

Raport științific

privind implementarea proiectului

Implementarea de metode de asimilare de date pentru a îmbunătăți predicția valurilor în zonele costiere românești ale Mării Negre - DAMWAVE

în perioada ianuarie – decembrie 2015

În cea de a treia etapă de implementare a proiectului desfășurată în perioada menționată, au fost urmărite obiectivele specifice proiectului:

1. Validarea rezultatelor obținute în urma aplicării metodologiei DA (data assimilation) pentru hindcast, perioada suplimentară 2009-2013
2. Implementarea sistemului de predicție a valurilor bazat pe modelul SWAN cu mai multe nivele de calcul
3. Evaluarea altor proceduri DA
4. Testarea de proceduri DA complexe care să fie asociate sistemului de predicție a valurilor din Marea Neagră, focalizat pe zona litoralului românesc
5. Diseminarea rezultatelor

1. Validarea rezultatelor obținute în urma aplicării metodologiei DA pentru hindcast pentru o perioadă extinsă

Simulări hindcast suplimentare au fost realizate pentru o perioadă de 5 ani (2009-2013), parcurgând toate tipurile de activități necesare realizării de simulări specificate în rapoartele anterioare. Deși în planul de realizare a proiectului era prevăzută o extindere a simulărilor pentru o perioadă de 2 ani (2009-2010), experiența acumulată cât și faptul că au existat date de satelit și vânt disponibile a permis ca perioada de noi simulări să fie mărită cu încă 3 ani. Astfel, s-a realizat o bază de date consistentă (apropiată de prezent) cu rezultatele simulărilor numerice care conțin informații credibile privind principalii parametri de val din bazinul Mării Negre pentru o perioadă de 15 ani (1999-2013), precum și informații privind câmpurile de vânt din bazinul Mării Negre. De asemenea, analiza climatologică a fost actualizată prin considerarea noilor informații.

Aplicând schema DA (Data Assimilation) bazată pe metoda interpolărilor optime implementată în cea de a doua etapă la nivelul global al Mării Negre, au fost corectate și rezultatele simulărilor realizate în perioada 2009-2013. De asemenea, pentru întreaga perioadă procesul de asimilare a fost completat cu propagarea informației în spațiul spectral și reinițierea zilnică a modelului cu condiții inițiale actualizate (Rusu, 2015a). Informații privind numărul de observații utilizate pentru asimilare/validare pe fiecare tip de satelit sunt furnizate în Tabelul 1.

Tabelul 1. Informații privind numărul de observații de satelit existente în perioada de 15 ani considerată, structurată în număr de observații utilizate pentru DA și validare.

Satelit	Nr. Observații pentru asimilare	Nr. Observații pentru validare
ERS-2 (until 04-07-2011)	197.136	
ENVISAT (14-05-2002 to 08-04-2012)		126.736
TOPEX (until 08-10-2005)		132.615
Poseidon (until 08-10-2005)	3.821	
JASON-1 (15-01-2002 to 21-06-2013)	193.849	
GFO GFO (07-01-2000 to 07-09-2008)	101.693	
JASON-2 (from 04-07-2008)	102.038	
Cryosat-2 (from 14-03-2013)		57.569
SARAL (from 14-07-2010)	16.910	
Total	615.447	316.920

Parametrii statistici considerați pentru analiza influenței metodologiei DA asupra calității predicției parametrului de val H_s - înălțimea semnificativă a valului sunt cei utilizați în mod frecvent pentru evaluarea calității predicțiilor, și anume: bias, eroarea medie absolută, eroarea medie pătratică (RMS), indicele de împrăștiere sau eroarea normalizată (SI), coeficientul de corelare (R) și panta liniei de regresie dusă prin origine (S), calculați conform definițiilor standard. În primul rând au fost calculați parametrii statistici corespunzători comparației realizate între H_s simulat de SWAN (H_s -SWAN) și măsurătorile altimetrice considerate pentru validare (ENVISAT, Topex, and Cryosat-2). Aceste rezultate sunt considerate ca referință pentru evaluarea influenței schemei DA asupra calității previziunilor de val. Tabelul 2 prezintă valorile parametrilor statistici, unde N reprezintă numărul de perechi de date utilizate în calculul statistic. De asemenea, sunt prezentate în tabel rezultatele statistice obținute după aplicarea DA, pentru lungimea de corelație de 4° . Se observă cu claritate că aplicarea metodologiei DA duce la îmbunătățirea tuturor parametrilor statistici. În Figura 1 sunt reprezentate și diagramele de împrăștiere.

Tabelul 2. Rezultate statistice obținute pentru H_s simulat cu SWAN și H_s obținute în urma aplicării metodei DA, comparate cu măsurătorile de altimetru utilizate pentru validarea rezultatelor pe întreg bazinul Mării Negre, perioada 1999-2013.

Parameter	MeanObs (m)	MeanSim (m)	Bias (m)	MAE (m)	RMSE (m)	SI	R	S	N
SWAN H_s (m)	1,04	0,97	-0,07	0,27	0,35	0,35	0,88	0,98	316.920
SWAN-DA H_s (m)		1,01	-0,03	0,21	0,29	0,28	0,91	0,99	

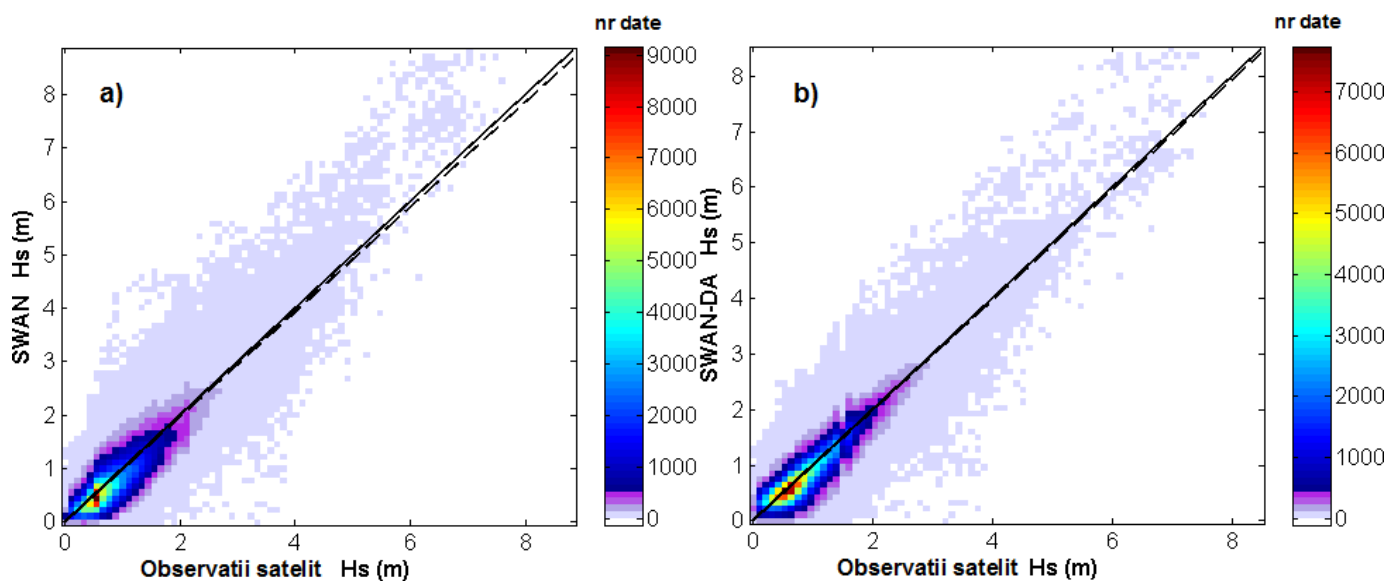


Figura 1. Diagrame de împrăștiere prezentând observații de H_s (date de la sateliții ENVISAT, Topex și Cryosat-2) versus valorile calculate de modelul SWAN fără asimilare (a) și cu asimilare (b), corespunzătoare perioadei de 15 ani (1999–2013).

Ținând cont de faptul că o cunoaștere detaliată a condițiilor din mediul marin reprezintă o problemă de mare importanță, datele existente în baza de date a proiectului privind condițiile de val/vânt din Marea Neagră pentru o perioadă de 15 ani (1998–2013) reprezintă o sursă de informații care trebuie analizată în amănunt. Atenția noastră a fost concentrată în principal pe analiza condițiilor de furtună, și conform acestor analize partea de vest a Mării Negre pare a fi caracterizată de condiții mai energetice decât restul bazinului. Furtunile pot deveni uneori destul de puternice, generând condiții neprevăzute în mediul marin și coastier. Astfel, în fiecare an ne putem aștepta ca înălțimile semnificative ale valurilor din Marea Neagră să atingă valori de 8 metri, ceea ce înseamnă că înălțimile maxime ale valurilor corespunzătoare pot depăși valoarea de 15 metri. În timp ce astfel de condiții pot fi considerate caracteristice pentru furtunile puternice care apar în mod regulat, totuși în cazul evenimentelor extreme (care pot să apară o dată la câțiva ani) se pot produce valori chiar mai mari de 20 m (cu $H_s > 10$ m).

Rezultatele simulărilor au fost utilizate pentru diverse analize privind condițiile de val/vânt din Marea Neagră, cum ar fi evaluarea condițiilor extreme (Rusu & Butunoiu, 2015) sau evaluarea energiei valurilor (Rusu, 2015a,b), în Figurile 2 și 3 fiind prezentate sub formă de distribuții geografice.

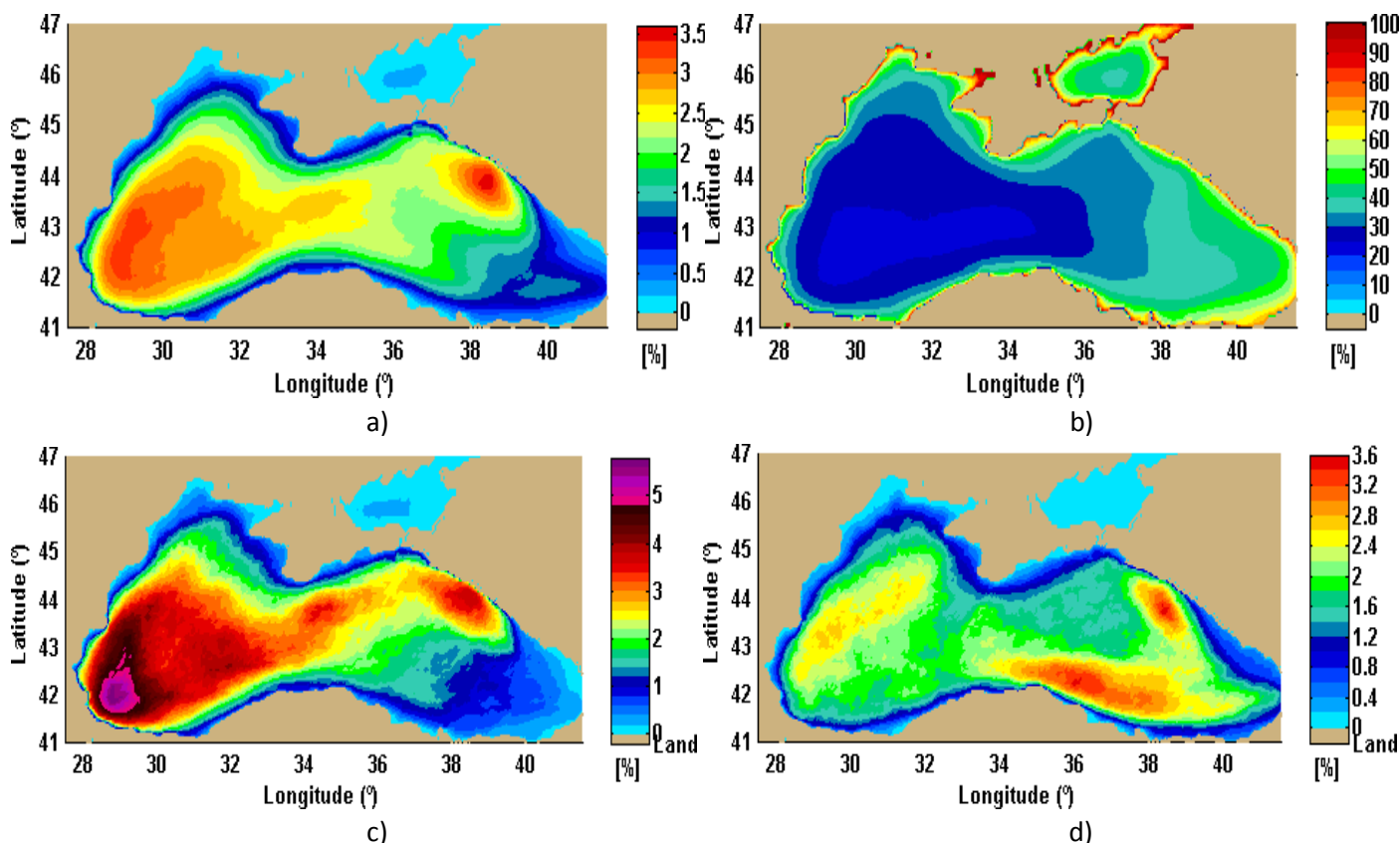


Figura 2. Analiza rezultatelor celor 15 ani de simularea a valurilor (1998–2013); a) Distribuția geografică a condițiilor de furtună în procente ($H_s > 3$ m); b) Distribuția geografică a condițiilor de calm în procente ($H_s < 0.5$ m); Anul 2003 (c) și anul 2013 (d), distribuția geografică a condițiilor de furtună în procente ($H_s > 3$ m).

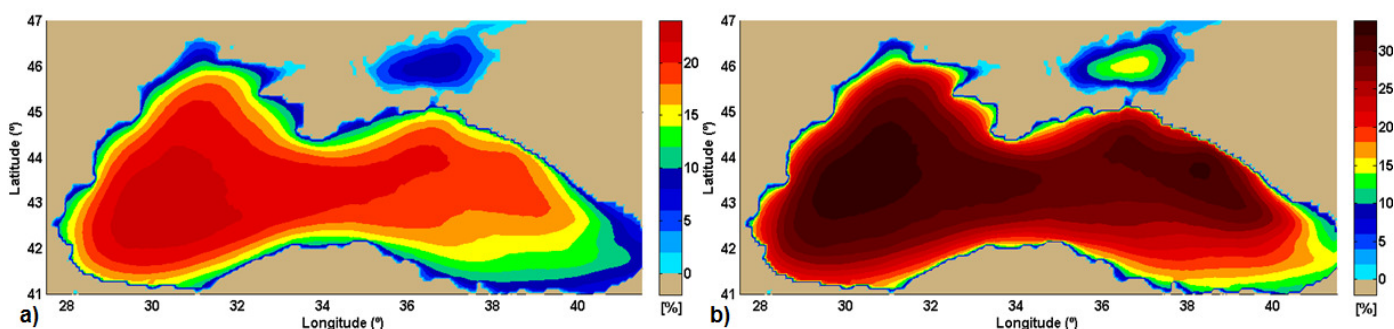


Figura 3. Analiza rezultatele celor 15 ani de simularea a valurilor (1998–2013); (a) Distribuția geografică a energiei valurilor mai mare de 4 kW/m, perioada totală; (b) Distribuția geografică a energiei valurilor mai mare de 4 kW/m, sezonul de iarnă.

2. Implementarea sistemului de predicție a valurilor bazat pe modelul SWAN cu mai multe nivele de calcul

Sistemul de predicție a valurilor pentru zona litoralului românesc a fost definit pe trei nivele de calcul prezentate în Figura 4: **Nivel I - Global**, reprezintă aria de generare și care acoperă întregul bazin al Mării Negre; **Nivel II - Regional** este aria de transformare și acoperă zona din apropierea litoralului românesc și **Nivel III - Local**, reprezentat de arii de rezoluție înaltă. Câmpurile de vânt utilizate în cele trei arii provin de la NCEP-CFSR (United States National Centers for Environmental Prediction, Climate Forecast System Reanalysis), cu o rezoluție spațială de $0,312^\circ \times 0,312^\circ$ și temporală de 3 ore. Caracteristicile celor trei nivele de calcul sunt prezentate în Tabelul 3.

Tabelul 3. Caracteristicile celor trei nivele de calcul considerate în modelul SWAN

Nivel	$\Delta x \times \Delta y$	Δt (min) / modul de calcul	nf	n θ	ngx \times ngy = np
Global I	0,08° \times 0,08°	10 / non-stat	35	24	176 \times 76 = 13376
Regional II	0,02° \times 0,02°	10 / non-stat	35	36	141 \times 141 = 19881
Local III	0,005° \times 0,005°	10 / non-stat	35	36	221 \times 221 = 48841

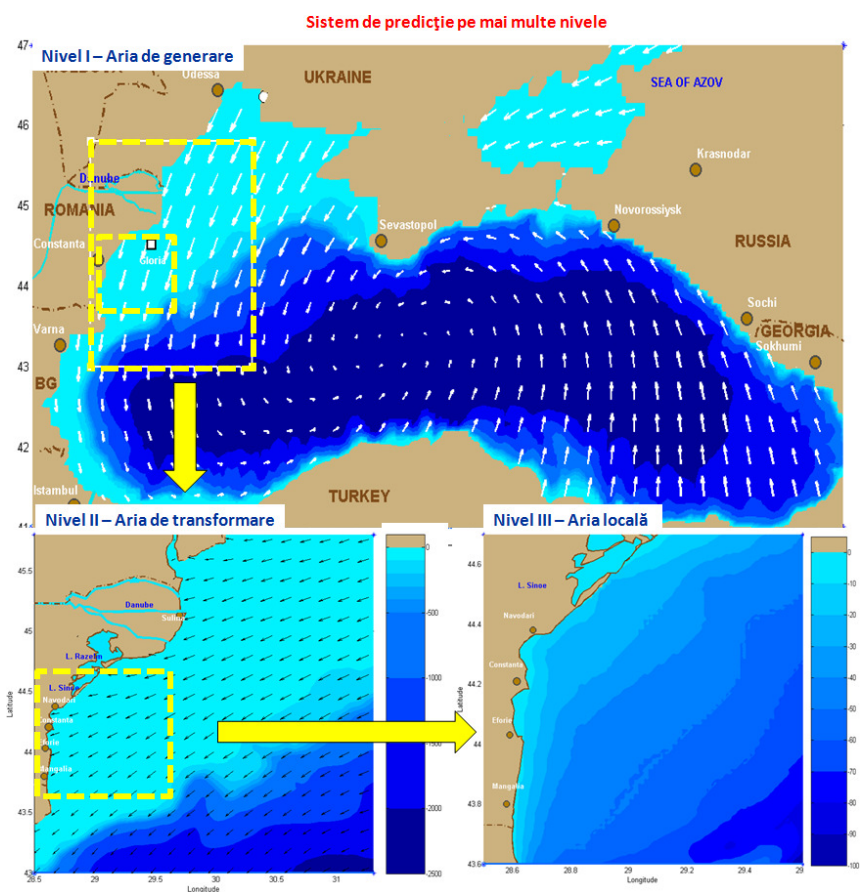


Figura 4. Spațiile geografice a sistemului de predicție considerat în Marea Neagră. În fundal este harta batimetrică a ariilor.

Principalele procese fizice luate în considerare în cele trei nivele de calcul sunt: generarea valurilor de vânt, spargerea valurilor (whitecapping), interacțiuni neliniare val-val (quadrupletți), frecarea cu fundul mării, spargerea valurilor datorită adâncimii, cu mențiunea că multe parametrizări sunt diferite de la un nivel la altul. Validarea rezultatelor obținute cu sistemul de predicție a valurilor în zona litoralului românesc (Nivel II) a fost realizată prin compararea simulărilor cu măsurători furnizate de sateliți (Figura 5), Răileanu et al. (2015).

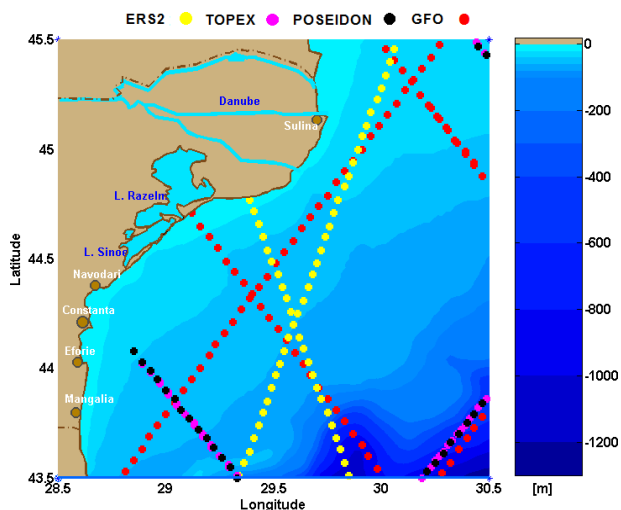


Figura 5. Traiectoriile sateliților peste aria definită la Nivel II (zona litoralului românesc), în luna ianuarie 2001.

Au fost realizate teste privind impactul diverselor procese fizice asupra modelării valurilor în zona de transformare, de remarcat că în această se aplică în modelul SWAN parametrizarea Westhuysen pentru whitecapping (Van der Westhuysen et al., 2007), în timp ce în aria de generare cele mai bune rezultate s-au obținut cu parametrizarea propusă de Janssen (1991). În Figura 5 sunt prezentate rezultatele obținute cu modelul SWAN la Nivelul II pentru două momente de timp caracterizate prin valori medii și extreme ale câmpurilor de H_s .

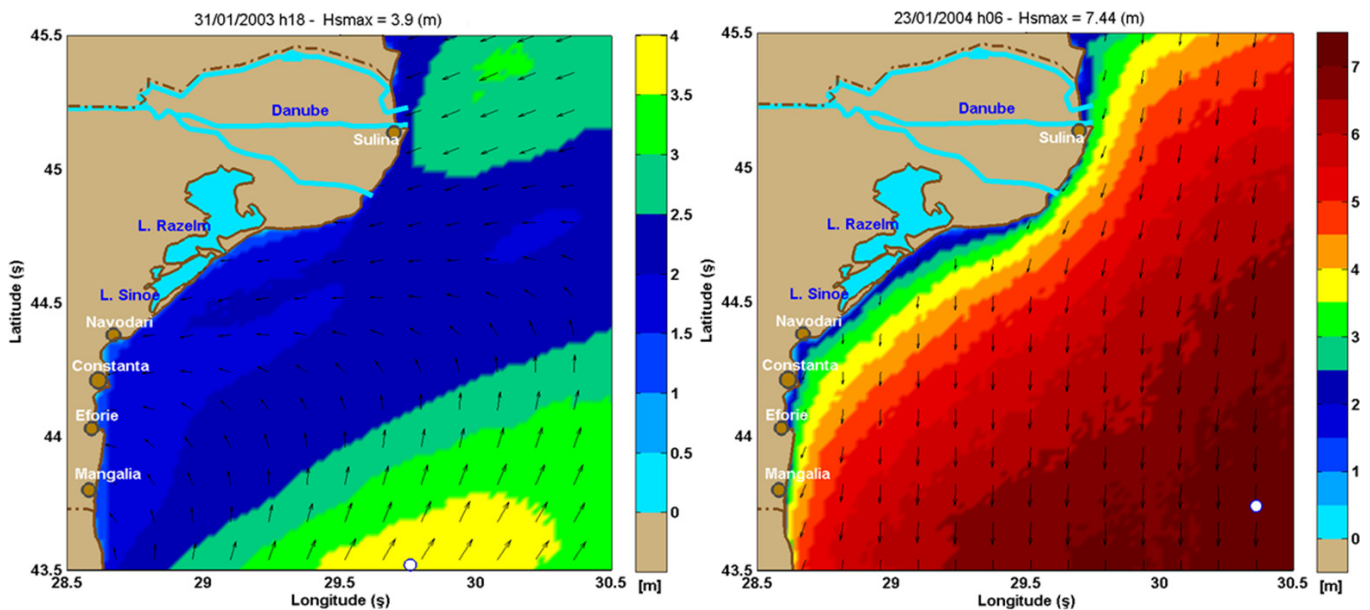


Figura 5. Câmpuri de înălțimi semnificative (H_s) și direcția medie a valurilor simulate cu modelul SWAN pentru data de 31/01/2003 h18 și 23/01/2004 h06.

De asemenea, sistemul de predicție a fost focalizat și spre diverse zone locale de rezoluție înaltă (Nivel IV), în care s-a folosit sistemul de coordonate carteziene pentru definirea grilelor de calcul. În aceste arii s-au analizat condițiile particulare care pot influența procesul de modelare, cum ar interacțiunea dintre valuri și curenți. Un exemplu sunt studiile realizate în zona insulei Sacalin (Rusu & Butunoiu, 2015), unde s-au analizat cele mai relevante situații privind propagarea valurilor, precum și interacțiunea dintre valuri și curenții de la gurile Dunării (brațul Sfântu Gheorghe).

Rezultatele furnizate de sistemul de modelare a valurilor sunt, în general, în conformitate cu rezultatele studiilor anterioare, bazate în principal pe observații și măsurători in situ. Aceste rezultate ale modelului pot ajuta în mod direct la înțelegerea și explicarea evoluției costiere foarte dinamice a acestei zone costiere. Astfel, rezultatele modelului au evidențiat două procese antagoniste. Primul, care este dominant, și care poate fi definit ca un proces constructiv, corespunde direcției de propagare a valurilor întâlnit cel mai frecvent în acea zonă (adică valurile care vin dinspre nord-est). În acest caz, aluviunile aduse de la gura fluviului combinate cu transportul de sedimente de-a lungul coastei determină prelungirea insulei Sacalin în partea de sud. De fapt, aceasta a fost, de asemenea, mecanismul care a determinat generarea insulei Sacalin acum mai bine de un secol.

3. Evaluarea altor proceduri DA.

Având în vedere faptul că obiectivul principal al proiectului este de a îmbunătăți predicția valurilor în partea de vest a Mării Negre, cu focalizare pe zonele costiere românești, în această etapă a proiectului atenția a fost îndreptată pe aplicarea de metodologii DA la al doilea nivel de calcul (aria de transformare din Figura 4). Evaluând metodologiilor DA aplicate pentru îmbunătățirea previziunilor în diverse zone geografice (Răileanu & Rusu, 2015), și după analiza avantajelor și dezavantajelor fiecărei abordări, un algoritm bazat pe metoda corecțiilor succesive a fost considerat pentru implementare în această arie. Tehnica de asimilare considerată adoptă aplicarea de regresii liniare pentru a efectua corecția previziunilor modelului în fiecare punct al grilei de calcul, astfel încât să existe o mai bună corelare cu observațiile. O abordare similară a fost aplicată cu succes de către Rusu (2014) doar pentru o locație, respectiv platforma Gloria.

Sistemul DA adoptat se bazează pe un algoritm de corecție succesivă, unde pentru fiecare zi d , previziunile H_s produse în fiecare punct al grilei de calcul pentru intervalul 00h la 21h (cu o rezoluție 3 ore) sunt corectate pe baza relației stabilite între previziunile și măsurătorile de satelit într-o perioadă anterioară, numită *perioadă de antrenare*. Folosind ansamblul de măsurători și predicțiile corespunzătoare produse în perioada de antrenare s-au determinat parametri care definesc regresia lineară care se corelează cel mai bine setului de date. Acești parametri au fost apoi utilizați pentru corectarea previziunilor produse în ziua d . Astfel, pentru fiecare zi o nouă linie de regresie este proiectată pentru a corecta înălțimile semnificative ale valurilor în punctele grilei de calcul. În Tabelul 4 sunt prezentate rezultatele statistice calculate în urma comparării cu măsurătorile de satelit a parametrului de val H_s simulat de modelul SWAN și a celui corectat în urma aplicării DA. Se observă că toți parametrii statistici au fost îmbunătățiți prin aplicarea DA.

Tabelul 4. Rezultate statistice obținute pentru H_s simulat cu SWAN și H_s obținute în urma aplicării metodei DA, comparate cu măsurătorile de altimetru, perioada 1999-2008.

Parametru	MediaObs (m)	MediaSim (m)	Bias (m)	MAE (m)	RMSE (m)	SI	R	S	N
H_s (fără asimilare)	1,053	1,041	-0,012	0,241	0,325	0,309	0,894	1,007	40759
H_s (cu asimilare)	1,053	1,052	-0,001	0,206	0,273	0,259	0,917	0,974	

În Figura 6 sunt prezentate rezultatele obținute după aplicarea schemei DA pentru întreaga domeni de calcul, pentru aceleași momente de timp ca în Figura 5. Prin compararea imaginilor din Figurile 5 și 6 corespunzătoare aceluiași moment de timp se poate observa impactul spațial produs de DA.

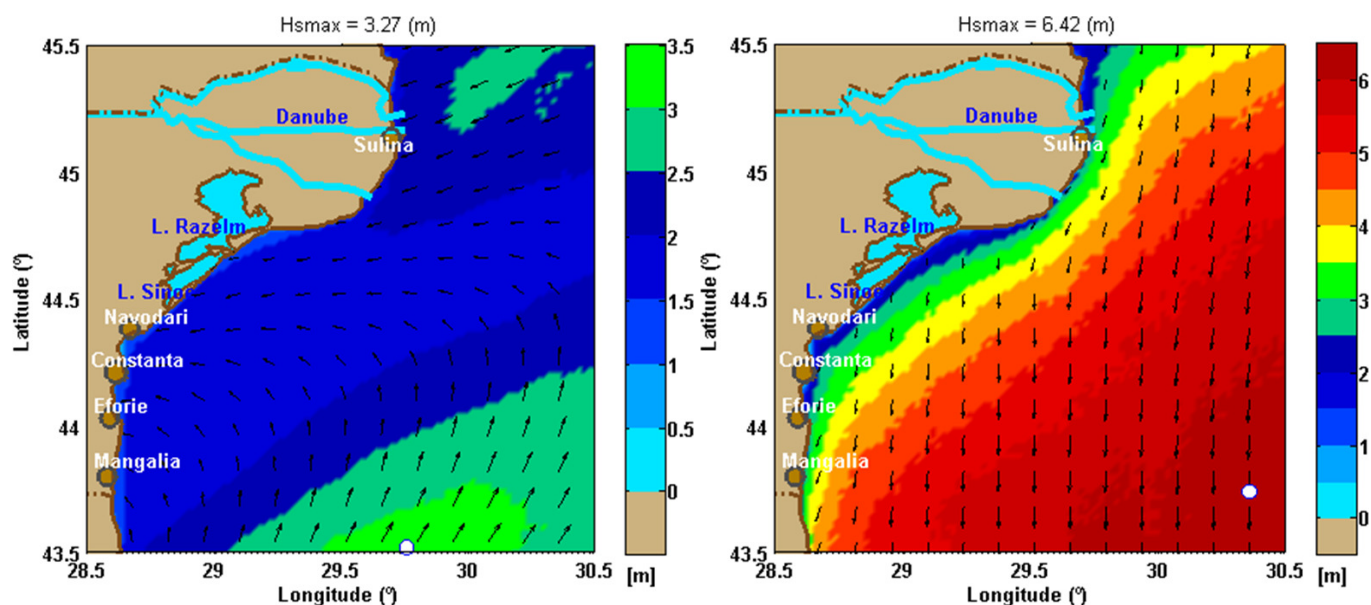


Figura 6. Câmpuri de înălțimi semnificative (H_s) și direcția medie a valurilor după aplicarea DA, pentru data de 31/01/2003 h18 (stânga) și 23/01/2004 h06 (dreapta).

În afară de metodele DA implementate până în prezent și ale căror rezultate au fost diseminate, membrii echipei lucrează la testarea și unei proceduri DA bazată pe filtrul Kalman. După obținerea rezultatelor finale se va putea realiza o analiză privind oportunitatea implementării acestei proceduri pe baza evaluării eficienței diverselor metode DA. Pentru stabilirea celei mai eficiente metodologii se va avea în vedere analiza acurateții rezultatelor obținute cu fiecare metodă și timpul de calcul necesar pentru aplicarea ei.

4. Testarea de proceduri DA complexe care să fie asociate sistemului de predicție a valurilor din Marea Neagră, focalizat pe zona litoralului românesc.

Rezultatele obținute după aplicarea DA la Nivelul II de calcul sunt utilizate pentru aplicarea altor tehnici DA, prin care sunt modificate condițiile de frontieră pentru cel de-al treilea nivel, stabilindu-se astfel o schemă DA care

acoperă toate nivelele de implementare a sistemului de predicție a valurilor. De asemenea, vor fi luate în considerare și măsurătorile existente la platforma Gloria.

În acest sens a fost realizată deja o schemă DA multinivel, care poate fi adaptată pentru asimilarea mai multor parametri de val. De asemenea, s-a avut în vedere și posibilitatea adaptării ei cu ușurință de la hindcast, la forecast. Rezultatele obținute fac obiectul unei lucrări depuse la Journal of Operational Oceanography, lucrare care se află în evaluare.

5. Diseminarea rezultatelor

5.1 Pregătirea de articole științifice, o monografie, prezentări și postere pentru diseminarea rezultatelor obținute

- Publicatii in reviste cotate ISI (7)

1. Rusu, L., 2015. Assessment of the Wave Energy in the Black Sea Based on a 15-Year Hindcast with Data Assimilation, *Energies* 8, 10370-10388. <http://dx.doi.org/10.3390/en80910370> (IF=2.072)
2. Rusu, L., Onea, F., 2015. Assessment of the performances of various wave energy converters along the European continental coasts, *Energy* 82, 889-904. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2015.01.099> (IF=4.844)
3. Rusu, L., Butunoiu, D., 2015. Numerical modelling of the wave propagation close to the sacalin island in the Black Sea, *Journal of Marine Science and Technology - Taiwan*, 23(5), 669-677. DOI:10.6119/JMST-015-0521-2 <http://jmst.ntou.edu.tw/marine/23-5/669-677.pdf> (IF=0.379)
4. Onea, F., Raileanu, A., Rusu, E., 2015. Evaluation of the Wind Energy Potential in the Coastal Environment of two Enclosed Seas, *Advances in Meteorology*, Article ID 808617. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/808617> (IF=0.946)
5. Omer, I., Mateescu, R., Rusu, L., Niculescu, D., Vlasceanu, E., 2015, Coastal works extensions on the Romanian touristic littoral, its ecological impacts on the nearshore bathing areas, *Journal of Environmental Protection and Ecology* 16 (2), 424-433. <http://www.jepe-journal.info/vol-16-no2-2015> (IF=0.838)
6. Onea, F., Rusu, E., Efficiency assessments for some state of the art wind turbines in the coastal environments of the Black and the Caspian seas, *Energy Exploration & Exploitation* - accepted October 2015, http://hebeu.allmaga.net/eee/ch/first_menu.aspx?parent_id=20101109165126001 (IF=0.778)
7. Rusu, E., Onea, F., 2016. Estimation of the wave energy conversion efficiency in the Atlantic Ocean close to the European islands, *Renewable Energy* 85, 687-703. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2015.07.042> (IF=3.476)

-Lucrări prezentate la conferințe internaționale și publicate in volumele acestora (14)

8. Rusu, L., 2015. Wave modelling with data assimilation to evaluate the wave energy patterns in the Black Sea. In: *Proc. of 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference (SGEM2015)*, 16-25 June, Albena, Bulgaria, Vol. 4, 597-606. <http://www.sgem.org/SGEMLIB/spip.php?article6182> (ISI indexed) DOI:10.5593/SGEM2015/B41/S17.078
9. Butunoiu, D., Rusu, E., 2015. A Data Assimilation Scheme to Improve the Wave Predictions in the Black Sea. In: *Proc. of OCEAN'15 MTS/IEEE Conference - Discovering Sustainable Ocean Energy for a New World*, 18-21 May, Genova, Italy. <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=7271242> (ISI indexed) DOI:10.1109/OCEANS-Genova.2015.7271242
10. Onea, F., Rusu, L., 2015. Coastal impact of a hybrid marine farm operating close to the Sardinia island. In: *Proc. of OCEAN'15 MTS/IEEE Conference - Discovering Sustainable Ocean Energy for a New World*, 18-21 May, Genova, Italy. <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=7271249> (ISI indexed) DOI:10.1109/OCEANS-Genova.2015.7271249
11. Răileanu, A., Onea, F., Rusu, E., 2015. Assessment of the wind energy potential in the coastal environment of two enclosed seas. In: *Proc. of OCEAN'15 MTS/IEEE Conference - Discovering Sustainable Ocean Energy for a New World*, 18-21 May, Genova, Italy. DOI:10.1109/OCEANS-Genova.2015.7271248 <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?reload=true&arnumber=7271248> (ISI indexed)
12. Răileanu, A., Onea, F., Rusu, E., Evaluation of the offshore wind resources in the European seas based on satellite measurements, In: *Proc. of 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference*

- (SGEM2015), 16-25 June, Albena, Bulgaria, Vol. 4, 227-234. DOI: 10.5593/SGEM2015/B41/S17.030 <http://sgem.org/sgemlib/spip.php?article6134> (ISI indexed)
13. Răileanu, A., Rusu, L., Rusu, E., 2015. Wave modelling with data assimilation in the Romanian nearshore. In: Proc. of 16th International Congress of the International Maritime Association of the Mediterranean, IMAM 2015 - Towards Green Marine Technology and Transport, 21-24 September, Croatia, pp. 837-843, <http://www.imamhomepage.org/imam2015/> (ISI indexed)
 14. Rusu, E., Butunoiu, D., 2015. Prediction of the extreme storms in the Black Sea with numerical wave models, In: Proc. of 16th International Congress of the International Maritime Association of the Mediterranean, IMAM 2015 - Towards Green Marine Technology and Transport, 21-24 September, Croatia, pp. 845-851, <http://www.imamhomepage.org/imam2015/>(ISI indexed)
 15. Rusu, L., Răileanu, A., 2015. Assimilation of satellite data to increase the reliability of the wave predictions in the Black Sea. Poster presented at *European Geosciences Union General Assembly 2015* (EGU2015), Geophysical Research Abstracts, Vol. 17, EGU2015-4816, 12-17 April, Vienna, Austria <http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2015/posters/17327>
<http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2015/EGU2015-4816.pdf>
 16. Rusu, E., Butunoiu, D., 2015, Wave modelling south of the Danube Delta in the Black Sea, Poster presented at *European Geosciences Union General Assembly 2015* (EGU2015), Geophysical Research Abstracts, Vol. 17, EGU2015-4816, 12-17 April, Vienna, Austria.
<http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2015/posters/17342>
<http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2015/EGU2015-4887.pdf>
 17. Rusu, L., Răileanu, A., Rusu, E., 2015. An assimilation scheme based on remotely sensed data to improve the results of the numerical wave models in the Black Sea, *International Conference Environmental Issues in terms of its Protection and Ecology*, 6-7 May 2015, Galați, Romania, pp 11-12, ISBN 978-606-696-035-9.
 18. Onea, F., Răileanu, A., Rusu, E., 2015. Evaluation of the general wind conditions in the Black and the Caspian seas, *International Conference Environmental Issues in terms of its Protection and Ecology*, 6-7 May 2015, Galați, Romania, pp. 13-14, ISBN 978-606-696-035-9.
 19. Rusu, L., Onea, F., 2015. Shoreline effects of a wind-wave farm operating in the coastal environment of the Mediteranean Sea, *International Conference Environmental Issues in terms of its Protection and Ecology*, 6-7 May 2015, Galați, Romania, pp. 15-16, ISBN 978-606-696-035-9.
 20. Raileanu, A., Onea, F., Rusu, E., 2015. Evaluation of the offshore wind energy potential in the Romanian coastal environment at the Black Sea, presented at *The international symposium Protection of the Black Sea ecosystem and sustainable management of maritime activities - PROMARE 2015*, http://www.mareframe-fp7.org/ue_31.html, to be published in Cercetari Marine / Marines Reserches" vol. 45/2015. <http://www.rmri.ro/Home/Publications.RecherchesMarines.html>
 21. Ivan, A., Raileanu, A., Onea, F., Rusu, E., 2015. Studies concerning the coastal impact of an offshore wind farm operating in the vicinity of the Danube Delta, presented at *The international symposium Protection of the Black Sea ecosystem and sustainable management of maritime activities - PROMARE 2015*, http://www.mareframe-fp7.org/ue_31.html, to be published in Cercetari Marine / Marines Reserches" vol. 45/2015. <http://www.rmri.ro/Home/Publications.RecherchesMarines.html>

-Publicații în reviste naționale indexate în baze de date internaționale (2)

22. Onea, F., Rusu, E., 2015. Analysis of some numerical simulations related to a hybrid wave energy converter, Annals of "Dunarea de Jos" University of Galati, Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics, Fascicle II, Year V(XXXVIII) 2015, pp. 46-52. (B+) http://www.phys.ugal.ro/Annals_Fascicle_2/Year2015/Vol1.htm
23. Butunoiu, D., Rusu, E., 2015. Study of the waves transformation in the Romanian coastal environment, Annals of "Dunarea de Jos" University of Galati, Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics, Fascicle II, Year V(XXXVIII) 2015, pp. 129-136. (B+) http://www.phys.ugal.ro/Annals_Fascicle_2/Year2015/Vol1.htm

-Participări la conferințe naționale și publicare în volumele acestora (2)

24. Onea, F., Rusu, E., 2015. Analysis of some numerical simulations related to a hybrid wave energy converter. Oral presentation at the Scientific Conference organised by the Doctoral Schools of "Dunarea de Jos"

University of Galati (CSSD-UDJG 2015), 4-5 June, Galati, Romania. <http://www.cssd-udjg.ugal.ro/index.php/abstracts>

25. Raileanu, A., Rusu, E., 2015. Evaluation of Various Data Assimilation Procedures to Increase the Reliability of the Wave Predictions in the Black Sea, Oral presentation at the Scientific Conference organised by the Doctoral Schools of "Dunarea de Jos" University of Galati (CSSD-UDJG 2015), 4-5 June, Galati, Romania. <http://www.cssd-udjg.ugal.ro/index.php/abstracts>

-Realizarea în proporție de 80% a unei monografii cu titlul "*Asimilarea de date cu aplicații la predicția climatului de val în bazinul Mării Negre*", autori Liliana Rusu, Alina Răileanu și Florin Onea.

Se preconizează finalizarea acesteia în primul trimestru a anului 2016, pentru a fi adăgate și rezultatele finale privind aplicarea de metodologii DA în zona litoralului românesc.

5.2 Actualizarea continuă a site-ului prin care se diseminează principale rezultate obținute în cadrul proiectului DAMWAVE. <http://www.im.ugal.ro/DAMWAVE/index.htm>

În timpul desfășurării proiectului pagina web a proiectului a fost actualizată cu activitățile și publicațiile realizate în cadrul proiectului.

5.3 Sprijinirea tinerilor cercetători

Colaborarea cu masteranzi, doctoranzi și cercetători postdoctoranzi reprezintă o preocupare continuă a membrilor echipei de cercetare, având ca obiectiv dezvoltarea de studii relaționate direct cu tema proiectului, cât și în domenii conexe. Este de menționat în acest sens și faptul că Profesorul Eugen Rusu, membru al echipei de cercetare a îndrumat în anul 2015 un număr de 4 dizertații de licență. Numele absolvenților și temele sunt prezentate mai jos, regăsindu-se de asemenea și pe pagina web a proiectului DAMWAVE. De asemenea, o teză de doctorat cu tema: *Implementarea de metode de asimilare de date pentru îmbunătățirea predicției valurilor cu modele spectrale în bazinul Mării Negre* (drd. Ing. Alina Răileanu, membru al echipei de cercetare) este în prezent în derulare.

În cadrul proiectului au fost realizate și publicate mai multe lucrări științifice în care sunt incluși tineri cercetători și a căror listă este prezentată în acest raport.

-Dizertații de master finalizate

1. **Marian Agache**, Asimilarea de date în modelele numerice pentru predicția condițiilor de mediu, îndrumator Prof. Dr. Ing. Eugen Rusu, dizertație susținută la Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați în luna Septembrie 2015, specializarea MSIM
2. **Dima Cosmin**, Extragerea energiei valurilor în zonele costiere ale Europei, prezent și perspective, îndrumator Prof. Dr. Ing. Eugen Rusu, dizertație susținută la Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați în luna Iulie 2015, specializarea MSIM
3. **Mihai Gâță**, Analiza potențialului energetic al curenților marini cu aplicație la bazinul Mării Negre, îndrumator Prof. Dr. Ing. Eugen Rusu, dizertație susținută la Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați în luna Iulie 2015, specializarea MSIM
4. **Cătălin Ignat**, Studii privind conversia energiei eoliene în zonele costiere și marine românești îndrumator Prof. Dr. Ing. Eugen Rusu, dizertație susținută la Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați în luna Iulie 2015, specializarea MSIM

Se poate menționa de asemenea că, membrii echipei de implementare a proiectului au colaborat în activitatea de cercetare și cu cercetători postdoctoranzi cuprinși în proiecte POSDRU.

6. Concluzii

În final se poate aprecia că s-a reușit atingerea integrală a obiectivelor propuse pentru această etapă. Au fost realizate simulări suplimentare pentru extinderea bazei de date privind previziunile de val din Marea Neagră,

îmbunătățite prin metodologii DA. Astfel, în prezent baza de date acoperă o perioadă de 15 ani (1999-2013), cu 3 ani mai mult față obiectivul inclus în planul de realizare a proiectului.

Au fost implementați algoritmi de asimilare de date și validate rezultatele obținute pe mai multe nivele de calcul a sistemului de predicție a valurilor. S-a reușit diseminarea rezultatelor originale obținute privind aplicarea metodologiilor DA în Marea Neagră prin prezentarea acestora la diverse conferințe de prestigiu sau publicarea în reviste ISI și BDI. De asemenea, baza de date creată în cadrul proiectului a fostă utilizată pentru studii în domenii conexe precum energia re folosibilă (val/vânt), protecția costieră sau operațiuni *offshore*.

Bibliografie

- Janssen, P.A.E.M., 1991. Quasi-linear theory of wind-wave generation applied to wave forecasting. *J. Phys. Oceanogr.* 21, 1631–1642.
- Răileanu, A., Rusu, L., Rusu, E., 2015. Wave modelling with data assimilation in the Romanian nearshore. In: Proc. of 16th International Congress of the International Maritime Association of the Mediterranean, IMAM 2015 - Towards Green Marine Technology and Transport, 21-24 September, Croatia, pp. 837-843.
- Răileanu, A., Rusu, E., 2015. Evaluation of Various Data Assimilation Procedures to Increase the Reliability of the Wave Predictions in the Black Sea, Oral presentation at the Scientific Conference organised by the Doctoral Schools of "Dunarea de Jos" University of Galati (CSSD-UDJG 2015), 4-5 June, Galati, Romania.
- Rusu, E., Butunoiu, D., 2015. Prediction of the extreme storms in the Black Sea with numerical wave models, In: *Proc. of 16th International Congress of the International Maritime Association of the Mediterranean, IMAM 2015 - Towards Green Marine Technology and Transport, 21-24 September, Croatia, pp. 845-851.*
- Rusu, L., 2014. A data assimilation scheme to improve the wave predictions in the western side of the Black Sea. In: *Proc. of 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference (SGEM2014) – Marine and Ocean Ecosystems, 17-26 June, Albena, Bulgaria, Vol. II, 539-545.*
- Rusu, L., 2015a. Assessment of the Wave Energy in the Black Sea Based on a 15-Year Hindcast with Data Assimilation. *Energies*, 8 (9), 10370-10388.
- Rusu, L., 2015b. Wave modelling with data assimilation to evaluate the wave energy patterns in the Black Sea. In: *Proc. of 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference (SGEM2015), 16-25 June, Albena, Bulgaria, Vol. 4, pp. 597-606.*
- Van der Westhuysen, A.J., Zijlema, M., Battjes, J.A., 2007. Nonlinear saturation- based whitecapping dissipation in SWAN for deep and shallow water. *Coastal Eng.* 54, 151–170.

Buget 2015: 210.571 lei

Director proiect
Conf. dr. ing. Liliana Celia Rusu