



## RELAZIONE TECNICA

# **Trattamento di calze per mitilicoltura per la gestione e il recupero del materiale plastico di scarto.**

### **Obiettivi**

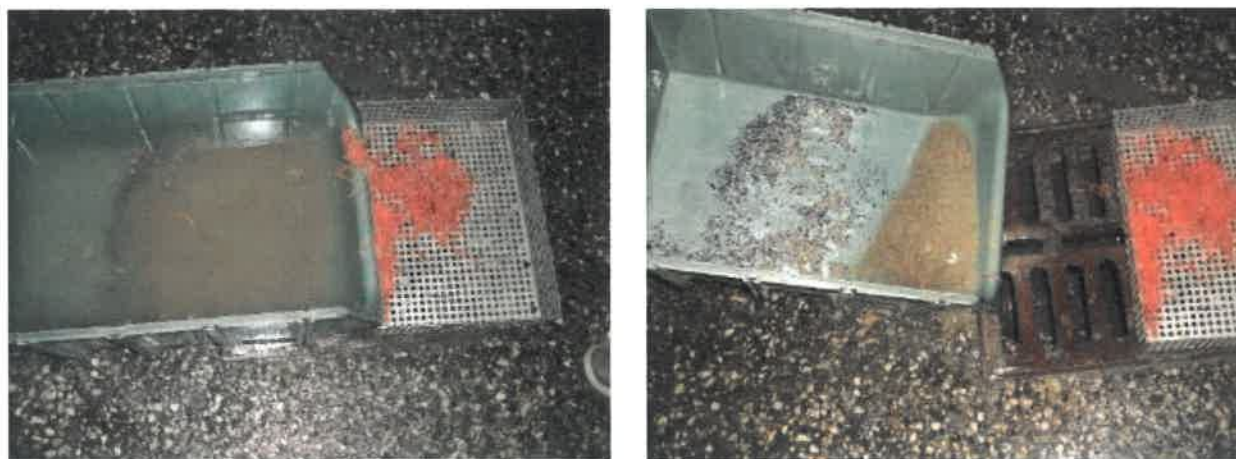
Per garantire la possibilità di riutilizzo del materiale di cui sono composte le calze da mitilicoltura, l'attrezzatura da progettare deve riuscire a separare in maniera efficiente e ripetibile le componenti plastiche da quelle organiche (bisso, frammenti di gusci, interi molluschi). Ricevendo in ingresso tratti di rete tubolare in polipropilene appena usciti dal processo di sgranatura dei mitili, la macchina deve convogliare in due distinte uscite tutto il materiale plastico e tutto il materiale organico. Mentre la presenza di basse percentuali di materiale organico nell'uscita riservata alla plastica può essere accettabile, non può esserci tolleranza riguardo alla presenza di materiale plastico, di qualsiasi dimensione esso sia, nell'uscita riservata all'organico, che potrebbe essere così rigettato direttamente in mare e andare a incrementare il quantitativo di macro e microplastiche già presenti.

La produttività di tale dispositivo dovrà essere sufficiente per poter essere utilizzato in linea con i classici macchinari da imbarcazione per mitilicoltura, come la sgranatrice e il selezionatore vibrante. Si stima quindi una velocità di lavorazione richiesta di circa 300 metri di calza all'ora.

La macchina dovrà essere facile e sicura da utilizzare.

### **Attrezzatura proposta**

Il sistema proposto, in fase prototipale, per andare incontro ai requisiti appena esposti, è un dispositivo composto da un tritatore a lame rotanti contrapposte e da un meccanismo di separazione meccanica del materiale tritato. La prima parte del sistema servirà a tagliare la rete e il bisso dei mitili in frammenti piccoli a tal punto da rendere impossibile l'attorcigliamento degli uni con gli altri. Il trito risultante da questo processo verrà conseguentemente posto in ingresso alla seconda parte del sistema, che tramite un'opportuna movimentazione meccanica in acqua dovrà separare i frammenti plastici da quelli organici (vedi Figura 1).

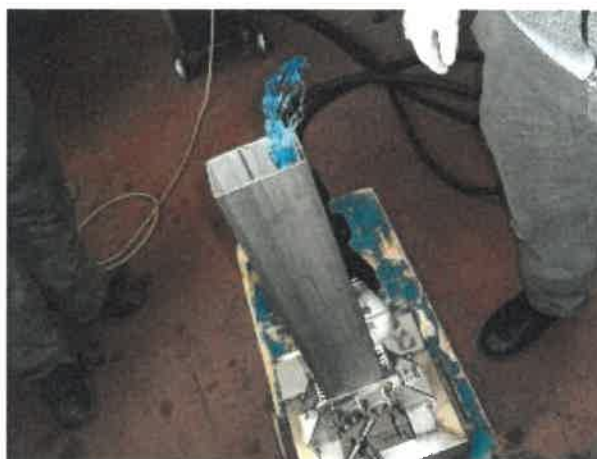


*Figura 1 – Prove manuali di separazione meccanica di un composto misto di frammenti plastici e organici. Come si può notare dalle due immagini, il polipropilene tende a galleggiare più del bisso e dei frammenti di guscio, potendo quindi essere potenzialmente recuperato completamente con una semplice operazione di livellamento.*

La macchina è costruita completamente in acciaio inox AISI 316 L, materiale adatto all'utilizzo in ambienti marini con alti tassi di umidità e salinità. Le lame sono prodotte in acciaio temprato per garantire una maggiore durabilità nel tempo e un'alta resistenza per sopportare il contatto con eventuali oggetti duri quali gusci di ostriche o altri metalli. L'alimentazione è oleodinamica, per poter essere integrata più facilmente sulle attuali imbarcazioni da mitilicoltura.

#### **Prove di triturazione**

Le prove di trattamento sono state terminate in data 26/08/2019 con l'utilizzo dell'ultima versione di prototipo disponibile, derivato da successive modifiche apportate al prototipo originario, che era dotato di lame in acciaio inox AISI 304 e/o acciaio temprato, riportato in Figura 2, con motori oleodinamici collegati a una centralina idraulica da 22 L/min. Per testare le successive versioni del prototipo sono stati utilizzati scarti di lavorazione – spezzoni di rete tubolare in polipropilene appena usciti dal processo di sgranatura – sottoposti al processo di triturazione (vedi Tabella riepilogativa sottostante). Gli scarti di lavorazione, costituiti da calze per mitili, sono stati reperiti da imbarcazioni con base nel porto di Rimini e impianti di allevamento situati al largo di Miramare di Rimini. Sebbene le prove di trattamento si siano svolte a terra, presso l'officina meccanica, considerato che il macchinario dovrebbe essere utilizzato a bordo dell'imbarcazione e posto in linea con le altre attrezzature di lavorazione, per le prove è stato utilizzato materiale derivante dalla lavorazione giornaliera, con caratteristiche simili a quelle di campo.



*Figura 2 – A sinistra, il modello di tritatore già usato per gusci di molluschi (cozze e ostriche), che ha fornito la base di sviluppo per il prototipo del sistema trita-rete. A destra, il prototipo in funzione con uno spezzone di calza per mitilicoltura preso così come uscito dalla sgranatrice.*

Inizialmente è stato appurato che non tutte le varianti del prototipo iniziale si sono dimostrate in grado di rispettare la produttività richiesta dalle specifiche, per cui sono stati necessari diversi accorgimenti per rispettare tali requisiti. Per esaminare la qualità del risultato e la possibilità di separazione plastica/organico, il trito ottenuto, costituito da residui di rete plastica e componente organica, è stato depositato in secchi, bins, o contenitori di vario genere strabordanti d'acqua (vedi ad esempio Figura 3). Nonostante buona parte della plastica tritata tramite le prime varianti di prototipo galleggiasse in superficie tendendo ad essere eliminata superato il bordo del contenitore, i filamenti usciti dalla triturazione si sono dimostrati di una lunghezza tale da intrecciarsi tra loro, creando un accumulo galleggiante di materiale plastico e organico impossibile da districare con la sola corrente fluidodinamica.



Figura 3 – A sinistra, il risultato ottenuto dal dispositivo di triturazione viene lasciato depositare in un contenitore pieno di acqua. Il contenitore viene costantemente riempito d'acqua per farla strabordare e separando la plastica galleggiante in superficie dal materiale organico, più pesante. A destra, un campione di detriti plastici presi dalla superficie del contenitore. Si può notare come parte del materiale organico rimanga intrappolato tra i filamenti intrecciatisi tra di loro.

A seguito dei risultati delle prime prove, si è valutato che riducendo la dimensioni dei frammenti plastici e organici, la separazione poteva essere più efficiente. Si è dunque deciso di aggiungere un secondo dispositivo di triturazione con lame più sottili, il cui scopo era quello di rifinire e sminuzzare il risultato ottenuto dal primo trituratore, prima di riversarlo nel sistema di separazione.

I dettagli riguardanti le prove eseguite con le diverse varianti di prototipo e i risultati ottenuti sono riportati in successione cronologica nella seguente Tabella.

<b>1</b>	<p><b>Trituratore singolo a martelli</b></p> <p><i>Scarico del materiale risultante a terra</i></p> <p>La prima prova è stata effettuata con un classico trituratore "a martelli" (piastre rotanti in acciaio inox). Sebbene questo dispositivo sia ottimo per la triturazione dei gusci (vedi immagini</p>
----------	---





sottostanti), è risultato subito evidente che non poteva essere utilizzato tal quale per trattare reti in plastica, in quanto queste ultime tendono ad avvolgersi attorno all'asse motorizzato creando una massa indistricabile di materiale elastico, rappresentando anche un pericolo per l'operatore che dovesse accidentalmente impigliarsi con un arto nella rete da trattare.



**2 Trituratore singolo (SP 10 mm) con lame a 4 denti**

*Scarico del materiale risultante a terra e successiva movimentazione manuale in contenitore pieno d'acqua*

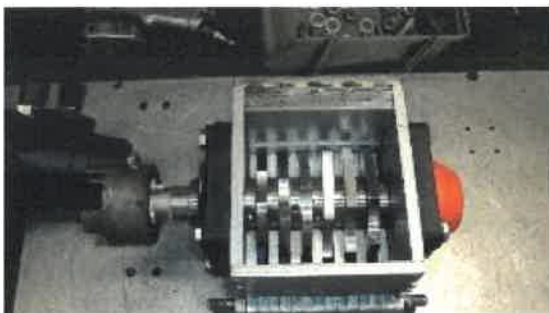
È stato realizzato un tritatore di tipo "a lame", per tagliare e sminuzzare la rete utilizzando l'effetto forbice, dato da lame a disco dentate in acciaio che ruotano contro piastre, sempre in acciaio, dello spessore di 10 mm. Sono stati tritati alcuni spezzoni di rete sporca e depositato il risultato in un contenitore pieno d'acqua. Lasciando decantare il trito, è stato appurato che la maggior parte dei frammenti plastici tende a galleggiare in superficie, mentre i residui organici tendono a depositarsi sul fondo. Per la realizzazione di questa prova sono stati prodotti dei dischi con 4 denti distribuiti lungo il loro diametro, ma la densità di questa distribuzione rendeva la macchina molto poco produttiva, in quanto la rete tendeva a stazionare sopra le lame senza venire agganciata con continuità dalle stesse.



**3 Trituratore singolo (SP 10 mm) con lame a 2 denti**

*Scarico del materiale risultante a terra*

Per aumentare l'efficienza della macchina sono stati sostituiti i dischi dentati a quattro denti con altrettanti dischi a due soli denti. Con questa modifica il prototipo era in grado di "catturare" la rete per tagliarla, ma la lunghezza eccessiva dei denti portava un accumulo di materiale eccessivo attorno all'asse, per cui tutti il sistema idraulico andava in sovrappressione rischiando di spezzare i giunti meccanici.



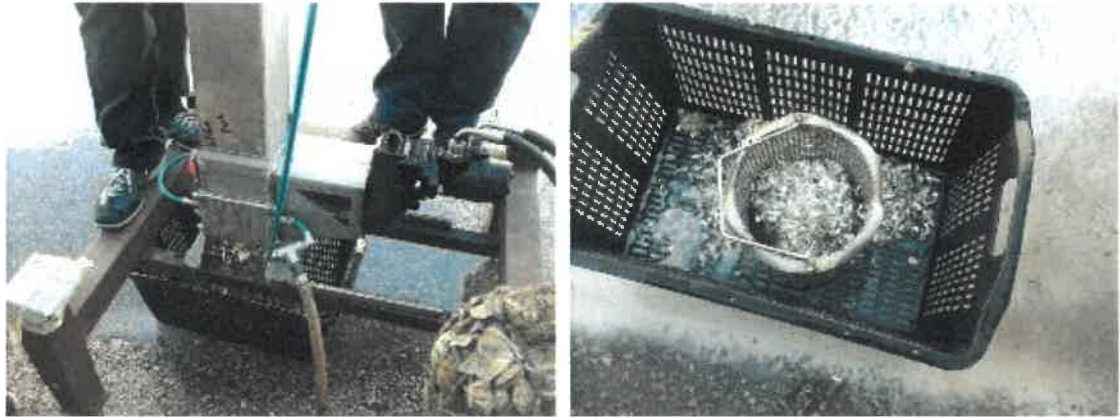
**4 Trituratore singolo (SP 10 mm) con lame a 2 denti a diametro ridotto**

*Scarico del materiale risultante a terra*

Per garantire una maggior coppia al movimento meccanico e una maggiore fluidità al processo di triturazione, si è provveduto a ridurre il diametro complessivo dei dischi lama accorciando i denti di taglio e le relative battute. La qualità del materiale così trattato era soddisfacente, ma



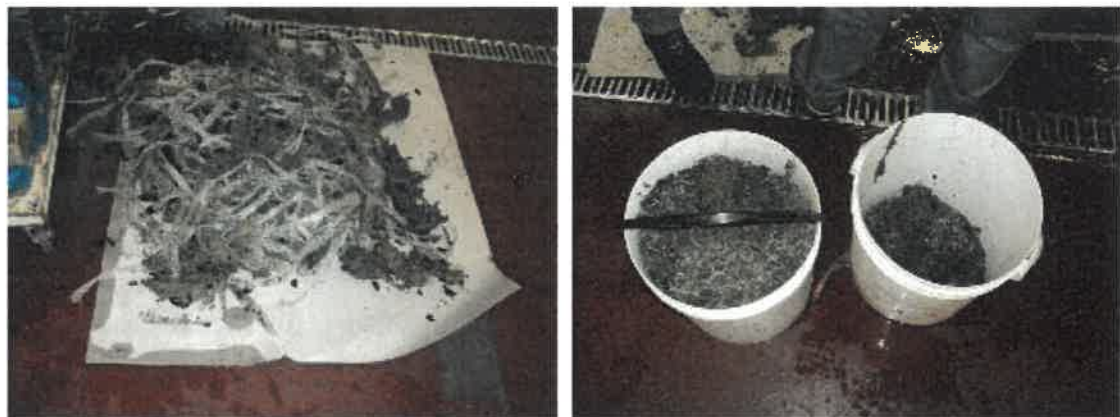
questo tipo di meccanismo è risultato intrinsecamente lento, e non garantiva la produttività richiesta dai requisiti iniziali.



**5 Trituratore singolo a lame contrapposte (SP 4 mm) in acciaio inox Aisi 304**

*Scarico del materiale risultante a terra e raccolta in secchio, materiale lasciato a essiccare*

In seguito alle precedenti prove, è stato sviluppato un diverso meccanismo di triturazione in acciaio inox Aisi 3014, che consiste in una serie di lame dentate contrapposte dello spessore di 4 mm, con i dischi di ciascuna lama a fare da "battuta" ai denti della lama opposta. Il prototipo è stato sviluppato con un solo motore idraulico e una distribuzione meccanica a ingranaggi tra i due gruppi lame. Da una prima ispezione visiva del prodotto in uscita, è apparso chiaro che i filamenti di plastica tritata erano ancora troppo lunghi e favorivano l'intreccio con i residui di bisso, rendendo di fatto impossibile una successiva fase di separazione in acqua.



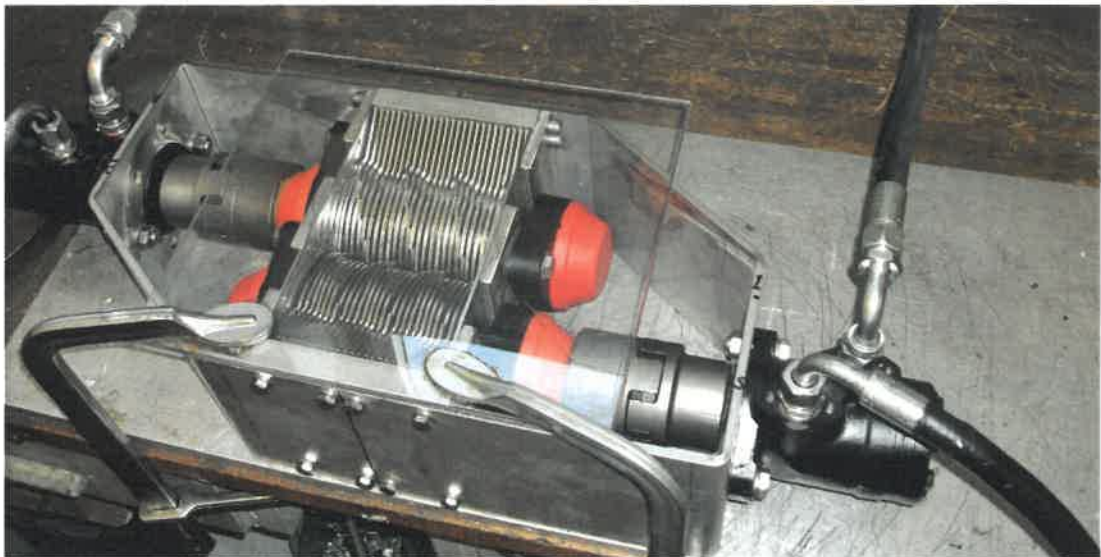




**6 Trituratore singolo a lame contrapposte (SP 2 mm) a doppio motore, velocità unificate**

*Rodaggio e collaudo in bianco*

Per tentare di ottenere, in uscita alla macchina, frammenti di plastica e bisso piccoli a tal punto da non lasciargli la possibilità di rimanere avvinghiati insieme, è stato prodotto un meccanismo di triturazione con gruppi a lame contrapposte dello spessore di 2 mm. Il gruppo è stato inoltre progettato con motorizzazioni indipendenti per i due gruppi lame, così da poter regolare la velocità in maniera separata e avere una variabile in più per i successivi test. Durante il collaudo in bianco e il rodaggio del gruppo lame è apparso chiaro che piastre così sottili hanno bisogno di un prodotto già precedentemente spezzettato, pena l'eccessivo sforzo meccanico trasferito alla motorizzazione e quindi agli assi.



**7 Doppio trituratore (SP 4 mm + SP 2 mm), velocità unificate**

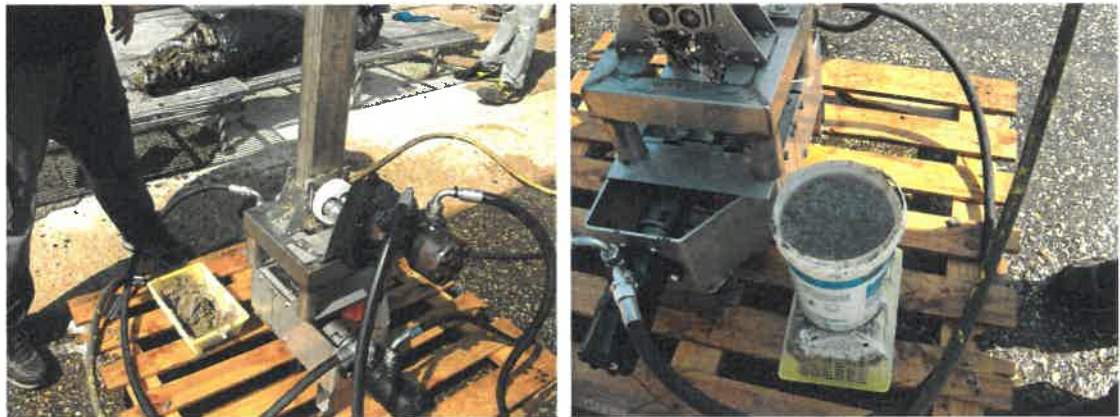
*Scarico del materiale risultante a terra, successiva movimentazione manuale in secchio d'acqua*

Per garantire un prodotto che potesse essere lavorato tranquillamente dalle lame di spessore ridotto, si è ritenuto di trattare in preventivamente la rete in plastica con il precedente prototipo a lame contrapposte da 4 mm. I filamenti di plastica e materiale in uscita dal primo trituratore sono stati quindi messi in ingresso al secondo meccanismo con lame dello spessore di 2 mm, i cui gruppi lame sono stati fatti girare alla stessa velocità. Il trito risultante è stato





raccolto e depositato in un secchio da 10 L pieno d'acqua. È parso subito evidente come la grande quantità di materiale organico presente nei campioni presi in esame rendesse improbabile una efficace separazione in un volume di acqua così limitato.



**8 Doppio trituratore (SP 4 mm + SP2 mm ), velocità unificate**

*Scarico del materiale risultante su bins 113 x 113 x 85 H cm riempito d'acqua, movimentazione manuale*

La prova successiva è stata effettuata con le stesse metodologie della precedente, ma scaricando il prodotto direttamente in un contenitore molto più voluminoso (400 L). La separazione tra frammenti plastici e residui organici è risultata molto più efficiente, avendo il prodotto tritato più spazio per la movimentazione e quindi più possibilità per districare i filamenti di bisso da quelli di rete.



**9 Doppio trituratore (SP 4 mm + SP 2 mm), velocità regolabili**



*Scarico del materiale risultante su bins 113 x 113 x 85 H cm riempito d'acqua, movimentazione manuale*

Per provare a aumentare la produttività e migliorare la qualità del trito in uscita (in particolare, per riuscire a spezzare ulteriormente alcuni filamenti di plastica che riuscivano comunque a passare attraverso il secondo tritatore) i campioni sono stati trattati regolando i due gruppi lame del secondo dispositivo a velocità diverse. I risultati, per dimensioni dei frammenti e velocità di lavorazione, sono stati comparabili a quelli della prova precedente. Si è notato inoltre che il prodotto in uscita dal primo tritatore tendeva a rimanere "intrappolato" nello spazio vuoto che lo separava dal secondo.



**10 Doppio tritatore (SP4mm+SP2mm), velocità regolabili, ribassato, lame a 90°**

*Scarico del materiale risultante su bins 113 x 113 x 85 H cm riempito d'acqua, movimentazione manuale*

Per ovviare al problema del prodotto "intrappolato" tra i due dispositivi di tritatura, è stata effettuata una ulteriore prova ruotando di 90° il primo tritatore (in modo che le lame di questo gruppo risultassero perpendicolari alle lame dei gruppi inferiori) e avvicinando i due meccanismi di circa 15 cm. Si è notato che, nonostante i frammenti di rete plastica riuscissero a galleggiare e quindi a essere ben recuperati, i residui organici, questa volta finemente tritati, tendessero a "dispersersi in acqua", piuttosto che a depositarsi sul fondo, finendo per rendere difficile sporcare anche il materiale plastico recuperato.



## Conclusioni

Questa parte del progetto si era posto come obiettivo di studiare la possibilità di rimuovere i residui organici dalle reti in plastica usate e recuperate durante le lavorazioni del prodotto in mitilicoltura, per permettere il riciclo di tali reti e creare così un circolo virtuoso di utilizzo della plastica. Questi elementi organici si presentano spesso come lunghi filamenti appiccicosi (bisso), che tendono ad aggrovigliarsi attorno alle maglie delle reti tubolari.

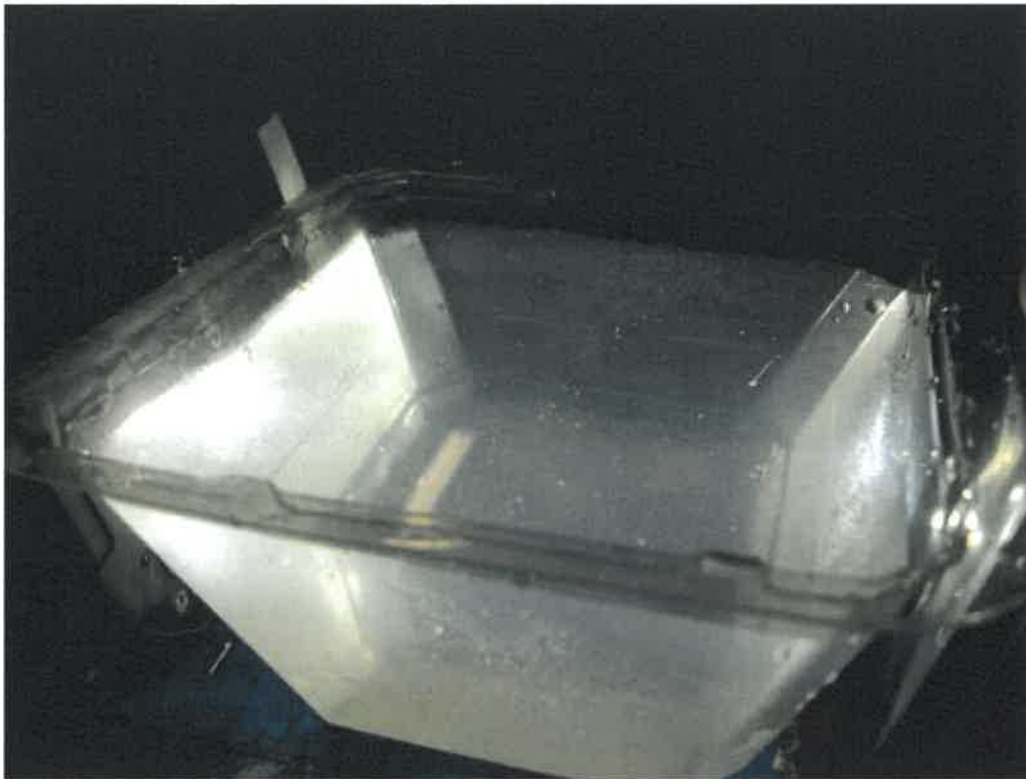
Dalle prove effettuate nel corso di questo progetto, la cui descrizione è riportata in precedenza, è risultato evidente come l'obiettivo posto non sia facilmente raggiungibile. La scelta di provare a tritare il materiale per poi rimuovere le componenti organiche dal composto ottenuto in uscita, in particolare, ci ha permesso di fare durante lo sviluppo dei prototipi le seguenti osservazioni:

- Per garantire una produttività tale da poter usare la tecnologia di triturazione in linea con le attrezzature standard di mitilicoltura presenti sul mercato, rimanendo in ingombri limitati così da prevedere l'utilizzo direttamente a bordo delle imbarcazioni, è stato necessario sovrapporre due tipi diversi di dispositivi triturator: il primo dispositivo utilizza lame più spesse per frammentare rapidamente il prodotto da tritare, mentre il secondo si avvale di un meccanismo a lame contrapposte più sottili per ottenere in uscita le dimensioni necessarie alla separazione.





- Le caratteristiche di elasticità e di viscosità della rete estrusa in polipropilene utilizzata in mitilicoltura può essere differente a seconda delle diverse aziende produttrici, e la capacità dei dispositivi di triturazione di frammentarle in maniera netta dipende fortemente da tali parametri. In particolare, si è notato che reti prodotte con un materiale più “secco” o “duro” siano più facilmente recidibili con tagli netti dalle lame dei prototipi, mentre materiali più “unti” o “elastici” tendono ad essere strappati, piuttosto che tagliati, dai meccanismi dentati che sono stati testati. Questo comporta la presenza, nel trito all’uscita della macchina, di qualche filamento di materiale plastico di lunghezza superiore allo spessore delle lame, e a volte anche a fibre sottili di difficile individuazione, come evidenziato in Figura 4.



*Figura 4. Materiale in sospensione al netto nella componente organica e dei frammenti più grossolani di rete plastica*

- Nonostante nella maggior parte delle prove di separazione in acqua effettuate i frammenti di plastica tendessero a rimanere in superficie, mentre i residui organici a depositarsi sul fondo dei contenitori, non si può escludere che, dopo una semplice operazione di sedimentazione, sia presente ancora del materiale plastico frammisto al residuo organico. Movimentando manualmente il fondo dei contenitori dopo aver rimosso la plastica in superficie, infatti, si sono



liberati e venuti a alla altri frammenti di plastica che erano rimasti intrappolati nei filamenti di materiale organico. Questo dato ci porta a pensare che un eventuale macchinario automatico dovrà prevedere uno smistatore rotante continuo, che mantenga in movimento costante il flusso dell'acqua senza però inficiare il processo di sedimentazione dell'organico.

In conclusione, le prove effettuate non hanno dato una risposta definitiva alla possibilità di una corretta e netta separazione del materiale plastico da quello organico con i metodi fino ad ora adottati. In particolare, come si evince in Figura 4, sembra che un processo di triturazione non completamente efficiente (inefficienza che potrebbe essere intrinseca nel tipo di materiale utilizzato in mitilcoltura) possa contribuire a disperdere in acqua piccoli frammenti di materiale plastico, che si richiederebbe di essere gettati in mare insieme al composto di trito organico.

Futuri sviluppi di tale progetto potranno prevedere la costruzione di un sistema automatico di movimentazione e separazione all'interno di un contenitore di volume adeguato sia alle funzionalità richieste, sia ai vincoli d'ingombro. Si dovrà inoltre prevedere un'analisi quantitativa eseguita su ulteriori prove di triturazione e separazione dei materiali, per accompagnare l'analisi qualitativa svolta nel corso di questo progetto. In particolare andrà valutata l'eventuale presenza e quantità di macro e microplastiche generata dal processo di trattamento e confluita nelle acque di separazione, che potrebbero essere rigettate a mare insieme alla componente organica.

Coriano 26-08-2019

Firma

**COCCI LUCIANO S.R.L.**  
Via Maranello, 1  
47853 CORIANO (RN)  
P.IVA e Cod. Fisc. 03729880405  
Tel. 0541.658449 / Fax 0541.657984

