# MI AMI

Materiali Innovativi
per l'Allevamento Mitili

# RELAZIONE FINALE

# Misura 2.47 “Innovazione”

## Progetto 0001/INA/17 CUP: B88I17002090009

FEAMP
PO 2014-2020
Fondo europeo per gli
affari marittimi e la pesca

MI AMI
Materiali Innovativi
per l’Allevamento Mitili

# RELAZIONE FINALE

UNIONE EUROPEA

REGIONE PUGLIA

HYDRA COOP

UNIVERSITÀ DEL SALENTO

# Sommario

1. Premessa ..... 5

2. Obiettivi del Lavoro ..... 7

3. Materiali e Metodi ..... 8

3.1. Area di studio ..... 9

3.2. Identificazione del filato ..... 10

3.3. Programma sperimentale ..... 11

3.3.1. Prove preliminari ..... 12

3.3.2. Campagna sperimentale ..... 13

3.4. Allestimento e posizionamento reste in mare ..... 18

3.5. Raccolta dati ..... 20

3.6. Prove sulle BIO-reti per packaging ..... 24

3.7. Test meccanici ..... 25

4. Risultati ..... 26

4.1. Affidabilità e produttività BIO -reste ..... 26

4.2. Test meccanici – Risultati sperimentali ..... 33

4.2.1. Prove preliminari ..... 33

4.2.2. Campagna sperimentale ..... 43

5. Conclusioni e prospettive ..... 55

6. ***BIBLIOGRAFIA*** ..... 57

**SCHEDA TECNICA DEL PROGETTO**

| | |
|---|---|
| Domanda | 28/02/2018 |
| Importo € | 193.00.00 |
| Approvazione | 16/04/2019 |
| Inizio attività | 23/07/2019 |
| Fine attività | 31/12/2021 |
| Tipo di finanziamento | Fondi FEAMP 2014/2020 Il finanziamento è composto per il 50% da risorse comunitarie e per il 35% da risorse nazionali e per il 15% da risorse della Regione Puglia. |
| Partecipanti | Cooperativa Hydra, Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione - Università del Salento, Organizzazione Produttori Mytilus Tarenti, |

**RINGRAZIAMENTI**

Si ringraziano sentitamente per la preziosa collaborazione prestata tutti i mitilicoltori della marineria di Taranto, il Presidente Emilio Palumbo della l'Organizzazione Produttori Mytilus Tarenti Soc. Cooperativa e il Sig. Giovanni Nicandro della Cooperativa Nuova Mar Ionio per la collaborazione nei campionamenti, e per aver fornito tutte le informazioni necessarie alla raccolta dati. Un ulteriore ringraziamento è rivolto, al Prof. Tiziano Verri e alla Dott.ssa Roberta Schiavone del Laboratorio di Fisiologia Comparata del Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche e Ambientali dell'Università del Salento per le indagini condotte con lo Stereomicroscopio.
Si ringrazia, il Dipartimento Agricoltura, Sviluppo Rurale e Ambientale Sezione attuazione dei programmi comunitari per l'agricoltura e la pesca della Regione Puglia, che nell'ambito del contributo FEAMP 2007/20014 Mis.2.47 ha reso possibile, la realizzazione di questo studio.

## *1. PREMESSA*

La presente relazione è riferita alla realizzazione del progetto: "*Materiali Innovativi per l'Allevamento dei Mitili"* (MIAMI), realizzato con i benefici del finanziamento FEAMP 2007/2014 Obiettivo Tematico 3 Misura 2.47 "Innovazione".
Il Progetto denominato con acronimo MIAMI, nasce da una attività di collaborazione partecipata e condivisa della costituenda ATI tra Società Cooperativa Hydra, il Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione dell'Università del Salento e l'Organizzazione Produttori Mytilus Tarenti Soc. Cooperativa, presentato nel febbraio 2018 ed è stato approvato con Determina n.0087 del 16/04/2019 (Codice Identificativo del progetto 0001/INA/17).

Ogni anno milioni di tonnellate di rifiuti finiscono in mare o in ambito portuale, tale fenomeno deriva da una cattiva gestione nella raccolta dei rifiuti, della mancanza di infrastrutture o per poca conoscenza sulle gravi conseguenze sull'habitat naturale.
La comunità scientifica già dagli anni '70 ha prestato attenzione a tale fenomeno, noto come *marine litter*: "qualsiasi materiale durevole prodotto dall'uomo e abbandonato nell'ambiente marino è destinato ad accumularsi".
Tra i rifiuti della pesca e dell'acquacoltura rientrano rifiuti speciali (batterie, olii motore), rifiuti organici (specie sotto taglia, scarti), rifiuti raccolti in mare (plastica, vetro, carte e cartoni, tessuto, legno, materiale ferroso) a questi si aggiungono materiali plastici utilizzati massicciamente nella mitilicoltura. *In primis* si citano le cosiddette "*calze*", ovvero le reti tubolari utilizzate per contenere i mitili durante l'allevamento. Sia che la produzione venga attuata in ambiente lagunare sia in mare aperto, l'allevamento dei mitili prevede comunque l'utilizzo di "calze" in polipropilene per il contenimento dei molluschi in accrescimento. La maggior parte di queste è costituita da polimeri termoplastici come polietilene e polipropilene, certificate per essere resistenti anche a temperature inferiori a -20°C. Durante ogni ciclo di allevamento si esegue la fase di *reincalzo*, che avviene periodicamente nell'arco di 13-15 mesi (durata del ciclo vitale del mitilo), dunque, il nuovo materiale plastico rimpiazza quello utilizzato fino a quel momento. È durante queste fasi di sostituzione che però, spesso, questo prodotto in polipropilene finisce in mare, andando a contribuire pesantemente all'inquinamento da plastica sia in mare aperto e sia sull'arenile o degli ambienti più confinati quali lagune e porti (Fig.1).
Si tratta di una problematica tutt'altro che marginale, visto che, sulla base dei dati dell'Associazione Mediterranea Mitilicoltori, per produrre 1 kg di cozze vengono utilizzati fino a 1,5 metri lineari di rete tubulare plastica, che, a fronte di oltre 80mila tonnellate di cozze vendute ogni anno in Italia, determina un utilizzo di 120mila km/anno di retine in plastica utilizzate.
Dunque un peso importante, quello delle "calze", nell'ambito complessivo dei rifiuti più presenti in quasi la metà delle spiagge del Paese, secondo dati Legambiente-ENEA, concentrati soprattutto in prossimità degli impianti di produzione, con tempi di degradazione superiori ai 200 anni.

**Fig.1: Reste in materiale plastico depositate dalle mareggiate sugli arenili**

L’emergenza inquinamento dei nostri mari è una prioritaria; la comunità scientifica internazionale (ma non solo) ha iniziato a indirizzare le proprie ricerche verso l’individuazione e la realizzazione di nuovi materiali, che garantissero gli stessi standard tecnici delle *calze* in polipropilene, ma allo stesso tempo siano compostabili o biodegradabili.

L'Economia Circolare trova il suo fondamento nella Blue Economy: teoria economica che è fortemente legata all'ecosistema marino ed alle enormi opportunità che potrebbe generare un miglior sfruttamento delle risorse marine, con un approccio che sia ristorativo e rigenerativo.
L’Economia Circolare si pone come un modello antitetico al modello lineare e rappresenta una possibile soluzione alle diverse problematiche che sono state create sul nostro ecosistema dal modello lineare, quali il Global Warming. Negli ultimi anni sempre più attori stanno implementando modelli di business circolari, dimostrando che tali modelli, oltre ad avere un impatto positivo sul nostro ecosistema, sono anche economicamente sostenibili.
Una delle frontiere che si sta cercando di raggiungere nel breve-medio termine è sicuramente quella sugli smart materials e sulle bioplastiche: lo sviluppo di tecnologie in grado di convertire residui vegetali in bioplastica.

Il presente progetto nasce dalla volontà di sperimentare nuovi materiali in sostituzione a fibre sintetiche quali la poliammide (PA), il poliestere (PES), il polietilene (PE) che sono ampiamente utilizzate nella mitilicoltura e contribuiscono pesantemente ad alterare i fragili equilibri dell’ecosistema marino.
Condividendo questa finalità, obiettivo generale di questo lavoro di ricerca è stato quello di sperimentare e analizzare un nuovo materiale da inserire in un moderno settore di utilizzo orientato verso i principi dell’innovazione e dello sviluppo sostenibile.

## 2. *OBIETTIVI DEL LAVORO*

Il progetto MIAMI si inserisce nel quadro della Misura 2.47 del PO FEAMP 2014/2020, in particolare, nell'ambito di interventi volti a sviluppare e introdurre soluzioni innovative per migliorare la sostenibilità dei processi produttivi dell'acquacoltura/mitilicoltura; in particolare il progetto è in linea con l'Obiettivo Tematico 3 di migliorare la competitività delle piccole e medie imprese del settore contribuendo a favorire nuovi sbocchi commerciali.

L'obiettivo primario del progetto è stato quello di sperimentare materiali compostabili o tecnopolimeri in grado di sostituire il polipropilene nelle fasi di produzione dell'allevamento dei mitili, al fine di ridurre l'impatto ambientale sulla costa e sui fondali, conseguenti la perdita accidentale o alla rottura delle *reste/calze* in mare.
Tale obiettivo è stato conseguito attraverso la realizzazione di studi condotti nel settore delle biotecnologie che hanno permesso di ricercare nuovi materiali derivati da fonti rinnovabili, già testati con successo in altri ambiti produttivi.
La ricerca dei materiali adatti alla nostra indagine ha richiesto un'attenta analisi preliminare con un diretto coinvolgimento di centri di ricerca e aziende che producono o lavorano questi materiali innovativi, oltre che delle Università del territorio e delle cooperative di mitilicoltori, al fine di valutare le possibilità applicative di tali materiali alle fasi del ciclo di allevamento dei mitili, con particolare riferimento al processo del "secondo Innesto" dei mitili.
L'individuazione del polimero più idoneo ha consentito l'avvio della sperimentazione, presso 3 siti dell'impianto di mitilicoltura di Taranto con l'allestimento di 104 reste per circa 6 mesi.
In particolare, partendo dalle conoscenze acquisite sulle materie plastiche tradizionali si è passati ad approfondire lo studio sul comportamento del materiale biodegradabile/compostabile in ambiente marino.
Le finalità conseguite nel progetto sono state:

- individuare un materiale biodegradabile o compostabile alternativo al polipropilene;
- Realizzare un prototipo di *calza* compostabile/biodegradabile per l'allevamento dei mitili;
- Sperimentare la funzionalità e l'affidabilità tecnica delle BIO-calze nella fase di produzione dei mitili tramite la stima delle proprietà meccaniche (deformabilità e resistenza) del nuovo polimero ed il confronto con quelle del materiale tradizionale nelle condizioni di esercizio;
- Sperimentare la funzionalità e l'efficienza delle calze compostabili/biodegradabili durante le fasi di allevamento/crescita dei mitili
- Valutare l'efficienza tecnico-economica dell'adozione di materiali ecocompatibili nella filiera produttiva dei mitili.
- Elaborazione di un data-base nel quale raccogliere tutte le informazioni rilevate durante la sperimentazione

Gli obiettivi sono stati conseguiti mediante la realizzazione di una sperimentazione, presso gli impianti di mitilicoltura nel Mar Piccolo e Mar Grande di Taranto e presso di laboratori dell'Università del Salento, delle *calze* compostabili e delle *calze* tradizionali in polipropilene. I risultati ottenuti hanno permesso di valutare resistenza e funzionalità dei nuovi materiali ed il contributo quali/quantitativo fornito nella fase del ciclo produttivo.

## 3. *MATERIALI E METODI*

La tecnica ad oggi più utilizzata per la produzione di mitili risulta essere il sistema long-line (Fig.2), che strutturalmente ricorda un filare e prevede l'installazione di una fune rettilinea, la trave, ancorato al fondo tramite dei corpi morti di calcestruzzo e mantenuto ad una profondità di circa 2-3 metri rispetto alla superficie del mare, grazie ad una serie di galleggianti installati su di esso.

I mitili vengono allevati in reste, costituite da reti tubolari in polipropilene normalmente chiamate "calze" all'interno delle quali vengono inseriti i molluschi.

Le reste, caratterizzate da una lunghezza compresa tra i 2 ed i 5 m, vengono fissate sulla trave ad una distanza variabile le une dalle altre a seconda delle caratteristiche della zona, la maglia della rete di contenimento viene dimensionata in funzione della taglia dei molluschi da contenere.

Il reclutamento del "seme", ovvero i piccoli mitili costituenti il materiale di partenza dell'allevamento, avviene solitamente in ambiente naturale, avvalendosi degli esemplari che colonizzano la trave e le cime facenti parte integrante della struttura dell'impianto. Il ciclo di produzione completo, dalla semina alla raccolta, prevede un certo numero di operazioni di routine, tra le quali il *reincalzo* degli esemplari. Questa fase consiste nella sostituzione delle reti per il contenimento degli animali, caratterizzate da maglie progressivamente più larghe, in rapporto alla crescita dei molluschi. Il ciclo di allevamento, dalla semina al raggiungimento della taglia commerciale, dura in media 12 mesi anche se, in particolari zone, ad esempio in alcune aree del mare Adriatico, la tempistica risulta nettamente inferiore. [Lapo Nannucci, L'evoluzione degli impianti di mitilicoltura, Dicembre 14, 2015 https://www.rivistadiagraria.org/articoli/anno-2015/levoluzione-degli-impianti-di-mitilicoltura/]

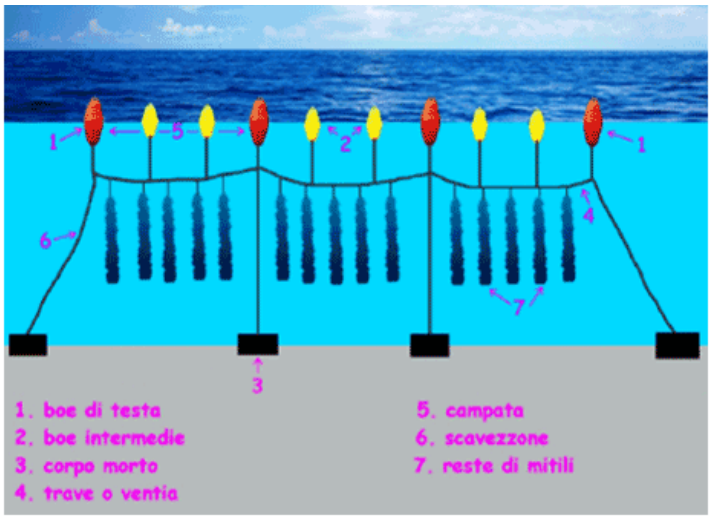



**Fig.2: Schema sistema long-line [www.ilgolfodivenezia.org]**

Nell'allevamento dei mitili nel corso delle diverse lavorazioni, come per esempio il *reincalzo*, molte calze in polipropilene vengono involontariamente disperse in mare. Infatti, i dati dell'indagine Beach Litter di Legambiente evidenziano che le retine sono tra i rifiuti più presenti in mare nel periodo di analisi [https://www.legambiente.it/marine-litter-ecco-i-dati-di-legambiente-sulle-reti-per-la-coltivazione-di-mitili-spiaggiate/]. I dati pubblicati da Legambiente stimano, inoltre, che solo il 25% della plastica usata per la mitilicoltura italiana viene raccolto, mentre il rimanente 75% viene disperso in mare contribuendo indirettamente anche all'incremento delle micro plastiche marine.

Sulla base di questi dati appare evidente che pensare di utilizzare calze per mitili realizzate in BIO-plastiche potrebbe contribuire a risolvere o almeno limitare detta problematica.

Il punto di partenza dell'attività di ricerca è stata la caratterizzazione meccanica delle calze in polipropilene di diverse dimensioni e con diversi periodi di immersione in acqua.

## *3.1.Area di studio*

L'area in cui ha avuto luogo la sperimentazione è il Mar Piccolo di Taranto, localizzato all'estremo settentrionale del Golfo di Taranto e il Mar Grande (Fig.3).

**Fig.3: Mar Piccolo- Mar Grande di Taranto**

Il Mar Piccolo è un ecosistema marino costiero con superficie totale di 20.7 $km^2$ che si estende a nord di Taranto, nella zona centrale è diviso in due aree di forma ovale denominate *I Seno* e *II Seno*, con una profondità massima di 13/10m.

Il *I Seno* è collegato al Mar Grande, attraverso il canale di Porta Napoli (largo 25 metri e profondo 2.5 metri) e, ad est della Città Vecchia, mediante il canale artificiale detto Navigabile (lungo 375 metri, largo 73 metri e profondo 13 metri), il *II Seno* è interno e comunica solo con il *I Seno*.

Il Mar Piccolo ha salinità media pari a 36‰, e la temperatura media annua di 18.3°C, tali caratteristiche chimico/fisiche sono determinate sia dalla presenza di brevi corsi d'acqua che vi sboccano (Galeso, Cervaro, Rasca ecc.), sia dalla presenza di sorgenti sottomarine di acque dolci chiamate *Citri*, ne vengono stimati 33 di cui 5 risultano importanti per portata e regime. Tra tutti il più profondo è il Kopre localizzato a 33m di profondità (Fig.4).

L'8.36% della superficie del Mar Piccolo è occupata da impianti di mitilicoltura.

**Fig.4: *Citri* e Foce Galeso in I Seno**

I siti individuati per la sperimentazione sono all'interno di ciascuna area assentita ad attività di mitilicoltura del *I e II Seno* nel Mar Piccolo e *Tarantola nord* nel Mar Grande, in base a quanto disposto dall'*Ordinanza della Capitaneria di porto 107/2005* e successivamente modificata e integrata con *Ordinanza 222/2009).*

Le prove sperimentali sono state svolte in un periodo compreso tra gennaio e maggio 2021, in una fase del ciclo di allevamento denominata *Secondo Innesto*.

## *3.2.Identificazione del materiale*

La prima attività prevista nell'ambito del progetto è stata l'identificazione dei materiali alternativi al polipropilene, compostabili/biodegradabili, ma meccanicamente adeguati garantire un ciclo completo di accrescimento dei mitili.

A tale scopo è stata condotta una approfondita indagine sul territorio nazionale tra i produttori di *smart materials* e *bioplastiche*, a cui affidare la realizzazione del prototipo di *reste* biodegradabili idonee alla sperimentazione.

La ricerca condotta ha consentito di prendere contatti con l'Azienda ROM PLASTICA s.r.l. specializzata nella produzione di reti estruse per il settore delle produzioni marine e alimentari. La conoscenza acquisita su PE, PP, PET e PVC a base biologica e il *background* aziendale, hanno consentito la realizzazione di un prototipo di rete *BIO* per la mitilicoltura (Fig.5).

**Fig.5: Rete Bio – prodotta da *Rom Plastica***

La *BIO-rete* scelta per la realizzazione delle reste, presentava le seguenti dimensioni:

- Rete per molluschi BIO gr. 25 maglia 78 – Diam. 120
- Rete per molluschi BIO gr. 25 maglia 98 - Diam. 140
- Rete per molluschi BIO gr. 25 maglia 115 – Diam. 160

Mentre la tradizionale rete per molluschi in polipropilene (Fig.6), presentava le seguenti dimensioni:

- Rete per molluschi Polipropilene gr. 25 maglia 61-Blu
- Rete per molluschi Polipropilene gr. 25 maglia 67- Rosa
- Rete per molluschi Polipropilene gr. 25 maglia 72 -Blu

**Fig.6: Filati *Polipropilene* – prodotta da *Rom Plastica***

## *3.3. Programma sperimentale*

La campagna sperimentale ha richiesto uno studio preliminare necessario a poter definire una procedura di prova adeguata dato che non vi sono per lo studio delle caratteristiche meccaniche delle reste, normative e procedure di prova specifiche. Inoltre, lo studio preliminare ha consentito di determinare le caratteristiche meccaniche dei materiali tradizionali per orientare

adeguatamente la scelta del materiale BIO. Con le conoscenze acquisite nello studio preliminare è stato possibile progettare una adeguata campagna sperimentale.

### *3.3.1. Prove preliminari*

Sono state individuate tre maglie tipo (Fig.7) utilizzate nella fase di accrescimento:

- Rete con maglia da 40 mm prodotta da A: utilizzata per la semina
- Rete con maglia da 60 mm prodotta da A: maglia in cui viene eseguito il primo ricalzo dopo circa tre/quattro mesi.
- Rete con maglia da 80 mm prodotta da B: rete utilizzata per il secondo *reincalzo*

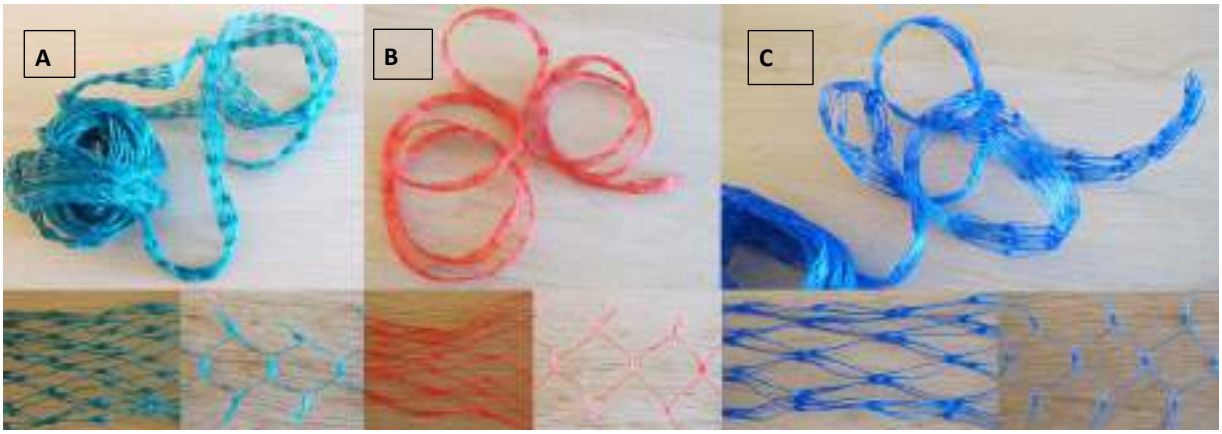



**Fig.7: Reti testate con diversa maglia: A - rete maglia 40; B - rete maglia 60, C- rete maglia 80 mm.**

Inoltre, sono state prese in considerazioni come variabili anche il tempo di immersione in acqua della resta ed il sito di coltivazione (Seno I e II del Mar piccolo) tenendo conto che un ciclo di coltura dura circa 12 mesi.

In particolare, le prove sono state condotte su:

- Rete con maglia da 50 mm prodotta da B
  Mar piccolo seno I: posizionamento in mare il 20/08/2019 prelievo 16/01/2020 – tempo di immersione pari a149gg
  Mar piccolo seno II: posizionamento in mare il 15/05/2019 prelievo 16/01/2020 – tempo di immersione pari a 246gg
- Rete con maglia da 60 mm prodotta da C
  Mar piccolo seno II: posizionamento in mare il 10/11/2019 prelievo 25/01/2020 – tempo di immersione 76gg

Per ogni tipologia di campione sono state eseguite sia prove di trazione sulla maglia sia prove su filo. A tale scopo i campioni sono stati ricavati dalle calze ritagliando rispettivamente una maglia o un filo (Fig.8).

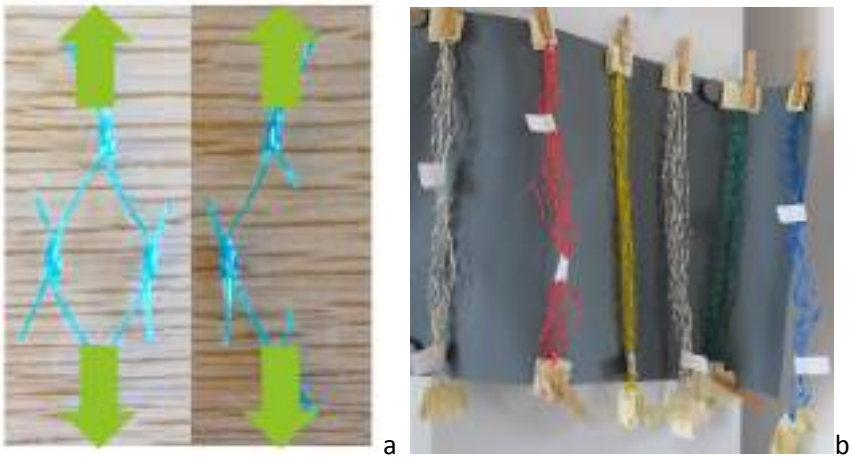



**Fig.8: a) Campione per prova di trazione su maglia e su filo. b) Fili di rete per la prova di trazione**

Nella tabella 1 è riportato il programma delle prove preliminari sui materiali in polipropilene.

| Tipo di rete | Prova di trazione su maglia | Prova di trazione su filo | Giorni di immersione in mare |
|---|---|---|---|
| Rete con maglia da 40 mm – prodotta da A | 0 | 7 | 0 |
| Rete con maglia da 60 mm – prodotta da A | 5 | 7 | 0 |
| Rete con maglia da 80 mm – prodotta da B | 6 | 7 | 0 |
| Rete con maglia da 50 mm – prodotta da B | 0 | 7 | 149 |
| | 0 | 7 | 246 |
| Rete con maglia da 60 mm – prodotta da C | 0 | 7 | 76 |

**Tab.1: programma sperimentale**

### *3.3.2. Campagna sperimentale*

L'attività sperimentale ha previsto lo studio delle caratteristiche fisico-meccaniche del prodotto in condizioni ambientali ordinarie e per diversi giorni di immersione in mare. A tal fine sono state analizzate reti in BIO-plastica con tre differenti dimensioni di maglie: 78mm – 98mm – 115mm, e reti in polipropilene con maglie delle dimensioni: 61mm – 67mm – 72mm (Fig.9).

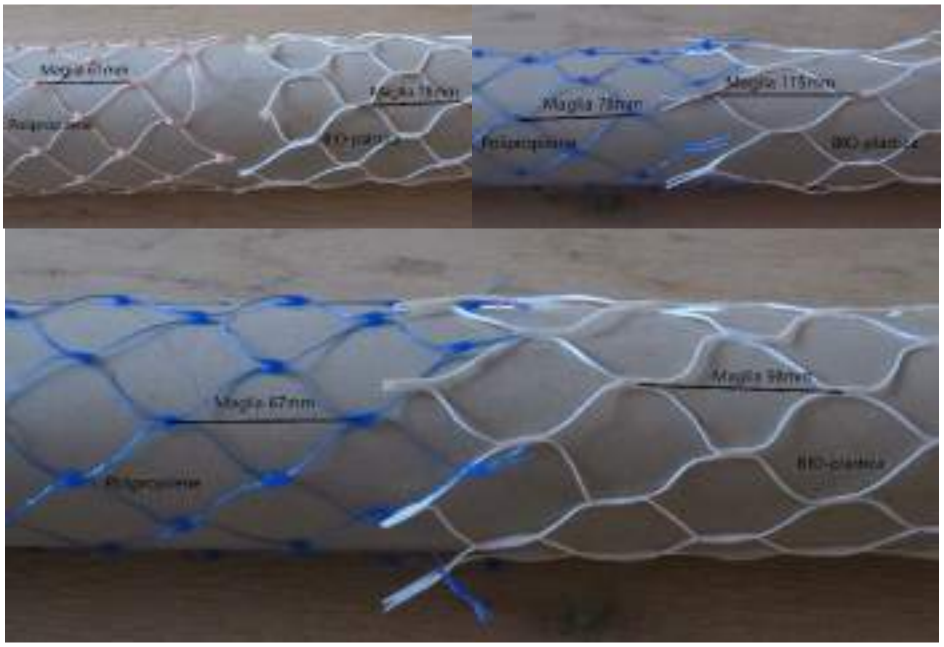


**Fig.9: Reti testate: BIO-plastica e polipropilene**

Lo studio della durabilità dei materiali ha tenuto conto anche dei diversi siti di coltura, per cui sono stati analizzati i materiali delle reste poste nei tre distinti siti della mitilicoltura tarantina, Seno I e II del Mar piccolo, Mar Grande. A tal fine, l'08/01/2021, sono state preparate e poste in mare nei tre siti, reste della lunghezza di 5m con 20kg di mitili, prevedendo che ogni resta a giugno 2021, avrebbe raddoppiato il peso fino a circa 40kg al raggiungimento della taglia commerciale.

Per testare il materiale in BIO-plastica, non conoscendone le prestazioni sono state allestite reste di lunghezza e peso diverso per sperimentare carichi di lavoro progressivi. In particolare sono state realizzate reste di 5m di lunghezza, di 2,5m con 10kg di mitili e reste di 5m con all'interno una fune di rinforzo in canapa, al fine di preservare la produzione nel caso di rottura prematura della resta.

Il sito localizzato nel Mar Grande è più esposto al moto ondoso ed alle correnti marine, per tale motivo sono state scelte due modalità di fissaggio alla fune galleggiante. La prima consiste nel legare le reste in posizione verticale, la seconda di disporle con una configurazione ad U, ottenendo così reste con due punti di ancoraggio e meno soggette alle oscillazioni verticale ed orizzontale dovute all'azione del moto ondoso e delle correnti (Fig.10).

**Fig.10: Reste in posizione verticale e reste in posizione orizzontale**

Il protocollo sperimentale è stato così articolato:

**RESTE I SENO:**

1. 4 reste - 5m con 16.40kg di prodotto diametro maglia 78mm BIO e 4 reste 61mm STD ROSA;
2. 4 reste - 5m con 18.60kg di prodotto diametro maglia 98mm BIO e 4 reste 67mm STD BLU;
3. 4 reste - 5m con 21kg di prodotto diametro maglia 115mm BIO e 4 reste 72mm STD BLU;
4. 4 reste - 5m con 19 kg di prodotto diametro maglia 98mm BIO + fune di rinforzo in canapa;
5. 4 reste - 2.5m con 9.20kg di prodotto diametro maglia 98mm BIO.

Totale reste 32 (Fig.11)

**Fig.11: Sito di posizionamento *I Seno***

**RESTE II SENO:**

1. 4 reste - 5m con 17 kg di prodotto diametro maglia 78mm BIO e 4 reste 61mm STD ROSA;
2. 4 reste - 5m con 19kg di prodotto diametro maglia 98mm BIO e 4 reste 67mm STD BLU;
3. 4 reste - 5m con 20kg di prodotto diametro maglia 115mm BIO e 4 reste 72mm STD BLU;
4. 4 reste - 5m con 19.75kg di prodotto diametro maglia 98mm BIO + fune di rinforzo in canapa;
5. 4 reste - 2.5m con 9kg di prodotto diametro maglia 98mm BIO.

Totale reste 32 (Fig.12).

**Fig.12: Sito di posizionamento *II Seno***

**RESTE IN MAR GRANDE:**

1. 4 reste - 5m con 17kg di prodotto diametro maglia 78mm BIO e 4 reste 61mm STD ROSA;
2. 4 reste - 5m con 17.80kg di prodotto diametro maglia 98mm BIO e 4 reste 67mm STD BLU;
3. 4 reste -5m con 19.40kg di prodotto diametro maglia115mm BIO e 4 reste 72mm STD BLU;
4. 4 reste - 5m con 18kg di prodotto diametro maglia 98mm BIO + fune di rinforzo in canapa;
5. 4 reste - 5m con 18.20kg di prodotto diametro maglia 98 mm BIO e 4 reste 67mm STD BLU; IN ORIZZONTALE
6. 4 reste - 2.5m con 8.40kg di prodotto diametro maglia 98mm BIO (Fig.13a e 13b).

Totale reste 40.

**Fig.13a: Sito di posizionamento Mar Grande**

**Fig.13b: Resta posizionata in orizzontale**

In totale le reste posizionate, nei 3 siti di produzione e georeferenziate mediante appositi segnalatori, sono state 104 (64 BIO e 40 polipropilene).

Nella tabella 2 è riportato in sintesi il programma sperimentale.

I campioni sono stati identificati attraverso il seguente metodo:

- BIO i campioni prelevati dalle reti in BIO-plastica
- STD i campioni prelevati dalle reste in polipropilene (tradizionali);
- Primo NUMERO indica la dimensione della maglia della rete;
- Secondo NUMERO indica i giorni di permanenza in mare;
- l'indicazione del sito di coltura e della geometria della resta:
    - IS primo seno posizione verticale,
    - IIS secondo seno posizione verticale,
    - MG Mar Grande posizione verticale,
    - MGH Mar Grande posizione orizzontale,
    - MGR reste nel Mar Grande posizione verticale con fune in canapa di rinforzo.

Per ogni tipologia di campione sono state eseguite 8 prove sul filo ricavato dalle reste. In totale sono state eseguite circa 370 prove.

Dalle reste con la fune in canapa non sono stati estratti campioni per le prove di trazione in quanto le reste equivalenti senza fune, sono arrivate integre fino al giorno del prelievo del campione, ci si riserva di lasciare questo tipo di resta in mare a lungo temine per monitorarne il degrado.

| | Tipo di filo | BIO-Plastica | | | Polipropilene | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Maglia** | **78mm** | **98mm** | **115mm** | **61mm** | **67mm** | **72mm** |
| **Giorni permanenza in mare (gg)** | **Sito di allevamento** | BIO_78_00 | BIO_98_00 | BIO_115_00 | STD_61_00 | STD_67_00 | STD_72_00 |
| **41** | I SENO | BIO_78_41_IS | BIO_98_41_IS | BIO_115_41_IS | STD_61_41_IS | STD_67_41_IS | STD_72_41_IS |
| | II SENO | BIO_78_41_IIS | BIO_98_41_IIS | BIO_115_41_IIS | STD_61_41_IIS | STD_67_41_IIS | STD_72_41_IIS |
| | MAR GRANDE | BIO_78_41_MG | BIO_98_41_MG | BIO_115_41_MG | STD_61_41_MG | STD_67_41_MG | STD_72_41_MG |
| | MAR GRANDE Posizione orizzontale | | BIO_98_41_MGH | | | STD_67_41_MGH | |
| | MAR GRANDE Con fune in canapa | | BIO_98_41_MGR | | | STD_67_41_MGR | |
| **77 o 95** | I SENO | BIO_78_77_IS | BIO_98_77_IS | BIO_115_77_IS | STD_61_77_IS | STD_67_77_IS | STD_72_77_IS |
| | II SENO | BIO_78_77_IIS | BIO_98_77_IIS | BIO_115_77_IIS | STD_61_77_IIS | STD_67_77_IIS | STD_72_77_IIS |
| | MAR GRANDE | BIO_78_95_MG | BIO_98_95_MG | BIO_115_95_MG | STD_61_95_MG | STD_67_95_MG | STD_72_95_MG |
| | MAR GRANDE Posizione orizzontale | | BIO_98_95_MGH | | | STD_67_95_MGH | |
| | MAR GRANDE Con fune in canapa | | BIO_98_95_MGR | | | STD_67_95_MGR | |

**Tab.2: programma sperimentale, reti BIO**

## *3.4.Allestimento e posizionamento reste in mare*

Le prove sperimentali in mare sono iniziate nel periodo in cui il prodotto allevato ha raggiunto la dimensione idonea al *Secondo Innesto* (Fig.14; Fig.15; Fig.16; Fig.17), che di consuetudine viene effettuato nel periodo tra novembre e gennaio dell'anno successivo al reclutamento del seme. In questo periodo la conchiglia ha raggiunto i 3-3,5cm e mediante il *reincalzo*, i mitili vengono introdotti in *reste/calze* di dimensioni maggiori (80/90mm). All'aumentare della dimensione dei mitili questi si portano verso l'esterno della resta, per filtrare meglio l'acqua di mare e nutrirsi, sino a ricoprire l'intera resta che dà origine al "*pergolato*" vero e proprio.

**Fig.14: Prelievo reste I Innesto**

**Fig.15: *Reincalzo* in BIO-reste maglia 98mm**

**Fig.16: *Reincalzo* in reste in Polipropilene maglia 72mm**

**Fig.17: *Reincalzo* reste BIO+fune in canapa**

Al termine del *reincalzo*, nella parte terminale di ogni resta sono stati posizionati dei cartellini al fine di facilitarne l'identificazione di ciascuna resta (Fig.18). In ciascun cartellino sono stati

riportati i codici identificativi del progetto MIAMI, sito e giorno del posizionamento in mare, il quantitativo di mitili introdotti, la tipologia di rete (BIO o Polipropilene) e le dimensioni della maglia utilizzata (Fig.19, Fig.20).

**Fig.18: Inserimento cartellino identificativo**

UNIONE EUROPEA REPUBBLICA ITALIANA REGIONE PUGLIA

P.O. FEAMP 2014/20 MIS. 2.47 “INNOVAZIONE”
PROGETTO:
**(M.I.A.MI.) – Cod.:0001/INA/17**
**Il Seno (BIO)**
**Data: 08.01.2021**
**Peso: 20 Kg Maglia: 78mm**

**Fig.19: Cartellino identificativo delle reste in mare**

**Fig.20: Reste con cartellino identificativo**

Ogni resta, prima di essere legata in posizione verticale o orizzontale, mediante un nodo ad una fune lunga 20m sorretta da boe, è stata pesata al fine di determinare il peso in fase iniziale (T0), i dati sono stati trascritti in un data-log per le successive elaborazioni (Fig.21; Fig.22).

**Fig.21: Misurazione peso**

**Fig.22: Posizionate in vericale in mare**

Durante il posizionamento delle reste nelle tre aree di produzione, sono stati rilevati i parametri fisici dell'acqua e le condizioni meteo climatiche.

Un campione significativo di mitili, tra quelli introdotti nelle reste, è stato prelevato e trasferito nel laboratorio della Soc. Coop. Hydra per la determinazione dei parametri biologici e biometrici.

Un campione delle differenti tipologie di maglia (78mm, 98mm, 115mm) della *BIO-rete*, e delle reste in polipropilene (61mm, 67mm, 72mm), è stato consegnato al laboratorio di Tecnica delle Costruzioni del Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione dell'Università del Salento, per l'esecuzione a test meccanici e al monitoraggio fisico.

## *3.5.Raccolta dati*

Le reste sperimentali nell'arco di sei mesi sono state oggetto di un'attenta vigilanza e controllo, inoltre sono stati eseguiti tre campionamenti programmati, a 40 giorni a 85 giorni e 150 giorni dal posizionamento in mare.

Quaranta giorni dopo il posizionamento delle reste in mare, si è proceduti al primo campionamento; presso i tre siti di allevamento sono state prelevate 16 *BIO-reste* nelle 3 differenti tipologie di maglia e 10 reste in *polipropilene* nelle 3 differenti tipologie di maglie (Fig.23).

**Fig.23: Campionamento reste**

Le reste prelevate sono state sottoposte ad una prima ispezione visiva, successivamente, per ciascuna resta si è proceduto alla determinazione del peso, al fine di verificare l'accrescimento del prodotto.

Dopo la pesatura, i mitili sono stati rimossi mediante *sgranatura* (Fig.24) e le reste sono state accuratamente ripulite e ispezionate in ogni parte.

**Fig.24: Rimozione dei mitili dalla resta- *sgranatura***

Ogni resta, munita del suo cartellino identificativo, è stata riposta in appositi contenitori per il trasferimento nel laboratorio di Ingegneria dell'Innovazione dell'Università del Salento. (Fig.25).

**Fig.25: Reste trasferite in laboratorio**

Il medesimo procedimento è stato attuato per i successivi campionamenti, avvenuti l'11/04/2021(85gg) e il 26/05/2021 (150gg). (Fig.26; Fig.27).

**Fig.26: Misurazione peso dopo 85 gg**

**Fig.27: Misurazione peso dopo 150 gg**

Le *BIO-reste* e le reste in polipropilene sono state sottoposte alla *sciorinatura*, come da prassi nel tradizionale ciclo di allevamento. Pertanto, le reste sono state stese al sole su appositi pali in castagno (stenditoi) per circa 24 ore, al fine di far asciugare le cozze e far morire alghe e parassiti che si depositano sui gusci (Fig.28).

**Fig.28: Sciorinatura reste sperimentali**

Al termine della *sciorinatura*, le reste vengono fatte cadere in acqua in maniera brusca in modo da favorire il distacco degli epibionti, ormai morti dopo l'esposizione all'aria. Dopo la *sciorinatura*, le reste sono state riappese alle cime in senso contrario rispetto al verso che avevano prima del distacco, ossia l'estremità che prima si trovava in profondità ora si trova verso la superficie. Questa operazione fa sì che tutti i mitili raggiungano più o meno la stessa taglia alla fine del ciclo di allevamento.

Durante i campionamenti in ciascun sito di allevamento è stato eseguito, con strumentazione da campo, un monitoraggio dei parametri fisici (Temperatura, Ossigeno, Salinità, pH, torbidità), ambientali e meteo marini (Fig.29). La procedura di campionamento e il prelievo delle reste sono stati attentamente documentati con foto e video e le informazioni acquisite trascritte in apposito data-log.

**Fig.29: Monitoraggio parametri ambientali**

## *3.6. Prove sulle BIO-reti per packaging*

Al fine di valutare l'utilizzo delle *BIO-reti* per il packaging nella fase di vendita dei mitili, sono state realizzate sei confezioni, in un range di peso da 1 a 10kg, munite di cartellino identificativo (Fig.30), queste sono state conferite presso l'impianto di depurazione e commercializzazione di mitili *Jolly Mare* di Taranto.

**Fig.30: Confezioni in *BIO-rete* per packaging**

Le confezioni hanno subito i trattamenti termici e le sollecitazioni meccaniche a cui è sottoposto il prodotto confezionato/commercializzato in retine di polipropilene. Pertanto, alcune confezioni sono state posizionate in una cella frigorifera a 5°C per 24h (Fig.31), altre sono state inserite nelle vasche di depurazione con acqua a ciclo continuo per 48h (Fig.32; Fig.33).

**Fig.31: Posizionamento in cella frigo per 24h**

**Fig.32: Posizionamento in acqua di depurazione**

**Fig.33: Recupero dopo 48h**

## *3.7.Test meccanici*

Per ogni tipologia di rete sono state eseguiti le prove di trazione facendo riferimento a quanto prescritto nella norma UNI 8878: Reti da pesca. Determinazione dell'allungamento dei fili per reti.

Le prove di trazione sono state eseguite sul dinamometro ZwickRoell Z100, dotato di una cella di carico di classe 1 nell'intervallo da 0.4% al 100% di $F_{nom}$, (Fig.34). La lunghezza iniziale dei provini è stata di 600 mm con una distanza iniziale tra le ganasce di circa 500 mm. La prova di trazione è stata eseguita a controllo di spostamento con una velocità costante a trazione paria a 2,5 mm/sec, velocità che ha consentito di registrare un tempo di prova maggiore di 30 secondi così come prescritto dalla norma UNI 8878, sino alla rottura del campione. Per cui è stato misurato il carico in funzione della deformazione, sino al raggiungimento del carico di rottura. Per ogni campione testato è stato determinato il carico massimo su ogni filo, Fmax, e la deformazione percentuale corrispondente, Δl/l0, nonché i valori medi, la deviazione standard ed il coefficiente di variazione.

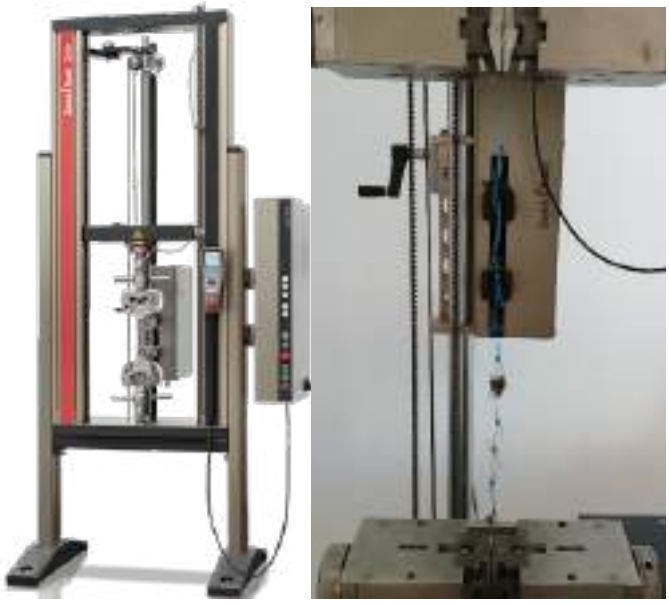


**Fig.34: Macchina di prova e set-up di prova.**

# 4. RISULTATI

## 4.1.Affidabilità e produttività BIO -reste

La sperimentazione condotta ha permesso di testare la resistenza e la funzionalità delle *reste in* materiale compostabile dalla fase del "Secondo Innesto" per un tempo di circa sei mesi, durante i quali il prodotto si è accresciuto e approssimato alla taglia commerciale

Nel programma sperimentale è stato identificato con T0 il giorno del posizionamento delle *reste* in mare (08/01/2021) e con TF l'ultimo campionamento eseguito in data 26/05/2021.

Durante la fase di allestimento (T0), il processo di lavorazione attuato è stato simile per tutte e due le tipologie di reste (*BIO e polipropilene*), questo ha consentito di verificare che le *reste BIO* sono gestibili nelle varie fasi di accrescimento come le reste tradizionali (STD), inoltre, anche il tempo di *reincalzo* dei mitili nelle due tipologie è stato simile, consentendo di ultimare il lavoro nei tempi prefissati.

Le 104 reste allestite, prima di essere immesse in mare, sono state pesate. Su un campione rappresentativo di mitili, prelevati da ciascun sito, è stato determinato il peso, mediante bilancia analitica, la lunghezza e l'altezza del mitile con calibro ventesimale. In questa fase del ciclo produttivo il dato considerato per lo stato di accrescimento dei mitili è la lunghezza della conchiglia, poiché tale valore è determinante per scelta la maglia da utilizzare nel *reincalzo*.

Nelle biometrie eseguite al tempo T0 la lunghezza media della conchiglia era 3.7cm (Fig.35).

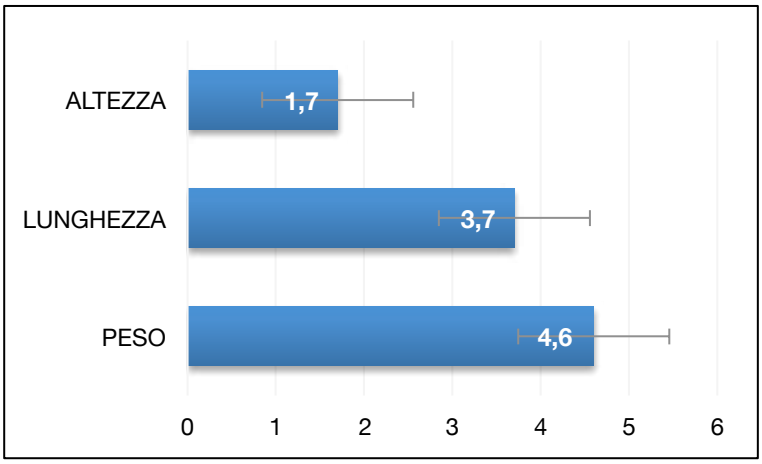



**Fig.35: Parametri accrescimento T0**

Nei primi 40 giorni come per tutto il periodo di sperimentazione, grazie alla collaborazione dei mitilicoltori della Cooperativa *Mytilus Tarenti*, le *reste*, in particolar modo quelle *BIO*, sono state oggetto di frequente e accurata osservazione, al fine di scorgere eventuali rotture o lacerazioni tra le maglie che potessero causare la perdita di parte del prodotto o dell'intera resta in mare, compromettendo così la sperimentazione in corso.

Trascorsi i primi 40giorni è stato eseguito il primo campionamento; nei tre siti sono state prelevate 16 *BIO-reste* nelle 3 differenti tipologie di maglia e 10 reste in *polipropilene* nelle 3

differenti tipologie di maglie; secondo il protocollo prestabilito ogni resta è stata pesata, sono stati rimossi i mitili mediante *sgranatura* e le maglie della resta sottoposte ad attenta ispezione. Tutte le reste prelevate nel primo campionamento non presentavano alcuna rottura/lacerazione o modifica strutturale nella conformazione delle maglie.

A causa della scarsa profondità, nei siti di produzione del I Seno e del II Seno, è stata riscontrata una maggiore variazioni di alcuni parametri fisici: salinità e temperatura. Pertanto, è stato possibile osservare un'interazione dei fenomeni piovosi con un incremento della presenza di acqua dolce, mentre nei mesi più caldi l'innalzamento delle temperature e l'effetto dell'evaporazione, ha portato ad un incremento della salinità di circa 1 psu. Nel sito in Mar Grande la maggiore profondità e la diretta connessione con il Golfo, ha evidenziato una salinità costante tra 38-39‰, per tutto il periodo di monitoraggio.

Questo ha fatto ben sperare sull'affidabilità del piano sperimentale; pertanto il secondo campionamento è stato eseguito dopo altri 40giorni. Le reste prelevate dopo 85 giorni di permanenza in mare erano integre, i mitili avevano ricoperto le maglie delle reste con le loro valve ed evidenziavano un buono stato di accrescimento.

Come accennato, le reste sperimentali dopo circa 40 giorni di allevamento sono state *sciorinate* al sole per 24 ore e poi riposizionate in mare; nei giorni a seguire sono state più volte ispezionate, al fine di verificare eventuali rotture che potessero determinare la perdita di prodotto.

Dall'elaborazione dei dati è stato possibile verificare l'incremento di peso conseguito da gennaio a fine maggio delle reste BIO e STD in allevamento (Fig.36; Fig.37; Fig.38; Fig.39; Fig.40; Fig.41).

È opportuno sottolineare che tutte le reste sperimentali sono arrivate integre al termine della sperimentazione e in tutte si è verificato un accrescimento del prodotto con conseguente incremento del peso totale di ciascuna resta. Tale condizione si è resa più evidente con il sopraggiungere della stagione primaverile e l'innalzamento delle temperature.

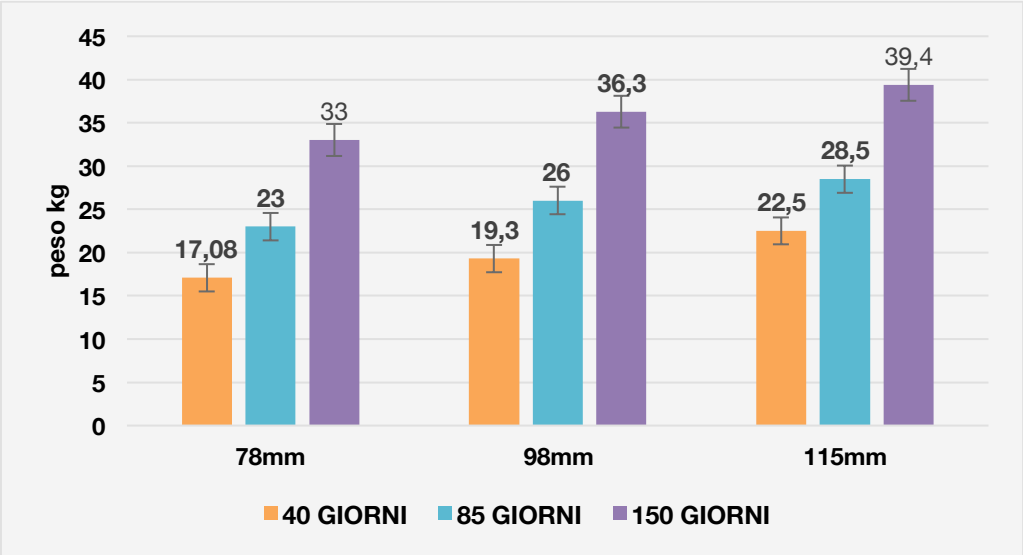



**Fig.36: Accrescimento I SENO BIO**

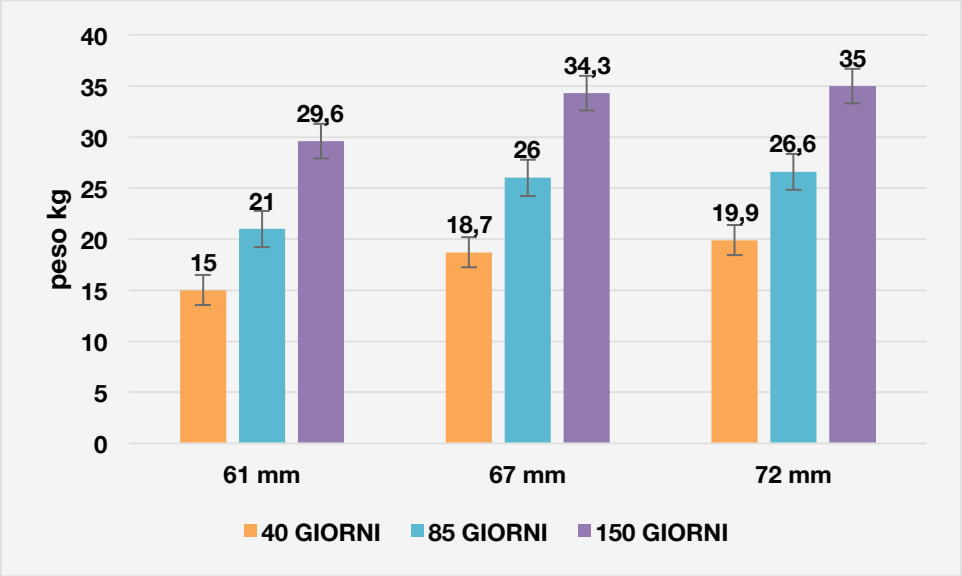



Fig.37: Accrescimento I SENO STD

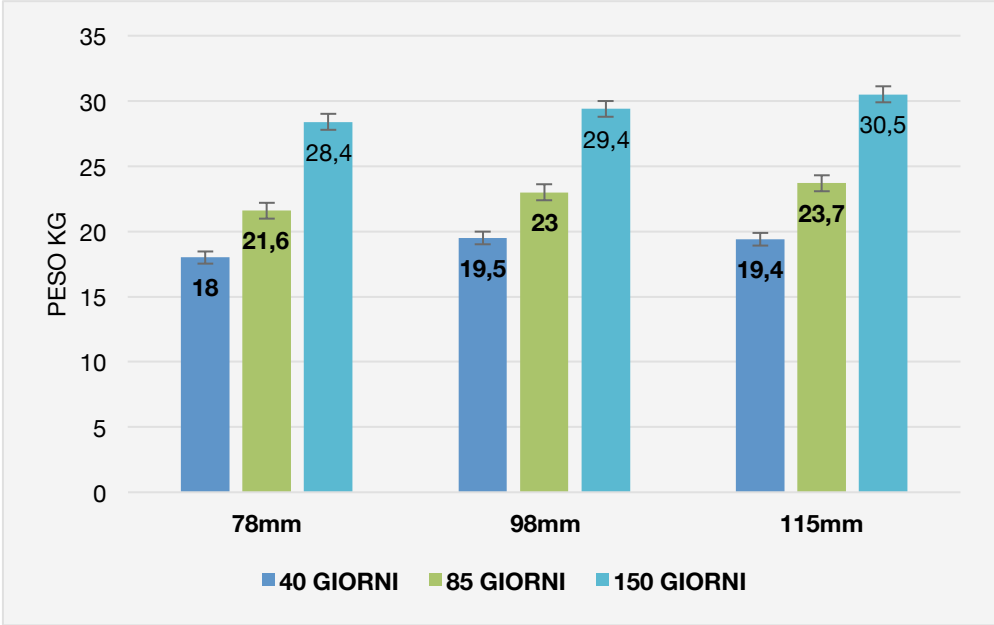



Fig.38: Accrescimento II SENO BIO

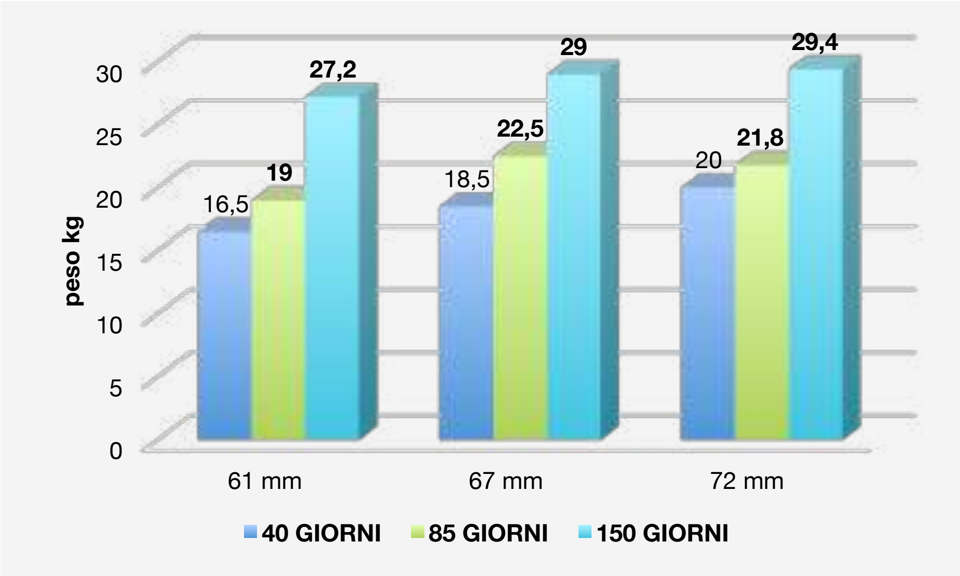



**Fig.39: Accrescimento II SENO STD**

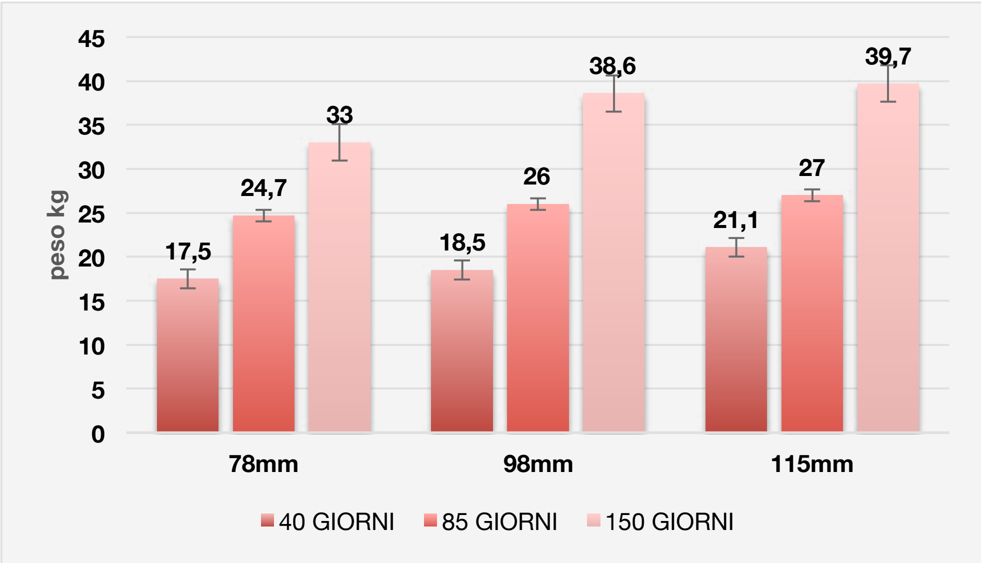



**Fig.40: Accrescimento MG BIO**

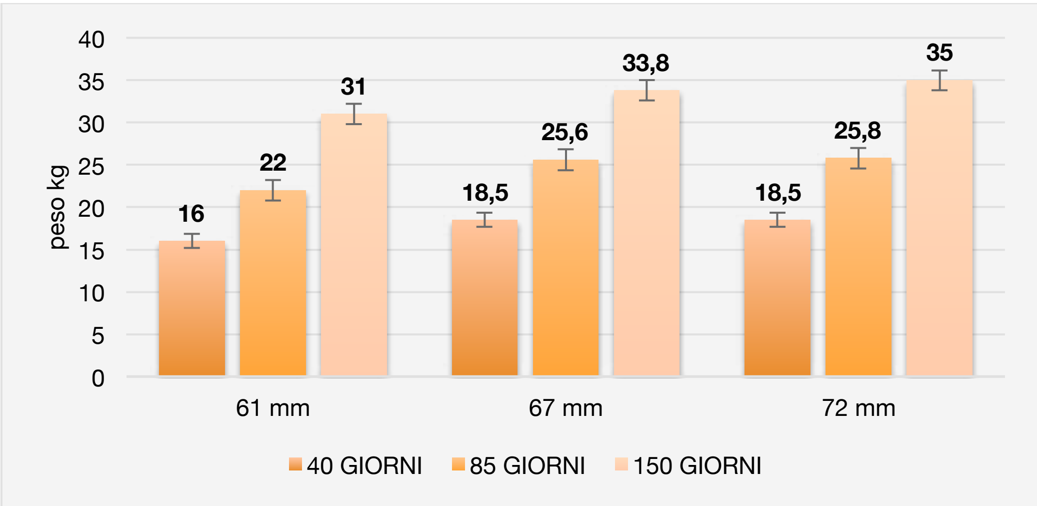



**Fig.41: Accrescimento MG STD**

In Fig.42 è possibile osservare l'accrescimento dei mitili nelle reste BIO MGH con maglia da 98mm queste sono state ancorate alla fune di supporto da ambo i lati. Anche le reste posizionate ad U hanno evidenziato una buona capacità di resistenza alle sollecitazioni marine, poiché, dopo una attenta ispezione non presentavano rotture o lacerazioni.

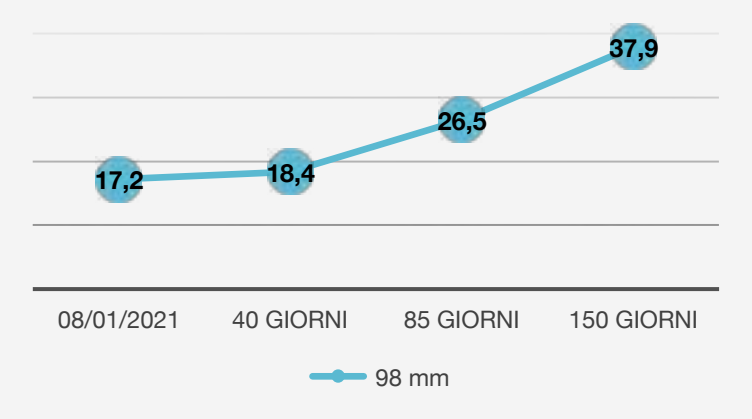



**Fig.42: Accrescimento MGH (BIO –ORIZZONTALE)**

A causa della scarsa conoscenza sulle prestazioni delle BIO reste in ambiente marino sono state realizzate 4 reste con maglia 98mm BIO, con all'interno una fune in canapa legata alle due estremità della resta, al fine di fornire un rinforzo nel contenimento del peso dei mitili (Fig.43).

**Fig.43: Resta con fune in canapa dopo *sgranatura* dei mitili**

Dai campionamenti eseguiti è stato possibile documentare l'incremento di peso del prodotto presente in ciascuna resta e che le stesse non presentavano alterazioni strutturali nelle maglie (Fig.44).

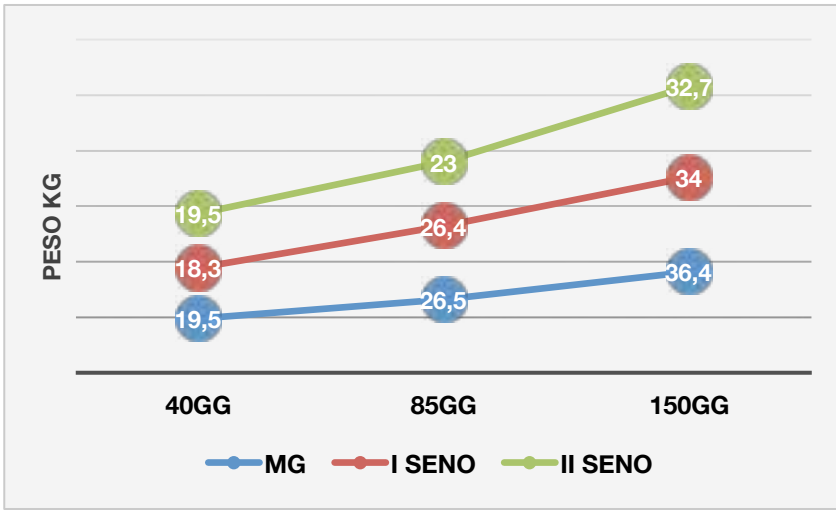
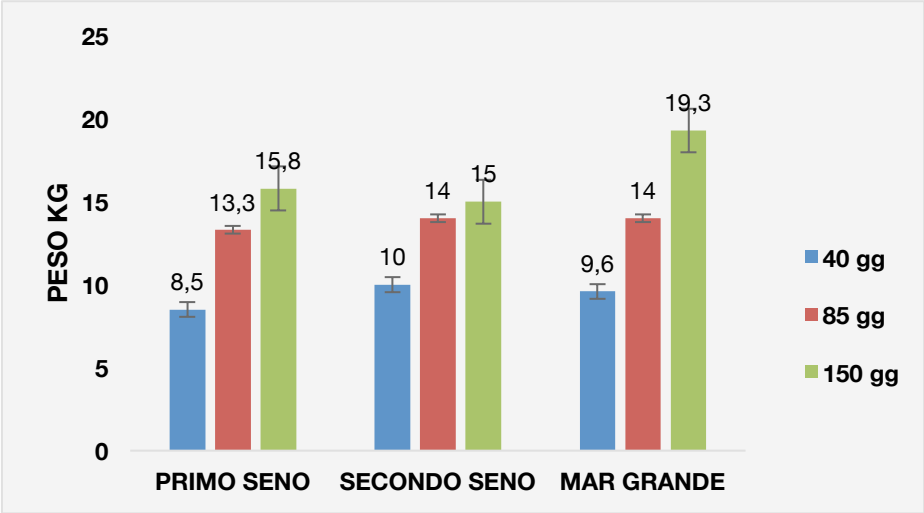



**Fig.44: Incremento peso reste BIO + FUNE in canapa**

A causa dell'incertezza sull'efficienza delle reste BIO, sono state realizzate 4 reste con lunghezza di 2.5m e peso di circa 10Kg; in queste i campionamenti eseguiti hanno evidenziato un incremento di peso del prodotto comparabile a quanto evidenziato nelle altre tipologie di reste (Fig.45).




Per sottolineare con accuratezza lo stadio di accrescimento conseguito dal prodotto, a fine sperimentazione (TF) sono state eseguite le biometrie su campioni di mitili prelevati dai tre siti di allevamento, dall'analisi dei risultati si evince che i mitili in Mar Grande hanno raggiunto un peso maggiore prossimo alla taglia commercializzabile (Fig.46).

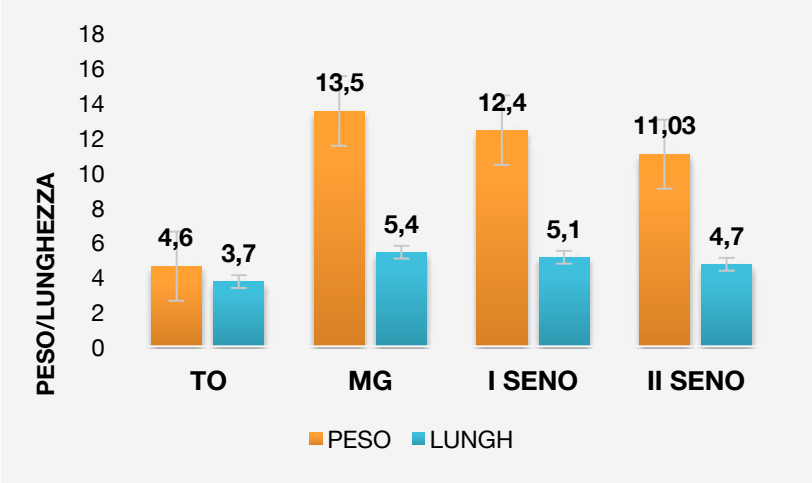



**Fig.46: Parametri accrescimento (TF)**

Sebbene non emerge una notevole differenza tra l'incremento di peso riscontrato nelle reste BIO rispetto a quello delle STD, è opportuno sottolineare che:

- il filato BIO è meno rigido del polipropilene, questo ha consentito ai mitili di esporsi più rapidamente all'esterno della rete e di conseguenza filtrare il *plancton* con maggiore efficienza. Questa peculiarità è evidenziabile dal confronto dei pesi finali conseguiti dalle reste 98mm BIO e 72mm STD.

- le 3 aree vocate all'allevamento dei mitili presentano differenti condizioni ambientali che si rivelano determinanti per l'accrescimento del prodotto. In particolare, un habitat oligotrofico come il II Seno si evidenzia che l'utilizzo di una resta con maglie 98mm BIO ha fornito ai mitili il giusto spazio per collocarsi in minor tempo all'esterno della resta, con i benefici che ciò comporta nell'accrescimento del prodotto (Fig.38; Fig.39).

- le correnti presenti nel Mar Grande, sono dipendenti dalle caratteristiche del moto ondoso, e quindi dai venti, inoltre, la classificazione igienico-sanitaria dell'acqua in questa zona è di tipo A, adatta ad una produzione da indirizzare direttamente al consumo umano (art. 90 D. lgs. 152/2006 e D. Lgs n.530/92 e successive integrazioni). Tali aspetti assumono particolare rilievo nella scelta della tipologia di resta da utilizzare sia nella fase del *Secondo Innesto*, sia nella fase del *Terzo o Quarto Innesto,* tradizionalmente eseguita con reste in polipropilene da100/120mm.

A tal proposito, è opportuno osservare come il peso finale nelle reste BIO 98mm e 115mm in Mar Grande (Fig.40) abbia raggiunto il doppio del peso iniziale nonostante il prodotto, introdotto al tempoT0, non sia stato mai rimosso o trasferito in reste con maglie di dimensioni maggiori. È importante sottolineare che l'accrescimento dei mitili non ha provocato rotture in nessuna tipologia di maglia o resta sperimentale.

- Durante i mesi di sperimentazione le condizioni meteo/marine sono state variabili e in sintonia con le stagioni. Per quanto riguarda la direzione prevalente dei venti, nei mesi di gennaio e febbraio, sono stati rilevati quelli del quadrante NNO con intensità variabile tra 11

e 17 nodi, mentre nei mesi estivi la direzione prevalente è quella del quadrante OSO, con valori massimi di 5-6 nodi.

- A fronte di tali sollecitazioni, le *BIO-reste* posizionate nei tre siti di allevamento non hanno evidenziato rotture o distensioni della maglia, nessuna resta è stata dispersa in mare e non si è avuta mai alcuna perdita, anche in parte, di prodotto contenuto.

Occorre sottolineare che successivamente alla fase sperimentale, conclusa a fine maggio 2021, da fine giugno i valori di temperatura hanno subito un notevole incremento, al di sopra del *range* ottimale, tale condizione si è protratta anche per i mesi successivi, provocando fenomeni di anossia e mortalità dei mitili con conseguente calo della produzione annuale.

La sollecitazione meccanica e termica a cui sono stati sottoposti i sacchetti in BIO- rete per il packaging, presso l'impianto di depurazione/commercializzazione, hanno fornito un riscontro positivo, poiché, da un'attenta ispezione su ciascun sacchetto non sono emerse rotture o alterazioni nella maglia della BIO-rete. Pertanto, è auspicabile un utilizzo delle BIO-retine anche nella fase di depurazione e confezionamento dei mitili.

## *4.2.Test meccanici – Risultati sperimentali*

### *4.2.1. Prove preliminari*

Per poter stabilire la sezione dei fili costituenti le reti, sono state eseguite 10 scansioni al microscopio digitale Dino-Lite portatile, che hanno consentito di stimare la sezione del filo pari a 0,33 $mm^2$ (CoV =17%). In figura (Fig.47) sono riportate alcune delle immagini acquisite al microscopio.

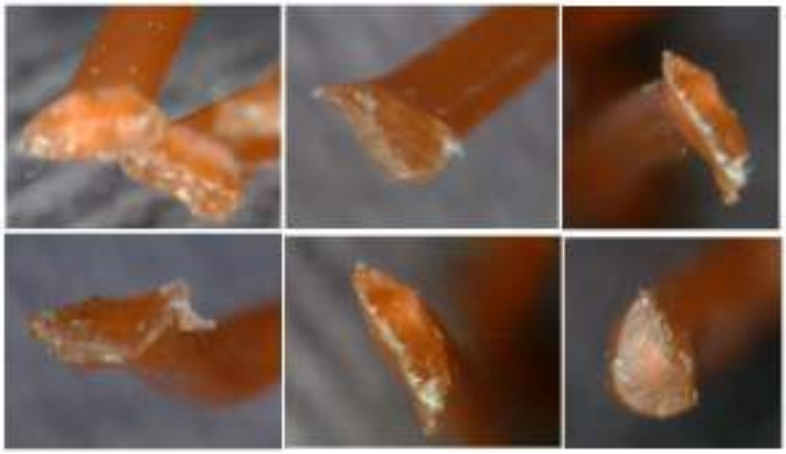


**Fig.47: Immagini della sezione dei fili acquisite al microscopio digitale.**

Per ogni campione testato è stato determinato il carico massimo su ogni filo, $F_{max}$, e la deformazione percentuale corrispondente, $\Delta l/l_0$, nonché i valori medi, la deviazione standard ed il coefficiente di variazione. La modalità di rottura registrata è risultata essere sempre per tranciamento del filo.

Per ogni tipologia di prova sono stati tracciati i grafici del carico in funzione della deformazione percentuale.

Nelle tabelle 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 sono riportati i dati registrati per le varie tipologie di prove. La tensione massima è stata determinata solo sulle reti con maglia da 60 mm (prodotta da A), e i dati mostrano una variazione percentuale sulla tensione media, maggiore di quella

registrata sul carico massimo. Tale risultato probabilmente è dovuto ai valori misurati della sezione per ogni campione che presentavano una elevata dispersione. Si è quindi deciso di identificare, nel prosieguo delle attività, una metodologia migliore per la stima della sezione e di non calcolare la tensione per le altre prove.

| Prova | Sezione (mmq) | $\Delta l/l_0$ (%) | $F_{max}$ (N) | Tensione (mPa) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,36 | 13,4 | 65,4 | 184,3 |
| 2 | 0,34 | 14,8 | 66,4 | 194,1 |
| 3 | 0,23 | 15,2 | 69,1 | 298,9 |
| 4 | 0,36 | 13,2 | 64,7 | 182,3 |
| 5 | 0,37 | 14,6 | 67,9 | 184,4 |
| **Valore medio** | 0,33 | 14,2 | 66,7 | 208,8 |
| **dev.st** | 0,06 | 0,9 | 1,8 | 50,6 |
| **CoV [%]** | 17 | 6 | 3 | 24 |

**Tab.3: Prova di trazione su maglia. Rete con maglia da 60 mm (prodotta da A).**

| Prova | $\Delta l/l_0$ (%) | $F_{max}$ (N) |
|---|---|---|
| 1 | 12,8 | 61,4 |
| 2 | 13,0 | 63,1 |
| 3 | 13,1 | 61,4 |
| 4 | 13,1 | 62,4 |
| 5 | 16,3 | 61,6 |
| 6 | 18,7 | 63,9 |
| **Valore medio** | 14,5 | 62,3 |
| **dev.st** | 2,5 | 1,0 |
| **CoV [%]** | 17 | 2 |

**Tab.4: Prova di trazione su maglia. Rete con maglia da 80 mm (prodotta da B).**

| Prova | $\Delta l/l_0$ (%) | Fmax (N) |
|---|---|---|
| 1 | 41,2 | 40,5 |
| 2 | 31,5 | 37,6 |
| 3 | 39,0 | 39,5 |
| 4 | 33,1 | 41,0 |
| 5 | 30,8 | 41,8 |
| 6 | 24,2 | 38,9 |
| 7 | 33,5 | 38,2 |
| **Valore medio** | 33,3 | 39,7 |
| **dev.st** | 5,6 | 1,5 |
| **CoV [%]** | 17 | 4 |

**Tab.5: Prova di trazione su filo. Rete con maglia da 40 mm (prodotta da A).**

| Prova | $\Delta l/l_0$ (%) | $F_{max}$ (N) |
|---|---|---|
| 1 | 14,7 | 63,5 |
| 2 | 13,9 | 61,3 |
| 3 | 15,3 | 64,2 |
| 4 | 13,8 | 61,4 |
| 5 | 14,0 | 60,7 |
| 6 | 14,5 | 64,9 |
| 7 | 16,1 | 65,8 |
| **Valore medio** | 14,6 | 63,1 |
| **dev.st** | 0,9 | 2,0 |
| **CoV [%]** | 6 | 3 |

**Tab.6: Prova di trazione su filo. Rete con maglia da 60 mm (prodotta da A).**

| Prova | $\Delta l/l_0$ (%) | $F_{max}$ (N) |
|---|---|---|
| 1 | 31,6 | 69,3 |
| 2 | 35,9 | 71,1 |
| 3 | 41,8 | 72,7 |
| 4 | 31,6 | 69,8 |
| 5 | 41,3 | 73,2 |
| 6 | 32,3 | 71,0 |
| 7 | 38,4 | 73,0 |
| **Valore medio** | 36,1 | 71,4 |
| **dev.st** | 4,5 | 1,6 |
| **CoV [%]** | 12 | 2 |

**Tab.7: Prova di trazione su filo. Rete con maglia da 80 mm – (prodotta da B).**

| Prova | $\Delta l/l_0$ (%) | $F_{max}$ (N) |
|---|---|---|
| 1 | 36,7 | 66,0 |
| 2 | 33,4 | 65,3 |
| 3 | 35,6 | 64,8 |
| 4 | 32,2 | 63,6 |
| 5 | 36,2 | 66,2 |
| 6 | 28,2 | 62,1 |
| 7 | 27,5 | 62,5 |
| **Valore medio** | 32,8 | 64,4 |
| **dev.st** | 3,7 | 1,6 |
| **CoV [%]** | 11 | 3 |

**Tab.8: Prova di trazione su filo. Rete con maglia da 50 mm (prodotta da B), 149 in mare.**

| Prova | $\Delta l/l_0$ (%) | $F_{max}$ (N) |
|---|---|---|
| 1 | 25,1 | 66,8 |
| 2* | 19,4 | 24,3 |
| 3* | 18,7 | 23,4 |
| 4 | 33,2 | 69,3 |
| 5 | 13,5 | 58,6 |
| 6 | 33,0 | 70,7 |
| 7 | 28,0 | 68,4 |
| **Valore medio** | 29,8 | 66,8 |
| **dev.st** | 4,0 | 4,8 |
| **CoV [%]** | 13 | 7 |

**Tab.9: Prova di trazione su filo. Rete con maglia da 50 mm (prodotta da B), 246 in mare.** *Campioni non considerati nel calcolo della media.

| Prova | $\Delta l/l_0$ (%) | $F_{max}$ (N) |
|---|---|---|
| 1 | 21,7 | 27,0 |
| 2 | 21,5 | 26,7 |
| 3 | 20,6 | 27,4 |
| 4 | 38,9 | 29,2 |
| 5 | 19,6 | 26,6 |
| 6 | 34,8 | 28,7 |
| 7 | 40,8 | 29,5 |
| **Valore medio** | 28,3 | 27,9 |
| **dev.st** | 9,4 | 1,3 |
| **CoV [%]** | 33 | 4 |

**Tab.10: Prova di trazione su filo. Rete con maglia da 60 mm (prodotta da C), 76 in mare.**

Nelle tabelle 11 e 12 sono rispettivamente riportati il carico medio e la deformazione media al carico massimo registrati sulle diverse tipologie di reti testate, unitamente al valore del CoV percentuale tra parentesi. Dall'analisi dei risultati ottenuti ad eccezione delle reti utilizzate per la semina delle cozze, maglia da 40 mm, e della rete prodotta da C, le reti testate dal diametro di 50 mm fino al diametro di 80 mm, indipendente dai giorni di immersione in acqua hanno un carico medio di circa 66 N (CoV 6%).

La deformazione media al carico massimo per le reti da 80 mm prodotte da B, è risultata differente al variare della tipologia di prova (test su maglia e test su filo): con le prove sul filo sono state registrate deformazioni più grandi.

Per le reti della A passando da una maglia di 40 mm ad una di 60 mm è stato rilevato un aumento del carico medio (Tab.11) ed una diminuzione della deformazione percentuale media (Tab.12). Infine, i dati ottenuti evidenziamo che il condizionamento ambientale (tempo di immersione in acqua) non ha avuto influenza sulle caratteristiche meccaniche indagate.

| **Tipo di rete** | **$F_{max}$ [N]** | | **Giorni di immersione in mare** |
|---|---|---|---|
| | Prova di trazione su maglia | Prova di trazione su filo | |
| Maglia da 40 mm (prodotta da A) | --- | 39,7(4) | 0 |
| Maglia da 60 mm (prodotta da A) | 66,7(3) | 63,1(3) | 0 |
| Maglia da 80 mm (prodotta da B) | 62,3(2) | 71,4(2) | 0 |
| Maglia da 50 mm (prodotta da B) | 0 | 64,4 (3) | 149 |
| | 0 | 66,8 (7) | 246 |
| Maglia da 60 mm (prodotta da C) | 0 | 27,9 (4) | 76 |

**Tab.11: Confronto sperimentale: carico massimo**

| **Tipo di rete** | **Δl [%]** | | **Giorni di immersione in mare** |
|---|---|---|---|
| | Prova di trazione su maglia | Prova di trazione su filo | |
| Maglia da 40 mm – Rete Verde – A | --- | 33,3(17) | 0 |
| Maglia da 60 mm – Rete Rossa – A | 14,2(6) | 14,6(6) | 0 |
| Maglia da 80 mm – Rete Blu – B | 14,5(17) | 36,1(3) | 0 |
| Maglia da 50 mm – Rete Bianca – B | --- | 32,8(11) | 149 |
| | --- | 29,8(13) | 246 |
| Maglia da 60 mm – Rete Gialla – C | --- | 28,3(33) | 76 |

**Tab.12: Confronto sperimentale: allungamento percentuale**

Dalla figura 48 alla figura 55 sono riportati i grafici del carico, N, in funzione della deformazione percentuale per i diversi campioni testati.

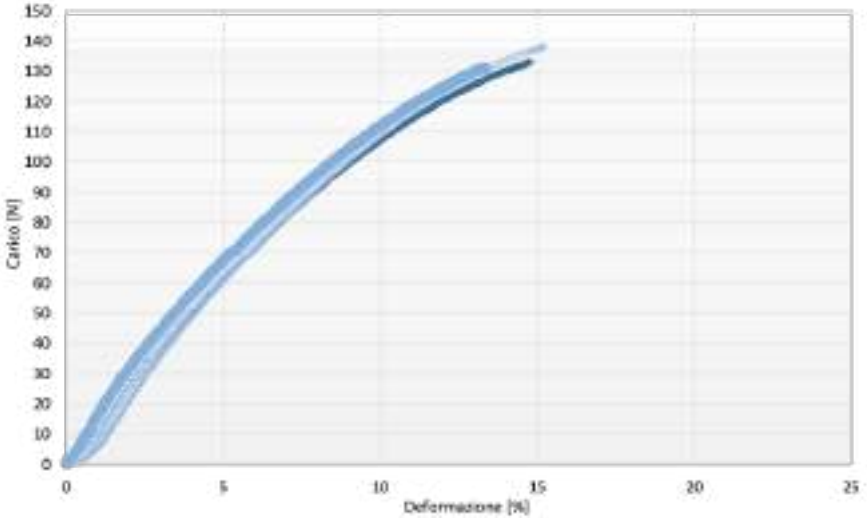



**Fig.48: Prova di trazione su maglia. Carico su due fili. Rete con maglia da 60 mm (Prodotta da A).**

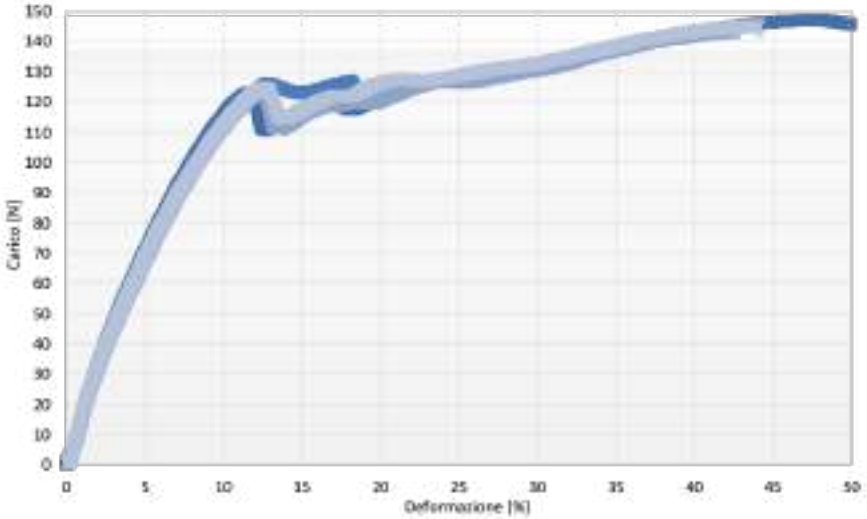



**Fig.49: Prova di trazione su maglia. Carico su due fili. Rete con maglia da 80 mm (Prodotta da B).**

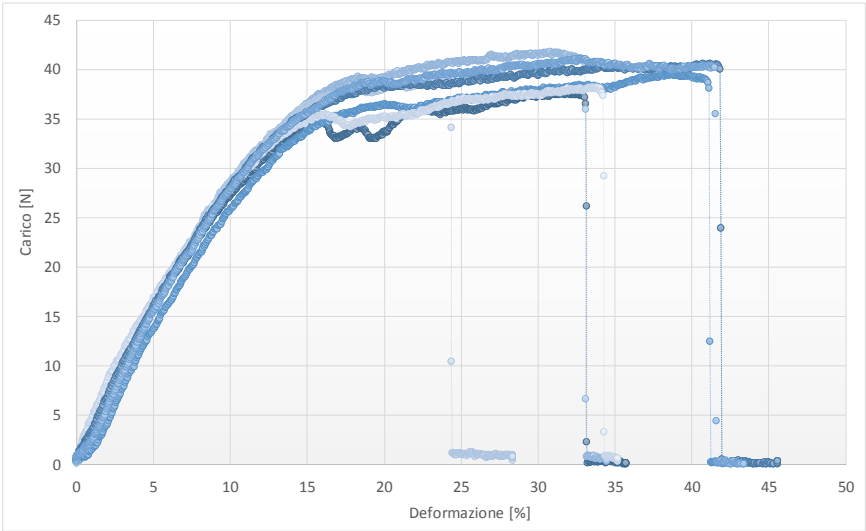



**Fig.50: Prova di trazione su filo. Rete con maglia da 40 mm (Prodotta da A).**

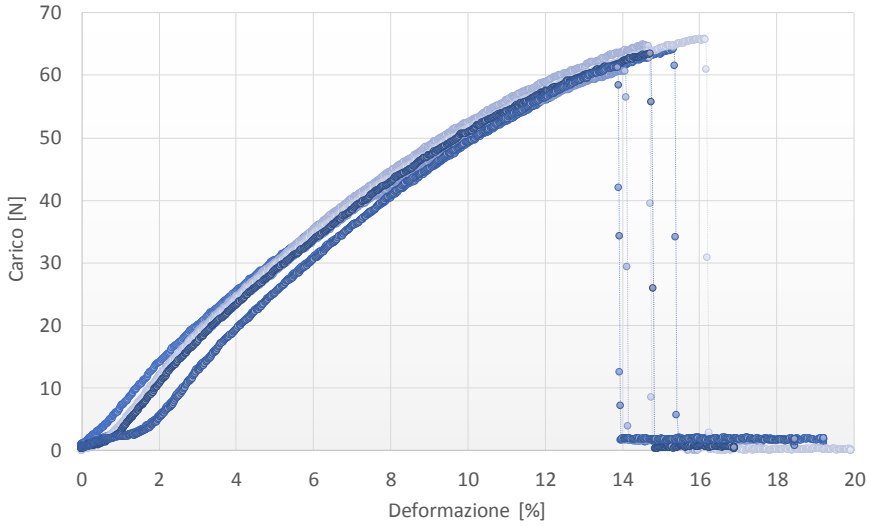



**Fig.51: Prova di trazione su filo. Rete con maglia da 60 mm (Prodotta da A).**

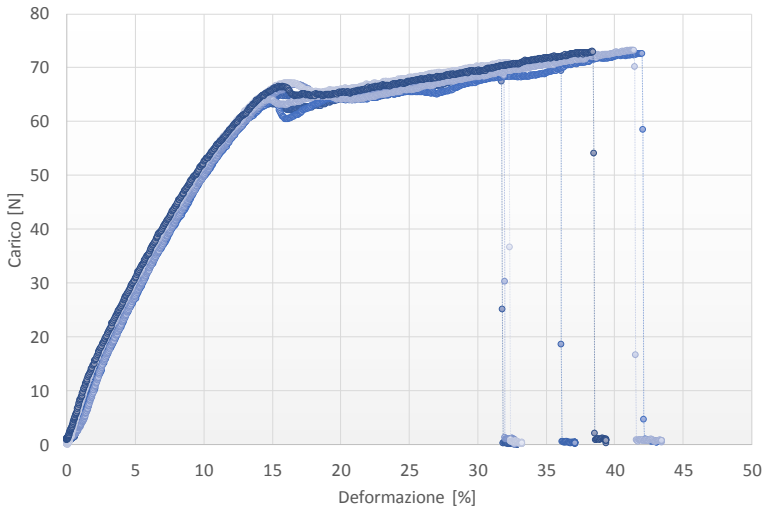



**Fig.52: Prova di trazione su filo. Rete con maglia da 80 mm (Prodotta da B).**

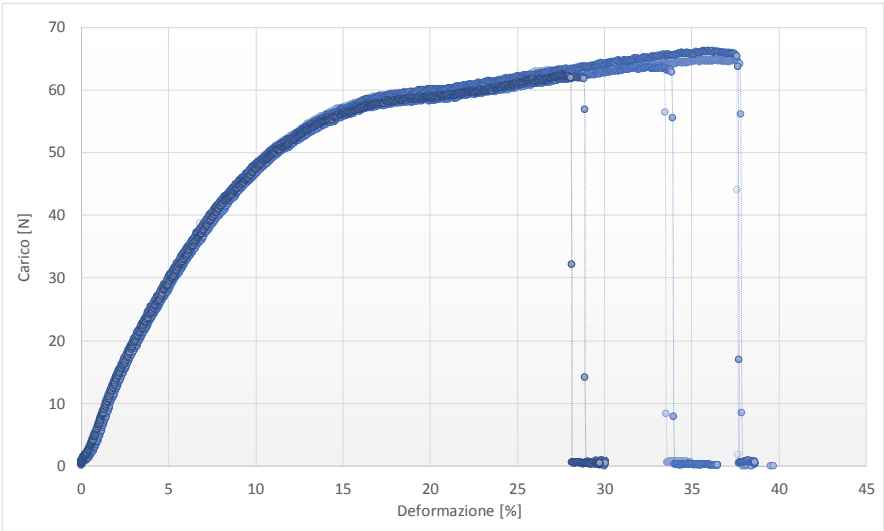



**Fig.53: Prova di trazione su filo. Rete con maglia da 50 mm (Prodotta da B), 149 in mare.**

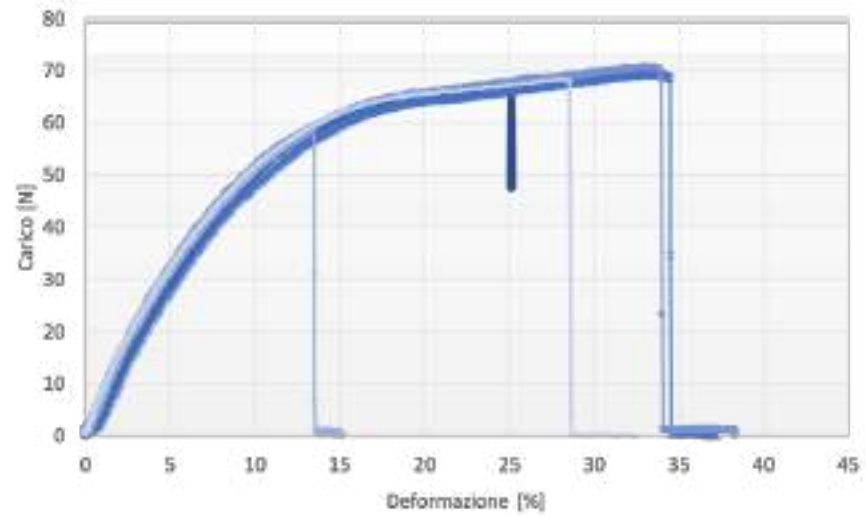



**Fig.54: Prova di trazione su filo. Rete con maglia da 50 mm (Prodotta da B), 246 in mare.**

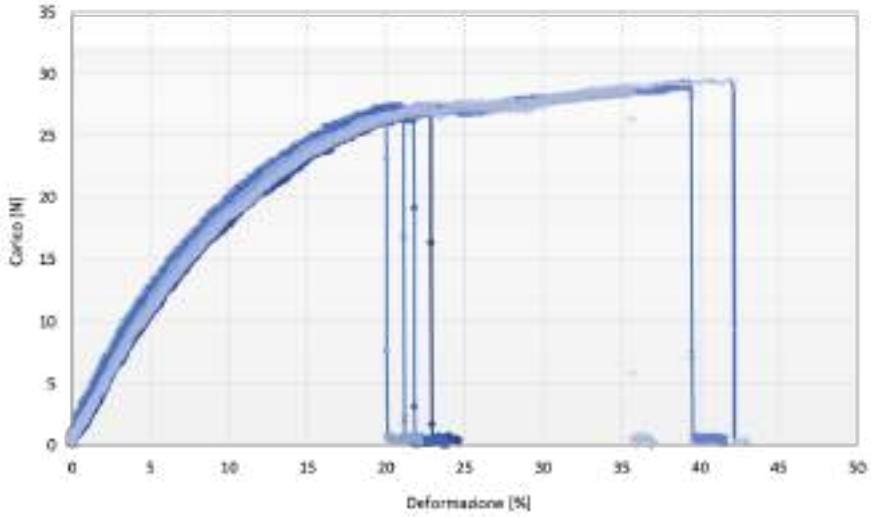



**Fig.55: Prova di trazione su filo. Rete con maglia da 60 mm (Prodotta da C), 76 in mare.**

In figura 56 sono confrontate, invece, le curve carico-deformazione registrate nella prova di trazione su maglia e nella prova di trazione su filo per i campioni di rete con maglia da 80 mm prodotte da B. Come si può osservare dal grafico l'andamento del carico in funzione della deformazione è simile per le due tipologie di prova. Nel caso delle prove su filo, curve blu scuro, è stato possibile registrare anche l'andamento del carico dopo il picco con una buona ripetibilità.

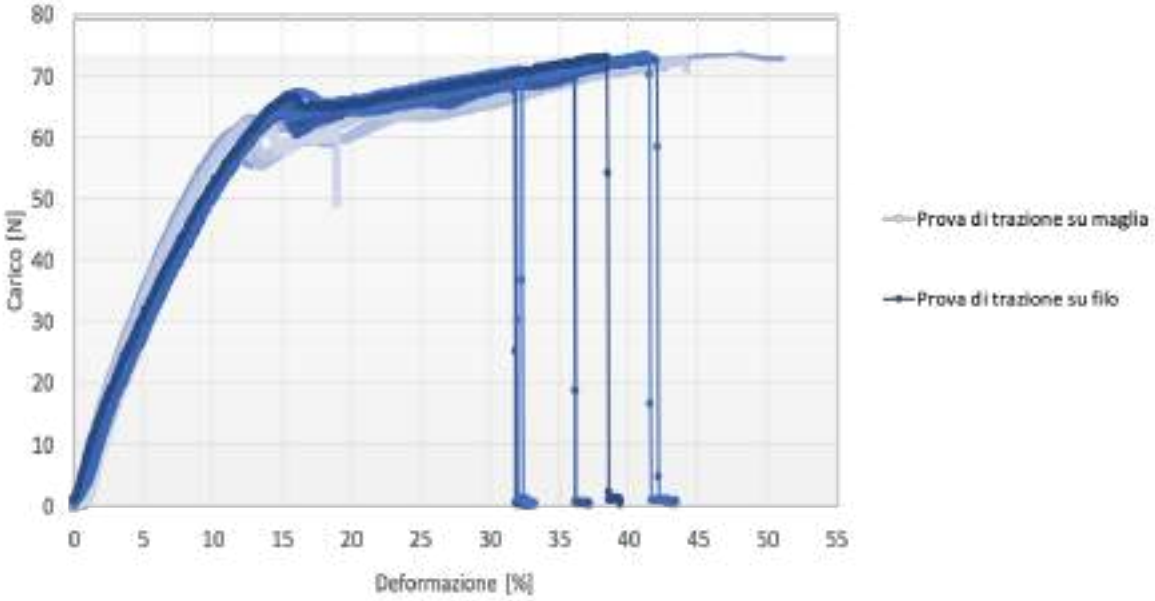



**Fig.56: Confronto prove su filo e prove su maglia - Rete con maglia da 80 mm – (Prodotte da B)**

In figura 57 è riportato il confronto tra le curve carico-deformazione ottenute nelle prove di trazione su filo per i campioni con maglia da 40 mm e da 60 mm prodotte da A. Il grafico evidenzia una sostanziale differenza di rigidezza tra le due tipologie: la rete con maglia da 40mm risulta essere molto più deformabile rispetto a quello con la maglia da 60.

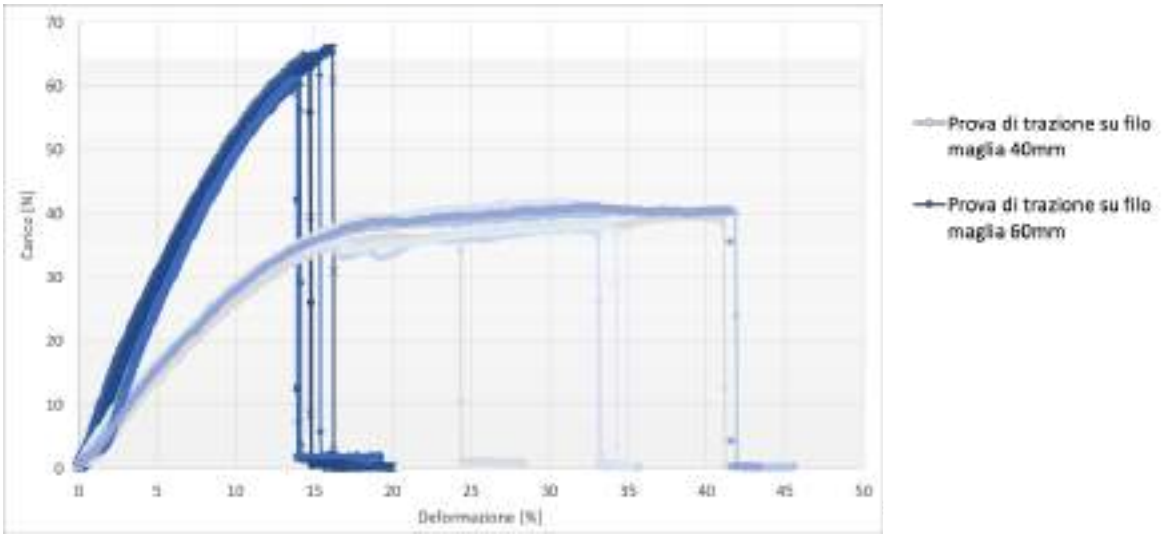



**Fig.57: Confronto prove su filo maglia 40mm e maglia 60 mm (Prodotte da A).**

Infine, in figura 58 è riportato il confronto tra le prove di trazione su filo per i campioni con maglia da 50 mm prodotta da B dopo 149 giorni e 246 giorni di immersione in mare. L'andamento delle curve evidenzia un irrigidimento del materiale e un carico di rottura leggermente maggiore per i campioni esposti per 246 giorni in ambiente marino rispetto a quelli esposti per 149 giorni.

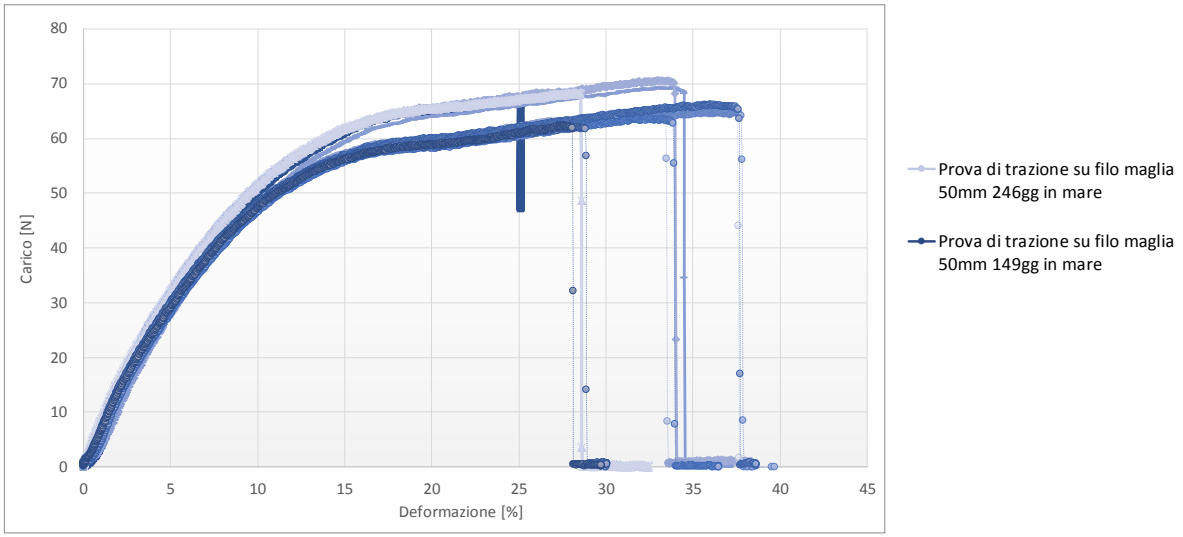



**Fig.58: Confronto prove su filo maglia 50 mm, 149 giorni e 246 giorni in mare (Prodotte da B).**

Nella prima fase di prove è stato possibile valutare la tipologia di test da adottare per lo studio delle caratteristiche meccaniche delle reste, deducendo che a fronte di test con la medesima ripetibilità, è preferibile procedere con prove su singolo filo (Fig. 56) rispetto a prove su maglia estratti da reste.

I prodotti oggi in uso per l'allevamento dei mitili hanno pressoché le stesse caratteristiche meccaniche, carichi di rottura del filo di circa 6 N, alti rispetto alle specifiche richieste per lo scopo. Poco influente sul carico massimo è anche la geometria delle reste. Il loro potere inquinante è confermato dal non decadimento delle proprietà meccanica dopo la permanenza in acqua salata.

### *4.2.2. Campagna sperimentale*

**Materiali non condizionati**

Per ogni campione testato è stato determinato il carico massimo su ogni filo, $F_{max}$, e la deformazione percentuale corrispondente, $\Delta l/l_0$, nonché i valori medi, la deviazione standard ed il coefficiente di variazione. La modalità di rottura registrata è risultata essere sempre per tranciamento del filo.

Nelle tabelle 13 e 14 sono riportati i dati registrati per le reti in poli propilene e in BIO-plastica non condizionate.

| Campioni maglia 61 mm | $F_{max}$ (N) | $\Delta l/l_0$ (%) | Campioni maglia 67 mm | $F_{max}$ (N) | $\Delta l/l_0$ (%) | Campioni maglia 72 mm | $F_{max}$ (N) | $\Delta l/l_0$ (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| STD_61_00_1 | 76,4 | 56,1 | STD_67_00_1 | 56,8 | | STD_72_00_1 | 71,3 | 25,6 |
| STD_61_00_2 | 75,1 | 52,9 | STD_67_00_2 | 69,9 | 60,8 | STD_72_00_2 | 68,2 | 21,7 |
| STD_61_00_3 | 76,9 | 62,7 | STD_67_00_3 | 69,8 | 53,3 | STD_72_00_3 | 68,7 | 18,5 |
| STD_61_00_4 | 76,9 | 61,5 | STD_67_00_4 | 71,9 | 66,1 | STD_72_00_4 | 69,3 | 19,7 |
| STD_61_00_5 | 69,7 | 42,3 | STD_67_00_5 | 67,7 | 54,4 | STD_72_00_5 | 73,7 | 29,5 |
| STD_61_00_6 | 75,2 | 57,2 | STD_67_00_6 | 64,9 | 52,7 | STD_72_00_6 | 77,1 | 31,5 |
| STD_61_00_7 | 69,8 | 38,1 | STD_67_00_7 | 69,1 | 61,3 | STD_72_00_7 | 79,0 | 38,6 |
| STD_61_00_8 | 75,1 | 53,6 | STD_67_00_8 | 70,2 | 59,1 | | | |
| **Valore medio** | 74,4 | 53,1 | **Valore medio** | 67,5 | 58,3 | **Valore medio** | 72,5 | 26,4 |
| **dev.st** | 3,0 | 8,7 | **dev.st** | 4,8 | 5,0 | **dev.st** | 4,3 | 7,3 |
| **CoV [%]** | 4 | 16 | **CoV [%]** | 7 | 9 | **CoV [%]** | 6 | 27 |

**Tab.13: Prova di trazione su filo. Rete in polipropilene in tre differenti maglie, 61mm, 67mm e 72mm.**

| **Campioni maglia 78 mm** | **$F_{max}$ (N)** | **$\Delta l/l_0$ (%)** | | **Campioni maglia 98 mm** | **$F_{max}$ (N)** | **$\Delta l/l_0$ (%)** | | **Campioni maglia 115 mm** | **$F_{max}$ (N)** | **$\Delta l/l_0$ (%)** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BIO_78_00_1 | 28,9 | 124,1 | | BIO_98_00_1 | 28,5 | 64,11 | | BIO_115_00_1 | 41,0 | 118,6 |
| BIO_78_00_2 | 27,4 | 113,7 | | BIO_98_00_2 | 24,9 | | | BIO_115_00_2 | 32,8 | 75,4 |
| BIO_78_00_3 | 28,0 | 121,7 | | BIO_98_00_3 | 30,3 | 82,60 | | BIO_115_00_3 | 37,9 | 109,1 |
| BIO_78_00_4 | 29,4 | 138,9 | | BIO_98_00_4 | 29,4 | 87,69 | | BIO_115_00_4 | 36,1 | 101,1 |
| BIO_78_00_5 | 29,5 | 147,7 | | BIO_98_00_5 | 32,4 | 104,91 | | BIO_115_00_5 | 40,4 | 123,5 |
| BIO_78_00_6 | 28,7 | 142,0 | | BIO_98_00_6 | 32,6 | 89,29 | | BIO_115_00_6 | 34,0 | 83,7 |
| BIO_78_00_7 | 31,5 | 147,1 | | BIO_98_00_7 | 32,9 | 95,89 | | BIO_115_00_7 | 35,3 | 97,4 |
| BIO_78_00_8 | 28,3 | 139,4 | | BIO_98_00_8 | 34,2 | 112,11 | | | | |
| **Valore medio** | 29,0 | 134,3 | | **Valore medio** | 30,7 | 90,94 | | **Valore medio** | 36,8 | 101,3 |
| **dev.st** | 1,3 | 12,7 | | **dev.st** | 3,0 | 15,66 | | **dev.st** | 3,1 | 17,5 |
| **CoV [%]** | 4 | 9 | | **CoV [%]** | 10 | 17 | | **CoV [%]** | 8 | 17 |

**Tab. 14: Prova di trazione su filo. Rete in BIO-plastica in tre differenti maglie, 78mm, 98mm e 115mm.**

In figura 59 e 60 è riportato il diagramma della forza massima media al variare della maglia rispettivamente per le reti in polipropilene e per quelle in BIO-plastica.

Come si può osservare dal grafico di Figura 59 e Figura 60 la forza massima registrata per entrambe le tipologie di reti non varia al variare del tipo di maglia. Si può, infatti, stimare un valore medio pari 71 N (CoV= 7%) per le reti in polipropilene e di 32 N (CoV= 13%) per le reti in BIO-plastica. Al contrario, la tipologia di materiale influenza notevolmente il carico ultimo: la forza massima registrata nel caso di campioni in BIO-plastica è circa il 55% inferiore rispetto a quella misurata nelle reste tradizionali.

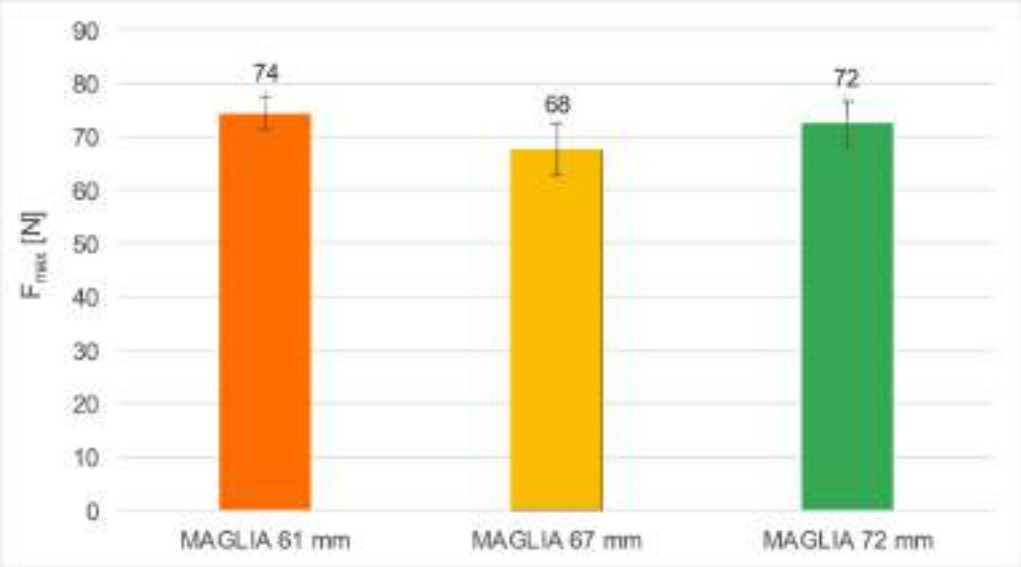



**Fig.59: Forza massima per le reti in polipropilene con diversa maglia.**

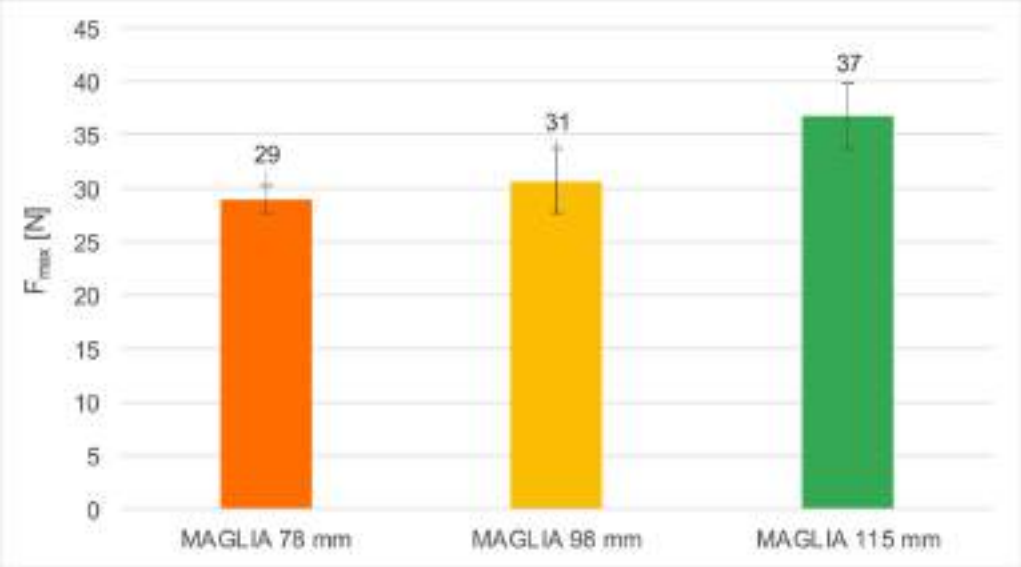



**Fig.60: Forza massima per le reti in BIO-plastica con diversa maglia.**

## Durabilità in mare

Nelle tabelle 15 e 16 è riportata la forza massima media, la deviazione standard ed il coefficiente di variazione, registrata rispettivamente per le reti in poli propilene e in BIO-plastica poste in mare nei diversi siti di accrescimento (IS= primo seno; IIS= secondo seno; MG=mar grande posi verticale; MGH= mar grande posizionamento orizzontale) per tempi diversi di esposizione. Nella figura 61, 62, 63, 64, 65, e 66 sono riportati i grafici della forza massima media in funzione dei parametri analizzati: tipo di filato, dimensione della maglia, sito per la coltura e giorni di permanenza in mare.

| Dimensione della maglia (mm) | Tempo di esposizione (g) | Sito | Campione | $F_{max}$ [N] | Dev.st | CoV% |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 61 | 00 | | STD_61_00 | 74,4 | 3,0 | 4 |
| | 41 | IS | STD_61_41_IS | 68,3 | 4,9 | 7 |
| | | IIS | STD_61_41_IIS | 66,0 | 10,1 | 15 |
| | | MG | STD_61_41_MG | 64,6 | 6,3 | 10 |
| | 77 | IS | STD_61_77_IS | 66,3 | 11,1 | 17 |
| | | IIS | STD_61_77_IIS | 68,8 | 3,9 | 6 |
| | 95 | MG | STD_61_95_MG | 60,0 | 11,0 | 18 |
| 67 | 00 | | STD_67_00 | 67,5 | 4,8 | 7 |
| | 41 | IS | STD_67_41_IS | 61,2 | 4,8 | 8 |
| | | IIS | STD_67_41_IIS | 60,0 | 6,3 | 11 |
| | | MG | STD_67_41_MG | 61,2 | 8,1 | 13 |
| | | MGH | STD_67_41_MGH | 60,8 | 4,4 | 7 |
| | 77 | IS | STD_67_77_IS | 56,3 | 5,5 | 10 |
| | | IIS | STD_67_77_IIS | 59,8 | 3,2 | 5 |
| | 95 | MG | STD_67_95_MG | 57,7 | 5,4 | 9 |
| | | MGH | STD_67_95_MGH | 57,6 | 5,1 | 9 |
| 72 | 00 | | STD_78_00 | 72,5 | 4,3 | 6 |
| | 41 | IS | STD_78_41_IS | 67,1 | 4,9 | 7 |
| | | IIS | STD_78_41_IIS | 68,7 | 2,2 | 3 |
| | | MG | STD_78_41_MG | 65,8 | 5,7 | 9 |
| | 77 | IS | STD_78_77_IS | 60,9 | 11,4 | 19 |
| | | IIS | STD_78_77_IIS | 58,7 | 8,6 | 15 |
| | 95 | MG | STD_78_95_MG | 65,0 | 5,2 | 8 |

**Tab.15: Risultati sperimentali: rete in polipropilene**

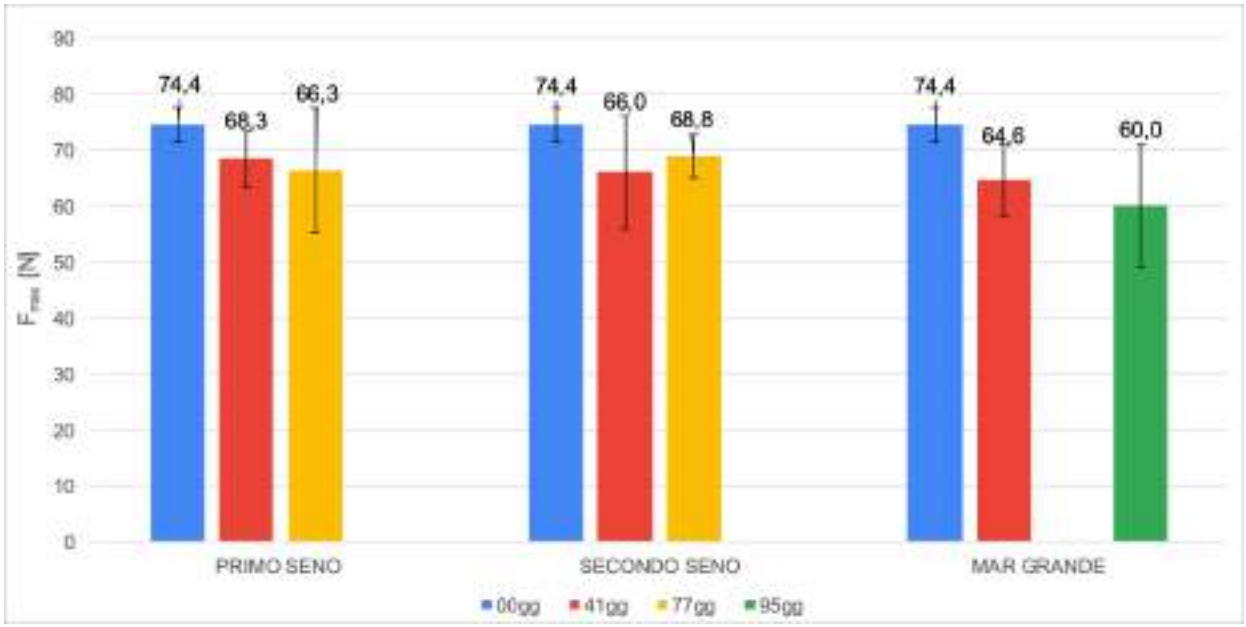



**Fig.61: Andamento della forza massima al variare del sito e del tempo di esposizione: Rete in polipropilene, maglia da 61mm.**

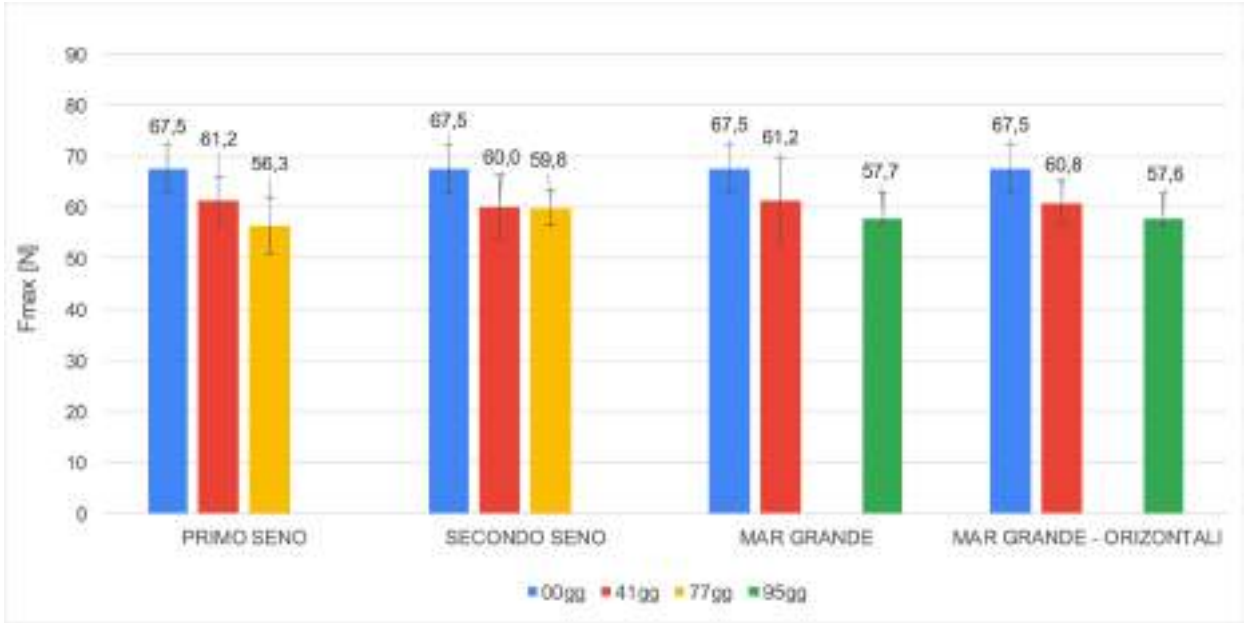



**Fig.62: Andamento della forza massima al variare del sito e del tempo di esposizione: Rete in polipropilene, maglia da 67mm.**

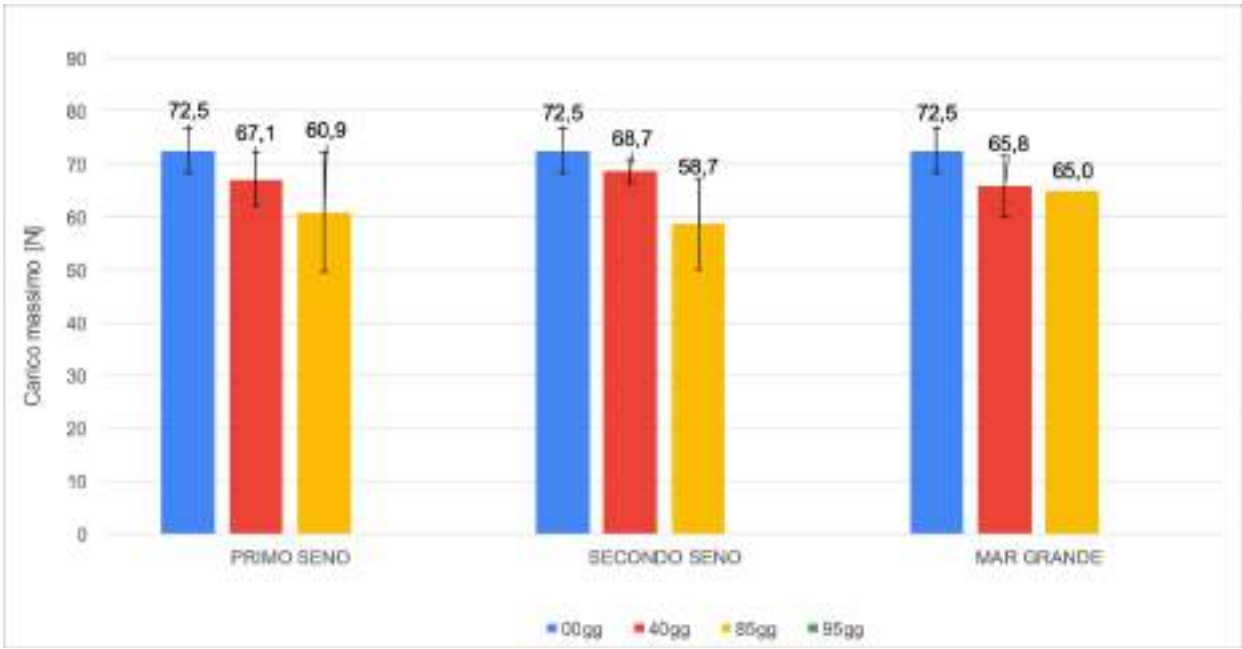



**Fig.63: Andamento della forza massima al variare del sito e del tempo di esposizione: Rete in polipropilene, maglia da 78mm.**

| Dimensione della maglia (mm) | Tempo di esposizione (g) | Sito | Campione | $F_{max}$ [N] | Dev.st | CoV % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 78 | 00 | | BIO_78_00 | 29,0 | 1,3 | 4 |
| | 41 | IS | BIO_78_41_IS | 20,4 | 0,8 | 4 |
| | | IIS | BIO_78_41_IIS | 17,4 | 3,0 | 17 |
| | | MG | BIO_78_41_MG | 21,6 | 3,6 | 17 |
| | 77 | IS | BIO_78_77_IS | 18,2 | 2,1 | 11 |
| | | IIS | BIO_78_77_IIS | 19,1 | 2,4 | 13 |
| | 95 | MG | BIO_78_95_MG | 16,6 | 1,7 | 10 |
| 98 | 00 | | BIO_98_00 | 30,7 | 3,0 | 10 |
| | 41 | IS | BIO_98_41_IS | 27,3 | 2,0 | 7 |
| | | IIS | BIO_98_41_IIS | 26,8 | 2,9 | 11 |
| | | MG | BIO_98_41_MG | 26,2 | 2,3 | 9 |
| | | MGH | BIO_98_41_MGH | 23,8 | 2,3 | 9 |
| | 77 | IS | BIO_98_77_IS | 20,8 | 2,0 | 10 |
| | | IIS | BIO_98_77_IIS | 22,4 | 0,9 | 4 |
| | 95 | MG | BIO_98_95_MG | 19,7 | 0,8 | 4 |
| | | MGH | BIO_98_95_MGH | 23,0 | 1,1 | 5 |
| 115 | 00 | | BIO_115_00 | 36,8 | 3,1 | 8 |
| | 41 | IS | BIO_115_41_IS | 30,5 | 0,8 | 3 |
| | | IIS | BIO_115_41_IIS | 29,6 | 2,1 | 7 |
| | | MG | BIO_115_41_MG | 26,8 | 4,6 | 17 |
| | 77 | IS | BIO_115_77_IS | 27,8 | 1,6 | 6 |
| | | IIS | BIO_115_77_IIS | 28,0 | 0,5 | 2 |
| | 95 | MG | BIO_115_95_MG | 26,1 | 1,9 | 7 |

**Tab.16: Risultati sperimentali: rete in BIO-plastica.**

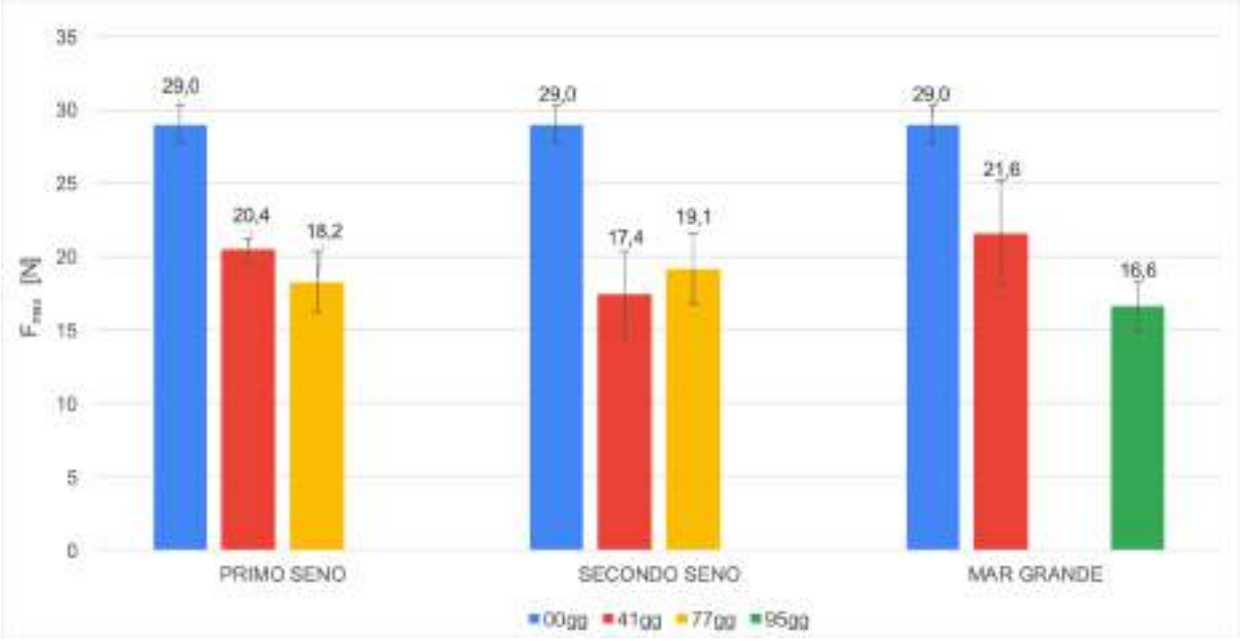



**Fig.64: Andamento della forza massima al variare del sito e del tempo di esposizione: Rete in BIO-Plastica, maglia da 78mm.**

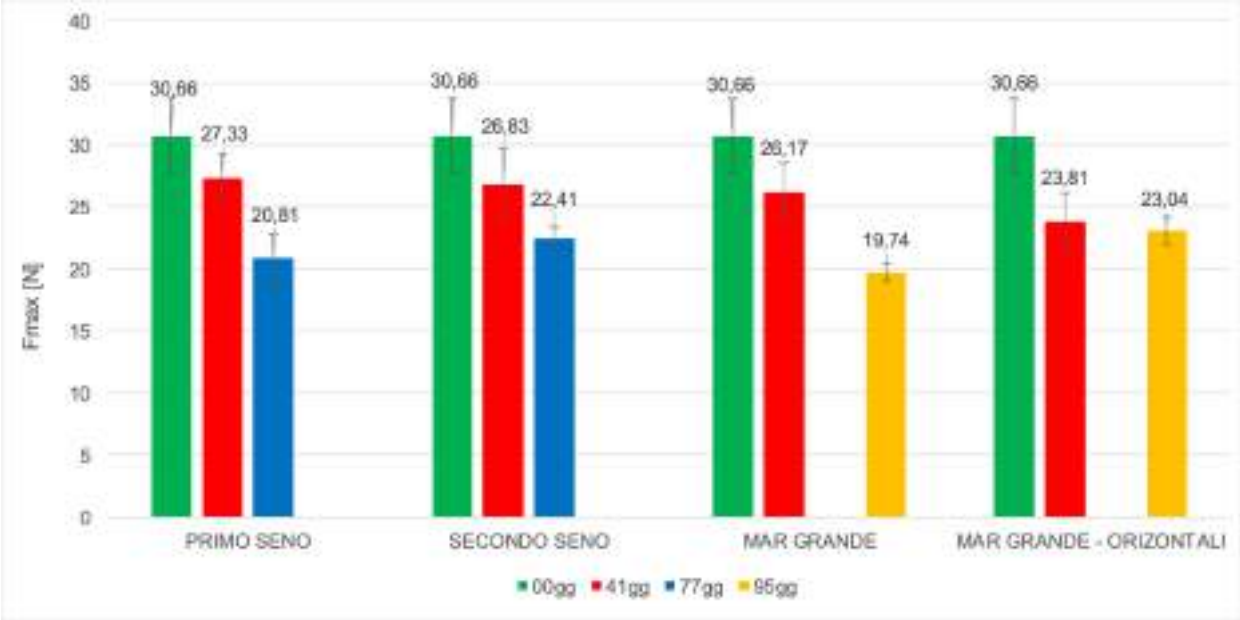



**Fig.65: Andamento della forza massima al variare del sito e del tempo di esposizione: Rete in BIO-Plastica, maglia da 98mm.**

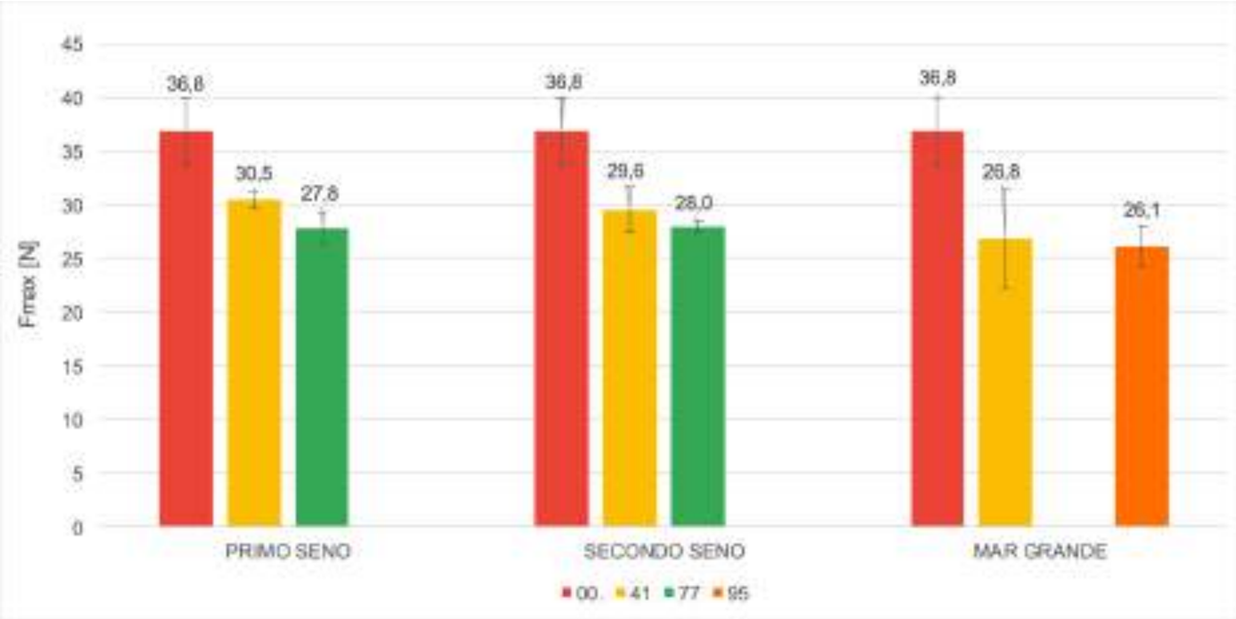



**Fig.66: Andamento della forza massima al variare del sito e del tempo di esposizione: Rete in BIO-Plastica, maglia da 115mm.**

Come si può osservare dai valori riportati in tabella 14 e dai grafici riportati in figura 61, 62 e 63 le reste in polipropilene mantengono pressoché invariate le caratteristiche meccaniche sia al variare dei giorni in mare sia al variare del sito di allevamento registrando una variazione media del 10% rispetto al valore ottenuto dal materiale non immerso in mare, variazione paragonabile alla CoV registrata.

I dati ottenuti evidenziano un comportamento molto diverso per le reste realizzate in BIO-Plastica. Come si può osservare dai dati riportati in tabella 15 e dai grafici riportati in figura 64, 65 e 66. La forza massima, come atteso, diminuisce sempre dopo l'esposizione all'ambiente marino. In particolare la minima riduzione osservata rispetto ai campioni non condizionati è stata di circa l'11% nelle reste con maglia 98mm dopo 41 giorni in mare nel I Seno, mentre la massima riduzione è stata di circa il 43% nelle reste con maglia 78mm dopo 95 giorni di immersione nel Mar Grande.

Le indagini condotte evidenziano come le reste in BIO-plastica pur avendo dimostrando una minore resistenza alla trazione rispetto alle reste in polipropilene, hanno caratteristiche tali da permettere la chiusura del ciclo di produzione dei mitili. Sulla base dei dati ottenuti è possibile stimare in 42 kg il carico massimo sostenibile dalle reste in BIO-plastica con maglia 115mm, con tempi di immersione massimi di 95 giorni rilevati nel sito Mar Grande che ha fatto registrare il più alto indice di decadimento. Sarebbe interessante valutare il comportamento di reste realizzate con fili di sezione maggiore nelle stesse condizioni operative.

È stato inoltre condotta una analisi allo stereo-microscopio sui frammenti di rete per evidenziare i segni di degrado, che spesso si sono presentanti come filamenti separati dalle fibre principali. Nella figura, Fig. 67, le immagini evidenziano che per le fibre in polipropilene dopo 95 giorni in mare sono presenti solo piccoli distacchi di materiale, mentre, Fig. 68, per le fibre in BIO-plastiche sono presenti numerosi filamenti separati dal nucleo.

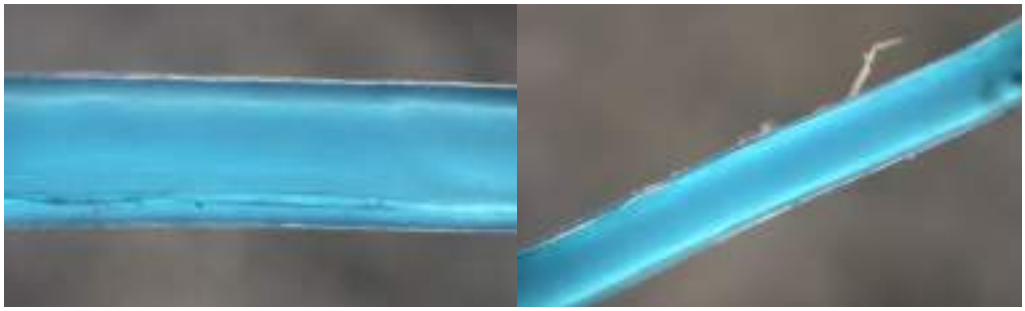


**Fig.67: Campione di rete in polipropilene prima e dopo 95 giorni di esposizione in mare.**

**Fig.68: Campione di rete in BIO-plastica prima e dopo 95 giorni di esposizione in mare.**

Nella tabella 16 sono riportati il numero degli elementi filanti misurati su ogni campione di polipropilene e di BIO-plastica dopo 95 giorni di immersione in mare.

| **Campione n.** | **Polipropilene** | **BIO-plastica** |
|---|---|---|
| | **Numero di filamenti** | |
| 1 | 3 | 6 |
| 2 | 1 | 6 |
| 3 | 5 | 10 |
| 4 | 1 | 8 |
| 5 | 1 | 6 |
| 6 | 3 | 7 |
| 7 | 2 | 6 |
| 8 | 0 | 5 |
| 9 | 0 | 7 |
| 10 | 3 | 7 |
| **Media ± ds** | 1,6 ± 1,3 | 6,8 ± 1,4 |

**Tab. 16: Risultati sperimentali: numero di filamenti contati su 50mm di maglie.**

Complessivamente i campioni BIO-plastica mostrano segni di degrado significativamente maggiori rispetto ai campioni in polipropilene nelle medesime condizioni di esposizione, come dimostra il più alto numero di filamenti misurati (Tab. 16)

Tale indicazione è confermata anche dalla misura del diametro effettuata mediante calibro (Tab.17), difatti tale misura evidenzia una maggiore riduzione del diametro delle maglie delle

reti in BIO-plastica rispetto alle reti in polipropilene. Infatti nelle reti in BIO-plastica si registra una riduzione della sezione di circa il 40% mentre nelle reti in polipropilene la riduzione è del 10%.

| Campioni | Polipropilene | | BIO-plastica | |
|---|---|---|---|---|
| | Tempo di esposizione [gg] | | Tempo di esposizione [gg] | |
| | 00 | 95 | 00 | 95 |
| | Diametro (mm) | | Diametro (mm) | |
| 1 | 0,5 | 0,5 | 1,9 | 0,9 |
| 2 | 0,5 | 0,8 | 1,1 | 1 |
| 3 | 0,6 | 0,5 | 1,2 | 1 |
| 4 | 0,6 | 0,5 | 1,1 | 0,9 |
| 5 | 0,5 | 0,6 | 1,05 | 1 |
| 6 | 0,5 | 0,4 | 1,8 | 0,9 |
| 7 | 0,6 | 0,6 | 1,8 | 1 |
| 8 | 0,8 | 0,3 | 1,9 | 0,9 |
| 9 | 0,7 | 0,6 | 1,8 | 0,8 |
| 10 | 0,7 | 0,5 | 1,75 | 0,95 |
| **MEDIA±DS** | 0,6±0,1 | 0,53±0,13 | 1,54±0,35 | 0,94±0,06 |

**Tab.17: diametro in mm dei filati testati.**

Da una prima analisi al stereo-microscopio è stato possibile rilevare che al diminuire della forza massima corrisponde una riduzione della sezione delle fibre, ulteriori studi sarebbero necessari per mettere correlazione la riduzione della sezione, la forza massima e il tempo di esposizione in mare al fine di progettare un filato adeguato al carico dei mitili.

## *5. CONCLUSIONI E PROSPETTIVE*

L'attività condotta nell'ambito del presente progetto ha permesso di testare la resistenza delle *BIO-reste* dalla fase del *secondo innesto* del ciclo produttivo, per un tempo di circa sei mesi durante i quali il prodotto si è accresciuto raggiungendo la taglia commercializzabile.

Si ritiene che l'obiettivo principale del progetto *"Materiali innovativi per l'Allevamento dei Mitili"* (MIAMI), sia stato raggiunto.

La sperimentazione è stata strutturata su due filoni di ricerca consentendo di:

- acquisire le prime informazioni sul comportamento delle reste, realizzate con materiali compostabili, durante l'allevamento dei mitili, dalla fase del *secondo innesto* sino al raggiungimento della taglia commerciale,
- documentare dati tecnici sulle caratteristiche fisiche e meccaniche del filato biodegradabile che compone la maglia delle reste.

Dall'analisi dei dati raccolti durante i campionamenti è emerso che operazioni quali il *reincalzo*, il posizionamento delle reste in mare e la sgranatura del prodotto hanno consentito di verificare il grado di resistenza e la durabilità delle reste biodegradabili. Inoltre, anche il processo della *sciorinatura* si è rivelato un test fondamentale, poiché, è stata accertata la resistenza delle *reste* - BIO, sia all'irraggiamento solare sia alle variazioni di temperatura e salinità.

In riferimento ai dati rilevati sull'accrescimento del prodotto, è possibile affermare che l'incremento di peso è stato riscontrato in entrambe le tipologie di reste e conseguito con ottimi risultati.

Per quanto riguarda i dati emersi dalle indagini eseguite sulle reste conferite dopo la sperimentazione a mare al laboratorio di Tecnica delle Costruzioni del Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione è stato evidenziato che le reste BIO hanno caratteristiche meccaniche inferiori alle reste tradizionali. Inoltre per le reste BIO dopo mesi di immersione in mare è stata rilevata una riduzione della forza massima con una corrispondente riduzione della sezione delle fibre, confermando la natura biodegradabile delle stesse. Dalle analisi effettuate si evince che è possibile apportare ulteriori miglioramenti che permetterebbero di incrementare la capacità di carico e la resistenza al degrado per esposizione in mare aperto, condizioni necessarie a garantire il ciclo di coltivazione dei mitili.

Questo studio preliminare è nato dalla volontà di aumentare la consapevolezza ambientale durante le fasi di lavorazione dei mitili, ed evidenziare l'opportunità che potrebbe generare un maggiore rispetto delle attività produttive sugli equilibri dell'ecosistema marino.
È chiaro che i materiali oggetto di studio, pur fornendo dei riscontri positivi allo stato attuale delle conoscenze necessitano di ulteriori approfondimenti: In particolare, ulteriore indagine andrebbero indirizzate sulla possibilità di utilizzo delle reti BIO in mare per un tempo sufficientemente lungo a garantire un ciclo completo di accrescimento dei mitili, prima della fase del *secondo innesto*. Inoltre, la ricerca di nuovi materiali biodegradabili e la definizione delle loro prestazioni a breve e lungo termine sono ancora aspetti che meritano di essere approfonditi, al fine di poter procedere con una industrializzazione delle reti BIO.

Il grande impulso fornito dagli operatori del settore alla sperimentazione dei *BIO* - materiali nell'allevamento dei mitili, evidenzia la necessità di un cambiamento nella cultura e nei comportamenti; la scelta di adottare modelli di produzione a minor impatto ambientale può offrire importanti prospettive di mercato verso il consumo di un prodotto *ambientalmente sostenibile*.

## 6. *BIBLIOGRAFIA*


1. L. Nannucci, "*L'evoluzione degli impianti di mitilicoltura*", Dicembre 14, 2015 rivista di agraria anno-2015 l'evoluzione degli impianti di mitilicoltura
2. Da Ros L., Alfarè L., Delaney E., Fiorin R., Moschino V., Nesto N., Picone M., Riccato F., Tonin S., 2016. Tecniche per ridurre gli impatti delle reti fantasma e aumentare la biodiversità nelle aree costiere del Nord Adriatico. Relazione conclusiva progetto Life-Ghost (LIFE 12 BIO/IT/000556 GHOST)
3. Cecherelli V.U., 1983-84 - "*Dinamica di popolazione di Mytilus galloprovincialis LAMK. in banco naturale ed in parchi di allevamento*" - Nova Thalassia 6, Suppl.: 207-212.
4. Corriero G., Lembo G., Lonfo C., Nonnis Marzano C., Portacci G., Spedicato M.T., 2001 - "*Valutazione comparativa dell'accrescimento e della gestione di Mytilus galloprovincialis LAM. in differenti condizioni ambientali di allevamento*" - Biol. Mar. Medit., 8 (1): 574-576.
5. FabiI G., Fiorentini L., Giannini S., 1985 - "*Osservazioni sull'insediamento e sull'accrescimento di Mytilus galloprovincialis LAMK. Su di un modulo sperimentale per mitilicoltura immerso nella baia di Portonovo (Promontorio del Conero, Medio Adriatico)"* - Oebalia XI-2:681-692.
6. GENOVESE S., 1959 - "*Sull'accrescimento di Mytilus galloprovincialis Lamarck*" - Atti Soc. Peloritana Sc. Fis. Mat. Nat., 5, 27.
7. Giulini G., Mietti N., Maffei M., 2000 - "*Determinazione dei parametri qualitativi del prodotto ittico per la definizione di standard di qualità. Rap*" - MiPAF, DGPA IV P. T. Pesca e Acquacoltura
8. Tursi A., Matarrese A., Cecere E., Ribecco N., 1985 - "*Confronto tra l'accrescimento di Mytilus galloprovincialis LAM. nel Mar Piccolo e nel Mar Grande di Taranto*" - Nova Thalassia, 7, Suppl. 3: 367-372.
9. Valli G., 1971 - "*Ciclo di maturità sessuale in Mytilus galloprovincialis LMK. di Duino (TRIESTE)*" - Boll. Pesca Piscic. Idrobiol. 26, 1,2:259-2
10. Valli G., Cerneca F., Ferrantelli N., 1975 - "*Caratteristiche dell'accrescimento e del periodo riproduttivo in un allevamento sperimentale di Mytilus galloprovincialis LAM.*" - Boll. Pesca Piscic. Idrobiol. 30,2:299-313.
11. E. Brunengo, L. Conzatti, R. Utzeri, P. Stagnaro et al., "*Chemical modification of hemp fibres by plasma treatment for eco-composites based on biodegradable polyester*", J. Mater. Sci. 2019, 54, 14367
12. L. Conzatti, E. Brunengo, R. Utzeri, M. Castellano, P. Hodge, P. Stagnaro, "*Macrocyclic oligomers as compatibilizing agent for hemp fibres/biodegradable polyester eco-composites*", Polymer 2018, 146,
13. F. Bertini, M. Canetti et al. "*Effect of ligno-derivatives on thermal properties and degradation behaviour of poly (3-hydroxybutyrate)-based biocomposites*", Polym. Degrad. Stabil. 2012, 97, 1979
14. F. Bertini, M. Canetti et al. "*Towards a more sustainable circular bioeconomy. Innovative approaches to rice residue valorization: the RiceRes case study*", Bioresource Technol. Reports 2020, 100427

# MI AMI

Materiali Innovativi
per l'Allevamento Mitili

# MI AMI

Materiali Innovativi
per l'Allevamento Mitili

## LE BIOPLASTICHE:
## PERFORMANCE E UTILIZZO

Misura 2.47 “Innovazione”

Progetto 0001/INA/17 CUP: B88I17002090009

FEAMP

PO 2014-2020
Fondo europeo per gli
affari marittimi e la pesca

MIAMI

Materiali Innovativi
per l’Allevamento Mitili

# LE BIOPLASTICHE: PERFORMANCE E UTILIZZO

UNIONE EUROPEA

REGIONE PUGLIA

HYDRA COOP

UNIVERSITÀ DEL SALENTO

# Sommario

1. PREMESSA ..... 2
2. Il mercato dei Biopolimeri ..... 3
3. La definizione di Biopolimero ..... 6
4. Concetto di biodegradabilità e compostabilità ..... 8
5. I nuovi materiali ..... 11
3.1 Polimeri da Amido ..... 11
3.2 PLA (Acido Poli-lattico) ..... 13
3.3 PHA (Poli-Idrossialcanoati) ..... 15
3.4 Polimeri Cellulosici ..... 18
6. Vantaggi e limiti dei Biopolimeri ..... 19
7. La disponibilità della materia prima ..... 20
8. Lo Sviluppo di nuove applicazioni ..... 21
9. Linee di ricerca ..... 23
10. Conclusioni e prospettive ..... 24
11. *BIBLIOGRAFIA* ..... 25

# 1. PREMESSA

La nostra società, e quindi la nostra vita e quella delle future generazioni, dipende dal funzionamento a lungo termine di quell'insieme di ecosistemi che, per semplicità, chiamiamo natura.

Sebbene la consapevolezza di una problematica ambientale sia una urgenza riconosciuta da tutti, restano ancora molte le azioni da intraprendere per fronteggiare realmente la questione. A questo scopo, nell'ambito del progetto: "Materiali Innovativi per l'Allevamento dei Mitili" - MIAMI, la consapevolezza che i materiali plastici utilizzati dalla mitilicoltura compromettono gli equilibri dell'ecosistema marino, ha avviato la ricerca e la sperimentazione sull'utilizzo di nuovi materiali a basso impatto ambientale, nella fase dell'allevamento e della commercializzazione, al fine di individuare nuove soluzioni e futuri settori di applicazione.

Partendo dalle conoscenze acquisite nel campo delle materie plastiche tradizionali, si è ritenuto opportuno descrivere le principali categorie di biopolimeri riportando informazioni quali: i requisiti principali, le relative applicazioni e le informazioni delle aziende produttrici. Inoltre, l'attenzione è stata focalizzata sui vantaggi e i limiti dei biopolimeri, sulle scelte fatte su questo aspetto a livello globale e le richieste del mercato finalizzate allo sviluppo di nuove applicazioni.

L'uso del petrolio ha mutato in tutto il mondo sia l'economia che le strutture politiche e sociali che gli stili di vita delle persone, producendo effetti che l'uso di nessuna sostanza ha mai ottenuto in così poco tempo. La plastica tradizionale, o sintetica, è prodotta da derivati del petrolio come sottoprodotto della filiera del greggio. La sua caratteristica è quella di essere costituita da monomeri (l'unità strutturale ripetitiva che forma un polimero), con una notevole resistenza meccanica al calore. I numerosi campi di applicazione del materiale plastico, non devono però far sottovalutare i problemi legati al forte impatto ambientale che deriva dalla produzione e dal successivo smaltimento. Gli oggetti in plastica tradizionale, infatti, oltre a essere realizzati sfruttando energie non rinnovabili, vengono riassorbiti dall'ambiente solo dopo lunghi periodi di tempo: una bottiglia di plastica, ad esempio, necessita di più di 400 anni per decomporsi. Questo contesto ha stimolato la domanda di prodotti a basso impatto ambientale come le *bioplastiche*, considerate l'alternativa verde all'oro nero.

Secondo un calcolo effettuato dall'European Climate Change Program (ECCP) per ogni tonnellata di bioplastica prodotta si potrebbero introdurre nell'ambiente circa 4 milioni di tonnellate di Anidride carbonica in meno. Le plastiche biodegradabili dunque, possono rappresentare una valida soluzione ai problemi dello smaltimento post consumo, sempre più oneroso sia in termini economici che ambientali.

## 2. Il mercato dei Biopolimeri

Il sistema produttivo e i consumi della società industrializzata incrementano l'uso dissennato delle risorse rinnovabili, ma anche il consumo altrettanto dissennato di quelle non rinnovabili e l'immissione nell'ambiente di un numero crescente di nuove sostanze di sintesi, potenzialmente nocive.

La Commissione Europea ha elaborato una serie di raccomandazioni politiche, congiuntamente alle parti interessate dell'industria, nell'ambito dell'iniziativa «Mercati guida». Si tratta di mercati molto innovativi che rispondono ai bisogni dei clienti, dispongono di una solida base tecnologica e industriale e in Europa dipendono, più di altri mercati, dalla creazione di condizioni favorevoli mediante interventi pubblici.

Il direttore di European Bioplastics, sostiene che "il rispetto di almeno una parte di queste condizioni darebbe un forte impulso al settore":

- detrarre il Carbonio biologico dall'impronta di Carbonio complessiva dei prodotti;
- considerare obiettivi indicativi o vincolanti per alcuni prodotti a base biologica, come i biocarburanti;
- consentire agli Stati membri di ridurre la tassazione sui prodotti sostenibili a base biologica;
- consentire alle plastiche a base biologica l'accesso a qualsiasi sistema di raccolta e recupero dei rifiuti;
- incoraggiare gli Enti pubblici a preferire i prodotti a base biologica negli appalti;
- avviare una riflessione con le parti interessate riguardo alle etichette dei prodotti e alle informazioni per il consumatore.

È auspicabile che la consapevolezza sociale del problema ambientale e la necessità imprescindibile di preservare l'ecosistema portino a soluzioni costruttive attraverso l'utilizzo di tecniche e materiali diversi da quelli tradizionali e l'adozione di modelli di produzione e di consumo di minore impatto sulle risorse esauribili del pianeta.

Negli anni '70, dopo la prima crisi petrolifera, era partita una intensa attività di ricerca allo scopo di sviluppare nuove classi di biopolimeri, principalmente per il settore packaging ad opera di grossi gruppi quali: ICI, Monsanto, P&G, Montedison, Dow, Bayer e Basf. Cessata la crisi petrolifera e la conseguente antieconomicità dei biopolimeri, si è annullato l'interesse per questi materiali.

I primi polimeri sintetici erano basati su risorse naturali. Tra i biopolimeri da risorse rinnovabili "storici" possiamo citare i cellulosici, il Nylon 11 (PA 11) e le gomme naturali. Invece, tra i polimeri biodegradabili sono stati sviluppati da molti anni i policaprolattoni e lo EVOH.

Negli ultimi anni si sta assistendo ad un nuovo progressivo impegno, in particolar modo per quanto riguarda l'uso di biomonomeri per produrre polimeri "tradizionali".

Oggi il mercato dei biopolimeri è ancora un mercato di nicchia principalmente ristretto al mercato del packaging e dell'agricoltura. Può essere valutato attorno allo 0,4-0,5% del consumo totale delle materie plastiche, con un tasso di sviluppo elevato.

In alcune applicazioni per l'agricoltura e l'imballaggio, l'utilizzo di biopolimeri consente anche vantaggi economici (film pacciamatura, waste collection, food packaging, ecc.).

Recentemente si è registrato un notevole cambiamento nelle linee di sviluppo dei biopolimeri.

I tradizionali fattori che erano stati alla base della ricerca e dell'innovazione negli scorsi anni, cioè:

• prezzi più competitivi;
• supporto politico e legislativo;
• norme su degradabilità/compostabilità;
• disponibilità ed ottimizzazione dei processi di compostaggio.

Pur rimanendo sempre validi, non sono più sufficienti per garantire uno sviluppo sostenuto. È necessario ampliare le applicazioni, estendendone l'uso ad applicazioni più "critiche" e anche alla realizzazione di:
• beni durevoli;
• applicazioni ingegneristiche che in questi settori sono già in una fase di sviluppo avanzato;
• settore tessile e delle fibre che guadagna sempre più importanza con la messa a punto di fibre ad alta resistenza termica.

A livello globale il mercato dei biopolimeri è in crescita, infatti le capacità produttive, sono passate dalle 500-600 kton/anno alle 1.161 kton/anno nel 2011, fino ad arrivare a poco più di 1.400 kton/anno nel 2012/2013. (Fig.1)

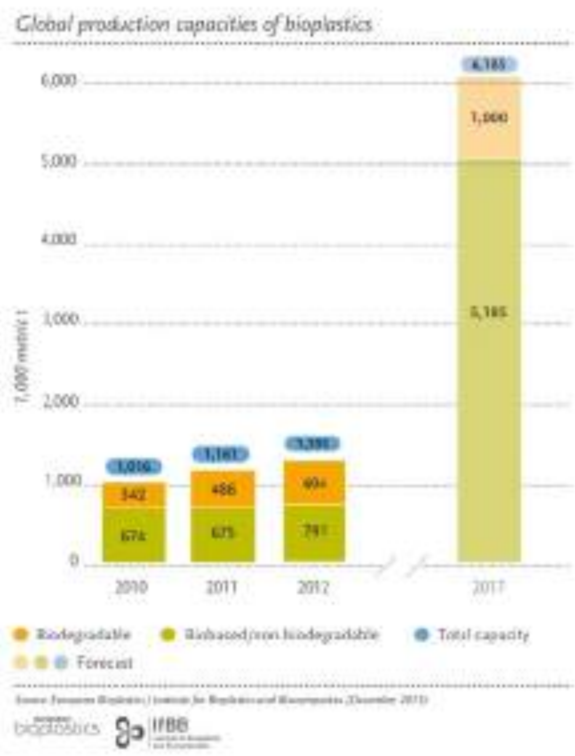



**Fig.1: Capacità di produzione globale di bioplastiche (European Bioplastics).**

Secondo le statistiche di European Bioplastics si può notare che l'attenzione dei mercati dei biopolimeri si sta spostando dalla biodegradabilità verso un maggiore impiego di materie prime rinnovabili, ovverosia verso le plastiche di origine biologica.
Gli argomenti a favore della sostenibilità, cioè la necessità di tutelare il clima e la riduzione delle riserve di combustibili fossili, premono per la sostituzione delle plastiche basate sui

combustibili fossili con polimeri basati su materie prime rinnovabili, che troveranno presto applicazioni più durevoli sul mercato, con una enfasi sul riutilizzo e sulla riciclabilità.
Secondo questo studio la capacità di produzione di bioplastiche è aumentata da circa 700.000 tonnellate nel 2010, a 1,7 milioni di tonnellate nel 2015. (Fig.2)

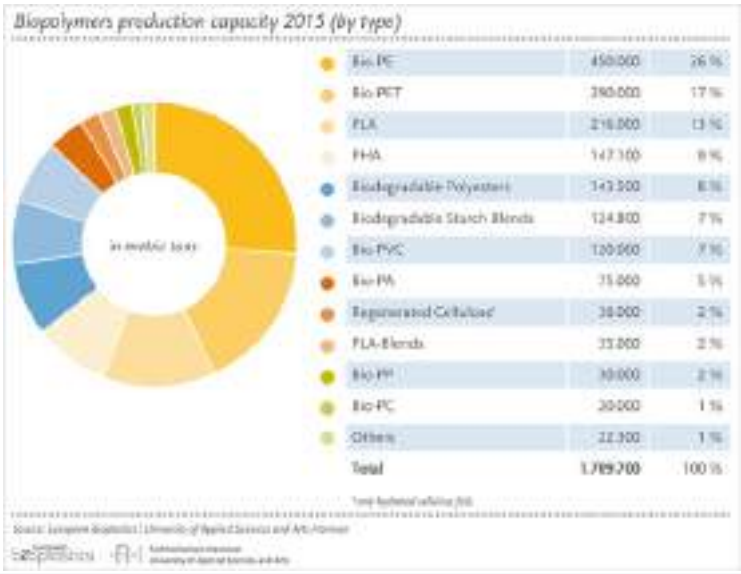



**Fig.2: Capacità di produzione di biopolimeri-2015.**

L'Europa è il mercato più grande e interessante del mondo per le bioplastiche ed è leader nella ricerca e sviluppo. Il numero degli stabilimenti produttivi, invece, sta crescendo in maniera più marcata in Asia e in Sud America. (Fig.3; Fig.4)

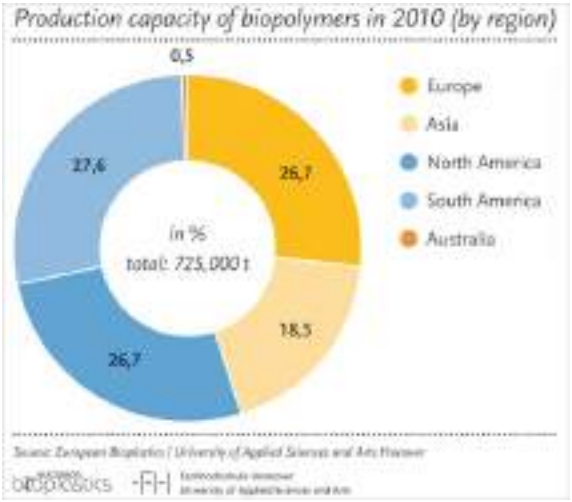



**Fig.3: Differenze capacità di produzione di biopolimeri nel 2010 per continente.**

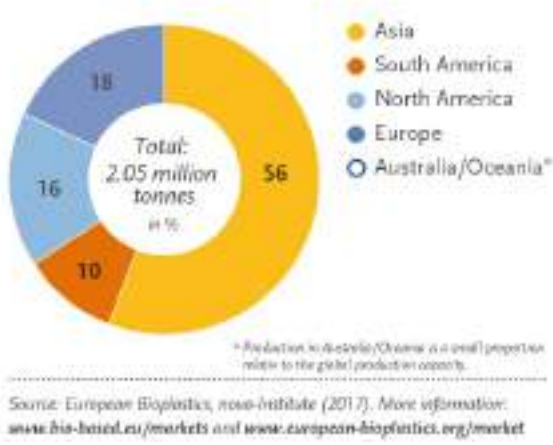



**Fig.4: Differenze capacità di produzione di biopolimeri nel 2017 per continente.**

La tendenza è, quindi, di cercare di sintetizzare polimeri tradizionali come il PE (Polietilene), il PUR (Poliuretano), le PA (Poliammidi), o il PMMA (Polimetilmetacrilato) sviluppando monomeri da fonte rinnovabile.
Nel 2020, nello scenario mondiale la capacità produttiva si è attestata attorno alle 3.000 Kton/anno. Sempre da questo studio è emerso che tecnicamente i biopolimeri potrebbero sostituire ben l'84% delle materie plastiche da fonte petrolifera.

In Europa l'European Commission Lead Market Initiative ha creato l'Ad-hoc Advisory Group for Bio-based products per lo sviluppo dei materiali bio-based compresi i biopolimeri.
Lo scopo di questo gruppo è suggerire iniziative per promuovere l'introduzione sul mercato (ad esempio tramite leggi specifiche, il Green Public Procurement – GPP) dei materiali bio-based.
Negli USA esiste la Green Federal Procurement: il governo federale ha annunciato una direttiva politica importante che designa i prodotti ottenuti da materie plastiche bio-based come elemento di acquisto preferito. Una via per migliorare le caratteristiche è quella di sviluppare biocompositi (o biopolimeri rinforzati) impiegando fibre di origine naturale (wood fibers, kenaf, sisal, canapa, ecc.). Un'altra via è quella di utilizzare additivi di origine naturale, in entrambi i casi si mantiene la biodegradabilità/compostabilità (necessaria per il settore packaging).

## 3. La definizione di Biopolimero

Nonostante il crescente interesse del mercato per i biopolimeri, esiste ancora una certa confusione per quanto riguarda la definizione di "biopolimero". È perciò opportuno dare alcune definizioni.
Secondo "l'European Bioplastics Association" il termine biopolimero comprende:
**Materie plastiche basate su fonti rinnovabili**
Il focus è nell'origine della materia prima di partenza e le materie plastiche così ottenute possono essere più o meno biodegradabili.
**Materie plastiche compostabili secondo normative EN 13432 o ASTM D 6400**.
Il focus è la compostabilità del prodotto finale, quale che sia la loro origine (da fonti rinnovabili, dette plastiche "bio-based" o da fonti non rinnovabili fossili, come il petrolio). (Fig.5)

All'interno della classe generale dei biopolimeri è possibile identificare due specificità:
- **Polimeri bioassorbibili:** polimeri che possono essere assorbiti da un sistema biologico senza alcun effetto secondario. Sono utilizzati per uso medicale.
- **Biocompositi basati su**:
  - fibre naturali;
  - nanocompositi.

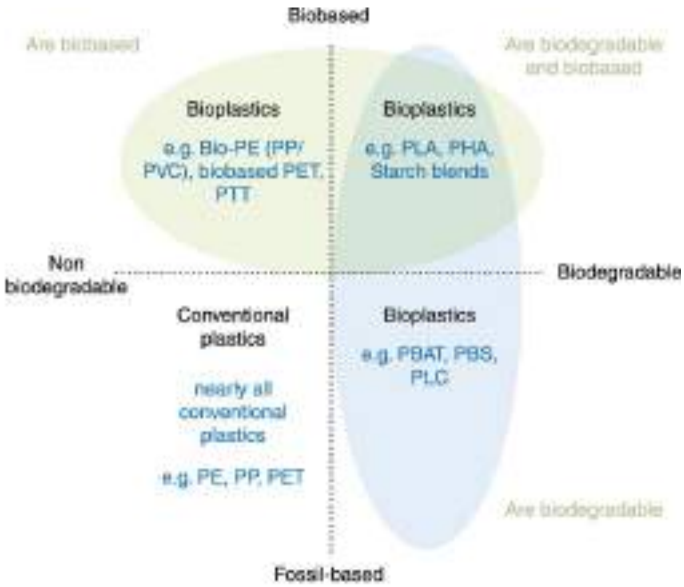


**Fig.5: Classificazione biopolimeri.**

I polimeri provenienti da fonti rinnovabili si suddividono in:

- **polimeri naturali** che possono essere modificati ma rimangono sostanzialmente immutati (come quelli derivanti dall'amido) come i polimeri estratti direttamente da biomassa.
- **biomonomeri ottenuti per fermentazione** e successiva polimerizzazione (ad esempio il PLA: è un poliestere termoplastico ottenuto polimerizzando acido lattico. L'acido lattico viene prodotto via fermentazione e distillazione partendo da amido, principalmente di mais).

Si tratta di polimeri prodotti con una classica sintesi chimica usando monomeri da fonti rinnovabili:

- produzione di biopolimeri direttamente **da microrganismi o da batteri** e prodotti agricoli geneticamente modificati (ad esempio PHA o PHB: poliesteri prodotti naturalmente dalla fermentazione batterica di zuccheri). Polimeri prodotti per fermentazione batterica.
- produzione di polimeri da bio-monomeri e **monomeri fossili**.

Sia i polimeri biodegradabili che quelli provenienti da risorse naturali presentano elevati vantaggi ambientali: i primi consentono lo smaltimento dei manufatti, in particolare negli impianti di compostaggio, senza lasciare residui e frammenti. I secondi sono a "zero Carbon foot print". Tutta la $CO_2$ rilasciata al termine del ciclo di vita viene "catturata" dalle nuove culture nella stagione successiva.

È importante, tuttavia, ricordare che la biodegradabilità non può essere considerata una soluzione generalizzata ai problemi dei rifiuti e delle discariche poiché la degradazione biologica senza le richieste condizioni ambientali (presenza di microorganismi, temperatura, umidità) è molto lenta e può richiedere periodi molto lunghi. Per molte applicazioni può essere più conveniente adottare le classiche tecniche di riciclo (meccanico, chimico o recupero energetico).

## 4. Concetto di biodegradabilità e compostabilità

È fondamentale fornire qualche definizione per rendere il concetto di biodegradabilità e compostabilità ancora più chiaro.

- Biodegradabile:
  secondo la normativa ISO biodegradabile è: "Un polimero progettato per andare incontro a cambiamenti di struttura chimica, ad opera di organismi viventi come batteri, funghi, alghe, che hanno come risultato la perdita di alcune proprietà".
- Compostabile:
  secondo il CEN (*Committee of Standardization*): Il compostaggio è definito come riciclaggio organico che deve avvenire in determinate condizioni e non in discarica.
  Per definire un imballaggio compostabile è necessario dimostrare che questo è biodegradabile e disintegrabile in un sistema di compostaggio (marchio compostabile CIC).
  Inoltre, il CEN definisce gli standard qualitativi del compost, come ad esempio la massima percentuale di metalli pesanti, nessuna ecotossicità, nessun residuo ancora distinguibile.
  Lo standard **UNI EN 13432** definisce il significato di compostabilità per un materiale: "Un materiale plastico è compostabile se è costituito da componenti qualificati individualmente come compostabili".
  Siccome questi materiali sono principalmente utilizzati nel settore degli imballaggi lo standard UNI EN 13432 stabilisce le caratteristiche che un materiale compostabile deve avere:

  **Biodegradabilità** (UNI EN 14046 o ISO 14855). Perché un materiale possa essere definito come biodegradabile è necessario che si degradi minimo per il 90% in meno di 6 mesi.

  **Disintegrabilità** (UNI EN 14045 la frammentazione e perdita di visibilità nel compost finale). Campioni del materiale di prova sono compostati insieme con rifiuti organici per tre mesi. La massa dei residui del materiale di prova con dimensioni > 2 mm deve essere inferiore al 10% della massa iniziale.

  **Assenza di effetti negativi sul processo di compostaggio**. Requisito verificato con una prova di compostaggio su scala reale o pilota. Bassi livelli di contaminazione: livello in metalli pesanti (al di sotto di valori massimi predefiniti) e assenza di effetti negativi sulla qualità del compost. Non si deve evidenziare nessuna differenza con un compost di controllo.

  **Bassi livelli di contaminazione**: livello in metalli pesanti (al di sotto di valori massimi predefiniti) e assenza di effetti negativi sulla qualità del compost.

  **Altri parametri** chimico-fisici possono essere valutati, questi non devono differire dal compost di controllo dopo la biodegradazione: pH, contenuto salino, solidi volatili, N, P, Mg e K.

  Ciascuno di questi punti è necessario per la definizione della compostabilità, ma preso singolarmente non è sufficiente. Ad esempio, un materiale biodegradabile non è necessariamente compostabile perché deve anche disintegrarsi durante un ciclo di

compostaggio. D'altra parte, un materiale che si frantuma durante un ciclo di compostaggio in pezzi microscopici che non sono però poi totalmente biodegradabili, non è compostabile.

Esistono inoltre vari Enti che certificano se un materiale è biodegradabile/compostabile, e ciascuno rilascia un proprio logo. (Fig. 6)

**Fig.6: Schema dei loghi, che certificano se un materiale è biodegradabile/compostabile.**

Negli USA vengono utilizzati come metodi di riferimento a questa questione gli ASTM D5338, D6400, D6868, D5526; in Europa UNI 13432, UNI 14855, UNI 14995, UNI 11183 ma in buona sostanza i giudizi finali sono molto simili. Sia in USA che in Europa si considera in genere accettabile solo **una biodegradabilità misurabile > del 90% ottenuta in un tempo inferiore a sei mesi.**

Sono stati elencati diversi metodi per la valutazione della biodegradabilità di sostanze/prodotti con diverse finalità e applicazioni. Più precisamente sono:

- ISO 14855: è il metodo per la determinazione della biodegradabilità dei materiali plastici sotto condizioni controllate di compostaggio.
- ASTM D 5338: è il metodo di prova standard per la determinazione della biodegradabilità aerobica dei materiali plastici sotto condizioni controllate di compostaggio.
- UNI 13432: requisiti per imballaggi recuperabili mediante compostaggio e biodegradazione.
- UNI 11183: requisiti per la biodegradabilità delle materie plastiche a temperatura ambiente.
- UNI 14995: requisiti per la compostabilità delle materie plastiche.
- ISO 14851/14853: è il metodo per valutare la biodegradabilità di materiali polimerici in ambiente anaerobico.
- ISO 17556: è il metodo per determinare la biodegradabilità finale nel suolo.

La velocità ed il livello di biodegradazione dipendono fortemente dall'ambiente in cui il materiale viene deposto:

- contenuto di umidità (da acqua ad alto contenuto di solidi);
- presenza di Ossigeno (ambiente aerobico o anaerobico) (Fig. 7);

- Temperatura (alta nel compost, bassa nel terreno o in acqua);
- concentrazione di microorganismi (alta in impianti di trattamento reflui, bassa in mare);
- concentrazione di Sali.

*Biodegradazione aerobica:*

$$C_{polimero} + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + C_{residuo} + C_{biomassa}$$

*Biodegradazione anaerobica:*

$$C_{polimero} \rightarrow CO_2 + CH_4 + H_2O + C_{residuo} + C_{biomassa}$$

**Fig.7: Processo di biodegradazione in presenza o assenza di $O_2$.**

Sono state redatte norme, fissate dai più importanti Enti Internazionali, per le diverse applicazioni e sistemi di fine vita che prevedono tutti questi casi (Fig. 8).

È importante notare che le norme si possono suddividere tra:

- norme per la determinazione dei requisiti che debbono avere i materiali ed i metodi di prova che debbono essere utilizzati per poter dichiarare un prodotto biodegradabile/compostabile;
- norme che descrivono i metodi di prova stessi (ad esempio biodegradazione in diverse condizioni ambientali, disintegrazione, ecc.).

I requisiti posti dalle norme dei diversi Paesi sono diversi tra loro (DIN, ISO, EN, ASTM, JIS). È necessario porre attenzione se si vuole vendere prodotti/manufatti biodegradabili in diversi Paesi. La tendenza alla globalizzazione sta spingendo verso l'accettazione delle norme ISO.

Per valutare la compostabilità di un materiale è necessario controllare i seguenti parametri:

- Caratteristiche di Biodegradabilità.
- Disintegrabilità fisica.
- Qualità del compost (effetti di ecotossicità).

L'assenza di effetti negativi sul processo di compostaggio è verificata con una prova di ecotossicità sul compostaggio in scala pilota.

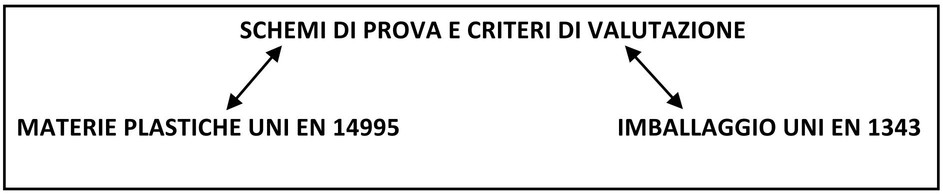



**Fig. 8: Sintesi normativa.**

## 5. I nuovi materiali

Come delineato nelle pagine precedenti i biopolimeri possono essere suddivisi nelle seguenti 3 categorie:

a) materie plastiche derivate, interamente o parzialmente, da fonti rinnovabili e che sono compostabili o biodegradabili;
b) materie plastiche derivate, interamente o parzialmente, da fonti rinnovabili ma durevoli;
c) materie plastiche derivate da fonti fossili ma compostabili.

Spiegato il concetto di biodegradabilità e compostabilità, l'obiettivo dei paragrafi successivi è chiarire e specificare quali sono le classi di polimeri da fonte rinnovabile.

Esse si suddividono in:

i. **Polimeri da Amido (Starch)**
ii. **Acido Polilattico (PLA)**
iii. **Poli-idrossialcanoati (PHA)**
iv. **Polimeri cellulosici**

### 3.1 Polimeri da Amido

L'amido è il principale immagazzinatore di carboidrati (polisaccaride) ed è disponibile in abbondanza. Si compone di una miscela di due polimeri, un polisaccaride lineare – **l'amilosio** e un polisaccaride altamente ramificato –**l'amilopectina**. Il blocco di costruzione per entrambi i costituenti dei polimeri da amido è il monomero di glucosio.
Una catena di amido è composta tipicamente fra le 500 e le 2000 unità di glucosio collegate nelle posizioni 1-4 del Carbonio. Il livello di amilopectina (in genere il 70%) varia fra i tipi differenti di amido, come conseguenza varia il livello di amilosio.
I polimeri da amido sono i biopolimeri più diffusi oggi presenti sul mercato, anche per il loro costo relativamente basso. Si tratta di polimeri ottenuti dall'amido naturale per trattamenti chimici, termici e meccanici.
L'amido attualmente viene ricavato dal mais, dal frumento, dalla patata, dalla tapioca e dal riso; ad oggi le materie prime più utilizzate sono il mais e il frumento.

*Caratteristiche meccaniche*
Le caratteristiche meccaniche dei polimeri da amido sono, in generale, inferiori rispetto a quelle dei polimeri da fonte petrolchimica. La gamma di questi prodotti varia da materiali flessibili e tenaci a materiali rigidi e non presentano significativi segni di invecchiamento dopo un anno di stoccaggio. I polimeri da amido sono abbastanza facili da processare, ma sono sensibili a degradazione termica e tendono ad assorbire umidità (Tab. 1).

La densità dei polimeri da amido è più alta rispetto a quella della maggior parte dei polimeri convenzionali ed è anche più alta di quella della maggior parte degli altri biopolimeri. Ciò riduce la competitività economica dei polimeri da amido sulla base dei volumi.

La biodegradabilità dell'amido risiede principalmente nell'atomo di Ossigeno che connette strutture ad anello successive, l'amido interagisce fortemente con l'acqua e degrada per idrolisi.
L'amido è un materiale termoplastico, può essere rammollito se riscaldato, stampato ed estruso, può quindi essere lavorato con le tecniche classiche dell'industria della plastica.

Uno svantaggio importante consiste nel fatto che le sue proprietà fisiche, fortemente dipendenti dall'umidità, non lo rendono adatto a molte applicazioni. Il metodo utilizzato per sviluppare applicazioni pratiche per polimeri basati sull'amido, è quello di combinarlo con un altro polimero compatibile e biodegradabile (di origine petrolchimica o naturale) per migliorarne le proprietà. Un esempio è il Mater-Bi che è un ibrido, nel senso che è formato sia da un componente rinnovabile e naturale (amido) e uno non rinnovabile e sintetico basato sul petrolio (PCL).
I film termoplastici da amido e le miscele hanno una buona trasparenza.
I polimeri da amido hanno bassa resistenza ai solventi e oli; questa caratteristica può essere considerevolmente migliorata attraverso la miscelazione con altri biopolimeri. La possibilità di impiego di questi polimeri è limitata dalla loro sensibilità all'umidità e al contatto con l'acqua e dall'elevata permeabilità al vapore acqueo (secondo Novamont da 250 a 1400 g 30mμ/$m^2$/24hr).

| | **Materiale da estrusione** | **Materiale da iniezione** |
|---|---|---|
| **Proprietà meccaniche** | | |
| **Resistenza a trazione** | **20-35** | **15-35** |
| **Allungamento a trazione** | **500-600** | **50-150** |
| **Modulo E (MPa)** | **800-1000** | **2000** |
| **Proprietà termiche** | | |
| **Punto di fusione** | **100-110** | **100-110** |
| **Temperatura rammollimento Vicat (°C)** | **55-65** | **50-55** |
| **Proprietà fisico-chimiche** | | |
| **Densità** | **1.2-1.3** | **1.2-1.3** |

**Tabella.1: Esempio caratteristiche polimero da amido per estrusione e stampaggio.**

*Applicazioni*
La principale applicazione dei polimeri da amido non modificati è nell'uso di schiume: viene usato in alternativa al polistirene (PS) espanso (densità pari a 4-4,8 Kg/$m^3$) per la produzione di contenitori per l'imballaggio. Rispetto al PS espanso, ad esempio, il Mater-Bi (tipo espanso) ha una densità di 5-13 kg/$m^3$. Questo tipo di Mater-Bi ha un contenuto di amido superiore all'85%. Viene addizionato con uno o più polimeri termoplastici per dare alla massa fusa una maggior forza di fusione (*melt strength)*. La formulazione comprende anche nucleanti, lubrificanti, plastificanti e ritardanti di fiamma.

Per produrre la schiuma tutti i componenti vengono miscelati in un estrusore in presenza di acqua (contenuto acqua nei granuli da 5 a 20%); i granuli vengono quindi estrusi con formazione di schiuma. L'imballaggio è l'applicazione dominante, rappresenta circa il 70% del totale. I blend con i polimeri da amido sono usati per le borse della spesa (shoppers), film per imballaggio, ect. Altre applicazioni sono: corde/cordini, cannucce, stoviglie, nastri, vassoi, film per pacciamatura, rinforzo negli pneumatici.

*Produttori*

I principali produttori (tra parentesi il nome commerciale del prodotto) di polimeri da amido sono: Novamont (Mater-Bi), Biotec (Bioplast), Rodenburg (Solanyl), BIOP (Biopar), Ventura (Floralat), MGP Ingredient (Polytriticum), Supol (Supol), Végéplast (Végémat), Japan Corn Starch (Cornpol), GreenPol (Greenpol), Groengranulate (Ecoplast), IGV (Getrex TP), Plantic (Plantic).

È complicato fare un confronto tra i vari tipi di polimeri da amido in quanto si tratta di materiali ottenuti per miscelazione di amidi diversamente trattati oppure miscelati con altri polimeri in proporzioni diverse (PLA, Acetato di cellulosa, poliesteri, ecc.). Così come è molto difficile fare un confronto tra i vari materiali in quanto ognuno li caratterizza usando uno standard differente (ISO, ASTM, DIN, proprio standard).

Si può comunque dire che i vari prodotti da amido presenti sul mercato hanno una densità che va da 1,2 a 1,5 g/cm$^3$, in generale un modulo elastico da circa 1000 a 3500 MPa (esistono anche materiali con 120/160 MPa di modulo), un punto di fusione intorno ai 100 °C (alcuni anche intorno i 65 °C altri circa 150 °C).

## 3.2 PLA (Acido Poli-lattico)

Il PLA è stato il secondo biopolimero commercializzato e venduto su larga scala. (Fig. 9)

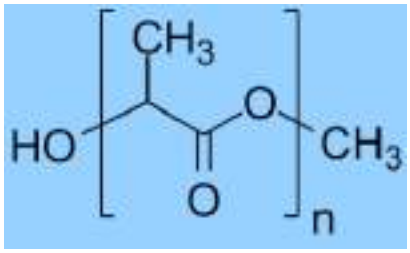



**Fig. 9: Molecola PLA.**

Questo materiale ha eccellenti proprietà fisiche e meccaniche, che lo rendono il miglior candidato per la sostituzione di polimeri termoplastici da fonte petrolchimica (per alcune applicazioni). Il prezzo elevato ha lungamente limitato l'uso di questo materiale ad applicazioni di nicchia o medicali, mentre le innovazioni recenti nella tecnologia di fermentazione dell'acido lattico hanno aperto le possibilità per la produzione del PLA a grossi volumi. Importante notare che questo materiale non è biodegradabile come gli altri biopolimeri, ma è necessario che la biodegradazione venga innestata attraverso il fenomeno dell'idrolisi. Il peso molecolare, la struttura macromolecolare ed il grado di cristallizzazione

del PLA variano sostanzialmente secondo i termini di reazione nel processo di polimerizzazione.
Delle tre forme isomeriche possibili, il poli (acido L-lattico) e il poli (acido D-lattico) sono entrambi semi-cristallini in natura, invece il poli (acido D L-lattico) è amorfo.
I gradi amorfi del PLA sono trasparenti. Il peso molecolare del PLA varia da 100.000 a 300.000 grammo/mole; questa gamma è simile a quella del polietilentereftalato - PET (170.000 - 350.000). Con l'aumento del peso molecolare del PLA si ha un aumento della resistenza dovuta alla diminuzione del movimento relativo delle catene che diventano più lunghe. In più, aumenta la resistenza ai solventi, il punto della fusione (Tm) e la temperatura di transizione vetrosa (Tg). La viscosità del fuso aumenta, di conseguenza diminuisce la facilità di lavorazione (stampaggio, estrusione, ecc.).
La densità del PLA (1,25 g/cm$^3$) è più bassa di quella del PET (1,34 g/cm$^3$), ma superiore a quella del polistirene ad alto urto - HIPS (1,05 g/cm$^3$) e ad altri polimeri convenzionali che hanno densità tra 0,8 - 1,1 (es. polipropilene - PP 0,9 g/cm$^3$ o polietilene - PE 0,93 g/cm$^3$). Il PLA è abbastanza trasparente, ha elevata lucentezza e bassa opacità. Le proprietà ottiche del PLA sono sensibili agli additivi aggiunti ed agli effetti della lavorazione. Film e contenitori rigidi termoformati sono le applicazioni di grosso volume più promettenti. Una parte viene anche utilizzata nel settore del tessile.
Il primo passo nel processo è l'estrazione dell'amido dalla biomassa. Questo viene tipicamente ottenuto dalla macinazione del mais; l'amido viene quindi convertito in zucchero tramite idrolisi enzimatica o acida. Dopo aver ottenuto lo zucchero, questo viene fatto fermentare attraverso batteri. La fermentazione può essere effettuata attraverso un processo continuo o discontinuo. L'acido lattico deve essere separato dalla miscela che si è formata durante la fermentazione e nella maggior parte dei casi essere purificato prima di essere polimerizzato.
Due strade possono essere seguite per convertire l'acido lattico in polimero ad alto peso molecolare: la prima passando per il lattide (il prodotto che si ottiene è il polilattide), la seconda è la polimerizzazione diretta attraverso un processo di policondensazione, producendo acido polilattico. Con entrambe le strade è possibile produrre PLA. La prima via, passando per il lattide, viene impiegata da NatureWorks, si utilizza un processo privo di solventi e un innovativo metodo di distillazione per produrre un'ampia gamma di polimeri. L'amido viene estratto dal granturco, dove è presente in concentrazione dell'ordine del 60-65%. Successivamente viene convertito in zucchero (destrosio) tramite un processo di idrolisi enzimatica. Nella fase successiva intervengono i batteri che fermentano il destrosio in acido lattico. La distillazione serve a separare l'acido lattico dai sottoprodotti di fermentazione. La novità essenziale di questo processo sta nell'abilità di andare dall'acido lattico ad un acido polilattico a basso peso molecolare, seguito da una depolimerizzazione controllata per produrre il lattide, che viene mantenuto in forma liquida e purificato per distillazione. La polimerizzazione catalitica per apertura dell'anello dell'intermedio (lattide) porta alla produzione di PLA con peso molecolare desiderato, il processo è continuo senza la necessità di separare l'intermedio.

La seconda strada, viene impiegata dalla Mitsui Chemical, l'acido lattico è convertito direttamente in PLA ad alto peso molecolare tramite un processo basato su solventi organici con la rimozione azeotropica di acqua tramite distillazione.

*Proprietà Meccaniche e Termiche*

Il PLA ha buone proprietà meccaniche se comparate a quelle dei materiali termoplastici standard. Ha bassa resistenza all'urto, paragonabile al policloruro di vinile - PVC non-plastificato. Durezza, rigidezza, resistenza all'urto ed elasticità del PLA, importanti per le applicazioni quali i contenitori per bevande, sono simili a quelli del PET. Il film orientato in PLA può essere piegato o ripiegato, ha buona resistenza a torsione, proprietà tipiche della carta e alla stagnola e che solitamente nei film in materiale plastico non si trovano. Queste proprietà, l'alto modulo a flessione e l'elevata trasparenza, fanno del film in PLA un materiale paragonabile al film cellophane.

Il PLA ha una temperatura di transizione vetrosa relativamente bassa (circa 60 °C) e degrada rapidamente sopra questa temperatura in condizioni di umidità elevata. A causa della bassa temperatura di rammollimento, il PLA, a differenza del PET, non è adatto a contenere liquidi (o altro) caldi. La bassa temperatura di rammollimento del PLA, inoltre, crea problemi per l'immagazzinamento dei prodotti e nella produzione di applicazioni per il settore dell'automobile. D'altra parte, la bassa temperatura di inflessione sotto carico (HDT) del PLA e la buona resistenza alla saldatura a caldo forniscono buone prestazioni per la giunzione tra pellicola e vaschetta.

*Applicazioni*

Anche nel caso del PLA oggi il 70% viene utilizzato nel settore dell'imballaggio.

Applicazioni in PLA vengono sviluppate molto lentamente poiché l'elettronica è un settore molto regolamentato, specialmente per particolari prodotti ad alto voltaggio. Un'altra interessante applicazione, sviluppata recentemente da una filiale della Sanyo Electric Co. Ltd in Giappone, è il primo compact disc prodotto in PLA. Un singolo disco richiede intorno agli 85 grani di mais; in teoria, una pannocchia potrebbe essere usata per produrre 10 cd. Il prezzo è circa 3 volte quello di un disco in policarbonato normale, ma si prevede una riduzione di 1,2 volte con l'espansione di questo mercato.

*Produttori*

I principali produttori (tra parentesi il nome commerciale dei rispettivi prodotti) di PLA sono: NatureWorks LLC (NatureWork), Biomer (Biomer L), FKUR (Bio-Flex), Hycail (Hycail), Mitsui Chemical (Lacéa), Innomarque (Templa PLA), Unitika (Terramac).

È molto difficile fare un confronto tra le proprietà dei materiali in quanto ogni produttore le fornisce usando uno standard differente (ISO, ASTM, DIN, proprio standard). Comunque è possibile affermare che il PLA presente sul mercato ha una densità (in generale) che va da 1,24 a 1,57 g/cm$^3$, un modulo elastico da circa 3400 a 4000 MPa (è possibile avere moduli minori o maggiori anche fino a 9500 MPa aggiungendo cariche/additivi), un punto di fusione intorno ai 150 °C – 170 °C. Il Bio-Flex della FKUR non è composto solo da acido polilattico, ma viene miscelato con co-poliesteri, infatti ha un modulo che varia da 330 MPa a 2675 MPa.

## 3.3 PHA (Poli-Idrossialcanoati)

I poli-Idrossialcanoati (PHA) (Fig. 10 e Tab. 2) costituiscono una classe di poliesteri da fonte rinnovabile, con qualità elevate, potenzialmente utilizzabili per diverse applicazioni, ma purtroppo venduti sul mercato in quantità ridotta a causa degli alti costi di produzione. Esistono differenti PHA, omopolimero e copolimero, anche se ne vengono prodotti solo una minima

parte. I polimeri ad oggi prodotti, almeno su scala pilota, sono l'omopolimero poli(3-idrossibutirrato), P(3HB) R= metile, x=1 e il poli(3-idrossivalerato), P(3HV), R=etile, x=2.

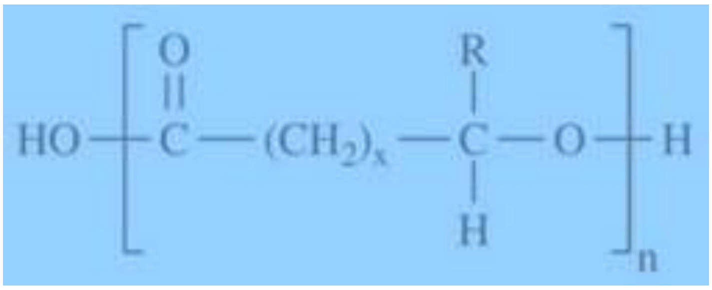


**Fig. 10: Molecola PHA.**

Il P(3HB) possiede caratteristiche simili a quelle del polipropilene, ma è piuttosto fragile e termicamente instabile a causa della formazione di larghe aree cristalline. Si può avere un significativo miglioramento delle proprietà ricorrendo a copolimeri, ottenibili selezionando i tipi di microrganismi (il PHA viene sintetizzato direttamente da numerosi microrganismi (batteri) o sorgenti di Carbonio, per fermentazione del substrato di Carbonio di sostanze naturali, come materiale di riserva sotto forma di granuli intercellulari). Un generico processo per la produzione di PHA tramite fermentazione batterica (o come già detto di fonti di Carbonio) consiste di tre punti di base: fermentazione, isolamento e purificazione, miscelazione e trasformazione in granulo. Per la fermentazione totale occorrono tipicamente 38 - 48 ore. Per isolare e purificare i PHA, le cellule vengono concentrate, asciugate ed estratte con solvente a caldo. I residui delle cellule vengono rimossi dal solvente che contiene PHA disciolto attraverso il processo di separazione solido-liquido. Il PHA viene poi fatto precipitare tramite l'aggiunta di un non solvente e viene quindi recuperato attraverso il processo di separazione solido-liquido. Il PHA viene poi lavato con il solvente per migliorare la qualità ed in seguito asciugato sotto vuoto a temperature abbastanza elevate. Il polimero così ottenuto è impaccato per trasporto. Separatamente i solventi vengono distillati e riciclati. Il polimero viene poi trasformato in granuli con o senza altri composti polimerici (dipende dalle successive applicazioni).

*Proprietà meccaniche e termiche*

Il PHB ha buone proprietà termiche (punto di fusione 180 °C) e può essere processato come i classici termoplastici. Può essere utilizzato per applicazioni sia a basse che ad elevate temperature (i pezzi mantengono la loro forma senza deformarsi) da -30 °C a +120 °C. Le merci deperibili possono essere imballate in involucri prodotti con PHB e conservate mediante sterilizzazione con vapore. I manufatti in PHB possono essere sterilizzati in autoclave. Tuttavia, il PHB è abbastanza rigido e fragile, e questo ne limita le applicazioni. Il PHB ha tendenza allo scorrimento viscoso ed esibisce un ritiro pari all'1,3 %.

Il copolimero PHBV (poli-idrossibutirrato-valerato) ha cristallinità più bassa e proprietà meccaniche differenti (dipende dall'applicazione) confrontate a quelle del PHB, restando comunque biodegradabile. Ha, inoltre, una più elevata viscosità del fuso (sempre rispetto al PHB), proprietà desiderabile per il processo di estrusione-soffiaggio.

*Altre proprietà*

Il PHB è insolubile in acqua e abbastanza resistente alla degradazione idrolitica. Questo lo differenzia dalla maggior parte delle altre bio-plastiche attualmente disponibile che sono molto sensibili all'umidità e solubili in acqua. Grazie all'elevata cristallinità (60-70%) il PHB ha una eccellente resistenza ai solventi. La resistenza ai grassi ed agli oli è discreta, ha buona resistenza agli UV, ma bassa resistenza ad acidi e basi. La permeabilità all'Ossigeno è molto bassa (2 volte più basso del PET, 40 volte più basso del PE), per cui è un materiale adatto per l'imballaggio dei prodotti sensibili all'Ossigeno. Il PHB ha bassa permeabilità al vapore acqueo a confronto di altri biopolimeri, ma superiore alla maggior parte delle poliolefine standard e dei poliesteri sintetici. Il PHB è esente da tracce di catalizzatori ed è tossicologicamente sicuro. Il monomero ed il polimero sono componenti naturali e metaboliti delle cellule umane; grazie a questa caratteristica il PHB può essere usato per articoli che entrano in contatto con la pelle, con l'alimentazione o gli alimenti. I PHA sono completamente biodegradabili sia in condizioni anaerobiche che aerobiche.

| POLIMERO | ACQUA | DEGRADAZIONE | TEMPERATURA | PESO MOLECOLARE | OTTENIMENTO |
|---|---|---|---|---|---|
| Poliglicolide (PGA) | Idrolabile | Idrolitica. Prodotti di degradazione acidi. 6-12 Mesi | Tg>37° | | |
| Polilattide (PLA) | Idrolabile | Idrolitica. Prodotti di degradazione acidi. 12-24 mesi | Tg>37° | | |
| Policaprolattone (PCL) | Idrolabile | Idrolitica. Tempi molto alto (2-3 anni) | Tg<37° Tm bassa | | |
| Polietilenglicolide (PEG) | Idrofilico | | Tg<37° | Basso peso molecolare | |
| Polietilenossido (PEO) | Idrofilico | | Tg<37° | Alto peso molecolare | |
| Polidrossibutirrato (PHB) | | Idrolisi, prodotti acidi, tempi non troppo alti | Tg>37° Semicristallino | | Sintetizzato chimicamente o tramite batteri |
| PHBV | | | Diminuzione cristallinità e Tm | | PHB e HV |
| Politrimetilencarbonato (PTMC) | | In vitro: idrolitica In vivo: enzimatica (rapida) | Tg<37° | | Policarbonato alifatico |

**Tab.2: Proprietà polimeri sintetici.**

*Applicazioni*

Le applicazioni disponibili fino ad oggi sono: - Prodotti per l'igiene: prodotti per l'igiene usa e getta (per esempio tamponi) in PHA forniscono alcuni benefici al consumatore sotto forma di convenienza, discrezione e igiene. Inoltre, è possibile eliminare tutti i passaggi collegati con l'eliminazione dei prodotti usati. - Imballaggio: è possibile aggiungere uno strato di PHA ad una struttura o ad un film per alimenti freschi costituita da altri biopolimeri, ad esempio l'amido termoplastico. Lo strato di PHA fornisce una barriera all'umidità, e al calore ed una superficie stampabile. Il PHA ha buona compatibilità con l'amido, infatti, lo strato aderisce senza problemi. Le etichette e le chiusure per le bottiglie di detersivi sono attualmente fabbricate in PP ma potrebbero essere prodotte in PHA.

In agricoltura un possibile utilizzo è nei film per pacciamatura in una miscela PHA/amido, per andare a sostituire la miscela PE/amido, oppure per alcune applicazioni di nicchia (il 70% dovrebbe venir utilizzato per gli imballaggi, il restante 30% per agricoltura, prodotti vari o fibre).

*Produttori*

I principali produttori (tra parentesi il nome commerciale dei prodotti) di PHA (sono stati trovati solo produttori di PHB e relativi copolimeri) sono: Telles (Mirel - PHB), Biomer (Biomer P - PHB), PHB Industries (Biocycle - PHB). È molto difficile fare un confronto tra le proprietà dei materiali in quanto ogni produttore le fornisce usando uno standard differente (ISO, ASTM, DIN, proprio standard), è comunque possibile affermare che i PHB presenti sul mercato hanno una densità (in generale) che và da 1,17 a 1,24 g/cm$^3$, un modulo elastico da circa 1000 a 3000 MPa (alcuni tipi hanno modulo superiore, dipende da quali cariche sono presenti), un punto di fusione intorno ai 150 °C – 170 °C.

## 3.4 Polimeri Cellulosici

I Polimeri cellulosici sono prodotti tramite modificazione chimica della cellulosa naturale. I principali tipi sono il cellophane, un tipo di cellulosa rigenerata, l'acetato di cellulosa e una cellulosa rigenerata per le fibre (comprese viscose/rayon e Lyocell). Le fibre del cotone ed il legno sono le materie prime utilizzate per la produzione di cellulosa su scala industriale.
La cellulosa è un polisaccaride naturale (Fig. 11). È costituita da un gran numero di molecole di glucosio (da circa 300 a 3.000 unità) unite tra loro da un legame beta 1-4 glicosidico. La catena polimerica non è ramificata. Le catene sono disposte parallelamente le une alle altre e si legano fra loro per mezzo di legami ad idrogeno molto forti, formando fibrille, catene molto lunghe, difficili da dissolvere. Queste fibrille localmente sono molto ordinate al punto da raggiungere una struttura cristallina (parte idrofoba). La cellulosa gioca un ruolo importante nella storia dei polimeri in quanto è stata usata per realizzare alcuni dei primi polimeri sintetici, come il nitrato di cellulosa, l'acetato di cellulosa ed il rayon.

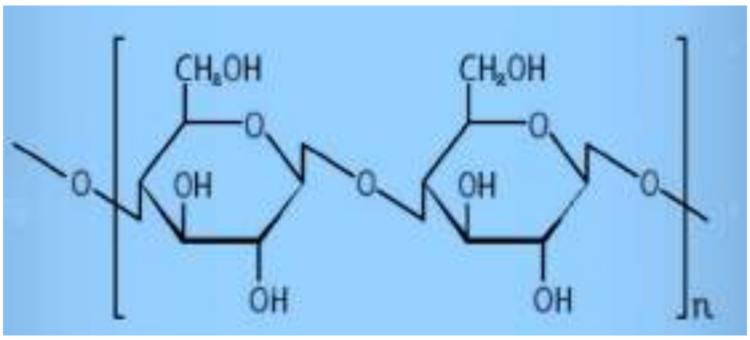



**Fig. 11: Molecola cellulosa.**

La struttura è molto stabile a causa degli anelli a sei atomi di Carbonio, dell'assenza di doppi legami e della presenza di un sistema di ponti ad idrogeno interpolimerici. I ponti ad idrogeno sono formati da un atomo di H di un gruppo alcolico parzialmente legato ad un secondo atomo di Ossigeno appartenente ad un polimero di una fibra parallela. Queste proprietà rendono il polimero cellulosa più resistente agli attacchi chimici e termici e fa sì che si sviluppi in maniera più lineare, rendendolo così oltre che resistente, anche filabile. Per questo motivo la cellulosa risulta essere la materia prima fondamentale per le fibre naturali.
La cellulosa e l'amido sono due polimeri molto simili. Infatti entrambi sono sintetizzati dallo stesso monomero, il glucosio, ed hanno le stesse unità ripetitive di base. C'è solo una differenza; nell'amido, tutte le molecole di glucosio sono orientate nella stessa direzione. Nella

cellulosa, invece, ogni unità di glucosio successiva è ruotata di 180 gradi attorno all'asse della catena principale del polimero rispetto all'unità monomerica che lo precede. I polimeri cellulosici sono nati nella seconda metà del diciannovesimo secolo e oggi il loro mercato si è ristretto ad applicazioni di nicchia.
Oltre al PLA e ai PHA, altri poliesteri possono essere prodotti da monomeri ottenuti da risorse rinnovabili, questi sono:
-Poli (trimetilen tereftalato) **PTT**
-Poli (butilen tereftalato) **PBT**
-Poli (butilen succinato) **PBS**

Il **PTT** ha le caratteristiche di un tecnopolimero, unisce la rigidità e la resistenza al calore del PET alla buona processabilità del PBT; può essere usato per produrre fibre per tappeti e tessuti industriali perché unisce la buona tenacità e resistenza all'abrasione del nylon con la buona affinità per i coloranti e resistenza chimica del PET. Miscelato con altri polimeri può migliorare la resistenza, la flessibilità e le proprietà barriera in applicazioni per stampaggio ed estrusione. Come altri poliesteri lineari è un polimero cristallino, rigido, resistente e tenace. La sua densità è intermedia tra quelle del PET e del PBT. Anche la resistenza a trazione ed il modulo a flessione sono intermedi tra quelli del PET e del PBT. Le fibre hanno un allungamento a rottura sensibilmente superiore a quello di PET e PA. Poiché ha un punto di fusione ed una Tg più bassi (rispettivamente di 37 °C e 25 °C) di quelle del PET richiede temperature di lavorazione inferiori al PET. I film in PTT hanno bassa permeabilità al vapore, un'ottima resistenza UV e una bassa generazione di cariche statiche; è, quindi, un materiale idoneo per la produzione di tappeti. Inoltre, il PTT può essere filato e stirato ad alte velocità, le fibre sono perciò adatte ad applicazioni tessili come abiti sportivi o speciali
Il **PBT** è un poliestere semi-cristallino, bianco o grigiastro simile sia per composizione che per proprietà al PET e al PTT. Comparato al PET, il PBT ha minor resistenza e rigidezza, un'alta resistenza all'urto e resistenza chimica molto simile.

Il **PBS** è un poliestere alifatico sintetico biodegradabile con proprietà simili al PET. Ha proprietà meccaniche accettabili e può essere utilizzato in varie applicazioni attraverso i tradizionali processi di trasformazione. Tra le principali applicazioni ci sono film per pacciamatura, film per imballaggio, sacchetti e borse, prodotti usa e getta per l'igiene. Il PBS è miscelato generalmente con altri materiali, quali l'amido termoplastico o i copolimeri dell'adipato (PBSA) per rendere il relativo uso più economico.

## 6. Vantaggi e limiti dei Biopolimeri

Uno dei maggiori problemi che condizionano le possibilità di sviluppo dei biopolimeri è il costo. Recentemente, per cercare di superare questo problema, oltre agli studi per migliorare impianti e processi, è sorta la tendenza a stringere accordi tra industrie produttrici di polimeri e industrie agricole per la produzione di biopolimeri o biomonomeri a prezzi competitivi (bioraffinerie).

Le bioraffinerie sono state identificate come la via più completa e promettente per la creazione di un'industria basata su prodotti derivati da materiali di origine biologica in grado di valorizzare le diverse componenti chimiche della biomassa.
L'obiettivo è di utilizzare la parte più nobile della biomassa (amido, olio, cellulosa, proteine e componenti minori) per la produzione di composti chimici ad elevato valore aggiunto per l'industria o di molecole chimiche (glicerina, acido lattico, acido sebacico, acido propionico, etc.) per successive trasformazioni chimico-fisiche ed enzimatiche e/o successive sintesi organiche. La biomassa residua da questi processi, oscillante orientativamente tra il 10% e il 40% della biomassa iniziale, può essere utilizzata per la produzione energetica necessaria per il funzionamento dell'impianto stesso e se in eccedenza può essere immessa sul mercato sotto forma di energia elettrica o calore.
Le possibili evoluzioni della tematica non sono definibili con chiarezza sia in termini chimici che economici ma esiste una classificazione di bioraffineria in 3 gruppi a diverso livello di tecnologia:

- Bioraffinerie di prima generazione. Sistemi con capacità di processo fissa e privi di flessibilità di processo al di là di una filiera di produzione di un prodotto principale (ad es. etanolo) ed un sottoprodotto.
- Bioraffinerie di seconda generazione. Sistemi che possono produrre a partire da un prodotto base (ad es. amido) diversi materiali per differenti applicazioni come ad esempio nella produzione di bioplastiche.
- Bioraffinerie di terza generazione. Sistemi che consentono la produzione di molecole base (building blocks) per successivi processi chimici di sintesi a partire da biomassa agricola o forestale.

Senza ulteriori particolari è comunque da evidenziare come in tutti i casi le diverse tecnologie di raffinazione, separazione e trasformazione industriali sull'intero flusso di materia vegetale in ingresso rivestono un'importanza primaria nello sfruttamento ad elevato valore aggiunto del maggior numero possibile di componenti delle biomasse stesse. Il collegamento agricoltura-industria sul territorio rappresenta una condizione in grado di massimizzare i benefici sul territorio stesso sia in termini economici che ambientali.

## 7. La disponibilità della materia prima

In contrasto con un clima favorevole allo sviluppo di materiali sensibili alle problematiche ambientali e in concomitanza con un elevato aumento dei prezzi dei prodotti alimentari, si sono accese polemiche, sull'utilizzo di aree agricole o di prodotti alimentari (mais, zuccheri, alcool, farine) per produrre biocarburanti ed altri prodotti industriali
Anche se è noto che solo una piccola percentuale di petrolio è utilizzata per la produzione di materie plastiche, il problema della disponibilità di materie prime per la produzione di biopolimeri è strettamente correlata con il problema della produzione di biocarburanti. In diversi Paesi sono stati fissati obiettivi di utilizzo di biocarburanti molto importanti.
Si stima che oggi in Europa circa 20 milioni di ettari siano disponibili per produzioni non alimentari. Basandosi su una resa media di circa 2-2,5 tonnellate di biopolimeri/ettaro, il terreno agricolo disponibile potrebbe essere sufficiente per la produzione di 40-50 milioni di

tonnellate/anno di biopolimeri (cioè il 17-20% della produzione totale annua globale di materie plastiche).
L'uso di biomasse come fonte per materie prime rinnovabili, potrebbe risolvere il problema sia per i biocarburanti che per i biopolimeri. È importante sottolineare che le biomasse sono disponibili in gran quantità, anche se oggi, le tecnologie per il loro totale utilizzo non sono ancora pienamente disponibili.

## 8. Lo Sviluppo di nuove applicazioni

Questo argomento richiede uno sforzo molto elevato da parte della ricerca per lo sviluppo di formulazioni che possano permettere di adattare i biopolimeri ad applicazioni specifiche. Come è noto, lo sviluppo e la preparazione di formulazioni, attraverso lo scioglimento e la miscelazione di polimeri, è stato il principale punto di forza per l'espansione delle materie plastiche. Un punto specifico riguarda la ricerca e la creazione di biocompositi a base di fibre naturali. Nei più ottimistici degli scenari proposti sono previsti fino a 40 milioni di ettari destinati nel 2020 alle colture non alimentari, comprese quelle per energia. In questa prospettiva è prevedibile che anche le colture da fibra possano avere un notevole sviluppo.
Si presentano diversi aspetti favorevoli.

- Rivalutazione dei prodotti di origine vegetale, in particolare delle fibre in contrapposizione a quelle sintetiche. Ciò soprattutto per la destinazione tessile nell'ambito della quale si inserisce prepotentemente il fattore moda, con eccezionali effetti moltiplicativi del valore aggiunto nel corso dei successivi passaggi. Anche il settore dell'arredo sembra seguire il trend di quello del vestiario, aprendo una nuova destinazione d'uso finora praticamente sconosciuta.
- Le nuove conoscenze tecniche che ora permettono un più vantaggioso impiego di fibre naturali in sostituzione o in miscela con quelle sintetiche. È il caso dei biocomposti e dei tessuti non tessuti che hanno, e avranno, un mercato in espansione con una vasta gamma di destinazioni d'uso. Di conseguenza, si ritiene che, nel settore delle fibre, così come in quello degli oli, sia elevatissima la potenzialità di sostituzione di materie prime derivate dalla petrolchimica con altre rinnovabili di origine vegetale.
- La richiesta e la produzione di paste di cellulosa derivate da fibre non legnose sembrano in aumento a livello mondiale. L'incremento sarà favorito dalla necessità di limitare il taglio di foreste e dalla possibilità di usare le promettenti tecnologie che si stanno rendendo disponibili.
- Lo sviluppo di nuove destinazioni (suggestive per la possibilità di catturare l'interesse del consumatore e dei mass media) quali la bioedilizia e l'industria automobilistica.
- La prospettiva di altre destinazioni minori, quali substrato per le colture dei funghi, lettiera per allevamenti, pacciamatura per colture ortive, protezione antierosiva delle scarpate, ecc. La possibilità di impiegare, quali coprodotti, componenti minori derivate da alcune piante da fibre nei settori della cosmetica, della medicina e della chimica fine, aumentando così la redditività delle colture.

In un contesto socio-economico nel quale le nuove normative europee ed internazionali richiedono l'impiego di materiali polimerici dotati di un'elevata sostenibilità ambientale e ciclo di vita controllato, sistemi compositi costituiti da matrici polimeriche biodegradabili e fibre vegetali presenti come fase dispersa, offrono l'opportunità di sviluppare materiali

ecocompatibili ed economicamente vantaggiosi, con ampie potenzialità di impiego in svariati settori (imballaggio, trasporti, edilizia, biomedicale, beni culturali).
In questo ambito si inserisce un'altra categoria di materiali che possono essere definiti ugualmente biopolimeri. Si tratta del WPC (Wood Plastic Composite) è un prodotto composto di due elementi: un materiale termoplastico ed un materiale vegetale con caratteristiche per lo più inerti alla temperatura e pressione. La composizione del WPC lo rende completamente ecologico, riciclabile ed ecocompatibile. I materiali impiegati infatti sono: il 30% di HDPE (Polietilene ad alta densità Riciclato Grado A); il 60% di bambù e fibra di legno opportunamente essiccati e trattati e il 10% di additivi chimici (AntiUV, Anti-ossidanti stabilizzanti, coloranti, anti fungo, aggreganti, rinforzanti, lubrificanti). Il Wood Plastic Composite è pensato per preservare le riserve forestali ed è realizzato con procedimenti rispettosi dell'ambiente. Il Wpc presenta specifiche caratteristiche tecniche, come la completa riciclabilità, è 100% ecologico ed eco-compatibile. Esteticamente è simile al legno ma è esente dai problemi ad esso legati. Altamente resistente all'umidità e all'acqua, quindi particolarmente adatto anche in ambienti marini (resistente alle intemperie e ad escursioni termiche comprese tra i -40 °C e i +60 °C).

*Altri impieghi*
Fra gli impieghi inusuali dei biocompositi sono ricordati ad esempio i giubbotti protettivi antimine per gli artificieri.
Le fibre vegetali, mescolate in varie percentuali con fibre sintetiche, vengono usate per formare materiale tessile permeabile, tessuti non-tessuti usati con funzioni di rinforzo, drenaggio, separazione, protezione, ect. Trovano un impiego crescente nelle autostrade, in aree costiere, etc. per evitare frane ed erosioni e sempre più in campo agricolo come pacciamatura e per conservazione del suolo, in particolare in orticoltura.
Materiali a fibre vegetali hanno anche il vantaggio di essere degradati in tempi più brevi in confronto ad esempio ai poliesteri.
Va ricordato, infine, un ulteriore aspetto: quello sull'ambiente. L'impiego di fibre vegetali nei biocompositi può avere anche un notevole impatto sull'ambiente. Ad esempio per ogni kg di fibra di canapa che sostituisce fibra di vetro nei compositi vengono risparmiati 1,4 kg di $CO_2$ per l'intero ciclo di vita, dalle fasi di produzione agricola fino al riciclo del prodotto finale. L'impatto sull'ambiente dell'impiego di fibre vegetali per destinazioni di uso diverso deve essere sempre valutato considerando l'intera catena e applicando le tecniche della LCA che utilizzano appositi indicatori. Questi ultimi assumono significato e peso diverso a seconda delle situazioni e degli obiettivi che si intendono perseguire. I coprodotti possono quindi essere un fattore importante di vantaggio o svantaggio. Va anche ricordato che, con il rapidissimo sviluppo di nuove tecnologie, le condizioni del processo possono cambiare e mutare gli effetti sull'ambiente. Ne deriva l'inopportunità di generalizzare acriticamente i risultati delle ricerche senza tener conto delle specifiche situazioni in cui si opera.
Rispetto alle fibre tradizionali, le biofibre presentano:
<u>Vantaggi</u>:
Costi sensibilmente inferiori.
Alta disponibilità e rinnovabili.
Bassa densità.

Minor abrasività nella lavorazione.
Biodegradabilità.
Minori problemi di riciclo.
Caratteristiche di isolamento termico ed acustico per la loro struttura.

Svantaggi:
Incompatibili con matrici polimeriche idrofobiche.
Scarsa resistenza all'umidità.
Assorbimento di umidità (circa 10-20%) che può causare rigonfiamenti.
Tendenza a formare aggregati durante il processing.
Bassa resistenza alle temperature di lavorazione. Sopra i 200/220 °C si possono avere fenomeni irreversibili di degradazione.
Bassa stabilità dimensionale.
Variabilità sia da siti di produzione che stagionali.

## 9. Linee di ricerca

Le principali linee di ricerca nel settore delle bioplastiche sono:

1. Ottimizzazione dei polimeri biodegradabili attraverso la ricerca di bioadditivi.
   Un'altra via per far sì che i biopolimeri possano essere impiegati per beni durevoli è quella di utilizzare additivi di origine naturale, in entrambi i casi si mantiene la biodegradabilità /compostabilità. Per quanto riguarda gli additivi vi sono diverse aziende stanno operando ed offrendo prodotti sul mercato. Nella scelta e nell'utilizzo degli additivi, è necessario ricordare che le norme sulla biodegradazione/compostabilità richiedono che: ciascun componente deve essere controllato per quanto riguarda compostabilità e biodegradazione.
   Ciascun componente organico non biodegradabile deve essere presente al di sotto dell'1%, ed il totale di questi componenti deve essere al di sotto del 5%.
   Molti additivi presenti sul mercato sono per PLA, in quanto è il biopolimero con maggiori possibilità di sviluppo di beni durevoli
2. Ricerca di biomonomeri per la realizzazione di polimeri "tradizionali" non biodegradabili da fonte rinnovabile.
   Il vantaggio, rispetto agli altri biopolimeri, è che i prodotti ottenuti possono sostituire gli analoghi materiali tradizionali già presenti sul mercato.
3. Studio della processabilità e finitura superficiale.
   In relazione allo sviluppo del mercato, altre importanti aree di ricerca sono strettamente correlate con la processabilità dei biopolimeri, specialmente riguardo la loro caratteristica di sensibilità all'umidità e alla temperatura, che comportano la necessità di ottimizzare le linee di processo e di finitura (saldatura, verniciatura, rivestimento, metallizzazione, marcatura laser, assemblaggio meccanico, ecc).
4. Studio della durabilità per soddisfare le richieste di durata dei manufatti.
   Attualmente si sta ragionando in ottica di prodotti semi-durevoli costituiti da materiali provenienti da fonti rinnovabili, compostabili. La durata di questi prodotti risulta essere minore di 5 anni. Invece, per quanto riguarda, l'utilizzo di biopolimeri nella realizzazione di beni durevoli o ingegneristici si stanno svolgendo ricerche approfondite delle loro

caratteristiche di durabilità/invecchiamento e ricerche sia per esposizione all'esterno che all'interno.

5. Fine vita di manufatti stampati di elevato spessore (riciclabilità, biodegradabilità e/o compostabilità).

   Altre ricerche importanti riguardano lo studio del fine vita dei manufatti realizzati con biopolimeri, in particolare, lo studio delle problematiche di riciclabilità e di compostabilità di manufatti di alcuni millimetri di spessore, tipici dei manufatti stampati ad iniezione. In particolare, è opportuno ricordare che le norme di compostaggio richiedono limiti precisi in termini di dimensioni e contenuti. La massa dei residui del materiale di prova con dimensioni > 2 mm deve essere inferiore al 10% della massa iniziale e il livello di biodegradabilità deve essere pari al 90% da raggiungere in meno di 6 mesi. Nel caso di processi di compostaggio di manufatti di elevato spessore è opportuno ricordare che anche se la velocità di biodegradazione non dipende dallo spessore, i tempi per raggiungere il 90% di biodegradazione possono essere superiori a quelli richiesti dalla norma. La mancanza di filiere di compostaggio (che sono disponibili su larga scala solo in alcuni Paesi) potrebbe favorire il riciclaggio dei biopolimeri. Nel caso di una elevata espansione del mercato dei biopolimeri si presenta il problema della necessità di una messa appunto di linee dedicate di riciclaggio. Nel caso di sviluppo di biopolimeri da risorse naturali non biodegradabili: si possono utilizzare le tecniche di riciclo già collaudate per gli omologhi polimeri fossili. Nel caso di un mercato di nicchia non c'è nessuna convenienza a linee dedicate, quindi nascerebbero possibili problemi di inquinamento del riciclato di polimeri tradizionali.

## 10. Conclusioni e prospettive

Nel presente lavoro, frutto di una ricerca bibliografica, è stata focalizzata l'attenzione sulle principali categorie di biopolimeri ottenibili da fonti rinnovabili, al fine di conoscere i requisiti principali, le performance tecniche e le nuove frontiere di applicazione.
Come è stato illustrato, i biopolimeri hanno tutte le potenzialità per poter sostituire i polimeri tradizionali e potrebbero rappresentare una nuova frontiera per il settore delle materie plastiche; a tal proposito, numerose aziende, a livello nazionale e internazionale si stanno muovendo in tale direzione. Sebbene gli enormi vantaggi derivanti dall'impiego delle bio-plastiche siano riconosciuti, purtroppo, ad oggi non vi sono applicazioni su larga scala.

Lo scopo finale di questo studio, vista la moltitudine di materiali e applicazioni già presenti sul mercato, è stato quello di individuare, tra i biopolimeri in produzione, il più idoneo alla realizzazione di filati biodegradabili da utilizzare nell'allevamento dei mitili, al fine di avviare la sperimentazione del progetto: "Materiali Innovativi per l'Allevamento dei Mitili" - MIAMI.
Pertanto, sono state contattate molteplici industrie produttrici del settore, operanti sul territorio nazionale ed anche prestigiosi Istituti di Ricerca Nazionali, al fine di produrre o fornirci un prodotto tra i biopolomeri, con requisiti idonei all'utilizzo in ambiente marino e con caratteristiche tecniche tali da poter sostituire il nylon, ampiamente utilizzato in mitilicoltura.
La nostra richiesta sebbene in linea con la necessità imprescindibile di preservare l'ecosistema marino e la possibilità di fornire soluzioni costruttive per l'adozione di modelli di produzione

sostenibili, ha incontrato non poche difficoltà, poiché la produzione dei filati in bio-polimeri è rivolta principalmente al settore bio-medico o a quello dei tessuti.
Tuttavia, l'interesse per le nuove produzioni a minor impatto ambientale ha consentito di poter individuare, tra le aziende produttrici di filati in nylon, l'azienda ROM Plastica S.r.l. di Chioggia (Ve), già leader nella produzione di reti in nylon per la mitilicoltura. L'azienda negli ultimi anni ha avviato la produzione di reti biodegradabili e compostabili prodotte con *bio* polimeri di mais. Il filato delle *Reti Marine-Bio*in polimero biodegradabile e compostabile è dotata di un marchio certificato di conformità "OK compost INDUSTRIAL" - TA8011903900.

In conclusione, è possibile affermare che sicuramente i biopolimeri sono un ambito di ricerca promettente ed in continua crescita. Come è stato illustrato, essi hanno tutte le potenzialità per poter sostituire, in molteplici applicazioni ed a livello di performance, i polimeri tradizionali e potrebbero rappresentare una nuova frontiera per il settore delle materie plastiche.
Tuttavia, in primo luogo pesa il fattore economico: sono necessarie condizioni di mercato che scoraggino la produzione di plastica tradizionale, che rimane attualmente il prodotto più conveniente. Inoltre, c'è un bisogno di più investimenti che si traducano in maggiore attenzione alla ricerca: sia a livello di indagine su nuovi *bio*-materiali e delle tecnologie più performanti ma anche a livello di studio del fine vita, poiché molti sono ancora gli aspetti da approfondire.
Il mercato dei biopolimeri dipenderà sia dalle politiche di sviluppo che verranno attuate, sia dall'importanza che i consumatori daranno ai prodotti "sostenibili".

## 11. *BIBLIOGRAFIA*


Bagatti F., Corradi E., Desco A., Ropa C., Scopriamo la chimica, Zanichelli Editore, 2011.

Bastioli C., Handbook of biodegradable polymers, Rapra Technology, Shawbury, 2005.

Bioplastic Conference: Centemero M., Il fine vita dei biopolimeri: il caso del recupero tramite compostaggio, Torino, 2011.

Biopolpack, 1°Congresso nazionale sugli imballaggi in polimeri biodegradabili, Parma, 2010.

Cappellaro F., Introduzione all'eco-design, ENEA, agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile, Bologna, 2010.

De Majo G., Corradi S., Sviluppo di biocompositi a fibre lunghe per applicazioni ad elevata resistenza meccanica ed ambientale, Terni, 2011.

Mirabella F., Caratterizzazione e lavorabilità per estrusione e stampaggio ad iniezione di PLA, Tesi in Ingegneria Chimica, Università degli Studi di Palermo, 2008-09.

Piergiovanni L., Limbo S., Food packaging, materiali, tecnologie e qualità degli alimenti, Springer-Verlag Italia s.r.l, Milano, 2010.

PlasticsEurope, "Plastics – the Facts," Plast. – Facts 2018, p. 38, 2018.

European Commission, “A European Strategy for Plastics,” Eur. Com., no. July, p. 24, 2018.

Pollon D., Processabilità e riciclabilità di materiali polimerici da fonte rinnovabile, Tesi di Laurea in Ingegneria delle Materie Plastiche, Politecnico di Torino, 2008.

# MI AMI

Materiali Innovativi
per l'Allevamento Mitili

# MI AMI

Materiali Innovativi
per l'Allevamento Mitili

# LA MITILICOLTURA:
# IMPIANTI E TECNICHE DI ALLEVAMENTO

Misura 2.47 “Innovazione”

Progetto 0001/INA/17 CUP: B88I17002090009

FEAMP

PO 2014-2020
Fondo europeo per gli
affari marittimi e la pesca

MI AMI

Materiali Innovativi
per l’Allevamento Mitili

# LA MITILICOLTURA: IMPIANTI E TECNICHE DI ALLEVAMENTO

UNIONE EUROPEA

REGIONE PUGLIA

HYDRA COOP

UNIVERSITÀ DEL SALENTO

MYTILUS CLUB TARENTI

## SOMMARIO


**1. PREMESSA** .... 4

**2. LA MITILICOLTURA** .... 5

***2.1. La produzione in Italia e nel mondo*** .... 5

***2.2. La distribuzione geografica*** .... 6

***2.3. Caratteristiche del prodotto allevato*** .... 7

***2.3.1. Ciclo biologico*** .... 8

***2.3.2. Caratteristiche organolettiche e nutrizionali*** .... 9

***2.4. Le tecniche di allevamento*** .... 10

***2.5. Le zone di allevamento*** .... 13

***2.6. Il ciclo di produzione*** .... 14

***2.7. La filiera produttiva*** .... 17

**3. LA MITILICOLTURA TARANTINA** .... 18

***3.1. Tradizione e storia*** .... 18

***3.2. Il Mar Piccolo*** .... 19

***3.3. Le aree concesse per la mitilicoltura*** .... 21

***3.4. Perimetrazione delle aree concedibili alla mitilicoltura*** .... 22

***3.4.1. Aree per la captazione del seme*** .... 24

***3.4.2. Aree allevamento II Seno*** .... 24

***3.4.3. Aree allevamento Mar Grande*** .... 24

***3.5. Tipologia impianto*** .... 25

***3.6. Ciclo di allevamento*** .... 26

**4. CONCLUSIONI** .... 32

**5. BIBLIOGRAFIA** .... 33

## 1. PREMESSA

Nell’ambito del progetto: *“Materiali Innovativi per l’Allevamento dei Mitili”* (MIAMI) è stata condotta un’indagine conoscitiva sugli impianti e le tecniche di allevamento dei mitili, con un particolare approfondimento sui sistemi di produzione della mitilicoltura tarantina.
La Mitilicoltura è ritenuta tra le più antiche pratiche dell’acquacoltura, le civiltà Mediterranee, già a partire dal II millennio a.C., usavano consumare i mitili e allevarli in vasche, perché avevano un forte valore simbolico nell’ambito del cerimoniale religioso; inoltre, il consumo di pesce e in particolare quello dei mitili era un privilegio solo delle classi più abbienti.
Della Ricca fa risalire alla metà del XVIII secolo la nascita della mitilicoltura, per opera di un allevatore di origini tarantine, tale Emanuele Albano, che avviò il primo allevamento di ostriche e mitili nel Mar Piccolo di Taranto.
Dopo il primo conflitto mondiale l’ostricoltura andò incontro ad un forte declino, mentre ebbe un progressivo e positivo sviluppo la coltivazione del mitile mediterraneo *M. galloprovincialis*, praticata su strutture fisse, tanto da rendere Taranto la più grande esportatrice di mitili sul territorio nazionale.
È grazie all’avvento di due principali innovazioni tecnologiche, se oggi la mitilicoltura è diffusa lungo gran parte delle coste italiane e si rappresenta tra le prime produzioni dell’acquacoltura nazionale.
La prima innovazione tecnologica, avvenuta intorno agli anni sessanta del secolo scorso, è l’introduzione delle reti tubolari in polipropilene al posto dei libani per il confezionamento delle reste di mitili. La seconda, avvenuta intorno ai primi anni ottanta del secolo scorso, in cui si è passati dal sistema di allevamento fisso su pali, tipico di ambienti lagunari o di tratti di mare costieri e riparati, a sistemi flottanti off-shore, in grado di offrire una elevata resistenza degli impianti agli eventi meteo marini anche di forte intensità e un conseguente incremento degli spazi produttivi.
È stato possibile, quindi, sviluppare la mitilicoltura in tratti di mare aperto, principalmente nelle regioni adriatiche del Friuli Venezia Giulia, Veneto, Emilia Romagna, Marche e Puglia, e in quelle tirreniche della Campania, Lazio e Liguria.
La crescita tecnologica ha favorito questo passaggio, che coniuga la duplice esigenza di ottenere un prodotto con caratteristiche igienico-sanitarie conformi alla normativa e performances produttive economicamente rilevanti.
Attualmente la mitilicoltura in Italia ha assunto un’elevata importanza economica, comprende 245 siti, con oltre il 90% della produzione avente luogo in sei regioni. L'Emilia-Romagna, il Veneto e la Puglia che producono il 72% di cozze in Italia; seguono il Friuli-Venezia-Giulia, la Sardegna e la Liguria. Il comparto rappresenta anche una riserva occupazionale che, pur non impegnando una grande quantità di personale, in alcune zone contribuisce a caratterizzare e consolidare il tessuto sociale.

## 2. LA MITILICOLTURA

### *2.1. La produzione in Italia e nel mondo*

Una branca dell'acquacoltura è la *molluschicoltura*, dedita alla produzione di molluschi bivalve, una parte di questa si concentra tipicamente sull'allevamento di mitili della specie *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck 1819) (Fig.1a), costituendo il 61% della produzione totale di mitili nella UE.

Questa specie viene allevata nei Paesi del Mediterraneo (Italia, Grecia, Francia, Spagna, Bulgaria, Croazia, Slovenia) e in Galizia.

La cozza atlantica *Mytilus edulis* (Linnaeus 1758) (Fig.1b), nota anche come mitilo atlantico o cozza blu, è la specie più comune nei Paesi non mediterranei, soprattutto in Francia, nei Paesi Bassi, Danimarca, Germania, Irlanda, rappresentando il 38% della produzione totale di mitili nella UE.

*a) Mytilus galloprovincialis* *b) Mytilus edulis*

**Fig. 1: Mitili allevati.**

I Paesi europei detengono un ruolo molto importante per quanto riguarda l'attività di acquacoltura e, in particolare, di quella della mitilicoltura, dovuto al fatto che questa pratica deriva dalle origini della storia dei popoli europei, da una lunga tradizione e dallo sviluppo ed evoluzione delle pratiche di allevamento nel corso dei secoli.

L'America Latina, e in particolare il Cile, hanno un peso rilevante a livello mondiale come produttori di mitili, sia per il clima favorevole, sia per i ridotti costi di produzione. Per quanto riguarda l'area asiatica, invece, la pesca, nonostante sia presente, non risulta importante quanto l'allevamento. Qui, infatti, fin dai tempi antichi si sono sviluppate e, poi nel corso del tempo evolute, molte tecniche e pratiche di allevamento di diverse specie di mitili.

Attualmente il paese con le maggiori produzioni è la Cina, con 879.000 tonnellate prodotte nel 2016, quasi il doppio rispetto al 2007. La Cina, che copre il 42% della produzione mondiale di mitili, ha quasi raddoppiato la sua produzione (+96%), per soddisfare l'enorme domanda interna. Seguono il Cile, la Thailandia, la Nuova Zelanda e la Corea del Sud, con produzioni rispettivamente di 313.607, 115.000, 94.000 e 64.000 tonnellate nel 2016. L'aumento della produzione cilena (+88%) è stato spinto soprattutto dalle esportazioni. Negli Stati Uniti, il settore dei mitili è piuttosto nuovo e si è sviluppato rapidamente (+73%) per rispondere alla rapida crescita del mercato interno. Nello stesso periodo la produzione è diminuita in Thailandia e in Corea del Sud (rispettivamente del 49% e del 40%) a causa dell'inquinamento e a seguito di epidemie. In particolare, nel Golfo di Thailandia si verifica spesso il fenomeno della marea rossa a causa dalla presenza di contaminanti chimici come fosfati e nitrati.

La produzione nazionale di altri Paesi è inferiore a 30.000 tonnellate. Alcuni Paesi hanno registrato un forte aumento della produzione tra il 2007 e il 2016, generalmente dovuto all'aumento della domanda.
La Spagna è tra i Paesi europei di gran lunga il maggior produttore, con circa 203 mila tonnellate di produzione di mitili, nel 2016 copriva il 41% del totale della UE. Seguono l'Italia, la Francia, i Paesi Bassi, la Danimarca e la Germania, con una quota compresa tra l'8 e il 12% della produzione della UE.
Secondo le statistiche FAO nella maggior parte dei Paesi la produzione di mitili proviene dall'acquacoltura, tranne che in Danimarca, dove le catture della pesca coprono una parte consistente della produzione, ossia il 95%. In Italia, nei Paesi Bassi e in Germania, tutta la produzione è registrata come acquacoltura.
Nel 2016, la produzione in Italia, Danimarca e Germania ha oscillato tra le 44.000 e le 64.000 tonnellate. Insieme, questi tre Stati Membri coprono il 28% della produzione totale della UE. Dal 2007 al 2016, la produzione di cozze nella UE (sia selvatiche che allevate) è stata stabile, attestandosi mediamente a 517.000 tonnellate annue. Nel 2016, ha raggiunto quasi 522.400 tonnellate, di cui il 91% proveniente dall'acquacoltura e il 9% dalle catture.

### *2.2. La distribuzione geografica*

In Italia la molluschicoltura viene esercitata in 11 Regioni. Un'elevata concentrazione di impianti è presente lungo la costa dell'Alto e Medio Adriatico, in particolare nel Friuli, Veneto, Emilia Romagna, Marche e Abruzzo. In Puglia sono presenti insediamenti produttivi nella zona dei laghi di Lesina e Varano, e lungo la fascia costiera che dai suddetti laghi giunge fino al Golfo di Manfredonia. Il Golfo di Taranto rappresenta il tradizionale e imponente polo della molluschicoltura regionale. Allevamenti di modeste dimensioni, e in alcuni casi utilizzati più come base per operazioni commerciali che per vere e proprie attività produttive, sono presenti in Sicilia. Sul versante tirrenico, nella regione Campania sono presenti insediamenti nell'area flegrea, mentre nel Lazio sono localizzati nell'area di Gaeta e, più a Nord, nel lago di Sabaudia. Nell'Alto Tirreno, la Liguria rappresenta un'importante zona di produzione, in particolare il Golfo di La Spezia, area con una lunga tradizione di mitilicoltura. Anche in Sardegna, regione ricca di lagune e insenature utilizzate con profitto per diverse pratiche di acquacoltura, la molluschicoltura occupa un ruolo di primo piano
Alcune delle principali zone di produzione derivano da una tradizione storica di antica origine, altre hanno acquisito rilevanza con l'avvento di impianti off-shore, e la "conquista" di zone in mare aperto. I primi insediamenti hanno avuto origine in aree di mare riparate dalle intemperie e strettamente costiere od in zone vallive, cui, successivamente, a causa dell'insorgere di sempre più frequenti problematiche legate alla qualità dell'ambientale ed igienico-sanitarie, si sono aggiunte realtà situate anche a notevole distanza dalla costa.
Nell'anno 2000 le imprese attive risultano in numero di 208, delle quali 182 esercitano, in maniera esclusiva, la mitilicoltura. In Emilia Romagna, Lazio e Veneto sono state individuate imprese che associano la venericoltura a quella di mitilicoltura. Di queste, gran parte sono concentrate in alcuni principali poli produttivi e localizzate in funzione delle caratteristiche idrologiche e trofiche delle zone di insediamento, la Regione con il maggior numero di impianti è la Liguria con 69.
Tra le principali zone di produzione di più antica tradizione abbiamo il Golfo di Taranto (Puglia), La Spezia (Liguria), la laguna veneta, il litorale Flegreo (Campania), ai quali, in tempi più recenti, si è

aggiunto il litorale triestino (Friuli-Venezia Giulia), il golfo di Olbia (Sardegna), l'Emilia-Romagna e la parte adriatica della Puglia.
È evidente che le caratteristiche del fondale marino adriatico, poco profondo anche in aree offshore, ha consentito lo sviluppo della mitilicoltura flottante (long-line), mentre la ricchezza di ambienti salmastri dell'Alto e Medio Adriatico ha determinato lo sviluppo della venericoltura di fondo. Nella Fig. 2 si riporta la distribuzione geografica dei soli impianti per mitili.
È in atto, comunque, una tendenza positiva verso l'insediamento di nuove realtà produttive lungo la costa di quelle regioni che presentano condizioni idonee all'accrescimento dei mitili. Attualmente solamente tre regioni costiere: Calabria, Basilicata e Toscana risultano totalmente sprovviste di impianti di mitilicoltura.

**Fig. 2: Distribuzione delle imprese di molluschicoltura in Italia (2009 Unimar).**

La forma cooperativa e le imprese individuali costituiscono le tipologie più diffuse, con valori percentuali rispettivamente pari al 41% ed al 38%.
Gli addetti alla mitilicoltura nel nostro Paese sono circa 1.800, di cui circa 1.500 fissi e circa 300 avventizi, cioè con un impiego saltuario o stagionale, ciò porta ad un numero di addetti medio per impresa pari a nove unità. Il numero di addetti maggiore è naturalmente concentrato nelle principali zone di produzione precedentemente citate e, considerando il numero di personale per impresa, si evince che Veneto, Emilia-Romagna, Sardegna e Puglia superano abbondantemente la media nazionale, situazione probabilmente dipendente dalla presenza di numerose realtà di tipo cooperativo.

### *2.3. Caratteristiche del prodotto allevato*

Il *Mytilus galloprovincialis* (*Lamarck* 1819) è un mollusco bivalve lamellibranco, cioè ha la conchiglia formata da due valve simmetriche composte da carbonato di calcio di cui il mollusco controlla l'apertura per mezzo di un muscolo adduttore. Le valve sono incernierate tra loro in corrispondenza dell'apice (umbone) e le branchie a forma di lamelle con funzione respiratoria e alimentare in quanto filtrano l'ossigeno e catturano le particelle alimentari.

L'altra specie è il *Mytilus edulis* (*Linnaeus* 1758), il mitilo atlantico o cozza blu. Le due specie differiscono dal punto di vista morfologico ma soprattutto è diversa la sapidità delle loro carni, molto più gustose e anche più consistenti quelle del *Mytilus galloprovincialis*.

Le principali differenze delle due specie di mitili sono sinteticamente elencate nella Tabella 1.

| | ***M. galloprovincialis*** | ***M. edulis*** |
|---|---|---|
| **Tratti distintivi:** | forma quadrangolare, conchiglia nero-viola lucido, umbone incurvato, striature concentriche (strie di accrescimento) margine posteriore arrotondato | forma triangolare, conchiglia blu violaceo o talvolta bruno, umbone rettilineo, striature anche radiali di colore bruno scuro o viola, margine posteriore abbastanza appiattito |
| **Lunghezza media alla commercializzazione** | 5-8 cm | 8-10 cm |
| **Principali Paesi produttori** | Italia, Grecia, Spagna, Paesi del Mar Nero | Tutti i paesi del nord Europa, in particolare Francia e Olanda oltre a Spagna e Canada e USA |
| **Presenza sul mercato** | aprile-settembre | settembre-aprile (importato principalmente dall'Adriatico-Chioggia e da Spagna e Francia) |

**Tab.1: Differenze tra le due specie di mitili.**

### *2.3.1. Ciclo biologico*

I mitili sono gonocorici (ossia a sessi separati), ciò vuol dire che ci sono animali maschi e femmine, sede della gametogenesi è il mantello (caratteristica, questa, non comune a tutti i molluschi). Il mantello, ricordiamolo, è formato da due lobi di tessuto connettivo, ricco di vasi emolinfatici, fibre muscolari e fibre nervose.

All'interno, il mantello delimita la *cavità palleale*, mentre all'esterno, grazie a delle fibre muscolari, prende contatto con la conchiglia lungo una linea detta *linea palleale*; quando le gonadi sono completamente mature, il mantello diviene trasparente, per cui è possibile osservare le gonadi, che risultano essere rosa salmone negli esemplari "femminili" e bianco giallastre o gialle negli esemplari "maschili". La maturità sessuale è raggiunta attorno ai 6 - 7 mesi di età.

Nella fase riproduttiva, le femmine distribuiscono milioni di uova in mare mentre i maschi emettono il loro sperma, ciò accade solitamente in primavera e estate. Dalle uova fecondate si formano delle larve (veliger) che si trasformeranno in giovani cozze di 3 mm circa di lunghezza nel corso di 4 settimane (Fig.3).

Queste nuotano in mare fino a quando non si fissano nel posto più adatto vicino alla costa e dopo più o meno 2 anni raggiungono dimensioni di 5 cm.

Questo tipo di riproduzione spiega il motivo secondo il quale le cozze vivrebbero in grandi colonie, perché questa condizione aumenta la possibilità di fecondazione.

La conchiglia viene costruita in strati successivi di calcite, sostanza minerale secreta dalle ghiandole poste nella regione posteriore del mollusco. La calcite si lega alle fibre di aragonite per formare la conchiolina, che fa da supporto anche per altre particelle minerali.

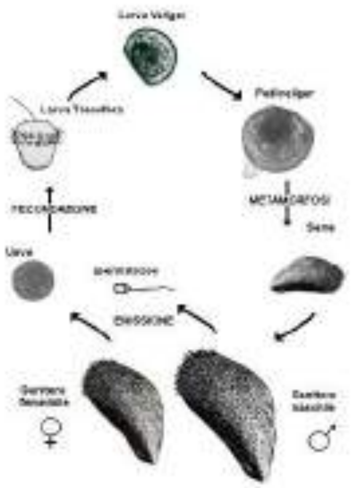


**Fig.3: Schema del ciclo biologico dei mitili.**

### *2.3.2. Caratteristiche organolettiche e nutrizionali*

Le cozze hanno un buon contenuto di proteine ad alto valore biologico, ma anche un alto contenuto di colesterolo. L'apporto in acidi grassi è moderato e il profilo lipidico è ben equilibrato in quanto ben ripartito tra grassi saturi, monoinsaturi e polinsaturi. Sono anche presenti moderate concentrazioni di carboidrati, costituiti prevalentemente dal glicogeno dell'animale.

I mitili vantano un apporto energetico decisamente contenuto, ad esempio, 100 gr di parte edule apportano circa 80 kcal. Non mancano i sali minerali uno dei quali, il sodio, è però presente in quantità eccessive.

Le cozze sono ricche di zinco e di altri importantissimi minerali come calcio, fosforo, rame, cromo, magnesio e potassio in percentuali molto elevate per 100 grammi di prodotto.

Sono presenti anche potassio e fosforo ma ciò che caratterizza la carne delle cozze è soprattutto l'elevato apporto in ferro biodisponibile.

Dal punto di vista vitaminico, contengono buone quantità di tiamina (vit. B1) e niacina (vit. PP), ma si evidenziano anche moderate concentrazioni di vitamina A.

I valori nutrizionali in 100g di prodotto sono riassunti in Tabella 2:

| | Valori nutrizionali medi per 100g |
|---|---|
| Energia | 645 kJ/154 kcal |
| Grassi | 6,1 g |
| -di cui acidi grassi saturi | 1,7 g |
| Carboidrati | 12 g |
| -di cui zuccheri | 0,5 g |
| Proteine | 13 g |
| Sale | 0,93 g |

**Tab.2: Valori nutrizionali**

### *2.4. Le tecniche di allevamento*

Negli ultimi decenni del secolo scorso si è assistito al passaggio da una coltivazione nell'ambito delle lagune e degli stagni costieri a quello in mare aperto. Il fenomeno è stato determinato principalmente dal peggioramento delle caratteristiche igienico-sanitarie delle acque dei bacini che hanno scambi limitati con il mare. La disponibilità di tecnologie appropriate ha favorito questo passaggio che coniuga la duplice esigenza di ottenere un prodotto igienicamente conforme con performances produttive economicamente rilevanti.

Negli ultimi anni la mitilicoltura ha subito un progressivo miglioramento e ammodernamento tecnologico degli impianti di allevamento, i quali si sono spostati progressivamente in mare aperto (off-shore) con gli innovativi sistemi long-line. Questo ha permesso una maggior efficienza e produttività nel settore.

La mitilicoltura in Italia si svolge principalmente attraverso i seguenti sistemi di produzione, a seconda che l'impianto sia situato in laguna o in mare aperto:

*a) sistema a pali fissi;*

*b) sistema a filari galleggianti o long-line.*

Il sistema a *pali fissi* è tipico delle zone lagunari o costiere riparate, dove la profondità si aggira mediamente tra i 5 e i 10 metri e le concessioni hanno dimensioni modeste (Fig.4).

**Fig. 4: Impianto a pali fissi**

Generalmente consiste in una struttura formata da pali di legno di castagno o di cemento o di metallo, di diametro che varia dai 10 ai 35 cm, infissi ad una profondità di 2 metri sotto il fondale ed emergenti per circa 1,5 metri dal pelo libero dell'acqua. I pali sono collegati tra loro da cavi in acciaio o in poliestere, su cui vengono poi appese le reste (reti tubolari in materiale plastico contenenti i mitili).

A grandi linee si distinguono due principali tipologie di impianti a pali fissi: "*modulo a filare*" (tipico delle lagune dell'Alto Adriatico, adatto a fondali bassi e formato da due file parallele di pali distanti uno dall'altro tra i 3 e i 5 metri e per una lunghezza variabile tra i 25 e i 50 metri, sulle quali è posizionata una trave a cui sono legate le reste dei mitili) e "*modulo a riquadro*" (tipico del Sud Italia, adatto a profondità maggiori. Questo è costituito da uno specchio d'acqua di forma quadrata o rettangolare di superficie compresa tra i 500 e i 1000 metri quadrati, lungo il perimetro del quale sono presenti dei pali posti a 5 metri di distanza uno dall'altro che sostengono le travi. La

particolarità di questo modulo è che, oltre ad un palo semplice verticale, sono presenti altri due pali disposti obliquamente con il ruolo di punti di attacco per le altre travi disposte in modo tale da formare le diagonali dell'impianto, per rafforzare la struttura dell'impianto e aumentare la superficie di attacco delle reste).

Il sistema a filari galleggianti o *long-line* è il tipico impianto che troviamo in mare aperto (off-shore) (Fig.5). Questi impianti galleggianti sono collocati in zone con profondità che varia tra i 10 e i 30 metri lungo la fascia costiera e in genere si tratta di concessioni marittime di dimensione che vanno da pochi ettari ad un massimo di 10 ettari, delimitate con delle boe dotate di segnale luminoso. I filari sono immersi e posizionati ad una profondità che varia tra i 3 e i 5 metri dal pelo libero per ridurre le oscillazioni provocate dal moto ondoso.

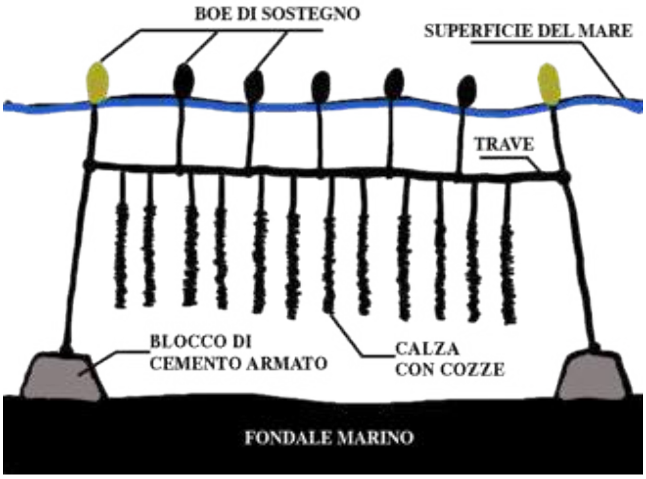



**Fig. 5: Schema di un impianto long-line.**

L'impianto è fissato al fondale grazie a dei blocchi di cemento, in pietra o metallo chiamati "corpi morti" che hanno essenzialmente la funzione di ancoraggio, ai quali sono poi agganciate delle funi chiamate travi o "ventie" in polipropilene o in poliestere, di lunghezza variabile tra i 100 e i 300 metri.

Le ventie di ogni modulo vengono chiamate "campate" e sono tenute in sospensione da una serie di apposite boe galleggianti ben visibili in poliestere (gaviboa), poste a circa 40 metri l'una dall'altra sulla trave. La distanza tra due moduli paralleli è di circa 20 metri.

Le reste di mitili sono appese alla ventia ad una distanza di 50 cm l'una dall'altra e scendono perpendicolarmente in acqua. Le reste sono costituite da reti tubolari in polipropilene dette "calze" nelle quali vengono inseriti i mitili, di lunghezza variabile tra i 2 e i 4 metri, con maglie di dimensioni adeguate alla taglia dei mitili (più piccole quando viene inserito il seme, più larghe quando viene fatto il reincalzo). Il numero delle ventie in sospensione può variare da uno a tre; nel primo caso di tratta del sistema long-line monoventia, che è quello praticato lungo il litorale veneto, nel secondo caso si tratta del sistema long-line bi/triventia, detto anche "triestino", perché diffuso nel Golfo di Trieste in Friuli Venezia Giulia. La differenza tra i due sistemi è che nel monoventia il cavo è mantenuto in profondità tra i 2 e i 5 metri, perché si tratta di impianti diffusi in aree esposte a forti correnti, mentre nel sistema triestino la ventia è posizionata in prossimità della superficie.

La mitilicoltura ancora oggi è oggetto di forte sperimentazione e innovazione tecnologica. Si stanno testando nuove tecniche di allevamento, tra i quali i nuovi allevamenti *SmartUnits* (Fig.6), ossia di un sistema di derivazione norvegese che si basa su un impianto reticolare di corde appeso a dei grossi

tubi in propilene per il sostenimento della biomassa. L'ormeggio è composto da una boa jumper, finalizzata a tenere in tensione la catena collegata al corpo morto, evitando così il trascinamento della catena sul fondale.

**Fig.6: *Smart Unit,* rete colonizzata da mitili.**

Gli SmartUnits vengono utilizzati per la produzione di semente di mitili, oltre che di mitili pronti da commercializzare e per le alghe marine.
Il sistema riesce, tramite macchinari che ne effettuano la pulizia, a limitare la presenza di epibionti e incrostazioni sui mitili allevati ed è in grado di rimuovere invertebrati che sono competitori dei mitili. È quindi possibile ottenere un prodotto adeguatamente pulito e subito pronto per entrare nei circuiti commerciali, accelerando i processi di lavorazione rispetto ad un allevamento tradizionale, quali: raccolta del seme, incalzo del seme, immersione delle reste, re-incalzo e pulizia delle reste, raccolta, selezione e lavorazione del prodotto.
Esiste, inoltre, di recente l'applicazione di un ulteriore nuovo metodo di allevamento dei mitili detto "*a corda continua*", già sperimentato con successo in Nuova Zelanda ed in altri paesi del mondo (Fig.7).
Esso si propone, al momento, come la tecnica più automatizzata, ma anche la più ecologicamente sostenibile e responsabile a livello globale.
Infatti, le corde utilizzate simulano alla perfezione un ambiente naturale algoso e quindi offrono ai mitili un ambiente dove vivere e riprodursi in modo più facile, inoltre queste corde, piuttosto robuste, riescono a supportare meglio le reste dei mitili in modo da resistere anche alle condizioni più critiche del mare.

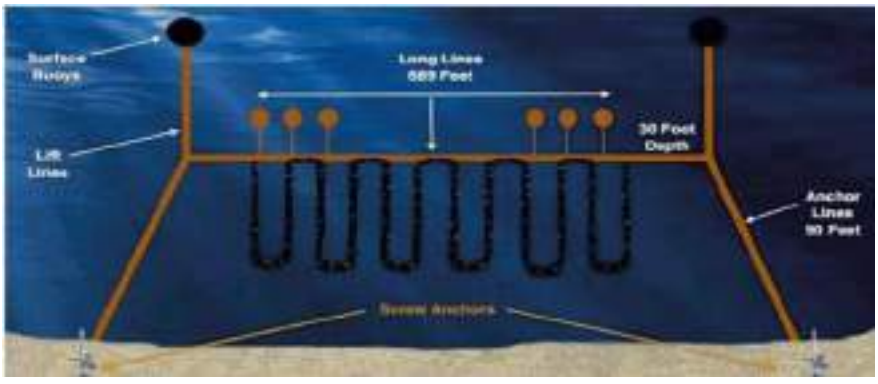



**Fig.7: Metodo neozelandese**

L’aspetto innovativo di questo sistema di impianto consiste nell’utilizzo di reste in cotone al posto di quelle di plastica per l’incalzamento iniziale, esse infatti essendo realizzate con questo materiale tendono a bio-decomporsi nel mare, eliminando così eventuali residui di plastica che in genere si depositano dopo le forti mareggiate e dopo le operazioni di lavorazione delle reste stesse.

### *2.5. Le zone di allevamento*

Il sistema delle strutture di allevamento va scelto considerando i criteri di economicità, le caratteristiche ambientali e meteomarine dell’area di insediamento. Una scelta errata può comportare gravi danni alle strutture e all’ambiente circostante per la dispersione dei materiali costituenti l’impianto e del prodotto presente in allevamento.

Le zone in cui gli impianti di mitilicoltura vengono posizionati rispondono a precisi requisiti:

- La struttura fisica del fondale consente l’insediamento della tipologia di allevamento prescelta;
- La colonna d’acqua e il fondale in cui stazionano i mitili non sono sottoposti a fenomeni distrofici;
- Sia garantita la sicurezza alla navigazione;
- Sia limitato l’impatto visivo delle strutture emergenti e quello fisico delle parti immerse;
- Sia garantita la qualità igienico-sanitaria delle acque secondo il D.L. vo n.530/‘92 e successive integrazioni.

I mitili allevati oggi in Italia provengono soprattutto da allevamenti a mare (long-line) e solo in minima parte da acque lagunari; le modalità operative utilizzate per la pesca dei molluschi sono simili in ambedue le tipologie. Le zone adibite a molluschicoltura sono classificate dalla normativa in base ai requisiti microbiologici delle acque in cui avviene la produzione.

I molluschi bivalvi sono organismi filtratori e si nutrono di fitoplancton, che ottengono dalla continua filtrazione dell’acqua di mare. La presenza di acque contaminate da batteri, virus, contaminanti chimici e biotossine è dannosa per la salute del consumatore finale.

Per poter garantire la sicurezza alimentare di questo prodotto, la normativa (Reg. CE n.854/2004) ha definito le linee guida dei controlli igienico-sanitari e, in particolare, ha fornito una classificazione delle zone di produzione in base ai requisiti microbiologici secondo quanto segue:

1) Zone di classe A: sono le aree di produzione da cui possono essere raccolti molluschi bivalvi vivi ed essere direttamente destinati al consumo umano;

2) Zone di classe B: sono aree di produzione da cui i molluschi bivalvi vivi possono essere raccolti, ma per essere immessi sul mercato ai fini del consumo umano devono prima subire un trattamento di depurazione o una stabulazione naturale in un centro di depurazione;

3) Zone di classe C: sono aree di produzione interdette, dalle quali i molluschi bivalvi vivi possono eventualmente essere raccolti di taglia piccola e destinati poi al ciclo di allevamento in zone A e B.

Le zone di tipo A sono quelle di mare aperto e, quindi, anche la fascia costiera dove sono situati gli impianti di mitilicoltura off-shore. Qui la produzione è soggetta a correnti più forti e ad un continuo riciclo delle acque per cui è direttamente convogliata al consumo umano, previo passaggio per un centro di spedizione autorizzato.

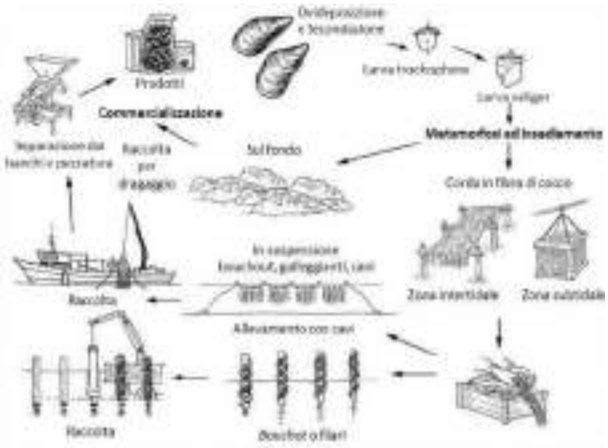
Le zone di tipo B sono solitamente zone lagunari, con acque soggette a poco riciclo per cui il prodotto necessita di essere depurato.

Le zone di tipo C, invece, sono le acque di alcune aree lagunari e dei canali navigabili: il prodotto presente in queste acque è ad alto rischio sanitario. In taluni casi viene concessa, sotto il controllo delle autorità, la pesca di novellame per il successivo allevamento in acque lecite.

Nel caso in cui il prodotto necessiti di sanificazione, questa può avvenire secondo due metodi, denominati: *depurazione e stabulazione*.
La depurazione è un processo di decontaminazione del prodotto a livello microbiologico, e in genere viene effettuata in appositi impianti situati a terra, i cosiddetti Centri di Depurazione Molluschi (CDM). Essa avviene attraverso un forte getto d'acqua trattata con agenti chimici. È molto importante in questo tipo di processo che i molluschi non vengano contaminati con i residui degli agenti chimici disinfettanti utilizzati nel ciclo precedente di depurazione, e per questo è necessario ripulire e disinfettare l'impianto dopo ogni ciclo depurativo.
La stabulazione, invece, è un processo di depurazione naturale e biologica dei molluschi; avviene di solito in mare aperto. In queste aree è previsto il controllo sistematico dello stato igienico sanitario delle zone di produzione e di stabulazione classificate, controllo attuato in base ad un piano di sorveglianza periodica di tali aree.

### *2.6. Il ciclo di produzione*

Le cozze si nutrono per filtrazione del fitoplancton in sospensione; la quantità di acqua filtrata varia in dipendenza dello status fisiologico dell'animale e delle condizioni climatiche esterne, mediamente da 0,5 a 5 lt/h circa.
I sessi sono separati e la maturità sessuale può avvenire già al primo anno di vita. L'emissione dei gameti avviene fra fine inverno ed inizio primavera ed in misura minore nel tardo autunno; la quantità di uova emesse è in funzione della taglia del mollusco, da 100.000 circa per una femmina di 25 mm a 8-10 milioni per una di 80 mm. L'uovo fecondato si trasforma in poche ore in larva pelagica (veliger) e si lascia trasportare passivamente dalle correnti per un periodo che, in base alla temperatura delle acque, va dalle tre settimane ad alcuni mesi. Una volta raggiunta una taglia sufficiente la larva pelagica tende a fissarsi ad un substrato solido di varia natura (pietra, legno, materiali sintetici) dove lentamente prenderà la forma del mollusco finale.
I tempi di accrescimento per il raggiungimento della taglia commerciale dipendono dalla specie, dalla temperatura e dalla quantità di alimento presente.
La dimensione minima dei mitili posti in commercio è di 5 cm di lunghezza (D.P.R. 02/10/98, n.1639).
Il processo produttivo di mitili è assai laborioso e complesso. Si costituisce di più fasi, che vanno dalla raccolta del seme fino alla crescita del prodotto e il confezionamento per la spedizione.
Il ciclo produttivo inizia con il reperimento del seme selvatico, cioè giovani mitili di taglia che varia da meno di un centimetro ad un massimo di 3cm (Fig.8; Fig.9).



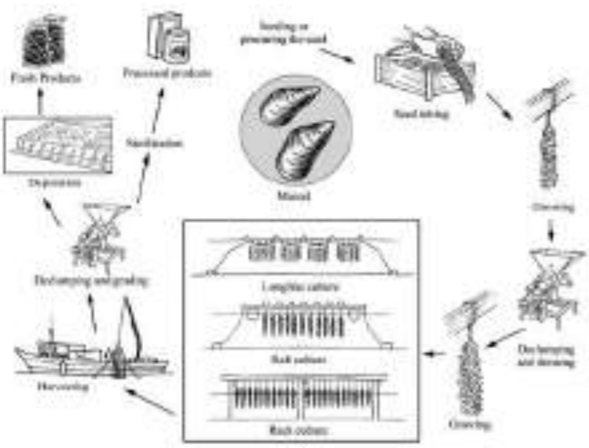


**Fig.8: Fasi produzione specie *M. edulis* (fonte FAO)**

**Fig.9: Fasi produzione specie *M. galloprovincialis* (fonte FAO)**

Generalmente il seme viene raccolto all’interno dell’impianto per mezzo di *attrezzi raschiatori*, sono poche le aziende che lo acquistano all’esterno.

I giovanili si insediano naturalmente sulle strutture del vivaio stesso come funi, boe, ecc; oppure si trovano su banchi naturali come scogliere, elementi di sostegno delle piattaforme marine, pali di legno, ecc. Il periodo per la raccolta è quello primaverile, tra maggio e giugno. All’inizio dell’estate poi i giovanili vengono posti nelle reste (incalzo del seme).

Per agevolare l’inserimento del seme e velocizzare le operazioni vengono utilizzate delle tramogge, che sono delle comuni riempitrici meccaniche, oppure dei tubi in plastica con un diametro adeguato a quello della resta. Dopo che i mitili sono stati inseriti nelle reste, queste ultime sono pronte per l’immersione in mare. Il posizionamento delle reste sulla ventia avviene per agganciamento manuale, cioè si annodano le reste ad essa, la quale poi viene sollevata lentamente dall’acqua. Una volta appese le reste, sulle ventie vengono successivamente posti i vari dispositivi di galleggiamento (gaviboe) per permettere alle stesse di restare in sospensione.

Con la crescita dei mitili, le reste aumentano il loro peso progressivamente e aumenta il rischio che queste possano staccarsi dalla ventia e cadere sul fondo, perdendo di fatto il prodotto irrimediabilmente. Si rende necessaria così l’operazione di reincalzo. Essa avviene dopo circa 2 o 3 mesi dalla prima immersione e può essere effettuata da 1 a 3 volte per ogni ciclo produttivo, in relazione alla velocità di accrescimento dei mitili.

Durante il ciclo di produzione dei mitili sono necessarie anche operazioni di pulizia per eliminare i possibili sedimenti ed incrostazioni che si possono formare sulle reste (il cosiddetto fouling). Tali sedimenti ed incrostazioni sono provocati dall’insediamento di microrganismi, da deposizioni organiche e inorganiche, che a lungo andare hanno come conseguenza la riduzione della crescita dei mitili e nei casi più gravi provocano il soffocamento degli individui, con conseguente sgranatura o mortalità.

Al termine del ciclo produttivo, che varia dagli 8 ai 12 mesi, le reste vengono estratte dall’acqua e issate a bordo dell’imbarcazione, dove si procede alla prima selezione e lavorazione del prodotto che successivamente verrà portato negli stabilimenti per ulteriori controlli (Fig.10).

In fase di raccolta e di prima commercializzazione occorre porre cura sia agli aspetti legati alla qualità e vitalità del prodotto, sia all’adozione di pratiche che ne garantiscano la salubrità. I mitili devono essere raccolti in condizioni ottimali, quando non sono in corso anossie o evidente emissione gametica, che possono diminuire la resistenza alle operazioni di preparazione e trasporto.

Il lavaggio deve essere effettuato con acqua salubre, lo stoccaggio deve avvenire evitando l'eccessivo soleggiamento e il contatto dei mitili con superfici potenzialmente contaminate da agenti chimici o microbiologici. È assolutamente vietata la raccolta di mitili contaminati da tossine algali oltre i limiti consentiti.

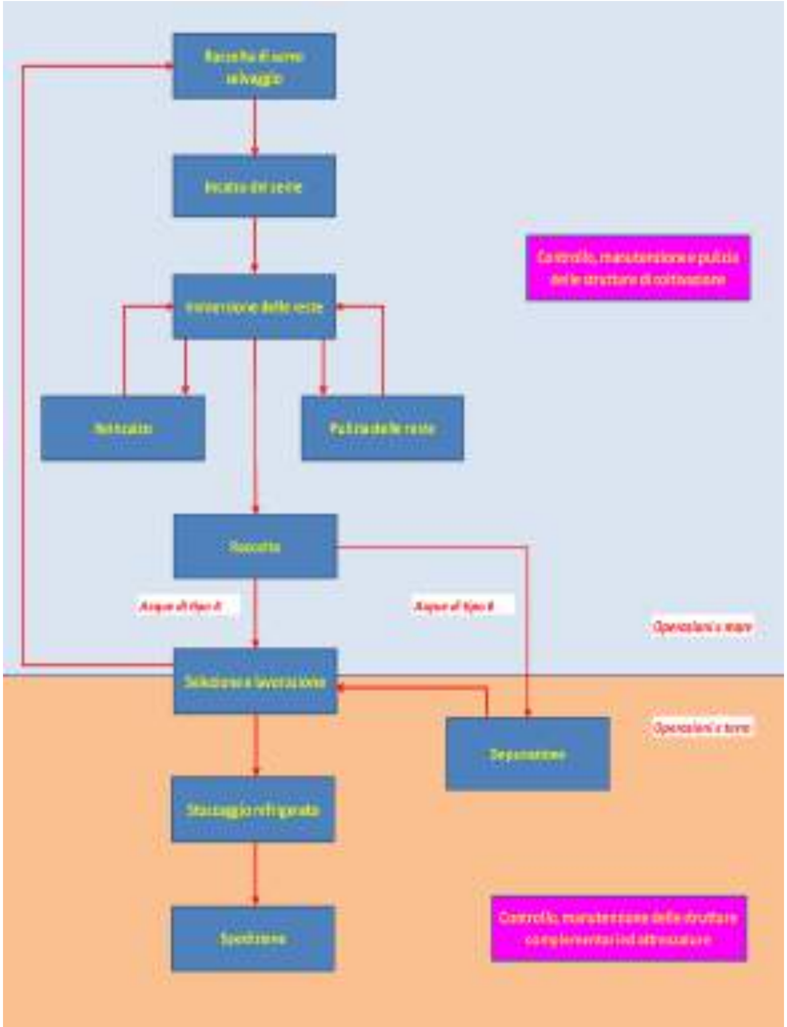


**Fig.10: Schema del processo produttivo dei mitili (fonte: OSEPA).**

La prima fase della selezione del prodotto è la separazione dei mitili, definita sgranatura. Successivamente, vengono selezionati in base alle diverse taglie. A questo punto il prodotto selezionato viene lavato e separato in base alla provenienza:

- ✓ se proveniente da acque di tipo A: viene direttamente confezionato in sacchi in polipropilene di peso variabile tra i 3 e i 20 Kg, accatastato in celle frigorifere e venduto ai centri di spedizione;
- ✓ se proveniente da acque di tipo B: viene prima separato e poi preparato per l'invio ai Centri di Depurazione (fase successiva). In quest'ultima circostanza il prodotto viene portato in un apposito Centro di Depurazione Molluschi (CDM) e la depurazione viene effettuata mettendo i mitili in grandi contenitori, che vengono immersi in acqua filtrata e disinfettata per un certo periodo di tempo.

Terminata la fase di selezione e lavorazione, il prodotto viene confezionato ed è pronto per essere venduto. L'imbarcazione torna alla banchina di ormeggio, dove il prodotto viene caricato su mezzi per la spedizione o il centro di depurazione.

### *2.7. La filiera produttiva*

La tipologia e la localizzazione dell'impianto (laguna o mare aperto), incidono sulla lunghezza della filiera produttiva della mitilicoltura. Prima di entrare nel merito delle diverse tipologie di filiera per la commercializzazione dei mitili, è necessario individuarne i principali attori:

➢ Il produttore, rappresentato dai piccoli pescatori (intesi come individui singoli) o anche le cooperative, che allevano i mitili con lo scopo di commercializzarli;

➢ I centri di depurazione molluschi (CDM), atti alla depurazione o stabulazione dei mitili che sono stati prodotti in zone di tipo B;

➢ Il Centro di Spedizione Molluschi (CSM), ossia lo stabilimento a terra o galleggiante, riservato al ricevimento, alla rifinitura, al lavaggio, alla pulitura, alla calibratura, al confezionamento e all'imballaggio dei molluschi bivalvi vivi già idonei al consumo umano.

Nel caso in cui i mitili siano allevati in impianti in mare aperto, la fase di depurazione non viene effettuata, quindi si possono individuare 3 tipi di filiera:

- Filiera normale: è la tipologia più diffusa, in cui il prodotto viene confezionato dal produttore-allevatore, viene poi venduto al grossista, ed infine arriva alla GDO e al dettaglio tradizionale, i quali poi lo venderanno al consumatore finale. Tra il produttore e il grossista si può inserire un Centro di Spedizione Molluschi (CSM).

  Percorso: PRODUTTORE-→ (CSM)→-GROSSISTA-→ DETTAGLIO →-CONSUMATORE

- Filiera corta: che non è molto comune, il prodotto confezionato dall'allevatore viene venduto direttamente alla distribuzione moderna o alla ristorazione. Infine raggiungerà il consumatore finale.

  Percorso: PRODUTTORE →GDO / RISTORAZIONE→CONSUMATORE

- Filiera allungata: si basa sui passaggi della filiera normale, in cui però si inseriscono tra l'ingrosso e il dettaglio tradizionale altri operatori come ad esempio i mercati ittici.

  Percorso: PRODUTTORE→ (CSM)→GROSSISTA→ MERCATO ITTICO→ DETTAGLIO → CONSUMATORE

Nel caso invece in cui i mitili siano allevati in laguna, e quindi vi sia la necessità della fase di depurazione prima di essere destinati al consumo, la situazione è quella seguente: l'allevatore conferisce il prodotto sfuso non depurato ad un Centro di Depurazione Molluschi (CDM). Di solito tale Centro ha anche la funzione di Centro di Spedizione Molluschi (CSM). Nel CDM il prodotto viene depurato e lavato, segue poi la cernita, il confezionamento e lo stoccaggio. Infine, il prodotto viene venduto al grossista e da qui in poi seguirà le stesse fasi della filiera viste in precedenza.

Per quanto riguarda la vendita dei mitili occorre fare una piccola precisazione: un ruolo molto importante continua ad averlo ancora il dettaglio tradizionale (pescherie, mercati rionali e ambulanti), anche se secondario per quantitativi rispetto alla grande distribuzione moderna.

## 3. LA MITILICOLTURA TARANTINA

### *3.1. Tradizione e storia*

La molluschicoltura assume da sempre un'importanza socio-economica per Taranto.

In tarda epoca romana e nel Medioevo l'ostreicoltura a Taranto era già fiorente, tanto che nel XV secolo, sotto il regno di Ferdinando IV di Borbone, fu necessario regolamentare questa attività; mentre l'attività di mitilicoltura, in particolare nel Mar Piccolo, risale alla fine del XVII secolo e veniva praticata su strutture fisse rimaste pressoché simili fino ai giorni nostri.

Le tecniche di allevamento dei mitilicoltori tarantini si basavano su una conoscenza empirica, la quale per secoli è stata tramandata di padre in figlio. Alla base dell'allevamento, probabilmente, vi era l'intuizione che la gestione del fenomeno naturale della colonizzazione dei substrati duri da parte degli organismi marini, potesse essere vantaggiosa per l'uomo. Tale fenomeno è da sempre più evidente negli ambienti eutrofizzati, quale il Mar Piccolo, dove scogli, moli, banchine, ecc. sono insediarsi da questi organismi, che conferiscono a tali substrati l'aspetto tipico a cui tutti i tarantini sono abituati.

La colonizzazione da parte dei mitili, dei pali e delle cime immerse che delimitavano le antiche peschiere presenti un tempo nel Mar Piccolo, osservata quotidianamente da generazioni di pescatori, ha probabilmente suggerito sia la possibilità di allevare i mitili che le stesse tecniche di allevamento (Fig.11).

**Fig.11:Prime tecniche di allevamento.**

Considerata attività degna d'attenzione e promozione alla fine dell'800 la molluschicoltura tarantina era stata presentata alle esposizioni internazionali di Cornovaglia, Milano e Parigi. Da Taranto la mitilicoltura si è diffusa gradualmente in altre zone del nostro Paese.

L'impulso produttivo sopraggiunge nel secolo scorso in due momenti: intorno agli anni sessanta, con l'introduzione delle reti tubolari in polipropilene al posto dei libani per il confezionamento delle reste di mitili, e intorno ai primi anni ottanta, con la definizione di tecniche di impianti flottanti capaci di sopportare le sollecitazioni del mare aperto, conquistando sempre maggiori spazi e volumi di produzione.

### *3.2. Il Mar Piccolo*

Il Mar Piccolo di Taranto, localizzato all'estremo settentrionale del Golfo di Taranto, è un mare chiuso costituito da due insenature di forma più o meno ellittica denominate *Primo* e *Secondo Seno,* (Fig.12).

**Fig.12: Mar Grande e Mar Piccolo di Taranto.**

L'accesso al Mar Piccolo dal Mar Grande avviene attraverso il canale di Porta Napoli e il canale Navigabile. Nel Mar Piccolo le spiagge sabbiose sono molto ridotte: in effetti, lungo la costa settentrionale del *I Seno* la riva è di natura prevalentemente rocciosa, mentre una zona più sabbiosa e melmosa, con scarsa vegetazione, si riscontra lungo le coste del *Secondo Seno* ed in particolare in località "Palude La Vela".

Il *I Seno* ha un asse maggiore di 4 km circa, mentre l'asse maggiore del *II Seno* misura circa 5 km.

La massa d'acqua del Mar Piccolo è valutabile intorno ai 152 milioni di $m^3$, mentre la sua superficie è di circa 20,7 $km^2$. Per quanto concerne la batimetria, la massima profondità riscontrata nel *I Seno* è di 13 metri, mentre nel *II Seno* è di 10 m.

Geologicamente il Mar Piccolo è stato formato dall'avanzamento della linea di costa a seguito di una regressione marina e di un contemporaneo accumulo di un cordone litorale che, col passare dei millenni, è emerso formando l'attuale area su cui sorge la città di Taranto.

Le caratteristiche chimico-fisiche mostrano un andamento variabile nelle varie stagioni e nei due Seni. Tali variazioni evidenziano livelli crescenti di confinamento andando dal *Primo* verso il *Secondo Seno*, e consentono l'immediato riconoscimento dei due bacini, denotando, nella stessa direzione, una notevole instabilità di quello più confinato.

La temperatura media superficiale, misurata nell'arco di venti anni, varia tra 7,5 e 32,3 °C e la salinità varia tra 33,0 e 37,7 ppt.

L'andamento di questi valori è fortemente influenzato dai 34 "citri", sorgenti sottomarine di acqua dolce, che immettono nel bacino acqua con una salinità media di 2,8 ppt con una temperatura costante di 18 °C.

Sono stati individuati 20 "citri" nel *Primo Seno* e 14 nel *Secondo Seno*. I più importanti corsi d'acqua sono il "Galeso" e il "Citrello" nel *Primo Seno* e il "Le Copre" nel *Secondo Seno*. Di questi piccoli corsi d'acqua il più importante è il "Galeso" che sfocia nel *Primo Seno.*

Altri corsi d'acqua, che risultano meno importanti poiché la loro portata risente fortemente dei ritmi stagionali delle precipitazioni atmosferiche, sono il "Cervaro", il "Rasca" e il "Rubafemmine" tutti localizzati nel *Secondo Seno*.

Questi apporti di acqua dolce determinano le caratteristiche lagunari del Mar Piccolo, in gran parte riconducibili a quelle degli ambienti di transizione costieri in comunicazione con il mare aperto, caratterizzati da un lento ricambio delle acque e da un gradiente di confinamento delle caratteristiche chimico-fisiche che condiziona anche le comunità biologiche, come accennato prima.

In genere, la differenza di temperatura tra le acque superficiali e quella delle acque al di sotto del termoclino si attesta tra i 2 e 3 °C. Tali differenze non sono comunque in grado di giustificare significativi moti convettivi; anzi a causa delle scarse profondità dei due Seni (massima 13 m nel I Seno e 8 m nel II Seno posto a est rispetto al precedente) nei mesi estivi di giugno, luglio ed agosto, a causa delle temperature esterne, il termoclino teorico diviene più profondo della colonna d'acqua.

La temperatura costante in tutta l'altezza della colonna d'acqua annulla la presenza di correnti di compensazione termoalina verticali e alla lunga può rendere il bacino anossico. Tra le principali forzanti idrodinamiche vi sono le maree e l'idrovora dell'ex ILVA posizionata nel I Seno. Inoltre, i flussi di scambio sono anche influenzati dalla presenza di corsi d'acqua superficiali e dalle sorgenti sottomarine (*citri*), che abbassano la salinità delle acque.

In particolare, nel bacino del Mar Piccolo le differenze di salinità e temperatura lungo la colonna d'acqua e i gradienti di densità generano una doppia circolazione superficie-fondo che permette lo scambio con il mare aperto. La circolazione idrodinamica risultante è di tipo estuarino: acqua caratterizzata da minore densità tende a fuoriuscire verso il Mar Grande fluendo superficialmente, mentre, dall'altro lato, acqua più densa e salata penetra attraverso lo strato di fondo e dal Mar Grande entra nel Mar Piccolo. Anche l'effetto delle condizioni atmosferiche in relazione alla morfologia del bacino è ben visibile.

Nel *II Seno*, infatti, a causa del minor ricambio e della minore profondità, le acque nella stagione estiva sono più calde rispetto al *I Seno*; viceversa nella stagione invernale sono più fredde. Per quanto riguarda gli scambi idrici tra i due Seni del bacino, questi avvengono attraverso un braccio d'acqua largo 500 metri circa e ubicato tra Punta Penna (a nord) e Punta Pizzone (a sud).

Dall'analisi degli scambi tra il *I* e il *II Seno* del Mar Piccolo si rileva che la maggioranza del flusso di fondo risulta mediamente in entrata verso il *II Seno*, eccetto che nella parte Sud del canale, verso Punta Pizzone, dove il flusso si inverte. Al contrario, in superficie si rileva un flusso di corrente che dal *II Seno* procede verso il *I Seno* per poi confluire nel Mar Grande.

Gli scambi tra le acque del Mar Piccolo e quelle del Mar Grande avvengono ad ovest della Città Vecchia, attraverso il canale di Porta Napoli (largo 25 metri e profondo 2,5 metri) e, ad est della Città Vecchia, mediante il canale artificiale detto Navigabile (lungo 375 metri, largo 73 metri e profondo 13 metri). Il ricambio delle acque legato agli scambi con il Mar Grande è dovuto a vari fattori tra cui i moti di marea, l'interazione del vento con la morfologia del bacino ed i fenomeni termoalini. Le maree sono di tipo semidiurno con escursione massima di circa 30 cm. Ogni fase di marea ha la durata di 6 ore e tra esse si interpone un periodo di inversione di circa 2 ore. Nello specifico, l'analisi dei dati di corrente e di marea nel Canale Navigabile ha evidenziato che gli scambi con il mare aperto avvengono mediante una doppia circolazione lungo la colonna d'acqua in cui negli strati più profondi la corrente è diretta verso il Mar Piccolo – *I Seno*, mentre negli strati più superficiali la corrente procede verso il Mar Grande. In riferimento alle velocità raggiunte dalle correnti, occorre precisare che le velocità medie annuali del bacino risultano molto basse variando in un intervallo tra

0 e circa 20 cm/s. Le velocità medie di corrente nel I Seno risultano molto basse, nel range 3-5 cm/s, i massimi valori di corrente pari a circa 30 cm/s, sono raggiunti nel Canale Navigabile. Il *II Seno* presenta invece velocità inferiori e dell'ordine di pochi centimetri al secondo. La velocità al fondo, sia nel *I* e sia nel *II Seno* risultano in generale inferiori rispetto a quelle in superficie, in particolare nel *II Seno* si rilevano le velocità più basse dell'ordine di 1-2 cm/s. Le maggiori velocità di correnti si riscontrano nella stagione invernale sia per il I e sia per il II Seno.
L'idrodinamismo ridotto del bacino e le caratteristiche mineralogiche delle rocce affioranti nel bacino idrografico determinano, nel I *Seno*, l'instaurarsi di una sedimentazione prevalentemente pelitica (da un punto di vista granulometrico) e argillosa (da un punto di vista mineralogico). Peliti sabbiose o molto sabbiose caratterizzano le aree prossime alle bocche di collegamento con il Mar Grande e con il *II Seno* posto a Est.

### *3.3. Le aree concesse per la mitilicoltura*

La concessione demaniale di uno specchio acqueo (composto da una o più aree assentite ad attività di mitilicoltura) destinato alla produzione di molluschi bivalvi avviene tramite procedura ad evidenza pubblica, nel rispetto dei principi di non discriminazione, parità di trattamento, imparzialità, trasparenza, proporzionalità, efficienza, libertà di concorrenza e libertà di stabilimento, come sanciti dagli articoli 28-30 e 43-55 del Trattato sul funzionamento dell'Unione Europea, nonché dalla Legge Regionale di riferimento.
L'area oggetto della precitata procedura è classificata ai fini della produzione di molluschi bivalvi vivi ai sensi del Regolamento (CE) n. 854/2004 del Parlamento europeo e del Consiglio del 29 aprile 2004, così come modificato dal Regolamento (UE) n. 2285/2015 della Commissione dell'8 dicembre 2015, e ai sensi della Delibera di Giunta Regionale n. 786 del 24/06/1999 e ss.mm.ii.
Lo specchio acqueo viene concesso nello stato di fatto e di diritto in cui si trova al momento della consegna e il concessionario deve curare, sulla base delle direttive della competente Autorità Marittima, l'approvvigionamento e il posizionamento di idonei segnalamenti.
L'atto concessorio verrà stipulato, in forma pubblica amministrativa. Tutti gli oneri e le spese di registrazione, di bollo e per imposte e tasse, presenti e future, comunque conseguenti alla stipula dell'atto di concessione, sono a carico esclusivo del concessionario. Per quanto concerne gli impianti eventualmente insistenti nello specchio acqueo oggetto di concessione, se presenti al momento della consegna, il concessionario assume l'obbligo di curare la relativa rimozione in caso non intenda utilizzarli ai fini dell'esercizio della concessione.
L'uso dello specchio acqueo è regolato dalla disciplina della concessione, dall'atto di concessione, dal Codice della Navigazione marittima e dal relativo Regolamento di esecuzione, da norme e disposizioni che regolamentano la gestione di zone classificate ai fini della produzione di molluschi bivalvi. Il concessionario è obbligato a gestire lo specchio acqueo nel pieno rispetto della normativa sulla produzione di molluschi bivalvi vivi, consentendo prelievi e campionamenti all'Autorità competente in accordo con il "Piano di monitoraggio dei corpi idrici superficiali della Regione Puglia" vigente. Restano a cura e spese del concessionario l'esecuzione delle opere necessarie a mantenere i beni concessi idonei all'utilizzo cui sono destinati.
Il concessionario è obbligato a corrispondere, senza eccezioni di sorta, i canoni nella misura determinata ai sensi delle vigenti disposizioni di legge, come anche ai sensi di normative sopravvenute che saranno eventualmente emanate durante il periodo di validità del titolo concessorio. Il canone è comprensivo del diritto d'uso dell'area demaniale, con l'obbligo al

concessionario della custodia e manutenzione ordinaria e straordinaria del bene stesso secondo quanto previsto dal presente documento.
Per il primo anno, l'ammontare del canone dovuto dovrà essere versato anticipatamente alla sottoscrizione dell'atto di concessione. Il concessionario è direttamente responsabile verso l'Amministrazione concedente dell'esatto adempimento degli oneri assunti. Egli sarà totalmente ed esclusivamente responsabile verso i terzi per i danni derivanti dall'uso dei beni concessi e si impegna a manlevare in maniera assoluta l'Amministrazione concedente da qualsiasi azione, danno o condanna che ad essa potesse derivare da parte di chiunque, e per qualunque motivo, in dipendenza della presente concessione.

### *3.4. Perimetrazione delle aree concedibili alla mitilicoltura*

Gli spazi concedibili nel *Mar Piccolo* di Taranto sono localizzati nel *I Seno* e nel *II Seno* unicamente all'interno delle aree delimitate per tale finalità *dall'Ordinanza della Capitaneria di Porto n. 107/2005* e successivamente modificata e integrata con *Ordinanza n. 222/2009.*
Nel *Primo Seno* è consentita la sola fase di *captazione dei giovanili e primo ingrasso*, sino al 28 febbraio di ciascun anno (*Ordinanza Presidente della Giunta Regionale n. 532/2018*). Entro tale data deve essere completata la movimentazione del novellame (Fig. 13).
Nel *Secondo Seno* è consentito l'allevamento dei mitili (Fig.14).

**Fig.13: Allevamenti in *Primo Seno.***

**Fig.14: Allevamenti in *Secondo Seno.***

All’interno di ciascuna area assentita ad attività di mitilicoltura in base a quanto disposto dalla succitata Ordinanza della Capitaneria di Porto, sono state identificate le singole zone adeguate alle installazioni di “Campi di mitili” (Fig.15, Fig.16).
Tale valutazione ha tenuto conto dell’andamento batimetrico dei fondali, della presenza lungo la costa di canali e corsi d’acqua, dei potenziali punti di approdo e punti di sbarco, delle necessarie distanze di sicurezza ai fini della navigazione dei mezzi nautici e del passaggio degli stessi tra i campi di mitili.

**Fig.15: Delimitazioni delle aree assentite per la mitilicoltura nel Mar Piccolo I Seno (fonte: Ordinanza della Capitaneria di Porto 107/2005 successivamente modificata e integrata con Ordinanza 222/2009).**

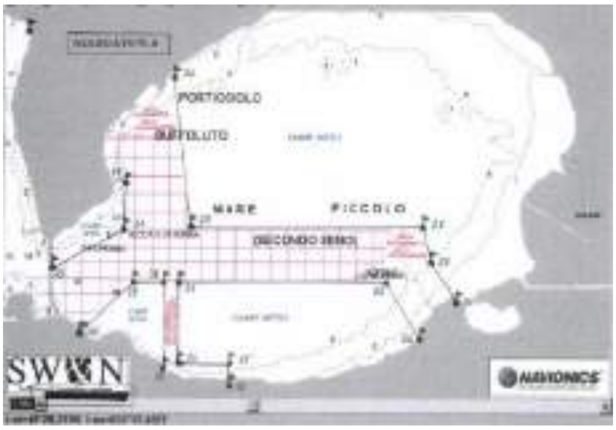



**Fig.16: Delimitazioni delle aree assentite per la mitilicoltura nel Mar Piccolo II Seno (fonte: Ordinanza della Capitaneria di Porto 107/2005 successivamente modificata e integrata con Ordinanza 222/2009).**

A seguito di tali considerazioni, è stata identificata una perimetrazione su base cartografica dei singoli moduli concedibili per mitilicoltura, ciascuno di forma rettangolare aventi una estensione di 2 Ha e di dimensioni 125 metri x 160 metri (Fig.17).
La posizione e orientazione dei singoli moduli è stata definita considerando, altresì, i flussi principali delle correnti di circolazione marina al fine di consentire idonee condizioni di sviluppo dei mitili.
Le aree concedibili hanno un’estensione complessiva di circa 6.020.000 metri quadrati (602 ettari).

**Fig. 17: Aree concedibili per la mitilicoltura.**

### *3.4.1. Aree per la captazione del seme*

Nel *Primo Seno* sono pianificate n. 63 Aree da 2 ettari ciascuna, per una superficie totale concedibile pari a 1.260.000 metri quadrati (126 ettari). Le precitate Aree sono ripartite in n. 6 Settori identificati con le lettere A, B, C, D, E, F.

I singoli Settori sono così composti: Settore A n. 4 Aree; Settore B n. 8 Aree; Settore C n. 27 Aree; Settore D n. 6 Aree; Settore E n. 10 Aree; Settore F n. 8 Aree.

Tali superfici sono utilizzabili per la sola fase di captazione dei giovanili e primo ingrasso, sino al 28 febbraio di ciascun anno (Ordinanza Presidente della Giunta Regionale n. 532/2018).

### *3.4.2. Aree allevamento II Seno*

Nel *Secondo Seno* sono pianificate n. 238 Aree da 2 ettari ciascuna, per una superficie totale concedibile pari a 760.000 metri quadrati (476 ettari).

Tali superfici sono utilizzabili per l'allevamento dei mitili.

Le precitate Aree sono ripartite in n. 13 Settori identificati con le lettere G, H, I, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U.

Complessivamente nel Mar Piccolo *Secondo Seno* sono state individuate 238 Aree (tot. Superficie 238 x 2Ha) = 476 Ha.

Il totale delle Aree nel Mar Piccolo (*I e II Seno*) è quindi pari a 126 (*I seno*) + 476 (*II seno*) = 602 Ha.

### *3.4.3. Aree allevamento Mar Grande*

Nel *Mar Grande* sono pianificati n. 183 moduli, per quest'area è stata valutata una estensione dei singoli moduli pari a 12000 mq (con dimensione pari a 150 x 80m) in modo da consentire un maggior numero di aree disponibili (Fig.18). I singoli Settori sono così composti: Settore A – n. 6 Aree, Settore B – n. 15 Aree, Settore C – n. 18 Aree, Settore D – n. 26 Aree, Settore E – n. 24 Aree, Settore F – n. 24 Aree, Settore G – n. 17 Aree, Settore H – n. 34 Aree.

La superficie totale disponibile per impianti di mitilicoltura è quindi pari a circa 219,6 Ha.

**Fig. 18: Aree di allevamento Mar Grande.**

Le aree in concessione devono essere separate da un'adeguata distanza che consenta la distinzione delle titolarità e il transito dei mezzi di gestione dell'allevamento e di controllo del prodotto da parte degli Organi competenti. In particolare, l'attuale pianificazione spaziale degli spazi presenta una distanza minima di 20 metri fra file adiacenti di aree e 5 metri procedendo da largo verso costa. Tra i

settori contrassegnati con le lettere, è stata prevista una distanza minima di 50 metri opportunamente aumentata in corrispondenza delle potenziali aree di sbarco. Tali distanze minime devono essere assicurate dai concessionari.

Ogni Area concessa è caratterizzata da un codice univoco composto dal nome del Settore di appartenenza e da un numero identificativo, secondo la mappa definita dall'amministrazione, (ad esempio: "B1" oppure "E8" oppure "O15" oppure "U4"). Ciascun concessionario è tenuto a posizionare a ciascuno dei quattro vertici dell'area in uso, una boa biconica gialla. La boa biconica gialla posizionata al vertice di sud-ovest della concessione deve essere munita di bandierina e deve avere applicata una targhetta identificativa della concessione. Sulla targhetta devono essere incise le seguenti informazioni:

- N° della concessione rilasciata e data di rilascio;
- Codice univoco della concessione (Settore e Aree);
- Ragione sociale dell'impresa concessionaria.

### *3.5. Tipologia impianto*

La struttura dell'impianto è costituita da una serie di moduli paralleli fra loro, organizzati secondo il sistema monoventìa o biventìa, cioè con una o due cime principali sospese sulla stessa serie di galleggianti.

Ogni modulo è costituito da una cima, generalmente di polipropilene, denominata ventìa, il cui spessore varia fra i 40 e i 50 mm e la cui lunghezza non è inferiore a 6 metri. Il long-line si compone di un numero compreso fra 10 e 20 ventìe. I galleggianti sono boe in polietilene HD per allevamento mitili in vari colori e generalmente delle dimensioni variabili (generalmente di 1 metro di lunghezza). I galleggianti posti alle due estremità della ventìa sono ancorati al fondo tramite corpi morti in cemento, aventi funzione di ancoraggio, con cavi in polietilene o polipropilene, la cui lunghezza varia relativamente alla batimetria del sito.

La ventìa ha la funzione di sostenere le reste, calze tubulari in cui vengono innestati i mitili e che fungono da supporto alla crescita. Le calze, generalmente in polipropilene, hanno una lunghezza che va da 4 a 6 metri, sono situate a una distanza di circa 40-50 cm l'una dall'altra e hanno maglie la cui dimensione è funzione della taglia dei mitili. La distanza fra i galleggianti portanti le ventìe parallele è compresa fra i 10 e i 20 m (Fig.19).

**Fig. 19: Impianto di allevamento.**

*Boe e galleggianti*
Ogni concessione deve adottare galleggianti dello stesso colore e della stessa lunghezza (salvo diverse indicazioni per eventuali zone di stabulazione), avendo cura di adottare colori diversi dalle concessioni attigue, al fine di distinguere la titolarità dell'area.

*Calze*
La lunghezza massima delle reste deve essere tale da assicurare una distanza minima dell'estremità più profonda di almeno 1 metro dal fondo.

*Gestione dei rifiuti*
Le reste e altri materiali di consumo risultanti dall'attività di mitilicoltura costituiscono un rifiuto da attività produttiva e, quindi, vanno smaltiti come "rifiuti speciali". Il costo del corretto smaltimento del rifiuto speciale è a carico del produttore.
Qualora non sia possibile smaltire correttamente, come rifiuto speciale, le attrezzature dismesse ed il materiale di consumo derivanti dell'attività di mitilicoltura, essi devono comunque essere riportati a terra e conferiti presso i centri di raccolta resi disponibili dall'Amministrazione comunale.
L'utilizzo di fibre sintetiche per le varie fasi di allevamento comporta indubbi vantaggi per gli operatori ai quali però si associano gli impatti negativi sull'ambiente marino soprattutto a causa del loro abbandono. Le fibre sintetiche sono infatti degradabili, risentono in misura limitata della degradazione determinata dalla luce, sono molto più resistenti all'abrasione e quindi in definitiva hanno una durata molto maggiore rispetto alle fibre naturali. Allo stesso tempo non subendo processi di degradazione in breve tempo, si accumulano provocando alterazioni nell'ambiente bentonico e nella rete trofica marina e inquinamento da macro e microplastiche.
Pertanto, con particolare riferimento alla gestione delle calze in materiale plastico, il concessionario è tenuto a non disperdere in mare alcun tipo di attrezzatura dismessa e materiale di consumo utilizzato durante le fasi di lavorazione condotte in mare o a terra.

### *3.6. Ciclo di allevamento*

#### *3.6.1. Raccolta e preparazione del seme*

Il ciclo di allevamento dei mitili inizia con l'immersione delle cime per la raccolta delle larve planctoniche che vivono nella colonna d'acqua. Tali cime sono dette "stramazzi" e non sono altro che le "ventie", spesso usurate e di sezione inferiore di quelle che solitamente delimitano le "camere", poste in superficie perpendicolarmente alla linea di costa e distanti l'una dall'altra 25-30 cm (Fig. 20). Più "stramazzi" sistemati in parallelo costituiscono il cosiddetto "letto del seme" o "radicola o graticola".
Si praticano tradizionalmente due cicli di raccolta delle larve: il primo nel periodo di novembre-dicembre e il secondo nel periodo di gennaio-febbraio. Questa pratica, ormai consolidata, deriva dalla conoscenza empirica che i mitilicoltori hanno del ciclo biologico dei mitili nei mari di Taranto, ciclo che la ricerca scientifica ha confermato.
Gli "stramazzi" sono immersi prima del periodo in cui normalmente le larve dei mitili abbandonano la vita planctonica e si insediano sui substrati duri, al fine di permettere ad altri organismi pionieri di rendere adatto, cioè "maturo", il substrato per la colonizzazione da parte delle larve.

**Fig. 20: Letto di fibre vegetali dove aderisce il seme.**

### *3.6.2. Semina e accrescimento*

Nel successivo periodo di aprile-maggio, gli “stramazzi”, anneriti dalla presenza di decine di migliaia di piccolissimi mitili (Fig. 21), sono tagliati e appesi in serie negli impianti di allevamento. Le estremità di ciascun pezzo di “stramazzo” sono legate insieme in un unico punto (in gergo si dice legate a “visazz”, cioè la borsa) per impedire ai mitili insediati nella parte superiore dello “stramazzo” di schiacciare quelli sottostanti.

**Fig.21: Captatori ricoperti di *seme.***

Dopo quasi un mese, all’incirca a maggio-giugno, i piccolissimi mitili (lunghi appena alcuni millimetri), che formano un insieme in gergo detto “sument” (cioè “seme”), vengono staccati dallo “stramazzo” con una particolarissima tecnica che consente di non danneggiare l’organo del bisso. Tale tecnica prevede un movimento particolare delle mani in cui il pollice gioca un ruolo chiave introducendosi nella matassina formata dal bisso dei piccoli mitili senza danneggiarlo; i mitili, tuttavia, non vengono staccati uno ad uno ma in piccoli gruppi, detti “chioppe”, proprio al fine di non causare danni al “seme”. Le “chioppe” vengono quindi innestate in retine tubolari di 60 mm di diametro.

La retina tubolare subito dopo l’innesto dei piccoli mitili è ben visibile. A mano a mano che i mitili crescono e si portano verso l’esterno per filtrare meglio l’acqua di mare e nutrirsi, la retina viene ricoperta dagli stessi mitili e si trasforma nella “zoca di cozze” o “pergolaro” vero e proprio (Fig. 22).

I “pergolari” vengono appesi alle “ventie” e alle “crociere” dei “quadri” attraverso un nodo parlato, detto in gergo “coda di pala”, che ha la caratteristica di essere di rapida esecuzione e scioglimento e di serrarsi con il peso del “pergolaro” stesso.

**Fig.22: “zoca di cozze” o “pergolaro”.**

### *3.6.3. Allevamento*

L’intero ciclo di allevamento comprende più innesti; infatti, i mitili, crescendo, aumentano in dimensione e, pertanto, devono essere diradati e reinnestati in retine tubolari di diametro maggiore, altrimenti morirebbero. Essi vengono reinnestati sempre in gruppi (“chioppe”).

Il secondo innesto è effettuato in una retina di 80 mm di diametro, di consuetudine, nel periodo tra novembre e gennaio dell’anno successivo al reclutamento del seme; il terzo innesto avviene tra marzo e aprile, in una retina da 100 mm di diametro; talvolta, può rendersi necessario un quarto innesto, prima dell’estate, in una retina da 120 mm di diametro.

Molti altri organismi marini si insediano sui “pergolari” e sui mitili stessi, ostacolandone in genere la crescita e arrivando persino ad impedire l’apertura delle valve. Tali organismi, appartenenti a circa 20 gruppi zoologici diversi, “sporcano” il prodotto e ne diminuiscono il valore commerciale. Molti sono ben noti anche con il loro nome volgare o dialettale; si tratta di balani o “denti di cane”, di serpulidi detti “vescia”, di diverse specie di ascidie, di spugne dette “’u pan”, di briozoi, ecc. Per eliminare questi organismi, i mitilicoltori espongono all’aria i “pergolari” per circa 24 ore ogni 40-50 giorni.

Tale operazione, detta “sciorinatura”, sfrutta la capacità dei mitili di sopravvivere fuori dall’acqua. Gli altri organismi, invece, muoiono. Per le operazioni di “sciorinatura” si usa una struttura chiamata “fusolo” (Fig. 23).

Questa è costituita da una serie regolare di pali disposti perpendicolarmente alla costa e distanti circa 5 metri l’uno dall’altro. Su di esso le “zoche” poste a “sciorinare” sono disposte come dei festoni. Al termine della “sciorinatura”, il “pergolaro” viene nuovamente immerso.

Esso viene lasciato cadere in acqua con violenza facendo sì che l’impatto con la superficie del mare lo interessi per tutta la sua lunghezza. In questo modo, gli organismi che si erano insediati sui mitili e che sono morti a causa dell’esposizione all’aria si staccano.

**Fig.23: “*Sciorinatura*”.**

Dopo la “sciorinatura”, i “pergolari” vengono riappesi alle cime capovolti, vale a dire con in superficie l’estremità che prima si trovava in profondità. Questa operazione fa sì che tutti i mitili raggiungano più o meno la stessa taglia alla fine del ciclo di allevamento. Il “capovolgimento” dei “pergolari” è programmato durante le operazioni di prelievo degli stessi per la “sciorinatura”; il loro prelievo, infatti, segue un ordine ben preciso affinché essi vengano stesi sul “fusolo” nella stessa successione che hanno sulle “ventie”.
Al termine della fase di “sciorinatura”, i “pergolari” sono caricati sulla barca nello stesso ordine ma disposti in modo da essere prelevati per venire immersi capovolti. La “sciorinatura”, metodo naturale per eliminare gli organismi che “sporcano” i mitili, è un’operazione molto faticosa; infatti, i mitilicoltori devono sollevare i “pergolari”, che possono pesare anche 35-40 chili ciascuno, per diverse volte al giorno. Inoltre, la “sciorinatura” da sola assorbe oltre il 30% delle ore necessarie per le operazioni di allevamento

**Ciclo di allevamento -** *Raccolta*
Le cozze tarantine che arrivano sulle nostre tavole, quindi, hanno circa 16-17 mesi di vita e misurano circa 6-7 cm di lunghezza.
Tale durata del ciclo di allevamento implica che i mitilicoltori debbano occuparsi contemporaneamente dei mitili adulti, da vendere nella primavera - estate dello stesso anno, e del “seme” da raccogliere per poter produrre individui adulti da commercializzare nella stagione dell’anno successivo.
Le reste mature vengono issate sulla barca e trasferite al Centro di Depurazione.

**Ciclo di allevamento -** *Stabulazione*
Sono presenti quattro Zone di Stabulazione, registrate ai sensi del Reg. 852/04/CE, in Mar Grande Nord -Tarantola.

**Ciclo di allevamento -** *Depurazione*
Il Regolamento n. 853/2004 definisce “Centro di Depurazione di molluschi bivalvi” lo stabilimento comprendente bacini alimentati con acqua marina pulita, in cui i molluschi bivalvi vivi sono collocati per il tempo necessario alla riduzione dei contaminanti, affinché diventino idonei al consumo umano.

Prima della depurazione i molluschi bivalvi vivi devono essere liberati dal fango e dai detriti accumulati con acqua pulita.
Il sistema di depurazione deve consentire che i molluschi bivalvi vivi riprendano rapidamente a nutrirsi mediante filtrazione, e che si elimini la contaminazione residua e che non vengano ricontaminati. È fondamentale una volta depurati, mantenere la vitalità dei bivalvi in condizioni idonee per il confezionamento, la conservazione e il trasporto prima di essere commercializzati.
La quantità di molluschi bivalvi vivi da depurare non deve essere superiore alla capacità del Centro di Depurazione. I molluschi devono essere depurati ininterrottamente per il periodo necessario affinché siano conformi alle norme sanitarie e ai requisiti microbiologici adottati ai sensi del Regolamento (CE) n. 854/2004.
Qualora un bacino di depurazione contenga diversi lotti di molluschi bivalvi vivi, gli stessi debbono essere della medesima specie e il trattamento deve estendersi in funzione del periodo richiesto dal lotto che necessita della depurazione più lunga.
I contenitori in cui vengono collocati i molluschi bivalvi vivi negli impianti di depurazione devono essere costruiti in modo che l'acqua di mare pulita possa passare; lo spessore degli strati di molluschi bivalvi vivi non deve ostacolare l'apertura dei gusci durante il processo di depurazione (Fig.24).

**Fig.24: Impianto di depurazione per molluschi.**

Nel bacino in cui sono sottoposti a depurazione molluschi bivalvi vivi non devono essere tenuti crostacei, pesci o altri animali marini.
Ogni confezione di molluschi bivalvi vivi depurati inviata a un centro di spedizione deve essere munita di un'etichetta attestante che i molluschi sono stati depurati.

**Ciclo di allevamento -** *Spedizione*

Il Regolamento CE 853/2004 definisce "Centro di Spedizione di molluschi bivalvi" l'impianto, a terra o galleggiante, riconosciuto dal Ministero della Sanità, riservato al ricevimento, alla rifinitura,

al lavaggio, alla pulitura, alla calibratura ed al confezionamento dei molluschi bivalvi vivi idonei al consumo umano.
I molluschi bivalvi vivi lavorati presso un Centro di Spedizione devono provenire da:
- una zona di produzione di classe A;
- una zona di stabulazione;
- un centro di depurazione;
- un altro centro di spedizione.

Le operazioni di manipolazione dei molluschi bivalvi vivi, in particolare la rifinitura, la cernita, il confezionamento e l'imballaggio non devono provocare contaminazioni del prodotto né alterarne la vitalità.
Il Reg. CE 854/04 chiarisce che una volta confezionati e usciti dal centro di spedizione, i molluschi bivalvi vivi non devono essere immersi nuovamente in acqua di mare o aspersi d'acqua, tranne per quanto concerne la vendita al dettaglio operata dallo speditore stesso.

**Ciclo di allevamento -** *Marchio d'identificazione e bollo sanitario*
Gli operatori del settore alimentare potranno immettere sul mercato un prodotto di origine animale manipolato in uno stabilimento soggetto al riconoscimento, a norma dell'art. 4, paragrafo 2, solo se lo stesso prodotto è stato contrassegnato da un marchio di identificazione apposto ai sensi dell'Allegato II, Sezione I, del Regolamento n. 853/2004/CE ai prodotti di origine animale non trasformati, trasformati ed ai prodotti primari individuati ai sensi del Regolamento n. 853/2004/CE.
Il marchio di identificazione deve riportare ben evidenti:
- il Paese speditore;
- la specie di molluschi bivalvi con la denominazione in lingua italiana e con la denominazione scientifica; i molluschi contenuti in ciascun collo devono appartenere ad un'unica specie;
- l'identificazione del Centro di Spedizione o di Depurazione per mezzo del numero di riconoscimento rilasciato dall'autorità competente del Paese di produzione;
- la data di confezionamento riportante almeno il giorno e il mese;
- la data di scadenza, o in alternativa, la menzione "I molluschi bivalvi devono essere vivi al momento dell'acquisto".

## 4. CONCLUSIONI

Dalle informazioni raccolte nella presente indagine emerge che per la mitilicoltura nazionale ci siano ancora i margini per rafforzare le quote di produzione, seppure in un regime di forte concorrenza proveniente soprattutto da Paesi emergenti.

Un dato certo è la forte concentrazione della produzione in un ristretto periodo di tempo; questo fa sì che per molti mesi dell'anno, sostanzialmente da fine estate all'inizio della primavera successiva, il prodotto locale non venga praticamente commercializzato, determinando un maggiore volume delle importazioni da Paesi quali Spagna e Grecia.

Altro importante fattore emerso è che le imprese di mitilicoltura in Italia sono concentrate in alcuni poli produttivi, localizzati in funzione delle caratteristiche idrologiche e trofiche delle acque di allevamento. Le principali zone di produzione derivano da una tradizione storica di antica origine, altre hanno acquisito rilevanza con l'avvento di impianti off-shore, e la "conquista" di zone in mare aperto.

La normativa dell'Unione Europea dedica ampio spazio al controllo dei molluschi bivalvi vivi, il Decreto Legge 530/92 che segue la direttiva 91/492/CEE, stabilisce i parametri sanitari da osservare nelle varie fasi dell'allevamento, a questi è stato affiancato il Reg. (CE) 852/2004, nonché i requisiti specifici del Reg. (CE) 853/2004, che hanno esteso il controllo igienico-sanitario degli alimenti anche alla produzione primaria. Pertanto, nell'ambito della nuova legislazione, i molluschi bivalvi vengono ad essere disciplinati lungo tutta la filiera alimentare fino al consumatore finale. Inoltre, l'adozione di un *Manuale di buona prassi igienica* rivolto ai responsabili delle imprese di molluschicoltura, alfine di indirizzare la categoria all'applicazione di regole generali e specifiche per l'igiene delle produzioni, definendo i concetti e i termini fondamentali, le problematiche di carattere sanitario collegate alle attività e ai prodotti, i modi di operare e i comportamenti che si possono adottare per agire correttamente dal punto di vista igienico.

La realtà produttiva della mitilicoltura rappresenta da sempre una delle attività più interessanti per l'economia del Golfo di Taranto, vantando una antica tradizione e potenziali prospettive di sviluppo. La corretta gestione delle aree di produzione nel Mar Piccolo, date in concessione per lo svolgimento delle attività di mitilicoltura, è fondamentale per attuare politiche e percorsi di valorizzazione, qualificazione e regolamentazione del comparto produttivo, al fine di garantire tanto la sostenibilità ambientale del sito di produzione quanto la sostenibilità economica delle produzioni, stimate intorno alle 30 mila tonnellate annue, una parte di queste commercializzata in altre regioni

Le informazioni raccolte hanno contribuito a comprendere che l'andamento del processo produttivo, è particolarmente influenzato sia dalle condizioni ambientali sia dalle scelte dell'allevatore nella tempistica e nelle metodologie da adottare; la fase di *incalzo*, la densità nelle reste, la commercializzazione sono elementi di gestione sui quali è opportuno focalizzare l'attenzione per avviare un processo di innovazione che contribuirà a rafforzare la competitività e la redditività delle imprese del settore.

## 5. BIBLIOGRAFIA


- A.A.V.V., 2015 - “Studi ed indagini rivolti al miglioramento della mitilicoltura in Emilia Romagna”, Edizioni a cura di M.A.R.E. Società Cooperativa del Consorzio mitilicoltori dell’Emilia-Romagnara, Tipografia GREENTIME, pagg. 1-145.
- CECCHERELLI V.U., 1983-84 - “Dinamica di popolazione di *Mytilus galloprovincialis* LAMK. in banco naturale ed in parchi di allevamento” - Nova Thalassia 6, Suppl.: 207-212.
- CORRIERO G., LEMBO G., LONFO C., NONNIS MARZANO C., PORTACCI G., SPEDICATO M.T., 2001 - “Valutazione comparativa dell’accrescimento e della gestione di *Mytilus galloprovincialis* LAM. in differenti condizioni ambientali di allevamento” - Biol. Mar. Medit., 8 (1): 574-576.
- Corbelli V., Capasso G., Velardo. R. 2019 - DISCIPLINARE D’USO E GESTIONE DELLE AREE CONCESSE PER ATTIVITÀ DI MITILICOLTURA NEL MAR PICCOLO E MAR GRANDE DI TARANTO.
- GENOVESE S., 1959 - “Sull’accrescimento di *Mytilus galloprovincialis* Lamarck” - Atti Soc. Peloritana Sc. Fis. Mat. Nat., 5, 27.
- GIULINI G., MIETTI N., MAFFEI M., 2000 - “Determinazione dei parametri qualitativi del prodotto ittico per la definizione di standard di qualità. Rap” - MiPAF, DGPA IV P. T. Pesca e Acquacoltura.
- GRIMALDI E., PELLIZZATO M., 1990 - “Cenni storici sulla pesca e sull'allevamento dei molluschi bivalvi nella Regione Veneto”. Edizioni *Tapes philippinarum* - Biologia e Sperimentazione, Regione Veneto - E.S.A.V., pagg. 11-20.
- PRIOLI, G., 2002 - “Censimento nazionale sulla molluschicoltura del consorzio UNIMAR” - Roma, 2002.
- PRIOLI P., MIETTI N., MALORGIO G., FIORI F., MATARAZZO D., 2003 - “Utilizzo a scopo produttivo di metodiche innovative nell’allevamento di *Mytilus galloprovincialis* (LAM.). Rapporto” - Ministero per le Politiche Agricole e Forestali, Direzione Generale della Pesca e Acquacoltura nell’ambito del V Piano. Triennale della Pesca e dell’acquacoltura.
- ROSSI R., PAESANTI F., E. TUROLLA. 1998. Prove di riproduzione controllata di Molluschi Bivalvi. Biol. Mar. Medit., 5 (3): 1888-1895.
- TURSI A., MATARRESE A., CECERE E., RIBECCO N., 1985 - “Confronto tra l’accrescimento di *Mytilus galloprovincialis* LAM. nel Mar Piccolo e nel Mar Grande di Taranto” - Nova Thalassia, 7, Suppl. 3: 367-372.
- VALLI G., CERNECA F., FERRANTELLI N., 1975 - “Caratteristiche dell’accrescimento e del periodo riproduttivo in un allevamento sperimentale di *Mytilus galloprovincialis* LAM.” - Boll. Pesca Piscic. Idrobiol. 30,2:299-313.

# MI AMI

Materiali Innovativi
per l'Allevamento Mitili