

Contractor: Institutul National de Cercetare – Dezvoltare pentru Fizica Pamantului

Cod fiscal : 5495458

(anexa la procesul verbal de avizare interna nr. )

De acord,  
DIRECTOR GENERAL  
Dr. Ing. Constantin Ionescu

Avizat,  
DIRECTOR DE PROGRAM  
Dr. Mircea Radulian

## RAPORT DE ACTIVITATE AL FAZEI

Contractul: nr. 15N/16.03.2018

Proiectul: PN18150101 - Aplicarea analizelor moderne in estimarea hazardului la cutremur si tsunami in vederea evaluarii si reducerii riscurilor asociate

Faza 2: Evaluarea hazardului la tsunami in zona litoralului romanesc al Marii Negre

Termen: 05.05.2018

1. Obiectivul proiectului: Aplicarea tehnicilor moderne in estimarea hazardului seismic regional si local si evaluarea si reducerea riscului seismic
2. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului: Se vor obtine rezultate specifice privind atenuarea cu distanta a parametrilor de miscare seismica (intensitatea macroseismica) ce vor fi analizate integrat, urmarindu-se evidentierea dependentelor regionale ale caracteristicilor miscarilor puternice si tinandu-se cont de directivitatea sursei si de tipul de mecanism. Pe baza analizelor se vor determina legi de atenuare la scara regionala, aplicabile in estimarea hazardului seismic local/regional. Numarul de parametri independenti in legile de atenuare va fi determinat de cantitatea de date disponibile pentru fiecare regiune (zona) considerata. Datele de iesire din studiile de hazard seismic vor fi extrapolate si folosite in studiul unui hazard secundar, si anume **hazardul la tsunami**. Se vor evidentia caracteristicile undelor seismice produse de forte localizate in adincime si pe suprafata; analiza ecuatiilor integrale cuplate, metode de rezolvare, estimarea transformatorilor Fourier inverse; in special, folosirea functiilor generalizate (distributiilor) in formularea problemelor cu conditii la limita. Se va face o analiza de risc bazata pe scenarii de hazard seismic, finalizata prin harti cu distributia spatiala a intensitatilor asteptate, a acceleratiilor maxime si spectrale (pentru o perioada selectata) clasificate conform

metodologiei de evaluare a riscurilor, pe analiza spatiala a expunerii la fiecare hazard/scenariu calculat exprimat grafic, tabelar si/sau harti GIS si tinand cont de impactul scenariului seismic asupra fondului rezidential construit (SeisDaRo versiunea2) si asupra infrastructurii de transport (GIS). Rezultatul final va fi matricea de risc construita conform metodologiei de evaluare a riscurilor, pentru evaluarea globala si clasificarea/prioritizarea scenariilor calculate, precum si stabilirea rapida a zonelor afectate folosind atat inregistrările seismice cat si aplicatiile web de evaluare a efectelor macroseismice. Scopul final al proiectului consta in realizarea unui studiu complex, dar unitar care va porni de la cercetarile fundamentale pentru evaluarea mecanismelor focale, a parametrilor de sursa si caracterizarea seismotectonica a teritoriului si analiza raspunsului mediului la excitatii seismice si evaluarea efectelor undelor seismice asupra mediului si structurilor de la suprafata Pamantului, aceste date servind ca input in evaluarea hazardului si riscului seismic, estimarea rapida a intensitatii macroseismice si a distrugerilor ce se pot produce.

### 3. Obiectivul fazei:

Obiectivul principal al acestei faze consta in estimarea hazardului la tsunami in zona litoralului romanesc, prin marirea si restructurarea bazei de date ce contine simulari de tsunami pentru zona de vest a Marii Negre si rulara de scenarii folosind parametrii cutremurelor din trecut sau parametrii posibili specifici pentru zonele seismice Shabla, Istanbul si Crimeea (mecanism, lungime si latime falie, magnitudine, adancime). Mai mult, folosind studii existente de hazard seismic pentru Marea Neagra, se estimeaza perioadele de revenire ale unor inaltimi posibile ale valurilor de tip tsunami pentru zona Shabla.

### 4. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului fazei:

- Imbogatirea bazei de date cu simulari de tsunami pentru zona Marii Negre, astfel imbunatatind conditiile de modelare pentru aceasta zona, avand si o estimare a perioadelor de revenire pentru anumite valori ale inaltimilor valurilor;
- Estimarea magnitudinii minime pentru care se pot produce valuri tsunami in zona de vest a Marii Negre;
- Evaluarea valorilor maxim posibile ale valurilor ce ar putea fi generate pentru anumite magnitudini, pentru 3 zone ce ar putea afecta litoralul nostru.

## 5. Rezumatul fazei: (maxim 5 pagini)

### I. Introducere

Modelarea fenomenului tsunami in Marea Neagra a devenit in ultimii ani un subiect de interes national pentru cercetarea din Romania. In cadrul Institutului National de Cercetare Dezvoltare pentru Fizica Pamantului (INCDFP) modelarea se face folosind programul Tsunami Analysis Tool (TAT), dezvoltat si implementat de Joint Research Center (JRC), Ispra, Italia, apartinand de Comisia Europeana (Annunziato A., 2007). Programul a fost instalat in urma cu cativa ani si a fost folosit in diverse proiecte nationale si internationale. TAT are capacitatea de monitorizare, modelare si evaluare a fenomenelor de tip tsunami de pe Glob, implicit si a evenimentelor regionale sau generate in Marea Neagra.

Evaluarea hazardului la tsunami pentru zona de vest a Marii Negre ce ar putea afecta litoralul romanesc a fost inceputa inca din anul 2013, prin intermediul unor modelari si scenarii folosind parametrii unor cutremure din trecut, cu scopul de a estima inaltimele maxime ale valurilor ce ar putea fi generate, cat si a magnitudinilor minime care ar duce la generarea de valuri semnificative. De asemenea, pe baza estimarilor hazardului seismic, s-au obtinut perioadele de revenire pentru cutremure de diferite magnitudini, cutremure produse in zona Shabla (Moldovan I.A., 2017), aceste perioade de revenire fiind asociate inaltimei maxime a valurilor ce ar putea fi produse de acestea cutremure.

### II. Situatia pe plan regional si Global

Zona Mării Negre poate fi expusă generării fenomenelor de tip tsunami, iar statisticile arată că în trecut au fost generate peste 20 de evenimente de aceste gen (G.A. Papadopoulos, 2011) - Figura 1 si Tabelul 1.



Figura 1. Tsunami-uri in Marea Neagra (numarul din figura corespunde numarului evenimentului din catalogul din Tabelul 1)

Tabelul 1. Tsunami-uri in Marea Neagra

Nr. crt	An	Luna	Zi	Ora	Min	Sec	Mag	Lat	Long	h	Zona/Sursa Seismica	Inaltimea valului (m)	Intensitatea tsunamiului (K)	Val
1	Sec. 1 î.Hr.							43.01	28.2	n	Bulgaria/S3			3
2	Sec. 1 D.Hr						6.5	43.00	41.00	n	Georgia/S6	2.5		2
3	103						7	44.7	33.3	n	Ucraina/S8	2		2
4	544						7.5	43.2	28.3	n	Bulgaria/S3		VIII-IX	4
5	1427						7	44.4	34.3	n	Ucraina/S8	>2	VII-VIII	2
6	1598	05					7	40.4	35.4	n	Turcia/inland		VIII-IX	3
7	1615	06	05				6.0	44.9	35.5	n	Ucraina/S8	>0.5	III-IV	3
8	1650						7.0	44.7	33.3	n	Ucraina/S8	>0.5	4-5	3
9	1869	11	11	13			5.8	44.75	35	n	Ucraina/S8	0.5	III-IV	4
10	1875	07	25				5.5	44.5	33.3	n	Ucraina/S8	>0.1	III-IV	3
11	1901	03	31	7	12		7.2	43.4	28.5	n	Bulgaria/S3	2.5	III-IV	3
12	1905	10	4	22	29		5.1	44.5	37.5	n	Rusia/S7	0.5	III-IV	3
13	1909	04	08					44.25	38.12		Rusia/S7		III-IV	3
14	1927	06	26	11	20	48	6	44.4	34.4	n	Ucraina/S8	0.7	III-IV	4
15	1927	09	11	22	15	48	6.8	44.4	34.5	n	Ucraina/S8	1	III-IV	4
16	1927	09	16	08	21		4.9	44.3	34	n	Ucraina/S8	>0.3	III-IV	4
17	1939	12	26	23	57	22.6	7.9	39.77	39.533	n	Turcia/inland	0.53	III-IV	4
18	1966	7	12	18	53		5.8	44.75	37	n	Rusia/S7	0.42	III-IV	4
19	1968	9	3	8	19	52.2	6.6	41.8	32.3	n	Turcia/S5	3	IV-V	4
20	1970	12	4	1	59	25	5.8	43.84	39.34		Rusia/S7	0.4	II-III	3
21	1990	08	02					45.38	36.31		AzS	0.4	III	3
22	2007	5	7				Alunecare teren	43	29		Bulgaria/S3	1.2	IV-V	4

**Unde: VAL** = Validitatea evenimentului este indicata de evaluarea numerica a rapoartelor existente (Valori valide: -1 to 4): 4 = eveniment sigur , 3 = eveniment probabil, 2 = eveniment chestionabil, 1 = eveniment incert, **n** = cutremur normal si **K** = Intensitatea tsunamiului (dupa Papadopoulos si Imamura, 2001)

Partea de vest a Mării Negre ar putea fi afectată cel mai grav de cutremure generate în zona Shabla (evenimentele 1, 4, 11 și 22 din Tabelul 1), cel mai cunoscut eveniment din trecut fiind cutremurul generat în data de 31 martie 1901 (evenimentul 11 din Tabelul 1), atunci când, conform studiilor, un cutremur cu magnitudine  $M_w = 7.2$  a generat valuri tsunami cu înălțimi de până la 5 m (Altinok Y., 1999). În general, valurile tsunami pot fi generate în Marea Neagră de către cutremure cu  $M_w > 6.5$  și la adâncimi mai mici de 40 km. Tipurile de plan de falie care pot genera tsunami sunt falie inversă sau normală.

La nivel Global, majoritatea tsunami-urilor se produc în Oceanul Pacific, de-a lungul Cercului de Foc al Pacificului, cu peste 80 % din numărul total de evenimente. Cele mai recente și devastatoare cazuri au avut loc în zona Japoniei (Coasta de N a Pacificului), în data de 11 martie 2011, când un cutremur de magnitudine 9.0 a dus la pierderea a peste 18.000 de vieți omenești, producând pagube de peste 235 miliarde \$; un alt eveniment devastator s-a produs în zona Sumatra (Indonezia), pe 26 decembrie 2004, când un cutremur de magnitudine 9.1 a dus la pagube de peste 10 miliarde \$ și pierderea a circa 230.000 vieți omenești. Cel mai recent tsunami ce a produs valuri de dimensiuni considerabile a fost generat în zona Mexicului, în data de 8 septembrie 2017, măsurându-se valuri maxime de 1.1 m la stația Salina Cruz. Cutremurul a avut o magnitudine de 8.1 și s-a produs la o adâncime de 72 km.

Pentru zonele unde s-au produs evenimente de tip tsunami cu urmări grave, pagube și pierderi de vieți omenești, există sisteme de alertare eficiente care pot duce la avertizare în timp real și micșorarea pagubelor. Acest lucru a fost implementat și în zona Mării Negre în anul 2013, sistemul de alertare continuând echipamente și programe specializate, stații de măsurare a nivelului mării, fiind permanent îmbunătățit pentru o mai bună funcționare (Partheniu et al, 2018).

Pe plan regional, s-au făcut numeroase studii privind estimarea hazardului la tsunami, în special în zona Mării Mediterane (Tinti S., 1996; Lorito S., 2008; Sorensen M., 2012). De asemenea, s-au realizat unele cercetări și pentru zona Mării Negre (Altinok Y., 1999; Yalciner A., 2004; Papadopoulos G. A., 2011; Partheniu R., 2014,).

Există deja o bază de date ce conține simulări realizate pentru diverși parametri ai cutremurelor, care pot fi comparate cu măsurătorile de nivel de mare în timp real, în cazul producerii unui tsunami în viitor în zona litoralului românesc și/sau bugaresc. Până în prezent, s-au realizat simulări pentru zonele Shabla (Partheniu R., 2014), vestul Turciei - Istanbul și Crimeea (Partheniu R., 2015), acestea reprezentând un pericol real pentru litoralul românesc.

### III. Studii de caz pentru zonele seismice ce ar putea afecta litoralul românesc

În arealul Mării Negre sunt 3 zone seismice bine definite, conform studiilor recente (Moldovan I.A. 2016, Moldovan I.A. 2017), care ar putea produce cutremure de magnitudini mari și implicit valuri tsunami ce ar afecta litoralul românesc: **Shabla (BS3 – Figura 2), vestul Turciei - Istanbul (BS4 – Figura 2) și Crimeea (BS8 - Figura 2).**

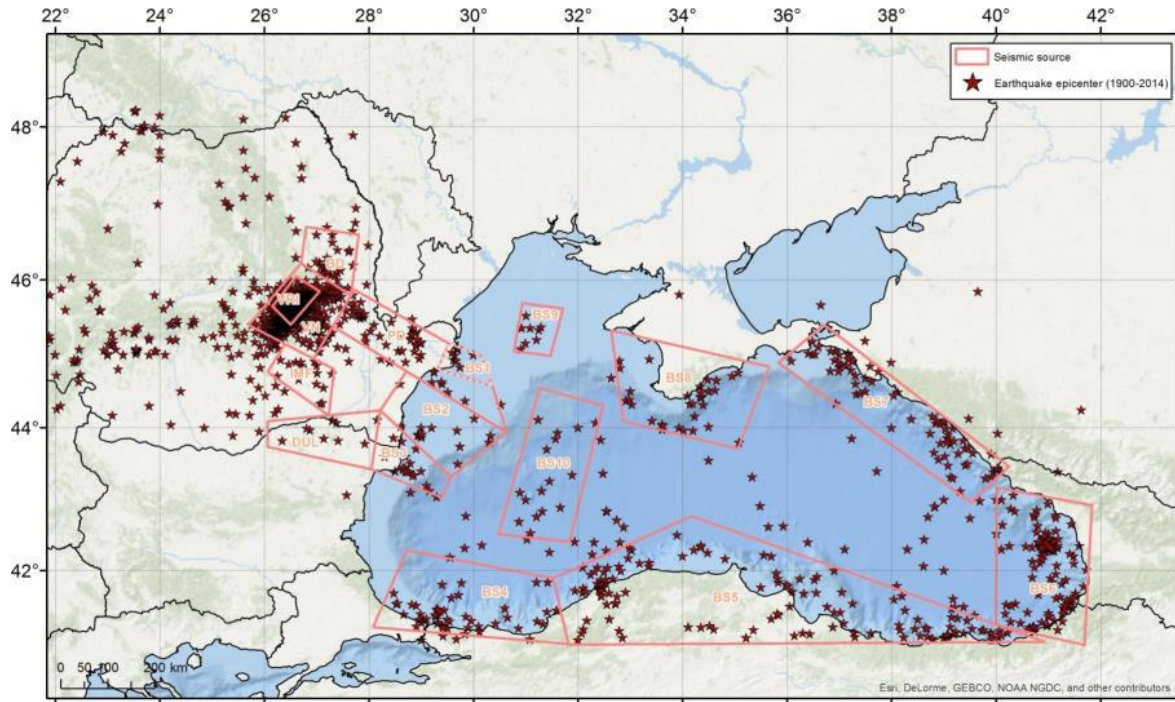


Figura 2. Zone seismogene din Marea Neagra (Moldovan I.A. 2016, Moldovan I.A. 2017)

Fiecare zona in parte este prezentata in amanunt, cu evenimentele majore din trecut, dar si cu rezultatele simularilor de tsunami rulate cu programul TAT, prezentat mai sus. De asemenea, pentru zona Shabla, care este cea mai periculoasa pentru litoralul nostru, s-au evaluat perioadele de revenire pentru cutremure cu magnitudini mai mari de 6.5, folosind metoda statistica a valorilor extreme Gumbel 1 (Tabelul 2).

Tabelul 2. Magnitudini asteptate si cele mai probabile, si perioadele lor de revenire pentru sursa seismica tsunamigena Shabla

Perioada (ani)	Cea mai probabila Magnitudine	Magnitudinea asteptata	Perioada (ani)	Cea mai probabila Magnitudine	Magnitudinea asteptata
120	6.47	6.46	180	7.06	7.05
130	6.58	6.58	190	7.14	7.13
140	6.69	6.69	200	7.21	7.21
150	6.79	6.79	219	7.34	7.34
153	6.82	6.82	300	7.8	7.8
160	6.89	6.88	400	8.22	8.22
170	6.97	6.97	475	8.47	8.47

S-au rulat simulari de tsunami pentru diverse scenarii folosind parametrii cutremurelor din trecut sau parametrii posibili specifici fiecărei zone in parte (localizare, mecanism, lungime si latime falie, magnitudine, adancime). Au fost variate magnitudinile intre 6.5 si 8, adancimile

intre 5 si 30 km, cat si mecanismul focal, pentru fiecare din cele 3 zone. Conform simularilor, rezultatele arata variatii si diferente destul de mari in functie de aceste 3 variabile.

Rezultatele modelarilor prezinta urmatoarele: inaltimele maxime ale valurilor, locatiile afectate, calculul nivelului mării, timpii de propagare, etc. In final, se va face o evaluare pentru toate cele 3 zone a magnitudinilor minime care pot duce la generarea de valuri tsunami, cat si a inaltimeilor maxime ale valurilor ce ar putea fi produse.

**Zona Shabla:** conform bazei de date a agentiei internationale „National Oceanic and Atmospheric Administration” (NOAA), in zona Shabla s-au produs 3 mari tsunami-uri in trecut: in secolul 1, inainte de Cristos, in zona Bisone (Nikonov, 1997); in anul 544 dupa Cristos, cand un cutremur cu magnitudine 7.5 a dus la generarea de valuri tsunami de 2 - 4 m (Ranguelov, 1998); evenimentul cel mai cunoscut, din data de 31 martie 1901, cand un cutremur cu magnitudinea 7.2 a produs valuri cu inaltime de 2.5 - 3 m, conform unor surse (Ranguelov & Gospodinov, 1995), sau chiar 5 m, conform altor surse (Papadopoulos et al., 2011).

Rezultatele simularilor pentru zona Shabla arata urmatoarele: cel mai grav scenariu este pentru un cutremur cu magnitudine 8 si adancime 5 km (Figura 3), care ar produce valuri maxime de 4.3 m in Kamen Bryag (Bulgaria), iar pe teritoriul romanesc valurile ar putea ajunge la 2 m in Costinesti, Constanta (1.5 m) si Mangalia (1.4 m), conform Tabelului 3.

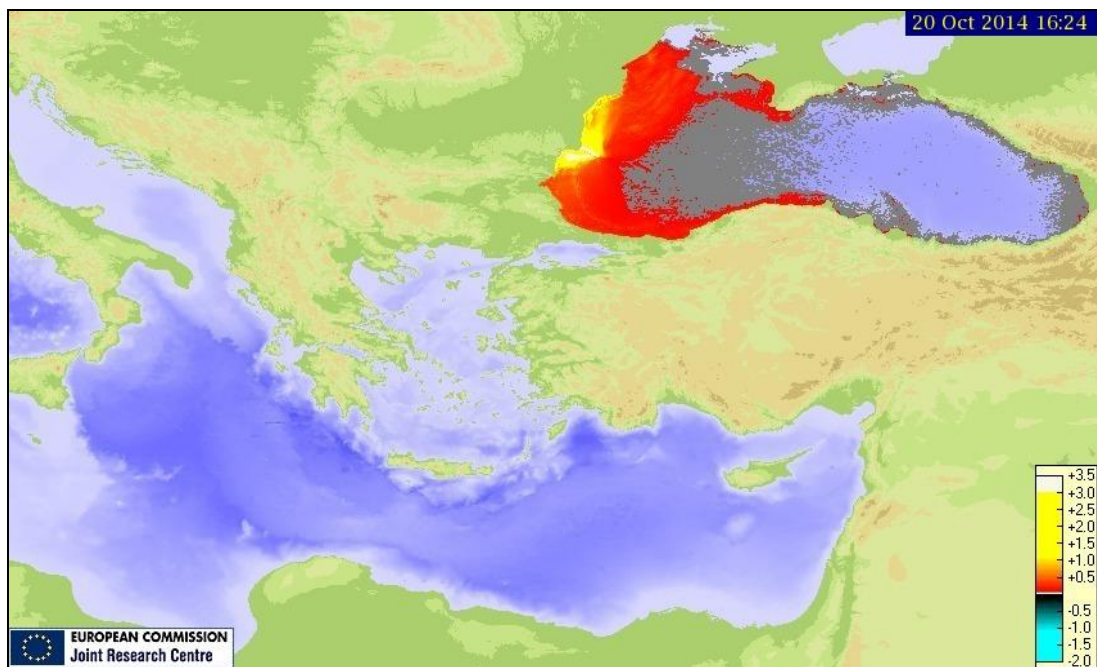


Figura 3. Rezultatele simulării pentru un cutremur cu M 8, h 5 km, pentru zona Shabla (harta cu inaltimea maxima a valurilor generate)

Tabelul 3. Rezultatele simulării pentru un cutremur cu M 8, h 5 km, pentru zona Shabla (locatiile afectate, înălțimea corespunzătoare a valurilor și momentul apariției lor)

Date of maximum Tsunami wave	Name	Wave height (m)	Delay of tsunami arrival (hours)	Delay of maximum tsunami (hours)	Latitude	Longitude
20 Oct 2014 12:10	<b>Kamen Bryag</b>	<b>4.3</b>	00:02	00:02	43.45	28.55
20 Oct 2014 12:21	<b>Bulgarsko</b>	<b>2.9</b>	00:02	00:12	43.38	28.43
20 Oct 2014 13:07	<b>Varna</b>	<b>2.1</b>	00:10	00:58	43.20	27.93
20 Oct 2014 13:27	<b>Costinesti</b>	<b>2.0</b>	00:12	01:18	43.95	28.64
20 Oct 2014 13:09	<b>Bliznak</b>	<b>1.8</b>	00:10	01:00	43.05	27.90
20 Oct 2014 12:55	<b>Kranera</b>	<b>1.7</b>	00:04	00:46	43.35	28.07
20 Oct 2014 12:55	<b>Balchik</b>	<b>1.7</b>	00:04	00:46	43.40	28.16
20 Oct 2014 12:19	<b>Krapets</b>	<b>1.6</b>	00:04	00:10	43.64	28.58
20 Oct 2014 13:57	<b>Constanta</b>	<b>1.5</b>	00:16	01:48	44.19	28.66
20 Oct 2014 13:16	<b>Mangalia</b>	<b>1.4</b>	00:10	01:08	43.81	28.59
20 Oct 2014 13:09	<b>Shkornilovtsi</b>	<b>1.3</b>	00:14	01:00	42.98	27.90
20 Oct 2014 13:09	<b>Bxala</b>	<b>1.3</b>	00:16	01:00	42.88	27.90
20 Oct 2014 13:09	<b>Durankulak</b>	<b>1.3</b>	00:06	01:00	43.70	28.57

Valuri moderate s-ar produce în urma unor cutremure cu magnitudini de 7.5, între 0.6 și 0.8 m. Pentru valori mai mici de magnitudine (7-7.2), s-ar genera valuri de înălțimi foarte mici, de circa 0.2 - 0.4 m. Alte variații conform cu modificări ale parametrilor cutremurelor sunt: pentru M 7 și adâncime 5 km -> valuri maxime de 0.1 m; pentru M 7.2 și adâncime 10 km -> înălțimi maxime ale valurilor de 0.2 m; pentru M 7.5, adâncime 10 km -> valuri de maxim 0.6 m; pentru M 7.5 și adâncime 30 -> înălțimi ale valurilor generate de 0.2 m; pentru M 8 și adâncime 10 km -> s-ar genera valuri de 0.8 m.

Perioadele de revenire pentru cutremurele cu magnitudini mari sunt: 180 ani pentru M 7.2, 250 de ani pentru M 7.5 și 350 de ani pentru M 8. Astfel, s-au îmbunătățit condițiile de modelare pentru zona Marii Negre, având o estimare a perioadelor de revenire pentru anumite valori ale înălțimilor valurilor probabile, corespunzătoare acestor magnitudini, și anume: 180 de ani pentru valuri de înălțimi mici (0.1 - 0.2 m), perioade de revenire de 250 de ani pentru înălțimi medii ale valurilor (0.6 - 0.8 m) iar pentru valori mari ale valurilor generate (până la 4.3 m) perioadele de revenire sunt de 350 de ani.

**Zona vestul Turciei - Istanbul:** aceasta zonă este definită prin evenimente produse și pe uscat și pe apă (Moldovan I.A. 2016; Hancilar U., 2012; Kalkan E. Et al., 2008), fiind localizată la intersecția dintre partea de S a faliei de Vest și Marea Neagră și falii asociate faliei Nord Anatoliene. În trecut, au fost generate două evenimente majore în această zonă: în 17 august 1999 (Mw=7.6), pe uscat, la o adâncime de 17 km, care a produs valuri evaluate la 2.52 m înălțime (conform bazei de date NOAA), și cel de-al doilea cutremur s-a produs pe 12 noiembrie 1999 (Mw=7.2), la o adâncime de 10 km. Cel mai recent cutremur a avut loc în data de 15 octombrie 2016, cu o magnitudine inițială Mw de 5.3 (finală 5.1), la o adâncime de 10 km.

Și pentru această zonă s-au generat simulări de tsunami, folosind parametrii celor 2 evenimente din trecut, având ca rezultate: pentru magnitudinea de 7.6, valurile maxime estimate au fost de 1.59 m în Zonguldak Ereğli (Turcia), cu 3 locații de pe litoralul românesc -



> 0.83 m in Mangalia, 0.5 m in Techirghiol si 0.39 m in Constanta; pentru o magnitudine de 7.2, inaltimele valurilor ar atinge doar 0.42 m in Eregli (Turcia).

**Zona Crimea:** 9 dintre cele 21 de tsunami-uri generate vreodata in Marea Neagra au fost produse in zona Crimeea. Acestea au fost urmasii ale unor cutremure cu magnitudini cuprinse intre 5.5 si 7, conform lui Papadopoulos et al, 2011. Unele dintre evenimente au validitatea neclara, dar 3 dintre ele prezinta o validitate sigura, dupa cum urmeaza: cutremurul din data de 11 noiembrie 1869, avand o magnitudine de 5.8, a dus la producerea de valuri tsunami de maxim 0.5 m; in data de 26 iunie 1927 a avut loc un cutremur cu magnitudine 6, care a generat valuri de maxim 0.7 m; evenimentul cu cea mai mare magnitudine din zona Crimeea s-a produs in 11 septembrie 1972, avand o magnitudine de 6.8 si ducand la valuri maxime de 1 inaltime.

Rezultatele simularilor arata urmatoarele: pentru o magnitudine de 7, s-ar produce valuri de inaltime foarte mici, 0.1 -0.2 m in Parkove (Ucraina); pentru magnitudini mai mari, de 7.5, valurile maxime generate ar ajunge la 0.6 m, in Foros (Ucraina). Cel mai grav scenariu ar duce la valuri de maxim 2.2 m in Berehove, Ponyzivka, Katsiveli si Alupka (Ucraina) pentru un cutremur cu magnitudine 8. Acest eveniment ar genera valuri pe litoralul romanesc de 0.9 m la Sfantu-Gheorghe, 0.6 m la Techirghiol si 0.5 m la Mangalia, Costinesti si Sulina.

***In Raportul extins sunt prezentate hartile cu simularile descrise in paginile anterioare.***

In Tabelul 4 sunt prezentate, ca o concluzie generala a rezultatelor din simularile pentru cele 3 zone diferite, magnitudinile minime pentru care se genereaza valuri foarte mici de 0.1 - 0.2 m (coloana 2), cat si valorile maxime ale valurilor rezultate pentru magnitudini mari, si anume M 8 pentru zona Shabla, M 7.6 pentru zona Istanbul si M 8 pentru zona Crimeea (coloana 3). De mentionat ca cele 2 coloane nu corespund, si anume magnitudinile cu valorile maxime din tabel, ci sunt doar reprezentative pe fiecare zona in parte.

Tabelul 4. Magnitudinea minima la care se genereaza valuri tsunami si inaltimea maxima a valurilor pentru magnitudini mari (7.6, respectiv 8), pentru cele 3 zone seismice studiate

<b>ZONA</b>	<b>MAGNITUDINEA MINIMA LA CARE SE POT PRODUCEREA VALURI</b>	<b>INALTIMEA MAXIMA POSIBILA A VALURILOR (m)</b>	<b>MAGNITUDINEA CARE GENEREAZA VALURILE MAXIME</b>
Vestul Turciei – Istanbul	7.2	1.59	7.6
Shabla	7.0	4.3	8
Crimeea	7.0	2.2	8

Cu aceste seturi de simulari, s-a marit baza de date ce contine modelarea fenomenului tsunami pentru zona Marii Negre, ce ar putea afecta litoralul romanesc. In tabelul 1 s-au estimat magnitudini minime pentru care se pot produce valuri foarte mici, cat si valori maxime ale valurilor ce ar putea fi generate pentru anumite magnitudini.

#### IV. Concluzii

Obiectivul acestei faze a fost evaluarea hazardului la tsunami pe litoralul românesc, prin intermediul unor modelări multiple folosind parametrii unor cutremure din trecut, și nu numai. Studiul s-a realizat pe cele 3 zone adiacente care ar putea afecta litoralul românesc, Shabla, Vestul Turciei - Istanbul, și Crimeea. În final, s-a realizat o evaluare a magnitudinilor minime pentru care se pot produce valuri de dimensiuni mici (0.1 - 0.2 m), și s-au calculat înălțimilor maxime ale valurilor generate pentru valori de magnitudine mari (7.6 - 8), prezentate în Tabelul 4. Pentru zona Shabla s-au estimat perioadele de revenire pentru anumite magnitudini și înălțimi ale valurilor. Conform simularilor, rezultatele arată diferențe destul de mari în funcție de magnitudine, adâncime și mecanismul focal. Toate acestea contribuie la îmbunătățirea studiilor legate de fenomenul tsunami, cât și o mai bună înțelegere a acestuia în general, iar pe plan regional la cunoașterea efectelor unui potențial tsunami generat în zona Mării Negre.

6. Rezultate, stadiul realizării obiectivului fazei, concluzii și propuneri pentru continuarea proiectului (se vor preciza stadiul de implementare a proiectului, gradul de îndeplinire a obiectivului cu referire la țintele stabilite și indicatorii asociați pentru monitorizare și evaluare).

Prin rezultatele prezentate considerăm că obiectivele fazei au fost îndeplinite în totalitate și că țintele stabilite au fost atinse iar proiectul a atins gradul de implementare scontat pentru această etapă. Scopul final al acestei etape de cercetare a fost atins integral și a constat în evaluarea hazardului la tsunami pe litoralul românesc, prin modelări multiple folosind parametrii unor cutremure din trecut, evaluarea unor magnitudini minime la care se pot produce valuri, calculul înălțimilor maxime ale valurilor generate pentru anumite valori de magnitudine, cât și prin estimarea perioadelor de revenire pentru anumite magnitudini și înălțimi ale valurilor. Rezultatele acestei faze vor duce la îmbunătățirea cercetărilor legate de fenomenul tsunami, contribuind la o cunoaștere mai detaliată a fenomenului și a efectelor acestuia în zona Mării Negre.

INCDFP detine anumite funcții și îndeplinește diferite atribuții în cadrul grupului de lucru regional "Intergovernmental Coordination Group for the Tsunami Early Warning and Mitigation System in the North-eastern Atlantic, the Mediterranean and connected seas (ICG/NEAMTWS)", și anume: Punct național de contact pentru tsunami (TNC), Punct focal de avertizare la tsunami (TWFP) și Centru Național de alertare la tsunami (NTWC) -> în curs. Astfel, cercetările în această direcție sunt vitale pentru a păstra o bună colaborare și a îndeplini atribuțiile cerute, prin monitorizarea seismică și evaluarea rapidă a efectelor provocate de un posibil tsunami generat în Marea Neagră.

De asemenea, există un alt grup de lucru în care Institutul este implicat, "The Global Tsunami Model (GTM) Network", care are ca scop evaluarea și asigurarea unor standarde în folosul populației, pentru îmbunătățirea analizei de risc și evaluării probabilistice a hazardului de tip tsunami (Probabilistic Tsunami Hazard and Risk

Analysis -> PTHA si PTR). GTM este in momentul de fata format dintr-un grup de cercetatori afiliati la multiple institute de cercetare de pe Glob, cu scopul de a asigura evaluarea hazardului la tsunami si, de asemenea, o analiza a riscului.

Rezultatele acestei faze vor putea duce la prevenirea factorilor de decizie privind expunerea populatiei si a mediului din zona litoralului la tsunami. Pe langa toate acestea, s-a implementat de catre INCDFP ([www.tsunami.ro](http://www.tsunami.ro)) si un portal dedicat, cu informatii in timp real, dar si stiintifice, despre acest fenomen.

Propuneri pentru continuarea proiectului: Se doreste continuarea studiilor referitoare la modelarea fenomenului tsunami in Marea Neagra, prin utilizarea a inca unui program si generarea de simulari folosind aceiasi parametri ai cutremurelor, pentru a compara rezultatele date de cele 2 programe si a evalua cat mai precis efectele pe care le poate avea acest fenomen asupra litoralului romanesc. De asemenea, rezultatele vor putea fi folosite si pentru preventie si alarmare in cazul producerii unui eveniment in timp real in viitor.

**Indicatori:** O parte din rezultate acestei etape au fost sau vor fi prezentate la conferinte stiintifice internationale:

- 1) *Tsunami modeling of the Black Sea Shabla area*, Workshop On Coupling Earthquakes And Tsunamis, 30 January - 2 February 2018, Bayrischzell, Germany, authors: Partheniu R., Constantin A.P., Moldovan I.A., Diaconescu M.
- 2) *Black Sea (Shabla area) tsunami modeling using two different software*, 12<sup>th</sup> International Conference on Environmental Legislation, Safety Engineering and Disaster Management, 17-19 May 2018, Cluj-Napoca, Romania, authors: Partheniu R., Constantin A.P., Moldovan I.A., Ioane D.
- 3) *Tsunami modeling of the Shabla seismic area (Black Sea) using TRIDEC Cloud software*, 8th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM 2018, 30 June - 9 July 2018, Albena, Bulgaria, authors: Partheniu R., Moldovan I.A., Constantin A.P., Tolea A., Ioane D.
- 4) *Tsunami modeling of the 8<sup>th</sup> of September 2017 Mexico M 8.1 earthquake, using two different software*, 4<sup>th</sup> World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium - WMESS, 3 - 7 September 2018, Prague (Czech Republic), authors: Partheniu R., Tolea A., Ioane D., Tataru D., Grecu B..

si sunt in curs de aparitie (acceptate spre publicare) in reviste indexate si cotate ISI:

- 1) Partheniu R., Ghita C., Victorin T., Nastase E., Muntean A., Murat E., Moldovan I. A., Ionescu C. C. , Monitoring the Black Sea natural hazards using new technology and equipment, Romanian Reports in Physics.

S-a participat, de asemenea, si la propunerea a doua proiecte internationale:

- 1) Proiectul propus Uniunea Europeana "All Risk Integrated System TOwards Trans-boundary hoListic Early-warning 2" - ARISTOTLE 2

2) Proiectul propus de European Cooperation in Science & Technology - COST,  
„Accelerating Global science In Tsunami HAZard and Risk analysis” - AGITHAR.

Responsabil faza

Ing. Partheniu Ileana Raluca Alecsandra

Responsabil proiect

Dr. Iren Adelina Moldovan