

Itsas Energia irakasten R-rekin

Alain Ulazia Manterola, Gabriel Ibarra Berastegi

Ingeniaritza Nuklearra eta Fluidoaren Mekanikako Saila,
UPV/EHU

alain.ulazia@ehu.eus eta gabriel.ibarra@ehu.eus

DOI: 10.1387/ekaia.14245

Jasoa: 2015-03-31

Onartua: 2015-05-04

Laburpena: Itsas Energia gradu baten baitan lehenbizikoz irakasten ari da EHUUn. Be-ronen irakasleek Itsas Energiaren garrantzia nabarmendu nahi dute hemen, eta horretaz gain, azaldu nahi dute nola erantzun zaion hezkuntza-aitzindaritzak honek dakarren erronkari. Halaz, ikas-denboraren hiru laurden hartu duen R analisi estatistikorako eta grafikorako programazio-hizkuntza itsas baliabidearen analisi espazio-tenporalerako nola aplikatu den azalduko da irakasleek garatu dituzten ariketen bidez.

Hitz-gakoak: itsas energia, R programazio hizkuntza, irakaskuntza, analisi espazio-tenporala.

Abstract: Ocean Energy was taught for the first time in the University of Basque Country in graduate studies. In this paper the teachers of the subject want to emphasize the importance of ocean energy and to explain how they have responded to the challenge produced by this educational leadership. Thus, the article will focus on R programming language for statistical and graphic analysis and on its application in ocean spatio-temporal analysis via the problems developed by the students, which has supposed three quarters of the learning time.

Keywords: ocean energy, R programming language, teaching, spatio-temporal analysis.

1. ITSAS ENERGIAREN GARRANTZIA

Euskal Herriko Unibertsitatean gradu baten barruan Itsas Energia ikasgaia irakasten den lehen aldia da. Gradu berri baten barruan irakatsi da gainera, orain dela ia lau urte Eibarko eskolan sortu zen Energia Berriztagarrien Ingeniaritza graduan, hain zuzen. Irakasgai hau aurretik diseinatu, prestatu eta, 2013-14 ikasturtean, graduako 4. mailan, irakatsi duten irakasleek idatzitako lan bat da hau. Itsas energiak European

eta Euskal Herrian izango duen garrantziaz ohartaraziko da lehenengo, eta European eta gurean afera nola dagoen azalduko da, gero, laburrean. Baina funtsean, ikasleen lan-taldeen baitan eta problemetan oinarritutako irakaskuntzaren bidez, R estatistikarako programazio-hizkuntza satelite eta eredu fisiko ezberdinen datuekin itsas energiaren analisi espazio-tenporalerako nola erabili den agertu nahi da. Ikasketa-prozesu gisa ez ezik analisi-tresna gisa ere tresna autonomo bezain ahalsua eskaintzen dio R-k ikasleari, espazioan eta denboran fluktuatzen duen edozein energia berriztagarriren tratamendu estatistikorako aukera anitza eta librea eskaintzen du eta.

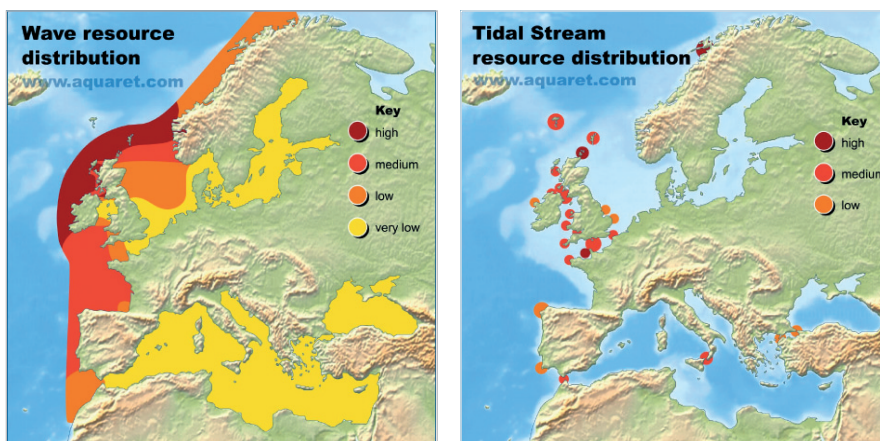
Gurean aintzat hartzeko moduko energia horietako bat itsasoarena da, bat baino gehiagoren ustez itsas energiari lotutako teknologiak europar ekonomia altxa baitezake hurrengo hamarkadetan. Halaxe uste du Remi Gruet-ek, *Ocean Energy Europe* elkarteko politika eta operazio zuzendariak [1]. Iazko urtarrilean Europar Komisioak eta bere elkarteak bi urteko plangintza bat marraztu zuten sektorerako funtsezko arazoak identifikatu eta soluzioak bilatzeko. Estatu kideez gain, mundu akademikoa, industriako ordezkariak eta energia-komisioa bera batu dira prozesu horretan. Teknologia onuragarriena zeintzuk izango diren galdetuta, Gruetek itsas korronteen eta olatuen energia nabarmentzen ditu, gazitasun- eta tenperatura-gradienteak guztiz baztertu gabe, 2050erako 100 GW sortzeko xedeaz. Hamarkada bat iraungo duen ikasketa prozesu baten ondoren, 2025ean ekonomikoki lehiakorak izango diren itsas plataformak eraikitzeko gai izango omen dira (*ibid.*).

Aipatzen duen beste alderdi interesgarri bat itsas energiaren merkatuak haize-energiarenarekin duen konparagarritasuna da. Seguruenik itsas energiaren teknologia ia guztia europar konpainiek ekoiztuko dute etorkizunean, gaur egun haize-turbinekin gertatzen den gisan, hain egitura handiak fabrikatzeko industria badugulako, bai eta hauek garraiatzeko beharrezko portuak eta itsasontziak. Merkatuan bertan ikus daiteke antzekotasun hau haize-energiatik itsas energiaren aitzindaritzara pasa diren Alstom [2] eta Siemens [3] bezalako enpresekin. Hala eta guztiz, batzuen ustez itsas energiari ematen ari zaizkion diru-laguntzak dibertsio bat dira, baliabideen desbideratzea baitakarte eguzki- eta haize-energiaren ezinbesteko hazkundearentzat. Grueteren arabera [1], «itsas energiak haizearena eta eguzkiarena baino askoz ere aurreikusgarriagoak dira eta aldakortasun gutxiago dute» eta energia berriztagarriaren integrazioan lagun dezakete. Errusian azkenaldian gertatu direnen argitan, «energia arloko segurtasun eta independentzia» arazoengatik etxean ditugun baliabideak erabiltzen hasi behar dugula dio eta «energia eskaeraren % 100 ziurtatzen». Horretarako, energia berriztagarrien *mix* anitzagoa behar dugu, gainera eta era berean, Europarentzat «sektore industrial berri bat» eraikitzeko balioko lukeena.

2. ITSASOA BALIABIDE GISA

2.1. Olatuen eta itsas korronteen energia European

Balitzko sektore industrial berri hori abiarazteko lehenbiziko ezinbesteko pausoa itsas energiaren potentziala ebaluatzea da. Agentzia Nazional Irlandarrak proiektu europar baten barruan garatu duen Aqua-Ret egitasmoak *e-learning* tresna bat eskaintzen du sarean, *offshore* haize-energiatz eta beste itsas energiei buruz ikasi ahal izateko [4]. 1. irudian erakusten direnak bezalako hainbat mapa topa daitezke bertan itsas energiaren potentzialaz, ekarri dugun adibidean olatuen eta marea-korronteen energia erakusten dutenak. Irlanda eta Eskozia dira olatu-energia altuena duten herrialdeak, eta marea-korronteei dagokienez ere, antzera, Ingalaterra eta Britainia artean puntu interesgarriak badagoen arren. Portugalgo kostan eta Kantauri Itsasoan ere ez daude baldintza txarrak, baina Bizkaiko Golkoan, Gipuzkoako eta Akitaniako kostaren arteko babesgunean, asko ahultzen da olatuen indarra. Mediterraneoaren potentziala ere ahula da, Gibraltarko, Siziliako eta Itsaso Beltzeranzko pasabideetako korrronteak aparte.



1. irudia. Olatuen eta itsas korronteen potentziala European.

Beste itsas energiei dagokienez, Europa ez da egokia gradiente termikoarentzat itsas azalaren eta ur sakonen artean dauden tenperatura diferentziak ez baitira —eremu tropikal eta ekuatorialetan bezala— beharrezko 20 °C-ra ailegatzen. Bestalde, Frantziako kostaldean eta beste lekuren batzuetan maren potentziala badagoen arren, itsasgoran ura metatzeko behar diren kostako eraikinen obrak garestiegiak eta ingurumenerako kaltegarriak suertatzen dira.

2.2. Itsas energia EAEn

Mendebaldeko kostako olatu-energia da itsas baliabide aipagarriena euskal itsasoan. Lehen esan bezala, Akitaniako eta Gipuzkoako txokoan ahuldu egiten dira itsas zabaletik datozen uhinak, eta batzuek Matxitxakoren «itzala» ere aipatzen dute, haren ekialdera kostatik gertuko potentziala nabarmen gutxitzea arrazoitzeko; izan ere, haizea bezalaxe, olatuen fluxua nagusiki mendebaldetik dator gurera. Hau kontuan hartuta euskal erakundeek jada bi instalazio garrantzitsu dituzte martxan, bata Armintzan eta bestea Mutriku.

BIMEP (Biscay Marine Energy Platform) Armintzatik 1.700 metrora olatuen eta korronteen energia nahiz *offshore* haize-energia aztertzeko ezarritako instalazio berri bat da eta edozein konpainiak diseinatzeko duen teknologien prototipoak ekonomikoki eta teknikoki testatzeko balioko duen proba-leku bat izan nahi du [5]. Inguruko potentzial handienetakoa dago bertan (21 kW/m), eta 5.3 km²-ko eremua hartzen du guztira. Gainera, beste eremu bat dago ondoan, etorkizunean azpiegitura handitzeko aukera eman dezakeena. 6 erpineko poligono bat eratzen du egiturak, eta 50 eta 100 m bitarteko sakonerak ditu azpian. 2. irudian ikus daiteke haren forma eta barnealdetik itsas kableek hondoan marratzen dituzten lerroak.



2. irudia. BIMEP plataformaren itsaspeko egitura.

Mutrikuko OWCaren (ur osziladore zutabea) eraikitzea korapilatsuagoa izan zen. Mutrikuko arrantzontziek porturatzean zituzten arazo historikoak konpontzearen babes-moila bat eraikitzea erabaki zen 2005ean, moila

zaharraren parean, ekologistak eta herritarrak aurka zirela. Bertan, itsasoari begira, ipini zuten martxan 2011n olatuen energia baliatzeko zentrala. 296 kW-ko potentzia instalatuaz 16 ganbera-turbinak urtean 40.000 kWh produzitzea espero zen hasieran, baina oraindik ez dira horren % 60ra iritsi. Hala eta guztiz ere, produkzioa bera ez da zentralaren helburu nagusia, Europan aitzindarietako bat izanda gehiago delako espermentaziorako eta olatuen energiaz ikasteko gune bat [6].

3. BALIABIDEA AZTERTZEKO TRESNA: R PROGRAMAZIOA

Esan bezala, R maila altuko programazio-hizkuntza eta -ingurunea erabili dugu Eibarko eskolan Itsas Energia irakasgaiko itsasoaren potentzial-azterketak egiteko. Objektuetan oinarritutako hizkuntza sinple eta intuitiboa da R: aldagaiak, funtzioak, grafikoak, datuak, eta abar memorian gordetzen dira izen zehatz batekin. Halatan, munduan barreiatutako hamaita arlotako zientzialariek egindako zientzietako pakete eskuragarri daude edozein unetan jaitsi eta aktibatuta arlo horri dagozkion kalkulu, grafiko eta irudikatze ohikoenak segituan egin ahal izateko. Erabilera horiei buruzko informazio zehatza programaren R-CRAN gordailuan topatu daiteke [7].

Pakete horien artean lurreko nahiz itsasoko datuen manipulazio espazio-tenporalari dagokienez aritu gara, esaterako:

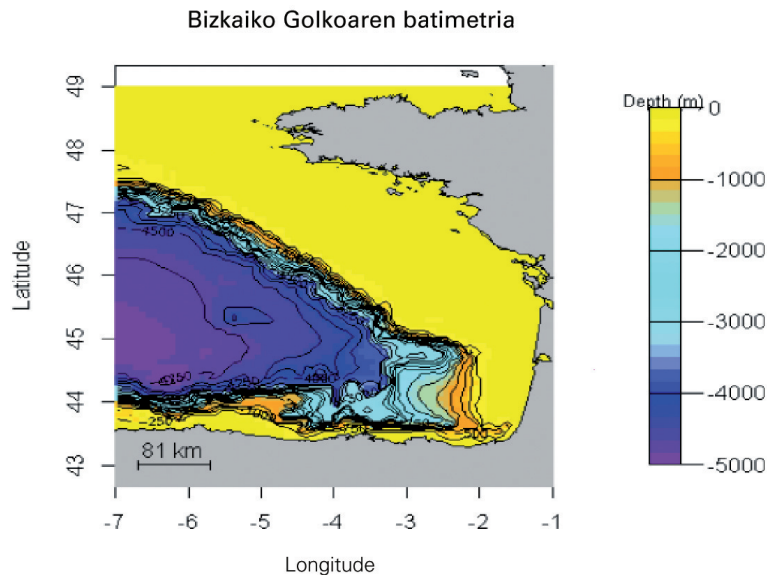
- *Raster* ereduaz egituratuak dauden datu geografikoak inportatzeko, esportatzeko eta manipulatzeko metodoak eskaintzen dituen *sp* paketea [8].
- *maps* eta *mapdata* paketeak, kosta lerroak, ibaiak eta muga politikoak erresoluzio baxuan eskaintzen dituen [9].
- Batimetriak aztertze eta itsaspeko isoleroak nahiz transektuak marrazteko *marmap* paketea [10].
- *ismev* eta *evir* paketeak, urteko olatu altuenak bezalako muturreko gertaerei Gumbel-en ereduaren baitako GEV banaketa estatistikoa doitzeko eta halako bi gertaeraren arteko itzulera-denbora kalkulatzeko [11].
- *RNetCDF* paketea (*Network Common Data Form*), klimatologian, ozeanografian eta meteorologian aspalditik ohikoa den eta *array-oriented* egituratua dagoen *.nc* formatua irakurri eta tratatzeko.

3 edo 4 orduko iraupena duten 10 ariketa prestatu ditugu. Haiekin AEBen NOAAko (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) ETOPO5 [12] bezalako proiektuek eskaintutako datuak erabiliz modu erakitzailerik bategin egin dugu aurrera kursoan, eta R hizkuntza ikasi ahala, gero eta datu tratamendu eta irudikatze geografiko konplikatuagoak gauzatu ditugu. Hor TOPEX/POSEIDON [13] satelitearen datuak aurki daitezke, 1992an NASAk eta Frantziako Agentzia Espazialak gainazal ozeanikoa az-

tertzeko aireratutako misioarenak. Satelitearen radar altimetroa aitzindaria izan zen, eta itsas maila inoiz ez bezalako zehaztasunez neurtzeaz gain, itsas korrante globalen mapak ere lehenengoz egiten ari dira ([14-16]).

ECMWF erreanalisiaren ERA-40 emaitza ere erabili dugu iturri gisa [17], munduko mapa globalean haizearen eta olatuen datuak barreiatzeko *grid-point* edo sare-begiak 40 km-ka ezartzen dituen eredua, 1957tik 2002ra. Hainbat neurketa-aparatu erabiltzen dira, lehenbizi, atmosferako, lurrazaleko eta itsas azaleko datuak eskuratzeko: radio-zundak, scatterometroa, itsas buiak, globoak, sateliteak, etab.; ondoren, ECMWF eredu konputazionalak datuok hartu eta sare-begi guztietara estropolatzten ditu espazialki.

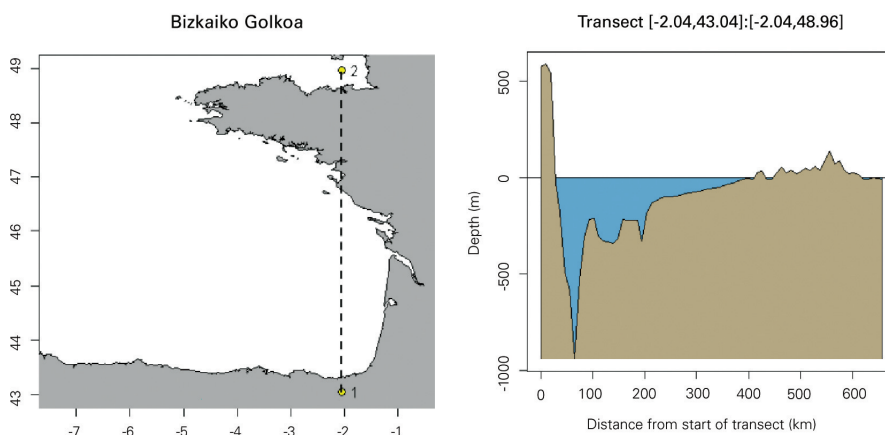
Medio hauek eskaintako datuak erabilita, interesgarriak dira, adibiderako, munduko toki zenbaitetan lortu ditugun mapa batimetrikoak (3. irudia), ezinbesteko datuak erakusten baitituzte buiak edo egitura flotatzaileak ainguratzeko nahiz olatuen dinamika ulertzeko. Nabarmentzekoa da Bizkaiko Golkoan daukagun plataforma kontinentalaren laburtasuna munduko beste eskualde batzuekin konparatuz. Hori *offshore* haize-energia bezalako teknologientzat mugapen erabakigarria da turbinen dorreak itsas hondoan zimendatu nahi izanez gero.



3. irudia. Bizkaiko Golkoaren batimetria.

Gainera, datu batimetrikoak erabiliz aukeraturiko eremu geografikoaren gainean edozein transekto marraztu dezakegu, segmentu horrek eba-

kitzen duen itsas hondoaren perfilaren forma automatikoki bistaratzeko, 4. irudian Bizkaiko Golkoan ikus daitekeen -2° longitudeko transekto meridionalarekin egin dugun gisan. Hori ez ezik, kalkulatu ahal izan dugu Bizkaiko Golkoko punturik sakonena -5.036 m dela, eta batez beste -1.244 m-ko sakonera duela gure itsas hondoak. Gainera, irudi hauek guztiek *kml* formatu bihurtu eta *GoogleEarthera* eraman daitezke mundu-mapa globalean beharrezko puntuak edo segmentuak marrazteko.

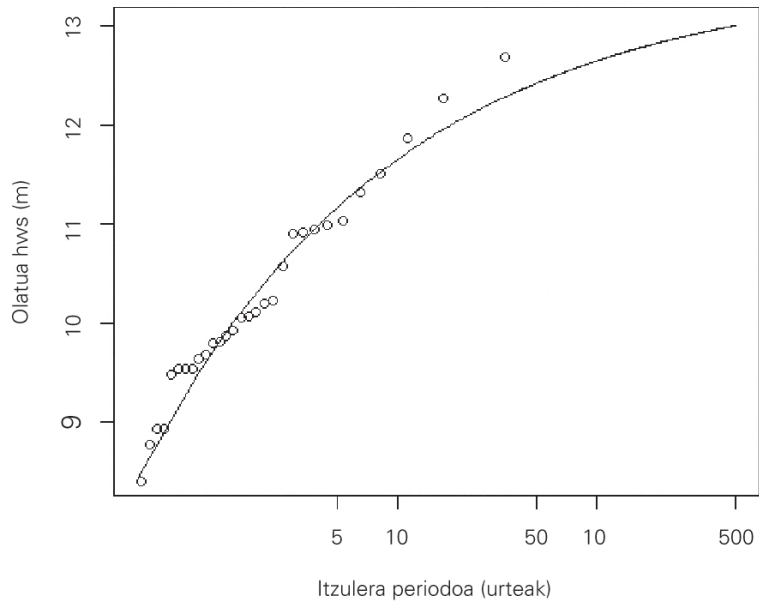


4. irudia. Bizkaiko Golkoan -2° -ko transekto meridionala eta bere ebaketa batimetrikoa.

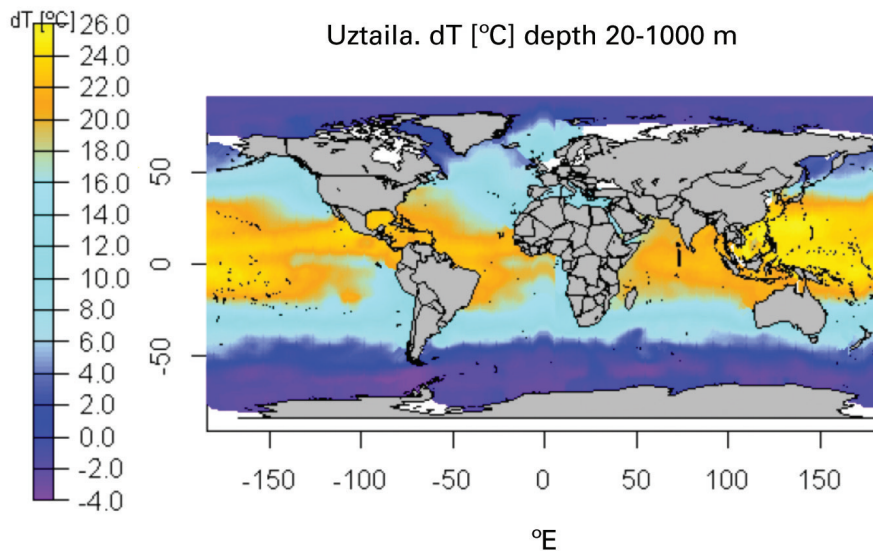
Olatuen azterketara etorrira, arestian aipaturiko Gumbelen banaketa estatistikoaz, urteko olatu altuenentzat «altuera vs. itzulera periodoa» funtzioa doitu daiteke 5. irudian Zeltiar Itsasoko datuentzat ikus daitekeenez. 10 m-ko olatu bat errepikatzeko itxaron beharrek denbora 5 urte baino txikiagoa da bertan, 12 m-ko olatu batentzat ia 50 urte itxaron beharko genukeen bitartean.

OTEC sistemaren bitartez, itsasoko temperatura-gradientea ustiatzeko planeta osoan dagoen potentziala ere aztertu dugu, 20 m eta 1.000 m artean 20°C -ko temperatura diferentziak gainditzen dituzten lekuak markatuz. 6. irudian ikus daiteke 2002ko uztailleko datuekin irudikaturiko mapa, kolore-paleta mailakatu baten bidez koloreztatua.

Azkenik, olatu-energiaren potentziala aztertzeari ekin diogu, 7. eta 8. irudian ikus daitekeenez. TOPEXen 1993tik 2005rako olatu-altuera eta -periodoaren hileroko datuak prozesatu ditugu, horretarako 154 artxiboak bilduko dituen objektu bakar bat sortzeko. $2^\circ \times 2^\circ$ erresoluzioko planeta guztiarentzako datuak edukita, 16.000 lerrotik gorako eta 156 zutabeko matrize-objektua eraiki da, lerroz lerro urte guztietako batez bestekoare-



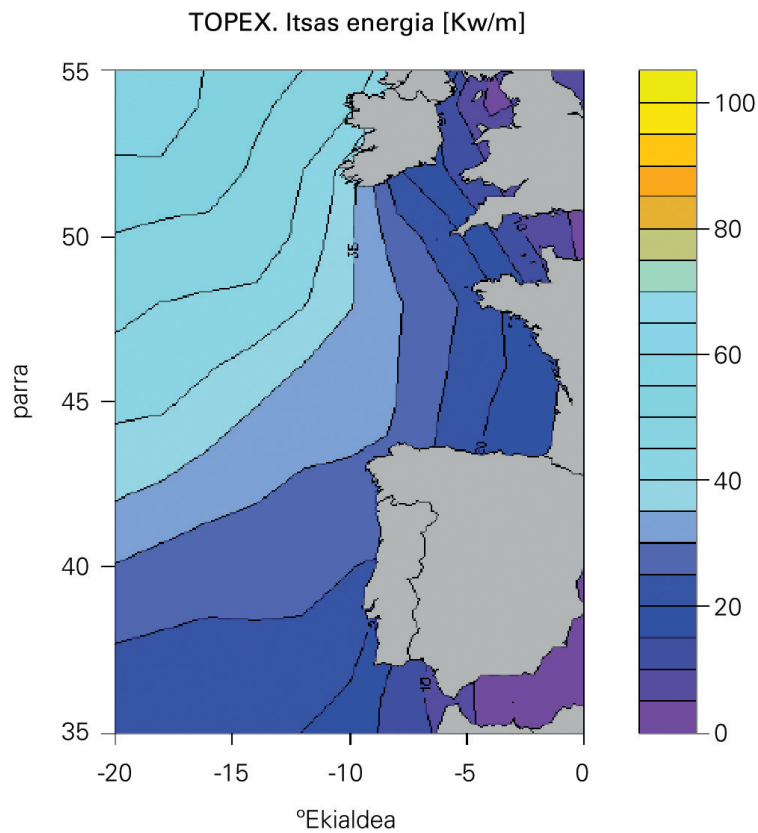
5. irudia. Zeltiar itsasoko olatuen itzulera periodoa, altueraren arabera.



6. irudia. Munduko itsaspeko temperatura-diferentziak 20 eta 1.000 m artean.

kin. Halaz, bai olatu altuerarentzat eta bai periodoarentzat, lehenengo bi zutabeetan longitude eta latitudea, eta hirugarrenean dagokion batez beste-koia duen objektua eraikirik, potentzia objektu analogoa eraiki daiteke, hura altueraren karratuarekiko eta periodoarekiko zuzenki proportzionala baita.

Halatan, 7. irudian ikus daiteke Atlantikotik sartzen diren olatuak Irlandako eta Eskoziako kostaldera iristen direla indartsuen; Galiziara iristerako apur bat ahuldurik direla, eta gehiago ahultzen direla Kantaurin barrena zenbat eta ekialderago sartu.

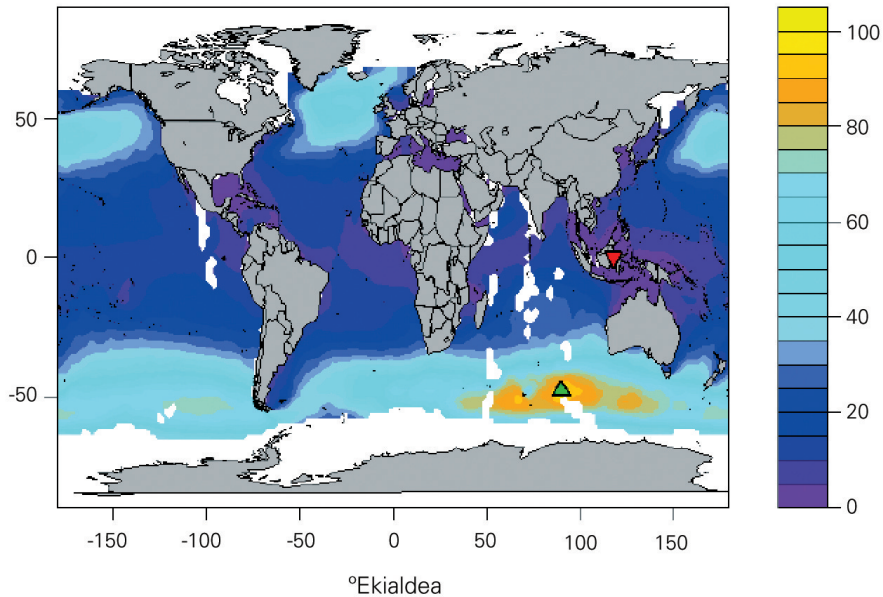


7 irudia. Atlantikotik Kantaurira sartzen diren olatuen batez beste-ko energia.

8. irudian antzeko mapa koloreztatua egin da olatu-energia globalarentzat. Horretaz gain, munduan potentzial handiena dagoen puntua markatu

da, berdez, olatu-frontearen metro bakoitzeko ia 100 kW-ko potentzia dakarten uhinak dituen gunean, Indiako Ozeanoaren hegoaldean, ia Antartikan; eta gorritz, berriz, baxuena, irla artean babestutako Indonesiako uretan.

TOPEX. Itsas energia [Kw/m]



8. irudia. Olatuen energia munduan; berdez potentzial altuena dagoen puntua, eta gorritz baxuena.

4. LABURBILDUZ

R kalkulu estatistikorako programazio-hizkuntzak datuen tratamendu espazio-tenporalerako baliabide aberatsa eskaintzen duela argi dago, GNU programa libreetako bat delarik eta hamaika arlotako hamaika zientzialariren ekarpenak etengabe metatzen dituelarik, ikerketarako ez ezik hezkuntzarako ere tresna oso egokia da eta. Hemen olatuak eta gradiente termikoa aipatu diren arren, itsasoak eskaintzen dizkigun beste energia berriztagarri batzuk ere, hala nola gazitasun-gradientea edo *offshore* haizea, aztertzeko eta duten potentziala ebaluatzeko gai izango ginateke. Are gehiago, analogoena edo algoritmo genetikoena [18] bezalako teknikekin, badago iragartzerik leku jakin batean baliabide natural batek etorkizunean zenbat energia eskain dezakeen. Honek guztiak problemetan oinarritutako ikasketarako [19] nahiz ikasketa kooperatiborako lan tresna aparta bihurtzen du R.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] EurActiv, 2014-04-02: <http://www.euractiv.com/sections/energy/ocean-energy-chief-wave-and-tidal-power-can-boost-european-industry-301314>
- [2] ALSTOM 2015-03-20: <http://www.alstom.com/products-services/product-catalogue/power-generation/renewable-energy/ocean-energy/tidal-energy/tidal-power/>
- [3] THIRINGER, T.; MACENRI, J. & REED, M. 2011. Flicker evaluation of the SeaGen tidal power plant. *Sustainable Energy, IEEE Transactions on*, 2(4), 414-422.
- [4] Aqua-Ret 2015-03-16: www.aquaret.com
- [5] BIMEP 2015-03-20: www.bimep.com
- [6] EVE 2015-03-26: <http://www.eve.es/Proyectos-energeticos-old/Proyectos-en-desarrollo/Mutriku.aspx>
- [7] <http://cran.r-project.org/>
- [8] BIVAND, R. 2011. <http://rspatial.r-forge.r-project.org/>
- [9] BECKER, R.A. eta A.R. WILKS. 1995. «Constructing a Geographical Database», *AT&T Bell Laboratories Statistics Research Report* [95.2].
- [10] PANTE, E. 2015. <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/geodas/geodas.html>
- [11] GILLELAND, E. 2012. <https://www.ral.ucar.edu/~ericg/softextreme.php>
- [12] NASA 2015-03-26. <https://sealevel.jpl.nasa.gov/missions/topex/>
- [13] PA'SUYA, M.F.; OMAR, K.M.; PETER, B.N. eta DIN, A.H.M. 2014. «Ocean surface circulation along peninsular Malaysia's Eastern Continental Shelf from nineteen years satellite altimetry data». In *Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC), 2014 IEEE 5th* (pp. 59-64). IEEE.
- [14] CHENG, YONGCUN. 2014. «Multimission satellite altimetric data validation in the Baltic Sea.» *Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2014 IEEE International*. IEEE.
- [15] COUHERT, A. 2014. «Precise orbit determination for the most recent altimeter missions: towards the 1 mm/y stability of the radial orbit error at regional scales». In *40th COSPAR Scientific Assembly. Held 2-10 August 2014, in Moscow, Russia, Abstract PSD. 1-9-14*. (Vol. 40, p. 581).
- [16] NOAA 2015-03-26. <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/etopo5.HTML>
- [17] ERA 40 2015-03-26. <http://apps.ecmwf.int/datasets/data/era40-daily/>
- [18] SCRULLA, L. 2012. «GA: A Package for Genetic Algorithms in R». *Journal of Statistical Software*, 53(4), 1-37.
- [19] GUIASOLA, J. eta GARMENDIA, M. 2009-2013. *Aprendizaje basado en problemas, proyectos y casos: diseño e implementación de experiencias en la universidad (Programa Eragin)*. Leioa: EHUko Argitalpen zerbitzua.