

**V. SPIZZICHINO, F. ANGELINI**

Dipartimento Fusione e Tecnologie per la Sicurezza Nucleare  
Divisione Tecnologie Fisiche per la Sicurezza e la Salute  
Laboratorio Diagnostiche e Metrologia  
Centro Ricerche Frascati, Roma

# PRIMI TEST PER LA RIVELAZIONE DI PLASTICHE IN ACQUA MEDIANTE FLUORESCENZA INDOTTA DA LASER (LIF)

RT/2019/7/ENEA



AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,  
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

V. SPIZZICHINO, F. ANGELINI

Dipartimento Fusione e Tecnologie per la Sicurezza Nucleare  
Divisione Tecnologie Fisiche per la Sicurezza e la Salute  
Laboratorio Diagnostiche e Metrologia  
Centro Ricerche Frascati, Roma

# PRIMI TEST PER LA RIVELAZIONE DI PLASTICHE IN ACQUA MEDIANTE FLUORESCENZA INDOTTA DA LASER (LIF)

RT/2019/7/ENEA



AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,  
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

I rapporti tecnici sono scaricabili in formato pdf dal sito web ENEA alla pagina [www.enea.it](http://www.enea.it)

I contenuti tecnico-scientifici dei rapporti tecnici dell'ENEA rispecchiano l'opinione degli autori e non necessariamente quella dell'Agenzia

The technical and scientific contents of these reports express the opinion of the authors but not necessarily the opinion of ENEA.

## **PRIMI TEST PER LA RIVELAZIONE DI PLASTICHE IN ACQUA MEDIANTE FLUORESCENZA INDOTTA DA LASER (LIF)**

V. Spizzichino, F. Angelini

### **Riassunto**

Vista l'importanza dal punto di vista ambientale che riveste la rapida rivelazione delle microplastiche in acqua, sono stati svolti dei primi test di fattibilità per l'utilizzo di un lidar fluorosensore per la rivelazione ed il riconoscimento di plastiche in ambiente marino. In particolare, è stata testata la capacità del sistema LIF (basato sulla fluorescenza indotta da laser) a scansione di linea del Laboratorio FSN-TECFIS-DIM di Frascati di rivelare differenti campioni di plastiche, tra quelle che più comunemente si trovano nelle analisi di acque marine, sotto diversi spessori di acqua. I risultati si sono mostrati interessanti ed aprono le porte a studi più approfonditi per lo sviluppo di sistemi LIF specifici per la rivelazione di microplastiche in ambiente marino senza la necessità di campionamenti.

**Parole chiave:** Diagnostica, Fluorescenza indotta da laser, microplastiche.

### **Abstract**

*From the environmental point of view the rapid detection of microplastics in water is of primary importance. Here the first feasibility tests carried out for the implementation of a lidar fluorosensor to detect and recognition of plastics in the marine environment are presented. In particular, the ability of the linear scan system LIF (laser induced fluorescence) developed at the FSN-TECFIS-DIM Laboratory of Frascati to detect different plastics samples, among those that are most commonly found in water analysis, through different thicknesses of water have been carried out. The results have provided interesting results, opening the way to more in-depth studies for the development of specific spectroscopic systems for the detection of microplastics in the marine environment without sampling.*

**Keywords:** *Diagnostics, laser induced fluorescence, microplastics.*



## INDICE

INTRODUZIONE	7
PRIMI TEST LIF SU PLASTICHE SOMMERSE	8
MISURE DI RIFERIMENTO SU PLASTICHE	10
CONFRONTO TRA DIVERSE CONDIZIONI DI ILLUMINAZIONE	12
CONFRONTI A DIFFERENTI PROFONDITA' DI ACQUA	16
IMMAGINI DI FLUORESCENZA	19
CONCLUSIONI	20
Bibliografia	21

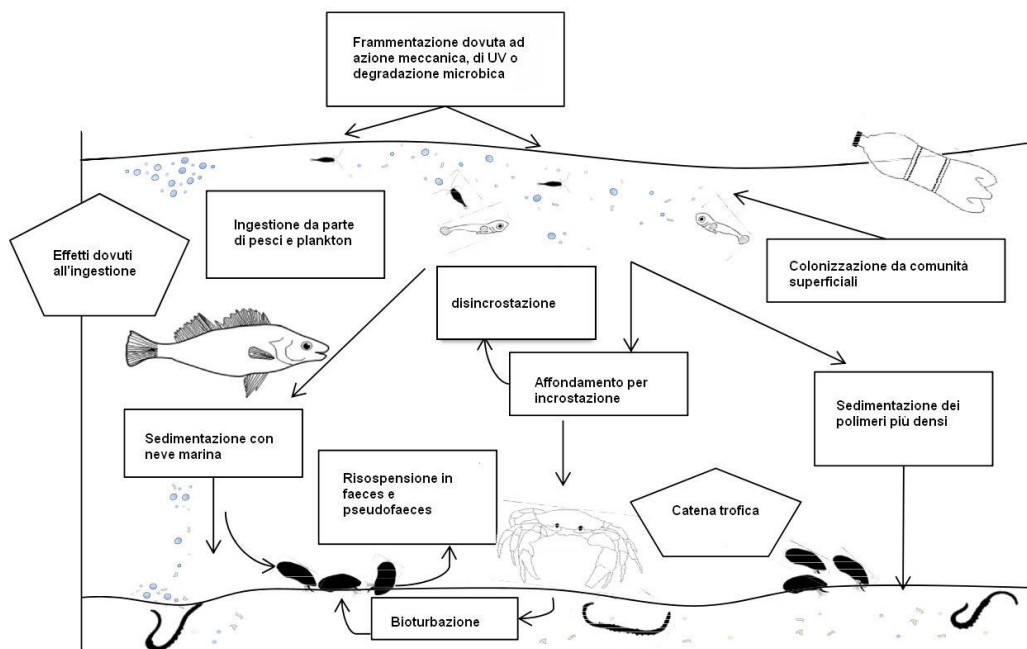


## INTRODUZIONE

Nei soli Stati Uniti dal 1988 sono prodotti circa 30 milioni di tonnellate di plastica l'anno. A causa della loro economicità di produzione e durezza, vari tipi di plastiche sono impiegati in una larga gamma di prodotti. Queste stesse caratteristiche le rendono allo stesso tempo altamente pericolose per l'ambiente. In aggiunta al fatto che molto spesso risultano meno densi dell'acqua, i frammenti di plastica possono essere trasportati a grande distanza e dispersi nell'oceano.

Il pericolo ambientale derivante dalle plastiche è stato riconosciuto solo verso la fine del secolo scorso [1]. Addirittura negli anni '70 si riteneva che le plastiche non rappresentassero alcuna minaccia per l'ambiente essendo una piccola percentuale dei rifiuti in genere, e per di più poco reattive [2].

Da allora, tuttavia, un gran numero di studi ha messo a fuoco la pericolosità ambientale dei rifiuti di plastica (Figura 1) [3], soprattutto a causa del fatto che nel tempo essi tendono a frammentarsi fino a scale micrometriche, entrando nella catena alimentare di moltissime specie animali, dai pesci agli uccelli, fino agli animali che se ne nutrono, con effetti ancora non del tutto chiari [4]. Generalmente il termine microplastiche è utilizzato per tutti i frammenti di dimensioni minori di 5 mm [5]. Infine, in studi recenti microplastiche sono state trovate pressoché ovunque nei mari [6].



**Figura 1.** Rappresentazione schematica del percorso delle microplastiche nell'ambiente marino e le loro interazioni con i sistemi biologici presenti [3].

A dispetto dell'importanza di stimare quindi, seppure approssimativamente, la massa e la distribuzione dimensionale dei detriti plastici, non sono a tutt'oggi attivi sistemi di monitoraggio capaci di rivelare in tempo

reale piccole quantità di materiale: anzi, tendenzialmente tutti gli studi prevedono il campionamento di materiale per la successiva analisi [7].

Il fatto che i detriti di plastica siano per lo più galleggianti e che mostrino elevata fluorescenza porta a considerare il lidar fluorosensore come un candidato eccellente per la misura quantitativa di microplastiche in mare. Questo strumento potrebbe dare un'informazione molto completa su un elevato campione in tempi molto rapidi, se rapportati alle tecniche basate sul campionamento. Tramite l'imaging spettrale, infatti, è possibile la discriminazione del tipo di plastica in tempo reale, accompagnata da una stima della relativa distribuzione dimensionale.

Il Laboratorio di Diagnostica e Metrologia (DIM) del centro ENEA di Frascati ha un'esperienza pluridecennale nella progettazione, realizzazione ed applicazione di lidar marini fluorosensori per lo studio di bloom algali e qualità delle acque, così come per la validazione e calibrazione di algoritmi satellitari [8-11].

Agli strumenti per misure a distanza sviluppati ed impiegati durante campagne oceanografiche, il Laboratorio affianca il sistema compatto CASPER (Compact e Advanced Laser Spectrometer - Brevetto ENEA) che, grazie ad una doppia lunghezza d'onda di eccitazione ed ad un sistema di filtrazioni successive, permette, su campioni di acqua, non solo di quantificare i valori di clorofilla *a*, ma anche di rilevare altri pigmenti algali, come ficoeritrina e ficocianina, materia organica disciolta cromoforica (CDOM), componenti come tirosina e triptofano e dati qualitativi sulla presenza di idrocarburi e inquinamento da petrolio [12, 13].

Inoltre, recentemente il Laboratorio DIM si è occupato, nell'ambito del progetto europeo FORLAB (FORensic LABoratory, programma FP7, grant agreement NO. FP7-285052), della rapida rivelazione di materiali plastici in aria su vaste superfici tramite fluorescenza indotta da laser (LIF). I prodotti di tale attività sono stati lo sviluppo di un sensore LIF ad imaging con eccitazione a 248 nm ed un software per la rivelazione ed il riconoscimento in tempo quasi reale di differenti tipi di plastiche [14-16].

Da tali esperienze nasce l'idea di valutare la possibilità di realizzare un sistema lidar fluorosensore da installare su nave oceanografica per la rivelazione remota e in tempo reale di frammenti di plastiche in ambiente marino e lacustre. Si presentano qui i primi test di fattibilità mirati a stimare l'influenza delle condizioni di illuminazione e dello spessore di acqua nella rivelazione di alcuni materiali plastici, tra i più diffusi sotto forma di microplastiche in mare e laghi.

## **PRIMI TEST LIF SU PLASTICHE SOMMERSE**

Sono stati svolti dei test con sistema LIF a scansione di linea per valutare la capacità dello strumento a rilevare plastiche differenti sommerse in acqua a profondità variabili. Il sistema usato, le cui principali caratteristiche sono riportate in [17] permette di rivelare lo spettro di fluorescenza nell'intervallo spettrale 270-900 nm per ogni pixel costituente il quadro oggetto della scansione, con una risoluzione spaziale pari a circa 0.5 cm. Il gating della ICCD permette di sincronizzare l'acquisizione con l'impulso laser e limitare l'impatto della luce ambientale sul mascheramento del segnale di fluorescenza.

Per i test il laser Quantel Ultra 100, operante a 266 nm, è stato utilizzato con un'energia di pompaggio pari a 4,38 J. Per la ICCD (Andor iStar DH734) il guadagno è stato impostato a 200.

Come target e contenitore dell'acqua per lo svolgimento dei test è stata utilizzata una scatola in polipropilene (PP) rosso. Il contenitore è stato inclinato di  $36^\circ$  rispetto al piano del pavimento. Ciò ha permesso di osservare il fondo del contenitore sotto spessori crescenti di acqua. Per aumentare il range di profondità le misure sono state svolte con due diversi livelli di riempimento, denominati livello1 e livello2. Per i test si è utilizzata acqua del normale impianto idrico, non trattata in laboratorio. Il quadro di scansione, contenente parte del laterale della scatola e parte del fondo, è stato suddiviso in 30 linee. In media, su tali 30 linee, l'obiettivo per la raccolta del segnale del sistema lidar è risultato inclinato di  $63^\circ$  rispetto al suolo. In parte delle misure all'interno del contenitore sono stati posti campioni di HDPE (polietilene ad alta densità). Polietilene e polipropilene sono, insieme alle poliammidi, i polimeri sintetici maggiormente presenti sotto forma di microplastiche nei mari e negli oceani [18].

Durante i test la ICCD è stata raffreddata dopo ogni scansione. Infatti, a causa delle condizioni ambientali, la temperatura della camera tendeva a risalire molto rapidamente.

Mantenendo la stessa inquadratura, le misure sono state svolte su:

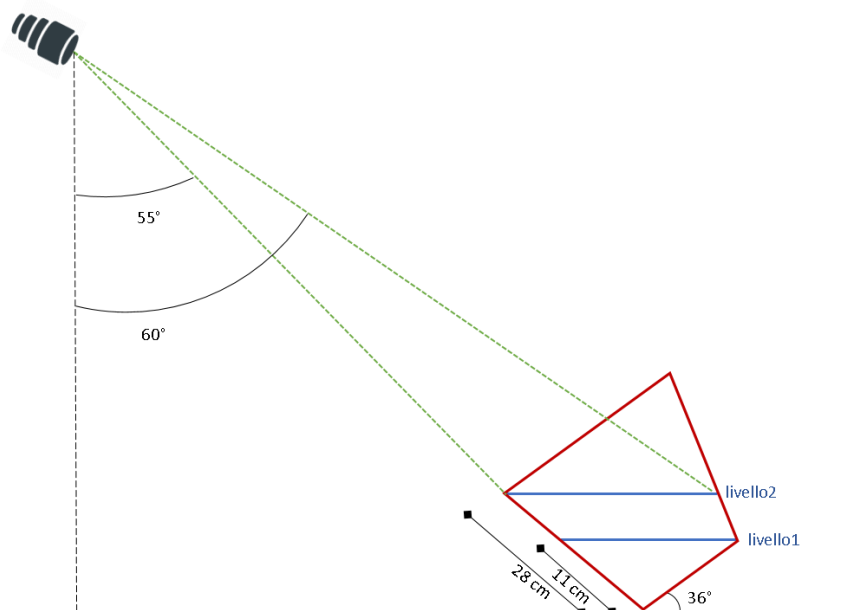
1. Contenitore vuoto
2. Contenitore riempito di sola acqua
3. Contenitore riempito di acqua con HDPE a pelo di acqua
4. Contenitore riempito di acqua con HDPE ancorato al fondo

Tutte le misure elencate sono state svolte anche con il contenitore rivestito di carta di alluminio.

Per valutare quanto il sistema risulti sensibile a differenti condizioni di illuminazione, che a causa delle proprietà riflettenti dell'acqua possono essere amplificate, tutte le misure sono state svolte in 4 diverse condizioni di illuminazione:

1. Neon spenti + porta aperta (test1)
2. Neon spenti + porta chiusa (buio totale) (test2)
3. Neon accesi + porta aperta (test3)
4. Neon accesi + porta aperta + lampada alogena puntata direttamente sul contenitore (test4)

Come già illustrato, l'inclinazione del contenitore ha permesso di avere, all'interno di una sola scansione, diverse profondità di acqua all'interno del contenitore. La profondità dell'acqua è andata da circa zero a circa 11 cm (ortogonalmente al fondo del contenitore) per il livello1 e da circa 11 a circa 28 per il livello2, come illustrato dalla Figura 2.



**Figura 2.** Rappresentazione della geometria di misura

In Figura 3 sono presentate le foto di differenti condizioni di misura.

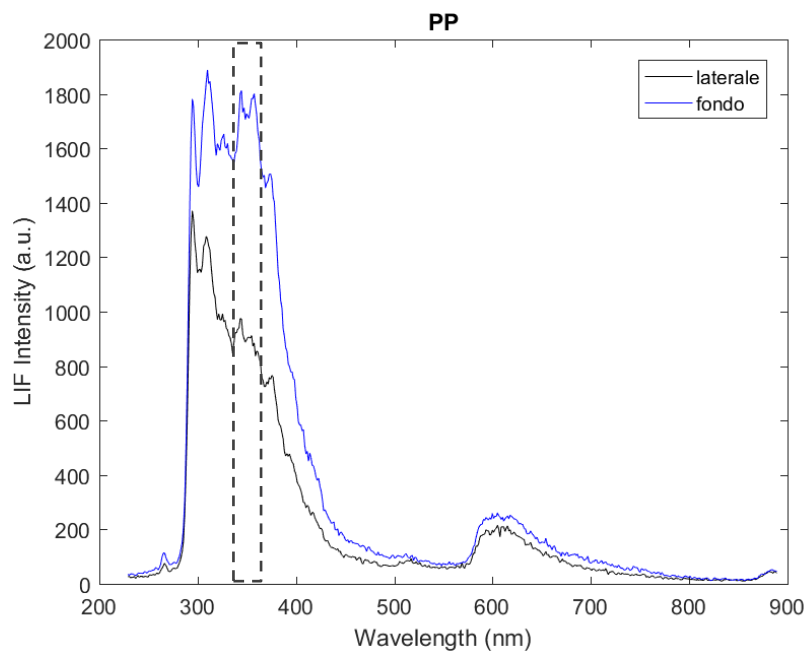


**Figura 3.** Condizioni di misura con HDPE a pelo d'acqua (sinistra), con HDPE ancorato al fondo non rivestito (centro) e rivestito di carta di alluminio (destra). Nelle misure con sola acqua non sono presenti i supporti all'interno.

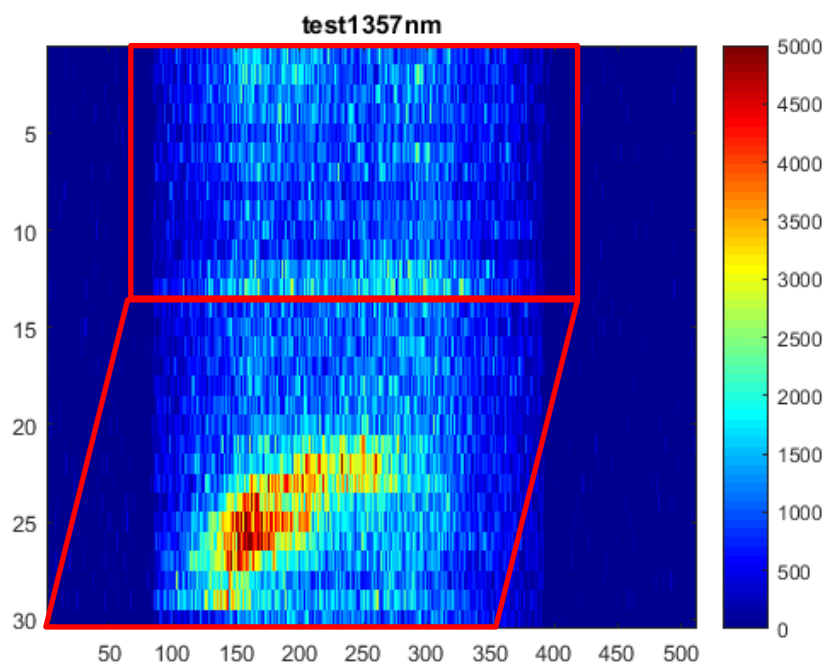
### MISURE DI RIFERIMENTO SU PLASTICHE

Il contenitore in PP è stato scansionato nelle stesse condizioni sperimentali (illuminazione, impostazioni strumentali, geometria) usate per i test con acqua anche da vuoto per avere dati di riferimento.

Gli spettri medi del contenitore sul fondo e sul laterale risultano piuttosto complessi e tra loro parzialmente non sovrapponibili (Figura 4), probabilmente a causa della netta differenza di inclinazione rispetto la sorgente laser e l'ottica di raccolta. È, infatti, evidente una notevole differenza in intensità in tutta la regione dello spettro tra 300 e 400 nm e, in particolare, negli spettri raccolti sul fondo risulta molto più intensa la banda attorno a 357 nm.



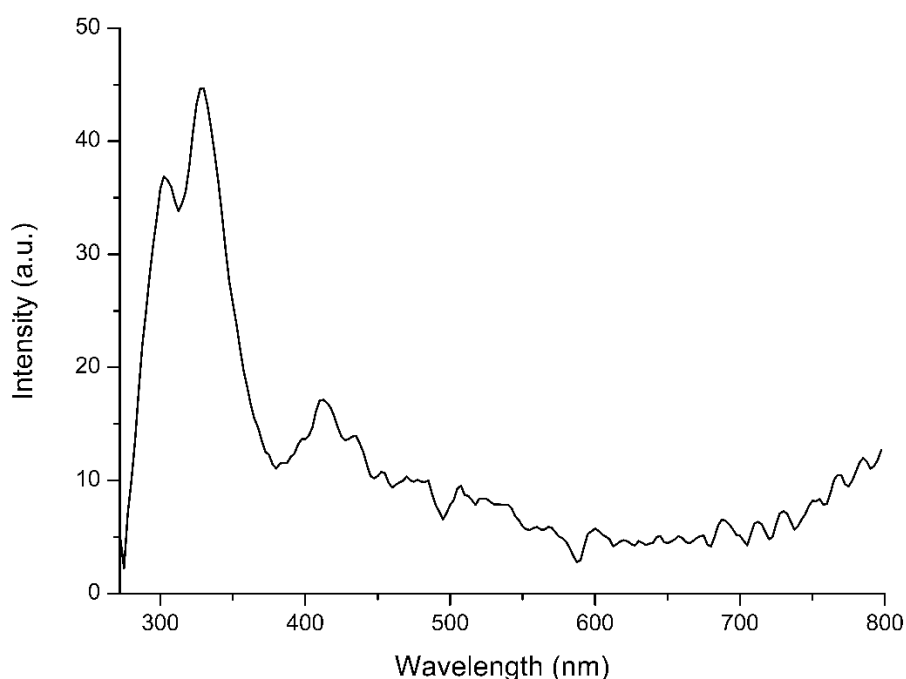
**Figura 4.** Spettri LIF mediati sulle righe 3-4 per il laterale e 29-30 per il fondo del contenitore vuoto, già nella posizione in cui è stato utilizzato per i test con acqua.



**Figura 5.** Immagine di fluorescenza filtrata a 357 nm del baule riempito con acqua al livello 1. Le forme in rosso indicano la geometria del contenitore, permettendo di distinguere tra laterale e fondo.

Va, comunque, sottolineato come anche guardando l'intera superficie del fondo del contenitore, tale banda non abbia intensità omogenea. Ciò è messo in risalto dalla relativa immagine di fluorescenza mostrata in Figura 5.

Anche sull'HDPE utilizzato nei test sono state svolte misure per avere spettri di riferimento in aria. Uno spettro tipico di fluorescenza per tale materiale è mostrato in Figura 6.

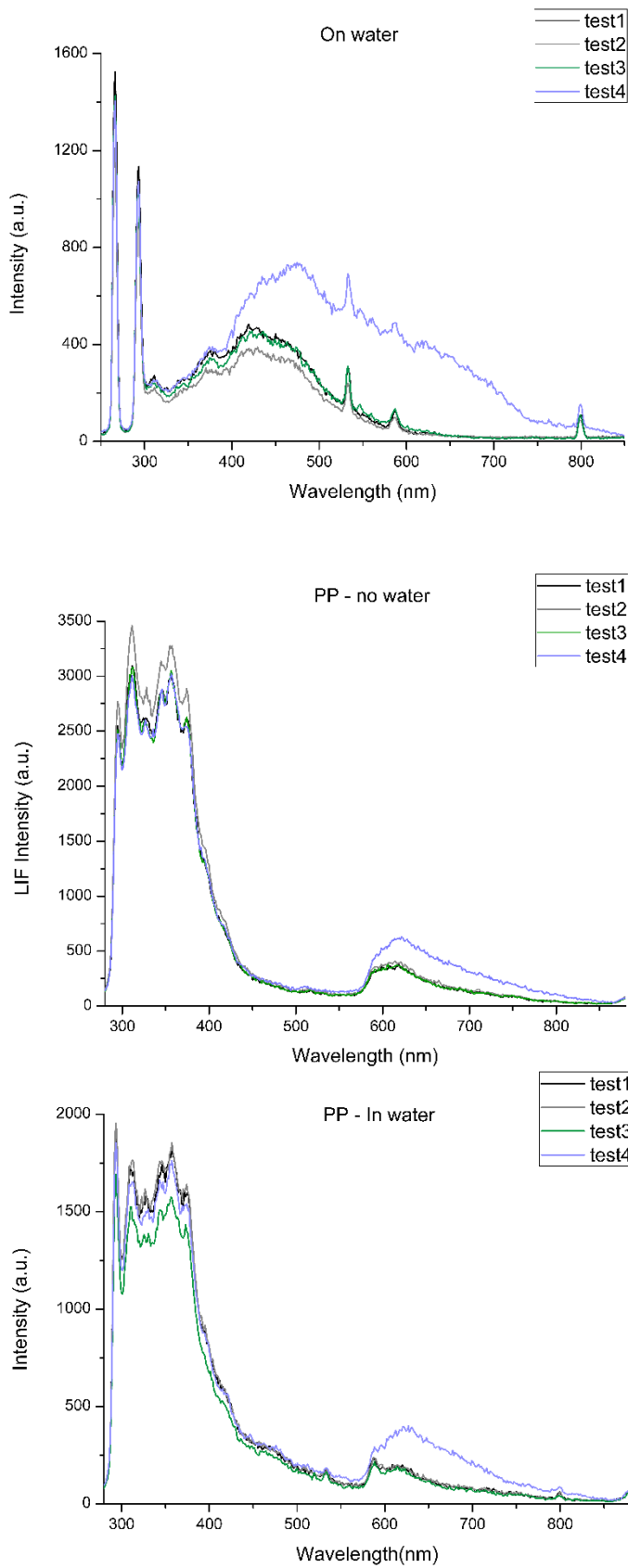


**Figura 6.** Spettro tipico (mediato su un'area di circa 1 cm<sup>2</sup>) dell'HDPE bianco utilizzato per i test. Bande centrate a 302, 329, 412 nm.

## CONFRONTO TRA DIVERSE CONDIZIONI DI ILLUMINAZIONE

In una prima fase si sono voluti valutare gli effetti delle differenti condizioni di illuminazione su acqua all'interno del contenitore rivestito con alluminio, su PP rosso del fondo non immerso e su PP rosso del fondo immerso in acqua (non rivestito in alluminio) ad una profondità di circa 10 centimetri (livello1). Spettri mediati ottenuti da ciascuna di queste tre misure sono mostrati in Figura 7.

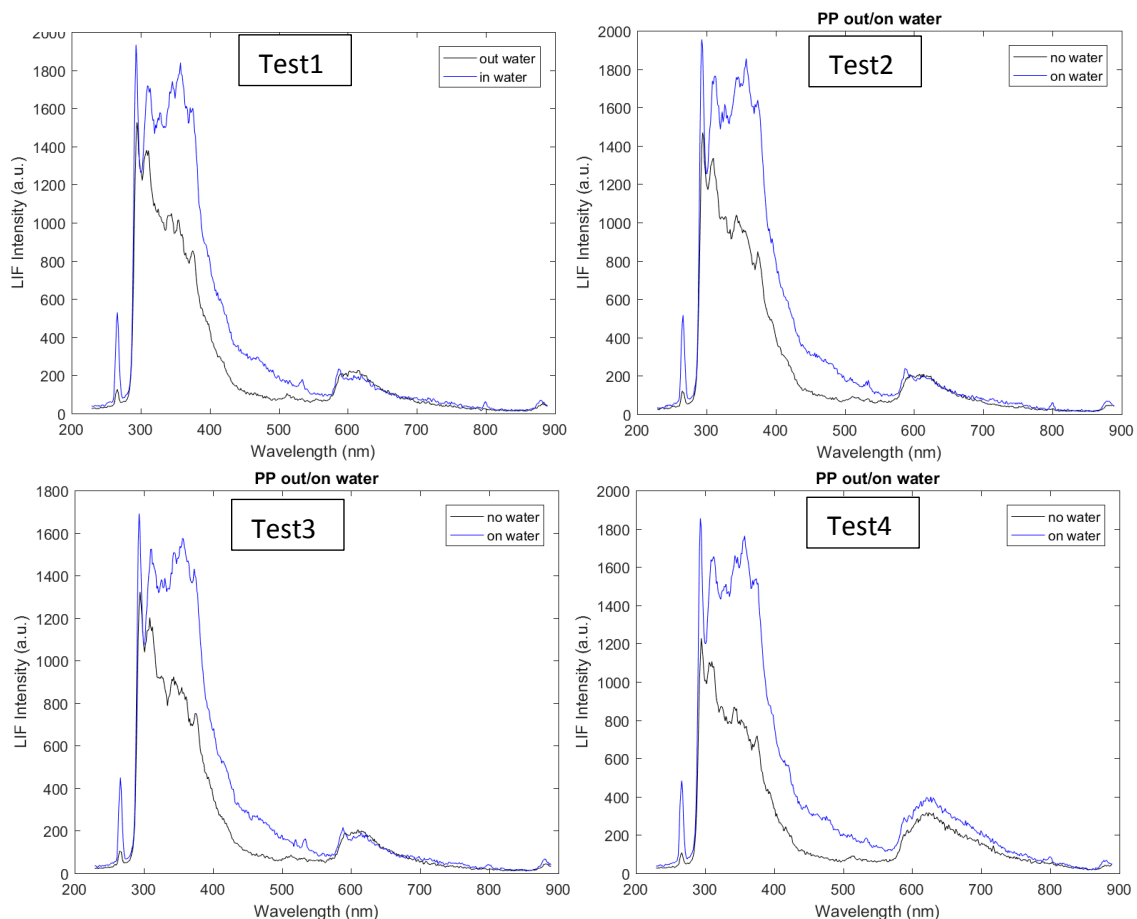
Le maggiori differenze nelle intensità degli spettri si registrano per la condizione di illuminazione denominata "test4" in cui, oltre i neon accesi e la presenza di luce solare, una lampada alogena è stata puntata direttamente sul contenitore. Negli spettri su acqua su carta di alluminio nella condizione test4 è ben visibile lo spettro di emissione della lampada, riflessa dal rivestimento di Al. Sugli spettri di fluorescenza del PP, sia in acqua che fuori acqua, l'effetto della presenza della luce alogena diretta è visibile soprattutto sulla banda oltre i 600 nm a causa della riflettanza nel rosso del materiale usato.



**Figura 7.** Spettri mediati su due righe (solo colonne da 95 a 385): **a)** righe 8-9 per acqua dentro a contenitore rivestito di alluminio (testH2O2\_AL), **b)** righe 25-26 per misura su PP (fondo del contenitore) senza acqua, **c)** righe 25-26 per misura su PP (fondo del contenitore) coperto da acqua (testH2O1).

Per quanto riguarda, invece, i picchi che si osservano nello spettro, questi hanno due differenti origini: il residuo del laser a 266 e 532 nm (accompagnati spesso dalla riga fittizia a 898 nm) e l'effetto Raman da parte dell'acqua. Il Raman shift delle bande Raman dell'acqua liquida, infatti, varia tra 3100 e 3500  $\text{cm}^{-1}$ , a causa dei legami idrogeno che cambiano la forma e la polarizzabilità della molecola di acqua rispetto alla sua forma in condizione di vapore. Ciò comporta uno spettro allargato tra 290 e 293 nm, per radiazione di eccitazione a 266 nm. Tale banda risulta quasi sempre ben visibile, insieme al picco a circa 584 nm, dovuto a fenomeni di diffrazione del secondo ordine del reticolo dello spettrometro, negli spettri ottenuti in presenza di acqua, come ad esempio si riscontra in Figura 7a e 7c.

Nelle quattro differenti condizioni di illuminazione sono stati, inoltre, confrontati gli spettri ottenuti sul PP rosso del laterale (che risultava fuori dell'acqua) e del fondo (che risultava in acqua, sempre ad una stessa profondità fissata). I confronti sono presentati in Figura 8.

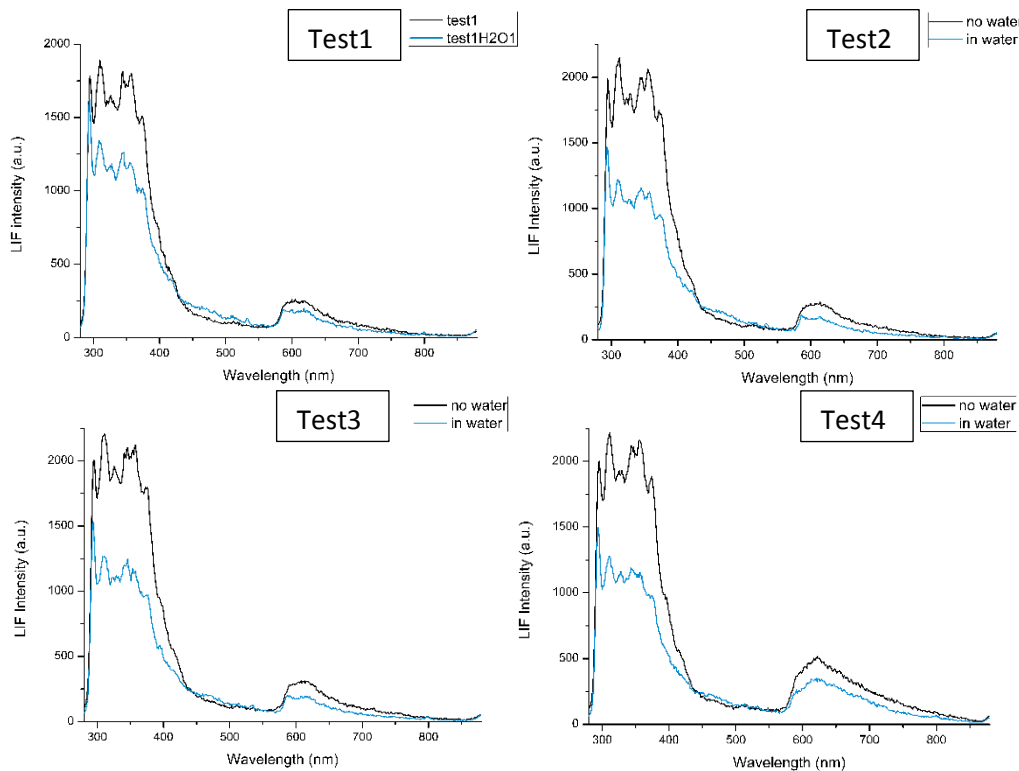


**Figura 8.** Confronto tra PP del laterale non in acqua e PP del fondo in acqua nelle quattro condizioni di illuminazione testate (testH2O1).

Di fatto, in ogni condizione di illuminazione testata, si ottiene la stessa differenza negli spettri che si ha tra PP laterale e del fondo del contenitore senza la presenza di acqua (vedi Figura 4). Soltanto per la quarta condizione di illuminazione (illuminazione al neon più luce solare diffusa più lampada alogena puntata sull'acqua del

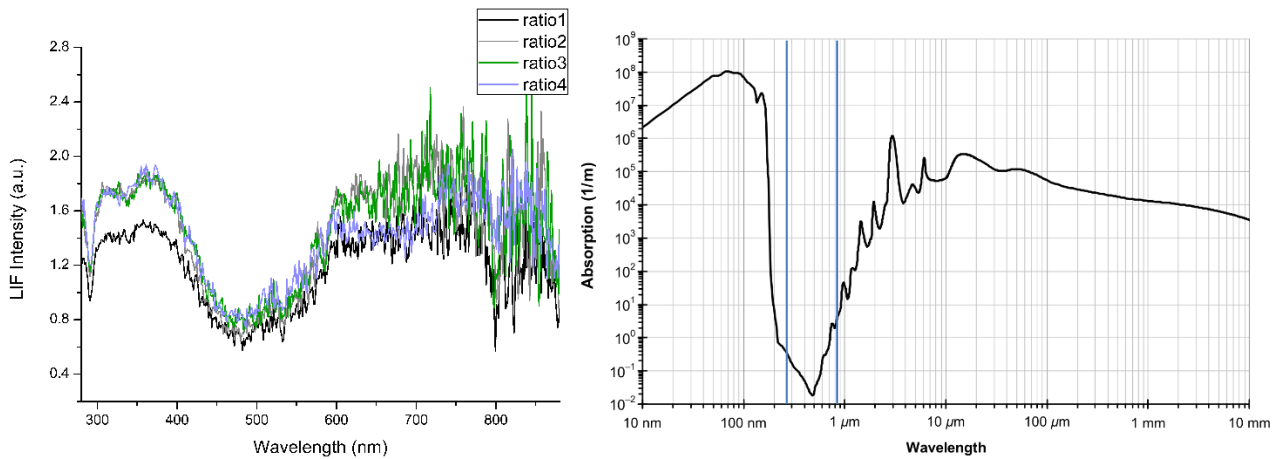
contenitore) è possibile notare una differenza di intensità della banda oltre i 600 nm, analogamente a quanto mostrato in Figura 7.

Successivamente, per ciascuna condizione di illuminazione sono stati confrontati gli spettri (a fissate righe di scansione) ottenuti sul fondo del contenitore con (livello1) e senza acqua (Figura 9). L'andamento risulta analogo per tutte le illuminazioni: si ha sempre un abbassamento nell'intensità totale dello spettro di fluorescenza del materiale quando raccolto attraverso lo strato di acqua, che alle righe scelte risulta pari a circa 13 cm. Le intensità relative restano circa inalterate.



**Figura 9.** Confronto spettri su PP su stesse righe di scansione (29-30) senza e con acqua nelle quattro condizioni di illuminazione testate.

Il rapporto tra lo spettro medio (calcolato sulle righe 29 e 30) ottenuto sul PP del contenitore senza e con acqua è molto simile per tutte le condizioni di illuminazioni. Il confronto tra tale rapporto e l'andamento con la lunghezza d'onda del coefficiente di estinzione dell'acqua, in Figura 10, mette in evidenza come l'effetto della presenza dell'acqua sull'intensità del segnale di fluorescenza sia in accordo con le sue proprietà di assorbimento e trasmissione della luce.

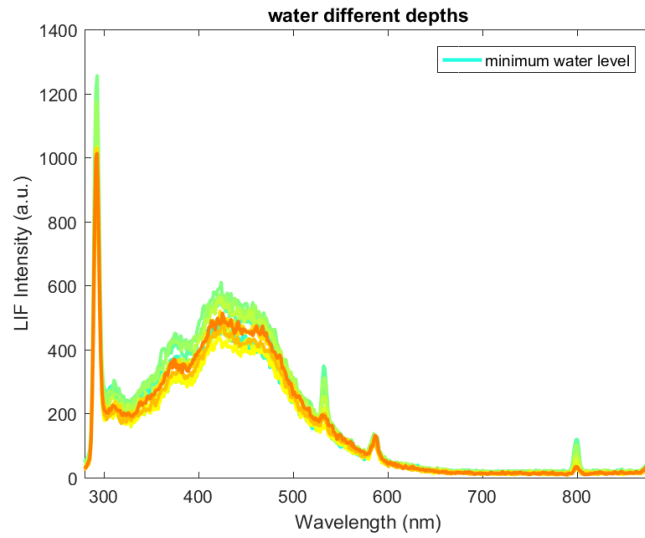


**Figura 10. a)** Andamento dei rapporti tra spettri senza e con acqua ottenuti sul PP del fondo del contenitore (a parità di inclinazione dell'ottica) per le quattro condizioni di illuminazione (sinistra) a confronto con **b)** l'andamento del coefficiente di estinzione dell'acqua. Le righe indicano la zona dello spettro in cui si trovano gli spettri LIF raccolti.

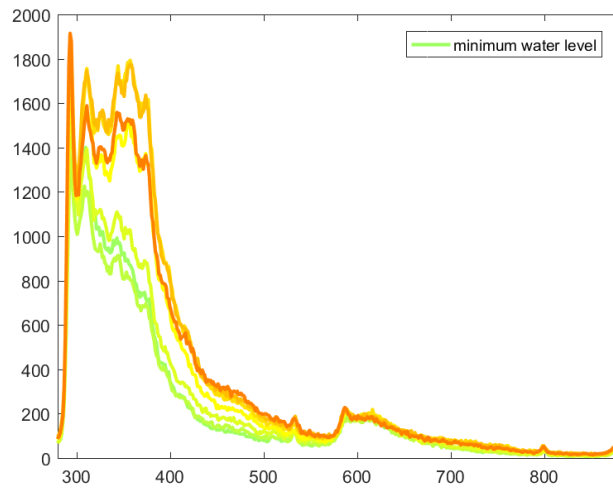
## CONFRONTI A DIFFERENTI PROFONDITA' DI ACQUA

Per valutare gli eventuali effetti di profondità di immersione differenti sul segnale di fluorescenza di materiali plastici, sono stati confrontati spettri medi di fluorescenza su righe successive della scansione, che, a causa dell'inclinazione del contenitore, corrispondono a profondità differenti dell'acqua. Come già accennato precedentemente, per aumentare il range di profondità le misure sono state svolte con due diversi livelli di riempimento. Per ciascuno dei due livelli di acqua si sono considerate solo le linee di scansione relative a misure sul fondo del contenitore (a causa dell'indice di rifrazione dell'acqua e poiché il quadro di scansione è stato sempre mantenuto invariato le linee di scansione relative a misure sul fondo sono state differenti per i due livelli di riempimento della scatola). Per il livello 1 di acqua il confronto è stato fatto a partire dalla riga 17. Per il livello 2 il confronto è stato fatto a partire dalla riga 7.

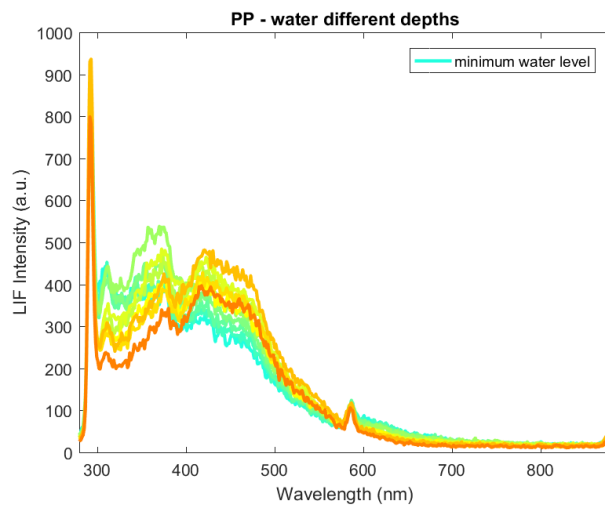
Ogni spettro è stato ottenuto come media (tra le colonne 95 e 385) di due righe adiacenti. I risultati per il contenitore rivestito di carta di alluminio riempito d'acqua sono mostrati nella Figura 11 (nella condizione di illuminazione test1). Per il contenitore non rivestito riempito di acqua, nella condizione di illuminazione test1, i risultati sono presentati nelle Figura 12 e Figura 13. Nelle misure riportate in Figura 12 l'acqua si trovava al livello1 di riempimento. In quelle riportate in Figura 13 al livello2.



**Figura 11.** Confronto fatto su solo acqua in contenitore ricoperto con carta di alluminio (misura test1H2O2A1). Lo spessore di acqua aumenta passando dall'azzurro all'arancione (circa da 11 a 28 cm).



**Figura 12.** Confronto fatto su solo acqua in contenitore non rivestito (misura test1H2O1). La profondità a cui si trova il PP aumenta passando dal verde all'arancione (circa da 0 a 11 cm).



**Figura 13.** Confronto fatto su solo acqua in contenitore non rivestito (misura test1H2O2). La profondità a cui si trova il PP aumenta passando dal verde all'arancione (circa da 11 a 28 cm).

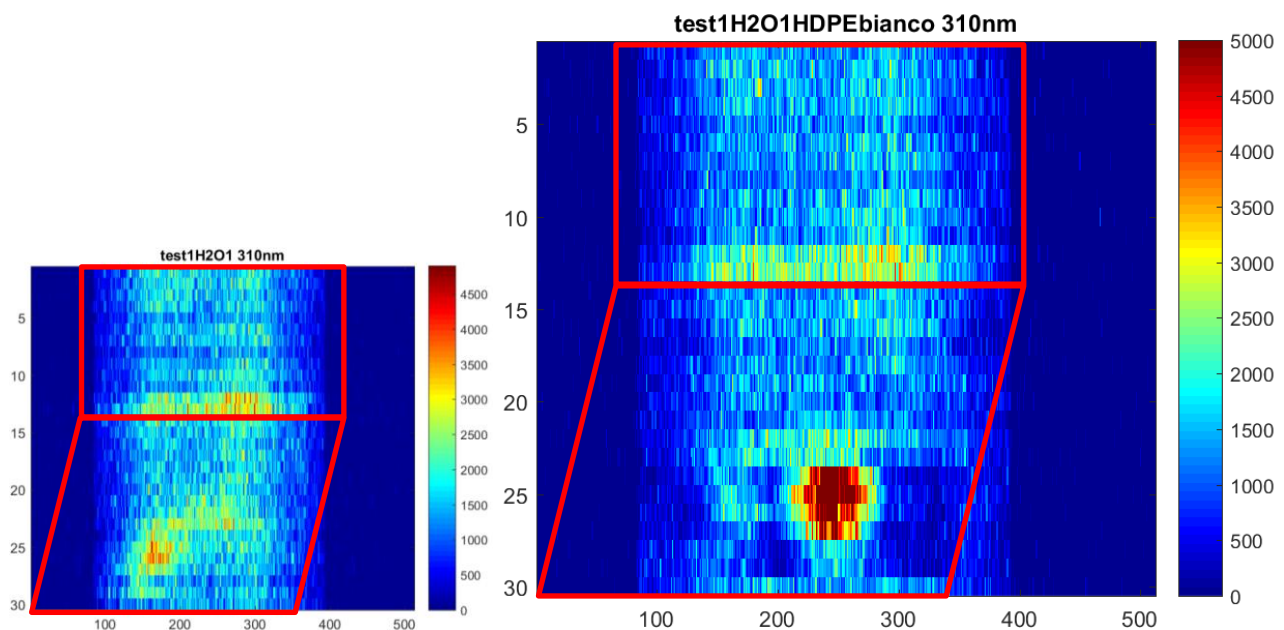
Da quanto detto precedentemente ed illustrato in Figura 2, le profondità a cui fanno riferimento gli spettri della Figura 13 sono superiori a quelle della Figura 12, infatti il massimo del livello1 corrisponde circa al minimo del livello2. Nello specifico si passa da circa 0 a circa 11 cm nelle misure di Figura 12 e da 11 a 28 cm per quelle di Figura 13.

Dal confronto con la Figura 4 emerge che le prime tre misure (verdi) di Figura 12 sebbene immerse in acqua siano, però, da riferire alla parete laterale del contenitore, mentre le successive al fondo.

Come si può notare dalla Figura 13, per spessori di acqua superiori a circa 20 cm lo spettro risulta molto simile a quello osservato per la sola acqua in Figura 11. Confronto fatto su solo acqua in contenitore ricoperto con carta di alluminio (misura test1H2O2A1). Lo spessore di acqua aumenta passando dall'azzurro all'arancione (circa da 11 a 28 cm).

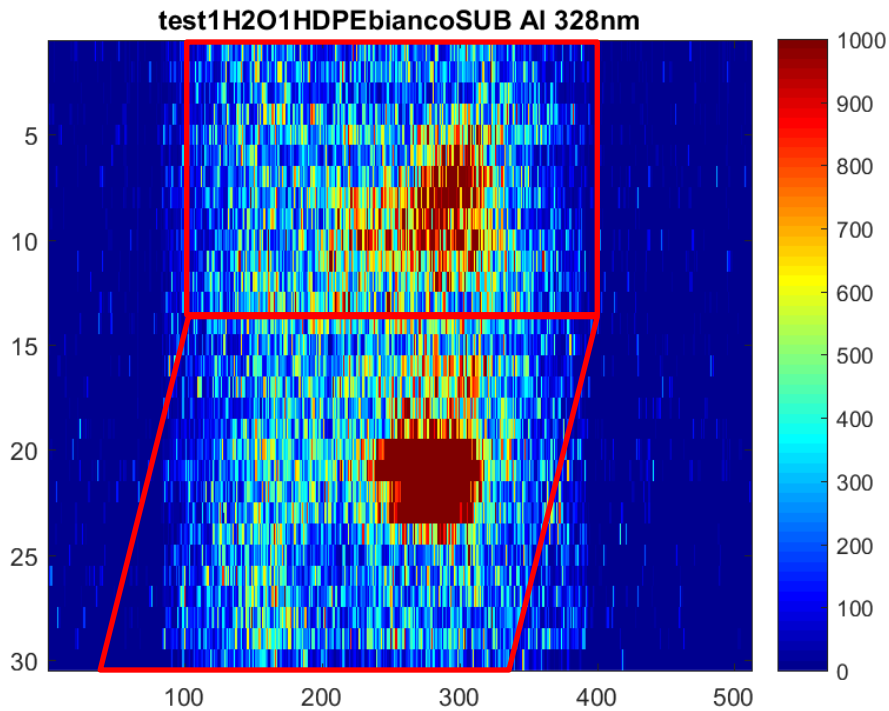
## IMMAGINI DI FLUORESCENZA

A partire dalle scansioni eseguite sono state prodotte immagini di fluorescenza, filtrando gli spettri a lunghezze d'onda relative a bande di fluorescenza dei due materiali plastici utilizzati per i test. Nelle scansioni in presenza di acqua il segnale è generalmente piuttosto rumoroso, di conseguenza anche le immagini di fluorescenza risultano rumorose. Guardando le immagini generate si possono fare alcune considerazioni. In tutte le condizioni di illuminazione si nota che nelle ultime due righe prima che il fascio entri in acqua la fluorescenza del materiale plastico si intensifica (righe 12-13). Un esempio è già stato riportato in Figura 5. In generale le immagini danno l'impressione che si riesca a vedere il riflesso della fluorescenza di ciò che è all'interno della scatola sulla parete laterale. Inoltre, è da notare che a causa della rifrazione dell'acqua c'è un'area cieca di cui non avviene la scansione subito dopo l'altezza di entrata in acqua del fascio, che nel caso del livello1 corrisponde con il passaggio dal laterale al fondo. Ciò fa sì che non sia possibile un immediato confronto con l'immagine fotografica del target misurato. Come si può notare dalle fotografie di Figura 3, in alcuni casi è stato posto all'interno del contenitore un oggetto metallico forato al centro, di spessore pari a 1.5 cm. Le misure mettono in evidenza come all'interno del foro dell'oggetto metallico il segnale del PP del fondo risulti decisamente amplificato rispetto a quello in assenza dell'oggetto metallico (Figura 14).

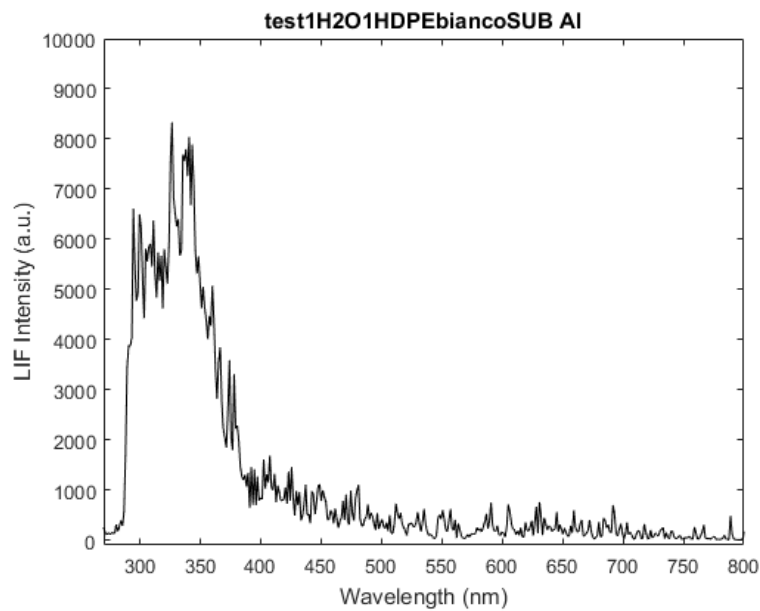


**Figura 14.** Immagine di fluorescenza filtrata a 310nm della scatola riempita con acqua al livello 1 vuota (a sinistra) e con all'interno, sul fondo, l'oggetto metallico forato (a destra).

Nelle misure in cui erano presenti gli oggetti in HDPE bianco, per evidenziarne la presenza, i dati sono stati filtrati alla lunghezza d'onda corrispondente al massimo della loro emissione di fluorescenza. Un esempio dei risultati ottenuti è riportato in Figura 15 (HDPE ancorato al fondo con livello1 di acqua). Anche in questo caso è visibile il riflesso sulla parete laterale della scatola del segnale di fluorescenza dell'HDPE ancorato sul fondo del contenitore e coperto di acqua.



**Figura 15.** Immagine di fluorescenza filtrata a 328 nm del contenitore riempito di acqua al livello1 con all'interno oggetti in HDPE ancorati al fondo e poggiati su oggetto metallico (confronta con foto centrale Figura 1).



**Figura 16.** Spettro di fluorescenza del punto centrale della macchia al centro di Figura 15.

Dal confronto con Figura 6 è evidente che lo spettro di Figura 16 è relativo ad HDPE bianco, qui sommerso a circa 10 cm di profondità.

## CONCLUSIONI

Durante questi primi studi di fattibilità è stata valutata la possibilità di rivelazione e riconoscimento di materiali plastici sommersi in acqua tramite misure LIF utilizzando un sistema lidar operante a distanza dalla superficie

dell'acqua. I test hanno messo in evidenza come fino a circa 15 cm di profondità, i segnali di fluorescenza delle due plastiche (PP e HDPE) usate per i test siano ancora sufficientemente visibili.

Saranno svolti ulteriori test per chiarire alcuni dettagli ed identificare le condizioni sperimentali che possano ottimizzare la rivelazione, utilizzando contenitori con proprietà riflettenti differenti e una inclinazione più prossima alla normale.

Inoltre, i prossimi test dovranno permettere di valutare l'influenza sulla sensibilità da parte di eventuali inquinanti ed organismi, tipicamente micro-alghe, presenti in acqua. Finora si è lavorato con materiali in bulk, quindi dovrà essere testata la capacità di rivelazione di frammenti di plastiche. Ciò potrà essere propedeutico a test in condizioni reali con strumenti prototipali a bordo di navi oceanografiche.

## **Bibliografia**

- [1] Stefatos, A., Charalampakis, M., Papatheodorou, G., Ferentinos, G., 1999. Marine debris on the seafloor of the Mediterranean Sea: examples from two enclosed gulfs in Western Greece. *Marine Pollution Bulletin*, 36, 389–393.
- [2] Fergusson, W.C., 1974. Summary. In: Staudinger, J.J.P. (Ed.), *Plastics and the Environment*. Hutchinson and Co, London, p. 2
- [3] Wright, S.L., Thompson, R.C. and Galloway, T.S., 2013. The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environmental pollution*, 178, 483–492.
- [4] Tanaka, K., Takada, H., Yamashita, R., Mizukawa, K., Fukuwaka, M.A. and Watanuki, Y., 2013. Accumulation of plastic-derived chemicals in tissues of seabirds ingesting marine plastics. *Marine pollution bulletin*, 69(1-2), 219-222.
- [5] Arthur, C., Baker, J., Bamford, H., 2009. Proceedings of the International Research Workshop on the occurrence, effects and fate of microplastic marine debris, in NOAA Technical, Memorandum.
- [6] Ivar do Sul, J.A., Spengler, A., Costa, M.F., 2009. Here, there and everywhere. Small plastic fragments and pellets on beaches of Fernando de Noronha (Equatorial Western Atlantic). *Marine Pollution Bulletin*, 58 (8), 1236 e 1238.
- [7] Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R.C., Thiel, M., 2012. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science & Technology*, 46 (6), 3060–3075.
- [8] Barbini, R., Colao, F., Fantoni, R., Fiorani, L. and Palucci, A., 2003a, Lidar fluorosensor calibration of the SeaWiFS chlorophyll algorithm in the Ross Sea. *International Journal of Remote Sensing*, 24, 3205–3218.
- [9] Barbini, R., Colao, F., Fantoni, R., Fiorani, L., Palucci, A., Artamonov, E.S. and Galli, M., 2003b, Remotely sensed primary production in the western Ross Sea: results of in situ tuned models. *Antarctic Science*, 15, 77–84.

- [10] Fiorani, L., Barbini, R., Colao, F., Fantoni, R., Okladinov, I.G. and Palucci, A., 2005, Integration of shipborne lidar and spaceborne radiometer: application to the Antarctic coastal environment. *Proceedings of SPIE*, 5885, 174–181.
- [11] Fiorani, L., Angelini, F., Artuso, F., Cataldi, D., Colao, F., 2019, Lidar Monitoring of Chlorophyll a During the XXIX and XXXI Italian Antarctic Expeditions. *International Journal of Environmental Research*, 13, 1-11.
- [12] Pittalis D., Iocola I., Pinna M. V., Fiorani L., Menicucci I., Palucci A., Iannetta M., Ghiglieri G., 2011, A compact laser spectrofluorimeter (CASPER) for groundwaters monitoring in an agricultural district of Sardinia. International Conference on Dryland Ecosystem Functioning and Resilience: Integrating Biophysical Assessment with Socio-economic Issues, Università di Sassari, Alghero, Italy.
- [13] Sighicelli, M., Iannilli, V., Ceccarelli, R., Menegoni, P., Guarneri, M., Menicucci, I., Fiorani, L., Palucci, A., 2014, Cyanobacteria detection in the Lake Vico using compact and advanced laser spectrometer (CASPER) prototype Biscarini C., Pierleoni A., Abete V. (eds.), *Lakes: the Mirrors of the Earth, Balancing Ecosystem Integrity and Human Wellbeing – Book of Abstracts of the 15th World Lake Conference*, Science4press, Naples, Italy, p. 190.
- [14] Spizzichino, V., Caneve, L., Colao, F., 2016. Stand-Off Device for Plastic Debris Recognition in Post-Blast Scenarios. *Challenges*, 7(2), 23.
- [15] Caneve, L., Colao, F., Del Franco, M., Palucci, A., Pistilli, M., Spizzichino, V., 2016. Multispectral imaging system based on laser-induced fluorescence for security applications. *Proceedings of SPIE* 9995, Optics and Photonics for Counterterrorism, Crime Fighting, and Defence XII, 999508 (October 24, 2016).
- [16] Spizzichino, V., Caneve, L., Colao, F., Ruggiero, L., 2016. Characterization and discrimination of plastic materials by Laser Induced Fluorescence. *Applied spectroscopy*, 70(6) 1101-1008.
- [17] Fiorani, L., Caneve, L., Colao, F., Fantoni, R., Ortiz, P., Gomez, M.A., Vazquez, M.A, 2010. Real-Time Diagnosis of Historical Artworks by Laser-Induced Fluorescence. *Advanced Materials Research*, 133–134, 253–258.
- [18] Karami, A., Golieskardi, A., Ho, Y. B., Larat, V., & Salamatina, B. ,2017, Microplastics in eviscerated flesh and excised organs of dried fish. *Scientific reports*, 7(1), 5473.

ENEA  
Servizio Promozione e Comunicazione  
[www.enea.it](http://www.enea.it)

Stampa: Laboratorio Tecnografico ENEA - C.R. Frascati  
maggio 2019