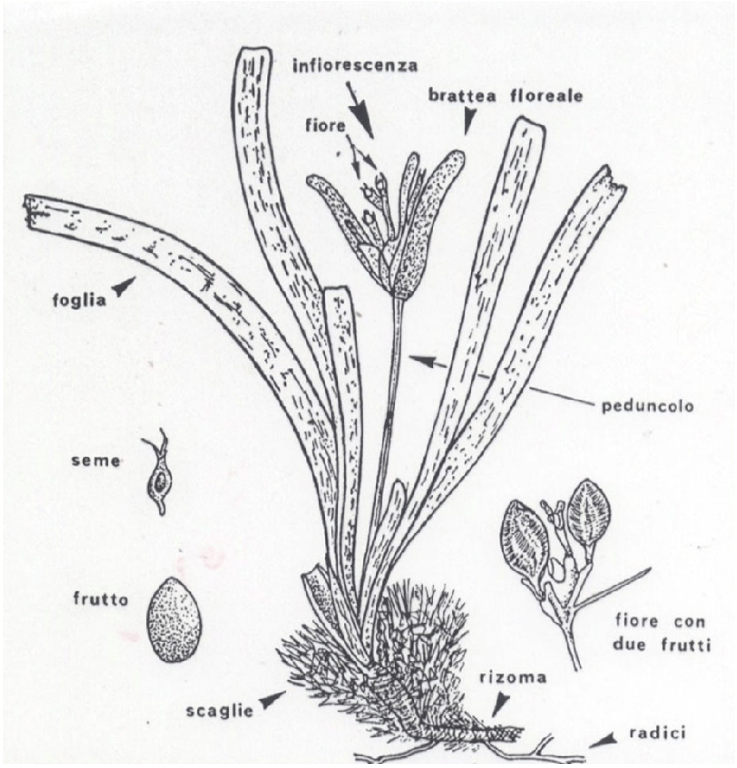
Posidonia oceanica nei fondali marini
Fonte: PosidoniaGreenFrestival, https://www.posidoniagreenfestival.com/posidonia-oceanica/, 2021.

[12] Pianta superiore: ciascun organismo vegetale provvisto di "fasci vascolari", il quale corpo è distinto in radice, fusto e foglia. (Internazionale dizionario)

[13] P. Borrello et al., *Formazione e gestione delle banquettes di Posidonia oceanica degli arenili*, ISPRA,p1, 2010

La Posidonia oceanica può riprodursi per via sessuata mediante fiori e frutti (Den Hartog, 1970). La fioritura è comunque un evento molto raro pertanto, la principale modalità di riproduzione è quella asessuata per distacco di frammenti di rizomi terminali.
I rizomi, la cui parte più esterna va incontro ad una graduale lignificazione, possono presentare rizomi ortotropi[14] (senso verticale) oppure plagiotropi[15](senso orizzontale), a secondo dell'orientamento della loro crescita. I rizomi plagiotropi sono i primi a colonizzare i sedimenti. Essi crescono alla velocità di circa 7 cm/anno originando altri rizomi orizzontali che aiutano la pianta, grazie alle radici, ad ancorarsi al substrato. La crescita verticale dei rizomi ortotropi invece, contrasta il graduale insabbiamento causato dalla costante attività di sedimentazione consentendo così un miglior sfruttamento della luce e dello spazio disponibili (Mazzella et al., 1986)[16].

Figura 10



Disegno schematico che illustra le principali parti costituire di un ciuffo di Posidonia oceanica
Fonte: G. Norrito, S. Ragonese, "Florilegio sulle possibili cause dell'erosione della spiaggia di Tonnarella (Mazzara del Vallo; Sicilia sud occidentale)", 2019

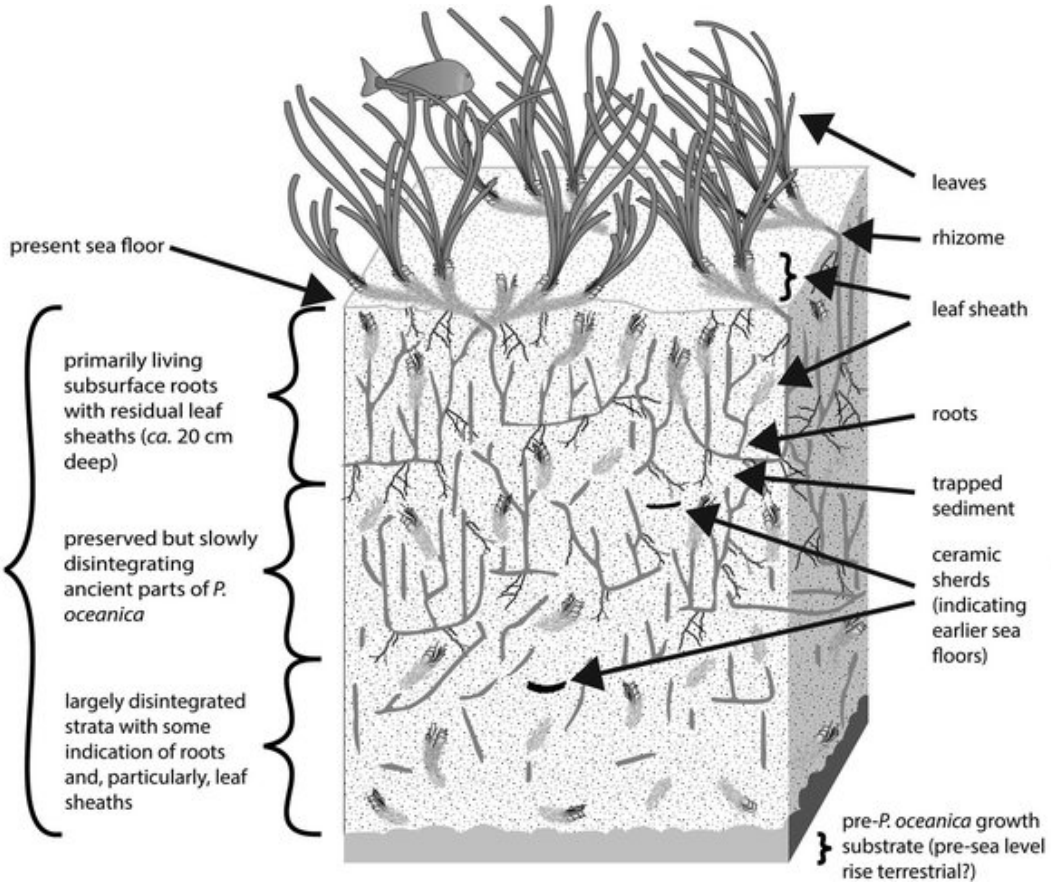
[14] ortotropismo: incurvamento di un organo vegetale, che per l'azione di uno stimolo assume una posizione coincidente con la direzione dello stimolo. (enciclopedia Treccani)

[15] plagiotropismo: fenomeno che consiste nella disposizione obliqua o trasversale di un organo vegetale rispetto allo stimolo esterno (luce o gravità). (enciclopedia Treccani)

[16] P. Borrello et al., *Formazione e gestione delle banquettes di Posidonia oceanica degli arenili*, ISPRA,p2, 2010

Tale modalità di accrescimento è all'origine della formazione della ***matte***, tipica struttura "a terrazzo", costituita dall'intrecciatura di numerosi livelli di radici, di rizomi e di sedimento intrappolato e compattato. Questa formazione, che può raggiungere i 6 metri di altezza, è ricoperta da forme vegetali viventi solo nella sommità (Mazzella et al., 1986; Boudouresque et al, 1984).
Le metodologie di crescita e la morfologia permettono alla Posidonia di formarsi preferibilmente su fondali sabbiosi, ma cresce anche su roccia e recentemente è stato descritto un posidonieto su sedimenti relitti. (De Falco et al 2008)[17].

Figura 11



Disegno schematico sproporzionato che illustra la composizione della matte
Fonte: M. Artzy, G.F. Votruba, H. Erkanal, "A set Archaic anchor arm exposed within P. oceanica matte at Klazomenai/Liman Tepe, Turkey: A contribution for understanding marine stratigraphy", 2016

[17] P. Borrello et al., *Formazione e gestione delle banquettes di Posidonia oceanica degli arenili*, ISPRA,p2, 2010

La Posidonia è l'unica fanerogama capace di occupare ininterrottamente i litorali, dal livello di superficie fino ad una profondità anche di 45 metri in caso di alto livello di trasparenza dell'acqua.
E' una pianta fotofila e stenoalina, necessita cioè di valori di salinità relativamente costanti (36‰- 39‰) e cresce in un campo di temperature compreso fra i 10 e i 28 °C con optimum tra 17 °C e 20 °C[18].
Grazie alle peculiarità e all'elevato quantitativo di biomassa generata, le praterie costituiscono un substrato adatto all'insediamento di molteplici specie, sia animali sia vegetali, favorendo la diversificazione e l'incremento della fauna in tale ecosistema. In queste ultime sono compresi gli epifiti, organismi che vivono in simbiosi con la struttura delle piante (quali batteri, protozoi, alghe, piccoli animali, ecc), le comunità animali vagili e sessili e, infine, le comunità di organismi detritivori.
Tra le forme di vita connesse alla prateria la cui esistenza non è legata a quella della struttura della pianta vi sono organismi di diverse dimensioni: inferiori al millimetro (globalmente indicati come meiofauna, come i Nematodi, gli Acari, i Crostacei, i Policheti, ecc.), di grandezza media (invertebrati, come il riccio di mare, gli Isopodi e i Molluschi), fino ad arrivare ai pesci, le tartarughe marine e molti altri.
Laddove presenti, le praterie ricoprono quindi un ruolo rilevante sia dal punto di vista ecologico sia da quello geologico sia, ancora, da quello economico, soprattutto nei bacini lungo la costa poco profondi (Spalding et al.,2003)[19].

- Dal punto di vista ecologico plasmano un habitat capace di "ospitare una grande varietà di specie e rappresentano importanti aree di riparo, riproduzione e nursery per diverse specie di pesci, bivalvi e gasteropodi" (Guidetti e Fabiano,2000; Boudouresque et al., 2006). L'ambiente marino beneficia di un elevato tasso di produttività definita primaria e di una considerevole produzione di ossigeno, diretta conseguenza di un'importante capacità di sviluppo fogliare (Gobert et al., 2006). Inoltre, assumono un ruolo determinante anche nel ciclo del carbonio, consentendo l'immagazzinamento di quest'ultimo nei rizomi e, anche, nella matte.
- Circa gli aspetti geologici, le praterie possono consolidare il substrato sabbioso e aumentare la rugosità dei fondali, andando a ridurre l'idrodinamismo delle correnti, per merito dei fasci fogliari lunghi, densi e fitti. Questo si traduce in un rallentamento della dislocazione dei solidi sospesi e, quindi, facilita la sedimentazione e l'accumulo di materiale sia organico sia inorganico.
- Infine, il valore delle praterie nelle zone litoranee comprende anche un aspetto economico. Tra i principali servizi ecosistemici, infatti, è possibile elencare: il miglioramento della qualità dell'acqua di mare, la riduzione della concentrazione di gas serra sia nell'atmosfera sia negli oceani e, anche, la tutela di una elevata varietà di organismi, tra cui molte specie di pesci e crostacei con un elevato valore commerciale. Oltre a ciò, la qualità delle acque e l'equilibrio della costa sono determinanti per lo sviluppo urbano, per il turismo e per le altre attività economiche tipiche delle località mediterranee e sono entrambe condizioni che risentono in modo sostanziale della presenza o meno delle praterie (Terrados e Borum, 2004). Tradotto in termini economici,

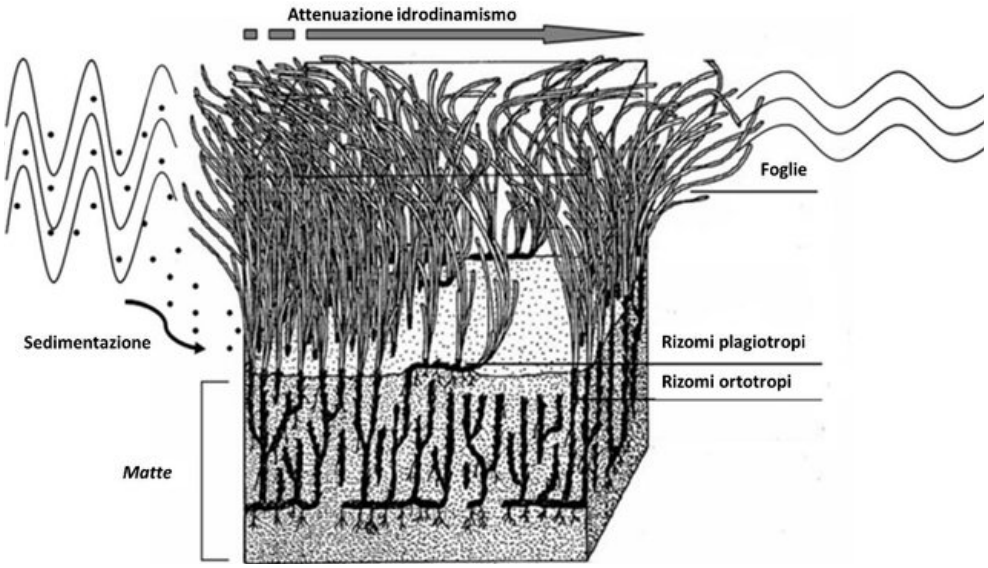
---

[18] P. Borrello et al., *Formazione e gestione delle banquettes di Posidonia oceanica degli arenili*, ISPRA,p2, 2010

[19] A. Scarpato et al., La Spiaggia Ecologica: gestione sostenibile della banquette di Posidonia oceanica sugli arenili del Lazio, ISPRA, p6, 2020

il valore dell'impatto ecosistemi delle Fanerogame marine, tra cui la Posidonia, è stato stimato da Costanza et al. (2014) a 2.800.000 US$ per km2 per anno. Inoltre, di recente sì è valutato l'apporto economico complessivo delle praterie corrispondente a un range tra i 283 e i 513 € per ettaro per anno, dato probabilmente sottostimato a causa delle ridotte informazioni a disposizione (Champagne et al., 2015)[20].

Figura 12



Rappresentazione schematica della riduzione dell'idrodinamico da parte della Posidonia.
Fonte: A. Scarpato et al., La spiaggia ecologica: gestione sostenibile della banquette di Posidonia oceanica sugli arenili del Lazio, 2020.

Le praterie, anche attraverso i loro accumuli spiaggiati, rappresentano ecosistemi di interazione e scambio tra i sistemi ecologici marini e quelli terrestri.
Le foglie nastriformi con apici arrotondati, dalla larghezza media di 1 cm e la lunghezza massima raggiungibile di 1,5 mt, quando sono adulte e si trovano nella parte più esterna del fascio, si staccano dalla pianta in autunno e trasportate dalle correnti e dalle onde raggiungono le spiagge dove si accumulano formando le banquettes, di cui verrà ampiamente discusso nel capitolo dedicato.
Le foglie staccate e arenate a causa del moto ondoso rappresentano un ulteriore rilevante contributo alla riduzione dei processi di erosione costiera, oltre a prendere parte al ciclo del carbonio, agendo come serbatoi dello stesso.
La caduta delle foglie lascia sui rizomi resti fibrosi i quali una volta staccati, sotto l'effetto delle correnti e delle onde, si aggregano a formare strutture tondeggianti o ovali, di colore marrone chiaro, di consistenza feltrosa chiamate egagropili. La caduta delle foglie, così come la loro formazione, avviene durante tutto l'anno (Pergent et Pergent-Martini, 1991).

[20] A. Scarpato et al., La Spiaggia Ecologica: gestione sostenibile della banquette di Posidonia oceanica sugli arenili del Lazio, ISPRA, p6, 2020

4.1 IMPATTO UMANO SULLA POSIDONIA OCEANICA

Le aree litoranee del Mediterraneo, che si estendono per 1.491.977 km2 sugli 88.528.914 km2 della superficie totale dei Paesi che lo delimitano, contengono circa il 37,2 % della popolazione, con livelli di urbanizzazione anche molto densa(UNEP, 1989).
L'impatto umano sull'habitat della pianta ha notevoli ripercussioni, riducendo il naturale equilibrio esistente, come dimostrano i seguenti esempio.
L'iper-urbanizzazione costiera incrementa l'azione inquinante a causa degli scarichi dei paesi affacciati sul litorale e l'afflusso turistico tipico del periodo estivo non fa che esasperare tale fenomeno. Oltre a ciò, industria e agricoltura sono una concausa dell'inquinamento delle coste: le immissioni di acque dolci provenienti da fiumi e canali hanno un apporto inquinante pari circa al 40%. Le sostanze nocive sfociano nel mare per percolazione oppure in modo diretto, mediante canali idrici e di scarico, generando inquinamento, causando la risalita a minori profondità delle praterie di Posidonia oceanica, spostando i confini della stessa più vicini alla riva. Oltre a ciò, sia l'incremento delle particelle in sospensione sia lo sviluppo di organismi fitoplantonici[21] determinano un eccessivo sviluppo di epifiti vegetali sulle foglie di Posidonia, elementi responsabili della riduzione dell'intensità luminosa che solitamente raggiunge i fondali, limitando la tipica attività fotosintetica della pianta.
A tal proposito, Pérès (1984) ha osservato lungo i litorali più urbanizzati del Mediterraneo (Francia, Italia e Spagna), una diminuzione della densità fogliare della prateria e un calo della copertura del fondale occupato. La massiccia cementificazione delle zone litorali con conseguente infangamento dei fondali, provoca uno stato di squilibrio nella struttura dinamica della prateria, in quanto le piante non sono più in grado di adeguare il limite di crescita all'aumentato ritmo di sedimentazione (Pérès, 1984; Balduzzi et al., 1984; Bourcier, 1989; Boudouresque et al., 1990).
Astier (1984) studiando i danni subiti da una prateria di Posidonia per la costruzione di una spiaggia artificiale antistante Tolone, osserva la perdita di 22 ettari di prateria, perché coperti dalla costruzione stessa, di 10 ettari distrutti dal successivo infangamento e la risalita del limite inferiore da 28 a 15 metri di profondità per la prolungata torbidità.
Anche Bourcier (1989) registra un innalzamento rilevante del limite inferiore, che passa dai 28 metri ai 25 metri a seguito dell'impatto congiunto di 2 scarichi urbani su una prateria nella baia di Cassis (Marsiglia) tra il 1966 e il 1979. Gli scarichi urbani, oltre a causare un incremento del livello di torbidità, sono anche responsabili dell'evidente regressione della prateria, in quanto contengono e apportano una significativa quantità e varietà di sostanze chimiche capaci di alterare la biosintesi dei pigmenti fotosintetici (Augier et Madinas, 1979).
Tra le numerose sostanze altamente inquinanti vanno menzionati anche i detergenti, poiché presentano caratteristiche tossicologiche capaci di causare danni letali dal punto di vista istologico e sono capaci di modificare i processi di crescita e sviluppo della Posidonia (Augier et al., 1984, 1987). Infine, sempre considerando sostanze chimiche, gli idrocarburi sono responsabili di ostacolare la penetrazione dei raggi solari, poiché, formando una sottile pellicola sulla superficie dell'acqua e depositandosi sulle foglie, diminuiscono l'apporto luminoso necessario alla pianta per realizzare gli scambi gassosi che caratterizzano il processo di fotosintesi.

[21] fitoplanton: L'insieme di tutti gli organismi acquatici vegetali che fanno parte del plancton (enciclopedia treccani)

Un altro importante tipo di minaccia che provoca la regressione delle praterie, è collegabile allo stress meccanico legato all'uso smodato di imbarcazioni, soprattutto nei mesi estivi, che, oltre all'inquinamento, disturbano l'ecosistema delle comunità sottomarine; agli ancoraggi, che hanno un impatto negativo sui fondali; agli impianti di acquacoltura, attività sempre più frequente, il cui effetto è ancora poco conosciuto; al sovrasfruttamento dall'attività di pesca (overfishing[22]), soggetta recentemente a una blanda regolamentazione[23].
Un po' ovunque, lungo le coste di Mediterraneo Nord-occidentale, si incontrano macchie circolari d'erbario morto che corrispondono ad esplosioni subacquee: bombe cadute in occasione della guerra 1939 - 1945, esplosione di mine durante o dopo la guerra, o pesca alla dinamite (Pergent-Martini, 1994; Harmelin et al. 1996; Pasqualini et al. 1999, 2000).
Inoltre, la pesca "a strascico" (così come altre tipologie di pesca illegali) arando il substrato, estirpa le foglie ed i rizomi della pianta, provocando una diminuzione della densità della pianta e delle sostanze umiche, provocando così sia la rovina degli habitat naturali di molte specie anche d'interesse economico sia la diminuzione dei meccanismi di crescita della prateria (Augier et Boudouresque, 1970; Porcher et Jeudy de Grissac, 1985; Astier, 1984; Peres, 1984; Ar- dizzone et Pelusi, 1984).
Infine, bisogna tenere in considerazione la crescente minaccia legata alla costruzione di infrastrutture costiere come oleodotti e gasdotti, dighe foranee di porti e barriere artificiali. Queste opere a mare creano un danno meccanico irreversibile, o modificano il regime idrodinamico con un conseguente soffocamento della pianta a causa dell'incremento della sedimentazione. Queste attività dunque hanno innescato il processo di regressione delle praterie di Posidonia oceanica, che sembra essere irreversibile.
Tra le alterazioni legate indirettamente alle attività umane, possiamo prendere in considerazione l'introduzione di specie alloctone; queste competono con la Posidonia oceanica per il substrato e negli ultimi anni, probabilmente a causa delle variazioni climatiche che interessano il Mediterraneo, stanno sempre più estromettendo la Posidonia oceanica dai substrati che le sono più congeniali. L'esempio più importante di tale fenomeno è dato dall'espansione della Caullerpa taxifolia (Vahl) e della Caulerpa racemosa (Forsskal), alghe tropicali appartenenti al phylum Chlorophyta (Villele et Verlaque, 1995; Ceccherelli et al., 2000; Piazzi et al., 2000; Ceccherelli et al., 2002).
Va comunque osservato che, probabilmente, nessuna di queste fonti di disturbo sia sufficiente da sola a produrre una regressione delle praterie simile a quella a cui si sta assistendo oggi, bensì è la sinergia dei vari fattori considerati a essere responsabile di tassi di perdita così consistenti.
In ogni caso vale la pena rammentare come i meccanismi descritti siano "sitospecifici"[24].
L'area totale nota delle praterie di P. oceanica nel Mar Mediterraneo è risultata essere di 1.224.707 ha (510.715 ha nella parte occidentale e 713.992 ha nella parte orientale del

---

[22] overfishing: La cattura incontrollata di pesci in un corso d'acqua o in una zona di mare, tale da pregiudicarne in modo irreparabile le capacità riproduttive. (Oxford Languages)

[23] P. Borrello et al., *Formazione e gestione delle banquettes di Posidonia oceanica degli arenili*, ISPRA,p6, 2010

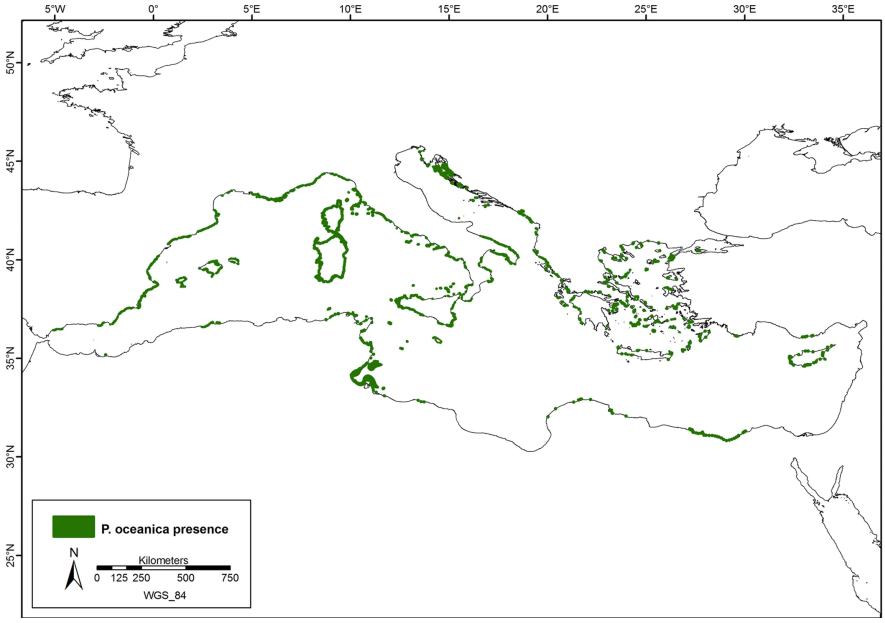
[24] P. Borrello et al., *Formazione e gestione delle banquettes di Posidonia oceanica degli arenili*, ISPRA,p7, 2010

bacino) e ha evidenziato la mancanza di dati rilevanti in una parte del bacino (21.471 km lineari di costa)[25].

[25] L.Telesca et al., Seagrass meadows (Posidonia oceanica) distribution and trajectories of change, 2015.

L'attuale distribuzione di P. oceanica è mostrata in Figura 13:

Figura 13



Distribuzione attuale delle praterie di Posidonia oceanica. Mappa creata con il software ArcGIS ® da Esri (Environmental Systems Resource Institute, ArcMap 9.3, www.esri.com) utilizzando i dati di OpenStreetMap.org (© OpenStreetMap contributors).
Fonte: L.Telesca et al., "Seagrass meadows (Posidonia oceanica) distribution and trajectories of change", 2015.

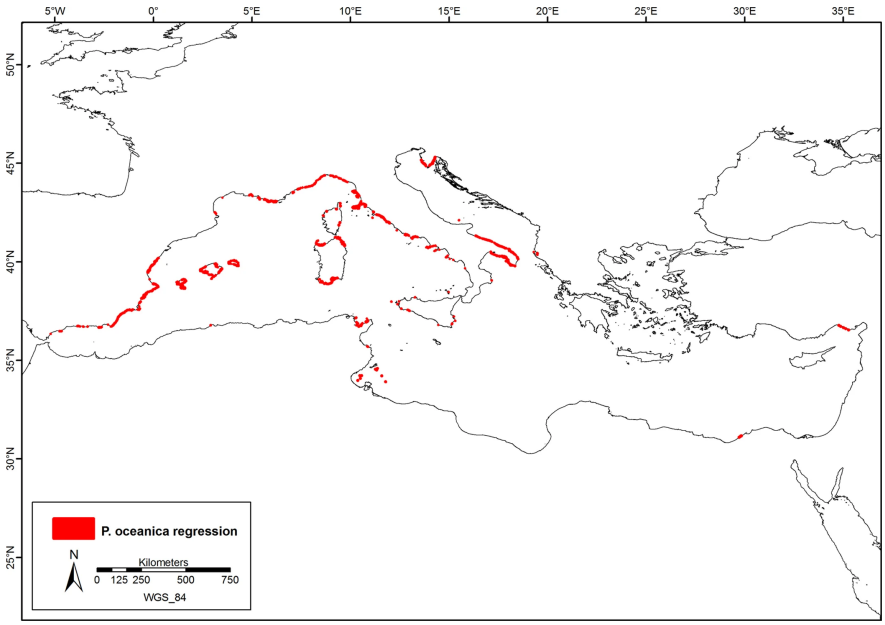
Figura 14

	mar Mediterraneo	bacino occidentale Western		bacino orientale	
Lunghezza della costa (km)	46.000	11.621	25%	34.379	75%
Lunghezza costa con *P. oceanica* (km)	11.907	6,201	14%	5.706	12%
Lunghezza costa senza *P. oceanica* (km)	12.622	3.925	9%	8.697	19%
Lunghezza della costa senza dati (km)	21.471	1.494	3%	19.977	43%
Superficie totale di *P. oceanica* (ha)	1.224.707	510.715	41,7%	713.992	58,3%

Estensione spaziale delle praterie di Posidonia oceanica nel Mar Mediterraneo.
Fonte: L.Telesca et al., "Seagrass meadows (Posidonia oceanica) distribution and trajectories of change", 2015.

La regressione stimata dei prati è stata del 34% negli ultimi 50 anni[26]:

Figura 15



Litorale con regressione delle praterie di Posidonia oceanica. Mappa creata con il software ArcGIS ® da Esri (Environmental Systems Resource Institute, ArcMap 9.3, www.esri.com) utilizzando i dati di OpenStreetMap.org (© OpenStreetMap contributors). Fonte: L.Telesca et al., "Seagrass meadows (Posidonia oceanica) distribution and trajectories of change", 2015.

Figura 16

Nazione	Costa attualmente censita (%)	Costa storica censita (%)	*P. oceanica* superficie attuale totale (ha)	*P. oceanica* area storica totale (ha)	*P. oceanica* regressione (%)	Intervallo di tempo dei dati
Spagna	100%	70%	172.669	222,254	29% [1]	1993–2011
Francia/Monaco	100%	60%	94.030	96.783	9% [2]	1980–2011
Italia	100%	42%	337.611	395.298	25% [3]	1990-2005
Slovenia	100%	–	9	–	–	2004
Croazia	14% [4]	–	31.437	–	–	2010
Montenegro	100% [5]	–	–	–	–	2004
Albania	100%	–	4.803	5,710	16%	2007-2008
Malta	100%	–	5.860	–	–	2002
Grecia	8% [4]	–	44.939	–	–	2011
tacchino	29% [4]	6%	287	–	–	2009
Cipro	30% [4]	–	9.040	–	–	2008
Siria, Libano, Israele	100%	Assente [6]	Assente [6]	–	–	2003
Egitto	63% [5]	3%	–	–	–	2006
Libia	11% [4]	–	1.235	–	–	2011
Tunisia	81% [4]	13%	518.685	531.844	2%	1972–2010
Algeria	16% [4]	–	4.072	–	–	2010
Marocco	100% [5]	–	–	–	–	2006

Lunghezza di costa con nota presenza attuale e storica di Posidonia oceanica, la percentuale di regressione e l'intervallo temporale dei dati.
Fonte: L.Telesca et al., "Seagrass meadows (Posidonia oceanica) distribution and trajectories of change", 2015.

[26] L.Telesca et al., Seagrass meadows (Posidonia oceanica) distribution and trajectories of change, 2015

5. BANQUETTE

Con il termine banquette si definiscono gli accumuli di foglie morte di fanerogame marine, spesso adunate in masse anche di imponenti dimensioni sui litorali prospicienti alle praterie di Posidonia.

Figura 17

Banquette di Posidonia sulla spiaggia.
Fonte: R.Monti, "il tesoro verde del Mediterraneo" in MondoSub, 2021

Nel periodo autunnale e in quello invernale, infatti, laPosidonia, così come gli alberi e gli nel mare, trasportate dalle onde. Le foglie, una volta staccate dal fusto, restano in acqua, sia superficialmente sia più profondità: sono le foglie delle acque superficiali ("massa flottante"), che ne accompagnano il moto, a finire a riva, dove si spiaggiano ammassandosi. La posizione degli accumuli dipende dalla forza e dalla direzione dei venti, delle mareggiate e delle correnti, mentre la dimensione dell'ammassamento varia al variare della densità del fogliame nella prateria originaria, della vastità della stessa e dalla lontananza di essa dalla riva. Quando l'area della prateria è vasta, è possibile che in corrispondenza vengano a crearsi delle strutture permanenti, alte anche metri, di fatto una 'prima linea' di difesa della battigia riguardo all'azione erosiva del moto ondoso. Al contrario, volumi inferiori di foglie arenate creano spiaggiamenti meno strutturati, capaci di spostarsi fino al retro della battigia come conseguenza delle mareggiate oppure di ritornare in mare, dove spesso affondano costruendo veri e propri "letti di macerazione".
E' possibile ritrovare resti vegetali nelle varie posizioni del profilo di una spiaggia: dalla battigia, alla berma, fino al retro-spiaggia e alla duna. Tale caratteristica è parte integrante della struttura della spiaggia, delle sue peculiarità riguardanti il livello di porosità e della sua capacità dinamica di opporsi alla forza delle onde incidenti. Perciò, la struttura sedimentaria di un litorale antistante a una prateria ha una particolarità sedimentaria, consistente nell'essere composta da residui vegetali

arenati; un'azione finalizzata allo spostamento degli stessi è necessariamente causa di un depauperamento dei volumi della battigia[27].

Tuttavia, vi sono anche altri materiali abbandonati sui litorali, a causa di scorretti comportamenti umani o per azione della corrente: gli spiaggiamenti, che comprendono anche resti di vegetazione terrestre o ripariale, resti animali (come le conchiglie) e alghe, includono anche rifiuti solidi, per lo più sostanze plastiche, ma anche rifiuti in metallo o composti da più materiali (un tipico esempio sono i mozziconi di sigarette).

Figura 18

Rifiuti plastici di provenienza terrestre all'interno di una banquette.

Le masse appena spiaggiate sono costituite per lo più da foglie morte; al contrario, con l'avanzare del tempo, le correnti ventose e il moto delle onde ne determinano il rimescolio con l'arena, facilitando la degradazione delle foglie mediante l'azione meccanica e il consolidamento della struttura della banquette. Inoltre, l'esposizione al sole e all'azione del vento è responsabile della diminuzione del livello di umidità della stessa banquette, alterando la stabilizzazione termica. Allo stesso tempo, la vasta quantità di materiale organico presente fa sì che le foglie siano attaccate da organismi facenti parte la fauna della spiaggia, detritivori appartenenti a diversi Phyla , contribuendone al popolamento. Compongono la fauna della banquette Crostacei (Anfipodi e Isopodi), principalmente detritivori, e Insetti, Ditteri (soprattutto stadi larvali), Coleotteri e Dermatteri, principalmente predatori (Boudouresque et al., 2006; Bovina et al., 2006; De Matthaeis etal., 2019).

[27] P. Borrello et al., *Formazione e gestione delle banquettes di Posidonia oceanica degli arenili*, ISPRA ,p10, 2010

5.1 GESTIONE E IMPATTO UMANO SULLE BANQUETTE

Le foglie di Posidonia che si staccano dalla pianta in modo naturale possono giungere sulle battigie come conseguenza delle mareggiate e possono ammassarsi in grossi cumuli alti anche fino ad alcuni metri. I bagnanti non ne apprezzano la presenza nelle zone dedite al turismo di stampo balneare, anzi infastiditi la considerano spazzatura da rimuovere, anche se è a tutti gli effetti una componente naturale dell'ecosistema mediterraneo costiero.
Una ricerca ISPRA[28]/ARPA[29] (2007-2010) riguardante gli spiaggiamenti di Posidonia lungo i litorali italiani e sulle misure gestionali comunemente adottate, ha messo in luce che la pratica più comunemente attuata dai comuni costieri per liberare gli stabilimenti e renderli piacevoli agli occhi dei turisti, è l'eliminazione e il trasporto in discarica prima e durante la stagione, delle sostanze vegetali spiaggiate.
Tale prassi comporta, però, anche l'asporto di ingenti quantità di sabbia, catturata dalle banquettes; a tal fine, le Amministrazioni locali intervengono con attività di ripascimento artificiale[30] o proteggendo la costa dall'erosione (ISPRA, 2010: "Formazione e gestione delle banquettes di Posidonia oceanica sugli arenili" - MLG 55/2010)[31].
A tale proposito, 17 marzo 2006 il Ministero dell' Ambiente e della Tutela del Territorio ha emanato una Circolare (n. 8123/2006) con oggetto la "gestione della Posidonia spiaggiata". La circolare evidenzia l'importanza di lasciare in sito gli accumuli di Posidonia spiaggiata, considerato il suo indispensabile ruolo ecologico, e propone tre strategie di intervento attuabili:
1) Il mantenimento in loco delle banquette (soluzione auspicabile nelle aree marine protette e nelle zone A e B dei Parchi Nazionali);
2) lo spostamento delle banquette (la Posidonia viene stoccata, trasportata in zone appartate della stessa spiaggia per poi subire un ulteriore spostamento su spiagge poco frequentate o su coste fortemente esposte all'erosione; questi spostamenti possono anche avvenire stagionalmente);
3) l'allontanamento definitivo e conseguente trasferimento in discarica.

A 13 anni di distanza dalla prima circolare e dopo i considerevoli progressi tecnologici e normativi avvenuti, il MATTM[32] ha promulgato un secondo provvedimento (circolare n. 8838 del20/5/2019)[33], più articolato e con numerosi chiarimenti sia di natura operativa

---

[28] ISPRA: Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

[29] ARPA: Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente

[30] Ripascimento artificiale: Tipo di intervento a difesa dei litorali in erosione che consiste nell'immettere sulla spiaggia ingenti quantitativi di sedimenti, allo scopo di ricostruirne la parte erosa (enciclopedia Treccani)

[31] isprambiente, https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/tema-mare/posidonia-oceanica-spiaggiata-la-gestione-degli-accumuli-e-la-valorizzazione.

[32] MATTM: Ministero della transizione Ecologica

[33] circolare n. 8838 del 20/5/2019, Oggetto: gestione degli accumuli di Posidonia oceanica spiaggiati

sia prettamente gestionale.Il maggior livello di dettaglio si evince dallo stesso indice e dal numero di strategie d'intervento elencate, qui di seguito esposte ed esaminate[34]:

1. Introduzione

2. Inquadramento normativo

3. Modalità di gestione degli accumuli

3.1. Mantenimento in loco delle banquette:
Si ribadisce il concetto per cui tale soluzione è considerata ottimale dal punto di vista ecologico e, pertanto, dovrebbe essere la più frequentemente scelta da parte dei gestori delle spiagge, in particolare per quelle che si trovano in forte stato di regressione.
Le amministrazioni devono favorire lo sviluppo di un modello di "spiagge ecologiche" nelle quali svolgere anche attività di sensibilizzazione e comunicazione ai bagnanti riguardo l'importanza e il ruolo che gli spiaggiamenti, e la conseguente permanenza delle biomasse vegetali sugli arenili, rivestono all'interno del sistema duna- spiaggia. In ogni caso, è fatto salvo l'obbligo di garantire la pulizia delle spiagge e degli accumuli dai rifiuti di origine antropica.
Nei casi in cui le biomasse vegetali spiaggiate non possano più svolgere oggettivamente alcuna funzione di protezione dei litorali, perché accumulatesi in spiagge a uso turistico intensivo caratterizzate da una morfologia fortemente antropizzata compromettendo, conseguentemente, la normale fruibilità delle stesse, o altresì, nei casi in cui si verifichino situazioni di incompatibilità fra gli accumuli spiaggiati e la frequentazione delle spiagge per fenomeni putrefattivi in che causino problemi di carattere igienico sanitario, a seguito di apposito provvedimento da parte degli Enti Parco o dell'Autorità competente, il concessionario/gestore della spiaggia può scegliere tra le opzioni di seguito descritte;

3.2. Spostamento degli accumuli:
Possono essere autorizzate dagli Enti Parco o dalle locali autorità competenti attività di movimentazione degli accumuli di posidonia finalizzate allo spostamento delle biomasse spiaggiate in zone appartate della stessa spiaggia dove si è accumulata o in spiagge limitrofe particolarmente esposte all'erosione.
Al fine di evitare che tale spostamento conduca alla realizzazione di vere e proprie strutture di deposito, cd. accumuli "antropici", è necessario che la movimentazione ed il relativo stoccaggio degli accumuli nelle zone prescelte sia momentaneo, ossia se ne preveda il riposizionamento sulla riva d'origine durante il periodo invernale, al fine di proteggere la costa dall'erosione.
Come ampiamente sottolineato, gli accumuli devono essere ripuliti da ogni rifiuto di origine antropica periodicamente e prima di ogni spostamento. Durante tale processo di rimozione è necessario inoltre adottare tutte le cautele tese ad evitare perdite di sabbia. Al fine di ridurre l'impatto delle operazioni di pulizia è quindi opportuno e auspicabile che sia rimosso solamente lo strato più superficiale degli accumuli lasciando in loco i residui bagnati ed utilizzando macchinari leggeri (non cingolati) che consentano la percolazione del sedimento trattenuto.

[34] A. Scarpato et al., La Spiaggia Ecologica: gestione sostenibile della banquette di Posidonia oceanica sugli arenili del Lazio, ISPRA, p18, 2020

Laddove all'interno dell'arenile non si riescano ad individuare aree idonee presso cui depositare gli accumuli di biomasse spiaggiate da rimuovere, è possibile considerare il loro spostamento in altri siti, al fine di ricostruire le dune erose e/o proteggere gli arenili interessati dal trend erosivo considerevole, purché il sito di destinazione si trovi in una zona limitrofa a quella originaria oppure all'interno della stessa unità fisiografica, evitando che lo trasporto del materiale avvenga impiegando la viabilità ordinaria configurando una vera e propria operazione di trasporto;

3.3. Interramento in sito:
Qualora ricorrano le condizioni di cui all' art. 39, comma 11 del d.lgs. 205\2010 è possibile l'interramento in loco delle biomasse arenate, purché ciò avvenga senza trasporto né trattamento delle stesse, nelle modalità consentite dal predetto articolo.
Tale azione non dovrà in ogni caso alterare sostanzialmente la naturale stratigrafia della sezione di spiaggia in cui avviene l'intervento, avendo cura di ridistribuire uniformemente sulla superficie emersa della stessa i volumi di sabbia che dovessero residuare dalle operazioni di interramento senza compiere variazioni della linea di riva in avanzamento e/o arretramento.
In ogni caso, il materiale spiaggiato, prima dell'interramento, dovrà essere oggetto di puntuali azioni di rimozione di eventuali elementi antropologici effettuate secondo le leggi vigenti.
Laddove all'interno dell'arenile non si riescano ad individuare aree idonee presso cui interrare le biomasse spiaggiate è possibile prevedere l'interramento in zone limitrofe purché all'interno della stessa unità fisiografica. Come rappresentato nel precedente caso 3.2 occorre evitare che si configuri un'operazione di trasporto;

3.4. Trasferimento degli accumuli presso impianti di riciclaggio:
Tale opzione si prefigura laddove al il concessionario/gestore della decida di destinare il materiale organico a impianti di riciclaggio. I residui di posidonia, al pari di altro materiale organico, possono essere impiegati in modo utile come input all'interno di impianti di compostaggio o di digestione anaerobica per la produzione di ammendanti, ai sensi del decreto legislativo 29 aprile 2010, n. 75.
Per di più, va notato che il d.lgs. n. 75/ in tema di fertilizzanti, prevede l'uso delle alghe e delle piante marine come matrici organiche utilizzabili in ingresso proprio per la produzione di ammendante da parte degli impianti di riciclaggio;

3.5. Trasferimento in discarica degli accumuli:
Tale soluzione residuale è da attuarsi nell'impossibilità di ricorrere alle soluzioni alternative sopra descritte;

3.6. Re-immersione in ambiente marino:
Tale operazione si configura come un'operazione di smaltimento, prevista dalla normativa comunitaria, e inserita nell'ordinamento nazionale tra le operazioni di smaltimento (Allegato B alla parte IV del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, operazioni D6 e D7) e richiede una specifica autorizzazione con le relative prescrizioni. Più in particolare l'articolo 195, comma 2 lettera p) del citato d.lgs. 152/06 stabilisce che tale autorizzazione venga rilasciata dal Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, su proposta dell'autorità marittima nella cui zona di competenza si trova il porto più vicino al

luogo dove deve essere effettuato lo smaltimento, oppure nella cui zona si trova il porto da cui parte la nave con il carico di rifiuti da smaltire. Va tuttavia evidenziato che tale operazione appare adeguata dal punto di vista ecologico in quanto ripristina il ciclo naturale delle biomasse vegetali laddove viene interrotto dall'uomo. Chiaramente la re-immissione in mare per essere resa ancor più ecocompatibile richiede che le banquettes siano preventivamente sottoposte ad un processo di vagliatura per rimuovere eventuali rifiuti presenti, ma anche la sabbia in esse contenuta;

3.7. Gestione degli accumuli «antropici»:
In alcune situazioni lo spostamento temporaneo delle biomasse vegetali spiaggiate dalla battigia, ha comportato la formazione nel corso degli anni di ingenti accumuli di posidonia e sabbia sui quali hanno agito nel tempo, fenomeni atmosferici che li hanno completamente trasformati. Tali accumuli, che non possono più essere rimovimentati per svolgere la loro naturale funzione di protezione dall'erosione, sono definiti "accumuli antropici". Molto spesso i processi di alterazione della componente organica sono spinti al punto tale che la sostanza vegetale è completamente mineralizzata. Gli accumuli si presentano quindi come ammassi di materiale prevalentemente sabbioso, almeno negli strati inferiori, frammisto a materiale antropico e spesso le amministrazioni ne prevedono l'impiego ai fini del ripascimento degli arenili.
La possibilità di usufruire del materiale inerte sopra descritto dovrebbe essere analizzata nel modo più opportuno, attraverso una valutazione ad hoc, da parte delle autorità locali competenti, valutandola ai sensi dell'art. 185 del d.lgs. 152/2006, in particolare verificando se sussistono le condizioni per l'esclusione del materiale sabbioso dalla disciplina dei rifiuti (art. 185 comma 1 lettera b) o se il suo utilizzo debba avvenire nell'ambito delle operazioni di recupero dei rifiuti urbani, individuate con codice R10 nell'Allegato C oppure applicando la disciplina dei sottoprodotti ai sensi dell'art. 184-bis del d.lgs. 152/06[35].

[35] Circolare n. 8838 del 20/5/2019, Oggetto: gestione degli accumuli di Posidonia oceanica spiaggiati.

6. GESTIONI ALTERNATIVE - casi studio

Per motivi legati ad una normativa che si impone, la libera gestione delle banquette da parte degli stabilimenti e dai comuni costieri, comporta attività di smaltimento poco corrette in quanto non etiche e a volte distruttive.
In alcuni Stati dell'Unione Europea, fra cui l'Italia, le sostanze vegetali spiaggiate, fra cui la Posidonia, sono considerate e quindi trattate come rifiuti.
Nonostante ciò, in alcuni casi è stato scelto di intervenire a favore della salvaguardia delle banquette di Posidonia, al fine di rafforzare l'ecosistema, o almeno evitare che si degradi ulteriormente.
In questo capitolo è si è voluto esporre alcuni di progetti che, per ragioni legate ai risultati ottenuti o agli obiettivi prefissati, sono stati oggetto di analisi in questa sede.

6.1 LA SPIAGGIA ECOLOGICA

L'ISPRA si pone l'obiettivo di ridurre o eliminare tutti quegli interventi che mirano a rimuovere la Posidonia dalla spiaggia, e mossi da questa missione hanno promosso un nuovo tipo di stabilimento balneare.
La spiaggia ecologica, mediante attività educative, formative ambientali, ricerche e cartellonistica informativa si impegna a supportare questo modello e a sensibilizzare l'opinione dei turisti sull'utilità delle spiagge naturali a difesa delle banquette.
Questo tipo di spiaggia vuole essere uno strumento di gestione della Posidonia che punta a valorizzare la biomassa della pianta in sito, evitando che venga considerata uno scarto.
Il riuso della biomassa proveniente dalla spiaggia può essere avvenire in vai ambiti commerciali e produttivi (isolamento, cosmetica, furniture ecc.)[36].

Figura 19

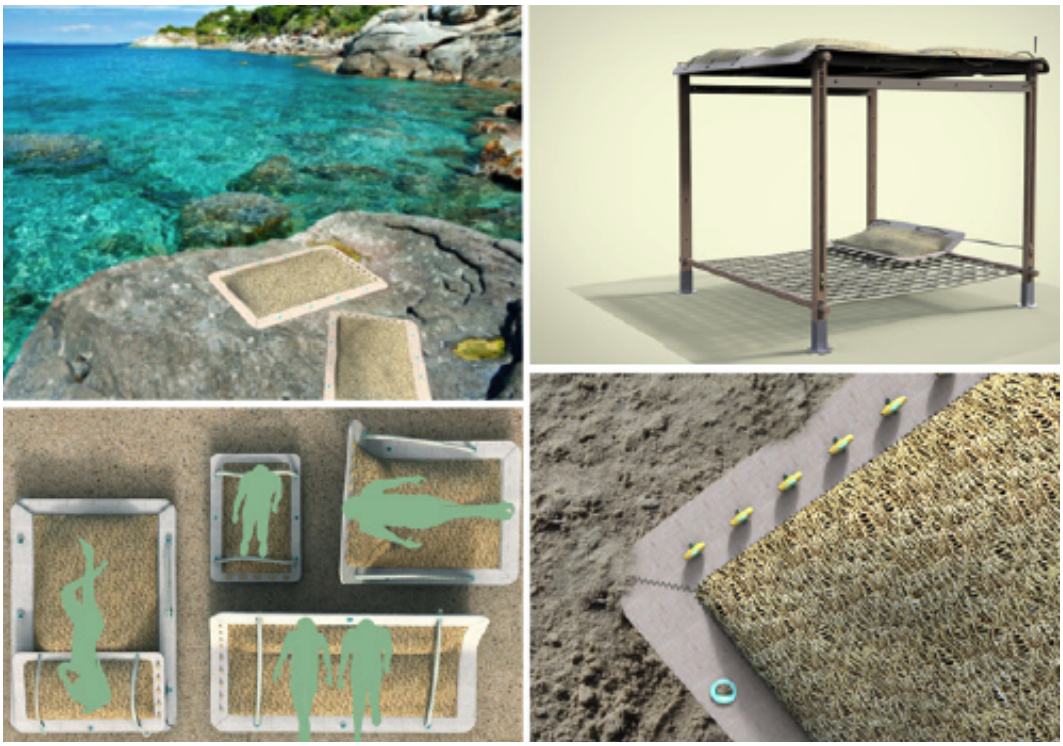
Spiaggia ecologica di San Felice Circeo (19-21 giugno).
Fonte: isprambiente, https://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/cartella-progetti-in-corso/progetti-mare/bargain

[36] isprambiente, *https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/tema-mare/posidonia-oceanica-spiaggiata-la-gestione-degli-accumuli-e-la-valorizzazione*

6.2 PROGETTO MEDONIA - ecostrutture per l'arredo urbano

Nasce all'interno della facoltà di Architettura dell'Università degli studi di Roma "La Sapienza" Medonia, un progetto realizzato con l'aiuto di ENEA[37] in Sicilia, per il recupero e l'utilizzo provvisorio (stagione estiva) della Posidonia spiaggiata come arredo balneare, e quindi il suo reimpianto sui fondali marini mediante un tecnica sperimentale (stagione autunnale).
Le strutture biocompatibili create con l'uso delle banquette sono state brevettate da ENEA[38], che ha creato dei primi arredi "imbottiti" quali sedute, grandi cuscini, materassini, passerelle per camminamenti, schermi solari[39].

Figura 20



Particolari del progetto Medonia pubblicati in "Medonia - ecostruttura per l'arredo urbano" in Agenda Tecnica, 2018

[37] ENEA: Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

[38] brevetto ENEA n. 1424765 (depositato il 24.3.2014 e rilasciato nel 2016)

[39] ENEA, Agenda tecnica, https://www.agendatecnica.it/wp/2018/medonia-ecostruttura-per-larredo-balneare/, 2018.

6.3 PROGETTO LIFE P.R.I.M.E.

In questo progetto, durato tre anni (dal 2010 al 2013), la biomassa proveniente dagli spiaggiamenti di Posidonia doveva essere valorizzata nel campo dell'agricoltura.
Sono stati raccolti nel "Manuale per la gestione sostenibile ed il recupero dei residui spiaggiati di posidonia" e nelle "Linee guida operative per la gestione sostenibile ed il recupero dei residui spiaggiati di posidonia"[40] (A. Parente, Il progetto PRIME premiato alla Commissione Europea, in Consiglio Nazionale delle Ricerche CNR, 2015) i maggiori risultati ottenuti, dopodiché sono stati messi a disposizione gratuita sul sito del progetto (http://www.lifeprime.eu/wp/) insieme ad un software di supporto.
Grazie al progetto P.R.I.M.E. ora i comuni interessati dalla gestione delle banquette possono accedere gratuitamente ad una serie di linee guida etiche, riducendo il rischio di intervenire in modo scorretto[41].

Figura 21

Decalogo P.R.I.M.E.
Fonte: https://pdc.minambiente.it/sites/default/files/progetti/decalogogestioneposidonia_lifeprime.pdf

[40] M. Guido et al., linee guida operative per la gestione sostenibile ed il recupero dei residui spiaggiati di posidonia

[41] A. Parente, *Il progetto PRIME premiato alla Commissione Europea*, in *Consiglio Nazionale delle Ricerche* (CNR), 2015, *https://www.cnr.it/it/news/6012/il-progetto-prime-premiato-dalla-commissione-europea*.

6.4 PROGETTO BARGAIN

Con un budget complessivo di 149.922,69 € e la durata di 26 mesi (dati forniti da ISPRA), nasce il progetto Bargain sotto il coordinamento di Alfonso Scarpato (ricercatore ISPRA). Seguendo i principi dell'economia circolare, in quelle occasioni in cui non è possibile il mantenimento in loco della Posidonia spiaggiata, ne viene promosso il riuso nel rispetto dell'ecosistema costiero.
Sono stati ideate una serie di attività e prodotti per i turisti (grandi e piccoli), le amministrazioni pubbliche e i gestori degli stabilimenti balneari:

- un cartone animato e un fumetto dal titolo "banquette alla riscossa";
- un gioco di carte chiamato "banquette in gioco";
- video lezioni formative
- linee guida scritte da ISPRA/SNPA;
- realizzazione di due spiagge ecologiche nel giugno del 2020[42].

Figura 22

Fumetto "banquette alla riscossa" disegnato da M. Pisapia per il progetto Bargain
Fonte: isprambiente, https://www.isprambiente.gov.it/files/progetti/fumettobargainweb_19_11_2019.pdf

[42] isprambiente, *https://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/cartella-progetti-in-corso/progetti-mare/bargain*

6.5 POSIDONIA GREEN FESTIVAL

Il Posidonia Green Project[43] è un'associazione organizzatrice di eventi che si pone l'obiettivo di promuovere una cultura ecologica e sensibile nei confronti dell'ambiente.
Fra le diverse attività, organizzano il Posidonia Green Festival, un eco-festival che mira a far conoscere l'importanza della Posidonia oceanica e i danni che sta subendo per colpa dell'uomo.
Workshop, dibattiti e azioni in mare sono le attività previste nel festival, che si tiene in Italia (Liguria) e in Spagna (Barcellona)[44].

Figura 23

Sensibilizzazione sulla pulizia delle spiagge presso l'eco-festival di Barcellona
Fonte: posidoniagreenfestival, https://www.posidoniagreenfestival.com/es/foto-gallery/

[43] https://posidoniagreenproject.org

[44] https://www.posidoniagreenfestival.com

7. ANALISI TERRITORIALE

Completata la ricerca bibliografica, è stato deciso di effettuare una serie di sopralluoghi mirati. Le aree oggetto di analisi territoriale sono state scelte dopo la consultazione del documento elaborato da ISPRA "Formazione e gestione delle banquettes di Posidonia oceanica sugli arenili" (P. Borrello et al.), pubblicato nel 2010 in collaborazione con ENEA. Nel suddetto documento è presente una dettagliata localizzazione geografica delle Praterie di P. oceanica, nonché delle banquette.
In supporto a questi dati bibliografici, preme citare anche l'intervista con Daniela Pessani, biologa marina, Professoressa Associata (settore disciplinare BIO/05) alla Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali dell'Università di Torino; responsabile del Laboratorio di Biologia marina (LBMT), nel Dipartimento di Biologia animale e dell'uomo; finanziatrice di progetti scientifici riguardanti la Posidonia oceanica.
In entrambi i casi, è stata garantita la presenza di una folta prateria di Posidonia oceanica in Liguria, nel comune di Ventimiglia (IM), in particolare sul litorale dai Balzi Rossi alla Baia Beniamin. Lo spot si trova a circa 4 km da Mentone (Francia).

Figura 24

Sopralluogo effettuato nel comune di Ventimiglia (IM)

Sono state individuate tre zone diverse per dimensione, tipo di costa e stato della banquette:

Figura 25

Individuazione di tre zone differenti: Rocciosa, Spiaggetta, Baia Grimaldi (IM)

7.1 ZONA 1 - Rocciosa (i Balzi Rossi e Punta d'u Darsenun)

Separata da una spiaggetta di sabbia di media granulometria, la zona 1 si divide ancora in area prima della spiaggetta (i Balzi Rossi) e area dopo la spiaggetta (Punta d'u Darsenun).

7.1.1 I Balzi Rossi:

accessibili mediante strada carrabile, presentano una bassa scogliera, sono presenti piante terrestri soprattutto agade. In questo sito non vi sono stabilimenti balneari, ma di interesse turistico un ristorante e un museo preistorico.
L'immediato entroterra è caratterizzata da una falesia alta circa 100 metri, ricca di ferro, che ospita antiche grotte, dove sono stati trovati reperti di epoca preistorica.
Sulla costa invece, le onde trasformano gli scogli, trasportano materiale di diversa origine e danno vita a una grande quantità di pozzanghere, habitat per piccoli insetti acquatici, crostacei, ma anche rifiuti antropici di origine plastica, soprattutto packaging alimentari.
Per quanto riguarda la Posidonia, gli spiaggiamenti rilevati sulle coste dei Balzi Rossi non possono essere considerate banquette. Le foglie presenti in questa zona si trovano spesso nelle pozzanghere, insieme a insetti acquatici e piccoli crostacei. L'osservazione ha portato comunque a delle conclusioni: innanzitutto il colore delle foglie di Posidonia varia dal verde lucido in quelle più nuove, al marrone in quelle più vecchie, al grigio/bianco in quelle asciutte e secche. La forma a nastro è uno dei caratteri distintivi che accomuna tutte le foglie, indipendentemente dal fatto che siano più o meno giovane, con lunghezze che però variano dai 50cm ai 10 circa delle più corte. Gli angoli di questo nastro sono tanto più arrotondati quanto più la foglia è vecchia. Ad un'analisi più attenta, sono state individuate delle piccole "spine" lungo lo spessore della foglia in grado di aumentare l'aderenza della stessa con le superfici esterne quali ad esempio la pelle umana. I ritrovamenti non sono caratterizzati solo dal colore lungo la loro superficie, bensì dalla texture, che può non essere uguale su entrambe le facce della stessa foglia; e le tonalità del colore che invece, soprattutto nelle foglie nuove verdi, tende a essere più chiaro alla radice e per poi diventare sempre più scuro verso l'estremità opposta.
Oltre alle foglie, degni di attenzione sono i rizomi, ovvero i fusti di posidonia, qui presenti in quantità minori rispetto ad altre zone.
Nelle pozzanghere, la presenza di elementi di origine vegetale e animale è accompagnata dai rifiuti di natura antropica (bottiglie di plastica, mascherine, packaging alimentari), nella maggior parte dei casi proveniente dalla terra e non dal mare. Nelle suddette pozzanghere, l'acqua pare essere più torbida.

7.1.2 Punta d'u Darsenun:

accessibile tramite sentiero pedonale avvolto dalla vegetazione, passando prima vicino alla ferrovia e poi vicino a delle abitazioni, sul lato destro si ammira la costa e le scogliere scoscese verso il mare con un delicato dislivello, raggiungibili mediante due diversi accessi dal sentiero. Non vi sono punti di interesse turistico, ma solo alcune ville private separate dal sentiero tramite un muro.
Gli spiaggiamenti di materiale derivato dal mare si uniscono alle foglie delle piante terrestri e ai rifiuti di origine antropica, così come succede nella zona dei Balzi Rossi.
A Punta d'u Darsenun però, la distanza dal mare è maggiore e la scogliera ha un lieve dislivello, limitando i maggiori spiaggiamenti nelle zone più vicine all'acqua.
Come sulla costa rocciosa prima della Spiaggetta dei Balzi Rossi, gli spiaggiamenti di Posidonia in questo punto sono individuabili in pozzanghere, insieme ad animali e rifiuti, presentandosi di colore differente l'una dall'altra. Rispetto al sito analizzato in precedenza, nelle pozzanghere di Punta d'u Darsenun sono presenti anche:
- elementi vegetali provenienti dalle piante terrestri limitrofe, di cui non tutte autoctone e alcune in fioritura;
- animali acquatici (nome scientifico Velella Velella), parenti delle meduse, che si nutrono di plancton, comunemente chiamati "barchette di San Pietro". Nelle pozzanghere nelle quali vi erano colonie più numerose, l'acqua assorbiva la tinta dell'animale colorandosi di viola. In ogni caso questi esseri non sono tossici per l'uomo.
Inoltre, è stato notato in questo sito che le foglie di posidonia tendono a rompersi seguendo una geometria più o meno precisa parallela al lato lungo del nastro, per via di filamenti interni distesi lungo questa direzione.

7.2 ZONA 2 - La Spiaggetta dei Balzi Rossi

La Spiaggetta dei Balzi Rossi è di interesse soprattutto turistico per via della presenza dello stabilimento balneare lievemente sopraelevato sulla sabbia, che in estate occupa quasi interamente la spiaggetta con sdraio e lettini. L'accesso è unico e consiste in una scaletta che collega il sentiero pedonale con la spiaggia. Questo è uno dei pochi luoghi della zona che presenta una costa sabbiosa e non rocciosa, e la granulometria della sabbia non è fine. Allontanandosi dall'acqua, dietro la Spiaggetta troviamo il sentiero, dopodichè la ferrovia.
Le onde bagnano la Spiaggetta trasportando una quantità rilevante di materiale, soprattutto vegetale. Foglie e alghe marine sono presenti soprattutto nella fascia più vicina all'acqua. Man mano che ci si allontana dal mare, si trovano spiaggiamenti di dimensioni superiore ad esempio i rizomi con rami e foglie ancora uniti.
Diversamente dalle coste rocciose, nella Spiaggetta non sono presenti pozzanghere ma si è notata una maggiore presenza di spiaggiamenti vegetali marini. Nella fascia costiera più vicina al mare, costantemente bagnata dalle onde, si possono trovare foglie nuove di posidonia colorate di verde acceso; nella fascia successiva, più arretrata, invece si possono incontrare anche alghe, insieme a foglie più vecchie, di colore verde scuro, marrone, grigio scuro; infine, nella fascia più arretrata, fino al palco di legno sul quale sorge il ristorante, è più facile imbattersi in rizomi con o senza foglie, alcuni dei quali di importanti dimensioni, con i tipici rami curvilinei in direzione sia verticale sia orizzontale.
Più grandi sono i rizomi, più sabbia fine inglobano al loro interno, anche se su questa spiaggia in particolare la dimensione dei ciottoli non consente una facile cattura.

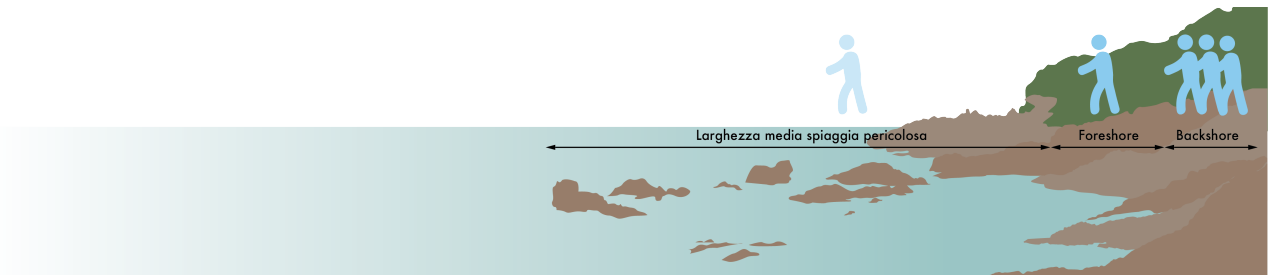
7.3 ZONA 3 - Baia Grimaldi

Proseguendo per il sentiero che costeggia il mare, si raggiunge una grande spiaggia densa di piccole case di pescatori, i quali hanno influenzato la costa mediante le loro attività quotidiane e le coltivazione di piante a scopo principalmente decorativo (palme e banani ad esempio). La spiaggia si presenta sabbiosa e, per via di una folta prateria di posidonia a pochi metri sotto il livello del mare, il materiale trasportato dalle maree è ricco di foglie. In questa zona si può parlare di vera e propia banquette. Oltre alla ferrovia e alle strade, nell'entroterra di Baia Grimaldi, vi sono diversi terrazzamenti e serre.
Delle tre zone prese in analisi, questa è l'unica che presenta sabbia fine, mista a ciottoli di medie dimensioni. Dal sentiero posto sopra il livello della spiaggia, si notano macchie scure nel mare in prossimità del foreshore, queste sono foglie provenienti dalla prateria di Posidonia che la marea trasporta sulla costa ad ogni onda.
L'unica spiaggia dove è stato rilevato un completo strato di banquette, seppur di pochi centimetri, è in questa zona. Gli spiaggiamenti in sito sono, oltre che sopra la sabbia, anche interrati, creando una superficie calpestabile morbida simile ad un tappeto.
Nella baia Grimaldi le foglie di posidonia si presentano come nelle altre zone, ma nella stragrande maggioranza sono rotte in piccoli pezzi, come se tritate per via dell'erosione, dando luogo appunto alle banquette. Questo ammasso bagnato di sabbia fine e residui vegetali cippati naturalmente, hanno un'aderenza rilevante, tanto da rendere difficoltoso liberarsene dalle mani se non con l'aiuto dell'acqua. Quando l'ammasso è invece asciutto, l'aderenza con le superfici esterne viene meno, ma sabbia e foglie sono unite e paiono incollate fra loro poichè essiccate insieme, unendosi con tutti gli altri materiali presenti anche non naturali; si possono dividere più facilmente rendendole nuovamente umide.
Gli strati inferiori della banquette risultano bagnati in ogni punto, anche dove superficialmente il sole l'ha asciugata e il colore delle foglie è grigio chiaro.
Su questa spiaggia è evidente come i rifiuti antropici, una volta interrati nella banquette, seccati ed uniti con essa, siano di difficile identificazione e separazione, soprattutto se di ridotte dimensioni.

8. ESIGENZE

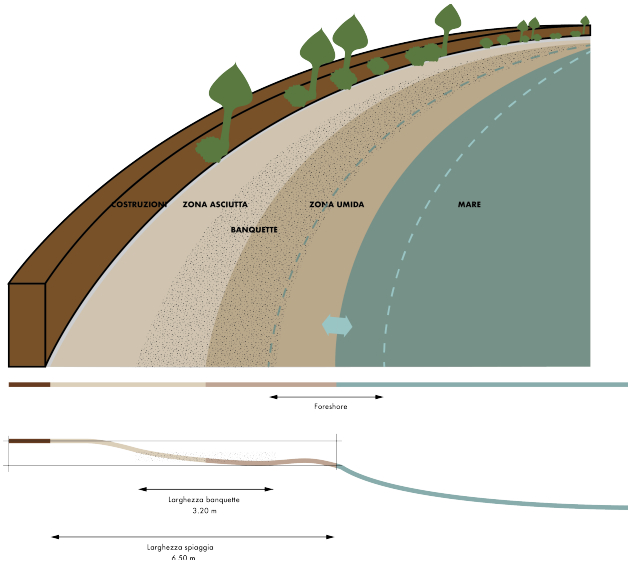
I dislivelli sulla roccia sono variabili e non uniformi, hanno dislivelli dai 5 ai 50 cm sulla stessa porzione di roccia, a cui si aggiungono sassi e parti della stessa roccia erosa per le forze del vento e del mare. Molti di questi contengono pozze d'acqua salata.
Le zone più vicine alla risacca sono colpite costantemente dalle onde del mare e sono le prime a essere sommerse durante le mareggiate. Queste possono essere anche più viscide (e quindi scivolose) e dalla superficie più spigolosa (per via dell'effetto dell'erosione) rispetto alle zone retrostanti.
In caso di pendenza della costa, bisogna considerare la gravità e anche la forza della corrente nella risacca, che tende a tirare verso il mare rifiuti, foglie e pesi tanto maggiori quanto più è forte l'onda.
Per quanto riguarda il fattore umano, l'acceso è maggiore nella zona asciutta chiamata backshore, diminuisce nella zona nel foreshore e quasi sparisce nei punti più in mezzo al mare, per motivi di sicurezza.

Figura 26



Rappresentazione schematica di una costa rocciosa ispirata a Punta d'u Darsenun (IM)

Figura 27

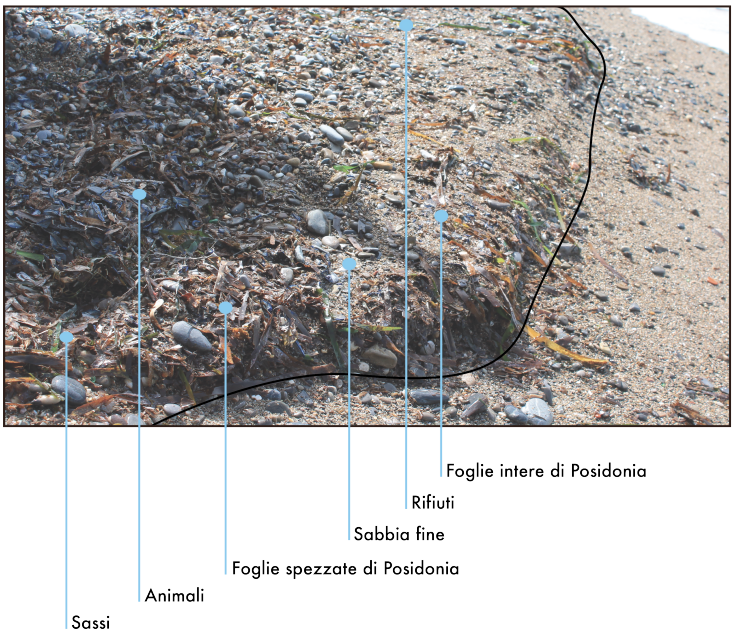


Rappresentazione schematica di una costa sabbiosa ispirata a Baia Grimaldi (IM)

Nelle spiagge sabbiose la banquette si forma, eccetto durante le mareggiate, sempre nella stessa fascia fra la risacca e il backshore, con maggior densità sul foreshore.
La superficie completamente diversa da quella rocciosa, risulta con un pendenza minima, anche se visibile, verso il mare.

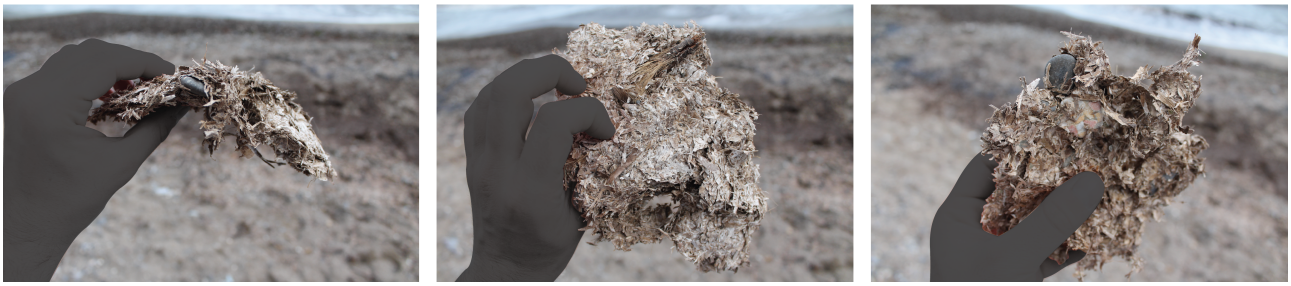
All'interno della banquette si trovano foglie intere e foglie di spezzate di Posidonia, altre sostanze vegetali terrestri e marine, sassi, sabbia di varia granulometria e rifiuti antropici.
Quando la banquette è asciutta, i materiali al suo interno sono ben amalgamati, presentandosi come un ammasso unico composito.
Questo è evidentemente dannoso nel momento in cui, tra i suddetti materiali, ci sono anche rifiuti antropici.
Ugualmente nociva, come evidenziato nei capitoli passati, sarebbe la pratica di trasportare tutti i materiali in discarica.

Figura 28



Outline di una banquette e dimostrazione dei materiali che la compongono

Figura 29



Porzione di banquette asciutta saldamente amalgamata

9. LINEE GUIDA

Accessibilità

Sulle coste piccole e/o rocciose, di difficile accesso ai macchinari e prive di stabilimenti balneari, la gestione delle banquette non viene reclamata, ma la presenza di rifiuti rimane un problema, soprattutto quando vengono agglomerati all'interno dell'ammasso vegetale di foglie. Sulle grandi baie sabbiose, ricche di spiagge private e ristoranti, i rifiuti vengono quotidianamente eliminati dagli stabilimenti stessi prima e dopo l'afflusso giornaliero di bagnanti, ma insieme ai rifiuti vengono eliminate anche le foglie di Posidonia.
Si crede sia utile una strumentazione che dia la possibilità agli operatori di gestire la costa anche quando questa non è di facile accesso e/o ricca di stabilimenti, perché non esonerata dai danni creati dai rifiuti.

La banquette

È importante dare un'alternativa etica e meno impattante durante la gestione delle banquette, che non preveda macchine pesanti e un uso solamente stagionale.
Si pensa quindi a uno strumento leggero, ovvero capace di essere trasportato sollevandolo oppure spingendolo. Per ciò che concerne la dimensione, per motivi di accesso alle spiagge, la larghezza non dovrebbe superare quella dei macchinari semoventi.

Le foglie di Posidonia

In base alla condizione della pianta, cambiano la forma e il metodo dello strumento di raccolta/stoccaggio. Ciò che uniformerebbe invece i diversi tipi di foglie, rendendo simili le loro proprietà, sarebbe l'acqua. L'uso dell'acqua infatti, renderebbe umida ogni parte della banquette aumentando la sua capacità di aderire a nuove superfici, inoltre la pulirebbe, separandola dai residui plastici e sabbiosi.
Viceversa però, anche un'essiccazione uniformerebbe le proprietà delle foglie.

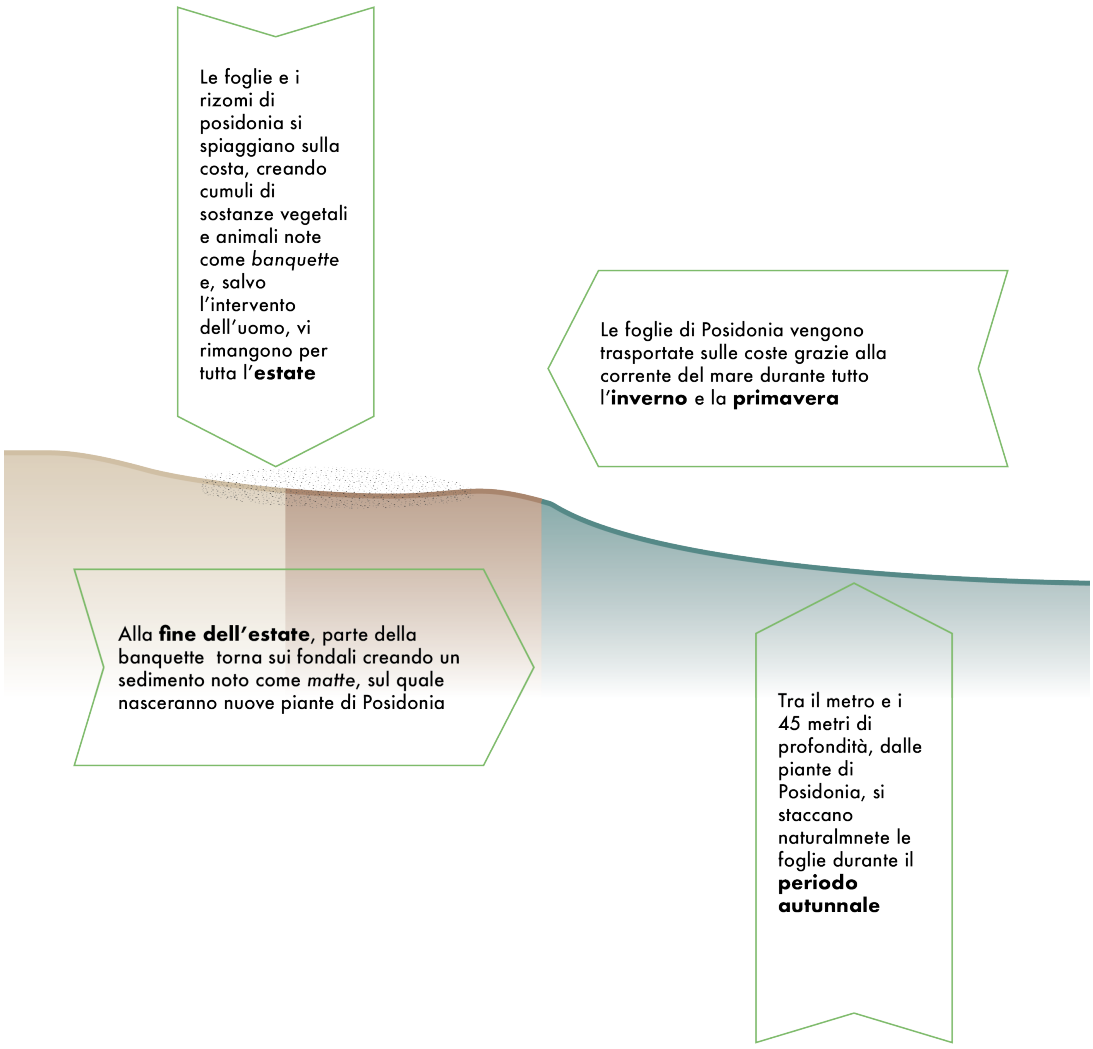
Figura 30

Caratteristiche fisiche delle foglie di Posidonia oceanica divise secondo l'umidità e la forma

Il ciclo vita della Posidonia

Il ciclo vita della Posidonia avviene fra mare e costa, ogni fase condiziona la successiva ed è condizionata dalla precedente, creando un anello a feedback autoregolato.
La caduta delle foglie nei mesi autunnali è un evento naturale, proprio come avviene per le piante di terra.
Le foglie che raggiungono la spiaggia non sono tossiche né pericolose per l'uomo, proteggono la costa dall'erosione e ospitano piccoli crostacei e insetti che si nutrono di essa, utili al mantenimento dell'ecosistema costiero come lo conosciamo.
Non vi è bisogno di protezione da sostanze tossiche, ma si potrebbe considerare una protezione da superfici taglienti.

Figura 31



Schema riassuntivo del ciclo vita della Posidonia oceanica

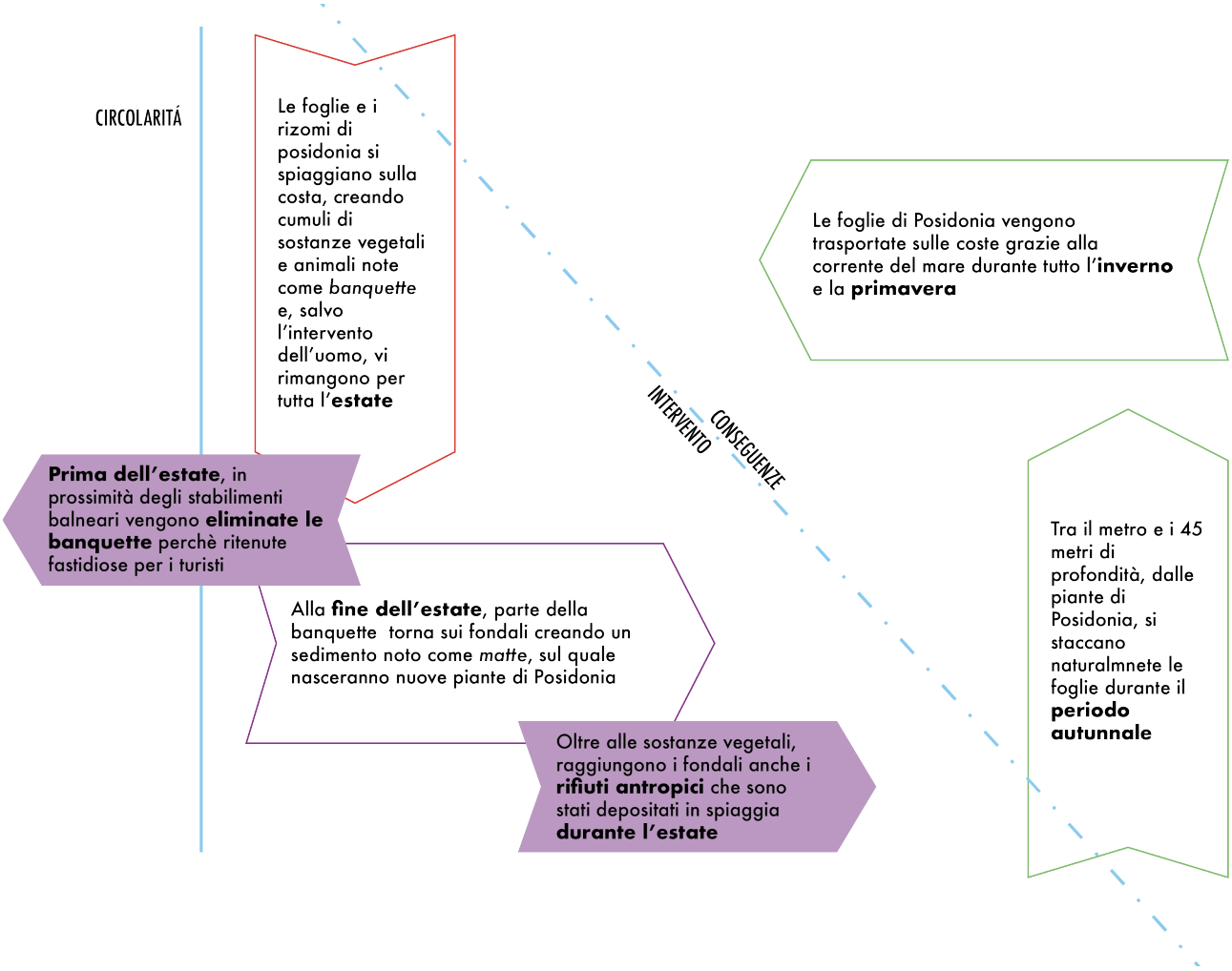
Interventi

Come si evince dallo schema di Figura 30, gli interventi in ambiente costiero hanno conseguenze su tutto il ciclo vita della Posidonia.
Quindi, l'obiettivo è quello di migliorare la salute delle piante di Posidonia, eliminando l'impatto negativo che l'uomo ha in prossimità del mare.

Intervento: gestire la Posidonia senza eliminarla dal suo ecosistema naturale.
Conseguenza: formazione di ricche matte sui fondali marini, condizione necessaria per la nascita di nuove piante.

Intervento: eliminazione dei rifiuti antropici dall'ecosistema costiero.
Conseguenza: la Posidonia non inserirà nel proprio ciclo vita sostanze dannose per sé stessa e per gli animali.

Figura 32



Schema riassuntivo del ciclo vita della Posidonia diviso per interventi e conseguenze

Operatori

La responsabilità della pulizia delle spiagge e della gestione dei rifiuti urbani è del comune, che tendenzialmente delega a un'azienda di servizi ambientali e smaltimento rifiuti questo compito. Le aziende possono decidere, insieme al comune, il metodo di servizio da seguire, ma in ogni caso sono coinvolti gli operatori ecologici in questi processi.
L'operatore ecologico è una figura professionale che, fra le altre, ha la mansione di raccogliere e smaltire i rifiuti nei luoghi pubblici e, quindi, nelle spiagge prima della stagione balneare. Gli "operatori ecologici e gli altri raccoglitori e separatori di rifiuti" (Codice ISTAT 81450) devono essere in possesso di alcune conoscenze principali riguardanti i mezzi che usano (spesso camion e trattori) e il trattamento dei materiali.
Secondo l'Istat, vi sono 87mila operatori ecologici e altri raccoglitori e separatori di rifiuti, di cui il 92% di sesso maschile e il 75% sopra i 40 anni.
Fra le professioni affini a quest'ultima, vi sono i "Tecnici della raccolta e trattamento dei rifiuti e della bonifica ambientale" (Codice Istat 31832), di cui fa parte il "tecnico disinquinamento mare", che si occupa specificamente di eseguire procedure e tecniche per assicurare l'efficacia dei processi di raccolta, selezione, trattamento e smaltimento dei rifiuti del mare.
Queste attività, come noto, se avvengono prima della stagione balneare trattano in generale la sistemazione dell'arenile, mentre quando avvengono durante l'estate riguardano ricognizioni e controlli.
Per ciò che riguarda l'attività che precede l'estate, l'operatore utilizza mezzi pesanti quali trattori, abbandonandoli durante l'estate a favore di attrezzatura più leggera come pale, rastrelli, setacci manuali, fino a macchinari semoventi a motore.
La pulizia quotidiana estiva, durante il giorno, avviene quando l'afflusso turistico diminuisce (intorno all'orario del tramonto).
Quando il lavoro di pulizia non viene effettuato dagli operatori ecologici, se ne occupano gli stabilimenti balneari, con la figura professionale dell'assistente bagnanti (comunemente chiamato bagnino), che da sempre svolge funzioni ecologiche, raccogliendo e talvolta separando manualmente i rifiuti portati dal mare e/o dai turisti.
L'obiettivo in questa sede è quello di garantire uno strumento agli operatori in grado di essere usato sia durante la stagione balneare sia nei periodi fuori stagione, di facile utilizzo e trasporto, ma a basso impatto ambientale (emissioni CO2). Lo strumento dovrebbe essere usato da una sola persona, al fine di non aumentare il numero di operatori e quindi le spese per l'azienda di Servizi Ambientali o per il comune.

10. PROGETTO

Ciò che è stato ideato è un nuovo metodo di pulizia delle coste Mediterranee, nonché della gestione della Posidonia, che prevede la separazione in sito fra sabbia, Posidonia oceanica e rifiuti antropici, e quindi un'amministrazione specifica per ognuna delle tre sostanze.
Questi elementi, per motivi legati alla loro composizione e provenienza, sono da trattare in modo diverso al fine di evitare contaminazione nei cicli vita naturali costieri.
Il problema si palesa nel momento in cui le tre parti in gioco, sabbia, Posidonia e rifiuti, fanno parte di uno stesso ammasso coeso di banquette sulla spiaggia.

Figura 33

Dettaglio di un ammasso di foglie di Posidonia, rifiuti antropici di indefinita provenienza e sabbia di diversa granulometria.

È stato possibile fare ciò analizzando in primo luogo singolarmente ogni elemento parte della banquette e le sue caratteristiche chimico-fisiche:

- Sabbia: può variare nella dimensione e quindi nella massa anche all'interno di una stessa spiaggia. Vengono considerate sabbie fini in questa sede i granelli che presentano una dimensione inferiore ai 4 mm. Considerando la densità nella situazione peggiore, quindi nel caso di sabbia umida, questi granelli possiedono una massa non superiore ai 0.00014 kg. I granelli più grandi e i sassi veri e propri che raggiungono dimensioni di circa 6 cm possiedono masse inferiori a 0.23 kg. Indipendentemente dalla dimensione, la forma dei granuli di sabbia può essere considerata una sferula dalla superficie irregolare, in grado di rotolare sui piani inclinati, ma con forze di attrito più alte rispetto a forme sferiche pure.

- Posidonia: studiate nel dettaglio nei capitoli precedenti, indipendentemente dal colore in cui si presentano, si dividono fra intere e spezzate. La foglie intere a forma di nastro solitamente non superano i 20 cm di lunghezza sul lato maggiore, mentre quelle spezzate possono ridursi in piccoli "coriandoli" di circa 0.5 cm. Possiedono una massa minore anche dei più piccoli granuli di sabbia. Caratteristica importante la forte aderenza con le superfici, proprietà che si mostra palesemente all'interno delle banquette stesse, dove le foglie sembrano incollate fra loro e ad altri materiali.

- Rifiuti: non si possono avere certezze riguardo a forme e materiali, ma in questa sede vengono considerati quelli più rischiosi per la salute dell'ecosistema, ovvero quelli plastici. Si presentano tendenzialmente di dimensione maggiore sia ai granuli di sabbia fine, sia alle foglie maggiormente spezzate di Posidonia. Il sottile spessore dei rifiuti plastici, provenienti da attività di pesca (ami, lenze) o dai turisti che abbandonano spazzatura (packaging, mozziconi di sigarette), non consente a questi oggetti un facile rotolamento su piani inclinati.

10.1 Processo

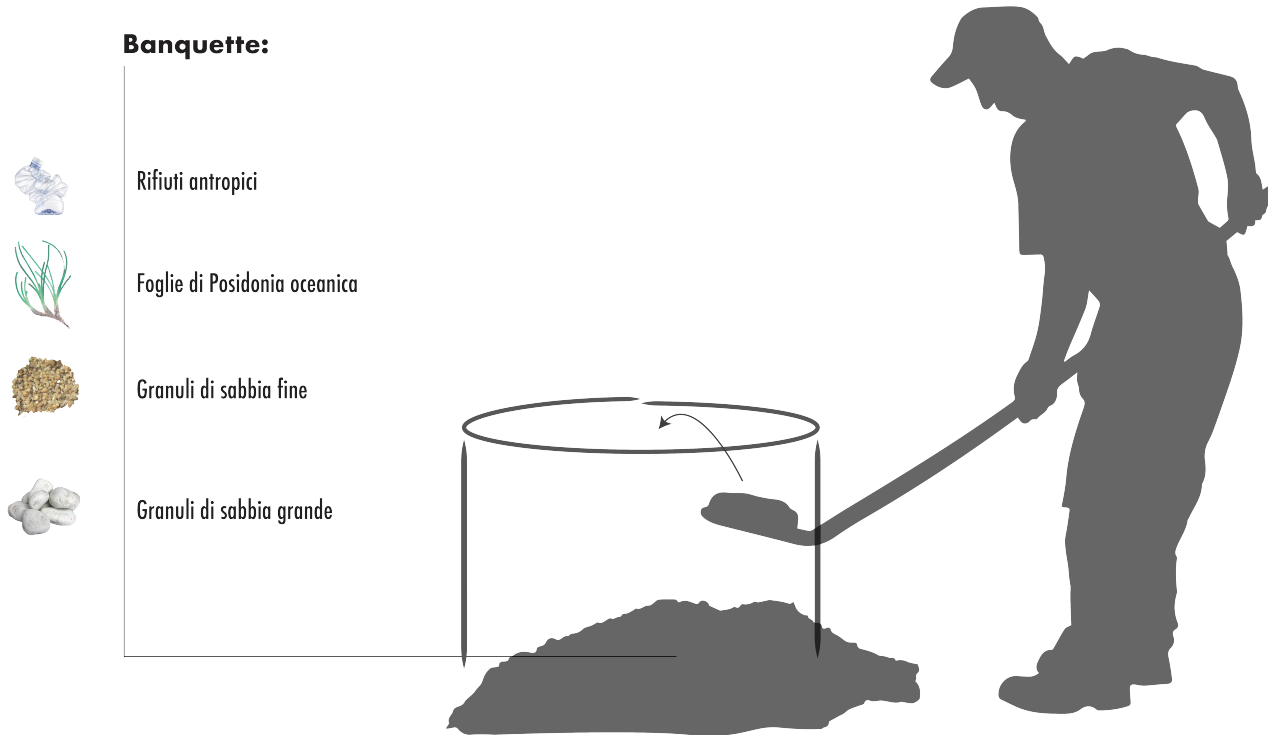
L'intenzione che mosse la creazione di questo progetto fu quella di creare un metodo di gestione della Posidonia spiaggiata più etico di quelli esistenti, che non ne prevedesse il trasporto in discarica né qualunque altro allontanamento dalla costa.
Molti metodi di pulizia delle spiagge infatti, come si è visto, tendono a eliminare dalla costa grandi quantità di Posidonia solo perché esteticamente disprezzata dai turisti, e insieme a questa anche tonnellate di sabbia, che verrà poi aggiunta in un secondo momento proveniente da altri siti mediante ripascimento artificiale.
Pur essendoci la consapevolezza circa il fatto che il miglior intervento, per l'ecosistema, sarebbe di lasciare in sito le banquette di Posidonia oceanica che si formano naturalmente in autunno con le correnti del mare, un completo disinteresse comporterebbe il tossico ingresso dei rifiuti umani all'interno del ciclo vita della pianta, che raggiungerebbero i fondali marini danneggiando le praterie in maniera irreversibile.
Quindi il focus nonché l'obiettivo del progetto si è allargato, passando dalla sola gestione etica della Posidonia, all'eliminazione dei rifiuti dalle banquette al fine di poter gestire in modo rispettoso la Posidonia.
Questo cambio di obiettivi ha rivoluzionato il dispositivo in termini funzionali e formali, rendendolo diverso dagli altri metodi di amministrazione della spiaggia perché unisce la pulizia dai rifiuti e la raccolta delle foglie di Posidonia, senza dover scegliere fra un intervento e l'altro, e soprattutto senza asportare grande quantità di sabbia dalla spiaggia.
Lo strumento è molto più leggero, economico e meno inquinante rispetto ai trattori o ai macchinari semoventi utilizzati per questi tipi di lavori sulle coste, e considerata la modesta velocità di rotazione del cilindro, si può considerare di progettarne una versione meccanica più leggera eliminando il motore elettrico.
L'uso dello strumento può avvenire sia su coste sabbiose sia rocciose, anche quando l'accesso alla spiaggia non è garantito da strade carrabili.
Il rispetto nei confronti dell'ecosistema costiero prima delle necessità del turista garantirà la sopravvivenza del primo, ma anche del secondo.

Questo nuovo metodo di pulizia delle spiagge risulta essere più etico dei tradizionali precedentemente elencati, e si può dividere cronologicamente in tre fasi: raccolta, separazione e gestione.
Si è voluto intervenire fra il momento della raccolta e quello della gestione mediante una differenziazione della banquette, grazie alle forze in gioco conseguenti al moto rotatorio e al piano inclinato oltre che alle proprietà fisiche intrinseche delle sostanze.

Raccolta

L'operatore, in questa prima fase, può utilizzare un rastrello per la raccolta e una pala per il sollevamento della banquette, nella sua forma ammassata e composita. Talvolta, gli operatori fanno questo lavoro manualmente con dei guanti di protezione, ma anziché creare dei cumuli o riempire una cisterna trainata da un trattore, si riempie il cestello tubolare del dispositivo.

Figura 34



Schizzo della fase di raccolta e descrizione della composizione della banquette

Separazione

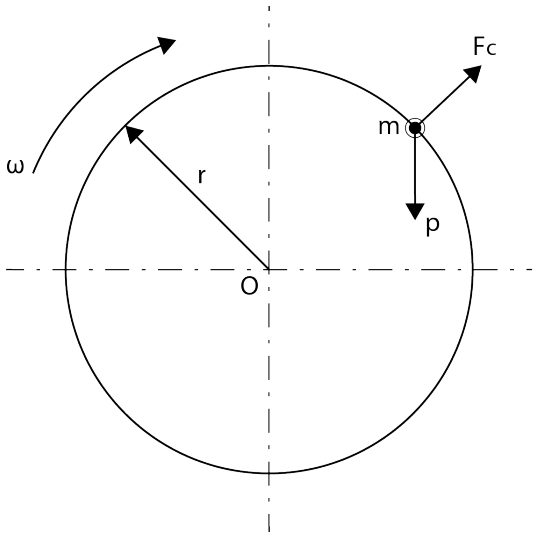
Se utilizzati, gli attrezzi per la raccolta, possono essere poi riposti in uno spazio dedicato nella struttura del dispositivo, così che l'operatore possa muoversi più liberamente e in sicurezza al termine della fase di raccolta.

Sfruttando le forze risultanti dalla rotazione, le forze del piano inclinato e una lamiera forata, la banquette spiaggiata viene trasformata da ammasso coeso di sostanze eterogenee in elementi separati, destinati a differenti usi e gestioni.
Queste tre soluzioni non risulterebbero efficaci da sole, è infatti indispensabile che, per il buon funzionamento del dispositivo, intervengano nello stesso momento.
Nel dettaglio: un tubo inclinato del diametro di 0.75 m e della lunghezza di 1.30 m, in lamiera forata (fori tondi del diametro di 5mm) di acciaio inox AISI 316 resistente alla corrosione salina, grazie ad un motore elettrico ruota intorno al suo asse centrale con cicli di rotazione che raggiungono la velocità massima di 120 rpm; la forza centrifuga che ne consegue tende a spingere gli oggetti di massa minore contro le pareti del tubo; fra questi oggetti vi sono i granelli di sabbia fine che, per via della loro dimensione di diametro massimo di 4 mm, verranno espulsi dal tubo attraverso i fori. I sassi più grossolani e quindi pesanti, subiranno la forza di gravità e scivoleranno/rotoleranno fuori dal tubo grazie all'inclinazione di 35° rispetto al piano orizzontale.

Il dispositivo, quando viene azionato, inizia un ciclo di rotazioni che tende a spingere la sabbia fine fuori dai piccoli fori della superficie, mentre i sassi più pesanti rotoleranno verso la parte posteriore del tubo, cadendo e tornando a fare parte della spiaggia. Il resto dei materiali della banquette, grazie alle forze centrifughe della rotazione, perderanno parte dell'umidità, si separeranno più facilmente e soprattutto rimarranno attaccati alle pareti.

La rotazione

Figura 35



ω = velocità angolare
m = massa
p = forza peso
Fc = forza centrifuga
r = raggio

Forze che agiscono dal moto circolare

Considerando:
Il raggio del tubo r=0.375m
La massa minima dei più piccoli granuli di sabbia m=0.00014kg
La massa massima dei ciottoli più grandi di sabbia M=0.23kg
La velocità angolare massima di n=120RPM, ovvero 12.56rad/s
La velocità angolare minimavi n=30RPM, ovvero 3.14rad/s

Al fine di poter ottenere, durante il ciclo di massima velocità angolare, la fuoriuscita di tutti i granuli di sabbia della dimensione minore di 4mm dai fori della superficie forata del tubo, la forza centrifuga che agisce sui granuli deve essere maggiore della forza peso dei granuli stessi. Ciò avviene per valori di velocità angolare pari a 12.56rad/s, infatti:

m ⟶ $Fc = m \times \omega e2 \times r = 0.00014 \times 12.56e2 \times 0.375 = 0.0083\ N$
$pm = m \times g = 0.00014 \times 9.8 = 0.0014\ N$

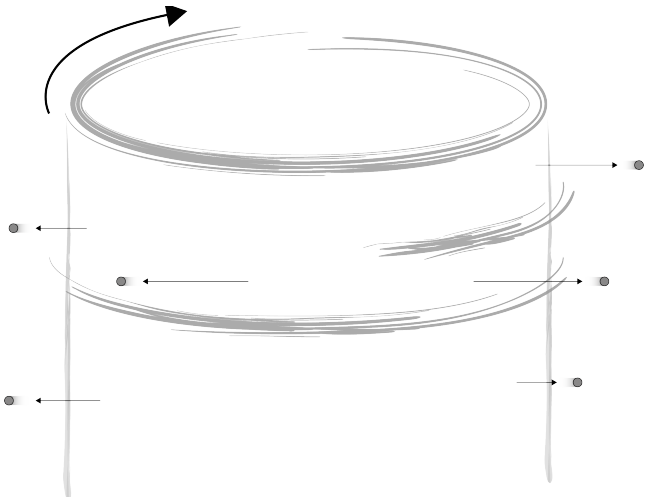
M ⟶ $Fc = M \times \omega e2 \times r = 0.23 \times 12.56e2 \times 0.375 = 12.61\ N$
$pM = M \times g = 0.23 \times 9.8 = 2.25\ N$

A questa velocità angolare, risulta che tutti i granuli all'interno del tubo subiscono la forza centrifuga, però solo quelli più piccoli di 5mm vengono spinti fuori attraverso i fori, mentre i granuli di dimensione maggiore di 5mm rimangono attaccati contro la superficie interna del tubo fino ad un cambio di velocità.
Intervenendo con una riduzione della velocità angolare fino a 30RPM, si ottiene una forza centrifuga minore della forza peso, e i granuli di sabbia non verranno più spinti contro le parenti, bensì cadranno in direzione della forza di gravità:
A questo punto, a far sì che anche i granuli di dimensione maggiore fuoriescano dal tubo, saranno le forze risultanti dall'inclinazione del tubo.

m ⟶ $Fc = m \times \omega e2 \times r = 0.00014 \times 3.14e2 \times 0.375 = 0.00051\ N$
$pm = m \times g = 0.00014 \times 9.8 = 0.0014\ N$

M ⟶ $Fc = M \times \omega e2 \times r = 0.23 \times 3.14e2 \times 0.375 = 0.85\ N$
$pM = M \times g = 0.23 \times 9.8 = 2.25\ N$

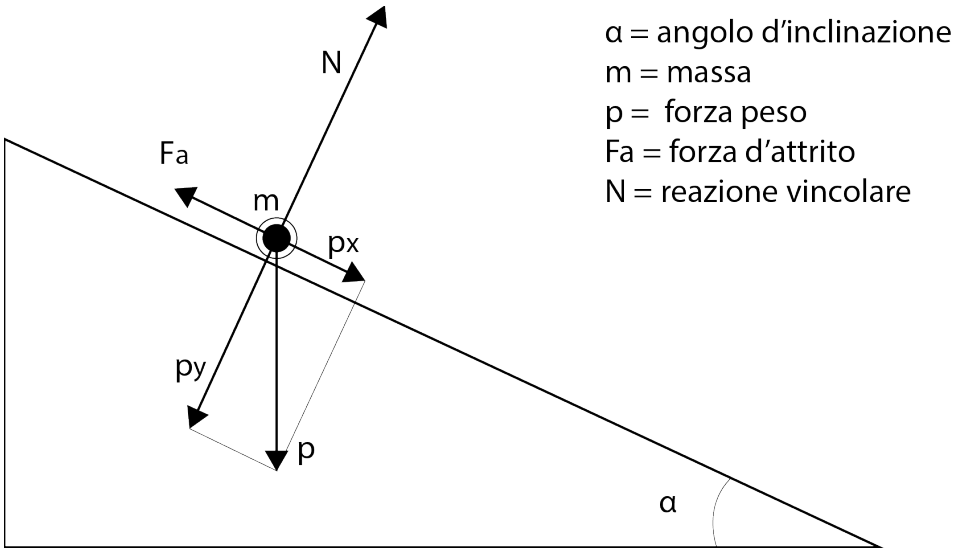
Figura 36



Schizzo della rotazione del tubo e della fuoriuscita dei piccoli granuli di sabbia

Il piano inclinato

Figura 37



Forze che agiscono su un piano inclinato

Considerando:
L'angolo di inclinazione del piano α=30°
La massa dei granuli più grandi del valore di m=0.23kg
Il coefficiente di attrito u=0.5

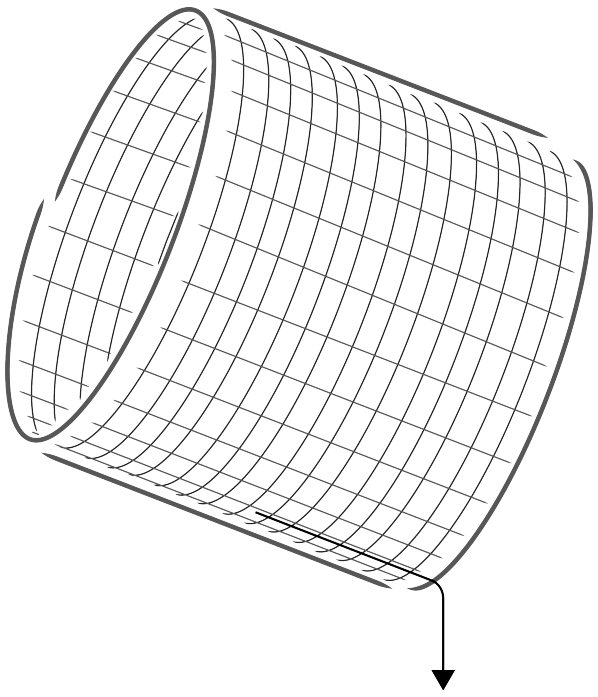
Al fine di ottenere la discesa da parte dei granuli più grandi di sabbia, lungo il tubo, la forza di attrito non deve essere maggiore della componente tangenziale al piano (px) della forza peso:

$$Fa = u \times m \times g \times \cos\alpha$$
$$Fa = 0.5 \times 0.23 \times \cos 30 = 0.97\ N$$

$$px = m \times g \times \text{sen}\alpha$$
$$px = 0.23 \times 9.8 \times \text{sen}30 = 1.13\ N$$

A questa inclinazione del tubo, anche con l'aiuto dell'oscillazione dovuta alla rotazione dello stesso durante il ciclo a velocità angolare lenta, è dimostrato che i granuli di sabbia tendono a percorrerlo in discesa fino all'estremità opposta, da dove escono per ritornare sulla spiaggia.

Figura 38



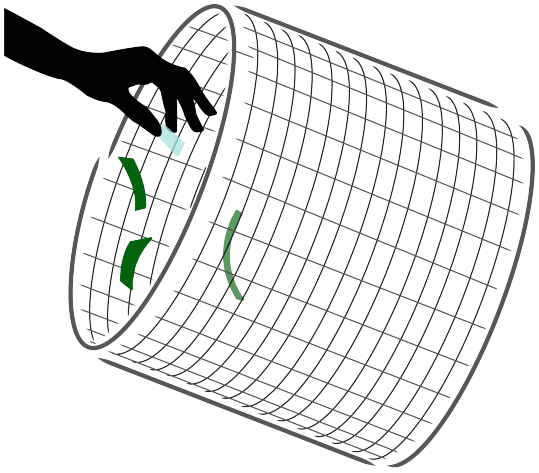
Schizzo del tubo inclinato

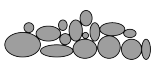
Gestione

Al termine della fase di separazione, il cestello contiene al proprio interno solamente sostanze vegetali e rifiuti che, non essendo più attaccati fra loro, sono più facili da individuare e da dividere. Importante soprattutto riconoscere i rifiuti ed eliminarli dal tubo, manualmente, per gestirli secondo le normative della zona.
Le foglie rimaste, invece, subiranno il destino previsto dal comune stesso, quindi se si decide di lasciarle in sito, si potrà svuotare il tubo mediante uno scovino con setole o un getto d'acqua.
Nel caso in cui, invece, è previsto un trasporto delle sostanze vegetali in una zona specifica della spiaggia, si svuoterà il tubo nella medesima maniera, per poi riempire momentaneamente un sacco per il trasporto delle foglie nell'area stabilita.
Per quanto riguarda la pulizia del tubo, è possibile utilizzare acqua (anche di mare) e spazzole con setole apposite per superfici metalliche, al fine di eliminare ogni possibile sostanza prima dello stoccaggio.

In conclusione, la sabbia torna in sito, come è consigliato che avvenga per motivi di salute dell'ecosistema spiaggia, mentre le sostanze vegetali e i rifiuti non più coesi gli uni agli altri possono essere amministrati singolarmente.
È fortemente consigliata, per questa delicata fase del processo, una gestione delle foglie che non ne preveda l'allontanamento definitivo dalla spiaggia.
Per una corretta gestione della Posidonia, si rimanda al capitolo dedicato ai casi studio di progetti impegnati nella gestione alternativa delle foglie di questa pianta.

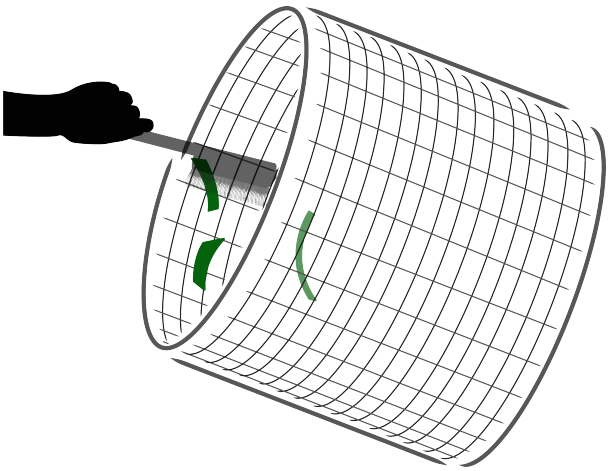
Figura 39





Schizzo rimozione manuale dei rifiuti dal tubo

Figura 40



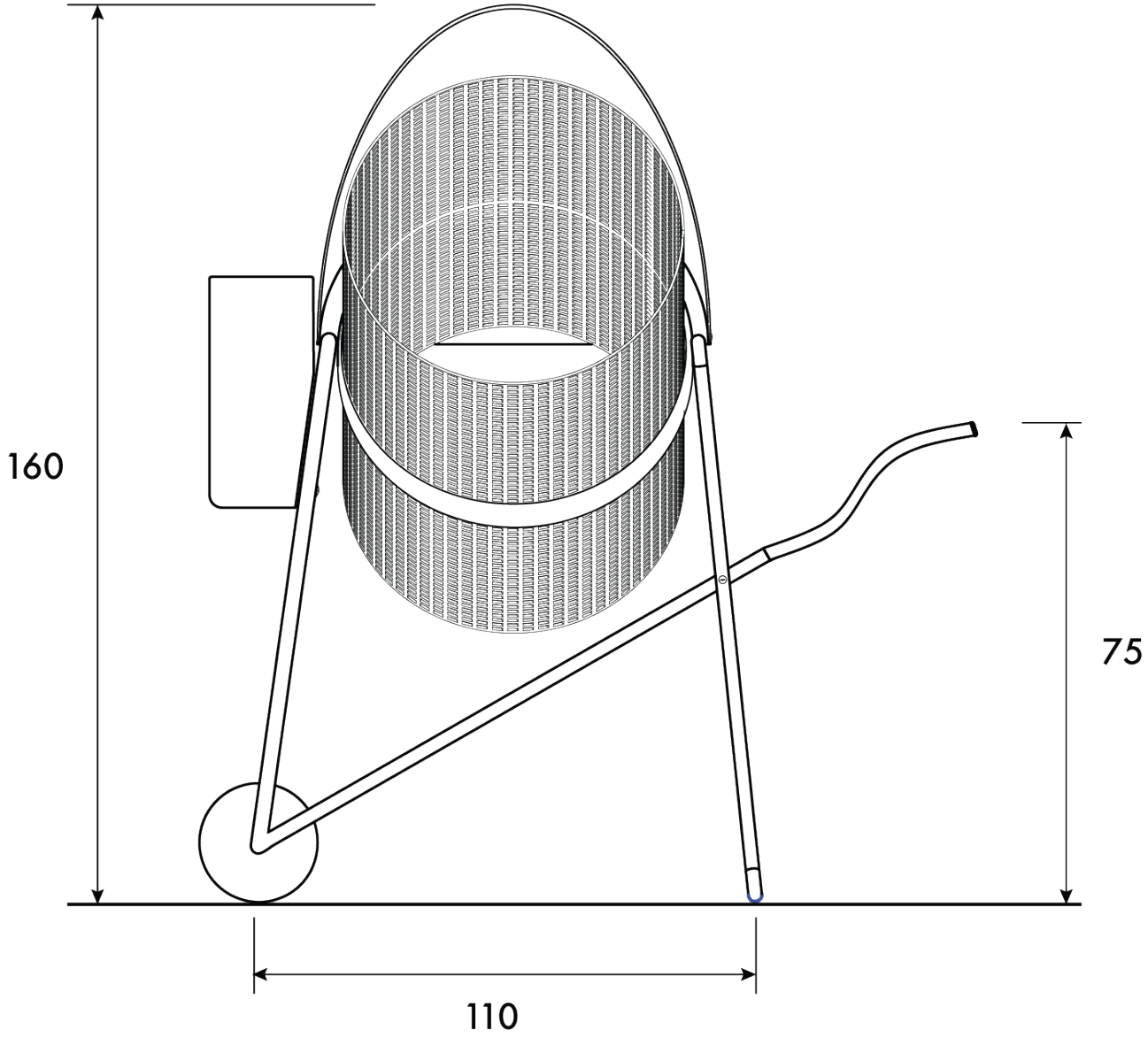
Schizzo pulizia del tubo mediante scovino

10.2 Dimensioni e proporzioni

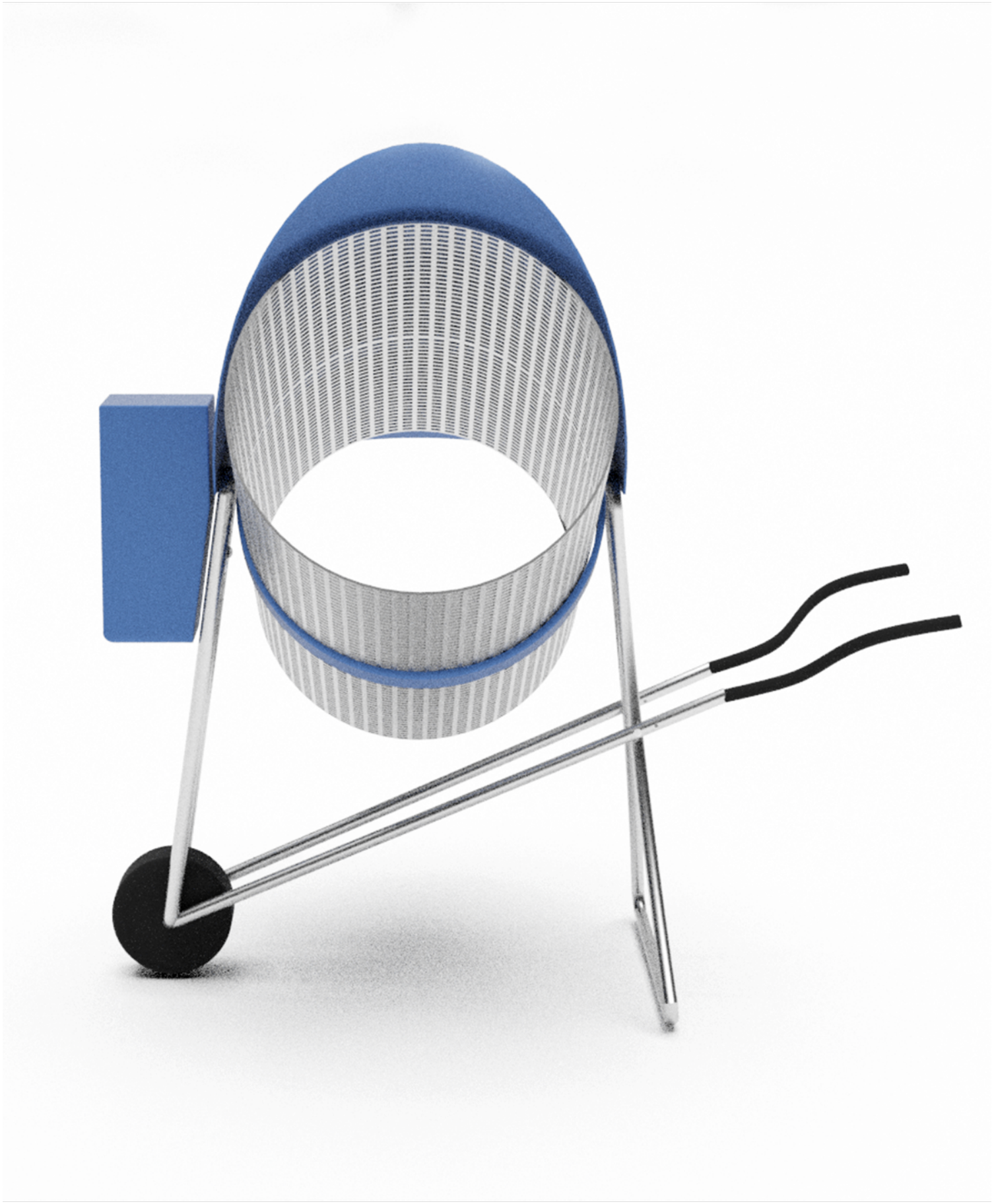
Come già accennato, il tubo dalla superficie forata dentro il quale viene inserita la banquette si presenta con un diametro alla base di 75cm e una lunghezza di 130cm per un'inclinazione di 30° rispetto al piano orizzontale, il tutto sollevato da terra di 35cm nella parte posteriore al fine di favorire la fuoriuscita dei granuli di grande dimensione evitandone l'accumulo.
Il telaio di supporto ha una sezione tubolare e poggia a terra in due punti, posizionati a 110cm l'uno dall'altro. Uno dei due si collega, alla sua estremità, ad una ruota di sezione 15cm per evitarne lo sprofondamento nella sabbia.
La ruota è direttamente collegata alle maniglie di spinta del dispositivo, poste ad un'altezza di 75cm e una distanza di 60cm una dall'altra, per motivi ergonomici e per facilitarne il sollevamento e quindi la spinta durante lo spostamento.
La copertura garantisce un riparo per l'operatore dalla fuoriuscita superiore dei granuli più piccoli. Questa raggiunge l'altezza massima di 155cm.

Vista frontale

Figura 41

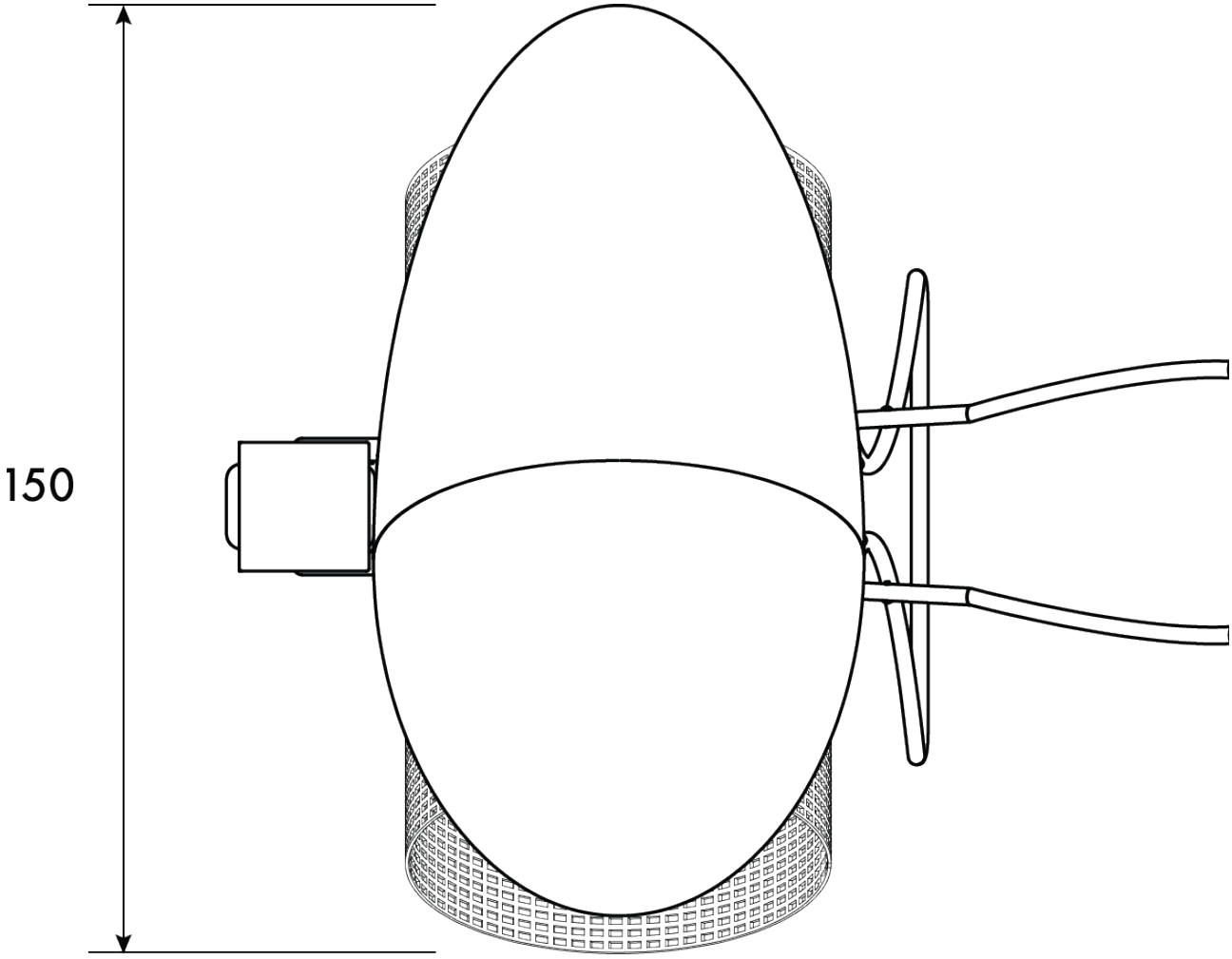


Vista tecnica frontale
Misure in cm

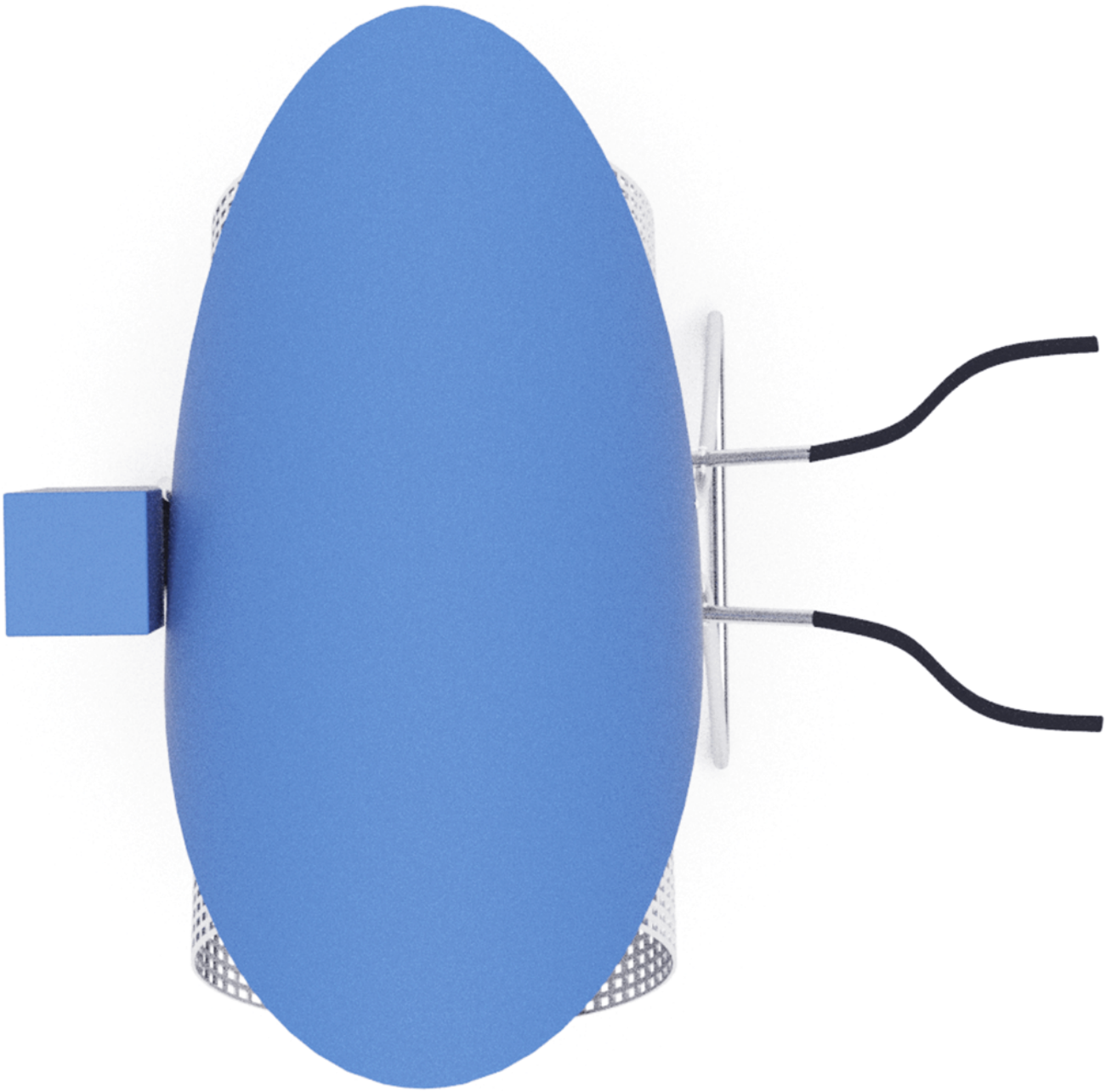


Vista superiore

Figura 42

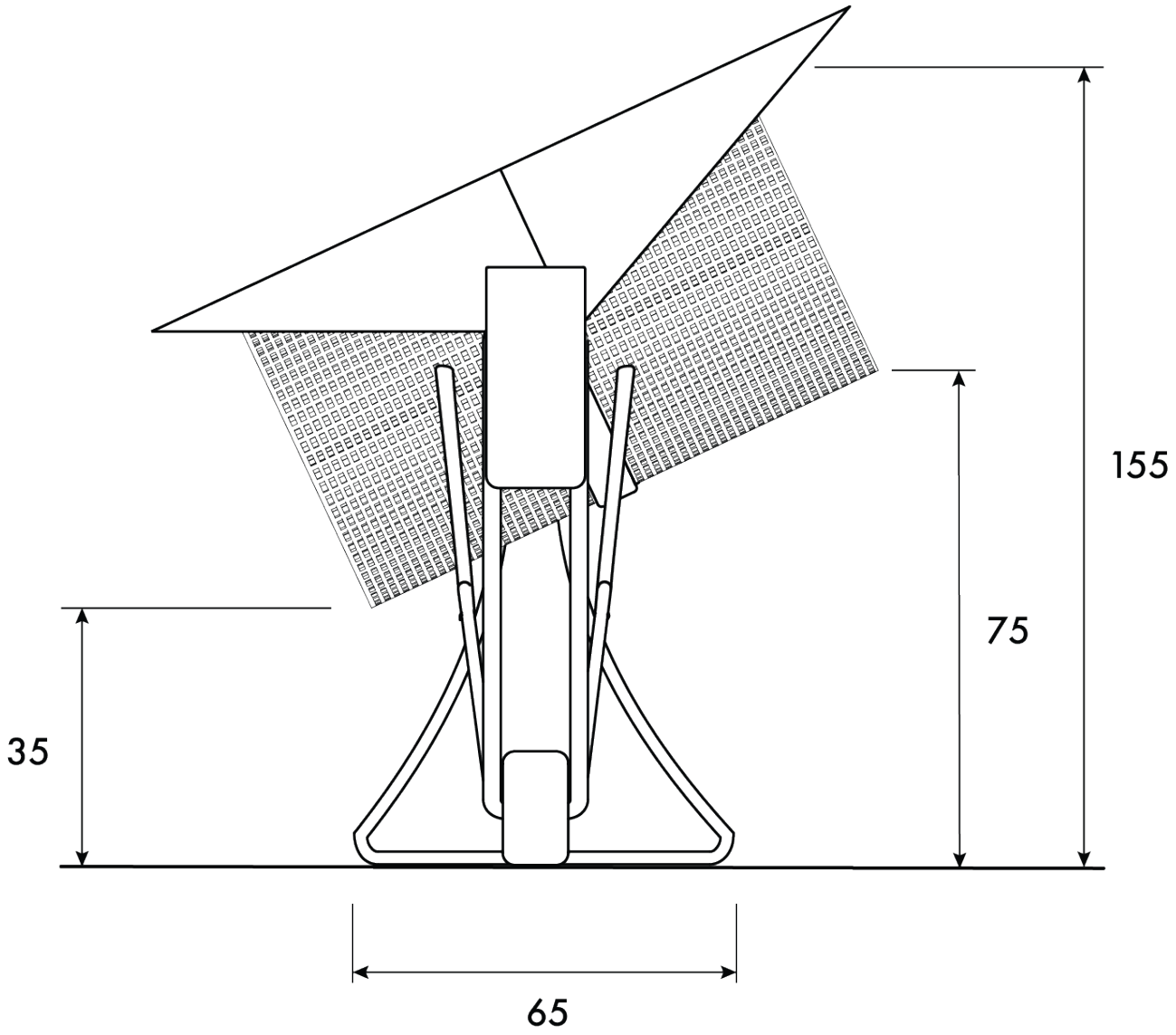


Vista tecnica superiore
Misure in cm



Vista laterale

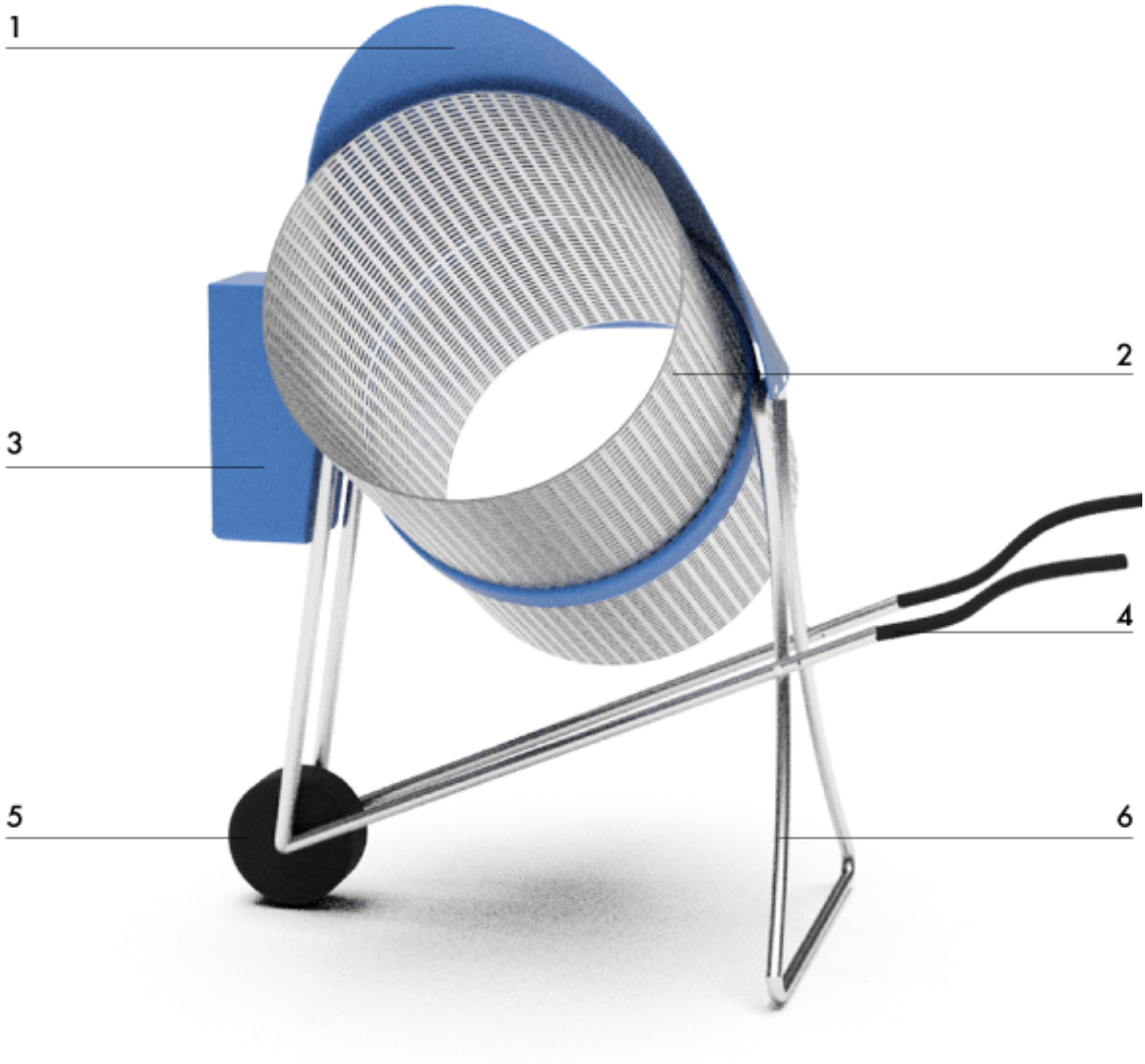
Figura 43



Vista tecnica laterale
Misure in cm

10.2.4 Componenti

Figura 44

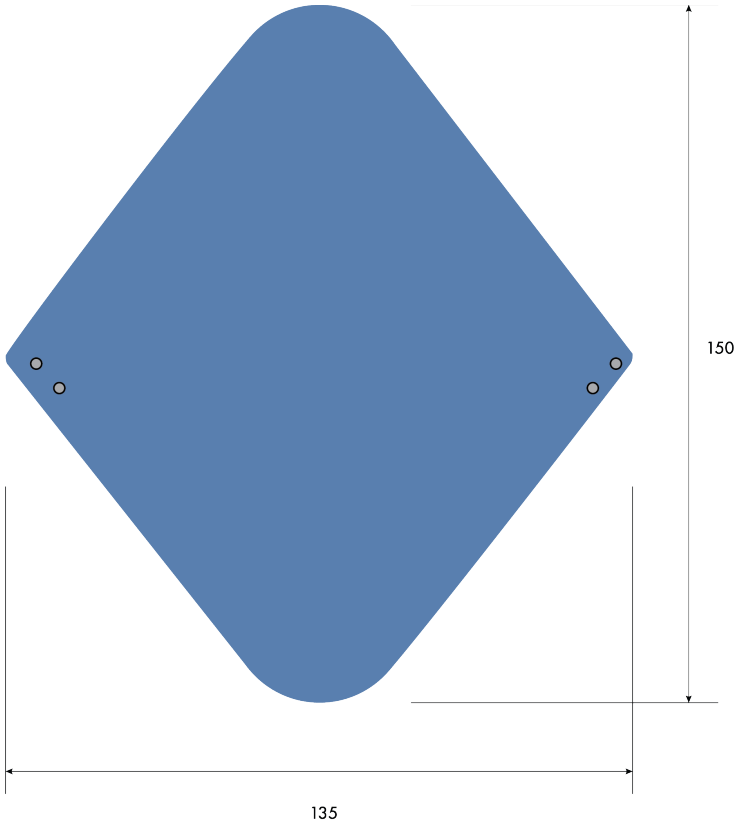


Render in vista prospettica

1. Copertura

Posta sulla parte superiore della struttura, la copertura non ha la funzione di supporto e infatti non subisce alcuna forza trasversale su di essa. Per facilitarne lo stoccaggio ed eventualmente il trasporto in situazioni particolari, si può separare dal resto del telaio. Una volta separata la copertura può essere comodamente arrotolata per via della alta flessibilità del materiale di cui è composto: gomma naturale.

Figura 45

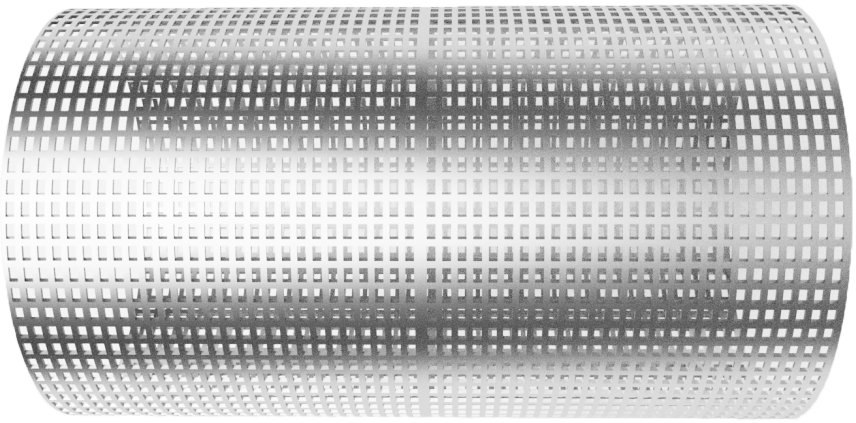


Copertura

2. Tubo rotante

Elemento centrale del dispositivo e ampiamente descritto in precedenza, è composto di acciaio inox per evitarne la corrosione, si sviluppa per una lunghezza di 1.30m per un diametro del foro di 0.75m, e possiede una capacità di circa 550L. La sua rotazione è agevolata dal supporto circolare visibile in Figura 37, dove la presenza dei cuscinetti a sfera favorisce la rotazione.

Figura 46



Tubo

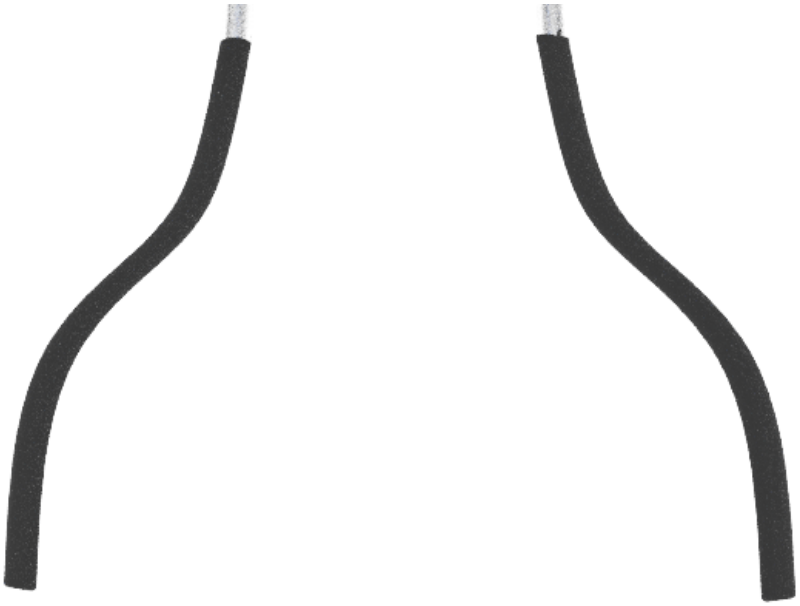
3. Scocca del motore

Si vuole sottolineare innanzitutto che, come si vedrà anche nel capitolo dedicato agli eventuali progetti futuri, la rotazione del rullo può essere anche effettuata manualmente considerando le modeste velocità raggiunte, ma questo comporterebbe un aumento del numero di operatori impegnati nel processo.
Il motore qui considerato è elettrico, con potenza di 200W, a cinghie di trasmissione.

4. Manici

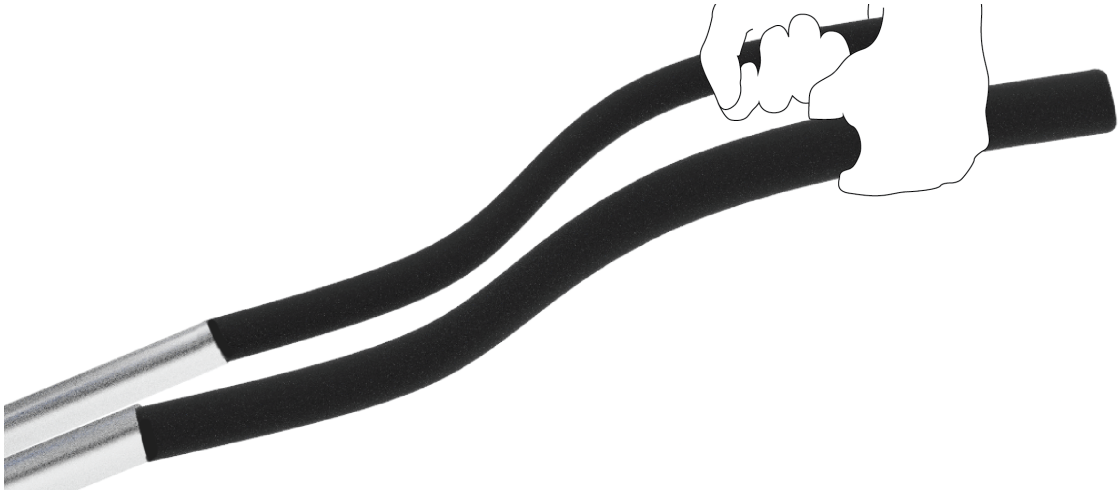
Direttamente collegati all'asse della ruota, come funziona nelle carriole, i manici sono il prolungamento del telaio, si allontanano dall'ingombro dello strumento per favorire il passo durante il trasporto, sono fra loro distanziati al fine di facilitarne il sollevamento e hanno un rivestimento in gomma per evitare il diretto contatto con l'acciaio.

Figura 47



Vista dall'alto dei manici

Figura 48



Rapporto antropometrico dei manici

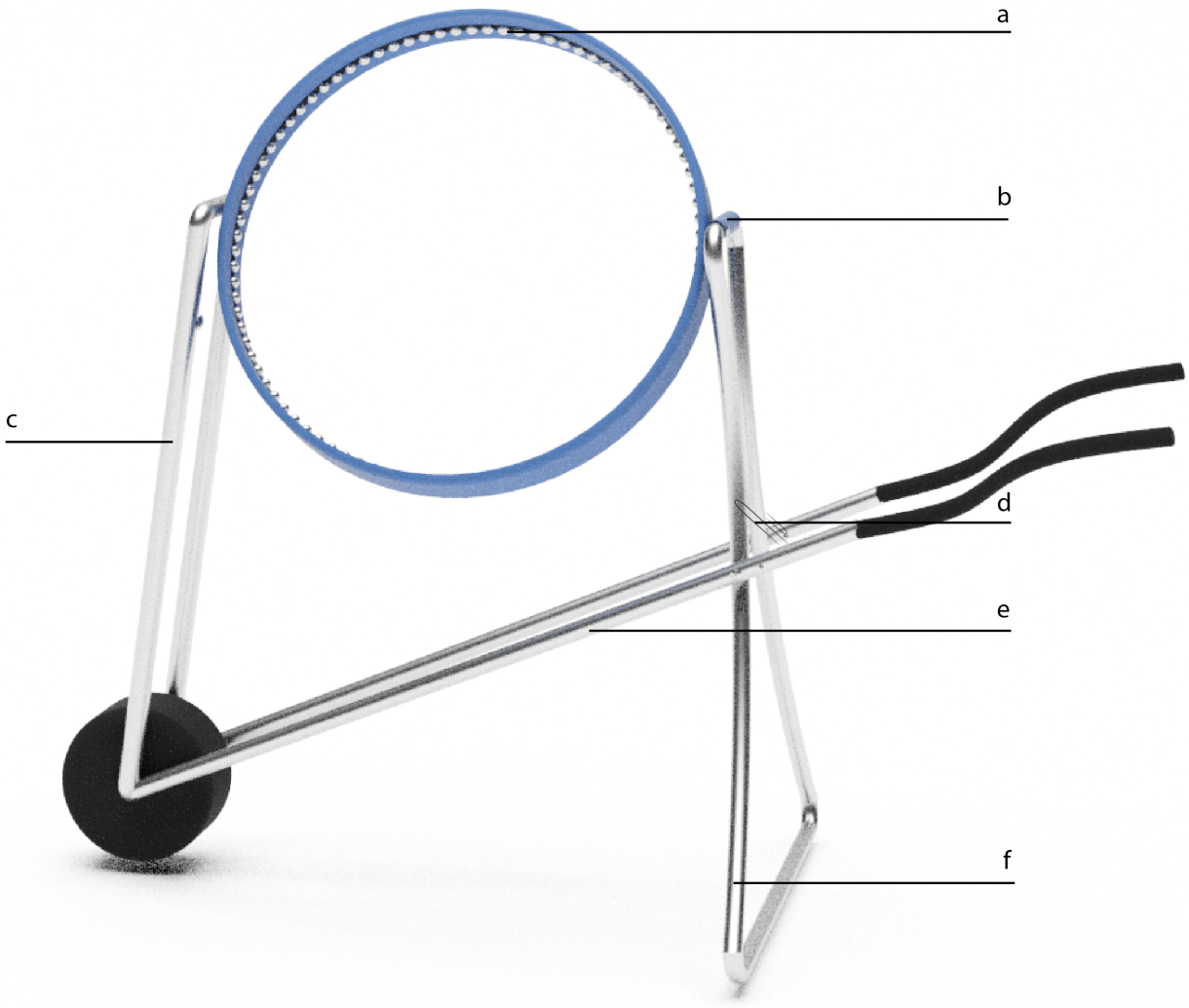
5. Ruota

La ruota è una sola per motivi legati alla superficie accidentata del terreno, che sia sabbia o roccia. È stata scelta una ruota già in commercio del diametro di 25.5cm, collaudata per il trasporto di carrelli su sabbia.

6. Telaio

Il tubo rotante poggia su un telaio anch'esso in acciaio inox. Questa struttura è formata, a sua volta, dal sostegno circolare che abbraccia il tubo rotante (Figura 49, a), contenente all'interno i cuscinetti a sfera per ridurre l'attrito durante la rotazione del tubo stesso ed evitarne il ribaltamento; dai due tubolari metallici che poggiano a terra tramite il piedistallo uno (Figura 49, e) e la ruota l'altro (Figura 49, c); infine, dal terzo tubolare che collega la ruota ai manici di spinta (Figura 49, e).

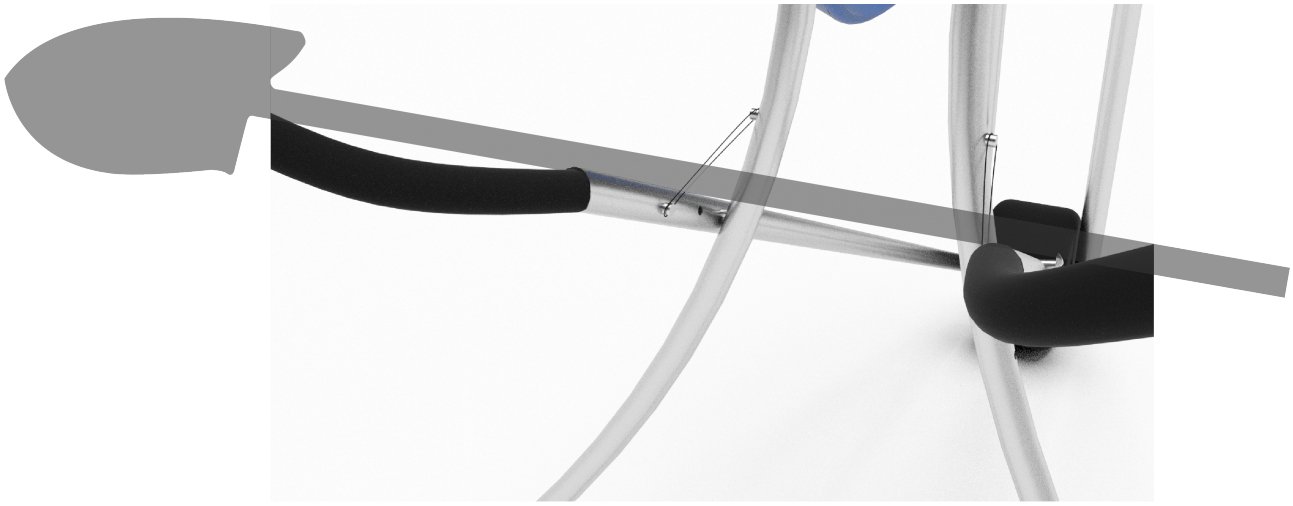
Figura 49



Render del progetto, senza il tubo rotante

Fra gli elementi non strutturali per il sostegno del tubo ma utili per altri motivi, si può notare sempre in Figura 49 il foglio in tessuto che avvolge il tubo metallico (Figura 49, b) (dettaglio in Figura 51), utile a reggere la copertura grazie ai bottoni a scatto di cui è dotato, e lo scomparto dedicato all'appoggio di strumenti esterni (Figura 49, d) (dettaglio in Figura 50) quali pale e rastrelli, utilizzati solitamente nella prima fase del processo.
La quantità di materiale utilizzato e quindi anche il peso totale dello strumento, che deve essere trasportato su terreni con superfici irregolari, è stato ridotto il più possibile.

Figura 50



Dettaglio scomparto dedicato a strumenti esterni

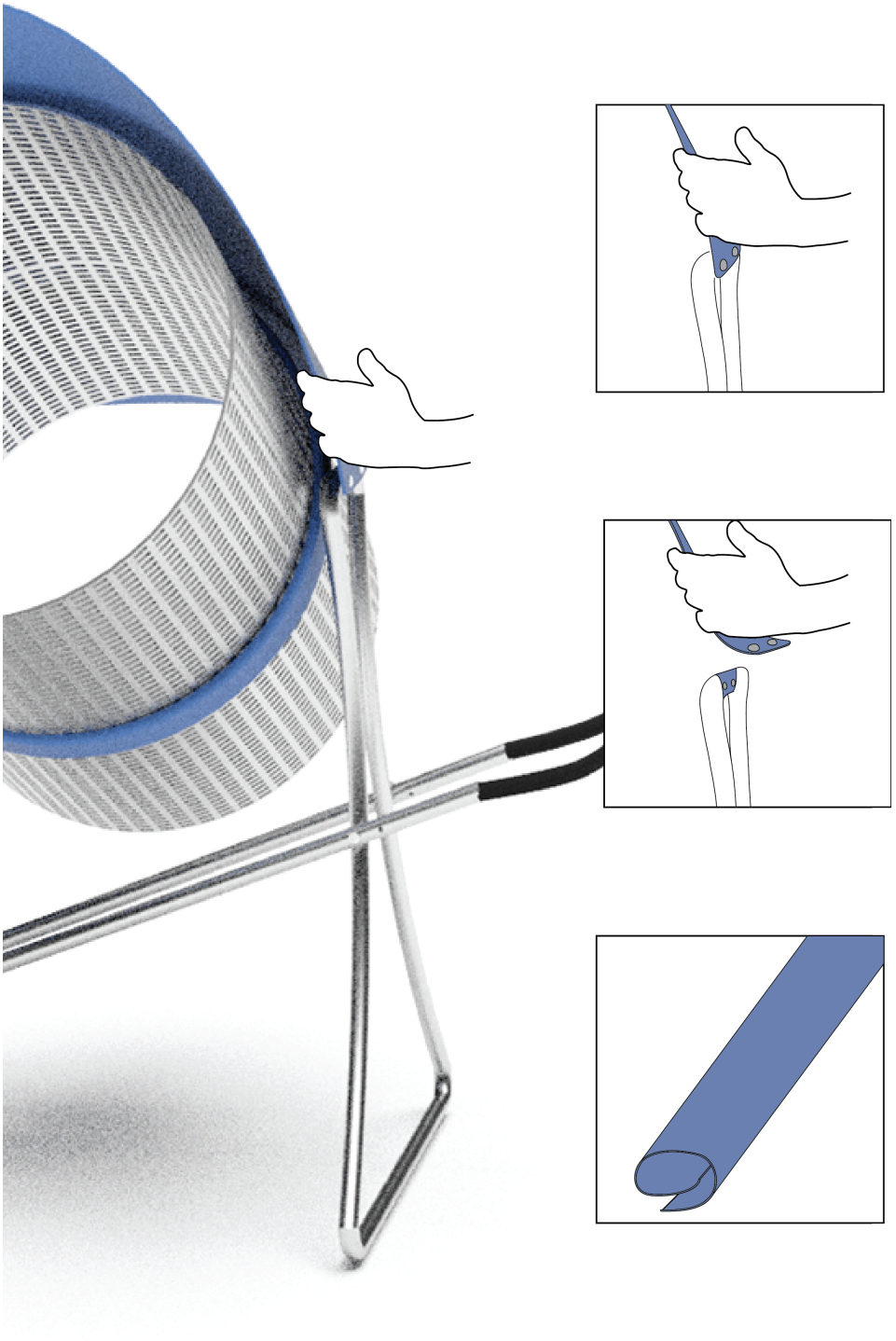
Figura 51

Dettaglio bottoni a scatti

10.4 Stoccaggio

10.4.1 Copertura

Figura 52



Storyboard di smontaggio della copertura

Il tubo rotante, quando è in funzione, spinge fuori i granuli di sabbia umidi e le particelle di acqua salata, che vanno a colpire la copertura superiore.
Per facilitarne la pulizia, oltre che lo stoccaggio, può essere rimossa grazie ai bottoni a scatto posti sul rivestimento del telaio.

10.4.2 Telaio

È possibile ridurre l'ingombro totale del telaio per semplificarne il trasporto e lo stoccaggio solo dopo la separazione con il tubo, di cui non è stata prevista un'ulteriore riduzione delle dimensioni.
Nonostante la leggerezza, le dimensioni contano un'altezza di circa 75cm per una larghezza fra i punti d'appoggio di 110cm.
Al fine di garantirne un più confortevole utilizzo, è stato pensato un meccanismo di chiusura in due movimenti, nei due giunti dove le parti separate del telaio si incrociano.

Figura 53

Render del telaio in vista frontale

Movimento 1

Come si evince dalla figura sottostante, il primo movimento riguarda il tubolare del piedistallo che, rimanendo agganciato al tubo che collega ruota e maniglie, ruota intorno ad un perno chiamato ***"tube lock"***, in grado di garantire il sostegno durante l'utilizzo ma anche la rotazione durante lo stoccaggio. La posizione illustrata in Figura 54, può essere provvisoriamente fissata tramite l'uso degli elastici dedicati al supporto degli strumenti esterni di raccolta, rappresentati in Figura 50. L'uso di questi elementi blocca il momento di rotazione intorno al ***"tube lock"***.

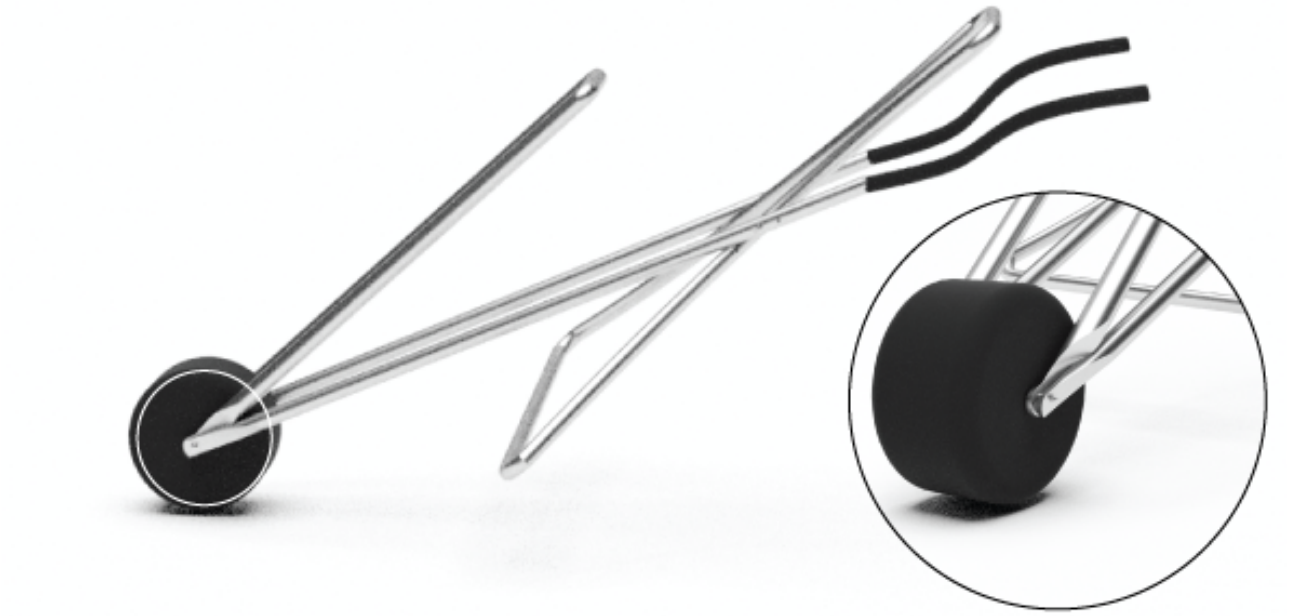
Figura 54

Render del telaio piegato una volta e dettaglio del "tube block"

Movimento 2

Per quanto riguarda i due tubolari che si incontrano sull'asse della ruota, è stato deciso che non sarebbero stati né saldati né uniti in alcun modo definitivo, al fine di lasciare un grado di libertà nel momento di rotazione per il piegamento durante lo stoccaggio. Nel dettaglio, il prolungamento dei due manici hanno una forcella indipendente collegata all'asse della ruota e, allo stesso modo, anche la parte di telaio che si collega al tubo rotante, entrambe chiuse da una vite con dado a farfalla. Grazie alle due forcelle indipendenti ma unite allo stesso asse, le strutture possono essere ribaltate per assottigliare l'intero telaio.

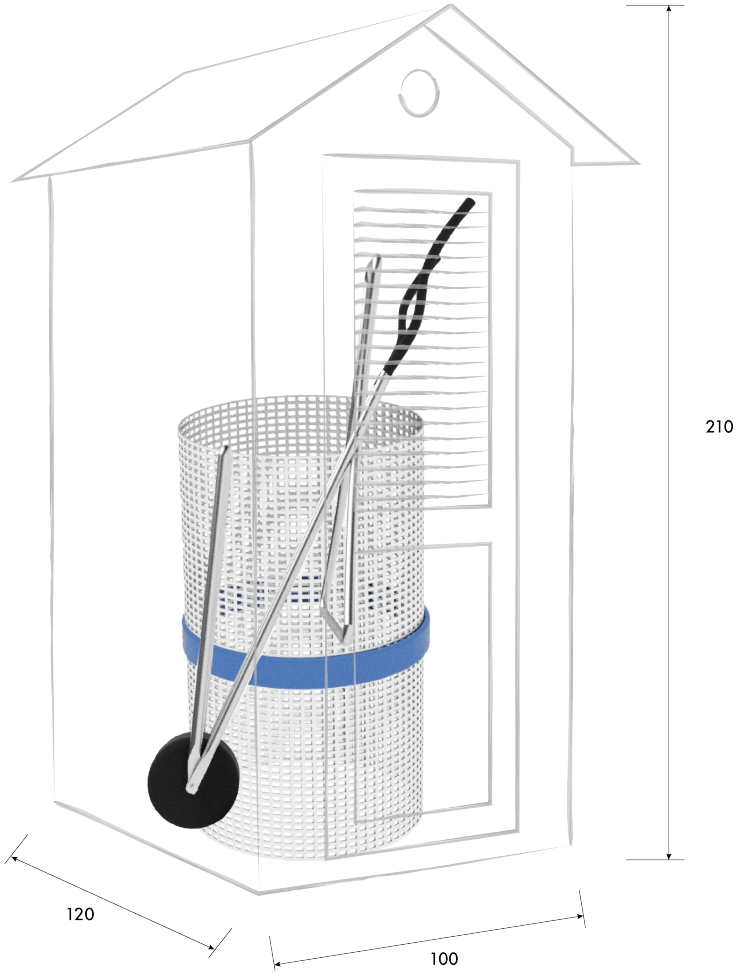
Figura 55



Render del telaio piegato due volte e dettaglio delle forcelle

I magazzini balneari, come qualunque altro tipo di magazzino, servono agli stabilimenti o al comune per il deposito di attrezzatura varia, turistica e non. Nelle località di mare però, molto spesso, lo spazio a disposizione è fortemente limitato, perciò risulta di vitale importanza ridurre l'ingombro e il numero degli strumenti utili.
Questi depositi possono avere diverse dimensioni, in base all'ampiezza della spiaggia in larghezza e verso l'entroterra, alla conformazione superficiale del terreno sulla costa (sabbia o roccia, in pendenza o in piano), e talvolta influisce anche lo spazio di proprietà dello stabilimento stesso.
Vista la variabilità in questo senso, è stata scelta come riferimento la cabina balneare che, indipendentemente dalle spiagge, ha misure quasi sempre costanti e minimali, infatti si estende per 120cm in profondità, 100cm in larghezza e 210cm di altezza (Figura 57).
In questo caso, tutti i componenti del prodotto potrebbero entrare all'interno del piccolo deposito, se prima opportunamente separate e piegate.

Figura 57



Schizzo di una cabina quotata usata come deposito per il prodotto

10.4 Candidatura al James Dyson Award

Il progetto partecipa al James Dyson Award 2021 con il nome di ***Son of Kronos***, ovvero figlio di Kronos. Nella mitologia greca Kronos, dio della fertilità, del tempo e dell'agricoltura, dall'unione con Rea (figlia di Urano e Gaia, ovvero del cielo e della terra) genera Poseidone, dio del mare e nome originale della pianta che si sta cercando di salvaguardare proprio con questo progetto.

Figura 58

Progetto Son of Kronos presentato al JDA2021

La Figura 58 illustra l'immagine di presentazione scelta per presentare la candidatura al concorso, visibile sul sito del James Dyson Award fra le idee del 2021.

10.5 Progetti futuri

Se per innovazione si intende un intervento migliorativo messo in atto per risolvere uno specifico problema, Son of Kronos si pone fra una soluzione che non c'era e una che ci sarà.
In quest'ottica, il prodotto è stato pensato per facilitarne la sua stessa evoluzione, infatti è possibile ottenere lo stesso risultato che si ottiene col motore elettrico, anche con una spinta meccanica tramite manovella o pedali, laddove l'accesso all'energia elettrica fosse impossibile.
Oltre ad un'innovazione formale e funzionale, Son of Kronos è adattabile a innovazioni processuali: considerando che ci sono tre fasi nella pulizia delle spiagge (raccolta, separazione, gestione) ma l'utilizzo di Son of Kronos è particolarmente utile solo nella seconda, un'innovazione in questo senso può riguardare l'affiancamento di un progetto il cui utilizzo è previsto nella fase di raccolta e/o di gestione.
Un esempio lungimirante ed esplicativo è stato suggerito durante un'intervista con Alfonso Scarpato, coordinatore ISPRA del progetto Bargain, che immaginava un nuovo metodo di raccolta e separazione delle banquette, per poter agevolare la creazione di arredi balneari già citati nel capitolo sulle gestioni alternative degli spiaggiamenti, di cui ENEA ne possiede il brevetto. In suddetta intervista, è stata evidenziata l'importanza di un approccio multidisciplinare negli interventi di pulizia della spiaggia e gestione della Posidonia, mediante azioni su più livelli e diversificata in base al tipo di spiaggia e al tipo di banquette.

11. Conclusioni

In merito alla frase presentata nell'introduzione "progettare qualcosa che risolva un problema", preme evidenziare che questa non è altro che la definizione di design trasformata in brief dagli abili organizzatori del James Dyson Award, che consapevolmente stimolano la creatività dei partecipanti invitandoli implicitamente a utilizzare un metodo di progettazione riconducibile al Design Thinking.
Grazie a questo approccio, coordinato in senso più alto dal Design Sistemico, è stato possibile trovare e risolvere un problema, che in questa sede in particolare riguarda la scorretta gestione della Posidonia oceanica spiaggiata, che comporta reazioni a catena dannose che si propagano per migliaia di chilometri e centinaia di anni. Per questo motivo, la soluzione ottenuta si può quasi considerare un intervento "a monte" del problema.
Per ragioni legate soprattutto al tempo e alla limitata mobilità in periodo di pandemia dovuta al Covid-19, i sopralluoghi in fase di analisi territoriale sono stati limitati e non è stato creato un modello in scala 1:1 del progetto.
Mancando così la fase conclusiva di prototipazione e prove, ci si può basare solo sulle dimostrazioni fisiche e statiche, ma i risultati positivi ottenuti da quest'ultime e la missione etica che ne è alla base sono un'ottima base di partenza più che un punto di arrivo, per la costruzione e messa a punto di un prototipo funzionante.

BIBLIOGRAFIA

A. Scarpato et al., La Spiaggia Ecologica: gestione sostenibile della banquette di Posidonia oceanica sugli arenili del Lazio, ISPRA, 2020

Brenna L., *Come stanno i mari e gli oceani del mondo*, in "*lifegate*", 2017

Circolare n. 8838 del 20/5/2019, Oggetto: gestione degli accumuli di Posidonia oceanica spiaggiati

Karina Von Schuckmann et al., *Journal of Operational Oceanography*, Vol.9, 2017

L.Telesca et al., Seagrass meadows (Posidonia oceanica) distribution and trajectories of change, 2015
https://www.nature.com/articles/srep12505#Tab2

P. Borrello et al., *Formazione e gestione delle banquettes di Posidonia oceanica degli arenili*, ISPRA, 2010

SITOGRAFIA

A. Parente, *Il progetto PRIME premiato alla Commissione Europea*, in *Consiglio Nazionale delle Ricerche* (CNR), 2015, *https://www.cnr.it/it/news/6012/il-progetto-prime-premiato-dalla-commissione-europea*

ENEA, Agenda tecnica, https://www.agendatecnica.it/wp/2018/medonia-ecostruttura-per-larredo-balneare/, 2018

isprambiente, https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/tema-mare/posidonia-oceanica-spiaggiata-la-gestione-degli-accumuli-e-la-valorizzazione, 2021

isprambiente, https://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/cartella-progetti-in-corso/progetti-mare/bargain

jamesDysonAward, https://www.jamesdysonaward.org/it-it/home/, *2021*

JamesDysonFoundation, https://www.jamesdysonfoundation.com, *2021*

Posidonia Green Festival, https://www.posidoniagreenfestival.com/es/

Posidonia Green Project, https://www.posidoniagreenfestival.com/posidonia-oceanica/, 2021

Progetto P.R.I.M.E. https://pdc.minambiente.it/sites/default/files/progetti/linee_guida_prime_2013_ita.pdf