

Prezentarea fundamentelor teledetectiei satelitare si
a aplicatiilor în domeniul mediului marin:
Ocean Color/Modelare marina/Altimetrie costiera

Marea Neagra

dr.ing.fiz.Maria – Emanuela
MIHAILOV



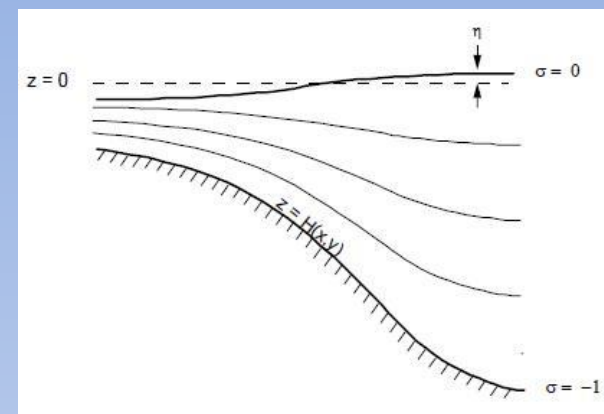
MONA
😊

Princeton Ocean Model

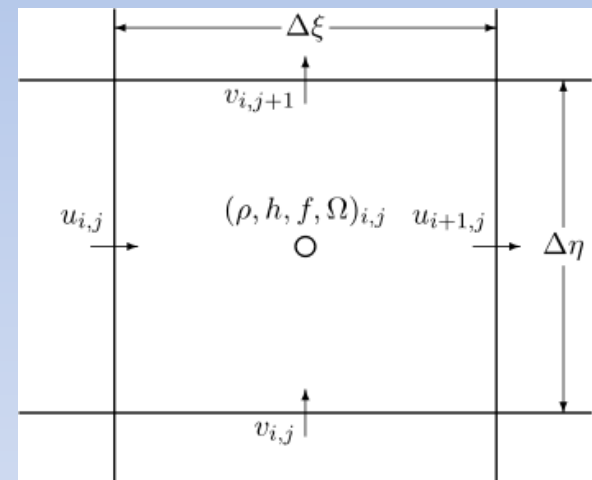
Caracteristici:

- tri-dimensional, conceput în principal pentru platforma continentală; face parte din categoria celor pentru care modelarea realistă reprezintă scopul principal și din acest motiv ține cont de fenomenele la mezoscală (care acționează între 1 – 100 km) și de acțiunea mareică din estuare și zona costieră.
- Conține un submodel de turbulență (Mellor, 1973; Mellor&Yamada 1974,1982), care oferă o bună parametrizare a proceselor de amestec vertical și coeficienții corespunzători. Modelul pentru nivelul de 2.5m este folosit împreună cu o ecuație prognostică pentru turbulența macrosalară. În general, modelul de turbulență pare să redea în mod corect dinamica stratului de amestec. Forcajul de vânt poate fi liniarizat atât spațial cât și temporal, în ultimul caz reducând grosimea stratului de amestec.
- Folosește aproximațiile Boussinesq (diferențele de densitate sunt neglijate, doar dacă nu sunt amplificate de forța gravitațională) și hidrostatică (greutatea unui fluid este direct proporțională cu presiunea: $\rho g = - \partial p / \partial z$)
- Ecuațiile de mișcare sunt ecuații primitive, calculate în coordonate σ , ținând cont de batimetrie
- Pasul de timp pe orizontală este explicit, iar pe verticală este implicit, ceea ce elimină limitările de timp pentru coordonatele verticale și permite folosirea unei rezoluții verticale fine atât în stratul de la suprafață cât și în cel de la fundul mării.

- Folosește coordonatele σ – care urmăresc batimetria, coordonatele verticale fiind calibrate pe adâncimea apei; acestea sunt un atribut necesar în cazurile de variabilitate topografică semnificativă (estuarele, faliile și versanții platformelor continentale). Modelul principal împreună cu submodelul de turbulență determină un strat limită de adâncime realist, important pentru structura apelor adânci și pentru menținerea baroclinicității în bazinele oceanice.
- Grila orizontală folosește coordonatele curbilinii ortogonale și schema Arakawa-C; aceasta este o schemă cu diferențe finite orizontale. În cazuri speciale poate fi ușor implementat un sistem de coordonate rectilinii
- Variabilele prognostice sunt cele 3 componente ale vitezei, temperatura, salinitatea și sunt calculate pentru variațiile masei de apă datorate atât proceselor de upwelling, precum și datorită proceselor advective pe orizontală. Nivelul suprafeței libere se calculează tot prognostic și se pot simula atât marea cât și evenimentele cu vreme severă. Acest lucru este posibil folosindu-se o tehnică de separare în care transportul de volum și forfecarea vitezei verticale sunt rezolvate separat. Alte variabile care ies din calcule includ: densitatea, vâscozitatea vortecurilor verticale, difuzia lor.
- Modelul are o suprafață liberă și un pas de timp împărțit; integrarea modelului la suprafață este bidimensională și folosește un pas de timp scurt, în concordanță cu condițiile CFL (Courant – Friedrichs – Lewy) și de viteza valului la suprafață; integrarea modelului în adâncime folosește în pas de timp mai mare. De asemenea în concordanță cu condițiile CFL și viteza valului intern.



Sistemul de coordonate σ



Grila Arakawa-C

- Difuzie orizontală Smagorinsky:

unde:

$$A_M = C \Delta x \Delta y \frac{1}{2} \left| \nabla \mathbf{V} + (\nabla \mathbf{V})^T \right|$$

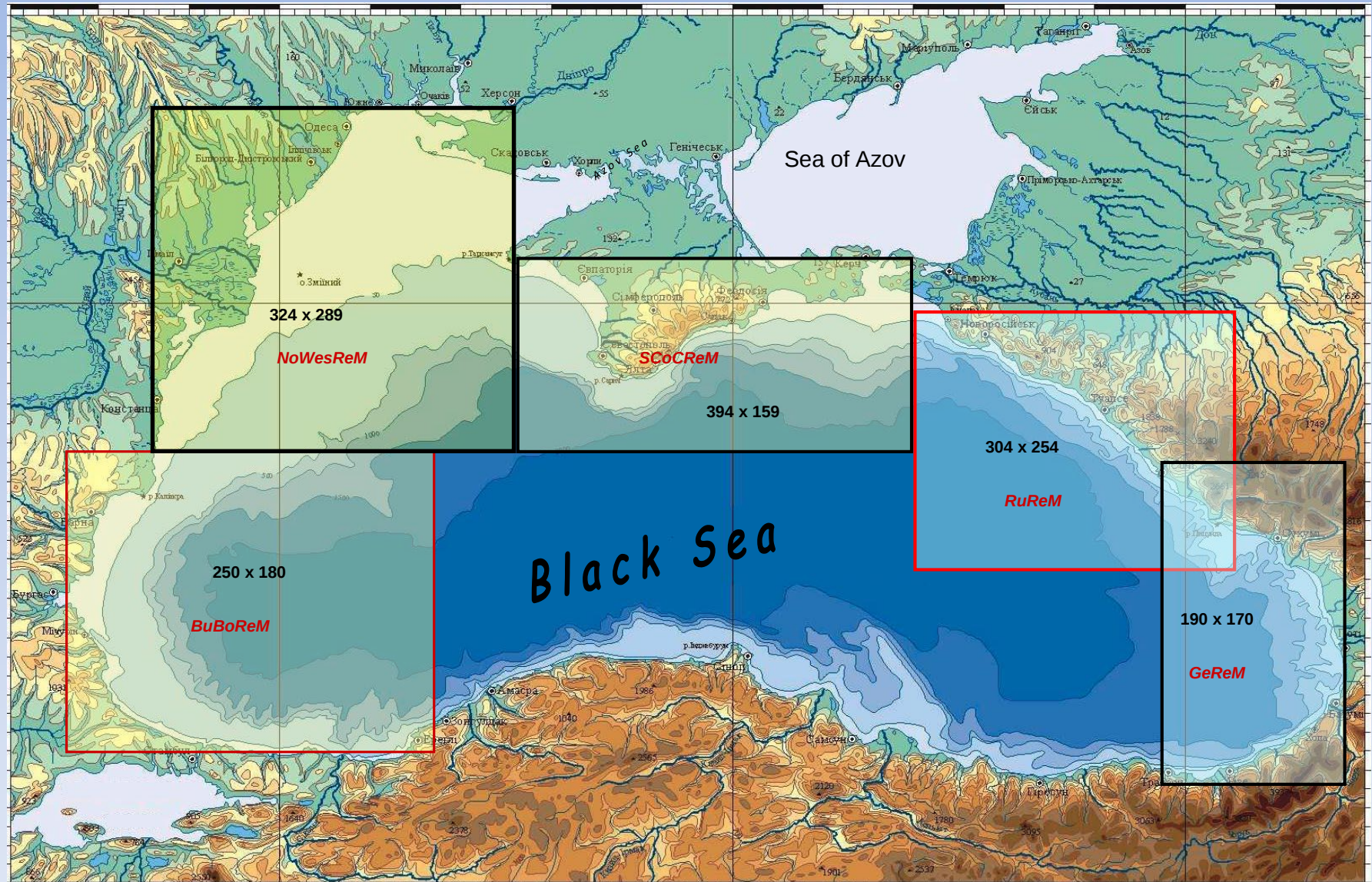
$$\left| \nabla \mathbf{V} + (\nabla \mathbf{V})^T \right| = \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 / 2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2}$$

- Valoarea lui C (parametrul HORCON) este satisfăcătoare între limitele (0.1÷0.2), dar dacă pasul de grilă e suficient de mic, C poate fi zero.
- Un avantaj al ecuației Smagorinsky este acela că C este adimensional; dacă rezoluția se îmbunătățește atunci A_M scade; A_M este mic atunci când gradientul vitezei este mic
- Condițiile de frontieră: numeric vorbind, ecuațiile prin care sunt date acestea se aplică primelor puncte de grilă de lângă fundul mării
- Integrarea ecuațiilor pe verticală: ecuațiile care guvernează dinamica circulației de coastă conțin unde gravitaționale externe (de suprafață) cu deplasare rapidă și unde gravitaționale interne cu deplasare lentă. Din motive de economie de calcul este de dorit să se separe ecuațiile integrate pe verticală de ecuațiile structurii verticale. Această tehnică, cunoscută și ca “mode splitting” permite calcularea înălțimii suprafeței libere prin rezolvarea transportului de viteză separat de calculul 3-D al vitezei și de ecuațiile termodinamice. Ecuațiile de viteză în modul extern sunt obținute prin integrarea ecuațiilor corespunzătoare modului intern, dincolo de adâncime eliminând astfel toată structura verticală.

Caracteristicile modelului general și ale modelelor regionale de circulație -Marea Neagră (Korotaev et al.,2004)

Caracteristici Model	Tipul	Coordonate verticale	Pasul de grila	Numarul de puncte de grila	Pasul de timp
Modelul global	Modelul MHI – asimilare de date din teledetectie (AVISO/ Altimetry data, NOAA AVHRR data)	Niveluri prestabilite pe verticala, pe directia z	~ 4900 m	237 x 131 x 35	600 s
Model regional pentru zona costieră a Romaniei	POM-model	Coordonate σ – care urmaresc batimetria	~ 1200 m	117 x 217 x 20	180s (mod baroclinic) 4s(mod barotropic)
Modelul regional pentru Golful Kalamita	POM-model	Coordonate σ – care urmaresc batimetria	~ 600 m	145 x 137 x 20	60s (mod baroclinic) 1.5s (mod barotropic)
Modelul regional pentru zona costiera de NE a Rusiei	POM-model	Coordonate σ – care urmaresc batimetria	~ 1200 m	305 x105 x 25	120s (mod baroclinic) 3s (mod barotropic)

Schema de Downscaling (regiunile de simulare ce utilizează metoda Nested grid) – toate modelele regionale folosesc aproximativ 1 km rezoluție și minim 18 nivele sigma



Sistem de prognoza pentru Marea Neagra (2012)

- Sistemul global de prognoză pentru Marea Neagră este alcătuit dintr-un model pentru întregul bazin, model de circulație al Mării Negre cu rezoluție de 4.8 km și 3 modele grup sub – regionale
- Modelul global are la bază un sistem de ecuații primitive, reprezentarea numerică este diferența finită cu 38 nivele non – uniforme în coordonate z. Modelul asimilează date satelitare altimetrice (AVISO / Altimetry Project Data) și măsurători ale temperaturii la suprafața mării (date NOAA AVHRR). În cadrul modelului global a fost integrat și o versiune a modelului de val (WAM).
- Baza de date de observații oceanografice asimilate în modelul global sunt datele adunate în cadrul expedițiilor oceanografice efectuate de-a lungul zonei de Vest a Mării Negre. Aceste date provin din măsurători de CTD efectuate în zonă mai ales în timpul expedițiilor oceanografice regulate de monitoring cu nava de cercetare R / V Akademik, în perioada 2004 – 2007. Un alt set de date includ profilele de la Gurile Dunări efectuate de nava de cercetare ale INCDM „Grigore Antipa” Constanța, în perioada 2007 – 2008. În aceeași perioadă au fost colectate date oceanografice și în apropierea coastei Crimeei și în Nord – Vest-ul platformei continentale a Mării Negre în timpul a 6 expediții cu nave de cercetare.

- Codul de bază al modelului include ecuații hidrodinamice pentru conservarea masei și a impulsului:

$$\frac{\partial u}{\partial t} - (\xi + f)v + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial(P+E)}{\partial x} - v_H \Delta^2 u + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_V \frac{\partial u}{\partial z} \right)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + (\xi + f)u + w \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial(P+E)}{\partial y} - v_H \Delta^2 v + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_V \frac{\partial v}{\partial z} \right)$$

- a temperaturii și salinității, cuplate printr-o ecuație de stare și un model de închidere a turbulenței care asigură un amestec turbulent realistic.

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial(uT)}{\partial x} + \frac{\partial(vT)}{\partial y} + \frac{\partial(wT)}{\partial z} = K_H \nabla^2 T + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_V \frac{\partial T}{\partial z} \right)$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial(uS)}{\partial x} + \frac{\partial(vS)}{\partial y} + \frac{\partial(wS)}{\partial z} = K_H \nabla^2 S + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_V \frac{\partial S}{\partial z} \right)$$

- Este un model numeric tri-dimensional, cu suprafață liberă, care folosește aproximația Boussinesq și aproximația hidrostatică.

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

$$\partial P / \partial z = g \cdot \rho$$

$$P = g \cdot \rho_0 \zeta + g \int_0^z \rho dz$$

- Parametrul de vâscozitate/difuzivitate pe verticală este calculat conform schemei de închidere/parametrizare a turbulenței (Mellor and Yamada 1982): $\rho = \varphi(T, S)$.
- *Condițiile de frontieră laterale pentru modelul regional POM (exemplu)*

– **Viteza totală**

$$U_{REM}^{\tan g} = U_{BSM}^{\tan g}$$

$$U_{CORR}^{normal} = U_{INTERP}^{normal} \cdot \left(\frac{Q_{BSM}}{Q_{INTERP}} \right)$$

Q - fluxul total de masă prin peretele lateral de apă. Viteza totală este specificată de către câmpurile ajustate interpolate de către modelul global MHI după aplicarea condiției transportului în vederea păstrării transportul brut din modelul MHI.

– **Temperatura și Salinitatea**

- Deplasarea în amonte a T și S (Upstream advection): $\frac{\partial T}{\partial t} + U \frac{\partial T}{\partial x} = 0$

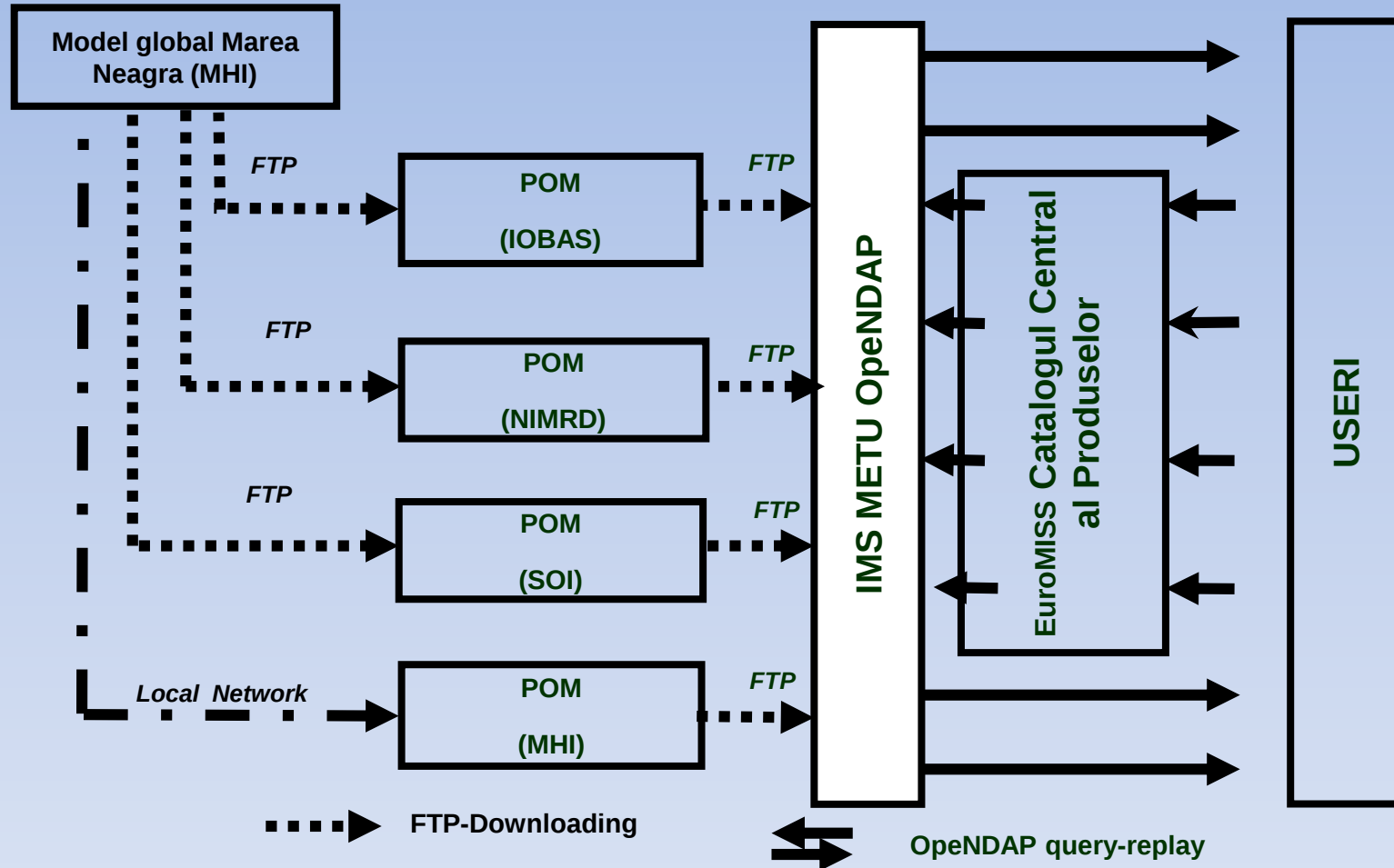
În punctele de vărsare ale afluenților în Marea Neagră (exemplu: Fluviul Dunărea), valorile de la frontieră ale temperaturii și salinității sunt specificate de către interpolarea rezoluției câmpului rezultat din modelul MHI. În punctele de vărsare ale Mării Negre, soluția este extrapolarea rezoluției înalte ale modelului POM.

Condițiile de frontieră laterale sunt specificate de către câmpurile interpolate ale câmpurilor modelului global MHI:

- viteza
- temperatura
- salinitate
- Nivelul mării
- Puterea vântului
- Fluxurile de căldură de la atmosferă la mare
- Fluxurile de evaporație și precipitații.

MODEL REGIONAL	
Domeniu	NV Marea Neagra: 28.512° - 32.484° E; 44.019° - 46.597°N
FIZICA	
Cod model	Model POM (Princeton Ocean Model)
Frecventa de iesire	6 ore
Grid Orizontal	1 km rezolutie, 324x289 puncte
Grid vertical	26 sigma -nivel
Batimetrie	Variate baze de date. In special, din datele oceanografice Marine Hydrophysical Institute, Sevastopol
Forte la interfata ocean-atmosfera	Flux la 6 ore din modelul atmosferic ALADIN furnizat de ANM Romania / Skiron Cipru
Conditii la frontiera	Precipitatii lunare
Forte de frecare laterale	Partial ignorate conditiile de frontiera laterale pentru fortele de frecare
Forte de frecare in adancime	Forte de frecare considerate lineare in adancime
Difuzie orizontala pentru procesele dinamice	Difuzie Laplacian
Difuzie orizontala pentru marcatori	-
Amestec vertical	Parametrizare Mellor-Yamada
Valuri	Fara valuri
Biologie	-
Assimilation	-

*Schema schimbului de date oceanografice pentru Marea Neagra
(proiecte ARENA, ECOOP, MyOcean, MyOcean2, MyOcean Follow-On)*



MHI – Marine Hydrophysical Institute of the Academy of Sciences, Sevastopol

IOBAS - Institute of Oceanology, Bulgarian Academy of Sciences, Bulgaria

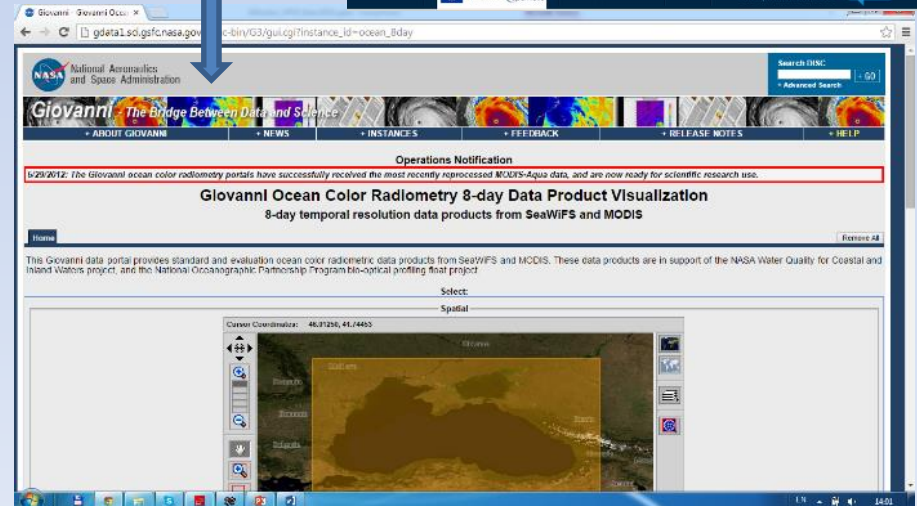
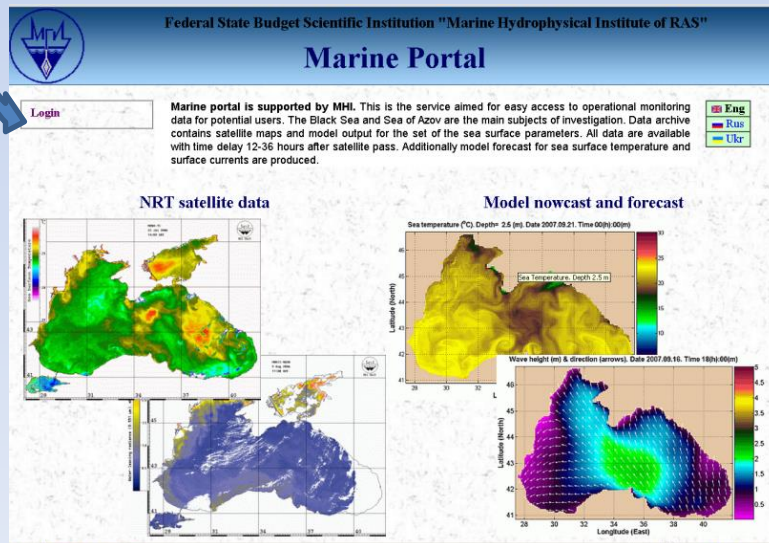
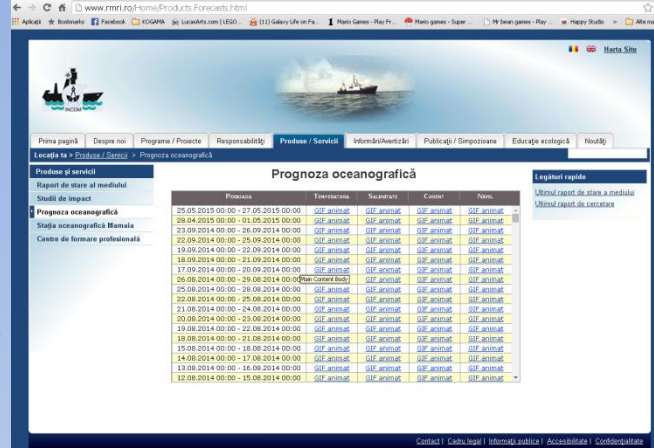
NIMRD – National Institute for Marine Research and Development „Grigore Antipa” Constanța Romania

SOI – State Oceanographic Institute, Moscow Russia

IMS METU – Institute of Marine Science, Middle East Technical University, Turkey

Link-uri utile

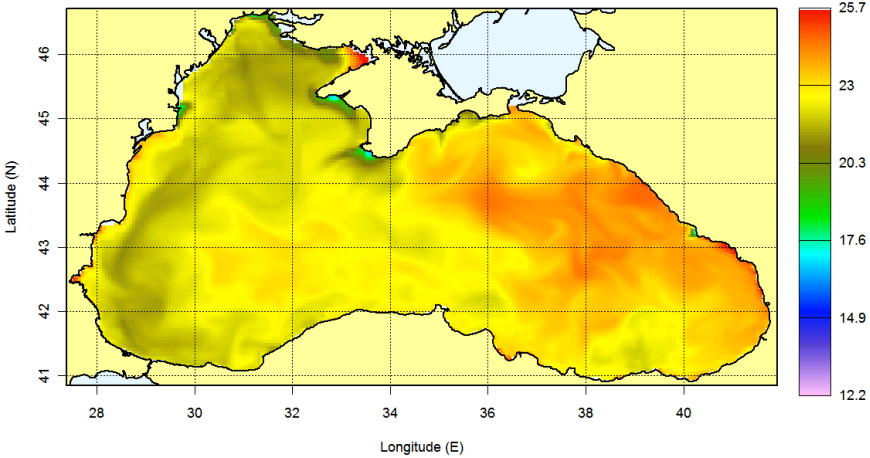
- www.rmri.ro
- dvs.net.ru
- www.myocean.eu
- <http://daac.gsfc.nasa.gov/giovanni/>



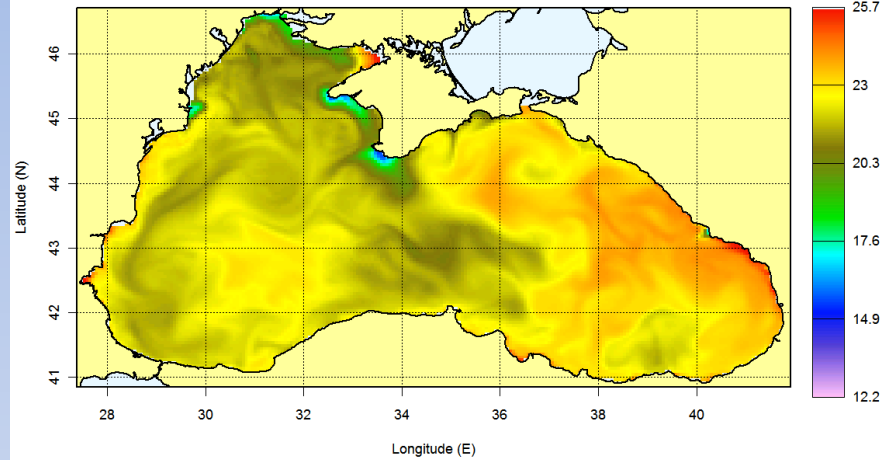
Prognoza????? ☺

Temperatura apa

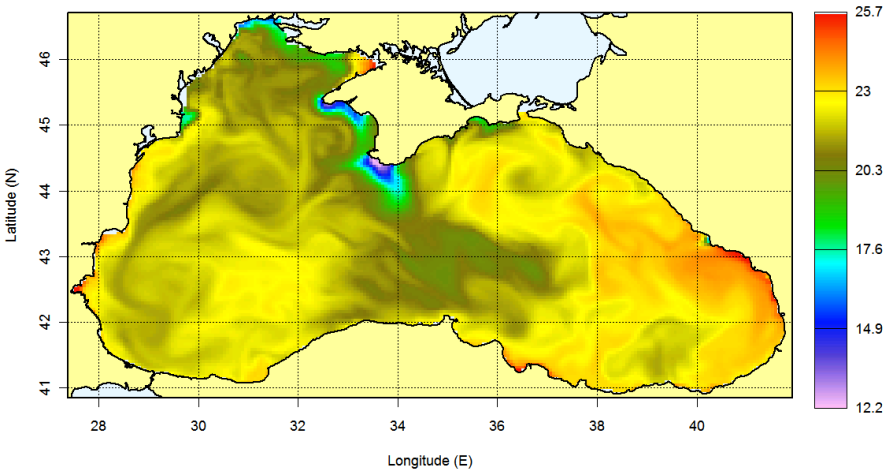
Temperature (°C), Depth - 002.5 (m), Date - 2015.06.24, Time - 12:00 (UTC)



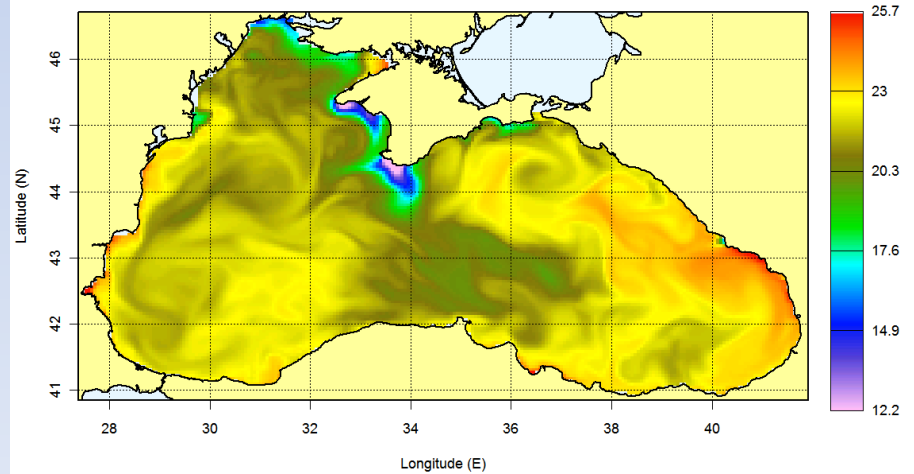
Temperature (°C), Depth - 002.5 (m), Date - 2015.06.25, Time - 12:00 (UTC)



Temperature (°C), Depth - 002.5 (m), Date - 2015.06.26, Time - 12:00 (UTC)

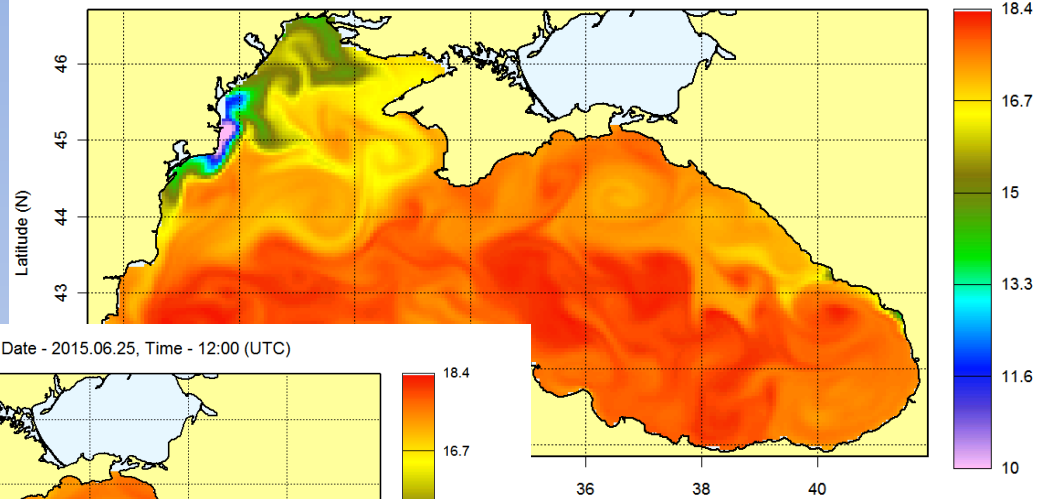


Temperature (°C), Depth - 002.5 (m), Date - 2015.06.27, Time - 12:00 (UTC)

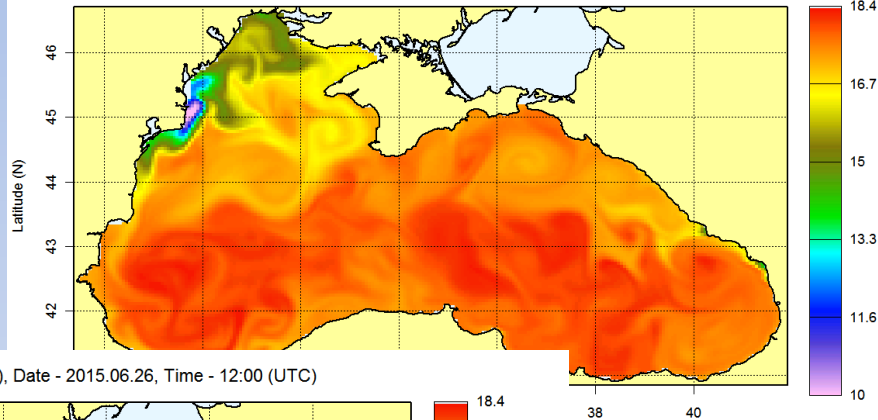


Salinitate ☺

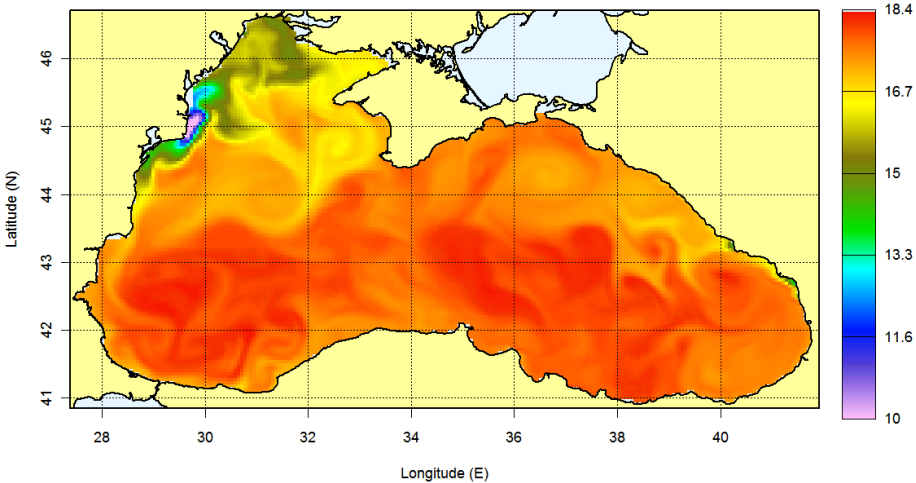
Salinitu (psu), Depth - 002.5 (m), Date - 2015.06.24, Time - 12:00 (UTC)



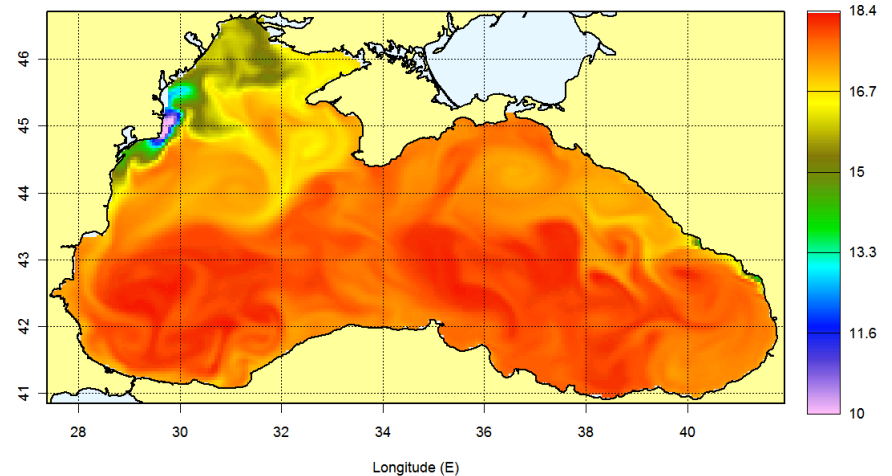
Salinitu (psu), Depth - 002.5 (m), Date - 2015.06.25, Time - 12:00 (UTC)



Salinitu (psu), Depth - 002.5 (m), Date - 2015.06.26, Time - 12:00 (UTC)

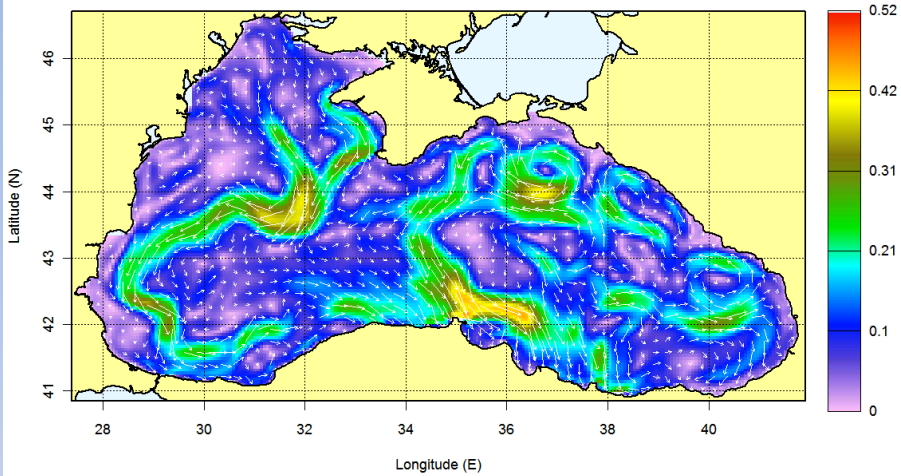


Salinitu (psu), Depth - 002.5 (m), Date - 2015.06.27, Time - 12:00 (UTC)

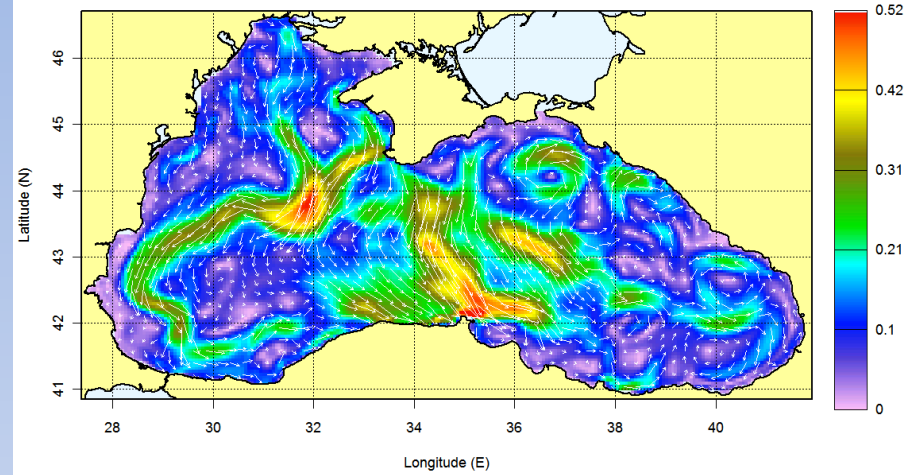


Curenti ☺

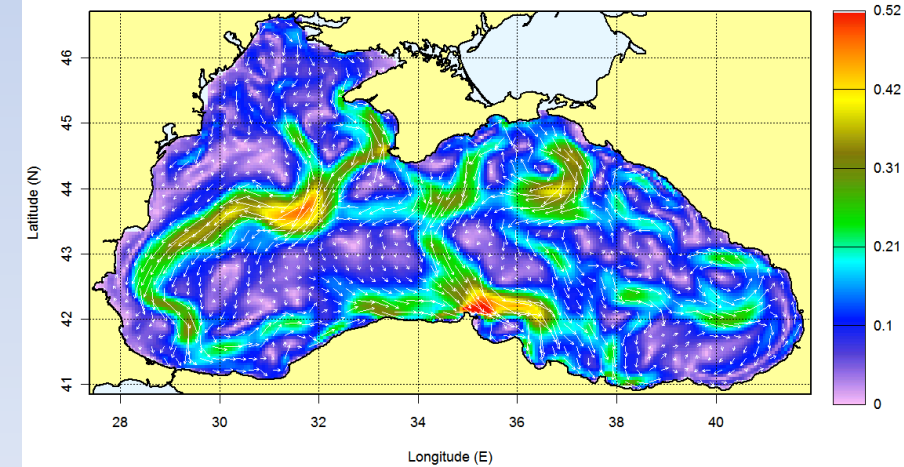
Current speed (m/s), Depth - 002.5 (m), Date - 2015.06.24, Time - 12:00 (UTC)



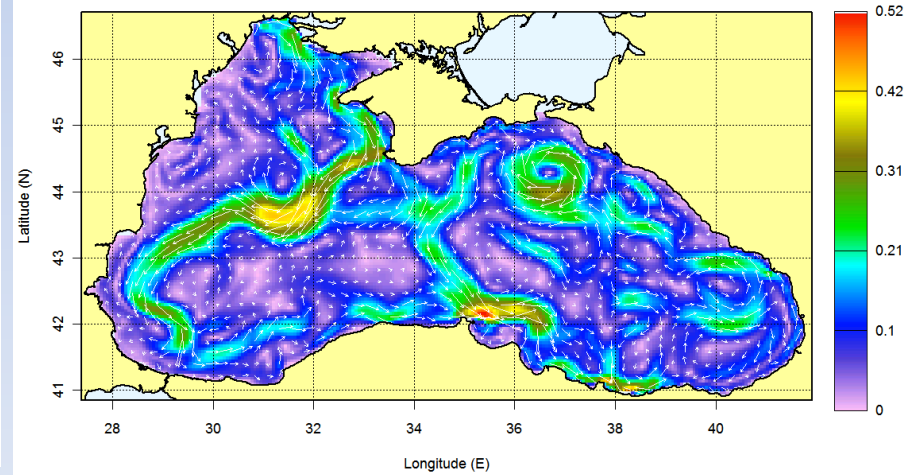
Current speed (m/s), Depth - 002.5 (m), Date - 2015.06.25, Time - 12:00 (UTC)



Current speed (m/s), Depth - 002.5 (m), Date - 2015.06.26, Time - 12:00 (UTC)

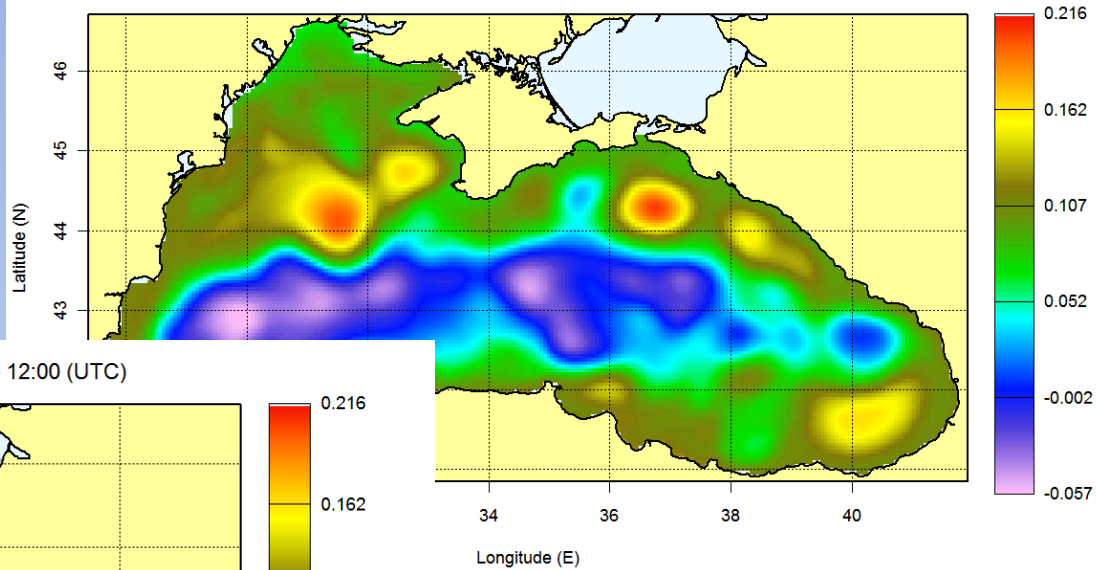


Current speed (m/s), Depth - 002.5 (m), Date - 2015.06.27, Time - 12:00 (UTC)

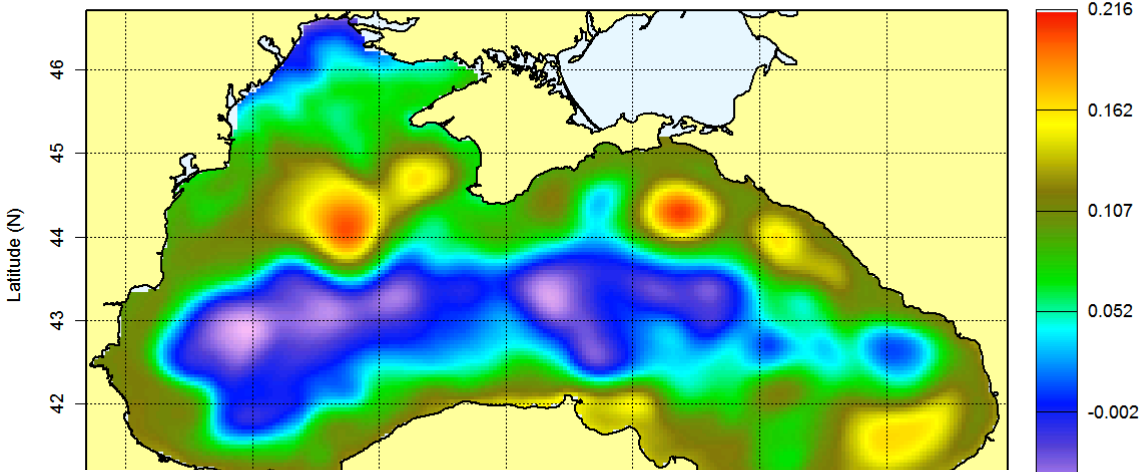


Nivelul mării 😊

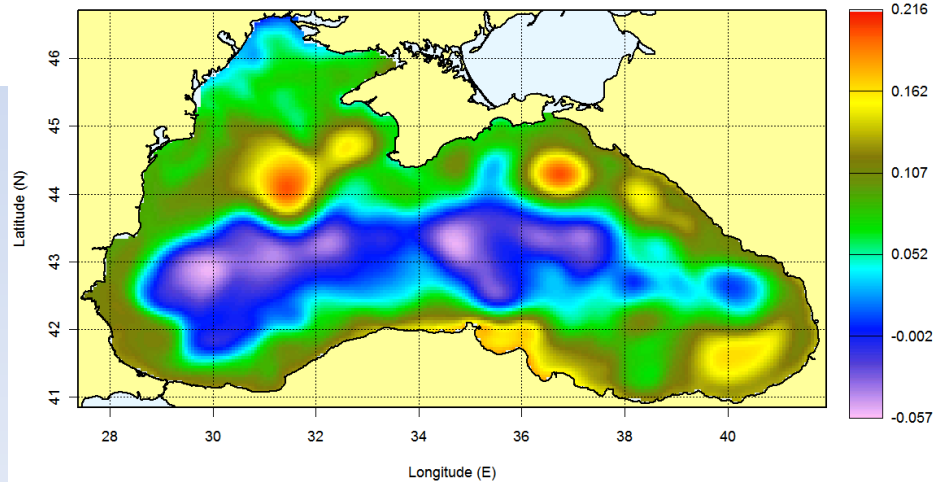
Sea level (m), Depth - 000.0 (m), Date - 2015.06.24, Time - 12:00 (UTC)



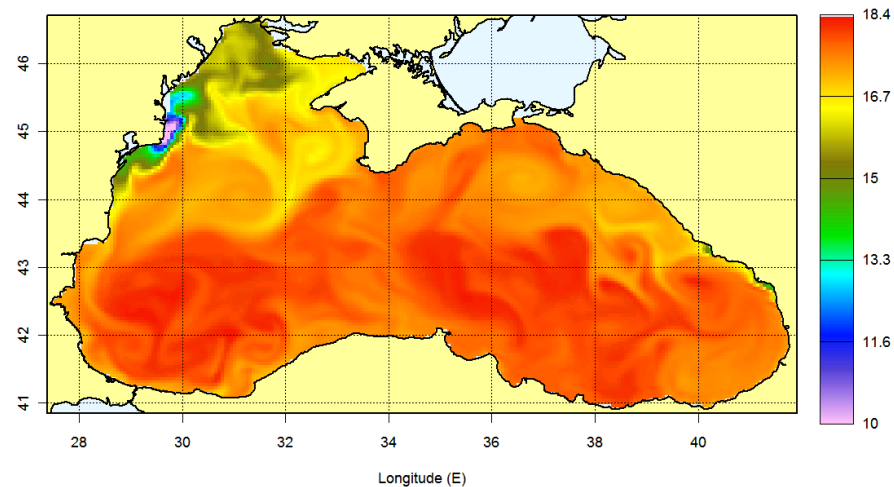
Sea level (m), Depth - 000.0 (m), Date - 2015.06.25, Time - 12:00 (UTC)

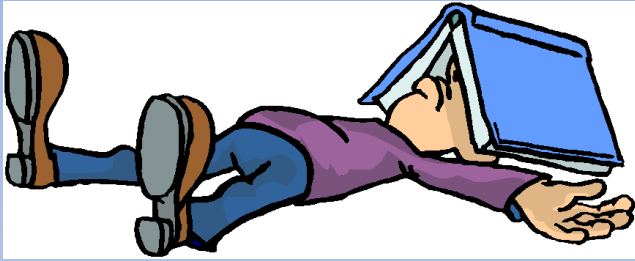


Sea level (m), Depth - 000.0 (m), Date - 2015.06.26, Time - 12:00 (UTC)



Salinitu (psu), Depth - 002.5 (m), Date - 2015.06.27, Time - 12:00 (UTC)





Va multumim pentru
atentia acordata !!!!

