



Escola de Camins

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

PROJECTE O TESIS D'ESPECIALITAT

Títol

Impacte dels ports a la costa catalana

Autor/a

Núria Llauradó Cuesta

Tutor/a

Viçens Gràcia Garcia

Departament

Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental (EHMA)

Intensificació

Enginyeria Marítima

Data

24 de Gener del 2014

Índex

1.	Introducció	10
2.	Material analitzat.....	12
I.	Criteris de definició de l'àrea d'estudi	12
	Introducció. Descripció costa catalana.....	12
	Geologia general.....	14
	Zonificació costa Catalana.....	17
II.	Estudi dels impactes a la costa	19
	Introducció	19
	L'onatge a la costa catalana.....	20
	Dinàmica sedimentaria	20
3.	Mètode empleat.....	24
I.	Càlcul de les zones d'influència.....	24
II.	Càlcul de propagació de l'onatge	25
	Càlcul de direcció d'onatge.....	29
	Càlcul de les distàncies dels elements de protecció	29
III.	Ports analitzats.....	30
	Caracterització dels ports analitzats:.....	33
1)	Port de l'Estartit.....	33
2)	Port de Blanes.....	34
3)	Port d'Arenys de Mar.....	36
4)	Port de Balís	37
5)	Port de Mataró.....	39
6)	Port de Premià de Mar	40
7)	Port del Masnou.....	42
8)	Port de Vilanova i la Geltrú	43
9)	Port de Segur de Calafell	45
10)	Port de Roda de Barà	46
11)	Port de Cambrils	47
12)	Port de l'Hospitalet de l'Infant.....	48
4.	Resultats obtinguts	51

I.	Introducció.....	51
II.	ANÀLISI QUANTITATIU DE CADA PORT	53
1)	Port de l'Estartit.....	54
2)	Port de Blanes.....	58
3)	Port d'Arenys de Mar.....	62
4)	Port de Balís	67
5)	Port de Mataró.....	72
6)	Port de Premià de Mar	78
7)	Port del Masnou.....	84
8)	Port de Vilanova i la Geltrú	90
9)	Port de Segur de Calafell	95
10)	Port de Roda de Barà	99
11)	Port de Cambrils	103
III.	Comparativa entre ports.....	109
5.	Conclusions	112
I.	Introducció.....	112
II.	Resum de resultats.....	113
III.	Conclusions principals.....	113
IV.	Consideracions a tenir presents en futurs estudis	114
6.	Referències.....	116

Índex de figures

<i>Figura 1: Imatge port de Cambirls. [Font: Ports de la Generalitat de Catalunya]</i>	13
<i>Figura 2: Mapa geològic de Catalunya. [Font: Gran Enciclopèdia Catalana]</i>	15
<i>Figura 3: Morfologia de la costa catalana.</i>	16
<i>Figura 4: Port de Llançà, situat en un tram de costa molt abrupte.[Font: Ports de la Generalitat de Catalunya]</i>	17
<i>Figura 5: Exemple de l'acreció de la costa al port de Mataró.[Font: Google Earth]</i>	22
<i>Figura 6: Erosió en la part sud-oest del port de Masnou.[Font: Google Earth]</i>	22
<i>Figura 7: Discretització de la zona d'influència del port de Torredembarra.</i>	25
<i>Figura 8: Punts WANA senyalitzats en punts verds.</i>	27
<i>Figura 9: Codi de la macro creat per tal de realitzar la programació.</i>	29
<i>Figura 10: Representació gràfica en el port de Balís de les distàncies calculades.</i>	30
<i>Figura 11: Port de Palamós. [Font: Ports de la Generalitat de Catalunya]</i>	31
<i>Figura 12: Caracterització del port de Mataró.</i>	32
<i>Figura 13: Caracterització del port de l'Estartit</i>	34
<i>Figura 14: Caracterització del port de Blanes.</i>	35
<i>Figura 15: Caracterització del port d'Arenys de Mar.</i>	37
<i>Figura 16: Caracterització del port de Balís.</i>	38
<i>Figura 17: Caracterització del port de Mataró.</i>	40
<i>Figura 18: Caracterització del port de Premià de Mar.</i>	41
<i>Figura 19: Caracterització del port de Masnou.</i>	43
<i>Figura 20: Caracterització del port de Vilanova i la Geltrú.</i>	44
<i>Figura 21: Caracterització del port de Segur de Calafell.</i>	45
<i>Figura 22: Caracterització del port de Roda de Barà.</i>	47
<i>Figura 23: Caracterització del port de Cambrils.</i>	48
<i>Figura 24: Caracterització del port de l'Hospitalet de l'Infant.</i>	49
<i>Figura 25: Gràfic de freqüència del Port de l'Estartit.</i>	55
<i>Figura 26: Gràfic de quantitat d'energia del Port de l'Estartit.</i>	55
<i>Figura 27: Gràfic de quantitat de flux del Port de l'Estartit.</i>	56
<i>Figura 28: Zona afectada per la dinàmica litoral.</i>	57
<i>Figura 29: Direccions efectives del port de l'Estartit</i>	58
<i>Figura 30: Gràfic de freqüència del Port de Blanes.</i>	59
<i>Figura 31: : Gràfic de quantitat d'energia del Port de Blanes.</i>	60
<i>Figura 32: Gràfic de quantitat de flux del Port de Blanes.</i>	61
<i>Figura 33: Acomulació-erosió de la platja per l'alteració de la dinàmica litoral.</i>	62
<i>Figura 34: Gràfic de freqüència del Port d'Arenys de Mar.</i>	63
<i>Figura 35: Gràfic de quantitat d'energia del Port d'Arenys de Mar.</i>	64
<i>Figura 36: Gràfic de quantitat de flux del Port d'Arenys de Mar.</i>	64

<i>Figura 37: Resultats de l'erosió i acreció de línia de costa del port d'Arenys de Mar.</i>	65
<i>Figura 38: Direccions efectives del port d'Arenys de Mar.</i>	66
<i>Figura 39: Rang d'angles de la zona de protecció.</i>	67
<i>Figura 40: Gràfic de freqüències del port de Balís.</i>	68
<i>Figura 41: Gràfic de quantitat d'energia del port de Balís.</i>	69
<i>Figura 42: Gràfic de quantitat de flux del port de Balís.</i>	70
<i>Figura 43: Resultats de l'erosió i sedimentació del port de Balís.</i>	71
<i>Figura 44: Direccions efectives del port de Balís.</i>	72
<i>Figura 45: Gràfic de freqüències del port de Mataró.</i>	73
<i>Figura 46: Gràfic de quantitat d'energia del port de Mataró.</i>	74
<i>Figura 47: Gràfic de quantitat de flux del port de Mataró.</i>	75
<i>Figura 48: Resultats de l'erosió i sedimentació del port de Mataró.</i>	76
<i>Figura 49: Direccions efectives del port de Mataró.</i>	77
<i>Figura 50: Direccions del mur escullera del port de Mataró.</i>	78
<i>Figura 51: Gràfic de freqüències del port de Premià de Mar.</i>	79
<i>Figura 52: Gràfic de quantitat d'energia del port de Premià de Mar.</i>	80
<i>Figura 53: Gràfic de quantitat de flux del port de Premià de Mar.</i>	81
<i>Figura 54: Resultats erosió-sedimentació del port de Premià de Mar.</i>	82
<i>Figura 55: Direccions efectives del port de Premià de Mar.</i>	83
<i>Figura 56: Rang d'angles de la protecció del port de Premià de Mar.</i>	84
<i>Figura 57: Gràfic de freqüències del port de Masnou.</i>	85
<i>Figura 58: Gràfic de quantitat d'energia al port de Masnou.</i>	86
<i>Figura 59: Gràfic de quantitat de flux del port de Masnou.</i>	87
<i>Figura 60: Resultats d'erosió del port de Masnou.</i>	88
<i>Figura 61: Resultats de la sedimentació a la part est del port de Masnou.</i>	88
<i>Figura 62: Direccions efectives del port de Masnou.</i>	89
<i>Figura 63: Rang d'angles de la protecció del mur escullera dle port de Masnou.</i>	90
<i>Figura 64: Gràfic de freqüències del port de Vilanova i la Geltrú.</i>	91
<i>Figura 65: Gràfic de quantitat d'energia del port de Vilanova i la Geltrú.</i>	92
<i>Figura 66: Gràfic de quantitat de flux del port de Vilanova i la Geltrú.</i>	92
<i>Figura 67: Resultats de l'acumulació de sediments del port de Vilanova i la Geltrú.</i>	94
<i>Figura 68: Direccions efectives del port de Vilanova i la Geltrú.</i>	94
<i>Figura 69: Gràfic de freqüències del port de Segur de Calafell.</i>	96
<i>Figura 70: Gràfic de quantiat d'energia del port de Segur de Calafell.</i>	97
<i>Figura 71: Gràfic de quantiat de flux del port de Segur de Calafell.</i>	97
<i>Figura 72: Resultats d'acumulació de sediments del port de Segur de Calafell.</i>	98
<i>Figura 73: Direccions efectives del port de Segur de Calafell.</i>	99
<i>Figura 74: Gràfic de freqüències del port de Roda de Barà.</i>	100
<i>Figura 75: Gràfic de quantitat d'energia del port de Roda de Barà.</i>	101

<i>Figura 76: Gràfic de quantitat de flux del port de Roda de Barà.</i>	102
<i>Figura 77: Resultats dels trams d'acomulació de sediments del port de Roda de Barà.</i>	102
<i>Figura 78: Direccions efectives del port de Roda de Barà.</i>	103
<i>Figura 79: Gràfic de freqüències del port de Cambrils.</i>	104
<i>Figura 80: Gràfic de quantitat d'energia del port de Cambrils.</i>	105
<i>Figura 81: Gràfic de quantitat de flux del port de Cambrils.</i>	107
<i>Figura 82: Resultats de l'acomulació de sediments en les diferents construccions de protecció del port de Cambrils.</i>	108
<i>Figura 83: Direccions efectives del port de Cambrils.</i>	109
<i>Figura 84: Tendència entre fondària dels ports i la distància a la bocana.</i>	110
<i>Figura 85: Tendència entre la distància dels ports a la costa i el calat.</i>	111
<i>Figura 86: Distàncies projectades a la costa dels ports analitzats, segons les unitats</i>	112

Índex de taules

<i>Taula 1: Taula amb les dades obtingues un cop realitzat els càlculs.</i>	54
<i>Taula 2: Taula amb les dades obtingues un cop realitzat els càlculs.</i>	59
<i>Taula 3: Taula amb les dades obtingues un cop realitzat els càlculs.</i>	62
<i>Taula 4: Taula amb les dades obtingues un cop realitzat els càlculs.</i>	68
<i>Taula 5: Taula amb les dades obtingues un cop realitzat els càlculs.</i>	73
<i>Taula 6: Taula amb les dades obtingues un cop realitzat els càlculs.</i>	79
<i>Taula 7: Taula amb les dades obtingues un cop realitzat els càlculs.</i>	85
<i>Taula 8: Taula amb les dades obtingues un cop realitzat els càlculs.</i>	90
<i>Taula 9: Taula amb les dades obtingues un cop realitzat els càlculs.</i>	95
<i>Taula 10: Taula amb les dades obtingues un cop realitzat els càlculs.</i>	100
<i>Taula 11: Taula amb les dades obtingues un cop realitzat els càlculs.</i>	104
<i>Taula 12: Distàncies de la costa i la bocana dels ports estudiats, junt amb el calat de la bocana.</i>	110

Resum

El ports actuen com a barrera física al transport longitudinal de sediments i generen un punt divergent (i per tant accentuant el procés) aigües avall. En els darrers 15 anys els ports del litoral català han experimentat una ampliació de les seves instal·lacions, amb el que només ha fet que agreujar la situació. L'objectiu de la tesina es avaluar l'impacte de la presència dels ports al litoral català per tal d'establir polítiques de gestió de la costa que minimitzin aquest impacte.

Per tal de realitzar aquest anàlisi s'han utilitzat les dades d'onatge de la xarxa de punts WANA, s'han propagat el registre d'onades fins a la costa catalana i s'ha determinat l'impacte de les ones en el port, en termes d'alçada d'ona i període.

S'ha realitzat un estudi individual per a cada port de la costa catalana d'on s'ha extret l'àrea d'influència de cadascun d'ells i l'afecció que han provocat dins d'aquesta àrea d'influència en termes de freqüència, quantitat d'energia i quantitat de flux.

S'ha concluit que els ports situats en costes obertes, amb línies de costa rectilínies amb orientacions entre 60 i 80 graus respecte el nord, no només actuen com a barrera del transport de sediment transversal, provocant zones d'acumulació de sediments aigües amunt i d'erosió aigües avall, sinó que actuen com barreres de les onades incidents a la costa.

Finalment, a partir dels anàlisis de freqüència i quantitat d'energia i flux es pot extreure que les construccions de protecció realitzades a la costa catalana estan situades en els punts òptims, ja que la majoria estan ubicades on finalitza la l'àrea d'influència del port, on les onades tornen a incidir amb normalitat a la costa, i per tant on realment són necessàries.

Abstract

Ports and marines acts as a physical barrier to the longshore sediment transport and creates a diverging point in which the process accelerates. From the last 15 years the ports of the catalan coast had experimented a huge extension of the ports' facilities and has got even worst.

The purpose of the analysis is to evaluate the impact of the ports along the catalan coast to stabilise the risk management policies to minimize the impact.

To realize this study, swell data record has been used to propagate from deep water points to the mouth of the seawall, and has been analyse the impact of the waves to the port using the significant wave height and the period.

An individual study for each port along the catalan coast has been done where it has result the area of influence of each port and the conditioning of theirs in the same influence area, in terms of frequency, amount of energy and amount of flow.

It has been concluded that in ports situated in an open coast, with coast angles between 60-80° to the north, they not only acts as a barrier of the transport for the sediment longshore transport inducing areas of sediment accumulation upstream, but acting as a wave barrier in which they cannot arrive to the coast.

Finally, as of now the analysis of frequency and amount of energy and flow we can assume that the protections constructed along the coast of the ports are well placed where the influence area ends and the energy is maximum so the waves can enter to the coast in a normal behaviour.

1. Introducció

El litoral Català, tot i la seva curta extensió si es compara amb tota la costa mediterrània Espanyola, presenta una gran diversitat de morfologies. En ell hi trobem des de grans longituds de platges sorrenques fins a grans sortints rocallosos. Tot i aquesta diversitat, es pot dividir tot el litoral Català en tres grans blocs o segments que comparteixen unes característiques comunes: La Costa Daurada, situada a la meitat sud, la costa del Maresme, situada en la zona central de la costa catalana i la Costa Brava, situada en la part Nord.

El litoral català sempre ha patit modificacions al llarg de la història, unes degudes a canvis climàtics i per tant que han perdurat al llarg dels anys i altres degudes a accions concretes, com pot ser un temporal, que han tingut una duració menor. No obstant, en els últims 50 anys s'han apreciat unes modificacions més ràpides i fortes que durant qualsevol altre període de la història: les modificacions degudes a l'acció de l'home. La línia de costa catalana s'ha vist fortament modificada degut al gran nombre d'obres marítimes que s'han realitzat en ella.

Una de les principals causes de la variació de la línia de costa ha estat l'alteració de la dinàmica litoral. La dinàmica litoral està fortament lligada a l'erosió de la costa i, per tant, a la seva morfologia. Aquesta dinàmica es pot veure alterada o bé per la disminució de l'aportació de sediments des del mar o bé per la presència de barreres al transport transversal de sediments. Les actuacions realitzades per posar remei a la situació en un punt determinat de la costa acostumen a acabar modificant la dinàmica en un altre punt, essent un sistema que sempre tendirà a un equilibri natural on el transport de sediment global sigui zero.

És important remarcar que les principals fonts de material sedimentari a la franja litoral, rius i rieres, han patit durant molts anys els efectes de la construcció de preses, endegaments, canalitzacions, etc. així com de l'extracció d'àrids de les seves lleres. Tot aquest conjunt d'intervencions han provocat una reducció dels volums de sediments que transporten els rius i les rieres fins a la costa, reduint per tant la quantitat de sediments aportada a les platges naturals.

Aquesta disminució dels sediments aportants per rius i rieres ha fet que la tendència erosiva en certs punts de la costa es vegi fortament agreujada, provocant la desaparició total de certs trams de platja; trams on les administracions competents es veuen obligades a col·locar obres de defensa (murs escullera o espigons, habitualment) per tal de protegir les infraestructures situades darrera seu. Aquests factors fan que es deixi a poblacions senceres sense ample de platja suficient per què els seus banyistes puguin gaudir de l'època estival o per què els seus passeigs marítimes tinguin una protecció natural i segura davant de l'acció dels temporals.

L'objectiu principal d'aquest treball serà avaluar l'impacte de la presència dels ports i les seves recents ampliacions al litoral català per tal d'establir polítiques de gestió de la costa que minimitzin aquest impacte.

D'aquesta manera, els trams susceptibles a estudi seran aquells que es situïn en les immediacions dels ports, zona anomenada àrea d'influència del ports. Un cop analitzat els resultats del càlcul del onatge dels diferents ports esportius es realitzarà un inventari de les mesures de protecció existents al llarg de la costa.

Per tal de realitzar un estudi de l'onatge en cada tram de la costa es realitzarà la propagació de les dades d'onatge disponibles a alta mar fins a cada port. Les dades d'onatge de les que es disposen cobreixen un període de temps de 16 anys. Aquesta propagació serà una tasca essencial per a la realització de l'estudi d'afecció de la costa ja que ens aportarà informació sobre les direccions, les altures o els períodes de les ones incidents en cada port de la costa catalana.

Abans de realitzar la propagació de l'onatge caldrà caracteritzar cada tram de costa catalana que es vulgui analitzar. Es realitzarà una caracterització de la costa on es tindrà en compte la morfologia de la costa, tant en planta com en alçada. S'estudiarà la morfologia dels trams de costa propers a cada port, així com la morfologia de cada port (longituds dels dics, calats a la bocana, etc.) basant-se en estudis topogràfics realitzats anteriorment.

Un cop realitzada la caracterització de la costa i la propagació de l'onatge de cada port es realitzarà una avaluació de com afecten les ones propagades. Es realitzarà un estudi individual per a cada port de la costa catalana d'on s'extraurà l'àrea d'influència de cadascun d'ells i l'afecció que han provocat dins d'aquesta àrea d'influència en termes de freqüència, quantitat d'energia i quantitat de flux.

Es realitzarà un anàlisi exhaustiu de les dades obtingudes i finalment es presentaran les conclusions obtingudes.

2. Material analitzat

I. Criteris de definició de l'àrea d'estudi

Introducció. Descripció costa catalana.

En aquest capítol es realitza un estudi de definició tant a gran escala com en detall per a conèixer l'entorn a estudiar.

D'acord amb el Pla director urbanístic del sistema costaner (PDUSC, 2004)[1], la zona litoral catalana, entesa com la franja des de la línia de costa fins a 500m endins, representa el 7% de tot el territori de Catalunya, tot i que concentra gairebé la meitat de la població. (Llibre Verd Catalunya, 2010)[2]

Des d'una perspectiva geogràfica, la franja litoral catalana s'estén des del cap de Portbou, a la comarca de l'Alt Empordà, fins a la desembocadura del riu Sènia, al sud, que pertany al final de la comarca del Montsià, seguint una orientació general de NE cap a SW. Això representa una longitud total de costa de 580 km (segons el Pla de ports de Catalunya, 2006)[3], o de 670 km, segons el PDUSC (Plan Director Urbanístico del Sistema Costero, 2004)[1] formant una gran diversitat geomorfològica detallada a continuació:

Començant per la costa Brava, des de Port Bou fins a Roses i des de l'Escala fins a l'Estartit ens trobem front un tram rocós, abrupte i accidentat. Hi predominen les platges encaixades naturalment, amb l'excepció de la badia de Roses on la costa és del tipus deltaic al·luvial sotmesa a una forta pressió dinàmica del litoral deguda principalment als temporals i a l'acció eòlica (Villares, 1999)[4].

Al tram del Maresme i Barcelona, des del delta del riu Tordera fins a punta Ginesta, la costa és poc abrupta i poc retallada i amb una forta pressió sedimentària deguda a les aportacions episòdiques de les torrenteres, donant lloc a platges llargues sense interrupcions.

La costa de Tarragona es presenta com una costa mixta on podem trobar tant platges llargues, com és el cas de Calafell, Cambrils, Salou, com trams encaixats entre petits penya-segats com és el cas de Roda de Barà, Platja Llarga, Torre de la Mora, i fins i tot ambients deltaics, com és el cas del Delta de l'Ebre.

Per altra banda també tenim les platges de Barcelona ciutat, Cambrils, Cunit, Sitges i St. Antoni de Calonge, que es caracteritzen per haver estat configurades antròpicament.



Figura 1: Imatge port de Cambiró. [Font: Ports de la Generalitat de Catalunya]

Comarca	Longitud costa [m]	Longitud platja [m]	Superfície platja [m ³]
Montsià	76.700	6.340	111.025
Baix Ebre	79.440	5.722	158.400
Baix Camp	30.470	22.615	726.260
Tarragonès	44.510	25.860	1.127.555
Baix Penedès	12.880	12.810	490.220
Garraf	28.590	13.500	503.095
Baix Llobregat	19.391	19.081	1.315.140
Barcelonès	19.375	7.520	345.260
Maresme	47.795	39.865	1.556.500
La Selva	28.305	9.460	405.115
Baix Empordà	78.280	22.329	928.495
Alt Empordà	114.830	25.285	1.269.735
TOTAL	580.566	210.387	8.938.980

Taula 1: Longituds de costa, platja i superfície de platja segons la comarca.

Es calcula que, de forma aproximada, les extensions segons el tipus de costa són les següents (Gelonch, 1990)[5]:

- Penya-segats: 208 km
- Costa baixa: 52 km
- Platges: 280 km
- Ports i obres marítimes: 40 km

Geologia general

A grans trets Catalunya presenta un registre geològic complex on es poden distingir dues grans etapes: el cicle hercinià (eres primària, secundària i terciària) i el plegament alpí.

A l'inici de l'era primària Catalunya formava part d'una conca oceànica en la qual es dipositaven materials sedimentaris fins que van experimentar processos de metamorfisme (esquists silurians). Al final d'aquesta era va tenir lloc una fase de plegament (plegament hercinià), que va determinar un període de sedimentació irregular de materials calcaris (devonià) i conglomerats, cosa que va provocar la formació d'àrees emergides, amb relleus amb una orientació NW-SE i on el mar inundava les parts que ara corresponen als Pirineus i el sector meridional del Sistema Mediterrani. L'era secundària i l'inici del terciari es caracteritzen pel fet de ser períodes en què es produeix una acumulació de sediments en ambdues fosses marines, la fossa pirinenca i la fossa mediterrània.

En la segona etapa, coneguda com a plegament alpí, els sediments van experimentar una elevació i van formar els Pirineus i el Sistema Mediterrani, mentre es desenvolupava un procés d'enfonsament del massís de l'Ebre. Les fases de descompressió posteriors van provocar l'enfonsament del massís catalanobalear i l'aparició de les fosses tectòniques del Sistema Mediterrani (Depressió Prelitoral) i els Pirineus (Cerdanya). L'actual Depressió Central va passar per una etapa de mar interior on s'acumulaven els materials al·luvials procedents dels relleus pirinencs i mediterranis. La dessecació progressiva d'aquest mar, juntament amb l'aparició d'alguns fenòmens de vulcanisme (Olot) i l'acció erosiva, van originar la geologia i relleu actuals de Catalunya. (Llibre Verd Catalunya, 2010)[2].

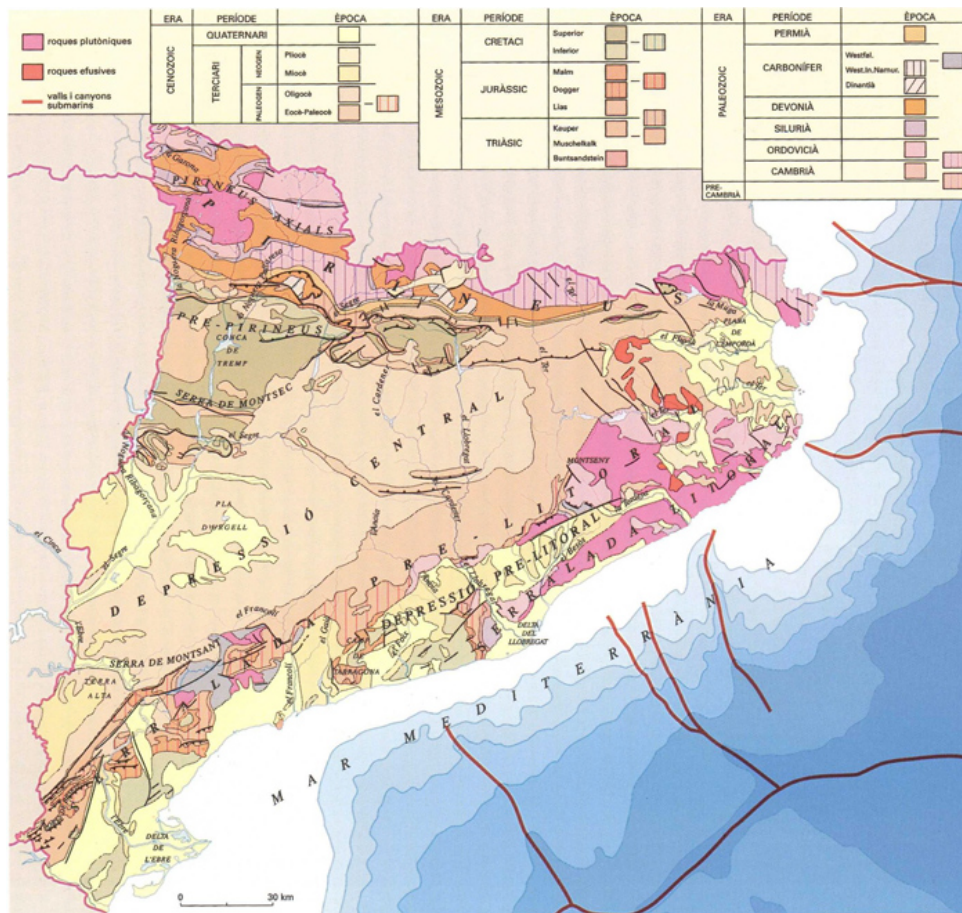


Figura 2: Mapa geològica de Catalunya. [Font: Gran Enciclopèdia Catalana]

La costa de Catalunya pot dividir-se en quatre grans àrees segons les característiques geològiques (Pla de ports de Catalunya, 2006)[3]:

El límit oriental dels Pirineus: constituït per materials paleozoics metamòrfics i granítics, molt resistents a l'erosió. Destaquen les unitats de la península del cap de Creus i la costa des de Llançà fins a Banyuls de la Marenda.

La Depressió de l'Empordà: constituïda per materials al·luvials recents, és una depressió que tendeix a ser reblerta pels aportaments dels rius Muga, Fluvià i Ter. Aquests aportaments esdevenen els trams de costa baixa de tipus deltaic i contribueixen a la formació de maresmes.

El sistema litoral català des del Barcelonès fins al cap de Begur, constituït per la Serralada Litoral, la Depressió del Vallès - Penedès i la Serralada Prelitoral, constituïda per roca calcària a la zona del Garraf, per roca granítica a la zona del Barcelonès i del Maresme i per roca granítica i metamòrfica a la part de la Costa Brava més meridional.

Les estribacions de la Serralada Prelitoral, que incideix a l'alçada del cap de Salou i continua fins a la seva confluència amb el Sistema Ibèric. Està constituïda per materials de tipus calcari.

L'Institut Geològic i Miner d'Espanya defineix el litoral com la zona d'interfície entre el mar i el continent i el divideix en tres zones: la zona supralitoral, situada per sobre del límit superior de l'onatge, que presenta diferents formes (dunes, platges, penya-segats, etc.); la zona interlitoral, on l'onatge té major acció i on es presenta la màxima energia, i la zona infralitoral, la part submergida, que al Mediterrani està situada aproximadament a uns 20 m.

En funció de la seva geomorfologia, la zona supralitoral es classifica en: costes abruptes, costes baixes i deltes, la distribució de les quals al llarg del litoral català es pot veure a la figura 3.

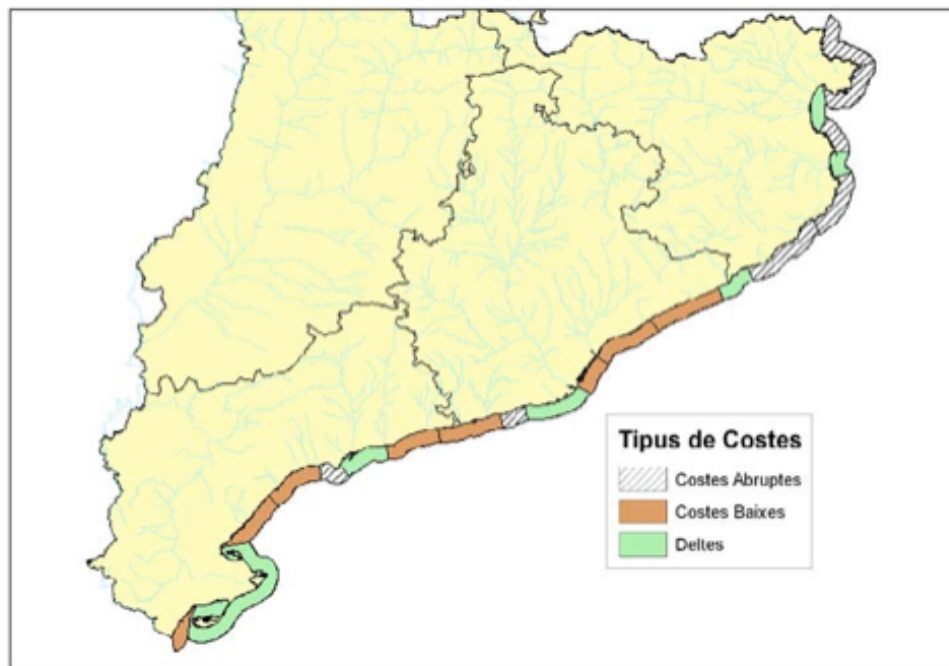


Figura 3: Morfologia de la costa catalana.

Aquest punt serà important en aquest treball degut a que els ports situats en aquestes zones de costes baixes i deltes, seran els seleccionats per l'estudi. Aquells ports situats en costes abruptes i penya-segats no s'estudiaran degut a que la dinàmica litoral i la morfologia de la costa no es veu tant afectada per la construcció del port. Seran les platges formades per material sedimentari aquelles que presentaran un ambient més dinàmic i, per tant, el que presenta més variacions en l'estat físic de la costa.



Figura 4: Port de Llançà, situat en un tram de costa molt abrupte.[Font: Ports de la Generalitat de Catalunya]

Els deltes són importants dipòsits sedimentaris formats a partir dels aportaments d'un riu quan desemboca al mar. Aquests aportaments constitueixen la font principal d'alimentació de materials sòlids a les platges. Les rieres i les rambles del litoral també aporten materials sòlids, encara que les seves dimensions són molt més petites que les dels deltes creats pels rius. (Llibre verd de Catalunya, 2010)[2]

Les costes baixes es caracteritzen pel fet de tenir pendents relativament suaus, sense grans desnivells, i les seves platges es divideixen en platges encaixades i platges obertes. Les platges encaixades s'instal·len a recer dels entrants rocosos del litoral, mentre que les platges obertes són de longitud variable. Es caracteritzen pel fet de tenir una línia de platja en planta poc encorbada i estar associades a les planes deltaïques.

Les costes abruptes poden ser de dos tipus: costes rocoses i costes escarpades. Les costes rocoses es caracteritzen pel fet de ser de pendent inferior a les costes escarpades i d'alçada menor a 20 m. Les costes escarpades, en funció de la seva alçada (més de 20 m), es classifiquen en costes de petits i grans penya-segats.

En aquest darrer tipus de costa escarpada no es troben les platges de grans dimensions. En canvi, són característiques les platges encaixades en entrants d'aigua dels penya-segats. Són les anomenades cales.

Zonificació costa Catalana

Existeixen varies propostes de zonificació de la costa, segons determinats criteris. A continuació es descriuen breument algunes de les zonificacions més relacionades amb els objectius d'aquest treball que com a antecedents que cal saber abans de zonificar la costa.

Per a delimitar les masses d'aigües costaneres per aplicar la Directiva marc de l'aigua a les conques internes de Catalunya realitzada per l'Agència Catalana d'Aigua (ACA, 2006)[6]; la redacció del Pla de ports de Catalunya realitzat pel Departament de Política Territorial i Obres Públiques (DPTOP, 2006)[3] i el Pla especial d'emergències per contaminació accidental de les aigües marines (CAMCAT)[7].

A l'hora de realitzar aquest treball s'ha optat per dividir la costa catalana en trams amb un comportament morfològic diferenciat, és a dir, es tracten de cel·les litorals en la que la major part de la dinàmica sedimentaria es troba delimitada – per exemple, un tram que es troba entre dos ports- o de divisions amb un comportament similar –un conjunt de cales encaixades en zones rocoses o de penya-segats-.

Aprofitant el Pla de ports de Catalunya en un primer nivell es defineixen les unitats bàsiques de la costa catalana en funció de la morfologia litoral i la continuïtat dinàmica. Aquesta divisió es fa tenint en compte l'estudi del Pla de ports del 1983 i 2001 i resulta en una costa catalana dividida en set grans zones:

- A. Costa Brava (Tordera)
- B. Maresme (Besòs)
- C. Barcelona (Llobregat)
- D. Garraf
- E. Vilanova - Tarragona
- F. Tarragona - Cap Roig
- G. Delta de l'Ebre

Una vegada definits aquests grans sectors, com s'ha dit anteriorment, es divideix la costa en trams menors en funció de la seva dinàmica litoral, que són definits per l'existència en els seus límits d'algun element que suposi una discontinuïtat en la dinàmica litoral.

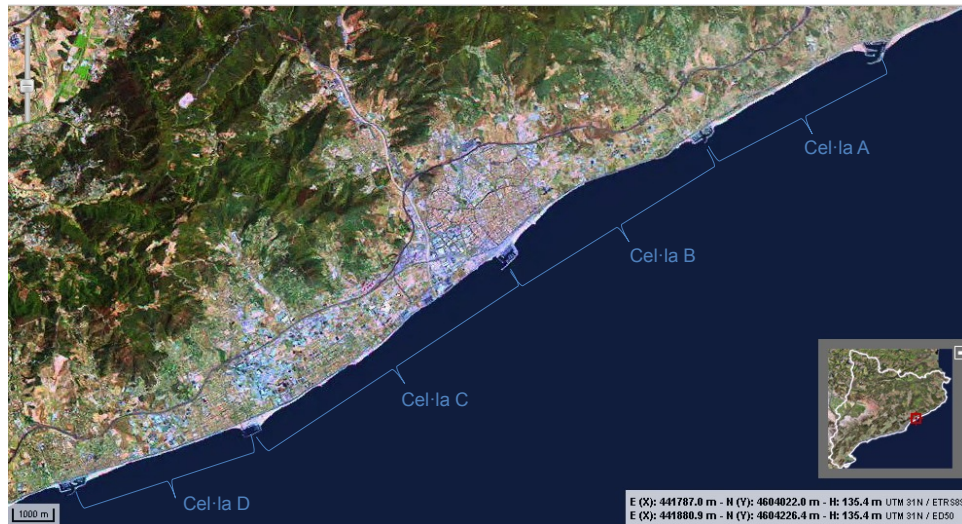
La divisió de la costa catalana està determinat per la identificació de cel·les litorals. Aquestes cel·les es poden definir com a trams de costa independents des del punt de vista de la dinàmica litoral. Aquesta independència de la dinàmica litoral no vol dir que no tinguin connexió amb la costa adjacent, sinó que aquesta connexió es pot fer a partir de condicions de contorn.

Un exemple clar seria un tram de costa delimitat per dos ports esportius en el seu extrem (tram port del Masnou - port de Premià, al Maresme), que, encara que

aquí es consideri com una cel·la costanera independent, té connexions amb la costa a ponent amb el material que pogués sortir cap a ponent i, aigües amunt, amb el material que li pogués arribar per bypass de sediment cap al sud a través del port.

Cal tenir en compte, que en el cas de costes formades per diverses platges o cal·les amb un comportament dinàmic semblant, cadascuna d'elles es podria considerar com a una cel·la global aquest treball s'ha optat per considerar-ho diverses cel·les independents. Doncs l'interès general d'aquest estudi és el comportament de la dinàmica litoral que indueix la construcció del port i per tant, és necessari contemplar aquests casos com a cel·les independents.

Així doncs, d'acord amb aquestes divisions a continuació es defineixen a manera d'exemple els trams seleccionats per la costa de Maresme.



Cel·la A: Des d'aigües avall del Port d'Arenys a aigües amunt del Port de Balis.
Cel·la B: Des d'aigües avall del Port de Balis a aigües amunt del Port de Mataró.
Cel·la C: Des d'aigües avall del Port de Mataró a aigües amunt del Port de Premià de Mar.
Cel·la D: Des d'aigües avall del Port de Premià de Mar a aigües amunt del Port de Masnou.

Originalment s'extenia com un tram continu entre el riu Tordera al nord i fins a la ciutat de Barcelona, al sud. Aquesta estava composta per una costa d'arena gruixuda formada a partir dels aportaments del riu i actualment es troba segmentada en cel·les per la presència de diferents ports que interrompen la dinàmica litoral cap al sud.

II. Estudi dels impactes a la costa

Introducció

La creació de nombroses obres marítimes ha tingut un paper important en l'evolució de la línia de costa. Per comprendre bé els impactes que es produeixen en aquesta interacció port-costa es farà un repàs de la dinàmica costanera al llarg de diversos ports de la costa catalana on es veuran el conjunt de canvis que es

produïxen en la zona de la costa i que poden comportar grans variacions a la morfologia litoral.

Els agents impulsors a efectes de l'impacte a la costa catalana són fonamentalment dos: les ones i el nivell mig del mar. Aquests agents dinàmics fan variar la geomorfologia del litoral i per tant són de gran importància.

Els factors que condicionen i determinen l'amenaça costanera poden ser diversos. Depèn del tipus de terreny que forma el litoral, el material pot ser més o menys susceptible a ser erosionat per la dinàmica marina. També dependrà de la disposició estructural de la línia de costa ja que poden formar-se per diferents estructures com penya-segats, deltes, platges, etc. També dependrà de la estabilitat dels materials acumulats en la plataforma i el talús continental: quan menys cohesionat i més inestable sigui el material més forts seran els processos d'erosió i moviment, mentre que els dipòsits més consolidats aportaran major estabilitat i estaran menys subjectes a modificacions brusques.

L'onatge a la costa catalana

Per entendre bé com funciona la dinàmica litoral serà interessant observar i entendre com funciona el moviment i el constant canvi de la posició de la línia de costa a cada instant.

L'onatge a la costa catalana generalment incideix de manera obliqua, en direcció S-W anomenat de llevant, de manera que el transport net de sediment en aquesta direcció ha ocasionat acreció al nord dels obstacles (obres marítimes) i forta erosió a les platges del sud.

En xocar l'ona en un obstacle pot generar difracció, reflexió o refracció. Quan l'onatge es propaga sobre una platja, aquesta, al tenir poc pendent es dissipa l'energia gradualment quasi bé sense produir-se reflexió. En canvi, al incidir l'ona en un dic per exemple, pràcticament tota l'energia retorna al mar i la reflexió és gairebé completa.

De totes maneres, les obres costaneres construïdes per produir aquests efectes, o per esmorteir l'energia del mateix onatge, pot provocar el trencament de l'onatge i, per tant, la dissipació de la seva energia, la reflexió de l'onatge i, per tant la devolució de l'energia al mar, o una composició dels dos fenòmens anteriors.

Dinàmica sedimentaria

És l'energia d'onatge la que en impactar en la zona de rompent i dissipar-se crea corrents que fomenten el transport de sediments, procés que controla la morfologia de platja.

Existeixen bàsicament dos tipus de transport de sediments importants pel dinamisme de platges: una paral·lela a la línia de costa, que provoca canvis en planta, i l'altre normal a aquesta, variant el perfil. S'anomenen transport transversal (onshore-offshore transport) i transport longitudinal (longshore transport).

El primer està creat per canvis estacionals, variant en el perfil de la línia de costa a curt termini. Aquests són canvis reversibles, que aniran canviant segons l'estació de l'any. En canvi, el transport longitudinal crea variacions en la planta de la costa a mig-llarg termini que són irreversibles (permanents). Aquest transport està generat per la incidència obliqua de l'onatge en el moment de ruptura i pel gradient d'altura de la ona.

Aquests canvis en planta són els que bàsicament es centraran aquest estudi ja que són els canvis que més pateixen les costes sedimentàries. Aquestes variacions són en funció tant de les característiques naturals del transport, com de qualsevol element existent en la costa que pot alterar el mateix i crear erosió o sedimentació.

Totes les actuacions que suposin un obstacle als mitjans de transport sedimentaris o bé eliminin un objecte preexistent són capaços de modificar les vies i les formes del transport de sòlid al litoral. Dins d'un sistema semitancat per dics de recer, el transport de sediments tindrà un caràcter tant d'aportacions com de pèrdues dins de la costa litoral.

Bàsicament existeixen tres tipus d'impacte relacionats al transport longitudinal associats a un obstacle, en aquest cas una obra portuària.

i. Acreció de la línia de costa

El fet de que existeixin estructures rígides al llarg de la costa, bloquegen el camí natural del flux de l'aigua que distribueixen la sorra, alterant el balanç sedimentari natural i desencadenant els processos que tot seguit es detallen.

Aquest primer tipus, es tracta d'una tendència general en la acumulació de sediments a llevant dels ports ja que el corrent troba l'obstacle del dic i fa que hi hagi una retenció de sediments. Sobretot en la franja del Maresme es troben diversos casos on s'observa la acumulació en la part nord-oest del port majoritàriament en forma de paràbola.

Dependrà de la direcció d'incidència de l'onatge i del dic de retenció que es crearà una forma més recta, o bé amb més curvatura. Es parlarà, en aquest cas, de platja en acreció a l'avenç de la línia de riba.



Figura 5: Exemple de l'acreció de la costa al port de Mataró.[Font: Google Earth]

ii. Erosió de la línia de costa

Aigües avall dels ports, on l'acumulació de l'energia de les ones incidents és màxima, el que succeeix és que al xocar la ona amb la costa hi ha un punt on es crea una divergència de l'onatge i per tant crea una erosió en el punt de màxima d'incidència de l'onatge. Un efecte induït que s'observa a partir d'aquesta divergència de corrent és la acumulació a la part sud-oest dels ports, creant una zona de retenció de sediments al que s'anomena la zona d'ombra del port.



Figura 6: Erosió en la part sud-oest del port de Masnou.[Font: Google Earth]

És en aquestes àrees d'incidència de d'onatge on es construeixen obres rígides, com murs escullera o dics paral·lels a la costa, on la seva finalitat recau en atrapar i retenir sorra que es mou amb el corrent longitudinal, així com controlar l'erosió costanera i per tant protegir les obres portuàries. És una manera d'alterar les condicions de la dinàmica natural costera, que fa que no només no hi hagi

erosió en la zona on incideix la màxima acumulació d'energia de l'onatge, sinó que això provoqui un corrent divergent i per tant en alguns casos una petita acumulació de material al trobar-se amb un dic o contradic del port.

iii. Aterrament en la bocana

Aquest tipus d'impacte succeeix principalment a la bocana del port. Es tracta d'una acumulació de sediments en l'interior de la bocana degut a la disminució del gradient d'energia. El material, arrossegat per l'onatge, es dipositarà allà on tingui un gradient d'energia menor. L'ona en xocar contra el dic, la sorra o sediment serà transportat per l'onatge seguint la direcció de la corrent i es dipositarà allà on el gradient d'energia sigui menor, que en cas d'arribar a la bocana serà allà on es dipositarà provocant aterrament.

3. Mètode empleat

Un cop estudiada la morfologia de la costa catalana i els impactes observats al llarg d'aquesta, s'estudiarà en detall port per port i els trams de costa al voltant d'aquests. Tot seguit es decidiran les àrees d'influència a estudiar de cada port i es calcularà, seguint el model de propagació que s'explicarà, les direccions d'onatge de cada port. Finalment es decidiran aquells ports que seran analitzats i es detallaran les característiques i descripcions de cadascun.

I. Càlcul de les zones d'influència

A partir de les observacions fetes i del estudi de la morfologia de la costa catalana s'han definit les zones d'influència com aquelles àrees que han estat o poden estar subjectes a modificació a partir de la difracció, refracció o reflexió de l'onatge en xocar amb l'estructura del port. Les àrees d'influència de cada port es calculen a partir de la posició relativa del port amb la costa.

Al seleccionar els trams de costa susceptibles a ser modificats per l'onatge, s'ha calculat el rang d'angles a partir del qual en incidir al port aquests afecten a la morfologia de la costa incidint en aquesta de diferent manera que si no hi hagués la presència del port.

Un cop seleccionats els trams de platja d'aigües avall i/o aigües amunt dels ports, s'ha decidit una discretització d'aquesta distància. Aquesta discretització depèn del port i del seu entorn però la majoria de casos els trams ronden els 100 metres. L'objectiu final és, un cop fet els càlculs dels registres que han incidit en cada petit tram, poder comparar si analíticament i visualment es pot identificar el tram o punt de màxima erosió, punt de divergència de l'onatge

Un cop discretitzat el tram en longituds iguals, anomenades Δx , s'ha traçat gràficament l'àbac de direccions d'onatge i s'han calculat el rang de direccions incidents al port respecte el nord. Aquest rang d'angles, diferent de cada port, serà el que servirà per tal de filtrar les dades d'onatge dins de tot el registre, un cop propagades.



Figura 7: Discretització de la zona d'influència del port de Torredembarra.

En primer lloc s'ha calculat la freqüència tenint en compte el nombre d'ones en cada Δx i les seves acumulades, és a dir tot el front d'ones des del punt que insereix a la costa fins a aigües avall de l'àrea d'influència. En segon lloc s'ha calculat l'energia total que arriba a cada Δx i finalment el flux total de cada tram que és la quantitat d'energia que passa en una superfície (diferencial de longitud d'ona integrat en profunditat). Interessarà quantificar-ho donat que la quantitat de flux és proporcional a la capacitat de les onades per a transportar sorra.

Tot i que l'estudi inicialment s'havia pensat al llarg de tota la costa (i de fet, els primers càlculs extrets són seleccionant una àrea d'influència de varis kilòmetres aigües amunt i aigües avall del port), s'ha observat que el port no té una influència significant en tanta distància i per tant finalment s'ha optat per seleccionar trams influents de màxim 1500-1700 metres.

A més a més, no tots els ports tenen una clara afectació en la dinàmica litoral i en la modificació de la línia de costa, amb el que s'ha optat a estudiar només aquells ports que presentin una clara modificació.

II. Càlcul de propagació de l'onatge

L'onatge, tal com s'ha explicat és el principal agent impulsor de la costa catalana i el principal responsable de la mobilització de sediments al llarg de la costa i de la seva configuració final

En el disseny de qualsevol obra marítima, així com en el seu procés constructiu, es requereix la correcta caracterització de les accions

hidrodinàmiques actuant, normalment expressades en termes d'altura d'ona, període i direcció. Per això, el resultat final del disseny i execució depèn en gran mesura de lo precises que siguin les nostres estimacions.

Per tal de poder estimar la direcció d'onatge incident, es necessiten uns registres tals que incloguin alçada d'ona, període de pic associat i direcció de l'onatge.

A més a més, les dades a analitzar hauran de provenir d'una zona situada en aigües obertes, però que a la vegada siguin representatives de la zona a analitzar. És important que les dades corresponguin a una zona d'aigües obertes degut a que en cas contrari podrien romandre influenciades per possibles obstacles, fent que les dades quedin alterades.

Així doncs, es decideix a analitzar l'onatge al llarg de 17 anys (des de 1996 al Febrer del 2013) a partir dels nodes de la malla WANA proporcionats del "*Banco de datos oceanograficos de Puertos del Estado*". Els punts WANA són dades procedents d'un model de generació d'onatge en una malla pròxima a les costes espanyoles amb dades des del 1996 cada 3-5 hores i amb una resolució espacial de 0.125°-0.25°. Les dades son valors analitzats, es a dir, una predicció a temps zero. En aquestes dades s'han utilitzat o introduït les observacions produïdes pel camp de vent.

S'ha de tenir en compte que hi ha varis punts WANA situats al llarg de la costa catalana, veure figura, i per tant s'ha triat, per a cada port a estudiar, el punt WANA més proper, i que per tant sigui representatiu de la zona a analitzar.



Figura 8: Punts WANA senyalitzats en punts verds.

Són dades similars a les que aporten boies fondejades a gran profunditat, a més de 100 metres, per tant no tenen en compte efectes de fons. Això fa que sigui necessari propagar-les fins a la bocana de cada port.

Les dades que proporciona cada punt WANA són les següents:

H_{mo} : Altura de l'ona

T_p : Període de pic

D_{md} : Direcció mitja de la procedència de l'onatge

V_v-I_{me} : Velocitat del vent

V_v-D_{md} : Direcció mitjana de la procedència del vent

No obstant, aquestes dades aporten informació de l'onatge existent en aigües fondes. Les ones, en variar la profunditat, varien la direcció, amb tendència a posar-se perpendiculars a la costa. Per tant, les dades necessàries per a estudiar l'impacte que creen els ports a la costa seran les dades de l'onatge en arribar als ports, un cop propagades des de aigües fondes.

Per no haver de recórrer a models numèrics més complexos, la propagació de l'onatge es durà a terme de forma simplificada suposant batimetria constant (línies batimètriques rectes i paral·leles, és a dir, pendent constant) i tenint únicament en compte els efectes produïts per refracció. No s'ha considerat oportú realitzar un

anàlisis més precís de la propagació de l'onatge, degut a que desvirtuarien l'objectiu de l'estudi, que pretén obtenir conclusions a l'aplicació pràctica.

La profunditat fins a on es calcularà la propagació serà fins a la profunditat de la bocana de cada port.

S'ha de tenir en compte que les úniques dades que varien en propagar-se una ona, són l'altura d'ona H i la direcció d'onatge α , ja que el període T no varia.

La teoria d'onatge diu que una onada monocromàtica, al aproximar-se a la costa experimenta canvis en la seva direcció d'avanç i la seva altura. La direcció d'avanç a un calat d pot avaluar-se mitjançant la Llei de Snell:

$$\frac{\sin \alpha_0}{\sin \alpha} = \frac{L_0}{L} \quad (1)$$

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} \quad (2)$$

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi}{L}d\right) \quad (3)$$

On α_0 i α són els angles de les crestes de les isòbates en aigües profundes i a un calat " d ", respectivament.

L'altura d'una onada a un calat " d " es pot calcular mitjançant l'expressió:

$$H_{S_d} = K_r \cdot K_s \cdot H_{S_0} \quad (4)$$

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} \quad (5)$$

$$K_s = \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \frac{\left(\frac{4\pi}{L}\right)d}{\sinh\left(\frac{4\pi}{L}d\right)}\right) \tanh\left(\frac{2\pi}{L}d\right)}} \quad (6)$$

On H_{S_0} es l'altura de les onades en aigües profundes, H_{S_d} és l'altura de les ones a un calat " d ". " K_r " i " K_s " són els coeficients de refracció i coeficients de *shoaling* respectivament.

Com es pot veure tant per al càlcul de la alçada d'ona propagada com per al de la direcció d'ona propagada, les dues magnituds que interessin en aquest anàlisis, s'han de treballar amb equacions implícites, on no es poden aïllar directament les variables que interessin.

Així doncs, inicialment es trobarà la longitud d'ona L i amb aquesta dada es trobarà α_0 i H_0 (angle i alçada d'ona en aigües profundes). Per calcular-ho s'ha creat un programa a través de l'eina Office Excel que permeti iterar per tal de trobar un resultat òptim (veure figura 9).

```

(General)  ▾  propagacio
Sub propagacio()
    i = 5
    For i = 1001 To 47560
        Cells(i, 9).Copy
        Cells(i, 10).PasteSpecial Paste:=xlPasteValues
        Application.CutCopyMode = False
        Cells(i, 12).GoalSeek Goal:=Range("I2").Value, ChangingCell:=Cells(i, 10)
    Next
End Sub

```

Figura 9: Codi de la macro creat per tal de realitzar la programació.

El programa, una Macro del programa d'Office Excel, utilitza una funció objectiu per trobar el valor correcte de L (partint de la aproximació $L=L_0$) que fa que es compleixi la igualtat de l'equació (3). Es considerarà suficient aproximat quan la diferència de longituds sigui menor a 0.01m.

$$|L - L_0| \leq 0.01 \quad (7)$$

Un cop trobat el valor de L , es calcularà α_0 , K_r , K_s i, finalment, H_{SD} .

Càlcul de direcció d'onatge

Per tal de poder estimar la direcció d'onatge incident, es necessiten uns registres tals que incloguin alçada d'ona, període de pic associat i direcció de l'onatge en el punt de la bocana del port.

Un cop propagat l'onatge tal i com s'ha explicat anteriorment, es realitza una suma vectorial de les direccions d'onatge segons el seu mòdul (alçada d'ona) de manera que es troba la direcció d'onatge per a la freqüència, la quantitat d'energia i la quantitat de flux.

Càlcul de les distàncies dels elements de protecció

Aquestes distàncies s'han calculat per tal de dur a terme un últim resultat, que serà per a fer una comparativa dels ports en general per tal d'analitzar si hi ha alguna tendència.

Així doncs, serà necessari calcular les distàncies des dels elements de protecció (murs escullera o espigons) fins a la bocana del port.

Es calcularà la distància des de l'element de protecció fins a la bocana, anomenada *distància a la bocana* i la mateixa distància projectada a la costa, anomenada *distància de la costa*.

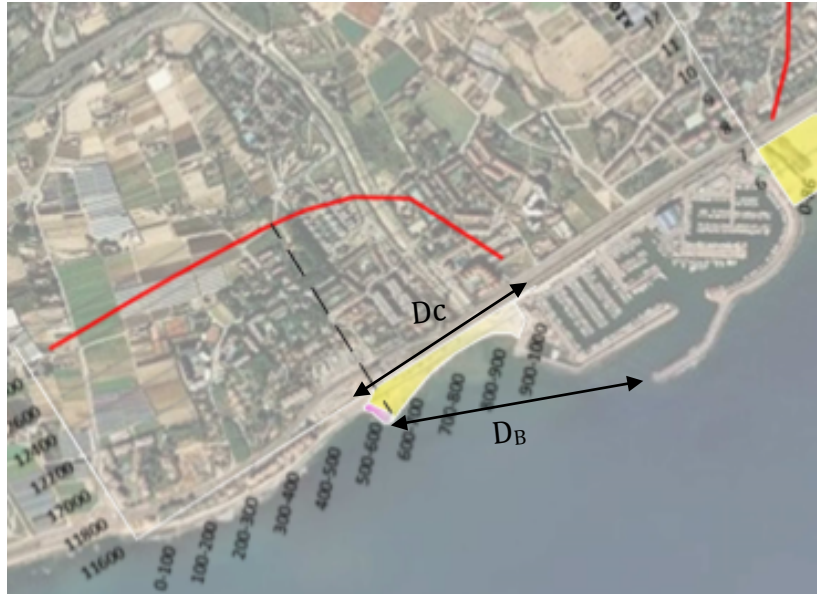


Figura 10: Representació gràfica en el port de Balís de les distàncies calculades.

III. Ports analitzats

S'ha optat per analitzar els ports més característics de cada zona portuària al llarg de la costa catalana. S'entén pels més característics aquells ports que creen un impacte a la dinàmica litoral –impacte de l'onatge a la costa i sobretot al transport longitudinal de sediments-.

La majoria dels ports analitzats es troben situats en una zona d'aigües obertes, o semi-obertes, de manera la seva presència causi més impacte a la línia de costa i en concret a la dinàmica litoral. A més a més, el més important és que estiguin al voltant d'un entorn sedimentari per tal de qui hagi transports de sediments.

S'han descartat aquells ports situats que es troben encaixats en un massís rocós, com per exemple en cel·les de la Costa Brava (port de Llançà o el port de Colera, entre altres) ja que no tenen un impacte significatiu a la línia de costa.



Figura 11: Port de Palamós. [Font: Ports de la Generalitat de Catalunya]

Inicialment, és necessari caracteritzar cada port amb la seva història, situació geogràfica i característiques geomètriques per tal de tenir-ne un bon coneixement i estudiar els punts que interessin.

Per tal de realitzar aquest estudi s'ha creat una base de dades (veure annex 1) en que s'han recollit tots els punts importants dels ports. A partir d'aquest recull s'ha caracteritzat el port amb el programa AutoCad de manera que es visualitzi millor.

En primer lloc, es necessitarà conèixer la direcció de la línia de costa del punt on esta situat el port, respecte el nord, i calcular la posició relativa dels dics respecte la línia de costa.

També serà important conèixer el calat del punt més allunyat del port, normalment coincidint amb la bocana. D'aquesta manera es caracteritzarà cada port simplificant-ho amb els punts que s'han descrit prèviament.

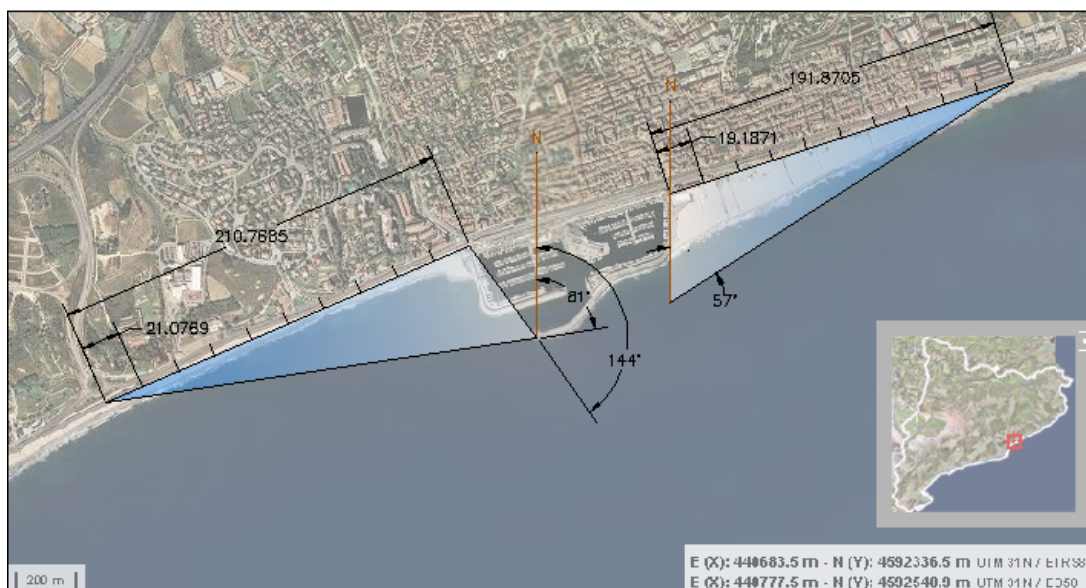


Figura 12: Caracterització del port de Mataró.

Algunes d'aquestes dades s'han extret a partir del Pla de Ports de la Generalitat de Catalunya, d'on s'ha pogut conèixer les dimensions dels ports i els calats representatius. També s'han utilitzat eines de suport com la base de dades del ICC amb ajuda de la eina AutoCad per tal de calcular la dimensió d'alguns ports no caracteritzats.

Un cop obtingudes les dades geomètriques, s'ha calculat la longitud de costa que interessarà estudiar tant aigües amunt com aigües avall del port, per tal de veure com afectarà la presència del port a la dinàmica litoral.

Inicialment s'havia seleccionat un tram massa llarg de costa, fet que feia que el tram interessant a estudiar (la zona d'influència del port) gairebé no es veies representada, tenint en compte que era la part important a estudiar.

Un cop decidit el tram de costa a estudiar, i calculat els angles de direccions que interessin, s'ha caracteritzat les accions hidrodinàmiques en la bocana de cada port degut que serà aquest el punt seleccionat per propagar l'onatge des del punt de registre a aigües fondes, fins a la línia batimètrica de calat igual al calat de la bocana del port.

1) Port de l'Estartit

Localització i descripció:

El Port de l'Estartit es troba situat al municipi de Torroella de Montgrí, a la comarca del Baix Empordà. El port es troba entre l'extrem Nord de la platja Gran i el Cap de Barra.

L'Estartit ha estat tradicionalment un barri de pescadors que ja a mitjans del segle XVIII disposava d'un embarcador per comerciar amb Barcelona. L'any 1959 es va construir el dic i posteriorment, el 1972 es va acabar el contradic, que protegia el port especialment de la tramuntana. Posteriorment, a mitjans dels 90, es va construir un nou espigó de protecció de les corrents de Llevant i es van ampliar els serveis a les embarcacions amb la construcció de nous edificis (ref. Pla de ports de Catalunya).

Caracterització del port

La superfície total del port és de 269.670 m², dels quals 192.297 m² són de mirall d'aigua.

El port està protegit per un dic i un contradic de 350 m i 600 m de longitud respectivament. Un dic exterior d'uns 350 m de longitud millora el recer interior. El calat a la bocana és d'uns 6 m.



Figura 13: Caracterització del port de l'Estartit

L'àrea seleccionada a estudiar està situada al sud del mateix abasteix una distància de 1500m, dins de la qual es troba l'àrea d'influència. La discretització que s'ha decidit ha estat de 150m.

El rang dels angles de l'onatge incident al port és calculat i va des de 40-133° respecte el Nord. A aquest rang d'onatge també se li ha de sumar el rang de les direccions d'onatge incidents a la costa. Aquest rang d'angles va des de 133 a 193°.

El calat de la bocana del port de l'Estartit és de 4 metres, com ja s'ha dit, i per tant serà a aquest punt a on es propagarà l'onatge des del punt WANA 2123144. La línia de costa local del port és de 11° respecte el nord.

2) Port de Blanes

Localització i descripció:

El port de Blanes es situa a la badia de Blanes, municipi de la comarca de La Selva, al nord de la punta de Sa Palomera. Entre el port i la Punta de Sa Palomera hi ha la platja de Blanes. Vorejant la platja i el port hi ha un passeig molt concorregut. A llevant del port hi ha una petita platja utilitzada pels submarinistes com a plataforma d'entrada i sortida al mar, que s'anomena Platja dels Capellans.

L'origen d'aquest port s'ha de buscar en el segle XV. En aquell període hi havia una forta activitat marítima que va portar a la creació del gremi de pescadors i mariners i a la creació d'unes drassanes. L'activitat comercial va desaparèixer als

inicis dels anys setanta, fins a l'actualitat en que conviuen l'activitat pesquera i esportiva en el port actual. A finals dels vuitanta es va construir un petit espigó perpendicular al dic sud de la dàrsena esportiva per tal de millorar les condicions d'arrecerament del port.

Caracterització:

L'estructura física del port consisteix en dos dics exteriors que arreceren les dàrsenes. La bocana, de 70 m d'amplada, té un calat de 8 m. El dic de recer principal, situat al Sud-est, té en planta dos trams rectes perpendiculars entre ells, el primer de 400 m de longitud i el segon de 100 m. El contradic també té dues alineacions rectes amb una longitud de 200 m i 160 m respectivament.

La superfície total del port és de 170.784 m², dels quals 114.498 m² són de mirall d'aigua.

A l'interior del port, un moll adossat al dic de recer principal dóna refugi a les embarcacions de pesca més grans gràcies al seu calat de 6,5 m. El moll de Ribera és l'altre moll destinat a allotjar embarcacions pesqueres.



Figura 14: Caracterització del port de Blanes.

L'àrea que s'ha escollit per estudiar el port de Blanes va des del sud del mateix en línia recta fins a 840 metres al sud-oest. La discretització seleccionada ha estat de 84 metres.

El rang dels angles de l'onatge incident al port calculat és de 70-139º respecte el Nord. A aquest rang d'onatge també se li ha de sumar el rang de les direccions d'onatge incidents a la costa. Aquest rang d'angles va entre 139-226º.

El calat de la bocana del port de Blanes és de 8 metres, com s'ha dit, i per tant serà a aquest punt a on es propagarà l'onatge des del punt WANA 2117139. La línia de costa local del port és de 26º respecte el nord.

3) Port d'Arenys de Mar

Localització i descripció:

Arenys de Mar és un municipi de la comarca del Maresme amb gran tradició pesquera i que s'ha convertit en un dels centres comercials més importants del Maresme. Les platges d'Arenys s'estenen a ambdós costats del port. A ponent hi ha la Platja Nova, que fou guanyada al mar, i la Platja de Ponent o Primera. A llevant es troba la platja de Llevant o Tercera, amb diversos serveis dels quals destaca una escola de windsurf.

El port d'Arenys es va convertir un dels ports comercials més importants de Catalunya durant el segle XVIII gràcies al comerç amb Amèrica. Posteriorment, al segle XIX, les obres al port de Barcelona van fer perdre importància al d'Arenys i es va produir un descens progressiu del tràfic comercial que va donar pas a la conversió del port per a l'ús pesquer.

A partir del 1952, les embarcacions de pesca van començar a conviure amb les esportives.

Caracterització del port:

El dic està orientat a Llevant amb tres alineacions rectes de 550 m, 300 m i 130 m respectivament, i el contradic, orientat a ponent té tres alineacions rectes d'aproximadament 200 m, 150 m i 250 m cadascuna formen una bocana de 170 m d'amplada i 7 m de calat. Aquesta estructura dóna al port un bon recer.

La superfície total del port és de 291.390 m², dels quals 173.647 m² són de mirall d'aigua.

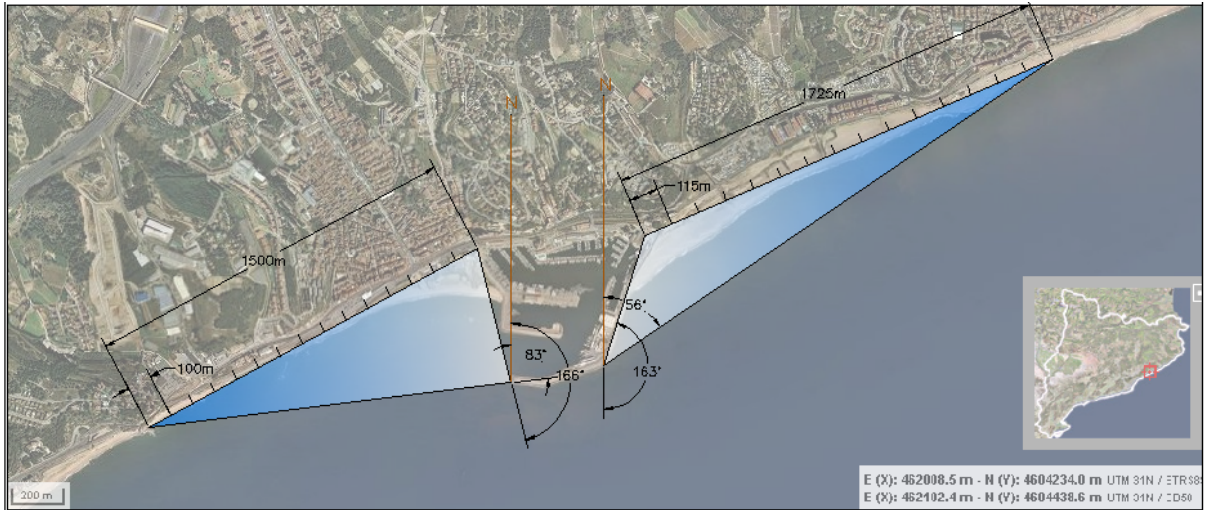


Figura 15: Caracterització del port d'Arenys de Mar.

Les àrees seleccionades per a estudiar aquest port dues: des del port a 1500 metres aigües avall i des d'aquest fins a 1725 metres aigües amunt. La discretització seleccionada ha estat de 100 metres i 115 metres, respectivament.

El rang dels angles de l'onatge incident al port calculat és a aigües avall del port de $83\text{-}166^\circ$ respecte el Nord i de $197\text{-}233^\circ$ aigües amunt. A aquest rang d'onatge també se li ha de sumar el rang de les direccions d'onatge incidents a la costa. Aquest rang d'angles va entre $163\text{-}239^\circ$ aigües avall i de $59\text{-}197^\circ$ aigües amunt del port.

El calat de la bocana del port d'Arenys de Mar és de 7 metres, com s'ha dit, i per tant serà a aquest punt a on es propagarà l'onatge des del punt WANA 2114138. La línia de costa local del port és de 67° respecte el nord.

4) Port de Balís

Localització i descripció:

El Port Balís es troba dins el terme municipal de Sant Andreu de Llavaneres, separat 114m del poble i a tan sols 4 km de la ciutat de Mataró, esta situat en plena comarca de Mataró. Entre el port esportiu i un espigó de protecció a ponent, hi ha dues petites platges, la de Les Barques i la de L'Estació. La platja de Sant Viçens comença a llevant del port esportiu, passada la riera de Balís.

El port fou concessionat l'any 1972 al Club Nàutic el Balís amb la intenció de poder amarrar les embarcacions dels associats i les de trànsit. L'any 1994 es va realitzar una ampliació important a l'oest del port existent, quedant la bocana en una posició central. (Pla de Ports, 2006)[3]

El port competència de l a Direcció General de Ports, Aeroports i Costes està concessionat al Club Nàutic el Balís.

Caracterització del port:

L'estructura física del port consisteix en un dic de recer a Llevant, que aprofita l'antic dic curvilini de 500 m de longitud, prolongant-se posteriorment cap a mar una longitud de 200 m. S'han executat recentment les obres corresponents al projecte de prolongació del dic en 100 m de longitud per tal de disminuir l'agitació present anteriorment al port, especialment amb Garbí. A ponent es troba el contradic de dues alineacions rectes i perpendiculars entre elles, de 190 i 270 m cadascuna. La bocana es troba al centre del conjunt del port amb una amplada de 75 m i 4,5 m de calat.

La superfície total del port és de 122.987 m², dels quals 99.821 m² són de mirall d'aigua. A llevant del port hi ha una passarel·la principal d'on surten cinc palanques, amb calats interiors de 2,5 a 3,5 m. A la zona sud de la dàrsena hi han tres pantalans de 130 m de longitud perpendiculars a la costa. D'un quart pantalà arrenquen dos pantalans. La capacitat total és per a 743 embarcacions.

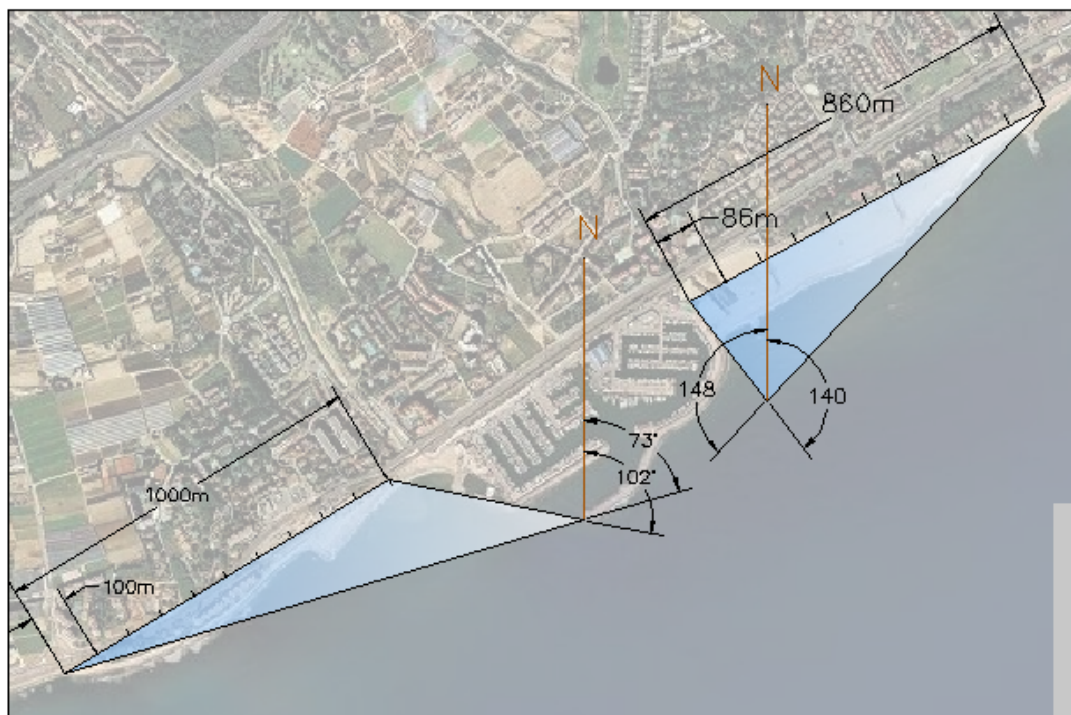


Figura 16: Caracterització del port de Balís.

El Port Balís s'ha simplificat seleccionant com a zona d'interès una longitud de costa de 860m aigües amunt del port, i de 1000m aigües avall. La discretització de la costa serà de 86m aigües amunt i de 100m aigües avall.

El rang de direccions d'onatge a estudiar és des de 73-130º respecte el Nord aigües avall i des de 140-212º aigües amunt. El calat de la bocana del port Balís és de 4,5m i per tant serà a aquest punt a on es propagarà l'onatge des del punt WANA 2114138. La línia de costa local del port és de 59º respecte el nord.

5) Port de Mataró

Localització i descripció:

El port es situa a ponent del municipi de Mataró, capital comarcal del Maresme. El tram de platja de Mataró té un espigó que precedeix el port de Mataró. En aquest punt es forma una petita platja, estreta i amb pendent anomenada platja de l'Estació. A l'est del port hi ha la platja de l'Espigó que arriba fins a les instal·lacions del Club Nàutic.

Les obres del port es van començar el maig del 1988 i el port es va inaugurar l'estiu del 1991. A causa dels greus problemes existents en la societat promotora, la Generalitat va rescatar la concessió atorgada a Port de Mataró, S.A. i actualment el port de Mataró és gestionat pel Consorci Port Mataró, format per la Generalitat i l'Ajuntament de Mataró.

El port és eminentment esportiu, tot i que disposa d'una dàrsena pesquera situada al sector Oest del port. La dàrsena esportiva, al sector est, s'organitza en pantalans de 120 metres de longitud col·locats perpendicularment a la ribera, amb capacitat per a 1.080 embarcacions. També té una marina seca per a motos d'aigua.

Caracterització del port:

L'obra de recer està formada per un dic amb dues alineacions rectes, la primera de 430 m i la segona, paral·lela a la ribera, té una longitud de 600m. El contradic, de 300 m de longitud, forma amb el dic una bocana orientada cap a l'oest que ofereix una obertura de 80 m i un calat a la bocana de 8 m. Recentment s'ha prolongat un dels molls a prop de l'entrada amb la finalitat de disminuir l'onatge que ve causat pel vent de Garbí.

La superfície total del port és de 285.489 m², dels quals 123.110 m² són de mirall d'aigua.



Figura 17: Caracterització del port de Mataró.

Les àrees seleccionades per a estudiar aquest port és de 1300 m aigües avall i des d'aquest fins a 1300 m aigües amunt. La discretització seleccionada ha estat de 130 i 130 m, respectivament.

El rang dels angles de l'onatge incident al port calculat és a aigües avall del port de 74-157° respecte el Nord i de 152-211° aigües amunt. A aquest rang d'onatge també se li ha de sumar el rang de les direccions d'onatge incidents a la costa. Aquest rang d'angles va entre 157-232° aigües avall i de 52-152° aigües amunt del port.

El calat de la bocana del port de Mataró és de 8 metres, com s'ha dit, i per tant serà a aquest punt a on es propagarà l'onatge des del punt WANA 2114138. La línia de costa local del port és de 53° respecte el nord.

6) Port de Premià de Mar

Localització i descripció:

El port es situa al municipi del mateix nom a la comarca del Maresme, a llevant del nucli urbà, entre la Platja de Llevant i la Platja de Bellamar.

El Port de Premià de Mar va ser construït en fases durant els anys 1972 i 1975 pel Club Nàutic Premià. El 1991 van començar les obres d'ampliació del port,

les quals es van aturar a causa de la suspensió de pagaments de l'empresa concessionària.

Després de diverses pròrrogues concedides per la direcció general competent en matèria de ports per a concloure les obres, l'any 1998 el Club Nàutic Premià va presentar un projecte de remodelació de la zona de serveis del port esportiu, el qual es va aprovar l'octubre de 1999. El port està concessionat al Club Nàutic Premià tot i que està previst un canvi de titularitat.

Caracterització del port:

El recer el proporcionen un dic d'abric en forma de "L" amb dos trams de 220 m i 400 m, i un tram final corbat cap a la costa (de 160 m de llargada), i un petit contradic d'uns 200 m.

Té un calat de la bocana de 6 m i una àrea de mirall d'aigua de 76.711 m².



Figura 18: Caracterització del port de Premià de Mar.

Les àrees seleccionades per a estudiar aquest port és de 1200 m aigües avall i des d'aquest fins a 1250 m aigües amunt. La discretització seleccionada ha estat de 120 i 125 m, respectivament.

El rang dels angles de l'onatge incident al port calculat és a aigües avall del port de 85-155° respecte el Nord i de 157-229° aigües amunt. A aquest rang d'onatge també se li ha de sumar el rang de les direccions d'onatge incidents a la costa. Aquest rang d'angles va entre 155-220° aigües avall i de 63-157° aigües amunt del port.

L'onatge es propagarà a la bocana del port amb el calat indicat, des del punt WANA 2114138. La línia de costa local del port és de 69^o respecte el nord.

7) Port del Masnou

Localització i descripció:

El Masnou és un poble de tradició marinera que està situat al sud de la comarca del Maresme, a 15 km de Barcelona. El port ocupa gran part de la façana marítima de la població i està ubicat al mig de les platges del Maresme. En l'àmplia zona ocupada pel port esportiu transcorre el tram central de passeig marítim.

El port entrà en funcionament l'any 1975 i està concessionat a la societat Promociones Portuarias, S.A. El port va ser una iniciativa del Club Nàutic del Masnou, amb l'objectiu de donar recer a totes les embarcacions que en aquell moment es trobaven avarades a la platja.

L'any 1994 el Port del Masnou va duplicar el nombre d'amarradors amb l'ampliació cap a l'Oest del port existent. Va incorporar una dàrsena pesquera, per a les embarcacions de pesca que fins aquell moment estaven a la cala a l'Oest del port.

Caracterització del port:

El port queda configurat per dues dàrsenes separades per l'antic dic de ponent. La seva estructura física queda definida per un dic de recer amb tres alineacions, la primera d'uns 180 m de longitud, la segona d'uns 220 m i la tercera, que s'obre cap a Llevant, de 280 m de longitud.

El nou contradic té dues alineacions rectes. La primera, de 220 m, és perpendicular a la línia de costa i la segona té una longitud de 280 m i forma 90^o amb la primera. Aquests elements formen una bocana que té un calat de 4 m i una amplada de 70 m.

La superfície del port és de 201.549 m², amb una superfície de mirall d'aigua de 114.402 m².

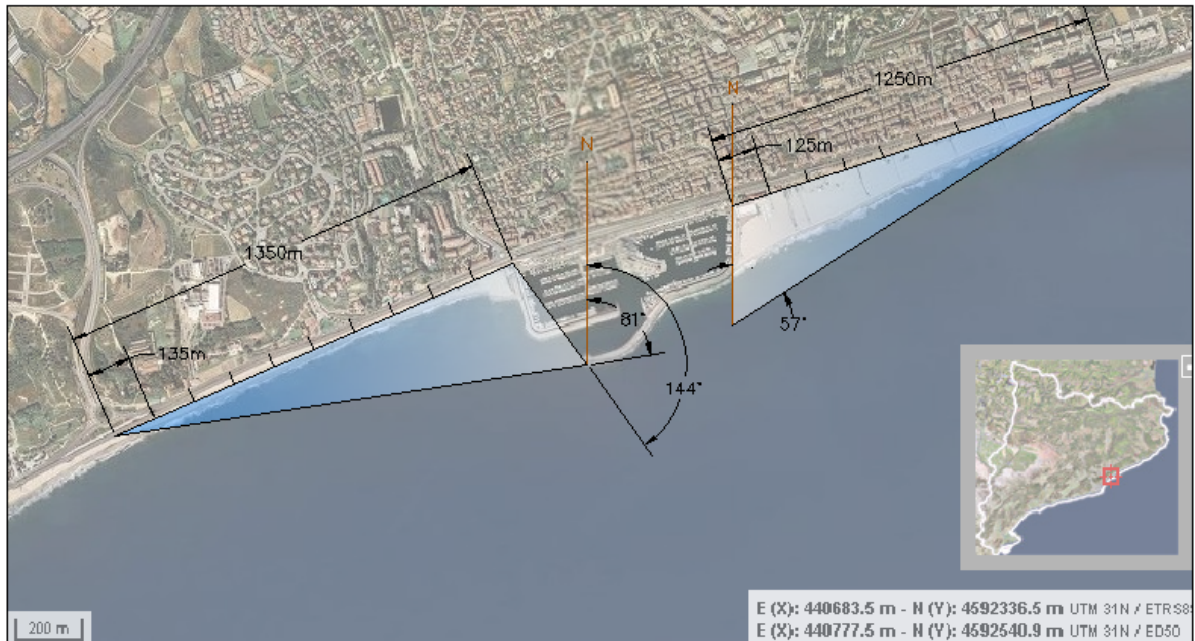


Figura 19: Caracterització del port de Masnou.

Les àrees seleccionades per a estudiar són de 1200 m aigües avall del port i des d'aquest fins a 1250 m aigües amunt. La discretització seleccionada ha estat de 120 i 125 m, respectivament.

El rang dels angles de l'onatge incident al port calculat és a aigües avall del port de 81-144° respecte el Nord i de 180-237° aigües amunt. A aquest rang d'onatge també se li ha de sumar el rang de les direccions d'onatge incidents a la costa. Aquest rang d'angles va entre 144-247° aigües avall i de 72-180° aigües amunt del port.

L'onatge es propagarà a la bocana del port amb el calat indicat, des del punt WANA 2114138. La línia de costa local del port és de 65° respecte el nord.

8) Port de Vilanova i la Geltrú

Localització i descripció:

El Port de Vilanova i la Geltrú es troba a la façana marítima de la vila del mateix nom, al Sud de la comarca del Garraf. Ocupa un tram del front marítim de Vilanova i la Geltrú, limitant a Llevant amb la platja del Far i a Ponent amb la platja de Ribes Roges.

Durant el segle XVII es va iniciar des de la platja el trànsit marítim de mercaderies cap a Amèrica. El segle XIX es va produir una expansió comercial que fa sorgir la necessitat de la construcció d'un port. Les instal·lacions del club van ser inaugurades l'any 1989.

Caracterització del port:

El Port de Vilanova i la Geltrú és un port de dics convergents. Perpendicularment a la costa arrenquen dos dics: el de Llevant i el de Ponent, separats uns 720 m aproximadament. El dic de Llevant té tres trams clarament diferenciats: un primer tram perpendicular a la costa i d'uns 700 m de longitud, un segon tram (perpendicular a l'anterior) amb una orientació paral·lela a la línia de costa i d'uns 350 m de longitud i finalment un tercer tram amb planta corba d'uns 650 m de longitud. L'orientació aproximada d'aquest darrer tram és Sud-Oest.

El primer tram del dic de Ponent és perpendicular a la costa i té uns 570 m de longitud. El segon tram és perpendicular a l'anterior i té una alineació recta. Del colze del dic de Ponent i alineant-se paral·lel a la costa, surt un tercer tram que es prolonga uns 110 m per després girar uns 120° i formar un quart tram de 200 m de llargada.).

L'amplada de la bocana és de 180 m, i el calat màxim a la mateixa és d'uns 7 m. La superfície total del port és de 672.228 m^2 , dels quals 461.975 m^2 corresponen a mirall d'aigua.

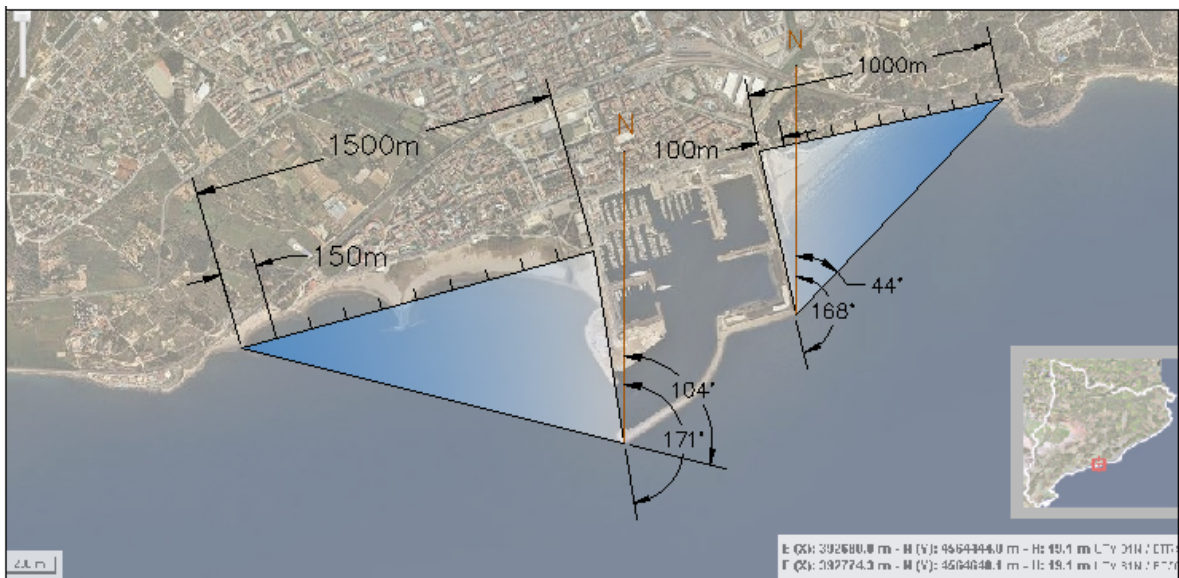


Figura 20: Caracterització del port de Vilanova i la Geltrú.

Les àrees seleccionades per a estudiar aquest port és de 1500 m aigües avall i des d'aquest fins a 1000 m aigües amunt. La discretització seleccionada ha estat de 150 i 100 m, respectivament.

El rang dels angles de l'onatge incident al port calculat és a aigües avall del port de $104\text{-}171^\circ$ respecte el Nord i de $168\text{-}223^\circ$ aigües amunt. A aquest rang d'onatge també se li ha de sumar el rang de les direccions d'onatge incidents a la

costa. Aquest rang d'angles va entre 171-254^o aigües avall i de 78-168^o aigües amunt del port.

L'onatge es propagarà a la bocana del port amb el calat indicat, des del punt WANA 2105133. La línia de costa local del port és de 71^o respecte el nord.

9) Port de Segur de Calafell

Localització i descripció:

Segur de Calafell és una urbanització que forma part del municipi de Calafell, a la Comarca del Baix Penedès. El port, construït al mig de la platja de Calafell, ocupa part del front marítim.

El port va ser concessionat l'any 1973 i va entrar en funcionament l'any 1977. El 27 de maig de 2003 s'atorgà la concessió per a la construcció del nou port esportiu i posterior explotació a la societat Port Segur-Calafell S.A. Les obres del nou port es van finalitzar a l'estiu de l'any 2005. El més destacat d'aquesta darrera obra és que s'ha ampliat el port, eliminant l'anterior configuració com a port-illa.

Caracterització del port:

El port està protegit per dos dics: un dic d'uns 500 m a llevant i un contradic de 350 m de longitud a ponent, que arrenquen perpendiculars a la costa i es corben en els seus extrems. La bocana té una amplada de 50 m i un calat de 6 m.

El port té una capacitat de 525 amarratges per a embarcacions esportives d'entre 7 i 22 m d'eslora. La superfície total del port és de 176.260 m² dels quals 82.899 m² són de mirall d'aigua.

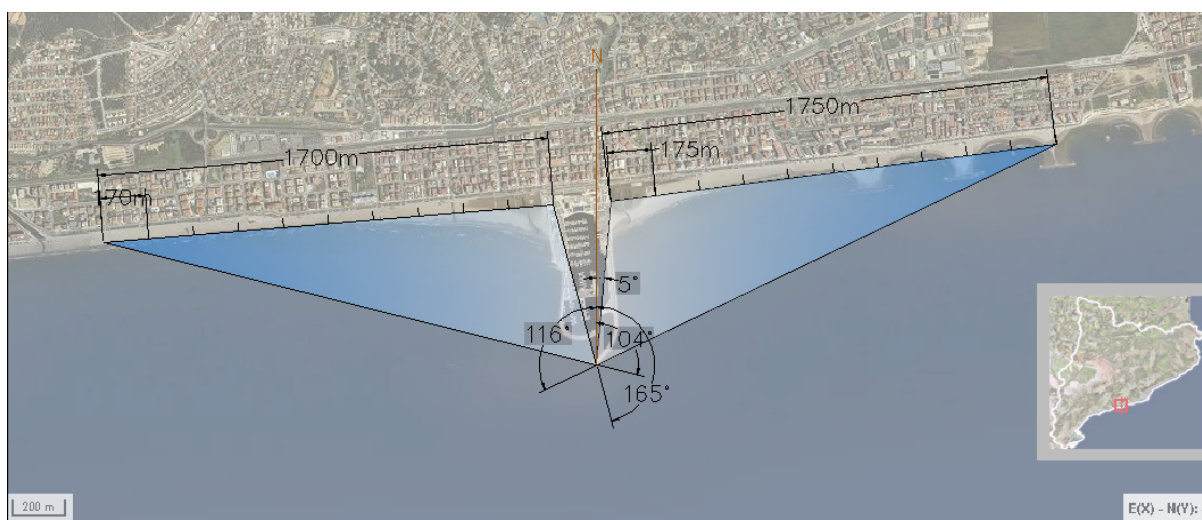


Figura 21: Caracterització del port de Segur de Calafell.

Les àrees seleccionades per a estudiar aquest port és de 1700 m aigües avall i des d'aquest fins a 1750 m aigües amunt. La discretització seleccionada ha estat de 170 i 100 m, respectivament.

El rang dels angles de l'onatge incident al port calculat és a aigües avall del port de 104-165º respecte el Nord i de 185-244º aigües amunt. A aquest rang d'onatge també se li ha de sumar el rang de les direccions d'onatge incidents a la costa. Aquest rang d'angles va entre 165-265º aigües avall i de 82-185º aigües amunt del port.

L'onatge es propagarà a la bocana del port amb el calat indicat, des del punt WANA 2104133. La línia de costa local del port és de 82º respecte el nord.

10) Port de Roda de Barà

Localització i descripció:

El port de Roda de Barà es troba al municipi del mateix nom, a la comarca del Baix Penedès.

Caracterització del port:

Les obres de recer del port, consisteixen en un dic de 800 m de longitud en forma de "L" i amb l'últim tram corbat en direcció cap a terra i un contradic d'uns 150 m de longitud.

La superfície total de port és de 191.416 m², i la superfície ocupada d'aigua és de 93.355 m². El port tindrà capacitat per acollir 647 embarcacions d'entre 8 i 30 metres d'eslora, i una marina seca.

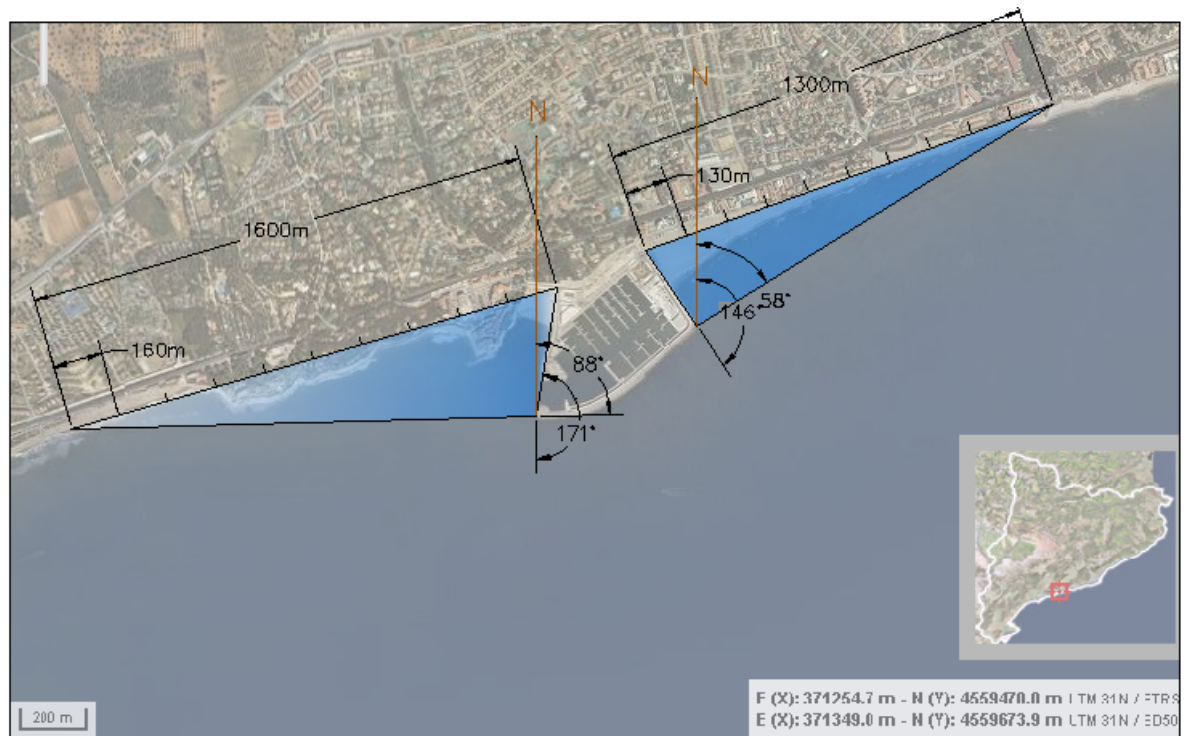


Figura 22: Caracterització del port de Roda de Barà.

Les àrees seleccionades per a estudiar aquest port és de 1600 m aigües avall i des d'aquest fins a 1300 m aigües amunt. La discretització seleccionada ha estat de 160 i 130 m, respectivament.

El rang dels angles de l'onatge incident al port calculat és a aigües avall del port de 88-171° respecte el Nord i de 146-238° aigües amunt. A aquest rang d'onatge també se li ha de sumar el rang de les direccions d'onatge incidents a la costa. Aquest rang d'angles entre 171-254° aigües avall i de 70-146° aigües amunt del port.

L'onatge es propagarà a la bocana del port amb el calat indicat, des del punt WANA 2102133. La línia de costa local del port és de 69° respecte el nord.

11) Port de Cambrils

Localització i descripció:

El port de Cambrils es troba a la vila del mateix nom, a la costa de la comarca del Baix Camp. A ponent de la instal·lació es troba la riera de l'Alforja i a llevant la platja del Regueral.

El port pesquer i esportiu de Cambrils es va començar a construir els anys 30, però la seva configuració és del 1967, quan es van fer les obres del moll i la dàrsena esportiva.

Caracterització del port:

El port està arrezerat per dos dics convergents formant una bocana de 7 m de calat. Al dic de Llevant es diferencien tres alineacions d'orientacions diferents, amb una longitud total de 820 metres. El dic de Ponent, de 430 m de longitud, té dues alineacions diferenciades que el fan convergir amb el dic de Llevant.

La superfície total del port és de 251.702 m², amb 171.346 m² de mirall d'aigua.

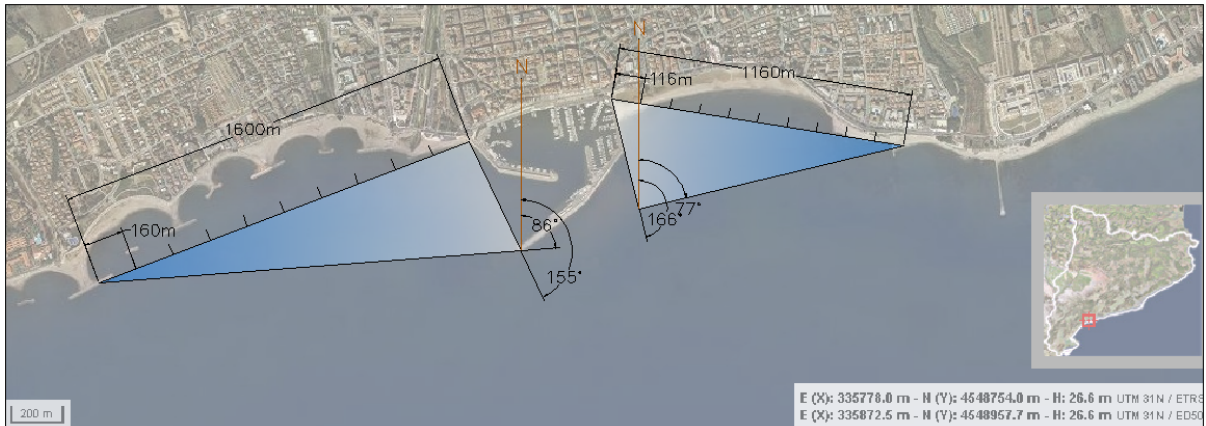


Figura 23: Caracterització del port de Cambrils.

Les àrees seleccionades per a estudiar aquest port és de 1600 m aigües avall i des d'aquest fins a 1160 m aigües amunt. La discretització seleccionada ha estat de 160 i 116 m, respectivament.

El rang dels angles de l'onatge incident al port calculat és a aigües avall del port de 86-155° respecte el Nord i de 166-257° aigües amunt. A aquest rang d'onatge també se li ha de sumar el rang de les direccions d'onatge incidents a la costa. Aquest rang d'angles entre 155-249° aigües avall i de 99-166° aigües amunt del port.

L'onatge es propagarà a la bocana del port amb el calat indicat, des del punt WANA 2096132. La línia de costa local del port és de 72° respecte el nord.

12) Port de l'Hospitalet de l'Infant

Localització i descripció:

El port esportiu de l'Hospitalet de l'Infant està situat al municipi del mateix nom, a la comarca del Baix Camp. A llevant del port es troba la platja de la punta del Riu Llastres i a ponent la platja de l'Arenal.

Aquest port va ser inaugurat l'any 1985 i va ser el primer port del Golf de Sant Jordi construït exclusivament per a la nàutica esportiva.

Caracterització del port:

Les obres de recer del port consisteixen en un dic principal de dos trams que formen entre ells aproximadament un angle d'uns 90° i un contradic d'escullera. La bocana té una amplada de 65 m i un calat d'uns 2,5 m. A un costat de la bocana hi ha una balisa amb llum vermella, que senyala la zona de baixos que s'estén entre la balisa i la costa.

La superfície total del port és de 102.200 m^2 , amb una superfície de mirall d'aigua de 45.000 m^2 .

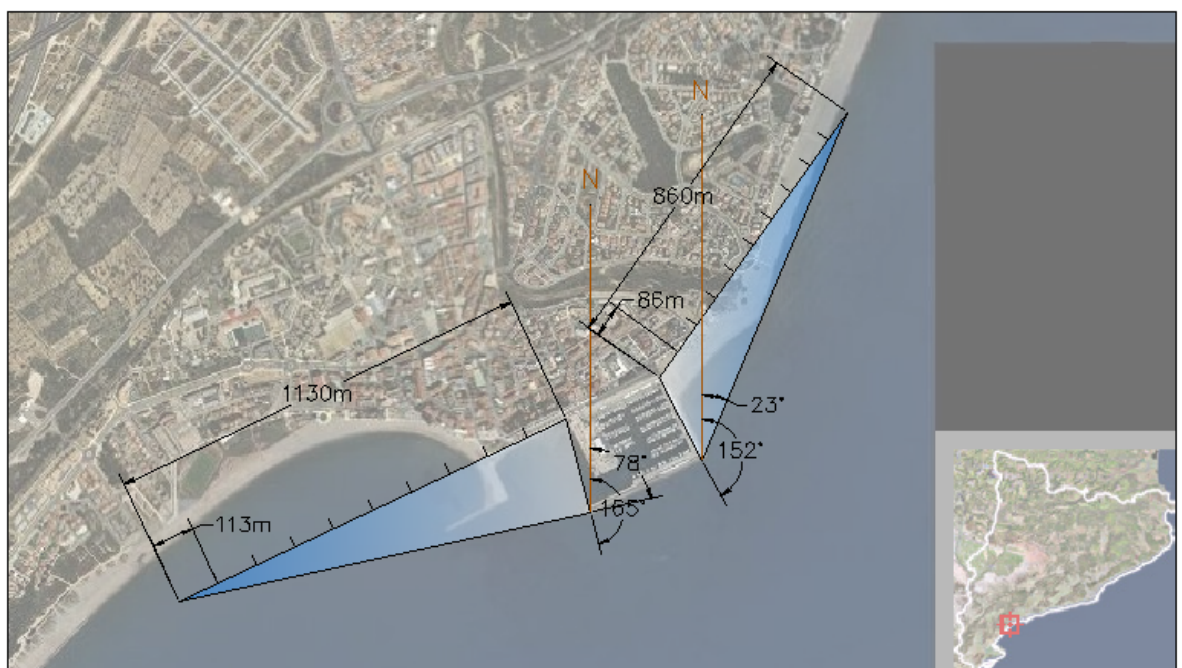


Figura 24: Caracterització del port de l'Hospitalet de l'Infant.

Les àrees seleccionades per a estudiar aquest port és de 1130 m aigües avall i des d'aquest fins a 860 m aigües amunt. La discretització seleccionada ha estat de 113 i 86 m, respectivament.

El rang dels angles de l'onatge incident al port calculat és a aigües avall del port de $86-155^\circ$ respecte el Nord i de $166-257^\circ$ aigües amunt. A aquest rang d'onatge també se li ha de sumar el rang de les direccions d'onatge incidents a la costa. Aquest rang d'angles entre $155-249^\circ$ aigües avall i de $99-166^\circ$ aigües amunt del port.

L'onatge es propagarà a la bocana del port amb el calat indicat, des del punt WANA 2096132. La línia de costa local del port és de 72° respecte el nord.

4. Resultats obtinguts

I. Introducció

Seguint el esquema explicat anteriorment, s'ha realitzat la propagació de l'onatge obtenint les dades representades en les gràfiques següents. Aquestes gràfiques serveixen per interpretar com varia la incidència de l'onatge amb la presència del port.

Inicialment, per a cada port s'ha trobat la seva àrea d'influència i aquesta s'ha comprovat que varia entre 800 i 1.500 metres. Els factors que la defineixen són bàsicament tres: les característiques de la línia de costa, si el port es troba en un tram de costa abrupte i rocós i la distàncies de la bocana (punt on s'ha propagat l'onatge) fins a la línia de costa. Aquesta distància determinarà fins a on es té en compte l'onatge en la zona d'influència dels extrems més pròxims al port.

a) Costa Brava:

S'ha marcat en negreta els ports que s'han decidit estudiar. Es destaquen els ports següents de la zona de Costa Brava:

Port de Portbou – Badia de Portbou

Port de Colera – Badia de Colera

Port de Llançà

Port de la Selva

Port de Roses

Port de l'Estartit

Port de Palamós

Port de Sant Feliu de Guíxols

Port de Canyelles

Port de Blanes

b) Costa del Maresme:

La situació del port és crucial per la dinàmica litoral, però en trams de costa com les situades a la costa del Maresme (des de Blanes fins a Barcelona, des del delta del riu Tordera fins a punta Ginesta) que és poc abrupta, amb una forta pressió sedimentària degut a les aportacions dels torrents, donant lloc a platges llargues sense interrupcions. D'aquesta manera, s'ha observat que són els mateixos ports els que actuen de barrera sedimentària per al transport longitudinal de sediments.

Dins d'aquest tram del Maresme es troben els següents ports:

Port d'Arenys de Mar

Port de Balís

Port de Mataró

Port de Premià de Mar

Port de Masnou

Port de Badalona

Port Olímpic

Port de Barcelona

c) Costa de Tarragona:

La costa de Tarragona es presenta com una costa mixta on podem trobar tant platges llargues com trams abruptes amb penya-segats. En tot cas, els trams amb platges llargues no presenten una morfologia de costa tant en línia recta com és el cas del tram del Maresme i per això es va fer més complicada l'elecció de l'àrea d'influència. Tot i així, és interessant notar que aigües amunt i aigües avall de la majoria de ports d'aquest tram es troben protegides per varies obres per a la protecció i conservació de la línia de costa. Els ports d'aquest tram són els següents:

Port Ginesta

Port del Garraf

Port d'Aiguadolç

Port de Vilanova i la Geltrú

Port de Calafell

Port de Coma-Ruga

Port de Roda de Barà

Port de Torredembarra

Port de Tarragona

Port de Cambrils

Port de l'Hospitalet de l'Infant

Port de Calafat

Port de l'Atmella de Mar

Port de l'Ampolla

Port de Sant Carles de la Ràpita

Port de les Cases d'Alcanar

Tot i que seria interessant fer un estudi global de tots els ports de la costa catalana, queda fora del objectiu principal d'aquesta tesina, ja que molts d'ells en estar situats en zones abruptes i rocoses, el transport de sediments és ínfim o inexistent.

Un cop estudiada l'àrea d'influència de cada port s'ha mesurat la geometria i caracterització de cadascun d'ells. La discretització de l'àrea d'influència marcarà la finor dels resultats, evitant que presentin grans pics, de manera que el resultat obtingut és més acurat i precís.

És important seleccionar una òptima distància de influència i una bona discretització. La màxima discretització que s'ha decidit és de 170m. La caracterització de cada port es mostra en aquest mateix capítol en l'anàlisi qualitatiu de cada port.

Seguidament, per a cada port i per la seva respectiva àrea d'influència (aigües amunt i aigües avall), tal i com s'ha explicat anteriorment, s'han obtingut tres tipus de gràfic un cop propagat l'onatge des del punt WANA a la bocana de cada port. En primer lloc s'ha representat el nombre d'observacions, és a dir, la freqüència, seguidament la quantitat d'energia (calculada com altura d'ona al quadrat), i finalment la quantitat de flux (calculat com altura d'ona al quadrat per el període).

Aquestes gràfiques mostren en general una forma asimptòtica. En el cas de la freqüència mostra una cota ajustada asimptòtica al màxim nombre d'ones incidents a la costa. És lògic degut a que si no hi estigués el port, no hi hauria cap obstacle per a l'onatge d'incidir a la costa i per tant la freqüència s'ajustaria a la cota màxima de l'asímtota. Tot i així, hi ha ports en que tenen una zona d'influència menys marcada i per tant el punt on hi ha el pic més marcat on comença a tendir a la cota màxima (asímtota) es situa a pocs metres del port amb el que es comprova que la influència del port en qüestió és molt menor en que en altres casos amb el que en termes de dinàmica litoral es refereix.

Finalment s'ha realitzat l'anàlisi quantitatiu de cada port on s'ha comprovat les obres de protecció en les zones d'influència que s'han fet o que s'haurien d'haver fet per tal de protegir l'impacte que el port realitza a la línia de costa. Aquest s'ha complementat amb el càlcul de les direccions efectives de l'onatge, primerament tenint en compte només les ones incidents amb una direcció dins de l'àrea d'influència i en segon lloc el total de les direccions, Es comprova que la majoria de casos aquesta direcció és gairebé perpendicular a la línia de costa. S'adjunten els gràfics en l'apartat de l'anàlisi quantitatiu dins d'aquest capítol.

II. ANÀLISI QUANTITATIU DE CADA PORT

S'analitzaran, port per port, tots els resultats obtinguts explicats anteriorment i s'estudiarà detalladament cada cas. La caracterització del port amb l'àrea d'influència finalment seleccionada, les gràfiques calculades a partir de la propagació de les dades de l'onatge, els trams protegits o de sedimentació al llarg de la zona d'influència, i les direccions efectives.

L'objectiu final serrà comparar tots els resultats per tal de veure si la evolució de la costa de cada port es comporta com les gràfiques preveuen, o si s'hauria de tenir en compte algun element extra.

1) Port de l'Estartit

El punt WANA utilitzat per propagar l'onatge fins a la bocana del port d'Arenys de Mar, amb un calat de 4m, és el número 2123144.

A partir de les dades obtingudes al propagar l'onatge fins la bocana del port, amb registres des del 1996 fins al 2012, es realitzen els tres gràfics següents: Freqüència (nombre d'observacions), quantitat d'energia ($\sum H^2$) i quantitat de flux ($\sum H^2 T$). En la taula 1 es mostren les dades obtingudes:

SUD	m	0-150	150-300	300-450	450-600	600-750	750-900	900-1050	1050-1200	1200-1350	1350-1500
	Angles	40-43	43-47	47-52	52-59	59-68	68-79	79-92	92-106	106-120	120-133
FREQ	nº	245	549	957	2416	4700	4605	3660	3019	2952	2700
	Acomulada	33335	33090	32541	31584	29168	24468	19863	16203	13184	10232
	%	0.73%	1.65%	2.87%	7.25%	14.10%	13.81%	10.98%	9.06%	8.86%	8.10%
	% acumula	100.00%	99.27%	97.62%	94.75%	87.50%	73.40%	59.59%	48.61%	39.55%	30.69%
ENERG	H ²	30.72	55.82	102.39	271.72	929.8	2964.39	6820.41	6962.39	2638.89	1218.64
	Acomulada	23041.7	23011	22955.2	22852.77	22581.05	21651.25	18686.86	11866.45	4904.06	2265.17
	%	0.13%	0.24%	0.44%	1.18%	4.04%	12.87%	29.60%	30.22%	11.45%	5.29%
	% acumula	100.00%	99.87%	99.62%	99.18%	98.00%	93.97%	81.10%	51.50%	21.28%	9.83%
FLUX	H2T	102.69	204.97	406.19	1248.13	5332.97	22610.56	58845.65	61485.51	18626.19	7526.33
	Acomulada	180974	180871	180666	180260.1	179012	173679	151068.5	92222.8	30737.29	12111.1
	%	0.06%	0.11%	0.22%	0.69%	2.95%	12.49%	32.52%	33.97%	10.29%	4.16%
	% acumula	100.00%	99.94%	99.83%	99.61%	98.92%	95.97%	83.48%	50.96%	16.98%	6.69%

Taula 1: Taula amb les dades obtingues un cop realitzat els càlculs.

En aquest cas, degut a la localització del port, s'ha estudiat el comportament només aigües avall ja que el port es troba arrecerat pel Cap de Barra.

En aquests gràfics s'ha realitzat una discretització de la línia de costa, amb trams de 150 metres.

L'eix de les abscisses està situat de manera que punt 0 és el punt més allunyat de la costa aigües avall que va en línia recta fins al punt 1500m (punt més proper al port).

- *Gràfic de Freqüències:*

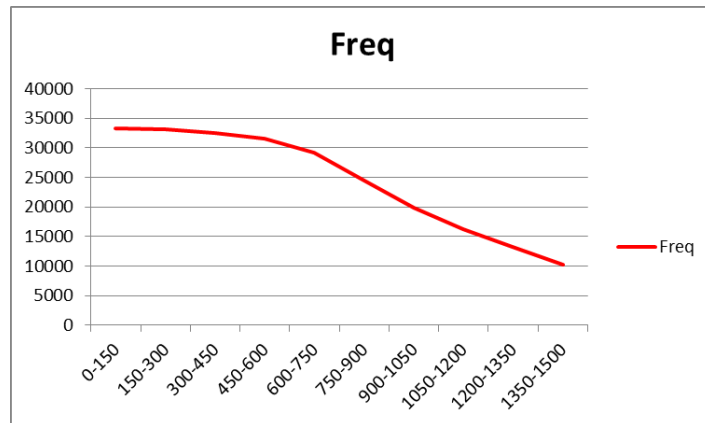


Figura 25: Gràfic de freqüència del Port de l'Estartit.

El gràfic de freqüència representa el nombre d'onades observades en cada tram de la discretització de la costa. Està representat de forma acumulativa, de tal manera que a cada tram de costa se li suma el nombre d'observacions del tram anterior a ell (allunyant-se sempre del port).

Tal com era d'esperar, la presència del port genera una diferència d'observacions al llarg de la costa. Com es pot observar, a mesura que ens allunyem del port la gràfica tendeix a un mateix valor (forma asimptòtica). És interessant observar que en aigües avall la afecció del port queda constatada amb una disminució de 21,118 ones.

S'observa que l'asímtota s'assoleix a aproximadament 34,000 observacions i que és a partir del punt 700 quan el gràfic assolix l'asímtota.

- *Gràfic d'energies:*

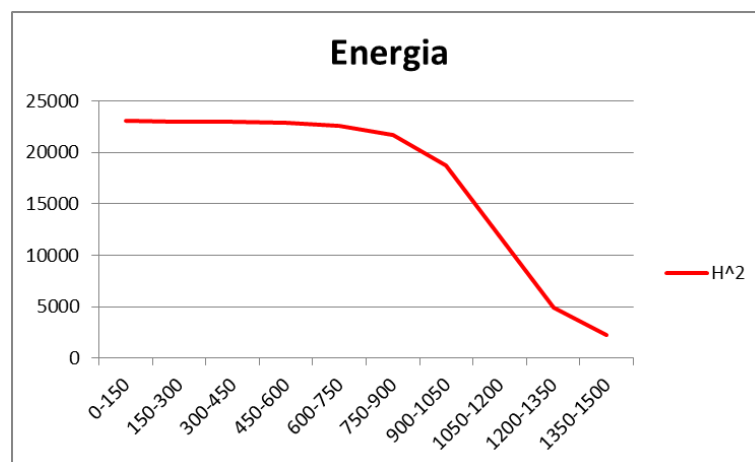


Figura 26: Gràfic de quantitat d'energia del Port de l'Estartit.

En el cas de la quantitat d'energia, aigües avall l'asímtota es forma a partir del punt 850 aproximadament.

La zona d'influència del port es situa a 600 metres d'aquest i té un diferencial de quantitat d'energia de 20,776 m². Més endavant es detallara junt amb la imatge del port.

- *Gràfic de quantitat de flux:*

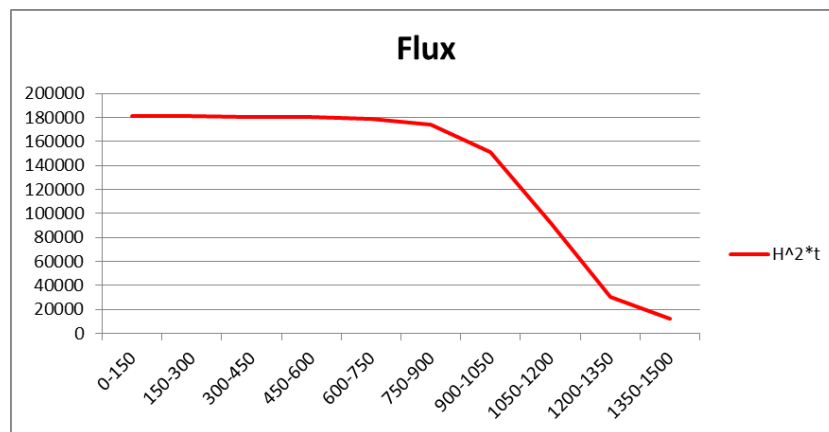


Figura 27: Gràfic de quantitat de flux del Port de l'Estartit.

El flux es proporcional al transport de sediments, i per tant es pot esperar que hi haurà més transport en la zona asimptòtica i menys transport en el sector més proper al port.

El gràfic de quantitat de flux concorda amb el de quantitat d'energia degut a que també presenta el màxim al punt 900 (que és també on la quantitat d'energia és màxima) i per tant és en aquell punt on hi haurà una forta erosió essent un punt susceptible a protegir.

És a partir del punt 900 fins al 1500m on baixa considerablement el transport de sediments. En mirar la línia de costa s'observa que a partir d'aquell punt presenta acumulació de sediments en forma parabòlica fins al contradic del port.

És important destacar que les tres gràfiques tenen la mateixa forma (forma asimptòtica) i que les tres assoleixen la asímtota en el mateix punt: a 600 metres del port aigües avall, aproximadament.



Figura 28: Zona afectada per la dinàmica litoral.

En primer lloc, a 300m del port és on hi ha el primer pic d'energia fins al tram de 900-1050m que es fa asimptòtic.

És interessant observar que és just en aquest increment d'energia on hi ha el punt de difracció de l'onatge degut a que aigües amunt d'aquest punt hi ha un episodi clar de sedimentació fins al port en forma de paràbola i a aigües avall d'aquest punt un fort punt d'erosió que es troba protegit per un mur escullera.

S'observa també que en aquest tram on l'energia ja és màxima, la platja s'aprima lleugerament. És en aquest punt on, si l'energia i el flux fos prou elevada com per haver-hi erosió s'hauria de considerar la construcció d'una obra de protecció. Tot i així, no hi ha diferencial d'energia sinó que en aquest punt d'estretament de la platja (marcada en groc) ja s'ha assolit l'energia màxima.

- *Direccions efectives:*

A la imatge de les direccions efectives del port d'Arenys, es representa en color blau tot l'onatge que incideix al port, en vermell les que afecten directament al port (rang d'angles entre 40-133°) i en color groc aquelles ones en episodis de temporals, considerant només aquells registres on l'altura d'ona és superior o igual a 2 metres.



Figura 29: Direccions efectives del port de l'Estartit

En aquest cas no varia gaire, i en els dos casos la suma vectorial de les direccions incideixen en el punt de sedimentació amb el que és de suposar que el mateix dic protegeix la platja d'aquestes ones.

2) Port de Blanes

El punt WANA utilitzat per propagar l'onatge fins a la bocana del port de Blanes, amb un calat de 8m, és el número 2117139.

A partir de les dades obtingudes al propagar l'onatge fins la bocana del port, amb registres des del 1996 fins al 2012, es realitzen els tres gràfics següents: Freqüència (nombre d'observacions), quantitat d'energia ($\sum H^2$) i quantitat de flux ($\sum H^2 T$). En la taula 2 es mostren les dades obtingudes:

SUD	m	0-84	84-168	168-252	252-336	336-420	420-504	504-588	588-672	672-756	756-840
	Zona Sud	77-79	79-82	82-86	86-91	91-97	97-103	103-111	111-120	120-129	129-139
FREQ	n'	1120	1765	2065	1813	1732	1321	1629	2075	2030	1807
	Acomulada	30299	29179	27414	25349	23536	21804	20483	18854	16779	14749
	%	3.70%	5.83%	6.82%	5.98%	5.72%	4.36%	5.38%	6.85%	6.70%	5.96%
	% acumulat	100.00%	96.30%	90.48%	83.66%	77.68%	71.96%	67.60%	62.23%	55.38%	48.68%
ENERG	H ²	236.09	484.37	798.47	1177.17	1802.21	1726.49	1362.66	1440.34	960.04	624.47
	Acomulada	13132.87	12896.78	12412.41	11613.94	10436.77	8634.56	6908.07	5545.41	4105.07	3145.03
	%	1.80%	3.69%	6.08%	8.96%	13.72%	13.15%	10.38%	10.97%	7.31%	4.76%
	% acumulat	100.00%	98.20%	94.51%	88.43%	79.47%	65.75%	52.60%	42.23%	31.26%	23.95%
FLUX	H2T	1625.68	3599.77	6350.85	9794.71	15278.2	15696.68	10245.73	10293.92	6375.54	3756.93
	Acomulada	96599.94	94974.26	91374.49	85023.64	75228.93	59950.73	44254.05	34008.32	23714.4	17338.86
	%	1.68%	3.73%	6.57%	10.14%	15.82%	16.25%	10.61%	10.66%	6.60%	3.89%
	% acumulat	100.00%	98.32%	94.59%	88.02%	77.88%	62.06%	45.81%	35.21%	24.55%	17.95%

Taula 2: Taula amb les dades obtingues un cop realitzat els càlculs.

En aquest cas, degut a la localització del port, s'ha estudiat el comportament només aigües avall ja que el port es troba arrecerat per un massís rocós.

En aquests gràfics s'ha realitzat una discretització de la línia de costa, amb trams de 84 metres.

L'eix de les abscisses està situat de manera que punt 0 és el punt més allunyat de la costa aigües avall que va en línia recta fins al punt 840m (punt més proper al port).

- *Gràfic de Freqüències:*

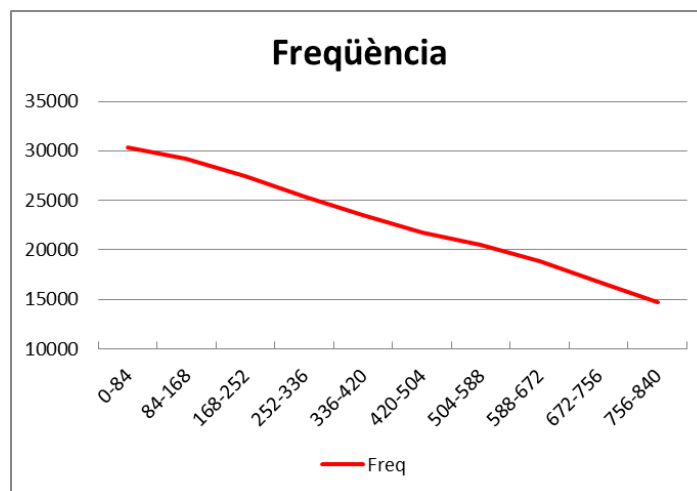


Figura 30: Gràfic de freqüència del Port de Blanes.

En aquest cas, s'ha de tenir en compte que el tram seleccionat de 840m des del port aigües avall sembla que no presenti una forma tant asimptòtica com en altres casos. Això és degut a que en un inici es va escollir un tram massa llarg de costa (de 3km) i s'observava que fins a aproximadament 700metres del port no s'observava a on deixava de ser asimptòtic i per tant, es va optar per seleccionar un tram de costa més curt amb una discretització és acurada.

El gràfic de freqüència representa el nombre d'onades observades en cada tram de la discretització de la costa. Està representat de forma acumulativa, de tal manera que a cada tram de costa se li suma el nombre d'observacions del tram anterior a ell (allunyant-se sempre del port).

Tal com era d'esperar, la presència del port genera una diferència d'observacions al llarg de la costa. A mesura que ens allunyem del port la gràfica tendeix a un mateix valor (forma asimptòtica), tot i que no surti representat. Seria a partir de 700 metres del port on assoliria l'asímtota. És interessant observar que en aigües avall la afecció del port queda constatada amb una disminució de 15,550 ones.

- *Gràfic d'energies:*

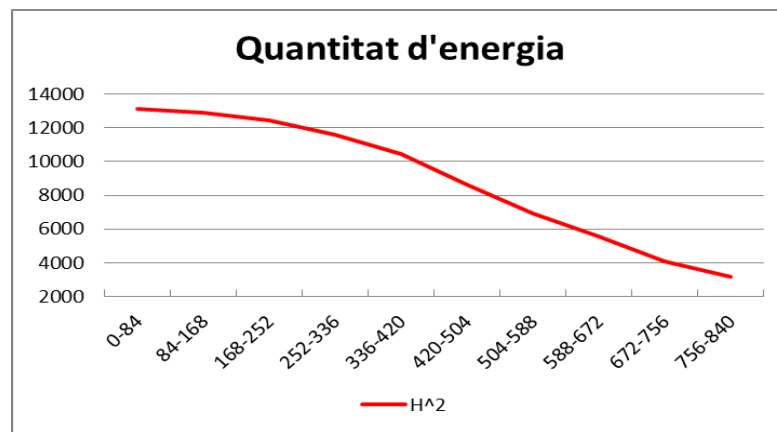


Figura 31: : Gràfic de quantitat d'energia del Port de Blanes.

En el cas de la quantitat d'energia no s'observa cap pic, però sí que es veu que l'asímtota s'assoliria a 550m aproximadament del port (és a dir, al punt 252m).

Observant la configuració d'aquest port i del seu entorn, és lògic que l'asímtota es formi a partir del metre 252 ja que és en aquest punt on es troba el morro de Sa Palomera. Aquest conjunt de roques protegeix la platja de l'onatge incident.

La major informació que s'extreu de la gràfica és en observar el tram de costa on es produeix la major variació d'energia. Aquesta zona coincideix amb la frontera de la zona d'influència del port que va des del punt 252-588m, com ja s'ha dit, i que pateix un diferencial d'energia de 5.504,34m².

- *Gràfic de quantitat de flux:*

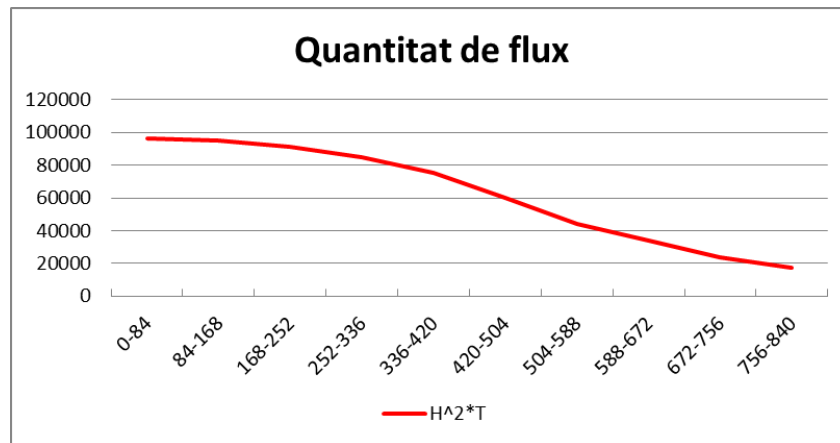


Figura 32: Gràfic de quantitat de flux del Port de Blanes.

Es pot observar que el principal punt en comú de les tres gràfiques és que a partir del punt 252 (a 588m de la bocana) és el punt on s'assoleix l'asíptota.

Com s'ha dit anteriorment el flux es proporcional al transport de sediments, i per tant es pot esperar hi haurà més transport en la zona asíptotica i menys transport en el sector més proper al port.

El gràfic de quantitat de flux concorda amb el de quantitat d'energia degut a que també presenta el màxim al punt 252 (que és també on la quantitat d'energia és màxima) i per tant és en aquell punt on hi haurà una forta erosió essent un punt susceptible a protegir (veure figura 32). Però justament en aquell punt és on hi ha la illa de Sa Palomera i per tant el punt de difracció torna a actuar allà.

És a partir del punt 400 fins al 840m on baixa considerablement el transport de sediments. En mirar la línia de costa s'observa que a partir d'aquell punt presenta acumulació de sediments en forma parabòlica fins al contradic del port.

És important destacar que les tres gràfiques tenen la mateixa forma (forma asíptotica) i que les tres assoleixen la asíptota en el mateix punt: a 400 metres del port aigües avall, aproximadament.



Figura 33: Acomulació-erosió de la platja per l'alteració de la dinàmica litoral.

És interessant observar que és just en aquest increment d'energia on hi ha el punt de difracció de l'onatge, però que degut a la illa de Sa Palomera es torna a difractar l'onatge. Aquell punt ha estat protegit en varies ocasions ja que ara es tracta d'un passeig fins a arribar a la illa.

3) Port d'Arenys de Mar

El punt WANA utilitzat per propagar l'onatge fins a la bocana del port d'Arenys de Mar, amb un calat de 7m, és el número 2114138.

A partir de les dades obtingudes al propagar l'onatge fins la bocana del port, amb registres des del 1996 fins al 2012, es realitzen els tres gràfics següents: Freqüència (nombre d'observacions), quantitat d'energia (ΣH^2) i quantitat de flux ($\Sigma H^2 T$). En la taula 3 es mostren les dades obtingudes:

SUD	m	0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-700	700-800	800-900	900-1000	1000-1100	1100-1200	1200-1300	1300-1400	1400-1500
	Angles	84-85	85-86	86-87,5	87,5-89,5	89,5-92	92-95	95-99	99-104	104-110	110-117	117-125	125-134	134-143	143-153	153-163
FREQ	n°	139	139	300	329	433	633	1029	1601	2366	3285	2832	2770	1883	1646	1644
	Acomulada	37674	37535	37396	37096	36767	36334	35701	34672	33071	30705	27420	24588	21818	19935	18289
	%	0.37%	0.37%	0.80%	0.87%	1.15%	1.68%	2.73%	4.25%	6.28%	8.72%	7.52%	7.35%	5.00%	4.37%	4.36%
	% acumulat	100.00%	99.63%	99.26%	98.47%	97.59%	96.44%	94.76%	92.03%	87.78%	81.50%	72.78%	65.27%	57.91%	52.91%	48.55%
ENERG	H ²	21.94	21.26	48.85	53.78	66.35	96.91	160.98	264.88	475.38	1095.66	1815.36	1657.05	645.38	515.25	590.01
	Acomulada	13838.69	13816.75	13795.49	13746.64	13692.86	13626.51	13529.6	13368.62	13103.74	12628.36	11532.7	9717.34	8060.29	7414.91	6899.66
	%	0.16%	0.15%	0.35%	0.39%	0.48%	0.70%	1.16%	1.91%	3.44%	7.92%	13.12%	11.97%	4.66%	3.72%	4.26%
	% acumulat	100.00%	99.84%	99.63%	99.33%	98.95%	98.47%	97.77%	96.60%	94.69%	91.25%	83.34%	70.22%	58.24%	53.58%	49.86%
FLUX	H ² T	83.69	82.22	194.08	214.11	271.68	429.16	739.53	1340.84	2767.79	7517.04	14526.75	12566.62	4025.19	3058	3621.89
	Acomulada	92027.3	91943.61	91861.39	91667.31	91453.2	91181.52	90752.36	90012.83	88671.99	85904.2	78387.16	63860.41	51293.79	47268.6	44212.6
	%	0.09%	0.09%	0.21%	0.23%	0.30%	0.47%	0.80%	1.46%	3.01%	8.17%	15.79%	13.66%	4.37%	3.32%	3.94%
	% acumulat	100.00%	99.91%	99.82%	99.61%	99.38%	99.08%	98.61%	97.81%	96.35%	93.35%	85.16%	69.33%	55.74%	51.36%	48.04%

Taula 3: Taula amb les dades obtingues un cop realitzat els càlculs.

En aquest cas, degut a la morfologia del port, s'ha estudiat el comportament tant en aigües avall del port com en aigües amunt, ja que en aquests dos trams

presenta un entorn sedimentari susceptible a ser modificat per la presència del port.

En aquests gràfics s'ha realitzat una discretització de la línia de costa, amb trams de 100 metres aigües avall i 115 metres aigües amunt.

L'eix de les abscisses està situat de manera que punt 0 és el punt més allunyat de la costa aigües avall que va en línia recta fins al punt 1500m (punt més proper al port). En el cas d'aigües amunt, des del punt 0 (més proper al port) fins al punt 1725 aigües amunt. Com es pot observar, tant el tram d'aigües avall com el d'aigües amunt ha estat discretitzat en 15 parts iguals.

- *Gràfic de Freqüències:*

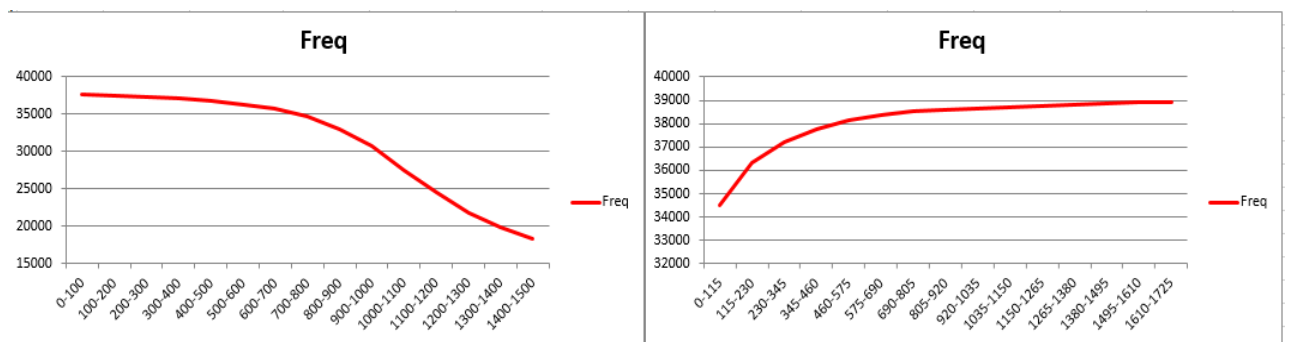


Figura 34: Gràfic de freqüència del Port d'Arenys de Mar.

El gràfic de freqüència representa el nombre d'onades observades en cada tram de la discretització de la costa. Està representat de forma acumulativa, de tal manera que a cada tram de costa se li suma el nombre d'observacions del tram anterior a ell (allunyant-se sempre del port).

Tal com era d'esperar, la presència del port genera una diferència d'observacions al llarg de la costa. Com es pot observar, a mesura que ens allunyem del port la gràfica tendeix a un mateix valor (forma asimptòtica). És interessant observar que en aigües avall la afecció del port queda constatada amb una disminució de 19,385 ones, mentre que aigües amunt la diferència entre el punt més proper al port i el punt més allunyat (fora de l'àrea d'influència del port) és només de 4,442 ones.

Tot i així la asímptota, en ambdós casos, s'estableix al voltant de 39,000 observacions, evidenciant que les onades que arriben aigües amunt són les mateixes que arriben aigües avall, donant consistència als càlculs realitzats.

Aigües avall s'observa que és a partir del punt 700 quan el gràfic assoleix l'asímtota.

- Gràfic d'energies:

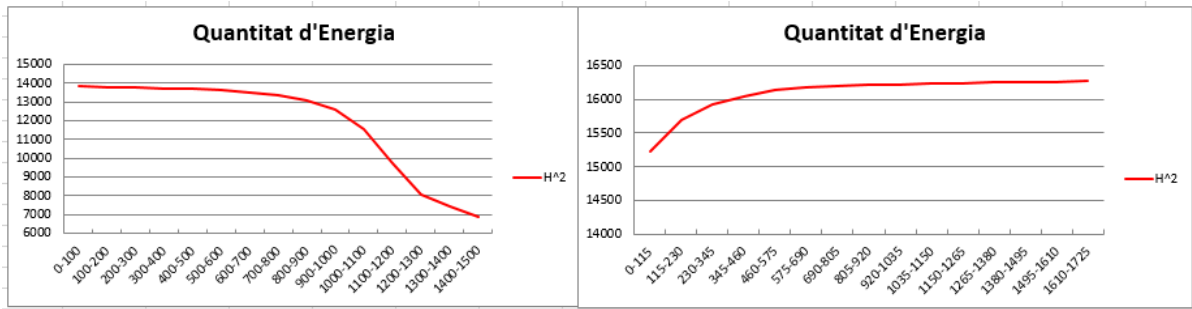


Figura 35: Gràfic de quantitat d'energia del Port d'Arenys de Mar.

En el cas de la quantitat d'energia, aigües avall l'asímtota es forma a partir del punt 850 aproximadament. Tot i així ja es veu clarament que la diferència d'energia aigües avall torna a ser més elevada que aigües amunt.

A aigües amunt gairebé la diferència d'energia és de 1,000m² mentre que a aigües avall aquesta diferència és de gairebé 7,000m². És per això que es centrarà a estudiar el comportament aigües avall ja que és a on hi ha un salt d'energia més elevat i per tant on es pot esperar una major modificació de la línia de costa.

Així doncs, la major informació que s'extreu de la gràfica és observant el tram de costa on es produeix la major variació d'energia, aigües avall del port. La zona d'influència del port es situa a 600m i, com ja s'ha dit, pateix un diferencial d'energia de 7,000m².

- Gràfic de quantitat de flux:

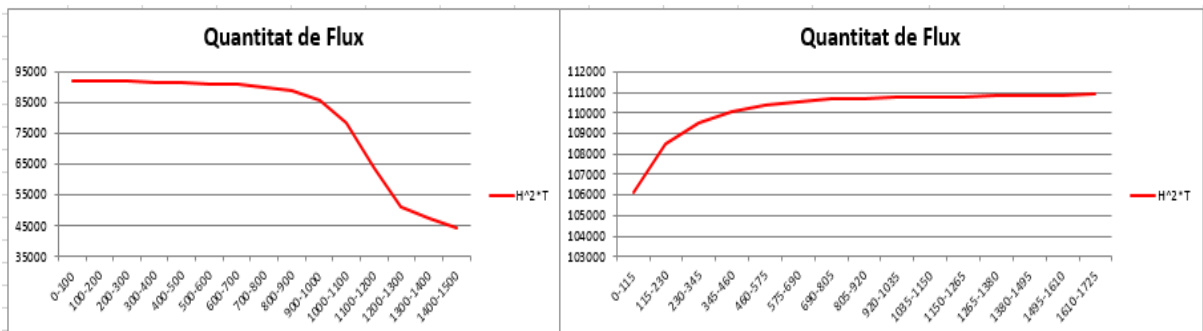


Figura 36: Gràfic de quantitat de flux del Port d'Arenys de Mar.

La diferència de quantitat de flux aigües amunt és gairebé inexistent (400 m²·s), en canvi a aigües avall és més elevada (de 52,815 m²·s).

Com s'ha dit anteriorment, el flux es proporcional al transport de sediments, i per tant es pot esperar que hi haurà més transport en la zona asimptòtica i menys transport en el sector més proper al port.

El gràfic de quantitat de flux concorda amb el de quantitat d'energia degut a que també presenta el màxim al punt 900 (que és també on la quantitat d'energia és màxima) i per tant és en aquell punt on hi haurà una forta erosió essent un punt susceptible a protegir.

És a partir del punt 900 fins al 1500m on baixa considerablement el transport de sediments. En mirar la línia de costa s'observa que a partir d'aquell punt presenta acumulació de sediments en forma parabòlica fins al contradic del port.

És important destacar que les tres gràfiques tenen la mateixa forma (forma asimptòtica) i que les tres assoleixen la asímptota en el mateix punt: a 600m del port aigües avall, aproximadament.



Figura 37: Resultats de l'erosió i accreió de línia de costa del port d'Arenys de Mar.

En primer lloc, aigües avall, a 200m del port és on hi ha el primer pic d'energia fins al punt 900m (a 600m del port) que és a on fa asimptòtic.

És interessant observar que és just en aquest increment d'energia on hi ha el punt de difracció de l'onatge degut a que aigües amunt d'aquest punt hi ha un episodi clar de sedimentació fins al port en forma de paràbola i a aigües avall d'aquest punt un fort punt d'erosió que es troba protegit per un mur escullera.

- *Direccions efectives:*

A la imatge de les direccions efectives del port d'Arenys, es representa en color blau tot l'onatge que incideix al port, en vermell les que afecten directament al port (rang d'angles entre 84-163º) i en color groc aquelles ones en episodis de

temporals, considerant només aquells registres on l'altura d'ona és superior o igual a 2 metres.

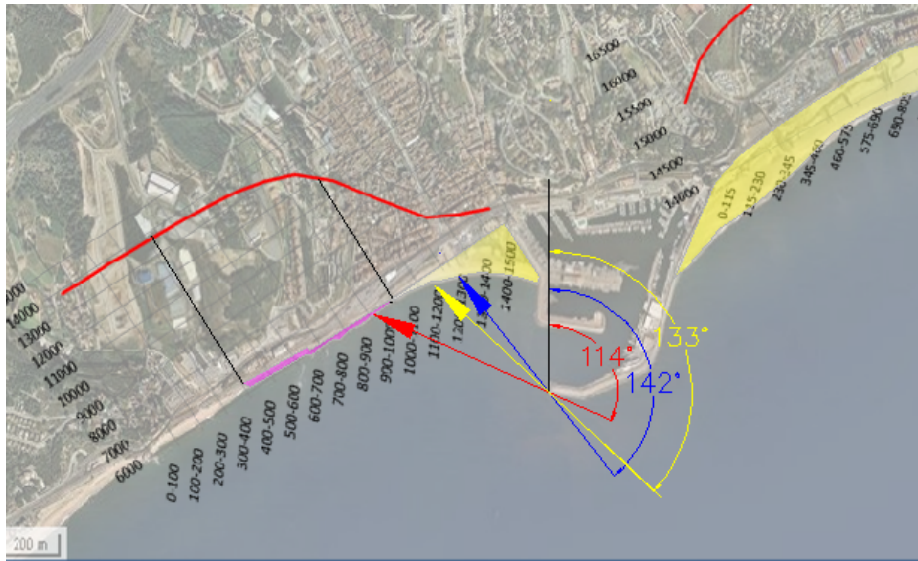


Figura 38: Direccions efectives del port d'Arenys de Mar.

En aquest cas, s'observa que en el cas de les direccions d'onatge que són afectades pel port van a impactar en la zona protegida per escullera, amb una direcció resultant de 114° . Veure que també coincideix en el punt on la gràfica de quantitat d'energia es fa asimptòtica, a uns 600 metres del port.

La suma vectorial de les direccions que incideixen en general a la costa, en blau, aquestes són gairebé perpendicular a la costa, amb una resultant de 142° .

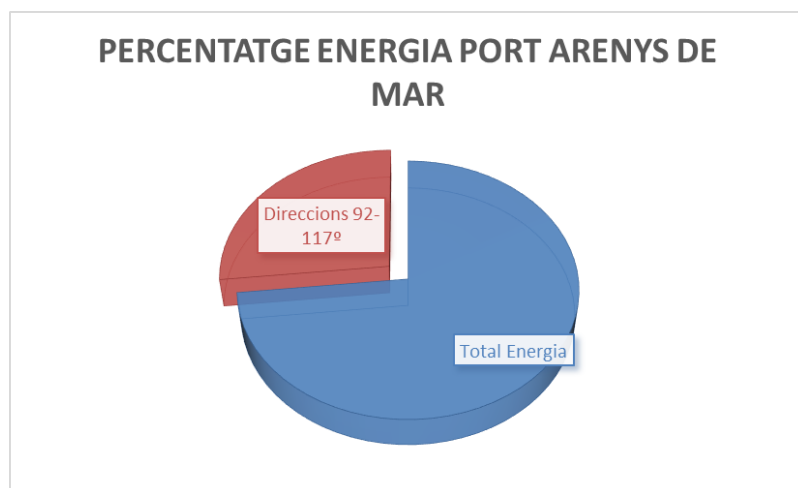
I finalment, la resultant de les direccions dels episodis amb temporal és de 133° . Aquesta resultant incideix en la zona d'influència pel port, en la zona on hi ha el salt d'energia al llarg de 200 metres.

Amb tota aquesta informació, s'ha optat per estudiar quina és la quantitat d'energia que rep el tram protegit pel reforçament artificial d'escullera. És a dir, un cop traçades les direccions que impacten al reforçament veure quin percentatge d'energia, respecte la total, rep aquest tram de costa.



Figura 39: Rang d'angles de la zona de protecció.

Les rang de direccions que van a donar al mur escullera és d'entre 92-117°. I la quantitat d'energia es compara amb la total rebuda a la costa per tal de calcular els percentatges següents:



El 36% de l'augment de la quantitat d'energia rebuda per la costa impacta al llarg d'un tram de 600 metres de la costa.

4) Port de Balís

El punt WANA utilitzat per propagar l'onatge fins a la bocana del port de Balís, amb un calat de 4.5 metres, és el número 2114138.

A partir de les dades obtingudes al propagar l'onatge fins la bocana del port, amb registres des del 1996 fins al 2012, es realitzen els tres gràfics següents: Freqüència (nombre d'observacions), quantitat d'energia ($\sum H^2$) i quantitat de flux ($\sum H^2 T$). En la taula 4, es mostren les dades obtingudes:

SUD	m	0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-700	700-800	800-900	900-1000
Angles		73-74	74-76	76-78	78-81	81-84	84-88	88-94	94-102	102-114	114-130
FREQ	nº	21	36	81	166	217	374	751	1460	4036	7969
	Acomulada	38561	38540	38504	38423	38257	38040	37666	36915	35455	31419
	%	0.05%	0.09%	0.21%	0.43%	0.56%	0.97%	1.95%	3.79%	10.47%	20.67%
	% acumulat	100.00%	99.95%	99.85%	99.64%	99.21%	98.65%	97.68%	95.73%	91.95%	81.48%
ENERG	H^2	1.08	2.37	4.98	11.27	17.62	33.33	84.58	183.13	599.91	3640.82
	Acomulada	12883.74	12882.66	12880.29	12875.31	12864.04	12846.42	12813.09	12728.51	12545.38	11945.47
	%	0.01%	0.02%	0.04%	0.09%	0.14%	0.26%	0.66%	1.42%	4.66%	28.26%
	% acumulat	100.00%	99.99%	99.97%	99.93%	99.85%	99.71%	99.45%	98.80%	97.37%	92.72%
FLUX	H2T	3.04	6.75	14.89	34.54	55.05	109.28	299.35	729.29	2981.86	27504.78
	Acomulada	86616.89	86613.85	86607.1	86592.21	86557.67	86502.62	86393.34	86093.99	85364.7	82382.84
	%	0.00%	0.01%	0.02%	0.04%	0.06%	0.13%	0.35%	0.84%	3.44%	31.75%
	% acumulat	100.00%	100.00%	99.99%	99.97%	99.93%	99.87%	99.74%	99.40%	98.55%	95.11%

Taula 4: Taula amb les dades obtingues un cop realitzat els càlculs.

Degut a la morfologia del port, en aquest cas també s'ha estudiat el comportament tant en aigües avall del port com en aigües amunt, ja que en aquests dos trams presenta un entorn sedimentari susceptible a ser modificat per la presència del port.

En aquests gràfics s'ha realitzat una discretització de la línia de costa amb trams de 100 metres aigües avall i 86 metres aigües amunt.

L'eix de les abscisses està situat de manera que punt 0 és el punt més allunyat de la costa aigües avall que va en línia recta fins al punt 1000m (punt més proper al port). En el cas d'aigües amunt, des del punt 0 (més proper al port) fins al punt 860m (punt més allunyat del port). Com es pot observar, tant el tram d'aigües avall com el d'aigües amunt ha estat discretitzat en 10 parts iguals.

- Gràfic de Freqüències:

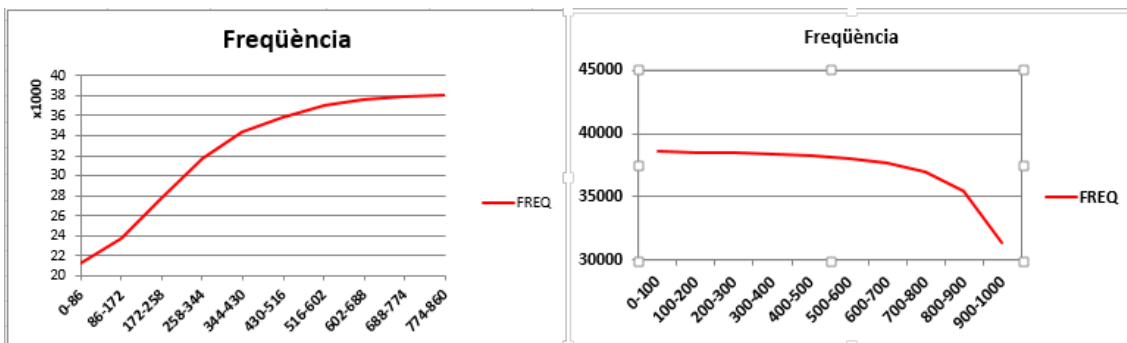


Figura 40: Gràfic de freqüències del port de Balís.

El gràfic de freqüència representa el nombre d'onades observades en cada tram de la discretització de la costa. Està representat de forma acumulativa, de tal manera que a cada tram de costa se li suma el nombre d'observacions del tram anterior a ell (allunyant-se sempre del port).

Tal com era d'esperar, la presència del port genera una diferència d'observacions al llarg de la costa. Com es pot observar, a mesura que ens

allunyem del port la gràfica tendeix a un mateix valor, assolint una forma asimptòtica.

És interessant observar que en aigües avall la afecció del port queda constatada amb una disminució del nombre d'observacions de 7142 ones, mentre que aigües amunt la diferència entre el punt més proper al port i el punt més allunyat (fora de l'àrea d'influència del port) és de 16,936 ones, unes 10 vegades superior.

Tot i així la asymptota, en ambdós casos, s'estableix al voltant de 38,000 observacions, evidenciant que les onades que arriben aigües amunt són les mateixes que arriben aigües avall, donant consistència als càlculs realitzats.

Aigües avall s'observa que és a partir del punt 700m quan el gràfic assoleix l'asímtota, a 300m del port. En canvi a aigües amunt s'assoleix a uns 400-500m del port.

- Gràfic d'energies:

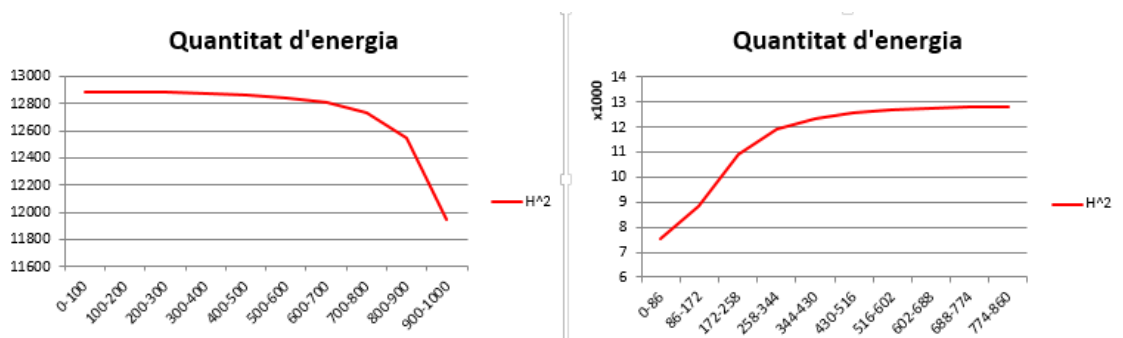


Figura 41: Gràfic de quantitat d'energia del port de Balís.

En el cas de la quantitat d'energia, aigües avall l'asímtota es forma a partir del punt 700m aproximadament.

A aigües amunt la diferència d'energia és de 5300m² mentre que a aigües avall aquesta diferència és de 938m².

Així doncs, la major informació que s'extreu de la gràfica és observant el tram de costa on es produeix la major variació d'energia, aigües avall del port. La zona d'influència del port es situa a 600m i, com ja s'ha dit, pateix un diferencial d'energia de 7,000m².

- Gràfic de quantitat de flux:

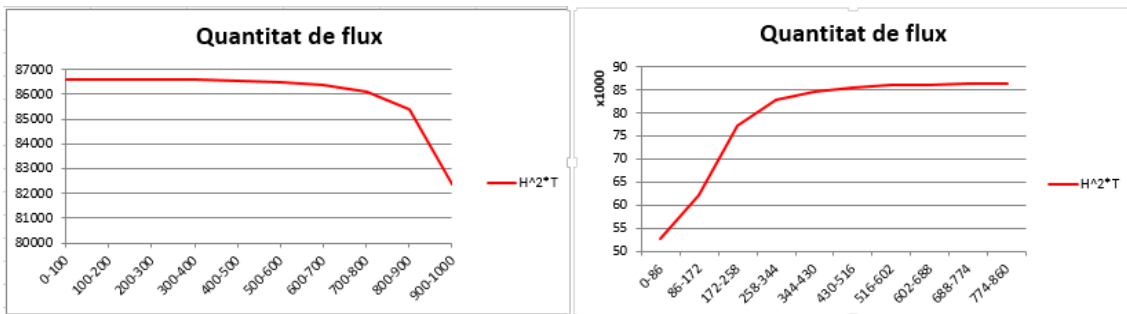


Figura 42: Gràfic de quantitat de flux del port de Balís.

Un altre cop en aquest gràfic, la diferència de quantitat de flux aigües amunt és gairebé inexistent ($500 \text{ m}^2\cdot\text{s}$), en canvi a aigües avall és més elevada (de $47,814.7 \text{ m}^2\cdot\text{s}$).

Com s'ha dit anteriorment, el flux es proporcional al transport de sediments, i per tant es pot esperar que hi haurà més transport en la zona asimptòtica i menys transport en el sector més proper al port.

El gràfic de quantitat de flux concorda amb el de quantitat d'energia degut a que també presenta el màxim al punt 900 (que és també on la quantitat d'energia és màxima) i per tant és en aquell punt on hi haurà una forta erosió essent un punt susceptible a protegir.

És a partir del punt 900 fins al 1500m on baixa considerablement el transport de sediments. En mirar la línia de costa s'observa que a partir d'aquell punt presenta acumulació de sediments en forma parabòlica fins al contradic del port.



Figura 43: Resultats de l'erosió i sedimentació del port de Balís.

En primer lloc, aigües avall, a 100m del port és on hi ha el primer pic d'energia fins al punt 700m (a 300m del port) que és a on fa asimptòtic. És a dir en 200m presenta un salt important d'energia que es veu reflectit per l'estretament considerable de la línia de platja.

És interessant observar que és just en aquest increment d'energia on hi ha el punt de difracció de l'onatge degut a que aigües amunt d'aquest punt hi ha un episodi clar de sedimentació fins al port en forma de paràbola i a aigües avall d'aquest punt, després d'un fort punt d'erosió de la platja, torna a haver sedimentació fins al espigó que protegeix l'impacte dels onatges més aigües avall.

Aquest espigó també afavoreix la formació de la platja aigües amunt del mateix, on de la mateixa manera afecta al punt de màxima erosió fent que després es creï aquest episodi de sedimentació.

- *Direccions efectives:*

A la imatge de les direccions efectives del port de Balís, es representa en color blau tot l'onatge que incideix al port, en vermell les que afecten directament al port (rang d'angles entre 73-102°).



Figura 44: Direccions efectives del port de Balís.

En aquest cas, s'observa que en el cas de les direccions d'onatge que són afectades pel port van a impactar al punt on el gràfic de quantitat d'energia comença a ser asimptòtic, a 300m del port.

La suma vectorial de les direccions que incideixen en general a la costa, en blau, aquestes són gairebé perpendicular a la costa, amb una resultant de 147°. I aquestes coincideixen amb un pic del salt d'energia que es situa a 100m del port.

5) Port de Mataró

El punt WANA utilitzat per propagar l'onatge fins a la bocana del port de Mataró, amb un calat de 8 metres, és el número 2114138.

A partir de les dades obtingudes al propagar l'onatge fins la bocana del port, amb registres des del 1996 fins al 2012, es realitzen els tres gràfics següents: Freqüència (nombre d'observacions), quantitat d'energia ($\sum H^2$) i quantitat de flux ($\sum H^2 T$). En la taula 5 es mostren les dades obtingudes:

SUD	m	0-130	130-260	260-390	390-520	520-650	650-780	780-910	910-1040	1040-1170	1170-1300
	Angles	74-76	76-79	79-83	83-88	88-94	94-102	102-113	113-127	127-142	142-157
FREQ	nº	211	453	698	1093	1629	3259	5256	4161	3324	2455
	Acomulada	39525	39314	38861	38163	37070	35441	32182	26926	22765	19441
	%	0.53%	1.15%	1.77%	2.77%	4.12%	8.25%	13.30%	10.53%	8.41%	6.21%
	% acumulat	100.00%	99.47%	98.32%	96.55%	93.79%	89.67%	81.42%	68.12%	57.60%	49.19%
ENERG	H ²	37.82	77.79	128.7	202.48	288.59	624.93	2017.03	2838.64	1359.15	788.73
	Acomulada	13164.33	13126.51	13048.72	12920.02	12717.54	12428.95	11804.02	9786.99	6948.35	5589.2
	%	0.29%	0.59%	0.98%	1.54%	2.19%	4.75%	15.32%	21.56%	10.32%	5.99%
	% acumulat	100.00%	99.71%	99.12%	98.14%	96.61%	94.41%	89.67%	74.34%	52.78%	42.46%
FLUX	H2T	145.61	319.59	531.9	889.57	1399.05	3526.24	14744.41	22678.53	8937.85	4657.18
	Acomulada	86441.23	86295.62	85976.03	85444.13	84554.56	83155.51	79629.27	64884.86	42206.33	33268.48
	%	0.17%	0.37%	0.62%	1.03%	1.62%	4.08%	17.06%	26.24%	10.34%	5.39%
	% acumulat	100.00%	99.83%	99.46%	98.85%	97.82%	96.20%	92.12%	75.06%	48.83%	38.49%

Taula 5: Taula amb les dades obtingues un cop realitzat els càlculs.

Degut a la morfologia del port i el seu entorn, en aquest cas també s'ha estudiat el comportament tant en aigües avall del port com en aigües amunt, ja que en aquests dos trams presenta un medi sedimentari susceptible a ser modificat per la presència del port.

En aquests gràfics s'ha realitzat una discretització de la línia de costa, amb trams de 130 metres aigües avall i 130 metres aigües amunt.

L'eix de les abscisses està situat de manera que punt 0 és el punt més allunyat de la costa aigües avall que va en línia recta fins al punt 1300m (punt més proper al port). En el cas d'aigües amunt, des del punt 0 (més proper al port) fins al punt 1300m aigües amunt (punt més allunyat del port). Com es pot observar, tant el tram d'aigües avall com el d'aigües amunt ha estat discretitzat en 10 parts iguals.

- Gràfic de Freqüències:

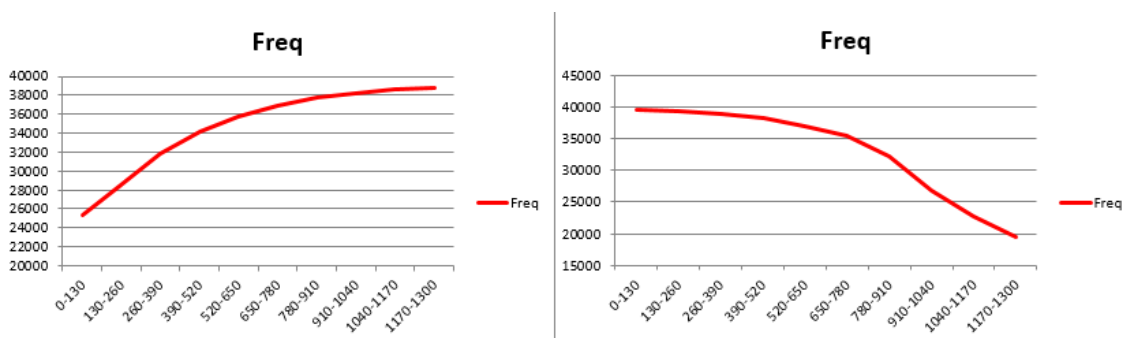


Figura 45: Gràfic de freqüències del port de Mataró.

El gràfic de freqüència representa el nombre d'onades observades en cada tram de la discretització de la costa. Està representat de forma acumulativa, de tal manera que a cada tram de costa se li suma el nombre d'observacions del tram anterior a ell (allunyant-se sempre del port).

En aquest cas també, per l'efecte de la presència del port, genera una diferència d'observacions al llarg de la costa. A mesura que ens allunyem del port

la gràfica tendeix a un mateix valor, mateixa forma asimptòtica. És interessant observar que en aigües avall la afecció del port queda constatada amb una disminució de 20,084 ones, mentre que aigües amunt la diferència entre el punt més proper al port i el punt més allunyat (fora de l'àrea d'influència del port) és de 13,486 ones.

Tot i així la asimptota, en ambdós casos, s'estableix al voltant de 39,000 observacions, evidenciant que les onades que arriben aigües amunt són les mateixes que arriben aigües avall, donant consistència als càlculs realitzats.

Aigües avall s'observa que és a partir del punt 400m quan el gràfic assoleix l'asimptota, mentre que aigües amunt es podria aproximar a 800 metres del port.

- *Gràfic d'energies:*

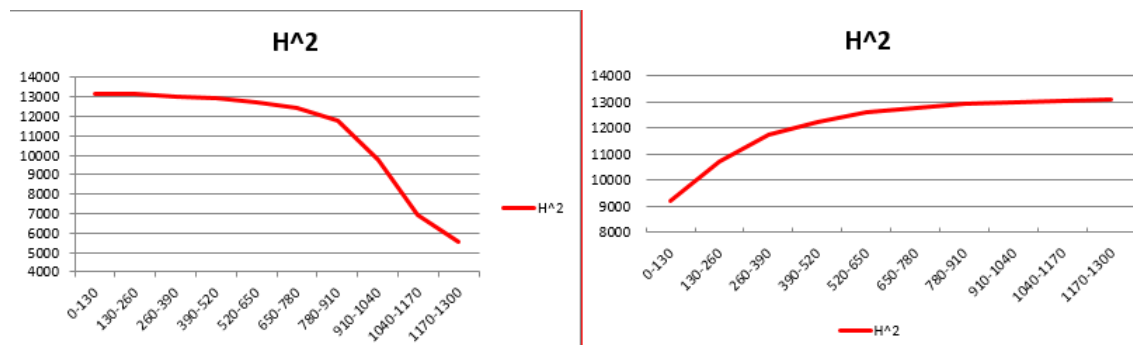


Figura 46: Gràfic de quantitat d'energia del port de Mataró.

En el cas de la quantitat d'energia, aigües avall l'asimptota es forma a uns 500 metres del port aproximadament (punt 800 del gràfic). Tot i així ja es veu clarament que la diferència d'energia aigües avall torna a ser més elevada que aigües amunt.

A aigües amunt gairebé la diferència d'energia és de $3,878\text{m}^2$ mentre que a aigües avall aquesta diferència és de gairebé $7,575\text{m}^2$. En aquest cas, es centrarà a estudiar el comportament aigües avall ja que és a on hi ha un salt d'energia més elevat i per tant on es pot esperar una major modificació de la línia de costa.

Així doncs, la major informació que s'extreu del gràfic és observant el tram de costa on es produeix la major variació d'energia, aigües avall del port. La zona d'influència del port es situa a uns 500 metres del port i, com ja s'ha dit, pateix un diferencial d'energia de $7,575\text{m}^2$.

- Gràfic de quantitat de flux:

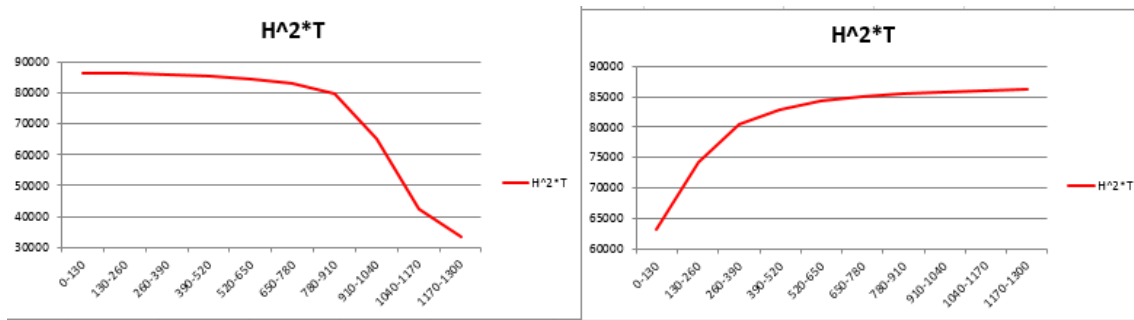


Figura 47: Gràfic de quantitat de flux del port de Mataró.

Un altre cop en aquest gràfic, la diferència de quantitat de flux aigües amunt és força baix en comparació amb aigües amunt; 22,937 m²·s en el cas d'aigües amunt i de 53,173 m²·s aigües avall.

Com s'ha dit anteriorment, el flux es proporcional al transport de sediments, i per tant es pot esperar que hi haurà més transport en la zona asimptòtica i menys transport en el sector més proper al port.

El gràfic de quantitat de flux concorda amb el de quantitat d'energia degut a que també assoleix l'asímtota a 500 metres del port (que és també on la quantitat d'energia és màxima) i per tant és en aquell punt on hi haurà una forta erosió essent un punt susceptible a protegir. (veure imatge X)

És a partir del punt 900m fins al 1300m on baixa considerablement la quantitat de flux i, que a més, coincideix amb la disminució de la quantitat d'energia. En mirar la línia de costa s'observa que a partir d'aquell punt presenta acumulació de sediments en forma parabòlica fins al contradic del port. També hi ha acumulació de sediments per la presència del espigó paral·lel al contradic, situat a 130 metres del port, que principalment el que fa és evitar l'erosió que s'ocasionaria en aquest punt.

És important destacar que les tres gràfiques tenen la mateixa forma (forma asimptòtica) i que les tres assoleixen la asímtota en el mateix punt: a 600m del port aigües avall, aproximadament.



Figura 48: Resultats de l'erosió i sedimentació del port de Mataró.

En primer lloc, aigües avall, a 200m del port és on hi ha el primer pic d'energia fins al punt 900m (a 600m del port) que és a on fa asimptòtic.

És interessant observar que el mur escullera està col·locat uns 80 metres abans no s'assoleixi l'asímptota i per tant l'energia sigui màxima.

A més a més, aigües amunt en el primer tram on l'energia va assolint el màxim de l'asímptota, presenta una acumulació de sediments als braços del port.

- *Direccions efectives:*

A la imatge de les direccions efectives del port de Mataró, es representa en color blau tot l'onatge que incideix al port, en vermell les que afecten directament al port (rang d'angles entre 74-157°) i en color groc aquelles ones en episodis de temporals, considerant només aquells registres on l'altura d'ona és superior o igual a 2 metres.

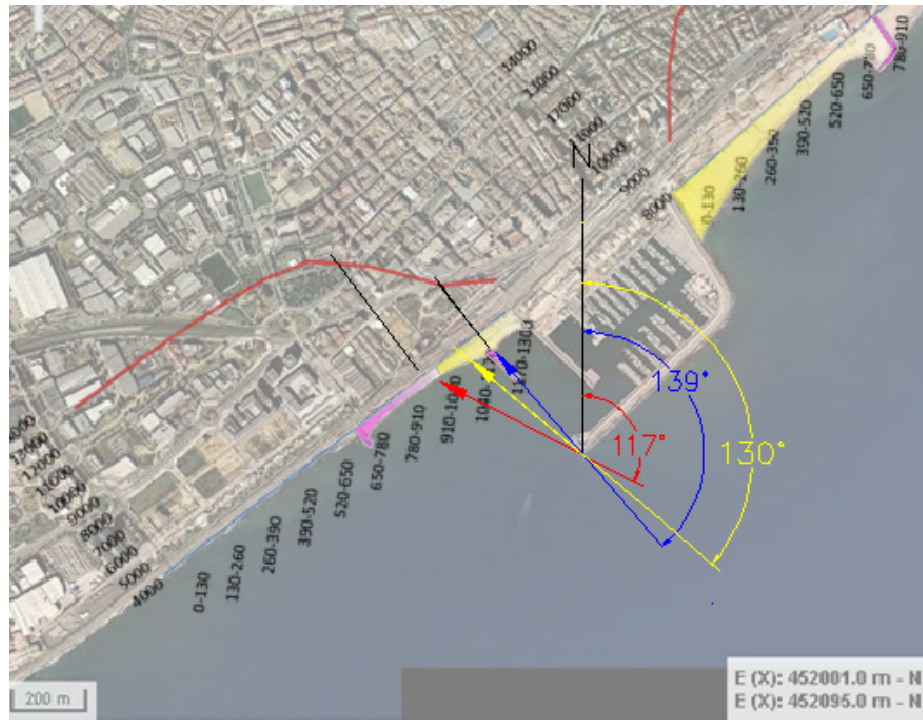


Figura 49: Direccions efectives del port de Mataró.

En aquest cas, s'observa que en el cas de les direccions d'onatge que són afectades pel port van a impactar en la zona protegida per escullera, amb una direcció resultant de 117° . Veure que també coincideix en el punt on la gràfica de quantitat d'energia es fa asimptòtica, a uns 400 metres del port.

La suma vectorial de les direccions que incideixen en general a la costa, en blau, aquestes són gairebé perpendicular a la costa, amb una resultant de 139° .

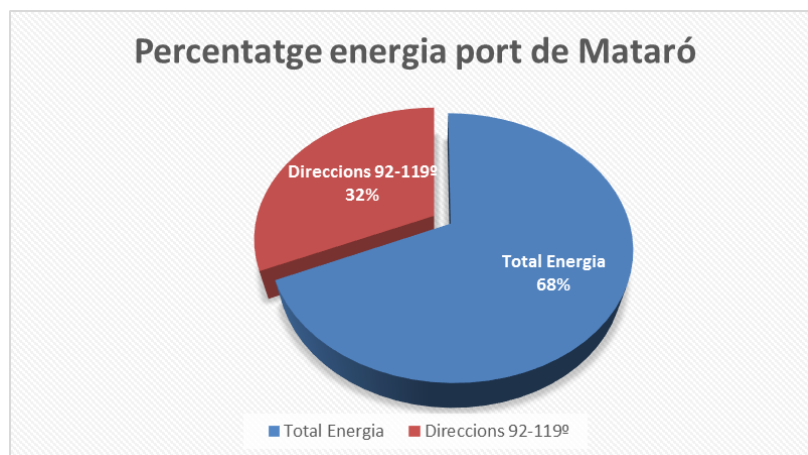
I finalment, la resultant de les direccions dels episodis amb temporal és de 130° . Aquesta resultant incideix en la zona d'influència pel port, però que es troba protegit per l'espigo situat a 130 metres del port, paral·lel al contradic.

Amb tota aquesta informació, s'ha optat per estudiar quina és la quantitat d'energia que rep el tram protegit pel reforçament artificial d'escullera. És a dir, un cop traçades les direccions que impacten al reforçament veure quin percentatge d'energia, respecte la total, rep aquest tram de costa.



Figura 50: Direccions del mur escullera del port de Mataró.

Les rang de direccions que van a donar al mur escullera és d'entre 92-119°. I la quantitat d'energia es compara amb la total rebuda a la costa per tal de calcular els percentatges següents:



El 32% de l'augment de la quantitat d'energia rebuda per la costa impacta al llarg d'un tram de 390 metres de la costa.

6) Port de Premià de Mar

El punt WANA utilitzat per propagar l'onatge fins a la bocana del port de Mataró, amb un calat de 6 metres, és el número 2114138.

A partir de les dades obtingudes al propagar l'onatge fins la bocana del port, amb registres des del 1996 fins al 2012, es realitzen els tres gràfics següents: Freqüència (nombre d'observacions), quantitat d'energia ($\sum H^2$) i quantitat de flux ($\sum H^2 T$). En la taula 6 es mostren les dades obtingudes:

SUD	m	0-120	120-240	240-360	360-480	480-600	600-720	720-840	840-960	960-1080	1080-1200
	Angles	85-87	87-89	89-91	91-94	94-98	98-103	103-110	110-121	121-136	136-155
FREQ	n'	160	160	203	333	485	817	1479	3422	6114	4055
	Acomulada	35677	35517	35357	35154	34821	34336	33519	32040	28618	22504
	%	0.45%	0.45%	0.57%	0.93%	1.36%	2.29%	4.15%	9.59%	17.14%	11.37%
	% acumulat	100.00%	99.55%	99.10%	98.53%	97.60%	96.24%	93.95%	89.81%	80.21%	63.08%
ENERG	H ²	14.68	17.27	23.82	44.43	58.05	101.09	191.93	642.45	2694.71	1723.87
	Acomulada	11696.28	11681.6	11664.33	11640.51	11596.08	11538.03	11436.94	11245.01	10602.56	7907.85
	%	0.13%	0.15%	0.20%	0.38%	0.50%	0.86%	1.64%	5.49%	23.04%	14.74%
	% acumulat	100.00%	99.87%	99.73%	99.52%	99.14%	98.65%	97.78%	96.14%	90.65%	67.61%
FLUX	H2T	47.03	57.24	79.33	157.29	213.06	399.9	833.4	3450.72	19590.13	11882.19
	Acomulada	75564.36	75517.93	75460.69	75381.36	75224.07	75011.01	74611.11	73777.71	70326.99	50736.86
	%	0.06%	0.08%	0.10%	0.21%	0.28%	0.53%	1.10%	4.57%	25.92%	15.72%
	% acumulat	100.00%	99.94%	99.86%	99.76%	99.55%	99.27%	98.74%	97.63%	93.07%	67.14%

Taula 6: Taula amb les dades obtingues un cop realitzat els càlculs.

Degut a la morfologia del port i el seu entorn, en aquest cas també s'ha estudiat el comportament tant en aigües avall del port com en aigües amunt. En ambdós trams presenta un entorn sedimentari susceptible a ser modificat per la presència del port.

En aquests gràfics s'ha realitzat una discretització de la línia de costa, amb trams de 120 metres aigües avall i 125 metres aigües amunt.

L'eix de les abscisses està situat de manera que punt 0 és el punt més allunyat de la costa aigües avall que va en línia recta fins al punt 1200m (punt més proper al port). En el cas d'aigües amunt, des del punt 0 (més proper al port) fins al punt 1250m aigües amunt (punt més allunyat del port). Com es pot observar, tant el tram d'aigües avall com el d'aigües amunt han estat discretitzats en 10 parts iguals.

- Gràfic de Freqüències:

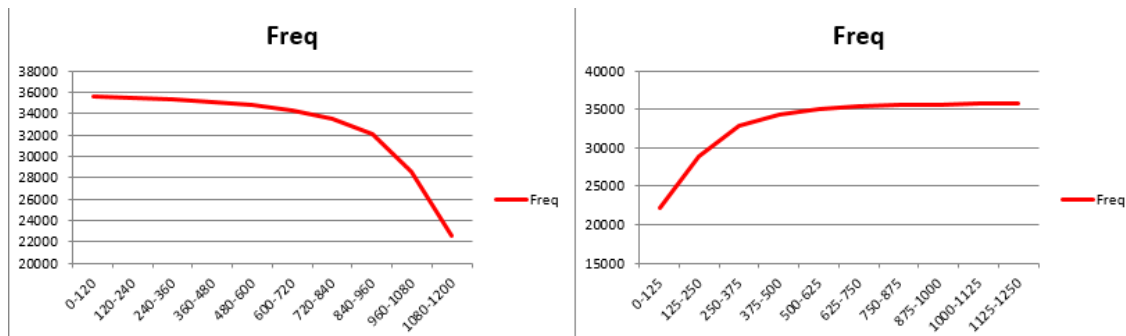


Figura 51: Gràfic de freqüències del port de Premià de Mar.

El gràfic de freqüència representa el nombre d'onades observades en cada tram de la discretització de la costa. Està representat de forma acumulativa, de tal manera que a cada tram de costa se li suma el nombre d'observacions del tram anterior a ell (allunyant-se sempre del port).

En aquest cas també, per l'efecte de la presència del port, genera una diferència d'observacions al llarg de la costa. A mesura que ens allunyem del port la gràfica tendeix a un mateix valor, mateixa forma asimptòtica. És interessant observar que en aigües avall la afecció del port queda constatada amb una disminució de 13,173 ones, mentre que aigües amunt la diferència entre el punt més proper al port i el punt més allunyat és de 13,720 ones. Uns valors molt semblants.

A més a més, l'asímtota en ambdós casos s'estableix al voltant de 36,000 observacions, evidenciant que les onades que arriben aigües amunt són les mateixes que arriben aigües avall, donant consistència als càlculs realitzats.

Aigües avall s'observa que és a partir del punt 600m quan el gràfic assoleix l'asímtota, mentre que aigües amunt es podria aproximar a 650 metres del port.

- *Gràfic d'energies:*

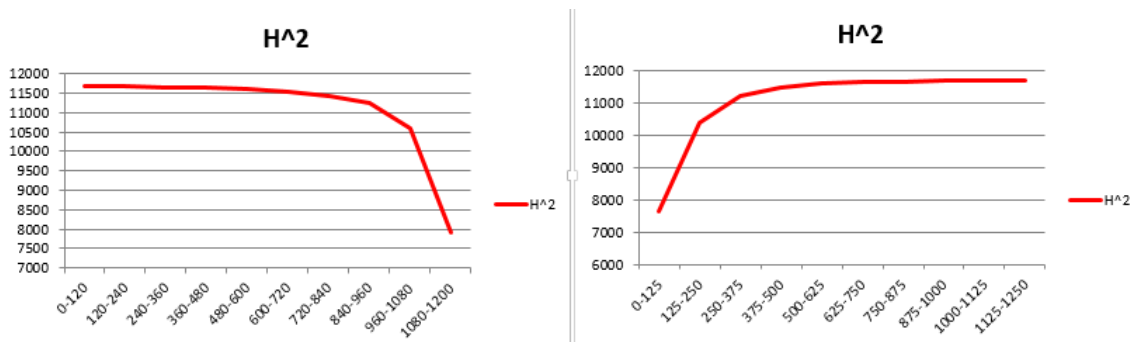


Figura 52: Gràfic de quantitat d'energia del port de Premià de Mar.

En el cas de la quantitat d'energia, aigües avall l'asímtota es forma a uns 500 metres del port aproximadament, punt 700 del gràfic. En aquest cas, tant aigües avall com aigües amunt la diferència d'energia tenen valors molt similars.

Per la morfologia de la costa i les direccions de l'onatge (majora de llevant), el impacte de la construcció del port afecta en ambdós casos, però de diferent manera com s'ha explicat. A aigües amunt sempre es crea una acreció de la línia de costa i aigües avall punts forts d'erosió degut a que el transport de sediments no pot fluir. Per tant és en aquest punt, on es necessita protegir la costa per tal de conservar la línia de costa i la platja, que s'estudiarà més en detall.

A aigües amunt gairebé la diferència d'energia és de 4,073m² mentre que a aigües avall aquesta diferència és de 3,788m². En aquest cas, són valors molt similars degut a que es presenta un sector al final del tram estudiat d'aigües amunt amb forta erosió (es recorda que aquest port esta al sud del port de Mataró).

- Gràfic de quantitat de flux:

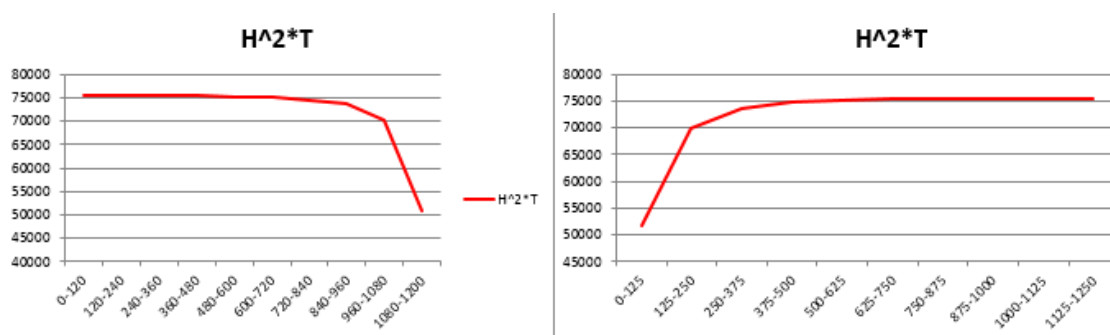


Figura 53: Gràfic de quantitat de flux del port de Premià de Mar.

La diferència de quantitat de flux és força similar tant a aigües amunt com aigües avall, de 23,875 m²·s i 24,828 m²·s, respectivament.

Com s'ha dit anteriorment, el flux es proporcional al transport de sediments, i per tant es pot esperar que, en ambdós casos, hi haurà més transport en la zona asimptòtica i menys transport en el sector més proper al port.

El gràfic de quantitat de flux concorda amb el de quantitat d'energia degut a que també assoleix l'asímtota a 400 metres del port (que és també on la quantitat d'energia és màxima) i per tant en el cas d'aigües avall s'haurà d'observar si esta protegit. (Veure figura número 51.)

És a partir del punt 1000m fins al 1200m on baixa considerablement la quantitat de flux i, que a més, coincideix amb la disminució de la quantitat d'energia. En mirar la línia de costa s'observa que a partir d'aquell punt presenta acumulació de sediments en forma parabòlica fins al contradic del port. També hi ha acumulació de sediments, com s'ha comentat anteriorment, per la influència del port al primer tram d'aigües amunt, recolzat al braç del port. Però també és interessant observar que hi ha un punt important erosiu al final d'aquest tram.

És important destacar que les tres gràfiques tenen la mateixa forma (forma asimptòtica) i que les tres assoleixen la asímtota, aproximadament, en el mateix punt: a 500 metres del port aigües avall, aproximadament.



Figura 54: Resultats erosió-sedimentació del port de Premià de Mar.

Així doncs, la major informació que s'extreu del gràfic és observant el tram de costa on està protegit a aigües avall del port, és a on el gràfic de quantitat d'energia ha assolit el màxim.

És interessant observar que el mur escullera està col·locat uns 140 metres després de que s'assoleixi l'asímtota i per tant quan l'energia és màxima.

La zona d'influència del port es situa a uns 360 metres del port.

A més a més, aigües amunt en el primer tram on l'energia va assolint el màxim de l'asímtota, presenta una acumulació de sediments als braços del port.

- *Direccions efectives:*

A la imatge de les direccions efectives del port de Premià de Mar, es representa en color blau tot l'onatge que incideix al port, en vermell les que afecten directament al port (rang d'angles entre 85-155°).



Figura 55: Direccions efectives del port de Premià de Mar.

En aquest cas, s'observa que en el cas de les direccions d'onatge que són afectades pel port van a impactar a un dels pics del gràfic de quantitat d'energia on varia considerablement el seu valor, a amb una direcció resultant de 130°.

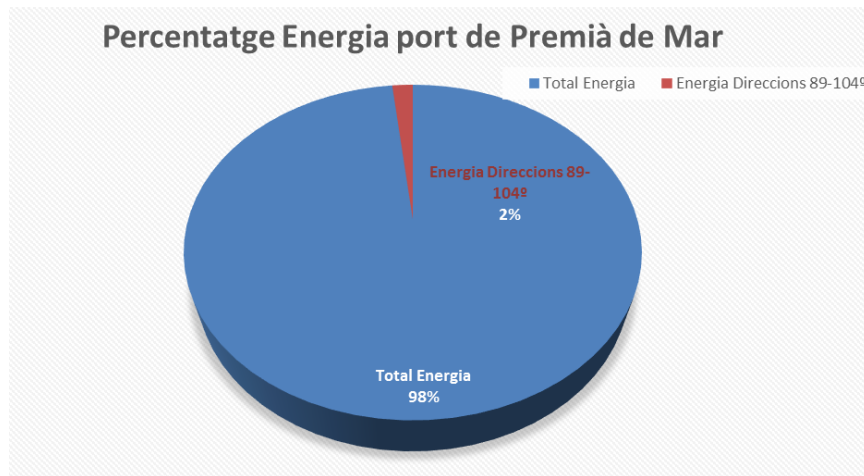
La suma vectorial de les direccions que incideixen en general a la costa, en blau, aquestes són gairebé perpendicular a la costa, amb una resultant de 158°.

Amb tota aquesta informació, s'ha optat per estudiar quina és la quantitat d'energia que rep el tram protegit pel reforçament artificial d'escullera. És a dir, un cop traçades les direccions que impacten al reforçament veure quin percentatge d'energia, respecte la total, rep aquest tram de costa.



Figura 56: Rang d'angles de la protecció del port de Premià de Mar.

Les rang de direccions que van a donar al mur escullera és d'entre 89-104°. I la quantitat d'energia es compara amb la total rebuda a la costa per tal de calcular els percentatges següents:



El 2% de la quantitat d'energia rebuda per la costa impacta al llarg d'un tram de 180 metres de la costa.

7) Port del Masnou

El punt WANA utilitzat per propagar l'onatge fins a la bocana del port de Masnou, amb un calat de 4 metres, és el número 2114138.

A partir de les dades obtingudes al propagar l'onatge fins la bocana del port, amb registres des del 1996 fins al 2012, es realitzen els tres gràfics següents:

Freqüència (nombre d'observacions), quantitat d'energia ($\sum H^2$) i quantitat de flux ($\sum H^2 T$). En la taula 7 es mostren les dades obtingudes:

SUD	m	0-135	135-270	270-405	405-540	540-675	675-810	810-945	945-1080	1080-1215	1215-1350
	Angles	81-82	82-84	84-86	86-89	89-93	93-98	98-105	105-114	114-127	127-144
FREQ	n°	20	51	58	192	297	512	971	2071	5371	7215
	Acomulada	37017	36997	36946	36888	36696	36399	35887	34916	32845	27474
	%	0.05%	0.14%	0.16%	0.52%	0.80%	1.38%	2.62%	5.59%	14.51%	19.49%
	% acumulat	100.00%	99.95%	99.81%	99.65%	99.13%	98.33%	96.95%	94.32%	88.73%	74.22%
ENERG	H ²	1.11	3.31	3.58	11.21	24.31	44.98	103.51	241.73	1126.27	4192.44
	Acomulada	12538.18	12537.07	12533.76	12530.18	12518.97	12494.66	12449.68	12346.17	12104.44	10978.17
	%	0.01%	0.03%	0.03%	0.09%	0.19%	0.36%	0.83%	1.93%	8.98%	33.44%
	% acumulat	100.00%	99.99%	99.96%	99.94%	99.85%	99.65%	99.29%	98.47%	96.54%	87.56%
FLUX	H ² T	2.91	9.14	10.01	33.88	73.28	149.72	380.1	1019.33	6555.39	32046.45
	Acomulada	83843.03	83840.12	83830.98	83820.97	83787.09	83713.81	83564.09	83183.99	82164.66	75609.27
	%	0.00%	0.01%	0.01%	0.04%	0.09%	0.18%	0.45%	1.22%	7.82%	38.22%
	% acumulat	100.00%	100.00%	99.99%	99.97%	99.93%	99.85%	99.67%	99.21%	98.00%	90.18%

Taula 7: Taula amb les dades obtingues un cop realitzat els càlculs.

Degut a la morfologia del port i el seu entorn, en aquest cas també s'ha estudiat el comportament tant en aigües avall del port com en aigües amunt, ja que en aquests dos trams presenta un medi sedimentari susceptible a ser modificat per la presència del port.

En aquests gràfics s'ha realitzat una discretització de la línia de costa, amb trams de 135 metres aigües avall i 125 metres aigües amunt.

L'eix de les abscisses està situat de manera que punt 0 és el punt més allunyat de la costa aigües avall que va en línia recta fins al punt 1350m (punt més proper al port). En el cas d'aigües amunt, des del punt 0 (més proper al port) fins al punt 1250m aigües amunt (punt més allunyat del port). Com es pot observar, tant el tram d'aigües avall com el d'aigües amunt han estat discretitzats en 10 parts iguals.

- Gràfic de Freqüències:

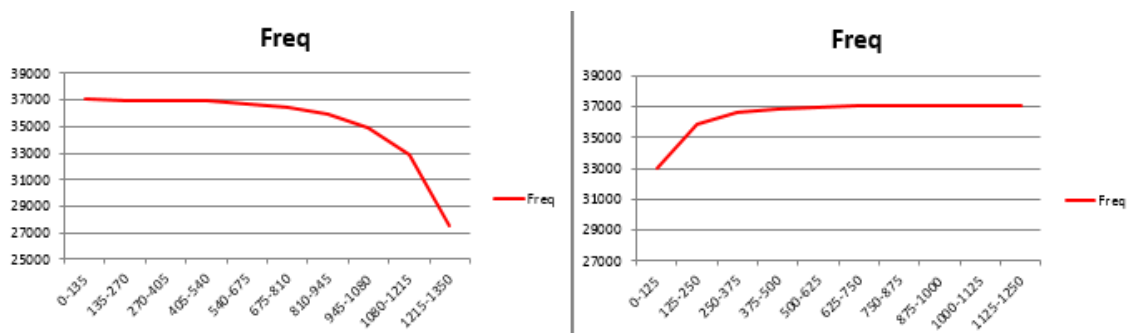


Figura 57: Gràfic de freqüències del port de Masnou.

El gràfic de freqüència representa el nombre d'onades observades en cada tram de la discretització de la costa. Està representat de forma acumulativa, de tal manera que a cada tram de costa se li suma el nombre d'observacions del tram anterior a ell (allunyant-se sempre del port).

En aquest cas també, per l'efecte de la presència del port, genera una diferència d'observacions al llarg de la costa. A mesura que ens allunyem del port la gràfica tendeix a un mateix valor, mateixa forma asimptòtica. És interessant observar que en aigües avall la afecció del port queda constatada amb una disminució de 9,543 ones, mentre que aigües amunt la diferència entre el punt més proper al port i el punt més allunyat (fora de l'àrea d'influència del port) és de 4,036 ones.

Tot i així la asimptota, en ambdós casos, s'estableix al voltant de 37,000 observacions, evidenciant que les onades que arriben aigües amunt són les mateixes que arriben aigües avall, donant consistència als càlculs realitzats.

Aigües avall s'observa que és a partir del punt 810m quan el gràfic assoleix l'asimptota, mentre que aigües amunt es podria aproximar a 500 metres del port.

- *Gràfic d'energies:*

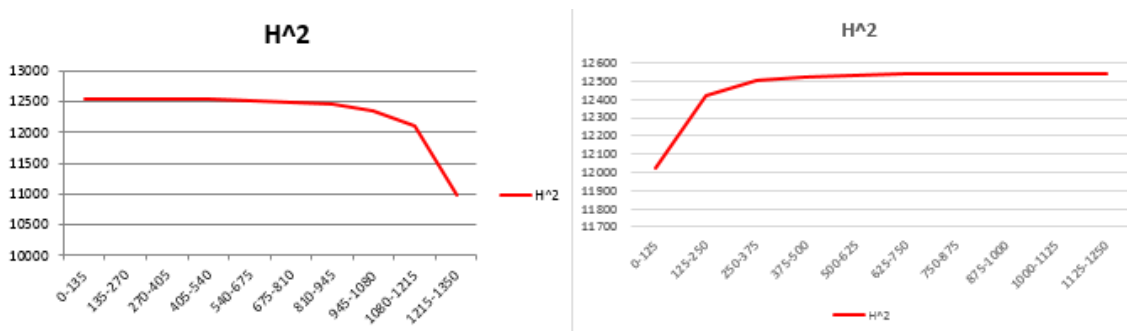


Figura 58: Gràfic de quantitat d'energia al port de Masnou.

En el cas de la quantitat d'energia, aigües avall l'asimptota es forma aproximadament entre el rang 810-945m, a uns 450 metres del port. Tot i així ja es pot veure clarament que la diferència d'energia aigües avall és més elevada que aigües amunt.

A aigües amunt gairebé la diferència d'energia és de 520m² mentre que a aigües avall aquesta diferència és de gairebé 1,560m².

Així doncs, la major informació que s'extreu del gràfic és observant el tram de costa on es produeix la major variació d'energia, aigües avall del port, a on hi ha l'impacte més elevat en crear erosió. La zona d'influència del port es situa des del punt 1350m al costat del port fins a uns 450 metres del port, on s'assoleix l'asimptota.

- Gràfic de quantitat de flux:

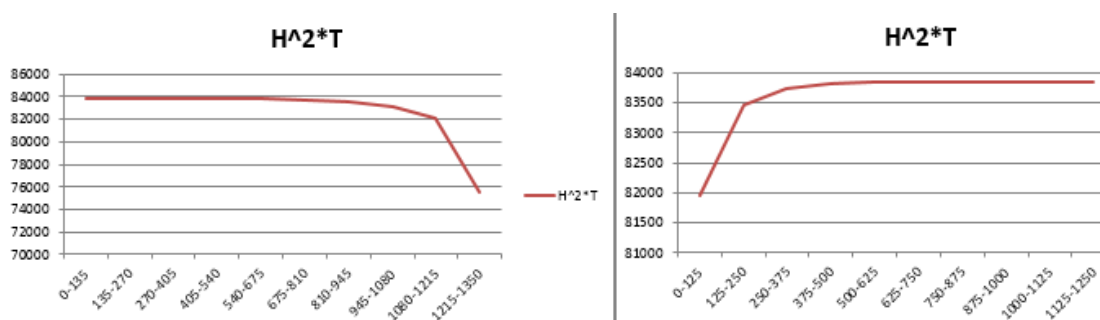


Figura 59: Gràfic de quantitat de flux del port de Masnou.

Un altre cop en aquest gràfic, la diferència de quantitat de flux aigües amunt és força baix en comparació amb aigües amunt: 8,233 $\text{m}^2\cdot\text{s}$ i de 1,881 $\text{m}^2\cdot\text{s}$ respectivament.

Com s'ha dit anteriorment, el flux es proporcional al transport de sediments, i per tant es pot esperar que hi haurà més transport en la zona asimptòtica i menys transport en el sector més proper al port.

El gràfic de quantitat de flux concorda amb el de quantitat d'energia degut a que també assoleix l'asímtota a 400 metres del port (que és també on la quantitat d'energia és màxima) i per tant és en aquell punt on hi haurà una forta erosió essent un punt susceptible a protegir. (veure imatge X).

Ambdós gràfics, el de quantitat d'energia i quantitat de flux, presenten un pic en el punt 1210, a 140 metres del port.

És a partir del punt 900m fins al 1350m on baixa considerablement la quantitat de flux i, que a més, coincideix amb la disminució de la quantitat d'energia. En mirar la línia de costa s'observa que a partir d'aquell punt presenta acumulació de sediments en forma parabòlica fins al contradic del port. Però també s'observa que en haver-hi la presència del espigó paral·lel al contradic, situat a 125 metres del port, el que fa és evitar l'erosió que s'ocasionaria en aquest punt. És important estudiar les direccions efectives per si afecten en aquest punt.

És important destacar que les tres gràfiques tenen la mateixa forma (forma asimptòtica) i que les tres assoleixen la asímtota en el mateix punt: a 400 metres del port aigües avall, aproximadament.



Figura 60: Resultats d'erosió del port de Masnou.

En primer lloc, aigües avall, a 140m del port és on hi ha el primer pic d'energia fins al punt 950m (a 400m del port) que és a on fa asimptòtic.

És interessant observar que el mur escullera està col·locat uns 250 metres abans no s'assoleixi l'asímtota i per tant, abans que l'energia sigui màxima.

A més a més, aigües amunt en el primer tram on l'energia va assolint el màxim de l'asímtota, presenta una acumulació de sediments als braços del port.



Figura 61: Resultats de la sedimentació a la part est del port de Masnou.

- *Direccions efectives:*

A la imatge de les direccions efectives del port de Mataró, es representa en color blau tot l'onatge que incideix al port, en vermell les que afecten directament al port (rang d'angles entre 81-144°).

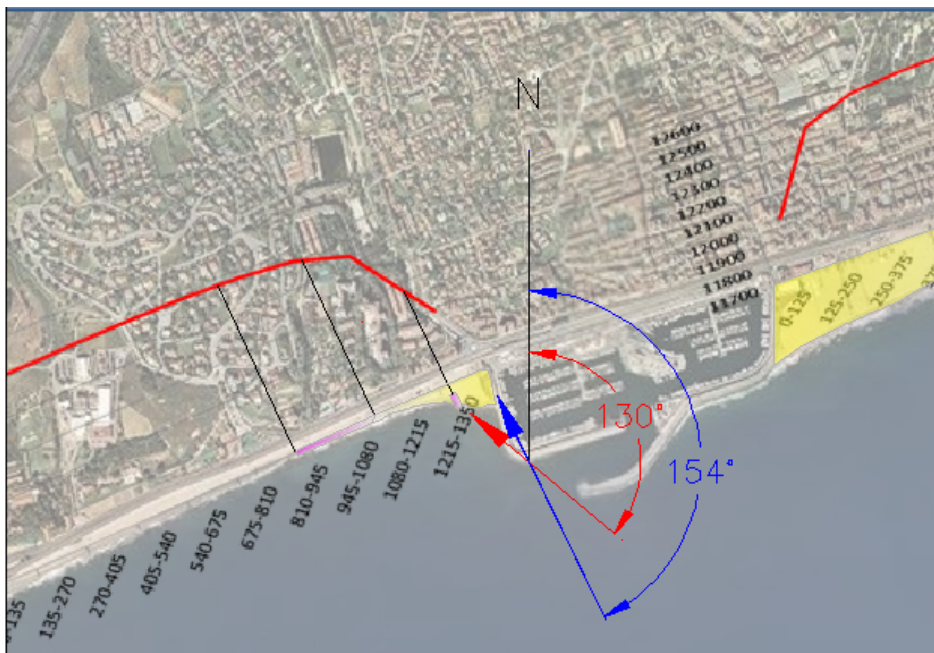


Figura 62: Direccions efectives del port de Masnou.

En aquest cas, s'observa que en el cas de les direccions d'onatge que són afectades pel port van a impactar en la zona protegida per escullera, amb una direcció resultant de 130°. Veure que també coincideix en el punt on la gràfica de quantitat d'energia assoleix un pic uns metres després i que coincideix exactament amb el punt on es situa l'espigó paral·lel al contradic, a uns 125 metres del port.

La suma vectorial de les direccions que incideixen en general a la costa, en blau, aquestes són gairebé perpendicular a la costa, amb una resultant de 154°.

Amb tota aquesta informació, s'ha optat per estudiar quina és la quantitat d'energia que rep el tram protegit pel reforçament artificial d'escullera. És a dir, un cop traçades les direccions que impacten al reforçament veure quin percentatge d'energia, respecte la total, rep aquest tram de costa.



la presència del port. Tot i així en aquest cas aigües amunt està entre una platja i un tram de penya-segats així que la informació que donen no és gaire destacable.

En aquests gràfics s'ha realitzat una discretització de la línia de costa, amb trams de 150 metres aigües avall i 100 metres aigües amunt.

L'eix de les abscisses està situat de manera que punt 0 és el punt més allunyat de la costa aigües avall que va en línia recta fins al punt 1500m (punt més proper al port). En el cas d'aigües amunt, des del punt 0 (més proper al port) fins al punt 1000m aigües amunt (punt més allunyat del port). Com es pot observar, tant el tram d'aigües avall com el d'aigües amunt han estat discretitzats en 10 parts iguals.

- *Gràfic de Freqüències:*

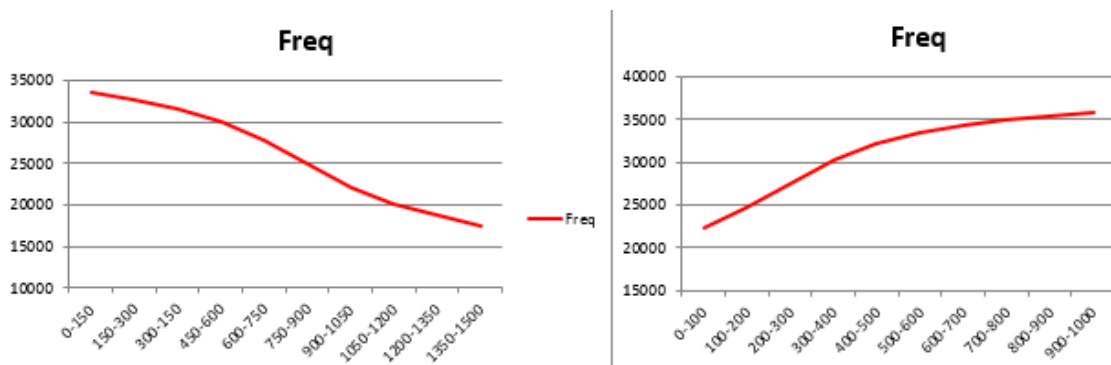


Figura 64: Gràfic de freqüències del port de Vilanova i la Geltrú.

El gràfic de freqüència representa el nombre d'onades observades en cada tram de la discretització de la costa. Està representat de forma acumulativa, de tal manera que a cada tram de costa se li suma el nombre d'observacions del tram anterior a ell (allunyant-se sempre del port).

En aquest cas també, per l'efecte de la presència del port, genera una diferència d'observacions al llarg de la costa. A mesura que ens allunyem del port la gràfica augmenta, però en aquest cas degut a la forma de la costa no tendeix a cap asymptota, sinó que va augmentant, cada cop de manera més suau el nombre d'observacions. Aigües avall la afecció del port queda constatada amb una disminució de 16,205 ones, mentre que aigües amunt la diferència entre el punt més proper al port i el punt més allunyat (fora de l'àrea d'influència del port) és de 13,371 ones.

Tot i així, en ambdós casos, el gràfic tendeix al voltant de 35,000 observacions, evidenciant que les onades que arriben aigües amunt són les mateixes que arriben aigües avall, donant consistència als càlculs realitzats.

- Gràfic d'energies:

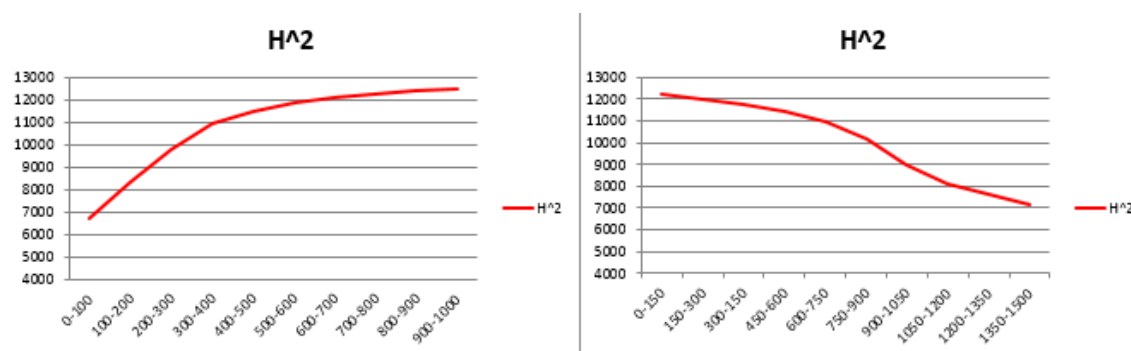


Figura 65: Gràfic de quantitat d'energia del port de Vilanova i la Geltrú.

En el cas de la quantitat d'energia, sí que tendeixen a ser més asimptòtiques tot i que no presenta una forma tant clara com altres casos. Aigües avall l'asímtota es forma a uns 900 metres del port aproximadament (punt 700 del gràfic).

A aigües amunt gairebé la diferència d'energia és de 5,042m² mentre que a aigües avall aquesta diferència és de gairebé 5,778m². En aquest cas, tot i que aigües amunt la diferència d'energia és una mica més elevada, es centrarà a estudiar el comportament aigües avall on s'observa una major modificació de la costa.

Així doncs, la major informació que s'extreu del gràfic és observant el tram de costa on es produeix la major variació d'energia, aigües avall del port. La zona d'influència del port es situa a uns 900 metres del port i, com ja s'ha dit, pateix un diferencial d'energia de 5,042m².

- Gràfic de quantitat de flux:

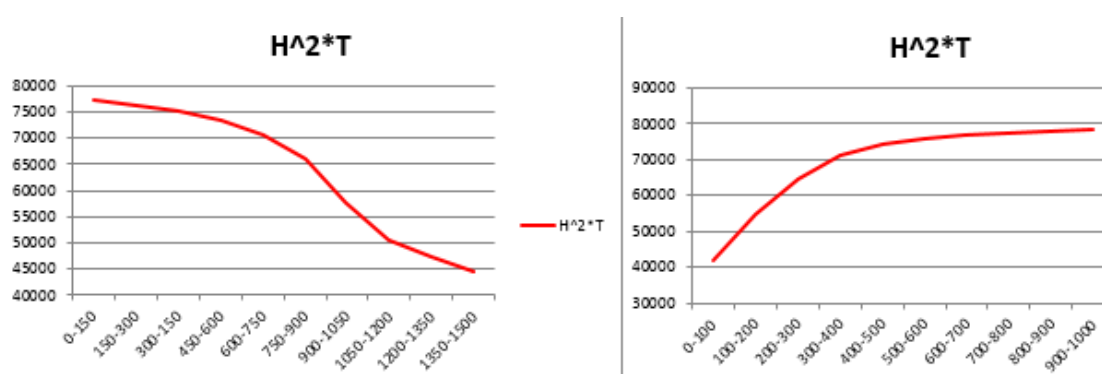


Figura 66: Gràfic de quantitat de flux del port de Vilanova i la Geltrú.

També en aquest cas, la diferència de quantitat de flux aigües amunt és algo més elevat en comparació amb aigües avall; 36,179 m²·s i de 32,490 m²·s respectivament.

Com s'ha dit anteriorment, el flux es proporcional al transport de sediments, i per tant es pot esperar que hi haurà més transport en la zona asimptòtica i menys transport en el sector més proper al port.

Com s'observa a la figura 64, aigües amunt hi ha una acumulació de sediments als braços del port per efecte de la presència del mateix, en canvi aigües avall no es pot jutjar per la imatge aèria degut a que hi ha dos espigons que protegeixen la platja i modifiquen considerablement la línia de costa.

El gràfic de quantitat de flux concorda amb el de quantitat d'energia degut a que també assoleix l'asímtota a 750 metres del port (que és també on la quantitat d'energia és màxima) i per tant és en aquell punt on hi haurà una forta erosió essent un punt protegit per un espigó transversal que ocasiona la sedimentació i protecció de la platja.

És a partir del punt 1000m fins al 1500m on baixa considerablement la quantitat de flux i, que a més, coincideix amb la disminució de la quantitat d'energia. En mirar la línia de costa s'observa que a partir d'aquell punt presenta acumulació de sediments en forma parabòlica fins al contradic del port.

Tot i que, com s'ha dit, aquesta acumulació de sediments també és resultat de la presència dels espigons situats a 750 metres i espigó paral·lel al contradic, situat a 130 metres i 1200 metres del port, que principalment evita l'erosió que s'ocasionaria en aquests punts.

És important destacar que les gràfiques de quantitat d'energia i quantitat de flux tenen la mateixa forma asimptòtica i que les dues assoleixen la asímtota en el mateix punt: a 750m del port aigües avall, aproximadament.



Figura 67: Resultats de l'acumulació de sediments del port de Vilanova i la Geltrú.

En primer lloc, aigües avall, a 300m del port és on hi ha el primer pic suau d'energia fins al punt 750m (a 750m del port) que és a on fa asimptòtic.

És interessant observar que l'espigó situat a 750m just protegeix l'onatge que impacta en aquell punt i erosionaria la platja, ja que l'energia gairebé és màxima.

A més a més, aigües amunt en el primer tram on l'energia va assolint el màxim de l'asíptota, presenta una acumulació de sediments als braços del port.

- *Direccions efectives:*

A la imatge de les direccions efectives d'Arenys de Mar, es representa en color blau tot l'onatge que incideix al port, en vermell les que afecten directament al port (rang d'angles entre 104-171°).



Figura 68: Direccions efectives del port de Vilanova i la Geltrú.

En aquest cas, s'observa que en el cas de les direccions d'onatge que són afectades pel port van a impactar 150m aigües amunt del espigó transversal, amb una direcció resultant de 132º.

La suma vectorial de les direccions que incideixen en general a la costa, en blau, aquestes són gairebé perpendicular a la costa, amb una resultant de 162º.

9) Port de Segur de Calafell

El punt WANA utilitzat per propagar l'onatge fins a la bocana del port de Segur de Calafell, amb un calat de 7m, és el número 2104133.

A partir de les dades obtingudes al propagar l'onatge fins la bocana del port, amb registres des del 1996 fins al 2012, es realitzen els tres gràfics següents: Freqüència (nombre d'observacions), quantitat d'energia ($\sum H^2$) i quantitat de flux ($\sum H^2 T$). En la taula 9 es mostren les dades obtingudes:

SUD	m	0-170	170-340	340-510	510-680	680-850	850-1020	1020-1190	1190-1360	1360-1530	1530-1700
	Angles	104-106	106-108	108-111	111-114	114-118	118-123	123-130	130-139	139-151	151-165
FREQ	nº	482	494	931	971	1583	2117	3146	4221	3251	2719
	Acomulada	42421	41939	41445	40514	39543	37960	35843	32697	28476	25225
	%	1.14%	1.16%	2.19%	2.29%	3.73%	4.99%	7.42%	9.95%	7.66%	6.41%
	% acumulat	100.00%	98.86%	97.70%	95.50%	93.22%	89.48%	84.49%	77.08%	67.13%	59.46%
ENERG	H²	63	73.76	137.36	158.32	270.72	363.91	604.1	1147.45	1279.77	854
	Acomulada	14747.34	14684.34	14610.58	14473.22	14314.9	14044.18	13674.27	13070.17	11922.72	10642.95
	%	0.43%	0.50%	0.93%	1.07%	1.84%	2.51%	4.10%	7.78%	8.68%	5.79%
	% acumulat	100.00%	99.57%	99.07%	98.14%	97.07%	95.23%	92.72%	88.63%	80.85%	72.17%
FLUX	H²T	242.79	283.5	555.33	665.12	1198.15	1744.64	3164.07	7338.17	9297.12	5233.44
	Acomulada	91309.51	91066.72	90783.22	90227.89	89562.77	88364.62	86619.98	83455.91	76117.74	66820.62
	%	0.27%	0.31%	0.61%	0.73%	1.31%	1.91%	3.47%	8.04%	10.18%	5.73%
	% acumulat	100.00%	99.73%	99.42%	98.82%	98.09%	96.77%	94.86%	91.40%	83.36%	73.18%

Taula 9: Taula amb les dades obtingues un cop realitzat els càlculs.

En aquest cas, degut a la morfologia del port, s'ha estudiat el comportament tant en aigües avall del port com en aigües amunt, ja que en aquests dos trams presenta un entorn sedimentari susceptible a ser modificat per la presència del port.

En aquests gràfics s'ha realitzat una discretització de la línia de costa, amb trams de 170 metres aigües avall i 175 metres aigües amunt.

L'eix de les abscisses està situat de manera que punt 0 és el punt més allunyat de la costa aigües avall que va en línia recta fins al punt 1700m (punt més proper al port). En el cas d'aigües amunt, des del punt 0 (més proper al port) fins al punt 1750 aigües amunt. Com es pot observar, tant el tram d'aigües avall com el d'aigües amunt ha estat discretitzat en 15 parts iguals.

- *Gràfic de Freqüències:*

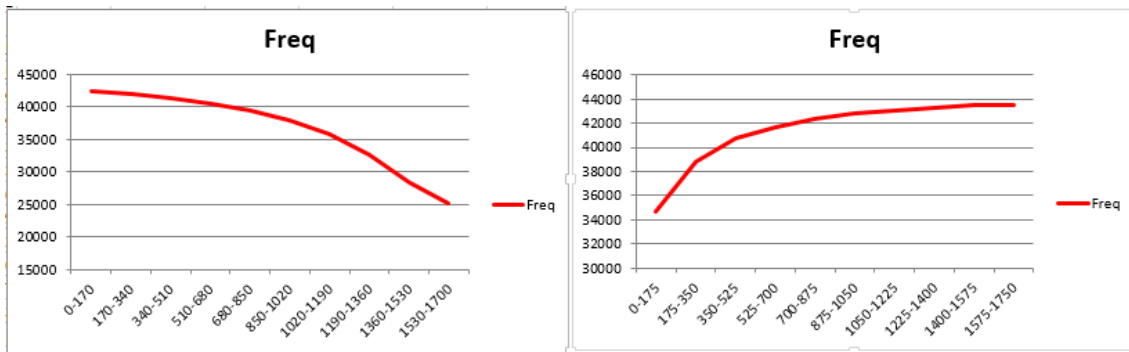


Figura 69: Gràfic de freqüències del port de Segur de Calafell.

El gràfic de freqüència representa el nombre d'onades observades en cada tram de la discretització de la costa. Està representat de forma acumulativa, de tal manera que a cada tram de costa se li suma el nombre d'observacions del tram anterior a ell (allunyant-se sempre del port).

Tal com era d'esperar, la presència del port genera una diferència d'observacions al llarg de la costa. Com es pot observar, a mesura que ens allunyem del port la gràfica tendeix a un mateix valor (forma asimptòtica). És interessant observar que en aigües avall la afecció del port queda constatada amb una disminució de 17,196 ones, mentre que aigües amunt la diferència entre el punt més proper al port i el punt més allunyat (fora de l'àrea d'influència del port) és només de 8,841 ones.

Tot i així la asíptota, en ambdós casos, s'estableix al voltant de 43,000 observacions, evidenciant que les onades que arriben aigües amunt són les mateixes que arriben aigües avall, donant consistència als càlculs realitzats.

Aigües avall s'observa que és a partir del punt 600m quan el gràfic assoleix l'asíptota, en canvi a aigües amunt es forma a una distància de 1000 metres del port.

- *Gràfic d'energies:*

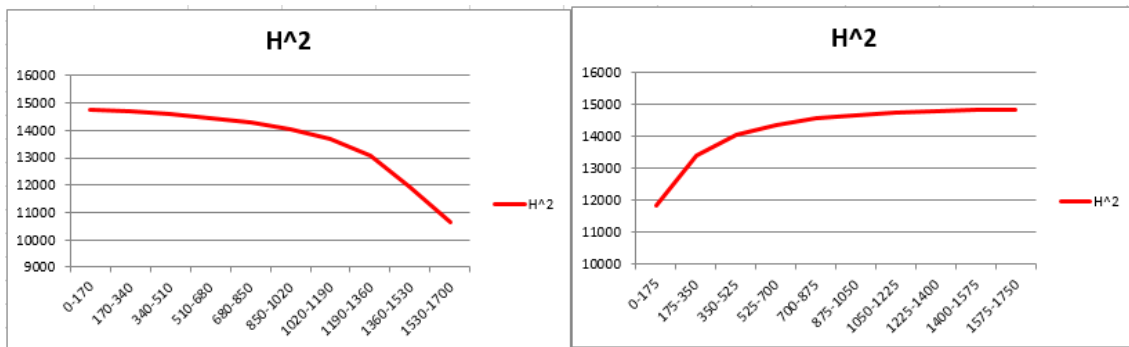


Figura 70: Gràfic de quantitat d'energia del port de Segur de Calafell.

En el cas de la quantitat d'energia, aigües avall l'asímtota es forma a partir del punt 850 aproximadament.

A aigües amunt la diferència d'energia és de 3,024m² entre que a aigües avall aquesta diferència és de 4,104m².

S'observarà a la imatge amb la fotografia aèria i el gràfic de quantitat d'energia, que al ser una platja tant llarga no presenta cap punt de protecció i es pot observar com el port actua retenint els sediments aigües amunt, i com aigües avall hi ha una forta acumulació al primer tram d'aigües avall, però just al punt 850m un estretament important de la platja.

- Gràfic de quantitat de flux:

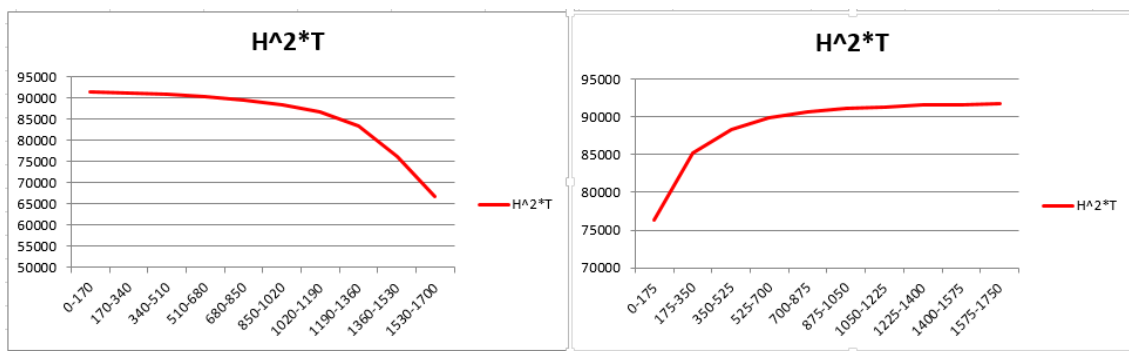


Figura 71: Gràfic de quantitat de flux del port de Segur de Calafell.

La diferència de quantitat de flux aigües amunt és de 15,377 m²·s, en canvi a aigües avall de 24,488 m²·s, força més elevada.

Com s'ha dit anteriorment, el flux es proporcional al transport de sediments, i per tant es pot esperar que hi haurà més transport en la zona asimptòtica i menys transport en el sector més proper al port.

El gràfic de quantitat de flux concorda amb el de quantitat d'energia degut a que també presenta el màxim al punt 850 (que és també on la quantitat d'energia

és màxima) i és en aquell punt on hi haurà erosió essent un punt susceptible a protegir.

És a partir del punt 850 fins al 1700m on baixa considerablement el transport de sediments. En mirar la línia de costa s'observa que a partir d'aquell punt presenta acumulació de sediments en forma lleugerament parabòlica fins al contradic del port.

És important destacar que les tres gràfiques tenen la mateixa forma (forma asimptòtica) i que les tres assoleixen la asímptota en el mateix punt: a 850m del port aigües avall, aproximadament.



Figura 72: Resultats d'acumulació de sediments del port de Segur de Calafell.

En primer lloc, aigües avall, a 400m del port és on hi ha el primer pic d'energia fins a 850 metres del port que és a on fa asimptòtic.

És interessant observar que és just en aquest increment d'energia on hi ha el punt de difracció de l'onatge degut a que aigües amunt d'aquest punt hi ha un episodi clar de sedimentació fins al port en forma de paràbola i a aigües avall d'aquest existeix un punt d'erosió on la platja presenta un lleuger estretament.

- *Direccions efectives:*

A la imatge de les direccions efectives del port d'Arenys, es representa en color blau tot l'onatge que incideix al port, en vermell les que afecten directament al port (rang d'angles entre 104-165°)



Figura 73: Direccions efectives del port de Segur de Calafell.

En aquest cas, s'observa que en el cas de les direccions d'onatge que són afectades pel port impacten en el primer pic d'energia a 400 metres del port, amb una direcció resultant de 138°. Veure que aquest punt també coincideix amb el final de la zona d'influència del port, a on comença a assolir-se l'asímtota del gràfic de quantitat d'energia.

La suma vectorial de les direccions que incideixen en general a la costa, en blau, aquestes són gairebé perpendicular a la costa, amb una resultant de 175°.

10) Port de Roda de Barà

El punt WANA utilitzat per propagar l'onatge fins a la bocana del port de Segur de Calafell, amb un calat de 7m, és el número 2102133.

A partir de les dades obtingudes al propagar l'onatge fins la bocana del port, amb registres des del 1996 fins al 2012, es realitzen els tres gràfics següents: Freqüència (nombre d'observacions), quantitat d'energia ($\sum H^2$) i quantitat de flux ($\sum H^2 T$). En la taula 10 es mostren les dades obtingudes:

SUD	m	0-160	160-320	320-480	480-640	640-800	800-960	960-1120	1120-1280	1280-1440	1440-1600
	Angles	88-90	90-92	92-95	95-99	99-104	104-112	112-124	124-142	142-165	165-188
FREQ	n'	169	239	369	737	1269	2876	5712	5952	3863	7776
	Acomulada	43784	43615	43376	43007	42270	41001	38125	32413	26461	22598
	%	0.39%	0.55%	0.84%	1.68%	2.90%	6.57%	13.05%	13.59%	8.82%	17.76%
	% acumulat	100.00%	99.61%	99.07%	98.23%	96.54%	93.64%	87.08%	74.03%	60.44%	51.61%
ENERG	H ²	25.77	32.97	57.65	127.89	245.54	650.43	1593.87	2348.59	1172.94	3679.17
	Acomulada	15371.74	15345.97	15313	15255.35	15127.46	14881.92	14231.49	12637.62	10289.03	9116.09
	%	0.17%	0.21%	0.38%	0.83%	1.60%	4.23%	10.37%	15.28%	7.63%	23.93%
	% acumulat	100.00%	99.83%	99.62%	99.24%	98.41%	96.81%	92.58%	82.21%	66.93%	59.30%
FLUX	H2T	92.35	123.65	221.1	515.1	1066.84	3140.44	9527.27	17841.87	7007.51	25564.44
	Acomulada	98633.49	98541.14	98417.49	98196.39	97681.29	96614.45	93474.01	83946.74	66104.87	59097.36
	%	0.09%	0.13%	0.22%	0.52%	1.08%	3.18%	9.66%	18.09%	7.10%	25.92%
	% acumulat	100.00%	99.91%	99.78%	99.56%	99.03%	97.95%	94.77%	85.11%	67.02%	59.92%

Taula 10: Taula amb les dades obtingues un cop realitzat els càlculs.

En aquest cas, degut a la morfologia del port, aquest port es troba situat en un punt on aigües avall té una zona protegida amb mur d'escullera i aigües amunt una platja. Però no presenta particularment interès per veure la dinàmica de la costa.

En aquests gràfics s'ha realitzat una discretització de la línia de costa, amb trams de 160 metres aigües avall i 130 metres aigües amunt.

L'eix de les abscisses està situat de manera que punt 0 és el punt més allunyat de la costa aigües avall que va en línia recta fins al punt 1600m (punt més proper al port). En el cas d'aigües amunt, des del punt 0 (més proper al port) fins al punt 1300 aigües amunt. Com es pot observar, tant el tram d'aigües avall com el d'aigües amunt han estat discretitzats en 10 parts iguals.

- Gràfic de Freqüències:

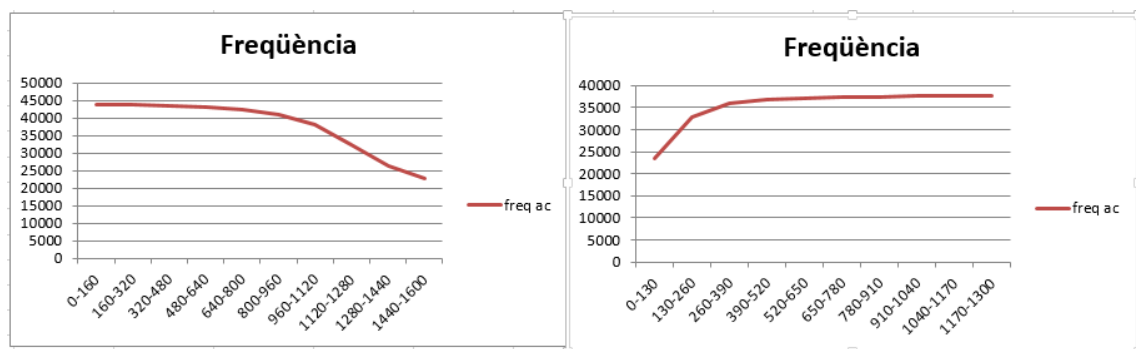


Figura 74: Gràfic de freqüències del port de Roda de Barà.

El gràfic de freqüència representa el nombre d'onades observades en cada tram de la discretització de la costa. Està representat de forma acumulativa, de tal manera que a cada tram de costa se li suma el nombre d'observacions del tram anterior a ell (allunyant-se sempre del port).

Tal com era d'esperar, la presència del port genera una diferència d'observacions al llarg de la costa. Com es pot observar, a mesura que ens allunyem del port la gràfica tendeix a un mateix valor (forma asimptòtica). És interessant observar que en aigües avall la afecció del port queda constatada amb una disminució de 21,186 ones, mentre que aigües amunt la diferència entre el punt més proper al port i el punt més allunyat (fora de l'àrea d'influència del port) és només de 14,113 ones.

Tot i així la asimptota, en ambdós casos, s'estableix al voltant de 40,000 observacions, evidenciant que les onades que arriben aigües amunt són les mateixes que arriben aigües avall, donant consistència als càlculs realitzats.

Aigües avall s'observa que és a partir del punt 900m quan el gràfic assoleix l'asimptota, en canvi a aigües amunt a partir de 300 metres del port ja assoleix l'asimptota.

- *Gràfic d'energies:*

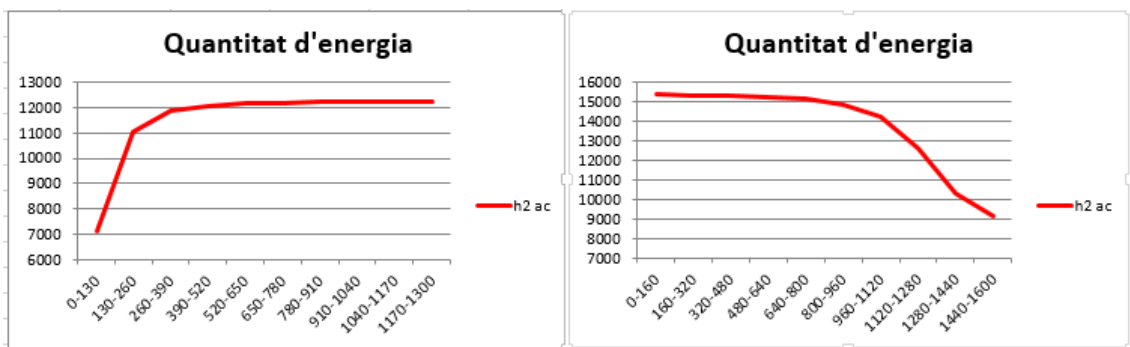


Figura 75: Gràfic de quantitat d'energia del port de Roda de Barà.

En el cas de la quantitat d'energia, aigües avall l'asimptota es forma a partir del punt 960 aproximadament.

A aigües amunt la diferència d'energia és de 5,123m² entre que a aigües avall aquesta diferència és de 6,255m².

S'observarà a la imatge amb la fotografia aèria i el gràfic de quantitat d'energia, que presenta uns punts d'acumulació de sediments que estan protegits per uns espigó construït a 320 metres del port, i que a aigües amunt hi ha una zona de acreció de la platja, al costat dels braços del port, per efecte de la presència del port.

- *Gràfic de quantitat de flux:*

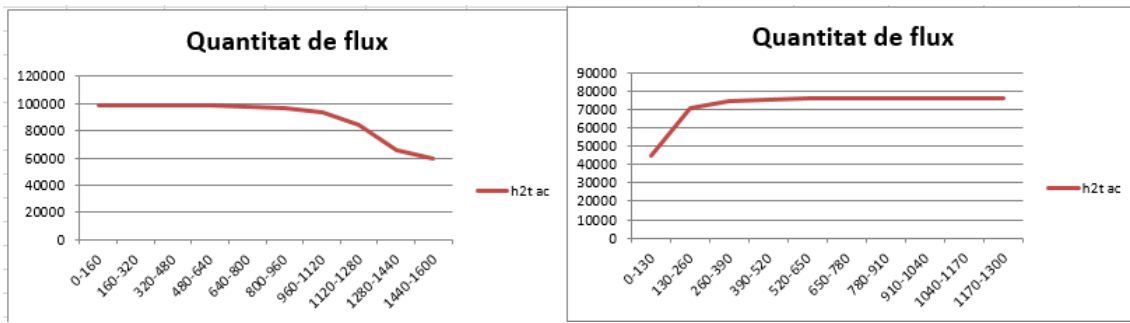


Figura 76: Gràfic de quantitat de flux del port de Roda de Barà.

La diferència de quantitat de flux aigües amunt és de $31,276 \text{ m}^2 \cdot \text{s}$, en canvi a aigües avall de $39,536 \text{ m}^2 \cdot \text{s}$.

Com s'ha dit anteriorment, el flux es proporcional al transport de sediments, i per tant es pot esperar que hi haurà més transport en la zona asimptòtica i menys transport en el sector més proper al port.

El gràfic de quantitat de flux concorda amb el de quantitat d'energia degut a que també presenta el màxim al punt 960 (que és també on la quantitat d'energia és màxima) i és en aquell punt on hi haurà erosió essent un punt susceptible a protegir.

És a partir del punt 850 fins al 1700m on baixa lleugerament el transport de sediments. En mirar la línia de costa s'observa que a partir d'aquell punt presenta acumulació de sediments en una cala fins al port.



Figura 77: Resultats dels trams d'acomulació de sediments del port de Roda de Barà.

En primer lloc, aigües avall, s'observa tot el tram des del punt 320 fins al 1120m protegit per un mur artificial d'escullera protegint al massís. A 320 metres del port és on hi ha el primer pic d'energia fins a 640 metres del port que és a on fa asimptòtic.

A aigües amunt del port, com s'ha explicat, es veu clarament la retenció de sediments amb una amplada més elevada de platja en els primers 250 metres de platja.

- *Direccions efectives:*

A la imatge de les direccions efectives del port de Roda de Barà, es representa en color blau tot l'onatge que incideix al port, en vermell les que afecten directament al port (rang d'angles entre 88-171°).



Figura 78: Direccions efectives del port de Roda de Barà.

En aquest cas, s'observa que en el cas de les direccions d'onatge que són afectades pel port impacten en el primer pic d'energia a 320 metres del port, amb una direcció resultant de 148°. Veure que aquest punt també coincideix amb l'espigó construït en el punt 1280m aigües avall.

La suma vectorial de les direccions que incideixen en general a la costa, en blau, aquestes són gairebé perpendicular a la costa, amb una resultant de 155°.

11) Port de Cambrils

El punt WANA utilitzat per propagar l'onatge fins a la bocana del port de Cambrils, amb un calat de 7 metres, és el número 2096132.

A partir de les dades obtingudes al propagar l'onatge fins la bocana del port, amb registres des del 1996 fins al 2012, es realitzen els tres gràfics següents: Freqüència (nombre d'observacions), quantitat d'energia (ΣH^2) i quantitat de flux ($\Sigma H^2 T$). En la taula 11 es mostren les dades obtingudes:

SUD	m	0-160	160-320	320-480	480-640	640-800	800-960	960-1120	1120-1280	1280-1440	1440-1600
	Angles	86-87	87-89	89-92	92-95	95-99	99-105	105-113	113-123	123-137	137-155
FREQ	n*	29	70	148	299	531	1247	2810	5275	6134	4151
	Acomulada	35802	35773	35703	35555	35256	34725	33478	30668	25393	19259
	%	0.08%	0.20%	0.41%	0.84%	1.48%	3.48%	7.85%	14.73%	17.13%	11.59%
	% acumulat	100.00%	99.92%	99.72%	99.31%	98.47%	96.99%	93.51%	85.66%	70.93%	53.79%
ENERG	H ²	3.47	6.68	18.02	32.12	59.32	168.9	499.47	1179.69	1962.4	1108.27
	Acomulada	9252.35	9248.88	9242.2	9224.18	9192.06	9132.74	8963.84	8464.37	7284.68	5322.28
	%	0.04%	0.07%	0.19%	0.35%	0.64%	1.83%	5.40%	12.75%	21.21%	11.98%
	% acumulat	100.00%	99.96%	99.89%	99.70%	99.35%	98.71%	96.88%	91.48%	78.73%	57.52%
FLUX	H ² T	11.19	21.73	63.88	116.82	226.95	698.59	2304.93	6481.96	13836.06	7096.12
	Acomulada	56258.01	56246.82	56225.09	56161.21	56044.39	55817.44	55118.85	52813.92	46331.96	32495.9
	%	0.02%	0.04%	0.11%	0.21%	0.40%	1.24%	4.10%	11.52%	24.53%	12.61%
	% acumulat	100.00%	99.98%	99.94%	99.83%	99.62%	99.22%	97.98%	93.88%	82.36%	57.76%

Taula 11: Taula amb les dades obtingues un cop realitzat els càlculs.

Degut a la morfologia del port i el seu entorn, tot i que en aquest cas també s'ha estudiat tant aigües amunt com aigües avall del port, tot i els càlculs es fa difícil veure quin és o va ser el impacte real, després de tantes construccions realitzades per mantenir la costa. La dinàmica litoral d'entorn del port de Cambrils es troba força modificada degut a la presència dels espigons, com es veurà més endavant.

En aquests gràfics s'ha realitzat una discretització de la línia de costa, amb trams de 160 metres aigües avall i 116 metres aigües amunt.

L'eix de les abscisses està situat de manera que punt 0 és el punt més allunyat de la costa aigües avall que va en línia recta fins al punt 1600m (punt més proper al port). En el cas d'aigües amunt, des del punt 0 (més proper al port) fins al punt 1160m aigües amunt (punt més allunyat del port). Com es pot observar, tant el tram d'aigües avall com el d'aigües amunt han estat discretitzats en 10 parts iguals.

- Gràfic de Freqüències:

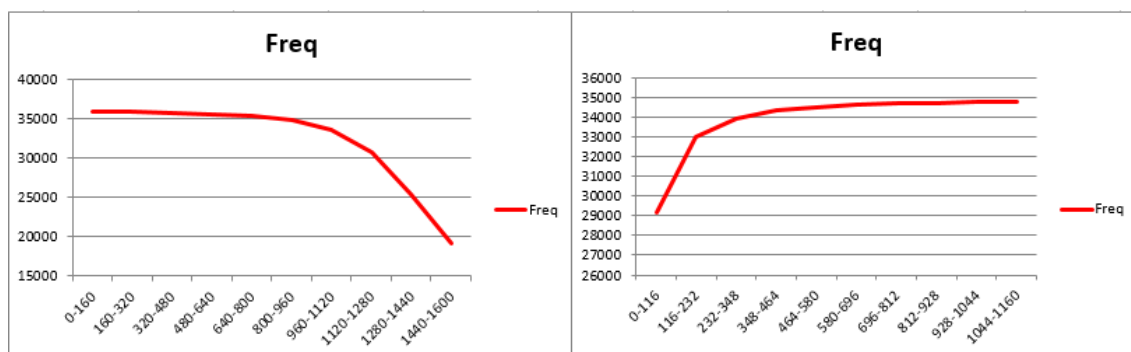


Figura 79: Gràfic de freqüències del port de Cambrils.

El gràfic de freqüència representa el nombre d'onades observades en cada tram de la discretització de la costa. Està representat de forma acumulativa, de tal manera que a cada tram de costa se li suma el nombre d'observacions del tram anterior a ell (allunyant-se sempre del port).

En aquest cas també, per l'efecte de la presència del port, genera una diferència d'observacions al llarg de la costa. A mesura que ens allunyem del port la gràfica tendeix a un mateix valor, mateixa forma asimptòtica. És interessant observar que en aigües avall la afecció del port queda constatada amb una disminució de 16,543 ones, mentre que aigües amunt la diferència entre el punt més proper al port i el punt més allunyat (fora de l'àrea d'influència del port) és de 5,560 ones.

Tot i així la asímptota, en ambdós casos, s'estableix al voltant de 35,000 observacions, evidenciant que les onades que arriben aigües amunt són les mateixes que arriben aigües avall, donant consistència als càlculs realitzats.

Aigües avall s'observa que és a partir del punt 960m quan el gràfic assoleix l'asímptota, mentre que aigües amunt es podria aproximar a 350 metres del port.

- Gràfic d'energies:

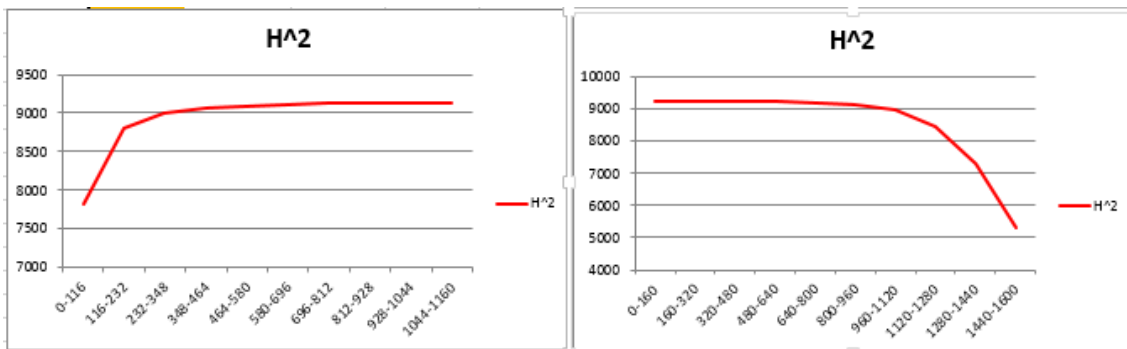


Figura 80: Gràfic de quantitat d'energia del port de Cambrils.

En el cas de la quantitat d'energia, aigües avall l'asímptota es forma aproximadament entre el rang 960-1120m, a uns 450 metres del port. Tot i així ja es pot veure clarament que la diferència d'energia aigües avall és més elevada que aigües amunt.

A aigües amunt la diferència d'energia és de 1,317m² mentre que a aigües avall aquesta diferència és de gairebé 3,930m².

Així doncs, la major informació que s'extreu del gràfic és observant el tram de costa on es produeix la major variació d'energia, aigües avall del port, a on hi ha l'impacte més elevat en crear erosió.

- Gràfic de quantitat de flux:

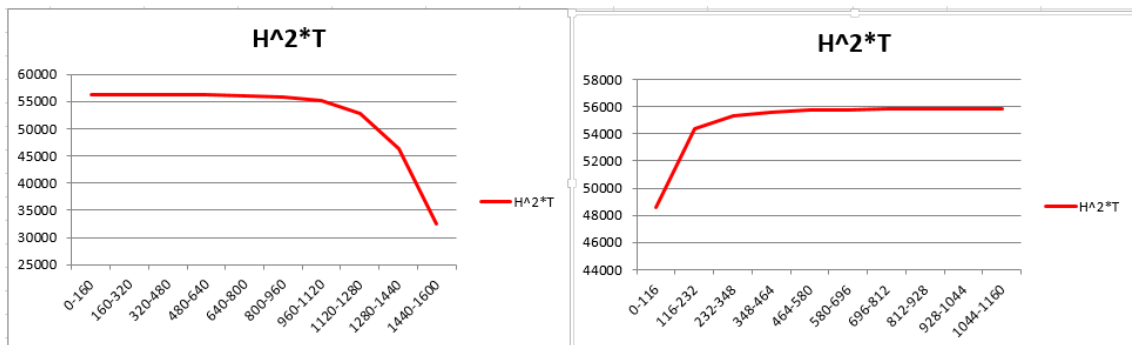


Figura 81: Gràfic de quantitat de flux del port de Cambrils.

Un altre cop en aquest gràfic, la diferència de quantitat de flux aigües amunt és força baix en comparació amb aigües avall: 23,762 m²·s i de 7,204 m²·s respectivament.

Com s'ha dit anteriorment, el flux es proporcional al transport de sediments, i per tant es pot esperar que hi haurà un transport de flux molt elevat aigües avall del port.

El gràfic de quantitat de flux concorda amb el de quantitat d'energia degut a que també assoleix l'asímtota a 600 metres del port (que és també on la quantitat d'energia és màxima) i per tant és en aquell punt on hi haurà una forta erosió essent un punt susceptible a protegir. (veure imatge X).

És a partir del punt 1120m fins al 1600m on baixa considerablement la quantitat de flux i, que a més, coincideix amb la disminució de la quantitat d'energia. En mirar la línia de costa s'observa que a partir d'aquell punt presenta acumulació de sediments fins al contradic del port, però en aquest cas també ha estat modificat per la presència dels espigons.



Figura 82: Resultats de l'acomulació de sediments en les diferents construccions de protecció del port de Cambrils.

En primer lloc, aigües avall, a 320m del port és on hi ha el primer pic d'energia fins al punt 1120m (a 480m del port) que és a on fa asimptòtic. Aquests punts coincideixen amb la construcció dels dos primers espigons, la resta estan col·locats als punts 800, 640 i 480 respectivament.

Com ja s'ha comentat, és difícil veure en aquest cas com és la dinàmica present ja que la línia de costa està totalment modificada pels espigons presents que frenen el transport de sediments i creen la retenció dels mateixos formant les platges en forma de U característiques.

- *Direccions efectives:*

A la imatge de les direccions efectives del port de Cambrils, es representa en color blau tot l'onatge que incideix al port, en vermell les que afecten directament al port (rang d'angles entre 86-155°).

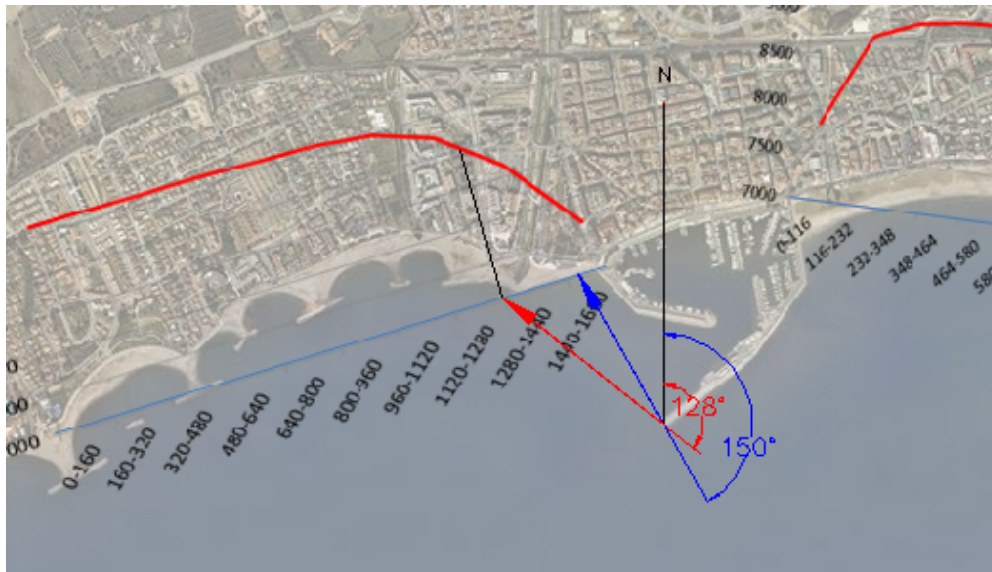


Figura 83: Direccions efectives del port de Cambrils.

En aquest cas, s'observa que en el cas de les direccions d'onatge que són afectades pel port van a impactar en la zona protegida per escullera, amb una direcció resultant de 128°.

La suma vectorial de les direccions que incideixen en general a la costa, en blau, aquestes són gairebé perpendicular a la costa, amb una resultant de 150°.

III. Comparativa entre ports

Finalment, s'ha realitzat una comparativa entre els diferents ports analitzats on es busca si es crea una tendència des del punt de protecció o divergència del port, respecte el calat del port, o respecte la posició d'aquesta protecció respecte del port.

A partir de les distàncies de la taula 12, es calcula el primer gràfic que conté la relació entre el calat i la distància des de la protecció o punt de divergència fins la bocana.

Nom Port	Distància Costa	Distància bocana	Fondària
Port de l'Estartit	957	813	6
Port de Blanes	541	496	8
Port d'Arenys de Mar	420	626	7
Port de Balís	323	614	4.5
Port de Mataró	286	474	8
Port de Premià de Mar	686	722	6
Port de Masnou	381	599	4
Port de Vilanova	807	980	7
Port de Calafell	932	1250	7
Port de Roda de Barà	451	446	7
Port de Cambrils	556	845	7
Port de l'Hospitalet de	237	222	2.5

Taula 12: Distàncies de la costa i la bocana dels ports estudiats, junt amb el calat de la bocana.

Tot i que es tracten de distàncies angulars, es representaran en diagrama cartesià per tal de veure si s'estableix alguna tendència.

Els ports analitzats es troben en orientacions de la línia de costa diferents, i a més a més en unitats diverses. Al final es tractarà de veure si els ports que es situen en una unitat semblant tenen alguna característica en comú.

A partir de les dades de la taula 12, es calcula el gràfic de la figura 84 que conté la relació entre el calat del port i la distància fins a la bocana de cada port estudiat.

Es pot observar com té una tendència lineal i que com més fonda es la bocana, més distància fins l'element de protecció hi ha.

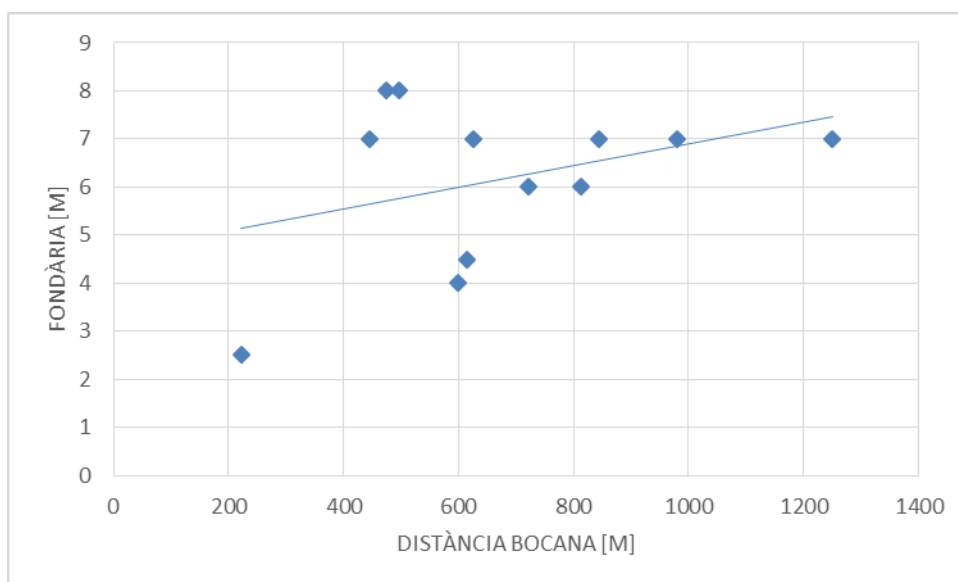


Figura 84: Tendència entre fondària dels ports i la distància a la bocana.

A partir de les mateixes dades de la taula 12, es calcula el gràfic de la figura 85 que conté la relació entre el calat del port i la distància fins a la bocana projectada a la costa.

Es pot observar com l'ajust entre els diferents ports fa una forma exponencial, de manera que a més calat, la distància projectada a la costa des de la protecció a la bocana és major.

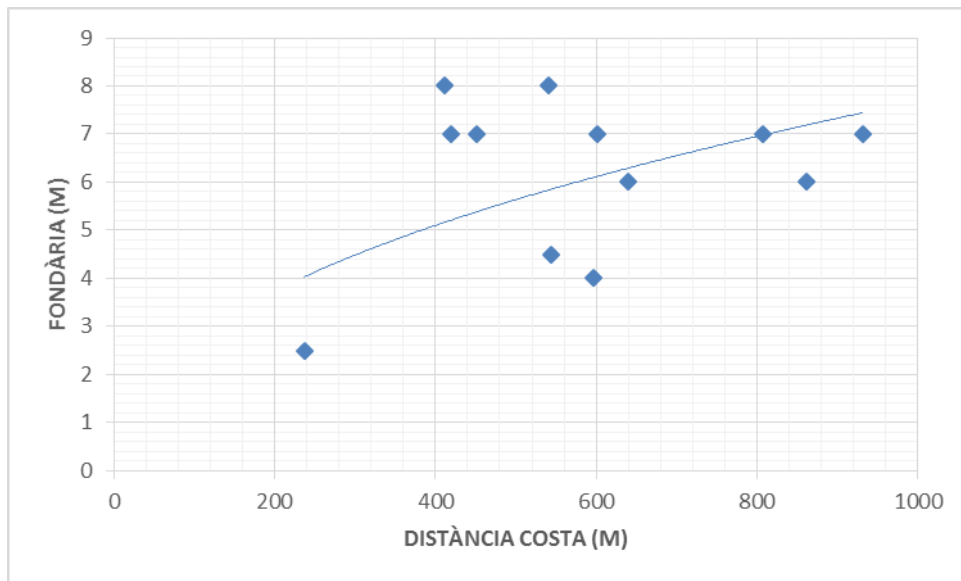


Figura 85: Tendència entre la distància dels ports a la costa i el calat.

Finalment es representa una comparativa entre els diferents ports analitzats i les respectives distàncies fins a la bocana, projectades a la costa.

En color verd es representen els ports que estan situats a dalt de tot de la unitat de cel·la, en color tronja els que es troben en mig de la cel·la i en color rosa els que es troben al final.

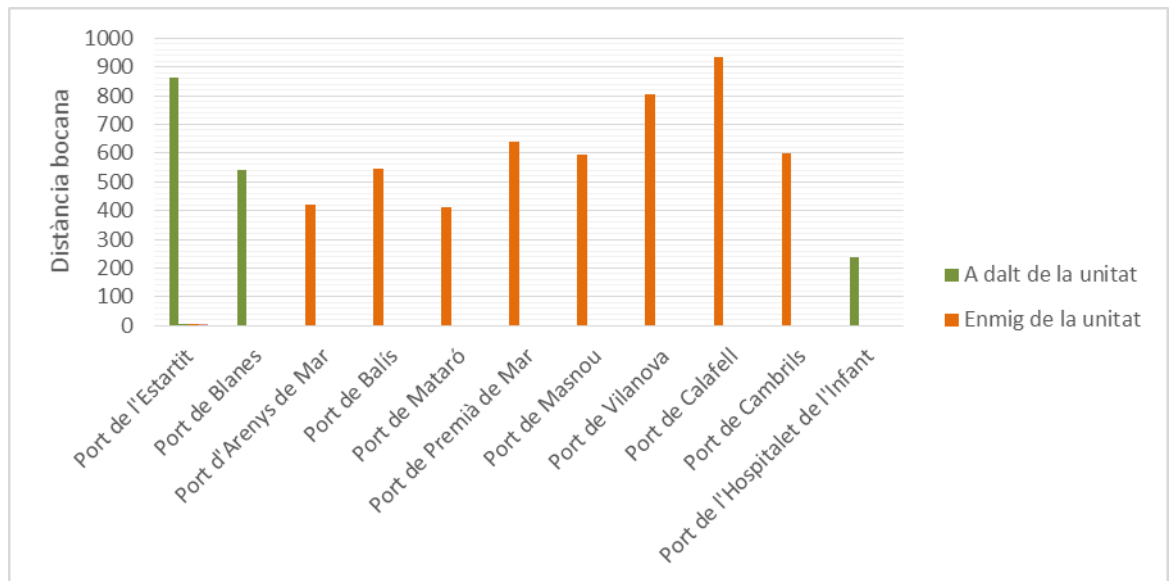


Figura 86: Distàncies projectades a la costa dels ports analitzats, segons les unitats

Es tracta d'un pseudo-anàlisi de clasta on es diferencien els tipus per diferents colors.

Entre ells s'observa que els que estan situats a dalt de la unitat, i amb una orientació de línia de costa entre 10° i 20° , tenen una distància de la bocana projectada a la costa d'entre 600 i 800 metres. En canvi, les que es troben al principi d'una unitat però amb angles de línia de costa d'entre 60° (Hospitalet de l'Infant), i amb un calat més baix, la distància varia fins a quasi 300 metres.

Els ports situats enmig de la unitat, els que estan situats al tram del Maresme amb condicions de línia de costa similars, la distància varia entre 400 metres i 600 metres. I els situats en la mateixa unitat però al tram de la Costa Daurada, amb orientacions de línia de costa de 70° , exceptuant el cas del port de Calafell tenen variacions de 600 a 800 metres. El port de Calafell no es troba protegit, i degut a la construcció tan propera a la platja no es pot estimar bé el punt d'estretament, així que s'ha fet una aproximació.

5. Conclusions

I. Introducció

En aquest capítol es recolliran les idees principals que s'extreuen del anàlisi realitzat en cadascun dels ports estudiats. Es presentarà un resum dels resultats principals obtinguts, unes conclusions lògiques extretes d'aquests resultats i, finalment, unes consideracions a tenir presents en futurs estudis sobre l'afecció dels ports catalans a la línia de costa.

II. Resum de resultats

De tots els ports de Catalunya, s'han escollit aquells que tenen una localització en un entorn sedimentari, de tal manera que la presència d'aquests creen una alteració en la dinàmica litoral més elevada.

Un cop seleccionats s'han estudiat les àrees d'influència entorn al port i s'ha calculat les gràfiques de freqüència d'onatge, quantitat d'energia i quantitat de flux per tal de fer l'anàlisi qualitatiu de cada port i veure si aquests s'ajusten amb l'actual línia de costa.

Tot seguit s'han calculat les direccions efectives i en algun port en concret junt amb la de temporal, de manera que s'ha pogut comprovar si aquesta coincideix amb els gràfics i la línia de costa dels trams erosius o de sedimentació.

Finalment s'ha comparat amb la diferència de quantitats d'energia per a veure si en els trams protegits d'alguns casos, aigües avall del port, està ben col·locat o en el seu defecte si és necessari.

III. Conclusions principals

El problema de l'erosió en el litoral català és molt complex i té orígens diversos. La construcció d'infraestructures en el territori, la disminució d'aportacions de sediment al litoral per mitjans naturals i la presència d'algunes instal·lacions marítimes i portuàries, són algunes de les causes principals d'aquesta alteració.

Després de l'estudi realitzat es pot concloure que els ports situats en costes obertes, amb línies de costa rectilínies amb orientacions entre 60 i 80 graus respecte el nord, no només actuen com a barrera del transport de sediment transversal, provocant zones d'acumulació de sediments aigües amunt i d'erosió aigües avall, sinó que actuen com a barreres de les onades incidents a la costa. Això provoca la creació d'una zona de costa, habitualment situada a la part sud del port, protegida de l'acció de l'onatge, que en la costa catalana acostuma a ser lleugerament obliqua a la costa (direcció Oest Sud-Oest). Aquesta zona de la costa que rep menys energia s'ha definit com a l'àrea d'influència de cada port, i en ella s'acostuma a observar una acumulació de sediment.

A més a més s'ha observat que els ports situats en una zona més arrecerada (com es el cas del port de Blanes, port de l'Estartit o port de Roda de Barà) tenen una menor afecció a la costa, principalment deguda a que el nombre d'ones que impacten en el dic és menor.

Per tant, la primera conclusió que s'extreu de l'estudi realitzat és que els ports situats en zones de costa obertes generen una afecció major a la costa que aquells situats en zones més tancades.

La segona conclusió que es pot extreure és que, tot i que el transport transversal de sediments és un factor molt important a tenir en compte en un estudi de dinàmica litoral, l'erosió provocada per les onades incidents a la costa també és un factor important, essent una de les principals causes de modificació de la línia de costa al sud dels ports.

En estudiar la freqüència de l'onatge, la quantitat d'energia i la quantitat de flux s'ha observat que aquest model s'ajusta amb el que s'observa en la línia de costa ja que en els punts on estava protegit o es veia un estretament de la platja, aigües avall del port, era en el punt on s'arribava a la màxima quantitat d'energia i de nombre d'observacions. Així doncs, es pot concloure que el model calculat per trobar els gràfics, a partir de les dades del registre d'onatges projectat a la bocana, s'ajusta amb la realitat i es pot veure quin es el punt de màxima influència i per tant, el que s'ha de protegir.

Finalment també es pot extreure que les construccions de protecció realitzades a la costa catalana estan situades en els punts òptims, ja que la majoria estan ubicades on finalitza la l'àrea d'influència del port, on les onades tornen a incidir amb normalitat a la costa, i per tant on realment són necessàries.

Cal dir també que les direccions efectives, i els estudis de diferència de quantitat d'energia complementen els model de càlcul realitzat, ja que donen una idea directa de la zona de màxima influència de l'onatge en la zona d'aigües avall del port. A partir d'una direcció efectiva i el seu respectiu càlcul de quantitat d'energia es pot calcular on ubicar l'element de protecció per tant de mitigar l'impacte de la presència del port en qüestió.

IV. Consideracions a tenir presents en futurs estudis

La primera consideració a tenir present a la hora de realitzar un estudi en més profunditat d'aquest tema seria el fet de disposar de més dades d'onatge, així com de realitzar una propagació de l'onatge més acurada. En aquesta tesina s'ha suposat una batimetria constant, però si es fes la propagació de l'onatge tenint en compte la batimetria real en cada port, obtindríem unes aproximacions més acurades i reals.

A més a més, tot i que s'ha calculat amb un registre de dades des del 1996 fins al 2012, seria interessant poder veure quin seria el resultat de l'anàlisi si es disposessin de més dades.

Tot i que la procedència del registre de les dades és molt fiable, també seria convenient la comparació d'aquests amb altres registres com per exemple el registre de d'onatge SIMAR-44, faria que el error que hi ha inherent en el registre de dades, fos menor.

Un altre branca d'estudi dins d'aquest anàlisi del impacte dels ports a la costa catalana, seria quantificar el sediment retingut per la presència dels ports, així com calcular la quantitat de sediment necessari per a poder mantenir les platges d'aigües avall dels ports.

6. Referències

- [1].Pla Director Urbanístic del Sistema Costaner (PDUSC, 2004)
- [2].Llibre verd de l'estat de la zona costanera a Catalunya. 2010. IGC.
- [3].Pla de Ports de Catalunya, 2006. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.
- [4].M, Villares. (1999) "Percepció dels impactes estètics i mediambientals de la regeneració de platges". Tesis doctoral UB, 1999.
- [5].Gelonch, Gerard (1990) "El dominio público marítimo terrestre en Catalunya. Ordenación del litoral". Revista de Obras Públicas, nº 18, p. 52-69, 1990
- [6].Agència Catalana de l'Aigua (ACA). 2006. La Directiva marc de l'aigua. Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient.
- [7].Pla especial d'emergències per contaminació accidental de les aigües marines, 2003 (CAMCAT).
- [8].Institut Cartogràfic de Catalunya. Proyectos de Cartografía. Disponible en: <http://www.icc.es>
- [9].Puertos del Estado. Banco de datos de la malla WANA. Disponibles en: http://www.puertos.es/oceanografia_y_meteorologia/banco_de_datos/index.html
- [10]. Panareda, Josep M., Boccio, Maravillas. (2007-2008). "Efectos de la dinámica litoral inducidos por la actividad humana en áreas urbanizadas: el caso del Maresme (Barcelona)". Territoris (2007-2008), (7): 55-68.
- [11]. Apunts de climatología de l'onatge, ETSBCCP. Caracterització de l'onatge.

Annex – Base de dades dels ports

Nom Port	Punts WANA	Angles interes sen	Angle LC	Dist costa interes [km]	Dist bocana-costa[m]	Bocana Calat [m]	Area Mirall aigua [m2]	Dic [m]	Contradic [m]	Comentar is dies
Port de Portbou	2123150					10	25,304	310		
Port de Colera	2123150					5	8,136	100	55	
Port de Llançà	2123150					11	78,168	320	450	
Port de la Selva	2125149						126,963	220		
Port de Roses	2123146	71-180	55	3.80		9	245,415	400	800	
Canals de Sta Margarida	2123146					2.5		350	250	
Marina Empuriabrava										
Port de l'Escala	2123146					10	226,126			
Port de l'Estartit	2123144	22-113	11	3.69		4	192,237	350	600	Dic exterior de 350m
Port d'Aiguablava	2123142					1.5	1,907	100		
Port de Llafranc	2123142					5	4,200	210	40	Dic de recec
Marina Palamós	2123142					16	76,190			Dos dies convergents
Port de Palamós	2122141	79-180	55	3.23		18	247,868	700	340 i 150	dic de recec
Marina Port d'Àro	2122141						20,410	250		Dic en corba
Port de Sant Feliu de Guixols	2122141					10	143,354	510		Dic de recec
Port Cala Canyelles	2113139					4	6,373	170		

Nom Port	Punts WANA	Angles interes sen	Angle LC	Dist costa interes [km]	Dist bocana-costa[m]	Bocana Calat [m]	Area Mirall aigua [m2]	Dic [m]	Contradic [m]	Comentar is dies
Port de Blanes	2117139	38-144	26	3.00		8	114,498	400 i 100	200 i 160	Dos dies exteriors que arreceren les
Port d'Arenys de Mar	2114138	S73-155 i N201-239	67	2,59-3,66	411	7	173,647	550, 300 i 130	200, 150 i 250	Dic orientat a llevant i contradic a ponent
Port Balís	2114138	S73-130 i N142-235	58	2,39-1,79		4.5	99,821	500, 200 i 100	190 i 270	Dic de recec que aprofita el curvilini
Port de Mataró	2114138	S57-180 i N146-227	53	4,52-2,97		8	123,110	430 i 600	300	Dic de recec amb 2 alineacions
Port Premià de Mar	2114138	S79-180 i N153-235	69	2,5-2,91		6	76,711	220 i 400	200	Dic d'abric en forma de L
Port del Masnou	2114138	S71-139 i N180-243	65	2,72-1,76		4	114,402	180, 220 i 280	220 i 280	Dic de recec de 3 alineacions . Contradic de 2 alineacions , formant angle recte

Port Ginesta	2108135					3	80619	850	180	
Port del Garraf	2108135					5	60339	Dic E: 400 i250	250	Dic de 250m amb planta
Port de Vallcarca	2108135					6.5	55379	Dic E: 250 i240		El dic de 240m forma un angle de 100°
Port d'Aiguadolç	2108135	74-180	86	3.76		3	43000	Llevant: 200 i280. Ponent: 200 i300		Dics convergents
Port de Vilanova i la Geltrú	2105133	82-254	71	6.47		7				
Port Segur de Calafell	2104133	S91-180 iN176-256	82	4,36-4,10		7				
Port de Coma-Ruga	2102133	S85-170 iN169-252	77	2-2,39		5				
Port de Roda de Barà	2102133	S87-166 iN149-239	69	3,87-1,34		7				

Nom Port	Punts WANA	Angles interes sen	Angle LC	Dist costa interes [km]	Dist bocana-costa[m]	Bocana Calat [m]	Area Mirall aigua [m2]	Dic [m]	Contradic [m]	Comentar is dics
Port de Torredembarra	2102133	117-236	61	3.77		7				
Port esportiu de Tarragona	2099132					6.5	39400	150 i460	153	Primer tram dic perpendicular a la platja del nord (Miracle)
Port de Tarragona										
Port de Salou	2098132	S77-180 iN180-277	95	4,20-1,28		2.2	22465	350	65	Dic orientat
Port de Cambrils	2096132	S75-165 iN168-259	72	3,29-1,56		7	171346	820	430	Port arreerat per dos dics convergent
Port de l'Hospitalet de l'Infant	2096132	S63-153 iN155-204	63	2,52-2,12		2.5	45000			Dics de recer formen 90° i contradic
Port de Calafat	2095130					5	27030	375		Dic de recer
Port de Sant Jordi D'Alfama	2095130						16894	181	40	martell de CC
Port de l'Atmella de Mar	2095130					7	91968	680	190	
Port de l'Ampolla	2095130					5	56666	520	240	Dos dics cor

Port de l'Atmella de Mar	2095130					7	91968	680	190	
Port de l'Ampolla	2095130					5	56666	520	240	Dos dics cor
Port del Delta del Ebre						3	22146			El dic te la mateixa orientació que la vora del riu
Port de Sant Carles de la Ràpita						6.5	991930	1150 i al nord: 550 i400		Llarg dic al sud i al nord formant angle recte. Al nord un dic de recer en forma de L
Port d'Alcanar	2092126					12	98419	550 i 500		Dic en forma
Port de les Cases d'Alcanar	2092126	46-86	38			4	31088	380	185	Dic de recer