

APLICAȚII LIDAR PENTRU DIAGNOSTICAREA DE LA DISTANȚĂ A POLUĂRII CU HIDROCARBURI ÎN ZONA COSTIERĂ A MĂRII NEGRE

JENI-GEORGETA VASILESCU⁽¹⁾, LIVIO BELEGANTE⁽¹⁾, VASILE BABIN⁽¹⁾, CLAUDIA STRECHIE-SLIWINSKI⁽²⁾

⁽¹⁾Institutul Național de C-D pentru Optoelectronică, Măgurele, jud Ilfov

⁽²⁾INCD GEOECOMAR, Str. D. Onciul, nr. 23-25, 024053 București, Sect. 2, claus@geoeomar.ro

Abstract. Lucrarea prezintă rezultatele preliminare referitoare la investigarea poluării marine cu hidrocarburi, inclusiv detectarea și caracterizarea poluanților petrolieri din zona costieră a Mării Negre. Scopul principal este de a demonstra utilitatea teledetecției active și de a caracteriza semnătura spectrală a compușilor fluorescenți din zona investigată. Pentru aceasta, a fost realizată o campanie de măsurători în timpul căreia a fost utilizată tehnica LIDAR (teledetecția laser) în combinație cu măsurătorile clasice a parametrilor fizico-chimici ai apei, de clorofilă și zooplancton într-o zonă cuprinsă între Cap Midia, spre nord și localitatea Eforie Nord, în sud.

Cuvinte cheie. fluorescența indusă laser, LIDAR, materie organică dizolvată (DOM), clorofilă

1. INTRODUCERE

Investigarea poluării apelor marine presupune evaluarea stării principalelor componente marine – fitoplanctonul și substanța galbenă sau materia organică dizolvată (DOM), inclusiv identificarea precoce a prezenței elementelor poluante, precum produsele petroliere. Una dintre metodele cele mai moderne de diagnosticare a poluării pentru zone întinse este teledetecția satelitară. Totuși, în condițiile prezenței unor pelicule suficient de groase de petrol, datele satelitare sunt puternic afectate de erori, care conduc la interpretări eronate. Aceasta se datorează faptului că poluantul intervine în procesul de absorbție și emisie a luminii modificând informația fără ca acest lucru să poată fi semnalat [a]. Așadar, în astfel de cazuri este oportun ca datele satelitare să fie corelate cu date de alt tip, care să contribuie la eliminarea erorilor, dar fără a se pierde din avantajele principale ale teledetecției: răspunsul în timp real și acoperirea unor zone întinse. Fitoplanctonul a fost prima componentă marină pentru care s-au demonstrat capacitățile teledetecției active laser. Fenomenul fizic util în acest tip de investigații îl constituie fluorescența indusă de fasciculul laser la interacțiunea cu clorofila și hidrocarburi din apă. Aplicația oferă informații despre prezența, tipul și concentrația elementului respectiv. Semnătura spectrală de fluorescență, caracteristică fiecărui compus poluant, conduce

la izolarea, identificarea și caracterizarea acestuia. Concentrația de clorofilă „a” este un indicator al întinderii zonelor în care este prezent fitoplanctonul și totodată al stării apei din punct de vedere ecologic. Monitorizând fluorescența fitoplanctonului se pot afla cauzele descreșterii populațiilor marine și se poate estima productivitatea primară la scară globală, dat fiind faptul că o arie sănătoasă este indicată de o fluorescență scăzută a fitoplanctonului.

Studii utilizând sisteme LIDAR de fluorescență au fost realizate de către echipe de cercetători din Italia, Germania, Rusia, Estonia în Oceanul Atlantic [b], Oceanul Pacific, Marea Adriatică [c], Marea Baltică [d] Marea Mediteraneană, Marea Nordului, Antarctica [e], și au vizat întocmirea de hărți privind distribuția în aria studiată și evoluția temporală a fitoplanctonului, estimarea poluării marine și determinarea parametrilor hidrografici, maximul de vizibilitate al sistemelor LIDAR. Teledetecția activă permite acumularea de date semnificative statistic privind compușii fluorescenți nu doar la suprafață, ci în adâncimea coloanei de apă, nu doar punctual, ci pe arii întinse, și posibilitatea de a pune în evidență și caracteriza, în același timp, eventuale filme de petrol prezente la suprafața zonelor investigate.

Această lucrare prezintă o parte din rezultatele obținute în cadrul unui proiect care a urmărit utilizarea aplicațiilor LI-

DAR pentru diagnosticarea de la distanță a poluării accidentale cu produse petroliere în zona costieră a Mării Negre.

2. DETERMINĂRI EXPERIMENTALE

A. SISTEM EXPERIMENTAL

Pentru diagnosticarea de la distanță a poluării în zona costieră a Mării Negre s-a utilizat un sistem LIDAR de fluorescență. Principiul unui sistem LIDAR constă în trimiterea unei radiații electromagnetice către ținta de investigat și examinarea semnalului de întoarcere. Un sistem LIDAR cuprinde, în principiu, o sursă laser și un receptor care are la bază un telescop (Fig. 1). În cazul investigării mediului acvatic radiația laser emisă este direcționată pentru a interacționa cu suprafața apei din zona de interes. În funcție de proprietățile optice ale acesteia, radiația pătrunde la o adâncime mai mare sau mai mică, este absorbită, componenții fluorescenței emit radiația de fluorescență care apoi este captată de telescop și direcționată către unitățile spectrale pentru detecție și analiză, fiind ulterior stocată într-un computer.

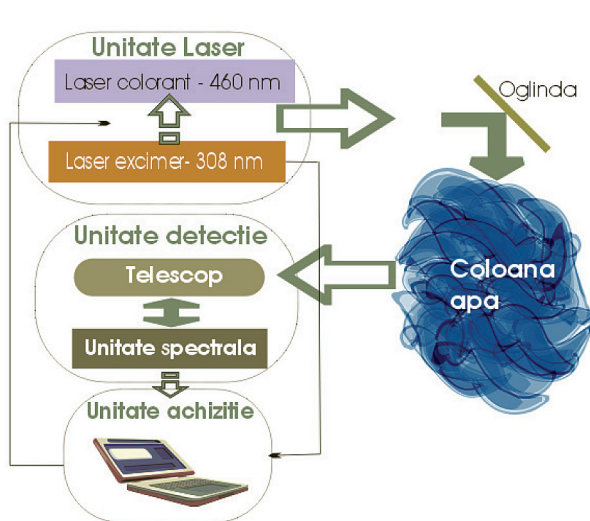


Fig. 1 Schema bloc a unui sistem LIDAR

Principala facilitate a utilizării sistemelor LIDAR de fluorescență o reprezintă abilitatea de a sonda de la distanță (zeci de metri), un anumit volum de apă dependent de proprietățile optice, în timp real. Teledetecția presupune achiziția de date și informații despre anumite componente ale mediului investigat prin detectarea și măsurarea radiației, particulelor și câmpurilor asociate cu obiecte localizate în vecinătatea senzorului. Utilizarea radiației luminoase permite obținerea răspunsului în timp real și, printr-o achiziție succesivă a semnalului, ridicarea de profile funcție de distanță până la țintă.

Sistemul LIDAR de Fluorescență (FLUORES) utilizat are la bază un laser cu excimeri (XeCl - 308 nm) și un laser colorant (acordabil - 367 și 460 nm), iar distanța optimă pentru care telescopul poate capta lumina este de 10 – 50 m.

B. ȚARA INVESTIGATĂ

Campania de măsurători a fost efectuată în zona costieră de nord-vest a Mării Negre, de la Cap Midia în nord, până în dreptul localității Eforie Nord, în sud. Măsurătorile au fost realizate pe profile paralele, cu lungimi de 2-3 km, în perioada 26-29 aprilie 2007.

3. REZULTATE ȘI DISCUȚII

Pentru determinarea distribuției materiei organice dizolvate (DOM) și evidențierea contaminării cu hidrocarburi s-a utilizat radiația de 308 nm a laserului cu XeCl, iar pentru determinarea distribuției de clorofilă „a” radiația de 460 nm a laserului cu colorant.

În figura 2 se poate observa un semnal LIDAR compus din linia Raman și semnalul de fluorescență specific materiei dizolvate; în schimb în figura 3 se observă semnalul de fluorescență pentru clorofila „a”, în cazul unei coloane de apă limpede la excitare cu radiația de 460 nm.

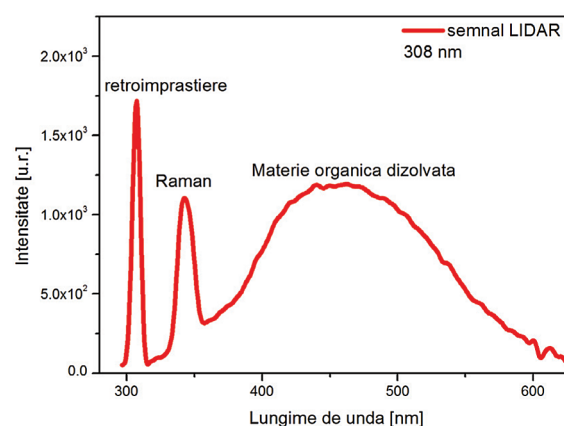


Fig. 2 Semnalul Lidar la excitarea cu lungimea de undă de 308 nm

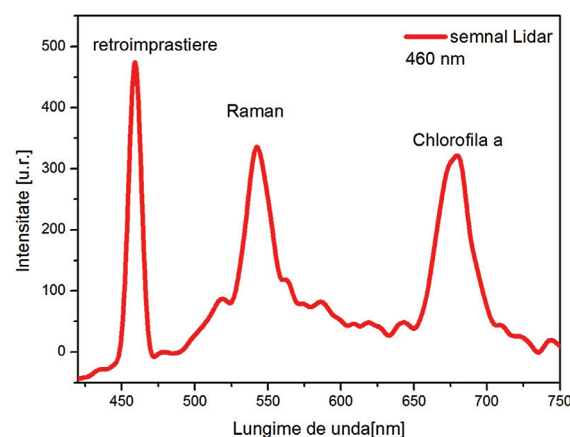


Fig. 3 Semnalul Lidar la excitarea cu lungimea de undă de 460 nm

Figurile 4 și 5 prezintă distribuțiile de DOM și clorofilă în zona Portului Constanța, determinate utilizând sistemul LIDAR de fluorescență. Se poate observa o distribuție aproximativ constantă a materiei organice dizolvate în timp ce prezența fitoplanctonului este condiționată de nutrienții

existenți și influențată de factori antropici. Aria punctelor reprezintă valoarea materiei organice în acel punct din port, valoarea minimă este de 3.2, iar cea maximă de 6.5 unități relative. În figura 5 aria punctelor reprezintă valoarea clorofilei „a” estimată prin utilizarea laserului cu colorant (460 nm) pentru excitarea coloanei de apă, valoarea maximă fiind de 32, iar minimul de 1.3 unități relative.

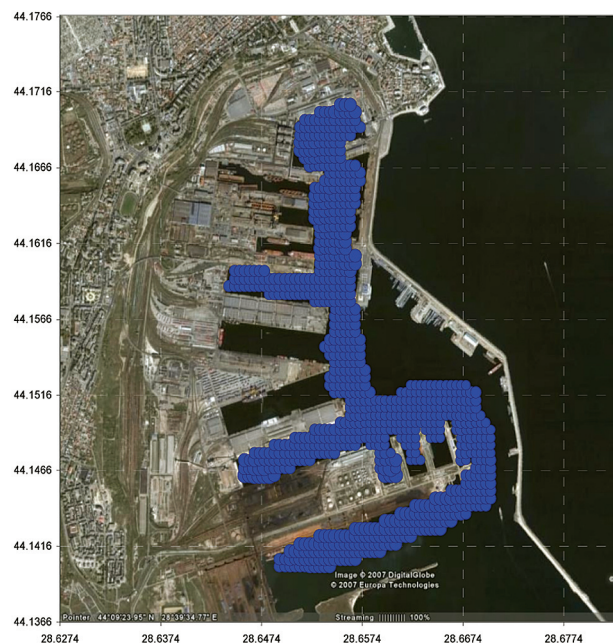


Fig. 4 Distribuția relativă a DOM-ului estimată cu ajutorul sistemului LIDAR în Portul Constanța



Fig. 5 Distribuția relativă a clorofilei a estimată cu sistemul LIDAR

Semnalul înregistrat la excitarea cu lungimea de undă de 460 nm evidențiază distribuția clorofilei în aria investigată.

Așa cum era de așteptat înflorirea fitoplanctonului s-a produs numai în anumite zone, având o valoare aproximativ constantă de-a lungul țărmului românesc, în schimb în zona de vărsare a Dunării în mare s-au identificat cele mai mari valori. În figura 6 se poate observa distribuția clorofilei de-a lungul țărmului românesc de la Portul Constanța până la Nord Cap Midia. În această zonă valorile pentru clorofilă sunt mai mici decât cele din zona portuară, având un maxim de 0.7 unități relative.

În perioada campaniei nu s-au observat diferențe semnificative în distribuția materiilor organice de-a lungul țărmului românesc, valorile maxime înregistrate cu echipamentul LIDAR de fluorescență fiind de 5.7 unități relative. Zona semnificativ diferită este cea de vărsare a Dunării, unde concentrația de DOM este de 1.5 ori mai mare, observându-se diferența și în semăturile spectrale. Din analiza semnalului de fluorescență se poate diferenția materia organică dizolvată specifică apelor dulci sau mărilor și oceanelor.

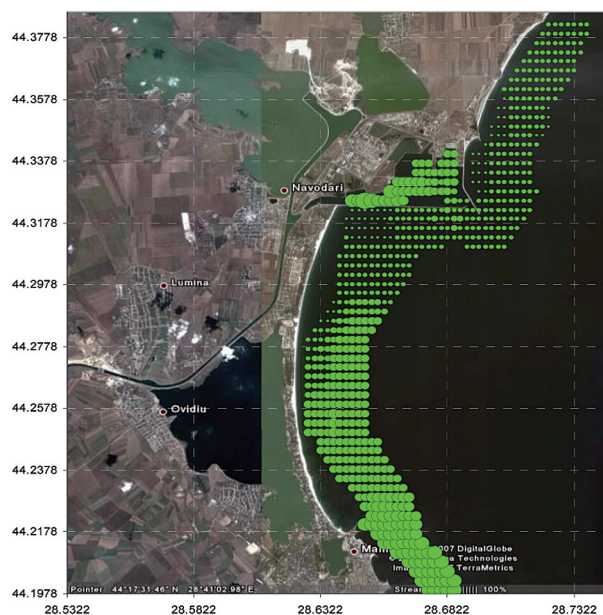


Fig. 6 Distribuția clorofilei în zona costieră a Mării Negre

Figura 7 (a și b) prezintă zonele din Portul Constanța unde au fost identificate pelicule de petrol sau carburanți. Zona de tranzit a vaselor pentru intrare și ieșire din port este marcată de o peliculă de petrol, mărimea punctelor fiind proporțională cu valoarea concentrației petrolului în fiecare punct, valoarea maximă fiind de 1.9 unități relative. Pete de carburant s-au identificat doar într-o zonă restrânsă a portului, valoarea obținută fiind de 2.275 unități relative. Luând în calcul întreaga zonă costieră a Mării Negre s-au identificat pete de motorină în perimetrul portului Midia și în apropiere de portul Constanța, zona golfului Mamaia fiind o arie curată, valoarea maximă obținută fiind de 0.65 unități relative. În cazul Portului Midia s-au identificat produși petrolieri sub formă de emulsii.

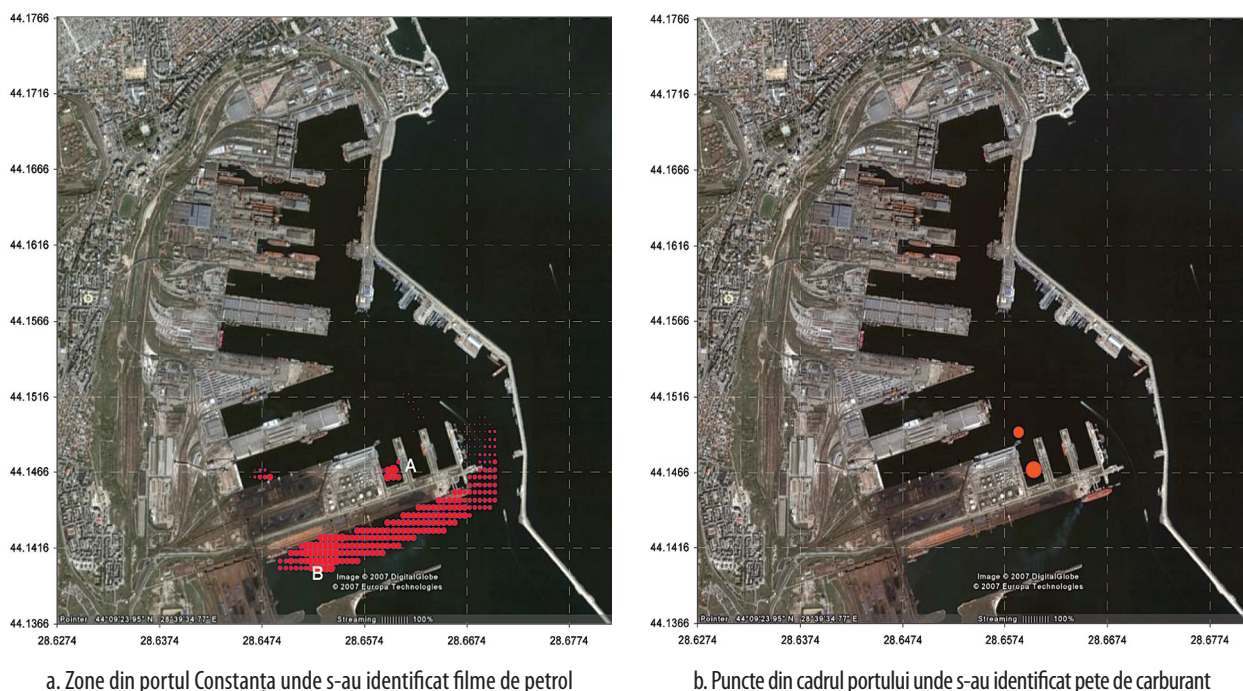


Fig. 7 Distribuția poluanților petrolieri de-a lungul coastei românești a Mării Negre

4. CONCLUZII

Investigațiile efectuate au permis evidențierea unor trăsături importante ale mediului acvatic marin, metoda utilizată dovedindu-se suficient de sensibilă în evaluarea calității apei. Utilitatea metodei de fluorescență induse laser a fost testată prin intermediul unui sistem LIDAR de fluorescență *in situ*. S-au pus în evidență caracteristicile semnalului de fluorescență atât pentru probele de apă, cât și pentru urme de poluanți de tipul petrol, motorină sau emulsii.

Utilizând sistemul LIDAR s-a putut evalua distribuția clorofilei și a DOM-ului pe diverse profile, de-a lungul coastei și în interiorul porturilor. Distribuția relativă a materiei organice dizolvate și a clorofilei "a" este aproximativ constantă de-a lungul profilelor LIDAR, fluctuațiile cele mai importante fiind observate doar în cazul clorofilei, în perioada efectuării investigațiilor

pe mare înfloririle având loc doar în zone restrânse. În general diferențe semnificative ale concentrațiilor de materie organică și clorofilă sunt evidente la compararea valorilor din măsurători obținute pentru zonele portuare și restul coastei. În interiorul unui port cantitatea de clorofilă este mare, aproximativ constantă, mediul facilitând înflorirea masivă, salturi importante producându-se pentru zonele unde sunt conducte de deversare sau unde se desfășoară activități antropice.

Datele LIDAR sunt în acord cu cele obținute prin metode standard. Ele atestă utilitatea și performanțele LIDAR-ului de fluorescență în monitorizarea mediului, cu achiziția de date în timp real și cu posibilitatea de a evalua un volum mare de apă într-o perioadă scurtă de timp. A fost demonstrată capacitatea echipamentului de fluorescență în detectarea zonelor poluate și în obținerea de distribuții ale clorofilei și ale materiei organice dizolvate.

BIBLIOGRAFIE

- BARBINI R. ET AL., SPECTRAL AND TIME RESOLVED MEASUREMENTS OF POLLUTANTS ON WATER SURFACE BY A XeCL LASER FLUORESCENSOR, *EARSEL ADVANCES IN REMOTE SENSING*, 1(2):46-51, 1992
- BOYCHUK I.V., DOLENKO T.A., FADEEV V.V., KOMPITSAS M., REUTER R., *REAL ABILITIES AND PROBLEMS OF LASER MONITORING (IN SITU) OF OIL POLLUTION IN COASTAL MARINE WATERS*, *PROC.EARSEL-SIG-WORKSHOP LIDAR*, 2000, p.115-122
- BOYCHUK I.V., DOLENKO T.A., FADEEV V.V., KOMPITSAS M., REUTER R., *REAL ABILITIES AND PROBLEMS OF LASER MONITORING (IN SITU) OF OIL POLLUTION IN COASTAL MARINE WATERS*, *PROC.EARSEL-SIG-WORKSHOP LIDAR*, 2000, p.115-122
- HENGSTERMANN, REUTER R., *LIDAR FLUORESCENSING OF MINERAL OIL SPILLS ON THE SEA SURFACE*, *APPL.OPT.*, 29, 22, 1990
- JOHNSON D., CELLIS I., CHRISTIEN G., *RAPID FLUORESCENCE SPECTROSCOPY*, *ANAL. CHEM.*, 49:747A-757A, 1977
- LAKOWICZ, J.R., *PRINCIPLES OF FLUORESCENCE SPECTROSCOPY*, PLENUM PRESS, NEW YORK, 1983
- GUILBAULT G.G., *PRACTICAL FLUORESCENCE*, MODERN MONOGRAPHS IN ANALYTICAL CHEMISTRY, 3, 1990.
- PORYVKINA L., LEEBEN A., *DIAGNOSTICS OF ORGANIC COMPOUNDS IN WATER QUALITY MONITORING*, *PROCC. OF 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON MARINE AND COASTAL ENVIRONMENT*, 469-475, 1997
- REUTER R., DIEBEL D., HENGSTERMANN, *OCEANOGRAPHIC LASER REMOTE SENSING: MEASUREMENT OF HYDROGRAPHIC FRONTS IN GERMAN BIGHT AND IN THE NORTHERN ADRIATIC SEA*, *INT. J. REMOTE SENSING*, 14 (5):832-848, 1993
- YENTSCH C.S., PHINNEY D.A., *SPECTRAL FLUORESCENCE: A TAXONOMIC TOOL FOR STUDYING THE STRUCTURE OF PHYTOPLANKTON POPULATIONS*, *J. PLANKTON RES.*, 7:617-632, 1985.