



**Escola de Camins**  
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports  
UPC BARCELONATECH

# ANÀLISIS D'ALTERNATIVES EN ELS DISSENYNS DE RESTAURACIÓ COSTANERA PER MITJÀ DEL MODELATGE NUMÈRIC XBEACH

Treball realitzat per:

**Sergi Gonzalez Fajardo**

Dirigit per:

**Ivan Cáceres Rabionet**

Grau en:

**Ciències i Tecnologies del Mar**

Barcelona, 28 de juny del 2023

Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental EHMA –  
Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental

**TREBALL FINAL DE GRAU**

# ÍNDEX

<b>1. Metodologia i estructura del projecte</b> .....	11
<b>2. Fonaments teòrics</b> .....	12
2.1. Processos físics en la costa .....	12
<b>3. Estat de l'art</b> .....	24
3.1. Model numèric: Xbeach .....	24
3.1.1. Model Surfbeat .....	29
3.1.2. Model No Hidroestàtic .....	29
3.1.3. Surfbeat vs No Hidroestàtic .....	32
3.1.4. Paràmetres inicials en la simulació .....	33
3.1.5. Paràmetres per al model no hidroestàtic .....	37
3.2. Zona d'estudi .....	41
3.2.1. Cas D'estudi 1 – Base de dades CoSSedeM .....	42
3.2.2. Cas D'estudi 2 – Base de dades WISE .....	45
<b>4. Metodologia</b> .....	49
4.1. Simulacions inicials .....	49
4.2. Cas d'estudi 1 .....	58
4.3. Cas d'estudi 2 .....	64
<b>5. Resultats</b> .....	72
5.1. Simulacions Inicials .....	72
5.2. Cas d'estudi 1 .....	75
5.3. Cas d'estudi 2 .....	77
<b>6. Conclusions</b> .....	79
<b>7. Referències</b> .....	81
<b>1. Annex</b> .....	86
1.1. Configuració del mode surfbeat .....	86
1.2. Configuració del mode no hidroestatic cas 1 .....	87
1.3. Configuració del mode no hidroestatic cas 2 .....	92

## Índex de Figures

<b>Figura 1</b>	Distribució lineal de la onada seguint la teoria d'Airy. Font: dean & dalrymple, 1991.	12
<b>Figura 2</b>	Refracció de les onades en la costa on s'observa com es propaguen les onades. Font: surfertoday.com.....	14
<b>Figura 3</b>	Efecte de la difracció al xocar una onada amb l'extrem de l'obstacle. Font: el principi de Fresnel.....	15
<b>Figura 4</b>	Esquema dels processos sedimentaris en el <i>cross-shore</i> en la regió <i>near-shore</i> . Font: Van der Zanden, 2016.....	17
<b>Figura 5</b>	Seqüència del transport del flux laminar a petita escala en la <i>swash zone</i> . Font: Van der Zanden, 2016.....	18
<b>Figura 6</b>	Perfil costaner separada en 3 parts (shoaling zone, surf zone i swashzone) on s'observa de manera gràfica com interactuen les onades i el perfil en funció dels processos físics generats per la interacció. Font: (Saber M. Elsayed et al., 2022).....	19
<b>Figura 7</b>	Classificació de les formes de les onades en la zona de trencament. Font: (Battjes, 1975)	20
<b>Figura 8</b>	Esquema del perfil de la platja amb la asimetria del onatge i els processos de transport de sediment transversal que esdevenen la formació de la barra en un perfil costaner. Font: (Alsina, 2021) .....	21
<b>Figura 9</b>	Classificació de les diferents formes d'interactuar entre onades- <i>swash</i> . a) Captura de l'onatge, b) Interacció feble onatge- <i>swash</i> i c) Interacció forta onatge- <i>swash</i> . Font: (Càceres et al., 2012). .....	23
<b>Figura 10</b>	a) Mapa del sur de Portugal amb una b) ampliació de la zona d'estudi on s'ha realitzat la topografia i batimetria de 3 perfils. Font: (M.I. Vousdoukas et al., 2011) .....	26
<b>Figura 11</b>	Evolució morfològica del perfil costaner on es veuen els millors casos simulats amb <i>XBeach</i> en funció del valor de <i>BSS</i> . Font: (M.I. Vousdoukas et al., 2011).....	28
<b>Figura 12</b>	perfil costaner tenint en compte els Processos morfodinàmics que es computen en el model no hidroestàtic, <i>xbeach</i> . .....	32
<b>Figura 13</b>	Llistat dels paràmetres de disseny de la malla de l'arxiu <i>param.txt</i> .....	34
<b>Figura 14</b>	Paràmetres morfològics, físics i del temps de l'arxiu <i>param.txt</i> . .....	34
<b>Figura 15</b>	Paràmetres de les condicions límit de les onades i espectre de l'onada. Paràmetres del trencament de l'onatge.....	35
<b>Figura 16</b>	Arxiu <i>jonswap</i> amb les diferents condicions definides. ....	36
<b>Figura 17</b>	Variables de sortida en l'arxiu <i>params.txt</i> . .....	36
<b>Figura 18</b>	Imatge del CIEM realitzada en el Laboratori d'Enginyeria Marítima. Font LIM.....	42
<b>Figura 19</b>	Gràfiques per al cas <i>BE1_2</i> : a) Perfil transversal de la costa de H; b) Evolució morfològica del perfil; i c) Transport de sediments promitg sobre la durada del segment. (Mancini et al. 2020) .....	44
<b>Figura 20</b>	Gràfiques per al cas <i>BE4_2</i> : a) Perfil transversal de la costa de H; b) Evolució morfològica del perfil; i c) Transport de sediments promitg sobre la durada del segment. ....	45

<b>Figura 21</b>	Perfil costaner amb els instants de temps de les 4h hores de simulació (8 mesures). Font: (I. Cáceres et al 2017).....	46
<b>Figura 22</b>	Formació final de la barra en el perfil costaner (negre) respecte la barra erosionada després de 8 series temporals erosives (vermell). Font: (I. Cáceres et al 2017).....	47
<b>Figura 23</b>	Mesura del perfil després de l'erosió i acreció durant els WISE data set. Línies solides de WISE_1 representen (inicial en gris, erosiva en blau i Ac_1 en vermell), les línies discontinues de WISE_2 (inicial en gris, erosiva en blau i Ac_2 en vermell). Font: (I. Cáceres et al 2017)	48
<b>Figura 24</b>	Perfil de l'alçada dona i de la platja respectivament en el domini de 0.5m respecte a la <i>S_Benchmark</i> .	50
<b>Figura 25</b>	Perfil de l'alçada dona i de la platja respectivament en el domini de 0.2m respecte a la <i>S_Benchmark</i> .	50
<b>Figura 26</b>	Perfil de l'alçada dona i de la platja respectivament en el domini de 0.5m respecte a la <i>S_Benchmark</i> .	51
<b>Figura 27</b>	Perfil de l'alçada dona i de la platja respectivament en el domini de 0.5m respecte a la <i>S_morfac1</i> tenint en compte evolució morfològica.	52
<b>Figura 28</b>	Perfil de l'alçada dona i de la platja respectivament en el domini de 0.2m respecte a la <i>S_morfac1</i> tenint en compte evolució morfològica.	53
<b>Figura 29</b>	Perfil de l'alçada dona i de la platja respectivament en el domini de 0.05m respecte a la <i>S_morfac1</i> tenint en compte evolució morfològica.	53
<b>Figura 30</b>	Perfil de l'alçada dona i de la platja respectivament en el domini de 0.5m respecte a la <i>S_morfac1</i> tenint en compte evolució morfològica x2.	55
<b>Figura 31</b>	Perfil de l'alçada dona i de la platja respectivament en el domini de 0.2m respecte a la <i>S_morfac1</i> tenint en compte evolució morfològica x2.	55
<b>Figura 32</b>	Perfil de l'alçada dona i de la platja respectivament en el domini de 0.05m respecte a la <i>S_morfac1</i> tenint en compte evolució morfològica x2.....	56
<b>Figura 33</b>	Perfil mesurat vs el simulat (en els dominis 0.5m, 0.2m i 0.05m) on es pot comparar l'evolució morfològica de la barra i com s'erosiona el perfil inicial i final respecte als diferents dominis.	58
<b>Figura 34</b>	Gràfic de l'evolució morfològica del perfil mesurat amb la base de dades CoSSedM on s'observa el creixement i migració d'una barra durant 1h.	59
<b>Figura 35</b>	Gràfic on s'observa la sèrie temporal bicromàtica de la base de dades de CoSSedM.	59
<b>Figura 36</b>	Evolució morfològica del perfil simulat durant 1h respecte el perfil mesurat a les 2 h amb la base de dades CoSSedM i en BE1_2.....	60
<b>Figura 37</b>	Evolució morfològica del perfil simulat durant 1h respecte el perfil mesurat a les 2 h amb la base de dades CoSSedM i en BE4_2.....	60
<b>Figura 38</b>	Evolució morfològica del perfil simulat durant 1h respecte el perfil mesurat a les 4h amb la base de dades CoSSedM i en BE1_2.....	61
<b>Figura 39</b>	Evolució morfològica del perfil simulat durant 1h respecte el perfil mesurat a les 4h amb la base de dades CoSSedM i en BE4_2.....	61

<b>Figura 40</b>	BE1_2 Perfil amb els diferents instants on es simula l'alçada d'ona respecte a la sèrie temporal erosiva CoSSedM en perfil inicial fins a les 2h d'evolució morfològica. ....	62
<b>Figura 41</b>	BE4_2 Perfil amb els diferents instants on es simula l'alçada d'ona respecte a la sèrie temporal erosiva CoSSedM en perfil inicial fins a les 2h d'evolució morfològica. ....	63
<b>Figura 42</b>	Perfil de l'alçada dona i de la platja respectivament en el domini de 0.5m tenint en compte les dues primeres hores del perfil mesurat. ....	65
<b>Figura 43</b>	Perfil de l'alçada dona i de la platja respectivament en el domini de 2m tenint en compte tot el perfil mesurat. ....	66
<b>Figura 44</b>	Evolució morfològica del perfil simulat des de el perfil inicial durant 1h respecte el perfil mesurat a les 2h amb la base de dades WISE.....	68
<b>Figura 45</b>	Evolució morfològica del perfil simulat des de el perfil de 2h durant 1h respecte el perfil mesurat a les 4h amb la base de dades WISE.....	68
<b>Figura 46</b>	Perfil amb els diferents instants on es simula l'alçada d'ona respecte a les alçades mesurades WG2 respecte al perfil inicial fins a les 2h.....	69
<b>Figura 47</b>	Perfil amb els diferents instants on es simula l'alçada d'ona respecte a les alçades mesurades WG2 respecte les 2h de perfil fins a les 4h. ....	70
<b>Figura 48</b>	Evolució morfològica del perfil simulat des de el perfil de 4h durant 1h respecte el perfil mesurat a les 4h amb la base de dades WISE.....	71
<b>Figura 49</b>	Perfil amb els diferents instants on es simula l'alçada d'ona respecte a les alçades mesurades WG2 a partir de 4h. ....	71
<b>Figura 50</b>	Superposició de l'últim instant de temps registrat durant l'evolució morfològica en la simulació <i>S_morfac2</i> (en els dominis 0.5m, 0.2m i 0.05m) respecte al perfil mesurat. ....	74
<b>Figura 51</b>	Ampliació de la superposició de l'últim instant de temps registrat durant l'evolució morfològica en la simulació <i>S_morfac2</i> (en els dominis 0.5m, 0.2m i 0.05m) respecte al perfil mesurat. ....	75

## Índex de Taules

<b>Taula 1</b>	Equacions que descriuen la celeritat de les onades en funció de la profunditat. ....	14
<b>Taula 2</b>	Taula de la classificació dels sediments en funció de la mida del gra en mm i l'escala phi calculada.....	16
<b>Taula 3</b>	Taula on es descriu el rang on es troba el número d'Irbarren que defineixen les formes de les onades de la <i>Figura 7</i> .....	20
<b>Taula 4</b>	Paràmetres més importants que es consideren en els anàlisis realitzats. Font: (M.I. Voudoukas et al., 2011) .....	26
<b>Taula 5</b>	Taula on es descriuen les components de les dues series d'onades bicromàtiques. .	43
<b>Taula 6</b>	Taula amb les condicions hidrodinàmiques testejades en el perfil. Font: (I. Cáceres et al 2017)	46
<b>Taula 7</b>	Taula amb els experiments realitzats en el perfil. Font: (I. Cáceres et al 2017) .....	46
<b>Taula 8</b>	Taula amb els resultats en m de la mitja de l'alçada d'ona en les simulacions en Benchmark respecte als diferents dominis. ....	51
<b>Taula 9</b>	Taula amb els resultats en m de la mitja de l'alçada d'ona en les simulacions en morfac1 respecte als diferents dominis.....	54
<b>Taula 10</b>	Taula amb els resultats en m de la mitja de l'alçada d'ona en les simulacions en morfac2 respecte als diferents dominis.....	56
<b>Taula 11</b>	Taula amb totes les alçades totals de cada simulació respecte als dominis amb els quals es treballa. ....	57
<b>Taula 12</b>	Taula amb tots el punts de referència de la l'alçada d'ona en determinats punts en el perfil tenint en compte la sèrie temporal de la base de dades CoSSedM. ....	64
<b>Taula 13</b>	Taula amb les alçades d'ona de l'evolució morfològica dels perfils a partir de l'inicial i 2h.	66
<b>Taula 14</b>	Taula amb tots el punts de referència de la l'alçada d'ona en determinats punts en el perfil tenint en compte la sèrie temporal erosiva respecte a la base de dades WG2. ....	67
<b>Taula 15</b>	Taula amb tots el punts de referència de la l'alçada d'ona en determinats punts en el perfil tenint en compte la sèrie temporal acretiva respecte a la base de dades WG2. ....	72
<b>Taula 16</b>	Taula amb tots el resultat de totes les alçades d'ona de les simulacions en funció de cada domini respectivament.....	73
<b>Taula 17</b>	Taula amb l'alçada d'ona dels punts de referència i simulats en determinats punts en el perfil tenint en compte la sèrie temporal de la base de dades CoSSedM. ....	76
<b>Taula 18</b>	Taula amb les alçades d'ona en els diferents instants tant mesurades com simulades respecte a la sèrie temporal erosiva WISE.....	78
<b>Taula 19</b>	Taula amb les alçades d'ona en els diferents instants tant mesurades com simulades respecte a la sèrie temporal acretiva WISE. ....	78

## ABSTRACT

Els processos hidrodinàmics i morfològics que interactuen en les zones costaneres són importants per plantejar projectes d'obres marítimes com la construcció de dics i ports o la restauració de platges. Entendre la física determina la composició de les platges és clau i complexa, sobretot en el transport de sediments i el trencament turbulent de les onades. Tanmateix, influeixen altres factors en l'estructura del perfil costaner com les dunes i barres que són sistemes dinàmics i s'adapten a les tempestes que s'encarreguen d'erosionar més el perfil o els períodes de calma que ajuden a recuperar la platja durant els períodes acretius.

Amb l'ajuda de diferents parametritzacions i formulacions que envolten el model numèric XBeach, s'estudiarà la física que interactua en el perfil d'una platja. El model permetrà realitzar una predicció aproximada de l'evolució morfològica/hidrodinàmica sota diferents condicions energètiques. Aquest model de transport de sediments ens ajudarà a entendre com funciona un model numèric, i a veure fins a quin punt els models de l'estat de l'art en transport de sediments són capaços de predir la formació d'una barra i els processos acretius.

Los procesos hidrodinámicos y morfológicos que interactúan en las zonas costeras son importantes para plantear proyectos de obras marítimas como la construcción de diques y puertos o la restauración de playas. Entender la física determina la composición de las playas es clave y compleja, sobre todo en el transporte de sedimentos y la rotura turbulenta de las olas. Sin embargo, influyen otros factores en la estructura del perfil costero como las dunas y barras que son sistemas dinámicos y se adaptan a las tormentas que se encargan de erosionar más el perfil o períodos de calma que ayudan a recuperar la playa durante los períodos acretivos.

Con la ayuda de diferentes parametrizaciones y formulaciones que envuelven el modelo numérico XBeach, se estudiará la física que interactúa en el perfil de una playa. El modelo permitirá realizar una predicción aproximada de la evolución morfológica/hidrodinámica bajo distintas condiciones energéticas. Este modelo de transporte de sedimento nos ayudará a entender cómo funciona un modelo numérico, ya ver hasta qué punto los modelos del estado del arte en transporte de sedimentos son capaces de predecir la formación de una barra y los procesos acretivos.



The hydrodynamic and morphological processes interacting in coastal areas are important for planning marine works projects such as the construction of seawalls and harbours or beach restoration. Understanding the physics determines the composition of beaches is key and complex, especially in sediment transport and turbulent wave breaking. However, other factors influence the structure of the coastal profile such as dunes and bars that are dynamic systems and adapt to storms that further erode the profile or periods of calm that help to restore the beach during accretive periods.

With the help of different parameterisations and formulations involving the XBeach numerical model, the physics interacting in the profile of a beach will be studied. The model will allow an approximate prediction of the morphological/hydrodynamic evolution under different energy conditions. This sediment transport model will help us to understand how a numerical model works, and to see to what extent state-of-the-art sediment transport models are able to predict bar formation and accretion processes.

## AGRAÏMENTS

Primer de tot m'agradaria agrair als meus pares, han sigut un pilar fonamental en tots els àmbits de la vida i sobretot la carrera, ja que m'han recolzat i m'han motivat a seguir endavant perquè dia si dia també, estan allà en els moments més durs. Sempre em diuen que estan molt orgullosos de mi per fer la carrera i seguir el camí que somiava quan anava a la primària. Òbviament he de mencionar a la meva germaneta, que encara que no la veig molt sé que s'alegra molt per mi.

Per una altra banda també volia agrair als meus tiets, que es preocupen molt i sobretot la meva tieta que sempre s'emociona molt quan parlem de la carrera i el camí que he escollit. També volia mencionar als meus avis, que desgraciadament no han tingut l'oportunitat que tinc jo per estudiar i sé que els omple de goig veurem seguir el camí que em fa feliç.

Finalment, vull agrair al meu tutor del TFG, Ivan. Dono les gràcies per tota la paciència que ha tingut amb mi i sempre permetre'm veure la llum al final del túnel, on en els moments més durs del projecte sempre m'ha relaxat i m'ha ajudat a seguir endavant.

# 1. METODOLOGIA I ESTRUCTURA DEL PROJECTE

El model XBeach, és un model de propagació d'onatge, circulació i transport de sediments, que permet la simulació i predicció de l'evolució d'un perfil costaner. És un model complex, amb múltiples opcions per simular l'onatge, el seu trencament així com diferents formulacions del transport de fons i suspensió. Aquest model, desenvolupat per Deltares, el farem servir per reproduir la formació d'una barra i el seu transport acretiu amb dades adquirides al CIEM. Per tant, es plantegen uns objectius principals:

- Realitzar simulacions inicials amb el mode per defecte de *XBeach* que s'anomena *surfbeat* (XB-SB) amb una batimetria inicial de 50 cm interaccionant amb paràmetres que influeixen en la velocitat de l'evolució morfològica per després comparar-lo amb el perfil mesurat Permetent analitzar la formació de la barra i els processos erosius que influeixen.

- Modificar la batimetria del perfil a una resolució més detallada (20 cm entre punts de la malla) respecte al model XB-SB i analitzar:

- a) Sense tenir en compte cap evolució morfològica, veure com interactuen les onades amb el perfil a diferents temps de simulació.

- b) Aplicar evolució morfològica al domini i veure com es forma la barra en el perfil, per després comparar-la amb el perfil mesurat.

- Al tenir clar com funciona el model d'una manera més practica, es començarà a treballar amb el model *no hidroestàtic* (XB-NH). La configuració d'aquest model es a partir de l'estudi que van realitzar la Guilia et al., en l'article *Numerical modelling of intra-wave sediment transport on sandybeaches using a non-hydrostatic, wave-resolving model* i l'adaptarem per tal de simular un perfil mesurat en l'article Caceres et al. 2017, *An analysis of nearshore profile and bar development under large scale erosive and acretive waves*.

- a) Introduir la sèrie temporal erosiva per analitzar com evoluciona el perfil durant 4 h i simular l'alçada d'ona en punts mesurats per comparar-lo amb l'estudi mesurat.

- b) Introduir la sèrie temporal acretiva per analitzar com evoluciona el perfil i simular l'alçada d'ona en punts mesurats per comparar-lo amb l'estudi mesurat.

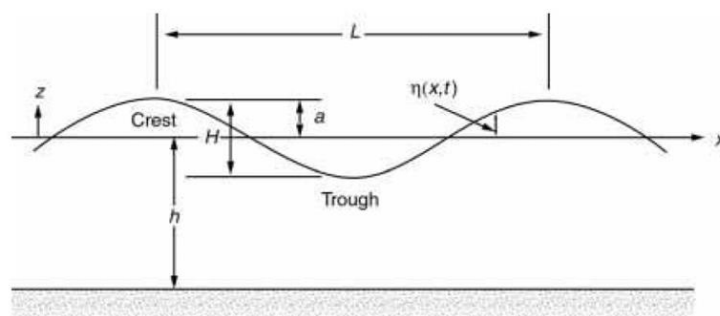
## 2. FONAMENTS TEÒRICS

### 2.1. PROCESSOS FÍSICS EN LA COSTA

Previ a entendre com funciona el model numèric i totes les característiques que la componen, s'ha d'entendre molt bé la física que intervé en la costa. Hi ha moltes teories i fórmules que defineixen tots els processos hidrodinàmics que modifiquen la morfologia costanera, veurem en detall alguns, ja que són complex i representatius per entendre el model. Tanmateix, considerarem la classificació del perfil costaner, enfocant-nos en determinats processos que succeeixen en parts específiques mereixedores de comentar.

#### Onatge

Les onades s'originen en funció de diferents factors que provoquen la propagació de la perturbació generada, no la massa d'aigua. Les onades principalment son causades pel vent, encara que també es tenen en compte altres factors com mareas o tsunamis. Originalment, segueixen la distribució lineal (Airy, 1845) tal i com es pot observar en la *Figura 1* on es pot veure la longitud d'ona ( $L$ ), alçada d'ona ( $H$ ), profunditat ( $h$ ) amplitud ( $a$ ) i la superfície de l'aigua ( $\eta(x,t)$ ) per sobre del nivell del mar.



**Figura 1** Distribució lineal de la onada segons la teoria d'Airy. Font: dean & dalrymple, 1991.

La equació d'ones regulars segons la teoria lineal d'Airy es veu definida tal que:

$$\eta = \frac{H}{2} \cos(kx - \omega t) \quad (1)$$

$\frac{H}{2}$  = Representa l'amplitud.

$k$  = Número d'ona angular (rad/m)

Les ones pateixen un procés físic que s'inicia quan hi ha una interacció d'aquestes amb el fons a l'apropar-se a la costa i aquesta interacció fa que s'allunyi de la teoria lineal, per tant, del moviment sinusoidal pur. La trajectòria de les partícules d'aigua dins de cada onada realitza un moviment cíclic que rep el nom de velocitat orbital. Aquesta velocitat s'esmorteix a mesura que incrementa la profunditat i disminueix la longitud d'ona, provocant que la trajectòria de les partícules comenci a fer un moviment el·lipsoïdal.

Quan les onades s'apropen a la zona de *shoaling* dins de la regió costanera, vira la seva forma a l'interactuar amb el fons. És en aquest punt on l'onada es veu afectada pel fons i comença a preveure la importància del transport.

La zona de shoaling, és el punt on les onades comencen a peraltar deguda a la interacció amb el fons marí, modificant la velocitat de propagació i adoptant una forma més asimètrica a mesura que s'apropa a la costa.

Aquesta interacció de l'onatge amb el fons, s'involucra en la generació de múltiples processos físics que depenen de múltiples factors com la mida del gra, pendent de la platja i corrents. La turbulència és un procés generat amb la fricció d'aquesta interacció en funció de la capa límit del fons. Malgrat això, la força de fregament es propaga pel flux de l'àrea, expressant-se com l'esforç tallant al fons. A mesura que la profunditat disminueix, l'esforç tallant del fons ve pel gradient de velocitat i afecta el transport i l'arrossegament a causa del camp de pressió que actua sobre el fons (Mancini, 2021).

### **Refracció**

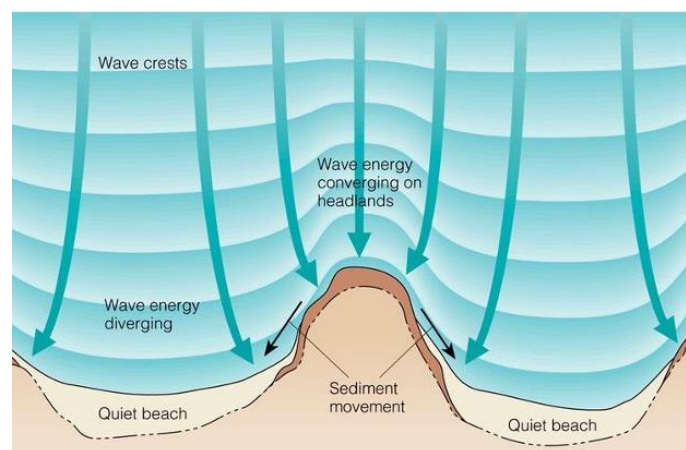
Aquest procés es defineix com la modificació de la direcció de propagació de les onades a conseqüència d'una variació de la seva velocitat produïda per canvis en la profunditat del perfil costaner. Tal com es pot analitzar en la *Taula 1*, es veu que la velocitat és totalment proporcional a la profunditat, ja que, la velocitat de desplaçament de les onades és més gran en zones que tenen una major profunditat i més lenta en zones amb menor profunditat. Aquest efecte provoca que les onades en apropar-se a costa amb un cert angle d'obliquïtat respecte a la costa,

tendeixin a posar-se paral·leles a costa donada la diferent velocitat de propagació de les onades en funció de la profunditat *Figura 2*.

	Aigües profundes	Intermèdia	Aigües someres
Velocitat de fase, $c$	$\frac{g}{2\pi}T$	$\sqrt{\frac{g}{k} \tanh(kh)}$	$\sqrt{gh}$
Límit de l'aplicació	$\left[ \frac{h}{L} > \frac{1}{2} \right]$		

**Taula 1** Equacions que descriuen la celeritat de les onades en funció de la profunditat.

En aigües més profundes, la velocitat de propagació de les onades és major, ja que no interactuen amb el fons marí. Quan l'onatge s'apropa a la costa, inicialment la propagació és perpendicular, però quan es troba sotmès a la refracció, tendeix a establir-se paral·lel a la costa.



**Figura 2** Refracció de les onades en la costa on s'observa com es propaguen les onades. Font: surfertoday.com

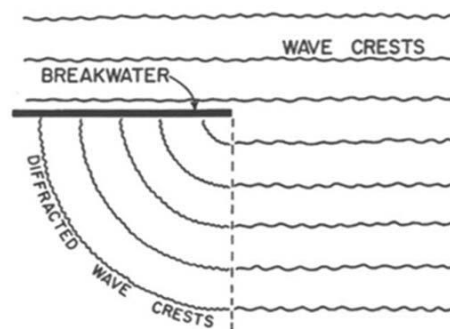
## Reflexió

La reflexió és el procés que es dona quan les ones es troben amb un obstacle, resultant reflectides de manera total o parcial. La reflexió depèn totalment de l'obstacle, el qual es defineix com la divisió entre l'alçada de l'ona reflectida i l'alçada de l'ona incident. El sobreposament de les onades incidents i reflectides fa augmentar l'energia, provocant alteracions en la columna d'aigua com un major transport de sediments.

## Difracció

Consisteix en la dispersió de l'energia de l'onatge en trobar-se amb un objecte (com per exemple dics o espigons) que impedeix l'entrada parcial del flux, variant en la propagació de l'onatge

Tal com es pot observar gràficament en la *Figura 3*, s'observa la propagació lineal de les onades cap a la costa fins que es troben amb un objecte. Consegüentment modificant la propagació a partir de la cessió d'energia i fent que part de l'energia que entra arribi a la costa en forma de semicercle.



**Figura 3** Efecte de la difracció al xocar una onada amb l'extrem de l'obstacle.  
Font: el principi de Fresnel.

## Sediments

Els sediments componen el perfil costaner, en funció de la mida del gra, velocitat del flux, propagació de l'onatge, intensitat i direcció de els corrents. Les mides de gra sedimentari, encara que estadísticament es treballa amb el diàmetre mitja del gra  $D_{50}$ , s'obté a partir de la distribució granulomètrica. Tot i que hi hagi diferents mides, les platges i zones costaneres estan comparades amb un sediment de característiques homogènies, per tant, seria una única  $D_{50}$  per

tota la platja. La classificació de la mida dels sediments és en funció de la variable  $\phi$  on com més gran és el phi, més fiés el gra. Es defineix:

$$\phi = -\text{Log}_2(\text{diametre en mm}) \quad (2)$$

Permetent classificar les partícules sedimentaries (Krumbein and Sloss, 1963)

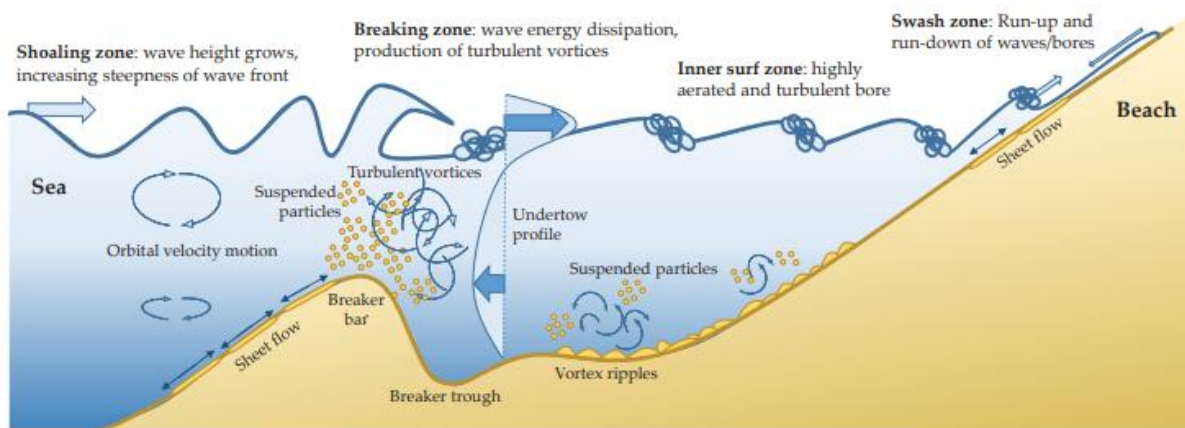
Sediment grain sizes (mm)	Wentworth grade	Phi ( $\Phi$ ) scale
>256	Boulder	-8
>64 to 256	Cobble	-6
>4 to 64	Pebble	-2
>2 to 4	Granule	-1
>1 to 2	Very coarse sand	0
>0.50 to 1	Coarse sand	1
>0.25 to 0.50	Medium sand	2
>0.125 to 0.25	Fine sand	3
>0.0625 to 0.125	Very fine sand	4
>0.0313 to 0.0625	Coarse silt	5
>0.0156 to 0.0313	Medium silt	6
>0.0078 to 0.0156	Fine silt	7
>0.0039 to 0.0078	Very fine silt	8
<0.0039	Clay	>8

**Taula 2** Taula de la classificació dels sediments en funció de la mida del gra en mm i l'escala phi calculada.

Hi ha múltiples processos associats al transport de sediments, el que té més impacte en el perfil de la platja són els processos erosius que es veuen involucrats, ja que defineixen l'estructura del perfil de la platja. Aquesta erosió es deu a molts factors, dels quals destaca l'existència d'onatge i el trencament de les onades.

En un perfil costaner com el que es pot analitzar en la *Figura 4*, permet observar d'una manera més gràfica la interacció de les onades amb el fons en funció del pendent de la platja. Els sediments dins de la columna de l'aigua es poden separar en dos grups molt diferenciats.





**Figura 4** Esquema dels processos sedimentaris en el *cross-shore* en la regió *near-shore*. Font: Van der Zanden, 2016

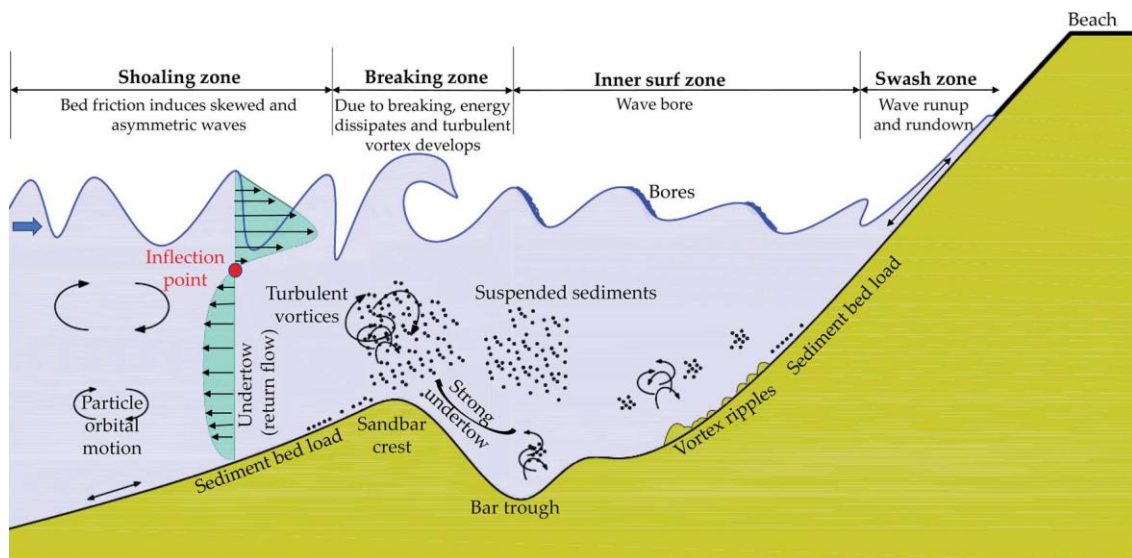
- a) **Transport en suspensió (Suspended load):** La turbulència generada en la columna d'aigua són fluctuacions associades a la fricció al fons i el trencament de les onades (Van der Zanden, 2016). El trencament de les onades i els corrents són el principal precursor del transport de sediments en suspensió, aquestes partícules no cauen immediatament al fons marí sinó que queden suportades per les forces turbulentes mentre la velocitat de caiguda del gra fa caure el sediment cap al fons.. El balanç entre aquestes dos forces serà qui gestionarà la quantitat de transport en suspensió i per tant la relació d'aquest mode de transport en el transport total, alterant els patrons en condicions erosives i acretives. En la zona de trencament de l'onatge s'originen vòrtexs turbulents que oscil·len observant-se partícules sedimentàries en suspensió i distribuïdes en tota la columna d'aigua. Aquests vòrtexs al ser tan inestables es fragmenten en vòrtexs més petits, provocant la dissipació turbulenta. En funció de les variables que actuen sobre el sediment en suspensió (gravetat, corrents...), el transport serà cap a costa (*onshore*) o *mar endins (offshore)* en funció de les característiques de l'onatge. Malgrat això, en la zona de trencament el transport en suspensió té un component predominant *offshore*, influenciat per l'*undertow* que provoca l'increment del flux en el transport de sediments. D'aquest procés en parlarem amb més detall quan analitzem les parts del perfil costaner.

b) **Transport per càrrega de fons (Bed load):** La càrrega sedimentària del fons marí es descriu físicament com la fracció de grànuls de sediments que suporta la força intergranular (Bagnod, 1956; Nilsen, 1992), és a dir que es pot definir com el transport de les partícules sedimentàries que es desplacen en contacte amb el fons marí a causa de l'acció de les onades. El transport sedimentari bé limitat principalment per la mida del gra, però en funció de la mida del sediment i les forces de l'onatge i corrents aquest es pot moure de diferent formes: rodolant, relliscant o saltant. També es poden tenir en compte altres escenaris, com zones més acretives influenciades per l'onatge, on poden aparèixer *vortex ripples*. Aquests són vòrtexs carregats de sediments que s'expulsen durant el reflux del cicle d'onades i tornen a formar-se al següent cicle (Van der Werf et al. 2007). La capa límit del fons està composta per una fina capa (1 cm aproximadament) que és susceptible al moviment de les onades, provocant que es desplaci de manera horitzontal *onshore* i *offshore*. En zones més erosives, com la de *swash* permet estudiar-lo més al detall, ja que hi ha un elevat transport de sediments i energia amb la qual arriben les onades. Respecte a la resta de zones que defineixen el perfil costaner, alteren amb més intensitat aquesta capa. Observant la *Figura 6*, es veu com la capa del fons marí està en repòs (a), posteriorment s'observa el flux laminar amb una velocitat orbital màxima per finalment trencar la capa amb el flux invers quan acaba el cicle d'onades (Van der Zanden, 2016).



**Figura 5** Seqüència del transport del flux laminar a petita escala en la *swash zone*. Font: Van der Zanden, 2016.

## Perfil costaner



**Figura 6** Perfil costaner separada en 3 parts (shoaling zone, surf zone i swashzone) on s'observa de manera gràfica com interactuen les onades i el perfil en funció dels processos físics generats per la interacció. Font: (Saber M. Elsayed et al., 2022).

Observant la *Figura 6*, és pot veure representada de manera detallada les parts que componen la zona costanera per entendre millor les explicacions que tindrem en compte en el projecte.

Podem separar la regió costanera en 3 parts, quan considerem la zona en que l'onatge interactua amb el fons:

**Shoaling zone:** És la zona on les onades comencen a interactuar morfològicament amb el fons i això influeix en el transport de sediments i el moviment de les partícules. Aquesta fricció amb el fons marí indueix a l'augment de l'alçada d'ona del peralt. És a dir que, aquesta primera interacció amb el fons on les onades deixen de desplaçar-se linealment, comencen a transportar massa que s'apila a la costa i aquesta sobrelevació d'aigua (set-up) acaba sent el precursor de les corrents de ressaca (undertow). Aquest canvi en l'alçada de l'onada ve controlat per la disminució de la profunditat en el perfil.

**Surf zone (Breaking zone + innersurf zone):** La zona de trencament de l'onatge és on es dissipa l'energia, ja que les onades es tornen hidrodinàmicament inestables i, per tant, té una gran influència en el transport de sediments, processos erosius i corrents que defineixen la

morfologia costanera. La forma de trencament de les onades es pot classificar en funció de la velocitat de trencament i la forma que prenen les onades durant aquest procés.

El numero de Iribarren,  $\xi$ , (Battjes, 1974) i que podem calcular seguint l'equació 3, depèn dels termes  $\alpha$  (angle de la pendent),  $L_0$  (longitud d'ona en aigües fondes) i  $H$  (alçada d'ona). Aquest paràmetre ens indica per mitjà del seu valor de la forma que prendrà l'onatge durant el procés de trencament i que es cataloga seguint la Taula 3 en Surging, Plunging o Spilling (Figura 7).

$$\xi = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{H}{L_0}}} \quad (3)$$

$\xi$  = Número de Iribarren

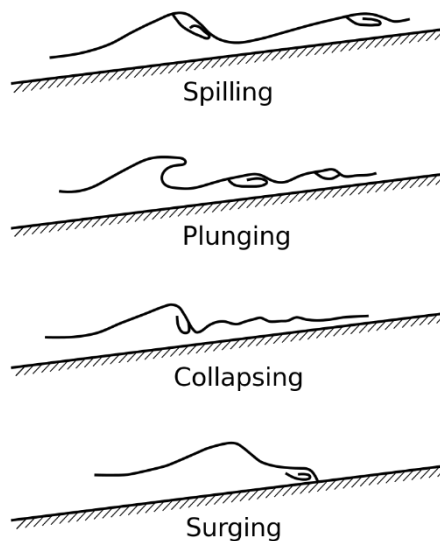
$\alpha$  = Angle de la pendent

$H$  = Alçada de la ona  $M$

$L_0$  = Longitud d'ona  $M$

RANG	
Surging or collapsing	$\xi > 2.0$
Plunging	$0.4 < \xi < 2.0$
Spilling	$\xi < 0.4$

**Taula 3** Taula on es descriu el rang on es troba el número d'Iribarren que defineixen les formes de les onades de la Figura 7.



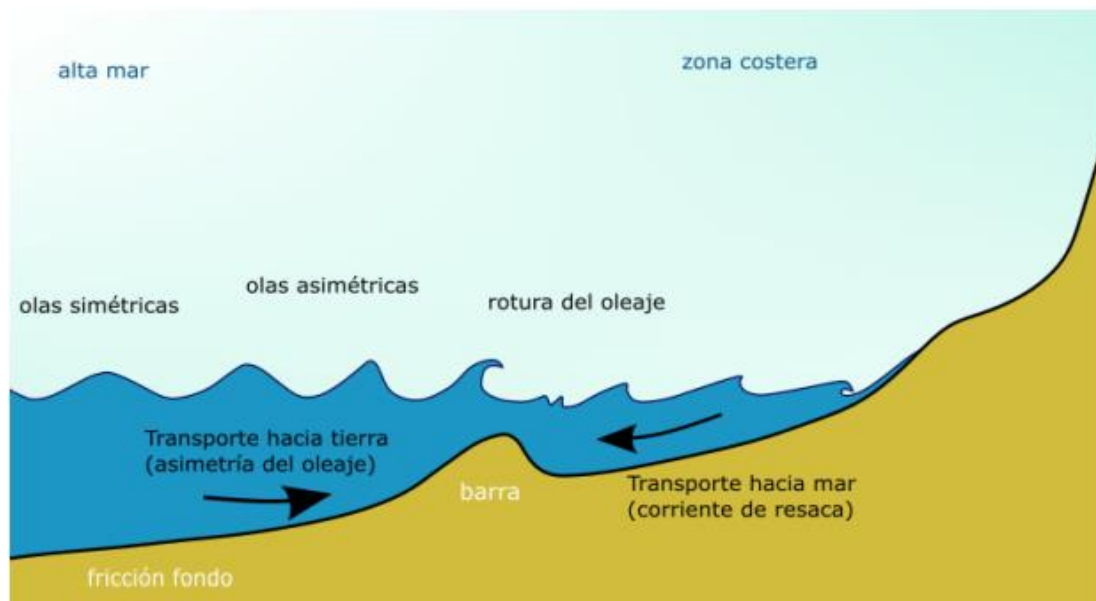
**Figura 7** Classificació de les formes de les onades en la zona de trencament. Font: (Battjes, 1975)

En la *Figura 7* s'observen diferents tipus de trencament d'onades en funció de les onades i les característiques del fons (Battjes, 1975)

La zona de surf, és la part del perfil costaner més important, no només per la interacció amb el sediment, sinó per les formacions morfològiques que es produeixen (barres i valls). Amb la presència d'aquestes barres, l'energia passarà de dissipar-se uniformement a trencar en el perfil irregular. Per una altra banda, les barres defineixen un increment en l'alçada d'ona i representen el transport transversal i intercanvi sedimentari que estableix aquestes formacions en funció de l'equilibri erosiu (onades, corrents, transport de sediments) i acretiu (alimentació de la platja i despreniments) que determina aquesta estructura morfològica.

La formació de les barres es troba entre la zona de *shoaling*, on s'observa un transport *onshore* que provoca la formació de la barra amb un pendent suau, i *surfzone*, on el transport de sediments és predominantment offshore i a causa de l'*undertow* o corrent de resaca.

Aquest esdeveniment indueix a l'erosió de la platja i formació d'una barra en el punt de trencament de l'onatge que separa aquestes dues zones (*shoaling i breaking zone*) *Figura 8* (Alsina, 2021).



**Figura 8** Esquema del perfil de la platja amb la asimetria del onatge i els processos de transport de sediment transversal que esdevenen la formació de la barra en un perfil costaner. Font: (Alsina, 2021)

Es poden analitzar dues situacions que definirà la migració i processos físics que envolten a les barres:

- a) **Onatge erosiu (Temporals):** Les onades porten molta energia, trenquen normalment en posicions allunyades de la costa generant una barra i provocant l'erosió de la platja degut a corrents intensos generats per el trencament de l'onatge.
- b) **Onatge acretiu:** Hi ha transport cap a la costa normalment induït per l'asimetria de l'onatge a mida que s'acosta cap a costa. El transport tendeix a transportar el sediment de les barres cap a la línia de vora provocant un increment de la platja emergida..

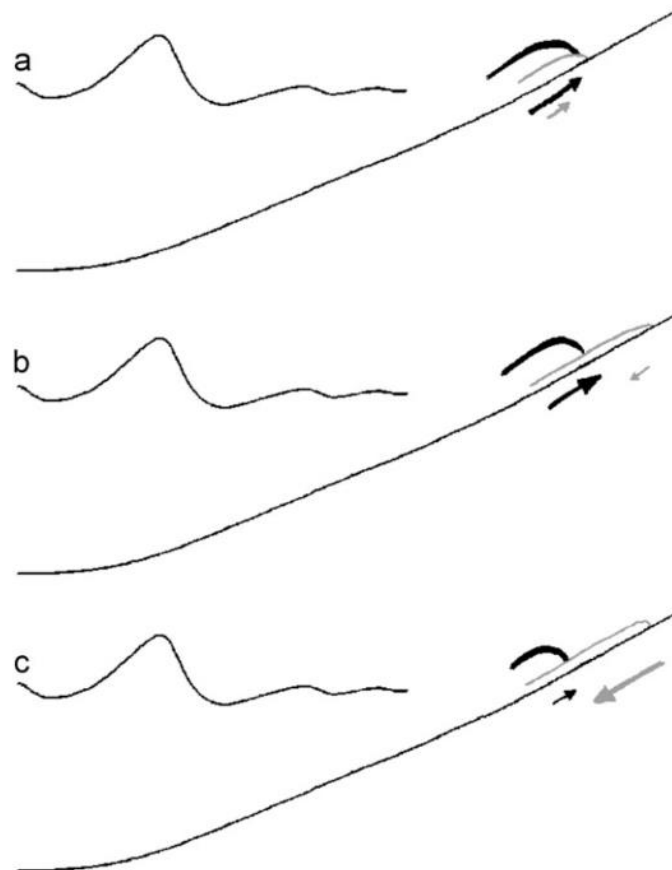
Després del trencament de l'onada, part de l'energia és convertida en energia cinètica turbulenta que es transporta cap al fons en funció del trencament (Ting and Kirby, 1994). Amb el nom d'*undertow* o corrent de ressaca es descriu com el corrent de tornada generat pel grup d'onades incident que trenca en la platja i té com a resultat generar en un perfil de velocitats amb direcció *offshore*. L'*undertow* té un gran impacte en el transport de sediments del fons marí i en suspensió (Van der Zanden, 2016), influint en la turbulència de la columna d'aigua i actuant de manera erosiva o acretiva sobre formacions morfològiques com barres i valls.

**Swash zone:** És la zona del perfil costaner que trobem emergida i submergida en funció de si l'aigua s'està desplaçant cap a la platja (*run up*) o si torna cap al mar (*run down*). Aquest desplaçament constant d'anada i tornada té una gran influència en el transport. S'ha de tenir en compte que és una zona fàcilment alterable, això és deu a les grans velocitats del *run up/run down* i els vòrtexs que es generen en les seves interaccions.

El transport de sediments en aquesta zona es veu controlat per l'asimetria dels fluxos i les interaccions del *run up* i *run down* d'onades conseqüents. El *run up*, es caracteritza per l'advecció de sediments, ja que quan les onades emergeixen respecte al nivell del mar capturen els sediments. El *run down*, genera processos erosius en el perfil i transportant sediments, dominant el transport de carrega en el fons marí (Càceres et al., 2012). Per una altra banda, la zona de *swash* té un gran impacte hidrodinàmic en els processos sedimentaris (Hughes and Moseley, 2007; Càceres and Alsina, 2012) però és una zona molt delicada, on és difícil mesurar les alçades d'ona, la velocitat i el transport de sediment (Baldock et al, 2000).

Durant el *run up/run down* es poden identificar diferents interaccions en funció de l'energia de l'onada o estructures morfològiques en el perfil, com les barres, que poden alterar el

transport de sediments. Per una altra banda, s'observen diversos processos físics que interactuen en la *swash zone*, com la turbulència generada per les onades, l'advecció dels sediments, el pendent del fons marí i la porositat. Tots aquests factors es parametritzen per predir l'evolució de la platja i el transport de sediments en la zona de *swash*. Hi ha diferents interaccions en la *swash zone* on en funció de l'onada s'analitzen diferents escenaris, tal com s'analitza en detall en la Figura 10 (Càceres et al., 2012).



**Figura 9** Classificació de les diferents formes d'interactuar entre onades-*swash*. a) Captura de l'onatge, b) Interacció feble onatge-*swash* i c) Interacció forta onatge-*swash*. Font: (Càceres et al., 2012).

El primer escenari que es pot analitzar en la *Figura 9* és l'a), representat com *wave capture*. En aquest, durant el cicle d'onades una captura a l'altre en el *run up*, bàsicament la segona onada es desplaça a una velocitat major i captura a la primera, provocant que el flux d'aigua avanci *onshore*. L'avançament es pot produir quan l'onada capturada ascendeix o retrocedeix en la *swash zone*.

També s'identifiquen dues interaccions durant el *backwash*, és a dir durant el retrocés d'onada

- **Interaccions d'onades febles-*backwash* (Figura 9-b):** Una onada poc enèrgica esta retrocedint quan una altre onada l'avança. El flux ascendent al ser més enèrgic que el descendent provoca que el desplaçament final sigui *onshore*.
- **Interaccions d'onades fortes-*backwash* (Figura 9-c):** La interacció es contraria però similar que l'anterior cas, ja que en aquest escenari la onada que retrocedeix es energèticament superior a la que l'avança en sentit contrari, provocant que el flux sigui *offshore*.

### 3. ESTAT DE L'ART

#### 3.1. MODEL NUMÈRIC: XBEACH

El model numèric que s'utilitzarà en el projecte és *XBeach*, un model de codi obert desenvolupat per *Deltares*, que s'encarrega de simular processos hidro-morfodinàmics en les costes, parametritzant la propagació de l'onatge (ones llargues i curtes), transport de sediments i canvis morfològics de les costes. Bàsicament, es basa en processos físics que es relacionen en la costa a partir del coneixement teòric, imprescindible per descriure tots els paràmetres que es volen computar i com es relacionen entre ells (Roelvink et al., 2009)

Hi ha diferents termes de trencament o equacions que permet calcular una gran varietat de la física que podem trobar en la zona d'estudi. Per exemple:

- a) **Trencament de la onada:** *XBeach* és capaç de resoldre 5 tipus d'onades, en funció de si les onades són estacionaries (Roelvink, 1993) o fixes (Baldock et al., 1998).
- b) **Turbulència:** Està induïda pel el trencament de les onades en la superfície de l'aigua ha de ser transportada cap al fons per afectar el transport ascendent sedimentari. Es poden implementar de tres maneres a *XBeach*:
  1. Energia de turbulència promig per l'onada propera al fons (*wave averaged*)
  2. Energia de turbulència promig del fons proper al vòrtex (*bore\_averaged*)
  3. No tenir en compte la variació de la turbulència en el fons marí. (*none*)
- c) **Transport de sediments:** En les formulacions del transport de sediments, incloent-hi la càrrega de fons i en suspensió, es relaciona amb la velocitat, velocitat orbital i la velocitat de caiguda del gra. *XBeach* utilitza principalment dos fórmules, la de Soulsby –



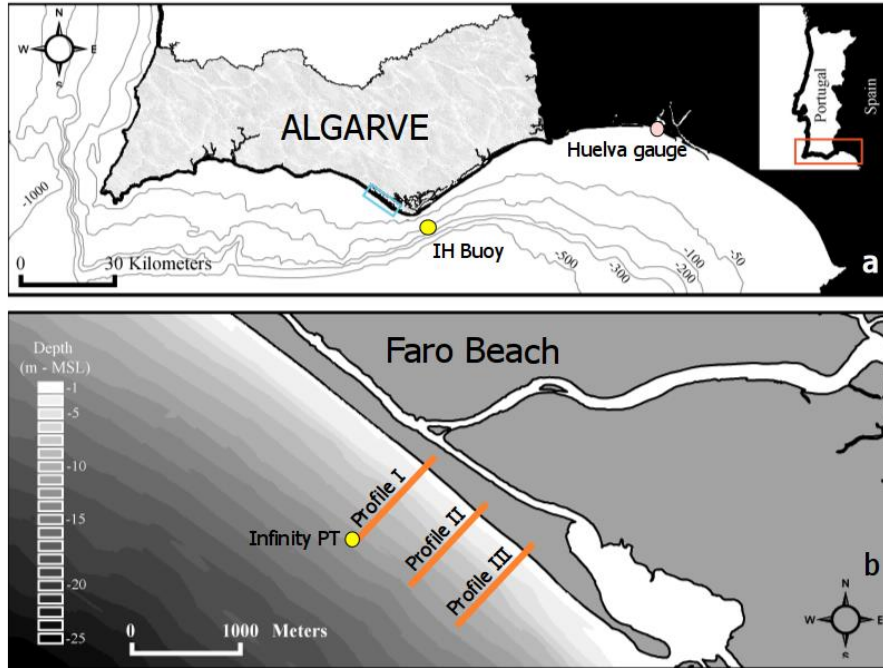
Van Rijn i Van Thiel – Van Rijn. La formulació de Van Thiel – Van Rijn permet calcular el transport de sediments calculant la velocitat crítica per separat per corrents en funció de les onades, i sense tenir en compte el coeficient d'arrossegament.

És molt rellevant tenir en compte que *XBeach* és poc sensible respecte a la mida del gra, per tant s'ha de tenir en compte a l'hora d'avaluar els resultats numèrics.

Es poden utilitzar dos tipus de variacions en el model numèric *XBeach* en funció dels objectius del projecte, s'estudiarà més en detall a continuació (apartat 3.1.1 i 3.1.2) i s'aplicarà en l'estudi. Aquests es coneixen com el mode hidroestàtic i no hidroestàtic, l'hidroestàtic resol onades llargues i fa una bona predicció dels canvis morfològics, encara que es computacionalment senzill i no fa prediccions amb una elevada precisió. El no hidroestàtic fa servir l'equació no lineal de NLSWE i simula processos morfodinàmics amb més precisió, defineix molt bé el transport de sediments, encara que la *swash zone* és molt sensible i actualment s'ha aconseguit modelar amb platges de graves, que són més predictibles.

Abans d'analitzar al detall aquests dos tipus de modes principals que componen el model numèric i sobretot amb el què es treballarà en el projecte, es veuran dos exemples pràctics per entendre amb més claredat com funciona el model per a que sigui més entenedor.

En l'article "*Modelling storm induced beach morphological change in a meso tidal, reflective beach using XBeach*" de M.I. Voudoukas et al., 2011 es fa servir el model numèric *XBeach* amb l'objectiu d'entendre com és capaç de simular l'evolució morfològica de la platja. La zona d'estudi és la platja reflexiva de Faro a Portugal (Wright et al., 1984) i una zona on l'onatge és catalogat entre mig i intens amb onades mitjanes anuals de  $H_s = 0.92m$  i  $T_p = 8.2s$ , (Ferreira et al. 2009). Es va mesurar la batimetria en la regió d'estudi tal i com s'observa en la *Figura 10*, on és vol realitzar una predicció molt precisa de la resposta morfològica de la platja durant tempestes amb dades sobre les onades i mareas recollides en boies.



**Figura 10** a) Mapa del sur de Portugal amb una b) ampliació de la zona d'estudi on s'ha realitzat la topografia i batimetria de 3 perfils. Font: (M.I. Vousdoukas et al., 2011)

Amb totes les dades recollides i el model, es consideren els paràmetres que s'observen a la *Taula 4*, obtenint 768 combinacions que es testejaran en 5 esdeveniments per estudiar l'evolució morfològica de la platja.

Table 1 Values of important Xbeach parameters considered for the tested cases. Note that all possible combinations of the mentioned values were considered			
Parameter	Values	Parameter	Values
facua	0.1, 0.3	turb	0, 1, 2
wetslope	0.2, 0.4	nspr	0, 1
lws	0, 1	gwf	0 1
form	1, 2	morfac	5, 10
wci	0, 1	d <sub>50</sub>	0.5 mm

**Taula 4** Paràmetres més importants que es consideren en els anàlisis realitzats. Font: (M.I. Vousdoukas et al., 2011)

Tenint en compte les 768 execucions amb 5 repeticions, es van observar que els perfils simulats tendeixen a sobreestimar l'erosió de la berma i predir lliscaments, generant escarps en el perfil superior. Aquestes simulacions de *XBeach*, contrasten amb la realitat, ja que no es presencien aquestes escarps. Per tant, és imprescindible analitzar que fa cada paràmetre introduït en el model, perquè per exemple els paràmetres "facua" (paràmetre que s'encarrega de calibrar la

mitjana del flux degut a la asimetria i simetria de les onades) , "wetslope" (despreniment en la pendent), "form" (formulació de la concentració en equilibri del sediment) i "lws"(activa la turbulència generada en la ona llarga) tenen un impacte directe en la predicció de l'erosió de la berma i la quantitat de sediment transportat cap al mar.

Els valors de Brier Skill Score (BSS) de *XBeach*, s'encarreguen d'avaluar el rendiment del model per predir el perfil de platja, la fórmula que permet obtenir els valors es defineix tal que (Williams et al., 2015):

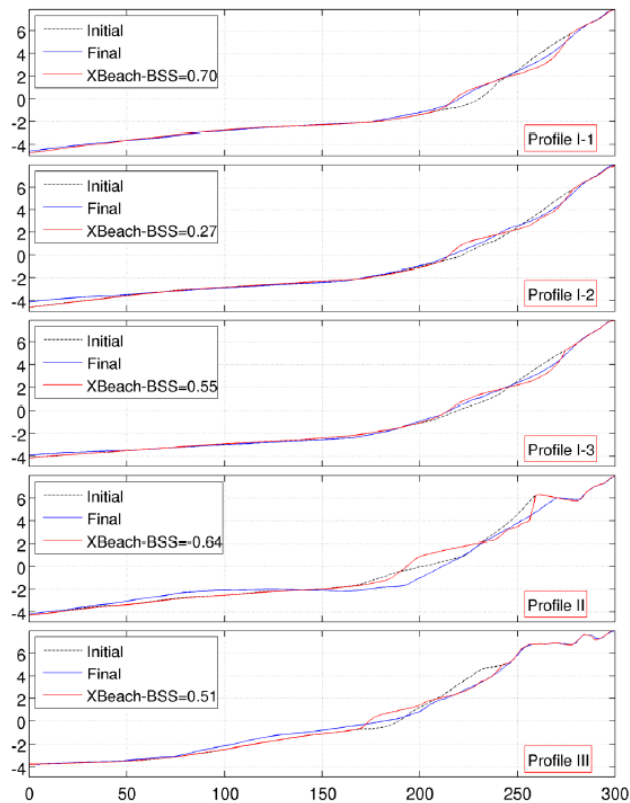
$$BSS = 1 - \left[ \frac{|x_p - x_m|^2}{|x_b - x_m|^2} \right] \quad (4)$$

$x_p$  = perfil de platja post-tempesta final  
 $x_m$  = perfil de platja post-tempesta mesurat.  
 $x_b$  = perfil de platja post-tempesta inicial.

El valor de BSS obtingut es pot interpretar com  $0 < BSS < 0,3$ ,  $0,3 < BSS < 0,6$ ,  $0,6 < BSS < 0,8$  i  $BSS > 0,8$  van indicar deficient, raonable/regular, bo i excel·lent, respectivament.

Es va observar que els paràmetres "turb"(activa la turbulència), "nspr" (activa la direcció de la ona llarga en el centre dels *bins* de les ones curtes, "wci"(activa la interacció ona-corrent) i "gwf"(activa el flux subterrani) afectaven menys la resposta morfològica simulada. D'altra banda, es va destacar que els paràmetres "lws", "facua" i "wetslope" mostraven diferències en les tendències entre els valors mitjana i màxim de BSS, provocant que la configuració proporcionada es millor i no garanteix un bon rendiment del model quan els altres paràmetres canviaven.

Els resultats de l'evolució de la platja s'observa més en detall en la *Figura 11*, on es recullen les millors simulacions amb una predicció de l'evolució morfològica del perfil i els processos erosius/acretius que l'envolten a partir del BSS.



**Figura 11** Evolució morfològica del perfil costaner on es veuen els millors casos simulats amb *XBeach* en funció del valor de *BSS*. Font: (M.I. Vousdoukas et al., 2011)

A partir d'aquestes simulacions on es realitzen prediccions del perfil morfològic amb *XBeach*, ajuda a analitzar la capacitat i limitacions en el rendiment, especialment pel que fa al calibratge per a tota l'àrea d'estudi.

L'anàlisi en la zona d'estudi en els diferents perfils on es realitza la simulació en condicions de tempestes, permet arribar a la conclusió de que la morfologia del perfil al llarg de la platja pot variar, fins i tot al mateix lloc, cosa que requereix calibrar els paràmetres per ser-ne més precís en el modelatge. S'ha analitzat que *XBeach* funciona millor amb valors més alts de "facua" i "wetslope" a les parts reflectants de l'àrea d'estudi i amb valors més baixos a les seccions *offshore*. S'ha obtingut que els casos òptims predits amb els valors de *BSS* amb un rang entre 0,2-0,7, tal i com s'observa en la *Figura 11*.

Finalment, aquest article permet donar un cop d'ull a la importància no només de la parametrització i els valors que s'assignen a cada variable que s'executa en el model numèric, sinó també el calibratge. El calibratge és imprescindible predir la morfologia i hidrodinàmica de les platges.

### 3.1.1. MODEL SURFBEAT

El model *Surfbeat* (XB-SB) és un de les formes bàsiques de considerar el trencament de l'onatge, aquest resol moviments estacionaris de corrents marins. Es desenvolupa en el domini amb grups d'ones llargues i curtes, encara que el model resol moviments a escala de grups d'onades curtes i llargues associades a elles. Es realitza la mitja de les onades per a que requereixi un esforç computacional menor. El model no es capaç de resoldre moviments de freqüència d'onatge marí, però sí que computa les corrents tant estables com inestables i moviments d'onatge infragravitori que s'observen en entorns dissipatius (Roelvink et al., 2009)

Però, les ones llargues es poden resoldre amb equacions no lineals (NLSWEs) tenint en compte que el seu rang de freqüència va entre 0.005 – 0.05 Hz i les ones curtes amb una freqüència superior a 0.05 Hz també es resolen amb les equacions de NLSWEs que representen la força de les onades curtes sobre la superfície i equacions del balanç d'onades. (Saber M. et al 2022).

En una simulació, no es pot resoldre amb precisió les fases d'ones curtes, per tant en un conjunt d'ones llargues i curtes dins d'una sèrie, amb les seves respectives freqüències i amplituds (*intrawave*) no es resolen físicament. Per tant, es soluciona integrant al model utilitzant formulacions empíriques que es poden parametritzar en funció de la simulació.

### 3.1.2. MODEL NO HIDROESTÀTIC

Aquest mode permet resoldre fluxos ona a ona, i les variacions superficials degudes a onades curtes (Smit et al. 2010). Respecte al model de *surfbeat*, ambdós es resolen en el mateix mòdul morfodinàmic però hidrodinàmicament funcionen diferent. Es defineix com un model no lineal de propagació de les onades que es relaciona amb el model morfodinàmic.

L'equació que s'utilitza en el model segueix la formulació de Navier Stokes (NLSWE), permeten modelar la dinàmica de l'aigua al voltant de les barres de sorra i la zona de surf de manera més precisa. Es considera la pressió hidroestàtica en el fluid de la columna d'aigua, factor que atorga de manera molt precisa la hidrodinàmica i sobretot en les barres de sorra en el perfil.

Equació no lineal de Navier Stokes es pot separar en dues parts, l'equació de conservació de **moviment** (força que actua sobre una part del fluid i modifica el seu moviment) i **massa** (massa del fluid que es conserva en el temps):

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x} = 0 \quad (5)$$

$\eta$  = Elevació de la superfície lliure. L

$u$  = Velocitat transversal mitjana en profunditat. L/T

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} - \nu_h \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial(\bar{q} + \rho g \eta)}{\partial x} - \sqrt{\frac{gn^2}{h}} \frac{u|u|}{h} \quad (6)$$

$\nu_h$  = Viscositat horitzontal. –

$\bar{q}$  = Pressió dinàmica mitja en profunditat normalitzada. L/T<sup>2</sup>

$n$  = Factor de fricció del fons. L/T

El model no hidroestàtic s'ha utilitzat en molts estudis amb l'objectiu de simular diferents escenaris d'un perfil costaner. En el cas d'aquest projecte, es vol simular la formació/migració de la barra i els processos que interactuen per tant, s'ha de fer un estudi previ i analitzar des de diferents perspectives tots els processos que envolten al model i les equacions que ho defineixen.

En l'article "*Improving predictions of swash Dynamics in XBeach: The role of groupiness and incident-band runup*" és resol la propagació de les onades amb càlculs no hidroestàtics, on el flux mitjà en profunditat degut a les onades i els corrents es calcula utilitzant equacions no lineals (D.Roelvink et al. 2018). Per tenir en compte el càlcul de la pressió dinàmica mitjana en profunditat es fa mitjançant la pressió dinàmica en superfície (=0) i en el fons marí (lineal) (Smit et al. 2010). Aquesta formulació permet resoldre el model d'ona curta en profunditats intermèdies o poc profundes i millora el trencament en funció del comportament dispersiu en les equacions d'ona llarga. Però, al tenir en compte el mode no hidroestàtic no es necessari aquest balanç. Tanmateix, es requereix d'una elevada resolució per a passos temporals més petits que computacionalment són més considerables (respecte al *surfbeat*).

La formulació no hidroestàtica del model permet resoldre l'asimetria/simetria de l'onatge, és a dir que no requereix de formulacions empíriques per aquests processos. Per a la resolució de la onada no es té en compte la mitjana d'aquest com en el model anterior, permetent una major precisió i aproximació a la realitat amb les simulacions incorporades.

Per verificar la resolució de les onades, l'article "*Numerical Modelling of intra-wave sediment transport of sandy beaches a non hydrostatic, wave resolving model*" estudia la interacció entre paràmetres com el fons marí i el transport de sediments.

Les equacions que envolten el transport de sediments en suspensió i en el fons marí, es resolen amb l'equació advectiona definida en el model *XBeach WAST (waste averaged sediment transport)* (Van Rijn et al. 2007, Van Thiel de Vries 2008) que es defineix tal que:

$$\frac{\partial hC}{\partial t} + \frac{\partial huC}{\partial x} = \frac{hC_{eq} - hc}{T_s} = E - D \quad (7)$$

**C<sub>eq</sub>** = Concentració total en equilibri dels sediments. **L<sup>3</sup>/L<sup>3</sup>**  
**C** = Concentració de sediments. **L<sup>3</sup>/L<sup>3</sup>**  
**τ<sub>s</sub>** = Adaptació del temps (en funció de *h* i *w<sub>s</sub>*). **T**  
**E** = Índex d'erosió. **L/T**  
**D** = Índex de deposició. **L/T**

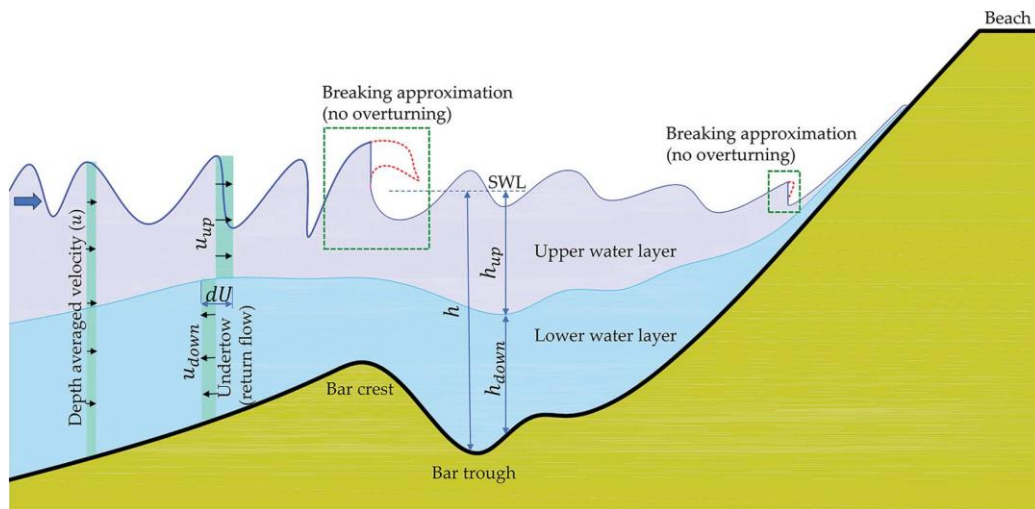
$$C_{eq,b,s} = A_{b,s} \Phi(u, u_{rms}) \quad (8)$$

**C<sub>eq,b,s</sub>** = Càrrega del fons i suspensió de concentració en equilibri. **L<sup>3</sup>/L<sup>3</sup>**  
**A<sub>b,s</sub>** = Càrrega del fons marí i suspensió respecte a la granulometria dels sediments i propietats del flux. -  
**u** = velocitat de flux transversal a la costa mitjana per l'onatge **L/T**  
**u<sub>rms</sub>** = Velocitat de la ona orbital **L/T**

L'article "*Unvertainty in runup predictions on natural beaches using xbeach nonhydrostatic*" permet verificar la fórmula d'advecció definida (8). En aquest estudi s'utilitza el model *XBNH* amb l'objectiu d'examinar el *runup* de les onades. Com s'ha analitzat, aquest model permet computar no linealment el transport de sediments i canvis en el fons marí, flux induït per les onades i transformació d'aquestes. Per la concentració de sediment en equilibri que es defineix en la fórmula (9) (Van Rijn, 2007; Van Thiel de Vries, 2009) i validar la concentració en equilibri es va realitzar amb *Xbeach surfbeat* (Roelvink et al. 2009). Tanmateix, molt estudis demostren la transformació de les onades, *runup*, velocitat de *swash* i altres característiques molt rellevants (Pearson et al., 2017; Lashley et al., 2018; Roelvink et al., 2018; Klaver et al., 2019; Ruffini et al., 2019).

L'article "*Nonhydrostatic Numerical Modeling of Fixed and Mobile Barred Beaches: Limitations of Depth-Averaged Wave Resolving Models around Sandbars*" a part d'analitzar el mode *XB-NH*, proporciona una visió de la versió millorada del model definida com *XB-NH(+)*, en que es divideix

el codi en varies capes passant aquest a ser Q-3D. Permet calcular el moviment de les onades i la interacció hidrodinàmica i morfològica amb el perfil de la platja es veu representat al detall en la *Figura 13*. El que fa aquest mode es separar els processos hidrodinàmics en dos capes, dividint els processos inferiors i superiors del perfil de l'aigua respecte a la profunditat. També resol els processos d'intraonades (onades asimètriques i asimetria). Aquesta separació influeix en el càlcul de les diferents velocitats de cada capa que s'obtenen en funció de la velocitat mitja en profunditat i la diferencia de la velocitat entre capes.



**Figura 12** perfil costaner tenint en compte els processos morfodinàmics que es computen en el model no hidroestàtic, xbeach.

En altres paraules, el transport de sediments en el model XB-NH es basa en la velocitat mitja del perfil, proporcionant una predicció irreal del transport de sediments i inexacta migració de les barres de sorra però la versió XB-NH + aproxima aquests processos al voltant de les barres submergides

### 3.1.3. SURFBEAT VS NO HIDROESTÀTIC

El mode *surfbeat* és hidroestàtic i permet resoldre de manera simplificada i sense complexitats computacionals simulacions amb grups d'onades llargues i curtes. Paràmetres com la pressió hidroestàtica és igual en totes les direccions o que la velocitat/acceleració és igual en la columna



de l'aigua (encara que es diferencia la velocitat en el fons i la superfície) limiten la precisió de simulació.

A diferència d'aquest model, el *no hidrostàtic* es resol amb l'equació no lineal de Navier Stokes, encara que el *surfbeat* el pot utilitzar en algunes excepcions (veure apartat 3.1.1), i permet la simulació, modelatge i precisió en el procés computacional de recrear aquestes barres. Gràcies a l'anàlisi de diferents estudis que envolten aquest model, permet entendre la facilitat computacional que proporciona el model on es parametriza la relació de tots els factors, com el transport de sediments amb l'influència de les onades i la interacció amb el fons marí.

#### 3.1.4. PARÀMETRES INICIALS EN LA SIMULACIÓ

Abans de realitzar les simulacions i observar gràficament els resultats de l'evolució morfològica i la variabilitat de l'onatge en el domini, s'ha d'entendre el significat de les variables amb les que treballarem i sobretot el perquè del valor estudiat. Amb l'ajuda del manual *Xbeach* es podrà definir amb més claredat les variables rellevants, encara que a mesura que s'avanci en el projecte, s'incorporaran noves variables d'interès per estudiar com varia en les simulacions.

#### PARÀMETRES DE LA MALLA

Inicialment es té en compte l'arxiu *.dep* que representa la batimetria del fons marí, en un futur es pot arribar a modificar per incorporar una barra al model. **Posdwn** es la profunditat que es pot representar negativa o positivament.

Per una altra banda podem veure el número de punts que té la malla tant en x (=nx) i y (=ny) i podem variar la mida del grid amb **vardx** (=1), encara que també es pot definir la mida de la malla en els diferents eixos (**dx** i **dy**) i quin es l'origen de les coordenades (**xori** i **yori**). Les variables **thetamin**, **thetamax** representen el *lower directional limit* i *upper directional limit* respectivament i es troben en el eix de les x i l'angle w.r.t computacional (graus).

**Thetanaut** permet introduir les variables anteriors en un angle determinat, indicant com en la malla direccional per a onades curtes es pot especificar com a *cartesià* o *nàutic*. Finalment **dtheta** representa la resolució direccional en graus.

```

%%% Grid parameters %%%
depfile      = bed.dep
posdwn       = -1
nx           = 200
ny           = 0
alfa         = 0
vardx        = 1
dy           = 5
xfile        = x.grd
yfile        = y.grd
xori         = 0
yori         = 0
thetamin     = -90
thetamax     = 90
dtheta       = 10
thetanaut    = 0

```

**Figura 13** Llistat dels paràmetres de disseny de la malla de l'arxiu param.txt

### CONDICIONS INICIALS

Encara que es poden tenir en compte més paràmetres que es veuen en el manual, en l'estudi inicial es té en compte només **zs0** (=0) que representa el nivell del mar inicial.

### MODEL DEL TEMPS, PARÀMETRES MORFOLÒGICS i PROCESSOS FÍSICS

Aquesta és la part dels paràmetres que modifiquem ja que s'estableix el temps que triga la simulació (=tstop) i els paràmetres morfològics que volem tenir en compte i a partir de quin temps volem que s'apliqui aquesta evolució morfològica (**morfac** i **morstart** respectivament). Finalment la variable **morphology** indica l'actualització o no del fons marí.

```

%%% Model time %%%
tstop        = 12600

%%% Morphology parameters %%%
morfac        = 2
morstart     = 5400

%%% Physical processes %%%
morphology    = 0

```

**Figura 14** Paràmetres morfològics, físics i del temps de l'arxiu param.txt.

## COMPOSICIÓ DEL LLIT MARÍ

Definim diferents mides de sediments que componen el fons marí (**D50**= 0.000246 i **D90**= 0.000372).

## PARÀMETRES DE LES CONDICIONS DE LES ONADES

```
%%% Wave boundary condition parameters %%%  
  
wavemodel      = surfbeat  
wbctype        = parametric  
%instat        = jons  
%nmax          = 1  
%back          = abs_2d  
  
%%% Wave breaking parameters %%%  
  
break          = roelvink2  
  
%%% Wave-spectrum boundary condition parameters %%%  
  
bcfile         = jonswap  
rt             = 1800  
dtbc          = 0.1
```

**Figura 15** Paràmetres de les condicions límit de les onades i espectre de l'onada. Paràmetres del trencament de l'onatge.

Respecte a les condicions d'onatge, la variable **wavemodel** defineix el model de propagació de les onades que es té en compte, i **wbctype** és la variable que controla com s'introdueix la condició de contorn de l'onatge (en aquest cas al ser parametric vol dir que l'onatge en el contorn offshore vindrà donat per un fitxer extern que ens marcarà la elevació de la superfície lliure de forma espectral o en cada instant de temps). Els paràmetres **instant** i **back** representa l'espectre que utilitzarem i la dimensió (1D, 2D..) de les onades respectivament. Finalment la variable **nmax** estableix la relació entre  $cg/c$  per calcular les condicions límit de l'onada llarga.

Els paràmetres de trencament, podem seleccionar el model de trencament (**break**) desitjat.

En la secció de les condicions límit de l'espectre de l'onada, tenim el **bcfile** on es defineix l'arxiu amb les computacions espectrals, en el cas inicial es veu:

En l'arxiu podem veure l'alçada d'ona, període de pic, l'angle de la ona, factor d'augment màxim en l'expressió *JONSWAP*, coeficient direccional de dispersió i la freqüència per crear l'espectre *JONSWAP* respectivament.

Hm0	=	0.47
Tp	=	3.7000
mainang	=	270.0000
gammajsp	=	3.3000
s	=	20.0000
fnyq	=	1

**Figura 16** Arxiu jonswap amb les diferents condicions definides.

La variable **rt** indica el temps (en segons) de la durada de l'arxiu que es guarda i **dtbc** el *timestep* utilitzat per descriure series temporals d'energia i onades de flux llargues en el límit d'alta mar (no afecta el paràmetre **morfac**).

#### VARIABLES DE SORTIDA

En la secció del **outputformat**, definirem les variables de sortida d'interès i el format de l'arxiu de resposta al iniciar la simulació, seguit de les variables **tintg** i **tintm** que representen el temps de l'interval de sortida global i la mitja respectivament.

Finalment es pot observar les variables de sortida global i mitja desitjades en **nglobalvar** i **nmeanvar**.

```

%%% Output variables %%%
outputformat = netcdf

tintg          = 1800
tintm          = 1800

nglobalvar     = 3
zb
zs
H

nmeanvar       = 3
H
zb
zs

```

**Figura 17** Variables de sortida en l'arxiu params.txt.

Les variables **zb**, **zs** i **H** representen el nivell del fons del mar, el nivell de l'aigua (elevació de la superfície lliure) i l'alçada de la onada respectivament.

### 3.1.5. PARÀMETRES PER AL MODEL NO HIDROESTÀTIC

Per aplicar el model *no hidroestàtic* s'ha de tenir en compte molts més paràmetres amb l'objectiu de predir la morfologia costanera amb molta precisió, en els *params.txt* es tindrà en compte els següents apartats:

#### PROCESSOS FÍSICS

En aquest apartat es parametritzen tots els processos físics que es vol que influeixin en el model. Les variables **avalanching**, **flow**, **gwflow**, **sedtrans**, **swave** i **vegetation** activen o desactiven allaus, moviment de l'aigua (corrent i variacions del nivell del aigua), el flux subterrani, el transport de sediments i la fricció deguda a la vegetació respectivament. També es té en compte els paràmetres que tenen a veure amb les onades com **lwave**, que s'encarrega d'activar el forçament de la onada amb les equacions NLSWE i les condicions de contorn controlades amb la variable **cyclic**. Les **swave**, **ships**, **snells** i **setbathy** representen les onades curtes, onades provocades per vaixells, refracció de la onada seguint la llei de snell i les series temporals d'entrada *bathy input*.

Finalment definirem el model no hidroestàtic amb **nonh** tenint en compte les equacions de NLSWE i la variable **single\_dir** defineix l'activació o no del model estacionari per refracció.

#### TEMPS DEL MODEL

Es un apartat clau ja que determina el temps de simulació hidrodinàmica en funció del número de Courant (**CFL**) que s'estableix per defecte amb un valor de 0.7.

#### CONSTANTS FISIQUES

Hi ha algunes variables constants que s'han de definir en el model numèric, a part de la gravetat, s'indica la densitat del medi amb la variable **rho** i la escala de profunditat **depthscale**.

#### PARÀMETRES DE LES CONDICIONS LÍMIT DE LES ONADES

El *bcfile* definirà les condicions inicials tenint en compte el tipus de condicions de l'onatge amb la variable **instant**, on s'ha de valorar el temps de gir de les condicions límit de les onades, en el temps morfològic **taper**. Altres variables que fan referència a les onades son **Trep** i **Tlog**, que representa el període e les onades *bicromatiques*. Son grups d'onades amb una alçada petita i regulars amb una més alta per tenir un control d'on trenca però que es propaguin de manera irregular, i el període d'ona representatiu per l'instant desitjat, respectivament. La variable **Hrms** determina l'alçada de la onada i **lateralwave** determina el límit lateral a la esquerra.

#### CONDICIONS LÍMIT DE LES ONADES ESPECTRALS

Aquestes condicions espectrals afegides són utilitzades per el model per generar una sèrie temporal de les onades espectrals. Es defineix amb la variable **nonhspectrum**, **nspectrumloc** i **random** que determinen el format espectral de les onades no hidroestàtiques, número de posicions de l'espectre d'entrada i per a originar un perfil random respectivament.

#### CONDICIONS LÍMIT DEL FLUX

Es imprescindible parametritzar el domini i es descriu amb les variables **front**, **back**, **left**, **right**. Després també es descriu els paràmetres amb **ARC**, **order** i **epsi**, que delimita la compensació activa de la reflexió del límit del mar, direcció de les onades i la relació entre el corrent mitja i variable a través del temps *offshore*.

Tots els paràmetres que s'identificaran a continuació tenen valors per defecte que imposa el model, encara que es clau definir-los ja que ajudarà a entendre com funciona el model.

#### PARÀMETRES DEL TRENCAMENT DE LA ONADA

Les variables **break** i **gamma** fan referencia a la formulació que es realitza per tal de representar el trencament i els paràmetres **n** i **alpha** la formulació de Roelvink del coeficient de dissipació. També s'observen dos variables **gammax** i **delta**, que determinen l'alçada d'ona en funció de la profunditat màxima del perfil.

#### PARÀMETRES DEL ROLLER

Utilitzant el model de roller, produirà un desplaçament *onshore* per la configuració induïda per les onades, el flux de retorn i el corrent generat. Per activar-lo/desactivar-lo, utilitzarem la variable **roller**. També tenim la variable **beta** que es el coeficient d'inclinació en el model de roller i **rfb**, que conmuta la retroalimentació de la pendent màxima de la superfície de la onada en el balanç energètic del roller.

#### INTERACCIÓ ONADA-CORRENT

Amb la variable **wci** es pot definir si es vol parametritzar o no la interacció entre la onada i el corrent, que dona com a resultat la retroalimentació de corrents sobre la propagació de la onada. Per una altre banda, **hwci** s'encarrega de limitar el càlcul de la interacció en aigües poc profundes i **cats** es la escala temporal promitg de les corrents per **wci**.

#### PARÀMETRES DE FLUX

En aquesta secció s'han de tenir en compte molts paràmetres, però el més important és la fricció que genera el flux amb el fons, representada amb **bedfriction** i **bedfriccoef** on trobem la formulació i el coeficient. Altres paràmetres clau son la viscositat horitzontal de fons **nuh** i la viscositat induïda per rodets **nuhfac**. Relacionat amb la viscositat del flux, la variable **samg** defineix la viscositat hortizontal tenint en compte la formulació de *Smagorinsky*.

#### PARÀMETRES DEL VENT

El vent es pot parametritzar de manera uniforme en un arxiu *.txt* **windfile**. També es poden veure variables com la densitat de l'aire **rhoa** i el coeficient d'arrosegament que té el vent **Cd**.

#### PARÀMETRES DEL TRANSPORT DE SEDIMENTS

Aquesta secció és de les més importants ja que la parametrització del transport de sediments influirà totalment en els resultats del model. Les variables **form** i **waveform** determinen l'equilibri de la concentració de sediments i el model de la forma de la onada respectivament. **Facua** és el paràmetre del model que considera la mitjana del flux en el temps degut a la no linealitat presentada en les onades. La variable **Tsmin** representa l'escala del temps mínim

adaptat en els sediments tenint en compte l'equació de difusió per advecció. Per una altra banda, les variables **nd** i **ngd** representen el numero de capes que conté el fons marí i el número de tipus de sediments. Finalment la variable **z0** indica el nivell de velocitat de flux zero en *soulsby* i *van rjin (1997)* respecte a la concentració de sediments.

#### PARÀMETRES DE LA COMPOSICIÓ DEL FONS MARÍ

Per al que respecte a la composició del llit, anteriorment hem identificat el diàmetre del gra, però també es pot definir la seva porositat **por** i la densitat **rhos**. Inclús es pot definir en un fitxer *.txt* la longitud de la capa del llit marí erosionable **ne\_layer**.

#### ACTUALITZACIÓ MORFOLOGICA I D'ALLAUS

S'utilitzen variables que s'han identificat anteriorment (**morfac** i **morfstart**), encara que hi ha un paràmetre que ajusta els temps de sortida de morfoc amb **morfacopt**. Per configurar les allaus que es modelen en el perfil, les variables **wetslp** i **dryslp** s'encarreguen de definir la pendent crítica d'allau sota l'aigua i sobre l'aigua respectivament. A més hi ha un paràmetre que determina el canvi màxim de nivell del fons degut a aquest procés **dzmax**.

#### NO HIDROSTATIC

Són parametritzacions que segons el manual de *XBeach*, es recomana no modificar res. La variable **secorder** s'utilitza per realitzar correccions de segon grau per termes d'advecció no lineal basades en l'esquema de maccormack, que esta format per equacions numèriques diferencials per dinàmica de fluids (MacCormack, 1969) i s'encarrega de predir i corregir el model. Les variables **solver**, **solver\_maxit**, **solver\_acc** i **solver\_urealx** que resol sistemes lineals, paràmetres del número màxim d'iteracions, precisió i correcció respectivament.

#### OUTPUTS

Les variables de sortida són les que ens interessa obtenir per tal de realitzar l'estudi posterior i observem noves variables tenint en compte el model no hidroestàtic, aquestes son: **ue**, **ve**, **zs0**, **cf**, **Sutot** i **Svtot** que es defineixen com la velocitat euleriana en el centre de la cel·la (x), velocitat



euleriana en el centre de la cel·la ( $y$ ), nivell de l'aigua degut a la marea, coeficient de fricció del flux, transport de sediments integrat sobre la carrega del fons marí en suspensió i per la resta de sediment ( $x$ ) i transport de sediments integrat sobre la carrega del fons marí en suspensió i per la resta de sediment ( $x$ ) respectivament.

#### PARÀMETRES NUMÈRICS DE LA ONADA

Amb la variable **scheme**, s'assoleix per establir un esquema numèric amb el qual implementar una petita correcció en el model i determinades parametritzacions com per exemple el **upwind scheme**, que implica un petit terme de difusió addicional que es funció del temps i la velocitat (Warming et al., 1976).

#### PARÀMETRES NUMÈRICS DE FLUX

S'encarreguen de resoldre moviments d'aigua poc profunds on es poden identificar variables com **hmin** que preveu fluxos de retorn molt forts i amb altes concentracions amb una *threshold* de profunditat de l'aigua tenint en compte la derivada de stokes, o **umin**, que es la *threshold* de velocitat que detecta la velocitat contra el vent. Altres *threshold* parametritzades son **eps** i **eps\_sd**, un de la profunditat de l'aigua del qual les cel·les es consideren humides i el de la diferència de velocitat per determinar la conservació de la energia en funció del moment.

### 3.2. ZONA D'ESTUDI

Es va realitzar en el CIEM (Canal d'investigació i Experimentació Marítima) que es situa en el Campus Nord de la Universitat Politècnica de Catalunya, a Barcelona. El CIEM és una infraestructura d'investigació per realitzar assajos hidràulics de costes, ports i oceanografia, sotmetent la simulació del perfil d'una platja a grups d'onades de diferents alçades i períodes. Per tant, aquesta estructura permet estudiar al detall l'evolució morfològica i els processos físics que interactuen en el perfil.



**Figura 18** Imatge del CIEM realitzada en el Laboratori d'Enginyeria Marítima. Font LIM

Les dimensions del CIEM són de 100m de longitud, 3m d'ample i 4.5m de profunditat. La seva mida tan versàtil li permet treballar amb una gran varietat d'escales (1:2, 1:20) i testejar prototips o simular diferents condicions costaneres.

El canal és capaç de generar i controlar l'onatge/corrents mitjançant el *wedge type generator* que accepta simulacions en condicions d'aigües intermèdies amb una alçada d'ona màxima de 0.9 m. D'altra banda, també permet estudiar el transport de sediments i estudiar l'estabilitat de determinades estructures (barres, discs...) o altres elements com boies o dispositius de mesura.

### 3.2.1. CAS D'ESTUDI 1 – BASE DE DADES COSSEDEM

El primer cas d'estudi en el nostre projecte s'analitza la modelització de la hidro i morfodinàmica de grups d'onades bicromàtiques en una platja intermèdia de l'article (G. Mancini et al., 2020, *Numerical modelling of intra-wave sediment transport on sandy beaches using a non-hydrostatic, wave-resolving model*). L'objectiu d'aquest treball és repetir la modelització numèrica de la propagació de l'onatge sota les condicions d'estudi i analitzar la capacitat de transport de sediments entre onades amb el model numèric *XBeach* (utilitzant el mode *no hidroestàtic*). Aquesta versió del model s'utilitza per simular condicions d'onatge incident amb la base de dades *CoSSedM* (*Coupled High Frequency Measurement of Swash Sediment Transport and Morphodynamic*) (Alsina et al. 2016; van der Zanden et al. 2015).

Les condicions d'onatge estan definides per grups d'onades bicromàtiques. Es van provar diferents períodes de grups d'onades però mantenint l'energia de les onades i el flux d'energia constants entre les diferents condicions d'onades experimentals (Alsina et al. 2016). Les condicions d'onatge utilitzades en aquesta anàlisi corresponen a BE1\_2 i BE4\_2 que consisteixen en els períodes de grup d'onades més petits i més grans generats ( $T_g = 15$  s per a BE1\_2 i  $T_g = 27,7$  s per a BE4\_2) (Alsina et al. 2016). Es poden veure més detalladament en la *Taula 5*

**Table 2.** Bichromatic wave group series

Wave conditions	Component 1		Component 2		$T_g d$ (s)	(m)
	$H_1$ (m)	$f_1$ (Hz)	$H_2$ (m)	$f_2$ (Hz)		
BE1_2	0.30	0.303	0.26	0.237	14.99	2.48
BE4_2	0.28	0.288	0.30	0.252	27.70	2.46

**Taula 5** Taula on es descriuen les components de les dues series d'onades bicromàtiques.

La sèrie d'ones a causa de l'ona bicromàtiques està format per diversos components: dues ones curtes que van generar l'ona llarga unida al grup, i una ona llarga lliure sortint generada per la reflexió a la línia de costa i la radiació del punt de ruptura.

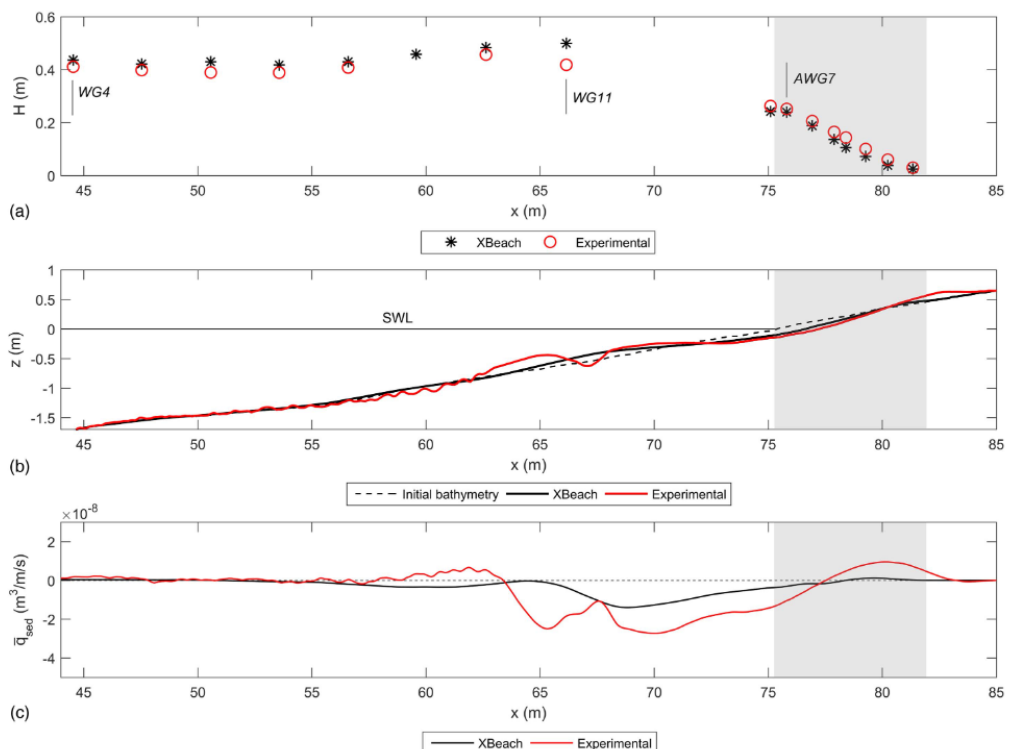
La variació simulada de l'alçada d'onada a través del perfil del fons marí per a ambdues condicions d'onada es mostren a la *Figura 19 a i b*, per a BE1\_2, i la *Figura 20 a i b* per a BE4\_2, respectivament. Les *Figures 19a i 20a* mostren les alçades d'ona calculades per a les simulacions del model numèric i mesurat.

La predicció per a BE4\_2 va ser més precisa que per a BE1\_2. En el cas de BE1\_2, l'alçada es va sobreestimar lleugerament fins al WG11 i els experiments van mostrar el trencament al WG10, mentre que les simulacions numèriques prediuen que el trencament es produeix a la part superior de la barra de sorra. De manera similar, en el cas de BE4\_2, els resultats numèrics suggereixen que el trencament comença més a prop del WG10 que del WG9, mentre que els experiments indiquen que el punt de trencament és més a prop del WG9. L'evolució numèrica del fons marí es mostra a les *Figures 10b i 20b*. Els canvis morfològics modelats difereixen dels experimentals tant qualitativament com quantitativament, mentre veiem que experimentalment per al cas BE1\_2 (ratlla vermella en la Figura 20-b) hi ha la clara formació d'una barra durant els primers 30 minuts d'onades, el model numèric solament genera una petita ondulació del fons amb el mínim de profunditat desplaçat de forma rellevant

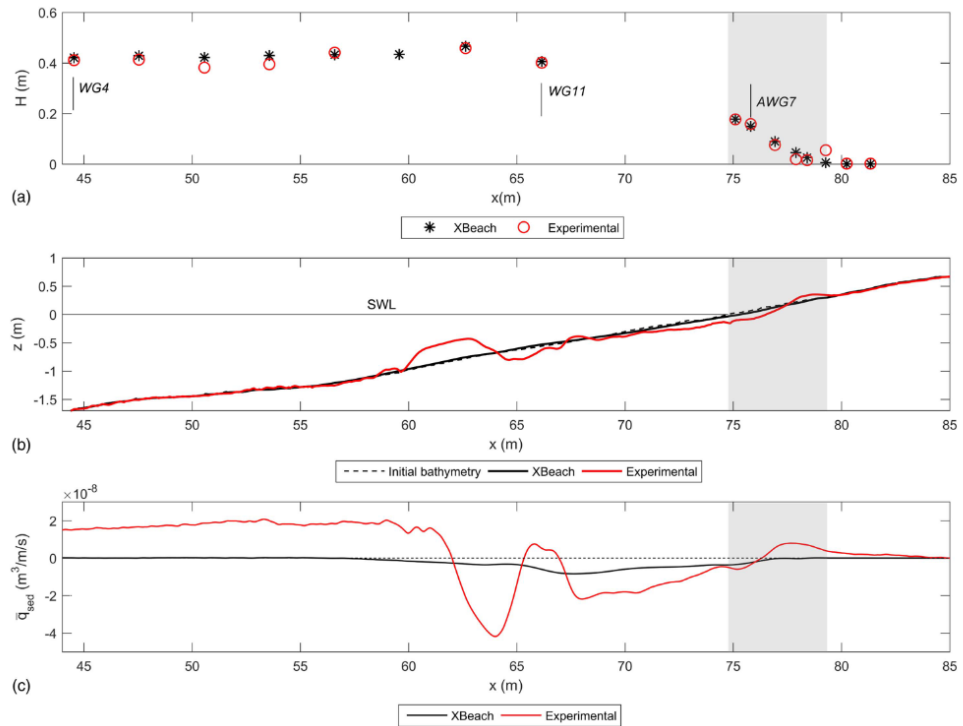
(aproximadament 3-4 m, que representa 1/3 part de la zona de surf) cap a la costa respecte a les mesures. Per al cas de BE4\_2 el model no prediu cap formació de barra mentre que experimentalment es encara més important que per al cas anterior (Figura 21-b).

Les Figures 20c i 21c mostren la taxa neta de transport de sediments, analitzant-se el següent:

- **BE1\_2:** Representa les diferències entre el  $q_{sed}$  numèric i l'experimental són significatives. El model numèric és positiu només al voltant de  $x = 65$  m i en la zona de *swash* per  $x > 77$ m. Malgrat això, el  $q_{sed}$  calculat a partir de l'experiment és positiu en la zona de shoaling ( $55 \text{ m} < x < 62 \text{ m}$ ), i la zona de *swash*, per  $x > 76 \text{ m}$ . Tot i que en gran part de la zona *surf* tant els valors numèrics com els experimentals  $q_{sed}$  són negatius, la magnitud és diferent.
- **BE4\_2:** mostra  $q_{sed}$  per al cas BE4\_2, on el  $q_{sed}$  numèric indica transport *offshore* en tot el domini i una magnitud significativament menor que el  $q_{sed}$  obtingut dels experiments. Aquest darrer vira insignificantment, indicant transport terrestre fins a la cara de la barra i la zona de *swash*, similar al cas BE1\_2.



**Figura 19** Gràfiques per al cas BE1\_2: a) Perfil transversal de la costa de H; b) Evolució morfològica del perfil; i c) Transport de sediments promitg sobre la durada del segment. (Mancini et al. 2020)



**Figura 20** Gràfiques per al cas BE4\_2: a) Perfil transversal de la costa de H; b) Evolució morfològica del perfil; i c) Transport de sediments promitg sobre la durada del segment.

### 3.2.2. CAS D'ESTUDI 2 – BASE DE DADES WISE

La base de dades *WISE* de l'article (I. Cáceres et al 2017, *An analysis of nearshore profile and bar development under large scale erosive and accretive waves.*) **serà la base de dades per intentar estudiar els processos erosius i acretius en un perfil costaner amb la presència d'una barra.**

En aquest article s'experimenten amb les formacions de barres i com interactua el transport de sediments i la hidrodinàmica en el perfil per influir en la migració de la barra. Inicialment es realitza un primer anàlisi del perfil amb una pendent de 1/15 amb diferents seqüències d'onatge per estudiar les condicions erosives i acretives respectivament.

Abans de considerar els resultats obtinguts en l'estudi, s'ha de tenir en compte els diferents experiments als quals es sotmetran els perfils com es pot observar en les següents taules.

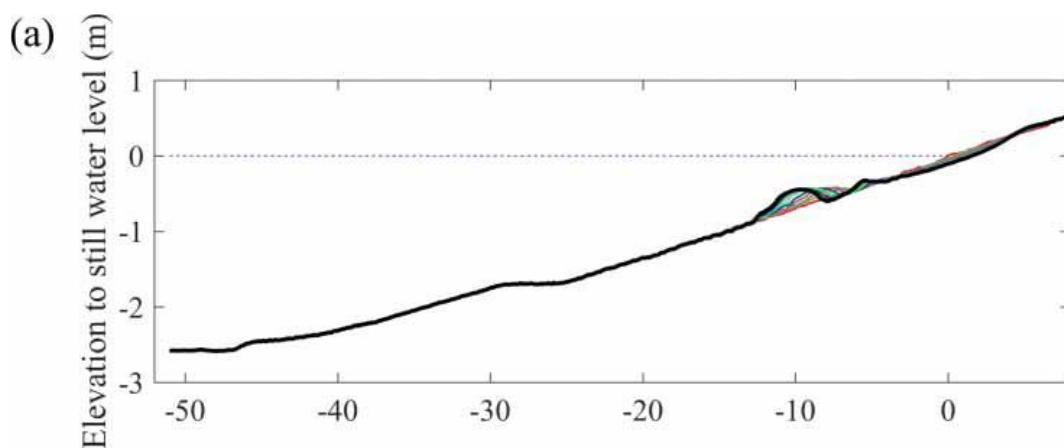
Conditions	$H_s$ (m)	$T_p$ (s)	Fall velocity number $\Omega$ (dimensionless)
Erosive	0.47	3.7	3.74
Accretive 1 (Ac_1)	0.32	4.7	2.00
Accretive 2 (Ac_2)	0.27	5.3	1.50

**Taula 6** Taula amb les condicions hidrodinàmiques testejades en el perfil. Font: (I. Cáceres et al 2017)

Experiment Name	Initial slope	1st wave conditions	2nd wave conditions
Benchmark		36 erosive tests	
WISE_1	1/15 handmade	8 erosive tests	30 accretive (Ac_1) tests
WISE_2		8 erosive tests	30 accretive (Ac_2) tests

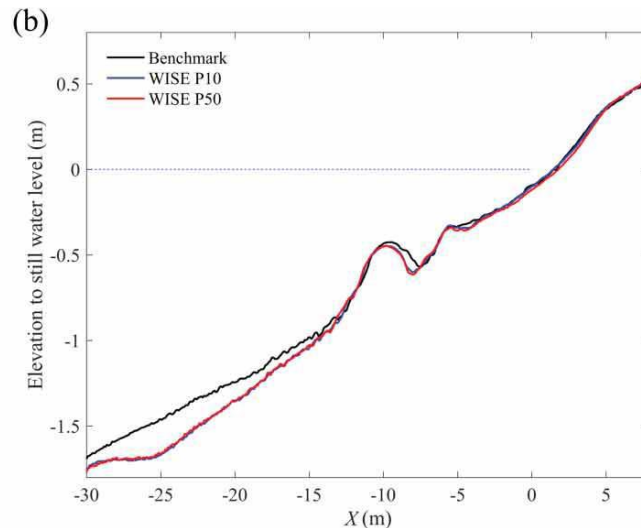
**Taula 7** Taula amb els experiments realitzats en el perfil. Font: (I. Cáceres et al 2017)

Tal i com es pot observar en la *Figura 21*, s'aprecia la transició de la pendent produïda per els processos erosius i transport de sediments que defineixen la forma.



**Figura 21** Perfil costaner amb els instants de temps de les 4h hores de simulació (8 mesures). Font: (I. Cáceres et al 2017)

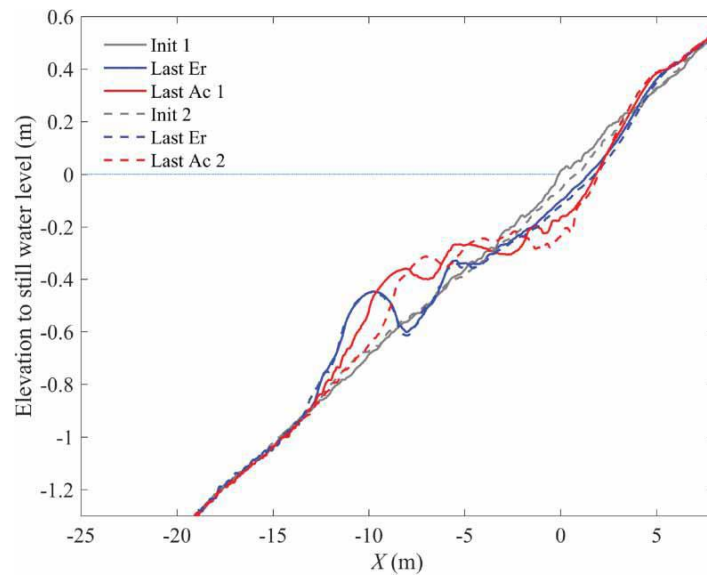
Per modelar aquestes dades experimentals es va introduir en el modelat numèric la situació inicial amb una pendent 1/15, i la barra en diferents moments de temps (a les 2 i 4 h), tal i com presenta la *Figura 22*. Per una altre banda, es va sotmetre a la barra a 36 processos erosius (16h) per veure aquesta erosió de manera més clara, encara que aquesta secció per el moment no es rellevant per comparar-lo amb el model simulat.



**Figura 22** Formació final de la barra en el perfil costaner (negre) respecte la barra erosionada després de 8 series temporals erosives (vermell). Font: (I. Cáceres et al 2017)

Tal com s'ha estudiat anteriorment analitzant el perfil costaner, el transport de sediments influenciat per les onades i les corrents generades són un factor clau per al desenvolupament de formacions en tot el *shoreline* (línia de costa). Però aquesta hidrodinàmica va relacionada amb els processos físics que intervenen i s'han de tenir en compte en els experiments relacionats en el perfil amb la barra. Anteriorment, s'ha analitzat la barra amb diferents sèries on es té en compte processos erosius, també s'ha de tenir en compte l'acreció, considerant la velocitat de caiguda del gra, els sediments en suspensió i el transport de fons.

En el conjunt experimental de WIES es van realitzar dos experiments acretius amb onades més o menys acretives per observar l'evolució migratòria de la barra, tal i com s'analitza en la *Figura 23*.



**Figura 23** Mesura del perfil després de l'erosió i acreció durant els WISE data set. Línies solides de WISE\_1 representen (inicial en gris, erosiva en blau i Ac\_1 en vermell), les línies discontinues de WISE\_2 (inicial en gris, erosiva en blau i Ac\_2 en vermell). Font: (I. Cáceres et al 2017)

Després de sotmetre el perfil a la sèrie erosiva comentada i la seqüència d'onades amb condicions acretives permet calcular el transport de sediments a partir de l'evolució del fons marí, donant lloc a una dinàmica de barra transitòria.

Per una banda s'observa que el Ac\_1, les onades són menys acretives i es va observar un moviment més lent de la barra cap a costa (onshore) degut a menor transport de sediment en suspensió. Per una altra banda, la seqüència Ac\_2 són més acretives i van presentar un transport de fons i en suspensió més important i un desplaçament de la barra cap a costa més ràpid.



## 4. METODOLOGIA

### 4.1. SIMULACIONS INICIALS

Per entendre com interactuen els paràmetres inicials establerts en la simulació del canal del CIEM, s'han generat tres malles difuntes amb distàncies entre els punts de 0.5, 0.2 i 0.05 m. Els resultats d'aquests casos, per als quals es va utilitzar la parametrització del model presentada en l'apartat 3.1.1, es poden veure en les Figures 28, 29 i 30.

La versió del model emprada és el XB-SB, i realitzarem un primer anàlisi de la simulació en els respectius dominis tenint en compte condicions bàsiques que serveixin com a punt de partida per afegir modificacions i realitzar un estudi evolutiu amb més detall a mida que s'aprèn el funcionament del model i es compliquen les simulacions.

Les condicions de l'onatge que s'estableix és el de *JONSWAP*, això vol dir que els grups d'onatge generat utilitza un espectre paramètric, per tant, l'espectre de la sèrie temporal que es genera ho fa de manera aleatòria.

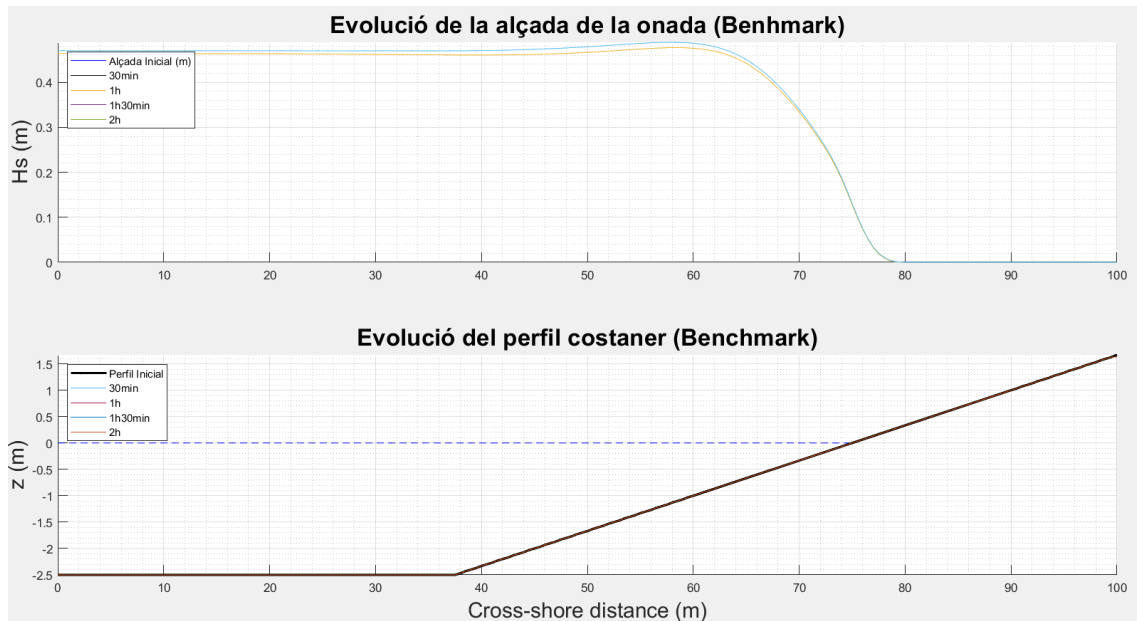
Altrament, aquest primer grup de simulacions inicials es compararan amb el perfil mesurat per analitzar al detall les similituds i diferències en el perfil costaner on estudiarem la formació de la barra i les seccions erosionades.

El domini es defineix amb la batimetria inicial del perfil ( $dx=0.5m$ ) i que serveix com a referència per adaptar la resta. També s'ha de tenir en compte la durada de la simulació i l'interval de temps per registrar les dades, ja que el perfil mesurat de referència dura 4h on es registren dades cada 1800 segons. Quan s'aplica evolució morfològica (morfac 1 i 2) es consideren 3600 segons inicials sense evolució per a que les onades generades s'acclimatïn al perfil i evitar possibles errors en els càlculs que realitza el model.

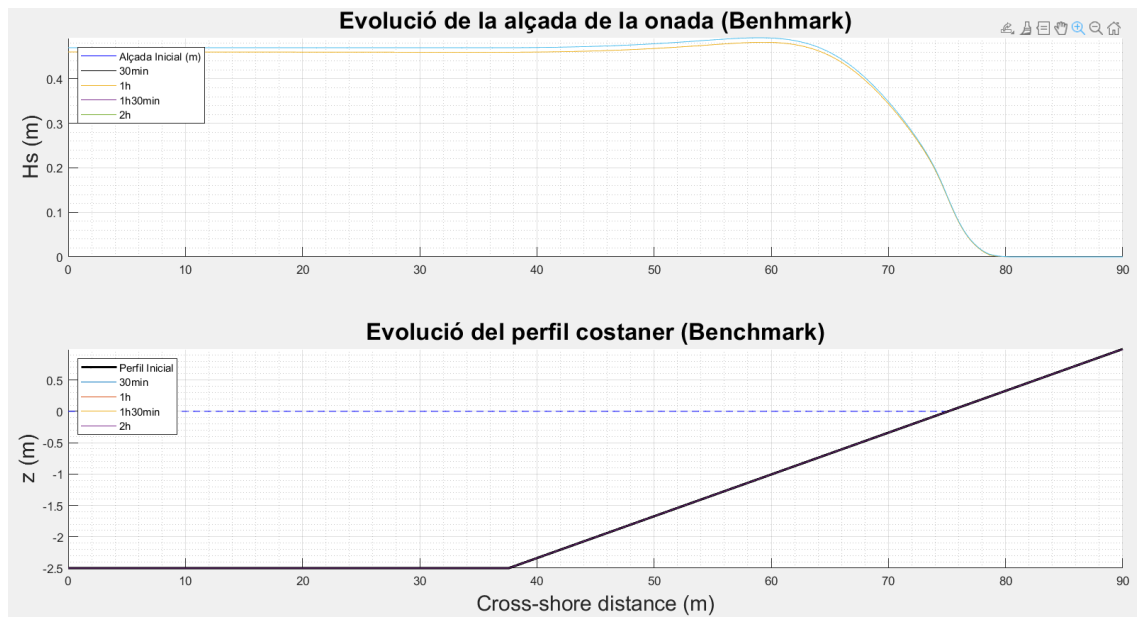
#### **SIMULACIÓ BENCHMARK**

Per assegurar-nos de que el model i la batimetria funcionen bé adaptant-se al programa, es realitza una simulació de 2 hores on només es sotmet al perfil a grups d'onades sense tenir en compte el transport de sediments. Aquest pas previ és imprescindible per validar les posteriors simulacions on es tenen en compte aquests processos. Tal i com es pot observar en la *Figura 24*,

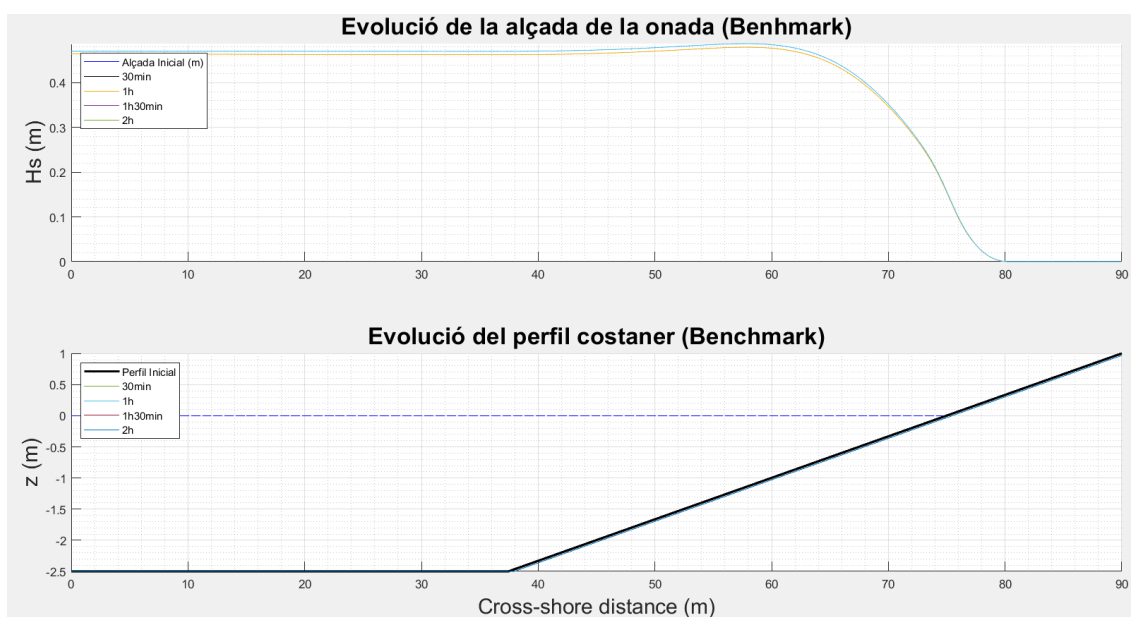
25 i 26 s'aprecia una alçada d'ona que s'adapta al perfil i no s'observa cap evolució morfològica respecte als intervals de temps registrats.



**Figura 24** Perfil de l'alçada dona i de la platja respectivament en el domini de  $\emptyset.5m$  respecte a la  $S_{Benchmark}$ .



**Figura 25** Perfil de l'alçada dona i de la platja respectivament en el domini de  $\emptyset.2m$  respecte a la  $S_{Benchmark}$ .



**Figura 26** Perfil de l'alçada dona i de la platja respectivament en el domini de 0.5m respecte a la  $S_{Benchmark}$ .

Les alçades d'ona d'un perfil en el qual no s'observa cap mena de transport de sediments es clau per comparar-lo amb la resta de resultats que s'obtenen amb diferents configuracions.

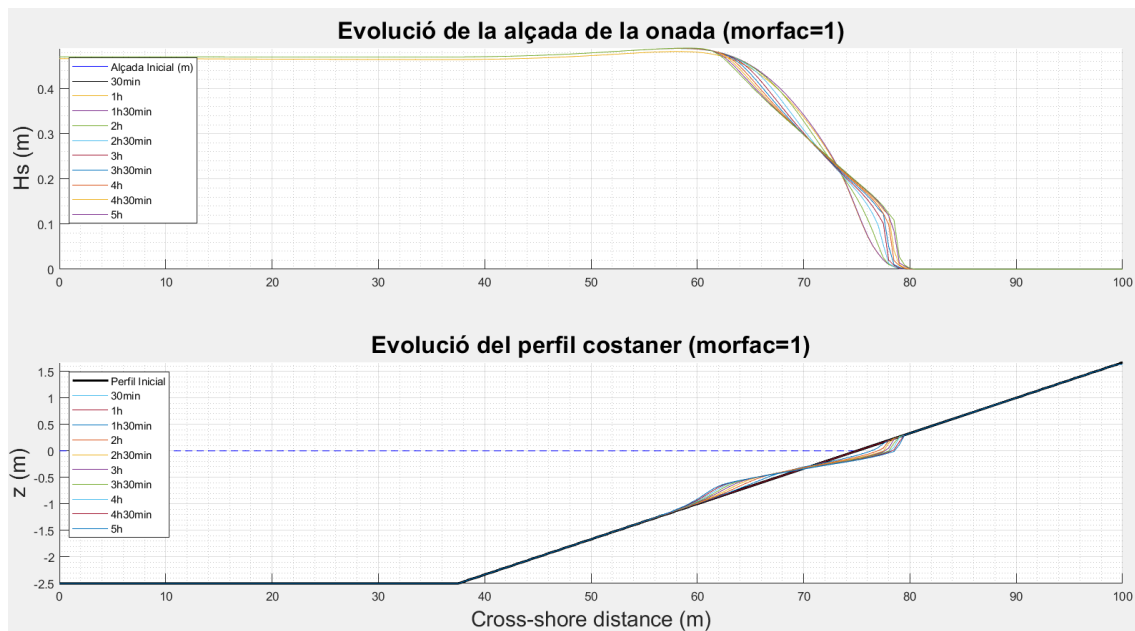
L'alçada de la ona mitja definida en l'arxiu *JONSWAP* es de 0.47m i comparant-la amb els resultats de la *Taula 8*, s'acosta bastant amb un petit marge d'error que es pot tenir en compte en les simulacions amb evolució morfològica.

$S_{Benchmark}$	Alçada d'ona $H_s$ (m) $dx= 0.5m$	Alçada d'ona $H_s$ (m) $dx= 0.2m$	Alçada d'ona $H_s$ (m) $dx= 0.05m$
<b>1</b>	0.46041	0.46411	0.46439
<b>2</b>	0.45966	0.46518	0.4333
<b>3</b>	0.46689	0.46329	0.46393
<b>TOTAL</b>	<b>0.46232</b>	<b>0.46419</b>	<b>0.46388</b>

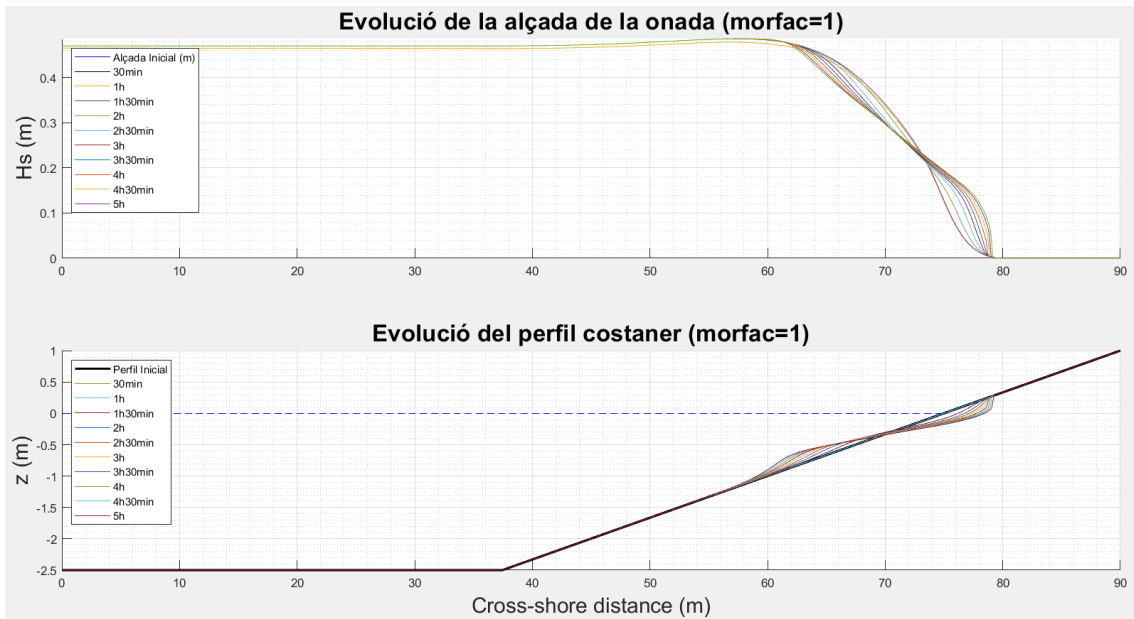
**Taula 8** Taula amb els resultats en m de la mitja de l'alçada d'ona en les simulacions en Benchmark respecte als diferents dominis.

## SIMULACIÓ MORFAC 1

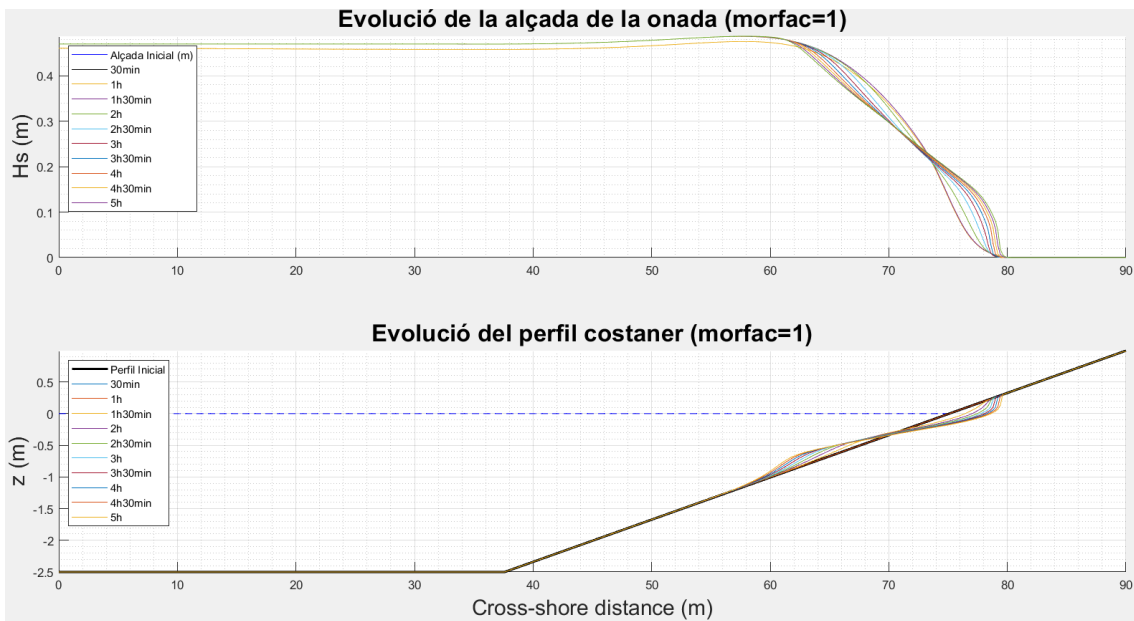
Després de veure el correcte funcionament del model durant la simulació *Benchmark*, es pot considerar l'evolució morfològica en el perfil (morfac=1) per tal d'analitzar els processos erosius i sobretot la possible formació d'una barra amb el model. Per fer-lo i que els resultats es puguin comparar amb el perfil mesurat, s'ha d'establir un període de temps de simulació de 4h.



**Figura 27** Perfil de l'alçada dona i de la platja respectivament en el domini de 0.5m respecte a la  $S_{morfac1}$  tenint en compte evolució morfològica.



**Figura 28** Perfil de l'alçada dona i de la platja respectivament en el domini de 0.2m respecte a la  $S_{morfac1}$  tenint en compte evolució morfològica.



**Figura 29** Perfil de l'alçada dona i de la platja respectivament en el domini de 0.05m respecte a la  $S_{morfac1}$  tenint en compte evolució morfològica.

S_morfac1	Alçada d'ona Hs (m)	Alçada d'ona Hs (m)	Alçada d'ona Hs (m)
	<i>dx= 0.5m</i>	<i>dx= 0.2m</i>	<i>dx= 0.05m</i>
1	0.4662	0.46040	0.46408
2	0.46077	0.46330	0.46458
3	0.46327	0.46567	0.46264
<b>TOTAL</b>	<b>0.46341</b>	<b>0.46312</b>	<b>0.46376</b>

**Taula 9** Taula amb els resultats en m de la mitja de l'alçada d'ona en les simulacions en morfac1 respecte als diferents dominis.

### **Respecte al perfil de la paltja.**

S'observa la formació d'una barra entre els 60-70m molt suau , i entre els punts a 70-80m s'aprecia una petita vall posterior a la barra que representa l'erosió en la *swash zone*. Veure processos erosius amb el model incorporat es rellevant per entendre quins processos físics influeixen (com la interacció amb la velocitat en el fons que influeix en el transport de sediments).

### **Respecte a l'alçada d'ona.**

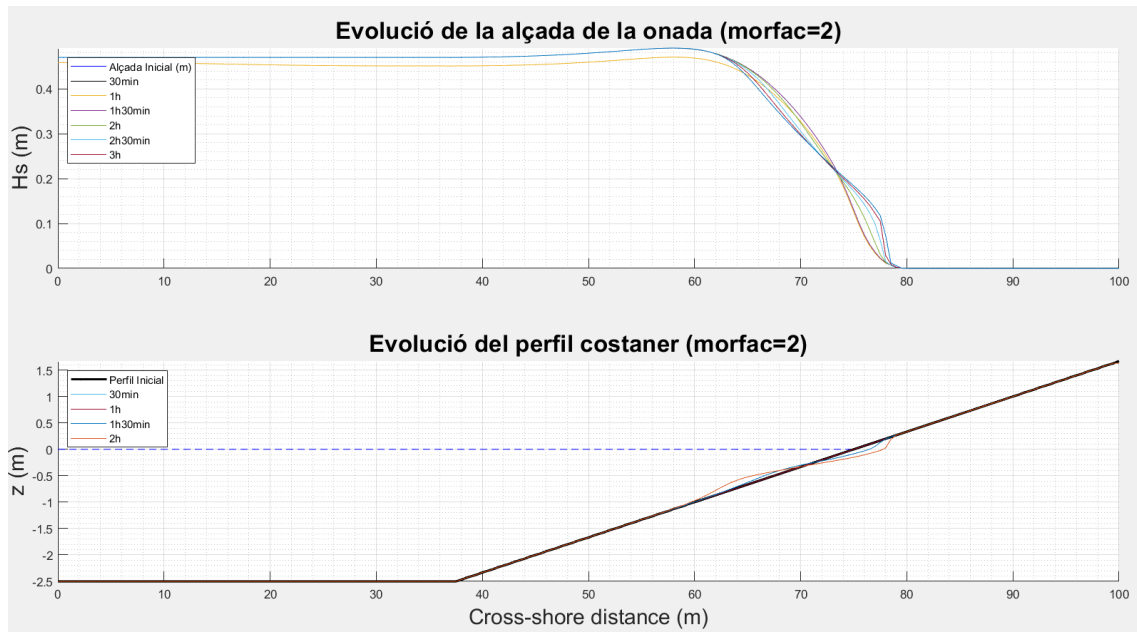
Podem veure que tots els perfils en els diferents instants durant l'evolució morfològica del domini s'adapta a la perfecció a com interactua amb el llit marí i com vira respecte al temps.

Com a suport per analitzar l'alçada d'ona del les *Figures 27, 28 i 29* dels respectius dominis es presenten els càlculs d'alçada d'ona de la *Taula 9, que presenten un bon ajust en tots els casos (amb desviacions inferiors a 2 %) amb respecte a l'alçada definida en el l'arxiu d'onatge per mitja de l'espectre jonswap (Hs = 0.47m).*

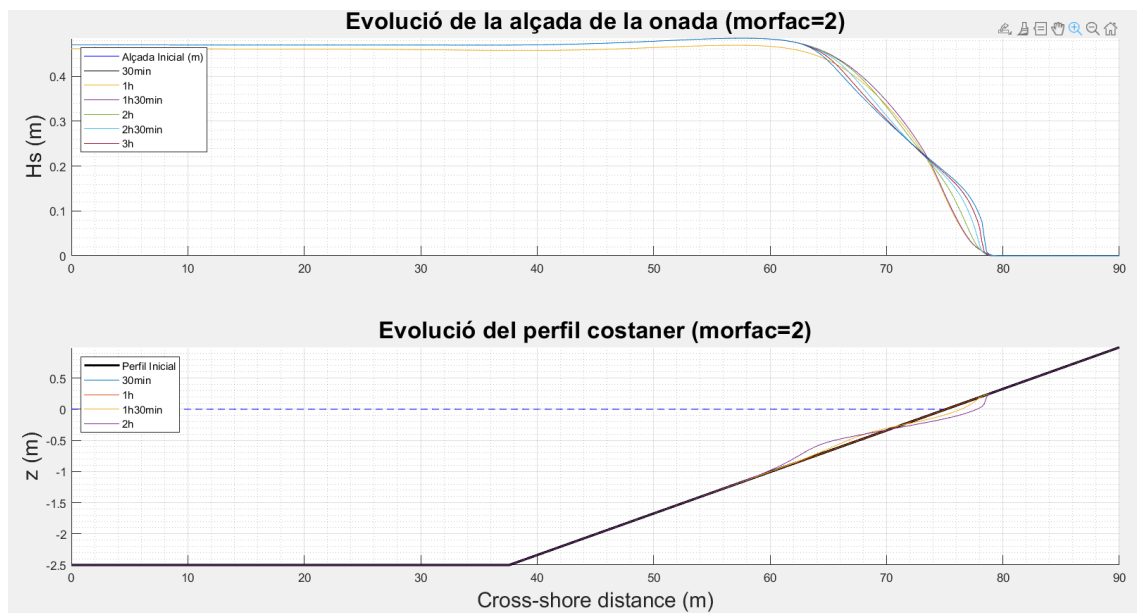
## **SIMULACIÓ MORFAC 2**

En aquesta simulació es té en compte una evolució morfològica accelerada (morfac=2, que indica que per al transport de sediment el temps corre el doble de ràpid que el temps simulat), amb l'objectiu d'analitzar els resultats gràfics obtinguts respecte al morfac 1. Computacionalment haurien de donar els mateixos resultats, amb menys temps executant el model i sobretot amb menys instants de temps registrats. En funció dels resultats obtinguts, aquesta configuració serà clau per a futurs models utilitzats per reduir el temps de simulació.

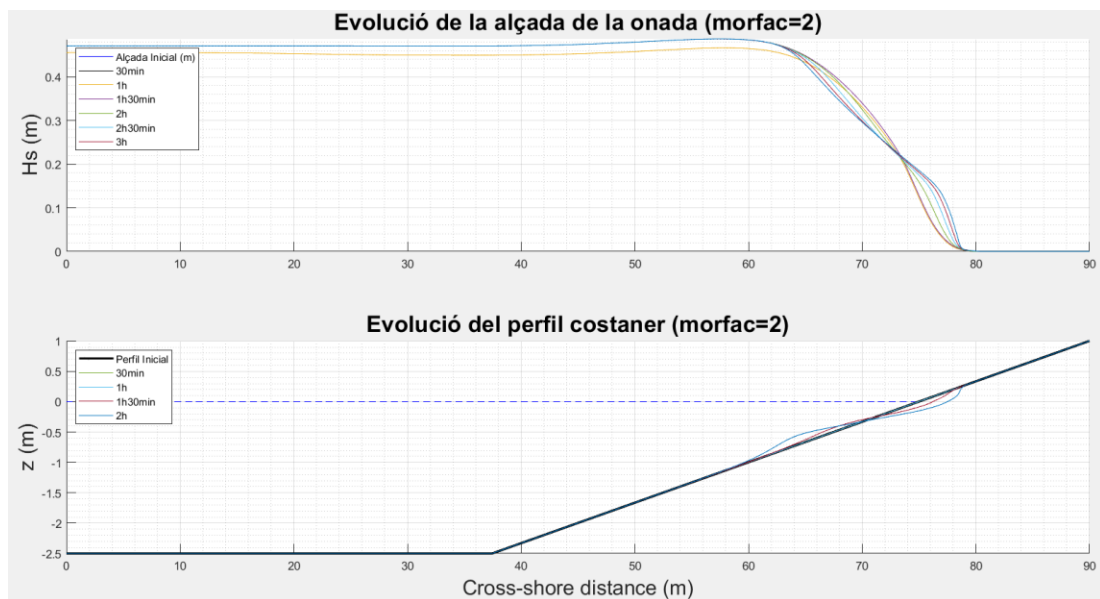
Per assegurar-se es realitzaran comparacions amb el perfil mesurat i més endavant amb el morfac 1 per tal de veure les possibles diferències.



**Figura 30** Perfil de l'alçada dona i de la platja respectivament en el domini de 0.5m respecte a la  $S_{morfac1}$  tenint en compte evolució morfològica x2.



**Figura 31** Perfil de l'alçada dona i de la platja respectivament en el domini de 0.2m respecte a la  $S_{morfac1}$  tenint en compte evolució morfològica x2.



**Figura 32** Perfil de l'alçada dona i de la platja respectivament en el domini de  $0.05m$  respecte a la  $S_{morfac1}$  tenint en compte evolució morfològica x2.

El perfil es exactament igual al simulat quan el morfac=1, indicatiu clau per aclarir que el model esta funcionat perfectament afegint la modificació d'acceleració en l'evolució morfològica. Però observant la *Taula 10* es pot identificar una petita diferència en les alçades d'ona obtingudes respecte a la simulació anterior, són variacions insignificants en l'estudi però s'ha de tenir en compte que un temps de simulació més petit pot influir una mica en els resultats.

S_morfac1	Alçada d'ona $H_s$ (m)		
	$dx= 0.5m$	$dx= 0.2m$	$dx= 0.05m$
1	0.45808	0.46138	0.4479
2	0.45991	0.45681	0.45452
3	0.45438	0.45737	0.45503
<b>TOTAL</b>	<b>0.45745</b>	<b>0.45852</b>	<b>0.45237</b>

**Taula 10** Taula amb els resultats en m de la mitja de l'alçada d'ona en les simulacions en morfac2 respecte als diferents dominis.

### SIMULACIÓ MORFAC RESPECTE BENCHMARK

Es pot tenir en compte que si el valor de la  $H_s$  definida en l'arxiu *jonspwap* es de  $0.47m$  i el de la simulació sense evolució morfològica es de  $0.46419m$ , tenim un marge d'error calculat de **+0.012** encara que és del 2% i es considera poc rellevant.

Comparant les alçades amb i sense evolució morfològica, veiem que hi ha petites desviacions en els resultats però més o menys s'aproximen al valor esperat. Es esperable que els valors de la



simulacions amb evolució morfològica siguin inferiors a la que no, ja que les onades s'adapten a la interacció hidrodinàmica i evolució morfològica que es realitza en el perfil durant la sèrie temporal.

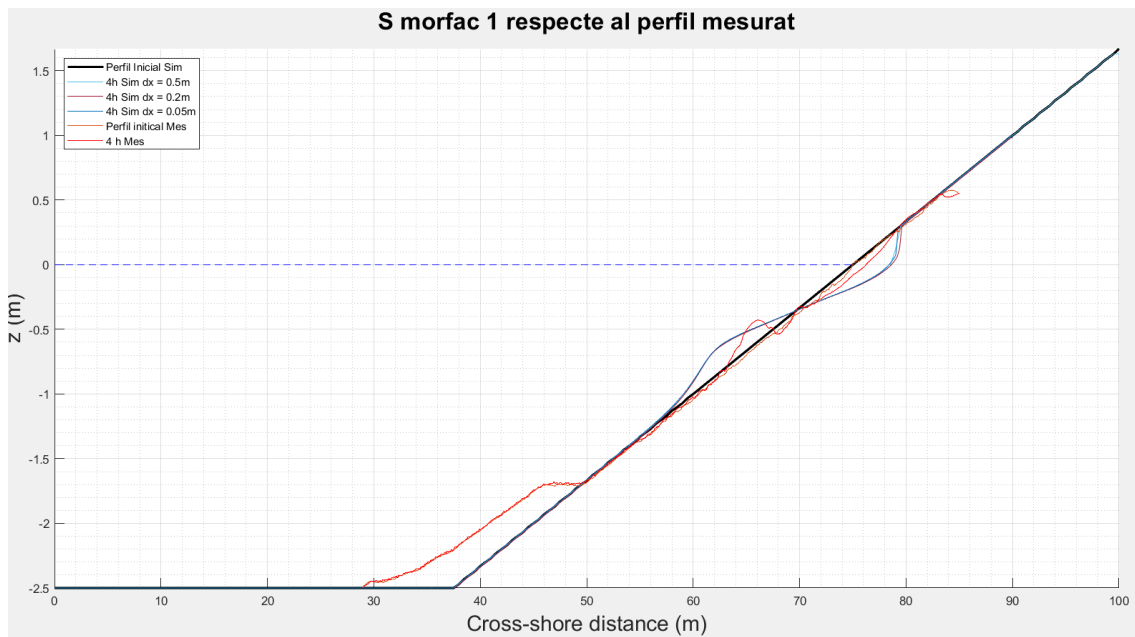
Finalment, la  $H_{SIM 1} > H_{SIM 2}$  ja que al reduir el temps de simulació, encara que s'obté el mateix perfil ja que s'accelera l'evolució morfològica, com es generen menys onades, pot influir una mica en la mitja calculada d'aquestes i obtenint una petita variació que es interessant comentar.

<b>DOMINI</b>	<b>Alçada d'ona <math>H_s</math> (m)</b>	<b>Alçada d'ona <math>H_s</math> (m)</b>	<b>Alçada d'ona <math>H_s</math> (m)</b>
	<b>S_Benchmark</b>	<b>S_morfac1</b>	<b>S_morfac2</b>
<b>Dx = 0.5</b>	0.46419	0.46341	0.45745
<b>Dx = 0.2</b>	0.46232	0.46312	0.45852
<b>Dx = 0.05</b>	0.46388	0.46376	0.45237

**Taula 11** Taula amb totes les alçades totals de cada simulació respecte als dominis amb els quals es treballa.

### **SIMULACIÓ MORFAC 1 RESPECTE AL PERFIL MESURAT**

Ajustant el perfil simulat respecte al mesurat, ens permet analitzar en més detall els processos morfològics que modifiquen el perfil durant 4 hores respecte als diferents dominis. A priori es pot veure que les formacions morfològiques i la zona erosionada es pot "superposar" respecte al perfil mesurat, observant-se moltes diferències.

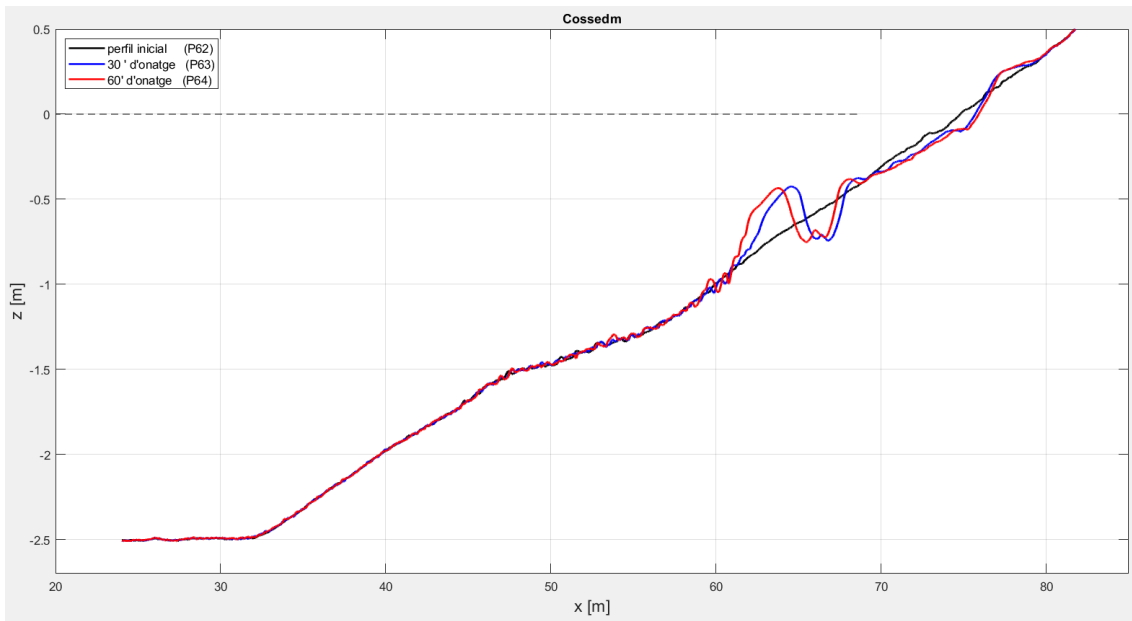


**Figura 33** Perfil mesurat vs el simulat (en els dominis 0.5m, 0.2m i 0.05m) on es pot comparar l'evolució morfològica de la barra i com s'erosiona el perfil inicial i final respecte als diferents dominis.

En la formació de la barra, el perfil simulat es insignificant respecte a la mesurada, encara que més o menys assoleix una bona alçada però s'estableix molt allargada. Per una altra banda es pot analitzar aquest procés erosiu que succeeix tant en el perfil mesurat com en el simulat, encara que l'erosió en el perfil simulat és molt més agressiva que en el mesurat.

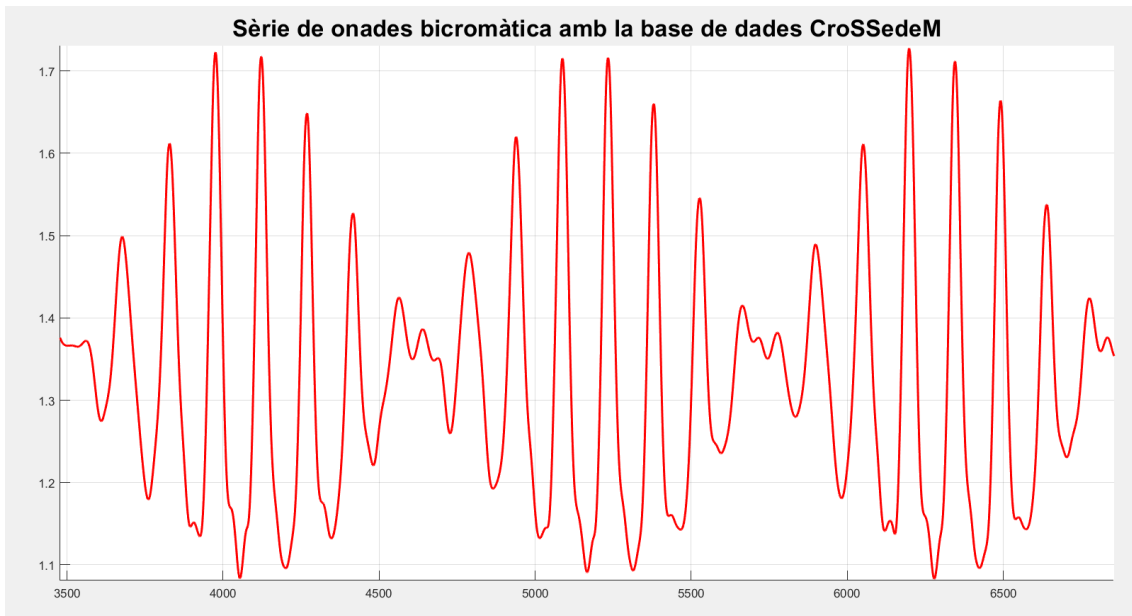
#### 4.2. CAS D'ESTUDI 1

Utilitzant el cas d'estudi de G.Mancini et al., 2020 de l'article "*Numerical modelling of intra-wave sediment transport on sandy beaches using a non-hydrostatic, wave-resolving model*" volem recrear els perfils mesurats amb la base de dades *CoSSedM*, per tal d'estudiar l'evolució morfològica de la platja i la formació de barres en el perfil. També s'analitzarà les alçades d'ona simulades amb el model respecte a les obtingudes mesurades amb diferents sensors en determinats punts del perfil. El perfil mesurat s'erosiona i provoca la migració de la barra *offshore* durant el temps de simulació de 1h. Amb el model *Xbeach*, simularem el perfil que es veu en la *Figura 34*.



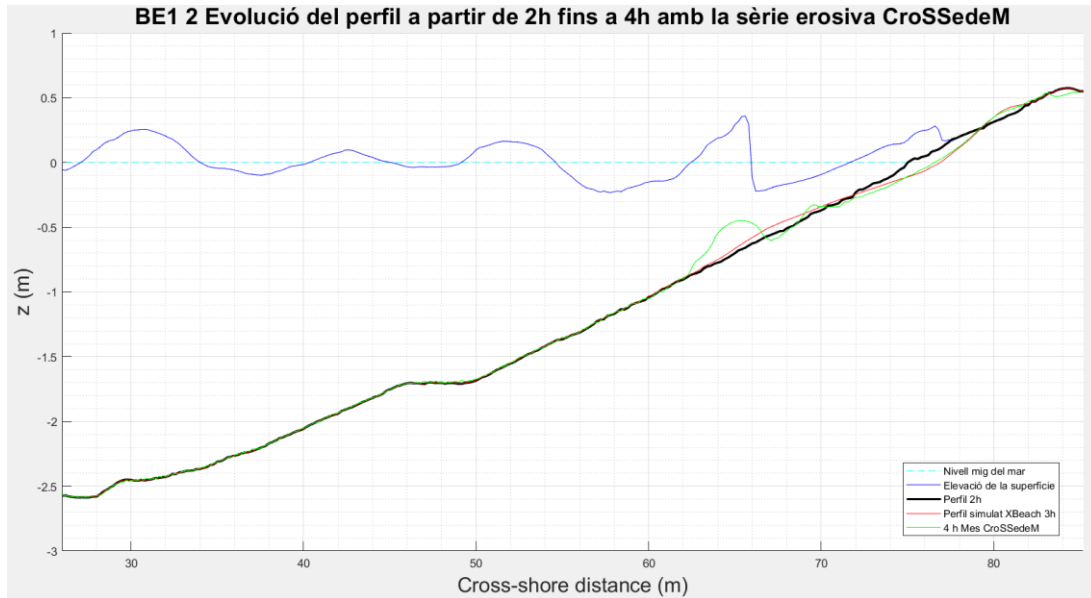
**Figura 34** Gràfic de l'evolució morfològica del perfil mesurat amb la base de dades CoSSedM on s'observa el creixement i migració d'una barra durant 1h.

És molt important entendre que l'evolució del perfil es influenciat per una sèrie temporal d'onades bicromàtiques erosiva. Són onades regulars superposades amb diferents períodes ja que al propagar-se a una velocitat diferent, els pics acaben trobant-se, esdevenint en aquest tipus d'onada tal i com s'observa en la *Figura 36*. S'ha d'adaptar la longitud de la sèrie temporal a la simulació, per tant hem de tenir en compte que dura 1840.19 segons.

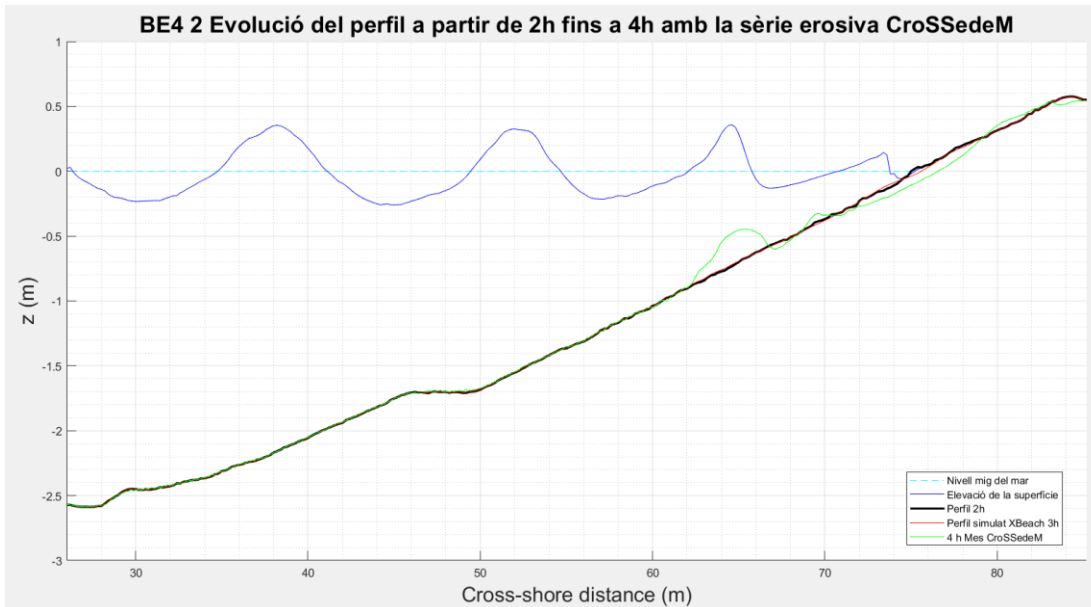


**Figura 35** Gràfic on s'observa la sèrie temporal bicromàtica de la base de dades de CoSSedM.

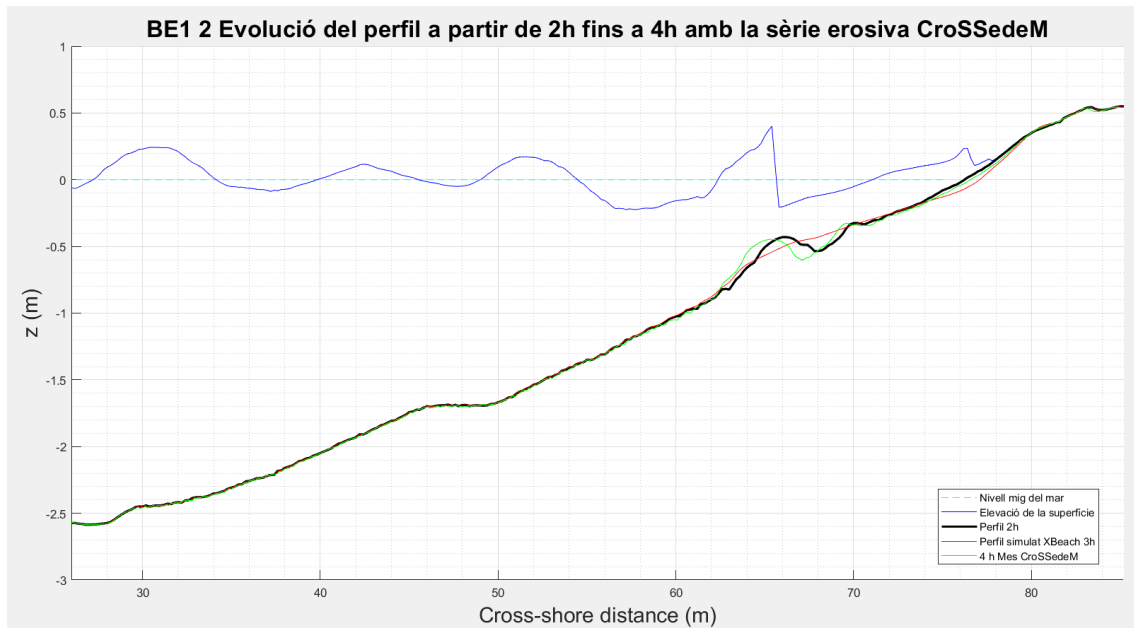
Amb la sèrie temporal enllestida, s'introdueix dins del *params.txt* i es configuren els punts per on volem que es calculi l'alçada d'ona, tal com es realitza en l'article (G.Mancini et al., 2020) i es pot observar en la *Taula 12*. Amb tots els punts registrats, podem executar el model i observar els resultats que es presenten en els gràfics següents (Figures36-39).



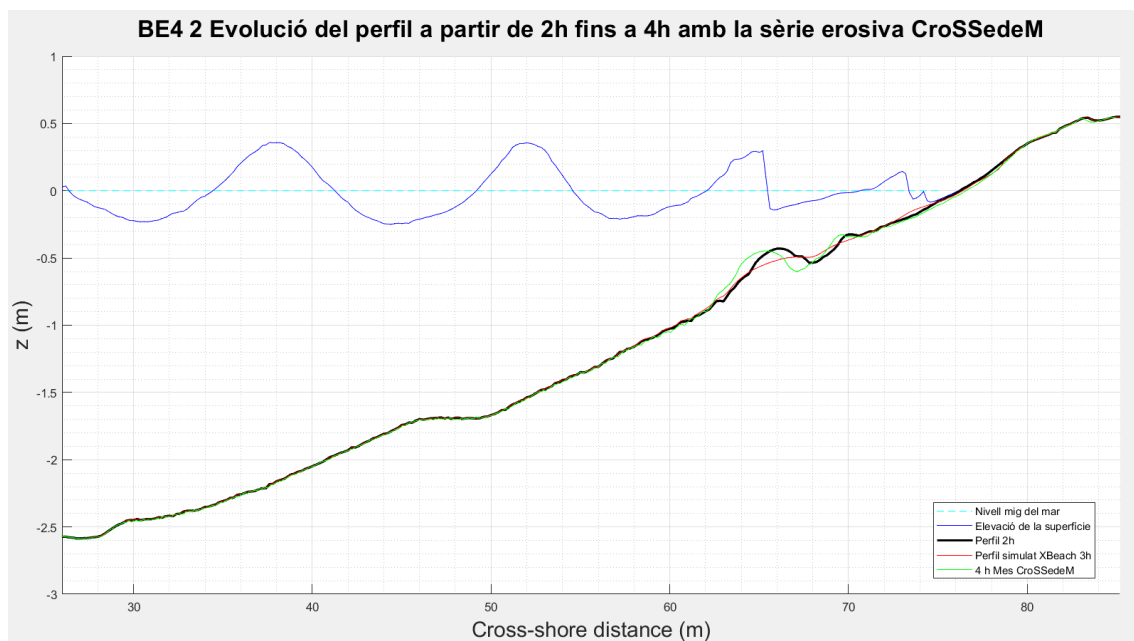
**Figura 36** Evolució morfològica del perfil simulat durant 1h respecte el perfil mesurat a les 2 h amb la base de dades CoSSedM i en BE1\_2.



**Figura 37** Evolució morfològica del perfil simulat durant 1h respecte el perfil mesurat a les 2 h amb la base de dades CoSSedM i en BE4\_2.



**Figura 38** Evolució morfològica del perfil simulat durant 1h respecte el perfil mesurat a les 4h amb la base de dades CoSSedM i en BE1\_2.

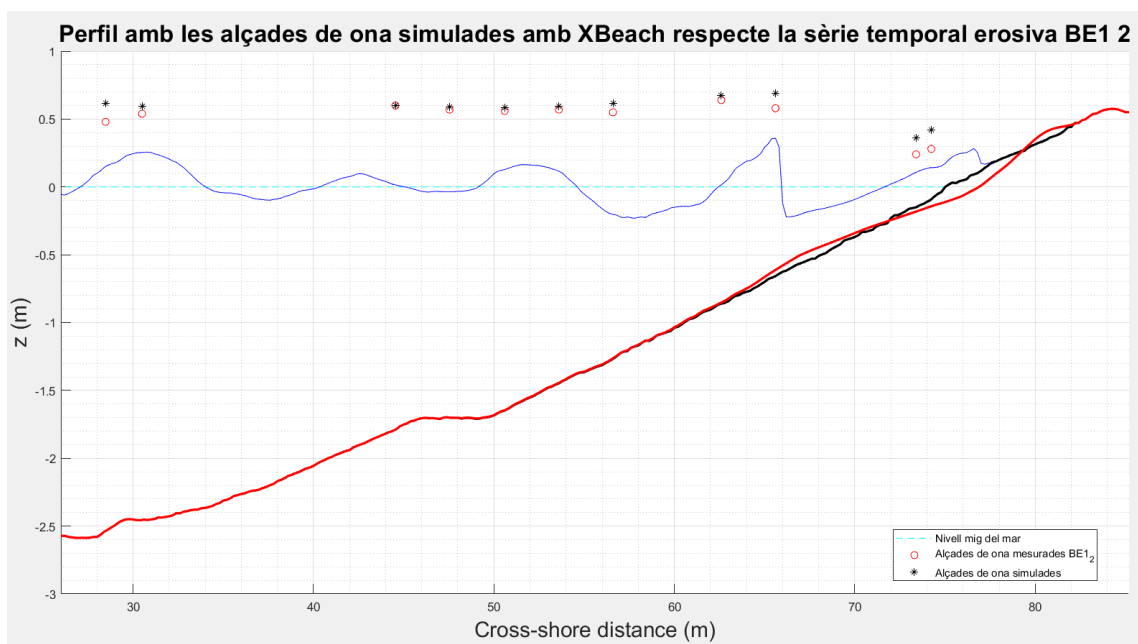


**Figura 39** Evolució morfològica del perfil simulat durant 1h respecte el perfil mesurat a les 4h amb la base de dades CoSSedM i en BE4\_2.

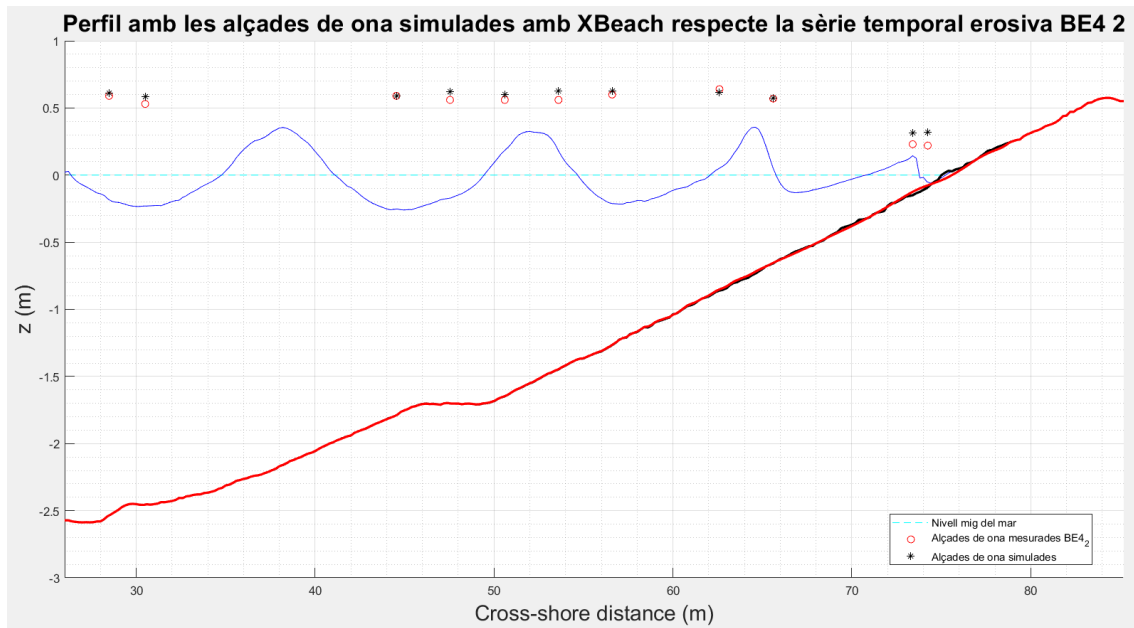
Observant l'evolució inicial de les *Figures 37* i *38* dels grups BE1\_2 i BE4\_2 respectivament, veiem com pràcticament no hi ha evolució morfològica, s'observen petites valls entre  $x= 72-80m$ , justament en la zona de *swash*. A més a més falla la predicció de la formació de la barra i no s'observa cap indicati d'establir l'estructura.

Durant la simulació, es veu que BE1\_2 i BE4\_2 de la *Figura 38 i 39* respectivament, evolucionen respecte al perfil inicial després de dues hores (perfil inicial que ja inclou la barra mesurada al cap de dos hores de transport). A simple vista, en ambdós *Figures* s'observa com el perfil s'erosiona a mesura que passa el temps, no manté l'estructura de la barra i s'aplana. Comparant-la amb el perfil final que es situa a 2h des de el punt inicial, la barra simulada no migra cap a aigües més fondes tal i com fa a la realitat (experiments, línia verda en les dos figures).

Respecte a les alçades d'ona mesurades (G. Mancini et al., 2020) i adaptant les posicions d'aquests instants respecte a la simulació, obtindrem les alçades d'ona simulades amb el model per veure si es capaç d'aproximar les alçades d'ona en cada instant.



**Figura 40** BE1\_2 Perfil amb els diferents instants on es simula l'alçada d'ona respecte a la sèrie temporal erosiva CoSSedM en perfil inicial fins a les 2h d'evolució morfològica.



**Figura 41** BE4\_2 Perfil amb els diferents instants on es simula l'alçada d'ona respecte a la sèrie temporal erosiva CoSSedM en perfil inicial fins a les 2h d'evolució morfològica.

Analitzant la *Figura 40* que correspon a BE1\_2, les alçades simulades no s'adapten a les mesures, observant-se desviacions sobretot al inici del perfil i la zona de trencament i *swash*. Centrant-nos en la zona de *swash*, la onades simulades no acaben de recrear del tot aquesta dissipació de la ona al trencar en la costa, l'error es acumulatiu des de el moment on comença a trencar ( $x_9$ )

En BE4\_2 (*Figura 41*) es veu com les alçades d'ona simulades s'adapten molt bé a les mesures amb petites desviacions, però es recrea la dissipació de la ona i no s'observen anomalies en el punt de trencament ( $x_9$ ).

BASE DE DADES CoSSedM			
BE1_2		BE4_2	
<b>X<sub>1</sub> = 28.48m</b>	H <sub>s</sub> = 0.48m	<b>X<sub>1</sub> = 28.48m</b>	H <sub>s</sub> = 0.59m
<b>X<sub>2</sub> = 30.5m</b>	H <sub>s</sub> = 0.54m	<b>X<sub>2</sub> = 30.5m</b>	H <sub>s</sub> = 0.53m
<b>X<sub>3</sub> = 44.54m</b>	H <sub>s</sub> = 0.6m	<b>X<sub>3</sub> = 44.54m</b>	H <sub>s</sub> = 0.59m
<b>X<sub>4</sub> = 47.54m</b>	H <sub>s</sub> = 0.57m	<b>X<sub>4</sub> = 47.54m</b>	H <sub>s</sub> = 0.56m
<b>X<sub>5</sub> = 50.6m</b>	H <sub>s</sub> = 0.56m	<b>X<sub>5</sub> = 50.6m</b>	H <sub>s</sub> = 0.56m
<b>X<sub>6</sub> = 53.6m</b>	H <sub>s</sub> = 0.57m	<b>X<sub>6</sub> = 53.6m</b>	H <sub>s</sub> = 0.56m
<b>X<sub>7</sub> = 56.6m</b>	H <sub>s</sub> = 0.55m	<b>X<sub>7</sub> = 56.6m</b>	H <sub>s</sub> = 0.60m
<b>X<sub>8</sub> = 62.6m</b>	H <sub>s</sub> = 0.64m	<b>X<sub>8</sub> = 62.6m</b>	H <sub>s</sub> = 0.64m
<b>X<sub>9</sub> = 65.6m</b>	H <sub>s</sub> = 0.58m	<b>X<sub>9</sub> = 65.6m</b>	H <sub>s</sub> = 0.57m
<b>X<sub>10</sub> = 73.4m</b>	H <sub>s</sub> = 0.24m	<b>X<sub>10</sub> = 73.4m</b>	H <sub>s</sub> = 0.23m
<b>X<sub>11</sub> = 74.24m</b>	H <sub>s</sub> = 0.28m	<b>X<sub>11</sub> = 74.24m</b>	H <sub>s</sub> = 0.22m

**Taula 12** Taula amb tots els punts de referència de la l'alçada d'ona en determinats punts en el perfil tenint en compte la sèrie temporal de la base de dades CoSSedM.

En la Taula 12 veiem registrades les alçades d'ona en cada instant, confirmant que coincideixen amb el gràfic representatiu d'aquestes dades.

#### 4.3. CAS D'ESTUDI 2

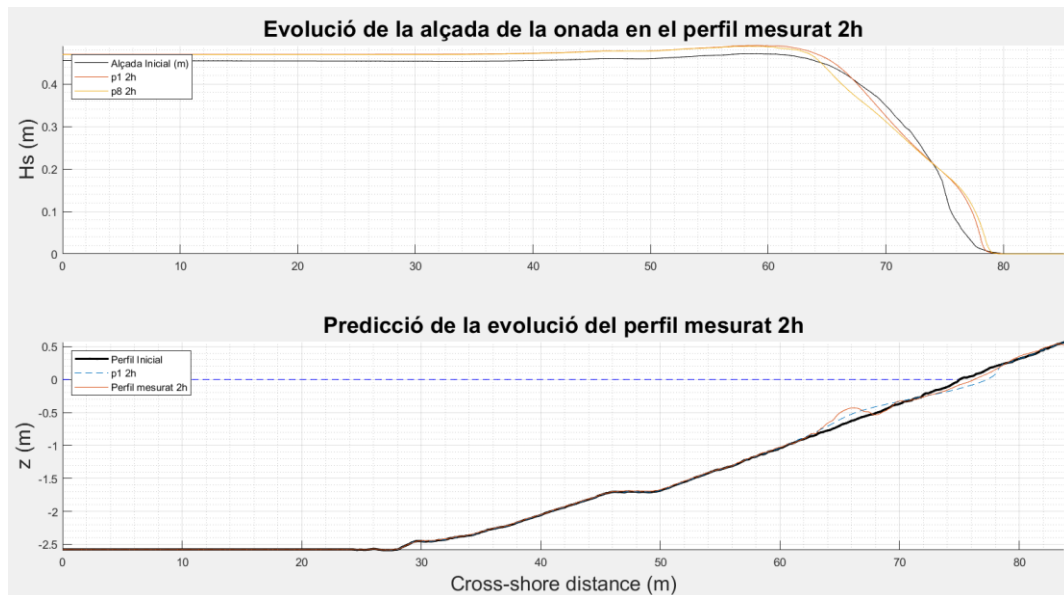
Respecte al cas d'estudi, on s'analitza l'article "*An analysis of nearshore profile and bar development under large scale erosive and accretive waves*", realitzarem l'estudi de l'evolució morfològica del perfil mesurat utilitzant el mode *no hidroestàtic* i l'analitzarem en diferents instants de temps. Es seleccionen 3 instants durant l'evolució del perfil (perfil inicial – perfil 2h – perfil 4h) i s'interpola a un domini de  $dx=0.2m$ .

Per tant, des de el perfil inicial mesurat  $p(1)$  es simularà l'evolució morfològica durant 1h, ja que tindrem en compte la configuració *morfac 2*. Aquest perfil el compararem amb el  $p(8)$  que equival a les 2h de simulació. Per una altra banda, aquest instant  $p(8)$  es solaparà amb el  $p(11)$  per analitzar la predicció de l'evolució del perfil. A més a més, s'analitzarà la propagació de les onades respecte al perfil en punts establerts mesurats en l'article de (I. Cáceres et al., (WG2), permetent realitzar valoracions de la predicció del model.



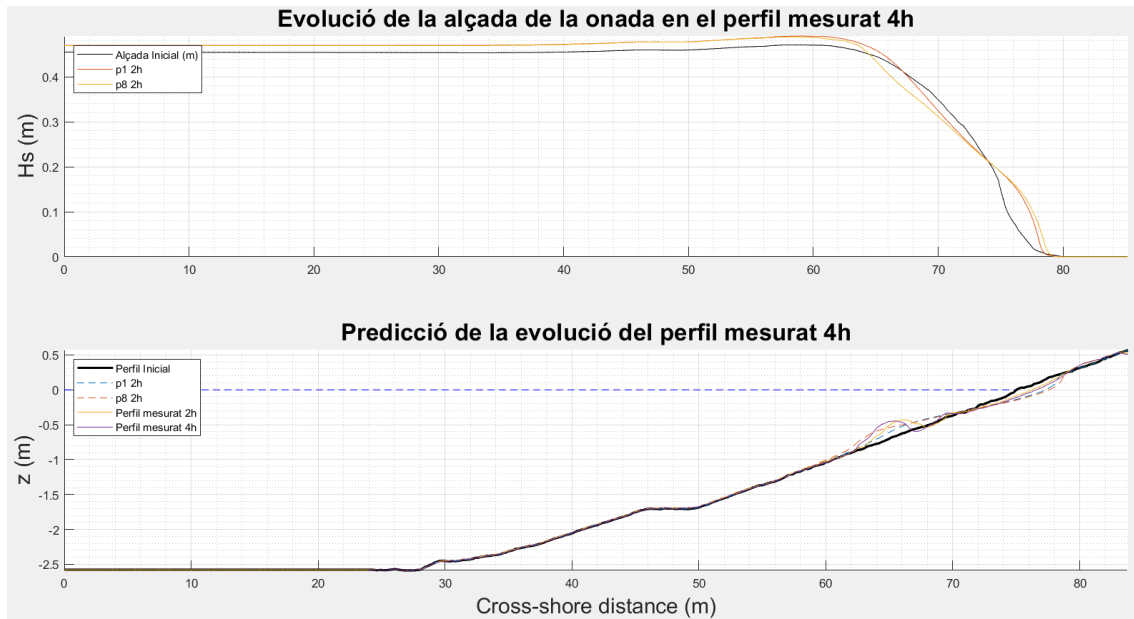
Previ a utilitzar la configuració amb el mode *no hidroestàtic* per simular el perfil mesurat, s'executaran múltiples verificacions per assegurar-se del correcte funcionament de la batimetria del perfil mesurat.

Les proves inicials es simulen amb el mode hidroestàtic *surfbeat*, executant el perfil per analitzar l'evolució des de el perfil inicial respecte a les 2h mesurades i de 2h respecte a 4h.



**Figura 42** Perfil de l'alçada dona i de la platja respectivament en el domini de 0.5m tenint en compte les dues primeres hores del perfil mesurat.

En l'evolució de les 2 primeres hores de simulació que s'observa en la *Figura 42*, s'aprecia com la posició on es troba la barra mesurada es similar, encara que el model no es capaç de representar el perfil mesurat. A més a més, s'observa una vall que està molt més erosionada en el perfil simulat que el mesurat.



**Figura 43** Perfil de l'alçada dona i de la platja respectivament en el domini de 2m tenint en compte tot el perfil mesurat.

En la *Figura 43* podem veure com migra la barra direcció *offshore* degut als processos erosius al que es sotmet el perfil mesurat.

Es clau tenir en compte la propagació de les onades i estudiar com es propaguen respecte el perfil mesurat, en la *Taula 13* es veu com a mesura que el perfil va evolucionant, l'alçada de l'ona augmenta. Bon indicador per representar la variable de la superfície elevada de manera correcta.

DOMINI	Alçada d'ona $H_s$ (m)	Alçada d'ona $H_s$ (m)
	M_Initial	M_2h
Dx = 0.2	0.45509	0.46283
	0.45913	0.45908
	0.45082	0.46238

**Taula 13** Taula amb les alçades d'ona de l'evolució morfològica dels perfils a partir de l'inicial i 2h.

En la configuració, s'introdueix el mode no hidroestàtic, on es possible realitzar parametritzacions més complexes respecte a les capacitats de *XBeach*. Per començar, s'introdueixen unes condicions de contorn que consideren les dades de la sèrie temporal mesurada amb respecte a la superfície lliure per mitja del fitxer *boun\_U.bcf* (conté les variables

del temps, alçada d'ona i velocitat de la onada en el contorn). S'incorpora la sèrie temporal WISE (Cáceres et al., 2017) per predir l'evolució en el perfil mesurat. També s'afegeixen per defecte paràmetres per al transport de sediments, propietats del flux i evolució morfològica.

Les variables de sortida que ens interessin són l'elevació de la superfície, el fons marí i l'instant de les alçades d'ona en els punts d'estudi de l'article (Cáceres et al., 2017), però la configuració predeterminada conté múltiples paràmetres com la velocitat del flux, profunditat i altres. No ho modificarem però per a la representació gràfica utilitzarem els d'interès. Asumim que utilitzarem *morfac 2* per tal de simular el mateix però més ràpid.

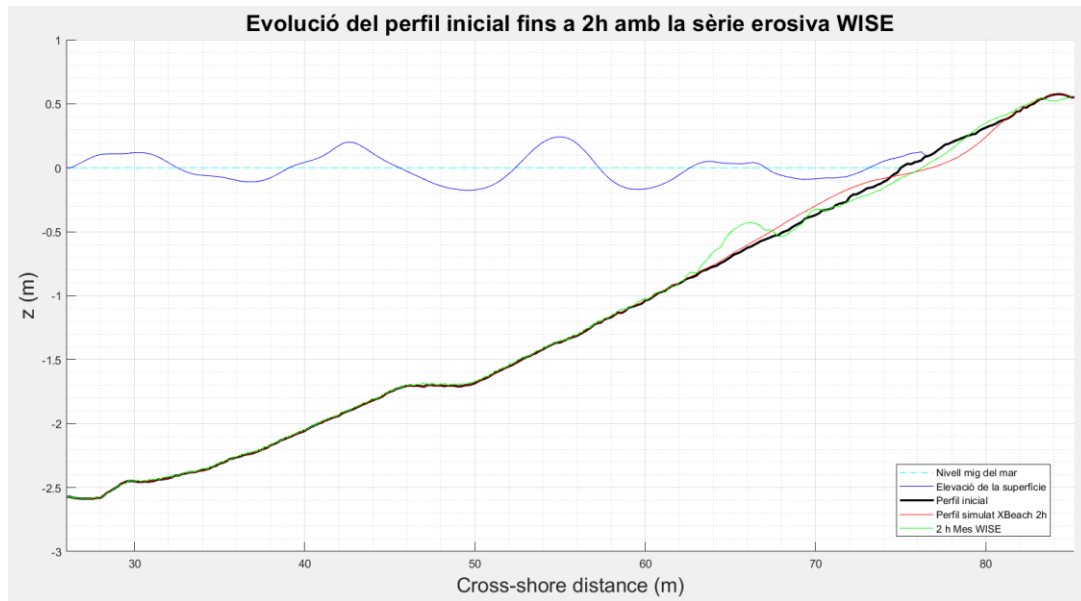
No obstant, s'han de modificar algunes variables, com el *tstart* i *tstop* i variarà en funció de la sèrie temporal introduïda. Per tal de considerar la duració d'una hora morfològica, en l'arxiu *boun\_U.bcf* introduïrem 2 sèries d'onades irregulars concatenades amb una durada de 3273.475 segons, encara que es poden establir més. També tindrem en compte un conjunt de punts per a que realitzi una predicció de l'alçada d'ona, aquest estudi es molt interessant ja podem veure l'alçada mesurada WG2 i simulada *Taula 14*.

**BASE DE DADES WISE GAUGE 2 -EROSIU (WG2)**

	X <sub>4</sub> = 4.5m	H <sub>s</sub> = 0.4493m
	X <sub>5</sub> = 18.5m	H <sub>s</sub> = 0.4821m
	X <sub>6</sub> = 21.5m	H <sub>s</sub> = 0.4803m
<b>SENSOR</b>	X <sub>7</sub> = 24.5m	H <sub>s</sub> = 0.4825m
<b>RESISTIU</b>	X <sub>8</sub> = 27.5m	H <sub>s</sub> = 0.4879m
	X <sub>9</sub> = 30.5m	H <sub>s</sub> = 0.4187m
	X <sub>10</sub> = 33.5m	H <sub>s</sub> = 0.4614m
	X <sub>11</sub> = 36.5m	H <sub>s</sub> = 0.4606m
	X <sub>7</sub> = 38.1m	H <sub>s</sub> = 0.4275m
<b>SENSOR DE</b>	X <sub>6</sub> = 40.1m	H <sub>s</sub> = 0.404m
<b>PRESSIÓ</b>	X <sub>5</sub> = 47.4m	H <sub>s</sub> = 0.2047m
	X <sub>3</sub> = 48.3m	H <sub>s</sub> = 0.1845m
<b>SENSOR</b>	X <sub>1</sub> = 49.1m	H <sub>s</sub> = 0.1944m
<b>ACÚSTIC</b>	X <sub>8</sub> = 50.1m	H <sub>s</sub> = 0.1566m

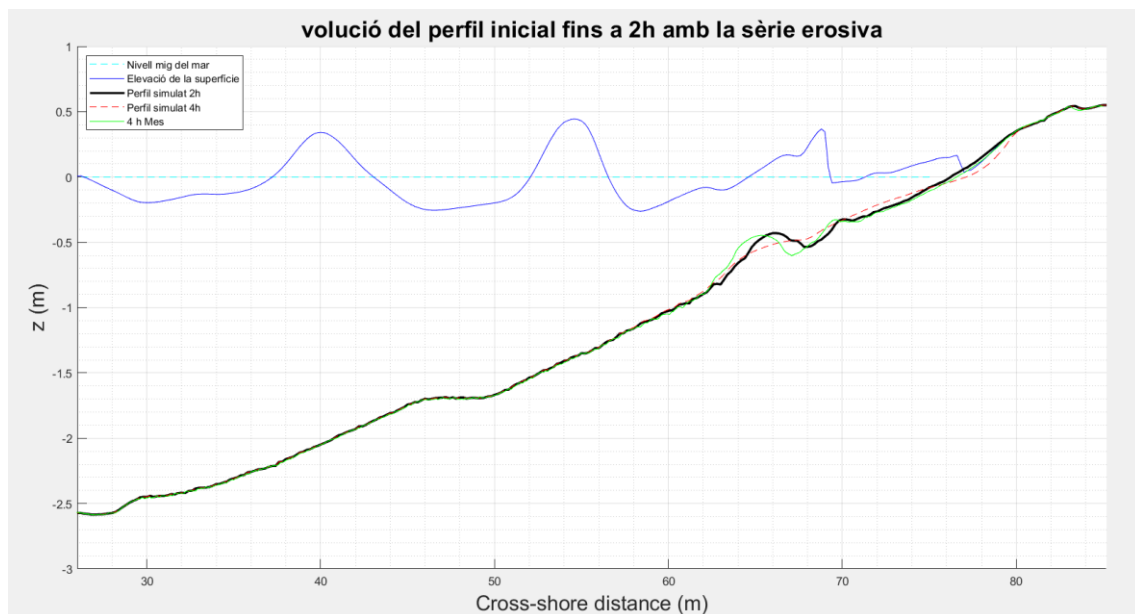
**Taula 14** Taula amb tots els punts de referència de la l'alçada d'ona en determinats punts en el perfil tenint en compte la sèrie temporal erosiva respecte a la base de dades WG2.

Integrant la sèrie temporal en el model, podem predir l'evolució morfològica del perfil respecte al mesurat (I. Caceres et al 2017).



**Figura 44** Evolució morfològica del perfil simulat des de el perfil inicial durant 1h respecte el perfil mesurat a les 2h amb la base de dades WISE.

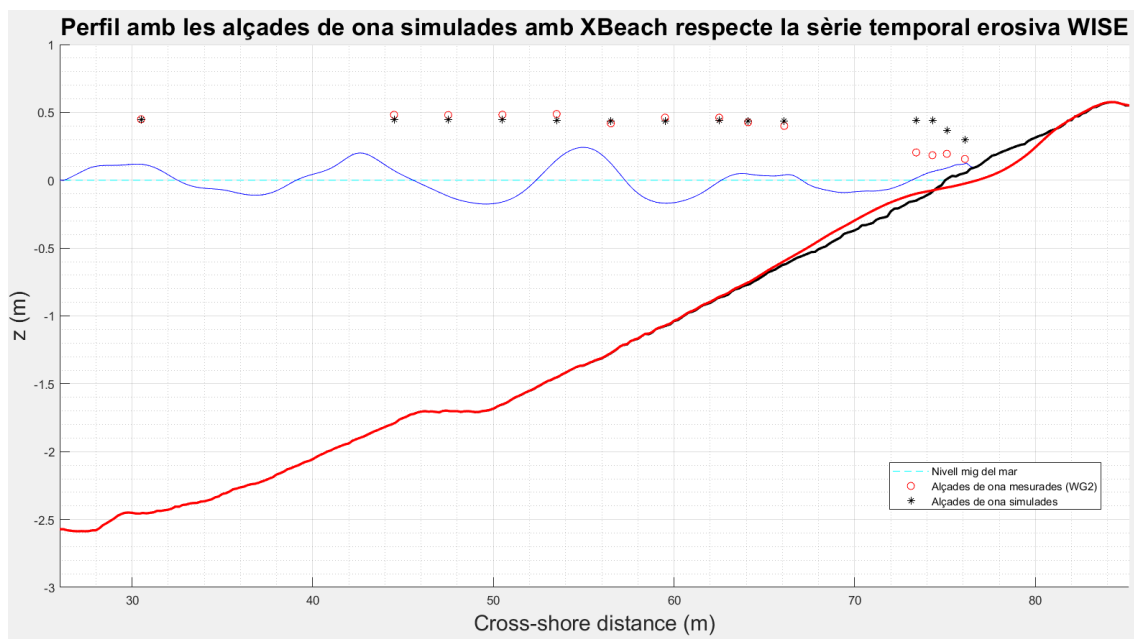
Tal i com es pot analitzar la *Figura 44* podem veure en la franja vermella com evoluciona el perfil durant la sèrie temporal. Tal i com es veu en el gràfic, la simulació no s'apropa res al perfil mesurat a les dues hores i no s'observa cap indicati de créixer una barra en la el perfil.



**Figura 45** Evolució morfològica del perfil simulat des de el perfil de 2h durant 1h respecte el perfil mesurat a les 4h amb la base de dades WISE.

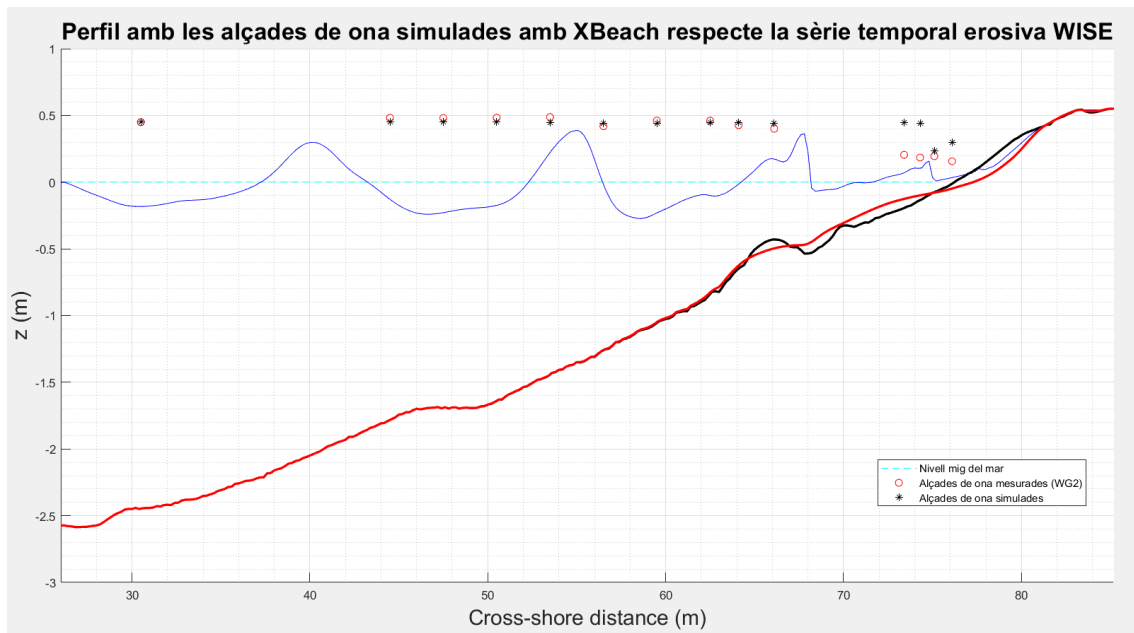
La *Figura 45* dona un punt de vista diferent al interpretat en la *Figura 45*. Es veu com a partir d'una batimetria inicial establerta per una barra, la simulació s'adapta completament a aquesta i estableix la forma morfològica però amb algunes discrepàncies. Primer de tot es veu com el perfil simulat durant 1h no s'ajusta al mesurat, el mesurat migra per l'erosió i el simulat s'estableix on l'inicial. Després, el perfil simulat està molt erosionat, forma la barra però no tant definida com el mesurat.

No obstant, registrem l'alçada d'ona en funció de la sèrie temporal en els instants mencionats en la *Taula 14*, on veurem la predicció del model *XBeach* respecte la base de dades *WG2*.



**Figura 46** Perfil amb els diferents instants on es simula l'alçada d'ona respecte a les alçades mesurades *WG2* respecte al perfil inicial fins a les 2h.

Analitzant les alçades d'ona simulades respecte a la mesurada *WG2* de la *Figura 46*, semblen que s'adapten prou bé a les alçades mesurades però amb desviacions destacables en el punt de trencament. Mentre que en les simulacions anteriors el trencament de l'onatge simulat per el model s'ajustava al punt de trencament mesura, ara tenim un desviació important i el model simula el trencament de cop a la costa. En la zona de *shoaling* i *surf*, la simulació s'adapta bé al perfil mesurat amb algunes excepcions com el punt  $x_9$ ,  $x_6$  i  $x_7$ . Aquests coincideixen en la zona prèvia al trencament i durant el trencament, on el model no aconsegueix simular la zona de *swash*.



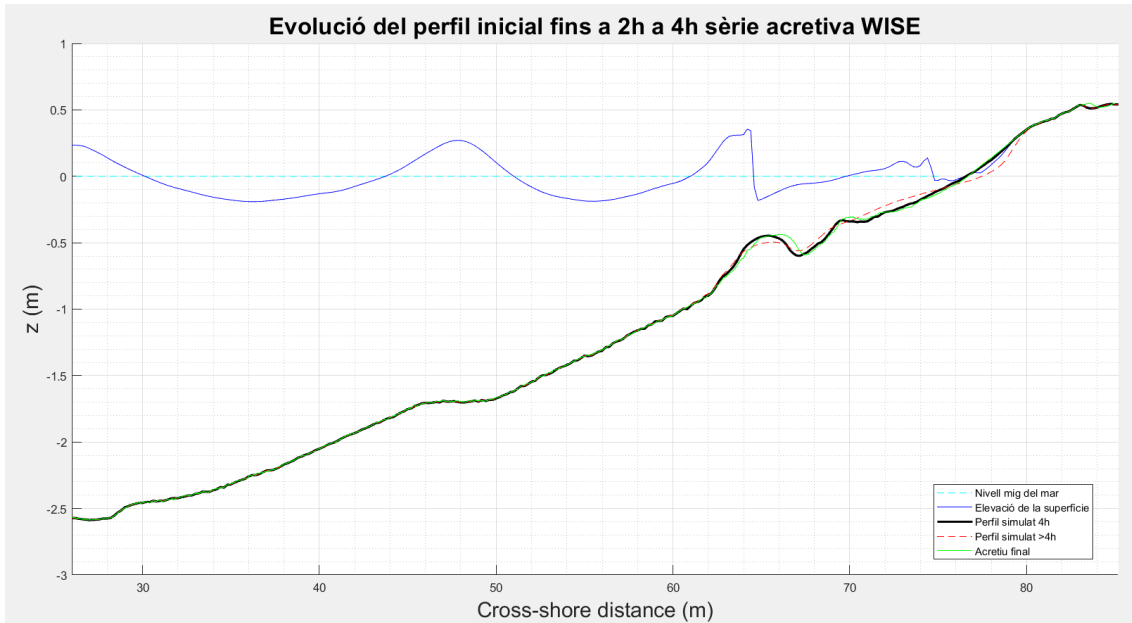
**Figura 47** Perfil amb els diferents instants on es simula l'alçada d'ona respecte a les alçades mesurades WG2 respecte les 2h de perfil fins a les 4h.

Les onades interactuen diferent quan el perfil està format per la barra, afectant en el trencament de les onades. S'observa una petita variació de resultats en el punt  $x_6$ , que s'apropa més al valor mesurat. No obstant, s'observa com el trencament continua sent sobtat i no es llenys precís.

Aplicarem més proves interpretant altres sèries temporals com l'Ac\_1, es a dir l'acretiu del cas d'estudi (I.Caceres et al., 2017).

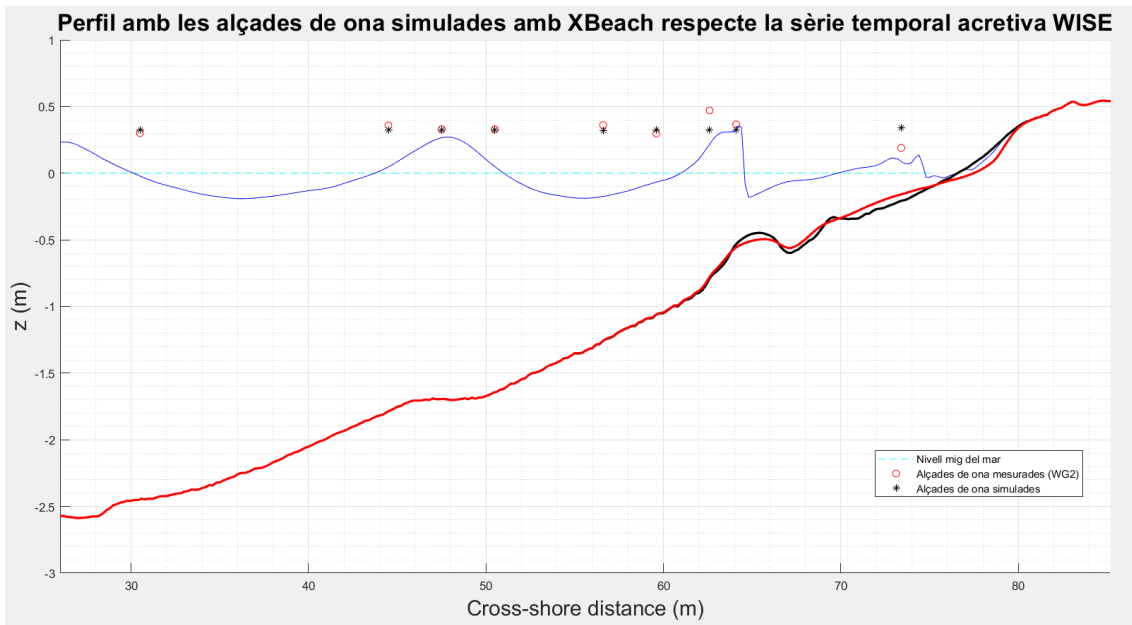
Veient que funciona bé la nova batimetria, prescindirem de proves prèvies per veure si funciona bé, per tant introduïrem directament la sèrie temporal acretiva amb nous punts per calcular l'alçada d'ona i l'evolució del perfil.

La sèrie temporal acretiva amb la base de dades WISE que dura 3272.95 segons, estudiarem l'evolució acretiva del perfil a partir de les 4h de simulació, analitzant també les alçades d'ona registrades en determinats instants de temps.



**Figura 48** Evolució morfològica del perfil simulat des de el perfil de 4h durant 1h respecte el perfil mesurat a les 4h amb la base de dades WISE.

Tal i com s'observa en la *Figura 49*, veiem com es manté la forma de la onada una mica erosionada i hi ha punts just on es forma el vall direcció *onshore* que està migrant provocat per la sèrie. Respecte al punt acretiu final, la simulació no s'aproxima gens al perfil mesurat final.



**Figura 49** Perfil amb els diferents instants on es simula l'alçada d'ona respecte a les alçades mesurades WG2 a partir de 4h.

Observant la *Figura 50*, es veu les alçades d'ona simulades s'aproximen bastant a les mesurades però amb algunes desviacions. En la zona de *swash* el model no simula ve la realitat, on la onada augmenta en alçada per després trencar i dissipar-se. Les alçades d'ona mesurades s'observen en la *Taula 15*

**BASE DE DADES WISE GAUGE 2 - ACRETIU (WG2)**

<b>X<sub>4</sub> = 30.5m</b>	H <sub>s</sub> = 0.30m
<b>X<sub>5</sub> = 44.5m</b>	H <sub>s</sub> = 0.36m
<b>X<sub>6</sub> = 47.5m</b>	H <sub>s</sub> = 0.33m
<b>X<sub>7</sub> = 50.5m</b>	H <sub>s</sub> = 0.33m
<b>X<sub>8</sub> = 56.6m</b>	H <sub>s</sub> = 0.3615m
<b>X<sub>9</sub> = 59.6m</b>	H <sub>s</sub> = 0.2980m
<b>X<sub>10</sub> = 62.6m</b>	H <sub>s</sub> = 0.4709m
<b>X<sub>11</sub> = 64.1m</b>	H <sub>s</sub> = 0.3652m
<b>X<sub>7</sub> = 73.4m</b>	H <sub>s</sub> = 0.19m

**Taula 15** Taula amb tots el punts de referència de la l'alçada d'ona en determinats punts en el perfil tenint en compte la sèrie temporal acretiva respecte a la base de dades WG2.

## 5. RESULTATS

### 5.1. SIMULACIONS INICIALS

S'han realitzat múltiples simulacions que s'han comparat respectivament amb el perfil mesurat en l'article (I. Caceres et al 2017) respecte als diferents dominis i modes (hidroestàtic i no hidroestàtic)

Respecte a les simulacions inicials on s'utilitza el mode *surfbeat*, a part d'observar els processos erosius que defineixen el perfil costaner durant el temps de simulació, veurem com influeixen les alçades d'ona en funció del domini i sobretot el temps d'evolució, tal i com es veu en la *Taula 15*.



ALÇADA D'ONA Hs (m)						
DOMINI	S_Benchmark	S_time (h)	S_morfac1	S_time (h)	S_morfac2	S_time (h)
<b>Dx = 0.5</b>	0.46419	0.15	0.46341	0.2	0.45745	0.1
<b>Dx = 0.2</b>	0.46232	0.38	0.46312	0.64	0.45852	0.17
<b>Dx = 0.05</b>	0.46388	5.7	0.46376	14.55	0.45237	4.27

**Taula 16** Taula amb tots el resultat de totes les alçades d'ona de les simulacions en funció de cada domini respectivament.

A priori, es pot observar que en tots els dominis s'obté una alçada d'ona de **0.45m** aproximadament, encara que s'observen variacions en els dominis on el temps de simulació no es tan prolongat. Aquesta dada pot ser un indicador rellevant per determinar que un domini amb una resolució més gran influeixi en els resultats per al que respecta l'alçada d'ona.

Es curiós tenir en compte que la *S\_Benchmark* dura menys que la *S\_morfac2* però s'obtenen resultats més propers a l'alçada d'ona definida, això es deu a l'evolució morfològica que presenta la *S\_morfac2* i l'acceleració x2 amb la qual es configura.

Observant l'alçada d'ona en la *S\_morfac1*, no s'aprecia pràcticament variació en els resultats. Comparant les alçades entre la *S\_morfac1* i 2, es podria ignorar com a una diferencia insignificant, però si es vol analitzar al detall, aquesta variació es deu al temps de simulació. Ja que, tenint en compte que morfològicament actua de la mateixa manera en el perfil, el temps es inferior en la *S\_morfac2* i els instants registrats també, per tant es pot veure afectat en els resultats de l'alçada.

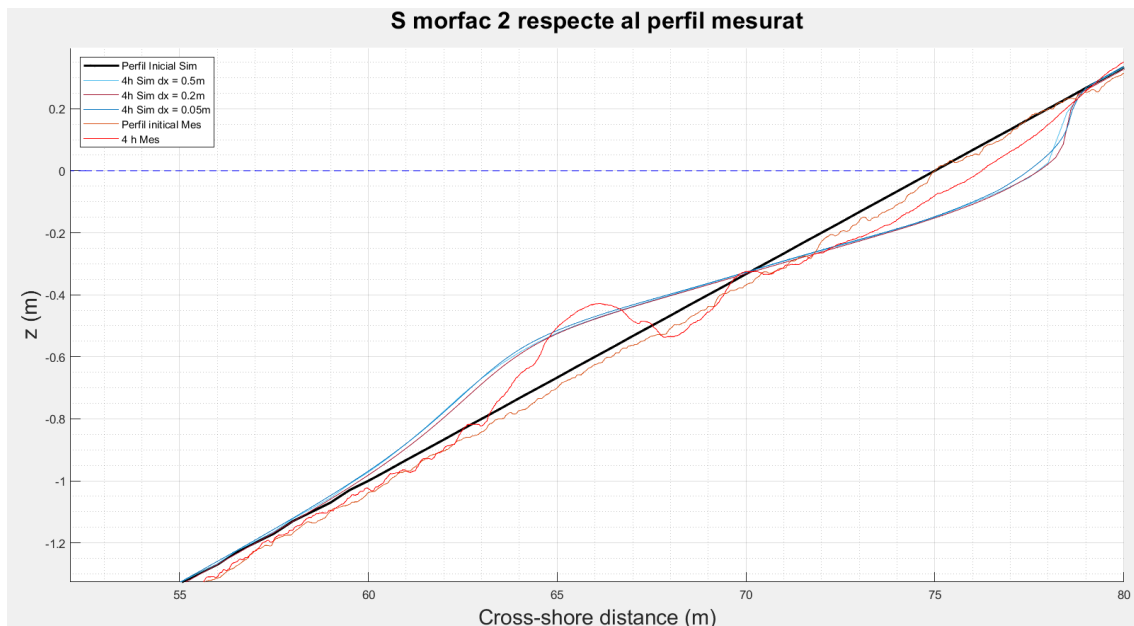


**Figura 50** Superposició de l'últim instant de temps registrat durant l'evolució morfològica en la simulació *S\_morfac2* (en els dominis 0.5m, 0.2m i 0.05m) respecte al perfil mesurat.

Tal i com s'ha analitzat en les simulacions obtingudes amb diferents característiques que les defineixen, es pot arribar a la conclusió que establint una velocitat x2 en els canvis morfològics que es realitzen en el perfil ens permet obtenir els mateixos resultats. Aquest gràfic, també permet comparar-lo amb el perfil mesurat que es vol assolir, observant la "formació de la barra" que es defineix respecte a la mesurada

Per tant, per a les següents simulacions amb modificacions en la sèrie temporal afegida o nous models incorporats en el programa es realitzaran respecte a la *S\_morfac2*.

Tot seguit, s'observarà l'últim instant de temps registrat durant l'evolució morfològica de la *S\_morfac2* que es tindrà en compte en posteriors models.



**Figura 51** Ampliació de la superposició de l'últim instant de temps registrat durant l'evolució morfològica en la simulació *S\_morfac2* (en els dominis 0.5m, 0.2m i 0.05m) respecte al perfil mesurat.

En la secció del perfil que va de 60-70 m que s'exposa en la *Figura 40*, es pot identificar una petita barra on tots els processos morfològics dels respectius dominis s'assemblen amb petites variacions en el domini  $dx = 0.2m$ , que es detecta una mica més erosionat que la resta. Entre 70-80 m, es veu el perfil erosionat en la zona emergida/submergida en el *swash zone*, encara que en la zona emergida s'identifiquen variacions respecte als diferents dominis.

Convé ressaltar que la durada de la simulació en hores està molt diferenciada en funció del domini, ja que es té en compte la velocitat de propagació en la malla i s'han de realitzar més càlculs en una malla amb més punts. Però, la *S\_morfac2* representa a la perfecció el que es busca al realitzar diferents experiments, es redueix el temps de simulació i s'obtenen els mateixos resultats que en la *S\_morfac1*.

## 5.2. CAS D'ESTUDI 1

Respecte el perfil mesurat en el CIEM referenciat en l'article de Mancini et al. 2020 "*Numerical modelling of intra-wave sediment transport on sandy beaches using a non-hydrostatic, wave-resolving model*", al estar sotmès a una sèrie d'onades que sempre trenca en el mateix punt durant 1h. Ràpidament es forma la barra i migra direcció *offshore* per els processos erosius que provoquen la sèrie temporal erosiva *CoSSedM*. Aquests resultats no s'obtenen al aplicar la sèrie

en el perfil inicial que s'analitza en la *Figura 37 i 38*, on en el cas de BE1\_2 s'erosiona molt més que BE4\_2. Però curiosament al realitzar la simulació a partir del perfil de 2h, a part de en ambdós establir més o menys la formació de la barra, en BE4\_2 s'erosiona més que en BE1\_2 (*Figura 39 i 40*).

Comparant aquests resultats amb els obtinguts en l'article *Figures 19b i 20b* no s'obté els mateixos resultats, ja que en BE1\_2 s'erosiona molt més que BE4\_2 quan al simular-lo nosaltres observem el contrari. A part, en l'article tampoc s'assoleix la formació de la barra.

En canvi, les alçades d'ona mesurades en el perfil de BE4\_2 es desvien molt menys que en BE1\_2, en la *Taula 17* podem veure els resultats obtinguts respecte a les alçades mesurades en el perfil.

BASE DE DADES CoSSedM					
BE1_2			BE4_2		
<b>X<sub>1</sub> = 28.48m</b>	<b>H<sub>s_mes</sub> = 0.48m</b>	H <sub>s_sim</sub> = 0.62m	<b>X<sub>1</sub> = 28.48m</b>	<b>H<sub>s_mes</sub> = 0.59m</b>	H <sub>s_sim</sub> = 0.60m
<b>X<sub>2</sub> = 30.5m</b>	<b>H<sub>s_mes</sub> = 0.54m</b>	H <sub>s_sim</sub> = 0.59m	<b>X<sub>2</sub> = 30.5m</b>	<b>H<sub>s_mes</sub> = 0.53m</b>	H <sub>s_sim</sub> = 0.58m
<b>X<sub>3</sub> = 44.54m</b>	<b>H<sub>s_mes</sub> = 0.6m</b>	H <sub>s_sim</sub> = 0.60.m	<b>X<sub>3</sub> = 44.54m</b>	<b>H<sub>s_mes</sub> = 0.59m</b>	H <sub>s_sim</sub> = 0.59m
<b>X<sub>4</sub> = 47.54m</b>	<b>H<sub>s_mes</sub> = 0.57m</b>	H <sub>s_sim</sub> = 0.59m	<b>X<sub>4</sub> = 47.54m</b>	<b>H<sub>s_mes</sub> = 0.56m</b>	H <sub>s_sim</sub> = 0.61m
<b>X<sub>5</sub> = 50.6m</b>	<b>H<sub>s_mes</sub> = 0.56m</b>	H <sub>s_sim</sub> = 0.58m	<b>X<sub>5</sub> = 50.6m</b>	<b>H<sub>s_mes</sub> = 0.56m</b>	H <sub>s_sim</sub> = 0.59m
<b>X<sub>6</sub> = 53.6m</b>	<b>H<sub>s_mes</sub> = 0.57m</b>	H <sub>s_sim</sub> = 0.59m	<b>X<sub>6</sub> = 53.6m</b>	<b>H<sub>s_mes</sub> = 0.56m</b>	H <sub>s_sim</sub> = 0.62m
<b>X<sub>7</sub> = 56.6m</b>	<b>H<sub>s_mes</sub> = 0.55m</b>	H <sub>s_sim</sub> = 0.61m	<b>X<sub>7</sub> = 56.6m</b>	<b>H<sub>s_mes</sub> = 0.60m</b>	H <sub>s_sim</sub> = 0.62m
<b>X<sub>8</sub> = 62.6m</b>	<b>H<sub>s_mes</sub> = 0.64m</b>	H <sub>s_sim</sub> = 0.67m	<b>X<sub>8</sub> = 62.6m</b>	<b>H<sub>s_mes</sub> = 0.64m</b>	H <sub>s_sim</sub> = 0.61m
<b>X<sub>9</sub> = 65.6m</b>	<b>H<sub>s_mes</sub> = 0.58m</b>	H <sub>s_sim</sub> = 0.69m	<b>X<sub>9</sub> = 65.6m</b>	<b>H<sub>s_mes</sub> = 0.57m</b>	H <sub>s_sim</sub> = 0.57m
<b>X<sub>10</sub> = 73.4m</b>	<b>H<sub>s_mes</sub> = 0.24m</b>	H <sub>s_sim</sub> = 0.36m	<b>X<sub>10</sub> = 73.4m</b>	<b>H<sub>s_mes</sub> = 0.23m</b>	H <sub>s_sim</sub> = 0.31m
<b>X<sub>11</sub> = 74.24m</b>	<b>H<sub>s_mes</sub> = 0.28m</b>	H <sub>s_sim</sub> = 0.41m	<b>X<sub>11</sub> = 74.24m</b>	<b>H<sub>s_mes</sub> = 0.22m</b>	H <sub>s_sim</sub> = 0.32m

**Taula 17** Taula amb l'alçada d'ona dels punts de referència i simulats en determinats punts en el perfil tenint en compte la sèrie temporal de la base de dades CoSSedM.

Encara que nosaltres hem estudiat menys punts que en l'article, es pot realitzar una petita comparació.

- **BE1\_2:** Observant la *Figura 19a i 40*, veiem que en la zona inicial del perfil hi ha desviacions i els errors del model numèric coincideixen també en el punt de trencament on es desvia. Quan es dissipa la onada al trencar, en la nostra recreació s'observen més errors que el realitzat en l'article, on després de la desviació en el punt de trencament millora una mica i no varia tant al dissipar-se la onada. En el nostre cas s' acumula la desviació des de el punt de trencament.

- **BE4\_2:** Observant la *Figura 20a i 41*, veiem que hi ha petites variacions de les alçades simulades respecte la zona inicial en l'article, en canvi en el recreat per nosaltres hi ha més punts desviats. Es recrea tot bé fins la zona trencament, després hi ha desviacions més sobtades al trencar i dissipar-se la onada.

### 5.3. CAS D'ESTUDI 2

Implementant el mode *no hidroestàtic* en el model s'observen millores en el model respecte al perfil mesurat amb la sèrie temporal WISE.

Tenint en compte l'evolució del perfil amb *surfbeat* i el *no hidroestàtic*, encara que en cap dels dos s'assoleix la formació d'una barra, l'erosió generada en el *no hidroestàtic* es menys erosiva. Per tant s'observa una evolució morfològica més precisa en el model *no hidroestàtic*.

Tenint en compte les dues sèries temporals (erosives/acretives), els resultats de l'evolució del perfil sotmès a la sèrie temporal acretiva dona millors resultats que l'erosiva. Això es deu a que observant les *Figures 47 i 49*, es veu com la barra del Ac\_1 queda molt menys erosionada que en la sèrie erosiva i es manté la forma. Encara que l'acretiu no defineix una migració *onshore* de la barra, com a mínim evita que sota onatges erosius la barra es reduïxi tendint a generar un transport *onshore*. Comparant els perfils obtinguts amb els perfils mesurats (*Figures 22 i 23*) que presenten una perfecta formació de barres deguda a sèries erosives que migren progressivament en sentit *offshore* mentre que hi ha un transport *onshore* sota condicions acretives, els resultat del model numèric són molt més difusos. *En cap cas, ni en el nostre estudi ni en anteriors (Mancini et al. 2020 o Elsayed et al. 2022), el model Xbeach es capaç de generar una barra deguda al trencament de l'onatge. En el nostre cas hem estat capaços d'observar que la barra tampoc es capaç de simular el procés acretiu mesurat.*

Respecte a les alçades d'ona obtingudes, tal i com es pot veure en la *Taula 16 i 17*, s'observen les alçades d'ona registrades mesurades amb el conjunt de sensors distribuïts respecte al mesurat de les sèries erosives i acretives respectivament.

BASE DE DADES WISE - EROSIU		DADES MESURADES
		<i>XBEACH</i>
$X_4 = 4.5\text{m}$	$H_s = 0.4493\text{m}$	$H_{rms} = 0.4842\text{m}$
$X_5 = 18.5\text{m}$	$H_s = 0.4821\text{m}$	$H_{rms} = 0.4842\text{m}$
$X_6 = 21.5\text{m}$	$H_s = 0.4803\text{m}$	$H_{rms} = 0.4842\text{m}$
$X_7 = 24.5\text{m}$	$H_{rms} = 0.4825\text{m}$	$H_{rms} = 0.4842\text{m}$
$X_8 = 27.5\text{m}$	$H_{rms} = 0.4879\text{m}$	$H_{rms} = 0.4808\text{m}$
$X_9 = 30.5\text{m}$	$H_{rms} = 0.4187\text{m}$	$H_{rms} = 0.4700\text{m}$
$X_{10} = 33.5\text{m}$	$H_{rms} = 0.4614\text{m}$	$H_{rms} = 0.4663\text{m}$
$X_{11} = 36.5\text{m}$	$H_{rms} = 0.4606\text{m}$	$H_{rms} = 0.46972\text{m}$
$X_7 = 38.1\text{m}$	$H_{rms} = 0.4275\text{m}$	$H_{rms} = 0.4687\text{m}$
$X_6 = 40.1\text{m}$	$H_{rms} = 0.404\text{m}$	$H_{rms} = 0.4639\text{m}$
$X_5 = 47.4\text{m}$	$H_{rms} = 0.2047\text{m}$	$H_{rms} = 0.4694\text{m}$
$X_3 = 48.3\text{m}$	$H_{rms} = 0.1845\text{m}$	$H_{rms} = 0.4694\text{m}$
$X_1 = 49.1\text{m}$	$H_{rms} = 0.1944\text{m}$	$H_{rms} = 0.3713\text{m}$
$X_8 = 50.1\text{m}$	$H_{rms} = 0.1566\text{m}$	$H_{rms} = 0.2573\text{m}$

**Taula 18**

Taula amb les alçades d'ona en els diferents instants tant mesurades com simulades respecte a la sèrie temporal erosiva WISE.

BASE DE DADES WISE - ACRETIU		DADES MESURADES
		<i>XBEACH</i>
$X_4 = 30.5\text{m}$	$H_s = 0.30\text{m}$	$H_{rms} = 0.32\text{m}$
$X_5 = 44.5\text{m}$	$H_s = 0.36\text{m}$	$H_{rms} = 0.32\text{m}$
$X_6 = 47.5\text{m}$	$H_s = 0.33\text{m}$	$H_{rms} = 0.32\text{m}$
$X_7 = 50.5\text{m}$	$H_s = 0.33\text{m}$	$H_{rms} = 0.32\text{m}$
$X_8 = 56.6\text{m}$	$H_s = 0.3615\text{m}$	$H_{rms} = 0.32\text{m}$
$X_9 = 59.6\text{m}$	$H_s = 0.2980\text{m}$	$H_{rms} = 0.32\text{m}$
$X_{10} = 62.6\text{m}$	$H_s = 0.4709\text{m}$	$H_{rms} = 0.32\text{m}$
$X_{11} = 64.1\text{m}$	$H_s = 0.3652\text{m}$	$H_{rms} = 0.34\text{m}$
$X_7 = 73.4\text{m}$	$H_s = 0.19\text{m}$	

**Taula 19**

Taula amb les alçades d'ona en els diferents instants tant mesurades com simulades respecte a la sèrie temporal acretiva WISE.

Analitzant la sèrie erosiva, hi ha dos punts previs a la zona de trencament que viren una mica i adverteixen d'una predicció poc precisa. Aquest son el  $x_6$  i  $x_7$ , observant-se molt desviats. Aquest error s'acumula en la zona de *swash*, on les onades es dissipen i trenquen suaument, tal i com

s'identifica en els resultats mesurats. Però els sensors no simulen el trencament de la onada de manera suau i progressiu, sinó que el trencament es brusca i directe, disminuint l'alçada sobtadament.

Amb la sèrie temporal acretiva observem exactament el mateix, els sensors detecten punts amb desviacions simulades respecte a les mesures. En el punt  $x_7$  localitzat en la zona de trencament, l'alçada simulada no vira respecte a la mesurada, segurament s'adapta millor que en els casos erosius ja que el punt de partida es una barra formada a les 4h de sotmetre's a sèries erosives. Després de trencar-se la onada (zona de *swash*) els resultats simulats es desvien molt respecte a la mesurada.

## 6. CONCLUSIONS

Aquest projecte ens ha permès entendre com funciona el model numèric *XBeach*, amb l'objectiu d'estudiar la formació de barres en un perfil costaner.

El model inicial utilitzat per investigar les possibilitats de *XBeach* és l'*hidroestàtic* o *surfbeat*, on vam estudiar la formació de barres en una pendent totalment lineal amb un onatge aleatori.

Es van obtenir dos seccions en el perfil, la primera era la suau formació de la barra i l'altre una gran vall erosionada. Aquest perfil no simula la realitat ja que s'hauria d'haver creat una gran barra per posteriorment trobar-se amb una vall erosionada per la formació d'aquesta. Per tant, aquest model es queda curt al representar la formació d'una barra en condicions erosives, i tot i que la propagació de l'onatge es pugui comparar amb les dades mesurades durant els experiments de WISE, l'objectiu d'assolir aquesta geometria queda totalment limitat per el model emprat.

La feina realitzada ha servit per entendre com funciona *XBeach* i els paràmetres que ho componen, també per estudiar com vira respecte a diferents dominis i com afecta en el temps de simulació.

El model *no hidroestàtic* és molt més complex, on podem veure com evoluciona el perfil respecte a una sèrie temporal definida per nosaltres. Utilitzant aquest model s'esperava observar la formació de barres i hem vist que no ha sigut possible degut a les limitacions de *XBeach*.

Hem simulat dos casos d'estudi on es confirma la mala evolució morfològica per simular una barra.

En el **cas d'estudi 1**, l'evolució morfològica no assoleix la formació de la barra, però en l'article (Mancini et al., 2020) tampoc s'obté aquesta forma. Per tant, ens permet arribar a la conclusió de que es molt difícil simular aquestes formacions i el model es incapaç de recrear-les. Però, s'ha de mencionar que el model es capaç de recrear les barres només quan el perfil del qual parteix conté una barra definida en la batimetria. La sèrie erosiva utilitzada en aquestes simulacions amb la base de dades CoSSedM, a permès simular de forma acurada l'alçada d'ona en diferents instants del perfil. S'han obtingut molt bons resultats de la simulació de les onades, sobretot en el gràfic recreat de BE4\_2, veient que s'adapten els resultats de l'article respecte als obtinguts en la simulació.

En el **cas d'estudi 2**, l'evolució morfològica no assoleix la formació de la barra tot i tenir un clar desenvolupament d'aquesta en el conjunt experimental que s'ha fet servir com a referència (Cáceres et al., 2020). Mentre que les dades experimental mostren una clara formació de la barra en condicions erosives i la seva posterior migració d'aquesta aigües endins a mida que es mantenen les condicions erosives, la simulació per mitjà de Xbeach no ha estat capaç de simular la formació de la barra inicial, ni la posterior migració d'aquesta una vegada s'han fet servir com a perfil inicial la barra ja formada després de 2 hores d'onatge. Respecte a les alçades d'ona simulades, el model simula de forma correcta la propagació de l'onatge fins al punt de trencament però limita aquesta a una franja molt estreta prop de la costa, i la zona de surf modelada es molt menor que el mesurada experimentalment.

El comportament del modelat numèric sota condicions acretives s'apropa més a la realitat, però es bàsicament per la falta de transport que presenta el model i el menor transport que presenten les dades experimentals en ser condicions molt menys energètiques. Es pot veure com partint d'una forma de barra, aquesta s'erosiona en la predicció de la evolució (queda fixa en la seva posició inicial amb una tendència a aplanar-se), quan tindria que migrar *onshore*. Les alçades d'ona modelades s'apropen durant l'evolució del perfil a les dades mesurades, encara que segueixen divergint en el punt de trencament (de forma menys important que en el cas erosiu).



Finalment, es pot concloure en aquest projecte que el model *XBeach* no es capaç de simular correctament la formació de barres, s'han realitzat múltiples test per observar aquesta formació però no s'han obtingut els resultats esperats. Encara que l'objectiu inicial no s'ha assolit, s'observen molt bons resultats en la predicció de la propagació de l'onatge en el perfil, sobretot en el cas 2 que les simulacions s'apropen a l'estudi realitzat (Mancini et al., 2020).

## 7. REFERÈNCIES

Airy, G. B. (1841). "Tides and waves". In Hugh James Rose; et al. (eds.). *Encyclopædia Metropolitana. Mixed Sciences. Vol. 3 (published 1817–1845)*. Also: "Trigonometry, On the Figure of the Earth, Tides and Waves", 396 pp.

Alsina, J.M., Padilla, E.M., Cáceres, I., 2016. Sediment transport and beach profile evolution induced by bi-chromatic wave groups with different group periods. *Coastal Engineering* 114, 325–340

Alsina. (2021). *ANÁLISIS DEL "PROYECTO DE ACTUACIONES DE DESMANTELAMIENTO DE INFRAESTRUCTURAS DE LA C.T.FOIX UBICADAS EN LAS ZONAS DE DPMT Y SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN."* 1–23.

Bagnold, R. A. (1956). The Flow of Cohesionless Grains in Fluids. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 249(964): 235-297. <https://doi.org/10.1098/rsta.1956.0020>

Battjes, J.A. (1974), «Surf similarity», *Proceedings 14th International Conference on Coastal Engineering*, pp. 466-480, doi:10.9753/icce.v14

Baldock, T. E., D. A. Huntley, P. A. D. Bird, T. O'Hare and G. N. Bullock (2000). Breakpoint

generated surf beat induced by bichromatic wave groups. *Coastal Engineering* 39(2-4): 213-242. doi: 10.1016/S0378-3839(99)00061-7.

Cáceres, I., & Alsina, J. M. (2012). A detailed, event-by-event analysis of suspended sediment concentration in the swash zone. *Continental Shelf Research*, 41, 61–76. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2012.04.004>

Elsayed, S. M., Gijsman, R., Schlurmann, T., & Goseberg, N. (2022). Nonhydrostatic Numerical Modeling of Fixed and Mobile Barred Beaches: Limitations of Depth-Averaged Wave Resolving Models around Sandbars. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, 148(1). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)ww.1943-5460.0000685](https://doi.org/10.1061/(asce)ww.1943-5460.0000685)

Fedderson, F., Trowbridge, J. H., & Williams, I. J. (2007). Vertical structure of dissipation in the nearshore. *Journal of Physical Oceanography*, 37(7), 1764–1777. <https://doi.org/10.1175/JPO3098.1>

Hughes, M. G. and A. S. Moseley (2007). Hydrokinematic regions within the swash zone. *Continental Shelf Research* 27(15): 2000–2013. doi: 10.1016/j.csr.2007.04.005.

Kees, C. M. (, & Nederhoff,). (n.d.). *Modeling the effects of hard structures on dune erosion and overwash Hindcasting the impact of Hurricane Sandy on New Jersey with XBeach*. <http://repository.tudelft.nl/>

Klaver, S., Nederhoff, C. M., Giardino, A., Tissier, M. F. S., van Dongeren, A. R., & van der Spek, A. J. F. (2019). Impact of Coral Reef Mining Pits on Nearshore Hydrodynamics and Wave Runup During Extreme Wave Events. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124(4), 2824–2841. <https://doi.org/10.1029/2018JC014165>

Krumbein, W. and Sloss, L. (1963) *Stratigraphy and Sedimentation*. W.h. Freeman and Co., San Francisco, 660 p. - References - Scientific Research Publishing." n.d. Scirp.org. Accessed June 27, 2023. [https://www.scirp.org/\(S\(vtj3fa45qm1ean45vffcz55\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2157742](https://www.scirp.org/(S(vtj3fa45qm1ean45vffcz55))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2157742).

Lashley, C. H., Roelvink, D., van Dongeren, A., Buckley, M. L., & Lowe, R. J. (2018). Nonhydrostatic and surfbeat model predictions of extreme wave run-up in fringing reef environments. *Coastal Engineering*, 137, 11–27.

<https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2018.03.007>

Mancini, G., Briganti, R., Ruffini, G., McCall, R., Dodd, N., & Zhu, F. (n.d.). ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF DIFFERENT SEDIMENT TRANSPORT FORMULATIONS IN NON-HYDROSTATIC XBEACH.

Mancini, G., Briganti, R., McCall, R., Dodd, N., & Zhu, F. (2021). Numerical modelling of intra-wave sediment transport on sandy beaches using a non-hydrostatic, wave-resolving model. *Ocean Dynamics*, 71(1), 1–20. <https://doi.org/10.1007/s10236-020-01416-x>

Masselink, G., Poate, T., McCall, R., & van Geer, P. (2014). Modelling storm response on gravel beaches using XBeach-G. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Maritime Engineering*, 167(4), 173–191.

<https://doi.org/10.1680/MAEN.14.00020/ASSET/IMAGES/SMALL/MAEN167-173-F10.GIF>

McCall, R. T., Masselink, G., Poate, T. G., Roelvink, J. A., & Almeida, L. P. (2015). Modelling the morphodynamics of gravel beaches during storms with XBeach-G. *Coastal Engineering*, 103, 52–66. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2015.06.002>

Nielsen, P. (1992). Coastal Bottom Boundary Layers and Sediment Transport. Singapore, World Scientific.

Pellón, E., Aniel-Quiroga, I., González, M., Medina, R., & Vidal, C. (2023). Working with nature to enhance beach accretion: Laboratory experiments of beach ploughing. *Coastal Engineering*, 180. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2022.104267>

Roelvink, D., Reniers, A., van Dongeren, A., van Thiel De Vries, J., Lescinski, J., & Report, R. M. (1200). *XBeach Model Description and Manual version 6 XBeach Model Description and Manual*.

Roelvink, D., McCall, R., Mehvar, S., Nederhoff, K., & Dastgheib, A. (2018). Improving predictions of swash dynamics in XBeach: The role of groupiness and incident-band runup. *Coastal Engineering*, 134, 103–123.

<https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2017.07.004>

Ruffini, G., Briganti, R., Alsina, J. M., Brocchini, M., Dodd, N., & McCall, R. (2020). Numerical Modeling of Flow and Bed Evolution of Bichromatic Wave Groups on an Intermediate Beach Using Nonhydrostatic XBeach. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, 146(1). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)ww.1943-5460.0000530](https://doi.org/10.1061/(asce)ww.1943-5460.0000530)

Rutten, J., Torres-Freyermuth, A., & Puleo, J. A. (2021). Uncertainty in runup predictions on natural beaches using XBeach nonhydrostatic. *Coastal Engineering*, 166. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2021.103869>

Sanchez-Arcilla, A., & Caceres, I. (2018). An analysis of nearshore profile and bar development under large scale erosive and accretive waves. *Journal of Hydraulic Research*, 56(2), 231–244. <https://doi.org/10.1080/00221686.2017.1315748>

Smallegan, S. M., Irish, J. L., van Dongeren, A. R., & den Bieman, J. P. (2016). Morphological response of a sandy barrier island with a buried seawall during Hurricane Sandy. *Coastal Engineering*, 110, 102–110.

<https://doi.org/10.1016/J.COASTALENG.2016.01.005>

Smit, P., Janssen, T., Holthuijsen, L., & Smith, J. (2014). Non-hydrostatic modeling of surf zone wave dynamics. *Coastal Engineering*, 83, 36–48.

<https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2013.09.005>

Stelling, G. S., Roelvink, D. J., & van Thiel de Vries, J. (2010). *XBeach: Non-hydrostatic model: Validation, verification and model description CASCaDE View project Sustainable development of North Sea and Coast View project Pieter Smit Sofar Ocean Technologies*. <https://www.researchgate.net/publication/257305594>

Ting, F. C. K. and J. T. Kirby (1994). Observation of Undertow and Turbulence in a Laboratory Surf Zone. *Coastal Engineering* 24(1-2): 51-80. doi: 10.1016/0378-3839(94)90026-4.

Thesis, M., & Jongedijk, C. E. (n.d.). *Improving XBeach non-hydrostatic model predictions of the swash morphodynamics of intermediate-reflective beaches.*

<http://queenslandcoast.blogspot.com>

van der Werf, J. J., J. S. Doucette, T. O'Donoghue and J. S. Ribberink (2007). Detailed measurements of velocities and suspended sand concentrations over full-scale ripples in regular oscillatory flow. *Journal of Geophysical Research* 112(F2). doi: 10.1029/2006jf000614.

van der Zanden, J., D. A. van der A, D. Hurther, I. Cáceres, T. O'Donoghue and J. S. Ribberink (2016). Near-bed hydrodynamics and turbulence below a large-scale plunging breaking wave over a mobile barred bed profile. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 121(8): 6482-6506. doi: 10.1002/2016jc011909.

van Rijn, L. C. (n.d.). *COASTAL SEDIMENT DYNAMICS*. [www.leovanrijn-sediment.com](http://www.leovanrijn-sediment.com)

Vousdoukas, M. I., Almeida, L. P., & Ferreira, Ó. (2011). *Modelling storm-induced beach morphological change in a meso-tidal, reflective beach* (Vol. 64).

van der Zanden, J. (2016). *Sand transport processes in the surf and swash zones*. <https://doi.org/10.3990/1.9789036542456>

van Rijn, L. C. (n.d.). *COASTAL SEDIMENT DYNAMICS*. [www.leovanrijn-sediment.com](http://www.leovanrijn-sediment.com)

Wright, L.D., and Short, A.D. 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis. *Marine Geology* 56 (1-4):93-118.

Zheng, J., Zhang, C., Demirbilek, Z., Asce, F., Lin, L., & Asce, M. (2014). *Numerical Study of Sandbar Migration under Wave-Undertow Interaction*.

[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WW.1943](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WW.1943)

# 1. ANNEX

## 1.1. CONFIGURACIÓ DEL MODE SURFBEAT

```
%% XBeach parameter settings input file
%%
%% date:      30-Dec-2022
%% function:  Jo solet per CIEM
%%
%% Grid parameters
depfile      = bed_0.2.dep
posdwn      = -1
nx          = 450
ny          = 0
alfa        = 0
vardx       = 1
dy          = 5
xfile       = x_0.2.grd
yfile       = y_0.2.grd
xori        = 0
yori        = 0
thetamin    = -90
thetamax    = 90
dtheta      = 10
thetanaut   = 0

%% Initial conditions
zs0         = 0.0000

%% Model time
tstop       = 18000

%% Morphology parameters
morfac      = 1
morstart    = 3600

%% Physical processes
morphology  = 1

%% Bed composition parameters
D50         = 0.000246
D90         = 0.000372

%% Wave boundary condition parameters
wavemodel   = surfbeat
wbctype     = parametric
%instat     = jons
%nmax       = 1
%back       = abs_2d

%% Wave breaking parameters
break       = roelvink2

%% Wave-spectrum boundary condition parameters
bcfile      = jonswap
rt          = 1800
dtbc       = 0.1
```

%%% Output variables %%%

outputformat = netcdf

tintg = 1800  
tintm = 1800

nglobalvar = 3  
zb  
zs  
H

nmeanvar = 3  
H  
zb  
zs

## 1.2. CONFIGURACIÓ DEL MODE NO HIDROESTATIC CAS 1

%%% XBeach parameter settings input file %%%

%%% XBeachX %%%  
%%%

%%% General %%%

%%%

%%% Physical processes %%%

avalanching = 0  
cyclic = 0  
flow = 1  
gwflow = 0  
lwave = 0  
morphology = 1  
single\_dir = 0  
swave = 0  
sedtrans = 1  
setbathy = 0  
ships = 0  
snells = 0  
vegetation = 0  
viscosity = 1

%%% Grid parameters %%%

depfile = bed\_mes\_1.dep  
xfile = x\_mes\_1.grd  
vardx = 1  
nx = 296

ny = 0  
posdwn = -1  
thetamin = -90  
thetamax = 90  
dtheta = 20  
thetanaut = 0  
xori = 0  
alfa = 0

%%% Model time %%%

CFL = 0.700000

%%% Physical constants %%%

g = 9.810000  
rho = 1025.000  
depthscale = 5

%%% Boundary Conditions %%%

%%% Wave boundary condition parameters %%%

wavemodel = nonh  
wbctype = ts\_nonh  
bcfile = boun\_U.bcf  
Tlong = 15.4  
taper = 100.000  
lateralwave = neumann

%%% Flow boundary condition parameters %%%

front = nonh\_1d  
back = abs\_1d  
left = wall  
right = wall  
ARC = 1  
order = 2

%%% Tide boundary conditions %%%

%%% Physics %%%

%%% Wave breaking parameters %%%

%All default values are used, note that gamma and n are actually calibrated for  
break = roelvink2  
gamma = 0.550000



alpha = 1.000000  
n = 10  
gammax = 2

%values above are by default

%% Roller parameters %%%  
%All default values are used

roller = 1  
beta = 0.100000  
rfb = 0

%% Wave-current interaction parameters%%  
%All default values are used

%% Flow parameters %%%

bedfriction = manning  
bedfriccoef = 0.018

smag = 1

%% Wind parameters %%%  
%All default values are used

rhoa = 1.250000  
Cd = 0.002000

%% Sediment transport parameters !!!!!!!!!!!!!!!  
%%

sus = 1  
sourcesink = 1  
facDc = 1  
form = pritchard\_hogg\_mpm\_gm  
waveform = nonh  
z0 = 0.006  
facua = 0.100000  
Tsmmin = 0.500  
cmax = 0.4  
fallvelred = 0  
bdslpeffmag = roelvink\_total  
bdslpeffini = total

%% pritchard\_hogg\_MPM %%%  
%taubcr = 0  
me\_ph = 0.01  
n\_ph = 1.5

lengthref= 0.39  
taub\_ref =17.1

%% Bed composition parameters %%

por = 0.36  
D50 = 0.000246  
D90 = 0.000372  
rhos = 2650.000

%% Morphological Updating and Avalanching  
%%%

morfac = 1  
morfacopt = 1  
morstart = 0  
wetslp = 0.300  
dryslp = 1

%% Nonhydrostatic %%

nhbreaker = 1  
maxbrsteep = 0.4  
%breakviscslen = 1.0000 %by default  
%breakviscfac = 1.5 %by default  
nonhq3d = 0  
nodynamiccorrection=0  
secorder = 1

%%%  
%% Outputs %%  
%%%

outputformat = fortran

%% Time Management %%

tstart = 0  
tintg = 0.1  
%tintm = 60  
tintp = 0.025  
tstop = 1840.19

%% Output variables %%

%% Output variables %%

npoints = 11  
28.48 0 point001  
30.4 0 point002  
44.54 0 point003

```
47.54 0 point004
50.5 0 point005
53.6 0 point006
56.6 0 point007
62.6 0 point008
65.6 0 point009
73.4 0 point010
74.24 0 point011
```

```
nglobalvar = 13
zs
zb
ue
Susg
Subg
ceqbg
ceqsg
ccg
cctot
hh
w
KC_nb
taub_tot
```

```
npointvar = 7
hh
ue
zs
zb
H
Sutot
cctot
```

```
%% Numerics
```

```
%% Wave numerics parameters
```

```
scheme =upwind_2
```

```
%% Flow numerics parameters
```

```
%eps = 0.005
%default with depthscale=1
%eps_sd = 0.500000
%umin = 0.0
%hmin = 0.2 %default
```

### 1.3. CONFIGURACIÓ DEL MODE NO HIDROESTATIC CAS 2

```
%% XBeach parameter settings input file
%% XBeachX

%% General
%% Physical processes

avalanching = 0
cyclic      = 0
flow       = 1
gwflow     = 0
lwave      = 0
morphology = 1
single_dir = 0
swave      = 0
sedtrans   = 1
setbathy   = 0
ships      = 0
snells     = 0
vegetation = 0
viscosity  = 1

%% Grid parameters
depfile     = bed_mes_1.dep
xfile       = x_mes_1.grd
vardx       = 1
nx          = 296
ny          = 0
posdwn      = -1
thetamin    = -90
thetamax    = 90
dtheta      = 20
thetanaut   = 0
xori        = 0
alfa        = 0

%% Model time
CFL          = 0.700000

%% Physical constants
```

g = 9.810000  
rho = 1025.000  
depthscale = 5

%%% Boundary Conditions %%%  
%%%  
%%%

%%% Wave boundary condition parameters %%%

wavemodel = nonh  
wbctype = ts\_nonh  
bcfile = boun\_U.bcf  
taper = 100.000  
lateralwave = neumann

%%% Flow boundary condition parameters %%%

front = nonh\_1d  
back = abs\_1d  
left = wall  
right = wall  
ARC = 1  
order = 2

%%% Tide boundary conditions %%%

%%% Physics %%%  
%%%  
%%%

%%% Wave breaking parameters %%%

%All default values are used, note that gamma and n are actually calibrated for  
break = roelvink2  
gamma = 0.550000  
alpha = 1.000000  
n = 10  
gammax = 2

%values above are by default

%%% Roller parameters %%%

%All default values are used

roller = 1  
beta = 0.1  
rfb = 0

%%% Wave-current interaction parameters %%%

%All default values are used

%% Flow parameters %%%

bedfriction = manning  
bedfriccoef = 0.018

smag = 1

%% Wind parameters %%%

%All default values are used

rhoa = 1.250000  
Cd = 0.002000

%% Sediment transport parameters !!!!!!!!!!!!!!!  
%%

sus = 1  
sourcesink = 1  
facDc = 1  
form = pritchard\_hogg\_mpm\_gm  
waveform = nonh  
z0 = 0.006  
facua = 0.100000  
Tsmi = 0.500  
cmax = 0.4  
fallvelred = 0  
bdslpeffmag = roelvink\_total  
bdslpeffini = total  
taubcr = 0  
me\_ph = 0.01  
n\_ph = 1.5  
lengthref = 0.39  
taub\_ref = 17.1

%% Bed composition parameters %%%

por = 0.36  
D50 = 0.000246  
D90 = 0.000372  
rhos = 2650.000

%% Morphological Updating and Avalanching  
%%

morfac = 1  
morfacopt = 1  
morstart = 0  
wetslp = 0.300  
dryslp = 1

%% Nonhydrostatic %%

nhbreaker = 1  
maxbrsteep = 0.4  
%breakvisc1en = 1.0000 %by default  
%breakviscfac = 1.5 %by default  
nonhq3d = 1  
nodynamiccorrection=0  
secorder = 1

%%%  
%% Outputs %%  
%%%

outputformat = fortran

%% Time Management %%

tstart = 0  
tintg = 0.1  
%tintm = 60  
tintp = 0.025  
tstop = 3273.475

%% Output variables %%

npoints = 14  
4.5 0 point001  
18.5 0 point002  
21.5 0 point003  
24.5 0 point004  
27.5 0 point005  
30.5 0 point006  
33.5 0 point007  
36.5 0 point008  
38.1 0 point009  
40.1 0 point010  
47.4 0 point011  
48.3 0 point012  
75.1 0 point013  
76.1 0 point014

nglobalvar = 13  
zs  
zb  
ue  
Susg  
Subg  
ceqbg  
ceqsg

cgc  
cctot  
hh  
w  
KC\_nb  
taub\_tot

npointvar = 7  
hh  
ue  
zs  
zb  
H  
Sutot  
cctot

%%  
%% Numerics %%%  
%%

%% Wave numerics parameters %%%

scheme =upwind\_2

%% Flow numerics parameters %%%

eps = 0.005  
%default with depthscale=1  
eps\_sd = 0.500000  
umin = 0.0  
hmin = 0.2 %default



