



Proiectul Neptun Deep

Studiul de modelare a penei de sedimente

ROND-HJ-RGEIS-00-0007 | A

Iunie, 2022

Beneficiari: ExxonMobil Exploration and Production Romania Limited și OMV Petrom



Proiectul Neptun Deep

Titlul documentului: Studiul de modelare a penei de sedimente

Nr. document: ROND-HJ-RGEIS-00-000

Revizie: A

Data: Iunie, 2022

Nume beneficiar: ExxonMobil Exploration and Production Romania Limited

Contractor: Halcrow Romania SRL

Halcrow Romania SRL este parte a Jacobs Engineering Group Inc. Company
 Str. Carol Davila 85
 Camera A, etaj 2, 050453
 Sector 5, București, Romania
 T +40 3 1106 5376
 F +40 311 034 189
www.jacobs.com

Limitare: Acest document a fost pregătit de Jacobs în numele și pentru uzul exclusiv al ExxonMobil Exploration and Production Romania Limited. Nici Jacobs, nici ExxonMobil Exploration and Production Romania Limited nu își asumă nicio răspundere sau responsabilitate pentru sau cu privire la orice utilizare sau încredere în acest document de către orice terță parte.

Roxana Dorneanu

Revizie	Data	Descriere	Autor	Revizuit	Aprobat
A	24 iunie 2022	Prima versiune pentru revizuire	Callum Rowett și Sachidananda Pradhan	Hakeem Johnson	Roxana Dorneanu

Rezumat

Neptun Deep este o dezvoltare offshore propusă de gaze naturale în perimetrul Neptun Deep, situat în partea românească a Mării Negre. ExxonMobil, în calitate de operator, și OMV Petrom, în calitate de partener în procent de 50%, sunt participanții la proiectul Neptun Deep. Instalațiile offshore vor fi conectate la o stație de măsurare terestră printr-o conductă de producție de gaz (GPP) de 30 inch (762 mm) și un cablu de fibră optică (FOC) pentru control și comunicare. Pe măsură ce conducta se apropie de linia de coastă, fundul mării devine stâncos. În această zonă, porțiuni ale conductei vor fi plasate într-un șanț pentru stabilitate. Secțiunea submarină a conductei din apropierea țărmului va fi instalată într-un șanț pe o lungime de aproximativ 3.375 m între capătul de pe mare al microtunelului și punctul la care adâncimea apei este 31 m.

Jacobs a fost însărcinat să efectueze modelarea penelor de sedimente pentru a evalua amploarea lor și sedimentarea netă datorată dragării șanțului și apoi a acoperirii lui cu sedimente.

Șanțul care va fi dragat va avea o lungime de 3375 m. Dragarea șanțului și îngroparea conductei vor fi efectuate cu un excavator pentru dragare. Primii 1600 m ai conductei vor fi acoperiți cu pietriș provenit de pe uscat (cel mai probabil va fi piatră spartă calcaroasă), iar restul de 1.775 m va fi acoperit cu nisip - material dragat la fața locului. Lungimea rămasă a conductei nu va fi îngropată.

Un sistem de modele numerice (bazat pe software-ul MIKE al DHI) a fost utilizat pentru a evalua impactul operațiunilor de dragare și acoperire a șanțului propus pentru gazoductul proiectului Neptun.

Pentru a evalua efectul variabilității condițiilor de mediu asupra penelor de sedimente, au fost selectate patru evenimente de câte 72 de ore din înregistrările disponibile. Cele patru evenimente reprezintă condițiile în care excavatorul pentru dragare poate funcționa ($H_{m0} < 1,2$ m) și reflectă, în linii mari, variabilitatea climatului eolian de pe amplasament.

În cele din urmă, efectul operațiunilor complete de dragare și acoperire a șanțului (28 de zile pentru dragare și 15 zile pentru acoperire) a fost studiat utilizându-se două exemple de condiții istorice în care excavatorul pentru dragare poate funcționa ($H_{m0} < 1,2$ m).

Principalele rezultate ale modelului utilizate pentru cuantificarea impactului operațiunilor de dragare și acoperire a șanțului sunt:

- Concentrația maximă totală a sedimentelor în suspensie (TSSC) care apare în orice moment pe durata operațiunii de dragare (sau acoperire a șanțului).
- Frecvența de depășire pentru TSSC mai mare decât pragul selectat de 1 mg/l. Aceasta oferă informații despre cât timp este depășit pragul selectat în timpul operațiunilor.
- Modificarea totală a grosimii fundului mării. Aceasta oferă informații cu privire la efectul operațiunilor de dragare (și de acoperire a șanțului) asupra modificărilor nivelului fundului mării.

Principalele concluzii sunt rezumate mai jos:

- Condiții de vânt, valuri și debit
 - Roza valurilor arată că acestea sunt în principal de la N către ESE (în sensul acelor de ceasornic) și de la VSV către SV (în sensul acelor de ceasornic). Cu toate acestea, în zona șanțului proiectat, valurile dinspre nord sau VSV spre SV nu sunt prezente, datorită protecției asigurate de către țărmul românesc.
 - Analiza valurilor modelate în zona șanțului arată că pragul valului generat de draga excavatorului ($H_{m0} = 1,2$ m) este depășit cu aproximativ 10% anual (aproximativ 1 până la 10% în lunile de vară respectiv 10 până la 20% în lunile de iarnă).

- Datele istorice privind vântul la punctul de pe țărm și deasupra apei arată că vânturile la locație suflă în principal de la NNV către NE respectiv SSV către SV. Viteza vântului care depășește 10% anual este de aproximativ 7 m/s (pe țărm) și 10 m/s (deasupra apei).
 - Condițiile de curgere la fața locului sunt dominate de forța vântului și de circulația generală în Marea Neagră. Efectul mareelor este neglijabil. Rezultatele modelului arată că vânturile nordice (vânturile care suflă dinspre nord) duc la condiții de curgere spre sud peste șanțul propus. În mod similar, vânturile sudice duc la fluxuri spre nord peste aliniamentul șanțului. Fluxul din stratul de suprafață este mai puternic decât fluxul din stratul inferior.
 - Pentru o viteză maximă a vântului de 10 m/s de la NNE către NNV (evenimentul 1S), viteza maximă a curentului sudic (în stratul de suprafață) peste linia șanțului este de aproximativ 0,5 m/s. Pe de altă parte, pentru viteza maximă a vântului de 10 m/s de la SSE către SSV (evenimentul 2S), viteza maximă a curentului nordic (în stratul de suprafață) peste linia șanțului este de 0,25 până la 0,3 m/s.
- Operațiuni de dragare
 - Rezultatele modelului pentru operațiunile de dragare arată că:
 - Pana de sedimente generată în timpul operațiunii de dragare este limitată la aliniamentul direcțiilor curentului. Pana de sedimente se dezvoltă imediat după începerea lucrărilor de dragare și este transportată în direcția curentului dominant. Astfel, pana de sedimente este transportată spre sud atunci când fluxul este spre sud și viceversa atunci când fluxul este spre nord.
 - Pana de sedimente se extinde până la aproximativ 10 km nord și sud de zona de dragare (TSSC > 0,1 mg/l), cel mai ridicat TSSC (4-6 mg/l) având loc în imediata vecinătate a zonei de dragare în timpul ambelor scenarii simulate (evenimentul 1C și 2C).
 - Zona în care TSSC depășește 1 mg/l (mai mult de 6 ore) în timpul perioadei de dragare de 28 de zile se află la mai puțin de 1-2 km nord și sud de linia șanțului. Frecvența depășirii în această zonă este de 1 până la 5 % din timp (aproximativ 7 până la 34 de ore) în ambele scenarii simulate.
 - Rezultatele modelului arată că sedimentele deversate sunt depozitate la 2 până la 3 km de linia șanțului. Majoritatea sedimentelor deversate sunt de obicei depozitate în imediata vecinătate a zonei de dragare.
 - Impactul rezultat al dragării de-a lungul liniei de șanț în toate condițiile testate este limitat la mai puțin de 10 km de linia șanțului. Se remarcă faptul că simulările de dragare indică efectele "neatenuate" ale lucrărilor de dragare. Punerea în aplicare a măsurilor de atenuare, cum ar fi plasele de nămol, ar putea atenua și mai mult răspândirea potențială a sedimentelor deversate.
 - Operațiuni de acoperire a șanțului
 - Rezultatele modelului pentru operațiunile de acoperire arată că:
 - Pana de sedimente (cu valoarea concentrației la margine de 0,1 mg/l) în timpul celor 15 zile de operațiuni de acoperire se extinde până la 1-2 km de la linia șanțului pentru ambele scenarii simulate pentru operațiuni complete de acoperire.
 - Zona în care TSSC depășește 1 mg/l (pentru mai mult de 1% sau 3,5 ore) în timpul perioadei de deversare de 15 zile se află la mai puțin de 0,5 km nord și sud de linia șanțului. Acest lucru este identic pentru ambele scenarii simulate (evenimentul 1C și 2C).
 - Sedimentele deversate în timpul operațiunilor de acoperire sunt depozitate la mai puțin de 1 km de linia șanțului. Cea mai mare parte a depunerii are loc în șanț ca fracții de nisip grosier și sunt depuse pe măsură ce fracțiunile de nisip grosier se depun rapid datorită faptului că au o viteză mare de sedimentare.

- Impactul rezultat al deversării de-a lungul liniei de tranșee în toate condițiile testate este limitat la mai puțin de 1 până la 2 km față de linia șanțului.

Cuprins

Rezumat	i
Acronime și abrevieri	viii
1. Introducere	1
1.1 Operațiuni de dragare și acoperire	1
1.2 Scopul documentului.....	2
1.3 Convenții.....	2
1.4 Datum	2
1.5 Definiții	2
2. Metodologia și datele utilizate	3
2.1 Metodologie.....	3
2.2 Date utilizate.....	6
2.3 Selectarea evenimentelor modelate	13
3. Modelarea valurilor	16
3.1 Model Software	16
3.2 Configurarea modelului.....	16
3.3 Teste de sensibilitate	17
3.4 Rezultatele modelului	19
4. Modelare hidrodinamică	21
4.1 Model Software	21
4.2 Configurarea modelului.....	21
4.3 Rezultatele modelului	23
5. Modelarea deversărilor de sedimente	29
5.1 Model Software	29
5.2 Lucrări de dragare.....	29
5.3 Configurarea modelului.....	30
5.4 Condiții de mediu simulate.....	30
5.5 Rezultatele modelului	31
5.6 Deversarea nisipului.....	43
6. Rezumat, concluzii și limitări	56
6.1 Rezumat.....	56
6.2 Concluziile.....	56
6.3 Limitări.....	57
7. Referințe	59

Anexe

Appendix A. Testarea sensibilității modelului valurilor	60
Appendix B. Rezultatele modelării valurilor	72
Appendix C. Rezultatele modelării curgerii	73
Appendix D. Rezultatele modelului penei de sedimente	74

Tabele

Tabelul 2-1. Ordinea ierarhică a datelor utilizate pentru a genera batimetria modelului	6
Tabelul 2-2. Coordonatele locațiilor valurilor	10
Tabelul 2-3. Caracteristicile sedimentelor din analiza forajului	12
Tabelul 2-4. Valorile presupuse ale parametrilor sedimentelor pentru acest studiu.....	12
Tabelul 2-5. Datele de dragare și acoperire a șanțului utilizate în modelare.....	13
Tabelul 2-6. Evenimente selectate pentru utilizare în modelare. S indică cursele mai scurte de sensibilitate a mediului și C indică cursele continue de dragare/ deversare	15
Tabelul 3-1. Condițiile valurilor selectate utilizate în testarea sensibilității	18
Tabelul 3-2. Parametrii finali de configurare a modelului	18
Tabelul 3-3. Orele de început și de sfârșit ale modelului de val.....	19
Tabelul 4-1. Parametrii finali de configurare a modelului	22
Tabelul 5-1. Frații de granulație aplicate în exercițiul de modelare a deversărilor de dragare.	29
Tabelul 5-2. Datele parametrilor modelului-cheie utilizați în operațiunile de dragare.....	30
Tabelul 5-3. Parametrii coloanei de apă utilizați în operațiunile de dragare	30
Tabelul 5-4. Parametrii fundului mării utilizați în operațiunile de dragare	30
Tabelul 5-5. Date privind modelele-cheie utilizate în operațiunile de deversare	43
Tabelul 5-6. Parametrii coloanei de apă utilizați în operațiunile de deversare.....	44
Tabelul 5-7 Parametrii fundului mării utilizați în operațiunile de deversare.....	44

Figuri

Figura 1-1. Aliniamentul șanțului dragat (KP 156.075 la KP 152.700).....	1
Figura 2-1. Diagrama schematică a metodologiei globale de calcul al penelor de sedimente datorate dragării și acoperirii șanțului.....	3
Figura 2-2. Acoperirea datelor de batimetrie din DHI MIKE C-MAP și măsurătorile beneficiarului	6
Figura 2-3. Curbe de nivel la nivelul fundului mării în interiorul zonei modelului.....	7
Figura 2-4. Roza anuală a vânturilor pentru punctul ERA5 44.4N 29.2E din 1979 până în 2020	8
Figura 2-5. Roze lunare ale vânturilor la punctul ERA5 44.4N 29.2E din 1979 până în 2020	8
Figura 2-6. Localizarea punctelor de vânt ERA5 utilizate în modelare.....	9
Figura 2-7. Locațiile valurilor utilizate în modelare.....	9
Figura 2-8. Roza valurilor la șanț (locația 7) Jan/1979-Dec/2020.....	10
Figura 2-9. Roza lunară a valurilor la șanț (locația 7 din figura de mai sus) Ian/1979-Dec/2020.....	11
Figura 2-10. Depășirea vitezei vântului la șanț	14
Figura 3-1. Extinderea rețelei de modelare a valurilor.....	16
Figura 3-2. Grila model cu indicare locației conductei.....	17
Figura 3-3. Grila modelului care prezintă zona îndesită și amplasarea conductei.....	17
Figura 3-4. Amplasarea punctelor de extracție din modelului de valuri.....	19
Figura 4-1. Cele trei limite deschise în modelul local indicate prin culoarea roșie, verde și albastră.	22
Figura 4-2. Amplasarea celor trei puncte de extracție de-a lungul liniei șanțului.....	24
Figura 4-3. Serii de timp cu viteza și direcția curentului modelate la cele trei locații pe durata tuturor celor patru evenimente scurte.....	25
Figura 4-4. Serii de timp cu viteza și direcția curentului modelate cele trei locații pe durata ambelor evenimente lungi (evenimentul 1C și 2C).	26

Figura 4-5. Stratul de suprafață: viteza și direcția curentului în timpul evenimentelor simulate: 1S (stânga sus), 2S (dreapta sus), 3S (stânga jos) și 4S (dreapta jos).....	27
Figura 4-6. Stratul inferior: viteza curentă și direcția în timpul evenimentelor simulate: 1S (stânga sus), 2S (dreapta sus), 3S (stânga jos) și 4S (dreapta jos).....	28
Figura 5-1. Linia șanțului cu diferitele secțiuni.....	31
Figura 5-2. Stratul de suprafață simulat cu concentrația maximă totală de solide în suspensie care apare în orice moment pe parcursul operațiunii de dragare de 3 zile la secțiunea 1 (stânga sus), secțiunea 2 (dreapta sus), secțiunea 3 (stânga jos) și secțiunea 4 (dreapta jos) a liniei șanțului în timpul evenimentului tipic-1S.....	32
Figura 5-3. Stratul de suprafață simulat cu concentrația maximă totală de solide în suspensie care apare în orice moment pe parcursul operațiunii de dragare de 3 zile la secțiunea 1 (stânga sus), secțiunea 2 (dreapta sus), secțiunea 3 (stânga jos) și secțiunea 4 (dreapta jos) a liniei șanțului în timpul evenimentului tipic 2S.....	33
Figura 5-4. Stratul de suprafață simulat cu concentrația maximă totală de solide în suspensie care apare în orice moment pe parcursul operațiunii de dragare de 3 zile la secțiunea 1 (stânga sus), secțiunea 2 (dreapta sus), secțiunea 3 (stânga jos) și secțiunea 4 (dreapta jos) a liniei șanțului în timpul evenimentului tipic 3S.....	34
Figura 5-5. Stratul de suprafață simulat cu concentrația maximă totală de solide în suspensie care apare în orice moment în timpul operațiunii de dragare de 3 zile la secțiunea 1 (stânga sus), secțiunea 2 (dreapta sus), secțiunea 3 (stânga jos) și secțiunea 4 (dreapta jos) a liniei șanțului în timpul evenimentului tipic 4S.....	35
Figura 5-6. Stratul inferior simulat cu concentrația maximă totală de solide în suspensie care apare în orice moment pe parcursul operațiunii de dragare de 3 zile la secțiunea 1 (stânga sus), secțiunea 2 (dreapta sus), secțiunea 3 (stânga jos) și secțiunea 4 (dreapta jos) a liniei șanțului în timpul evenimentului tipic 1S.....	36
Figura 5-7. Stratul inferior simulat cu concentrația maximă totală de solide în suspensie care apare în orice moment pe parcursul operațiunii de dragare de 3 zile la secțiunea 1 (stânga sus), secțiunea 2 (dreapta sus), secțiunea 3 (stânga jos) și secțiunea 4 (dreapta jos) a liniei șanțului în timpul evenimentului tipic 2S.....	37
Figura 5-8. Stratul inferior simulat cu concentrația maximă totală de solide în suspensie care apare în orice moment pe parcursul operațiunii de dragare de 3 zile la secțiunea 1 (stânga sus), secțiunea 2 (dreapta sus), secțiunea 3 (stânga jos) și secțiunea 4 (dreapta jos) a liniei șanțului în timpul evenimentului tipic 3S.....	38
Figura 5-9. Stratul inferior simulat cu concentrația maximă totală de solide în suspensie care apare în orice moment pe parcursul operațiunii de dragare de 3 zile la secțiunea 1 (stânga sus), secțiunea 2 (dreapta sus), secțiunea 3 (stânga jos) și secțiunea 4 (dreapta jos) a liniei șanțului în timpul evenimentului tipic-4S.....	39
Figura 5-10. Concentrația maximă totală de solide în suspensie (TSSC) a stratului superficial care apare în orice moment pe parcursul operațiunii de dragare de 28 de zile pentru evenimentul 1C (stânga) și evenimentul 2C (dreapta).....	41
Figura 5-11. Concentrația maximă totală de solide în suspensie (TSSC) a stratului inferior care apare în orice moment pe parcursul operațiunii de dragare de 28 de zile pentru evenimentul 1C (stânga) și evenimentul 2C (dreapta).....	41
Figura 5-12. Procentul de timp în care TSSC depășește 1 mg/l. în timpul operațiunii de dragare de 28 de zile în stratul superior pentru evenimentul 1C (stânga) și evenimentul 2C (dreapta).	42
Figura 5-13. Procentul de timp în care TSSC depășește 1 mg/l. în timpul operațiunii de dragare de 28 de zile în stratul inferior pentru evenimentul 1C (stânga) și evenimentul 2C (dreapta).	42
Figura 5-14. Grosimea totală a fundului mării se modifică ca urmare a decantării sedimentelor deversate în timpul operațiunii de dragare pentru evenimentul 1C (stânga) și evenimentul 2C (dreapta).....	43
Figura 5-15. Șanț 3 TSSC maxim.....	45
Figura 5-16. Șanț 4 TSSC maxim.....	46
Figura 5-17. Șanț 3 simulare 3 zile - Frecvența depășirii pentru TSSC > 1 mg/l.....	48
Figura 5-18. Șanț 4 simulare 3 zile - frecvența depășirii pentru TSSC > 1 mg/l.....	49

Figura 5-19. Sedimentarea netă datorată deversareului pentru șanțurile 3 și 4.....	50
Figura 5-20. Evenimentul 1: SSC total maxim - Simulare 15 zile (stratul superior stânga, stratul inferior dreapta).....	52
Figura 5-21. Evenimentul 1: Frecvența depășirii pentru TSSC > 1 mg/l simulare de 15 zile (stratul superior stânga, stratul inferior dreapta).....	53
Figura 5-22 Evenimentul 1: Frecvența depășirii pentru TSSC > 0,1 mg/l simulare de 15 zile (stratul superior stânga, stratul inferior dreapta).....	53
Figura 5-23. Evenimentul 2: SSC maxim total - simulare 15 zile (stratul superior stânga, stratul inferior dreapta).....	54
Figura 5-24. Evenimentul 2: Frecvența depășirii pentru TSSC > 1 mg/l simulare de 15 zile (stratul superior stânga, stratul inferior dreapta).....	54
Figura 5-25. Evenimentul 2: Frecvența depășirii pentru TSSC > 0,1 mg/l simulare de 15 zile (stratul superior stânga, stratul inferior dreapta).....	54
Figura 5-26. Sedimentarea netă la 15 zile datorată deversării (evenimentul 1 stânga, evenimentul 2 dreapta).	55
Figura A-1. Sensitivitatea modelului la formulare spectrală (stânga = complet spectrală, mijloc = decuplată direcțional, dreapta = diferență)	60
Figura A-2. Sensitivitatea modelului la frecare de fundul mării (stânga = 0,01kn, mijloc = 0,001kn, dreapta = diferență).....	62
Figura A-3. Sensitivitatea modelului la frecare de fundul mării (stânga = 0,01kn, mijloc = 0,04kn, dreapta = diferență).....	64
Figura A-4. Sensitivitatea modelului la frecarea de fundul mării (cuplat stânga, mijloc = decuplat, dreapta = diferență).....	66
Figura A-5. Sensitivitatea modelului la nivelul apei (stânga = 0,0m (MSL), mijloc = MSL + 0,5m, dreapta = diferență).....	68
Figura A-6. Sensitivitatea modelului la nivelul apei (stânga = 0,0m (MSL), mijloc = MSL-0,5m, dreapta = diferență).....	70
Figure B-1. Condițiile valorilor corespunzătoare vitezei maxime de curent la Pt (795310.08 E, 281046.51 N) de-a lungul șanțului pentru cele patru simulări de 96 de ore.....	72
Figura C-1. Viteza maximă a curentului în stratul de suprafață (stânga) și în stratului inferior (dreapta) în timpul evenimentului simulat 1C.....	73
Figura C-2. Viteza maximă a curentului în stratul de suprafață (stânga) și în stratului inferior (dreapta) în timpul evenimentului simulat 2C.....	73

Acronime și abrevieri

Acronim	Descriere în engleză	Descriere în română
3D	Three Dimensional	Tridimensional
DHI	Danish Hydraulic Institute, Denmark	Institutul Hidraulic Danez, Danemarca
DTU	Danish Technical University, Denmark	Universitatea Tehnică Daneză, Danemarca
ECMWF	European Centre for Medium Range Weather Forecasts	Centrul European pentru Prognoze Meteorologice pe Termen Mediu
ERA5	ECMWF ReAnalysis v5	ECMWF ReAnalysis v5
FM	Flexible Mesh	Grilă flexibilă
FOC	Fiber Optic Cable	Cablu de fibră optică
HD	Hydrodynamic	Hidrodinamic
HYCOM	Hybrid Coordinate Ocean Model	Modelul hibrid al oceanului de coordonate
GPP	Gas Production Pipeline	Conductă gaze de producție
SRM	Natural Gas Metering Station	Stație de măsurare gaze naturale
NTS	National Transmission System	Sistemul național de transport
CSC	Suspended Sediment Concentration	Concentrația sedimentelor în suspensie
SW	Spectral Wave	Undă spectrală
SWP	Shallow Water Platform	Platformă de apă puțin adâncă
TSSC	Total Suspended Sediment Concentration	Concentrația totală a sedimentelor în suspensie

1. Introducere

Neptun Deep este o dezvoltare offshore propusă de gaze naturale în perimetrul Neptun Deep, situat în partea românească a Mării Negre. ExxonMobil, în calitate de operator, și OMV Petrom, în calitate de partener de 50%, sunt participanții la proiectul Neptun Deep.

Obiectivul propus al proiectului Neptun Deep este dezvoltarea rezervelor de gaze naturale din zăcămintele Pelican Sud și Domino. Pelican Sud este situat pe platoul continental la aproximativ 130 m adâncime a apei. Domino se află la aproximativ 1.000 m adâncime a apei, în afara platoului continental.

Câmpul Domino este propus să fie dezvoltat cu două centre de foraj submarin, în timp ce câmpul Pelican Sud este propus să fie dezvoltat cu un singur centru de foraj. Fiecare centru de foraj va conține sonde plasate într-un aranjament de cluster în jurul unui manifold de producție. Sistemul submarin va fi monitorizat și controlat folosind un sistem de control electro-hidraulic conectat la o platformă situată în apă de mică adâncime (SWP) prin două ombilicale de control. Ombilicalele vor furniza, de asemenea, substanțe chimice instalațiilor submarine.

Din SWP, gazul natural deshidratat va fi transportat aproximativ 160 km prin GPP cu diametrul de 30 inch (762 mm) pentru livrare în Sistemul Național de Transport (SNT).

Instalațiile offshore vor fi conectate la o stație de măsurare terestră printr-o conductă de producție de gaz (GPP) de 30 inch (762 mm) și un cablu de fibră optică (FOC) pentru control și comunicare. Pe măsură ce conducta se apropie de linia de coastă, fundul mării devine stâncos. În această zonă, porțiuni ale conductei vor fi plasate într-un șanț pentru stabilitate. Secțiunea submarină a conductei din apropierea țărmului va fi instalată într-un șanț pe o lungime de aproximativ 3.375 m între capătul de pe mare al microtunelului până la punctul în care adâncimea apei este 31 m (KP 156.075 până la KP 152.70, a se vedea Figura 1-1).

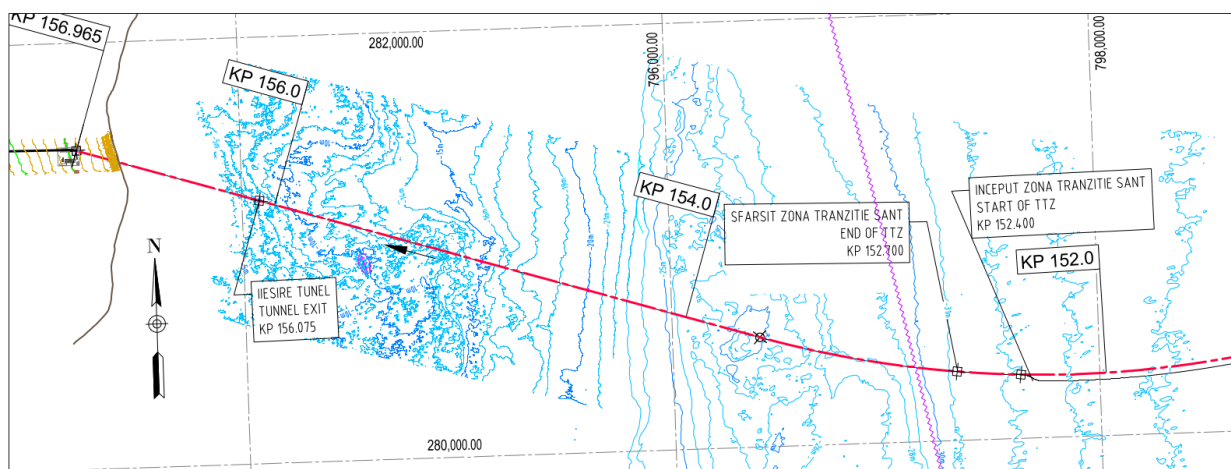


Figura 1-1. Aliniamentul șanțului dragat (KP 156.075 la KP 152.700)

GPP va traversa sudul litoralului românesc folosind o metodă de microtunelare pentru a se menține zona marină protejată ROSCI 0273 Capul Tuzla, plaja și faleza neafectate. O stație de măsurare a gazelor naturale (SRM) din apropierea trecerii de pe mal va servi drept locație de transfer de custodie între Proiect și Transgaz, operatorul SNT din România.

Jacobs a fost însărcinat să efectueze modelarea penelor de sedimente pentru a evalua amplexarea lor și sedimentarea netă datorată dragării șanțului și apoi a acoperirii lui.

1.1 Operațiuni de dragare și acoperire

Înțelegerea noastră este că dragarea și acoperirea șanțului vor fi efectuate după cum urmează:

- Șanțul care urmează să fie dragat va avea o lungime de 3.375 m (de la KP 156,075 la KP 152,700, a se vedea Figura 1-1. Aliniamentul șanțului dragat (KP 156.075 la KP 152.700)

- Șanțul va fi dragat, iar conducta de producție îngropată în șanț cu un excavator cu cupă tip dragă (conform documentului ROND-EW-YDPAL-24-0018_6-E_C).
- Primii 1.600 m ai conductei vor fi acoperiți cu pietriș provenit de pe uscat (cel mai probabil va fi piatră spartă calcaroasă), iar restul de 1.775 m va fi acoperit cu nisip - material dragat la fața locului. Lungimea rămasă a conductei nu va fi îngropată.

1.2 Scopul documentului

Scopul acestui raport este de a documenta evaluarea penelor de sedimente datorate dragării șanțului și apoi a deversării nisipului pentru a acoperi cei 1775 m ai șanțului dragat.

1.3 Convenții

Cu excepția cazului în care se prevede altfel în mod explicit, următoarele convenții sunt utilizate în prezentul raport:

- Direcția vântului este furnizată ca direcția din care suflă vântul. De exemplu, o direcție a vântului de 0 ° N se referă la vântul **care suflă dinspre nord**. Aceasta respectă convenția nautică standard.
- Direcția valului este furnizată ca direcția din care vine valul. De exemplu, o direcție a valurilor de 0 ° N se referă la valurile **care vin dinspre nord**.
- Direcția curentă este furnizată ca direcția spre care se îndreaptă curgerea. De exemplu, o direcție curentă de 0 ° N se referă la curgerea **care merge spre nord**.

1.4 Datum

Cu excepția cazului în care se prevede altfel în mod explicit, în prezentul raport se utilizează următoarele date de referință:

- Coordonatele orizontale se referă la sistemul de coordonate Stereo_70 sau la caroiajul geografic latitudine-longitudine.
- Cotele sunt relative la Datumul Mării Negre. Acesta este același cu nivelul mediu al mării de-a lungul coastei României.

1.5 Definiții

Densitatea în vrac este definită ca masa sedimentelor și a apei pe unitatea de volum de probă.

Densitatea uscată este definită ca masa sedimentelor pe unitatea de volum de probă.

Tensiunea critică de forfecare pentru depunere este definită ca tensiunea de forfecare limită sub care sedimentele din coloana de apă vor începe să se depună pe fundul mării.

Tensiunea critică de forfecare pentru eroziune este definită ca tensiunea de forfecare limită peste care sedimentele de pe fundul mării vor fi resuspendate în coloana de apă.

Concentrația sedimentelor în suspensie (SSC) este definită ca masa sedimentelor pe unitatea de volum de probă. Astfel, concentrația sedimentului în suspensie de 1 mg/l este o probă cu 1 mg de sediment în suspensie la 1 litru de probă.

Concentrația totală a sedimentelor în suspensie (TSSC) este definită ca suma SSC pentru toate fracțiunile de sedimente din modelul numeric. Este masa totală a sedimentelor pe unitatea de volum de probă.

2. Metodologia și datele utilizate

2.1 Metodologie

O diagramă schematică a metodologiei utilizate pentru evaluarea penelor de sedimente și a sedimentării nete datorate lucrărilor (lucrărilor) de dragare și acoperire este prezentată în Figura 2-1.

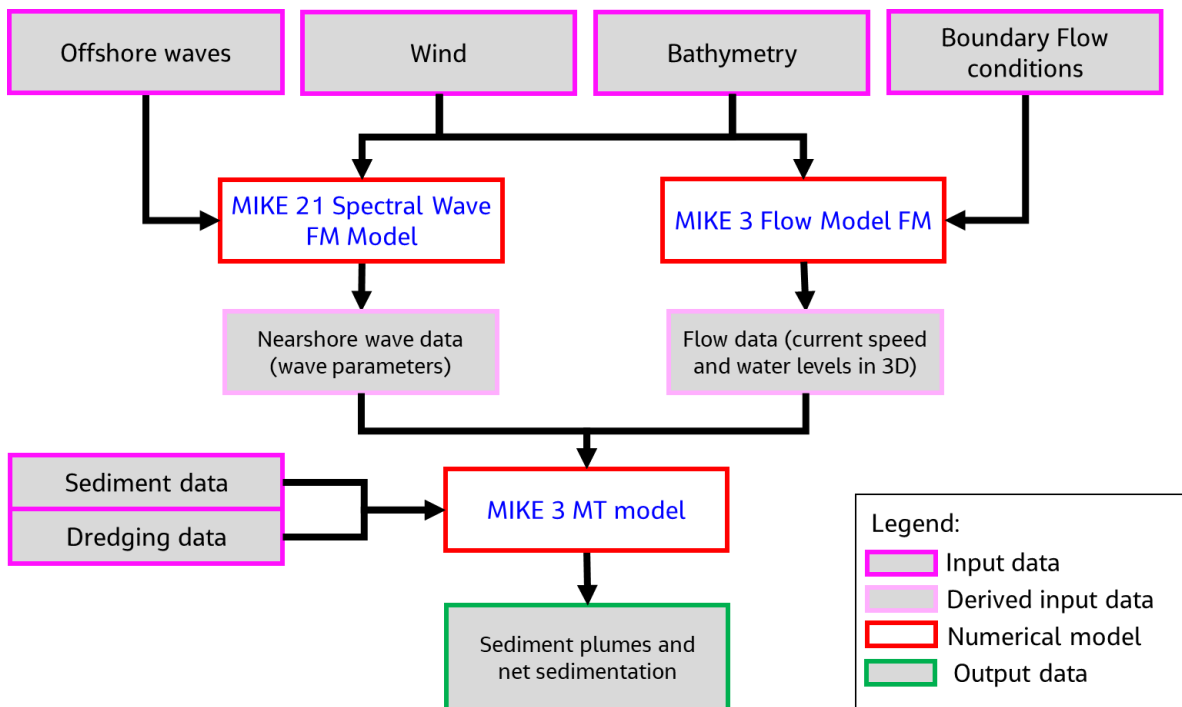


Figura 2-1. Diagrama schematică a metodologiei globale de calcul al penelor de sedimente datorate dragării și acoperirii șanțului

Modelul MIKE 3 MT este utilizat în acest studiu pentru a simula penele datorate scurgerilor de sedimente în timpul lucrărilor de dragare și acoperire a șanțului. Pentru operațiunile de dragare (și acoperire), un fișier cu serii cronologice care conține poziția dragei, rata de dragare și procentul de deversare este utilizat ca intrare în model. Acest fișier este utilizat pentru a elibera sedimentul vărsat în coloana de apă. Pentru acest studiu, se presupune că sedimentul este vărsat uniform în întreaga coloană de apă. Acest lucru este considerat rezonabil pentru draga excavator care va fi utilizată pentru operațiuni. Modelul MIKE 3 MT este un model tridimensional de transport al nămolului care modelează transportul, depunerea și re-suspensia sedimentelor fine (și a amestecurilor de sedimente) sub acțiunea valurilor și curenților. O scurtă descriere este prezentată în secțiunea 2.1.3. Modelul necesită următoarele date de intrare: 1) condițiile de valuri și curenți peste zonă; 2) date privind caracteristicile sedimentelor și 3) date de dragare.

Condițiile de valuri din zona modelului sunt derivate folosind modelul MIKE 21 SW FM. MIKE 21 SW FM este un modul spectral de valuri eoliene de a treia generație care utilizează grile nestructurate și simulează creșterea, descompunerea, și transformarea valurilor generate de vânt și umflarea lor în zonele offshore și de coastă. Modelul necesită ca intrare batimetria zonei, condițiile valurilor offshore și vântul care suflă peste zonă. O scurtă descriere a modelului MIKE 21 SW FM este prezentată în secțiunea 2.1.1. Datele privind valurile măsurate nu au fost disponibile pentru acest studiu, prin urmare calibrarea și validarea modelului nu au fost posibile. Rulările modelului au fost efectuate folosind parametri tipici ai modelului derivați pe baza experienței de la Jacobs.

Condițiile de curgere (vitezele curenți și nivelurile apei) pe suprafața modelului sunt derivate folosind modulul hidrodinamic din MIKE 3 Flow Model FM. MIKE 3 Flow Model FM este compus din mai multe module, inclusiv un modul hidrodinamic. Modulul hidrodinamic este utilizat pentru a calcula câmpurile de curgere pentru alte module, cum ar fi modulul de transport al nămolului. Modelul necesită ca intrare batimetria asupra zonei, condițiile de curgere limită și vântul care suflă peste zonă. O scurtă descriere a modelului MIKE 3 Flow Model FM este prezentată

în secțiunea 2.1.2. Datele privind debitul măsurat nu au fost disponibile pentru acest studiu, prin urmare calibrarea și validarea modelului nu au fost posibile. Rulările modelului au fost efectuate folosind parametri tipici ai modelului derivați pe baza experienței de la Jacobs.

O prezentare generală a datelor utilizate în acest studiu se regăsește în secțiunea 2.2.

Condițiile de curgere în Marea Neagră sunt guvernate de condițiile vântului și de circulația pe scară largă, iar influența mareei este neglijabilă. Deoarece condițiile de vânt pot fi mai variabile decât marea astronomice, se efectuează Sensitivitatea penei la condițiile realiste ale vântului și ale debitului. Analiza vântului, valurilor și condițiilor actuale disponibile a fost efectuată pentru a identifica patru perioade tipice de 72 de ore (patru evenimente) în care pot avea loc lucrări de dragare. Potrivit informațiilor furnizate lui Jacobs, draga excavator poate funcționa numai atunci când înălțimea semnificativă a valurilor este mai mică de 1,2 m. Această constrângere este, de asemenea, utilizată pentru a selecta cele patru evenimente. Sensitivitatea penelor de sedimente în timpul lucrărilor de dragare/descărcare în diferite poziții ale aliniamentului șanțului a fost investigată utilizând aceste patru evenimente. În cele din urmă, sunt selectate două scenarii tipice pentru lucrările complete de dragare sau pentru lucrările de acoperire completă. Cele patru evenimente de 72 de ore și două scenarii de 28 de zile sunt descrise în secțiunea 2.3.

2.1.1 MIKE 21 SW FM

Modelul de valuri este dezvoltat folosind modulul MIKE 21 SW Flexible Mesh (FM) din software-ul MIKE by DHI (Rel 2021, Update 1). MIKE 21 SW FM este un modul spectral de valuri eoliane de a treia generație care utilizează grile nestructurate și simulează creșterea, descompunerea, și transformarea valurilor generate de vânt și umflarea lor în zonele offshore și de coastă. Modelul i-a în considerare următoarele fenomene fizice pe suprafețe mari de apă deschisă (DHI, 2021a):

- Creșterea valurilor prin acțiunea vânturilor.
- Interacțiunea neliniară val-val.
- Disiparea valurilor datorită deferlării, frecării fundului și ruperii valurilor induse de adâncime.
- Refracția valurilor și scufundarea datorate variațiilor de adâncime.
- Difracția valurilor.
- Interacțiunea val - curent și
- Efectul adâncimilor variabile în timp ale apei, inclusiv inundarea și uscarea suprafețelor joase ale terenului.

MIKE 21 SW poate fi rulat folosind două formulări și anume: 1) formulare complet spectrală și 2) formulare parametrică decuplată direcțional. Formularea complet spectrală se bazează pe ecuația de conservare a acțiunii undelor (așa cum este descrisă, de exemplu, în Komen et al., 1984), unde spectrul de acțiune a undelor de frecvență direcțională este variabila dependentă. Formularea parametrică decuplată direcțională se bazează pe o parametrizare a ecuației de conservare a acțiunii undelor. Parametrizarea se face în domeniul frecvenței prin introducerea momentului zero și a primului moment al spectrului de acțiune a undelor ca variabile dependente conform Holthuijsen (1989). Formularea complet spectrală a modelului MIKE 21 SW FM a fost utilizată pentru acest studiu.

2.1.2 MIKE 3 Flow Model FM

MIKE 3 Flow Model FM este compus din mai multe module, inclusiv un modul hidrodinamic. Modulul hidrodinamic este componenta computațională de bază a întregului sistem de modelare MIKE 3 Flow Model FM care asigură baza hidrodinamică (câmpurile de debit) pentru modulul de transport, modulul ECO Lab/Oil Spill, modulul de transport al nămolului, modulul de transport al nisipului și modulul de urmărire a particulelor (DHI, 2021b).

Modelul este adecvat pentru utilizarea în domenii de aplicare în care fenomenele de flux și transport sunt importante, cu accent pe aplicațiile oceanografice, costiere și marine, unde flexibilitatea moștenită în grile nestructurate poate fi utilizată.

Sistemul se bazează pe soluția numerică a ecuațiilor Navier-Stokes în medii tridimensionale incompresibile Reynolds, invocând ipotezele Boussinesq și presiunea hidrostatică. Astfel, modelul constă în ecuații de continuitate, impuls, temperatură, salinitate și densitate și este închis printr-o schemă de închidere turbulentă. În domeniul orizontal pot fi utilizate atât coordonate carteziene cât și sferice. Suprafața liberă este luată în considerare folosind o abordare de transformare sigma a coordonatelor.

Discretizarea spațială a ecuațiilor primitive se realizează folosind o metodă a volumului finit centrat pe celulă (rețele flexibile). Un solver Riemann aproximativ este utilizat pentru calcularea fluxurilor convective, ceea ce face posibilă manipularea soluțiilor discontinue. Pentru integrarea în timp se utilizează o abordare semiimplicită în care termenii orizontali sunt tratați explicit, iar termenii verticali sunt tratați implicit. Modelul MIKE 3 HDFM include următoarele fenomene fizice:

- Debit datorat mareelor
- Debit datorat tensiunii date de vânt pe suprafața apei
- Fluxul datorat forțelor induse de ruperea valurilor: folosind tensiunile de radieră
- Forțele Coriolis
- Rezistența fundului mării
- Vâscozitate turbionară
- Advecția și dispersia căldurii, a sării și a altor constituenți
- Efectul temperaturii și salinității apei asupra densității și turbulențelor
- Schimbul de căldură cu atmosfera: schimbul este calculat pentru procesele de radiație cu lungime de undă mare, flux de căldură sensibil (convecție), radiație cu lungime de undă scurtă și flux de căldură latent (evaporare).

2.1.3 MIKE 21 MT

Modulul Mud Transport din MIKE 3 Flow Model FM (versiunea 2021, actualizarea 1) este utilizat pentru acest studiu. Modulul de transport al nămolului al modelului de curgere MIKE 3 FM descrie eroziunea, transportul și depunerea amestecurilor de nămol sau nisip/ nămol sub acțiunea curenților și valurilor (DHI, 2021c). Următoarele procese pot fi incluse în simulare:

- Forțele generate de valuri
- Flocularea datorată salinității și/sau concentrației ridicate
- Descrierea detaliată a procesului de decantare, inclusiv decantarea împiedicată
- Descrierea multistrat a fundului mării, inclusiv consolidarea
- Actualizarea morfologică a fundului mării

2.2 Date utilizate

2.2.1 Batimetrie

Datele batimetrice utilizate în modelare au fost furnizate de către Client. Măsurătorile a fost realizate de-a lungul conductei propuse în 2017. Datele au fost furnizate ca o serie de curbe de nivel batimetrice care au fost convertite într-o serie de date punctuale cu o rezoluție de 20 m între puncte. Datele măsurate au fost furnizate relativ la nivelul Mării Negre.

În afara zonei datelor măsurate sunt utilizate datele C-MAP. Datele C-MAP sunt alcătuite din hărți digitale de la C-MAP incluse în instalarea MIKE de către software-ul DHI la Jacobs. Diagramele C-Map au fost furnizate la diferite scări, variind de la 1: 15000 la 1: 750000. Datele C-MAP au fost furnizate în raport cu nivelul mediu al mării (MSL).

Datele din Marea Neagră sunt aproximativ egale cu MSL și au fost efectuate verificări pe suprapunerea zonelor dintre C-MAP și măsurătorile beneficiarului pentru a valida acest lucru. Ca atare, atunci când sunt combinate, batimetria rezultată C-MAP și măsurătorile beneficiarului sunt relative la MSL. Amplerea datelor C-MAP și a măsurătorilor beneficiarului sunt prezentate în Figura 2-2.

Cele două seturi de date au fost combinate cu măsurătorile beneficiarului numai acolo unde a fost posibil, apoi datele C-MAP la diferite scări au fost utilizate unde au fost disponibile pentru a se genera setul de date batimetrice. Ordinea ierarhică și scara datelor utilizate sunt prezentate în Tabelul 2-1 și curbele de nivel rezultate la nivelul fundului

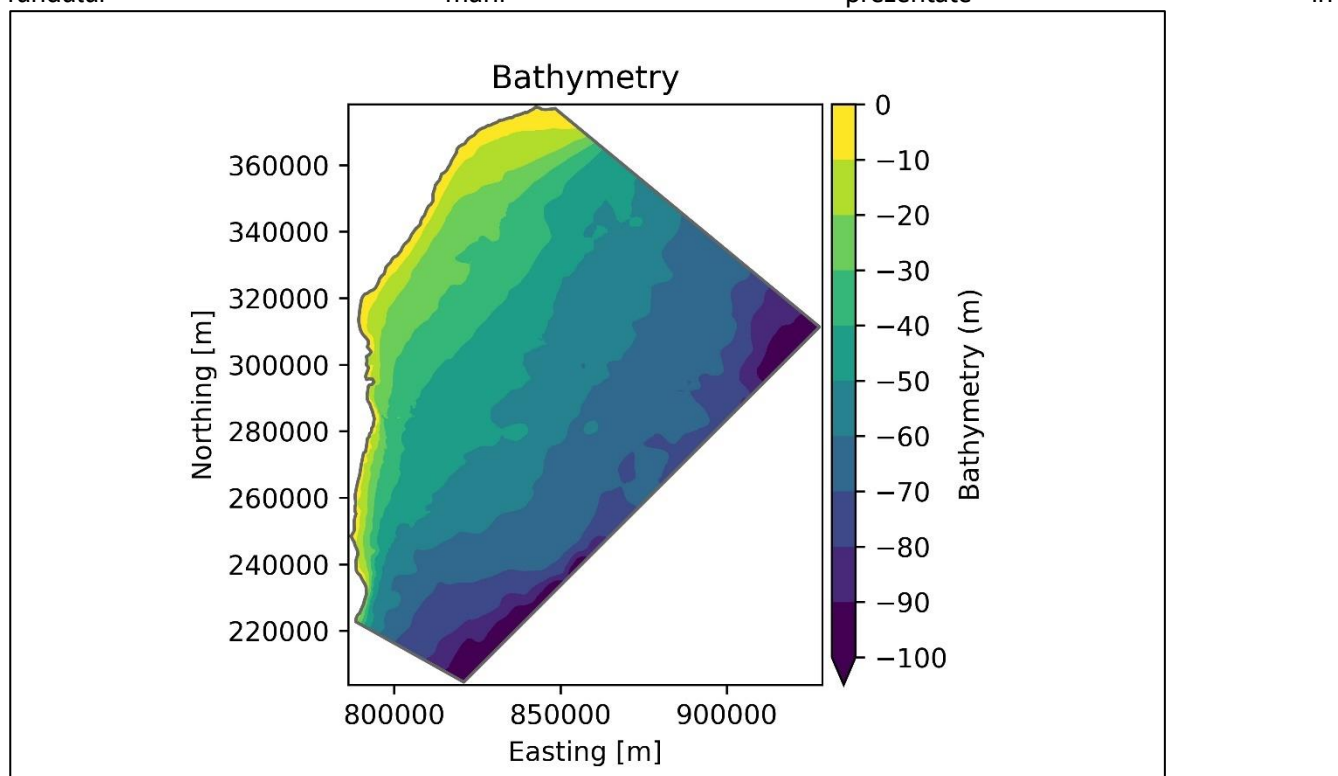


Figura 2-3.

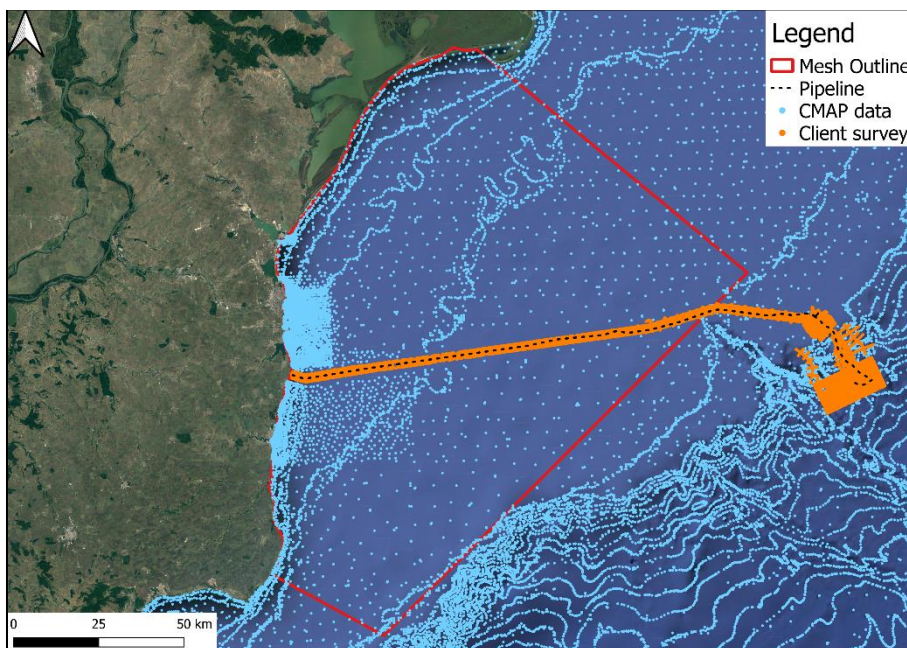


Figura 2-2. Acoperirea datelor de batimetrie din DHI MIKE C-MAP și măsurătorile beneficiarului

Tabelul 2-1. Ordinea ierarhică a datelor utilizate pentru a genera batimetria modelului

Poziției ierarhică	Set de date	Scara
1	Măsurătorile beneficiarului	Necunoscută
2	C-MAP Grade B	1:750000
3	C-MAP Grade C	1:500000
4	C-MAP Grade D	1:200000
5	C-MAP Grade E	1:40000 + 1:50000
6	C-MAP Grade F	1:15000

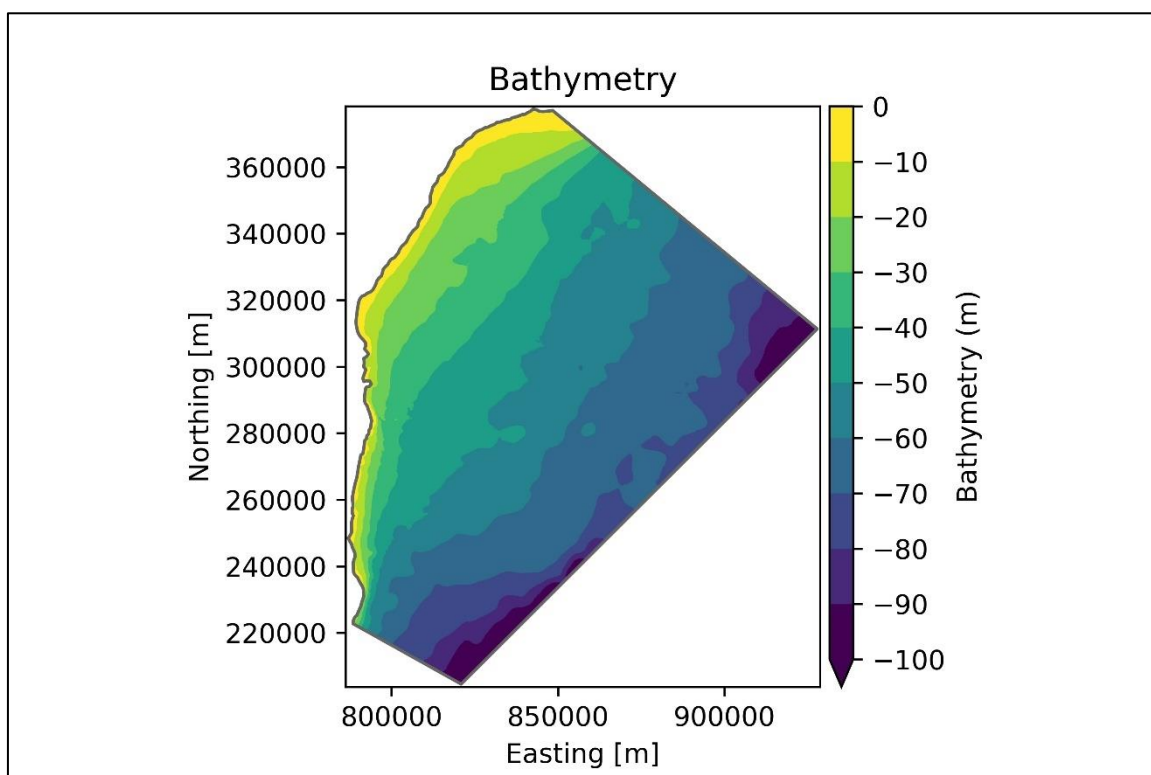


Figura 2-3. Curbe de nivel la nivelul fundului mării în interiorul zonei modelului

2.2.2 Vânt

Datele privind vântul au fost obținute de la Centrul European pentru Prognoze Meteorologice pe Termen Mediu (ECMWF). Reanalysis v5 ECMWF (ERA5) a fost selectat ca fiind cel mai adecvat set de date. Setul de date ERA5 oferă estimări orare ale unui număr mare de variabile climatice atmosferice, terestre și oceanice. Datele acoperă Pământul pe un grid cu pasul de 30 km.

Datele privind vântul au fost descărcate pentru perioada ianuarie 1979 - decembrie 2020 la intervale orare medii la 10 m altitudine. Două puncte de date ERA5 au fost descărcate pentru analiză. Un punct situat la 43,9°N 28,6°E, cel mai apropiat de șanț, a fost folosit ca ghid pentru selectarea evenimentelor (vezi secțiunea 2.3) iar un punct situat la 44,4°N 29,2°E a fost utilizat pentru rularea modelului, deoarece acest punct era deasupra apei. S-a efectuat o comparație între cele două puncte de date ERA5 descărcate, iar punctul de vânt cel mai apropiat de șanț a avut viteze ale vântului cu aproximativ 30% mai mici decât punctul de deasupra apei. Diferența de direcție a vântului între cele două puncte a fost minimă. Figura 2-6 afișează locația punctelor de vânt în raport cu domeniul modelului.

Rozele vânturilor, anuale și lunare, pentru punctul de vânt situat deasupra apei sunt prezentate în

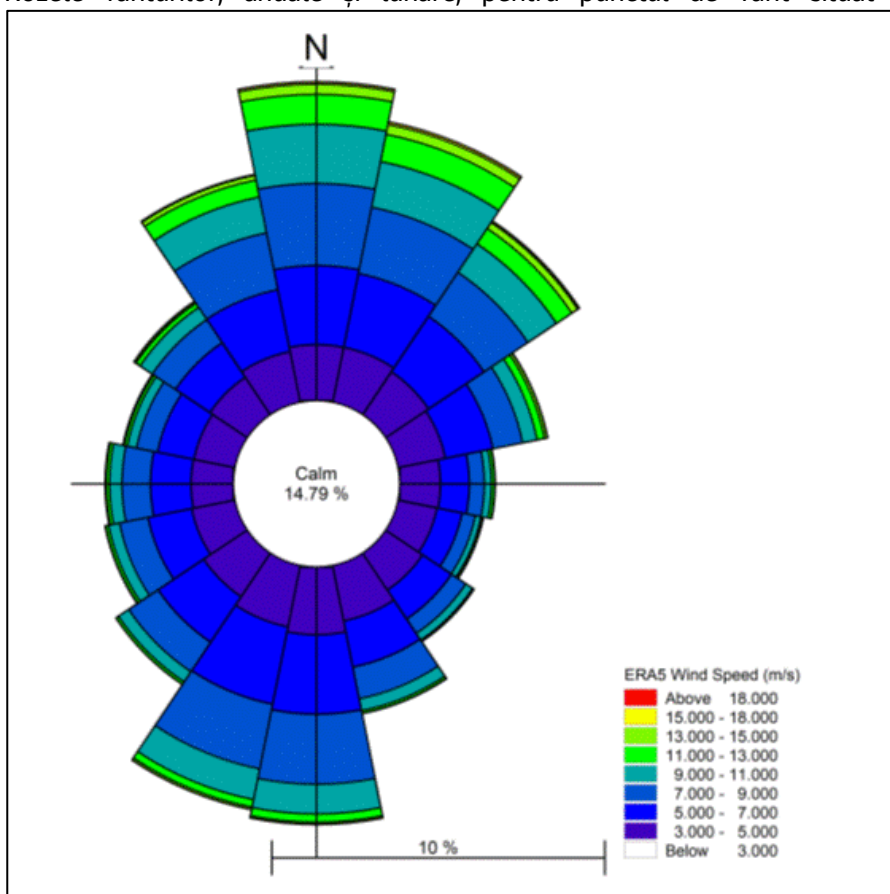


Figura 2-4 respectiv Figura 2-5. Vânturile variază pe tot parcursul anului. Vânturile din iulie până în februarie, inclusiv lunile de iarnă, sunt predominant din nord. În lunile aprilie și mai, vânturile sunt predominant din sud, lunile martie și iunie fiind o tranziție între vânturile nordice și sudice. Cele mai mari viteze ale vântului (>12m/s) sunt în principal din nord în timpul lunilor de iarnă. Viteza medie anuală a vântului este de 5,9 m/s, iar viteza anuală a vântului care depășește 0,1% din an (aprox. 9 ore într-un an) este de 16,4 m/s. Viteza vântului care depășește 10% anual este de aproximativ 7 m/s (la punctul de pe coastă) și 10 m/s (la punctul de deasupra apei).

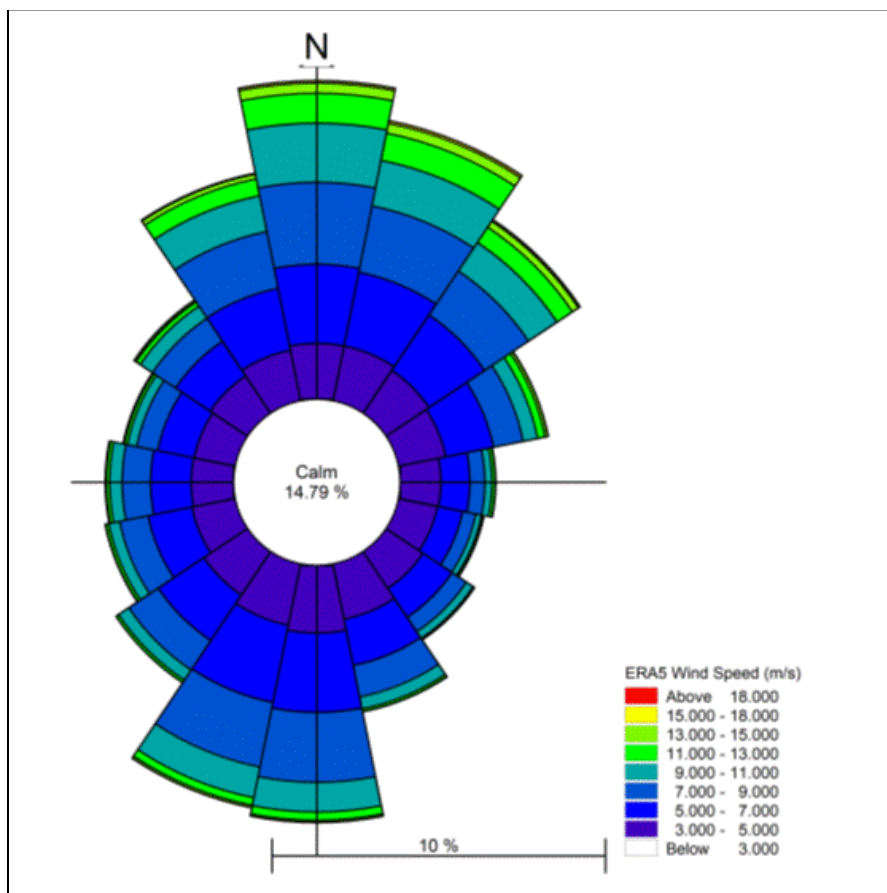


Figura 2-4. Roza anuală a vânturilor pentru punctul ERA5 44.4N 29.2E din 1979 până în 2020

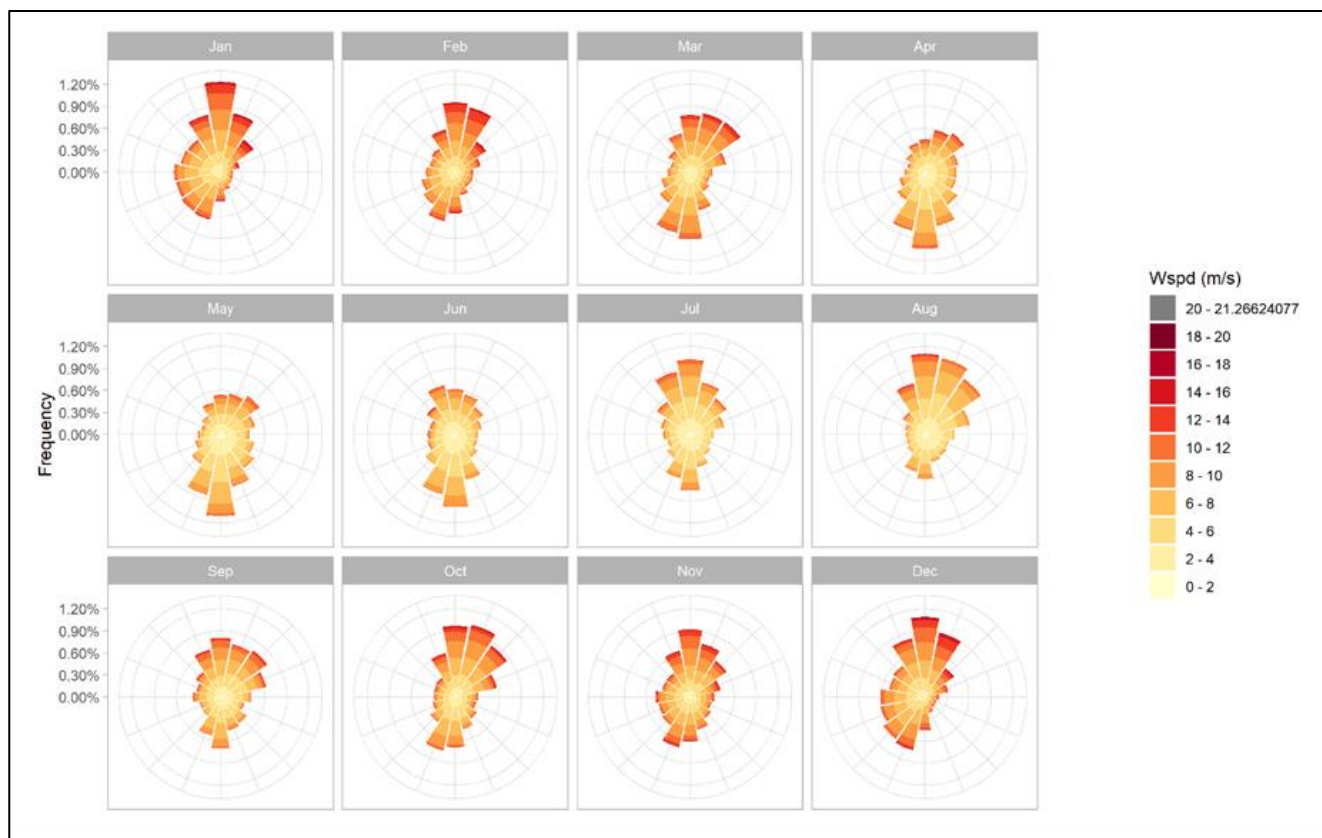


Figura 2-5. Rozele lunare ale vânturilor la punctul ERA5 44.4N 29.2E din 1979 până în 2020



Figura 2-6. Localizarea punctelor de vânt ERA5 utilizate în modelare

2.2.3 Valuri

Datele privind valurile au fost descărcate din modelul Copernicus de reanalizare a valurilor Mării Negre. Aceste date acoperă perioada ianuarie 1979 - decembrie 2020. Datele au fost descărcate în șapte (7) locații din jurul domeniului modelului, a se vedea Figura 2-7. Locațiile 1-6 formează condițiile limită ale modelului, iar locația 7 este situată la șanț și este utilizată pentru a selecta perioade adecvate de dragare și descărcare (a se vedea secțiunea 0). Locațiile 1-5 au fost folosite pentru a genera limita variabilă spațial în modelul de valuri. Limita sudică folosea condițiile valurilor din locația 1, limita estică varia spațial folosind condițiile din locațiile 1-5. Limita nordică a folosit condițiile de val din locația 6.

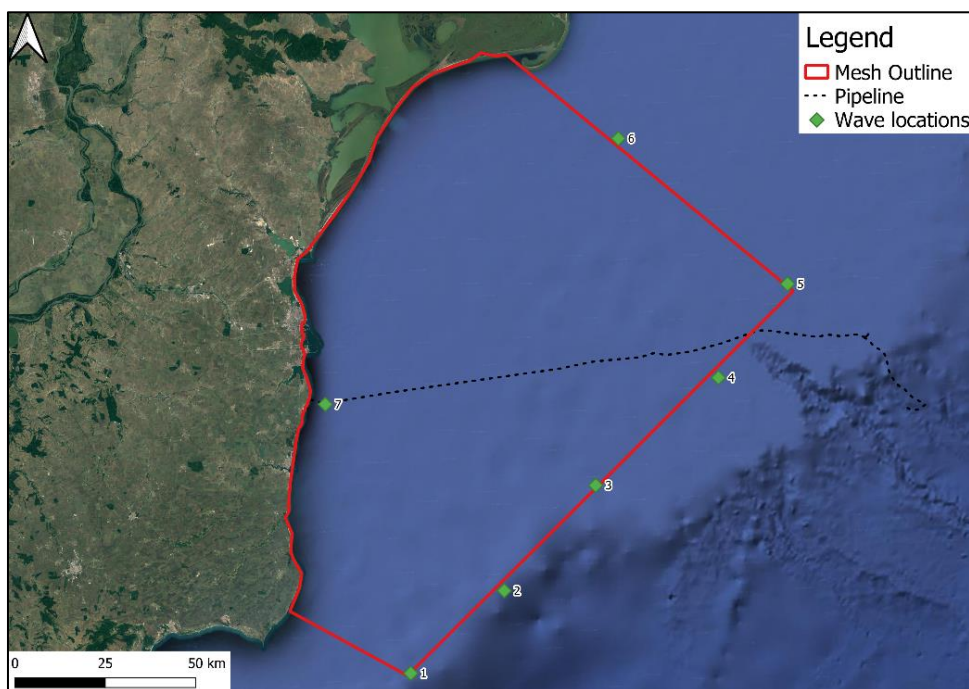


Figura 2-7. Locațiile valurilor utilizate în modelare

Tabelul 2-2. Coordonatele locațiilor valurilor

Locație	Est (m)	Nord (m)
1	821646	204489
2	847258	228056
3	872367	257278
4	906866	287197
5	926099	312956
6	878810	353455
7 (Șant)	797001	281245

Roza anuală a valurilor pentru locația 7, valurile la șant, este prezentată în Figura 2-9. Aceasta arată că înălțimile valurilor > 1,5 m sunt predominant din NE, iar valurile din SV-NV sunt în general scăzute. Figura 2-9 reprezintă rozele lunare ale valurilor și indică faptul că distribuția direcțională a valurilor nu variază de la o lună la alta. Cu toate acestea, înălțimile valurilor din NE sunt mai mari în perioada octombrie-martie, în timp ce cele mai scăzute înălțimi ale valurilor sunt observate în iunie-august. Hm0 mediu anual este de 0,7 m, iar Hm0 depășit de 4,4 m pentru 0,1% din an (aproximativ 9 ore într-un an).

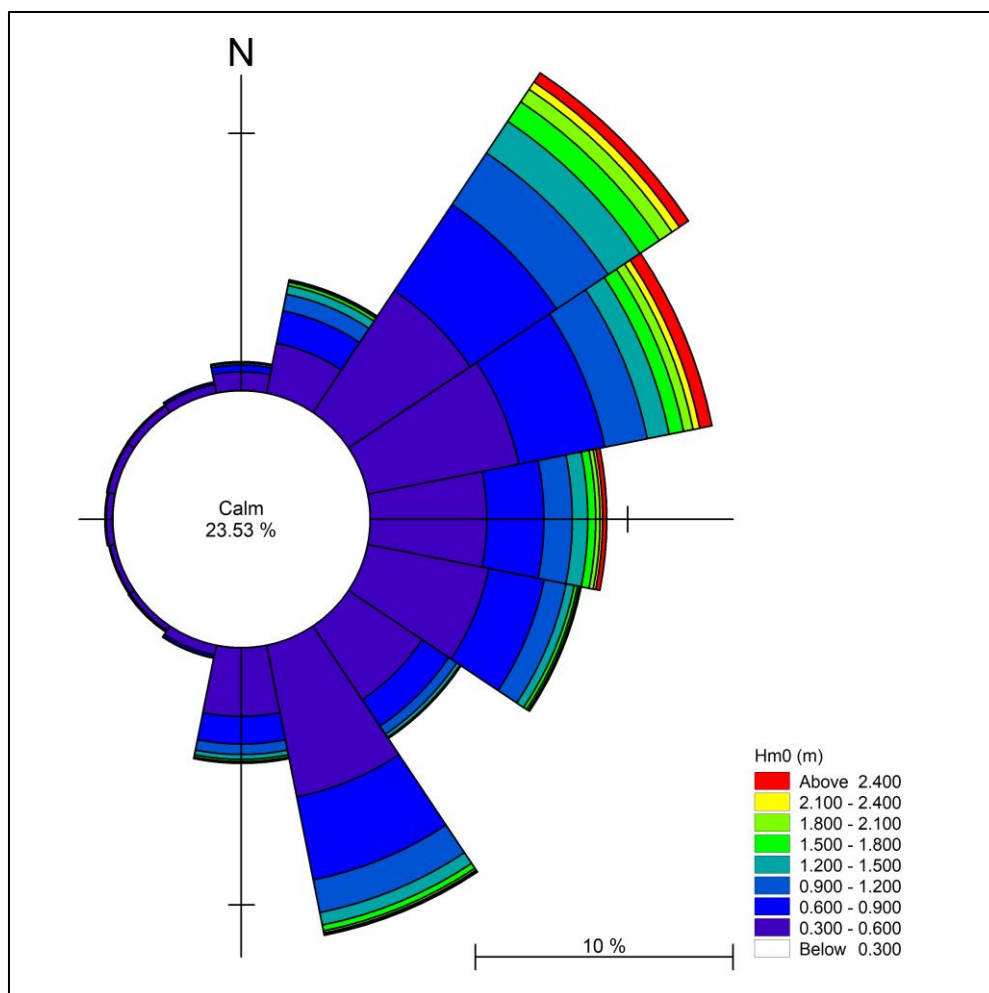


Figura 2-8. Roza valurilor la șant (locația 7) Jan/1979-Dec/2020

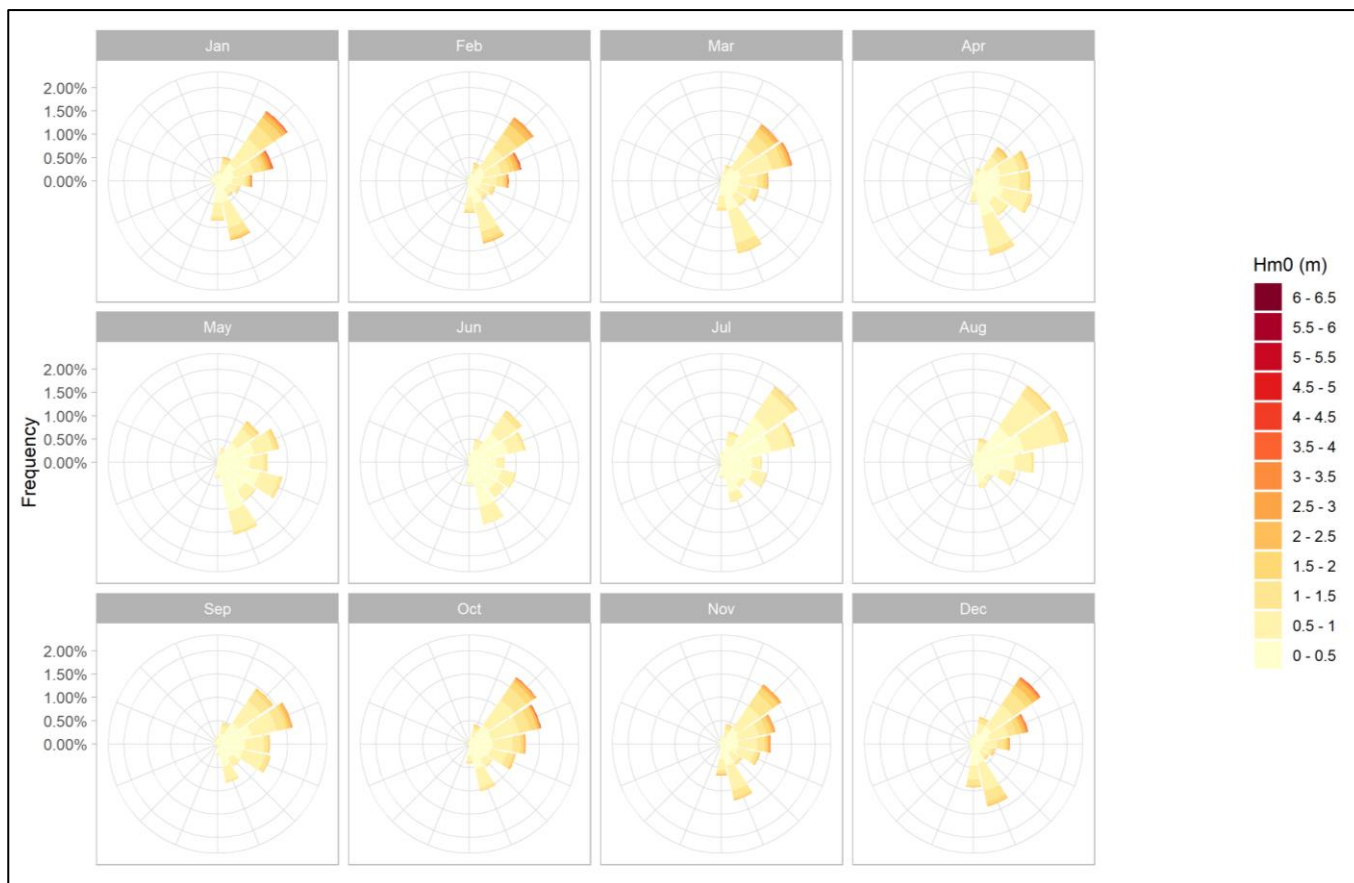


Figura 2-9. Roza lunară a valurilor la șanț (locația 7 din figura de mai sus) Ian/1979-Dec/2020

2.2.4 Nivelul apei

Marea Neagră are un schimb limitat de apă cu Marea Mediterană prin strâmtorile turcești. Ca atare, variabilitatea nivelului mării în Marea Neagră este limitată. Nivelurile modelate ale apei utilizate în modelul valurilor au fost setate la MSL în Marea Neagră, aceasta fiind de 0,0 m. Testarea sensibilității pentru nivelurile apei în modelul de undă este discutată în secțiunea 3.3.

2.2.5 Condiții de curgere

Condițiile de curgere au fost descărcate folosind site-ul web DHI Generator de condiții limită. Datele descărcate sunt obținute din datele HYCOM și DTU Tide. Limita debitului și condițiile inițiale (înălțimea suprafeței mării și componentele vitezei) au fost extrase pentru cele trei limite model (sud, est și nord). Aceste date au fost utilizate la limita modelului de flux.

Informații privind datele actuale din apropierea fundului mării sunt furnizate în raportul privind criteriile Metocean (ExxonMobil, 2014) la punctul PC8 (28.803 grade N, 43.968 grade E). Locația PC8 se află la aproximativ 40 m adâncime, deci ușor în largul șanțului propus. Datele actuale au fost extrase din datele de ieșire ale modelului HYCOM (Hybrid Co-ordinate Ocean Model) pentru perioada 2004-2013 (10 ani). Datele arată că direcția curentului din apropierea fundului mării este spre nord aproximativ 40% din timp, spre sud aproximativ 30% din timp și în direcțiile dintre nord și sud aproximativ 30% din timp. Viteza curentă > 0,2 m/s este depășită pentru aproximativ 2% din timp la fluxul spre nord și aproximativ 6% din timp pentru fluxul spre sud. Viteza maximă a curentului este asociată cu fluxul spre sud.

2.2.6 Parametrii sedimentelor

Parametrii sedimentelor utilizate în dragare au fost calculați pe baza datelor studiilor efectuate de beneficiar (Fugro Geoservices Limited, 2017). Au fost analizate patru (4) foraje geotehnice și s-a calculat media parametrilor sedimentelor pentru a obține distribuția dimensiunii sedimentelor utilizată în modelare. Datele forajelor geotehnice sunt enumerate în Tabelul 2-3 iar distribuția graniometrică utilizată pentru caracterizarea sedimentelor dragate este: 18% sedimente fine (argilă și nămol), 13% nisip și 69% pietriș.

Tabelul 2-3. Caracteristicile sedimentelor din analiza forajului

Foraj Nr	Est (m)	Nord (m)	Nivelul fundului mării (mMSL)	Adâncime (m)	Argilă (%)	Aluviuni (%)	Nisip (%)	Pietriș (%)	Bolovani (%)
R09-1	393407	869419	-13.1	1.0	9	24	8	59	0
R09-2	393263	869455	-11.7	0.5	0	9	16	75	0
R09-3	393036	869514	-10.8	0.5	4	13	12	71	0
R09-4	392457	869667	-2.6	0.5	0	14	15	71	0
Medie					3	15	13	69	0

Datele disponibile privind sedimentele au fost revizuite și indică faptul că sedimentele dragate pot fi reprezentate de cele trei (3) fracții prezentate în Tabelul 2-4. Nisipul utilizat pentru operațiunea de acoperire este de așteptat să provină din fracțiunea de nisip din sedimentele dragate. Analiza datelor disponibile arată că aceasta poate fi reprezentată de două fracții de nisip (și anume – o fracție fină și una grosieră), așa cum se arată în Tabelul 2-4.

Tabelul 2-4. Valorile presupuse ale parametrilor sedimentelor pentru acest studiu

	Fracție 1	Fracție 2	Fracție 3
Sediment dragat D_{50} (mm)	0.02 (sedimente fine)	0.4 (nisip)	25 (pietriș)
Sediment acoperire D_{50} (mm)	0.1 (fracție nisip 1)	0.7 (fracție nisip 2)	-

Datele suplimentare privind sedimentele pentru fiecare scenariu de dragare și descărcare sunt menționate în secțiunea 2.2.7.

2.2.7 Date privind dragarea și acoperirea

Atât dragarea, cât și acoperirea vor fi finalizate ca parte a lucrărilor. Jacobs înțelege că următorii pași vor fi finalizați:

- Un șanț lung de 3.375 m va fi dragat din apropierea țărmului spre larg, vezi Figura 1-1. Conducta va fi așezată în șanț. Lungimea rămasă a conductei nu va fi îngropată într-un șanț.
- Primii 1.600 m ai conductei vor fi acoperiți cu pietriș provenit de pe uscat (cel mai probabil va fi piatră spartă calcaroasă), iar restul de 1775 m va fi acoperit cu nisip - material dragat de la fața locului.
- Șanțul va fi dragat cu un excavator cu dragă. În mod similar, acoperirea șanțului cu nisip va fi efectuată cu un excavator cu dragă.

Un excavator cu dragă are o rată de producție între 100–500 m³/oră, Jacobs a utilizat o rată de producție de 300 m³/oră pentru acest studiu. Conform informațiilor de la beneficiar, rata de deversare atât în timpul dragării, cât și al acoperirii va fi de 8%. Parametrii sedimentelor sunt notați în secțiunea 2.2.6. Jacobs consideră că operațiunile

de acoperire cu pietriș e puțin probabil să conducă la o pană semnificativă de sedimente, deoarece viteza de cădere pentru pietriș este relativ ridicată. Astfel, este puțin probabil ca pietrișul să fie transportat la o distanță semnificativă de locul de depozitare (în condiții tipice de funcționare). Datele finale privind dragarea și deversarea sunt rezumate în Tabelul 2-5.

Tabelul 2-5. Datele de dragare și acoperire a șanțului utilizate în modelare

	Operațiuni de dragare Groapă de recepție	Operațiuni de dragare șanț lung de 3.375 m	Operațiuni de acoperire cu nisip șanț lung de 1.775m
Volumul de sol care urmează să fie dragat	950 m ³	84.375 m ³	44.375 m ³
Tipul utilajului de dragare	Excavator cu dragă		
Rate de producție	Asumat 300 m ³ /oră; lărgime: 20 - 40 m		
Rata de deversare a sedimentelor	Informație beneficiar: Rata de deversare = 8 %		
Date sedimente: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sediment deversat PSD ▪ Viteza de cădere ▪ ρ_{uscat}, ρ_{vrac} ▪ τ_{cd}, τ_{ce} 	<p>Ipoteze (pe baza informațiilor furnizate lui Jacobs):</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ psd (distribuția mărimii particulelor) pentru dragare = psd sol netulburat ▪ psd pentru nisip deversat = psd fracție nisip în sol netulburat <p>Ipoteze (pe baza experienței Jacobs din proiecte și literatură similare):</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sediment la fundul mării densitate uscată, $\rho_{\text{uscat}} = 600 \text{ kg/m}^3$ ▪ Sediment la fundul mării densitate vrac, $\rho_{\text{vrac}} = 1400 \text{ kg/m}^3$ (lut nisipos) ▪ Efortul unitar critic la depunere, $\tau_{\text{cd}} = 0.07 \text{ N/m}^2$ ▪ Efortul unitar critic la eroziune, $\tau_{\text{ce}} = 1.0 \text{ N/m}^2$ <p>Viteza de sedimentare folosind formula empirică Soulsby (1997).</p>		
Date despre operațiunile de dragare și deversare	Dragarea se execută dinspre țărm spre larg Ipoteză: 10 ore/ zi de dragare + 14 ore pauză		
Durata minimă estimată pentru dragare	28 zile (84.375 + 950) m ³ / 300 m ³ /oră = 284.4 ore 285/10 ore/zi = 28,5 zile necesare dacă draga poate lucra zilnic	n/a	
Durata minimă estimată pentru acoperirea șanțului:	n/a	14 zile 44.375 m ³ / 300 m ³ /oră = 148 ore 148/10 ore/zi = 14,8 zile necesare pentru operare 10 ore/zi	

2.3 Selectarea evenimentelor modelate

Un total de șase (6) evenimente au fost selectate pentru analiza penei de sedimente. Cele șase (6) evenimente sunt alcătuite din patru (4) runde cu o durată de patru (4) zile fiecare și două (2) runde mai lungi care se întind pe 60 de zile fiecare. Durata a fost selectată pentru a fi mai lungă decât durata necesară pentru modelul penei de sedimente, permițând astfel modelului să se stabilizeze.

Cele patru serii scurte de evenimente sunt utilizate pentru a examina Sensitivitatea penelor de sedimente (datorită dragării și deversării în locații de-a lungul șanțului) la condițiile tipice de mediu. Cele două curse lungi sunt utilizate pentru a examina penele de sedimente datorate operațiunilor complete de dragare și acoperire. Această abordare

a fost adoptată pentru a obține o bună înțelegere a amplitudinii penelor de sedimente în diferite condiții de mediu, deoarece condițiile reale în timpul lucrărilor planificate de dragare și descărcare nu sunt cunoscute.

Informațiile furnizate de Jacobs precizează că limita superioară admisibilă pentru operațiunile de dragare a excavatoarelor este o înălțime a valurilor de 1,2 m. Analiza înregistrărilor referitoare la valuri în zona șanțului arată că acest prag ($H_{m0} = 1,2$ m) este depășit aproximativ 10% anual (aproximativ 1 până la 10% în lunile de vară și 10 până la 20% în lunile de iarnă). Pentru o abordare precaută, o înălțime limită a valului de 1,0 m este utilizată pentru a selecta evenimentele tipice. Datele despre valuri arată că perioada undei asociate este de obicei între 3 și 6 secunde. În mod similar, viteza vântului a depășit aproximativ 10% din timp la punctul de coastă (aproape de șanțul de dragare) valoarea de 7 m/s. Curenții din model sunt de așteptat să se refere la condițiile de vânt și, ca atare, nu au fost luați în considerare la selectarea evenimentelor. Direcțiile vântului au fost selectate pentru a acoperi direcțiile tipice de la roza vânturilor la șanț.

În urma analizei suplimentare a vitezei vântului la șanț, s-a constatat că atunci când înălțimea valurilor este mai mică de 1,0 m, viteza vântului a depășit o valoare cuprinsă între 6-8 m/s, între 2-10% din timp, a se vedea Figura 2-10.

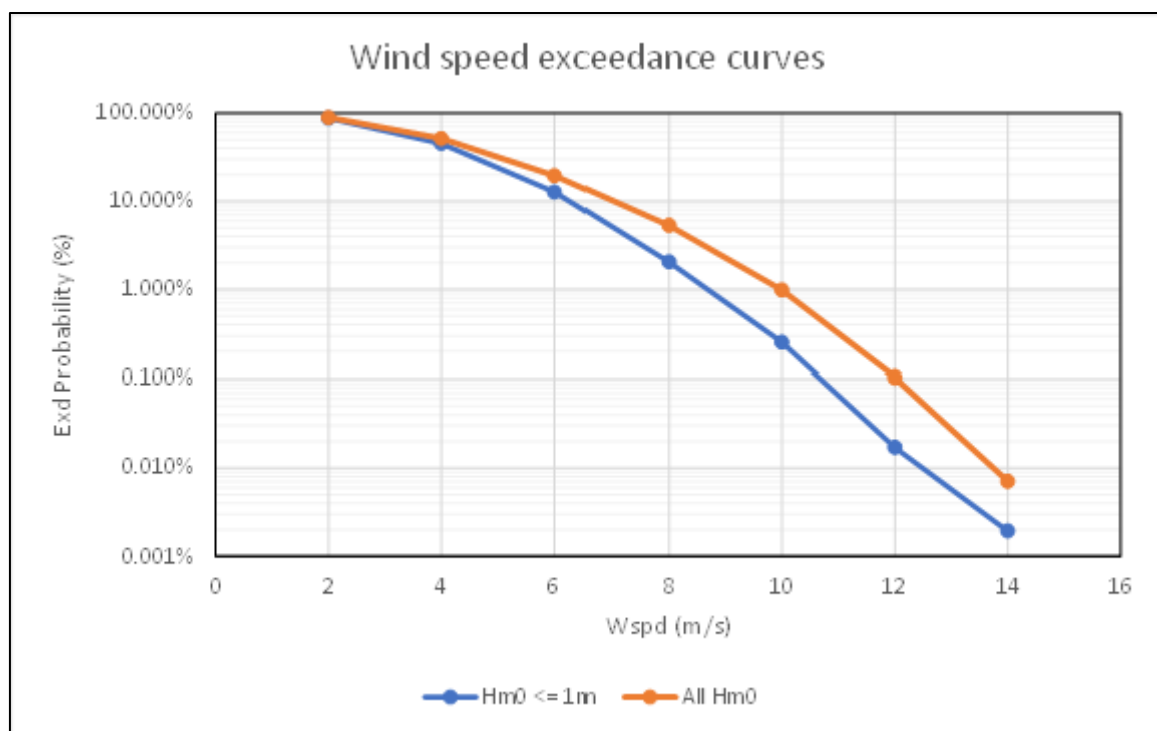


Figura 2-10. Depășirea vitezei vântului la șanț

Criteriile de selecție pentru cele patru evenimente tipice sunt rezumate după cum urmează:

- Înălțimea valurilor mai mică de 1 m – limita pentru excavatorul cu dragă este de 1,2 m
- Perioada valurilor între 3-6 sec – perioada undelor asociate cu valuri sub 1,0 m
- Viteza vântului între 6-8 m/s – a fost depășită 2-10% din timp

Pentru a selecta cele patru evenimente scurte, condițiile vântului și valurilor (Secțiunile 2.2.2 și 2.2.3) la șanț. Au fost selectate perioadele de timp în care condițiile de mai sus au fost îndeplinite pentru o perioadă de 10 ore sau mai mult și au fost selectate o serie de evenimente care acoperă diferite direcții ale vântului și valurilor.

Pentru cele două evenimente pentru operațiuni complete de dragare și deversare, singura constrângere utilizată este că înălțimea valurilor este mai mică decât pragul pentru operarea excavatorului cu dragă la șanț. Pentru fiecare eveniment a fost selectată o perioadă de 60 de zile. A se lua în considerare că perioada selectată de 60 de zile este

mai lungă decât perioada necesară pentru operațiunea de dragare completă (28 de zile) sau pentru operațiunea completă de acoperire (15 zile).

Cele șase evenimente sunt rezumate în Tabelul 2-6.

Tabelul 2-6. Evenimente selectate pentru utilizare în modelare. S indică cursele mai scurte de sensibilitate a mediului și C indică cursele continue de dragare/ deversare

Eveniment	Data start	Data finalizare	Direcția valurilor	Direcția vântului	Viteza medie ¹ a vântului (m/s)	Viteza maximă ² a vântului (m/s)	Durată dragare/ deversare	Observații
1S	30/05/2004 07:00	03/06/2004 07:00	NE + ENE	NV către NE	8	10	3 perioade x 10ore cu pauză 14ore	Curgere spre sud în zona șanțului.
2S	21/11/2006 20:00	25/11/2006 20:00	SE + SSE	SE către SV	8	10	3 perioade x 10ore cu pauză 14ore	Curgere spre nord în zona șanțului.
3S	22/03/2004 19:00	26/03/2004 19:00	SE + SSE	SE către SV	8	9	3 perioade x 10ore cu pauză 14ore	Curgere spre nord în zona șanțului.
4S	28/01/2010 16:00	28/01/2010 16:00	E + ESE	În principal SSV către SE	6	8	3 perioade x 10ore cu pauză 14ore	Curgere spre nord în zona șanțului.
1C	01/07/2008 00:00	30/08/2008 00:00	Variabil	Variabil	5	10	28 perioade dragare x 10ore 15 perioade deversare x ore Ambele scenarii au pauze 14 ore	Curgere atât spre nord cât și spre sud în zona șanțului.
2C	20/04/2005 00:00	19/06/2005 00:00	Variabil	Variabil	6	10	28 perioade dragare x 10ore 15 perioade deversare x ore Ambele scenarii au pauze 14 ore	Curgere atât spre nord cât și spre sud în zona șanțului.
<p>¹ Viteza medie a vântului este viteza medie a vântului în timpul perioadelor de dragare.</p> <p>² Viteza maximă a vântului este viteza maximă a vântului în timpul perioadelor de dragare.</p>								

3. Modelarea valurilor

Scopul modelării valurilor este de a stabili condițiile valurilor în întreaga zonă de interes drept condiții de intrare pentru modelarea penei de sedimente. Pentru a determina condițiile valurilor, a fost efectuat un studiu de modelare spectrală a valurilor, cuprinzând zonele blocului Neptun Deep, situate în partea românească a Mării Negre.

3.1 Model Software

Modelul de valuri este dezvoltat folosind modulul MIKE 21 SW Flexible Mesh (FM) din software-ul MIKE by DHI (versiunea 2021 update 1). MIKE 21 SW FM este un modul spectral de vânt-val de a treia generație care utilizează grile nestructurate și simulează creșterea, descompunerea, și transformarea valurilor generate de vânt și umflarea în zonele offshore și de coastă. O scurtă descriere a MIKE 21 SW FM este deja prezentată în secțiunea 2.1.1.

3.2 Configurarea modelului

Dezvoltarea unui model a valurilor include selectarea: 1) zonei adecvate a modelului; 2) rezoluția celei gridului pentru a rezolva caracteristicile cheie ale batimetriei și procesele valurilor și 3) parametrii adecvați ai modelului (pentru frecarea cu fundul mării, ruperea valurilor etc.). În plus, aceasta include colectarea de date adecvate pentru: 1) batimetrie, 2) date privind limitele valurilor offshore; 3) date despre vânt. Colectarea seturilor de date adecvate a fost descrisă în secțiunea 2.

Zona model acoperă coasta Mării Negre de la Laguna Sacalin în nord până la Kamen Bryag în sud, peste granița română în Bulgaria. Modelul se extinde pe o distanță maximă de 100 km în larg. Extinderea domeniului modelului este prezentată în Figura 3-1.

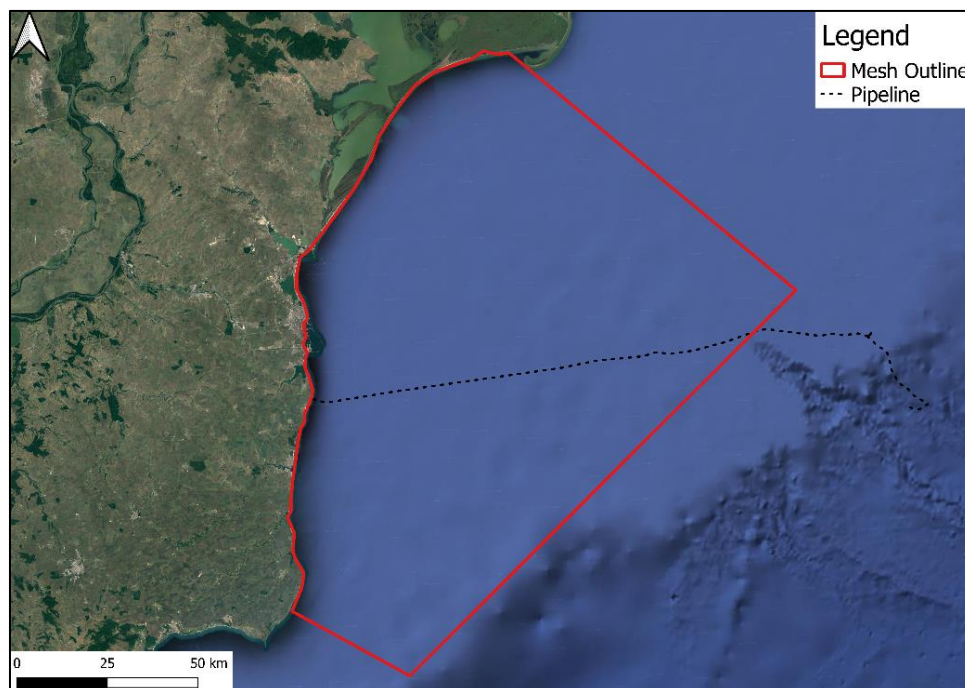


Figura 3-1. Extinderea rețelei de modelare a valurilor

Software-ul MIKE 21 SW este un model cu grilă flexibilă. Prin urmare, rezoluția grilei este selectată pentru a rezolva caracteristicile cheie văzute în model. O rezoluție fină (de la centru la centru) de aproximativ 100 m este utilizată la 6 km de linia șanțului, crescând la 300 m la o distanță de 12 km față de linia șanțului. În cele din urmă, o rezoluție mai grosieră (aproximativ 1000 m) în apropierea limitelor modelului. O prezentare generală a grilei modelului se vede în Figura 3-2. Figura 3-3 prezintă un prim-plan al grilei în jurul liniei șanțului.

Au fost efectuate teste de sensibilitate asupra parametrilor cheie ai modelului (frecarea cu fundul mării, formularea intrării vântului, formularea spectrală și nivelul apei). Aceste teste de sensibilitate sunt descrise în secțiunea 3.3.

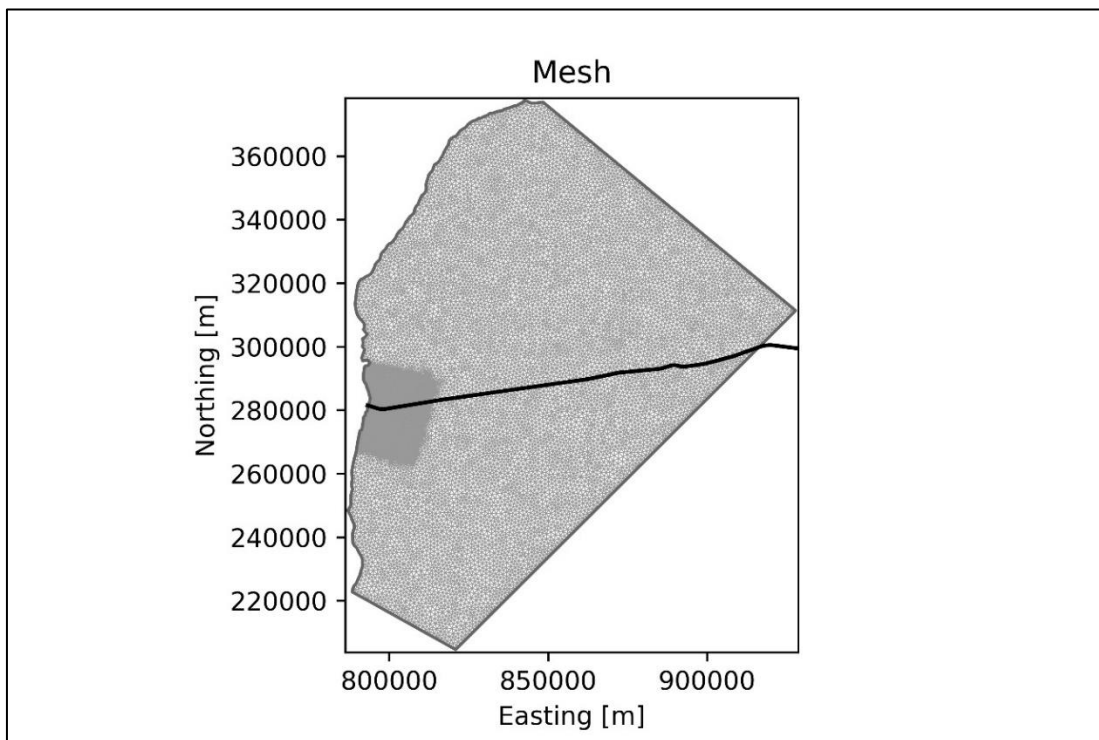


Figura 3-2. Grila model cu indicare locației conductei

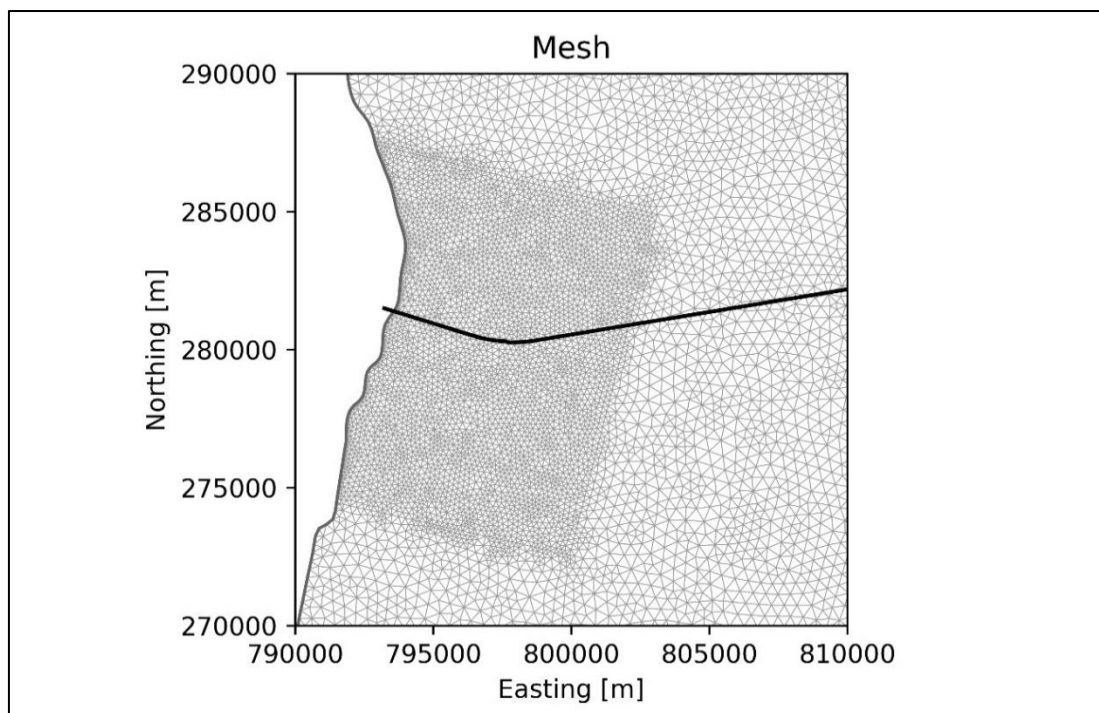


Figura 3-3. Grila modelului care prezintă zona îndesită și amplasarea conductei

3.3 Teste de sensibilitate

Au fost efectuate teste de sensibilitate a modelului folosind patru evenimente selectate din setul cu date despre valuri ERA5 la locația șanțului. Cele patru evenimente selectate acoperă condițiile operaționale tipice în care draga poate opera. Evenimentele selectate sunt afișate în Tabelul 3-1.

Tabelul 3-1. Condițiile valorilor selectate utilizate în testarea sensibilității

Eveniment	Hm0 (m)	Tp (s)	MWD (deg)	Viteza vântului (m/s)	Direcția vântului (grade)
31/05/2004 14:00	0.89	5.2	26	6.8	340
23/11/2006 10:00	0.96	4.7	161	7.8	177
24/03/2004 00:00	0.99	5.2	166	7.2	174
29/01/2010 15:00	0.86	4.3	142	6.3	287

Modelul a fost testat pentru sensibilitate la frecarea cu fundul mării, formularea intrării vântului, formularea spectrală și nivelul apei. Rezultatele testelor de sensibilitate sunt prezentate în Appendix A.

Testele au fost efectuate folosind valori de frecare cu fundul mării (înălțimea rugozității Nikuradse) de 0,01 m, 0,04 m și 0,001 m. S-a constatat că modificările rugozității nu au influențat semnificativ condițiile valorilor în zona imediată a șanțului. În altă parte a modelului, diferențele datorate schimbărilor de rugozitate sunt de până la +/- 0,07 m în apropierea țărmlui, în nordul modelului. Fără alte informații pentru validarea modelului, pentru modelare a fost adoptată înălțimea inițială a rugozității de 0,01 m.

În plus, testele au fost finalizate folosind formularea vântului cuplat și decuplat în MIKE 21 SW. Modelul a arătat cele mai mari diferențe în înălțimea valorilor, atât perioada valurilor, cât și direcția undelor arătând doar mici modificări. Ca rezultat, înălțimile valurilor au fost folosite ca ghid pentru a ajuta la alegerea formulării vântului. Atunci când se compară ambele formulări ale vântului, diferențele de înălțime a valurilor în jurul locației șanțului sunt mai mici de 0,02 m. Atunci când se compară vânturile estice (evenimentul 29/01/2010 15:00), modelul care utilizează vânturi cuplate nu a transformat valurile la fel de bine în apropierea țărmlui ca modelul decuplat. O diferență de înălțime a valurilor de până la 0,08 m a fost observată la aproximativ 6 km în larg atunci când se utilizează modelul cuplat. Prin urmare, a fost adoptată formularea vântului decuplat.

Testele au fost, de asemenea, efectuate pe formularea spectrală (formularea complet spectrală și formularea decuplată direcțional). Timpii de rulare ai modelului s-au redus semnificativ (cu mai mult de un ordin de mărime) cu formularea decuplată direcțional. Cu toate acestea, modelul complet spectral a dat înălțimi de undă mai mari în comparație cu cel decuplat direcțional. În consecință, pentru a adopta o abordare conservatoare, formularea complet spectrală a fost adoptată pentru rundele viitoare.

În cele din urmă, au fost efectuate teste privind nivelul apei utilizat în timpul simulărilor modelului. Nivelul mediu al mării (MSL) a fost luat ca bază de referință, iar nivelul apei a fost crescut și a fost scăzut cu 0,5 m pentru a testa Sensitivitatea la modificările nivelului apei. Rezultatele arată că efectul schimbărilor nivelului apei se observă numai în apropierea țărmlui (< 5 m adâncime), cu diferențe de înălțime a valurilor de până la +/- 0,05 m. Modificările înălțimii valurilor datorate diferențelor de nivel al apei nu sunt observate la mai puțin de 2 km de linia șanțului. Este puțin probabil ca modificările nivelului apei să afecteze rezultatele penei de sedimente, deoarece dragarea/ deversarea va avea loc în apele mai adânci, unde înălțimile valurilor rămân neschimbate. Ca atare, se va utiliza MSL implicit de 0,0 m.

Pe baza celor de mai sus, parametrii finali de configurare a modelului utilizați în modelarea ulterioară sunt prezentați în Tabelul 3-2.

Tabelul 3-2. Parametrii finali de configurare a modelului

Parametru	Valoare
Model Batimetric	Furnizat de beneficiar și suplimentat cu date C-Map data.
Spargerea valurilor	Constanta gamma de spargere a valurilor = 0.8
Deferlare	Cdis =4.5, DELTA dis =0.5
Frecarea cu fundul mării	Kn = 0.01 m
Nivelul apei	Constantă: 0.0 m MSL Marea Neagră
Forța vântului	Necuplat, Charnock para =0.0185
Tip formulare model	Formulare complet spectrală

3.4 Rezultatele modelului

Modelul valurilor a fost rulat pentru a oferi condiții de val pentru scurgerile de sedimente. Modelul valurilor a fost rulat pentru un total de șase (6) perioade de timp. Aceasta include patru (4) evenimente care se desfășoară, fiecare cu o durată de patru zile și două (2) simulări lungi cu o durată care acoperă o perioadă de 60 de zile. Evenimentele sunt descrise în detaliu în secțiunea 0.

Orele de început și de sfârșit ale modelării valurilor selectate pentru cele șase (6) simulări sunt afișate în Tabelul 3-3. Pentru simulările lungi, modelarea penei de sedimente nu va fi efectuată pentru o durată de 60 de zile.

Tabelul 3-3. Orele de început și de sfârșit ale modelului de val

Eveniment	Data start	Data final
Eveniment 1	30/05/2004 07:00	03/06/2004 07:00
Eveniment 2	21/11/2006 20:00	25/11/2006 20:00
Eveniment 3	22/03/2004 19:00	26/03/2004 19:00
Eveniment 4	28/01/2010 16:00	28/01/2010 16:00
Eveniment 1 (simulare lungă)	01/07/2008 00:00	30/08/2008 00:00
Eveniment 1 (simulare lungă)	20/04/2005 00:00	19/06/2005 00:00

Rezultatele modelării valurilor au fost extrase în patru (4) locații de-a lungul liniei șanțului. Locațiile valurilor extrase pot fi regăsite în Figura 3-4. În plus, seriile cronologice ale valurilor pentru toate cele șase simulări, inclusiv perioadele de dragare de 28 de zile și de descărcare de 15 zile, sunt prezentate în Figura 3-5. În toate cazurile modelate, înălțimile valurilor de-a lungul șanțului în timpul dragării sunt sub pragul de 1,2 m necesar pentru funcționarea excavatorului cu dragă.

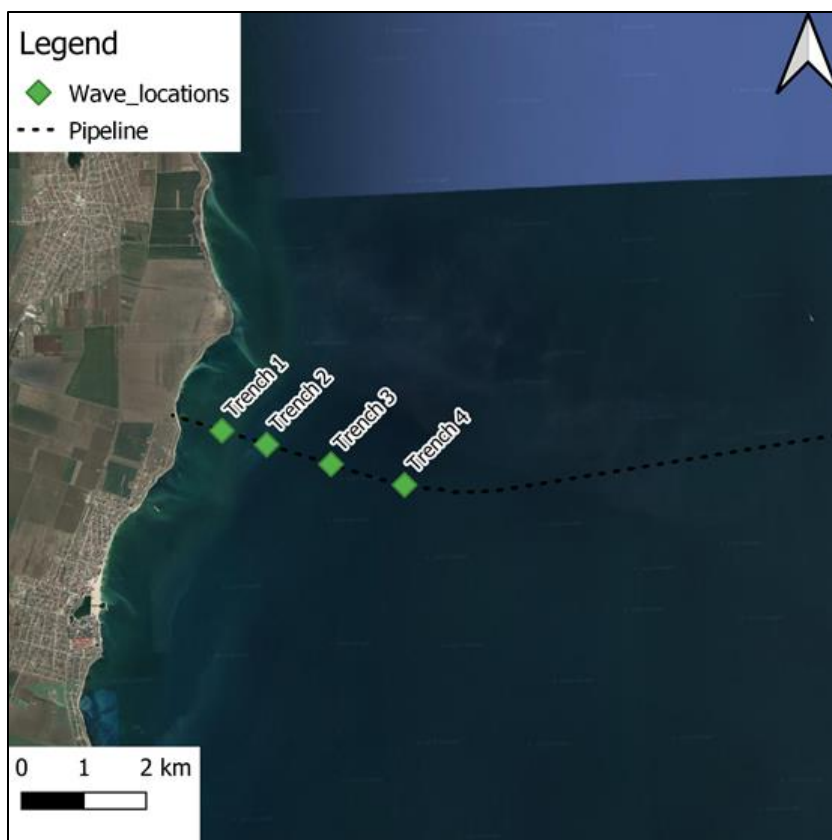


Figura 3-4. Amplasarea punctelor de extracție din modelului de valuri

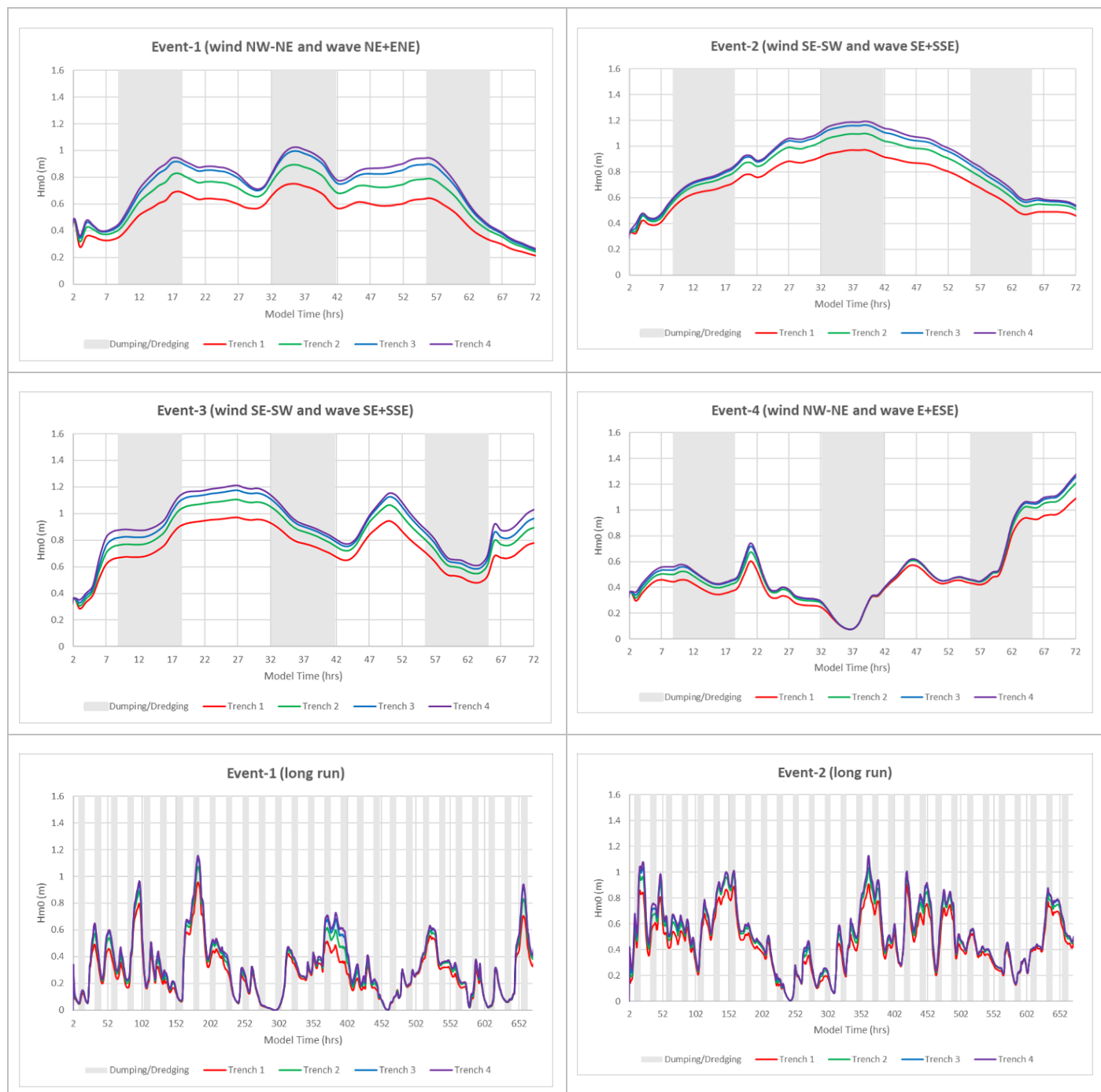


Figura 3-5. Serii cronologice cu înălțimea modelată a valurilor în cele patru locații selectate pe șanț

Mai multe rezultate detaliate ale modelului valurilor pot fi găsite în Appendix B.

4. Modelare hidrodinamică

Scopul modelării hidrodinamice este de a stabili condițiile hidrodinamice de bază pe întreaga suprafață de interes drept condiții de intrare pentru modelarea penei de sedimente. Pentru a determina condițiile hidrodinamice, a fost realizat un studiu detaliat de modelare hidrodinamică 3-dimensională, cuprinzând zonele blocului Neptun Deep, situate în partea românească a Mării Negre.

4.1 Model Software

Modelarea hidrodinamică este realizată folosind MIKE 3 Flow Model FM care face parte din software-ul MIKE by DHI. MIKE by DHI software este un pachet software profesional de inginerie de la DHI, Danemarca. Modelul FM al fluxului MIKE 3 se bazează pe soluția numerică a ecuațiilor Navier-Stokes în medii tridimensionale incompresibile Reynolds, invocând ipotezele Boussinesq și presiunea hidrostatică. Ecuațiile de guvernare constau în ecuații de continuitate și impuls pentru ecuațiile de debit și advecție-difuzie pentru salinitate și temperatură și ecuații de stare care leagă densitatea apei de salinitate și temperatură. Acest model a fost dezvoltat pentru aplicații în medii oceanografice, de coastă și estuare. O scurtă descriere a modelului MIKE 3 Flow FM este prezentată în secțiunea 2.1.2.

4.2 Configurarea modelului

Modelarea se realizează folosind modulul hidrodinamic (MIKE 3 HD FM) din MIKE 3 Flow Model FM. Rezultatul modelului MIKE 3 HD FM reprezintă nivelurile calculate ale apei, fluxurile și vitezele curențe pentru fiecare pas de timp la fiecare element de plasă. Rezultatele hidrodinamice au fost utilizate pentru a constrânge modelul de transport al nămolului (MT) pentru studiul ulterior de modelare a norului de sedimente.

4.2.1 Grilă model

Grila dezvoltată pentru modelarea valurilor este, de asemenea, utilizată pentru modelul hidrodinamic. O descriere detaliată a modelului de grilă și batimetrie este prezentată în secțiunea 2.2. **Error! Reference source not found.** Discretizarea verticală a modelului hidrodinamic este definită de 5 straturi sigma în care straturile sunt distribuite în mod egal pe adâncimea apei.

4.2.2 Condiții limită

Cele trei limite deschise ale domeniului local al modelului MIKE 3 HD FM sunt prezentate în Figura 4-1. Datele limită constau în variația nivelului apei și componentele vitezei de curgere 3D la cele trei limite deschise (est, nord și sud) care au fost extrase din datele de maree combinate HYCOM și DTU utilizând instrumentul generator de condiții limită DHI. Condițiile limită includ influența mareelor, vântului, variațiilor de presiune a aerului și deversările râurilor.

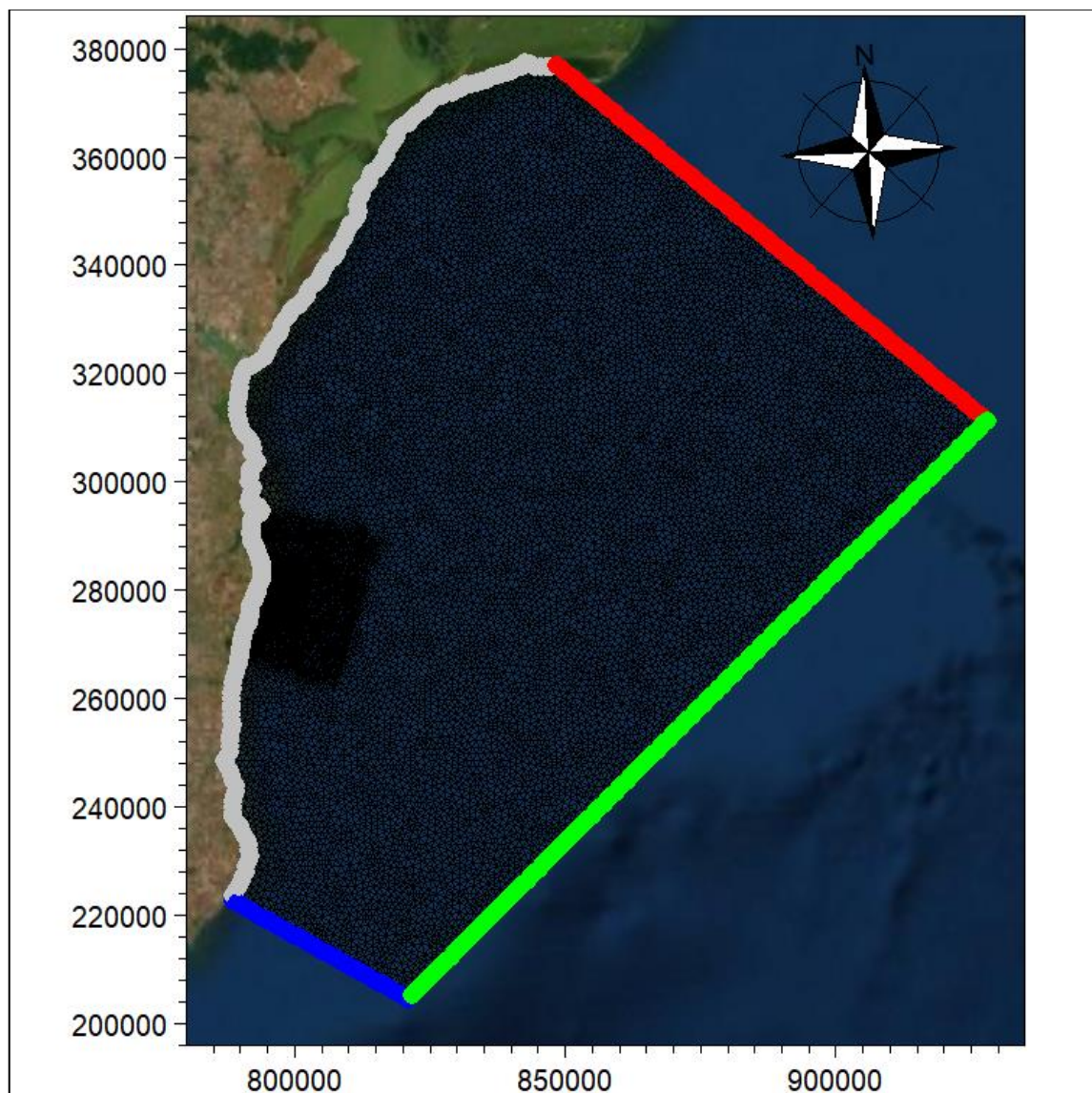


Figura 4-1. Cele trei limite deschise în modelul local indicate prin culoarea roșie, verde și albastră.

4.2.3 Parametrii modelului

În mod obișnuit, parametrii modelului sunt ajustați în timpul calibrării pentru a obține o bună concordanță între datele măsurate și cele modelate privind fluxul și nivelul apei. Cu toate acestea, pentru acest studiu nu au fost puse la dispoziție măsurători ale nivelului apei sau ale curenților din amplasament. Prin urmare, modelul a fost configurat folosind parametri tipici (din experiența Jacobs) pentru a asigura că modelele de flux simulate de model sunt, în general, în concordanță cu procesele fizice cunoscute. Parametrii finali de configurare utilizați pentru acest studiu sunt prezentați în Tabelul 4-1.

Tabelul 4-1. Parametrii finali de configurare a modelului

Parametru	Valoare
Ecuția de bază	Ecuții ale apei puțin adânci, simulări barotrope
Rezistența fundului mării	Înălțimea rugozității = 0.05 m
Vâscozitate turbionară	Orizontal: Smagorinsky, $C_s=0.28$ Vertical: formulare k-epsilon

4.3 Rezultatele modelului

Simularea a fost efectuată pentru șase (6) evenimente climatice eoliene diferite. Aceasta include patru (4) evenimente scurte cu o durată de trei zile și două (2) evenimente lungi cu o durată care acoperă o perioadă de 28 de zile. Detaliile evenimentelor sunt descrise în secțiunea 2.3.

Pentru a evalua starea hidrodinamică de-a lungul liniei șanțului, sunt selectate trei locații de-a lungul acestuia. Viteza și direcția curentă în toate cele trei locații în timpul perioadei de simulare sunt extrase pentru toate cele șase evenimente. Locațiile celor trei puncte de extracție sunt prezentate în Figura 4-2. Sunt prezentate seriile de timp ale vitezei și direcției simulate ale curentului de suprafață pentru toate cele șase evenimente Figura 4-3 și Figura 4-4.

Exemple de model de curgere 2D și vitezele curente în timpul a patru (4) evenimente scurte sunt prezentate în Figura 4-5 spre Figura 4-6. Grafice suplimentare pentru ambele evenimente lungi 1C și 2C sunt furnizate în Appendix C.

Principalele observații din rezultatele fluxului sunt prezentate în continuare.

Simularea evenimentelor scurte (evenimentele 1S, 2S, 3S și 4S):

- Rezultatele arată că curenții sunt în cea mai mare parte unidirecționali îndreptați către sud în timpul evenimentului 1S, iar în timpul evenimentelor 2S, 3S și 4S fluxul este spre nord (a se vedea Figura 4-3).
- Rezultatele evenimentelor scurte arată că viteza maximă a curentului de suprafață variază de la 0,25 la 0,5 m/s, cu o magnitudine maximă de 0,5 m/s observată în timpul evenimentului 1S.

Simularea evenimentelor lungi (evenimentele 1C și 2C):

- Rezultatele arată curenții direcționați predominant spre nord și sud în timpul perioadei de simulare (a se vedea Figura 4-4).
- Rezultatele arată, de asemenea, curenții nordici puțin mai puternici decât curenții sudici de pe partea terestră a liniei de tranșee în perioada simulată.
- Viteza maximă a curentului ajunge până la 0,40 m/s (Figura 4-4) la nivelul stratului de suprafață. În același timp, viteza maximă a curentului în stratul inferior este de aproximativ 0,30 m/s.

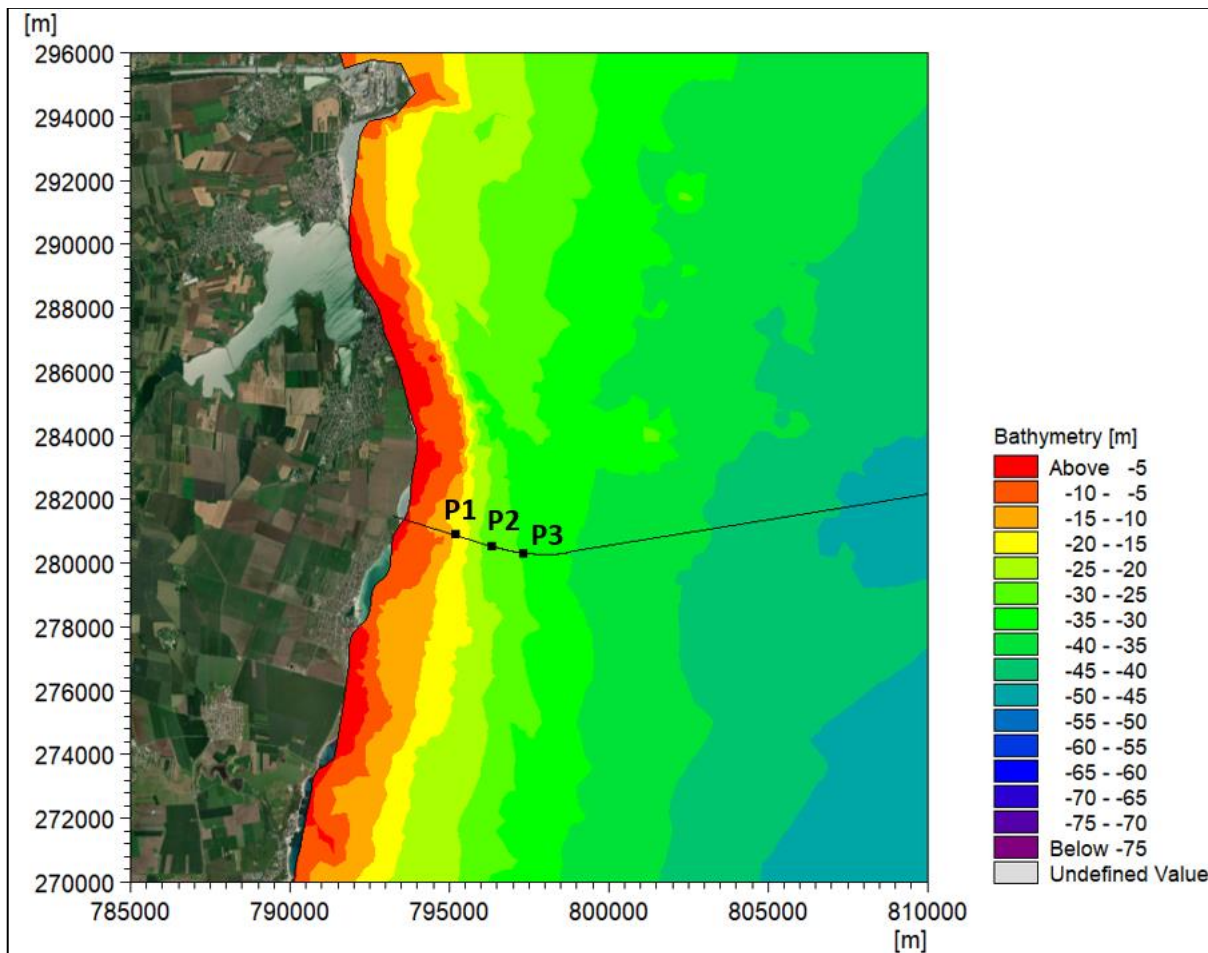


Figura 4-2. Amplasarea celor trei puncte de extracție de-a lungul liniei șanțului.



Figura 4-3. Serii de timp cu viteza și direcția curentului modelate la cele trei locații pe durata tuturor celor patru evenimente scurte.

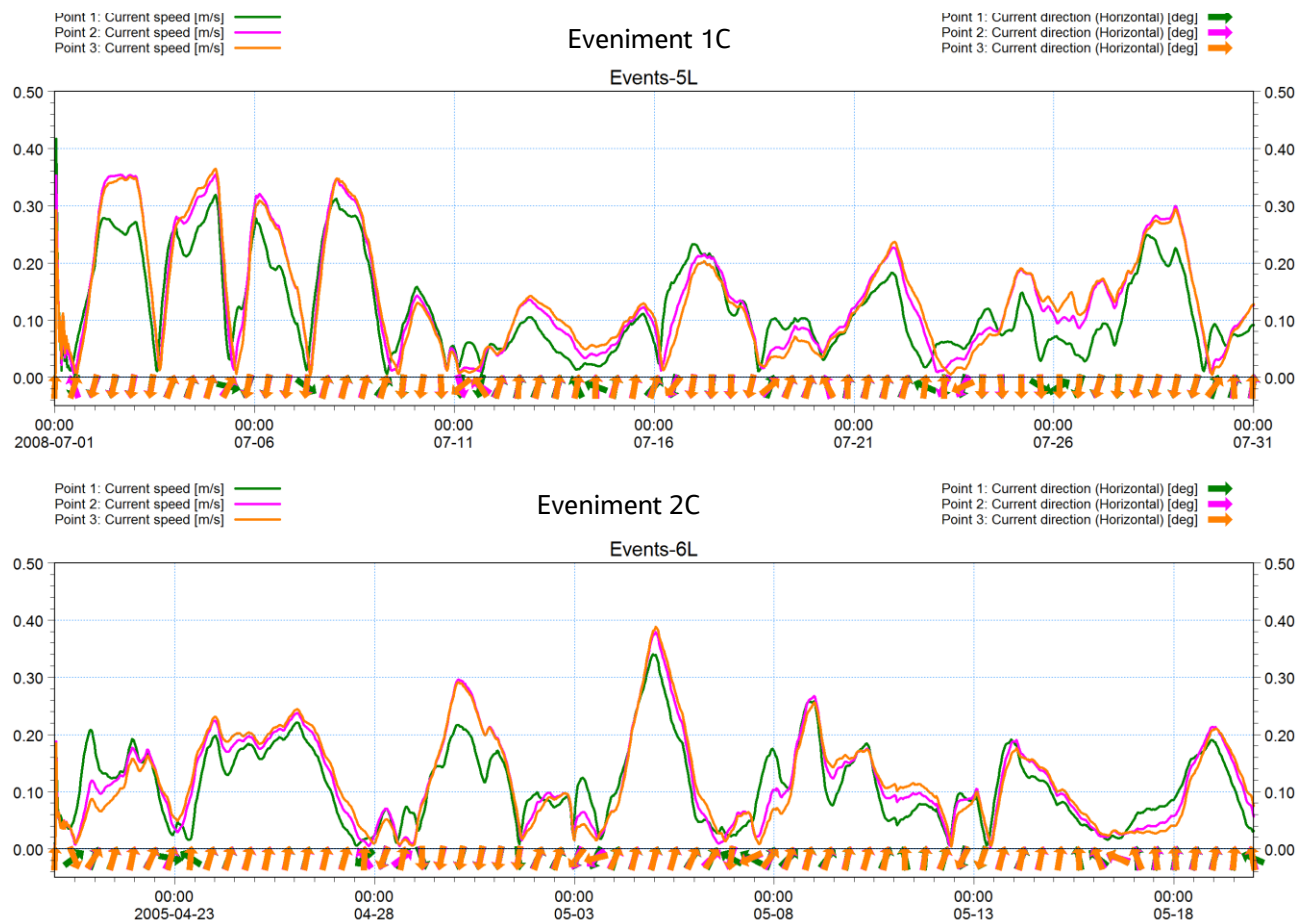


Figura 4-4. Serii de timp cu viteza și direcția curentului modelate cele trei locații pe durata ambelor evenimente lungi (evenimentul 1C și 2C).

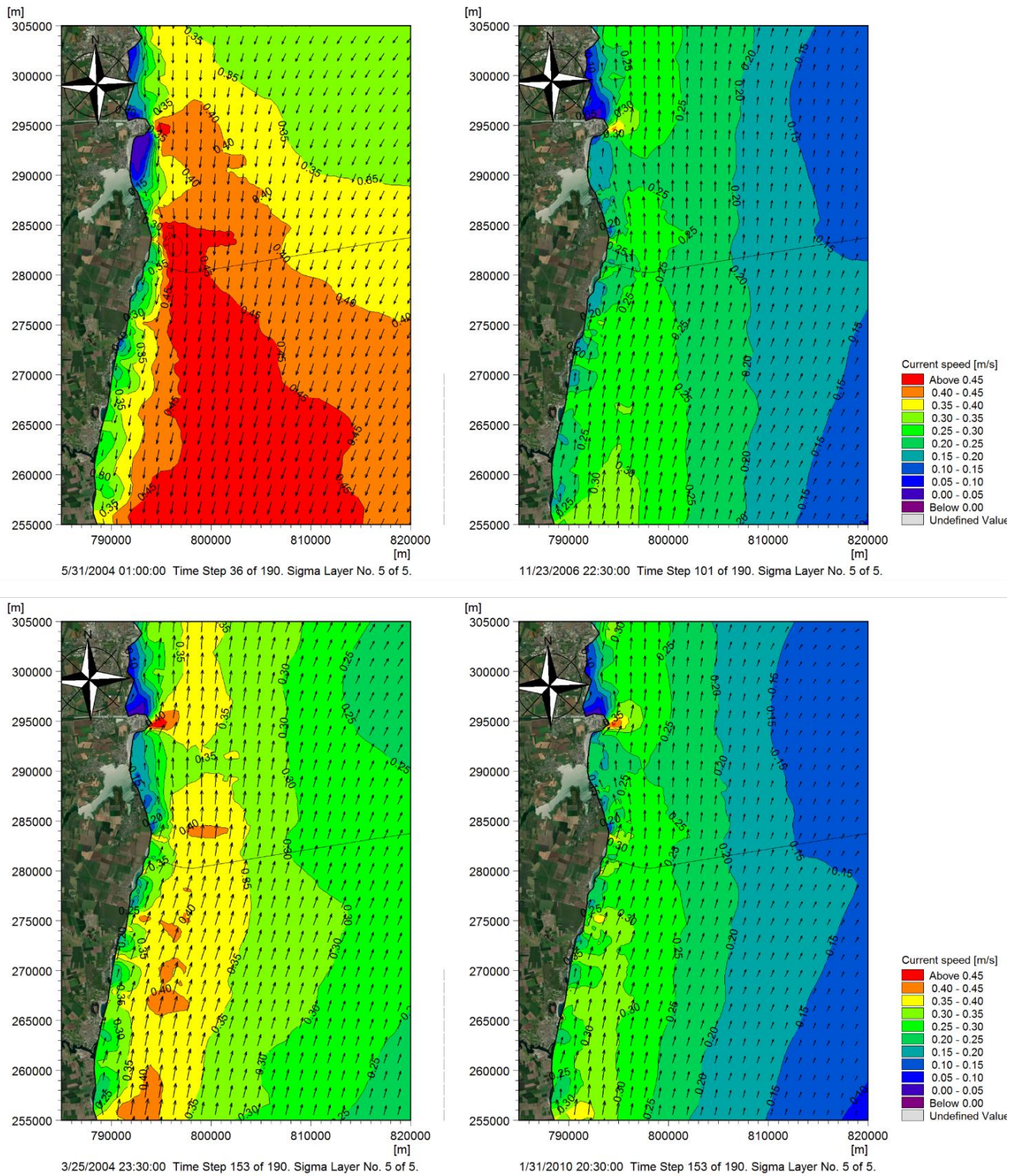


Figura 4-5. Stratul de suprafață: viteza și direcția curentului în timpul evenimentelor simulate: 1S (stânga sus), 2S (dreapta sus), 3S (stânga jos) și 4S (dreapta jos).

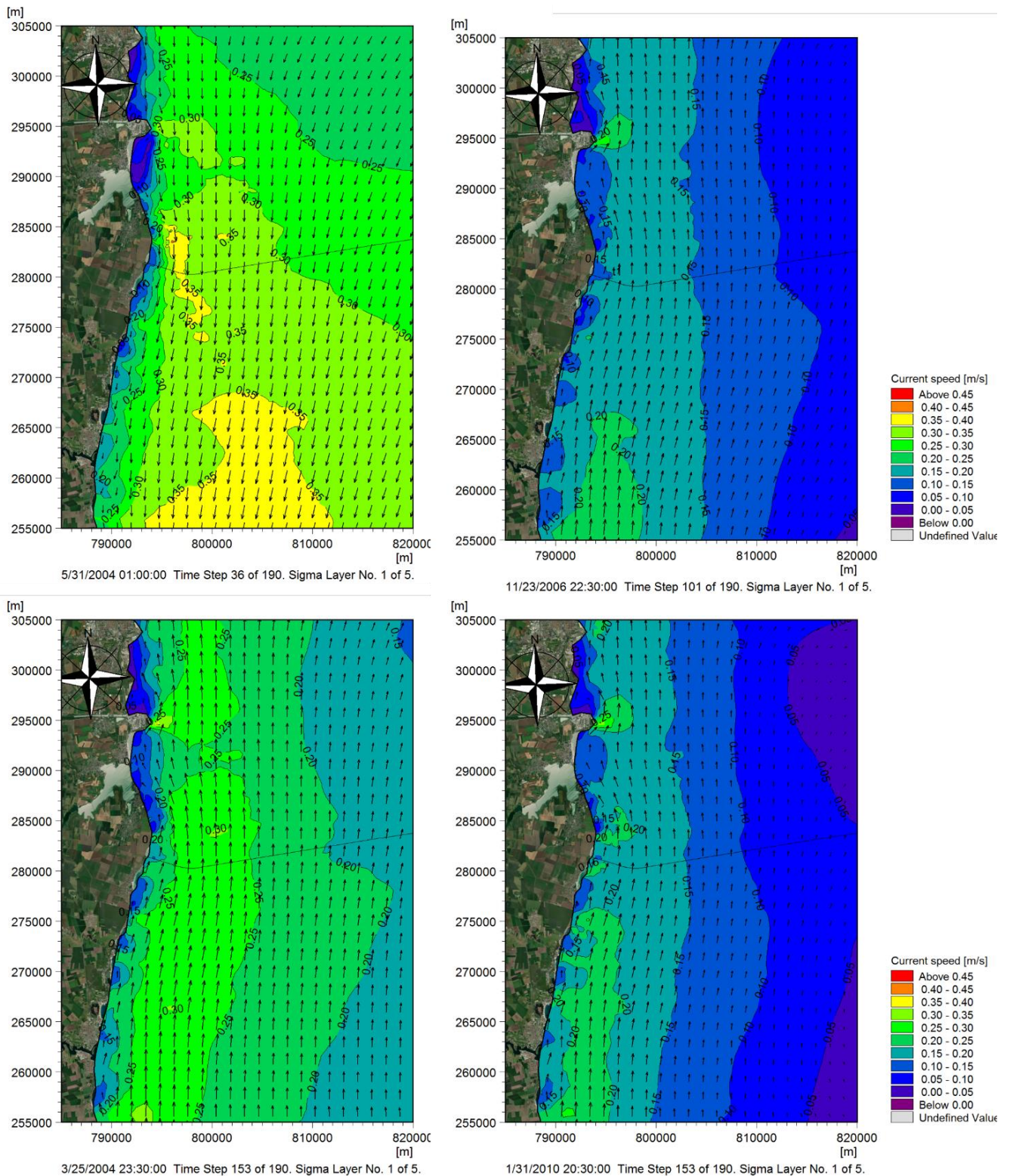


Figura 4-6. Stratul inferior: viteza curentă și direcția în timpul evenimentelor simulate: 1S (stânga sus), 2S (dreapta sus), 3S (stânga jos) și 4S (dreapta jos).

5. Modelarea deversărilor de sedimente

Scopul modelării deversărilor de sedimente este de a determina amploarea norului de sedimente și a sedimentării datorate sedimentelor deversate în timpul operațiilor de dragare și acoperire a șanțului. Pentru a modela penele sedimentelor, a fost efectuat un studiu detaliat tridimensional de modelare hidrodinamică și a transportului sedimentelor.

5.1 Model Software

Modulul MIKE 3 Mud Transport (MIKE 3 MT) din MIKE 3 Flow Model FM este utilizat în acest studiu pentru a simula penele datorate scurgerilor de sedimente în timpul lucrărilor de dragare și descărcare. Modulul MIKE 3 MT descrie eroziunea, transportul și depunerea amestecurilor de nămol sau nisip/nămol sub acțiunea curenților și valurilor. O scurtă descriere a proceselor incluse în modul este deja prezentată în secțiunea 2.1.3.

Pentru operațiunile de dragare (și acoperire a șanțului), un fișier cu serii cronologice care conține poziția dragei, rata de dragare și procentul de deversare este utilizat ca intrare în model. Acest fișier este utilizat pentru a elibera sedimentul vărsat în coloana de apă. Pentru acest studiu, se presupune că sedimentul este vărsat uniform în întreaga coloană de apă. Acest lucru este considerat rezonabil pentru excavatorul cu dragă care va fi utilizat pentru operațiuni.

5.2 Lucrări de dragare

Informații privind lucrările de dragare sunt prezentate în secțiunea 2.2.7 și rezumate mai jos.

- Lucrările de dragare vor fi efectuate la groapa de recepție și de-a lungul șanțului lung de 3.375 m.
- Volumul total care va fi dragat este de 85.325 m³.
- Pentru activitatea de dragare va fi utilizată un excavator cu dragă (BHD) cu o rată de producție de 300 m³/h.
- Lucrările de dragare se vor desfășura în ferestre de 10 ore, urmate de pauze de 14 ore.
- Operațiunea de dragare va începe din apropierea țărmului spre largul mării.
- 8% din materialul total de dragare se va vărsa în coloana de apă în timpul operațiunii de dragare.

5.2.1 Proprietățile sedimentelor dragate.

Informații privind proprietățile sedimentelor de-a lungul șanțului și gropii de recepție sunt prezentate în secțiunea 2.2.6. Se presupune că distribuția dimensiunii particulelor solului dragat este aceeași cu cea a solului netulburat. Proportia medie a sedimentelor fine (D50 < 63 μm) este de 18 %, în timp ce restul de 82 % din materialele dragate sunt fracțiuni de nisip/pietriș mai grosiere (D50 > 63 μm). Este de așteptat ca sedimentele fine să fie suspendate și dispersate pe suprafețe mai mari datorită vitezei lor scăzute de sedimentare. Se anticipează că fracțiunile mai grosiere se vor depune foarte aproape de locul de dragare datorită vitezelor mai mari de sedimentare. Fracțiunile reprezentative de granulație aplicate în model în timpul operațiunii de dragare sunt prezentate în Tabelul 5-1.

Tabelul 5-1. Frații de granulație aplicate în exercițiul de modelare a deversărilor de dragare.

Mărimea particulelor	Procentajul de distribuție	Viteza de sedimentare (m/s)
Fracția 1 (sedimente fine)	18	0.0004
Fracția 2 (nisip)	13	0.0644
Fracția 3 (pietriș)	69	0.6358

5.3 Configurarea modelului

Grila utilizată pentru modelarea valurilor și cea hidrodinamică este, de asemenea, utilizată pentru modelul de deversare a sedimentelor. O descriere detaliată a modelului grilei și batimetriei este prezentată în secțiunea 3.2. Ca și în cazul modelului hidrodinamic, discretizarea verticală este definită de 5 straturi sigma în care straturile sunt distribuite în mod egal de-a lungul adâncimii apei.

Nu sunt disponibile date măsurate pentru calibrarea și validarea modelului de transport al nămolului. Astfel, parametrii modelului au fost selectați pe baza recomandărilor din manualul DHI, a literaturii de specialitate și a experienței anterioare din studii similare. Parametrii modelului selectați sunt prezentați în Tabelul 5-2 - Tabelul 5-4.

Tabelul 5-2. Datele parametrilor modelului-cheie utilizați în operațiunile de dragare

Parametru	Valoare
Condițiile la limite	Concentrația sedimentelor în suspensie (SSC) = 0 la toate limitele, pentru ambele fracții
Condițiile inițiale	SSC = 0
Rugozitatea fundului mării	Înălțimea rugozității = 0.025 m
Dispersie	Est (m)

Tabelul 5-3. Parametrii coloanei de apă utilizați în operațiunile de dragare

Parametru	Fracție 1	Fracție 2	Fracție 3
Ws (m/s)	0.0004	0.0644	0.6358
Tau_cd	0.07	0.07	0.07

Tabelul 5-4. Parametrii fundului mării utilizați în operațiunile de dragare

	Strat 1
Grosimea inițială	0,0
Distribuția inițială a sedimentelor	18% (fracții sedimente fine) 13% (fracții nisip) 69% (fracții pietriș)
Descrierea eroziunii	Nămol întărit
Densitate uscată (kg/ m ³)	600
Tau_ce (N/m ²)	1.0
Erodabilitatea, E (kg/m ² /s)	0.0002

5.4 Condiții de mediu simulate.

Pentru a evalua efectul norului de sedimente asupra diferitelor condiții de mediu, simulările au fost efectuate pentru patru condiții tipice de mediu (evenimentele 1S-4S). În continuare, au fost efectuate simulări pentru operațiunea completă de dragare în timpul a două condiții de mediu de exemplu (evenimentul 1C și 2C). Cele șase condiții de mediu sunt prezentate în secțiunea 2.3 și rezultatele modelelor prezentate în secțiunea 5.5.

5.5 Rezultatele modelului

5.5.1 Rezultate pentru rularea sensibilității

Un total de șaisprezece (16) simulări (4 condiții de mediu x 4 secțiuni de șanț) au fost efectuate pentru a examina Sensitivitatea penelor de sedimente (datorită operațiunii de dragare) la condițiile de mediu. Efectul deversării de sedimente ca urmare a operațiunilor de dragare în patru (4) secțiuni diferite ale șanțului (a se vedea Figura 5-1) au fost simulate utilizând cele patru condiții de mediu din Tabelul 2-6. Pentru fiecare secțiune a șanțului dragat timp de trei zile în model, au fost aplicate cele patru condiții de mediu.

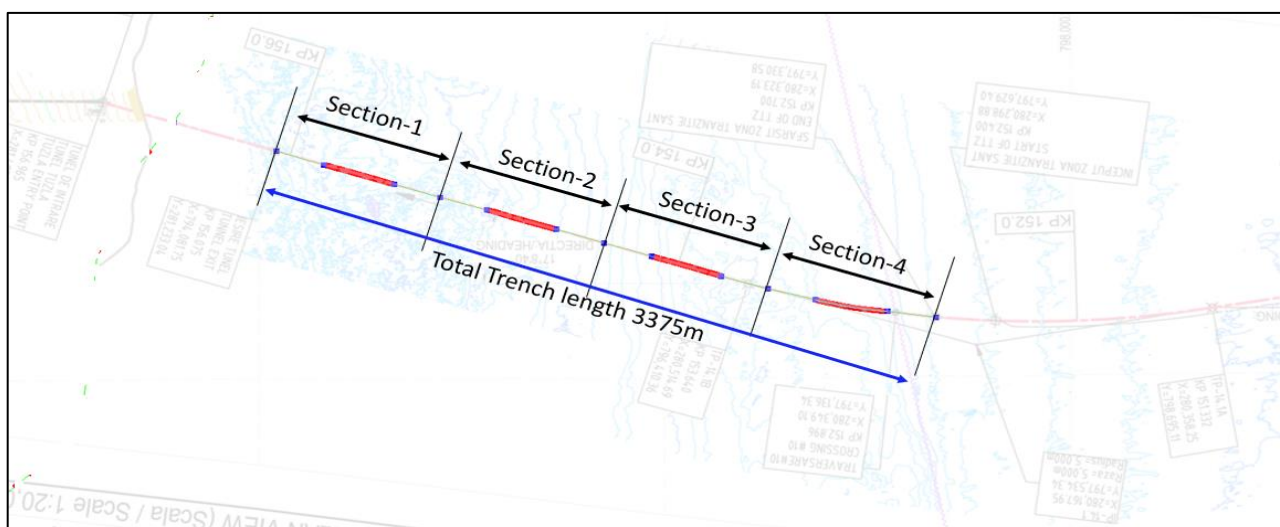


Figura 5-1. Linia șanțului cu diferitele secțiuni.

Rezultatele studiului privind penele de sedimente au fost utilizate pentru a examina efectul lucrărilor de dragare propuse asupra mediului marin înconjurător. Rezultatele modelului cheie utilizat pentru această evaluare sunt concentrațiile totale de solide în suspensie (TSSC).

TSSC maxim instantaneu în stratul de suprafață și fund în timpul operațiunii de dragare de 3 zile la secțiunea 1, secțiunea 2, secțiunea 3 și secțiunea 4 a liniei de șanț în timpul tuturor celor patru evenimente tipice sunt prezentate în Figura 5-2 - Figura 5-9. Graficele suplimentare care prezintă sedimentarea netă și depășirea procentuală pentru TSSC > 1 mg în timpul simulării de 72 de ore sunt prezentate în Appendix D. În toate figurile, linia de șanț propusă este prezentată ca o linie neagră, iar siturile Natura 2000 sunt prezentate cu umplutură verde diagonală.

Principalele constatări/ observații sunt evidențiate mai jos:

- Rezultatele arată că penele de sedimente generate în timpul operațiunii de dragare sunt limitate la aliniamentul direcțiilor curenților. Stratul de sedimente este creat imediat după începerea lucrărilor de dragare și se dispersează în direcția dominantă a curentului.
- Rezultatele arată că norul de sedimente (cu valoare la margine de 0,1 mg/l) după perioada de dragare de 3 zile se extinde între 7 și 8 km de la linia șanțului, în toate condițiile de mediu testate.

- Rezultatele indică, de asemenea, că întinderea norului de sedimente (cu valoare la margine de 0,1 mg/l) la stratul de suprafață este aceeași cu cea a stratului inferior. Cu toate acestea, concentrațiile totale de solide în suspensie sunt ușor mai mari la stratul inferior comparativ cu stratul de suprafață.
- Graficul care indică procentul de timp în care TSSC depășește 1 mg/l indică faptul că, dincolo de linia șanțului, se anticipează că zona de depășire (> 1%) se va afla la mai puțin de 1-2 km sud de lucrările de dragare în timpul evenimentului 1S. Frecvența depășirii variază între 1 și 5 % din timp. Cu toate acestea, pentru evenimentele 2S, 3S și 4S, se anticipează că zona de depășire (> 1 %) se va situa la mai puțin de 1-2 km spre nord de lucrările de dragare, frecvența depășirilor variind între 1 și 5 % din timp.
- Sedimentarea preconizată a sedimentelor deversate după cele 3 zile de operațiune de dragare pentru toate evenimentele simulate arată că sedimentele deversate sunt depozitate la o distanță cuprinsă între 0,5 și 0,7 km față de linia șanțului. Cu toate acestea, majoritatea sedimentelor deversate sunt de obicei depozitate în imediata vecinătate a zonei de dragare.

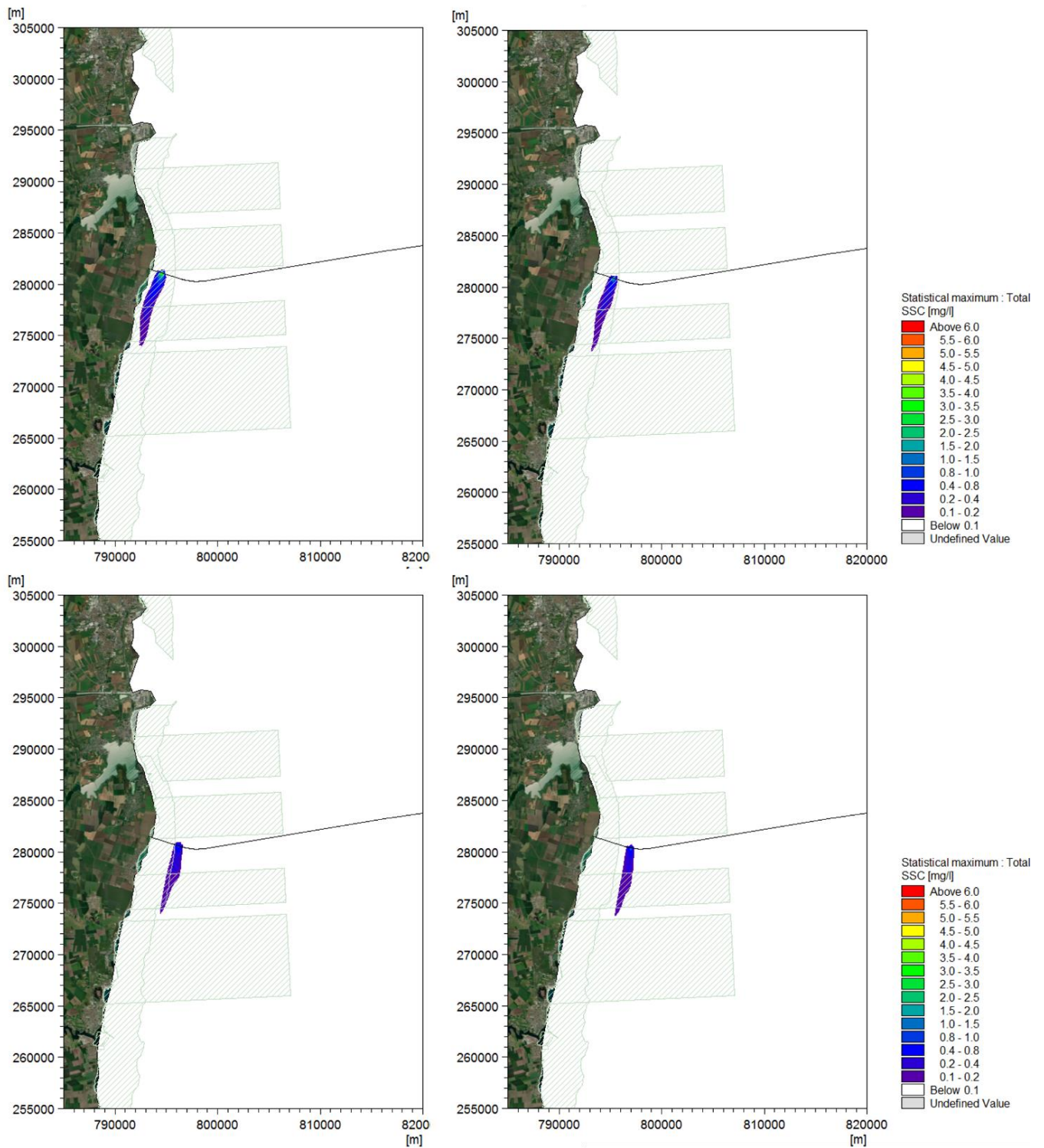


Figura 5-2. Stratul de suprafață simulat cu concentrația maximă totală de solide în suspensie care apare în orice moment pe parcursul operațiunii de dragare de 3 zile la secțiunea 1 (stânga sus), secțiunea 2 (dreapta sus), secțiunea 3 (stânga jos) și secțiunea 4 (dreapta jos) a liniei șanțului în timpul evenimentului tipic-1S.

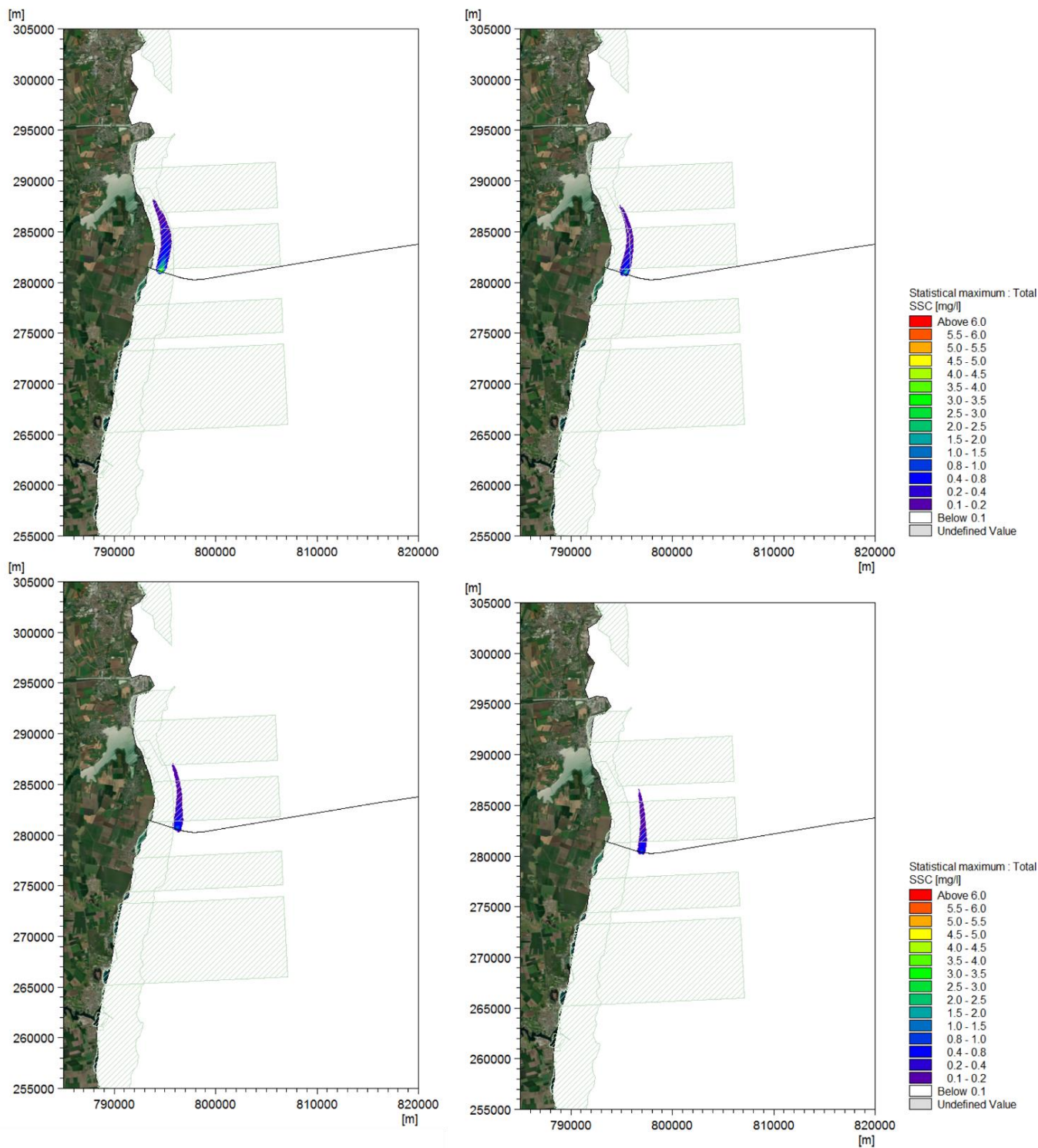


Figura 5-3. Stratul de suprafață simulat cu concentrația maximă totală de solide în suspensie care apare în orice moment pe parcursul operațiunii de dragare de 3 zile la secțiunea 1 (stânga sus), secțiunea 2 (dreapta sus), secțiunea 3 (stânga jos) și secțiunea 4 (dreapta jos) a liniei șanțului în timpul evenimentului tipic 2S.

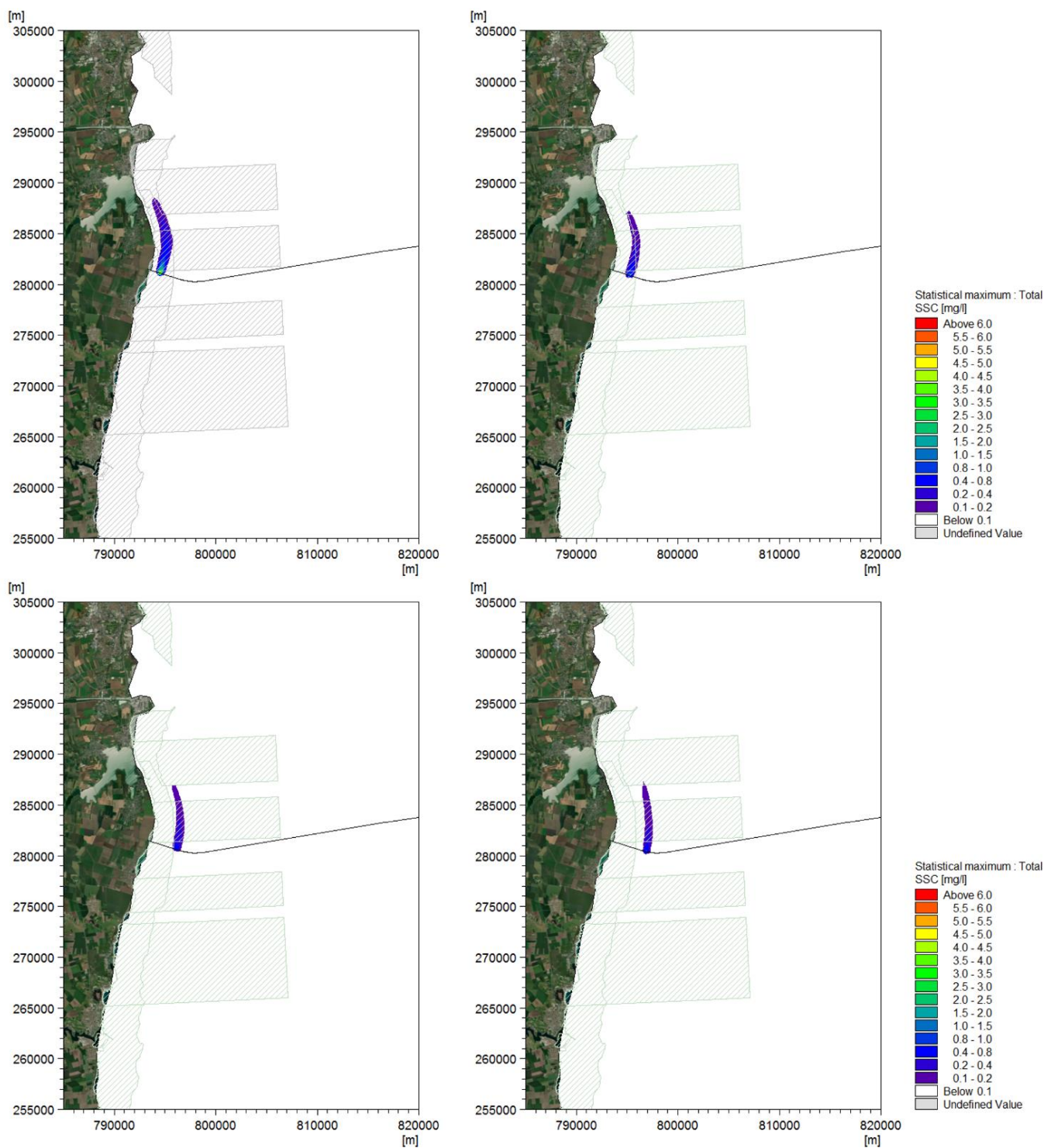


Figura 5-4. Stratul de suprafață simulat cu concentrația maximă totală de solide în suspensie care apare în orice moment pe parcursul operațiunii de dragare de 3 zile la secțiunea 1 (stânga sus), secțiunea 2 (dreapta sus), secțiunea 3 (stânga jos) și secțiunea 4 (dreapta jos) a liniei șanțului în timpul evenimentului tipic 3S.

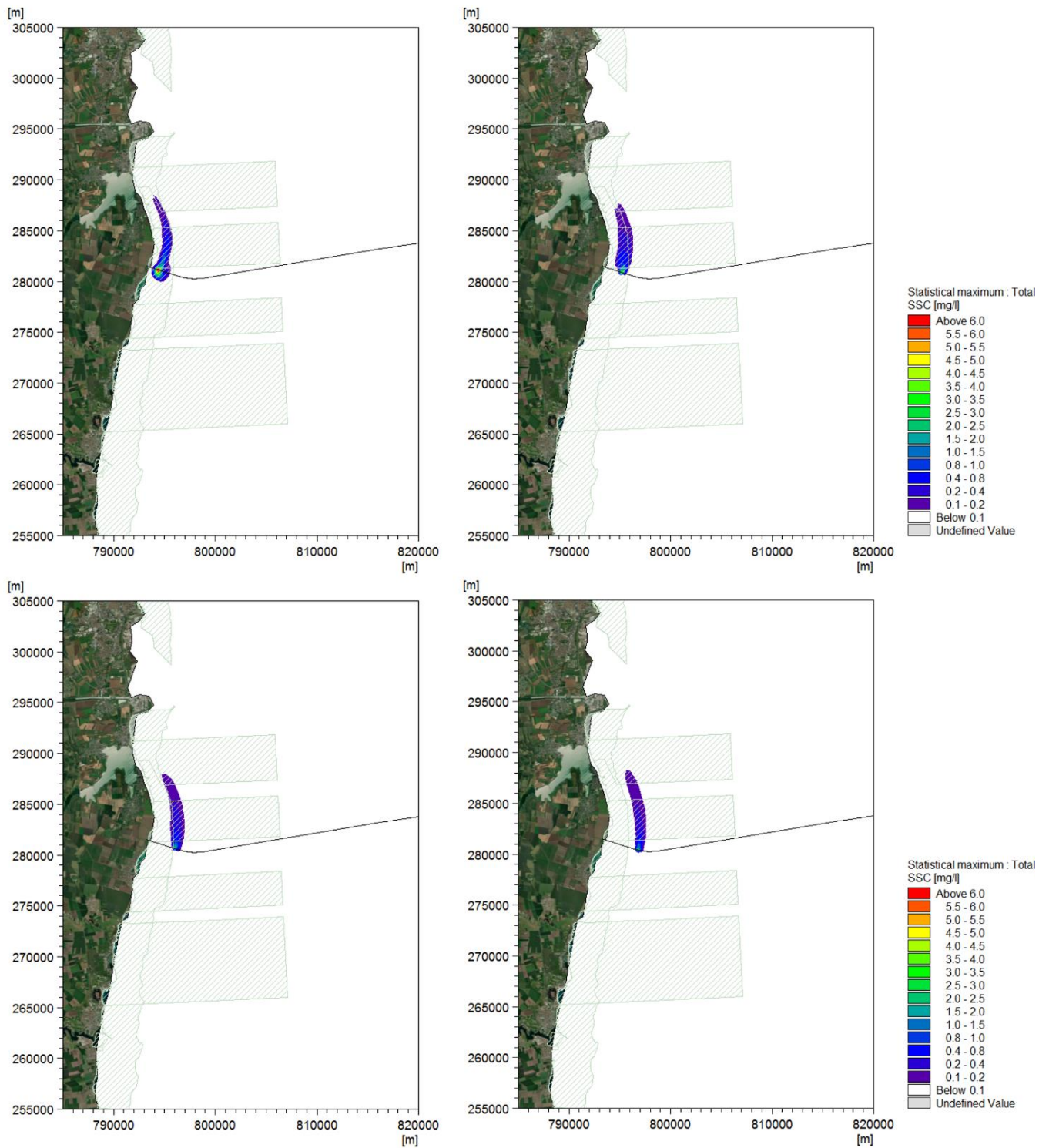


Figura 5-5. Stratul de suprafață simulat cu concentrația maximă totală de solide în suspensie care apare în orice moment în timpul operațiunii de dragare de 3 zile la secțiunea 1 (stânga sus), secțiunea 2 (dreapta sus), secțiunea 3 (stânga jos) și secțiunea 4 (dreapta jos) a liniei șanțului în timpul evenimentului tipic 4S.

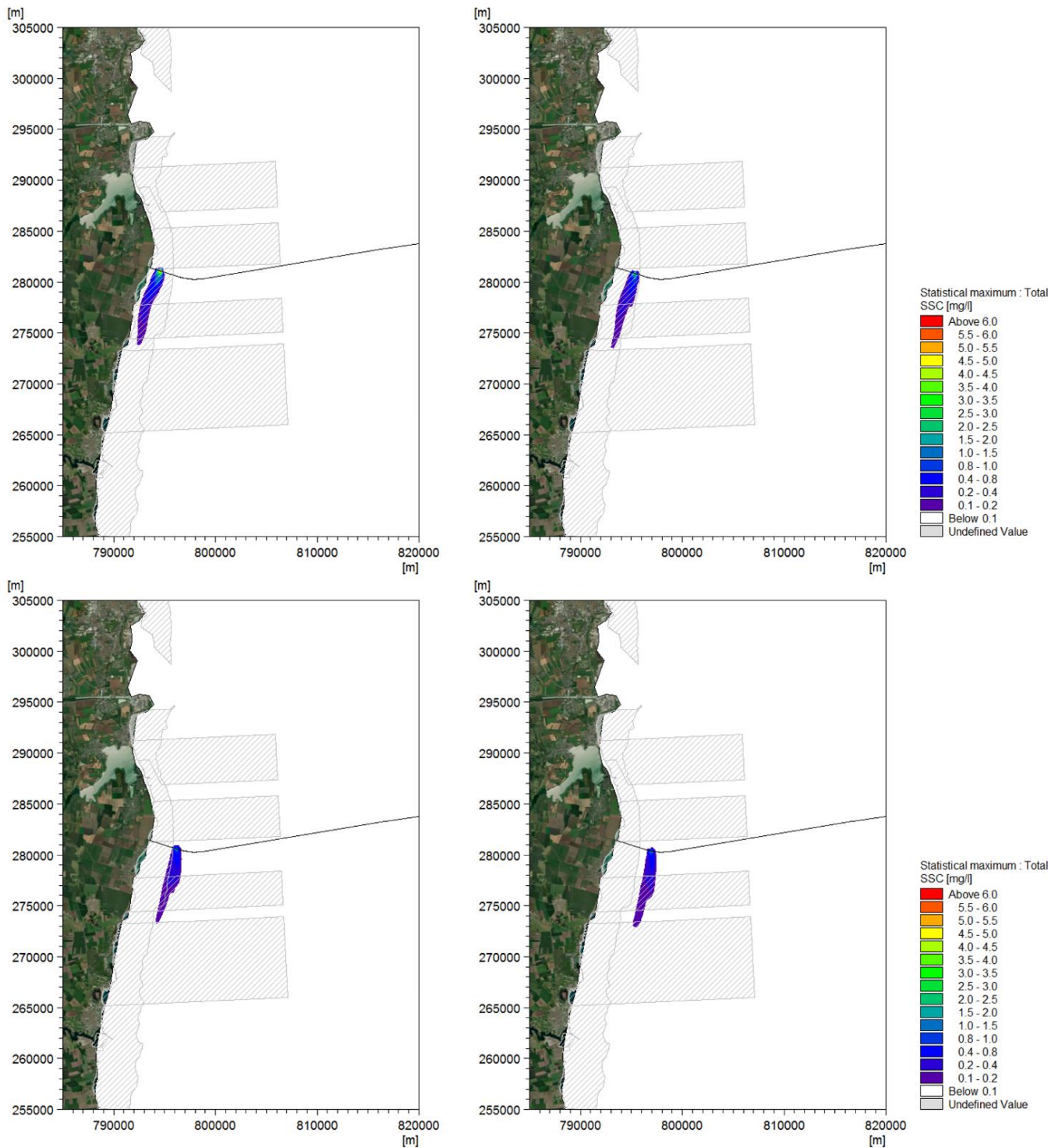


Figura 5-6. Stratul inferior simulat cu concentrația maximă totală de solide în suspensie care apare în orice moment pe parcursul operațiunii de dragare de 3 zile la secțiunea 1 (stânga sus), secțiunea 2 (dreapta sus), secțiunea 3 (stânga jos) și secțiunea 4 (dreapta jos) a liniei șanțului în timpul evenimentului tipic 1S.

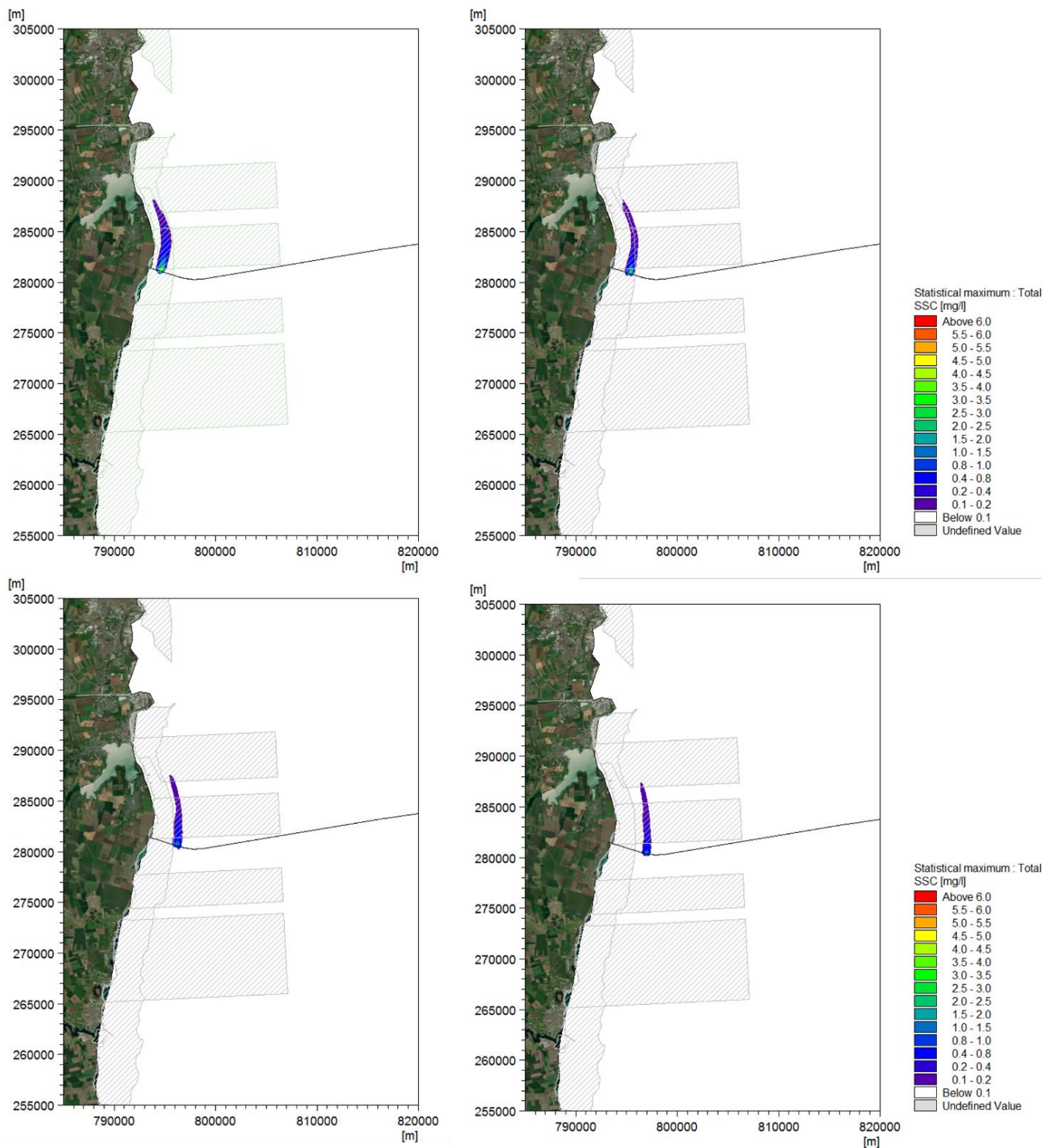


Figura 5-7. Stratul inferior simulat cu concentrația maximă totală de solide în suspensie care apare în orice moment pe parcursul operațiunii de dragare de 3 zile la secțiunea 1 (stânga sus), secțiunea 2 (dreapta sus), secțiunea 3 (stânga jos) și secțiunea 4 (dreapta jos) a liniei șanțului în timpul evenimentului tipic 2S.

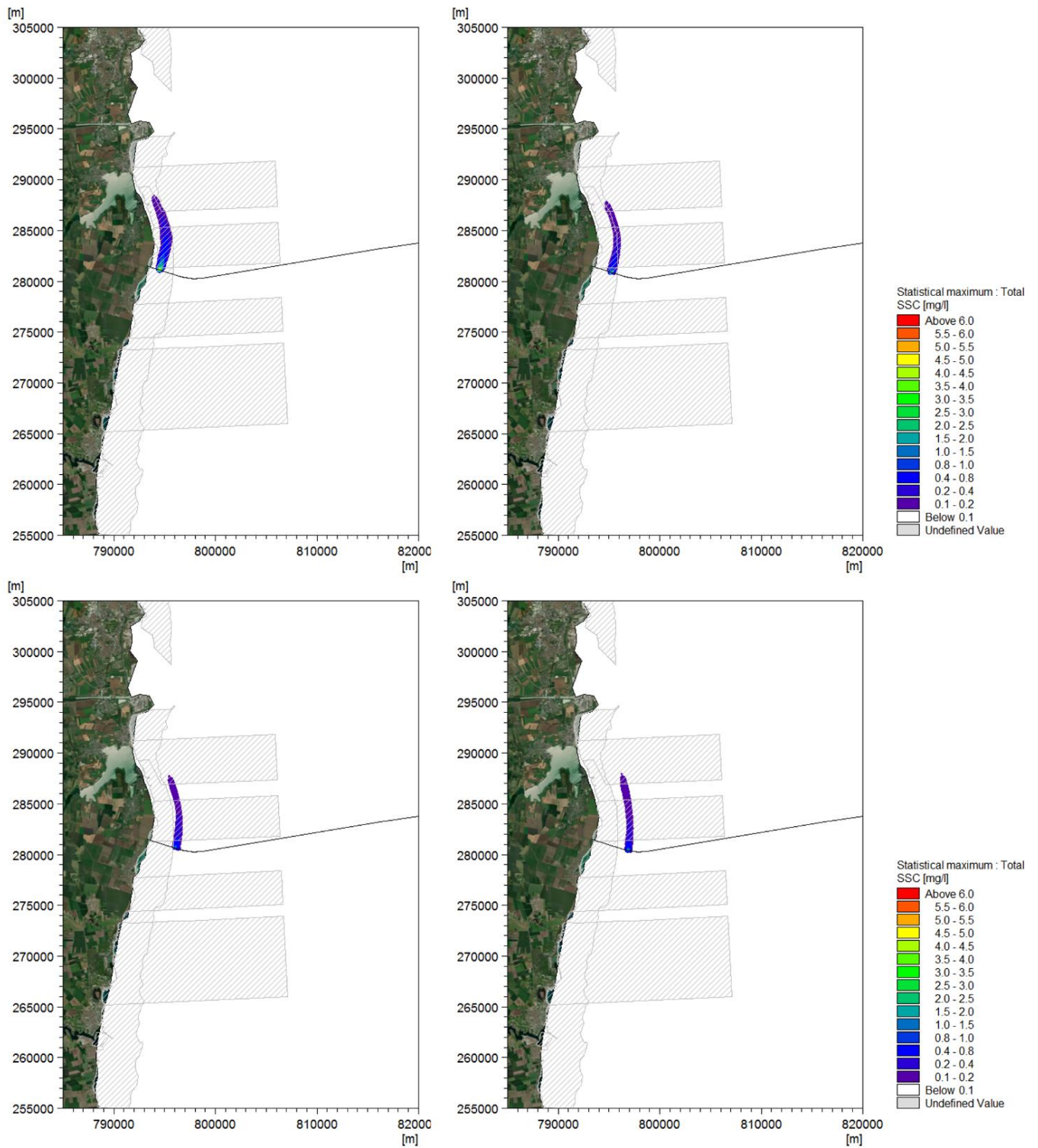


Figura 5-8. Stratul inferior simulat cu concentrația maximă totală de solide în suspensie care apare în orice moment pe parcursul operațiunii de dragare de 3 zile la secțiunea 1 (stânga sus), secțiunea 2 (dreapta sus), secțiunea 3 (stânga jos) și secțiunea 4 (dreapta jos) a liniei șanțului în timpul evenimentului tipic 3S.

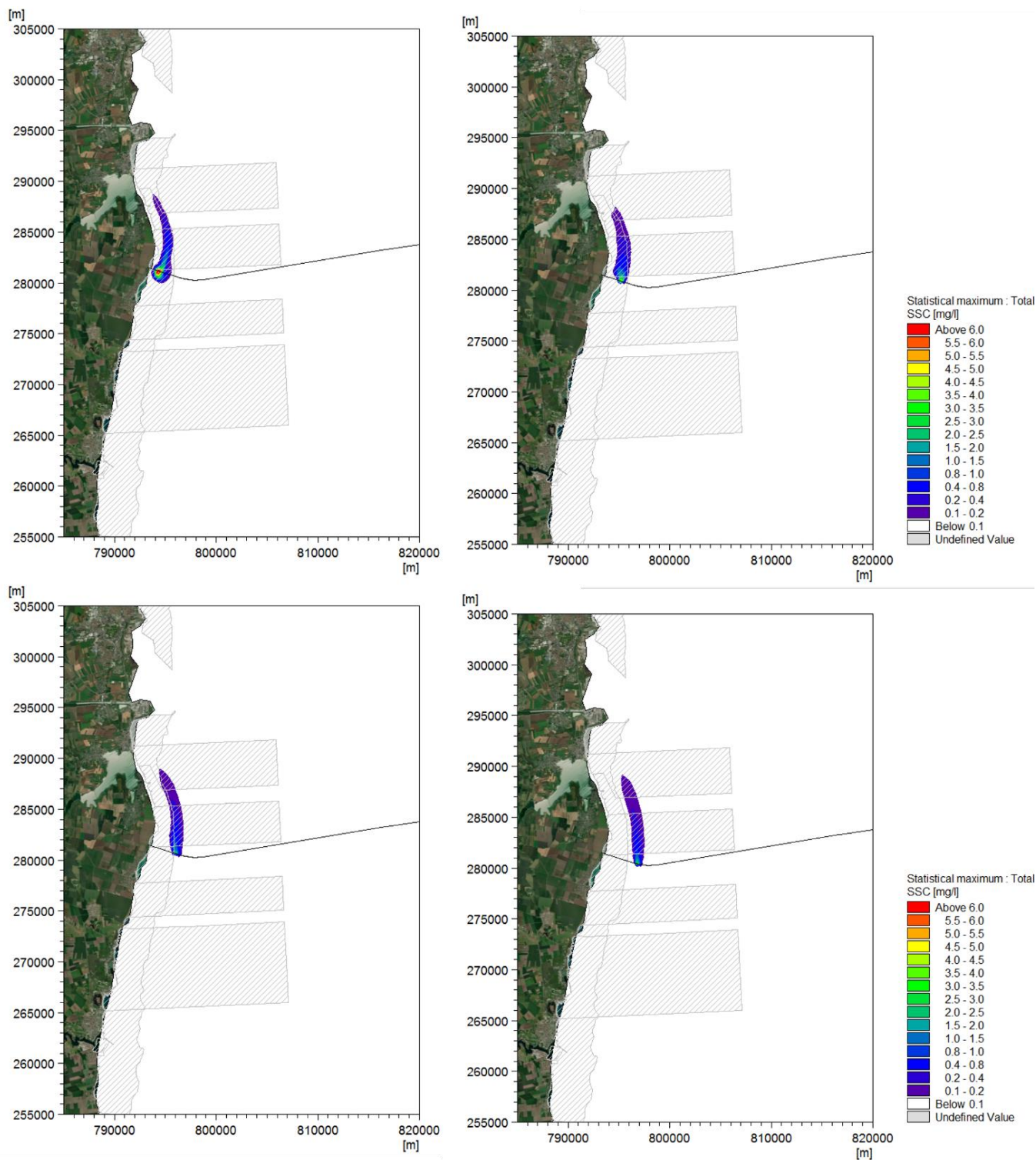


Figura 5-9. Stratul inferior simulat cu concentrația maximă totală de solide în suspensie care apare în orice moment pe parcursul operațiunii de dragare de 3 zile la secțiunea 1 (stânga sus), secțiunea 2 (dreapta sus), secțiunea 3 (stânga jos) și secțiunea 4 (dreapta jos) a liniei șanțului în timpul evenimentului tipic-4S.

5.5.2 Rezultatele operațiunilor complete de dragare

Au fost efectuate simulări pentru lucrările complete de dragare, utilizând două exemple de condiții de mediu (evenimentul 1C și 2C), astfel cum sunt descrise în secțiunea 2.3. Rezultatele studiului privind penele de sedimente au fost utilizate pentru a examina efectul lucrărilor de dragare propuse asupra mediului marin înconjurător. Rezultatele cheie ale modelului utilizat pentru această evaluare sunt: 1) concentrațiile solide totale în suspensie (TSSC) și 2) modificarea nivelului fundului mării după 28 de zile de operațiuni de dragare.

Modelul de ieșire TSSC este prelucrat în continuare pentru a determina TSSC maxim instantaneu care apare în orice moment în timpul operațiunii de dragare de 28 de zile (TSSC max). TSSC max este util pentru determinarea valorii instantanee maxime atinse în orice locație, dar nu oferă nicio indicație despre cât timp persistă acest TSSC în locație. Pentru a oferi o indicație a persistenței TSSC, producția TSSC a fost prelucrată pentru a determina procentul de timp în care se preconizează că TSSC va depăși 1 mg/l în timpul celor 28 de zile ale operațiunii de dragare. Rezultatele sunt prezentate în Figura 5-10 și Figura 5-13. În aceste figuri, linia șanțului propusă este prezentată ca o linie neagră, iar siturile Natura 2000 sunt prezentate ca hașură diagonală verde.

Pe măsură ce viteza actuală și/sau condițiile valurilor se reduc în intensitate, sedimentele în suspensie se vor depune treptat din coloana de apă și se vor depune pe fundul mării. Materialul grosier se va depune rapid, în timp ce materialul mai fin va fi transportat mai departe de șanț înainte de a se depune, în cele din urmă. Rezultatele schimbării nivelului fundului mării după 28 de zile de operațiuni de dragare sunt prezentate în Figura 5-14. Se remarcă faptul că modificarea calculată a nivelului fundului mării se datorează numai efectului operațiunilor de dragare.

Principalele constatări/observații sunt evidențiate mai jos:

- Rezultatul arată că penele de sedimente generate în timpul operațiunii de dragare sunt limitate la aliniamentul direcțiilor curenților. Stratul de sedimente este creat imediat după începerea lucrărilor de dragare și se dispersează în direcția tendinței dominante a curentului.
- Graficul concentrației maxime instantanee a sedimentelor în suspensie ilustrează faptul că norul de sedimente se extinde la aproximativ 10 km nord și sud de zona de dragare (TSSC > 0,1 mg/l), cea mai mare concentrație de TSSC (4-6 mg/l) având loc în imediata vecinătate a zonei de dragare în timpul ambelor evenimente simulate.
- Rezultatele modelului indică faptul că valorile concentrațiilor totale de solide în suspensie sunt mai mari la stratul inferior comparativ cu stratul de suprafață

Figura 5-12 și Figura 5-13 arată procentul de timp în care TSSC depășește 1 mg/l în timpul perioadei de dragare de 28 de zile în timpul ambelor evenimente simulate. Rezultatele indică faptul că, dincolo de linia șanțului, se anticipează că zona de depășire (>1%) se va situa la 1-2 km nord și sud de lucrările de dragare, cu frecvența depășirii între 1 și 5 % din timp. Depășirile procentuale relativ scăzute indicate de model se datorează probabil metodei de funcționare neîntreruptă a dragei (și anume, 10 ore pe zi în schimb), astfel cum este descrisă în secțiunea 5.2 iar 18% din sedimentele deversate sunt clasificate ca sedimente fine.

- Sedimentarea preconizată a sedimentelor deversate după operațiunea de dragare este prezentată în Figura 5-14 pentru ambele evenimente. Rezultatele arată că sedimentele vărsate sunt depozitate la 2 până la 3 km față de linia șanțului. Cu toate acestea, majoritatea sedimentelor deversate sunt de obicei depozitate în imediata vecinătate a zonei de dragare.

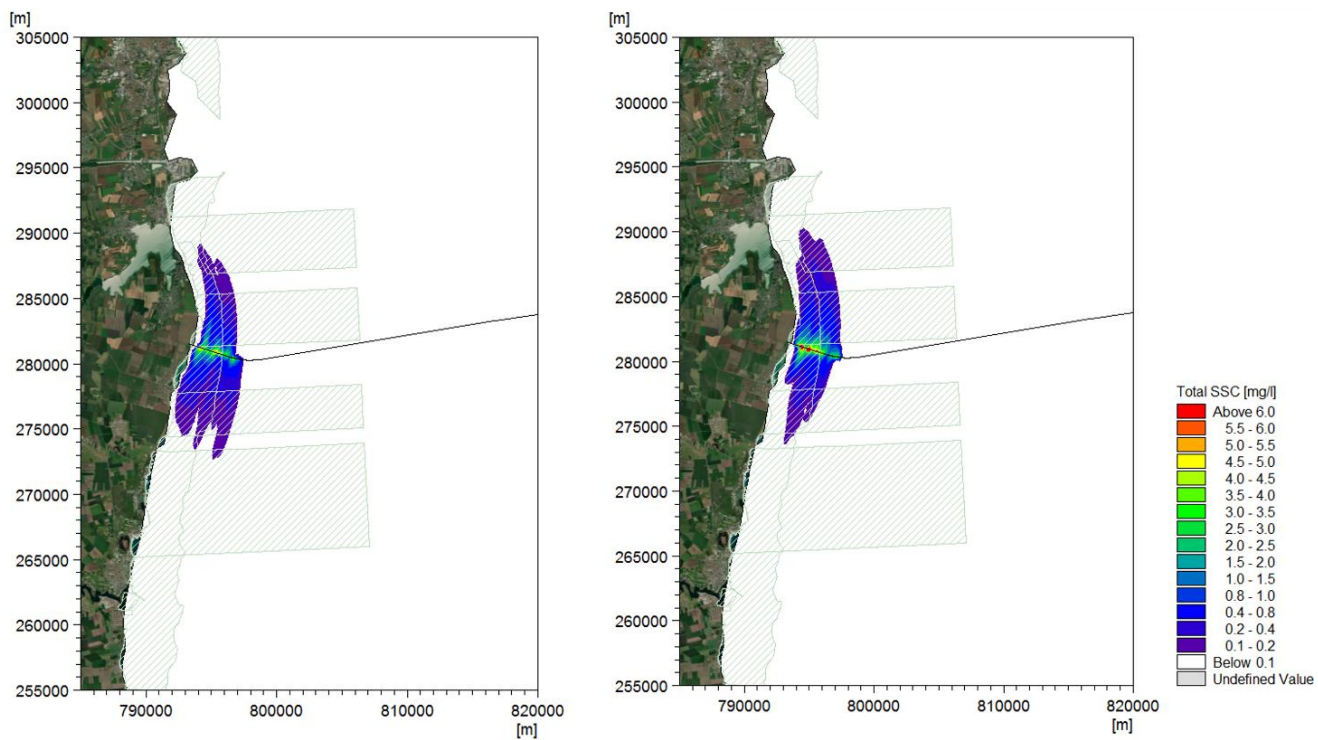


Figura 5-10. Concentrația maximă totală de solide în suspensie (TSS) a stratului superficial care apare în orice moment pe parcursul operațiunii de dragare de 28 de zile pentru evenimentul 1C (stânga) și evenimentul 2C (dreapta).

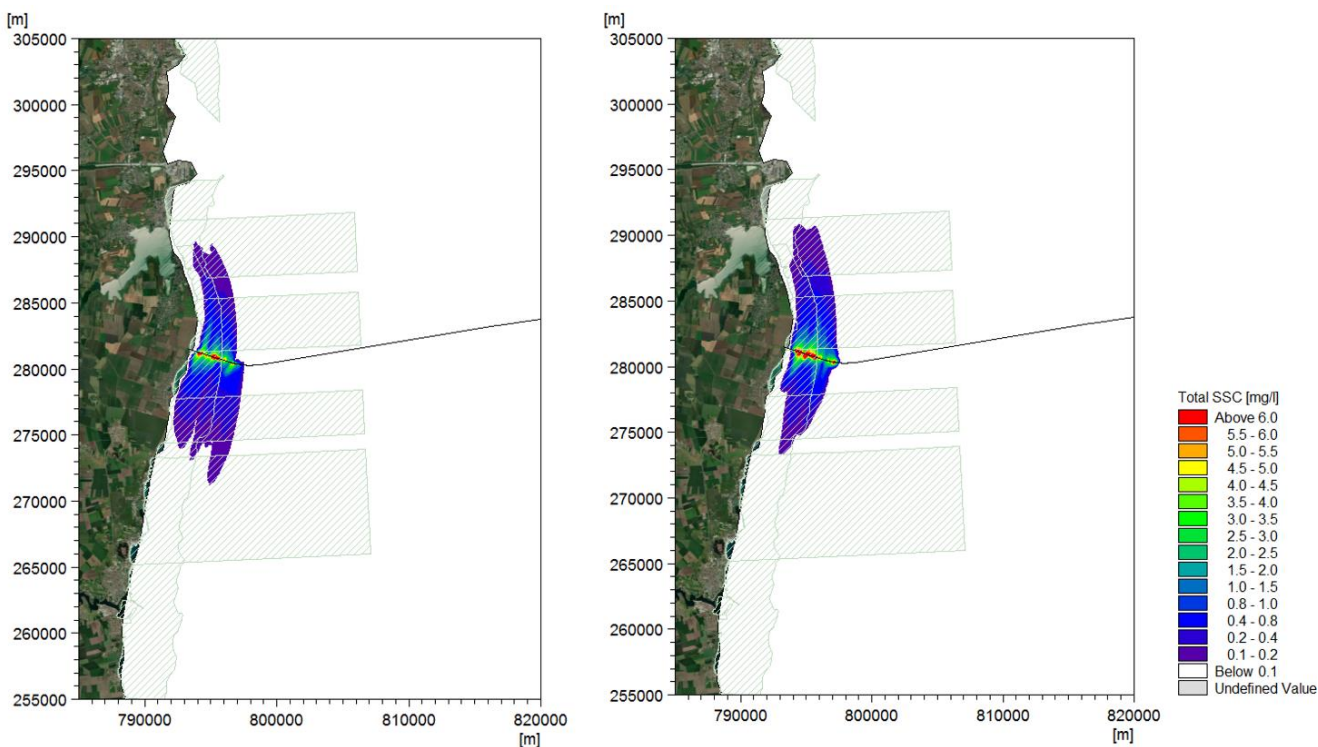


Figura 5-11. Concentrația maximă totală de solide în suspensie (TSS) a stratului inferior care apare în orice moment pe parcursul operațiunii de dragare de 28 de zile pentru evenimentul 1C (stânga) și evenimentul 2C (dreapta).

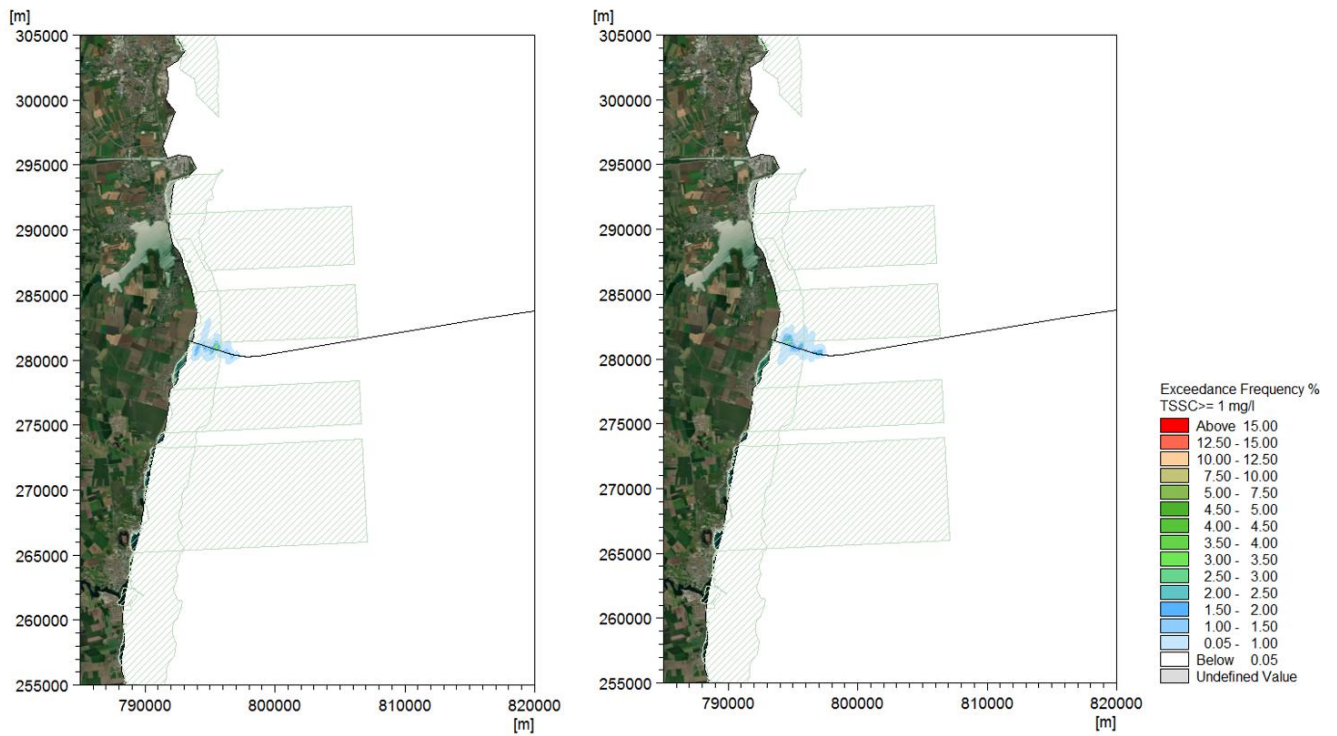


Figura 5-12. Procentul de timp în care TSS depășește 1 mg/l. în timpul operațiunii de dragare de 28 de zile în stratul superior pentru evenimentul 1C (stânga) și evenimentul 2C (dreapta).

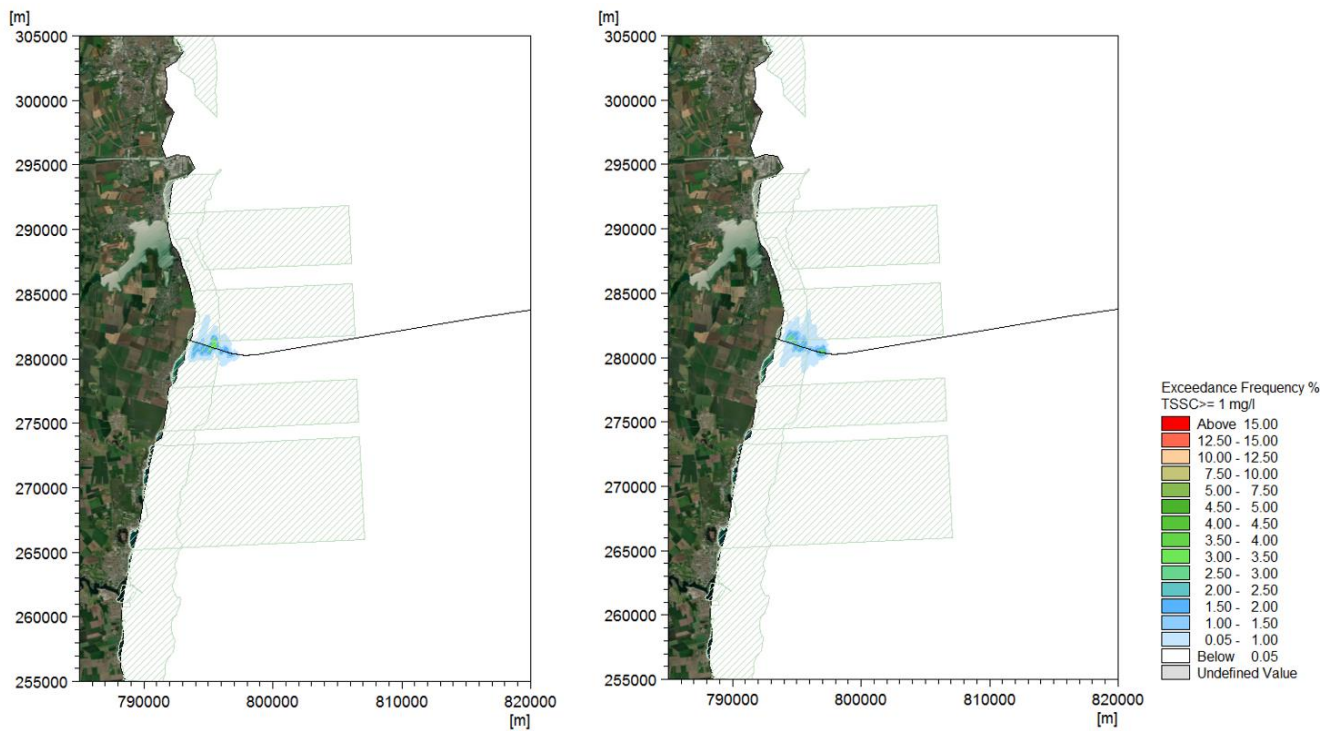


Figura 5-13. Procentul de timp în care TSS depășește 1 mg/l. în timpul operațiunii de dragare de 28 de zile în stratul inferior pentru evenimentul 1C (stânga) și evenimentul 2C (dreapta).

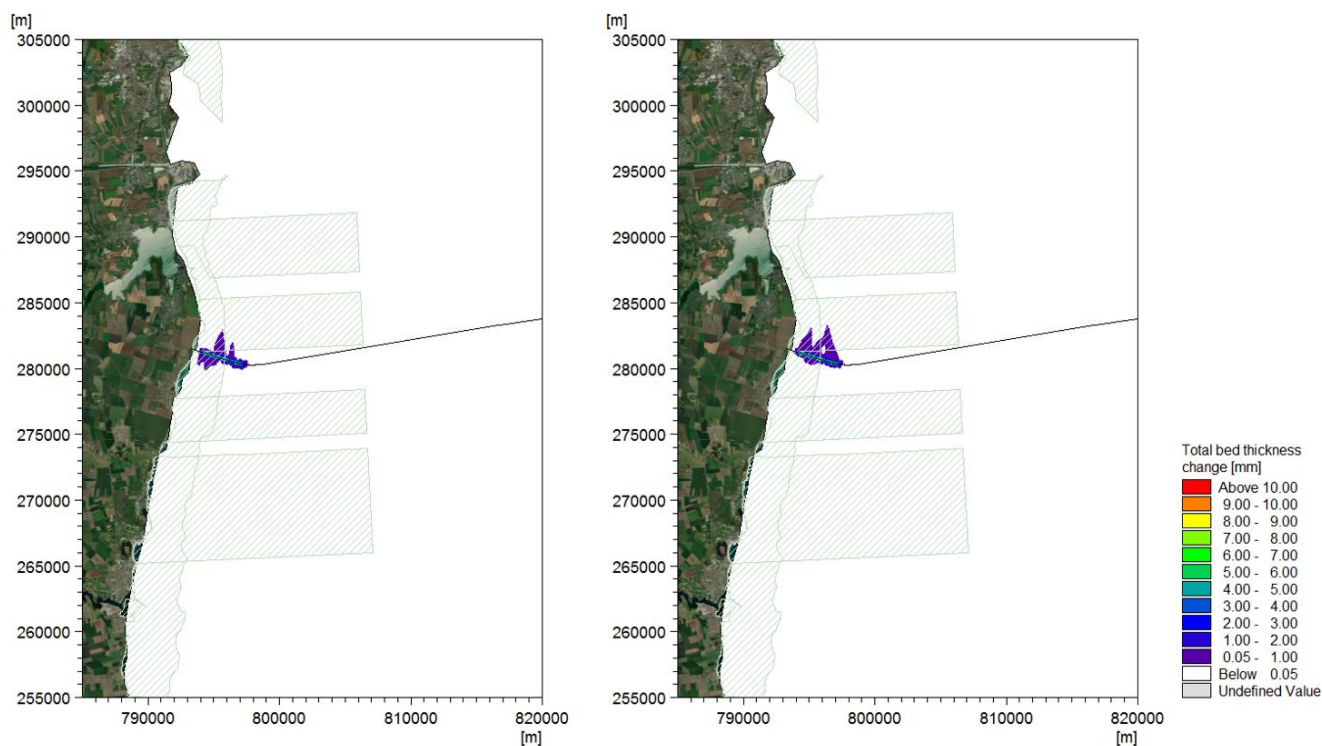


Figura 5-14. Grosimea totală a fundului mării se modifică ca urmare a decantării sedimentelor deversate în timpul operațiunii de dragare pentru evenimentul 1C (stânga) și evenimentul 2C (dreapta).

5.6 Deversarea nisipului

5.6.1 Configurarea modelului

Calculul modelului MIKE 3 MT sunt efectuate pe întreg domeniul, grila este aceeași cu cea utilizată în modelarea valurilor și hidrodinamică (secțiunea 3). La fel ca în modelul hidrodinamic, modelul are și cinci (5) straturi verticale.

Modelul a fost constrâns cu valorile descrise în secțiunea 3.4 iar curgerea este descrisă în secțiunea 4.3. Un fișier cu datele de dragare cu rate negative (negativ utilizat pentru deversare) a fost utilizat pentru a reprezenta operațiunea de deversare cu o rată de deversare de -50 kg/s și un procent de deversare de 8 %. Pasul intern de timp al modelului este de 300 de secunde. Parametrii-cheie ai modelului sunt rezumați în Tabelul 5-5 ÷ Tabelul 5-7.

Două (2) fracții de nisip au fost utilizate în modelare, fracția 1 reprezentând 33% și fracțiunea 2 restul de 67% din volumul total (a se vedea secțiunea 2.2.6).

Datele măsurate nu au fost disponibile pentru calibrarea modelului. Prin urmare, modelul a fost configurat folosind parametrii tipici ai modelului.

Tabelul 5-5. Date privind modelele-cheie utilizate în operațiunile de deversare

Parametru	Valoare
Condiții de curgere	Grila și condițiile de curgere la fel ca la modulul de curgere
Condiții valuri	Date despre valuri din modelul MIKE 21 SW.
Condiții la limite	Concentrația sedimentelor în suspensie (SSC) = 0 la toate marginile pentru ambele fracții
Condiții inițiale	SSC = 0

Parametru	Valoare
Parametrii coloanei de apă	Vezi Tabelul 5-6
Parametrii fundului apei	Vezi Tabelul 5-7
Rugozitatea fundului mării	<ul style="list-style-type: none"> Înălțime rugozitate = 0.025 m
Deversare	<ul style="list-style-type: none"> Vărsare uniformă prin coloana de apă Distribuția sedimentelor = 33% (fracție 1 nisip); 67% (fracție 2 nisip) Excavator cu ciclu de deversare de 10-orela fiecare 24 ore. Rata de deversare = 300 m³/hr (50 kg/s); <p>Rata de deversare = 8 %</p>
Dispersie	Scalat ca la modelarea curgerii

Tabelul 5-6. Parametrii coloanei de apă utilizați în operațiunile de deversare

	Fracție 1 nisip	Fracție 2 nisip
Ws (m/s)	0.0104	0.0966
Tau_cd	0.07	0.07

Tabelul 5-7 Parametrii fundului mării utilizați în operațiunile de deversare

	Strat 1
Grosimea inițială	0,0
Distribuția inițială a sedimentelor	33% (fracție 1 nisip) 67% (fracție 2 nisip)
Descrierea eroziunii	Nămol întărit
Densitate uscată (kg/ m ³)	600
Tau_ce (N/m ²)	1.0
Erodabilitatea, E (kg/m ² /s)	0.0002

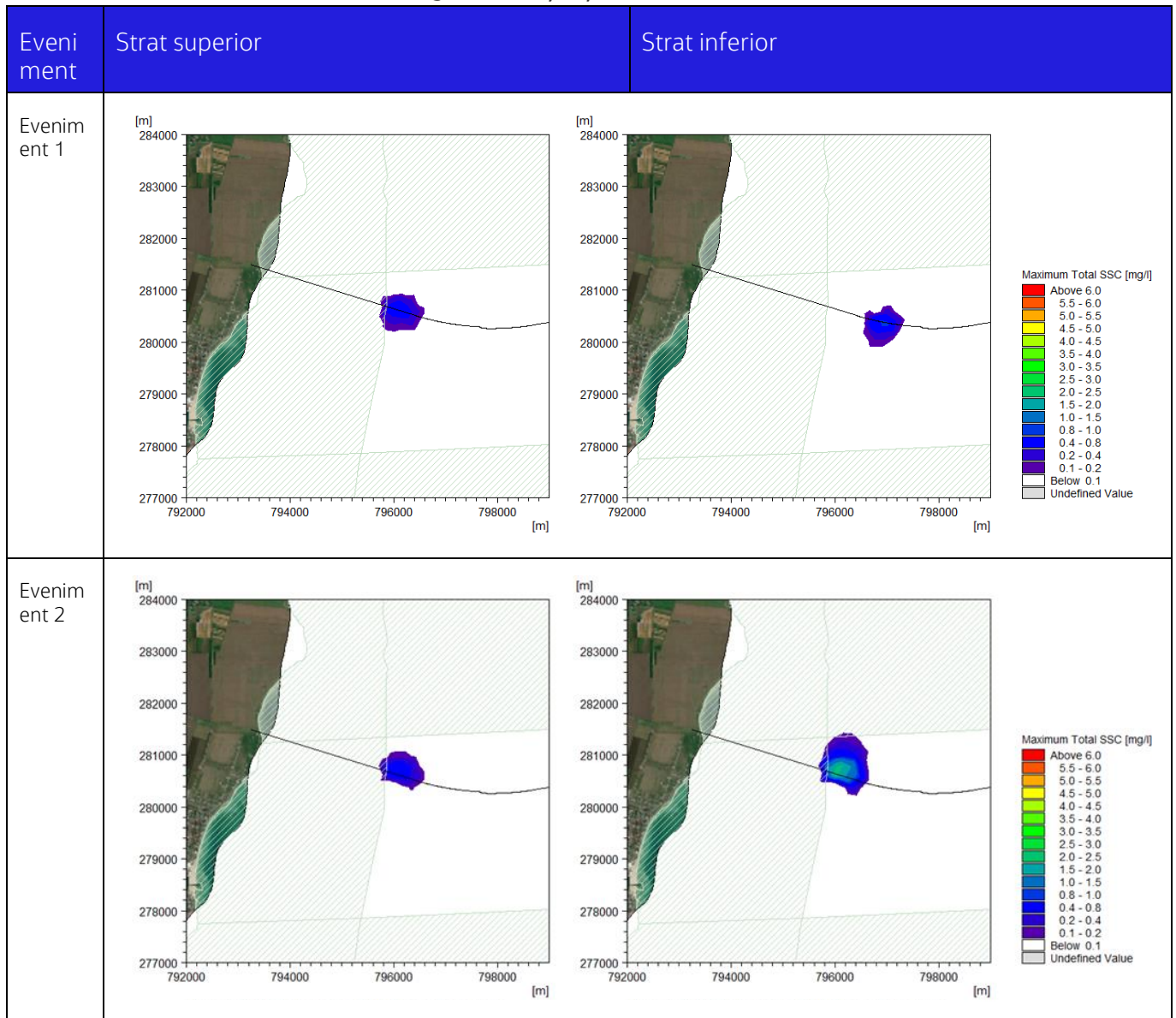
5.6.2 Rezultatele deversării nisipului pentru simulările de sensibilitate

Pentru anumite condiții de mediu, modelul a fost utilizat pentru o perioadă de deversare de 3 zile, constând în 10 ore de deversare, urmate de 14 ore de pauză. Modelele rulate au constatat în trei (3) astfel de cicluri de deversare. Operațiunile de deversare sunt efectuate în ultimii 1.600 m ai șanțului, acest lucru este prezentat ca secțiunile 3 și 4 din Figura 5-1. Rezultatele care indică TSSC maximă, frecvența depășirii pe o perioadă de 3 zile și sedimentarea netă cauzată de deversare sunt rezumate în Figura 5-15 ÷ Figura 5-19. În toate graficele, conducta propusă este prezentată ca o linie neagră, iar siturile Natura 2000 sunt indicate cu hașură verde diagonală.

Rezultatele pentru cele patru (4) condiții de mediu testate arată următoarele:

- Amplasarea penei de sediment depinde de vânt și de condițiile de curgere în timpul operațiunilor de descărcare. Pana de sediment (cu valoarea concentrației la margine de 0,1 mg/l) după perioada de deversare de 3 zile, se extinde între 1 și 2 km de la linia șanțului pentru toate condițiile de mediu testate.
- În toate condițiile de mediu, TSSC mai mare de 1 mg/l este observată în timpul a 1% din perioadele de descărcare de 3 zile (~ 1 oră) până la 1 km de la linia șanțului în stratul inferior; Această distanță este redusă în stratul superior.
- Pentru cele patru condiții de mediu utilizate în simulările de 3 zile, sedimentele deversate sunt depozitate pe o rază de 1 km față de șanț. Cea mai mare parte a depunerii are loc în șanț, deoarece fracțiile grosiere de nisip sunt depuse rapid datorită faptului că au o viteză mare de sedimentare. Impactul rezultat al deversării în toate condițiile de mediu preconizate este limitat la mai puțin de 1-2 km de șanț.

Figura 5-15. Șanț 3 TSSC maxim



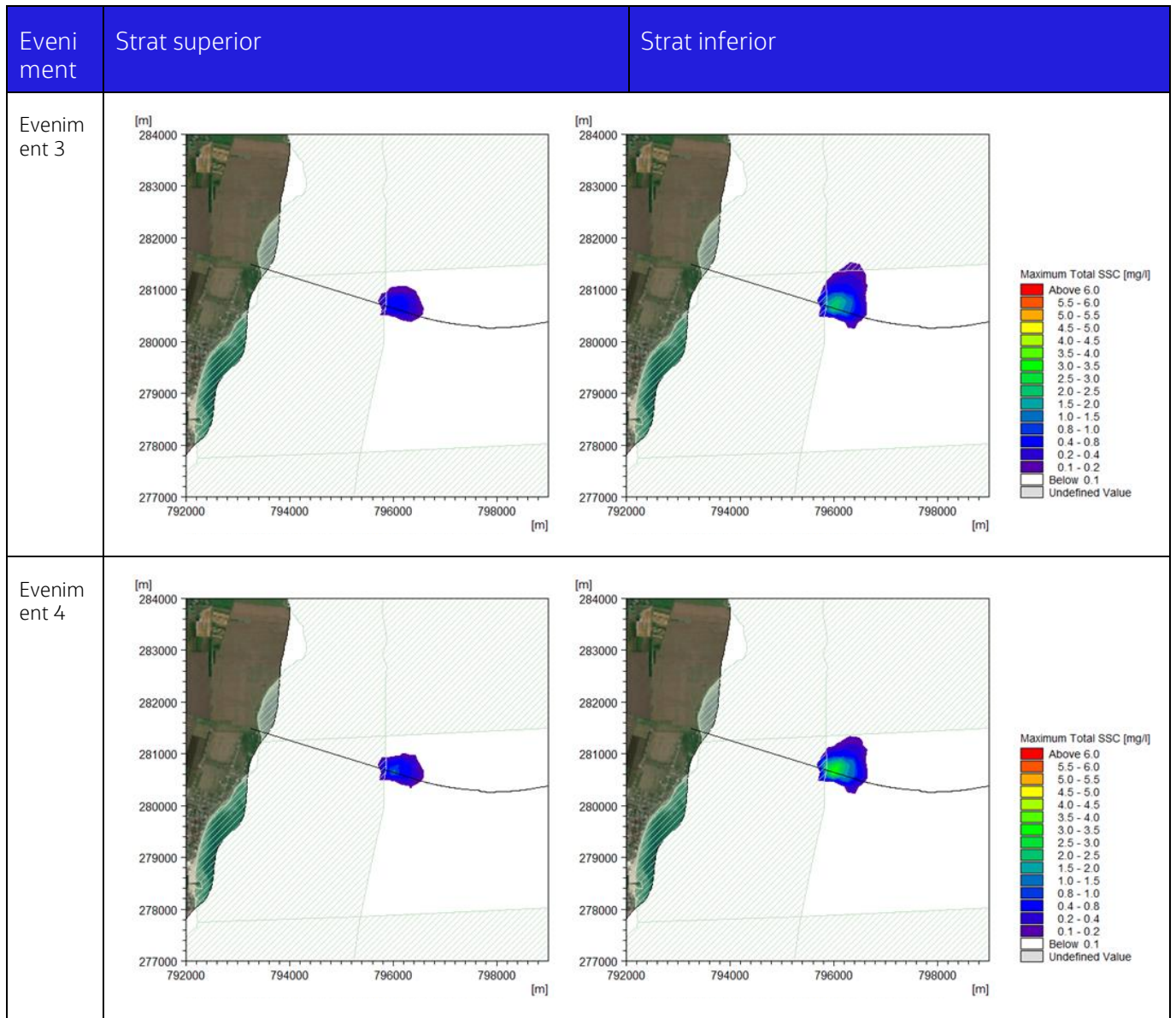
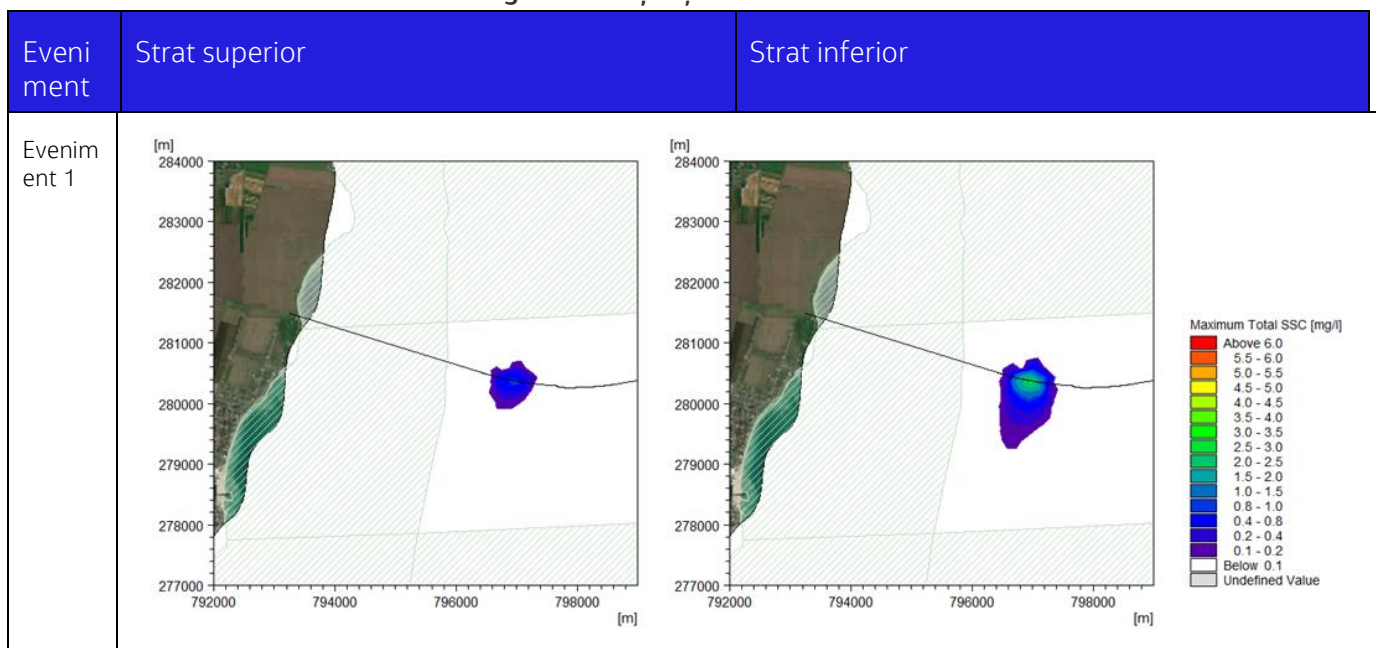


Figura 5-16. Șanț 4 TSSC maxim



Internal

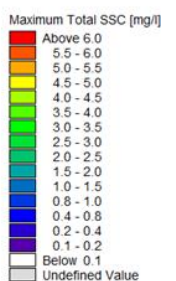
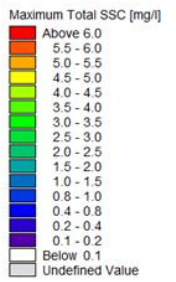
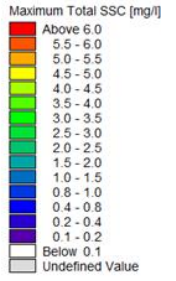
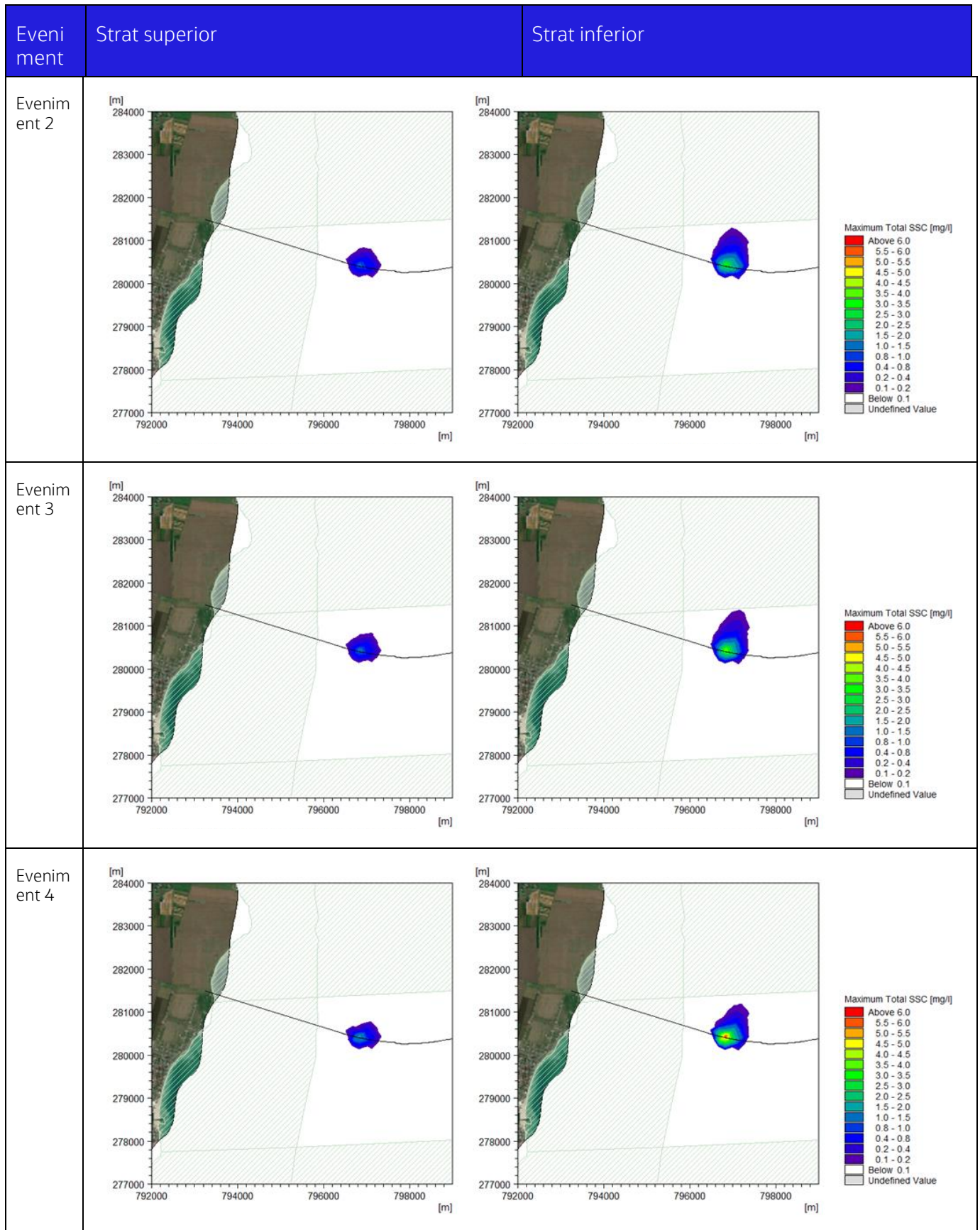
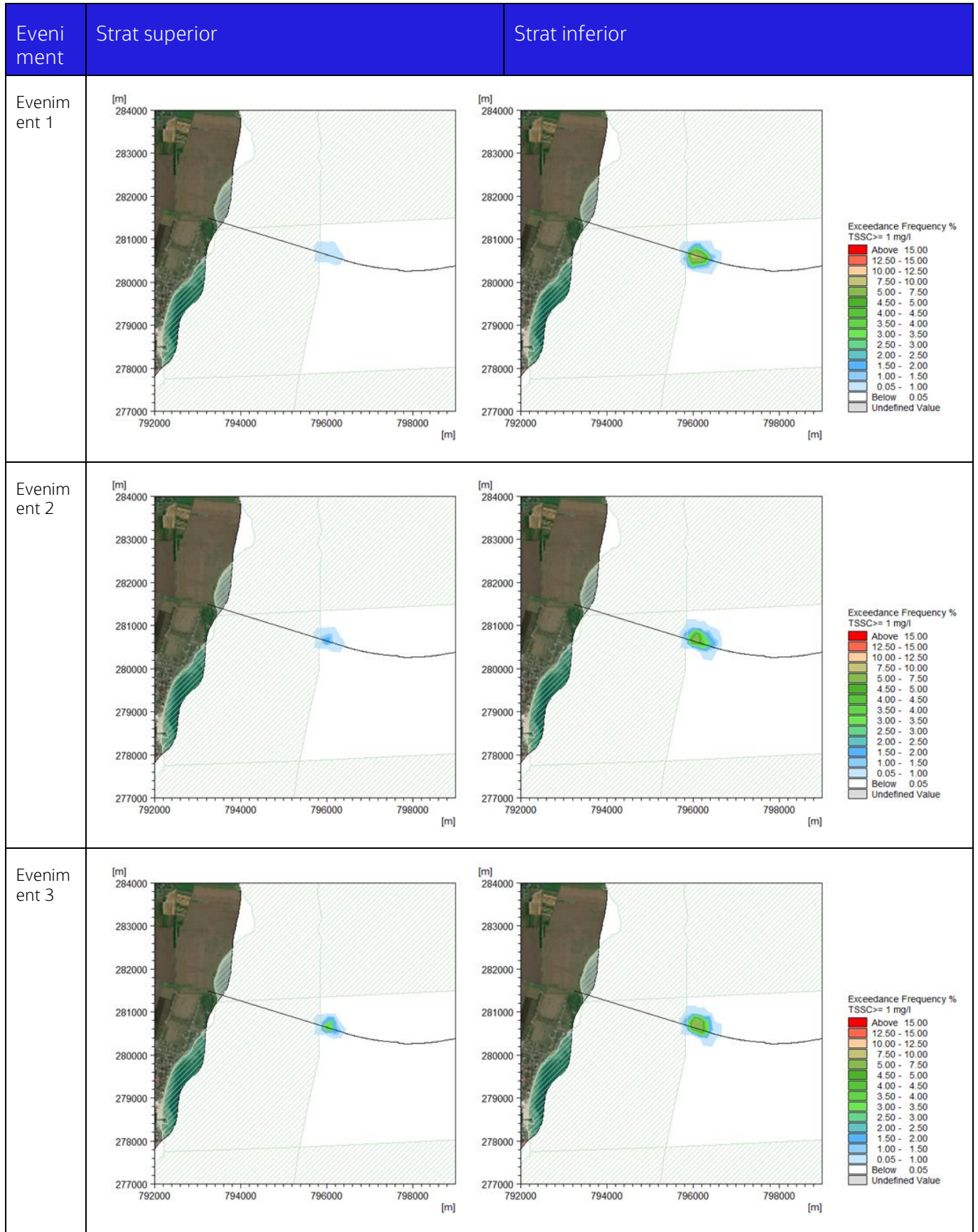


Figura 5-17. Șanț 3 simulare 3 zile - Frecvența depășirii pentru TSSC > 1 mg/l



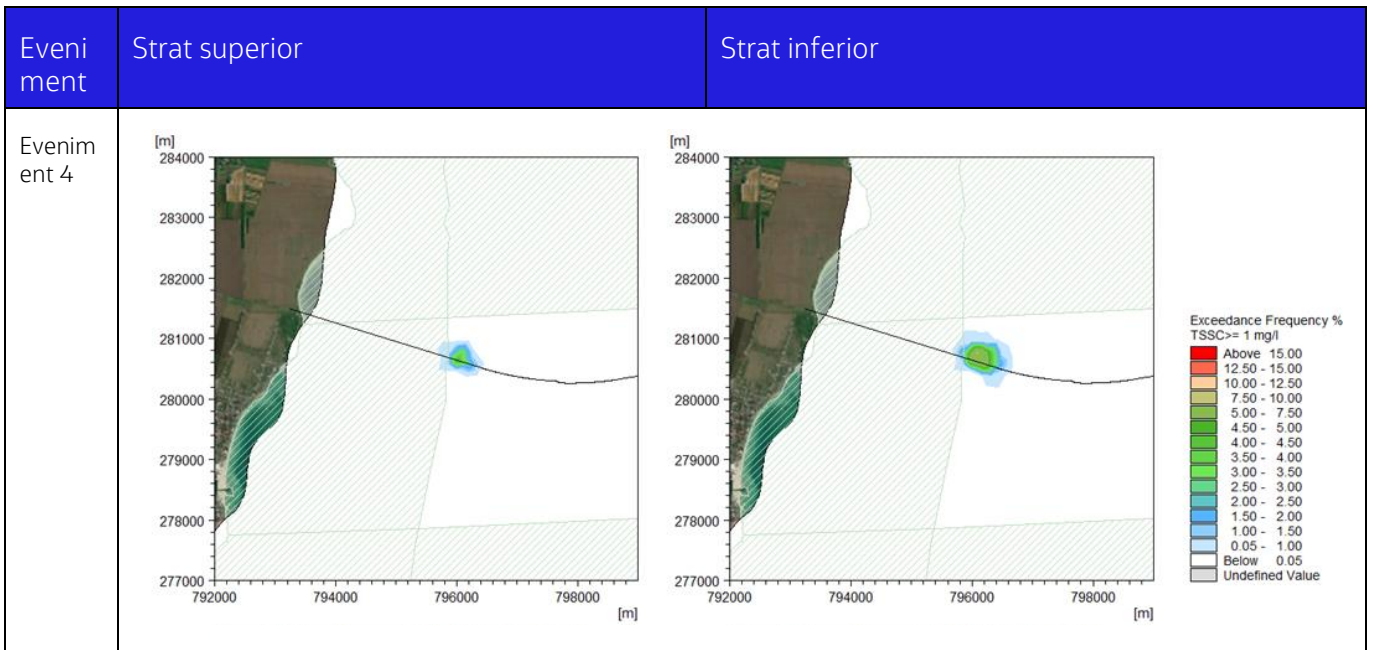
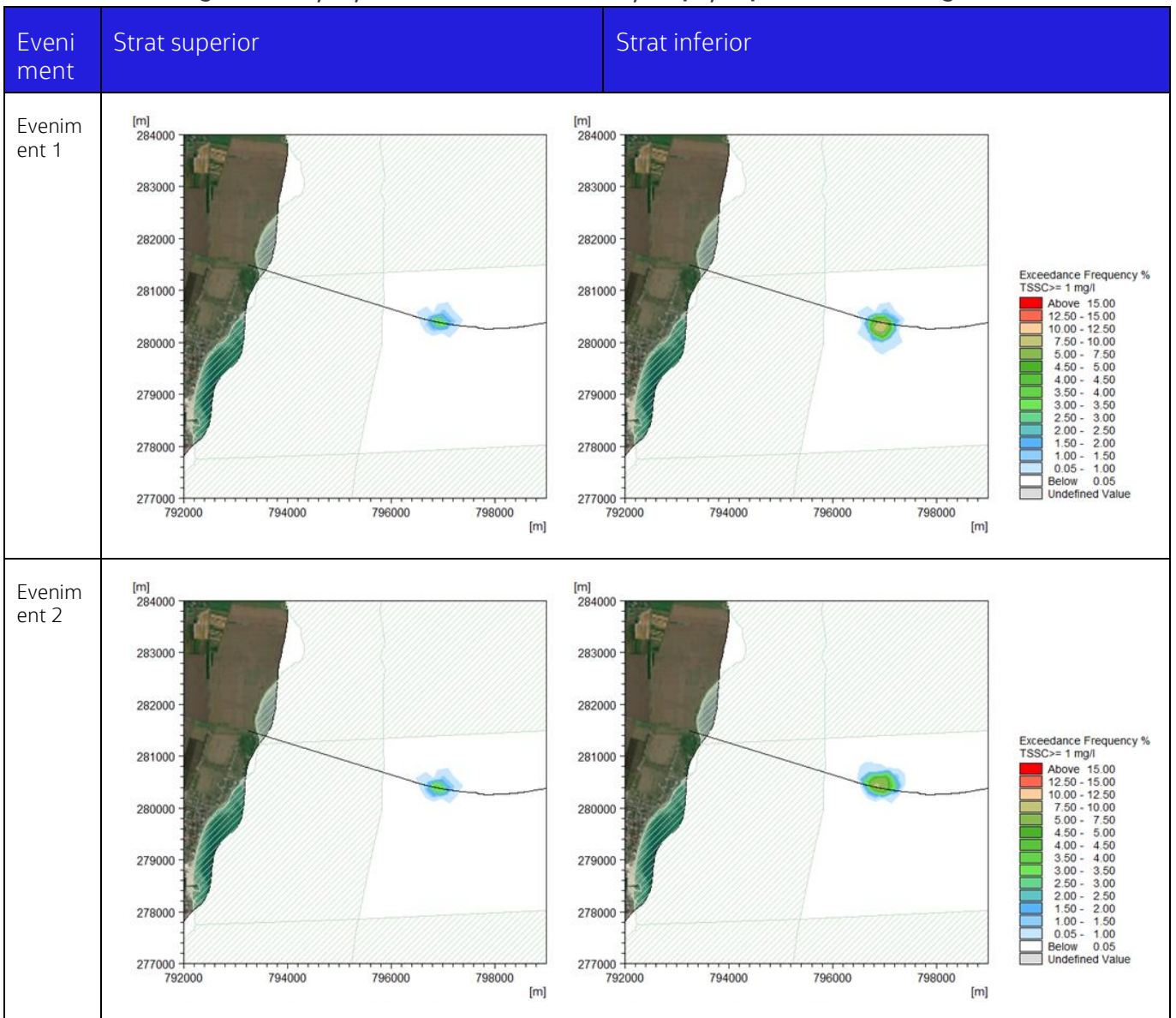


Figura 5-18. Șanț 4 simulare 3 zile - frecvența depășirii pentru TSSC > 1 mg/l



Internal

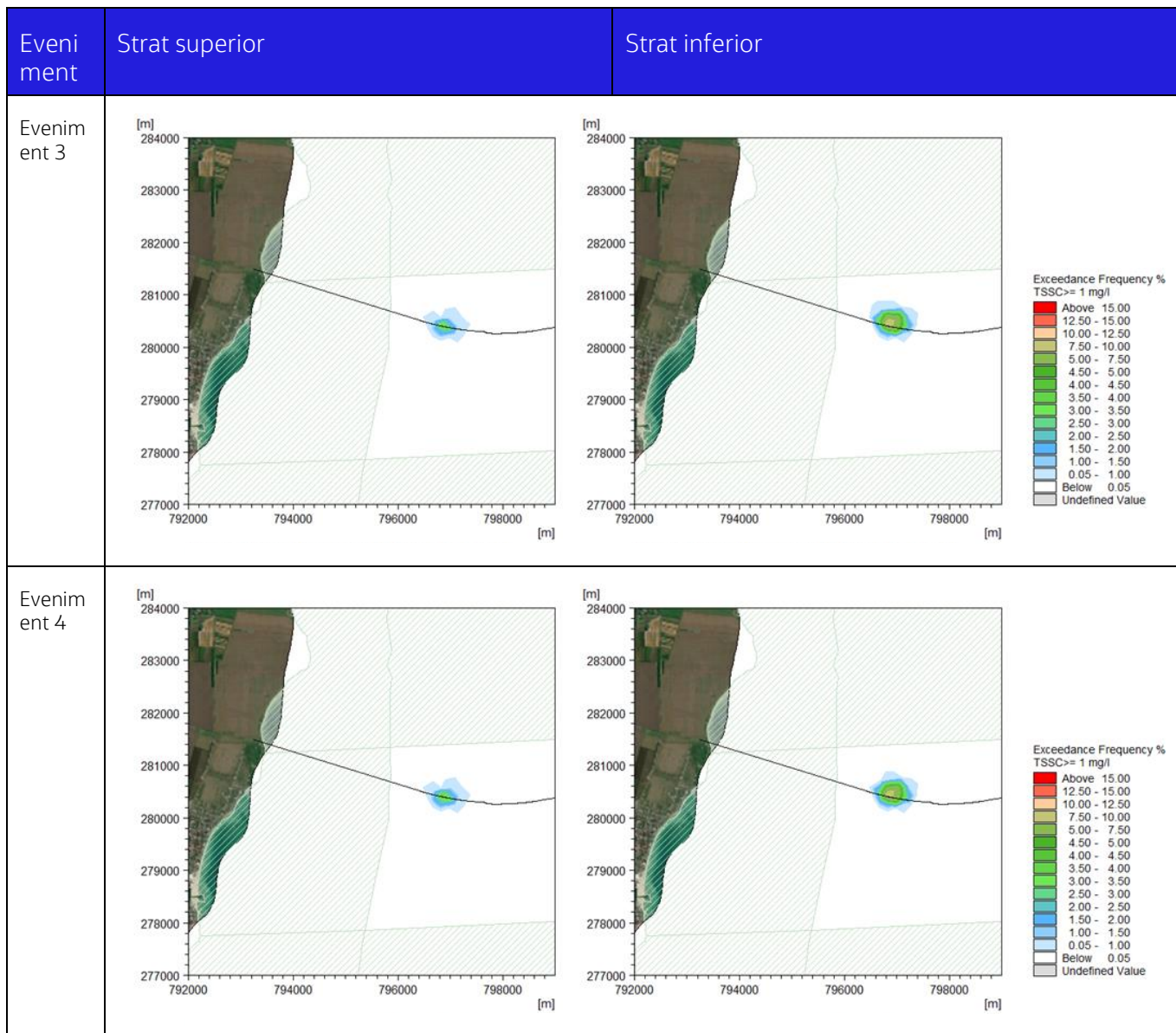
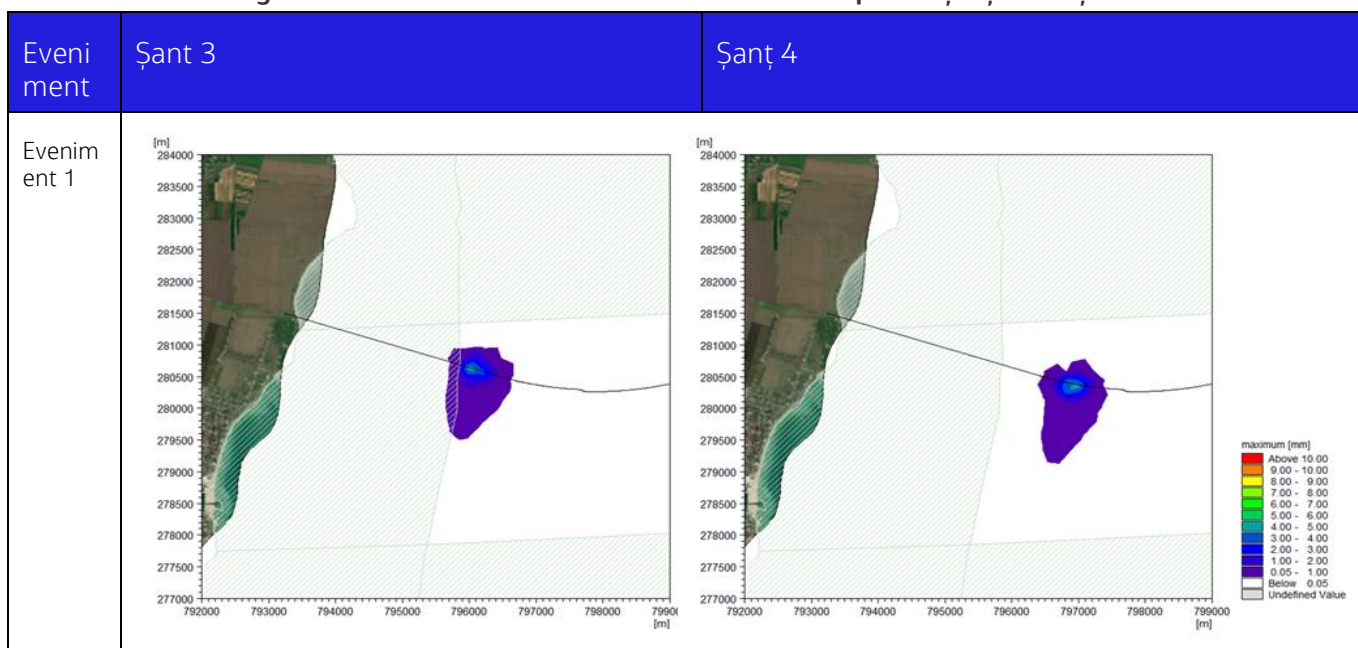
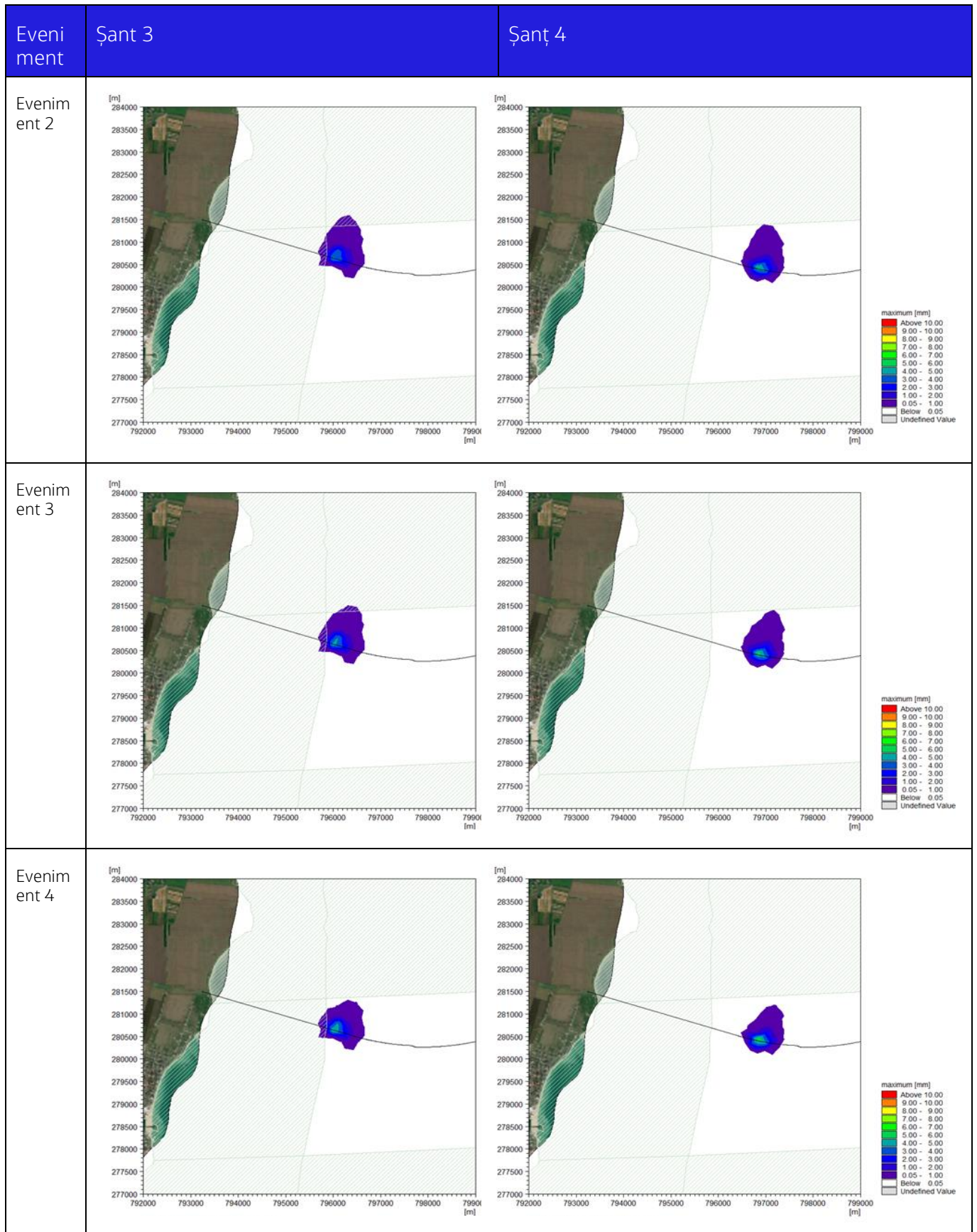


Figura 5-19. Sedimentarea netă datorată deversării pentru șanțurile 3 și 4



Internal



5.6.3 Rezultatele deversării nisipului pentru operațiuni complete

Pentru condiții operaționale complete, modelul a fost utilizat pentru o perioadă de deversare de 15 zile, constând în 10 ore de deversare, urmate de 14 ore de pauză. Simulările modelate au constat în cincisprezece (15) astfel de cicluri de deversare. Operațiunile de descărcare sunt efectuate în ultimii 1.775 m ai șanțului.

Rezultatele care indică TSSC maxim, frecvența depășirilor pe o perioadă de 15 zile și sedimentarea netă cauzată de deversare sunt rezumate în Figura 5-20 ÷ Figura 5-26. În toate graficele, conducta propusă este prezentată ca o linie neagră, iar siturile Natura 2000 sunt indicate cu hașură verde diagonală.

Rezultatele pentru cele două (2) operațiuni de deversare complete arată următoarele:

- Amploarea norului depinde de vânt și de condițiile de curgere în timpul operațiunilor de descărcare. Stratul de sedimente (cu valoarea concentrației la margine de 0,1 mg/l) în ambele perioade de 15 zile se întinde între 1-2 km de la linia șanțului peste toate straturile modelate, cea mai mare întindere fiind observată în stratul inferior.
- În ambele cazuri, TSSC mai mare de 1 mg/l observată în timpul a 1% din perioada de deversare de 15 zile (~ 3,5 ore) se întinde până la o distanță de 0,5 km de linia șanțului în stratul inferior, această distanță este redusă semnificativ în stratul superior.
- De-a lungul celor două perioade de alergare de 15 zile, sedimentele aruncate sunt depozitate la 1 km de șanț. Cea mai mare parte a depunerii are loc în șanț, deoarece nisipul grosier se fracționează și se depune rapid datorită faptului că are o viteză mare de sedimentare. Impactul rezultat al deversării de-a lungul liniei de șanț în toate condițiile testate este limitat la mai puțin de 1-2 km de șanț.

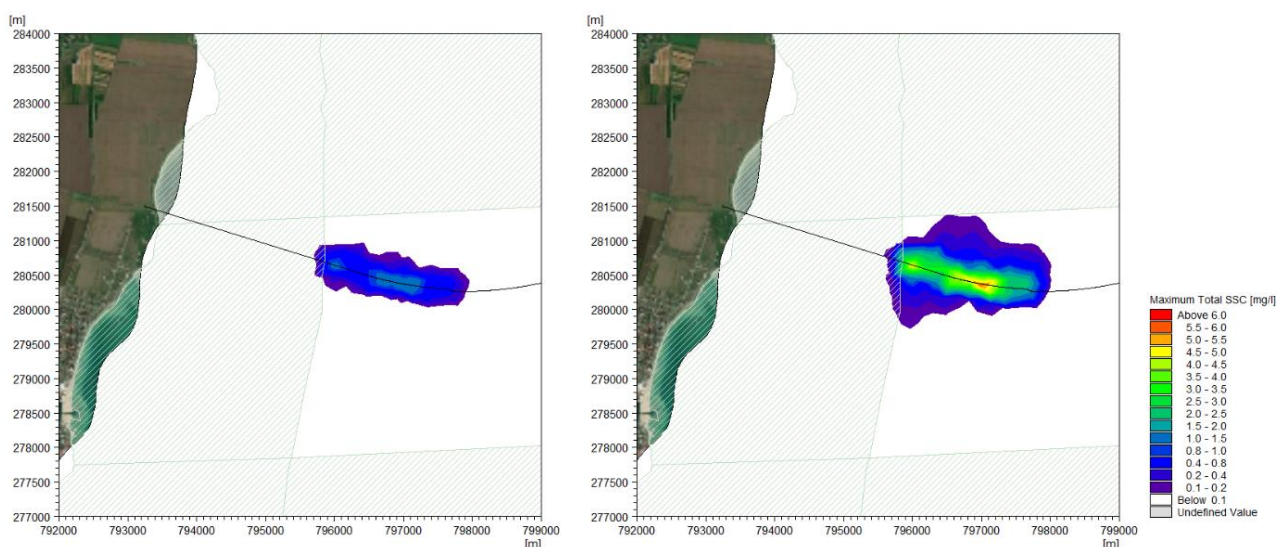


Figura 5-20. Evenimentul 1: SSC total maxim - Simulare 15 zile (stratul superior stânga, stratul inferior dreapta).

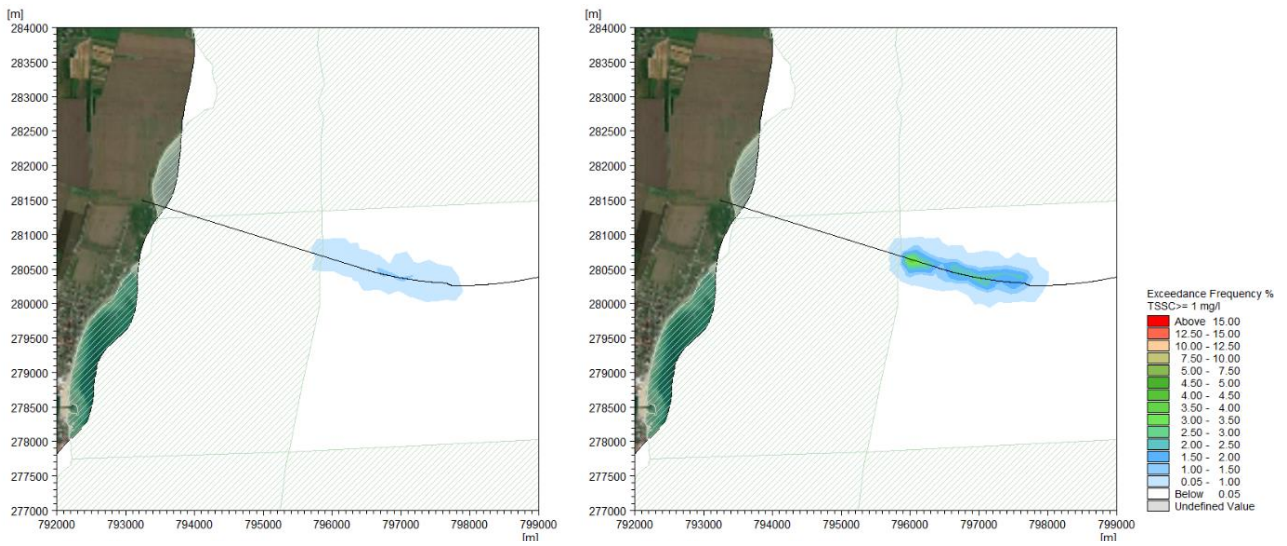


Figura 5-21. Evenimentul 1: Frecvența depășirii pentru TSSC > 1 mg/l simulare de 15 zile (stratul superior stânga, stratul inferior dreapta).

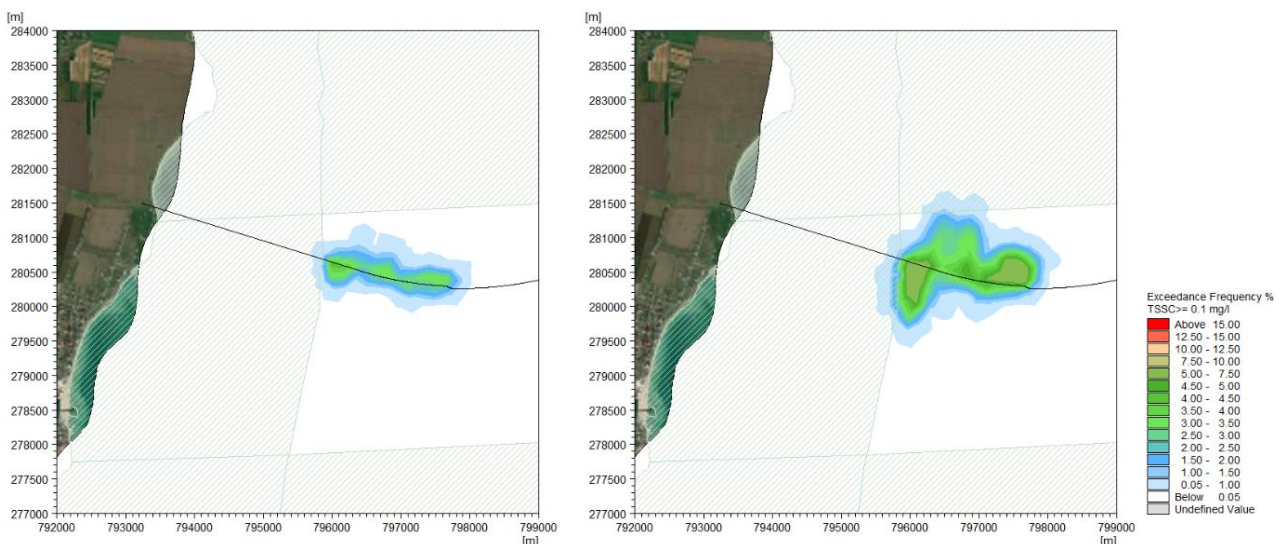


Figura 5-22 Evenimentul 1: Frecvența depășirii pentru TSSC > 0,1 mg/l simulare de 15 zile (stratul superior stânga, stratul inferior dreapta).

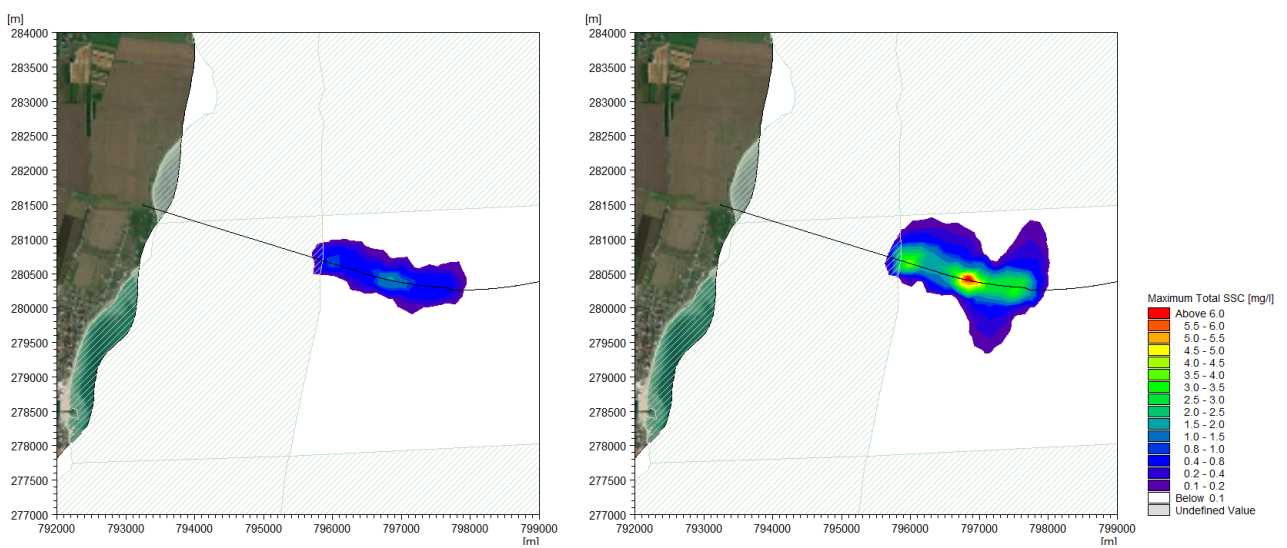


Figura 5-23. Evenimentul 2: SSC maxim total - simulare 15 zile (stratul superior stânga, stratul inferior dreapta).

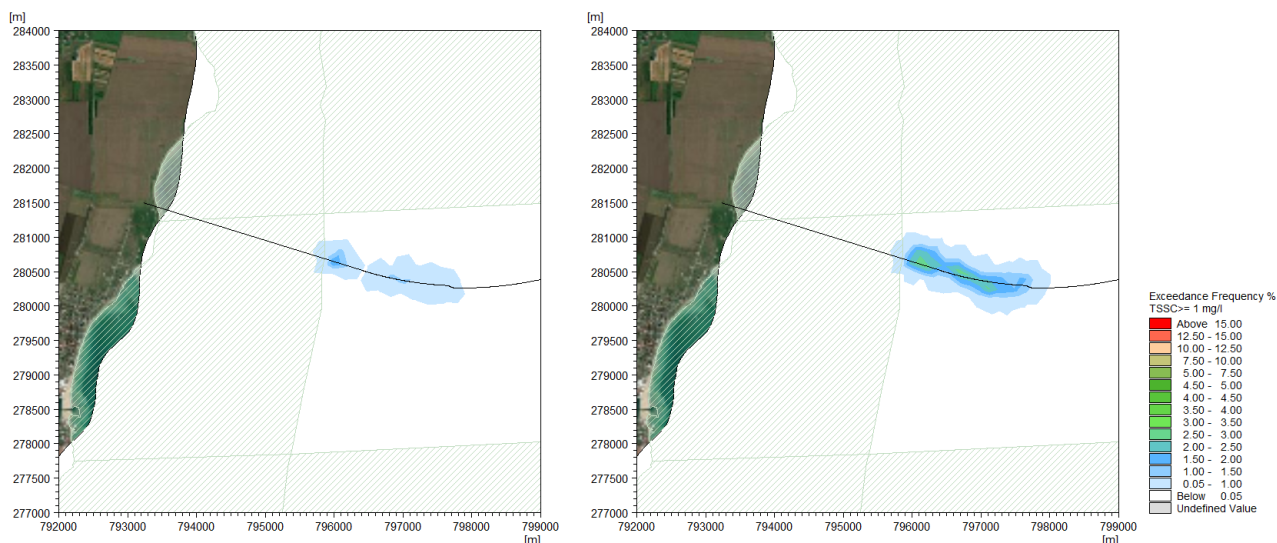


Figura 5-24. Evenimentul 2: Frecvența depășirii pentru TSS > 1 mg/l simulare de 15 zile (stratul superior stânga, stratul inferior dreapta)

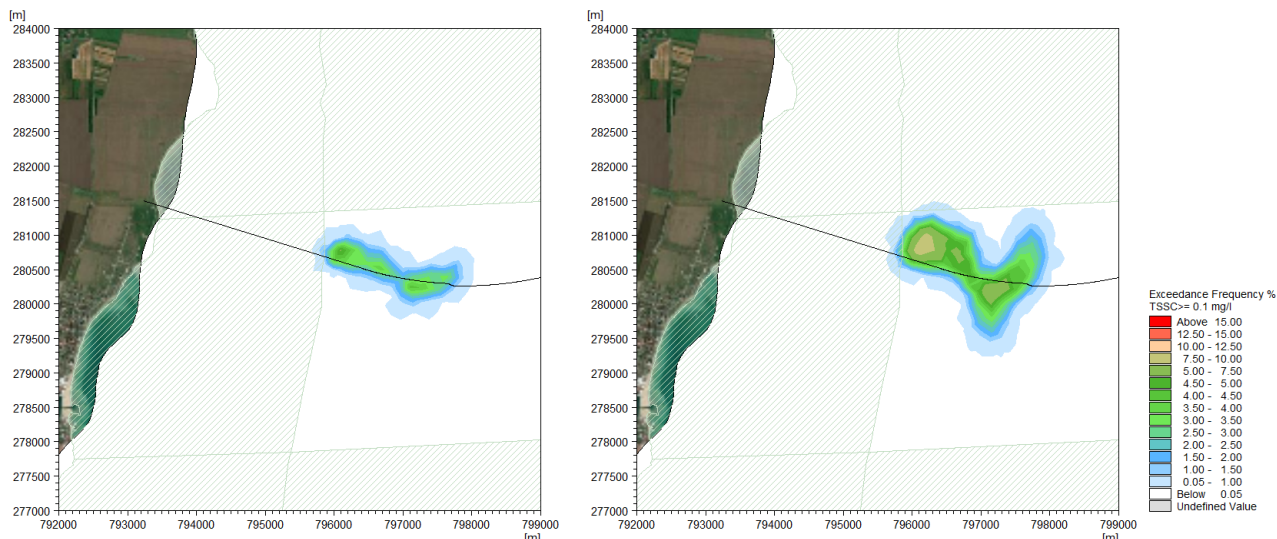


Figura 5-25. Evenimentul 2: Frecvența depășirii pentru TSS > 0,1 mg/l simulare de 15 zile (stratul superior stânga, stratul inferior dreapta)

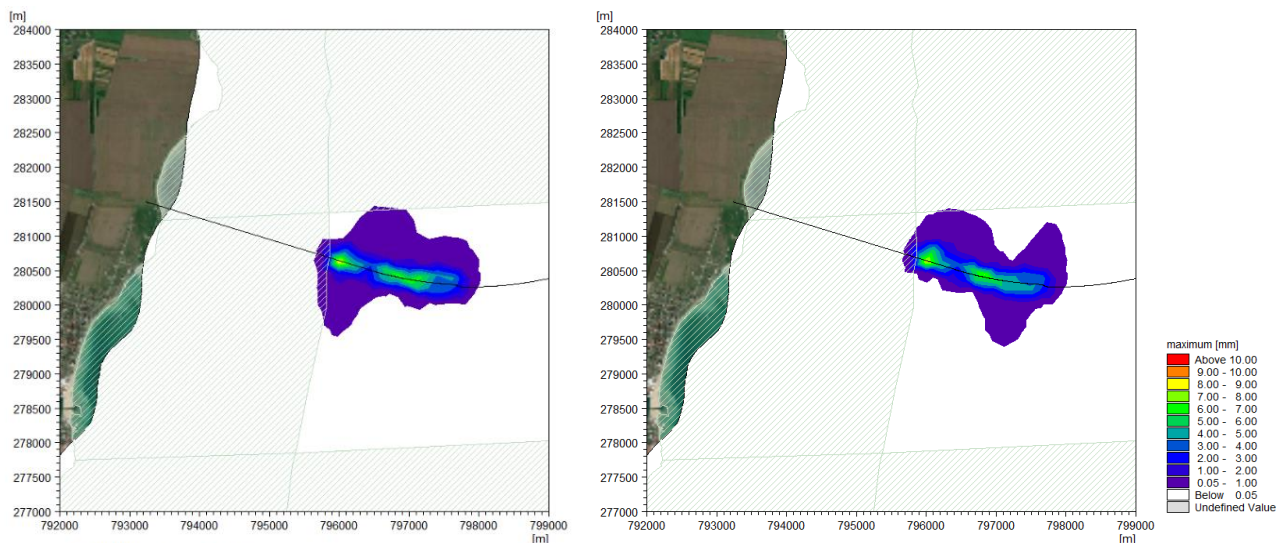


Figura 5-26. Sedimentarea netă la 15 zile datorată deversării (evenimentul 1 stânga, evenimentul 2 dreapta).

6. Rezumat, concluzii și limitări

6.1 Rezumat

Un sistem de modele numerice (bazat pe software-ul MIKE by DHI) a fost utilizat pentru a evalua impactul operațiunilor de dragare și descărcare de-a lungul șanțului propus pentru gazoductul proiectului Neptun.

Pentru a evalua efectul variabilității condițiilor de mediu asupra penelor de sedimente, au fost selectate patru evenimente de 72 de ore din date existente. Cele patru evenimente reprezintă condițiile în care excavatorul cu dragă poate funcționa ($H_m0 < 1,2$ m) și reprezintă, în linii mari, variabilitatea climatului eolian de pe amplasament.

În cele din urmă, efectul operațiunilor complete de dragare și deversare (28 de zile pentru dragare și 15 zile pentru deversare) a fost investigat utilizându-se două exemple de condiții istorice în care excavatorul cu dragă poate funcționa ($H_m0 < 1,2$ m).

Principalele rezultate ale modelului utilizate pentru cuantificarea impactului operațiunilor de dragare și deversare sunt:

- Concentrația maximă totală a sedimentelor în suspensie (TSSC) care apare în orice moment pe durata operațiunii de dragare (sau descărcare).
- Frecvența de depășire pentru TSSC mai mare decât pragul selectat de 1 mg/l. Aceasta oferă informații despre cât timp este depășit pragul selectat în timpul operațiunilor.
- Modificarea totală a grosimii fundului mării. Aceasta oferă informații cu privire la efectul operațiunilor de dragare (și de descărcare) asupra modificărilor nivelului fundului mării.

Principalele rezultate sunt rezumate în secțiunea 6.2.

6.2 Concluziile

Principalele concluzii sunt rezumate în secțiuni 6.2.1, 6.2.2 și 6.2.3.

6.2.1 Condiții de vânt, valuri și debit

- Rozele valurilor arată că acestea sunt în principal de la N la ESE (în sensul acelor de ceasornic) și de la VSV la SV (în sensul acelor de ceasornic). Cu toate acestea, în zona șanțului valurile dinspre nord sau VSV spre SV nu sunt prezente datorită protecției date de litoralul românesc.
- Analiza datelor despre valuri la locația șanțului arată că pragul de operare a excavatorului cu dragă ($H_m0 = 1,2$ m) este depășit anual în aproximativ 10% din timp (aproximativ 1 până la 10% în lunile de vară și 10 până la 20% în lunile de iarnă).
- Datele statistice privind vântul la punctul de coastă și deasupra apei arată că vânturile de la fața locului suflă în principal de la NNV către NE și SSV către SV. Viteza vântului care depășește 10% anual este de aproximativ 7 m/s (coastă) și 10 m/s (deasupra apei).
- Condițiile de curgere la fața locului sunt dominate de forța vântului și de circulația generală a apei în Marea Neagră. Efectul mareelor este neglijabil. Rezultatele modelului arată că vânturile nordice (vânturile care suflă dinspre nord) duc la condiții de curgere spre sud peste șanțul propus. În mod similar, vânturile sudice duc la fluxuri spre nord peste aliniamentul șanțului. Fluxul din stratul de suprafață este mai puternic decât fluxul din stratul inferior.
- Pentru o viteză maximă a vântului de 10 m/s de la NNE la NNV (evenimentul 1S), viteza maximă a curentului sudic (în stratul de suprafață) peste linia șanțului este de aproximativ 0,5 m/s. Pe de altă parte, pentru viteza

maximă a vântului de 10 m/s de la SSE la SSW (evenimentul 2S), viteza maximă a curentului nordic (în stratul de suprafață) peste linia șanțului este de 0,25 până la 0,3 m/s.

6.2.2 Operațiuni de dragare

Rezultatele modelului pentru operațiunile de dragare arată că:

- Pana de sedimente generată în timpul operațiunii de dragare este limitată la aliniamentul direcțiilor curenților. Stratul de sedimente se dezvoltă imediat după începerea lucrărilor de dragare și este transportat în direcția curentului dominant. Astfel, pana de sedimente este transportată spre sud atunci când fluxul este spre sud și invers atunci când fluxul este spre nord.
- Pana de sedimente se extinde până la aproximativ 10 km nord și sud de zona de dragare (TSSC > 0,1 mg/l), cel mai ridicat TSSC (4-6 mg/l) având loc în imediata vecinătate a zonei de dragare în timpul ambelor scenarii simulate (evenimentul 1C și 2C).
- Zona în care TSSC depășește 1 mg/l (mai mult de 6 ore) în timpul perioadei de dragare de 28 de zile se află la mai puțin de 1-2 km nord și sud de linia șanțului. Frecvența depășirii în această zonă este de 1 până la 5 % din timp (aproximativ 7 până la 34 de ore) în ambele scenarii simulate.
- Rezultatele modelului arată că sedimentele vărsate sunt depozitate la 2 până la 3 km de linia șanțului. Majoritatea sedimentelor deversate sunt de obicei depozitate în imediata vecinătate a zonei de dragare.

Impactul rezultat al dragării de-a lungul liniei de șanț în toate condițiile testate este limitat la mai puțin de 10 km de linia șanțului.

Se remarcă faptul că simulările de dragare indică efectele "neatenuate" ale lucrărilor de dragare. Punerea în aplicare a măsurilor de atenuare, cum ar fi plasele de nămol, ar putea atenua și mai mult răspândirea potențială a sedimentelor deversate.

6.2.3 Operațiuni de deversare

Rezultatele modelului pentru operațiunile de deversare arată că:

- Pana de sedimente (cu valoarea concentrației la margine de 0,1 mg/l) în timpul celor 15 zile de operațiuni de deversare se extinde până la 1-2 km de la linia șanțului pentru ambele scenarii simulate pentru operațiuni complete de descărcare.
- Zona în care TSSC depășește 1 mg/l (pentru mai mult de 1% sau 3,5 ore) în timpul perioadei de deversare de 15 zile se află la mai puțin de 0,5 km nord și sud de linia șanțului. Acest lucru este același pentru ambele scenarii simulate (evenimentul 1C și 2C).
- Sedimentele deversate în timpul operațiunilor de deversare sunt depozitate la mai puțin de 1 km față de linia șanțului. Cea mai mare parte a depunerii are loc în șanț ca fracții de nisip grosier fiind depuse rapid datorită faptului că au o viteză mare de sedimentare.

Impactul rezultat al deversării de-a lungul liniei șanțului în toate condițiile testate este limitat la mai puțin de 1 până la 2 km de linia șanțului.

6.3 Limitări

Ca în toate modelele numerice, modelarea efectuată în acest studiu are propriile limitări. Principalele limitări sunt rezumate mai jos:

- Nu sunt disponibile date măsurate pentru calibrarea și validarea modelelor numerice pentru valuri, curgeri și transportul sedimentelor pentru această locație. Prin urmare, modelele au fost rulate folosind parametrii

modelului din literatura de specialitate și experiența din proiectele anterioare de la Jacobs. Îmbunătățiri suplimentare ale modelării pot fi atinse prin desfășurarea unui exercițiu de colectare a datelor pentru a furniza informațiile necesare calibrării și validării modelelor.

- Nu sunt disponibile date măsurate pentru descrierea tensiunii critice de forfecare la eroziune și depunere la fața locului. În mod similar, nu au fost disponibile informații privind densitatea uscată a sedimentelor fundului mării. Au fost utilizate valori tipice din literatura de specialitate și experiența din proiectele anterioare. Alte îmbunătățiri ale modelării pot fi făcute prin desfășurarea unui exercițiu de colectare a datelor pentru a furniza informațiile necesare configurării modelului.
- Modelul hidrodinamic tridimensional a fost rulat în modul barotrop. Prin urmare, influența gradientilor de temperatură și salinitate asupra modelului de curgere nu este luată în considerare. Este puțin probabil ca acest lucru să aibă un efect semnificativ asupra penelor de sedimente prognozate, deoarece viteza maximă a curentului modelat depășește viteza curentului omnidirecțional de depășire de 10% în acest loc, așa cum este raportat în Raportul privind criteriile meteoceanice de proiectare (ExxonMobil, 2014) pentru acest proiect.

7. Referințe

DHI (2021a). MIKE 21 Spectral Waves FM, Ghidul utilizatorului modulului Spectral Wave. Disponibil online de la DHI. Ultima accesare: februarie 2022.

DHI (2021b). MIKE 3 Flow Model FM, Ghidul utilizatorului modelului hidrodinamic. Disponibil online de la DHI. Ultima accesare: februarie 2022.

DHI (2021c). MIKE 3 Flow Model FM, Ghid de utilizare a modulului de transport de nămol. Disponibil online de la DHI. Ultima accesare: februarie 2022.

ExxonMobil (2014). Criteriile meteoceanice ale Mării Negre pentru dezvoltarea blocului Neptun, document RODO-ED-YBZZZ-13-0015.

Fugro Geoservices Limited (2017), ROND-FU-GRSIT-24-0020 Neptun Deep Near Shore Survey. Accesat iunie 2022

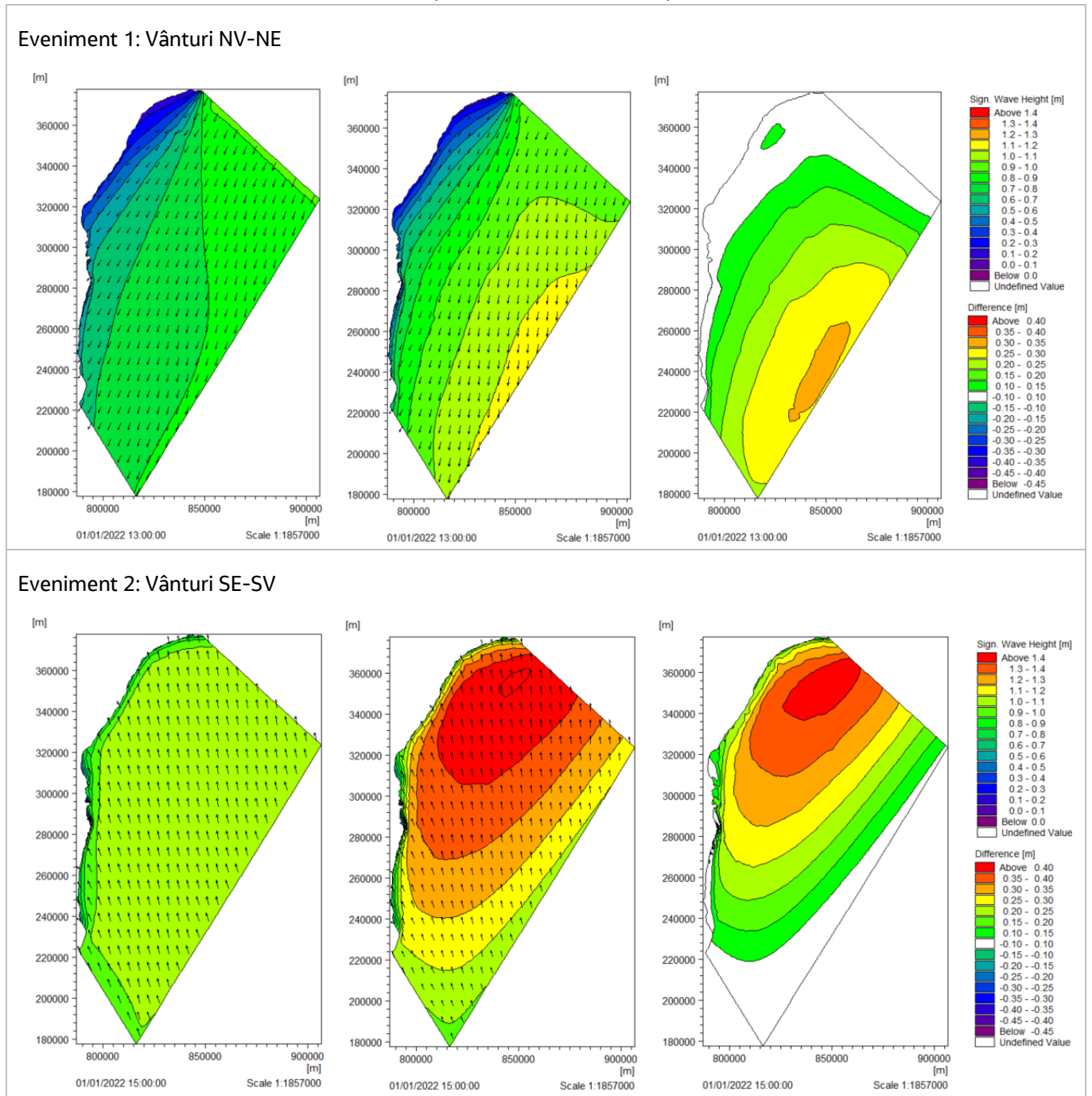
Holthuijsen, L.H, Booij, N. și Herbers, T.H.C., (1989) Un model de predicție pentru valurile staționare, cu creastă scurtă în apă puțin adâncă cu curenți ambientali, Inginerie de coastă, 3, 23-54.

Komen, G. J., L. Cavaleri, M. Donelan, K. Hasselmann, S. Hasselmann și P. Janssen (1994). Dinamica și modelarea valurilor oceanice. Cambridge University Press, Marea Britanie, 560 pp.

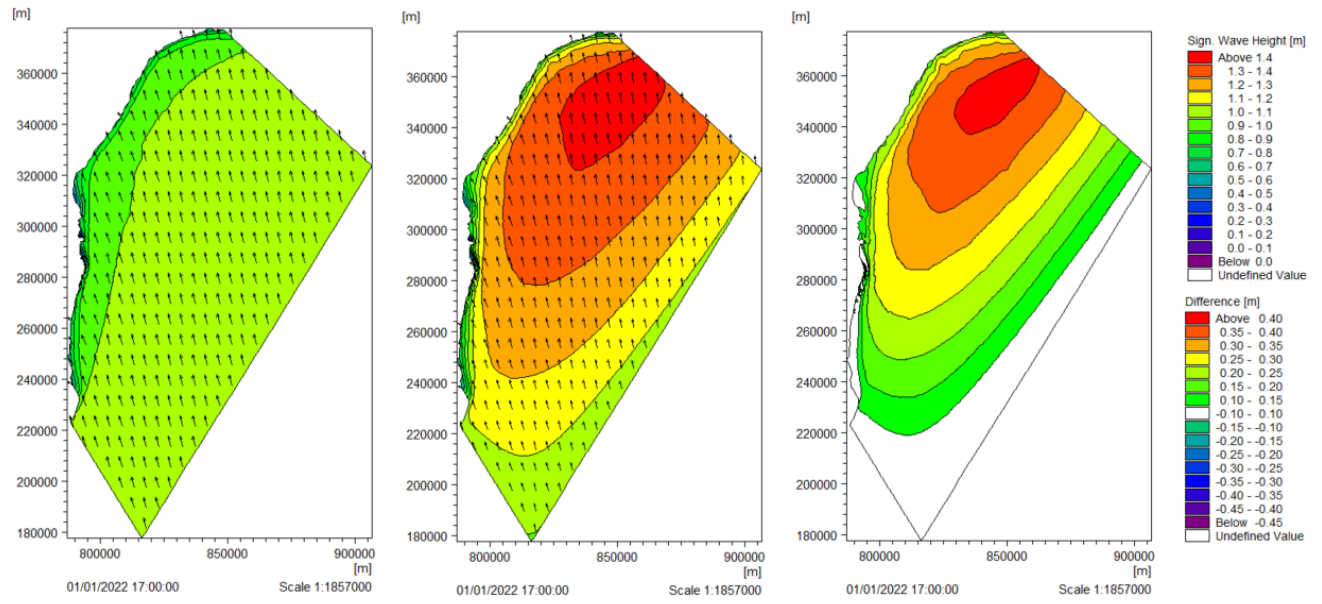
Soulsby, R. 1997. Dinamica nisipurilor marine: un manual pentru aplicații practice, Thomas Telford Ltd.

Appendix A. Testarea sensibilității modelului valurilor

Figura A-1. Sensitivitatea modelului la formulare spectrală (stânga = complet spectrală, mijloc = decuplată direcțional, dreapta = diferența)



Eveniment 3: Vânturi SE-SV



Eveniment 4: Vânturi SV către SE

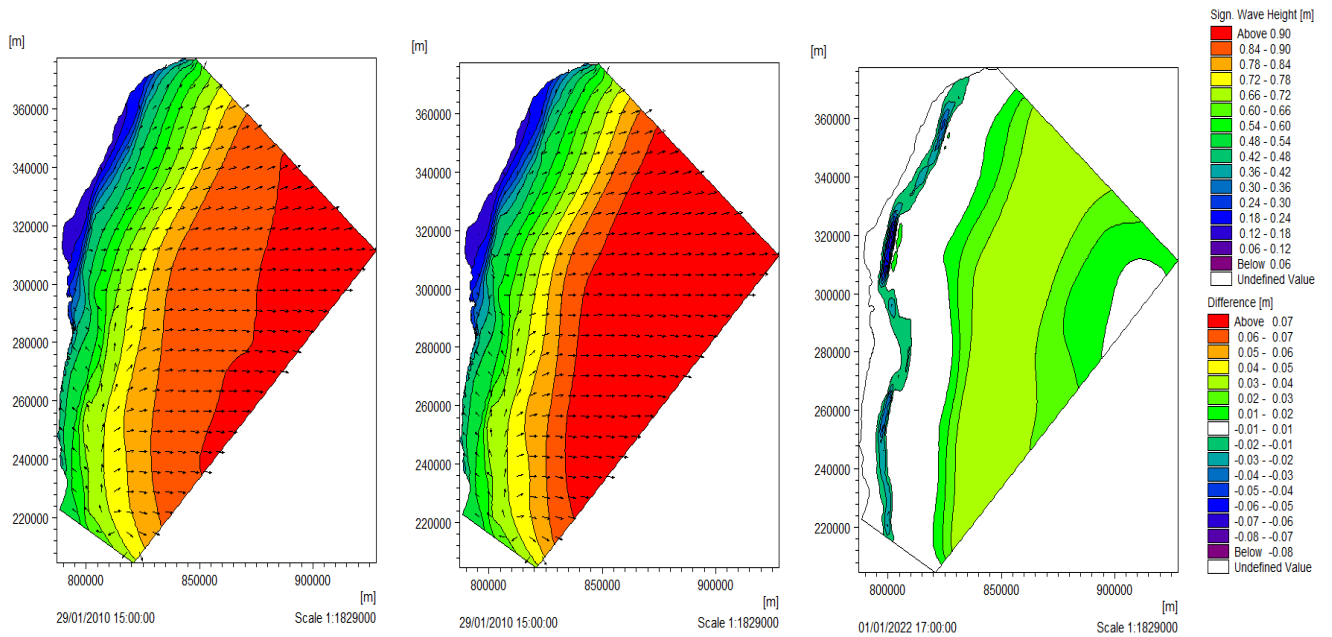
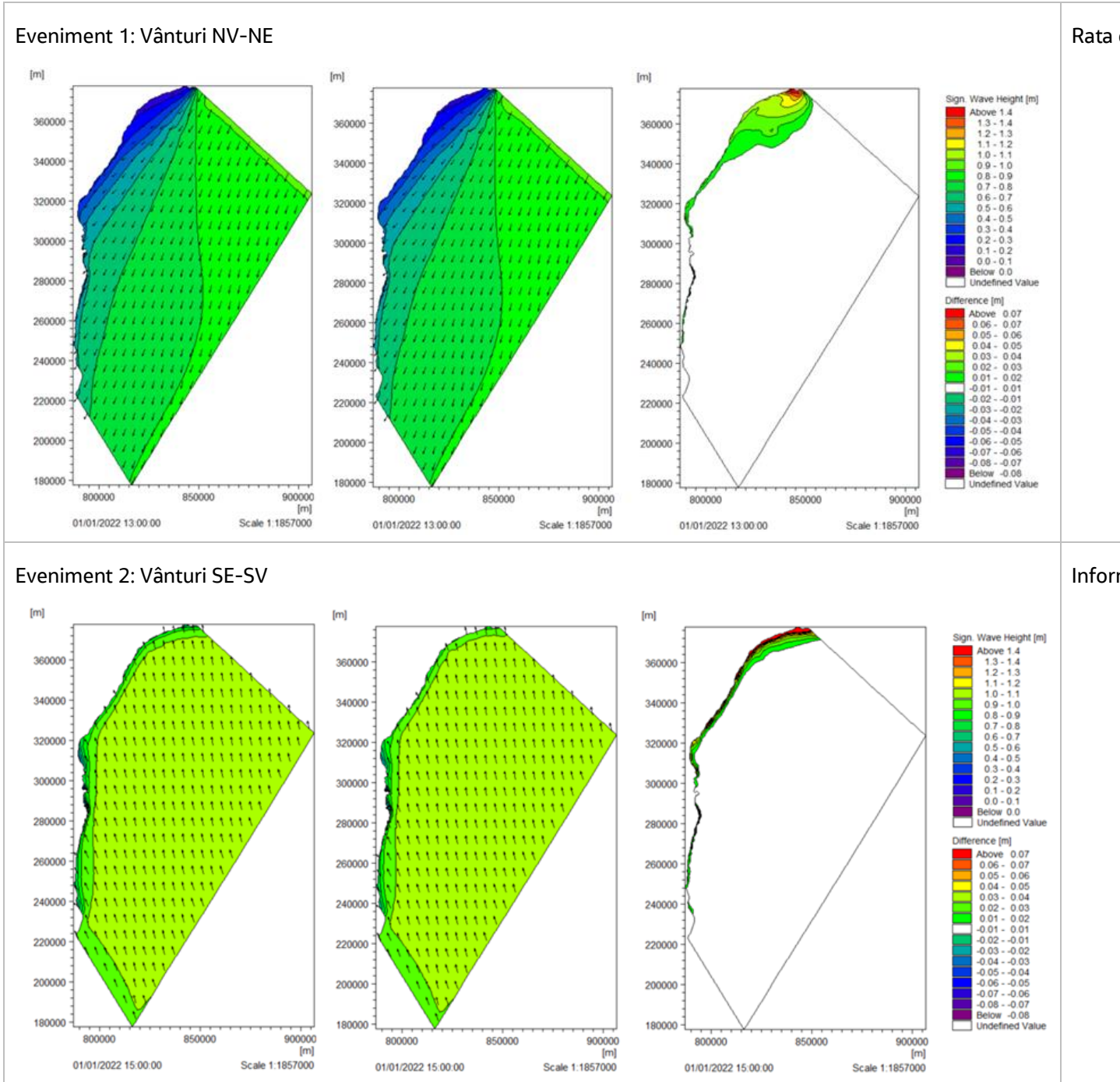
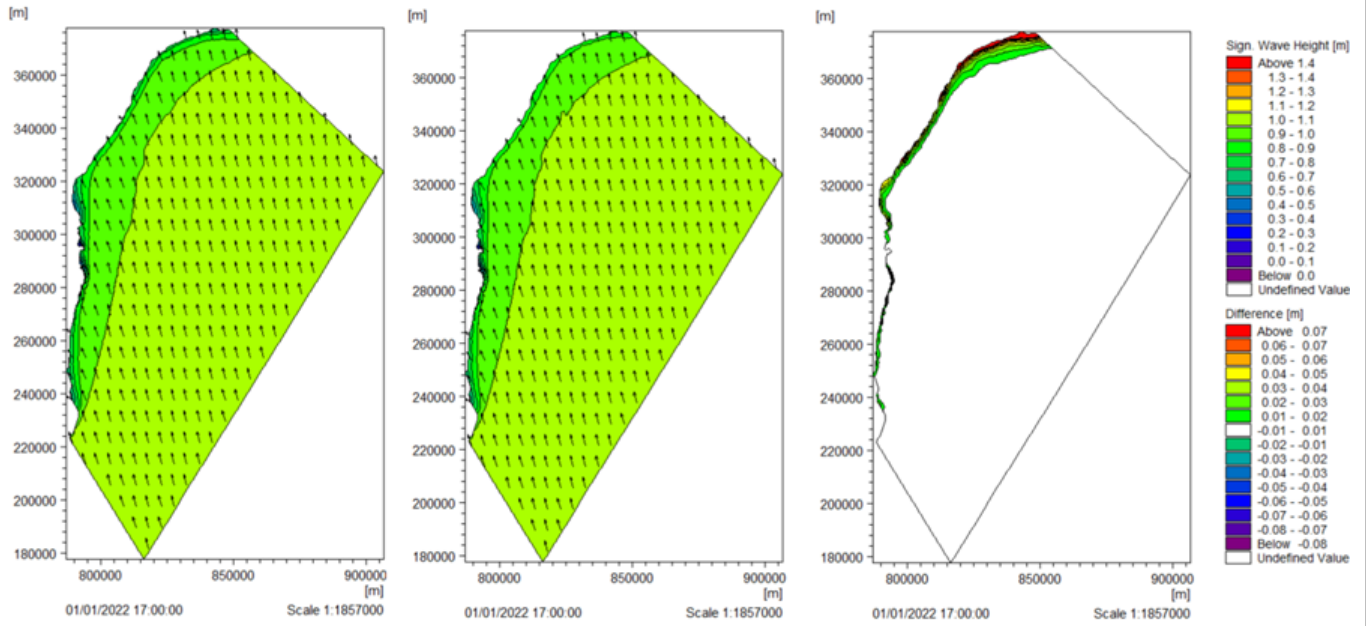


Figura A-2. Senzitivitatea modelului la frecare de fundul mării (stânga = 0,01kn, mijloc = 0,001kn, dreapta = diferență)



Eveniment 3: Vânturi SE-SV



Eveniment 4: Vânturi SV către SE

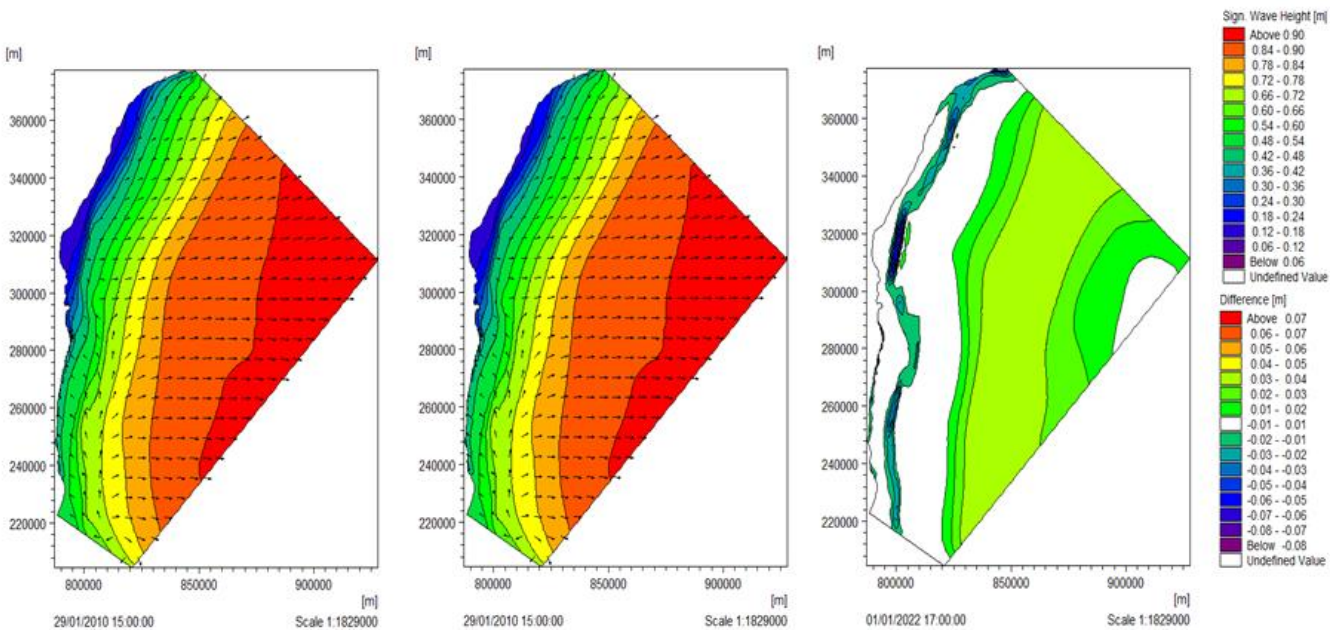
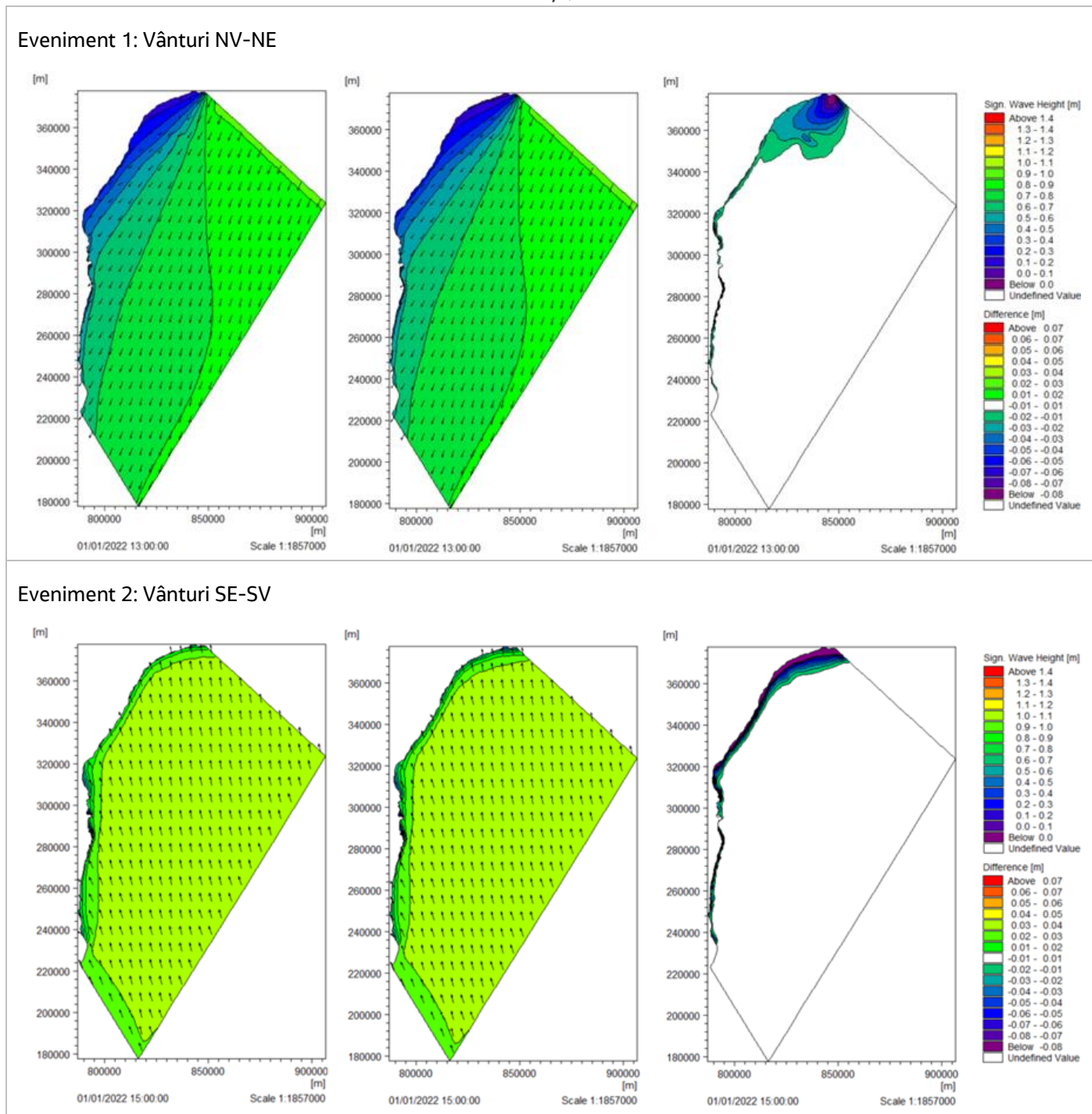
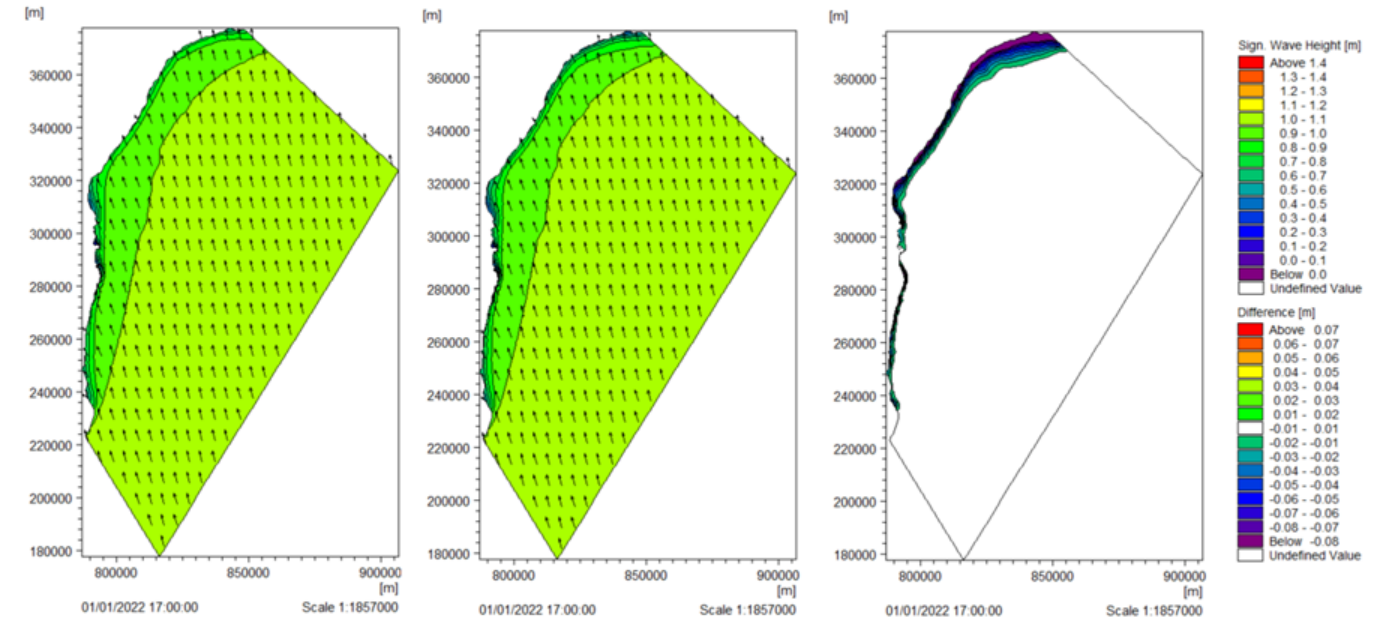


Figura A-3. Senzitivitatea modelului la frecare de fundul mării (stânga = 0,01kn, mijloc = 0,04kn, dreapta = diferența)



Eveniment 3: Vânturi SE-SV



Eveniment 4: Vânturi SV către SE

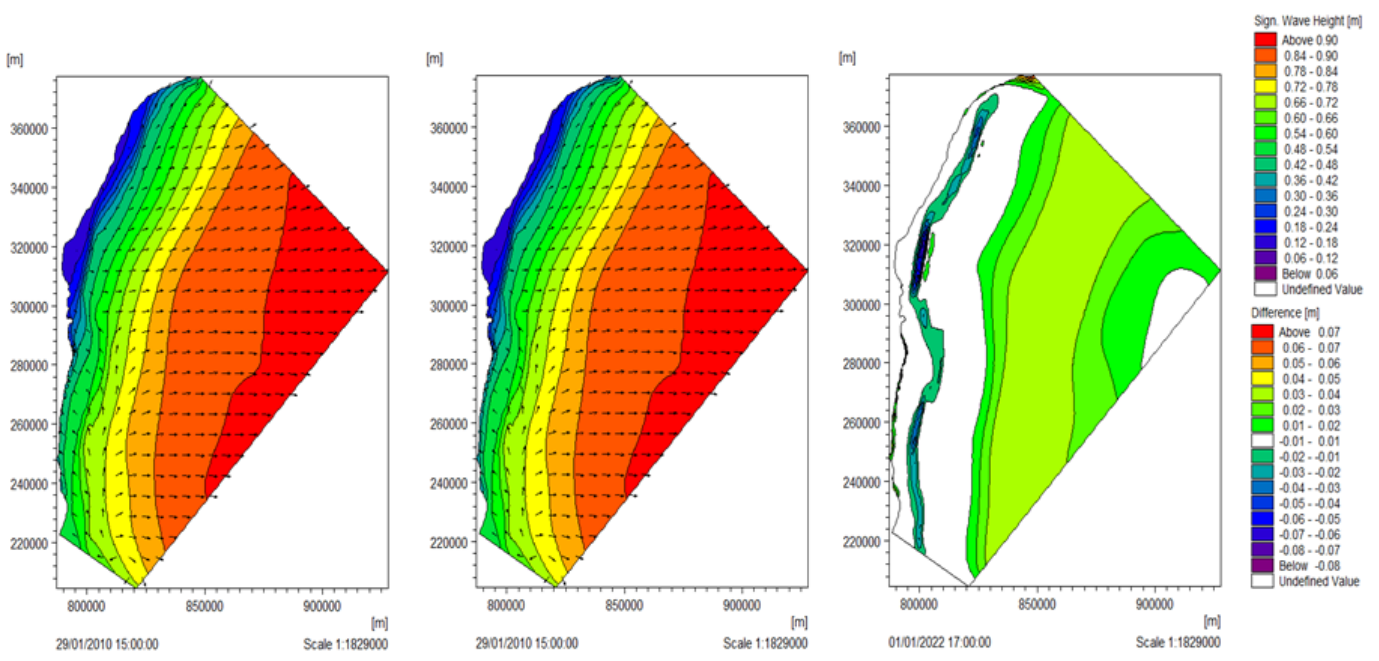
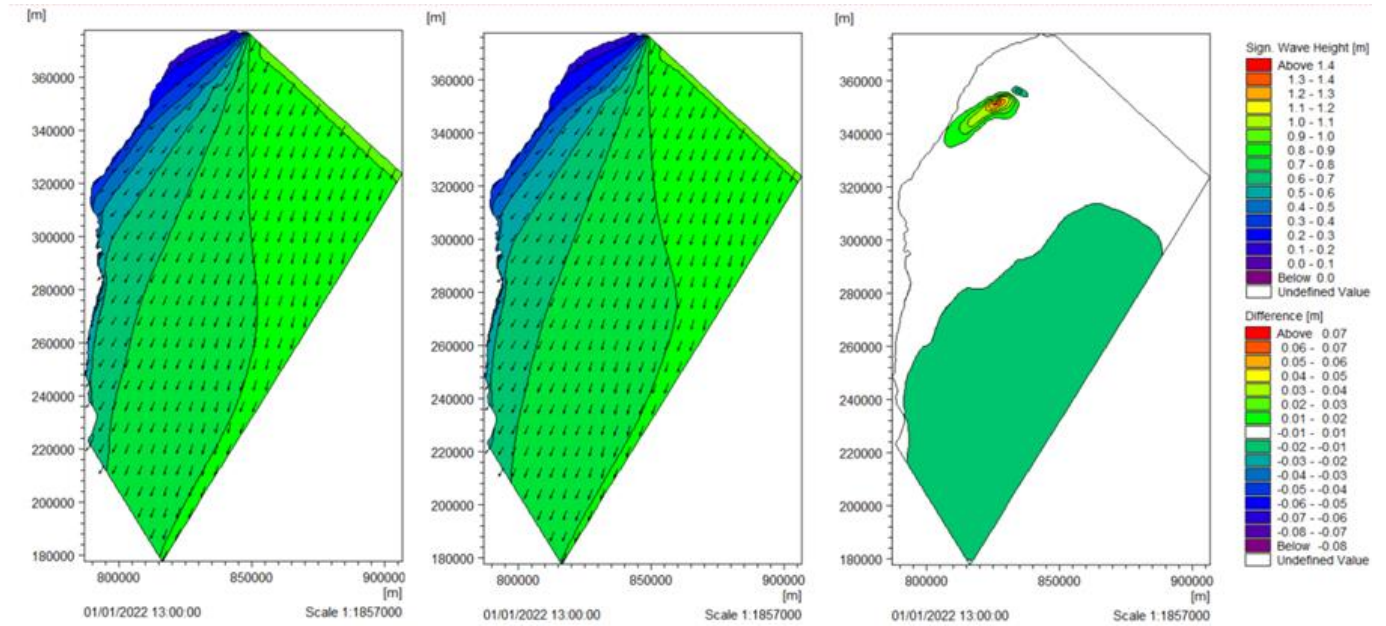
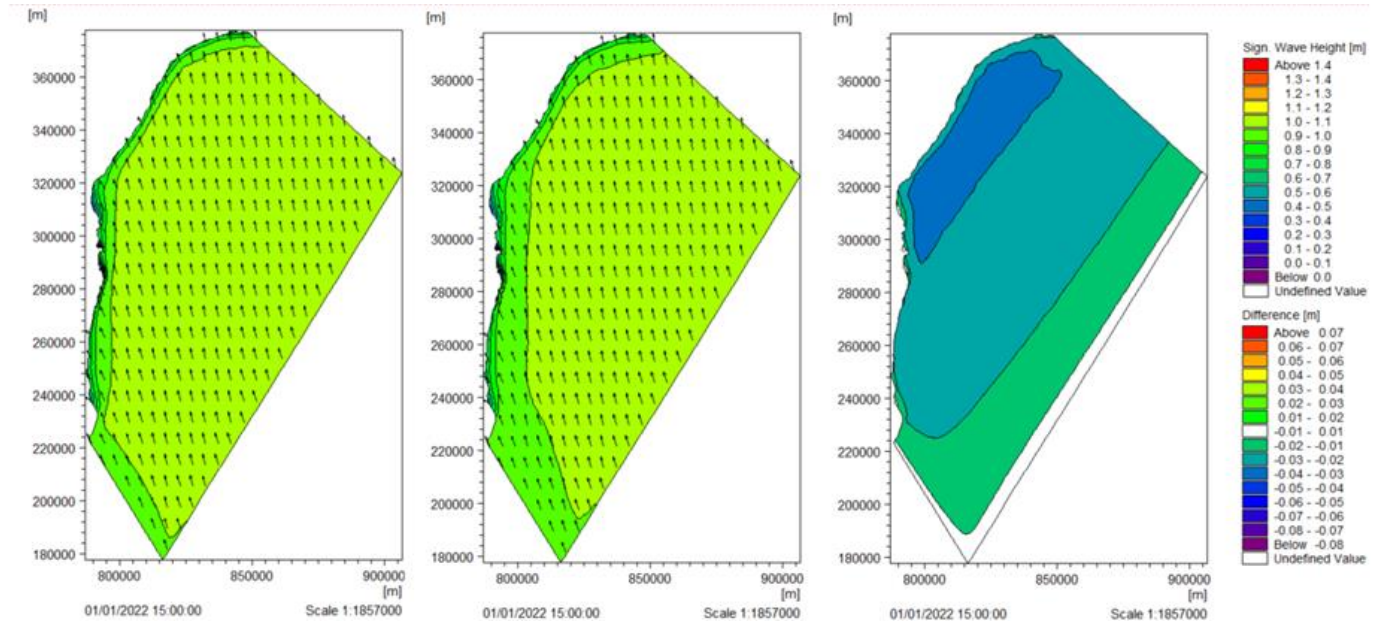


Figura A-4. Senzitivitatea modelului la frecarea de fundul mării (cuplat stânga, mijloc = decuplat, dreapta = diferența)

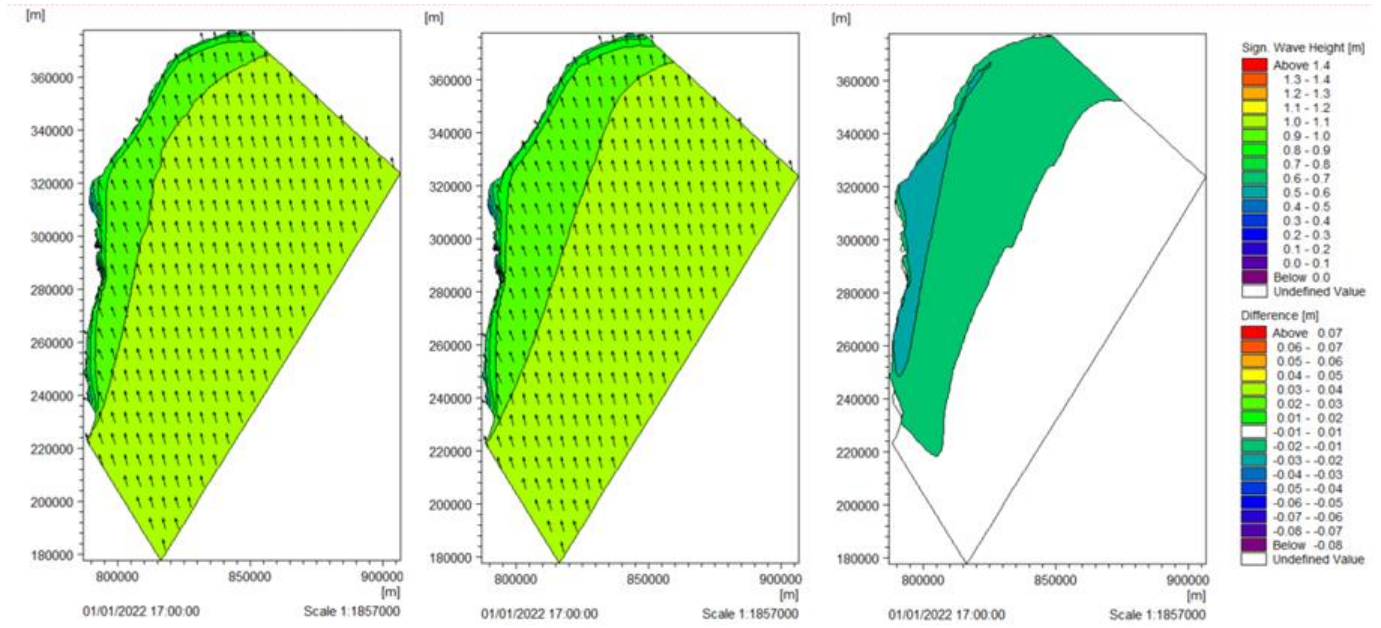
Eveniment 1: Vânturi NV-NE



Eveniment 2: Vânturi SE-SV



Eveniment 3: Vânturi SE-SV



Eveniment 4: Vânturi SV către SE

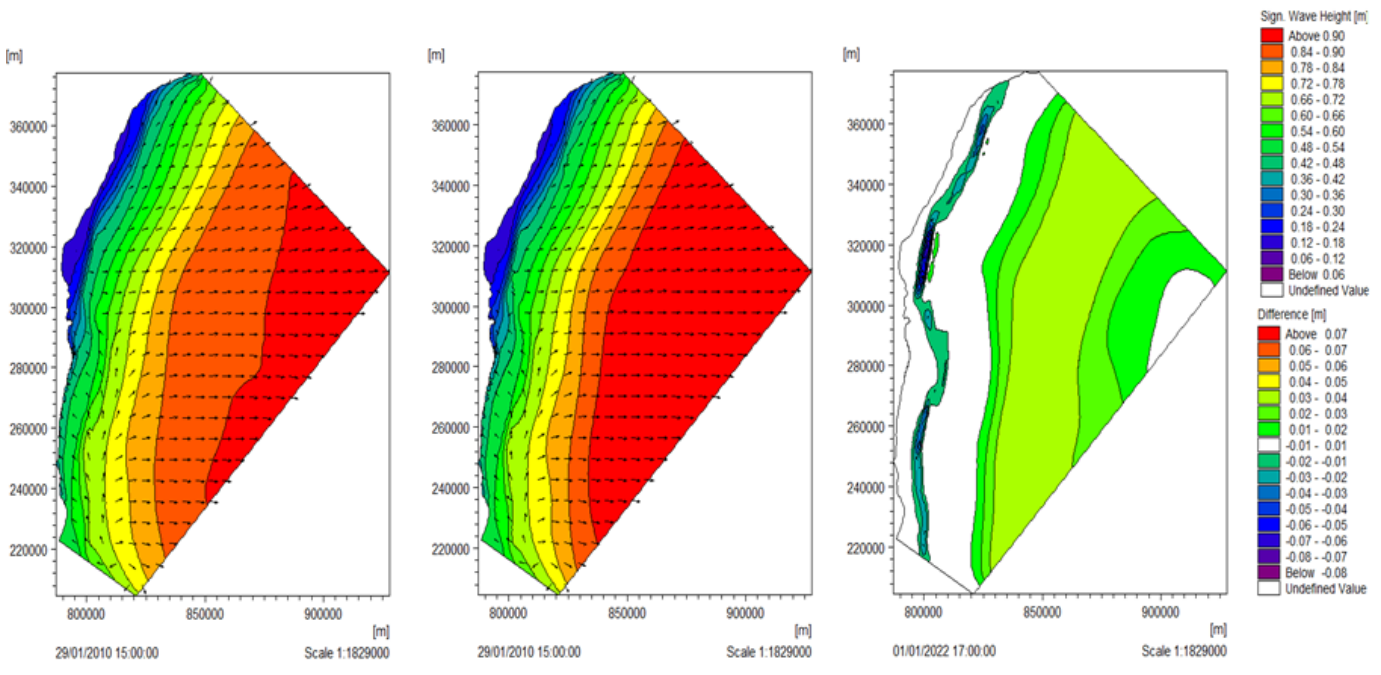
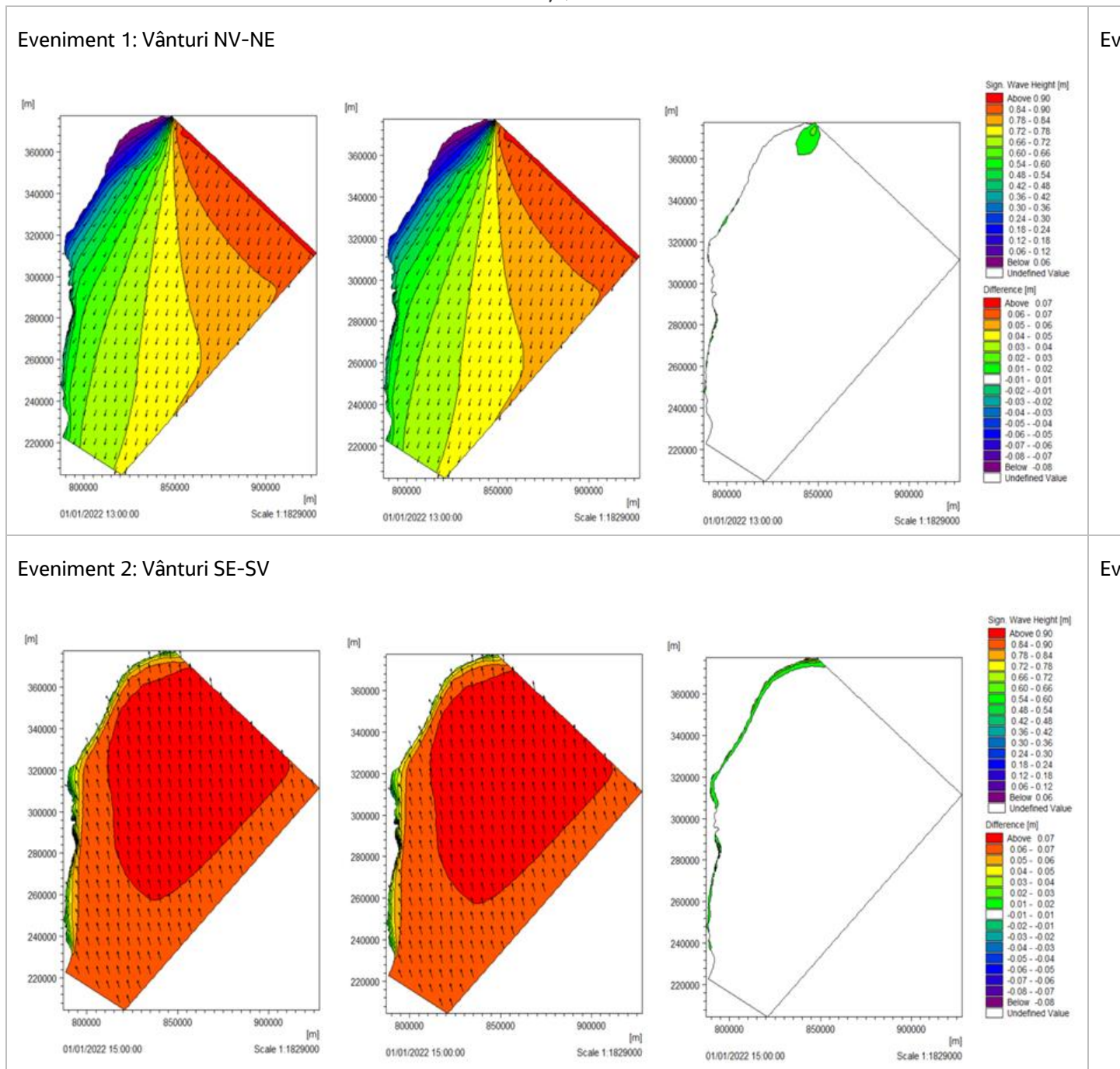
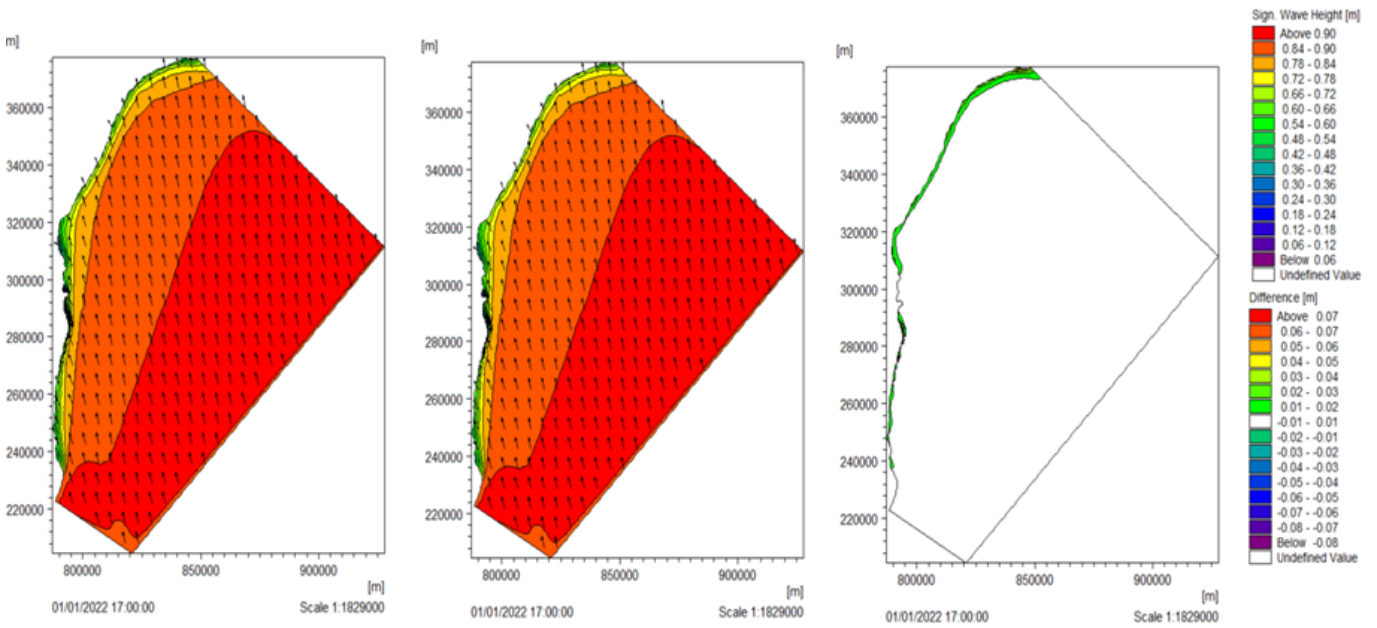


Figura A-5. Senzitivitatea modelului la nivelul apei (stânga = 0,0m (MSL), mijloc = MSL + 0,5m, dreapta = diferența)



Eveniment 3: Vânturi SE-SV



Eveniment 4: Vânturi SV către SE

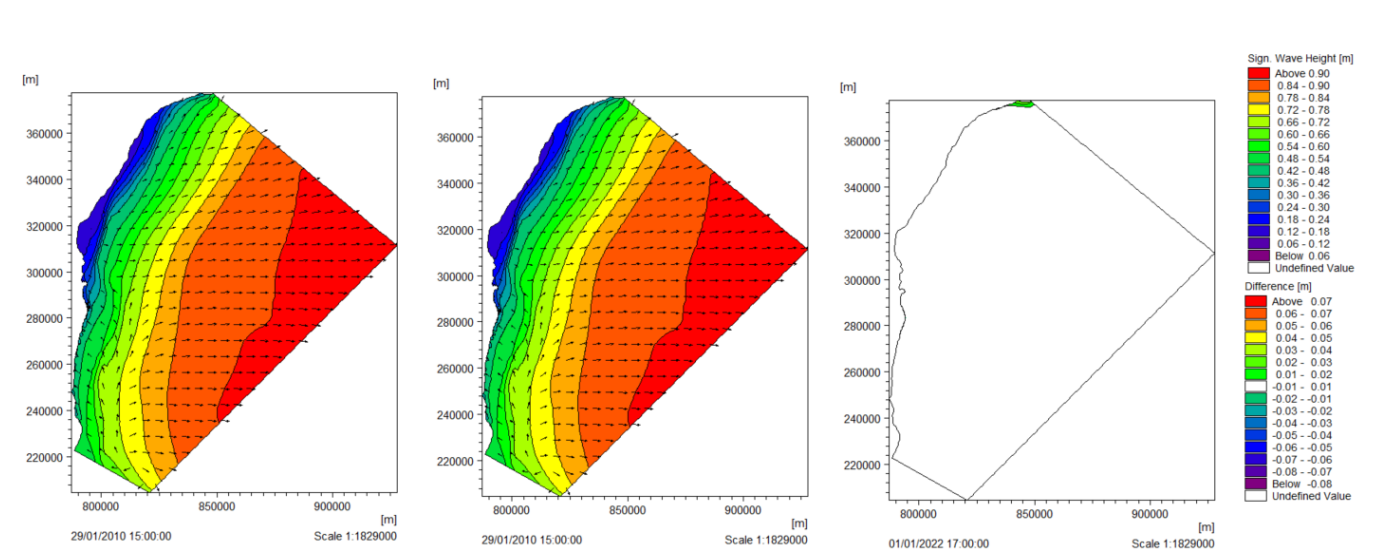
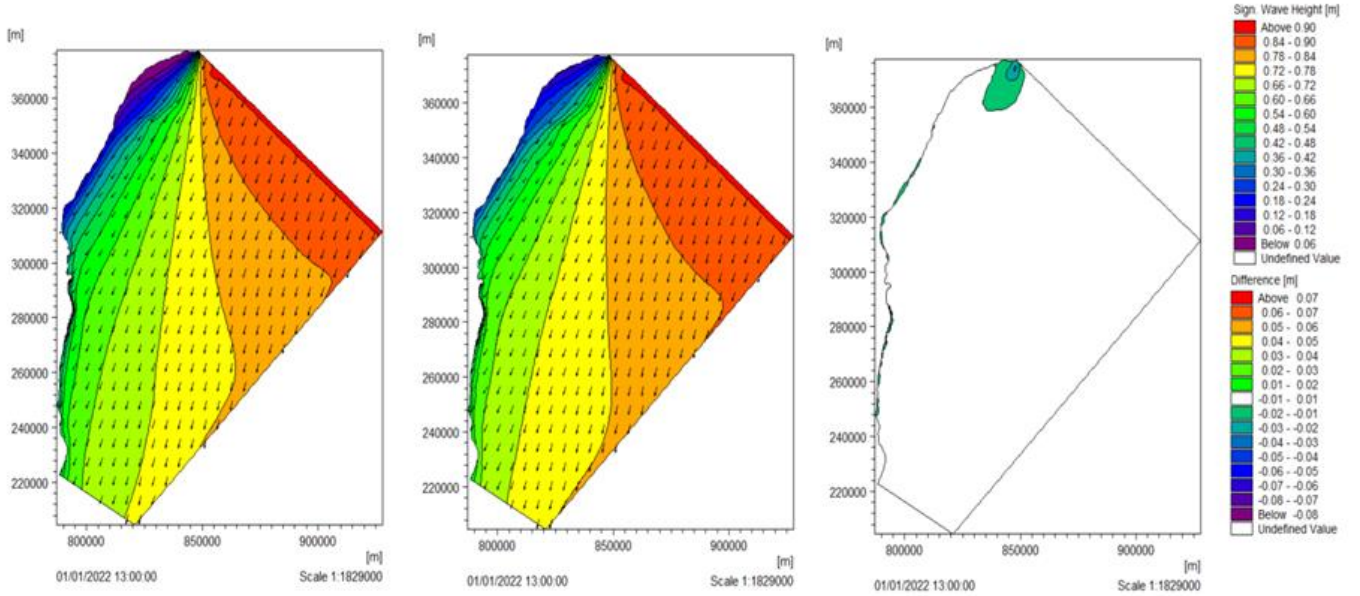
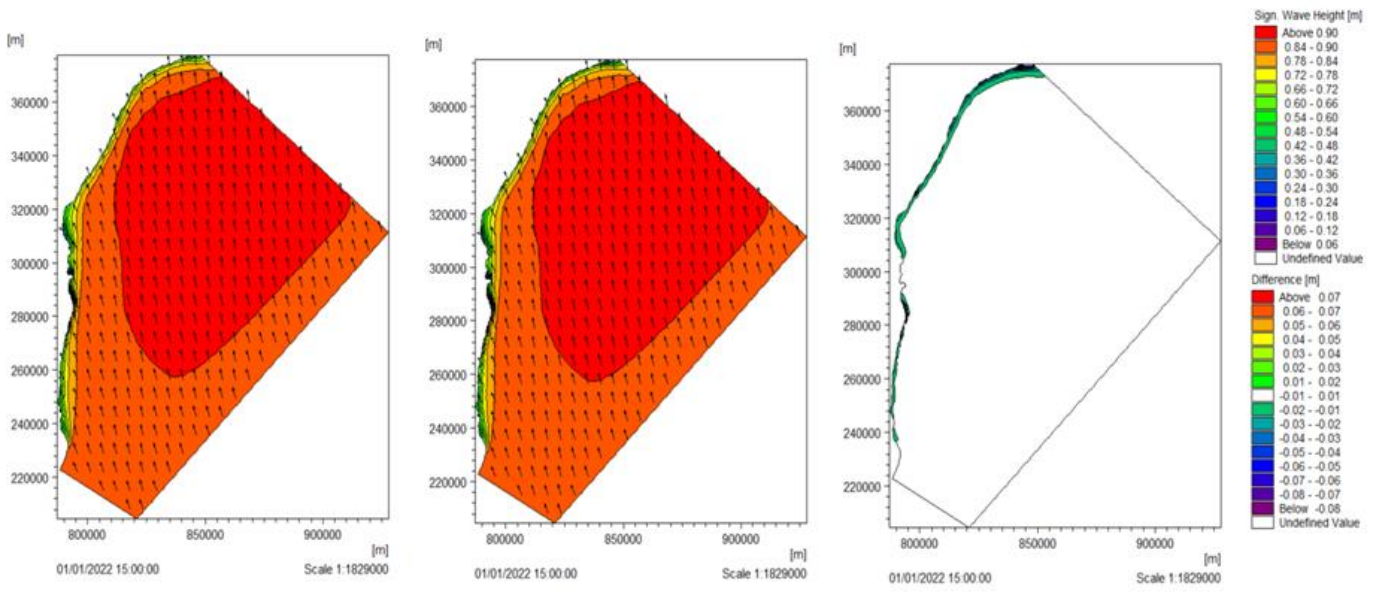


Figura A-6. Senzitivitatea modelului la nivelul apei (stânga = 0,0m (MSL), mijloc = MSL-0,5m, dreapta = diferența)

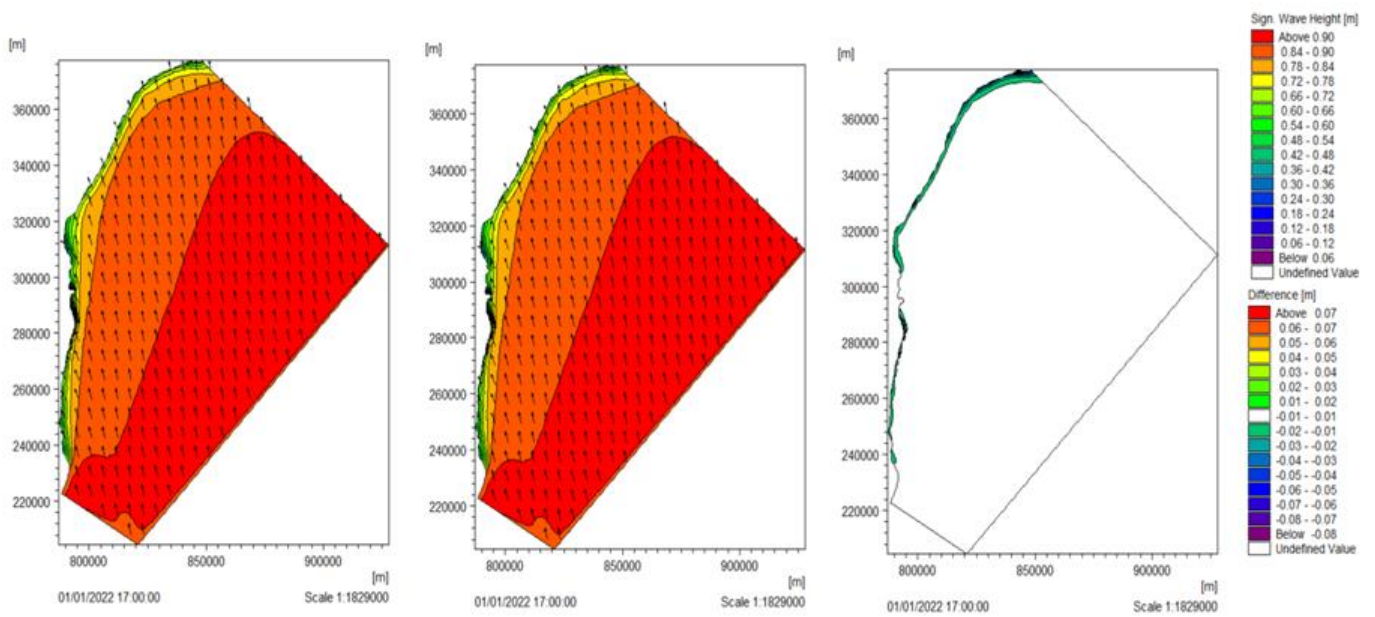
Eveniment 1: Vânturi NV-NE



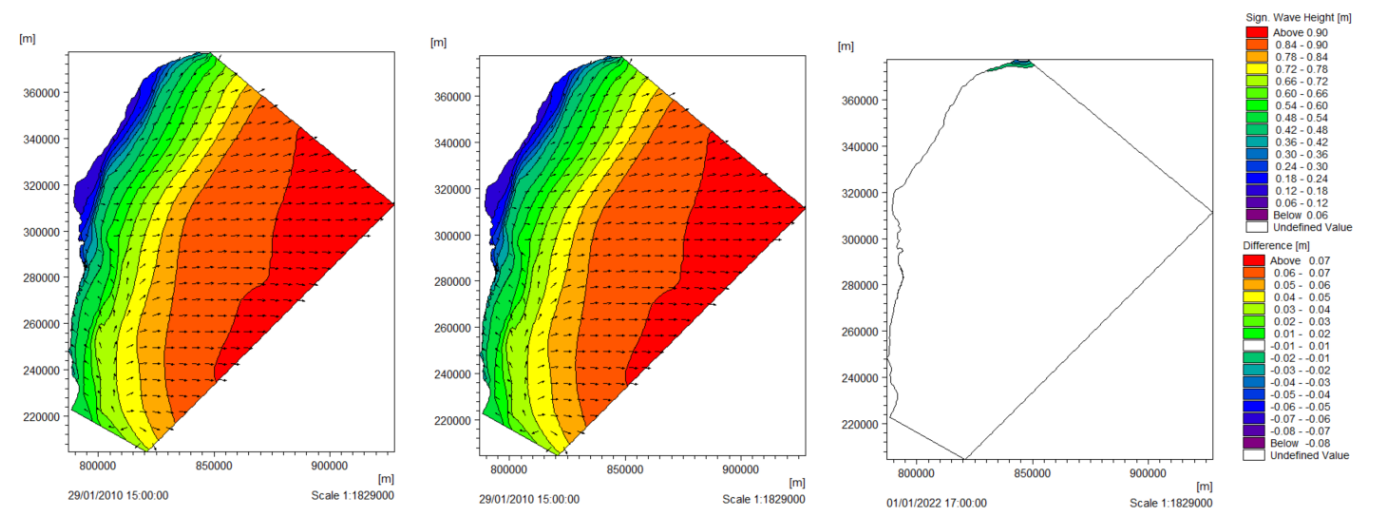
Eveniment 2: Vânturi SE-SV



Eveniment 3: Vânturi SE-SV

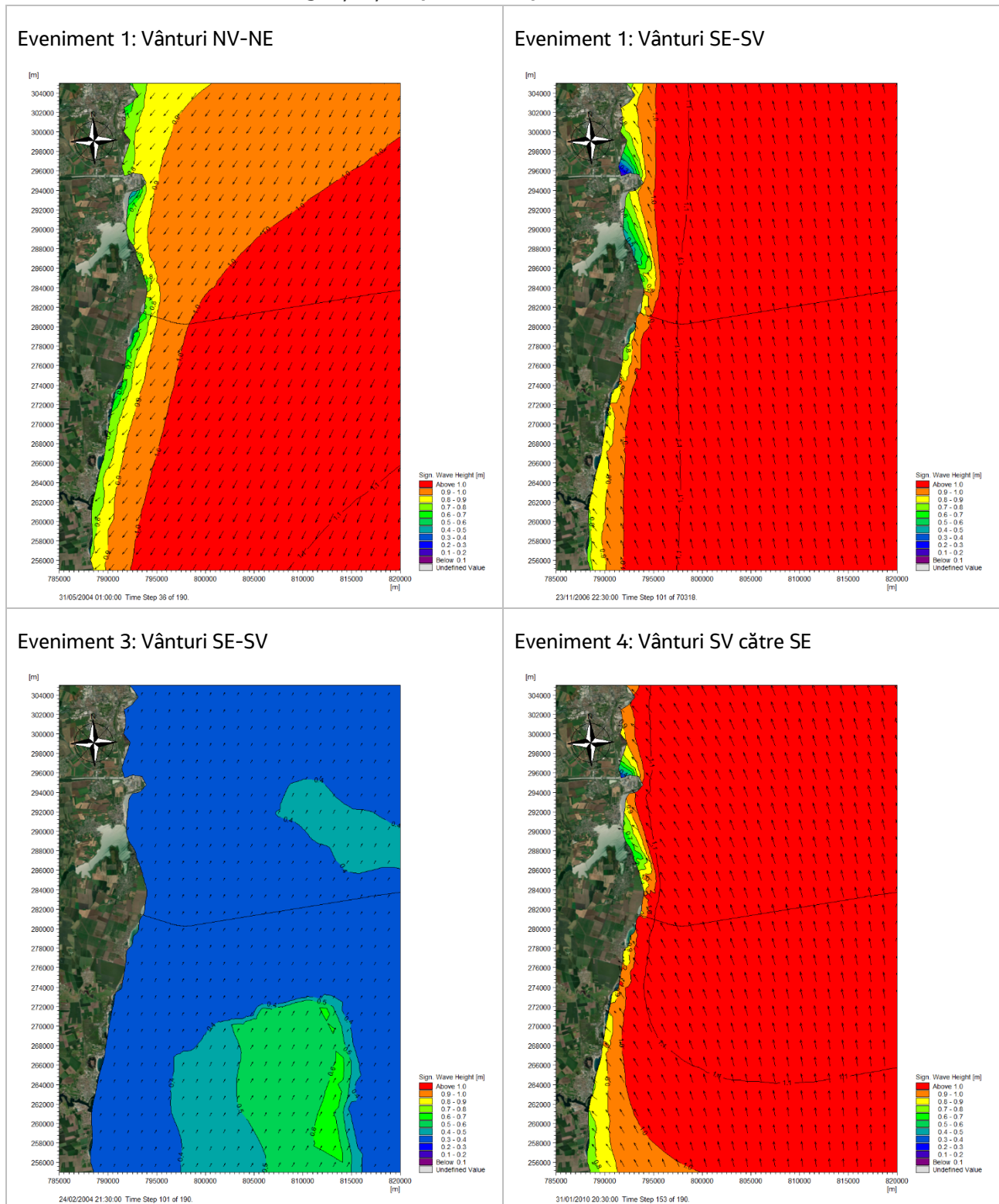


Eveniment 4: Vânturi SV către SE



Appendix B. Rezultatele modelării valurilor

Figure B-1. Condițiile valurilor corespunzătoare vitezei maxime de curent la Pt (795310.08 E, 281046.51 N) de-a lungul șanțului pentru cele patru simulări de 96 de ore.



Appendix C. Rezultatele modelării curgerii

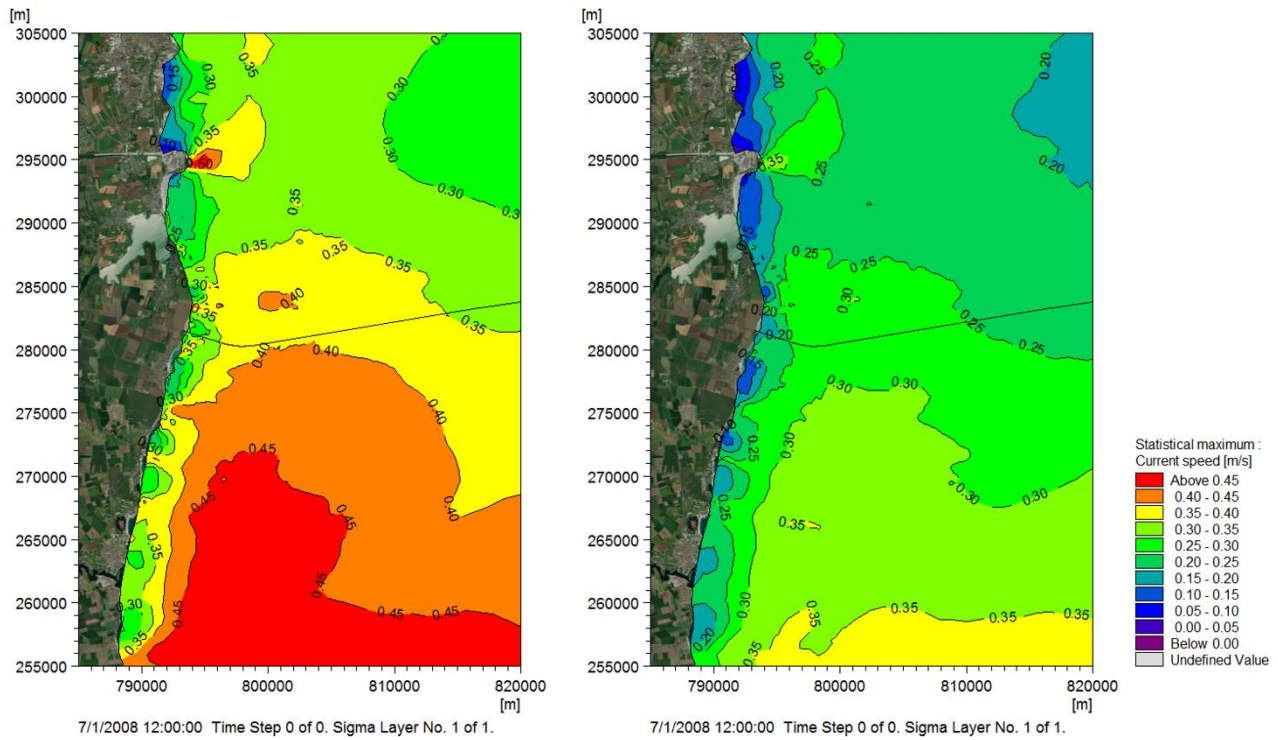


Figura C-1. Viteza maximă a curentului în stratul de suprafață (stânga) și în stratului inferior (dreapta) în timpul evenimentului simulat 1C

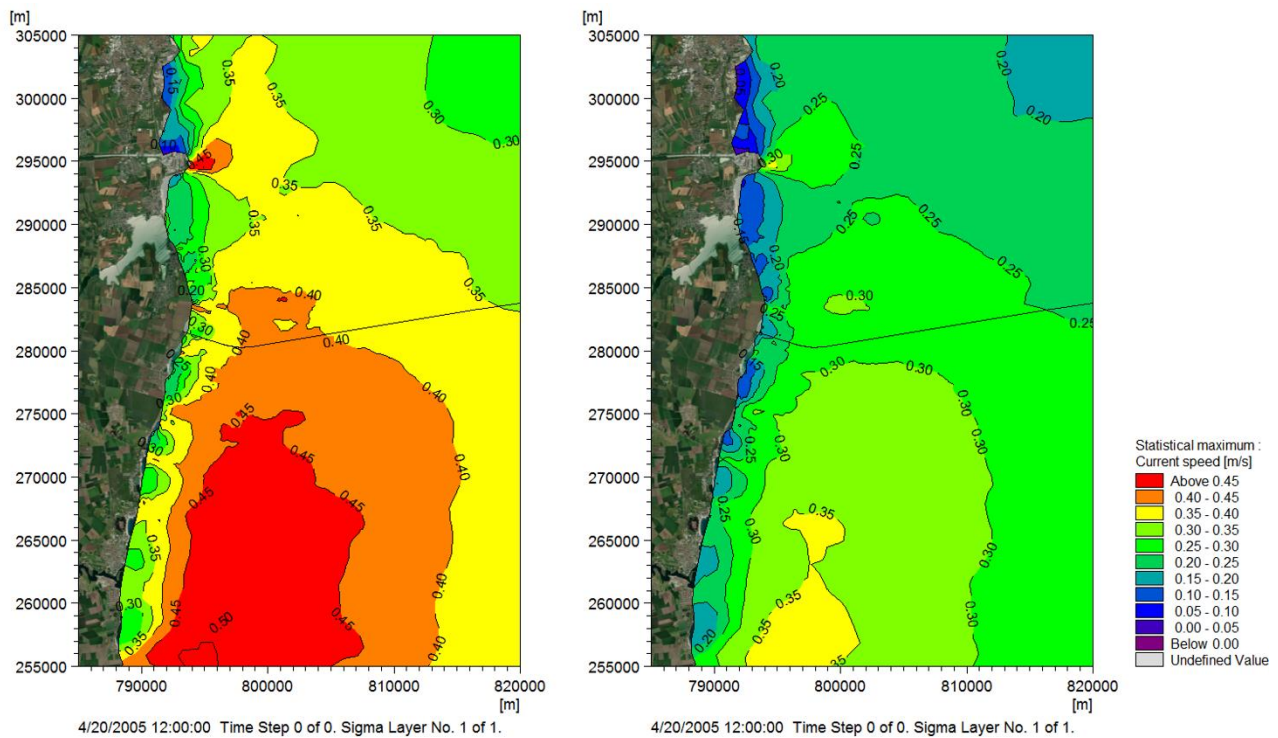


Figura C-2. Viteza maximă a curentului în stratul de suprafață (stânga) și în stratului inferior (dreapta) în timpul evenimentului simulat 2C

Appendix D. Rezultatele modelului penei de sedimente

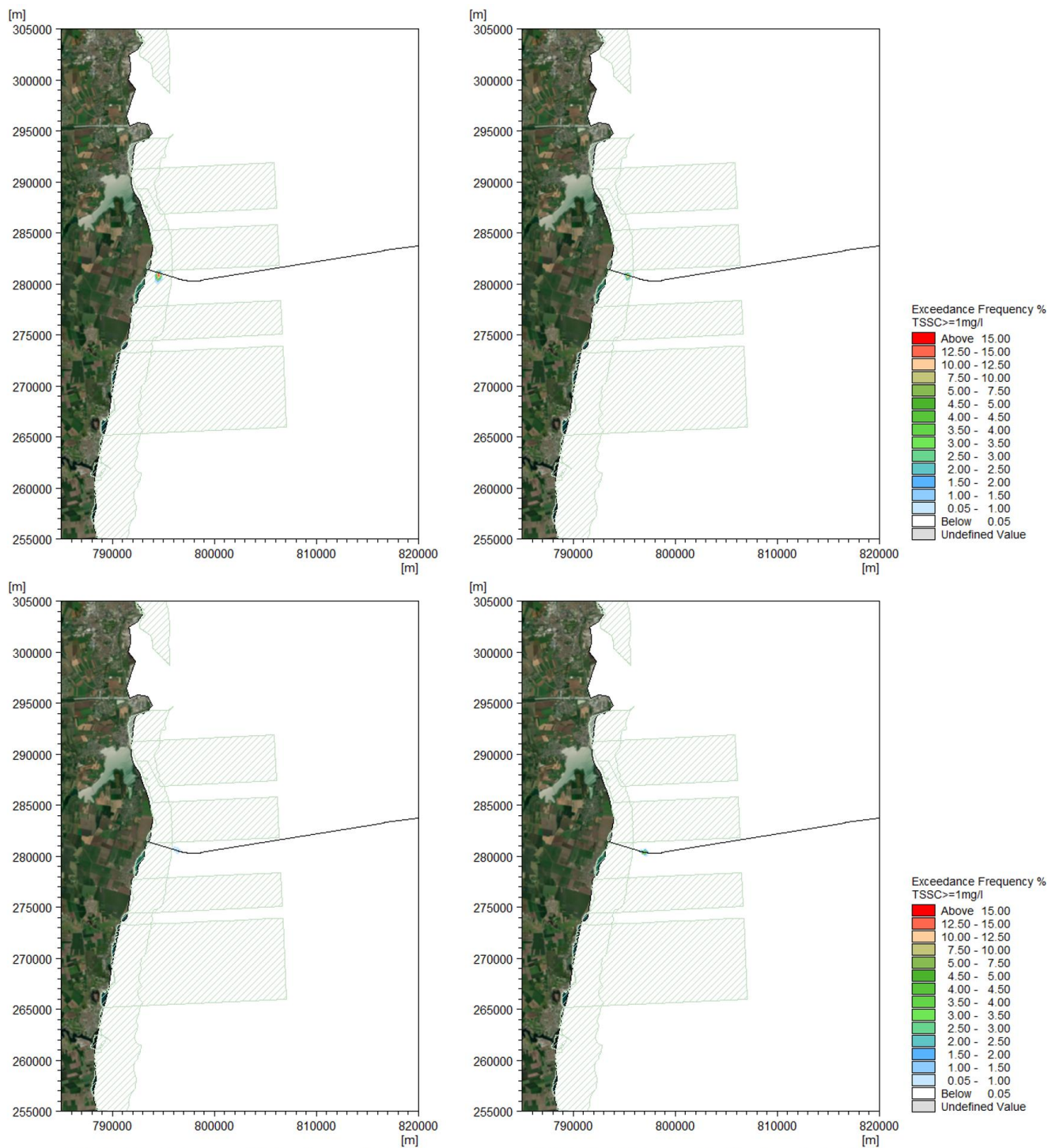


Figura D-1. Procentul de timp în care TSSC depășește 1 mg/L. la stratul de suprafață în timpul operațiunii de dragare a liniei șanțului de 3 zile la secțiunea 1 (stânga sus), secțiunea 2 (dreapta sus), secțiunea 3 (stânga jos) și secțiunea 4 (dreapta jos) în timpul evenimentului tipic-1S.

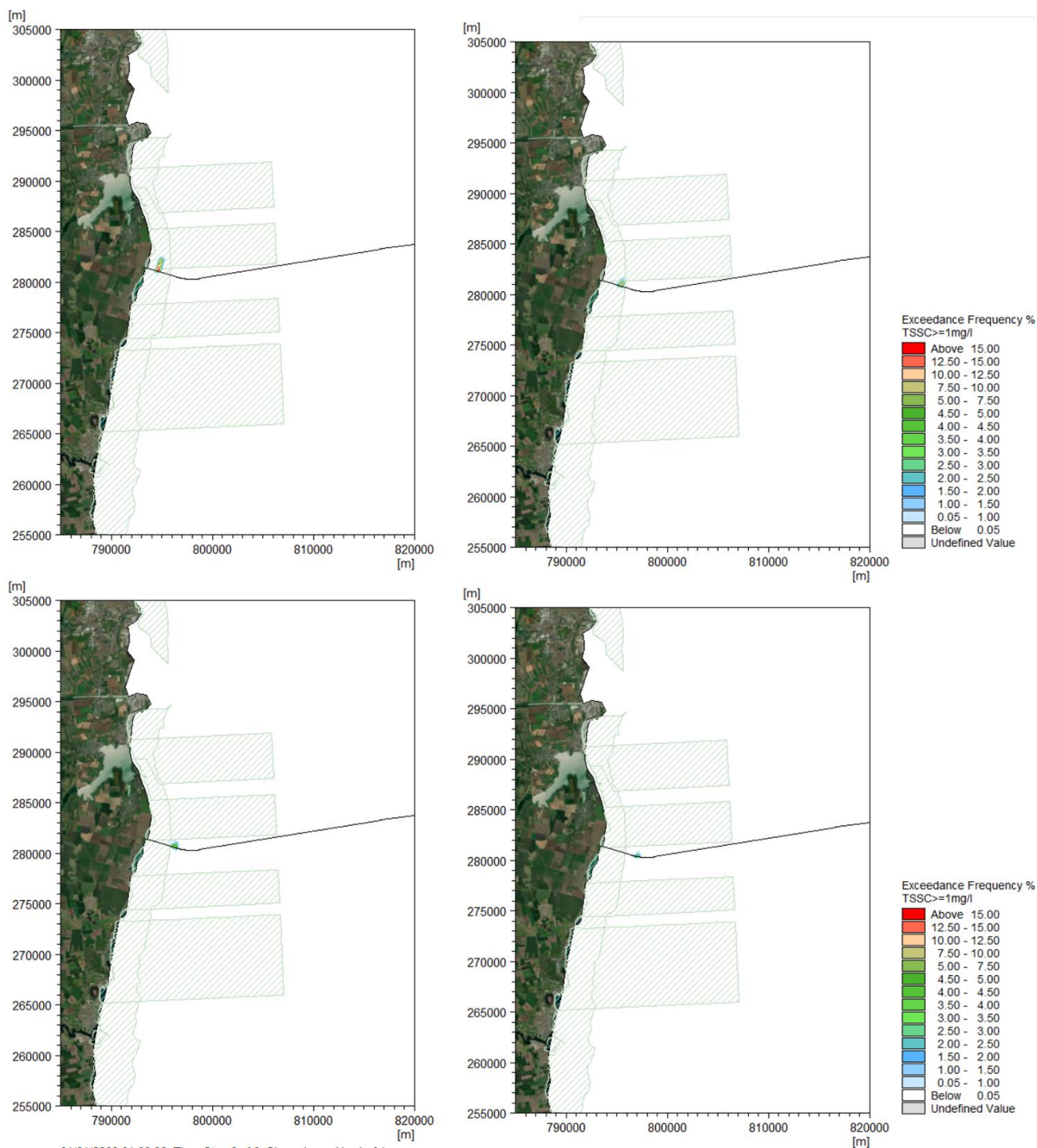


Figura D-2. Procentul de timp în care TSS depășește 1 mg/l. la stratul de suprafață în timpul operațiunii de dragare a liniei șanțului de 3 zile la secțiunea-1(stânga sus), secțiunea-2(dreapta sus), secțiunea-3 (stânga jos) și secțiunea-4 (dreapta jos) în timpul evenimentului tipic-2S.

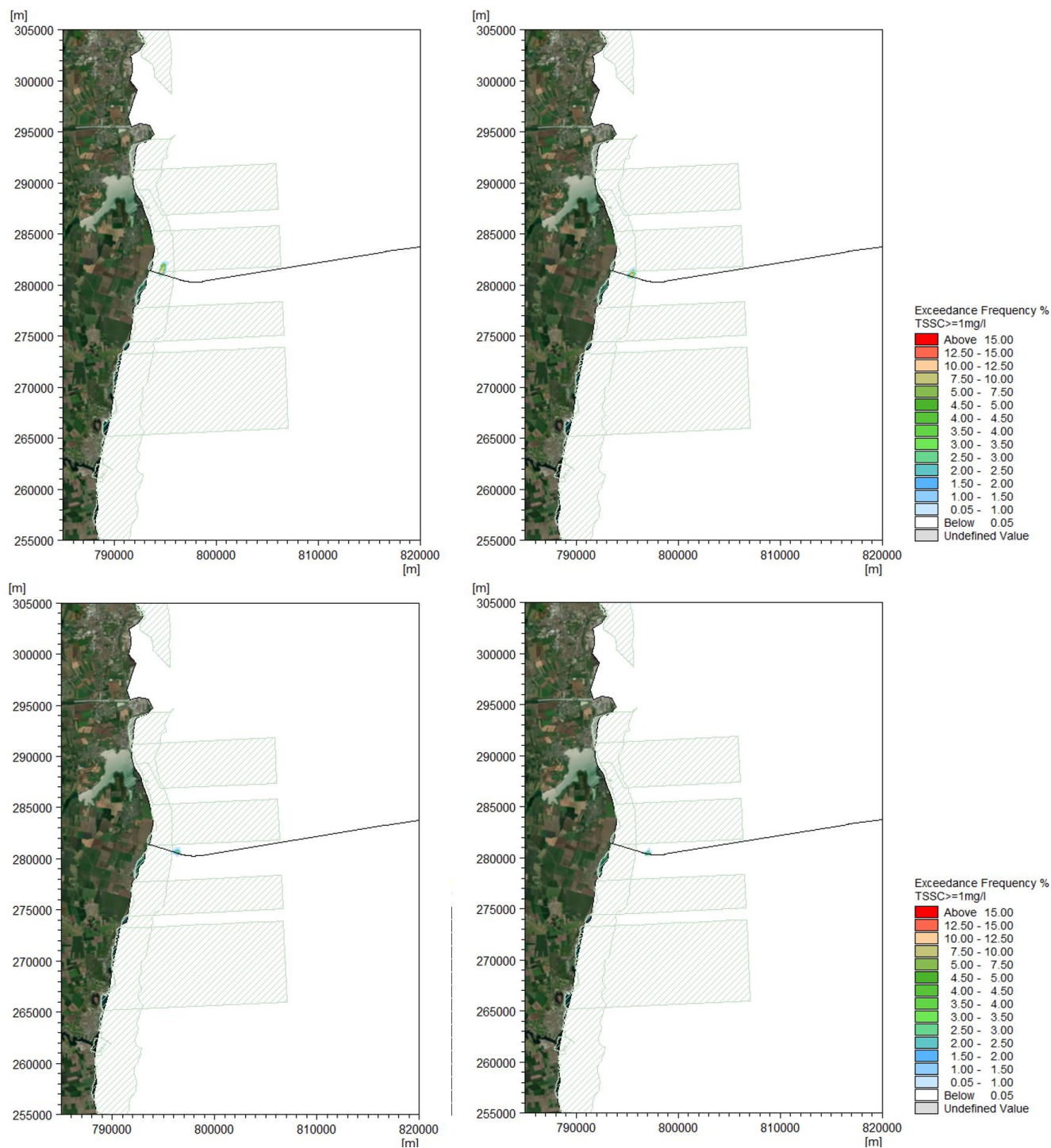


Figura D-3. Procentul de timp în care TSSC depășește 1 mg/l. la stratul de suprafață în timpul operațiunii de dragare a liniei șanțului de 3 zile la secțiunea-1 (stânga sus), secțiunea-2 (dreapta sus), secțiunea-3 (stânga jos) și secțiunea-4 (dreapta jos) în timpul evenimentului tipic-3S.

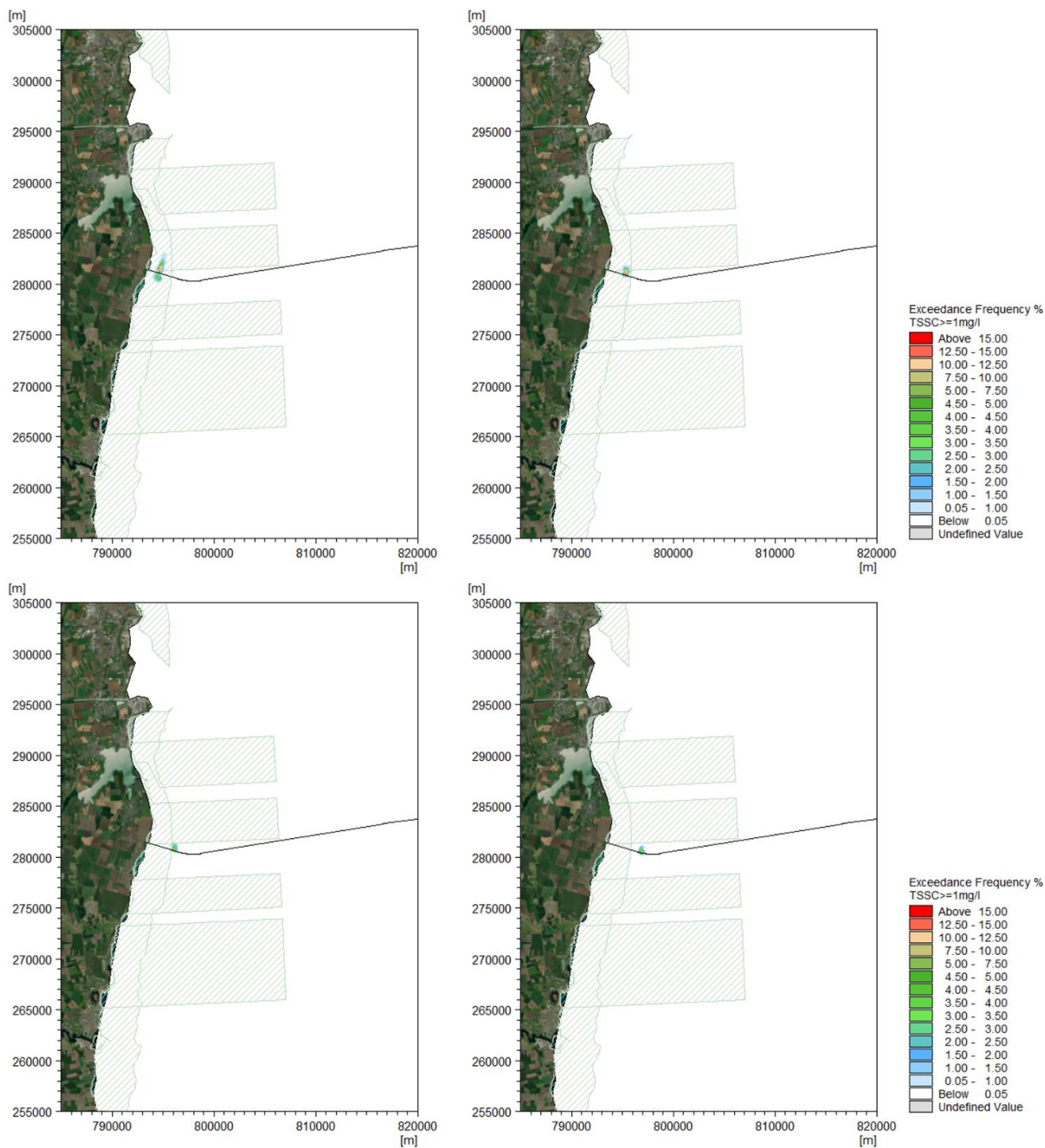


Figura D-4. Procentul de timp în care TSSC depășește 1 mg/l. la stratul de suprafață în timpul operațiunii de dragare a liniei șanțului de 3 zile la secțiunea-1(stânga sus), secțiunea-2(dreapta sus), secțiunea-3 (stânga jos) și secțiunea-4 (dreapta jos) în timpul evenimentului tipic-4S.

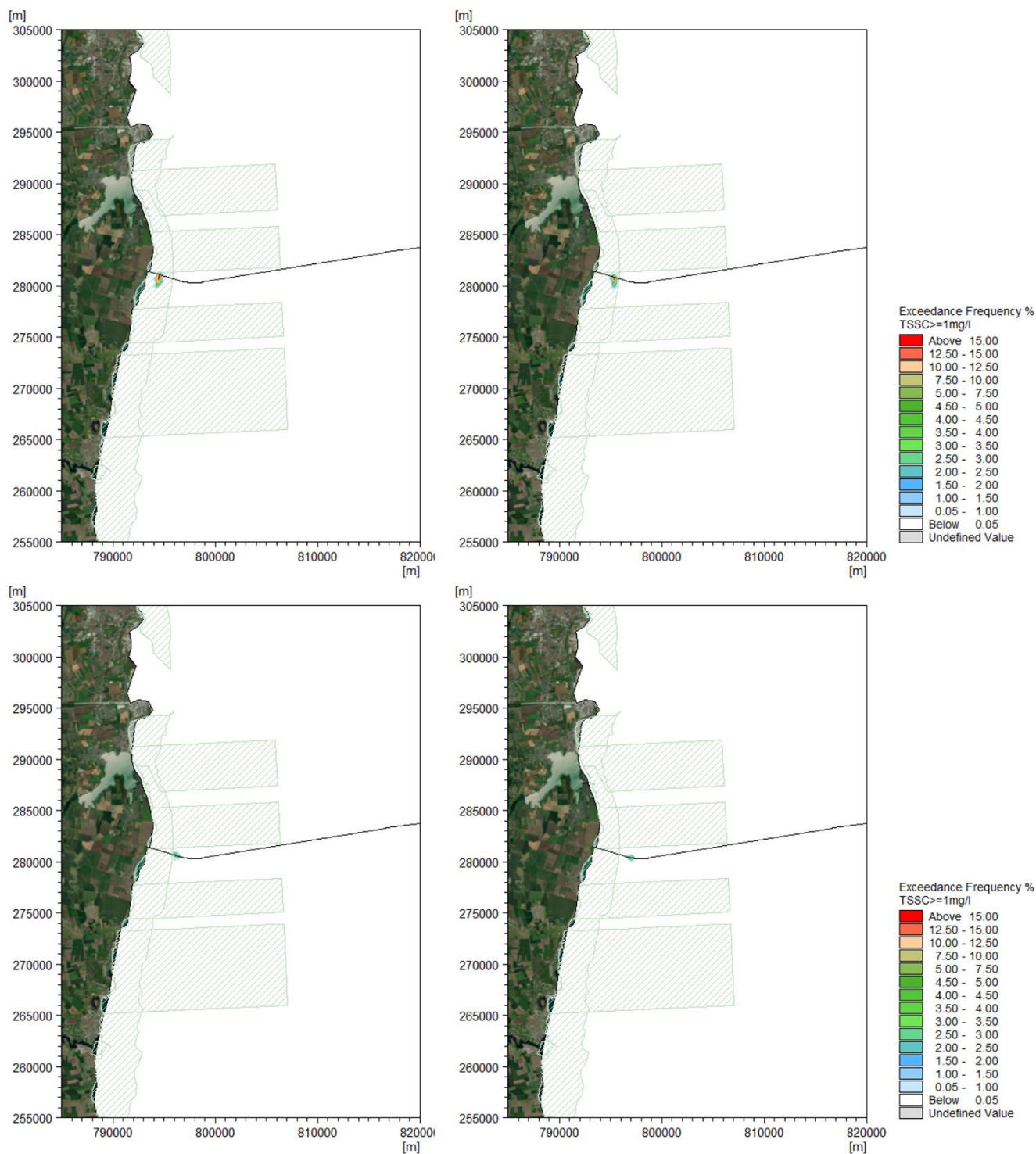


Figura D-5. Procentul de timp în care TSSC depășește 1 mg/l. la stratul inferior în timpul operațiunii de dragare a liniei șanțului de 3 zile la secțiunea 1 (stânga sus), secțiunea 2 (dreapta sus), secțiunea 3 (stânga jos) și secțiunea 4 (dreapta jos) în timpul evenimentului tipic-1S.

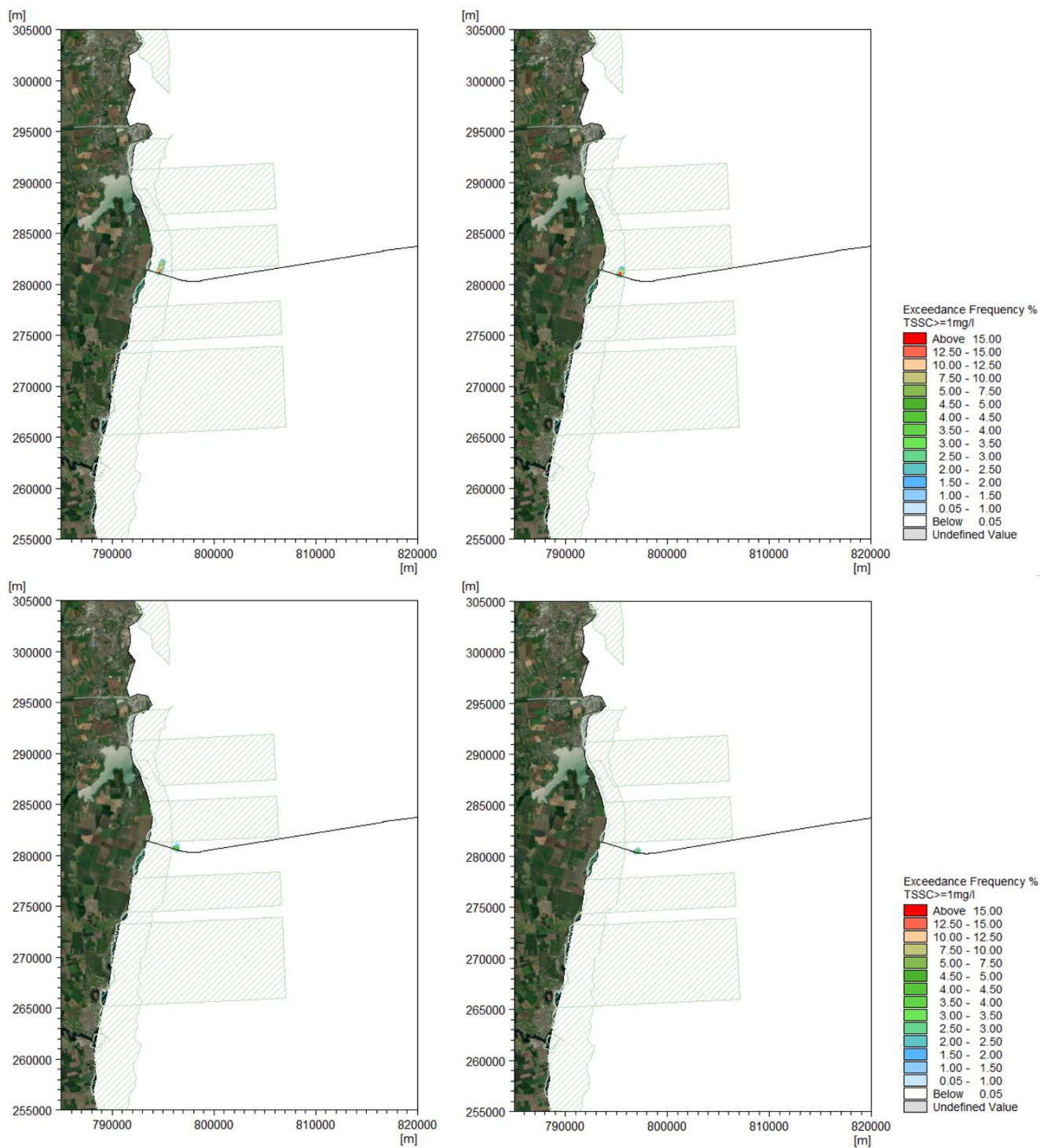


Figura D-6. Procentul de timp în care TSSC depășește 1 mg/l. la stratul inferior în timpul operațiunii de dragare a liniei șanțului de 3 zile la secțiunea 1 (stânga sus), secțiunea 2 (dreapta sus), secțiunea 3 (stânga jos) și secțiunea 4 (dreapta jos) în timpul evenimentului tipic-2S.

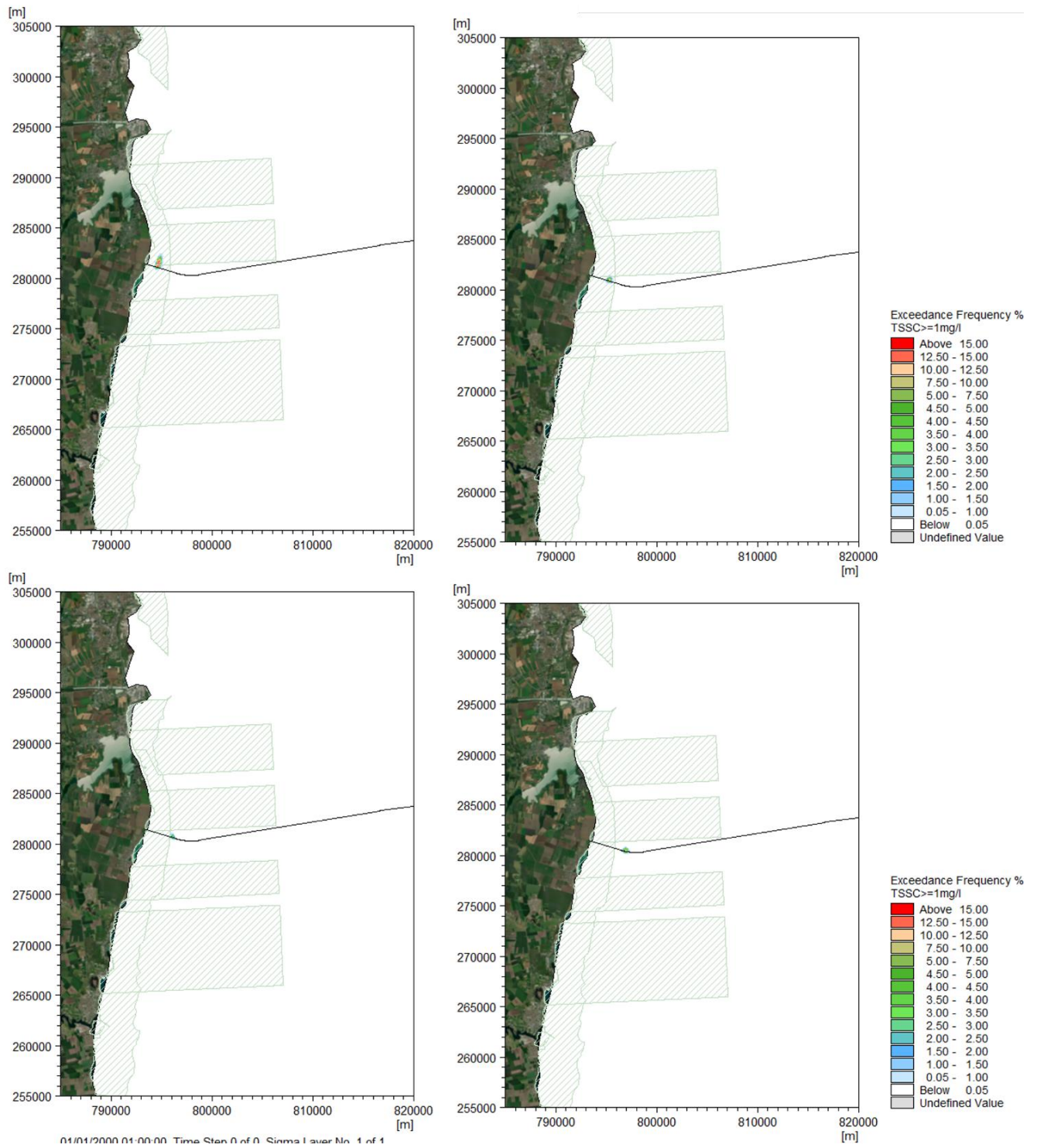


Figura D-7. Procentul de timp în care TSSC depășește 1 mg/L la stratul inferior în timpul operațiunii de dragare a liniei șanțului de 3 zile la secțiunea 1 (stânga sus), secțiunea 2 (dreapta sus), secțiunea 3 (stânga jos) și secțiunea 4 (dreapta jos) în timpul evenimentului tipic 3S.

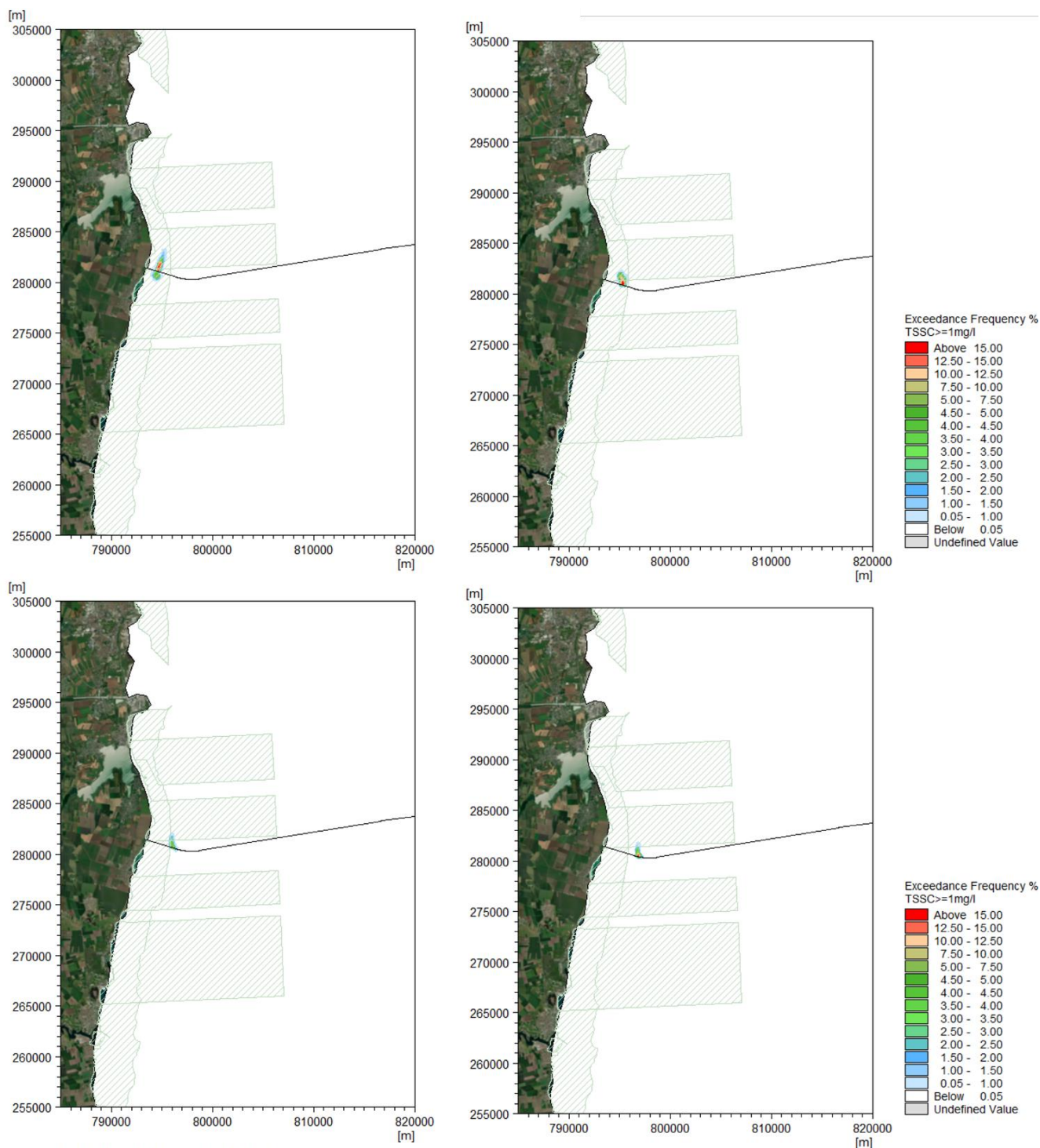


Figura D-8. Procentul de timp în care TSSC depășește 1 mg/l. la stratul inferior în timpul operațiunii de dragare a liniei șanțului de 3 zile la secțiunea 1 (stânga sus), secțiunea 2 (dreapta sus), secțiunea 3 (stânga jos) și secțiunea 4 (dreapta jos) în timpul evenimentului tipic-4S.

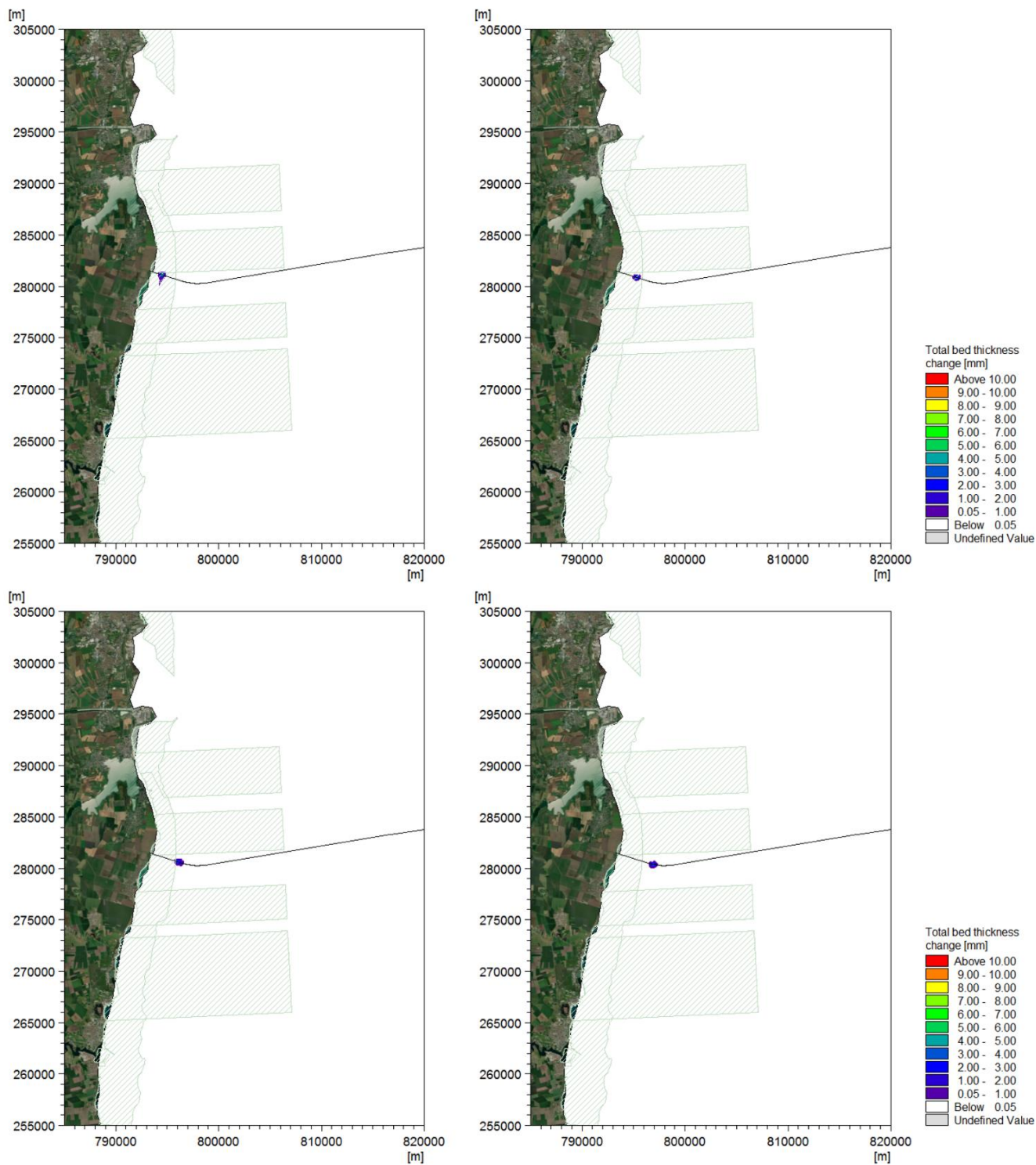


Figura D-9. Grosimea totală a fundului mării se modifică datorită sedimentelor deversate în timpul operațiunii de dragare a liniei șanțului la secțiunea 1 (stânga sus), secțiunea 2 (dreapta sus), secțiunea 3 (stânga jos) și secțiunea 4 (dreapta jos) în timpul evenimentului tipic-1S.

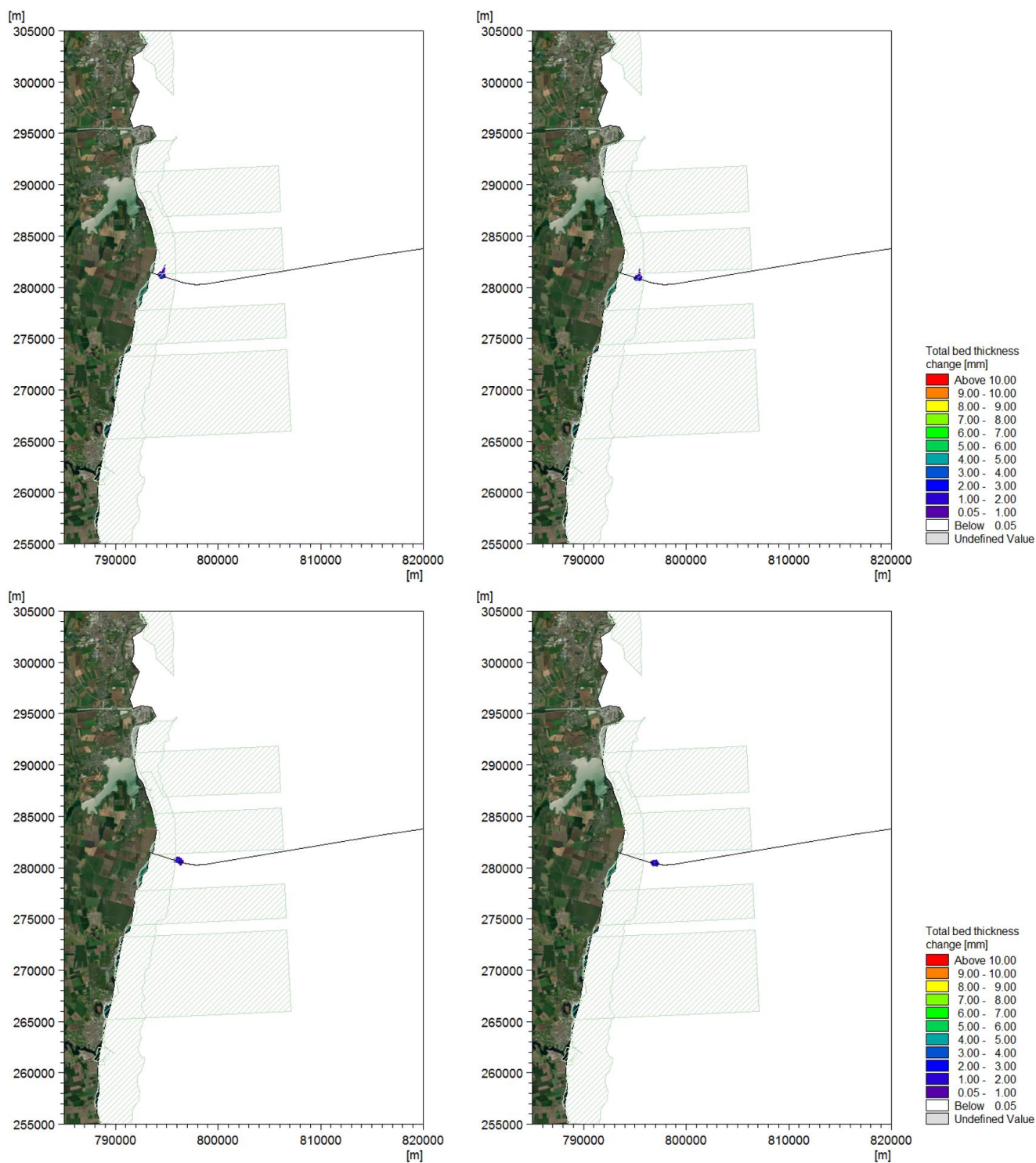


Figura D-10. Grosimea totală a fundului mării se modifică datorită sedimentelor deversate în timpul operațiunii de dragare a liniei șanțului la secțiunea 1 (stânga sus), secțiunea 2 (dreapta sus), secțiunea 3 (stânga jos) și secțiunea 4 (dreapta jos) în timpul evenimentului tipic-2S.

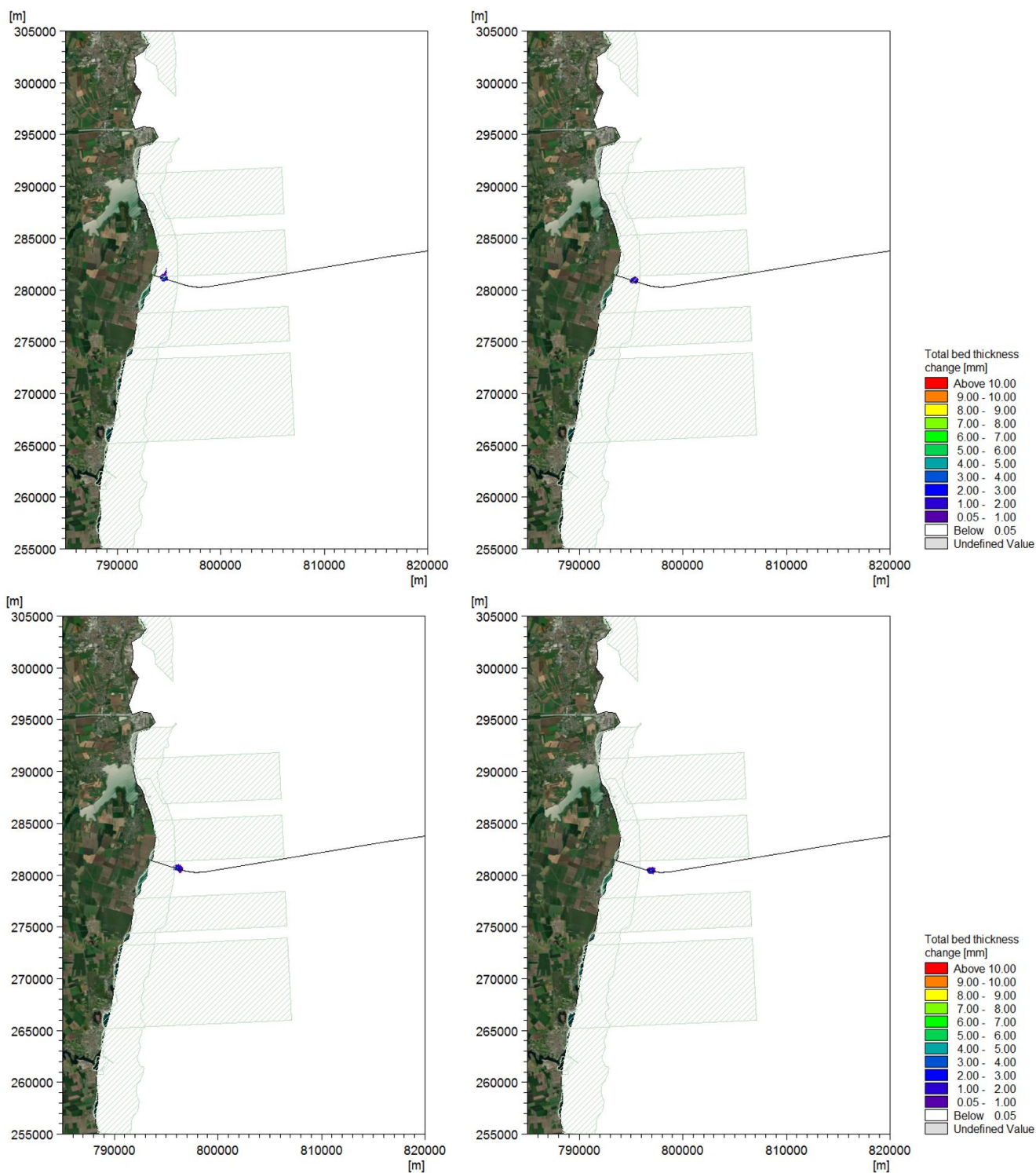


Figura D-11. Grosimea totală a fundului mării se modifică datorită sedimentelor deversate în timpul operațiunii de dragare a liniei șanțului la secțiunea 1 (stânga sus), secțiunea 2 (dreapta sus), secțiunea 3 (stânga jos) și secțiunea 4 (dreapta jos în timpul evenimentului tipic-3S).

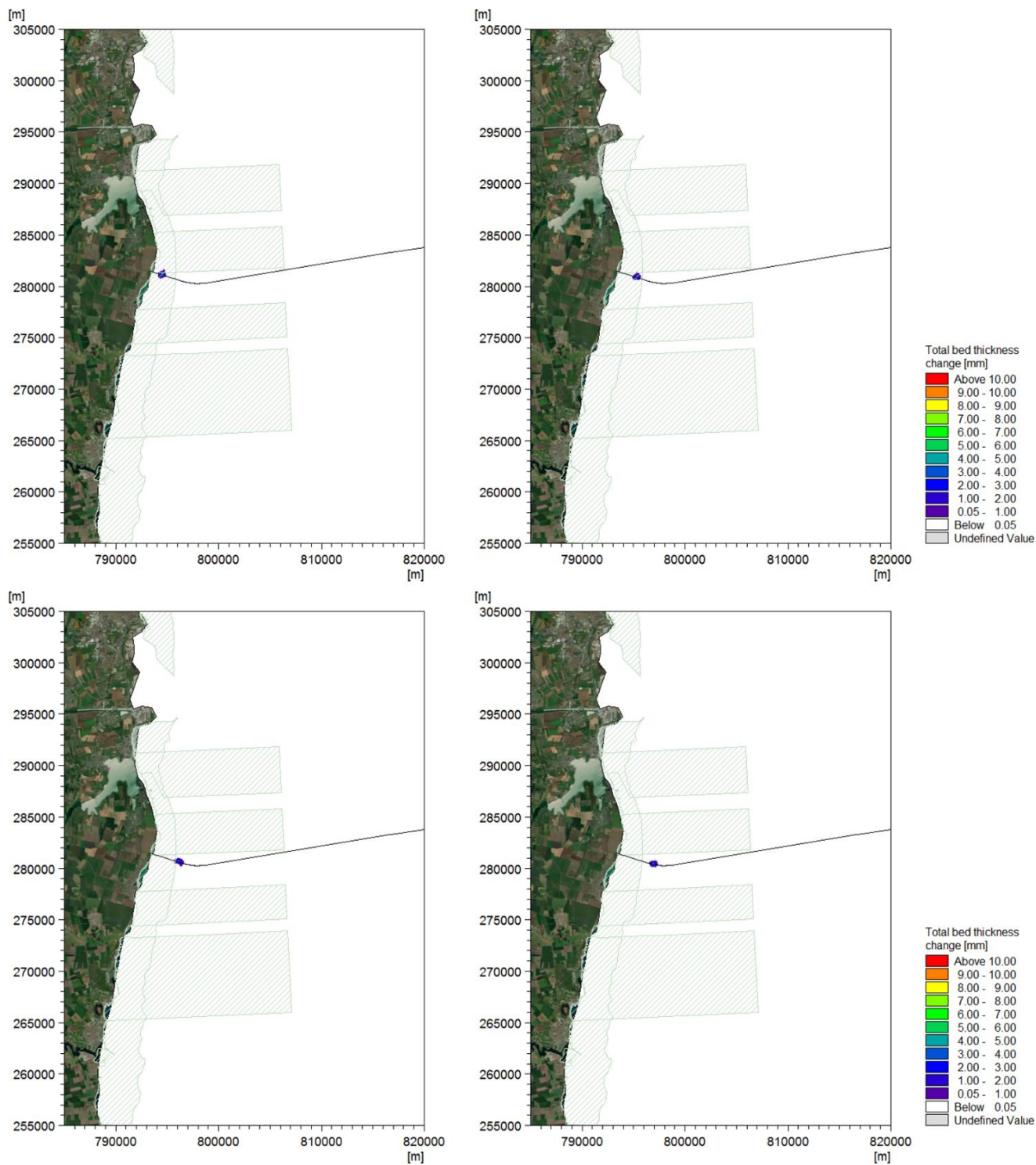


Figura D-12. Grosimea totală a fundului mării se modifică datorită sedimentelor deversate în timpul operațiunii de dragare a liniei șanțului la secțiunea 1 (stânga sus), secțiunea 2 (dreapta sus), secțiunea 3 (stânga jos) și secțiunea 4 (dreapta jos) în timpul evenimentului tipic-4S.