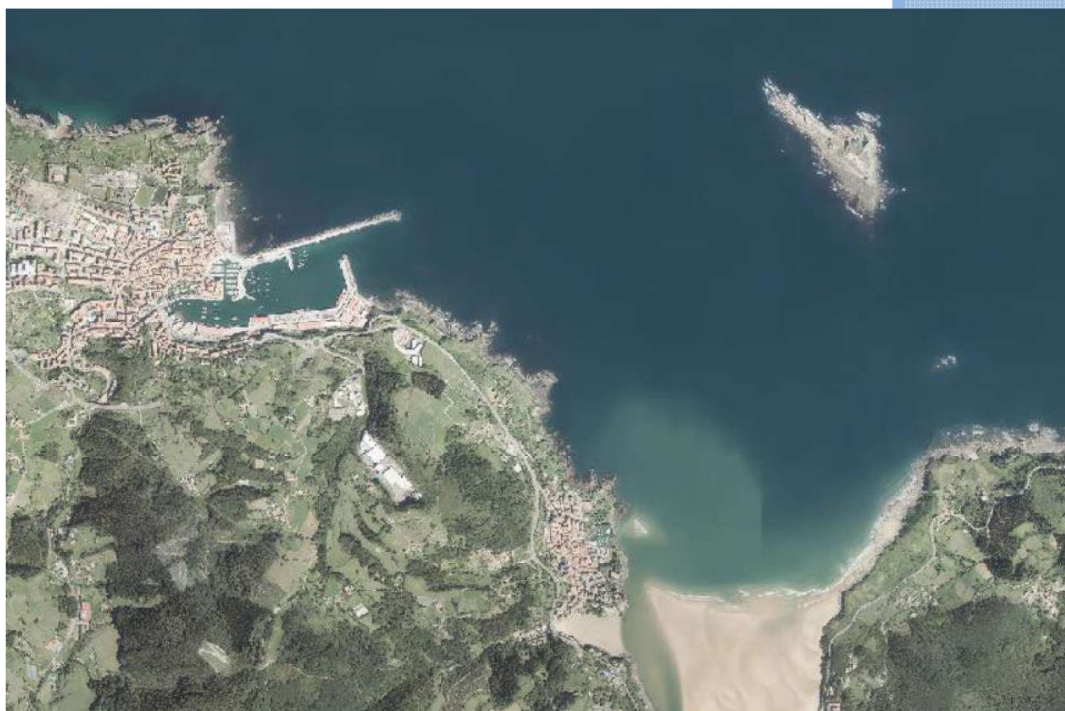


EKONOMIAREN GARAPEN ETA AZPIEGITURA SAILA
PORTU ETA ITSAS GAIETAKO ZUZENDARITZA

BERMEOKO PORTUAN ITSASERTZEKO DINAMIKAREN OINARRIZKO AZTERLANA



2019ko uztaila

bg berenguer
ingenieros

bg berenguer
ingenieros

IGNACIO DE
LA PUERTA
RUEDA
149427898

Firmado
digitalmente por
IGNACIO DE LA
PUERTA RUEDA
149427898

AURKIBIDE OROKORRA

AURKIBIDE OROKORRA.....	i
TAULEN AURKIBIDEA	iii
IRUDIEN AURKIBIDEA	iv
LABURDURAK.....	vi
MEMORIA	1
1. SARRERA	1
Aurrekariak	1
Portuko betelan berriak.....	1
Azterlanaren edukia.....	2
2. LABURPEN BETEARAZLEA	4
3. ITSASERTZAREN DESKRIBAPENA.....	5
Sarrera	5
Kostaldearen deskribapena	5
Geologia.....	6
Esparru geologikoa	6
Itsaslabarraren higadura.....	7
Hondoen konposizioa	8
Konfigurazio orokorra.....	8
Morfologia eta biozenosia.....	9
4. ITSAS KLIMA	14
Sarrera	14
Datuen iturria	14
Haizeak.....	15
Kanpoko olatuak	18
Norabidearen araberako banaketa	18
Urte-sasoien araberako banaketa.....	19
Hs-Tp banaketa.....	19
H-Dir banaketa.....	21
Mareak.....	21
Olatuak Bermeoren aurrealdean.....	23
Kanpoko olatuen hedapenak.....	23
Porturaino hedatutako olatuak	24
Hs-Tp banaketa.....	26
H-Dir baterako banaketa	28
Erregimen eskalarra.....	28
Muturreko olatuak.....	29
Metodologia	29
Portuaren aurrealdean muturreko erregimena	29
5. ITSASERTZEKO DINAMIKA.....	31
Sarrera	31
Itxitura-sakonera	31
Garraio sedimentarioaren modelizazioa	32
Metodologia	32
Egindako simulazioak.....	34
Emailtzak	34
Itsasertzeko dinamikaren deskribapena.....	37

Dinamika sedimentarioan obraren eragina	38
Garraio-tasan aldaketak	38
Kostaldean eragina	39
Jarraipen-plana eta neurri zuzentzaile edo orekatzaileak	39
6. ALDAKETA KLIMATIKOAREN ONDORIOAK	40
Sarrera	40
“Kostaldean aldaketa klimatikoaren aurkako estrategiaren” emaitzak	41
Azterketa-eremuan aldaketa klimatikoaren balioak	46
50 urtetan aldaketa klimatikoaren balioak	53
BIBLIOGRAFIA	54

TAULEN AURKIBIDEA

1. taula. Antzemandako gutxieneko eta gehienekoen estatistika.Muturrak (gehienekoak eta gutxienekoak) eta antzemandako gutxieneko eta gehienekoen serieei buruzko lagin- uneak(Iturria:Estatuko Portuak).....	23
2. taula. Porturaino hedatutako kanpoko olatuei dagokienez intzidentziaren norabidea eta olatu- altueraren koefizientea (Iturria:geuk egina).....	25
3. taula. Irudikatutako muturreko doikuntzaren zenbakizko emaitzak(Iturria:HIDTMA)	30
4. taula. Itsasertzeko dinamikaren aldagai-konbinazio eta denbora-eskala desberdinetarako emaitza ikusgaiak (Iturria:C3E bisorea)	49
5. taula. 009 puntuan C3E bisorean lortutako arriskugarritasun-datuak (Iturria:C3E bisorea).....	50
6. taula. 009 puntuan eragina balioztatzea (Iturria:C3E bisorea)	52
7. taula. 008 puntuan olatuen eta itsasoaren batez besteko mailaren parametroei buruzko aldaketa balioztatzea (Iturria:C3E bisorea).....	53

IRUDIEN AURKIBIDEA

1. irudia. PBn aurrez ikusitako betelan berria(Iturria:EJPIGZ).....	2
2. irudia. Bermeoko portuaren aireko argazkia (Iturria:Foru Aldundiko bisorea).....	3
3. irudia. Bermeoko ingurunean kostaldearen deskribapena (Iturria:geuk egina).....	5
4. irudia. Bermeoko ingurunearen geologia-mapa.(Iturria:Espainiako Geologia Mapa).....	6
5. irudia. Matxitxako lurmuturraren ekialdean harrizko hondartza (Iturria:EAEn geologia-interesa duten tokien inbentarioa)	7
6. irudia. Matxitxako lurmuturraren ekialdean hondoen morfologia orokorra (Iturria:GeoEuskadi bisorea) .	8
7. irudia. Bilbo Bizkaia buiaren kokapena (Iturria:geuk egina)	15
8. irudia. Bilbo-Bizkaia buian urteko haize-arrosa.Haizeen intentsitate eta urteko aurkezpen-ehunekoari buruzko balioak.(Iturria:geuk egina)	16
9. irudia. Bilboko buian erregistratutako haizeari buruzko datu-hodeia irudikatzea (Iturria:geuk egina)....	16
10. irudia. Bilbo-Bizkaia buian hilabeteko haize-arrosa (Iturria:geuk egina)	17
11. irudia. Bilbo-Bizkaia buian erregistratutako olatuei buruzko datu-hodeia eta dentsitatearen grafikoa. Jatorrizko norabidea eta olatuaren altuera (m).(Iturria:geuk egina)	18
12. irudia. Bilbo-Bizkaia buian erregistratutako olatuei buruzko datuen urteko arrosa (Iturria. HDTMA).....	18
13. irudia. Urte-saioen araberrako olatu-arrosak.Bilbo-Bizkaia buia (Iturria:Estatuko Portuak)	19
14. irudia. Buian erregistratutako olatuei dagokienez altuera adierazgarria (Hs) eta puntako denboraldia (Tp) banatzea (Iturria:geuk egina).....	20
15. irudia. Bilbo-Bizkaia buian datuei buruzko H-T baterako banaketa (Iturria:geuk egina)	20
16. irudia. Bilbo-Bizkaia buian datuei buruzko H-Dir baterako banaketa (Iturria:(Iturria:geuk egina)	21
17. irudia. Bilboko mareografoan itsas mailaren erreferentzia nagusiak.Altuerek REDMAR zerori erreparatzen dizkiote.(Iturria:Estatuko Portuak).....	21
18. irudia. Itsas mailaren orduko maiztasun erlatiboaren banaketa (goiko grafikoa), marea astronomikoa (azpiko ezkerreko grafikoa) eta hondakin meteorologikoa (azpiko eskuineko grafikoa) (Iturria:Estatuko Portuak).....	22
19. irudia. Antzemandako gutxieneko eta gehieneko maiztasun erlatiboaren banaketa.Batera irudikatu arren, histogramak gutxieneko serierako eta gehieneko serierako bereizita kalkulatu dira.(Iturria:Estatuko Portuak)	22
20. irudia. Azterketa-eremuraino kanpoko olatuen hedapenari buruzko adibidea (Tp = 18 s; Dir=NW) (Iturria:geuk egina)	24
21. irudia. Porturaino hedatutako kanpoko olatuen irudikapen polarra.(Iturria:geuk egina).....	25
22. irudia. Bermeoko portuaren aurrealderaino hedatutako buiako datuei buruzko olatu-arrosa.(Iturria:geuk egina)	26
23. irudia. Bermeoko portuaren aurrealderaino hedatutako buiako olatuen Hs-Tp banaketa. (Iturria:geuk egina)	27
24. irudia. Bermeoko portuaren aurrealderaino hedatutako kanpoko buiako datuen H-Tp baterako banaketa. (Iturria:geuk egina)	27
25. irudia. Bermeoko portuaren aurrealderaino hedatutako kanpoko buiako datuen H-Dir baterako banaketa. (Iturria:geuk egina)	28
26. irudia. Bermeoren aurrealdean olatuen erregimen eskalarra(Iturria:HDTMA)	28
27. irudia. Muturreko analisiaren emaitzak(Iturria:HDTMA)	29

28. irudia. W-70°-N norabidean Bermeoko kostalderaino olatuak hedatzea	32
29. irudia. Sedimentuak garraiatzeko gaitasuna (balioak m ³ /m/urte unitatean).Egungo egoera:Hs=1 m; Tp=10 s.(Iturria:geuk egina)	35
30. irudia. Sedimentuak garraiatzeko gaitasuna (balioak m ³ /m/urte unitatean).Egungo egoera:Hs=3 m; Tp=14 s.(Iturria:geuk egina)	36
31. irudia. Sedimentuak garraiatzeko gaitasuna (balioak m ³ /m/urte unitatean).Egungo egoera:Hs=5 m; Tp=18 s.(Iturria:geuk egina)	36
32. irudia. Bermeoko ingurunean dinamika sedimentarioaren eskema orokorra (Iturria:geuk egina).....	37
33. irudia. Egungo egoeran eta hedapen-obrak egin ondoren sedimentuak garraiatzeko gaitasunaren artean desberdintasuna.Hs=5 m; Tp=18 s.Bektoreek egungo egoeran garraiatzeko gaitasuna irudikatzen dute (Iturria:geuk egina).....	38
34. irudia. Olatuen muturreko erregimenaren intentsitate-aldaketa(Iturria:MAPAMA)	42
35. irudia. Marea meteorologikoaren muturreko erregimenaren intentsitate-aldaketa (Iturria:MAPAMA)	43
36. irudia. Urperatze-kotaren guztizko aldaketa (m)(Iturria:MAPAMA)	44
37. irudia. Hondartzetan atzera egitea (m)(Iturria:MAPAMA).....	45
38. irudia. Kulunkatzearen ondorioz hondartzetan atzera egitea (m)(Iturria:MAPAMA)	45
39. irudia. Garraio potentzialaren aldaketa.(Iturria:MAPAMA)	46
40. irudia. 009 puntua kokatzea (Iturria:C3E bisorea)	49

LABURDURAK

EJPIGZ Eusko Jaurlaritzako Portu eta Itsas Gaietako Zuzendaritza IAE
Ingurumen Azterlan Estrategikoa
MAPAMA Nekazaritza, Elikadura eta Ingurumen Ministerioa (gaur egun MITECO)
MITECO Trantsizio Ekologikorako Ministerioa
NMMA98 1998an Alacanten itsasoaren batez
besteko maila NMML Tokiko batez besteko
itsas maila
PICC Aldaketa Klimatikoari buruzko Gobernuen
arteko Panela PB Plan Berezia
REDMAR Estatuko Portuen Mareografo Sarea RGC
Kostaldee buruzko Araudi Orokorra

MEMORIA

1. SARRERA

AURREKARIAK

Eusko Jaurlaritzako Portu eta Itsas Gaietako Zuzendaritza (EJPIGZ) Bermeoko Portuko Antolamendurako Plan Berezia (PB) aldatzen ari da eta, xede horrez, Ingurumen Azterlan Estrategikoa (IAE) idatzi behar da.

IAE garatzeari begira, itsasertzeko dinamikaren oinarritzko azterlana idaztea ezinbestekoa da, 876/2914 Errege Dekretuak, urriaren 10ekoak, Kostaldeei buruzko Araudi Orokorra onesten duenak, (KAO) 91.3 artikuluan xedatutakoa betetzeko. Artikulu horrek hau dio:

Proiektuak itsasoan edo itsaso eta lehorrean jardutea aurrez ikusten duenean, dagokion kostaldeko unitate fisiografikoari buruz itsasertzeko dinamikaren eta jarduerak eragingo dituzten ondorioen oinarritzko azterlana izan beharko du, araudi honek 93. artikuluan xedatutakoaren arabera (uztailaren 28ko 22/1988 Legearen 44.3 artikulua).

Itsasertzeko dinamikaren oinarritzko azterlanaren edukia zehatz-mehatz deskribatzen du KAOk 93. artikuluan:

Itsasertzeko dinamikaren oinarritzko azterlana, araudi honen 91. artikuluan aipatutakoa, memoriaren osagarri modura sartuko da eta honako alderdi hauek aztertuko ditu:

- a) *Itsasertzak garraiatzeko duen gaitasuna aztertzea.*
- b) *Sedimentuen balantzea eta kostaldeko lerroaren bilakaera, bai lehenagokoa, baita aurrez ikus daitekeena ere.*
- c) *Itsas klima, olatuen eta ekaitz direkzional nahiz eskalarren estatistikak barne.*
- d) *Klima aldaketaren ondorioen ondoriozko dinamika.*
- e) *Ukitutako kostalde-eremuetan aldatuko ez diren hondoko zonetaraino batimetria eta oreka-modua, plantan eta profilean.*
- f) *Hondoen izaera geologikoa.*
- g) *Itsaspeko biosferaren baldintzak eta jarduerak eragindako ondorioak, araudiak 88 e) artikuluan aipatutako moduan.*
- h) *Agregakin eta harrobien baliabide eskuragarriak eta beren egokitasuna, hondarrak dragatu edo lekualdatzeko aurreikuspena.*
- i) *Aurrez ikusitako jardueren jarraipen-plana.*
- j) *Bidezkoa bada, obren eragina minimizatzeko eta har daitezkeen neurri zuzentzaile eta orekatzaileak definitzeko proposamena.*

PORTUKO BETELAN BERRIAK

PBk aukera gisa planteatzen du portuaren hego-ekialdean, kontradikearen kanpoaldean, betelan berria egitea, gerora portuko eraikin berriak eraikitzeko. Gainera, iparraldeko betelanean, babes-dikea abiarazten den horretan, harri-lubeta gehiago babestea aurrez ikusten du, 1. irudian ikus daitekeen bezala.

Beraz, Bermeoko ingurunean obra berriek sedimentuen dinamikan eraginik izango al duten aztertu behar da. Gainera, hala balitz, eragina murriztu edo orekatzeko neurriak zehaztu beharko lirateke.

1. irudia. PBN aurrez ikusitako betelan berria (Iturria:EJPIGZ)



AZTERLANAREN EDUKIA

Txosten honek Bermeoko portuaren inguruan sedimentuen dinamika aztertzen du eta sedimentuen garraioan nahiz hondartzetan etorkizuneko hedapenak sor ditzakeen eraginak zehazten ditu.

Horretarako, txostenaren edukia honako modu honetan egituratu da:

- 2. kapituluak txostenaren laburpen betearazlea agertzen da.
- 3. kapituluak Bermeoko itsasertzaren ingurunea deskribatzen du.
- 4. kapituluak portuko kostaldean eragiten duen itsas klima aztertzen da.
- 5. kapituluak itsasertzeko dinamikaren osagai nagusiak deskribatzen ditu eta proiektatutako obrek sedimentuen dinamikan nahiz hondartzetan izango duten eragina zehazten du.
- 6. kapituluak aldaketa klimatikoaren ondorioak aztertzen ditu.

2. irudian Bermeoko kostaldeko ingurunearen argazki orokorra azaltzen da.

2. irudia. Bermeoko portuaren aireko argazkia (Iturria:Foru Aldundiko bisorea)



2. LABURPEN BETEARAZLEA

Bermeoren inguruan kostaldeko ezaugarri geologiko eta morfologikoak aztertu dira, sedimentua garraiatzeko material eskuragarria zehazteko xedez. Itsasertzaren tarte horretan, 10-12 m-ko sakoneraraino, hondoak arrezifeak (arroka infralitoralak) osatzen duela egiaztatu da. Bermeoko hegialdean hondo harritsua 15-20 metroko sakoneraraino iristen da. Eremu sakonagoetan hondo hondar-bankuek estaltzen dute.

Bermeoko ingurunean sedimentazio-prozesuak ez dira oso garrantzitsuak. Batetik, ia profil aktibo guztian hondarrezko sedimenturik ez dago eta, bestetik, hain sakonak ez diren guneeetan sedimentuaren konposizioa kontuan hartu behar da. Itsaslabarretik askatu ostean eta ekaitzek biribildu ondoren, material nagusiak oso legar lodiak eta birla handiak dira. Itsaslabarretik aska daitekeen material fin urria berehala ur sakonetara edo olatuengatik hegialdera garraiatzen da; beraz, sedimentuaren garraio-eremuan gutxi dago edo ez da ezer agertzen.

Sedimentazio-garraioaren eredia aplikatuz egiaztatutakoaren arabera, obrek sedimentazioaren dinamika orokorrean ez dute eraginik izango eta kostaldean ez dira antzemango.

Ingurunean proposatutako obrek uki dezaketen hondartza edo hondar-bankurik ez dagoenez, ez da beharrezkotzat jotzen jardueraren eraginari buruzko neurri zuzentzaileak edo orekatzaileak aztertzea.

Arrazoi berdinean funtsatuta, sedimentazioaren dinamikari dagokionez, aurrez ikusitako jardueren jarraipen-plana ez da behar.

3. ITSASERTZAREN DESKRIBAPENA

SARRERA

Kapitulu honetan Bermeoko portuaren ingurunean kostaldea deskribatuko da, itsasertzaren dinamika aztertzeari ekin baino lehen. Ildo horri jarraiki, atalak informazio hau du:

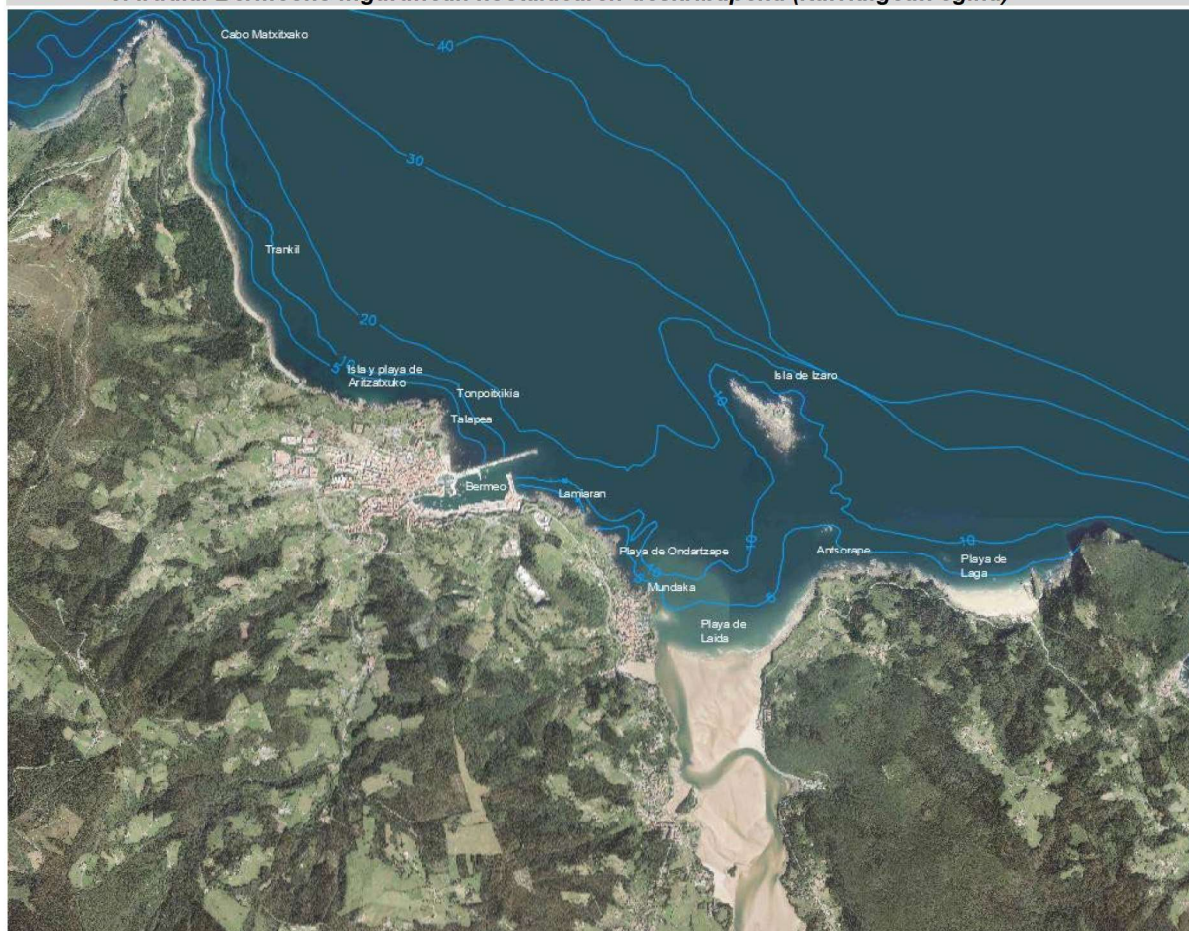
- Kostaldearen eta geografia-gorabehera aipagarrien deskribapen orokorra.
- Itsasertzaren batimetria eta topografia.
- Kostaldean mendi-mazelen geologia.
- Hondoaren morfologia eta konposizioa.

KOSTALDEAREN DESKRIBAPENA

Bermeoko portua Matxitxako lurmuturraren ekialdean dago (ikusi 3. irudia). Lurmuturra Bizkaiko punturik iparraldekoenean aurkitzen da. Lurmuturraren ekialdean kostaldea hegoalderantz orientatuta dago gutxi gorabehera 3 km-tan zehar Aritzatxukoraino iritsi arte. Bertan ekialderantz biratzen du.

Portuko kostalde guztia harritsua eta malkartsua da eta legar lodien nahiz birlen hondakinak ageri dira, itsaslabarretik erori ondoren. Izan ere, horiek azaleratzen den harri zabalaren gainean gelditzen dira. Bermeoren ekialderantz kostaldeak harritsua eta irregularra izaten jarraitzen du eta hondarrez osatutako senadiren bat ageri da, besteak beste, Ondartzape, Mundakaren iparraldean.

3. irudia. Bermeoko ingurunean kostaldearen deskribapena (Iturria:geuk egina)



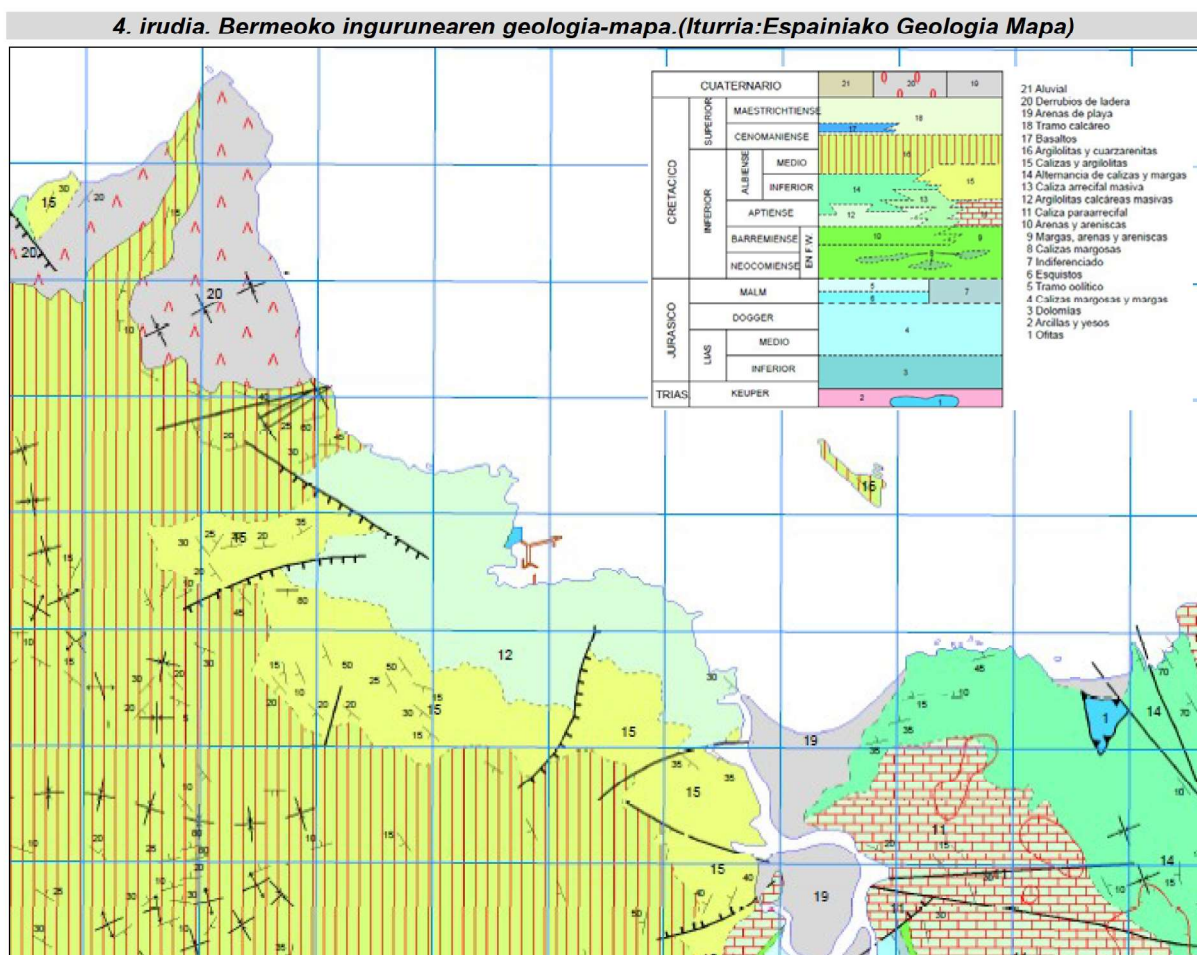
Laidako hondartzak Urdaibaiko itsasadarra ixten du. Ingurunea UNESCOK 1984. urtean Biosferaren Erreserba aitortu zuen. Hondartza iparralderantz orientatuta dago eta gutxi gorabehera 950 m-ko luzerako aurrealdea du. Ekialderantz, Antsorapeko itengune harritsua gaindituta, Lagako hondartza aurki daiteke. Unitate honek luzeran 75 km inguru ditu eta iparralderantz begiratzen du.

GEOLOGIA

Esparru geologikoa

EAEko kontinenteko plataformako habitaten eta itsas hondoak ezaugarritzearen mapak lantzeatzostenak aipatutakoari jarraiki, Kantauri itsasoko plataforma kontinentala oso estua da. Euskal Autonomia Erkidegoan 7 km (Matxitxako lurmuturraren aurrealdean) eta 20 km artean (Orioren aurrealdea) aldatzen da (Uriarte, 1998).

Paleozenoan eta Eozenoan gertaera tektonikoei, Tertiarioko orogenia alpinoarekin batera, Kantauriko ertza deformatu dute (Ercilla et al., 2008). Euskadiko itsasertza osatzen duten unitate geologikoak batez ere Kretaziko eta Tertiariokoak dira. Hala, kostaldearen luzera hartuta, gutxi gorabehera % 59 eta % 41 ordezkatzeko dute, hurrenez hurren. Plataforma kontinentalean egiturazko morfologiak dira nagusi.



Kostaldeko lerroa irregularra da eta horren % 90 itsaslabar edo substratu harritsuekin bat dator. Bien bitartean, hondartza-eremuek bakarrik kostaldeko luzera guztiaren % 10 hartzen dute. Itsaslabarrak etengabe olatuen ekintzaz higatzen ari dira, olatuak bereziki indartsuak baitira gunee horretan (González et al., 2004). Horregatik, kostaldeko lerroaren sekzio luzeetan abrasio-plataformak daude

behar bezala definituak. Geruzen kokapena faktore garrantzitsua da kostaldearen konfigurazioa kontrolatzeko: geruzen norabidea kostaldearekiko elkarzut denean, badiak eratzen dira; itsaslabarraren aurrealdearekiko paralelo kokatzen denean, berriz, kostaldea zuzena da eta ondo definitutako abrasio-plataforma du (Portero et al., 1991).

Prozesu horri esker, uharte eta uhartetxoak garatzen dira eta azaleratuak egon daitezke, ala bakarrik itsasbeheran azaltzen dira. Euskal kostaldean 100 uharte baino gehiago daude eta kostalde guztiko luzeraren % 8 inguru hartzen dute.

Barneko plataforma ia osoa arroaren gerriko jarraituak estaltzen du eta itsaslabar kontinentalen hedapena da. Nagusiki kareharriak eta margak ageri dira eta tartekatuak hareharriak eta buztinak ikus daitezke (flysch). Substratu harritsu horren jarraipena erregularitasunez ibai eta estuarioen ahoek eteten dute (Rey and Medialdea, 1988).

Aritatzukotik Mundakarraino kostalde osoa kareharrizko argilolita masiboek eratzen dute.

Itsaslabarraren higadura

“EAEn geologia interesdun lekuen inbentarioak” azaldutakoari eutsiz, Matxitxako lurmuturra unitate morfoestruturala da eta Urgondar Gaindizko Konplexuari dagokion Flysch Beltzaren turbidita seriearen gainean garatu da. Serie honetan hareharriak eta konglomeratuak txandakatzen dira. Horien gainean, gainazaleko isurketaren ekintzak eta itsas ekaitzek itsaslabarren multzoa sortu dute eta lurmuturraren bi aldeetan azalera handia hartzen du kolubioi-estaldurak.

5. irudia. Matxitxako lurmuturraren ekialdean haskoskorren hondartza (Iturria: EAEn interes geologikoa duten tokien inbentarioa)



Itsasertzean mendi-mazeletako prozesuak batik bat itsas ekaitzen ondorioz gertatzen dira, bereziki biziak baitira Bizkaiko kostaldean. Halaber, euriak ere eragiten du, itsaslabarretatik materiala askatu eta higadura sortzen baitu. Higaduratik datozen materialak

itsaslabarren oinean metatzen dira eta hondoak txikiak direnean, azaleratutako legar eta birlen hondartzak eratzen dituzte. Denbora igaro ahala, biribilduz doaz, lurmuturra inguratzen duen kostaldean gertatutakoaren antzera.

Matxixakoren inguruan harkoskorren hondartza lurmuturrean hasi eta Aritzatxukon amaitzen da. Kostaldean 3 km-z hedatzen da. Harkoskorrek eta birlek hartutako kostaldeko lerroa azaleratutako hondartza eta mareartekoaren eremura mugatzen da.

Etenak daude eta gaitasun desberdineko arrokak txandakatzen dira. Horiei esker, blokeek banakako prozesuak jasaten dituzte, irrist egiten dute eta, ondoren, grabitatearen ekintzaz erortzen dira. Modu horretan, itsaslabarraren oinean pilatu eta olatuen ekintza sendoa pairatzen dute. Geruza-planoak irrist egiteko gainazal eraginkorrak dira, batez ere, inklinazioak eta aldapak bat egiten duen puntuetan.

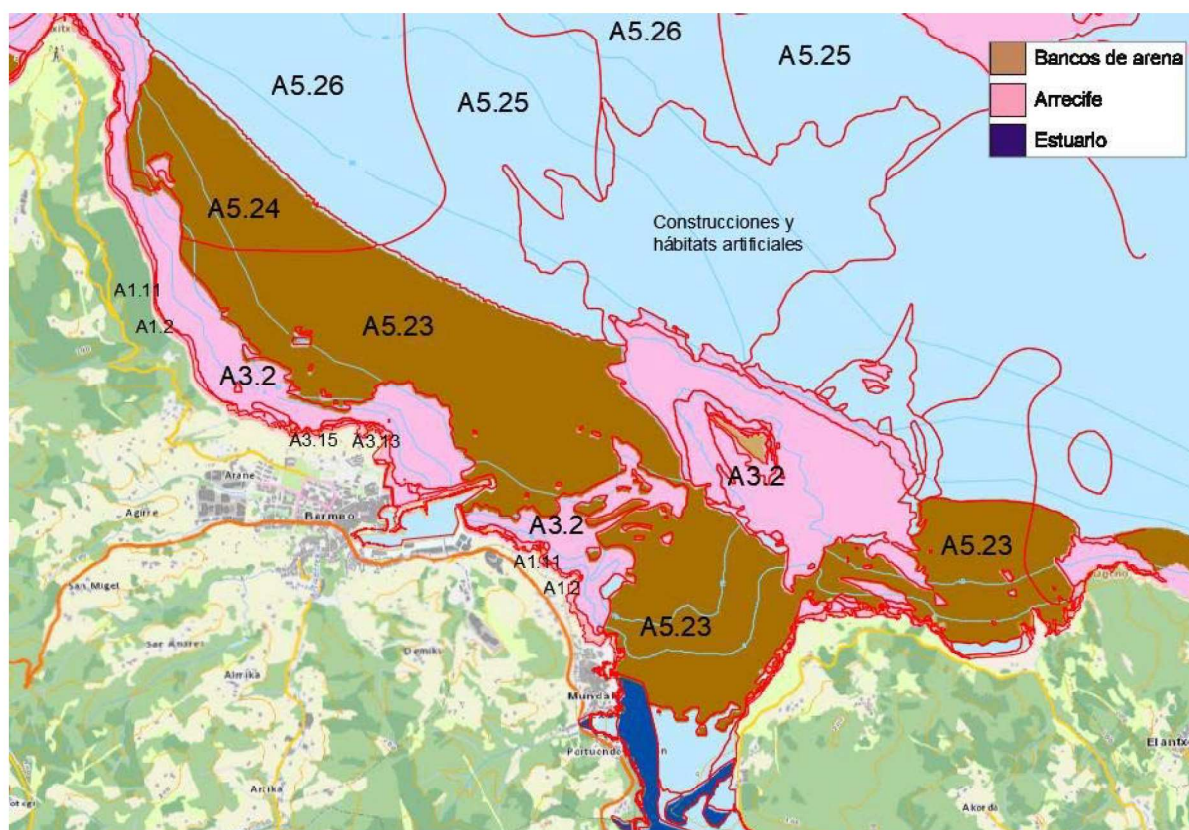
Inbentarioak aipatutakoaren arabera, mendi-mazelen dinamika aktiboak bloke handien metaketa kaotikoan du bere isla. Hala, topografiari jarraiki, aldi baterako mendi-mazelaren erdialdean gelditzen dira. Grabitatearen ekintzaz berriz mugituko dira itsaslabarraren oineraino iritsi arte. Bertan itsasertza inguratzen duten harkoskorren hondartzekin bat egingo dute.

. HONDOEN KONPOSIZIOA

Konfigurazio orokorra

6. irudian guneko morfologia orokor sinplifikatua ikus daiteke. Antzemandakoaren arabera, kostaldeko azalera guztia 10-12 m-ko sakoneraino arrezifeak (arroka infralitoralak) osatzen du. Eremu sakonagoetan hondoa hondar-bankuek estaltzen dute gutxi gorabehera -27 m-ko kotaraino.

6. irudia. Matxitxako lurmuturraren ekialdean hondoen morfologia orokorra (Iturria: GeoEuskadi bisorea)



Bermeoko portuaren iparraldean hondo harritsua -20 m-ko sakoneraraino hedatzen da. Ahoaren ingurunean hondo hareatsua -10 m-ko kotaraino aurki daiteke. Portuko hegualderantz hondo harritsua -20 m-ko kotaraino zabaltzen da eta gune batzuk sedimentuek estaltzen dituzte. Mundakatik aurrera, Urdaibaiko itsasadarren aurrealde guztia hondarra da.

Morfologia eta biozenosia

Europar zuzentarauek, oro har, nazioetako legediak nola inplementatu ez dute esplizituki zehazten. Horregatik, batez ere urak eta habitatak sailkatzera bideratutako metodoak CORINE sailkapenaz eta, gero, habitaten sailkapen paleartikoaz baliatu ziren. Azkenik, bi sailkapen horietatik abiatuta, EUNIS (European Natura Information System) sailkapena garatu zen. Ingurumenerako Europar Agentziaren ekimena da eta European Topic Centre on Nature Conservation izenekoak garatu nahiz mantendu du. Nolanahi ere, EUNIS informazioa erabiltzen da NATURA 2000 Sarearen euskarri modura eta nazioartean koordinatzeko.

Bermeoko ingurunean hondo gehiena arroka infralitoralak hartzen du eta inguruan konposizio desberdineko lohi eta hondar finen bankuak daude. Ildo horri eutsiz, ondoren hondo horiek deskribatuko dira (Galparsoro et al., 2009).

A.1: itsasertzeko arroka eta beste substratu gogor batzuk

Itsasertzeko arroka berruan marearteko eremuko eta olatuen zipritin-guneko habitat harritsuak, blokeak eta harkoskorak sartzen dira. Euskal Autonomia Erkidegoaren kostaldean goiko muga likenen ([*Verrucaria*, *Lychina*]) eremuak osatzen du, behekoa, berriz, itsasbehera bizi ekinokzialaren kotak. Bertan alga handiak ageri dira, hala nola *Bifurcaria* edo *Gelidium*.

Kostalde harritsuko komunitateei eragiten dizkieten hainbat aldagai fisiko daude, besteak beste, honako hauek: olatuen eragina, gazitasuna eta kostaldeak marearen zikloetan parte hartu edo horietatik ateratzea. Ohiz, itsasertzeko arroka karakterizatzeko olatuen eragina erabiltzen da eta kostalde irekian eraginpe handiko zonatik senadi itxietan oso babestuta zabaltzen da. Eraginpeko kostaldean nagusi dira faunaren komunitateak: zirripedioak (balanoak, lanpernak) eta muskuiluak, baita alga sendo batzuk ere. Zona babestuetan, ordea, fukusalgekin estaldura ugariagoa da. Olatuen eraginpeko bi mutur horien artean, neurritzko eraginpe eremuetan, sarritan balanoen eta algen mosaikoak aurkitzen dira.

A1.1: Energia handiko itsasertzeko arroka

Arroka edo bloke harritsuak, olatuen eraginpean erabat edo neurritz daudenak. Eraginpe handiko kostalde honetan nagusi dira muskuilu eta balanoak, eta noizean behin fukus sendoak edo alga gorrien mantuak ikus daitezke. Hiru azpimota biologiko deskribatzen dira: goi- edo erdi-mailako eremu eulitoraleko arroka komunitate ala blokeak, olatuen eraginpe handi edo neurritzkoarekin, Euskal Autonomia Erkidegoko kostaldean muskuilu (*Mytilus galloprovincialis*), balano (*Pollicipes pollicipes*, *Chthamalus* eta/edo *Balanus* sp.) nahiz *Patella* spp. lapak dituztenak (A1.11); alga gorri eta arreak, olatuen eraginpeko kostalde harritsuen muturreko baldintzak jasateko gai direnak, nagusiki olatuek sortutako estres fisikoaren faktorearekin (A1.12), eta eremu babestuagoetan (estuarioren ahoak) mareen araberako kostaldea, fukusen estaldura eta iragazleen komunitate aberatsekin (A1.15). Euskadiko kostaldean Ibáñez et al. (1989) taldeak alga karedunaren nagusitasuna deskribatzen du: *Mesophyllum lichenoides*, *Lithophyllum incrustans*, *Corallina elongata* (beheko eremu eulitoralean), *Lithophyllum lichenoides*, *Fucus spiralis* var. *nanus* – *Caulacanthus ustulatus* (erdiko eremu eulitoralean) eta *Fucus spiralis* var. *limitaneus* (goiko eremu eulitoralean).

A1.11: Muskuilu eta/edo balanoen komunitateak

- A1.111: [*Mytilus galloprovincialis*] eta balanoak olatuen eraginpe handieneko arroka eulitoralean, behe- eta erdi-mailako eremu eulitoralean olatuek gogor jotzen duten kostalde harritsuan. Euskal Autonomia Erkidegoko kostaldean ohiz muskuiluen (*Mytilus galloprovincialis*) indibiduo txikiak

ageri dira, balano (*Chthamalus* spp., *Balanus* spp.), litorina (*Melaraphe neritoides*) eta lapen (*Patella vulgata*) orbanekin elkar nahasiak. Indibiduo txikien artean, alga gorriak (*Ceramium* spp., *Corallina officinalis* eta *Mastocarpus stellatus*) azal daitezke. Ohiz, alga gorri hostodunak (*Porphyra umbilicalis* eta *Palmariapalmata*) *M. galloprovincialis* espeziaren epifito modura agertzen dira. Orokorrean, alga gorriak ugariagoak dira behe-mailatan eta eremu eulitoralaren beheko mailan. Izan ere, gunee horretan muskuiluak eta balanoak urriak dira. *M. galloprovincialis* espeziea arroka malkartsuetan azaltzen denean, alga gorriak urriak dira eta beheko eremuetara mugatzen dira. Gasteropodo gutxi batzuk ager daitezke, hala nola *Littorina* spp., arroken hausturek edo zuloek babeslekua eskaintzen badute. Fukus algarik ez da ikusiko, baina, besteak beste, *Fucus vesiculosus* espeziea aldapa leunagoa den tokietan azal daiteke. Biotopo bera agertzen da oso eremu malkartsuetan edo olatuek neurritz jotzen duten eremuetan. Zehaztasun gehiagorako ikusi Borja et al. (2004). Denbora-aldaketa: neguko ekaitz handiek aldizka muskuilu eta balanoen komunitateak askatzea eragin dezakete.

A1.2: Neurritzko energia duen itsasertzeko arroka

Olatuak neurri batean jasaten dituzten kokaguneetan, *Chthamalus* sp. espeziaren eremuak behean ostra ugari (*Ostrea edulis* eta *Crassostrea gigas*) du; *Balanus perforatus* espeziaren indibiduo askorekin batera azaltzen dira. Azpian, *C. elongata* espeziaren horizontea garatzen da, epifito askorekin (besteak beste, *Ulva rigida*, *Ceramium ciliatum*) eta *Gelidium pulchellum*, *Codium fragile* eta *G. pusillum* espeziaren orbanekin. Hondarrak ukitutako zona harritsuetan honako alga arreak ageri dira: *C. spongiosus*, *S. scoparium* eta urteko *Padina pavonia* (Borja et al., 2004).

A3: arroka infralitorala eta beste substratu gogor batzuk

Arroka infralitoralean arroka, bloke eta harkoskorren habitata sartzen da eta eremu sublitoralean, sakonera gutxi dagoen guneeetan, aurki daiteke. Horietan nagusi dira algen komunitateak.

Euskadiko kostaldean goiko muga itsasbehera ekinokzialak adierazten du; beheko muga, berriz, makroalgen hazkuntza trinkoko azpiko mugak (gutxi gorabehera 15 eta 25 m-ko sakonera). Euskal Autonomia Erkidegoan arroka infralitorala batik bat *Gelidium corneum* algak menderatzen du olatupean gelditzen diren eremuetan; bien bitartean, gunee babestuagoetan habitata *Cystoseira baccata* algarena da (Limia and Gorostiaga, 1987; Borja et al., 1995; Díez et al., 2000).

Estuarioetan eta ur arreetaiko beste eremu batzuetan, marearteko sakonera gutxiko zonan nagusi dira animalien komunitateak eta bakarrik algen komunitate pobretu batzuk ageri dira.

A3.2: Neurritzko energia duen arroka infralitorala

Hondo harritsua, nagusiki neurritzko olatuen energiaren arabera. Arroka egonkorra duen hondoan azaltzen da eta algen komunitateak ikus daitezke, energia handiagoko hondoetan (A3.13 eta A3.15) ikus daitezkeen bezala. Euskal kostaldean, gunee hauek *Cystoseira baccata* egon ohi da (Díez et al., 2003), 3 m-tik 10 m-ra bitarteko sakoneran, urak kutsatuak ez badaude. Komunitate horri lotutako beste espezie batzuk dira *Rhodomenia pseudopalmata*, *Sphaerococcus coronopifolius* eta *Gelidium corneum* (hau oso kopuru txikian) (Borja et al., 2004). Lehen komunitate hori *Laminaria ochroleuca* espeziearekin ere erlazionatzen zen, baina aldaketa orokorrarengatik, espeziea euskal kostaldetik desagertu da, ur hotzagoak behar baititu.

A3.12: Sedimentuak eragindako algen komunitateak

Habitat harritsu infralitorala, substratuaren mugikortasunak (disturbantzia) edo sedimentu lodia ala partikula esekien (hondarra edo legarra) abrasioak sortutako nahastearen arabera. Horri lotutako komunitateak desberdinak izan daitezke, habitatean nagusi diren baldintzei jarraiki. Itsasertzeko habitat harritsuetako (A3.13 eta A3.15) alga gorrien orde, beste espezie iragankorragoak edo abrasioarekiko tolerantetagoak daude.

Euskal Autonomia Erkidegoan komunitate horien adibideak Bilboko Abratik Plentziaraino aurki daitezke. Komunitate horietan lehenengo *Gelidium corneum* desagertzen da eta, gero, *Cystoseira baccata*, *Codium decorticatum* sedimentazioak neurritz diharduen mailatan ezartzeko; *Zanardinia prototypus* eta *Aglaothamnion cordatum*, ordea, ugariagoak dira sedimentazio-maila altuak azaltzen diren tokietan (Diez et al., 2003).

A3.15: Alga hostotsuen komunitateak

- A3.151: *Cystoseira* spp. olatuen eraginpean dauden hondo harritsu eta arroka infralitoralean. Euskal kostaldean *Cystoseira baccata* espezieak azaltzeko joera du olatuak neurritz jasaten diren guneetan (Diez et al., 2003), 3 m-tik 10 m-ra bitarteko sakoneran, kutsadura gutxi badago. Olatuen eraginpeko eremuetan *Cystoseira* bakarrik 10 m-tik gorako sakoneretan ageri da eta toki batzuetan 20 m-raino iristen da. Komunitate horri lotutako beste espezie batzuk dira *Rhodomenia pseudopalmata*, *Sphaerococcus coronopifolius* eta *Gelidium corneum* (hau oso kopuru txikian) (Borja et al., 2004). Lehen komunitate hori *Laminaria ochroleuca* espeziearekin ere erlazionatzen zen, baina aldaketa orokorrarengatik, espeziea euskal kostaldetik desagertu da, ur hotzagoak behar baititu.
- A3.152: *Gelidium corneum* hondo harritsu eta arroka infralitoralean, olatuen eragina handia bada*. Borja (1987; 1988), Gorostiaga et al. (1998) eta Díez et al. (2003) egileen arabera, euskal kostaldeak eta, batik bat, ekialdeak (Gipuzkoa) landaretza homogeneoa du eta, batez ere, *Gelidium corneum* espeziaren larreak aurki daitezke 0 m-tik 10-15 m-ko sakoneraino (kasu batzuetan 25 m-ra iritsi daitezke *Cystoseira baccata* espeziearekin nahasita) (Borja et al., 1995; 2000). Komunitate hori baldintza hauek sustatzen dute: ohe harritsuak, sedimentazio gutxitik neurritzko duenak eta olatuen eraginpe handikoak. Halako landaretzak geruzapen konplexua du eta hurrengo moduan egituratzen da: *Mesophyllum lichenoides* eta *Zanardinia prototypus*, inkrustazio-espezieen geruza, behar bezala garatua; azpian *Pterosiphonia complanata*, *Corallina officinalis*, *Rhodomenia pseudopalmata* eta *Cryptopleura ramosa* espezieen geruza pobrea; *Gelidium corneum* espeziaren estaldura, ondo garatua; eta y *Plocamium cartilagineum* eta *Dictyota dichotoma* epifitoen geruza urria (ondo garatua udaberriaren amaieran). Fauna, besteak beste, honako hauek eratzen dute: *Gastrochaenadubia* eta *Aplysia punctata* moluskuek; *Clathrinacoriacea* eta *Sycon ciliatum* belakiek; *Laomedea flexuosa* eta *Halicornaria montagui* knidarioek; *Cymodoce truncata* eta *Apherusa jurinei* krustazeoek; *Crisia burnea* briozooek (Borja et al., 1995). Komunitate honetan *Gelidium corneum* eta *Mesophyllum lichenoides* espezieak algen estaldura guztiaren % 72 dira; gainerako ehunekoan *Plocamium cartilagineum*, *Pterosiphonia complanata*, *Asparagopsis armata*, *Falkenbergia phase*, *Cystoseira baccata*, *Halopitys incurvus* eta *Corallina officinalis* dira makrofito ugariak (Gorostiaga et al., 1998; Borja et al., 2004).

A.4: Arroka zirkalitorala eta bestelako hondo gogorak

Arroka zirkalitoralean nagusi dira animalien komunitateak (zona infralitoralean algek nagusitasuna duten komunitateen jarraipena da). Era berean, eremu zirkalitoralak bi azpigune ditu: goiko zirkalitorala (alga gorriekin, baina nagusi izan gabe) eta beheko zirkalitorala (alga gorri hostotsurik gabe). Gune zirkalitorala zer sakoneran hasten den zehazteko itsas ohean argiaren intentsitateari zuzenean erreparatu behar zaio.

Urak oso arreak badira, gune zirkalitorala itsasbehera bizi ekinokzialean itsas mailaren azpian has daiteke. Dena den, Euskadin ez da hori gertatzen. Landan identifikatutako biotopoak, oro har, olatuen hiru energia-kategoriei (handia, neurritzkoa eta txikia) esleia dakizkieke.

Fauna asko aldatzen da, batez ere, ondorengoan arabera: olatuen ekintza, uhertasuna, higadura-maila eta arroka topografia. Ohiz, halako komunitateetan ez da espezie bakarra nagusi, espezieen mosaikoa baizik. Horri eraginpeko ingurumen-faktoreen tarte zabala eragiten bazaio, arroka zirkalitorala

ezin daiteke behar bezala sailkatu, beraz, sailkapenari espezieak eta habitatak lotzeko orduan kontu handia izan behar da.

A4.1: Energia handiko arroka zirkalitorala

Orokorrean, euskal plataforma kontinentalean substratu harritsu zirkalitoralei buruzko informazio biologiko urria dago, batez ere, laginketak egiteak zailtasun teknikoak baititu. Horregatik, eskainitako deskribapenak EUNIS sailkapenaren jatorrizko deskribapenen eta beste egite batzuek egindako azterlanen inguruko aipamen bibliografikoen batura dira.

A4.2: Neurritzko energia duen arroka zirkalitorala

Nagusiki, olatuek neurritzko energia duten arroka eta blokeetan gertatzen da. EUNISek oso deskribapen mugatuak ditu eta, zehatz-mehatz esanda, Euskadiko plataforma kontinentalean goragoko mailetara iristeko nahikoa informazio biologiko ez dago.

A5: Sedimentu sublitorala

A5.1: Sedimentu lodi sublitorala

Sedimentu lodian hondar lodia, legarra, harkoskorak eta hartxintxarra sartzen dira. Sarritan, olatuen ekintza edo marea-korrontearen ondorioz ezegonkorak dira. Oro har, habitat hau kostalde irekian ageri da. Fin gutxi ditu eta ezin daitezke algak aurkitu. Fauna sendoa da nagusi eta, maiz, bibalbio beneridoak azaltzen dira.

- A5.13: Sedimentu lodi infralitorala: habitat honek infralitoralean hondar lodi, legar-hondar, harkoskor eta legarraren neurritzko eragina du. Korronteak eta olatuen ekintzak eragindako aldaketen araberakoa da. Kostalde irekian aurkitu daiteke. Hemen ere fauna sendoa ageri da: poliketo infaunalak, hala nola *Polygordius appendiculatus* eta *Terebellidae* familia; *Grania* generoko oligoketoak; *Tellina Moerella donacina* bibalbioak eta *Leptosynaptainhaerens* holoturiak.
- A5.14: Sedimentu lodi zirkalitorala: hondar lodia, legarra eta harkoskorak, korronte eta olatuen ekintzak eragindakoak, 15-20 m-tik gorako sakoneran. Olatuen eraginpeko kostalde irekietan aurki daiteke. Euskadiko plataforma kontinentaleko habitat honetan hurrengoak azaltzen dira: nematodoak, *Polygordius appendiculatus*, nemertinoak, *Pisone remota*, *Grania* generoko oligoketoak, *Sphaerosyllis bulbosa*, *Glycera lapidum* eta *Protodorvilleakefersteini*.

A5.2: Hondar sublitorala

- A5.23: Hondar fin infralitorala: ur ez oso sakonetako hondar garbia. Normalean, habitat honek ez du algarik eta euskal plataforman honakoak ageri dira: *Echinocardium cordatum* trikua; *Mactra stultorum* bibalbioa; *Magelona johnstoni*, *Spiophanes bombyx*, *Mediomastus fragilis*, *Owenia fusiformis* eta *Paradoneis armata* poliketoak; *Siphonoecetes kroyeranus* eta *Hippomedon denticulatus* anfipodoak eta *Tubulanus polymorphus* nemertinoak.
- A5.24: Hondar lohitsu infralitorala: gune infralitoralean kohesiorik sortzen ez duen hondar lohitsu (finen edukia: % 5 eta % 20 bitartean) itsasbehera bizi ekinokzialaren mailatik zirkalitoraleko zona egonkorragoraino (gutxi gorabehera 27 m) hedatzen da. Euskal plataforman habitat honek komunitate desberdinak ditu, baina nagusi dira animaliak; bereziki, *Magelona johnstoni*, *Magelona filiformis*, *Owenia fusiformis*, *Paradoneis armata*, *Scolaricia*, *Prionospio steenstrupi*, *Myriochele danielsseni*, *Chaetozone gibber* poliketoak; *Tellina fabula* bibalbioak; *Nassarius reticulatus* gasteropodoak eta *Siphonoecetes kroyeranus*, *Urothoepulchella* anfipodoak.
- A5.25: Hondar fin zirkalitorala: hondar fin "garbia", finen % 5etik beherako edukiarekin, kostalde irekian eta 27 m-tik gorako sakoneran. Oro har, habitat hau sakonera gutxiko uretan dagoen bere parekidea baino egonkorragoa da eta, ondorioz, komunitateek dibertsitate handiagoa dute. Euskal plataforman honakoak azaltzen dira, kopepodoak,

Echinocyamus pusillus, *Spiophanes bombyx*, *Abra alba*, *Lumbrineris cingulata*, *Abra prismatica*, *Prionospio steenstrupi*, *nemertinos*, *Magelona filiformis*, *Chaetozone gibber*, *Ampelisca brevicorni* eta *Tubulanus polymorphus*.

- A5.26: Hondar lohitsu zirkalitorala: kohesiorik sortzen ez duen hondar lohitsu, finen % 5 eta % 20 bitarteko kopuruarekin. 27 m-tik gorako sakoneran azaltzen da eta komunitateen artean animaliak nagusitzen dira. Infralitoralekoa baino egonkorragoa izateko joera du, beraz, komunitate infaunala aberatsagoa da. Euskadiko plataforman hurrengoak azaltzen dira: *Echinocardium cordatum*, *Mactra stultorum*, *Magelona johnstoni*, *Spiophanes bombyx*, *Mediomastus fragilis*, *Owenia fusiformis* eta *Siphonocetes kroyeranus*.

4. ITSAS KLIMA

SARRERA

Kapitulu honetan Bermeoko portuan eragiten duen itsas klima aztertzen da. Esangarrienak izateagatik, itsasertzeko dinamika lantzeko hurrengo alderdiak aztertzen dira:

- Kanpoko olatuak
- Haizeak
- Marea astronomikoen erregimena
- Olatuen muturreko balioak

Kanpoko itsas klima kalkulatu ondoren, portuaren aurrealderaino olatu nagusien eragina zehazten da. Xede horrez, hainbat eredu matematiko erabili dira eta horiei esker kanpoko itsas klima azterketaren eremura eraman daiteke.

DATUEN ITURRIA

Espainiako kostaldean olatuei buruzko datu-iturriak fidagarriena Estatuko Portuetatik dator, itsas ingurunean neurketa- eta iragarpen-sistemak garatu eta mantentzen baititu. Sistemak neurketa-sareak (buiak, mareografoak eta goi-maiztasuneko radarrak), iragarpen-zerbitzuak (olatuak, itsas maila, korronteak eta uraren tenperatura) eta multzo klimatikoen zerbitzuak ditu, gaur egun eta XXI. mendean aldaketa-agertokietan itsas klima deskribatzeko.

REDEXT datuen multzoa Ur Sakonetako Buien Saretik (Kanpoko Sarea) datozen neurriek osatzen dute. Sare honen buiak kostaldetik urrun, sakonera handian (200 m-tik gorako sakoneran), ainguratuak daude. Beraz, sentsoz horietan tokiko efektuek ez dituzte olatuen neurketak aldatzen. Horregatik, buia bakoitzak itsas gunetako datu adierazleak eskaintzen ditu.

Kanpoko Sarea Wavescan eta SeaWatch motako buiek osatzen dute. SeaWatch buiek olatuak eta parametro atmosferikoak nahiz ozeanografikoak neurtzen dituzte.

Azterketa-eremutik buia hurbilena Bilbo-Bizkaia izenekoa da eta ur sakonen sareari dagokio. Buiak norabidezko olatuen sentsoa du, 600 m-ko sakoneran ainguratua dago eta 1990etik gaur arte eskaini ditu datuak. Seawatch motako buia da. Plataforma flotagarriak osatzen du eta hainbat sentsoz olatatzeko gai da. Parametro atmosferikoak eta meteorologikoak neurtzea du helburu. Buiarekin komunikazioak satelitearen bitartez egiten dira eta elikatze eguzki-panelak nahiz bateriak erabiltzen dira. Hala, buiak autonomia nahikoa du. Ordubeteko maiztasunez olatuen altuerak eta aldiak erregistratzen ditu, olatuen jatorriari buruzko norabideez gain.

Datu horietatik abiatuta, honako parametro hauek eskura daitezke:

- Haizearen batez besteko abiadura eta haizearen jatorriari buruzko batez besteko norabidea.
- Espektoaren altuera adierazgarria, espektoaren batez besteko aldia eta olatuen punta-aldia.
- Olatuen jatorriari buruzko batez besteko norabidea.
- Haize-itsasoaren altuera adierazgarria eta batez besteko norabidea.
- Hondoko itsasoaren altuera adierazgarria, batez besteko aldia eta batez besteko norabidea.

Informazio horri esker, kalitate oneko olatuen batez besteko estatistika lortu daiteke, erregistro eskuragarriak denboran 30 urteko hedapena baitu.

7. irudian azterketarako erabili den buiaren posizioa ikusi daiteke. Kokapena kostaldetik nahiko urrun dago eta, ondorioz, kalkulu-ereduren zehaztasuna egokia da. izan ere, SIMAR kalkulu-puntuak (hindcast datuak) kostaldetik oso gertu dauden eremuetan ematen dituzten olatuak ez dira ondo kalkulatzeko eskualde-mailako ereduaren.

7. irudia. Bilbo Bizkaia buiaren kokapena (Iturria:geuk egina)



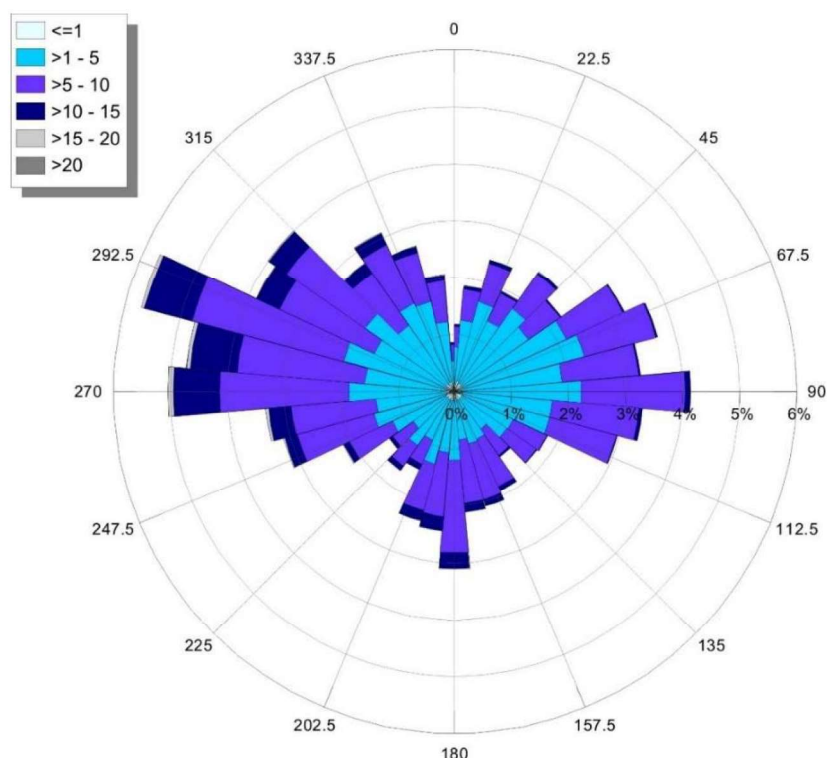
HAIZEAK

8. irudiak Bilbo-Bizkaia kanpoko buian erregistratutako datuei buruzko haize-arrosa erakusten du. Irudian ikus daitekeenaren arabera, Bizkaiko kostaldean aritzen den haizeen erregimenarekin bat, nagusi dira W eta NW osagaiak. NE-tik datozen haizeak ere aipagarriak dira, baina laugarren koadranteak baino intentsitate gutxiago dute. Erregistratutako haizearen gehieneko intentsitatea 24 m/s ingurukoa da.

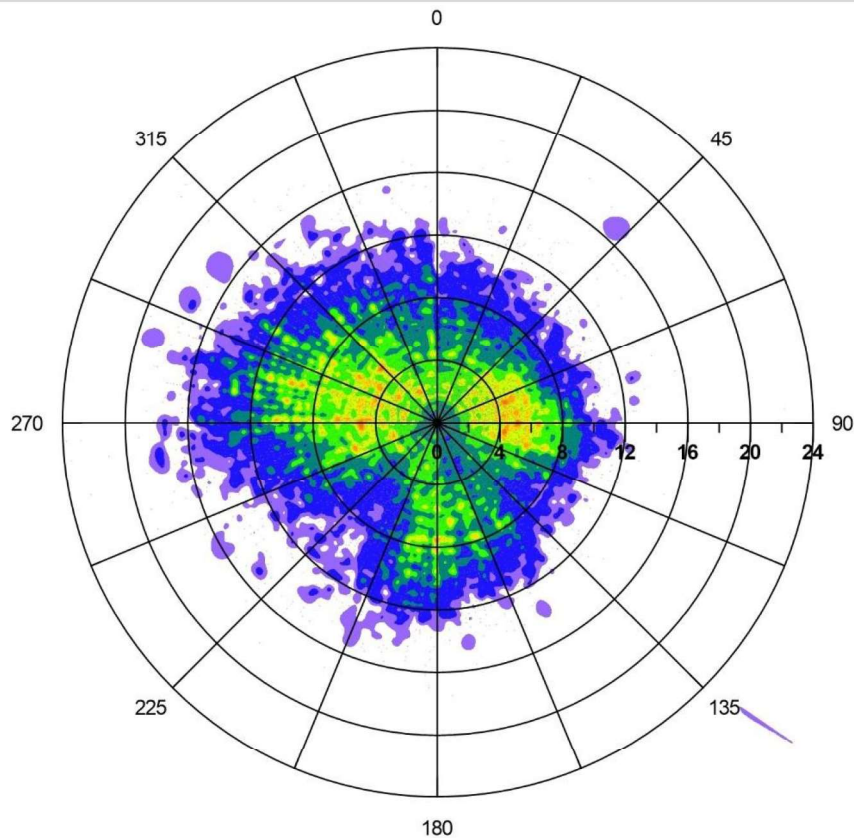
9. irudian SIMAR haizeari buruzko datuen hodeia irudikatu da eta norabide bakoitzean erregistratutako haizearen gehieneko abiadurak antzeman daitezke.

10. irudian buian haize-arrosari dagokion hileko banaketa ikus daiteke. Neguan (azarotik martxora) SW-tik datozen haizeak biziagoak eta ugariagoak dira; udaberrian eta udan, ordea, presentzia eta intentsitatea murrizten dira. Ekainetik irailera bitartean, haize ugari eta bizienak ekialdeko sektoretik datoz.

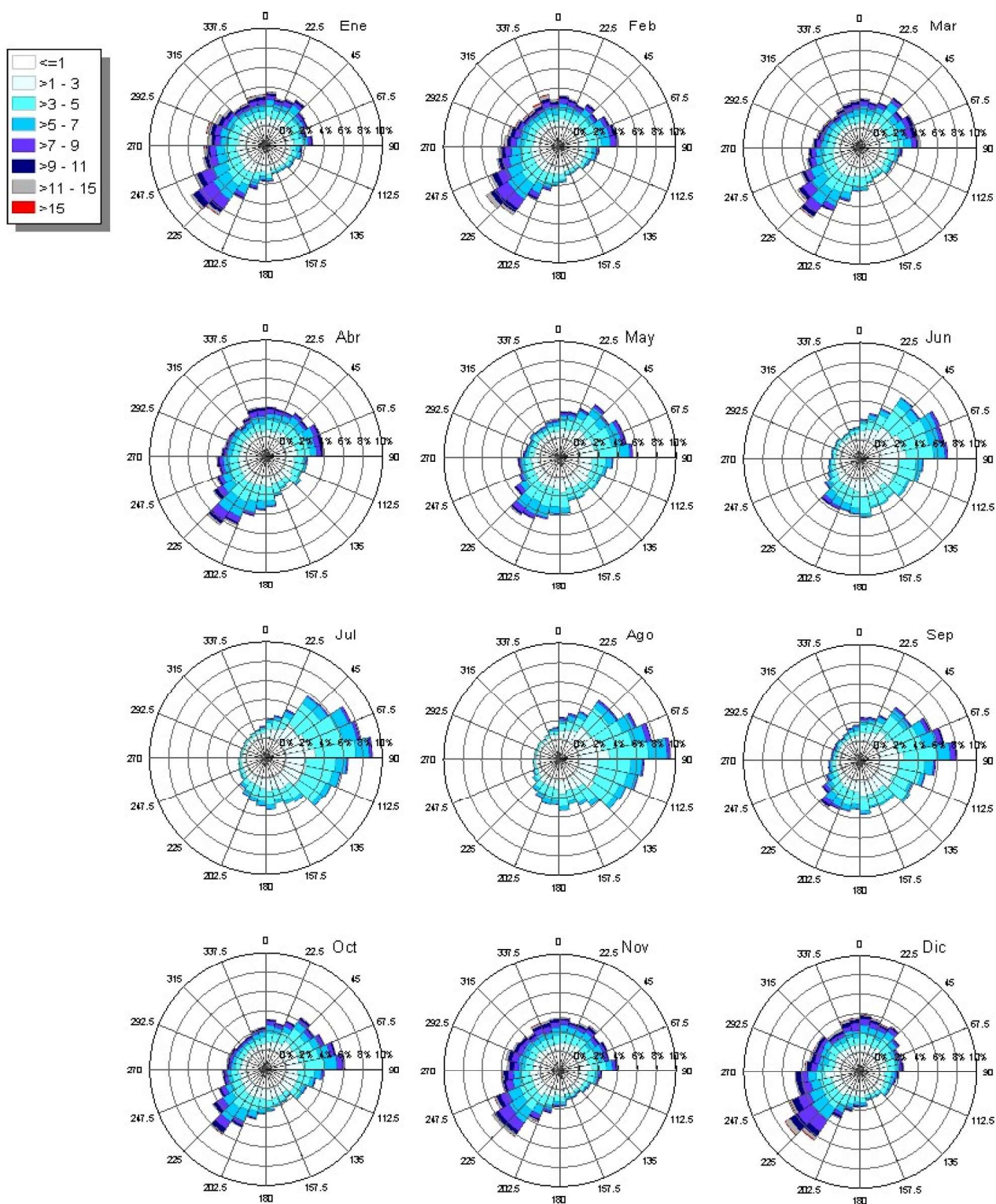
8. irudia. Bilbo-Bizkaia buian urteko haize-arrosa. Haizeen intentsitate eta urteko aurkezpen-ehunekoari buruzko balioak. (Iturria: geuk egina)



9. irudia. Bilboko buian erregistratutako haizearen datuei buruzko hodeiaren irudikapena (Iturria: geuk egina)



10. irudia. Bilbo-Bizkaia buian hilabeteko haize-arrosa (Iturria: geuk egina)

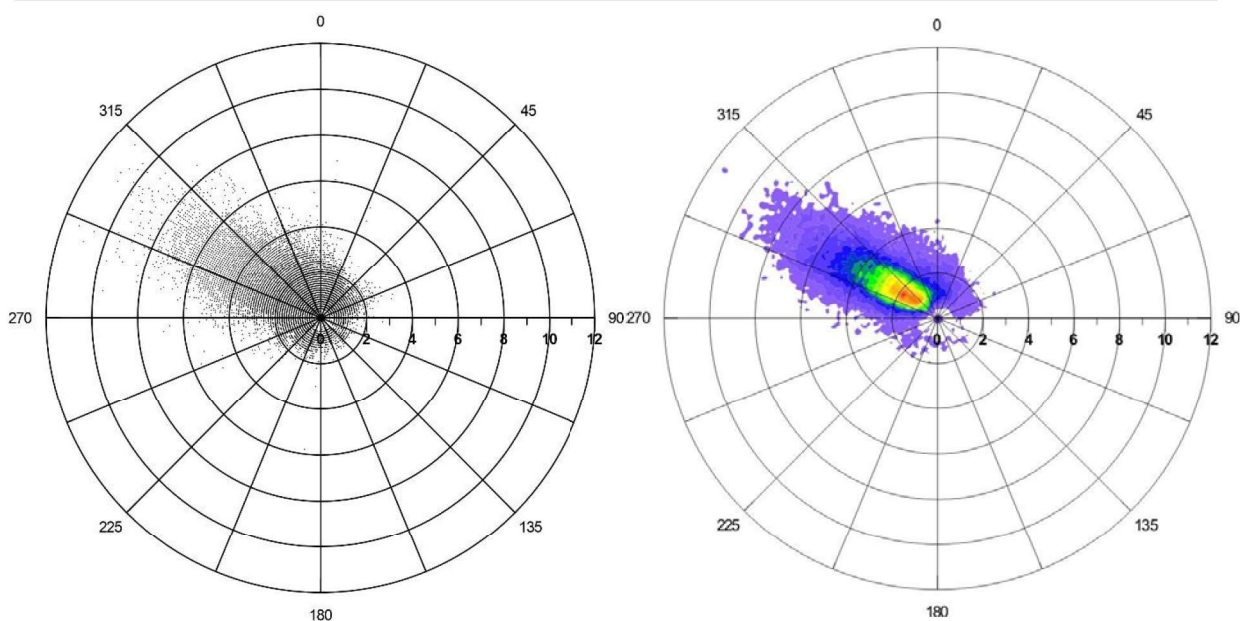


KANPOKO OLATUAK

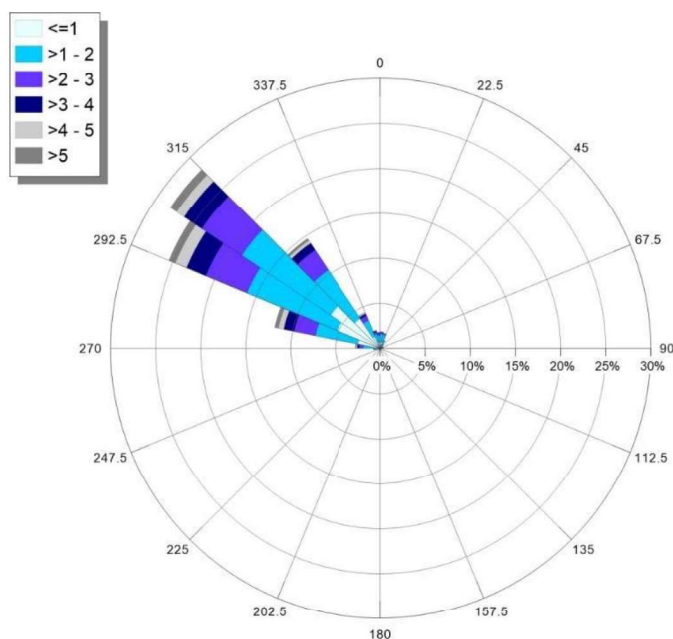
Norabidearen arabeko banaketa

11. irudiak 1990etik olatuaren altueraren irudikapen polarra eta buiaren norabide-erregistroen intzidentzia-norabidea erakusten ditu. Bertan ikus daitekeenez, olatu nagusiak WNW-NW norabide-sektorekoak dira, eta 12 metroko olatu handiak izan ditzakete. 12. irudiak datu horien urteko olatu-arrosa erakusten du.

11. irudia. Bilbo-Bizkaia buian erregistratutako olatuen datuei buruzko hodeia eta dentsitatearen grafikoa. Jatorrizko norabidea eta olatuaren altuera (m). (Iturria: geuk egina)



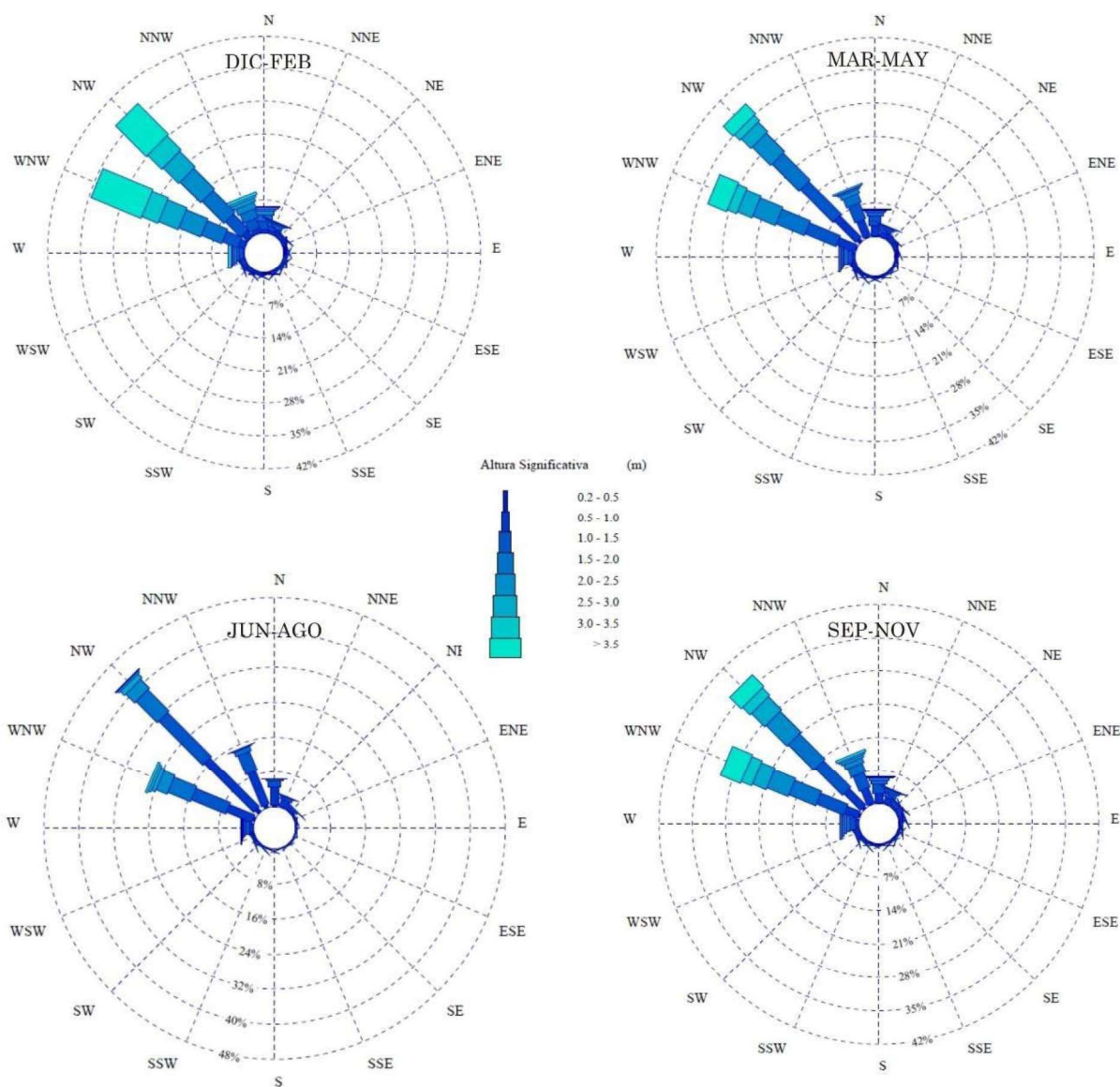
12. irudia. Bilbo-Bizkaia buian erregistratutako olatuei buruzko datuen urteko arrosa (Iturria: HIDTMA)



Urte-sasoien araberako banaketa

13. irudian Bilbo-Bizkaia buian urte-sasoien araberako olatu-arrosak ikus daitezke. Urte guztian zehar olatu gehienak WNW-NW-tik datoz eta olatu altuenak neguan, batik bat abendutik otsailera, erregistratzen dira.

13. irudia. Urte-saioen araberako olatuen arrosak. Bilbo-Bizkaia buia (Iturria: Estatuko Portuak)



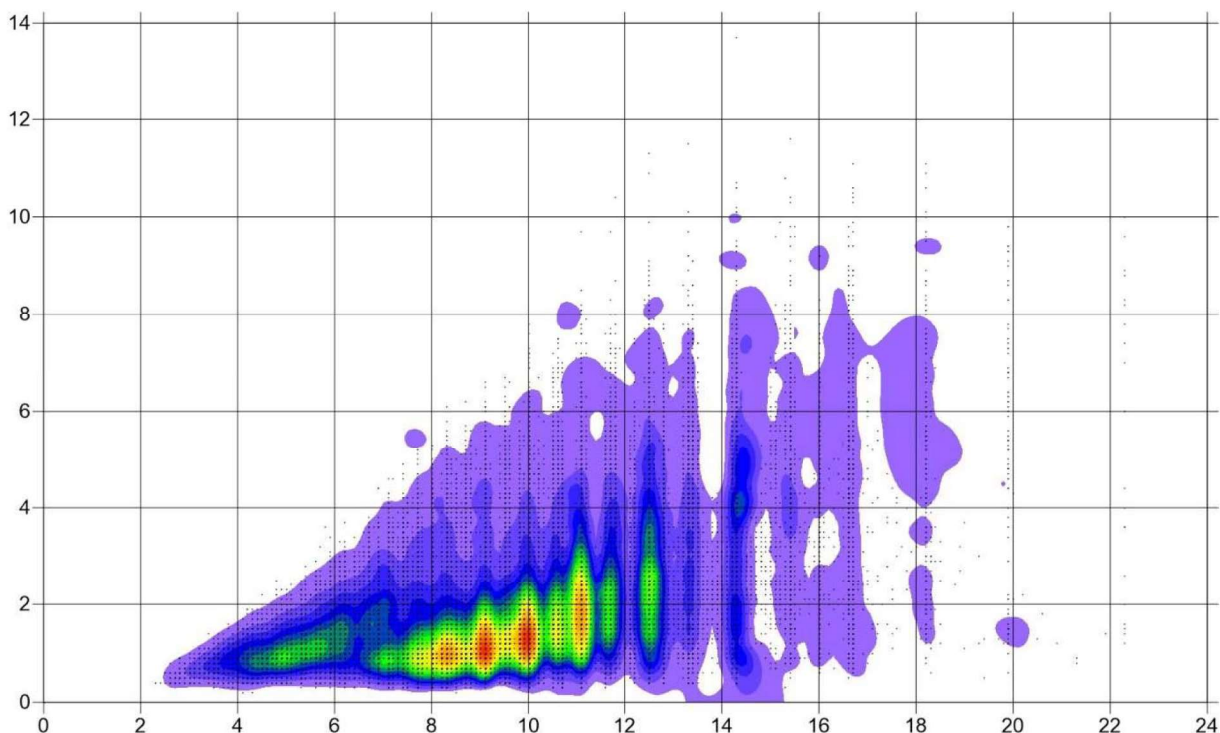
Hs-Tp banaketa

Bermeoko gunean eragiten duten olatuak aztertzeko, oso garrantzitsua da olatuen aldien eta olatuaren altueraren arteko erlazioa zehaztea. 14. irudiak buian erregistratutako olatu bakoitzari dagokionez, kanpoko olatu-altueraadierazgarriaren (Hs) eta punta-aldien (Tp) arteko erlazioa erakusten du.

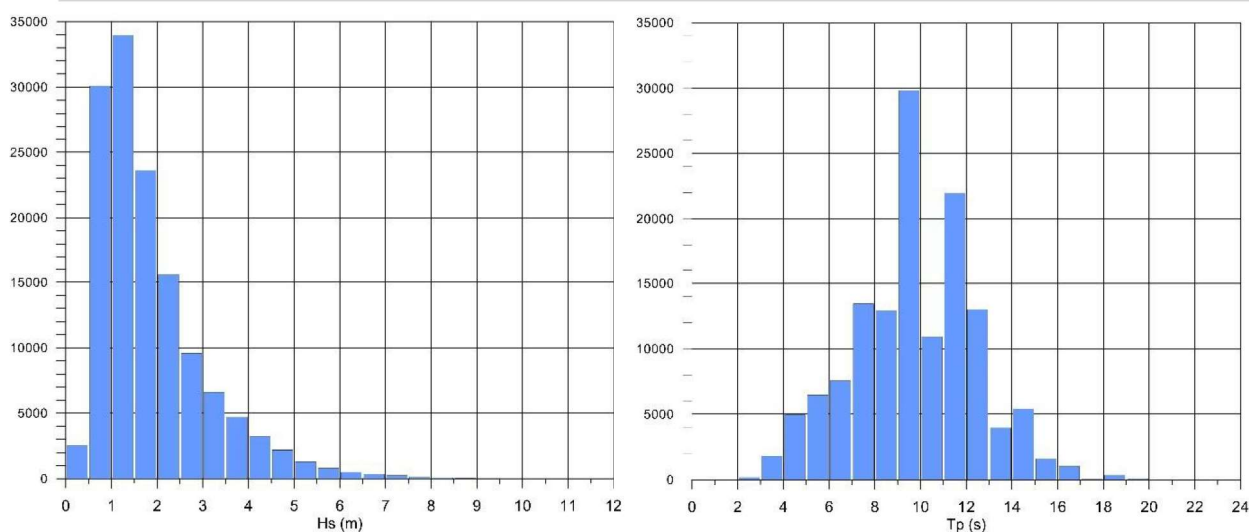
Irudiaren arabera, gehieneko ekaitzek 12-20 s-ko puntak dituzte. Gainera, 22 s-tik gorako aldiz 8-10 m-ko altuerako olatuak sortu daitezke.

15. irudiak H-T baterako banaketa-histograma azaltzen du. Olatu ohikoenen altuera gutxi gorabehera 1-2 m-tan kokatzen da; bien bitartean, puntako aldirik ohikoenak 9-11 s-ren tartean kokatzen dira.

14. irudia. Buian erregistratutako olatuei dagokienez, altuera adierazgarri (H_s) eta puntako aldiaren (T_p) banaketa (Iturria: geuk egina)



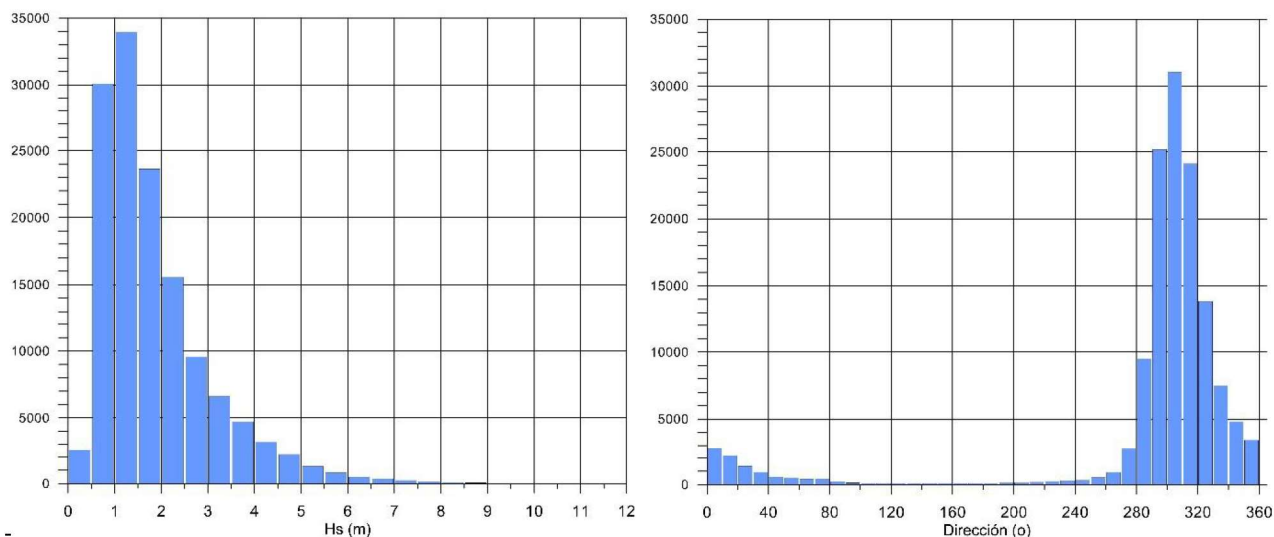
15. irudia. Bilbo-Bizkaia buiako datuen H-T baterako banaketa (Iturria: geuk egina)



H-Dir banaketa

16. irudian buian olatuaren altuerei dagokien baterako banaketa eta intzidentzia-norabidea ikus daitezke. Olatuen norabiderik ohikoenak 290-330° tarteari dagozkio.

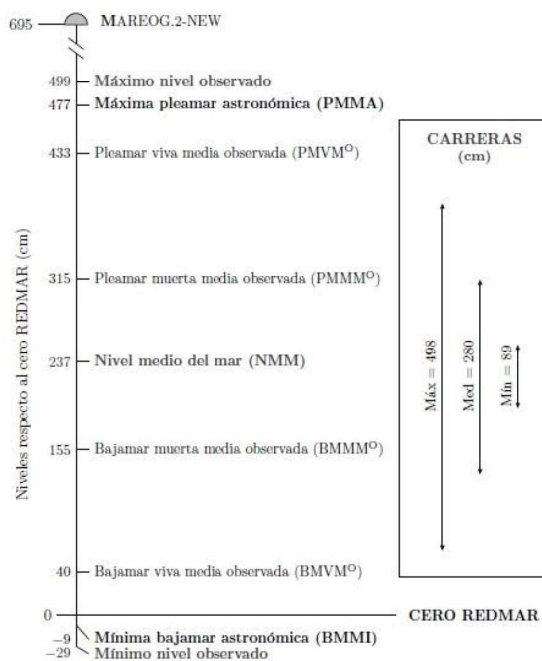
16. irudia. Bilbo-Bizkaiko buian datuen H-Dir baterako banaketa (Iturria: geuk egina)



MAREAK

Gune horretako marearen mailak aztertu dira, Bilboko portuan instalatutako mareografoak eskaintako datuetatik abiatuta. Mareografoak 1992. urteaz gero ditu datuak. 17. irudian datu horien denboraldi guztian kalkulaturako itsas mailaren erreferentziak daude.

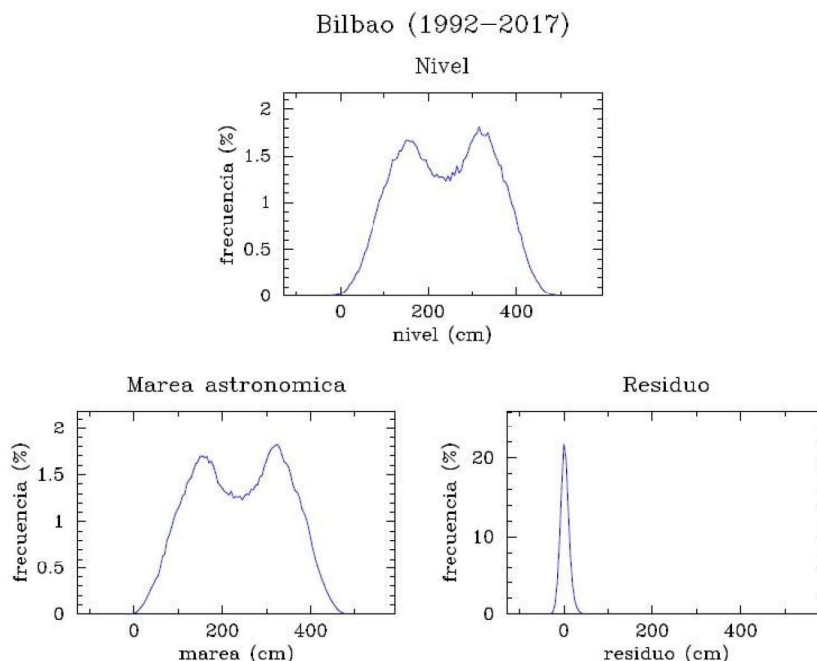
17. irudia. Bilboko mareografoan itsas mailaren erreferentzia nagusiak. Altuerak REDMAR zero dute erreferentzia. (Iturria: Estatuko Portuak)



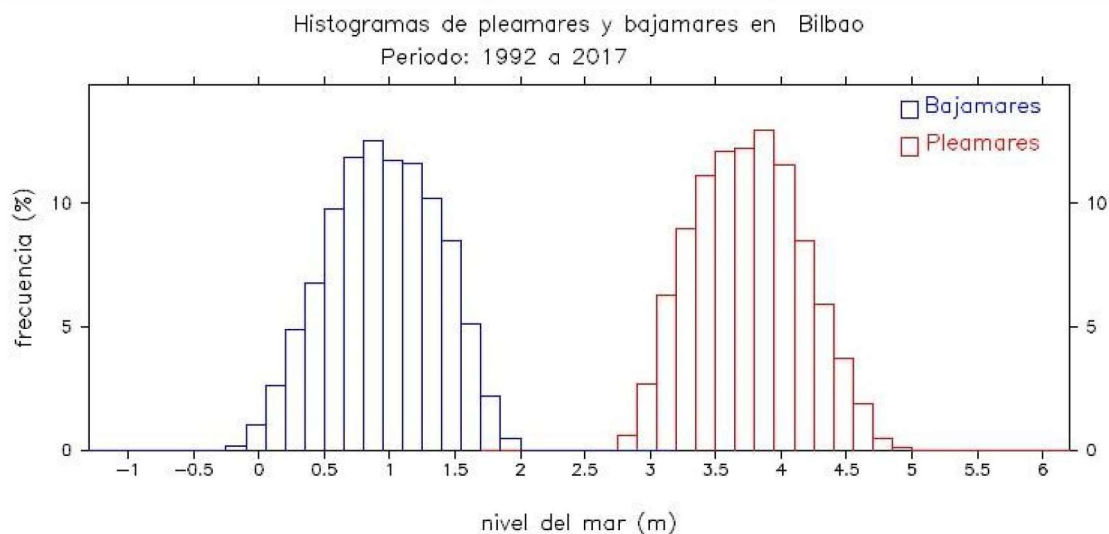
18. irudian ondorengoak azaltzen dira: orduaren arabeko itsas mailaren maiztasun erlatiboari buruzko banaketa, orduaren arabeko marea astronomikoa eta orduaren arabeko hondakin meteorologikoa, 1992-2017 aldian mareografoaren datuetatik kalkulatu.

19. irudiak antzemandako gutxieneko eta gehieneko maiztasun erlatiboaren banaketa adierazten du. Azkenik, 1. taulan mareografoan hautemandako gehieneko eta gutxieneko estatistika laburtzen da.

18. irudia. Itsas mailaren orduko maiztasun erlatiboaren banaketa (goiko grafikoa), marea astronomikoa (azpiko ezkerreko grafikoa) eta hondakin meteorologikoa (azpiko eskuineko grafikoa) (Iturria: Estatuko Portuak)



19. irudia. Antzemandako gutxieneko eta gehieneko maiztasun erlatiboaren banaketa. Batera irudikatu arren, histogramak gutxieneko serieko eta gehieneko serieko bereizita kalkulatu dira. (Iturria: Estatuko Portuak)



1. taula. Antzemandako gutxieneko eta gehienekoen estatistika. Muturrak (gehienekoak eta gutxienekoak) eta antzemandako gutxieneko eta gehienekoen serieei buruzko lagin-uneak. (Iturria: Estatuko Portuak)

Estadística Bajamares		Estadística Pleamares	
Mínima (m):	-0.29	Mínima (m):	2.74
Máxima (m):	2.06	Máxima (m):	4.99
Media (m):	0.95	Media (m):	3.75
Desv.Est. (m):	0.42	Desv.Est. (m):	0.41
Moda (m):	0.87	Moda (m):	3.87
Mediana (m):	0.95	Mediana (m):	3.75
Sesgo:	-0.09	Sesgo:	0.12
Curtosis:	-0.63	Curtosis:	-0.62

OLATUAK BERMEOREN AURREALDEAN

Kanpoko olatuen hedapenak

Atal honetan kanpoko olatuak porturaino nola iristen diren ezagutzeko kalkuluak egiten dira. Kalkuluen emaitzak azterketa-eremuan itsas klima zehazteko erabiliko dira.

Metodologia

Olatuen hedapena kalkulatzeko MIKE21-PMS eredu matematikoa erabili da. MIKE-21 PMS errefrakzio-difrakzioaren eredu lineala da eta malda leuneko ekuazio eliptikoari egindako hurbilketa parabolikoa oinarritzen da. Ereduak ondorengoak kontuan hartzen ditu: sakonera aldatzearen ondorioz errefrakzioaren eta shoalingaren ondorioak, olatuen hedapen-norabide nagusiarekiko elkarzutean difrakzioa eta hondoarekin marruskatzeari nahiz olatuak haustean galdutako energia. Gainera, gainjartze linealaz baliaturik, ereduak maiztasunaren eta norabide-sakabanaketaren ondorioei erreparatzen die.

MIKE-21 PMS ereduaren hurbilketa parabolikoa asko hurbilketa sinple (baliozkoak angelu txikiak) eta hurbilketa sofistikatuagoen (baliozkoak uhin luzeetako angeluetarako (± 60 gradura arte)) tartean kokatzen dira. Ekuazio parabolikoa ebazteko, Crank-Nicholson desberdintasun finituen eskemara jotzen da. Ereduak olatuaren altuera, puntako aldi eta olatuen batez besteko norabideari buruzko datuak eskaintzen ditu. Erradiazio-tentsioak eta gainazalaren bat-bateko igoerak ere lor daitezke. MIKE 21 PMS moduluaren barruan hurbilketa parabolikorako aukera desberdinak daude: eredu sinplea, Padéren eredu eta irekidura aldakorarekin minimax eredu.

Eredu sinplea aldapa leuneko eredu eliptikoari hurbilketa parabolikoa egiteko modurik sinpleena da. Eredu honek behar du x ardatzari dagokion norabidearen alde positiboaren eta olatuen hedapen-norabidearen artean angelua oso txikia izatea ($< 10^\circ$). Hala ez bada, simulazio-emaitzetan errore garrantzitsuak antzemango dira.

Paderen eredu aurreko ereduarekiko hobetuta dago, x ardatzari dagokion alde positiboaren eta hedapen-norabidearen artean angelu handiagoak ($\pm 45^\circ$ -ra arte) ahalbidetzen baititu.

Minimax eredu irekidura-zabalera zehatzerako hurbilketa parabolikoa gehieneko errorea minimizatzean oinarritzen da (Kirby, 1986). Ildo horri jarraiki, 10° , 20° , 30° eta abararako Minimax eredu desberdinak daude. Garrantzitsua da honakoa azpimarratzea: adibidez, 60° -rako Minimax eredu erabiliz gero, hurbilketa parabolikoa bat erabiltzen ari dela, x ardatzarekin 60 graduko hedapen-angelua duten olatuetarako errorea minimizatzeke. MIKE 21 PMS tik lortzen diren oinarritzko emaitzak bi dimentsioko fitxategiak dira, eta honako olatu-parametro hauek dituzte:

- Olatu-altueraadierazgarria
- Puntako aldia
- Olatuen batez besteko norabidea
- Erradiazio-

tentsoreak Egindako

hedapenak

Kanpoko olatu nagusien intzidentzia-norabideak eta kostaldearen orientazio orokorra ikusirik, WNW norabidetik ENE norabidera 22,5 graduko tartean kanpoko norabideak hedatu dira eta horrekin azterketa-eremuan eragiten duten olatu guztien tarteak estaltzen da. Norabide bakoitzerako 6,12,18 eta 24s-ko puntako aldiak hedatu dira eta, modu horretan, olatuen aldietan aurkezpen-tarte posible guztia estali da.

Kanpoko olatuak aztertzeke modelatutako eremua, kasu bakoitzean, probatu beharreko olatuen orientazioaren arabera izan da. Hedatutako olatu multzo bakoitzaren kasuan, $H_s=1$ m-ko olatu-altuera adierazgarria simulatu da, beraz, lortutako azken emaitzak ereduaren puntu bakoitzean olatuaren altuerari buruzko koefizienteak dira.

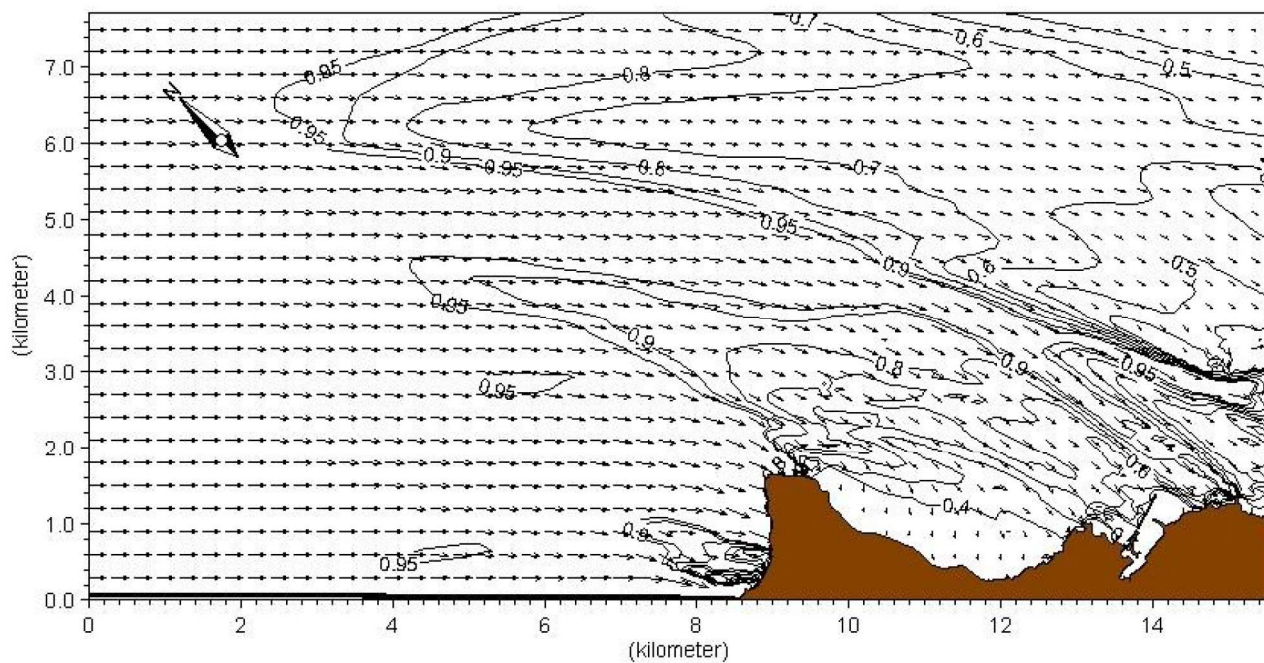
Porturaino hedatutako olatuak

Eredua zehazteko hasierako urratsa da hautatutako olatuen norabide bakoitzerako sare angeluzuzenak prestatzea eta horien gainean kanpoko olatuak hedatzea.

Emaitza horiek hurrengo atalean erabiliko dira, Bilbo-Bizkaia buiaren datuen erregistroa osatzen duten olatu bakoitza kostalderaino nola hedatzen den zehazteko.

20. irudiak NW norabidetik $T_p=18$ s-ko punta-aldiarekin datozen olatuen hedapen-adibidea azaltzen du. 2. taulan Mike21-PMS ereduaren bitartez hedatutako kanpoko olatu multzo bakoitzerako portuan intzidentzia-norabideak eta olatuen hedapen-koefizienteak ikus daitezke.

**20. irudia. Azterketa-eremuraino kanpoko olatuen hedapenari buruzko adibidea ($T_p = 18$ s; Dir=NW)
(Iturria: geuk egina)**



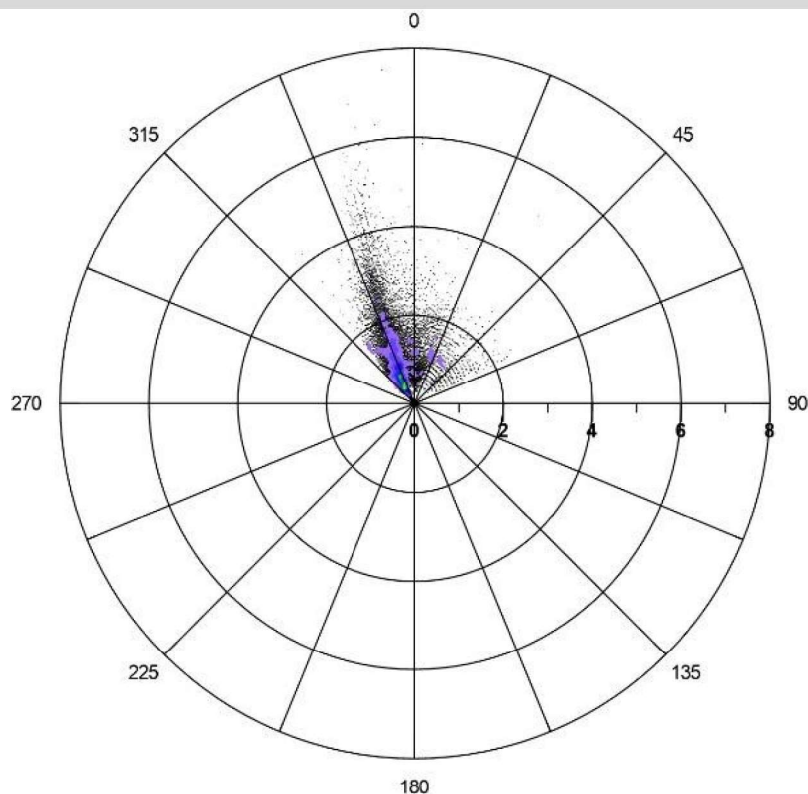
2. taula. Porturaino hedatutako kanpoko olatuei dagokienez, intzidentziaren norabidea eta olatu-altueraren koefizientea (Iturria: geuk egina)

Intzidentzia-norabidea							
Tp (s)	N	NNE	NE	ENE	WNW	NW	NNW
6	1	22	44	65	320	320	337
12	14	21	42	54	337	340	350
18	20	20	38	50	346	345	1
24	4	14	35	84	350	358	1
Olatu-altueraren koefizientea							
Tp (s)	N	NNE	NE	ENE	WNW	NW	NNW
6	0.993	0.978	0.980	0.921	0.109	0.560	0.970
12	0.451	1.060	0.928	0.729	0.170	0.534	0.945
18	0.397	1.158	1.466	0.528	0.705	0.542	1.358
24	0.916	0.770	1.850	0.536	0.840	0.724	0.960

Ondoren, kostalderaino kanpoko klima hedatzeko, buiaren erregistroetan dagoen olatu multzo bakoitza, norabide-erregimena osatzen duena, hasierako intzidentzia-norabidea eta aldia kontuan hartuta hedatuko da. Buiako olatu multzo bakoitzari, olatu simulatuen arteko interpolazioaren bitartez, olatu-altuerari dagokion koefizientearen balioa (Kh) eta nahi den punturaino azken intzidentzia-angelua esleituko zaizkio. Olatuen hedapenean sartuak ez dauden olatuen norabide eta aldietarako, koefizienteak eta azken hedapen-angeluak balio eskuragarriez baliaturik interpolazio linealaren bidez kalkulatu dira. Metodologia honekin emaitza nahi den puntuan kanpoko olatuen norabide-erregimenarekiko hurbilketak onena da.

21. irudian buian erregistratutako kanpoko olatuen irudikapen polarra ageri da eta Bermeoko portuko aurrealderaino hedatzen dira 22. irudian adierazitako puntuan.

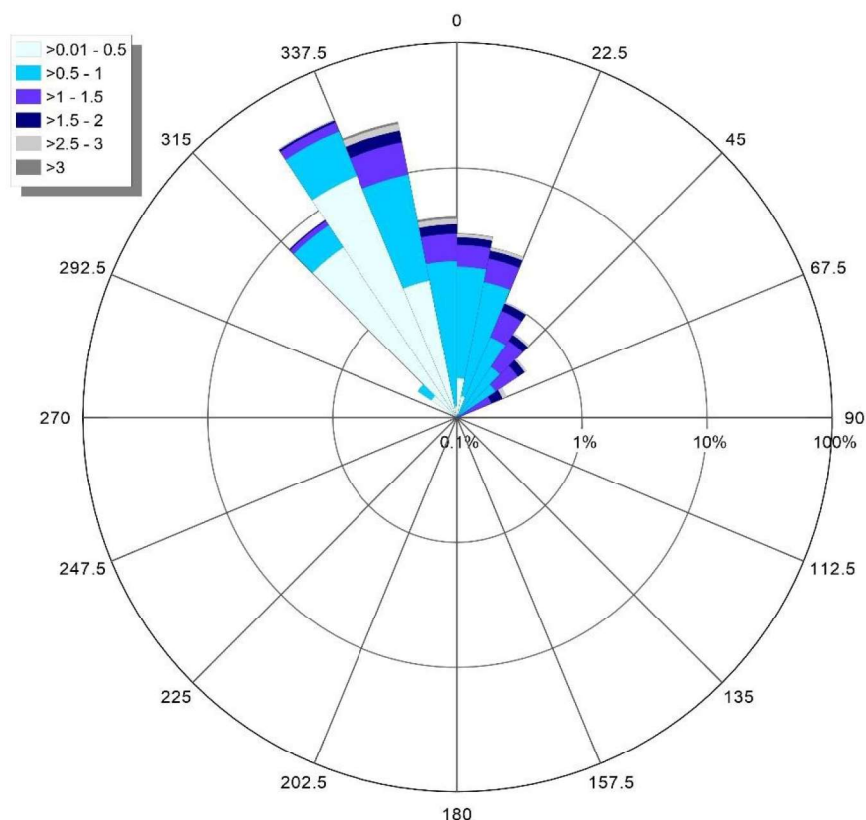
21. irudia. Porturaino hedatutako kanpoko olatuen irudikapen polarra (Iturria: geuk egina)



Irudiaren arabera, portuaren aurrealdean olaturik altuenak NNW sektorean daude. Olatuaren altuerak gehieneko balioa $H_s = 6$ m ingurunean lortzen dute, beraz, kanpoko ekaitz handiak Bermeoraino oso motelduak iristen dira, lurmuturrak babesten duelako. Gainera, noranzkoa iparralderantz aldatzen dute.

22. irudiak porturaino hedatutako buiako datuei dagokien olatuen arrosa azaltzen du. Berriz ere ikus daiteke altuera handiena duten ia olatu gehienak N-NE norabide-sektoretik datozela.

22. irudia. Bermeoko portuaren aurrealderaino hedatutako buiako datuei buruzko olatuen arrosa (Iturria: geuk egina)



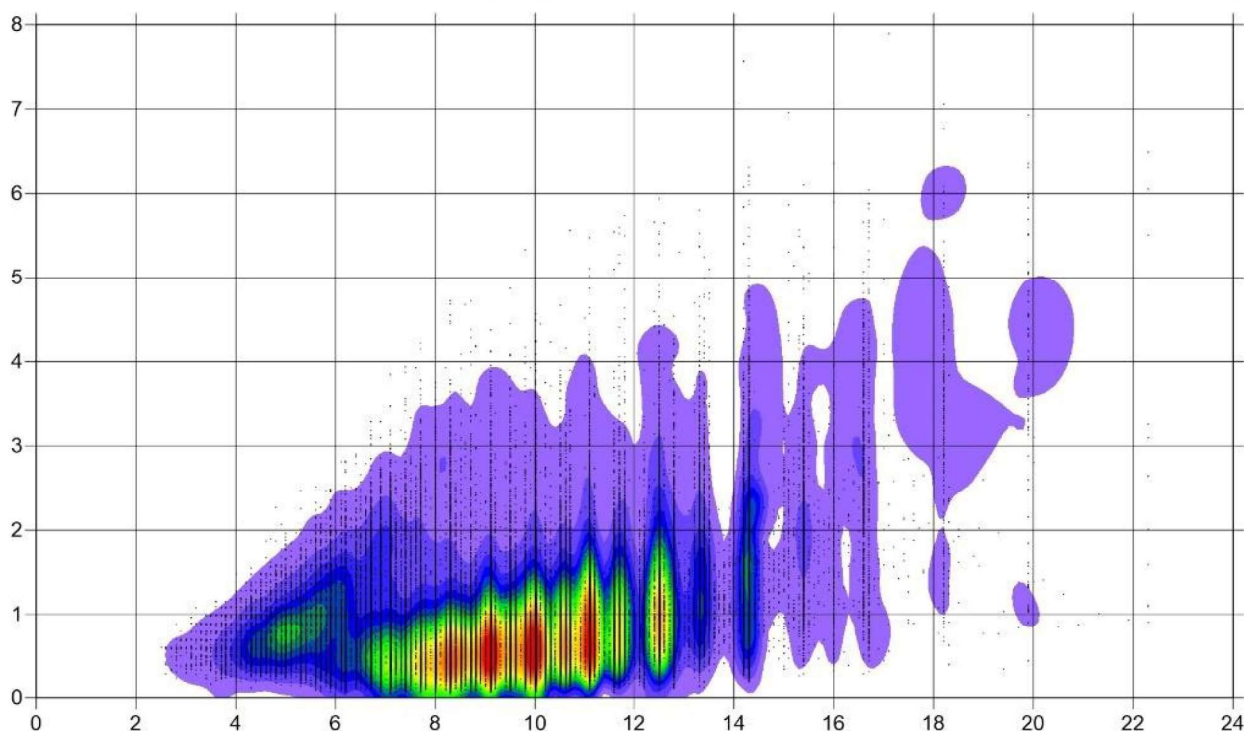
Hs-Tp banaketa

23. irudiak porturaino hedatutako buiako olatu multzo bakoitzari dagokionez, kanpoko olatu-altuera adierazgarriaren (H_s) eta puntako aldien (T_p) arteko erlazioa erakusten du.

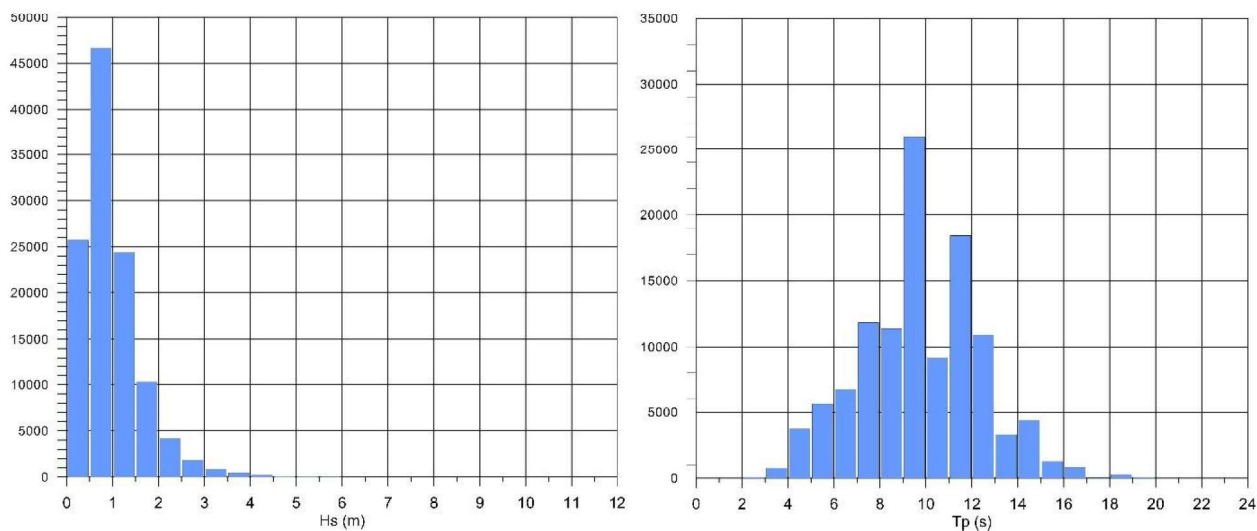
Irudi horretan antzemandakoari jarraiki, erlazioa kanpoko olatuen artean dagoenaren oso antzekoa da, gehieneko ekaitzek 12-20 s arteko puntako aldiak baitituzte; bien bitartean, $H_s = 5$ m inguruko olatu altuak sor daitezke 20 s-tik gorako puntako aldiarekin.

24. irudiak Bermeoko portuaren aurrealderaino hedatutako kanpoko buiako datuen H-Tp baterako banaketa azaltzen du. Olatu-altuera ohikoenak 1,50 m-tik beherakoak dira; sarritan gertatzen diren aldiak, berriz, 9-12 s-ren tartean kokatuak daude.

23. irudia. Bermeoko portuaren aurrealderaino hedatutako buiako olatuen Hs-Tp banaketa (Iturria: geuk egina)



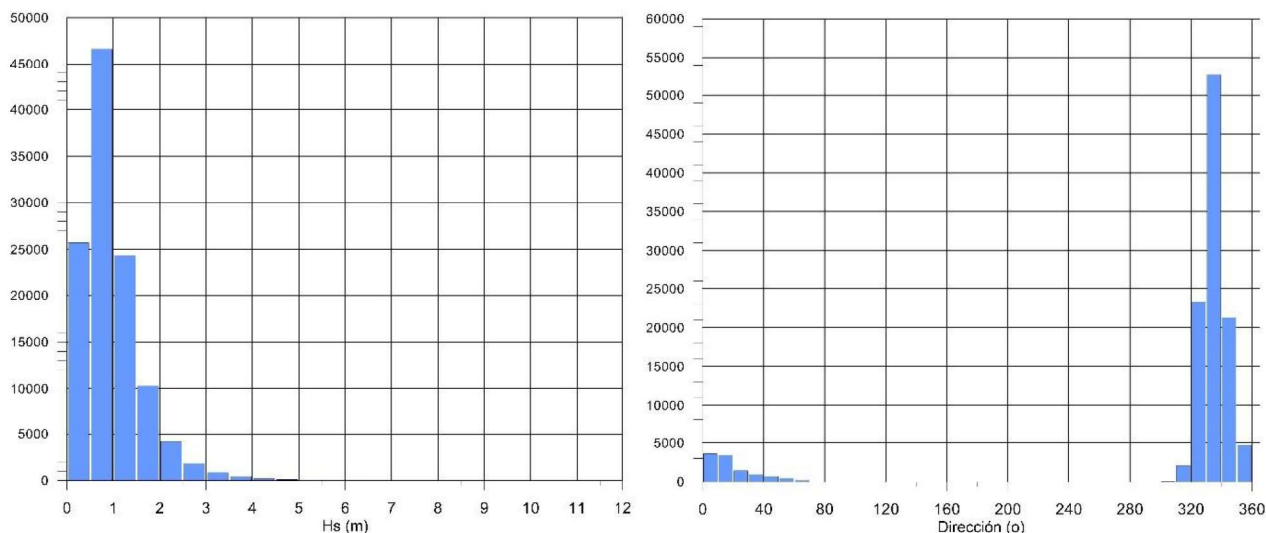
24. irudia. Bermeoko portuaren aurrealderaino hedatutako kanpoko buiari dagozkion datuen H-Tp baterako banaketa (Iturria: geuk egina)



H-Dir baterako banaketa

25. irudiak Bermeoko portuaren aurrealderaino hedatutako kanpoko buiako datuen H-Dir baterako banaketa azaltzen du. Ikus daitekeenez, olatuen norabide ohikoenak 320-350 graduren artean kontzentratuta daude.

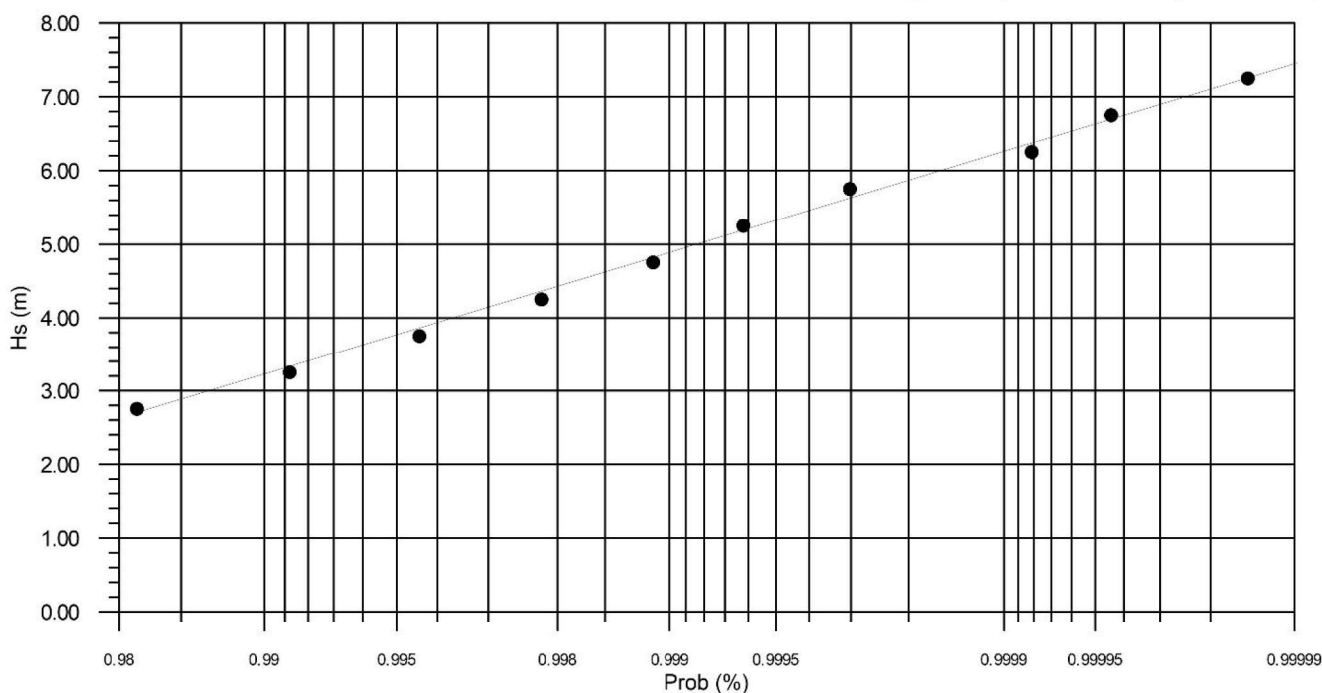
25. irudia. Bermeoko portuaren aurrealderaino hedatutako kanpoko buiako datuen H-Dir baterako banaketa (Iturria: geuk egina)



Eskala-erregimena

26. irudian Bermeoren aurrealdean kanpoko olatuen eskala-erregimena ikus daiteke, gun e horretaraino hedatutako olatuen datuetatik abiatuta kalkulatu ostean.

26. irudia. Bermeoren aurrealdean olatuen eskala-erregimena (Iturria: HIDTMA)



MUTURREKO OLATUAK

Metodologia

Azterketa-eremuraino hedatutako olatuei buruzko datuak oinarritzat hartuta, tokiko olatu-altuera ematen duten ekaitzak hautatzen dira, altuerak olatu atalasearen altuera jakinak gainditzen baditu. Hala, ekaitz horiei muturreko funtzioekiko doikuntza aplikatzen zaie iraupen partzialeko serieen (PDS) metodoaren edo POT (Peak Over Threshold) metodoaren bidez. Xede horrez, MIKE 21 EVA (Extreme Value Analysis) moduluko softwarea erabiltzen da eta datuak momentuen metodoa erabiliz Weibullen banaketari egokitzen zaizkio.

Portuko guneraino hedatutako olatuen serie osotik abiatuta, $H_s > 3$ m-ko altuerako (gutxieneko atalasea) ekaitzak hautatzen dira eta muturreko azterketa egiteari ekingo zaio. Hortik ateratako ekaitzei iraupen partzialeko serieen (PDS) metodoaren bidez muturreko funtzioekiko doikuntza aplikatzen zaie. Momentuen metodoaren bidez datuak Weibullen banaketari egokitzen zaizkio. % 90eko konfiantza-tarteak hautatu dira, ROM izenekoan egiten den bezala, kalkulatzeari begira erabili behar diren altuerak lortzeko.

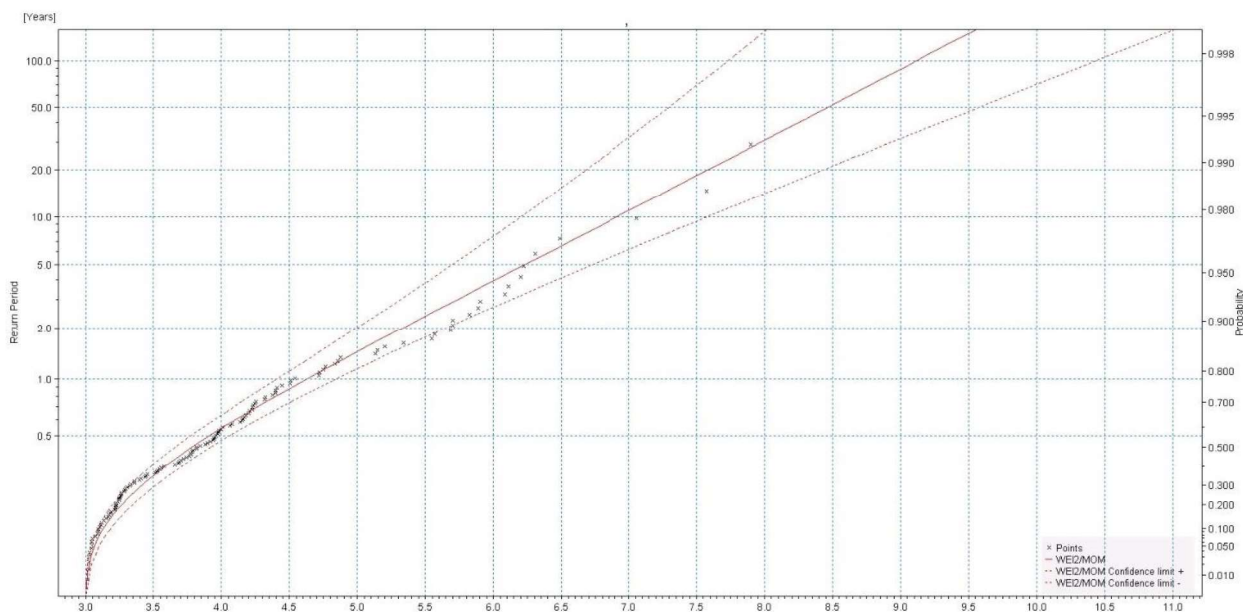
Programari esker, gertakizunen arteko muga-mailako irizpide bat ezarri daiteke, eta horrela, ondoz ondoko bi gertaera independentetzat hartzen dira analisisian, baldin eta bien arteko denbora denbora-irizpidean ezarritakoa baino handiagoa bada eta erregistratutako altuera-aldea goratze-irizpidean ezarritakoa baino txikiagoa bada.

Kalkulu hori egiteko gomendutako balioak honakoak dira: denbora-irizpidea 5 egun (120 h) eta goratze-irizpidea 0-1 m. Lehenengo irizpidea bere horretan kontuan hartu da eta bigarrenari dagokionez, 0,5 m-ko balioari erreparatu zaio.

Portuaren aurrealdean muturreko erregimena

27. irudian PDS metodoaren bidez deskribatutako muturreko analisiaren emaitza ageri da; 3. taulan, ordea, irudikatutako datuen zenbakizko emaitza ikus daiteke. 50 urteko itzulera-aldirako muturreko olatuaren altuerak ondorengo balioa du: $H_s = 6,257$ m.

27. irudia. Muturreko analisiaren emaitzak (Iturria: HIDTMA)



3. taula. Irudikatutako muturreko doikuntzaren zenbakizko emaitzak (Iturria:HIDTMA)

	Return Period [years]	D/E Combination WEI2/MOM
Estimated quantile	5.00	6.237
	10.00	6.913
	15.00	7.306
	20.00	7.583
	25.00	7.797
	50.00	8.460
	100.00	9.118
Average quantile	5.00	6.220
	10.00	6.891
	15.00	7.281
	20.00	7.557
	25.00	7.770
	50.00	8.428
	100.00	9.083
Standard deviation	5.00	0.316
	10.00	0.420
	15.00	0.485
	20.00	0.533
	25.00	0.571
	50.00	0.694
	100.00	0.824
Goodness-of-fit statistics	CHISQ	9.534

5. ITSASERTZEKO DINAMIKA

SARRERA

Atal honetan Bermeoko ingurunean sedimentuen dinamika aztertzen da. Xede horrez, hasteko itxitura-sakonera izenekoa edo itsasertzean mugimenduak adierazgarriak direnerainoko kota kalkulatu da.

Gero, bi dimentsioko eredua erabiltzen da, eremuan sedimentuen garraio-tasa kalkulatzeko eta proiektatutako babes-dikea zabaltzean horretan gertatuko diren aldaketak zehatzeko. Analisaren ondorio gisa, sedimentuen dinamika eta horrekiko obren eragina deskribatzen dira.

ITXITURA-SAKONERA

Sakonera batetik aurrera urtetik urtera oreka-profilean ez dago aldaketa adierazgarriarik eta horri hondartza-profilearen sakonera-muga deritzo. Itxitura-sakonera ere esaten zaio. Hallermeierrek (1978) itxitura-sakonera honako moduan definitzen du: hondoan astindurarik ez dagoen sakonera. Hondarrezko hondartzen kasuan, sakonera hori profil aktiboaren muga naturala da, urteetan zehar behin eta berriz neurtu ondoren, aldaketa oso txikiak edo nuluak badira. Gero, Hallermeierrek (1980) hondartzaren profila hiru eremuren arabera banatu zuen: offshore edo itsas zabala, bitartekoa (shoal) eta itsasertza.

Bitarteko eremuan sakonera txikiko guneetaraino (d_l) muturreko olatuak direla-eta, itsasertzetik garraiatutako sedimentuak iritsi daitezke. Sakonera handieneko guneraino (d_i), berriz, offshore sektoreko sedimentuak iritsi daitezke, olatu ertainek garraiatu ostean. Hori da, hain zuzen ere, eremu horren bereizgarria. Itxitura-sakonera zehatzeko formulaziorik erabilienez, sedimentuen zeharkako garraioaren analisi teorikotik abiatuta, Hallermeierrek (1978) proposatutakoa da:

$$d_l = 2.28 H_{s12} - 68.5 (H_{s12}^2 / g T_s^2)$$

H_{s12} : batez beste urtean 12 orduz gainditutako olatu-altuera adierazgarria; T_s : (H_{s12}) altuerari lotutako aldia; d_l : itsasertzeko eremu eta bitarteko eremuaren arteko muga. Hondartza-profil ugariren urteko aldaketak aztertu ondoren, Birkemeierrek (1985) aurreko formulazioa honako moduan doitu zuen:

$$d_l = 1.75 H_{s12} - 57.9 (H_{s12}^2 / g T_s^2)$$

Egiazko neurketen emaitzekin alderatu zuenez, bigarren ekuazio horrek segurtasun handiagoa eskaintzen du; beraz, hondartzetan itxitura-sakonera kalkulatzeko Hallermeierren dedukzio teorikoa baino egokiagoa da.

(H_{s12}) balioa zehatzeko, 26. irudiko olatuen eskala-erregimena aztertu da. Erregimenak azaldutakoarekin bat, bakarrik urtean 12 orduz (% 99,86) gainditutako olatu-altueraren balioa $H_{s12}=4.65$ m da Bermeoren aurrealdean. Olatuaren altuera horretan, puntako aldirik ohikoena (ikus 23. irudia) $T_p=10-18$ s da. Hala, tarteko balioa hautatu da, hau da, $T_p=16$ s. Beraz, Birkemeierren (1985) formulazioa balio horiekin erabiliz, itxitura-sakonera teorikoa ondorengo da:

$$d_l = 7.64 \text{ m}$$

Ikerlari desberdinen arabera, gehieneko itxitura-sakonera (d_i) hurrengo tartean kokatutako balioa du:

$$d_i = (1.5 - 2.0) d_l$$

Hala:

$$d_i = 11.50-15.28 \text{ m}$$

Hortaz, Bermeoko ingurunean itxitura-sakonerak gutxi gorabehera 8,0 m-ko balioa du eta sedimentuen hondar-mugimenduren bat gerta liteke 11-15 m-rainoko sakoneratan. Sakonerari

marearen karrera kentzean, eremuan sedimentuaren mugimendu adierazgarria gehienez 10-12 m-ra gertatuko da. Izan ere, hau kontuan hartzekoa da.

GARRAIO SEDIMENTARIOAREN MODELIZAZIOA

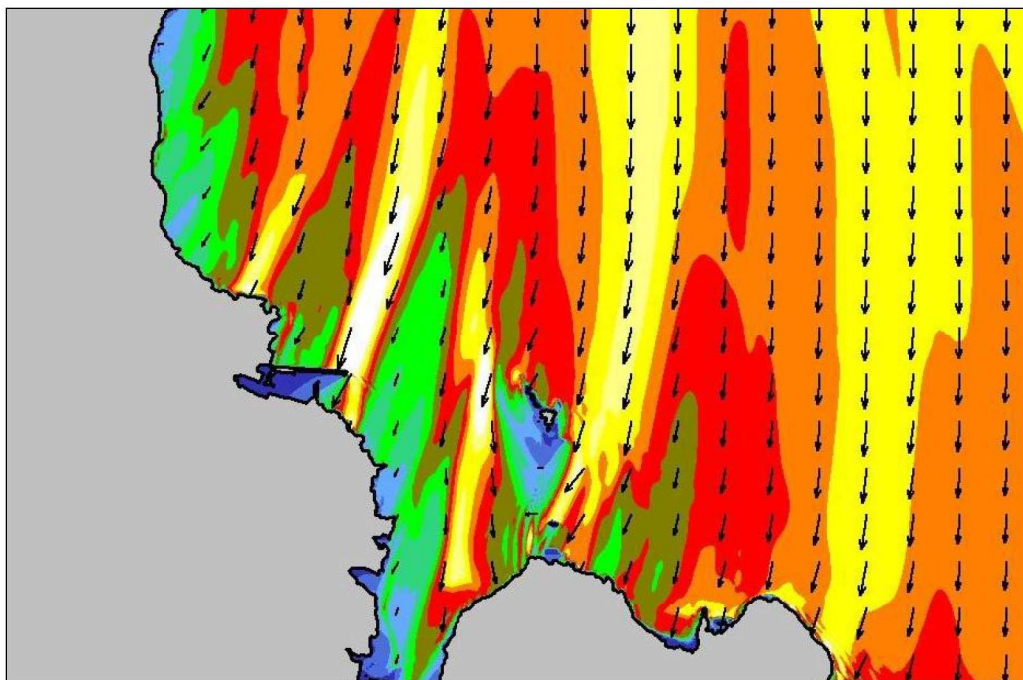
Metodologia

Bermeoko itsasertzaren inguruan dinamika sedimentarioaren baldintzak zehazteko, olatuen, korronteen eta sedimentu-garraioaren ereduak egin dira ingurunean. Horretarako, Mike21 sistema erabili da. Horrek bertikalean integratutako gainazaleko fluxu librearen ereduak egiten du. Eredu hau kostalde eta ibaietan fluxuen simulazioei, sedimentuen garraioari, uraren kalitateari eta ekologiarri aplikatu da.

Sistemak urte-sasoiaren arabera ez den fluxua simulatzen du, dentsitate-aldaketak, batimetria eta kanpoko indarrak, besteak beste, haizea, olatuak eta mareak kontuan hartuta. Ingurunearen baldintza gisa presio-eremuak, haize-eremuak, gainazalaren goratzeak eta bertikalean fluxuak onartzen ditu.

Mike21ek jarraipenaren, momentu-kontserbazioaren, tenperaturaren, gazitasunaren eta erregimen zurrunbiltsuan dentsitatearen ekuazioak ebatzen ditu. Olatuek eragindako fluxua ereduaren eransteko erradiazio-tentsorea sartzen da eta hori lortzeko aldeztu aurretik olatuen ereduak egin dira. Olatuek sortutako korrontek, kostaldean sedimentuen mugimendu aipagarriak sortzen dituztenak, erradiazio-tentsoreetatik abiatuta kalkulatu dira eta, aldi berean, horietara iristeko Mike21 PMS olatuen hedapen-eredua erabili da. Errefrakzio-difrakzioaren eredu lineala da eta malda leuneko ekuazio eliptikoari egindako hurbilketa parabolikoan oinarritzen da. Irudian Bermeoko ingurunean sedimentuen garraioa kalkulatzeko egin den hedapen baten adibidea azaltzen da.

28. irudia. W-70°-N norabidean Bermeoko kostalderaino olatuak hedatzea



Ereduak ondorengoak kontuan hartzen ditu: sakonera aldatzearen ondorioz errefrakzioaren eta shoalingaren ondorioak, olatuen hedapen-norabide nagusiarekiko elkarzutean difrakzioa eta hondoarekin marruskatzeari nahiz olatuak haustean galdutako energia. Gainera, gainjartze linealaz baliaturik, ereduak maiztasunaren eta norabide-sakabanaketaren ondorioei erreparatzen die. Eredu honek sarearen ertzetan olatuen islapenak ez ditu kontuan hartzen.

Eragiten duten olatuen ezaugarrietatik abiatuta, olatuen erradiazio-tentsioa kalkulatu da eta gehiegizko presioaren (F_p) nahiz mugimendu-kantitatearen (F_m) ondoriozko ekarpena da. Ildo horri jarraiki:

- $S_{11} = F_p + F_m$ (hedapenarekiko norabide elkarzuta)
- $S_{22} = F_p$ (hedapenarekiko norabide paraleloa)

Kostaldearekiko osagai normala (S_{xx}) eta tangentiala (S_{xy}) hurrengo moduan idazten da:

$$S_{xx} = \frac{S_{11} + S_{22}}{2} + \frac{S_{11} - S_{22}}{2} \cos(2\alpha)$$

$$S_{xy} = \frac{S_{11} - S_{22}}{2} \sin(2\alpha)$$

Azkeneko osagaiaren gradienteak itsasertzeko korrontea sortzen du. Surf gunetik kanpo olatuen energia gutxi xahutzen da eta (S_{xy}) osagaia konstantea da energia-fluxua zero denean.

Surf gunean, ordea, gehiago xahutzen da eta osagai hau kostalderantz murriztuz doa. Bere gradienteak sortutako korrontea hondoan marruskadurak eta olatuek sortutako zurrumbiloak orekatzen dute, beraz, itsasertzeko korrontea honako moduan adierazten da:

$$-\frac{\partial S_{xy}}{\partial x} = \tau_b - \frac{\partial}{\partial x} \left(\rho E D \frac{\partial V}{\partial x} \right)$$

Korrontearen deskribapen hidrodinamikorako ereduak erlazio klasikoak erabiltzen ditu, hala nola abiaduraren banaketa logaritmikoa eta *eddy* likatasunaren banaketa parabolikoa buruzkoak:

$$\varepsilon = U_f \cdot K y (1 - y/D)$$

($U_f = \tau_b/\rho$): abiadura tangentiala; (τ_b): hondoko tentsio tangentiala; (K): von Karmanen konstantea; (D): sakonera. Olatuak eta korrontea batera aritzen direnean, hondotik hurbil ur-partikulen mugimendu orbitalak hondoko tentsio tangentialaren aldiuneko balioen hazkuntza nabarmena eragingo du eta olatuen geruza mugan *eddy* likatasunaren banaketa asko gehituko da. Baterako ekintza Fredsoek (1984) deskribatu du eta olatu-geruzaren mugan abiaduren profila logaritmikoa dela onartzen du.

Deskribatutako eredu hidrodinamikoa, Fredsoerenarekin batera, Mike21 ST moduluan sartzen da. Izan ere, horrek olatuak hausten direnean sedimentuen garraioa kalkulatzeko oinarriak eskaintzen ditu. Aurrekoari eutsiz, ereduaren puntu bakoitzean korrontearen balioa eta olatuaren altuera kalkulatuakoa, Mike21 ST ereduak erabiltzen da sedimentuen garraio-tasa zehazteko, bai hondoan zehar egindako garraioari dagokiona, bai garraio esekiari buruzkoa.

Aplikaturako ereduari, hondotik egindako garraioa dimentsiorik gabeko hondoko tentsio tangentialaren arabera adierazten da:

$$\phi_b = \phi_b(\theta)$$

Horretan, dimentsiorik gabeko hondoa hurrengo moduan definitzen da:

$$\phi_b = \frac{q_b}{(s-1)gd^3}$$

(qb): garraioa hondoan zehar; (s): sedimentuaren dentsitate erlatiboa; (d): sedimentuaren batez besteko tamaina. Material esekiaren kontzentrazioa zehazteko, hedapen bertikalari buruzko ekuazioa

erabiltzen da. Horren arabera, sedimentuaren kontzentrazioa hedapen zurrunbilotsuak eta sedimentazioak aldatzen dute.

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} (\epsilon \frac{\partial c}{\partial t}) + \omega \frac{\partial c}{\partial y}$$

(c): sedimentuaren kontzentrazioa; (ϵ s) hedapen zurrunbilotsuaren koefizientea (eddy likatasunaren berdina); (ω): material esekiaren sedimentazio-abiadura. Hedapen-ekuaziorako azpiko ingurune-baldintza oso garrantzitsua da sedimentu esekiaren kopurua kalkulatzeko eta kasu honetan Engelund eta Fredsoeren (1976) teoria aplikatzen da.

Hondoko kontzentrazioa Bagnolden (1954) ideietan oinarritzen da: hondoan mugitzen ari ez diren aleak bakarrik hondoko tentsio tangenzial pixka bat jasan dezake (bestela mugitzen hasiko lirateke). Hondoko tentsio tangenzialaren soberakina hondoko karga-partikulen eta hondotik hurbil partikula esekien arteko talken bitartez horri transferitu behar zaio.

Hondoko tentsio tangenziala transmititzeko behar den sedimentu esekiak (c_b) magnitudea zehazten du eta denborarekin aldatzen da. Garraio-karga esekia bertikalean U fluxu-abiaduraren eta sedimentu-kontzentrazioaren biderkadurari dagokion integrala da:

$$q = \int_{-2d}^D c U dy$$

(D): fluxuaren sakonera. Baldintza ezegonkorretan, hau da, eraginpeko olatuen egoeran, (q_s) parametroaren batez bestekoa egiten da denboran.

Egindako simulazioak

Kanpoko olatuek sortutako sedimentu-garraioa simulatu da eta, horretarako, Bermeoko aurrealderaino 340 gradurekin (W-70°-N) iristen direla aurrez ikusi da. 25. irudian ikus daitekeen bezala, norabide horretan Bermeoko aurrealdean olaturik ohikoenak eta bizienak multzokatzen dira. Probetarako olatu-altuerak eta puntako aldiak honakoak dira:

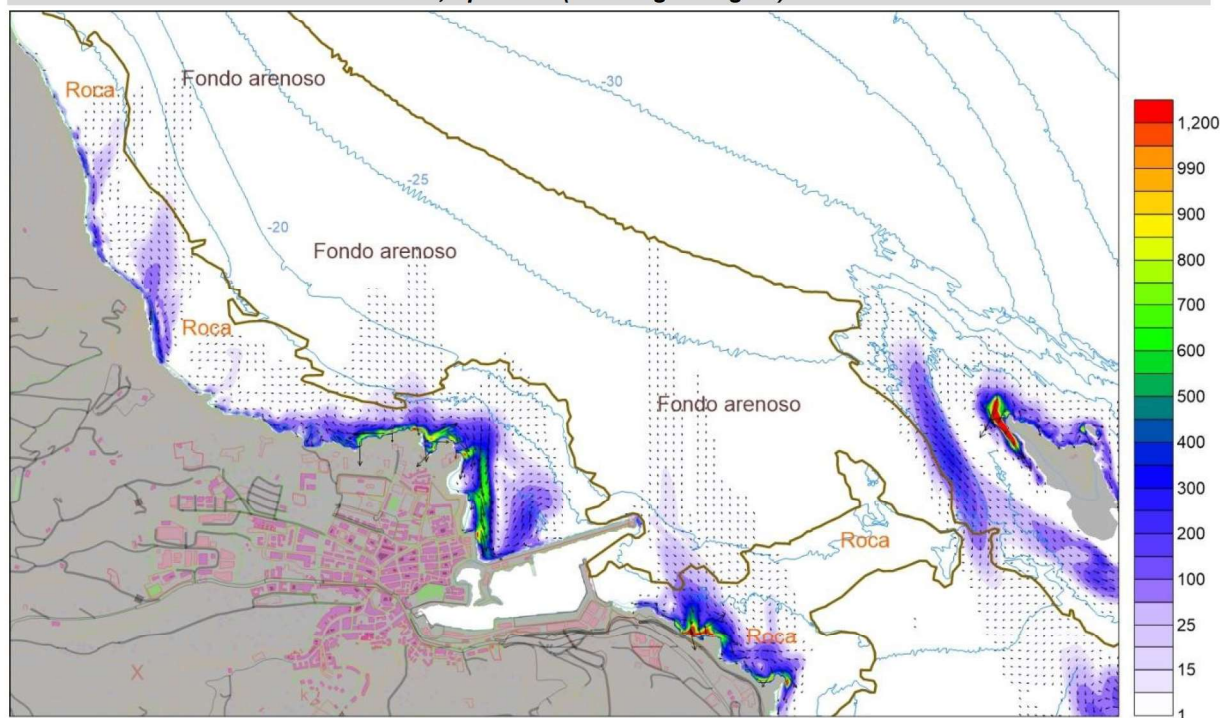
- Hs=1 m; Tp=10 s.
- Hs=3 m; Tp=14 s.
- Hs=5 m; Tp=18 s.

Emaitzak

Egungo egoera: Hs=1 m

29. irudian egungo egoeran sedimentuak garraiatzeko gaitasuna ageri da, olatuak W-70°-N norabidetik badatoz eta parametroak Hs= 1 m eta Tp= 10 s badira. Orduko altuera ez gainditzeko probabilitatea Bermeoren aurrealdean % 68,70 da eta olatu-altuera horren inguruan izaten da urteko olatuen zati handi bat. 6. irudiari jarraiki, irudian arrokak eta sedimentuak hartutako hondoko guneak adierazi dira. Sedimentua garraiatzeko gaitasuna hondo harritsuan ematen da, hondarrezko hondoetan ia eraginik izan gabe.

29. irudia. Sedimentuak garraiatzeko gaitasuna (balioak $m^3/m/urte$ unitatean). Egungo egoera. $H_s=1$ m; $T_p=10$ s. (Iturria: geuk egina)



$H_s=1$ m kasurako, itsasertzean garraio-gaitasuna Matxitxako lurmuturreko ekialdeko itsaslabarreen zehar hegoalderantz eta, gero, Bermeoko porturantz doa, Tonpoitxikiako eremua gainditu ostean.

Portuaren hegoaldean ere hegoalderantz korrontea eratzen da. Korronte hori babes-dikeari dagokion muturraren hegoaldean sortzen da, hain zuzen, hondar-hondoaren eremuan, beraz, hegoalderantz materiala arrastatu daiteke. Nolanahi ere, sektore horretan eta kalkulaturako itxitura-sakoneraren inguruan sakonera handiak daude eta, ondorioz, garraioaren tasak balio txikiak izango ditu.

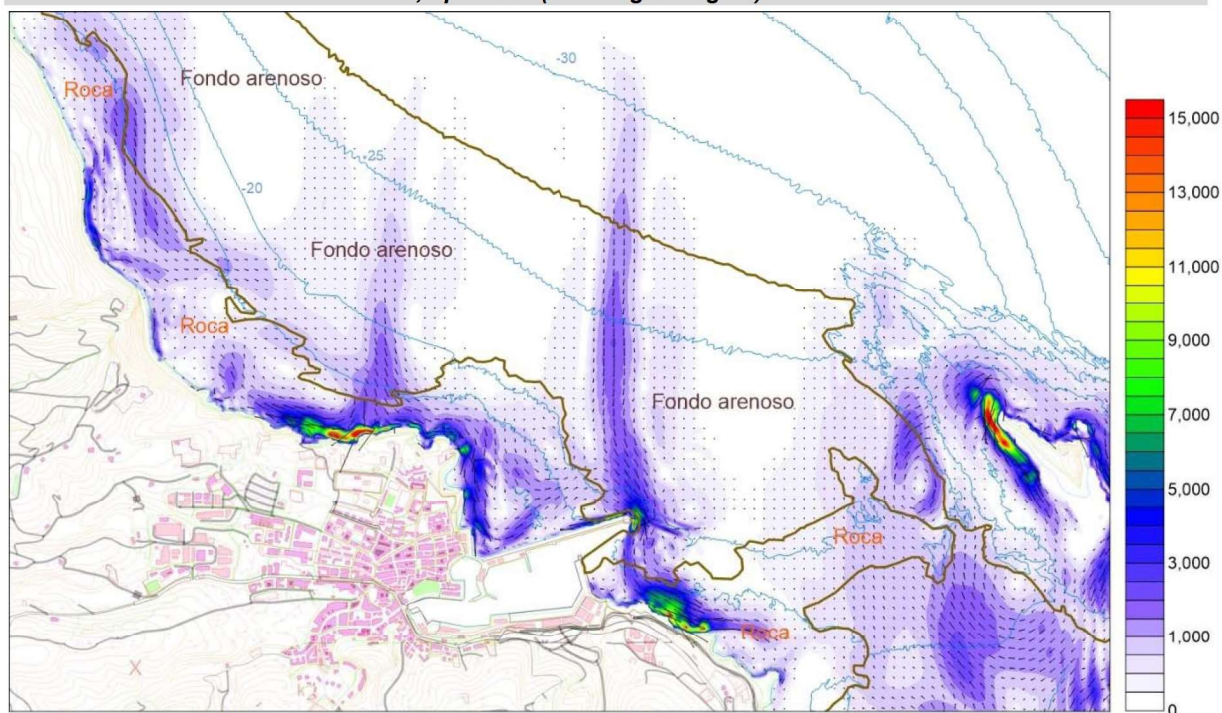
Hortaz, garraiatzeko ia sedimentu eskuragarririk ez dagoenez, itsasertzean garraioaren bolumen garbia olatu-altuera horretarako baliogabea da.

Egungo egoera: $H_s=3$ m

30. irudian $H_s=3$ m eta $T_p=14$ s-ko olatuetarako itsasertzean garraiatzeko gaitasuna kalkulaturako dago. Sortutako garraio-eskema aurrekoaren oso antzekoa da, baina askoz biziagoa. Babes-dikearen muturrari dagokion ingurunean garraioaren bizitasuna azpimarra daiteke.

Haustura-korrontek kalkulatzeko erabiltzen den olatuen ereduak hondoko aldapa handiko puntuetan ez du behar bezala funtzionatzen, egitura artifizialen ingurunean gertatzen den bezala. Puntu horietan, hau da, aldapa handikoetan eta olatuaren altuerak gradiente handia duenetan, ereduaren sortutako korrontek egiazkoak baino askoz handiagoak izan daitezke. Horregatik, obra artifizialen ingurunean kontu handiz aztertu behar dira ereduaren emaitzak.

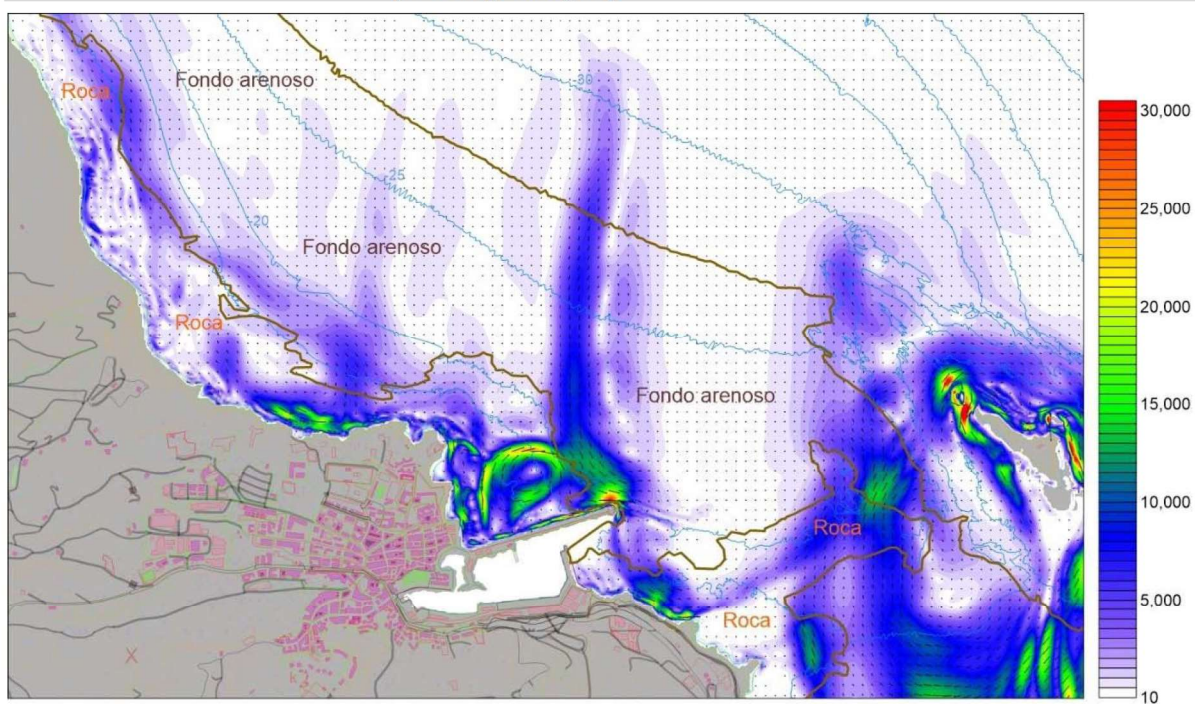
30. irudia. Sedimentuak garraiatzeko gaitasuna (balioak $m^3/m/urte$ unitatean). Egungo egoera. $H_s= 3$ m; $T_p= 14$ s. (Iturria: geuk egina)



Egungo egoera: $H_s= 5$ m

31. irudian $H_s= 5$ m eta $T_p= 18$ s-ko olatuetarako itsasertzean garraiatzeko gaitasuna kalkulatu dago. Garraio-eskema aurreko bietan antzemandakoaren oso antzekoa da, baina garraiatzeko gaitasuna nabarmenki gehitzen da.

31. irudia. Sedimentuak garraiatzeko gaitasuna ($m^3/m/urte$). Egungo egoera. $H_s= 5$ m; $T_p= 18$ s. (Iturria: geuk egina)



ITSASERTZEKO DINAMIKAREN DESKRIBAPENA

Hondoen morfologiari buruzko datu eskuragarrietatik eta sedimentuen garraio-ereduari dagozkion emaitzetatik abiatuta, Bermeoko portuaren ingurunean itsasertzeko dinamikaren eskema orokorra ondorioztatu daiteke, ondoren azaltzen den bezala.

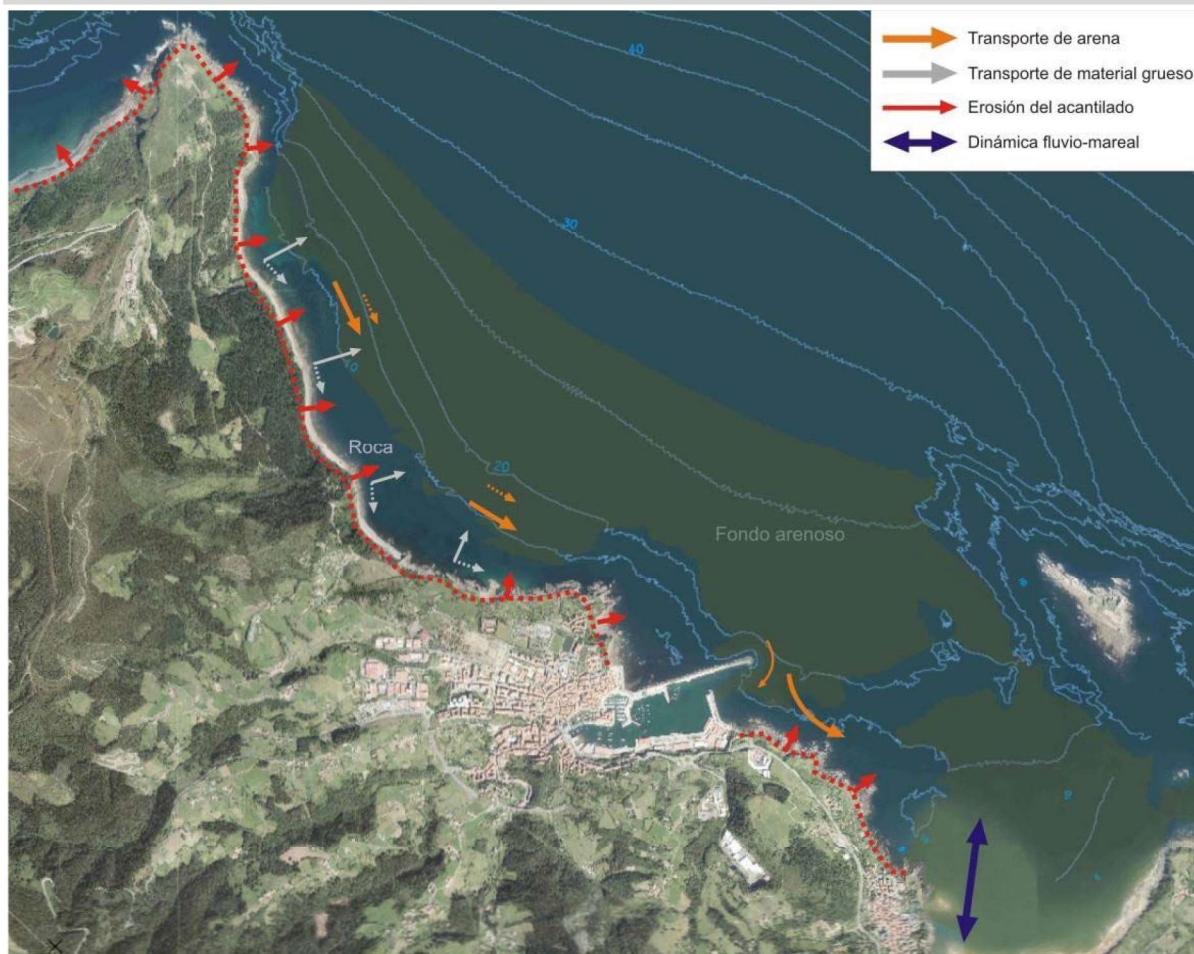
Matxitxako lurmuturraren hegoaldean sedimentuen oinarritzko bi iturri daude:

- Isurketaren eta itsas ekaitz handien ekintzaren ondorioz, Matxitxako lurmuturra inguratzen duten itsaslabarretatik eroritako material lodia eta birlak.
- 10-12 m-tik gorako sakoneratan dauden hondar-hondoak.

Kostaldetik askatutako material lodia itsasertzeko zabalgunean metatzen da eta olatuen ekintza jasaten du. Hala, biribildu eta sakonera handiagoetara iristen da. Material horren luzerako mugimendua oso mugatua da, pisu handia baitu. Bestalde, ekaitzek material arinagoa erraz garraiatzen dute sakonera handietara, kostaldetik hurbil hondoak aldapa handia baitu. Material honek luzerako mugimendu garrantzitsurik ez du, oinarrian mugimendua zeharkakoa da eta horren lekuko da Bermeoko portuko babes-dikearen iparraldean ez dela metatzen.

Bestalde, lurmuturreko puntaren eta Bermeoren artean itsas hondoetako hondar-materiala 10-12 m-tik gorako sakoneratan kokatzen da. Sedimentuaren mugimendu adierazgarriari dagokion sakonera muga gutxi gorabehera 11-15 m-koa denez (ikusi 5.2. atala), materialaren garraio-tasa oso txikia da portuaren iparraldean eta kostaldetik hurbil gelditzen den zerrendara mugatzen da.

32. irudia. Bermeoko ingurunean dinamika sedimentarioaren eskema orokorra (Iturria: geuk egina)



Portuaren hegoaldean korrante sedimentarioa eratzen da eta sarrerako ahoaren ingurunean dauden hondo hareatsuei eragiten die. Olatuek sortutako korranteengatik materialaren zati bat portuaren sarrerarantz mugitzen da eta beste zati bat hegoalderantz doa. Nolanahi ere, eremu honetan sakonerak 15 m-tik gorakoak direnez, garraio garbiaren egiazko intentsitatea oso txikia da.

Beraz, Bermeotik Mundakarantz material sedimentarioaren jitoa urria da eta itsasertzeko dinamikarako eta Laidako hondartza nahiz Urdaibaiko hondo hareatsuen egonkortasuna kontrolatzen duen ibai-marearen dinamikarako ez da adierazgarria suertatzen.

DINAMIKA SEDIMENTARIOAN OBRAREN ERAGINA

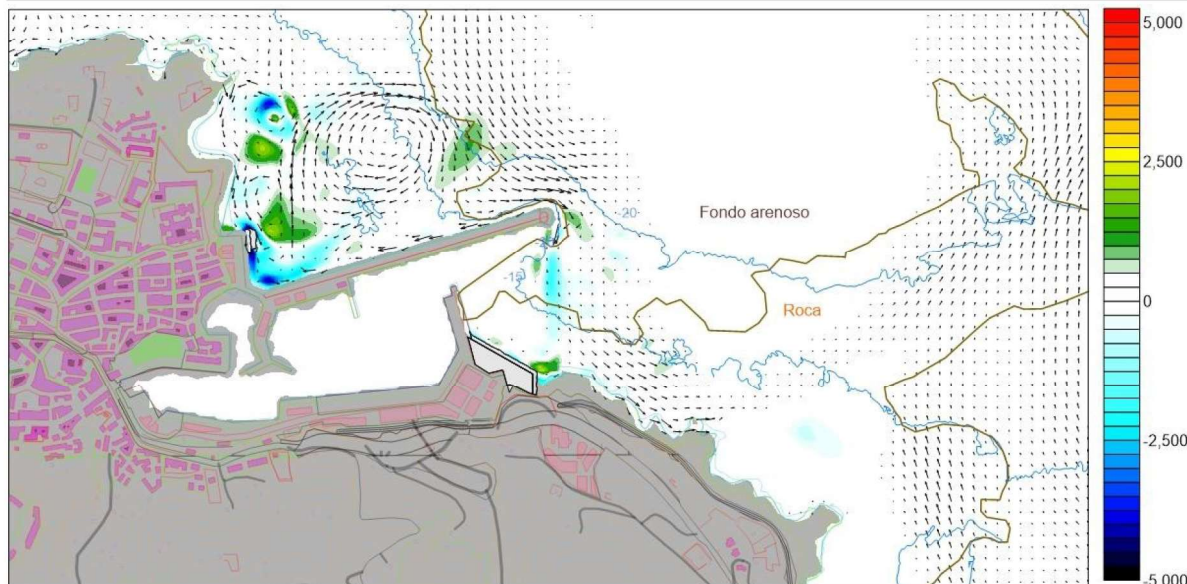
Garraio-tasan aldaketak

Bermeoko portua zabaltzean dinamika sedimentarioan sortutako aldaketak aztertzeke, itsasertzeko garraioari buruzko simulazioak arestian erabilitako hiru olatu multzoekin (5.3 atala). Emaitzak lortutakoan, egungo egoerakoekin alderatu dira.

Erregistratutako aldaketak oso adierazgarriak ez direnez, 33. irudian aldaketarik nabarmenenak ageri dira eta $H_s = 5$ m-ko olatu-altueraren ekaizari erantzuten diote. Irudiaren arabera, kontradikearen kanpoaldean proiektatutako betelana garraio sedimentarioaren tasa ia nulua den gunean kokatzen da; beraz, betelan berriak sedimentuen garraio-eskema orokorrean eragin marjinala du.

Portuaren iparraldean harri-lubetarako betelanari dagokionez, gune horretan, batetik, sektorean olatuek duten zuzeneko eraginarengatik eta, bestetik, itsaslabarrak nahiz babes-dikeak ingurune angeluzuzena eratzen dutelako, hainbat zurrumbilo sortzen dira eta nahiko biziak dira. Ereduan harri-lubeta berria sartzen denean, egungo zurrumbiloetan interferentzia dago eta horiek tokiz aldatzen dira. Ondorioz, eremu batzuetan garraio-tasa gehitzen da; beste batzuetan, ordea, murriztu. Garraio-gaitasunak hondo harritsuetan aldatzen dira, hortaz, sedimentuen garraioan eragina nulua da.

33. irudia. Egungo egoeran eta hedapen-obren ondoren sedimentuak garraiatzeko gaitasunaren arteko aldea. $H_s = 5$ m; $T_p = 18$ s. Bektoreek egungo egoeran garraioaren gaitasuna adierazten dute (Iturria: geuk egina)



Bestalde, portuko babes-dikea itxitura-sakoneraren azpian kokatzen da nabarmenki. Hala, portutik hegoalderantz ia ez dago sedimentuen mugimendurik. Laburbilduz, portuaren iparraldean sedimentuen garraio-eskemaren aldaketak hegoaldeko kostaldean ez du eraginik izango.

Kostaldean eragina

Gaur egun Bermeoko ingurunean sedimentu-prozesuak ez dira oso adierazgarriak hurrengo arrazoiengatik:

- la profil aktibo guztian hondar-sedimenturik ez dago, hondar fina 10-12 m-tik gorako sakoneratan kokatzen baita.
- Hain sakonak ez diren guneeetan, sedimentuaren konposizioak, batik bat, legar lodiak, oso lodiak eta birla handiak ditu. Horiek itsaslabarretik askatzen dira eta ekaitzek biribiltzen dituzte.

Itsaslabarretik aska daitekeen material fin urria berehala ur sakonetara edo olatuengatik hegoaldera garraiatzen da, beraz, tarte honetan gutxi dago edo ez da ezer agertzen.

Sedimentuen eredu matematikoaren bidez egiaztatu ahal izan den bezala, obren eraginez itsasertzeko garraio-gaitasunean aldaketak ez dira garrantzitsuak eta obren ingurunera mugatzen dira. Ildo horri eutsiz, iparraldeko harri-lubeta sendotzeagatik sortutako aldaketak hondo harritsuak hartutako eremuan gertatzen dira. Beraz, material finaren garraio sedimentarioan ez dute eraginik. Horrez gain, kontradikearekiko kanpoko betelanari erreparatuz gero, aldaketek portuko ahoaren ingurune hondo hareatsuetan oso ondorio mugatuak dituzte eta norainoko gutxikoa da.

Hortaz, baieztatu daiteke aurrez ikusitako lanek dinamika sedimentario orokorrean ez dutela eragingo eta, bide batez, kostaldeak ez duela ezer antzemango.

JARRAIPEN-PLANA ETA NEURRI ZUZENTZAILE EDO OREKATZAILEAK

Ingurunean proposatutako obrek uki dezaketen hondartza edo hondar-bankurik ez dagoenez, ez da beharrezkotzat jotzen jardueraren eraginari buruzko neurri zuzentzaileak edo orekatzaileak aztertzea.

Arrazoi berdinean funtsatuta, sedimentazioaren dinamikari dagokionez, aurrez ikusitako jardueren jarraipen-plana ez da behar.

6. ALDAKETA KLIMATIKOAREN ONDORIOAK

SARRERA

Kostaldee buruzko Legearen Araudiak, 2014ko urriaren 10ean onetsitakoak, 92. artikuluan xedatutakoaren arabera, proiektu guztiek egindako obraren lursailetan aldaketa klimatikoak sortu ditzakeen ondorioei buruzko ebaluazioa izan behar dute:

92. artikulua. Aldaketa klimatikoaren ondorioei buruzko ebaluazioaren edukia.

1. Aldaketa klimatikoaren ondorioei buruzko ebaluazioak hurrengoak izango ditu aztergai: batez besteko itsas maila igotzea, olatuen norabideak aldatzea, olatuen altuera gehitzea, ekaitzen iraupena aldatzea eta, oro har, eremuan jarduten duten kostaldeko dinamika aldatuko dituzten alderdi guztiak. Horiek guztiak honako denboraldietan egingo dira:

a) Proiektuen helburua emakida lortzea bada, emakidaren epea, izan daitezkeen luzapenak barne.

b) Obrekin itsasertza, portuak eta antzekoak babestu nahi izanez gero, eskaeraren datatik gutxienez 50 urte.

2. Kostaldea aldaketa klimatikoaren ondorioei egokitzeko estrategiak definitzen dituen moldapen-neurriak kontuan hartu beharko dira. Horiek 2/2013 Legeak, maiatzaren 29koak, itsasertza babestu eta iraunkortasunez erabiltzeko buruzkoak, zortzigarren xedapen gehigarrian xedatzen ditu.

2/2013 Legearen zortzigarren xedapen gehigarriak aldaketa klimatikoak itsaso eta lehorren arteko jabari publikoan izan ditzakeen eraginei buruzko txostena berariaz lantzen du eta Nekazaritza, Elikadura eta Ingurumen Ministerioak (egun MITECO) legea indarrean sartzen denetik bi urteren buruan kostaldea aldaketa klimatikoaren ondorioei egokitzeko estrategia egingo duela dio. Izan ere, ingurumen ebaluazio estrategikoa izango du eta itsasertzeko kalteberatasun-mailak nahiz arriskuak adieraziko dira, izan daitezkeen ondorioei aurre egiteko neurriak proposatzeaz gain.

Ingurumen Ebaluazioari buruzko 21/2013 Legeak 21. artikuluan xedatutakoa betetzeko, MITECOren Kostalde eta Itsas Iraunkortasunerako Zuzendaritza Nagusiak Espainiako Kostaldea Aldaketa Klimatikoari Egokitzeko Estrategia idatzi zuen, Ingurumen Azterketa Estrategikoarekin (IAE) batera.

Duela gutxi BOEn 2017ko uztailaren 24ko Ebazpena, Kostalde eta Itsas Iraunkortasunerako Zuzendaritza Nagusiarena, Espainiako Kostaldea Aldaketa Klimatikoari Egokitzeko Estrategia onesten duena, argitaratu da.

Kostaldeko sistemetarako mehatxurik nagusienetakoa da aldaketa klimatikoaren ondorioz eta, nagusiki, batez besteko itsas maila igotzeagatik, uholdeen arriskua areagotzea. Gainera, ekaitzak biziagotuko dira. Honenbestez, ekosistema zehatzak azkarrago suntsituko dira eta kostaldea gehiago higatuko da.

Ikerketa berrienekin bat, gutxi gorabehera 2050. urtean edozein agertokik premisa garrantzitsu hau du abiapuntu: kostaldeak modu adierazgarrian egingo du atzera eta batez ere hondartzaren eremuetan antzemango da eta, ondorioz, itsas atzerapenaren eraginak zuzenean ukituko ditu. Joera atzera egitea da eta itsas ekaitzekin areagotuko da. Aurrekoari eutsiz, ekaitz horiek bereziki gune urgaineratuetan kaltegarriak izango dira, 0 kotaren azpian badaude.

Zentzu horretan, hurrengo baiezta daiteke:

- Hondartzak, dunak eta itsaslabarrak egun higitzen ari dira eta joera berdinarekin jarraituko dute, itsas maila igoko baita eta, neurri txikiagoan, olatuen bizitasunak gora egingo baitu.
 - Batez besteko itsas maila gehituko den edozein agertokitan, ehunekoa Mediterraneoko arroan igoko da gehien bat hondartzen urperatze-kota. Nolanahi ere, baldintza absolutuetan ondo bereizi behar da, urperatze-kota handiena Kantaurin gertatuko baita.
 - Marea meteorologikoaren proiektioek ziurgabetasun-maila handia izan arren, itsas maila igotzean muturreko urperatze-gertaerak (bizitasuna eta maiztasuna) indartuko dira.
 - Joera 2040. urterako itsas maila igotzea (gutxi gorabehera 6 cm) dela kontuan hartuta, Valentziaren eremuan hondartzek 1 eta 2 metro inguru egingo dute atzera.
-
- Intrusio gaziari dagokionez, puntu desberdinetan areagotzen jarraituko du.

“KOSTALDEAN ALDAKETA KLIMATIKOAREN AURKAKO ESTRATEGIAREN” EMAITZAK

Kostaldean jardundako bortxaketa-aldagaietan gertatzen ari diren aldaketak aztertzeke, *“aldaketa klimatikoaren ondorioz Espainiako kostaldean eraginak”* izenburupeko agiria erabili da eta MAPAMAK egin ostean, *“Kostaldean aldaketa klimatikoaren aurrean Estrategien”* III. faseari dagokio. Itsas klimaren muturreko eta batez besteko erregimenak irudikatzeke parametroei dagokienez, agiriak Espainiako kostalde guztiko joerak aztertzen ditu. Izan ere, parametro horiek oinarritzotzat jo dira eragileak edo bortxaketak aztertzeke, aldaketa klimatikoa dela-eta, aldaketak eragin eta, bide batez, kostaldea eratzen duten elementuetan ondorio aipagarriak badituzte.

- Olatuak (olatu-altuera adierazgarria, batez besteko aldia, olatuen norabidea):
 - Olatu-altuera adierazgarriaren batez besteko erregimena.
 - Hs12 (bakarrik urtean 12 orduz gaingidutako olatuaren altuera).
 - Energiaren batez besteko fluxuaren norabidea.
 - Olatu-altuera adierazgarriari dagozkion eszedentzien iraupenak.
 - Olatu-altuera adierazgarriaren muturreko erregimena: maiztasunak.
 - Olatu-altuera adierazgarriaren muturreko erregimena: intentsitateak.
 - HT50 (50 urteko itzulera-aldiko olatu-altuera adierazgarria).
- Marea meteorologikoa:
 - Marea meteorologikoaren batez besteko erregimena.
 - Marea meteorologikoaren muturreko erregimena: maiztasunak.
 - Marea meteorologikoaren muturreko erregimena: intentsitateak.
 - MMT50 (50 urteko itzulera-aldiko marea meteorologikoa).
- Haizea:
 - Haizearen batez besteko erregimena.
 - Izan daitekeen haize-garraioaren norabidea.
 - Haize-eszedentzien iraupenak.
 - Haizearen muturreko erregimena: maiztasunak.
 - Haizearen muturreko erregimena: intentsitateak.
 - WT50 (50 urteko itzulera-aldiko haizearen abiadura).
- Itsas maila
 - Egungo joera
 - Aldaketaren prognosia

Joeren emaitzak grafikoki ageri dira koloreen kodea erabiliz ('gorria' hazkuntza eta 'urdina' murrizketa). Muturreko gertaeretan intentsitatearen joerei buruzko emaitzak irudikatzeko, bakarrik 50 urteko itzulera-aldiaren aldagaia eta bere aldaketa adierazi dira, bere portaerak harreman handia baitu aztertutako muturreko gertaeretan lortu diren aldaketekin.

Garrantzitsua da azpimarratzea ondoren deskribatzen diren aldaketek udalerrri zehatzetarako xehetasun-azterketari ez diotela erantzuten. Hala, Espainiako itsasertzean zehar aztertutako aldagaien portaera orokorraren adierazleak (behe bereizmena) eta 40 urtetan aldaketa-joera dira. I-d fasean deskribatutakoari jarraiki, fidagarritasun jakinarekin joerak 2050. urtera arte estrapola daitezke.

Espainiako itsasertzean batez besteko itsas maila:

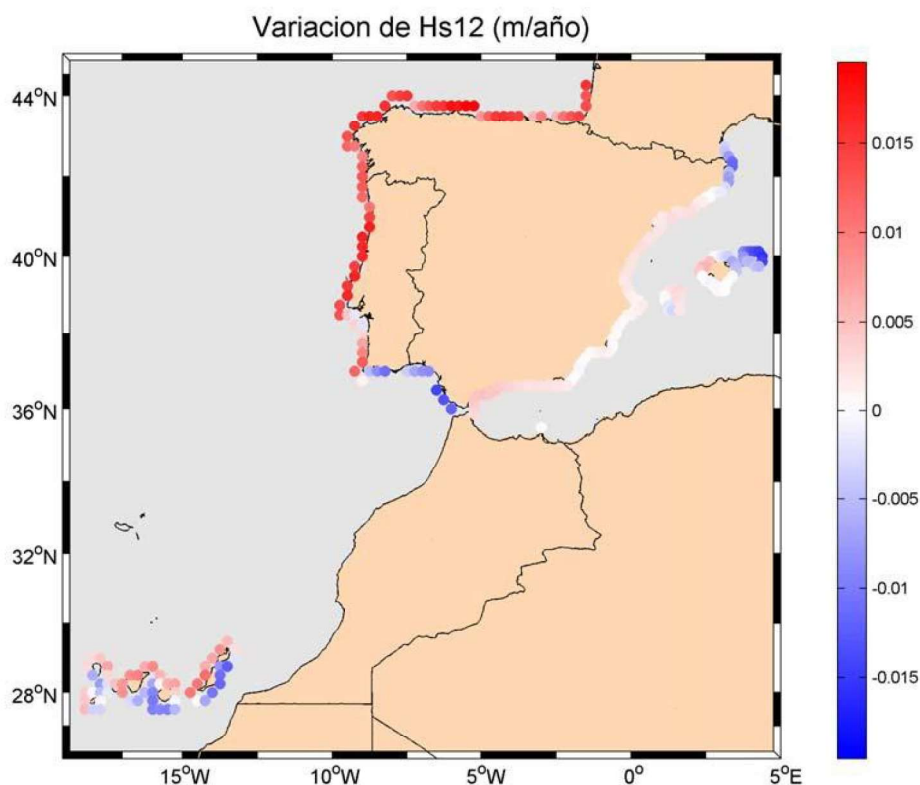
Orokorrean, onartuta dago Espainiako itsasertzean itsasoaren batez besteko mailaren aldaketa 2,5mm/urtekoa dela, beraz, 2050. urtera estrapolatuta, batez besteko maila +0,125m igoko litzateke.

Informazio hori Aldaketa Klimatikoari buruzko Gobernuen arteko Panelak (IPCC) hirugarren txostenean aurrez ikusitako eredu orokorrekin osatu da. Horren arabera, 1990-2100 tartean itsas maila 9 eta 88 cm bitartean aldatuko da. Txosten honetan aurkeztutako agertokiaren batez besteko balioa +0,15 m inguru aldatzen da, +0,1m eta +0,25m-ko konfiantza-tartearekin. Emaiza horietan oinarrituta, 2050. urteari begira, Espainiako itsasertzean itsas maila +0,2 m igoko da.

Olatuak

34. irudian ikus daitekeen bezala, Bizkaiko kostaldean olatuen energiari dagokion magnitudean aldaketa adierazgarriak antzematen dira. Ildo horri jarraiki, (H_{s12}) balioa 0,015 m/urtetik gora gehitu da.

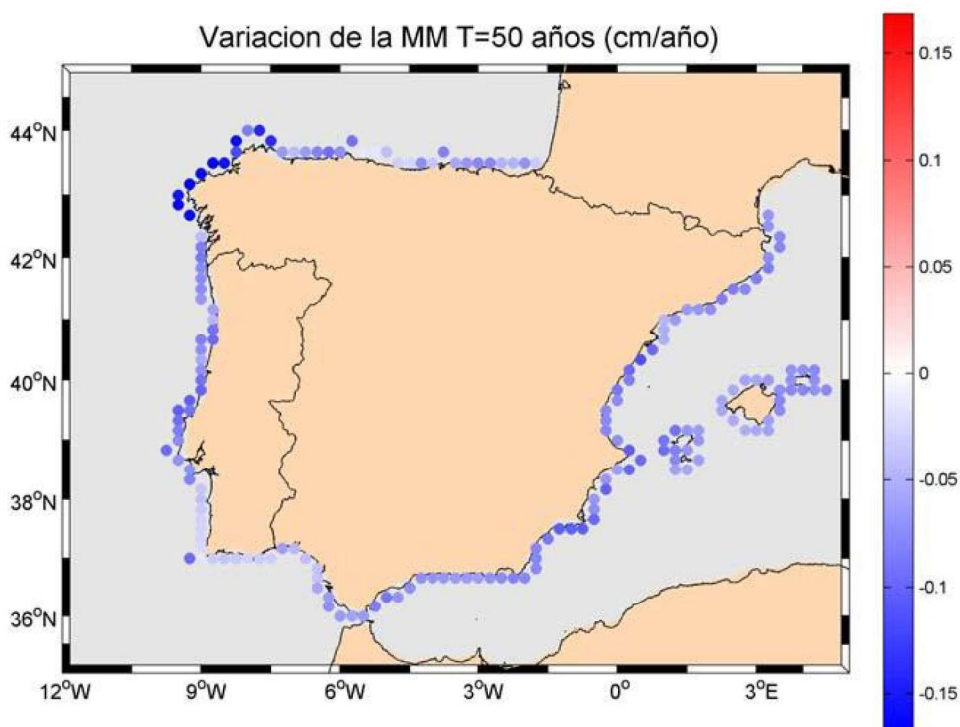
34. irudia. Olatuen muturreko erregimenaren intentsitate-aldaketa (Iturria: MAPAMA)



Haizea eta marea meteorologikoa

Haizearen batez besteko erregimenak eta marea meteorologikoak Bizkaiko kostaldean joera negatiboa dute, baina hori oso txikia da. Nahiz eta bere aldaketak oso txikiak diren, Mediterraneoan, Balearretan eta Galiziako ipar-mendebaldeko kostaldean marea meteorologikoaren joera negatiboari buruzko emaitzak estatistikaren ikuspegitik oso adierazgarriak dira (35. irudia) eta azpimarratzea garrantzitsua da.

35. irudia. Marea meteorologikoaren muturreko erregimenaren intentsitate-aldaketa (Iturria: MAPAMA)



Urperatze-kota

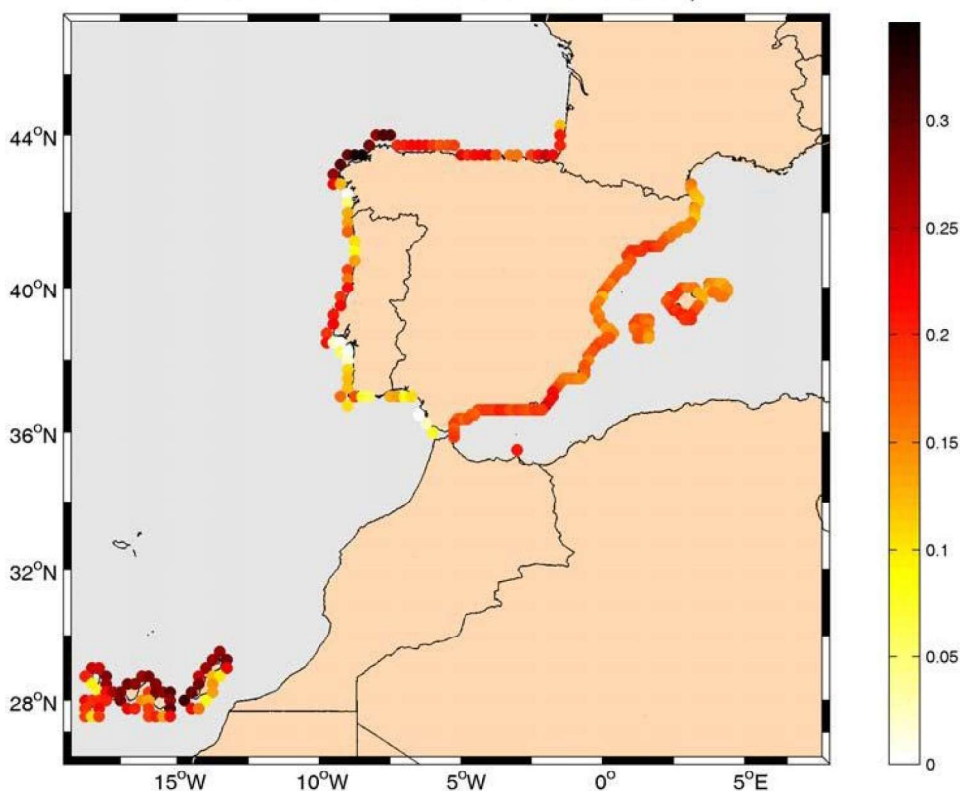
Hondartzetan aldaketa klimatikoak izan ditzakeen ondorio garrantzitsuenei erreparatuz gero, urperatze-kotaren aldaketa eta atzerapena edo kostaldearen lerroan aurrerapena kontuan hartu behar dira. Urperatze-kotari dagokionez, parametroa marea astronomiko, marea meteorologiko, hondartzan run-up eta batez besteko itsas mailak izan dezakeen gorakadaren baterako probabilitateak zehazten du.

Itsasertzean ondorio horren emaitzak bistaratzeko erreferentziatzeko agiriak urperatze-kotaren gutxi gorabeherako balioa erabili du, kalkulu zehatzerako tratamendu estatistiko sofistikatuagoa behar baita.

Aldaketa klimatikoaren agertoki honetan batez besteko maila 0,004m/urte igoko da, IPCCk lortutako batez besteko joera baita. Joera kuantifikatzeko orduan ziurgabetasuna oso altua denez, kalkuluko balioak aldaketa-magnitudearen gutxi gorabeherako balioztat jo behar dira. Bestalde, marea astronomikoaren maila definitzeko, itsasertzeko fatxada bakoitzean batez besteko itsasgora bizi ekinokzialari erreparatu zaio.

36. irudiak Espainiako itsasertzean urperatze-kotaren dimentsiorik gabeko aldaketa adierazten du. Ikus daitekeenez, aldaketa klimatikoaren agertoki honetarako, Bizkaiko kostaldean urperatze-kota guztira 0,20 m-tik gora igoko da.

36. irudia. Urperatze-kotaren guztizko aldaketa (m) (Iturria:MAPAMA)



Itsasertzeko lerroak atzera egitea

Hondartzetan beste ondorio bat da kostaldeko lerroak atzera egitea, batez besteko maila gehitzeagatik eta, ondorioz, hondartzako profil aktiboak batez besteko maila berriarekin oreka dinamikora iristeko igotzeagatik.

Horretarako, profil aktiboan sortzen den hondarraren defizita estali behar da eta itsasgoraren lerroak atzera egiten du. Atzerapen handienak hondar finez eratutako hondartzek, ebakitze-sakonera handienak dituztenek, hau da, disipatiboenek jasango dituzte. Atzerapena berma-altuera handienak dituzten hondartzetan, hala nola Ibinagako kostaldean arinduko da.

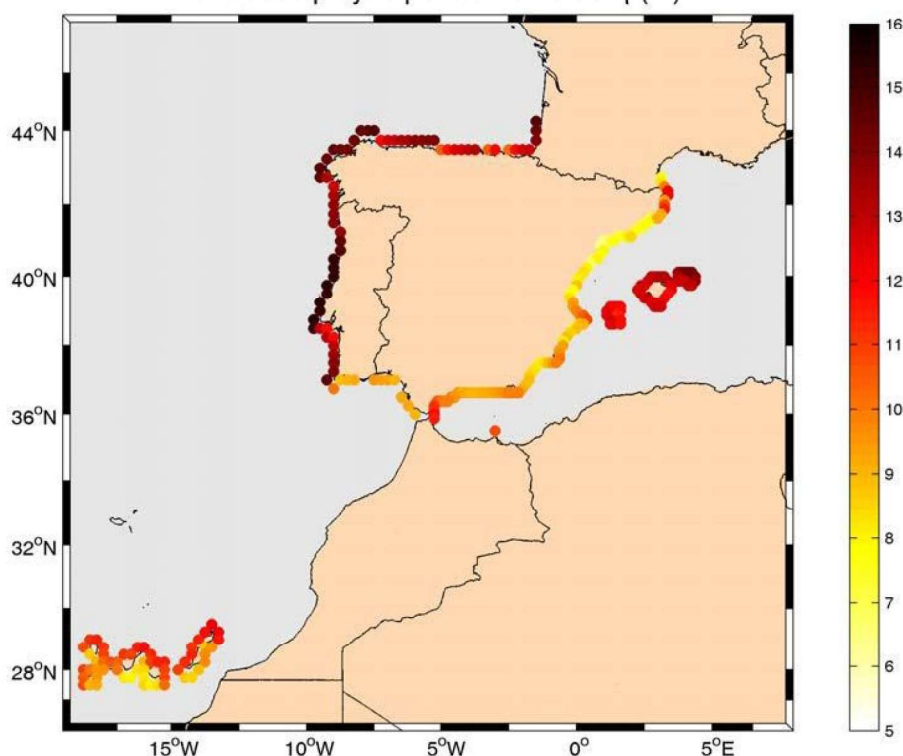
30. irudian Espainiako itsasertzean atzera egiteko balio zenbatetsia ageri da. Xede horrez, ereduak hondartzan aleak 0,3 mm dituzte, berma 1 m-ko olatu-altuerakoa da, arestian aipatutako batez besteko mailarako hazkuntza-tasa berdinari erreparatu zaio eta helburua 2050. urtea da. Bizkaiko kostaldean batez besteko atzerapena 11-14 metro bitartekoa izango da.

Olatuen batez besteko fluxuaren norabidea

Hondartzen atzerapen gehigarrian beste parametro batek eragin dezake; hain zuzen ere, energiaren batez besteko fluxuaren norabidea aldatzeak. Atzerapena hurrengoan araberakoa da: batetik, kontuan hartutako hondartza-mota eta, bestetik, sakonera mugagabeetatik hondartza zehatzeraino olatuek izandako hedapena.

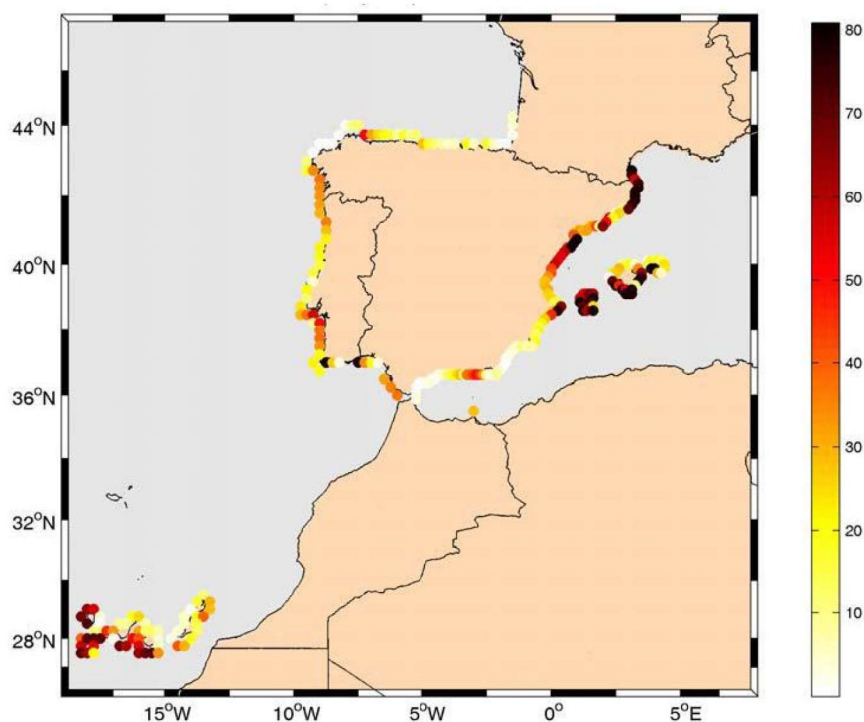
Hondartza zuzena, hondarrez bete gabea, 1.000 m-ko luzerakoa abiapuntutzat hartuta, hondartzatik hurbil norabidea aldatuz gero, hondartzaren erdian atzera egingo luke; beste erdian, ordea, aurrera.

37. irudia. Hondartzek atzera egitea (m) (Iturria:MAPAMA)



38. irudian 2050. urterako espero den gehieneko atzerapena azaltzen da. Xede horrez, 1.000 m-ko hondartzan energiaren batez besteko fluxuaren norabidea aldatzen dela kontuan hartu da. Gainera, 10 m-ko sakoneran batez besteko fluxuaren aldaketa kalkulatzeko Snellen legea aplikatu da. Bizkaiko kostaldean atzerapena gutxi gorabehera 10 metrokoa litzateke.

38. irudia. Kulunkatzearen ondorioz hondartzetan atzera egitea (m) (Iturria:MAPAMA)



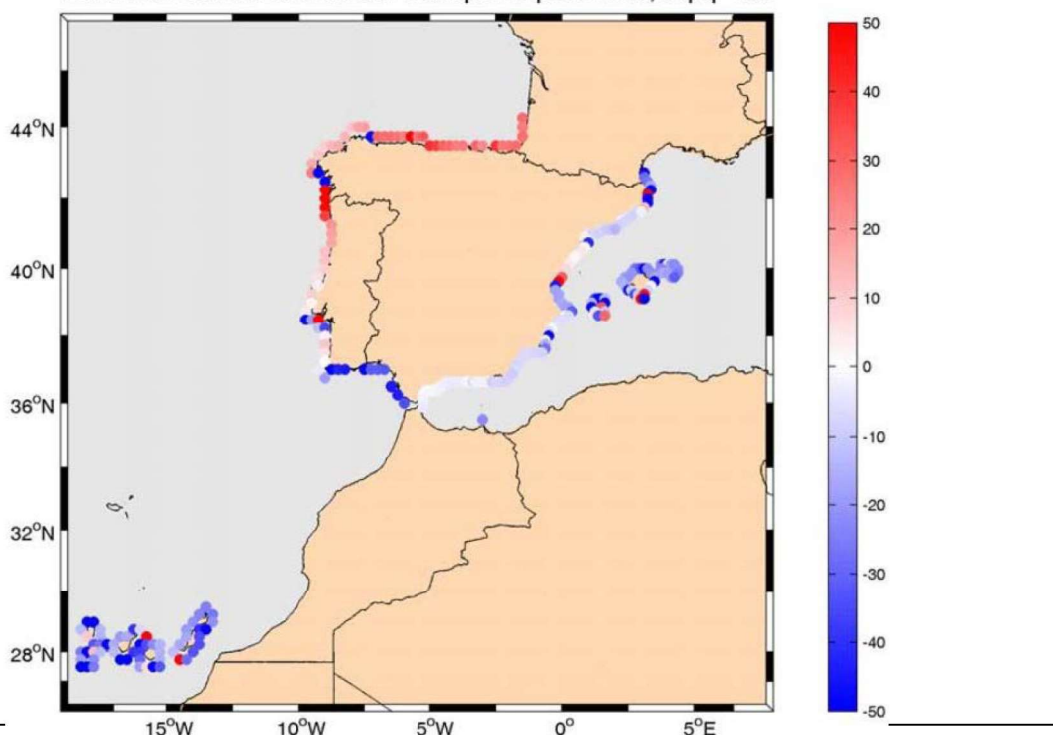
Garraio potentziala

Beste ondorio adierazgarri bat izan daiteke oreka dinamikoan edo desorekan dauden hondartza irekietan zehar garraio potentziala aldatzea, itsasertzeko garraioa oso aktiboa bada. Frogatuta dago hausten direnean olatu-altueraren eta olatuen norabidearen ondorioz garraio-tasa aldatu daitekeela.

Urtean batez besteko olatu-altuera adierazgarria eta energiaren batez besteko fluxuaren norabidea nahiz kalkulaturako batez besteko aldaketa kontuan hartuta, kostaldeko eremu bakoitzean egungo energiaren batez besteko fluxuaren norabidea eta 2050. urterako aldaketa kalkulatu dira. Xede horrez, abiapuntutzat urteko batez besteko olatu-altuera adierazgarrian haustura-puntuari erreparatu zaio. Horri esker, itsasertzean garraio potentzialari dagokion aldaketaren ehunekoekin gutxi gorabeherako mapa egin da eta 39. irudian ageri da.

39. irudia. Garraio potentzialaren aldaketa. (Iturria: MAPAMA)

Variación adimensional del transporte potencial, $\delta q/q \cdot 100$



AZTERKETA-EREMUAN ALDAKETA KLIMATIKOAREN BALIOAK

C3E bisorea

Bizkaiko kostaldean topografiari lotuta, atzeraelikadura- eta elkarrekintza-prozesu konplexuak gertatzen dira. Nolanahi ere, horiek klimatologia baldintzatzen dute. Ildo horri eutsiz, nagusi dira birzirkulazio atmosferikoak eta lurzoruaren estaldurak nahiz erabilerak. Muturreko gertaera klimatiko gisa aldaketa klimatikoaren eraginek eta hidrologi zikloa aldatzeak (aldaketa klimatikoak berak) horien arrazoiekin atzeraekintza gehitu dezakete.

Azterketaren eremuan aldaketa klimatikoa aztertzeke tresna modura C3E web bisorea hartu da. Horrekin Espainiako kostaldean aldaketa klimatikoa eta bere arriskuak simulatu daitezke. Bertan daude "Espainiako Kostaldean Aldaketa Klimatikoa" proiektuan lortutako emaitza gehienak. Hori MAPAMA izenekoak finantzatu zuen Energia eta Aldaketa Klimatikoaren Ekintza Estrategikoa, Plan Nazionala deritzanaren esparruan.

Bisoreko informazio guztia egituratzeko oinarritzat aldaketa klimatikoaren arrisku-kontzeptua eta kalkulu-hurbilketa hartu dira.

Lerro ebolutiboak

IPCCk argitaratutako agertokiak multzoak lau lerro ebolutibo kualitatibori erreparatu die eta lau agertoki multzo eskaintzen dituzte. Horiei "familiak" esaten zaizkie: A1, A2, B1 eta B2. Guztira, sei modelizazio-ekipok 40 agertoki garatzen dituzte. Guztiak baliozkoak dira eta egia bihurtzeko probabilitaterik ez zaie esleitzen. Lau familietatik hartutako sei agertoki multzo dira: A1, B1 eta B2 familietako talde bana eta A1 familiako hiru talde. Horiek guztiek energiaren teknologiei buruzko aukerako garapena bereizten dute: A1FI (erregai fosila biziki erabiltzea), A1B (orekatua) eta A1T (nagusiki, jatorri fosila ez duten erregaiekin). Agertokiak familia eta talde bakoitzaren barruan, batzuek munduko biztanle, barne produktu gordin eta azken energiaren gainean ustezko "harmonizatuak" partekatzen dituzte.

Lerro ebolutibo bakoitza etorkizuneko gertaeren ildo batean oinarrituta dago eta elkarren artean erraz bereizten dira. Hala, lau lerro ebolutiboek gero eta maila atzeraezin handiagoarekin aldea dute. Batera hartuta, etorkizun dibergenteak deskribatzen dituzte eta indar erabakigarri nagusiei atxikitako ziurgabetasunen zati nabarmena estaltzen dute. Horiek guztiek "etorkizuneko" ezaugarri erabakigarri asko kontuan hartzen dituzte, hala nola aldaketa demografikoa, garapen ekonomikoa edo aldaketa teknologikoa. Horregatik, ez lukete onargarriak edo bideragarriak izan behar bakarrik egungo joera ekonomiko, teknologiko eta sozialen estrapolazioa oinarritzat hartuta.

- A1 agertokietako familiak eta lerro ebolutiboak etorkizuneko mundua deskribatzen du hurrengo ezaugarriekin: hazkuntza ekonomiko azkarra; gero jaisten joateko, mendearen erdialderantz gehieneko balioa lortuko duen munduko biztanleria eta azkar sartuko dira teknologia berriak nahiz eraginkorrak. Ezaugarri bereizgarri garrantzitsuenak dira eskualdeen artean elkartzea, kultur eta gizarte elkarrekintzak sortzeko gaitasuna eratzea eta areagotzea, biztanleko diru-sarrerari dagokien eskualdeen arteko desberdintasunak nabarmenki gutxitzearekin batera. A1 agertokietako familia hiru taldetan garatzen da eta energiaren sisteman aldaketa teknologikoaren aukerako norabideak deskribatzen dituzte. A1 hiru taldeak orientabide teknologikoan desberdintzen dira: erregai fosilak biziki erabiltzea (A1FI), energia-iturri ez fosilak erabiltzea (A1T) edo iturri-mota guztiak modu orekatuan erabiltzea (A1B).
- A4 lerro ebolutibo eta agertokiak familiak oso mundu heterogeneoa deskribatzen du. Ezaugarri bereizgarrienak tokiko nortasunak kontserbatzea eta nork bere burua aski izatea dira. Eskualde multzoan ugalkortasunaren jarraibideak oso motel elkartuko dira, beraz, munduko biztanleria etengabe hazten ari da. Garapen ekonomikoa batez ere eskualdeetara bideratuta dago eta biztanleko hazkuntza ekonomiko, aldaketa teknologikoarekin batera, askoz zatituagoa azaltzen da. Hala, beste lerro ebolutibo batzuetan baino polikiago gertatuko dira.
- B1 lerro ebolutibo eta agertokiak familiak mundu konbergentea deskribatzen du. Munduko biztanleria berdina da eta mendearen erdialdean iritsiko da gehieneko kopurura; ostean, jaisten hasiko da, A1 lerro ebolutiboan bezala. Dena den, egitura ekonomikoak azkar aldatuko dira eta zerbitzuen nahiz informazioaren ekonomiara bideratuko dira. Horrez gain, materialak ez dira hain biziki erabiliko eta baliabideak eraginkortasunez aprobetxatuta, teknologia garbiak sartuko dira. Honetan nagusi dira mundu-mailako konponbideak, horiek, berdintasun handiagoarekin batera, ekonomia-, gizarte- eta ingurumen-iraunkortasuna lortzea badute helburu. Hala ere, klimaren inguruan ez da ekimen osagarri egongo.
- B2 lerro ebolutibo eta agertokiak familiak deskribatutako munduaren arabera, ekonomia-, gizarte- eta ingurumen-iraunkortasunari batik bat tokiko konponbideak emango zaizkio. Mundu honetan biztanleak A2n baino motelago haziko dira eta garapen ekonomiko ertaina izango dute. Aldaketa teknologikoa ere ez da hain azkarra suertatuko eta B1 eta A1 lerro ebolutiboetan baino anitzagoa izango da. Agertoki hau ingurumena babestera bideratuta dago, baina nagusiki tokiko eta eskualdeko maileri erreparatuko die.

Kostaldeko dinamika

Arriskua honako moduan definitzen da: denbora jakinean gunean dagoen mehatxu edo arriskuaren ondorioz esperotako ondorio kaltegarri edo galeren probabilitatea (Europar Batzordea, Schneiderbaner et al.,2004).

Beraz, arriskua mehatxua (arriskugarritasuna) ematearen probabilitate, aztertzen ari den guneak edo elementuak jasan eta beren kalteberatasunaren arabera da.

Kostaldeko dinamikaren atalak kostaldean olatuen eta itsas mailaren aldagaietarako sortu den informazio guztia du.Emaitzak Espainiako itsasertzaren 423 puntutan, 10 eta 15 km bereziak dauden ur ez oso sakonetan (10-15 m-ko sakonera) lortu dira.

Hona hemen erabili diren aldagaien nomenklatura eta datu-baseak:

- Olatuak:sakonera txikietan olatuen datuak Kantabriako IHk (Camus et al.,2013) garatutako DOW datu-basetik lortu dira.
 - Hs,m:Batez besteko olatu-altuera adierazgarria.
 - Hs12: Olatu-altuera, bakarrik urtean 12 orduz gainditzen dena.
 - Hs,r=50: 50 urtekoitzulera-aldiari lotutako olatu-altueraren koantila.
 - Tp:Puntako aldia.
 - Fe:Energiaren batez besteko fluxua.
 - QFe:Energiaren batez besteko fluxuaren norabidea.
- Itsas maila:
 - Alacant erref.:tokiko batez besteko itsas mailaren (TBBIM) eta 1998. urtean Alacanten batez besteko itsas mailaren (ABBIM98) arteko aldea. Balioa Estatuko Portuen Mareografo Sareko (REDMAR) mareografoek eskainitako datuetatik lortu da.Uharteetan erreferentzia TBBIM da.
 - Marea-tartea:1948-2008 aldian marea astronomikoaren gehieneko eta gutxieneko hedapenaren arteko aldea. Balioa lortzeko, puntu bakoitzean marea astronomikoaren serieak simulatu dira eta, xede horrez, REDMAR-eko mareografoen analisi harmonikoa erabili da.
 - MSL:Batez besteko itsas maila.Church and Whiteren (2011) datu-baseko datuak.
 - MM95%:% 95eko pertzentilari dagokion marea meteorologikoa.Datuak Kantabriako IHk (Abascal et al.2010) garatutako GOS datu-basetik lortu dira.
 - MMr=50: 50 urteko itzulera-aldiko marea meteorologikoaren koantila.Datuak Kantabriako IHk (Abascal et al. 2010) garatutako GOS datu-basetik lortu dira.

Kostaldeko dinamika urte edo urte-sasoien arabera lortu daitezke. Modu horretan egungo klima eta informazio historikoan oinarrituta antzemandako joerak jakingo dira, XXI. menderako zenbatetsi diren dinamiken balioez gain.

Aldagai eta denbora-escala asko konbinatu daitezke, baina ez dira guztiak kalkulatu edo kalkulaezinak dira.7.1. taulan aldagai interesgarri bakoitzaren kasuan bisorean ikusi daitezkeen emaitzak azaltzen dira.

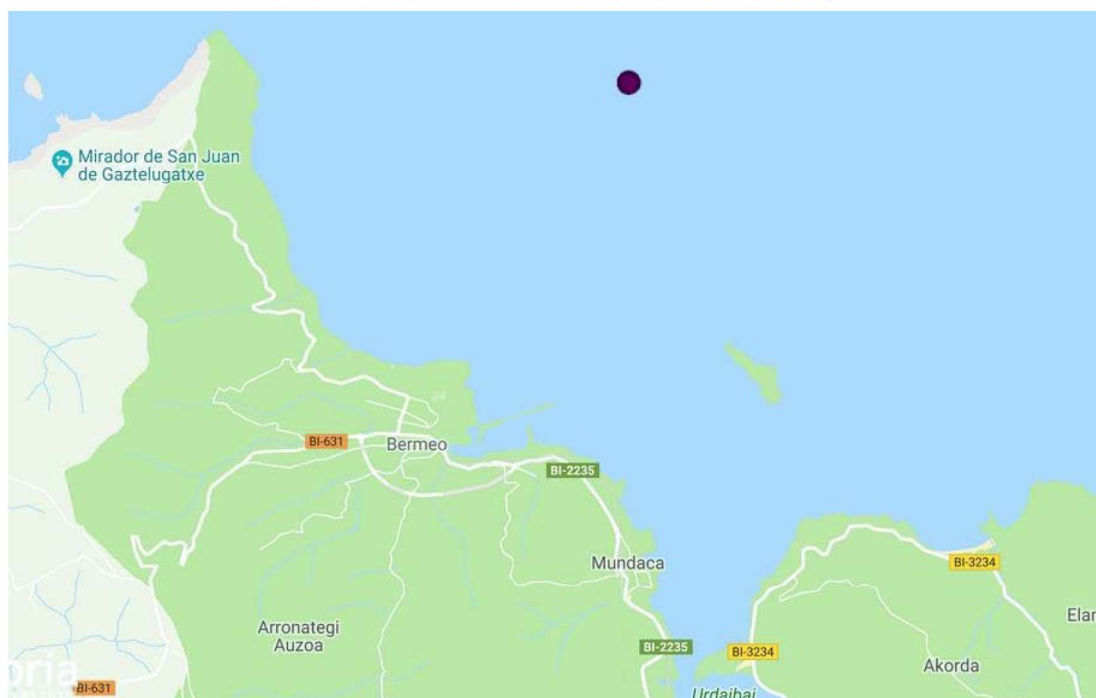
4. taula. Itsasertzeko dinamikaren aldagai-konbinazio eta denbora-eskala desberdinetarako emaitza ikusgaiak (Iturria: C3E bisorea)

Variables	Clima actual				Tendencias				Extrapolación Histórica		Proyecciones	
	V.Medio		D.Típica		V.Medio		D.Típica					
	Anual	Estacional	Anual	Estacional	Anual	Estacional	Anual	Estacional	Anual	Estacional	Anual	Estacional
OLEAJE												
H _s	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
H _{s12}	x	-	x	-	x	-	x	-	x	-	x	-
H _{s,r=50}	x	-	-	-	x	-	-	-	x	-	-	-
T _p	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-
Fe	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
θ _{Fe}	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
NIVEL DEL MAR												
Ref. Alicante	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rango Marea	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MSL	-	-	-	-	x	-	-	-	x	-	*	-
MM _{95%}	x	-	x	-	x	-	x	-	x	-	-	-
MM _{r=50}	x	-	-	-	x	-	-	-	x	-	-	-

XXI. menderako zenbatetsi diren dinamiken balioak lortzeko bi hurbilketa desberdin egin daitezke: epe labur/ertainera (2020., 2030. eta 2040. urteak) joeren estrapolazio historikoa edo A2, A1B eta B1 aldaketa klimatikoaren agertokiatarako 2010/2039, 2040/2069 eta 2070/2100 aldietan proiektzioak.

Azterketaren eremua kontuan hartuta, C3E bisorearen punturik hurbilena 009 puntua da eta kokapena 40. irudian ageri da. C3E bisorean lortutako arriskugarritasunari buruzko datuak, arestian aipatuko moduan kostaldeko dinamikari eragiten dizkietenak, 5. taulan laburtu dira.

40. irudia. 009 puntua kokatzea (Iturria: C3E bisorea)



5. taula. 009 puntuan C3E bisorean lortutako arriskugarritasun-datuak (lutra: C3E bisorea)

		9		URTEKO BALIOAK												
		Luzera:														
		Latituda:														
				Historikoa				Proiekzioak								
				Egun	2020	2030	2040	2010-2040			2040-2070			2070-2100		
								B1	A1B	A2	B1	A1B	A2	B1	A1B	A2
HAIZEA	PW(W/m2)	Batez bestekoa	281.515	-2.562	-3.173	-3.783	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Desbideratzea	40.718	-19	-23.524	-28.047	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OLATU AK	Hs (m)	Batez bestekoa	1.52	0.054	0.067	0.08	0.006	-0.005	-0.017	0.007	0.002	0.004	-0.001	0.001	0.001	
		Desbideratzea	0.109	-0.008	-0.01	-0.011	-0.002	0.007	-0.001	0.001	0.003	0.001	-0.007	-0.006	-0.001	
	Hs95% (m)	Batez bestekoa	3.197	0.101	0.125	0.149	0.013	-0.022	-0.059	0.016	0.001	-0.002	-0.008	0.001	-0.002	
		Desbideratzea	0.32	-0.16	-0.198	-0.236	0.001	0.017	0.012	0.007	0.005	0.006	-0.017	-0.003	0.005	
	Hs12 (m)	Batez bestekoa	5.414	0.234	0.289	0.345	-0.041	-0.072	-0.099	-0.005	-0.016	-0.007	-0.028	-0.009	-0.005	
		Desbideratzea	0.691	-0.04	-0.049	-0.058	0.017	0.016	0.019	0.017	0.012	0.007	-0.008	-0.007	0.022	
	Tp (s)	Batez bestekoa	10.045	0.157	0.194	0.232	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Desbideratzea	0.233	-0.045	-0.056	-0.067	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	FE (kW/m)	Batez bestekoa	10.464	1.097	1.359	1.62	0.108	-0.119	-0.373	0.152	0.035	0.041	-0.063	-0.025	-0.046	
		Desbideratzea	2.128	-0.171	-0.212	-0.253	-0.014	0.119	0.001	0.063	0.082	0.055	-0.141	-0.086	-0.003	
	Dir FE (°)	Batez bestekoa	317.628	-0.933	-1.155	-1.377	0.057	0.102	0.221	0.079	0.051	0.069	-0.01	0.044	0.078	
		Desbideratzea	1.366	-0.186	-0.23	-0.275	0.045	0.034	0.045	-0.032	-0.048	-0.049	-0.036	-0.021	-0.062	
	Muturreko Hs (m)	Hs50	8.108	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Atalasea	4.892	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Eskalaren batez bestekoa	0.698	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Pareto														
		Eskalaren desb. Pareto	0.081	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Formaren BB Pareto	-0.018	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Formaren desb. Pareto	0.083	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Poisson BB	2.446	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Poisson desb.	0.2	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	ITSAS MAILA	Erreferentzia Alacant (cm)	37.527	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Marea-tartea (cm)		483.019	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
MSL (cm)		Batez bestekoa	2.54	1.579	3.684	5.933	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Desbideratzea	0.359	0	0.003	0.013	-	-	-	-	-	-	-	-		
MM95% (cm)		Batez bestekoa	11.645	-1.269	-1.572	-1.874	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Desbideratzea	3.269	-0.751	-0.929	-1.108	-	-	-	-	-	-	-	-		
Muturreko MM (m)		MM50	0.477	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-		
		atalasea	0.258	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Eskalaren batez bestekoa	0.052	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Pareto														
		Eskalaren desb. Pareto	0.004	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Formaren BB Pareto	-0.032	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Formaren desb. Pareto	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Poisson BB	1.885	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-		
Poisson desb.	0.176	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-				

Eraginak

Bisorean kostaldeko hargailuetarako kalkulatu diren eragin-mota nagusiak adierazten dira. Eragin nagusia kostaldea urperatzea da. Halaber, hondartza, itsas obra eta dunetan eraginak kalkulatu dira.

Urperatze-eragina (bai kostaldean, bai hondartzetan) urperatze-kotan muturreko gertaerak aztertuz kalkulatu da, hau da, ekaizen ondorioz urperatze potentziala landu da. Kasu honetan, azkeneko 60 urteetako estatistiketatik abiatuta, urperatze-kotaren egungo klima ezagutu daiteke. Kalkulatutako gainerako eraginaren kasuan, 1960-1990 aldiarekin alderatuta, epe labur/ertainean (2020., 2030. eta 2040. urteak) izango diren aldaketak aztertu dira, bai baldintza absolutuetan (eraginaren hazkuntza edo murrizketa), bai erlatiboetan (ehunekoa). Eraginetan aldaketak datu-serieak antzeman ostean, epe luzera joeraren estrapolazio historikoa eginda kalkulatu dira.

Kalkulu-metodologian hainbat sinplifikazio egiten dira, besteak beste, hargailuak kostalde guztian zehar berdinak direla onartzea. Hondartzetan eta dunen kasuan, Espainiako kostalde guztian hondartza- ala duna-mota zehatza dagoela onesten da. Itsas obretara joz gero, bisoreak eraginaren aldaketak zehaztean, portua

kostaldeko toki jakinean kokatzen du. Eraginak dokumentuan (CEPAL2012) bisorean planteatzen diren eraginen deskribapen osoa aurkitu daiteke eta bakoitza kalkulatzeko formulazioa dago.

6. taulak puntu horretako eragina zenbatesten du. Eragin bakoitzerako bisoreak hurrengo nomenklatura erabiltzen du:

- Kostaldea urperatzea:
 - Urperatze-kota ($r=50$): 50 urteko itzulera-aldiari dagokion urperatze-kotaren koantila (m).
 - Hondartzetan ondorioak:
 - Atzera egitea (itsas maila aldatzea): Bruunen formulazioa aplikatuta, itsas maila igotzeagatik hondartzek atzera egitea (m).
 - Atzera egitea (FE norabidea aldatzea): Olatuen norabidea eta, ondorioz, energiaren batez besteko fluxua (FE) aldatzeagatik hondartzek atzera egitea (cm/ml).
 - Sedimentuaren garraioa: CERCen formulazioa aplikatuta, itsas sedimentuan luzerako garraioa aldatzeagatik hondartzetan higadura edo akrezioa ($m^3/urte$).
 - Hondartza disipatiboetan urperatze-kota ($r=50$): hondartzetan 50 urteko itzulera-aldiari dagokion urperatze-kotaren koantila (m).
- Itsas obrak:
 - Itsas mailarengatik gainditzea: itsas maila igotzeagatik dike bertikalean gainditze-emia aldatzea (l/s).
 - Olatuengatik gainditzea: olatu-altuera aldatzeagatik dike bertikalean gainditze-emia aldatzea (l/s).
 - Itsas mailarengatik egonkortasuna: itsas maila igotzeagatik ezpondan dike-piezen pisua aldatzea (t). Balioak positiboak badira, piezen tamaina handitu behar da diseinuaren egonkortasuna mantentzeko.
 - Olatuengatik egonkortasuna: olatu-altuera aldatzeagatik ezpondan dike-piezen pisua aldatzea (t). Balioak positiboak badira, piezen tamaina handitu behar da diseinuaren egonkortasuna mantentzeko.
 - Eraginkortasuna: urtean olatu-altuera adierazgarria 3 m edo hortik gorakoa den ordu kopuruaren aldaketa (orduak). Eraginkortasunari buruzko adierazleak ahoan nabigagarritasuna aipatzen du (ROM3.1). Hala, Hsren 3 m gainditzeko direnean, portua itxia geldituko litzateke. Adierazleak balio positiboak baditu, portua ordu gehiagoz egongo da itxia eta, ondorioz, eraginkortasuna galduko du.
- Dunak:
 - Sedimentuaren garraioa: haizeen magnitudea aldatzeagatik hondarraren garraio potentziala aldatzea (%).

6. taula. 009 puntuan eragina balioztatzea (Iturria:C3E bisorea)

Puntua	9			ALDAKETA ABSOLUTUAK			ALDAKETA ERLATIBOAK (%)		
Luzera:	-2.70								
Latitudea:	43.45								
			Egun	2020	2030	2040	2020	2030	2040
KOSTA URPERAT ZEA	Urperatze-kota (m)	CI50	3.901	0.041	0.093	0.144	1.053	2.372	3.695
		atalasea	2.68	-	-	-	-	-	-
		Eskalaren batez bestekoa	0.274	0.008	0.018	0.029	2.978	6.7	10.423
		Eskala desb. Pareto	0.024	0.003	0.008	0.013	14.735	33.979	53.818
		Formaren BB	-0.116	-	-	-	-	-	-
		Formaren desb. Pareto	0.038	-	-	-	-	-	-
		Poisson BB	10.628	0.374	0.842	1.31	3.521	7.923	12.324
		Poisson desb.	0.927	0.17	0.388	0.609	18.321	41.814	65.702
HONDART ZAK	Itsas mailarengatik atzera egitea (m)	Batez bestekoa	-	1.007	2.35	3.785	-	-	-
		Desbideratzea	-	-	-	-	-	-	-
	Norabidea aldatzeagatik atzera egitea	Batez bestekoa	-	0.008	0.01	0.012	-	-	-
		Desbideratzea	-	-	-	-	-	-	-
	Higadura/Akrezioa garraioarengatik	Batez bestekoa	-343.963	-52.473	-64.966	-77.459	15.255	18.887	22.52
		Desbideratzea	83.176	-5.55	-5.981	-6.413	-6.672	-7.191	-7.71
	Urpetze-kota, hondartza disipatiboak (m)	CI50	6.648	0.02	0.044	0.066	0.298	0.655	0.996
		Atalasea	3.55	-	-	-	-	-	-
		Eskalaren batez bestekoa	0.478	0	0	0	0	0	0
		Eskala desb. Pareto	0.028	0	0	0	0	0	0
		Formaren BB	0.011	-	-	-	-	-	-
		Formaren desb. Pareto	0.041	-	-	-	-	-	-
		Poisson BB	10.569	0.418	0.94	1.462	3.951	8.89	13.828
		Poisson desb.	0.932	0.171	0.391	0.613	18.38	41.922	65.844
		CI50	6.649	0.02	0.044	0.066	0.298	0.654	0.996
		Atalasea	3.55	-	-	-	-	-	-
	Urpetze-kota, 1/50 aldapako hondartzak (m)	Eskalaren batez bestekoa	0.478	0	0	0	0	0	0
		Eskala desb. Pareto	0.03	0	0	0	0	0	0
		Formaren BB	0.011	-	-	-	-	-	-
		Formaren desb. Pareto	0.042	-	-	-	-	-	-
		Poisson BB	10.57	0.418	0.94	1.462	3.951	8.889	13.828
		Poisson desb.	0.932	0.171	0.391	0.614	18.38	41.923	65.844
		CI50	7.276	0.093	0.21	0.327	1.28	2.883	4.489
		Atalasea	4.158	-	-	-	-	-	-
	Urpetze-kota, 1/20 aldapako hondartzak (m)	Eskalaren batez bestekoa	0.621	0.015	0.035	0.054	2.491	5.605	8.72
		Eskala desb. Pareto	0.062	0.009	0.022	0.034	15.229	35.15	55.702
		Formaren BB	-0.066	-	-	-	-	-	-
		Formaren desb. Pareto	0.044	-	-	-	-	-	-
		Poisson BB	8.922	0.331	0.744	1.158	3.708	8.343	12.978
		Poisson desb.	0.857	0.158	0.36	0.565	18.401	41.977	65.937
		CI50	12.516	0.043	0.095	0.145	0.345	0.76	1.157
		Atalasea	5.645	-	-	-	-	-	-
	Urpetze-kota, 1/10 aldapako hondartzak (m)	Eskalaren batez bestekoa	1.077	0	0	0	0	0	0
		Eskala desb. Pareto	0.07	0	0	0	0	0	0
		Formaren BB	0.013	-	-	-	-	-	-
		Formaren desb. Pareto	0.045	-	-	-	-	-	-
		Poisson BB	9.13	0.344	0.774	1.203	3.766	8.472	13.179
		Poisson desb.	0.859	0.157	0.359	0.563	18.307	41.773	65.63
		CI50	12.516	0.043	0.095	0.145	0.345	0.76	1.157
		Atalasea	5.645	-	-	-	-	-	-
ITSAS OBRAK	Itsas maila aldatzeagatik gaintitzea (l/s)	Batez bestekoa	107.066	1.343	3.133	5.045	1.254	2.926	4.712
		Desbideratzea	-	-	-	-	-	-	-
	Olatuak aldatzeagatik gaintitzea (l/s)	Batez bestekoa	107.066	26.817	33.202	39.588	25.048	31.011	36.975
		Desbideratzea	-	-	-	-	-	-	-
	Hondoak mugatutako egonkortasuna (itsas maila)	Batez bestekoa	50.773	0.241	0.561	0.904	0.474	1.105	1.78
		Desbideratzea	-	-	-	-	-	-	-
	Ez puskatzeak (olatuak) mugatutako egonkortasuna	Batez bestekoa	50.773	0	0	0	0	0	0
		Desbideratzea	-	-	-	-	-	-	-

DUNAK	Eraginkortasuna gelditutako ordu kopurua (Hs>3m)	Batez bestekoa	581.443	123.794	153.262	182.73	21.291	26.359	31.427
		Desbideratzea	207.943	-20.996	-23.858	-26.72	-10.097	-11.474	-12.85
	Atzera egitea (m)	Batez bestekoa	-	-5.892	-5.012	0	-	-	-
		Desbideratzea	-	-	-	-	-	-	-
	Hondarraren garraio potentziala	Batez bestekoa	-	-	-	-	-0.91	-1.127	-1.344
		Desbideratzea	-	-	-	-	-	-	-

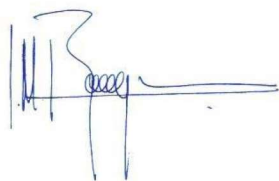
50 URTETAN ALDAKETA KLIMATIKOAREN BALIOAK

Aurreko informazioaren laburpen modura, batez besteko itsas maila, olatu-altuera eta energia-fluxuaren norabideen aldaketak 7. taulan daude. Hautemandakoaren arabera, 50 urtetan batez besteko itsas maila 5,93 cm igotzea espero da, batez besteko energia-fluxuak mendebalderantz biratuko du eta H_s nahiz H_{s12} olatuen altuerak gehituko dira.

7. taula. 008 puntuan batez besteko itsas maila eta olatuen parametroak aldatzeari buruzko balioztapena (Iturria: C3E bisorea)

Parametroa	Egungo balioa	50 urtetan aurrez ikusitako hazkuntza			
		Historikoa	Agertokia		
			B1	A1B	A2
Batez besteko itsas maila (cm)	2.540	5.933			
Batez besteko energia-fluxuaren norabidea	317.630	-1.377	0.057	0.102	0.221
H_s olatu-altuera (m)	1.520	0.080	0.006	-0.005	-0.017
H_{s12} olatu-altuera (m)	5.414	0.345	-0.041	-0.072	-0.099

Madriren, 2019ko uztailean



Sin.: José María Berenguer Pérez

BERENGUER INGENIEROS, S.L.

BIBLIOGRAFIA

- Birkemeier, W.A. (1985).** "Field data on seaward limit of profile change". Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering. 111, 598-602
- EUSKO JAURLARITZA, INGURUMEN ETA LURRALDE POLITIKA SAILA.** "Euskal Autonomia Erkidegoan geologia interes duten tokiak inbentarioa"
- Galparsoro, I.; Rodríguez, G.A.; Borja, A.; Muxika, I., 2009.** "Elaboración de mapas de hábitats y caracterización de fondos marinos de la plataforma continental vasca". AZTI-Tecnaliak egindako txosten argitaragabea honakoak eskatu ostean: Biodibertsitate Zuzendaritza, Ingurumen Sailburuordetza, Eusko Jaurlaritzako Ingurumen, Lurralde Plangintza, Nekazaritza eta Arrantza Saila.
- Ormaetxea, O., Díaz, E., Sáenz de Olazagoitia, A., 2012.** "Procesos de la erosión en un espacio litoral protegido". Geomorfologiari buruzko XII. Bilera Nazionala, Santander 12
- Hallermeier, R. (1978).** "Uses for a Calculated Limit Depth to Beach Erosion". Coastal Engineering 1978:1493-1512
doi:10.1061/9780872621909.090
- Hallermeier, R., 1980.** "Sand motion initiation by water waves: Two asymptotes". ASCEJ. Waterway Port Coastal Ocean Div., 106(WW3):299-318.