

INDUSTRIA TEKNOLOGIA GRADUA
GRADU AMAIERAKO LANA

MAREA KORRONTE TURBINEN ANALISIA

Ikaslea: López Landa, Bosco

Zuzendaria: Olondo Castro, Concepción

Ikasturtea: 2019-2020

Data: Bilbon, 2020ko otsailak 11

LABURPENA

Azken hamarkadetan, energia horniduraren eskaria aurrerapauso handiak ematen ari da, eta gizarteak erronka bati aurre egingo dio hazkunde hori hornitzen jarraitzeko. Gainera, CO2 isuriak gero eta kezkarriagoak dira, eta, azken urteotan, energia berriztagarria sortzeko iturrietaranzko trantsizioa egon da. Horien artean, itsas energia da, zalantzarik gabe, gutxien aztertu direnetako bat da, eta horregatik du potentzial handia ikerketa eta garapenean ustiapen mailan. Proiektu honetan marea-korrontearen energia-sorkuntzaren dimentsionamendua eta hainbat kokapen geografikotan ezartzeko bideragarritasuna aztertzen dira.

RESUMEN

En las últimas décadas, la demanda de suministro de energía está dando grandes pasos y la sociedad se enfrentará un desafío para continuar suministrando recursos para este crecimiento. Además, las emisiones de CO2 son cada vez más preocupantes y, en los últimos años, ha habido una transición hacia las fuentes de generación de energía renovable. Entre estos, la energía marina es sin duda una de las menos exploradas y es por eso que tiene un gran potencial a nivel de explotación en investigación y desarrollo. En este proyecto se analiza el dimensionamiento de la generación energética de la corriente de marea y su viabilidad en la implantación en diferentes ubicaciones geográficas.

ABSTRACT

In recent decades, the demand for energy supply is coming to take great strides and society will face a challenge to continue supplying this growth. In addition, CO2 emissions are increasingly a concern, and, in recent years, there has been a transition towards sources of renewable energy generation. Among these, marine energy is undoubtedly one of the least explored and that is why it has great potential at the level of exploitation in research and development. In this project the dimensioning of the energetic generation of tidal current and its viability in the implantation in different geographic locations is analyzed.

AURKIBIDEA

LABURPENA	1
RESUMEN	1
ABSTRACT	1
AURKIBIDEA	2
IRUDIEN AURKIBIDEA.....	5
IRUDIAK.....	5
TAULAK	6
SARRERA.....	7
TESTUINGURUA.....	8
MAREA KORRONTE SORKUNTZA	8
MAREA PRESA SORKUNTZA	8
IRISMENA ETA HELBURUAK	9
IRISMENA	9
HELBURUAK	9
Lehen mailako helburuak.....	9
Bigarren mailako helburuak.....	9
ITSASO ENERGIA MOTEN SAILKAPENA	10
MAREA ENERGIA	10
OLATU ENERGIA	11
OZEANOKO ENERGIA TERMIKOA	11
ENERGIA OSMOTIKOA	12
MAREEN JATORRIA	13
ENERGIA ITURRI BERRIZTAGARRIA	13
ILARGIAREN ETA EGUZKIAREN ERAGINA.....	14
Marea biziak.....	14
Marea hilak	15

INDAR ZENTRIFUGOAREN ERAGINA..... 15

LURRAREN ARDATZAREN INKLINAZIOAREN ERAGINA..... 16

CORIOLIS INDARRAREN ERAGINA 17

ERRESONANTZIA FENOMENOAK 18

FAKTORE METEREOLOGIKOAK 18

MAREETAN ERAGINA DUTEN EFEKTUAK 18

MAREA ZIKLO MOTAK 19

 Erdieguneko mareak 19

 Eguneko mareak 20

 Marea mistoak 20

 Bestelako ekarpenak 20

MAREEN OSAGIAK 21

ITSAS KORRONTEEN JATORRIA 23

MAREA ENERGIA: ALTERNATIBEN ANALISIA 24

MAREA PRESAK 24

 ARRO SINPLEA ZEIN BIKOITZA 25

 Errefluxu sorkuntza 26

 Uholde sorkuntza 26

 Bi noranzkoetarako sorkuntza 27

MAREA PRESEN TURBINA MOTAK 28

 Erraboil-turbina axiala..... 28

 Turbina tubularra..... 28

MAREA PRESEN INGURUMEN INPAKTUA..... 29

KORRONTE TURBINAK 30

 KORRONTE TURBINA MOTAK 32

 Ardatz horizontala 32

 Ardatz bertikaleko turbinak..... 32

 Flotaziokoak: Blue energy project 33

KORRONTE TURBINEN INGURUMEN INPAKTUA..... 33

ERABAKI HARTZEA 34

Kokapena	34
Teknologia mota erabaki taula: Marea Presak vs. Korronte Turbinak	34
Teknologia mota erabaki taula: Korronte turbina motak	35
ATLANTIS PROIEKTUA	36
TURBINA	36
PALAK	36
PITCH SISTEMA: PALEN INKLINAZIOA	37
KONFIGURAZIO MEKANIKOA: ARDATZA ETA ERRODAMENDUAK	37
ESPEZIFIKAZIO TEKNIKOAK	38
GANTT DIAGRAMA	39
ZEREGINEN DESKRIBAPENA	39
1. ATAZA: Proiektuaren definizioa	39
2. ATAZA: Informazioa bilatzea	39
3. ATAZA: Alternatiben analisia	39
4. ATAZA: Garapen teorikoa	40
5. ATAZA: Ondorioak	40
6. ATAZA: Lanaren amaiera	40
GANTT DIAGRAMA	41
AURREKONTUA	42
KONKLUSIOAK	43
INGURUMEN INPAKTUA	43
KOSTUA ETA ERRENTAGARRITASUNA	43
TEKNOLOGIA GARAPENA	43
BIBLIOGRAFIA	44
TESTUAREN ERREFERENTZIAK	44
IRUDIEN ERREFERENTZIAK	44

IRUDIEN AURKIBIDEA

IRUDIAK

Irudia 1 [i]	10
Irudia 2 [ii].....	11
Irudia 3 [iii].....	12
Irudia 4 [iv]	12
Irudia 5 [v]	13
Irudia 6: Ilargi eta Eguzkiaren kokapen erlatiboa marea bizietan [vi]	15
Irudia 7: Ilargi eta Eguzkiaren kokapen erlatiboa marea hiletan [vi]	15
Irudia 8 [vii]	16
Irudia 9 [viii].....	16
Irudia 10 [ix].....	17
Irudia 11 [x]	19
Irudia 12 [x]	19
Irudia 13 [x]	20
Irudia 14 [x]	20
Irudia 15 [xi].....	22
Irudia 16 [xii]	23
Irudia 17 [xiii]	25
Irudia 18 [xiv]	26
Irudia 19 [xiv]	27
Irudia 20 [xv]	28
Irudia 21 [xv]	29
Irudia 22.....	31
Irudia 23 [xvi]	32
Irudia 24 [xvii].....	33
Irudia 25 [xviii]	33
Irudia 26 [xvi]	38

TAULAK

Taula 1	34
Taula 2	34
Taula 3	35
Taula 4	38
Taula 5	41
Taula 6 - Barne orduak.....	42
Taula 7 - Amortizazioak.....	42
Taula 8 - Gastuak	42
Taula 9 - Aurrekontua	42

SARRERA

Dokumentu honetan itsas energia sorkuntzarako turbina moten ikasketa teorikoa egingo da. Horretarako, mareen analisia eta kokapen geografikoko analisia egingo da eta turbina mota ezberdinen abantailak eta desabantailak ikasiko dira.

Lehenik eta behin, itsas energia sorkuntzarako metodo ezberdinak aurkeztuko dira eta, haien artean marea energia sorkuntzaren potentziala aurkeztuko da.

Mareen ikasketan mareen osagaiak eta mareak gertatzearen zergatiak azalduko dira. Marea ikasketan ekarpen teorikoak zein enpirikoak ikasiko dira formula teorikoen eta datu estatistikoen bitartez.

Era berean, marea motak, zikloak eta marea energia sorkuntzarako kokapen geografikoak identifikazio ikasketa egingo da potentzial handiena duten kokalekuak azpimarratuz.

Azkenik, marea energia sorkuntzarako alternatibak planteatuko dira eta etorkizunerako bideragarrienak diren teknologiak identifikatuko dira ebaluatutako hainbat faktoreren eraginpean: energia sorkuntza, mantentzea, kostu ekonomikoak, itzulkortasuna, nabigazioa, sakontasuna, ingurumen faktoreak eta abar.

TESTUINGURUA

Mareen itsas energia sorkuntzan hainbat dira dauden teknologiak, eta horien artean turbina motakoak dira garatuen daudenak eta potentzia elektriko handienak sortzen dituztenak. Turbinen erabilera ere oso zabala da eta marea korrante sorkuntzan, marea presa sorkuntzan eta sorkuntza maremotriz dinamikoan bana daitezke.

Sorkuntzarako zein turbina mota zehazteak garrantzi handia dauka eta bat edo beste aukeratzeak ezin daiteke kokaleku geografikoaren baldintzak eta beharrak aztertu gabe egin. Ildo horretatik, marea aldakuntza handiak dituzten kokaleku geografikoak hautatuko dira, izan ere, zenbat eta itsasgora eta itsasbehera arteko metro diferentzia handiagoa izan etekin handiagoak lortuko dira.

Itsasotik eratorritako energia sorkuntza iturri berriztagarrien artean gutxien garatutakoa da eta hurrengo hamarkadetan erabateko garapena aurreikusten da. Ondorioz, ikerketarako potentzial handia dauka eta honek dakarren diseinu eta kudeaketa erronkari irtenbidea eman beharko zaio.

MAREA KORRONTE SORKUNTZA

Marea korrante sorkuntzako sorgailuak uraren energia zinetikoaz baliatzen dira. Energia sorkuntza mota hau energia eolikoarekin konparatu daiteke, izatez, kontzeptua bera da baina fluidoa ura da airea izan ordez. Metodo hau gero eta erabiliagoa da, alde batetik, obra zibila merkeagoa delako eta, bestetik, ingurunean inpaktu txikiagoa eragiten duelako.

MAREA PRESA SORKUNTZA

Marea presa sorkuntzak itsasgorako eta itsasbeherako altuera diferentziak eragiten duen energia potentzial ezberdintasuna erabiltzen du energia sortzeko. Metodo honen bitartez estuarioetan dikeak jartzea ezinbestekoa da eta honek ingurune inpaktu larria sor dezake.

IRISMENA ETA HELBURUAK

IRISMENA

Gradu amaierako lan (GRAL) honetan marea korrante sorkuntzako turbina ezberdinen analisia eta dimentsionamendua egingo da, ingeniarietza muga teknikoak, kokaleku geografiko bakoitzaren instalazioaren beharrak, ingurumen inpaktua eta bideragarritasun ekonomikoa kontuan hartuz.

Dimentsionamendu eta analisi honetan aurkeztutako hainbat parametro kontuan hartuko dira eta etorkizunean kokapen geografikoa edo turbina mota aldatzekotan analisi eta dimentsionamendu berria egiteko irizpideak zein datu hurbilduak eskainiko ditu.

HELBURUAK

Lan honek lehen mailako eta bigarren mailako zenbait helburu ditu.

Lehen mailako helburuak

- Mareaen zergatiak eta efektuak aztertzea
- Itsas mareaen energia potentzialeko eremu geografikoak ikastea
- Marea energia motak aztertzea
- Korrante marea energiaren analisisian sakontzea

Bigarren mailako helburuak

- Ingurumen inpaktua ikastea
- Teknologien kostu eta errentagarritasuna ikastea
- Teknologia berritzaileen ikasketa garatzea

ITSASO ENERGIA MOTEN SAILKAPENA

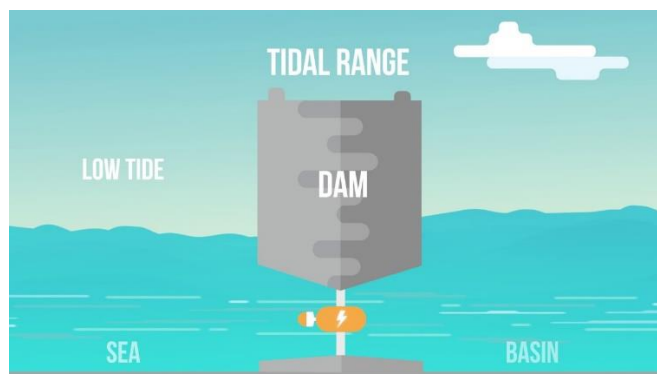
MAREA ENERGIA

Energia ozeanikoaren baliabiderik ugariena marea-korrontea da. Herrialde artxipelagoko batzuetan, Indonesian kasu, potentzial handieneko energia iturria da.

Mareen energia, energia berriztagarria da; gradienteaz baliatzen da marea altu eta baxuen artean, eta elektrizitatea sortzeko erabiltzen da. Marea energia bi formatan agertzen da, marea potentziala eta marea korronte energia edo marea korrontea, eta teknologia ezberdinak daude forma bakoitzerako.

Eskuarki ezagutzen da energia berriztagarri askok aldizkako patroia dutela. Marea korrontek salbuespen bat dira, aurreikusi daitekeen energia da, izan ere, oszilazio-ingar astronomikoen sortzen dutelako, eta marea korronteen ezaugarri sinusoidalak beste iturri berriztagarri batzuekiko abantaila erakusten du, eguzkiarena, haizearena eta olatuena kasu. Mareen energiak ere karga faktore handia du, energia zuzenean mugimenduan dagoen uretik datorrelako. Fenomeno hau haize energiarekin konparatu dezakegu. Ura haizea baino motelago mugitzen bada ere, ia 800 aldiz dentsitate handiagoa du, eta energia kantitate handia sortzen du. Beraz, itsasgora-korrontea, bere fidagarritasun handiarekin, ikerketarako gai garrantzitsua bihurtu da maila akademikoan eta industrialean.

Marea tarte handia duten eremuetan dago marea korronteen potentzial energetikoa. Potentzial hori handitu egiten da tokiko topografiaren arabera, uharteen arteko estuguneetan, non uraren sakonera nahiko txikia den. Ez da erraza potentzial globala zehaztea, tokiko eremuaren konfigurazioaren arabera baita, baina marea-energia osoaren kalkulu teorikoen (marea-potentziala eta marea-korrontea barne) 3 TW-koa dela esaten dute. Praktikan, kokapen egokiak batez besteko marea bizien korrontek behar ditu, 2-2,5 m/s baino azkarragoak, proiektuen bideragarritasunerako ona den energia-dentsitate nahikoa lortzeko.



Irudia 1 [i]

OLATU ENERGIA

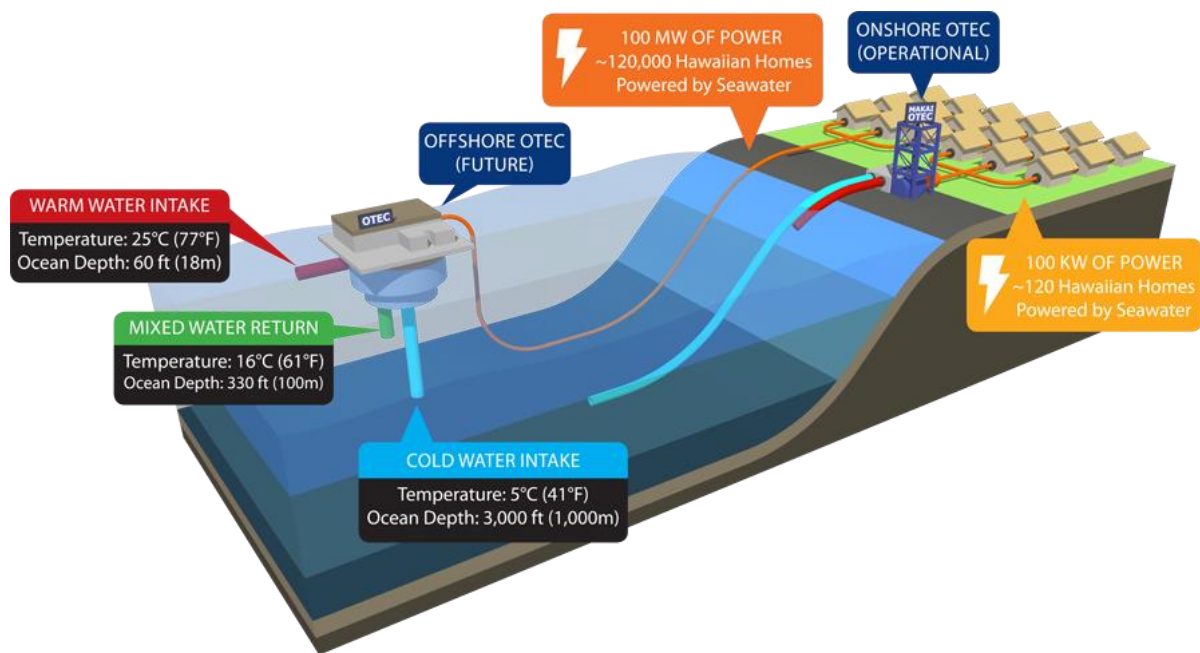
Olatu ozeanikoen energiak modalitate berriztagarri ugari ditu. Ozeanoaren gainazalean jotzen duen haizeak sortzen ditu olatuak, eta ur sakonetan hedatzen dira, gutxieneko energia galerarekin, eta ozeano zabal irekiaren barnean haizearen energia irabazten jarraitzen dute. Olatuen energiaren eraketan eragina dute haizearen iraupenak, susperraldiak eta abiadurak. Energia olatuen gainazaletik edo gainazalaren azpiko presio gradientetik atera daiteke. Olatu ozeanikoek 2 TW elektrizitate sor zezaketela frogatu da. Olatuen energia kantitate handiena, latitudean, 30° - 60° artean dago. Olatuen energia momentuaren menpekoa da, non olatu handiak gehien bat neguan agertzen diren udan baino eta gainera olatuen energiak aurreikuspen ona duela uste da. Olatuak 24 orduetan sortzen dira, gau eta egun, eta itsasoaren egoerak eguzki-energia edo energia-eolikoa baino inertzia handiagoa du, baliabideen eskuragarritasunean bat-bateko aldaketak izateko arriskurik gabe.



Irudia 2 [ii]

OZEANOKO ENERGIA TERMIKOA

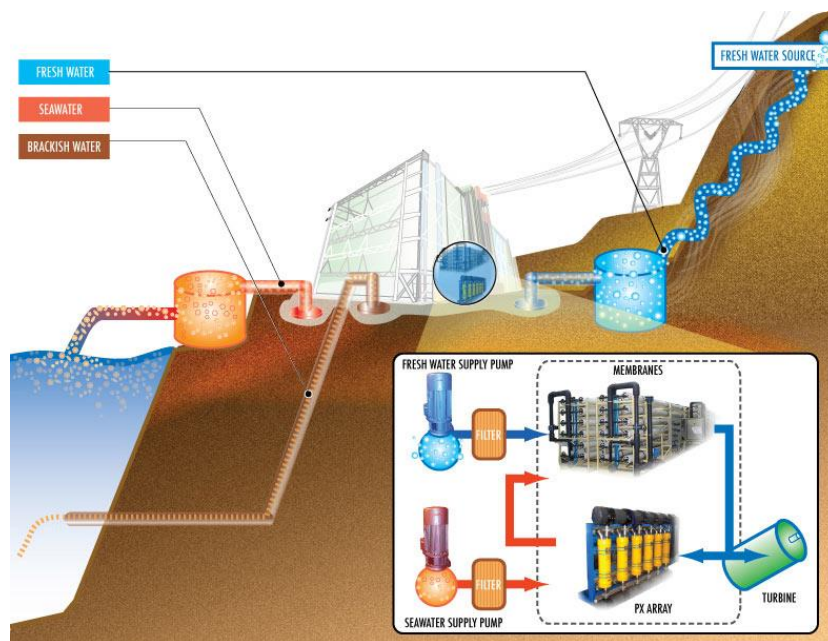
Teorikoki, egunero 60 km² inguruko itsaso tropikal azalera bilioi bat eguzki energia xurgatzen du. Eguzki argiaren energia goiko geruzan kontzentratzen da eta esponentzialki txikitzen da sakonerarekin, itsasoko uraren eroankortasun termikoa bezala. Kokapen geografikoa garrantzitsua da ozeanoaren energia termikorako, gutxienez 20°C -ko tenperatura-gradiente behar baitu, eta horrek esan nahi du eguzki-argi epe luzea duten herrialdetara mugatuta dagoela. Energia mota honek urteko sorkuntza 10.000 TWh ingurukoa izateko potentziala du. Hala ere, dagoen teknologiarekin energia-dentsitatea nahiko baxua eskuratu daiteke beste iturri berriztagarriekin alderatuta.



Irudia 3 [iii]

ENERGIA OSMOTIKOA

Potentzia osmotikoa itsasoko uraren eta ibaiko uraren arteko gatz kontzentrazioan dagoen diferentziaren bidez lortutako energia da. Prozesu honetan dagoen hondakina ur gazia baino ez da. Energia berriztagarriko iturri honek potentzial handia du ibai emaritsuak dituzten eskualdeetan: Herbehereetan, adibidez, segundoko 3.300 m³ ur-geza baino gehiago itsasoratzen dira batez beste. Beraz, potentzial energetikoa 3.300 MW-koa da, segundoko 1 MW/m³ ur freskoko.



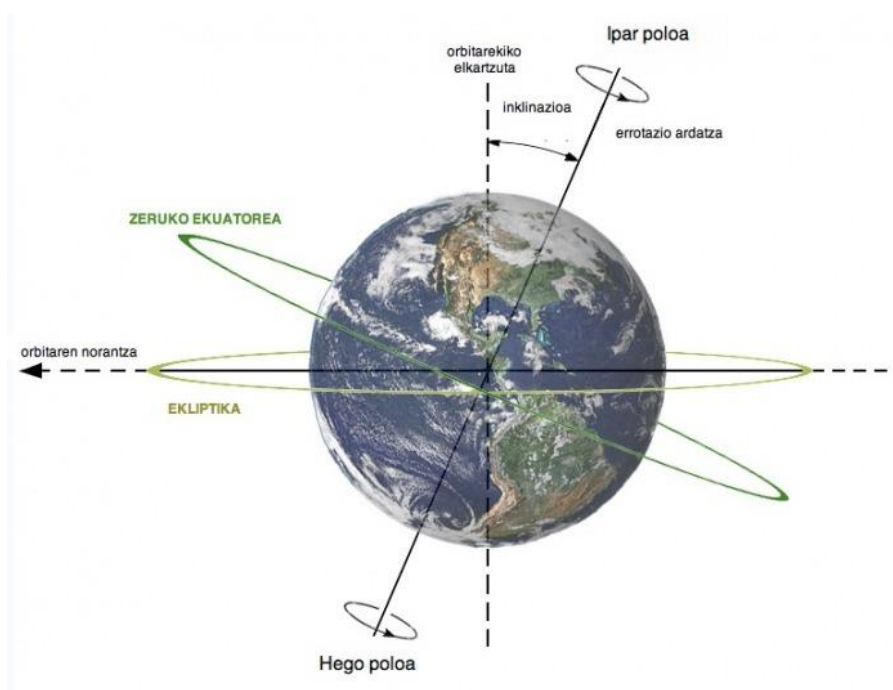
Irudia 4 [iv]

MAREEN JATORRIA

ENERGIA ITURRI BERRIZTAGARRIA

Lurrak bere ardatzaren inguruan duen errotazioak indar zentrifugo handiak sortzen ditu bere baitan. Fenomeno honek Lurraren diametroa ekuatorean poloetan baino 21 km handiagoa izatea eragiten du eta itsasoetako sakontasunean ere eragina dauka, ekuatorean kokatzen diren itsasoak poloetakoak baino sakonagoak izanik. Uraren sakontasuna konstantetzat har daiteke errotazioak berak duen eraginarekiko, izan ere, Lurraren errotazio abiadura moteltzen doa baina milioika urte behar dira eragina igartzeko.

Lurraren errotazioak Ilargiko eta Eguzkiko grabitazio eremuekin duen interakzioaren ondorioz mareak agertzen dira. Hauek, energia galerak sorrarazten dituzte bero eta marruskadura gisa eta, badirudi, Lurraren errotazio denboran eragina dutela, 8 h-tik (lurra sortu zenean), 24 h-ra (egungo errotazio periodoa) motelduz. Lurrak bere hasierako errotazio energiaren % 17-a galdu du dagoeneko eta abiadura murrizketa honek mareen eta errotazioaren balaztatzearen arteko erlazioa frogatzen du. Nahiz eta energia galera bat existitu, marea-energia **energia iturri berriztagarritzat** kontsidera dezakegu, galerak igartzeko periodoa milioika urtekoa baita. Eguzki sistemako gainerako planetek eta gorputzek ere mareengan eragina daukate. Hala ere, eragina hain da txikia non indar horiek mespretxatu ditzakegun.



Irudia 5 [v]

ILARGIAREN ETA EGUZKIAREN ERAGINA

Mareen fenomenoaren azalpena Newtonen grabitate indarraren legea du abiapuntu. Masa duen edozein gorputz beste gorputz batean erakarpen indar bat eragiten du, non honen modulua bi gorputzen masen biderkaduraren proportzionala eta distantzia karratuarekiko alderantziz proportzionala den. Ilargia eta Eguzkia dira Lurreko ur-masa handiak erakarriz mareetan eragina dutenak gehien bat.

$$F = \frac{G \times M \times m}{r^2}$$

F: Erakarpen indarra [N]

G: Grabitatearen konstante unibertsala $\left[\frac{N \cdot m^2}{kg^2} \right]$

M: Ilargiko edo Eguzkiko masa [kg]

m: Ur – molekulen masa [kg]

r: Ur molekulen eta Ilargi – Eguzki zentroaren arteko distantzia [m]

Ilargiak Lurrean egindako grabitate indarraren eragina Eguzkiak egindakoa baino 2.17 aldiz handiagoa da, Lurraren eta Ilargiaren artean dagoen distantzia txikiagoa delako. Ilargiaren eta Eguzkiaren eraginez marea gorakadak agertzen dira aurrez-aurre dagoen ozeano eta itxasoetan.

Ilargiak eta Eguzkiak Ibilbide ezberdinak dituzte Lurrarekiko eta urtean zehar distantzia eta kokapen erlatibo desberdinak hartzen dituzte lurrarekiko. Fenomeno honek mareetan eragina dauka Ilargiak eta eguzkiak eragindako erakarpen indarrak bateratzen edo deuseztatzen direnean. Honen arabera, bi muturreko kasu ager daitezke: marea biziak eta marea hilak.

Marea biziak

Eguzkia eta Ilargia lerrokatzen direnean agertzen dira. Aldeko lerrokapena zein kontrakoa izan daiteke. Memento honetan Eguzkiko eta Ilargiko erakarpen indarrak batzen dira eta urteko marea altuenak agertzen dira.



Irudia 6: Ilargi eta Eguzkiaren kokapen erlatiboa marea bizietan [vi]

Marea hilak

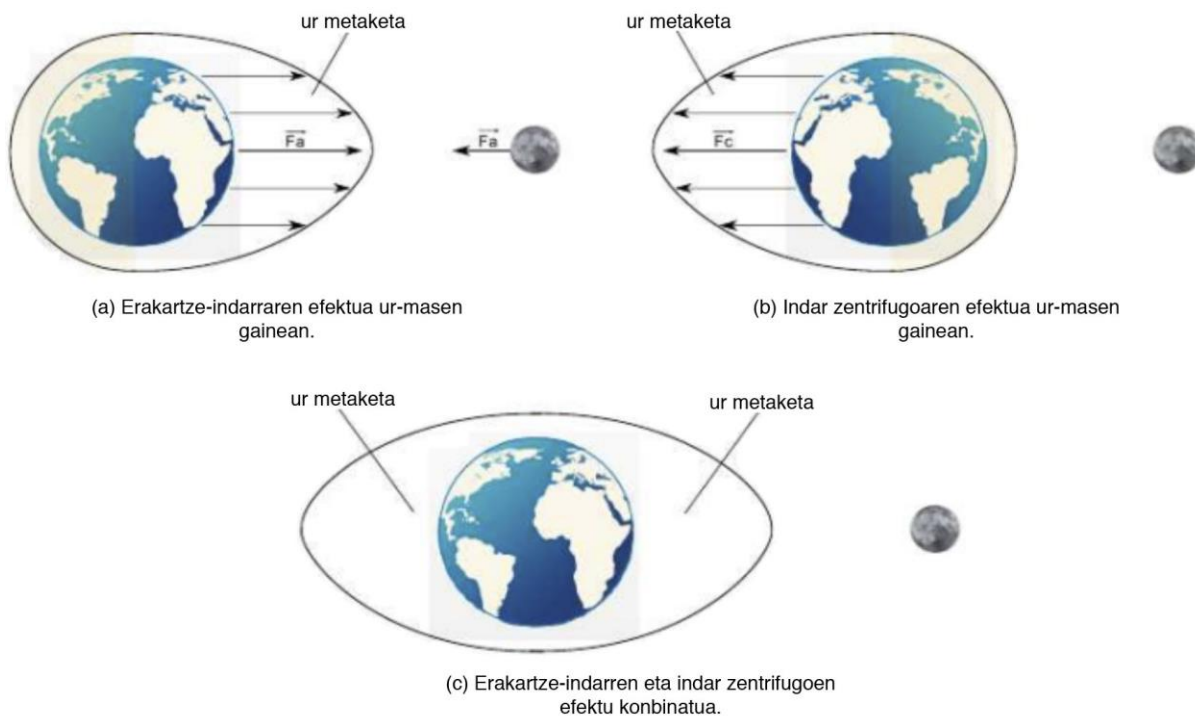
Kontra, Eguzkia eta Ilargia posizio perpendikularrak hartzen dituztenean biek eragindako erakarren indarrak deuseztatzen dira eta marea hilak sortzen dira.



Irudia 7: Ilargi eta Eguzkiaren kokapen erlatiboa marea hiletan [vi]

INDAR ZENTRIFUGOAREN ERAGINA

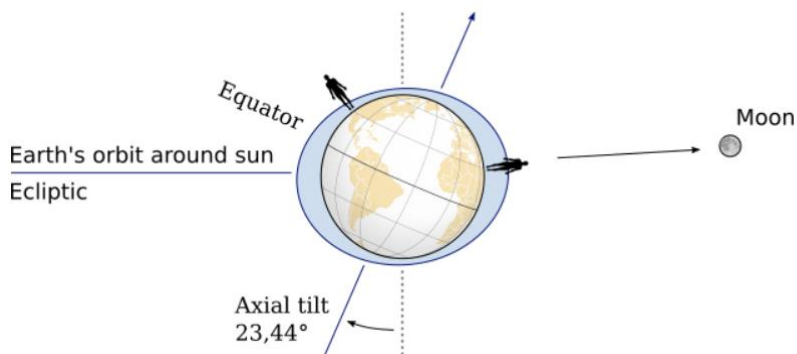
Lurrak duen errotazioa dela eta indar zentrifugo bat agertzez da. Indar zentrifugo horrek ozeanoetako ura lur-gainazaletik kanpora bidaltzen du. Hala eta guztiz ere, fenomeno hau konstantetzat har daiteke eta ez du eraginik marenen altuera aldaketan.



Irudia 8 [vii]

LURRAREN ARDATZAREN INKLINAZIOAREN ERAGINA

Lurraren ardatza 23.44° makurtuta dago ekliptikoarekin¹ alderatuz. Ardatzaren makurdura urtaroen erruduna izateaz aparte mareak 30° eta 60° -en arteko latitudetan nabarmenagoak izatea eragiten du. [1]



Irudia 9 [viii]

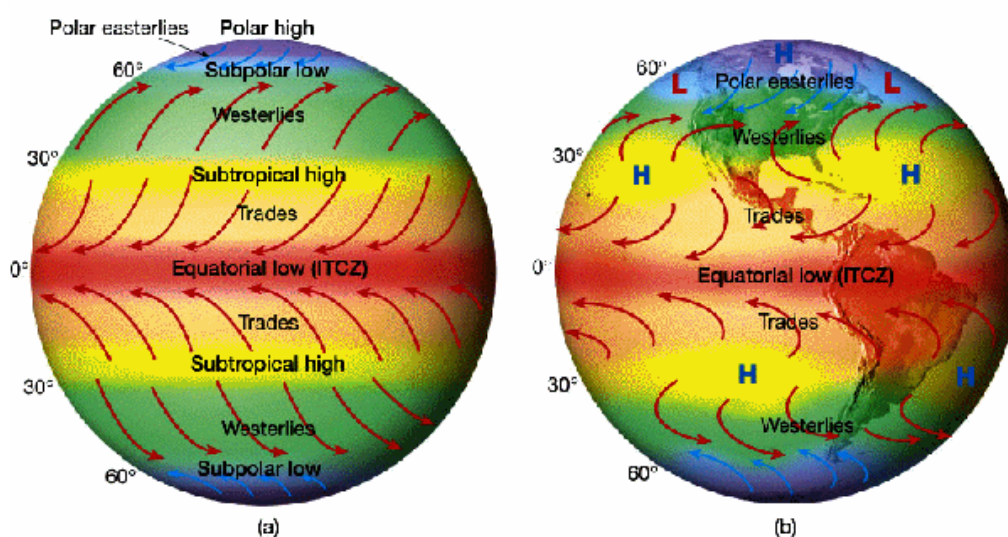
¹ Lurrak Eguzkiaren inguruan jarraitzen duen orbitaren plano.

CORIOLIS INDARRAREN ERAGINA

Coriolis efektua Lurraren errotazio mugimenduaren eraginez espazioan agertzen den indarra da. Indar honek Lurraren gainazalean desplazatzen diren objektuen ibilbidea desbideratzen du, honako ibilbideak behartuz:

- Ipar hemisferioan:
 - Ekuatoretik ipar-polorako ibilbideak ekialdera desplazatuz.
 - Ipar-politik ekuatorerako ibilbideak mendebaldera desplazatuz.
- Hego hemisferioan:
 - Ekuatoretik hego-polorako ibilbideak ekialdera desplazatuz.
 - Hego-politik ekuatorerako ibilbideak mendebaldera desplazatuz.

Lurraren errotazio mugimendua ekialderakoa da, hau da, erloju orratzen aurkako mugimendua du. Horregatik, ur masek energia disipatu behar dute ibilbideak desbideratuz eta ispilu erako ibilbideak sortzen dira ipar eta hego hemisferioetan.



Irudia 10 [ix]

Coriolis efektuak erabateko garrantzia dauka mareen ikasketan mareen efektuak guztiz eraldatzen dituelako. Lurreko itsaso eta ozeanoetan hainbat ur korrante daude. Ur korrante hauek Lurraren gainazalean puntu batetik bestera mugitzen dira, eta Coriolis efektuaren eraginez, ibilbidearen desbideratzea jasaten dute. Esaterako, Mantxako Kanalean mareak altuagoak dira Frantziako kostaldean Ingalaterrakoan baino, eta gauza bera gertatzen da Irlandako Itsasoan, non mareak altuagoak diren Liverpoolen Irlandako kostaldean baino.

ERRESONANTZIA FENOMENOAK

Mareen anplitudea, ordea, handitu egin daiteke tokian tokiko hainbat efektuaren ondorioz, hala nola, apalategia, kanalizazioa, islapena eta erresonantzia. Ur sakonetan itsasikararen altuera handitzean datza apaltze efektua, sakonera txikiko uren eremuetan sartzean olatua moteldu ahala. Marearen zabaltasuna are gehiago handitu daiteke inbutu-efektuaren ondorioz, marearen protuberantzia estutzen den estuario baterantz aurrera egiten denean gertatzen dena. Gainera, itsasikarak kostaldean izandako olatuen islapena ere indartu dezake. Leku batzuetan, itsasaldien fluxua 10 metro baino gehiagora handitu daiteke erresonantzia efektuengatik, honakoa gertatzen da, Fundyren badian Kanadan, non munduko itsasaldi handienak aurki daitezkeen, eta Severn estuarioan Ingalaterran. Erresonantzia-efektua gertatzen da estuarioko ahoko geometria mareen hedapen abiaduraren berezko maiztasuna kitzikatzen duenean.

FAKTORE METEOROLOGIKOAK

Faktore meteorologikoen ere mareen altueran eragina izan ditzakete, adibidez presio atmosferikoa eta haizearen indarra zein norabidea. Presioari dagokionez, milibare baten aldaketak itsas-mailaren 10 mm-ko altuera aldaketa dakar [2]. Bestetik, haize-boladek, batez ere bortitzak direnak itsas-mailaren altueran eragina daukate.

Faktore meteorologiko hauek momentuko aldaketak eragiten dituzte mareetan eta edozein momentuan gerta daitezke. Bapateko fenomenoak direla esan dezakegu eta mareen edozein fasean gerta daitezke. Hala ere, eragin handiena marea bizien garaian marea gora dagoenean izaten da.

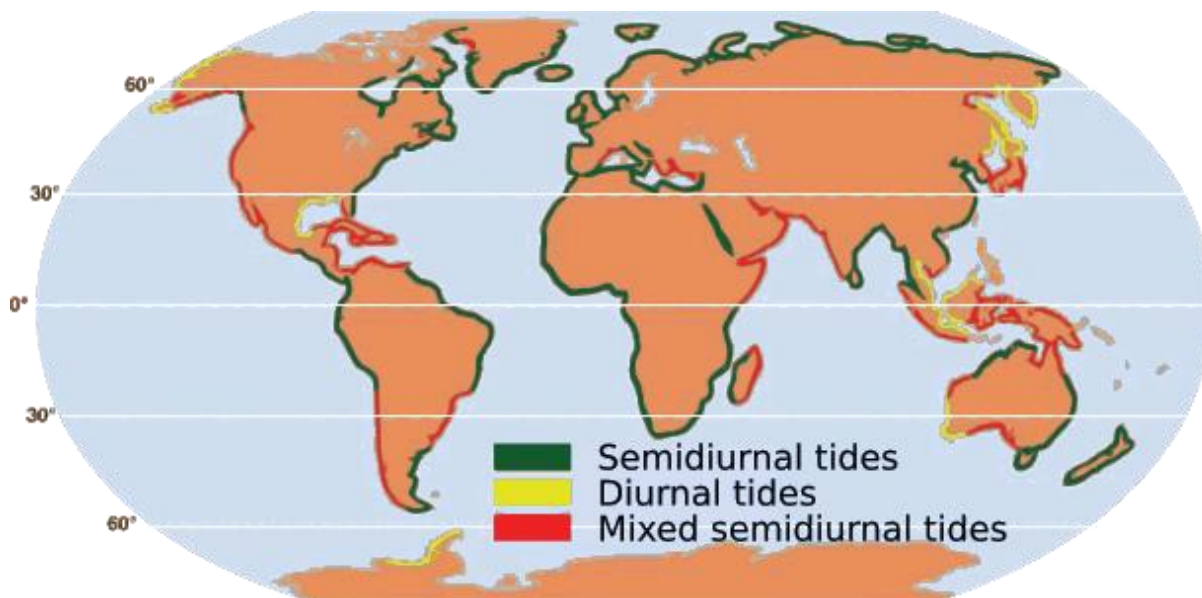
MAREETAN ERAGINA DUTEN EFEKTUAK

Laburpen modura, hainbat faktorek zehazten dute mareen egoerak eta horien guztien konbinazio ezberdinek marea aldaketak ezberdinak izatea eragiten dute. Horregatik, marea ikasketan datuen historikoak eta kalkulu estatistikoak erabiltzen dira. Hala ere, hauek dira mareengan eragina duten faktorerik garrantzitsuenak:

- Ilargiko erakarpen indarra
- Eguzkiko erakarpen indarra
- Lurraren ardatzaren inklinazioa ekliptikoarekiko
- Coriolis efektua
- Erresonantzia eta sakontasun gutxiko uretan gertatutako efektuak
- Faktore meteorologikoak

MAREA ZIKLO MOTAK

Mareak fenomeno periodikoak dira eta periodo hau aurrera azaldutako faktoreen menpe dago. Hala ere eragin handiena duten faktoreak Ilargi eta Eguzkiko erakarpen indarrak dira eta horien arabera hiru marea mota bereiz ditzakegu haien perioditatearen arabera.

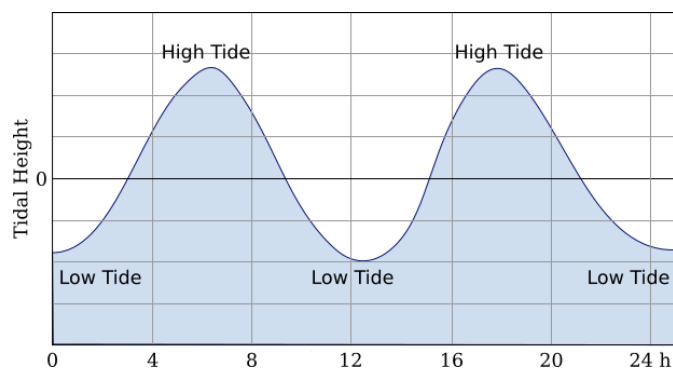


Irudia 11 [x]

Erdieguneko mareak

Marea mota hauek 12 h-ko periodoak dituzte ilargiko eta eguzkiko mugimendu erlatiboa dela eta. Horregatik fenomeno hau birritan ematen da errotazio periodoko (24 h) eta, beraz, itsas-gora pare bat eta itsas-behera beste pare bat agertzen dira eguneko.

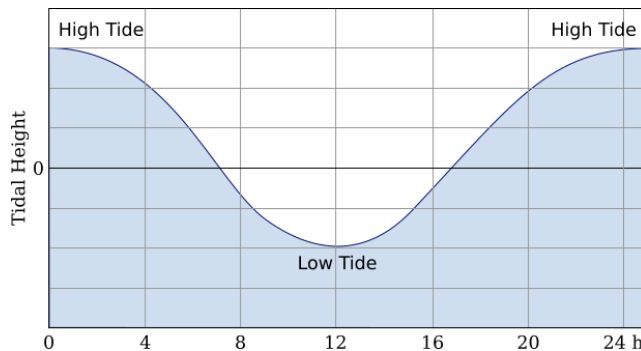
Hala ere, maren anplitudeak aldakorak dira Ilargi eta Eguzkiaren kokapen erlatiboaren arabera. Esaterako, anplitude handienak ilargi-berrian eta ilargi-betean agertzen dira, Ilargia eta Eguzkia lerrokatuta daudenean.



Irudia 12 [x]

Eguneko mareak

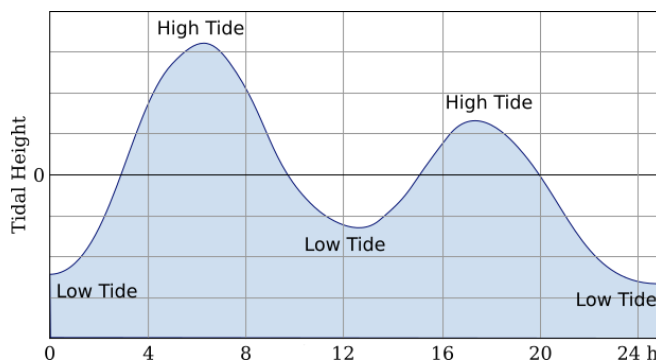
Eguneko mareek 24h-ko periodoak dituzte, beraz, fenomeno hau behin baino ez da gertatzen errotazio periodo bakoitzean. Hori dela eta, itsas-gora eta itsas-bera bakarra dago errotazio periodo bakoitzeko. Marea mota hauek kokaleku berezietan agertzen dira, Tahitin adibidez.



Irudia 13 [x]

Marea mistoak

Marea mota hauek eguneko eta erdieguneko mareen emaitza dira. Izan ere, bi osagaien baturak itsas-gora eta itsas-behera pare bat agertzea eragiten dute errotazio periodo bakoitzeko, baina hauen kotak ezberdinak dira, segidako bi periodoetan errepikatzen diren arren.



Irudia 14 [x]

Bestelako ekarpenak

Badaude bestelako ekarpen periodikoak mareen fenomenoan eragina dutenak eta honakoak dira garrantzi handiena daukatenak:

- **14 eguneko zikloa:** Eguzki eta Ilargiaren arteko grabitazio interakzioaren ondorioz ilargiaren orbita eliptikoa aldatu egiten da. Honek elkar segidako bi marea bizik zein marea hilek %15-eko anplitude aldaketa izatea eragin dezake.
- **Urte erdiko zikloa:** Ilargiko orbitaren inklinazioa dela eta 178 eguneko periodoak bereizten dira marea bizien eta hilen artean. Hau martxoan eta irailean gertatzen da.
- **Saros:** 223 ilargi ziko dira 18 urte eta 10 eguneko periodoa hain zuzen eta ilargia, Lurra eta Eguzkia kokaleku erlatibo berera bueltatzeko behar duten denbora da.

MAREEN OSAGAIK

Mareen altuera efektu bakoitzak duen eragina batuz kalkulatzen da. Osagai garrantzitsuenak egunekoak eta erdiegunekoak dira eta horien artean honakoak dira eragin handiena daukatena:

- Eguneko efektuak:
 - Ilargiko eguneko efektua
 - Eguzkiko eguneko efektua
- Erdieguneko efektuak:
 - Ilargiko erdieguneko efektua
 - Eguzkiko erdieguneko efektua

Aurreko osagaiak kontuan hartuz, bakoitzaren ekarpena batzen da mareen altuera teorikoa kalkulatzeko, hurrengo formularen arabera. Hala ere, mareen ikasketan beharrezkoa da datuen neurketa estatistikoa egitea datuen historiko bat izateko eta mareen ekarpenak datu teorikoekin bateratzeko. [1]

$$H = \sum_{i=1}^n f_i \cdot h_i \cdot \cos(w_i \cdot T - g_i)$$

H: Marearen altuera

i: Osagaiaren zenbakia

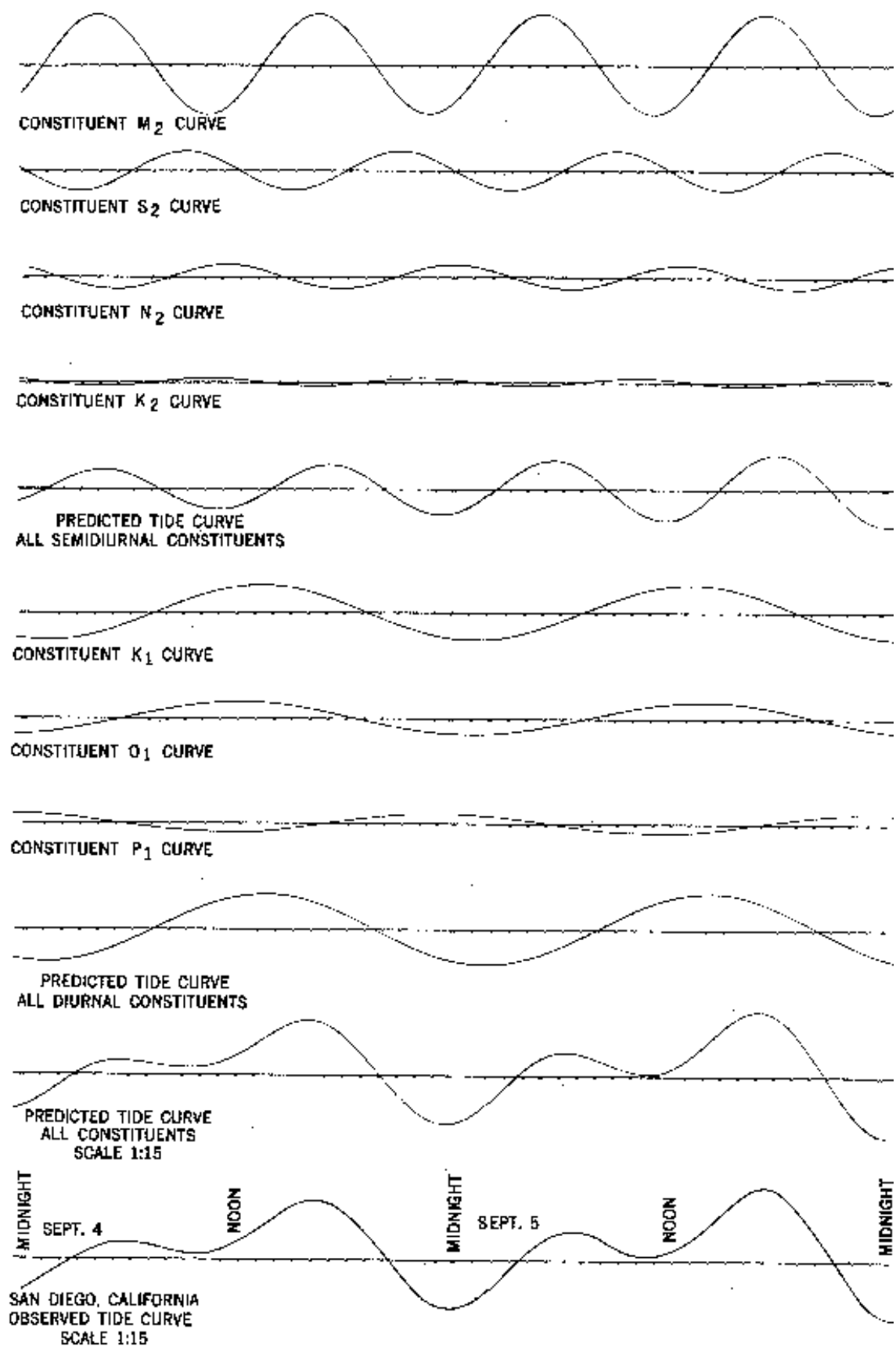
f_i: Osagaiaren fasea

h_i: Osagaiaren batazbesteko anplitudea

w_i: Osagaiaren abiadura angeluarra

T: Denbora

g_i: Desfasea Greenwich – ekiko



Irudia 15 [xi]

ITSAS KORRONTEEN JATORRIA

Korrante ozeanikoa ozeanoetako uren eta, gradu txikiagoan, itsaso zabalen mugimendua da. Korrante hauek kausa asko dituzte, batez ere, luraren errotazio mugimendua (kontrako zentsua duten gainazaleko-korrante eta korrante sakonak eragiten dituzte), Lurraren translazio mugimendua, kostaldeen eta kontinenteen kokapen erlatiboaren konfigurazioa eta abar. Ordea, etengabeko haizeak ez dute eragin handirik korranteengan, izan ere bai korranteak eta haizeak Lurraren mugimendu astronomikoen kausa partekatzen dute. [3]



Irudia 16 [xii]

Marea korranteak kostaldetik hurbil eta itsas hondoko indarrek ura muga estuetan zehar bortxatzen duten lekuetan gertatzen dira. Beraz, oro har, marea-tarte altuak eta kanal estuak behar dira marea-korrante esanguratsuak sortzeko. Marea-bizi baten tarte, gutxi gorabehera, marea-hileko mailaren bikoitza izan ohi da.

Marea korranteak bi norabidetan isuri daitezke; kostalderantz mugitzen den korrantea uholde korrante bezala ezagutzen dena eta kostaldetik atzera egiten duen korrantea errefluxu korrante bezala ezagutzen dena.

Marea aldaketa guztiak igo eta jaitsi egiten dira, eta uholde eta errefluxu korranteak elektrizitatea sortzeko erabil daitezke. Marea ozeanikoetatik sortutako energia elektrikoa eta energia sorkuntza hidroelektrikoa oso antzekoak dira.

MAREA ENERGIA: ALTERNATIBEN ANALISIA

Mareetatik ateratako energia bi mota desberdinetan bana daiteke: alde batetik, uraren mugimendu bertikalak, mareen igoerarekin eta jaitsierarekin lotutakoak, hau da energia potentzialarekin lotutakoak. Eta, bestetik, marea-korronte deritzon ur-mugimendu horizontalen emaitza dena, hau da, energia zinetikoarekin lotura duena. Horregatik, marea energia instalazioak bi mota nagusitan sailka daitezke: marea-presak eta marea-korronteko turbinak.

MAREA PRESAK

Itsasaldien presek itsasaldien energia potentziala erabiltzen dute elektrizitatea sortzeko. Arro batean, energia potentzial teorikoa honela kalkula daiteke:

$$E = g \cdot \rho \cdot A \cdot \int z \cdot dz = 0.5 \cdot g \cdot \rho \cdot A \cdot h^2$$

E: Energia [J]

g: Grabitatearen azelerazioa (9.81 [m/s²])

ρ: Itsaso – uraren dentsitatea (aprox. 1022 [kg/m³])

A: Itsaso azalera (m²)

z: Itsas gainazaleko kota bertikala [m]

h: Mareen anplitudea [m]

Mareen tartea elektrizitate bihurtzeko behar den teknologia ohiko zentral hidroelektrikoen oso antzekoa da, baina kasu honetan, korrontea bi norabideetan doa. Horrek esan nahi du mareen presek ezin dutela elektrizitatea sortu erritmo konstantean, presaren bi aldean artean nahikoa karga hidrostatikoa izatera arte itxaron behar baitute. Marea presetako elektrizitate ekoizpena, ordea, guztiz aurreikusteko modukoa da, eta horrek argindar hornitzaileen erraztasuna ahalbidetzen du.

Marea-presa bat, oro har, 5 m-ko marea-tartea duen estuario baten bidez jarritako presa bat da. Mareen presak osatzen duten oinarritzko elementuak turbinak, uhateak, lubetak, tiraderak eta

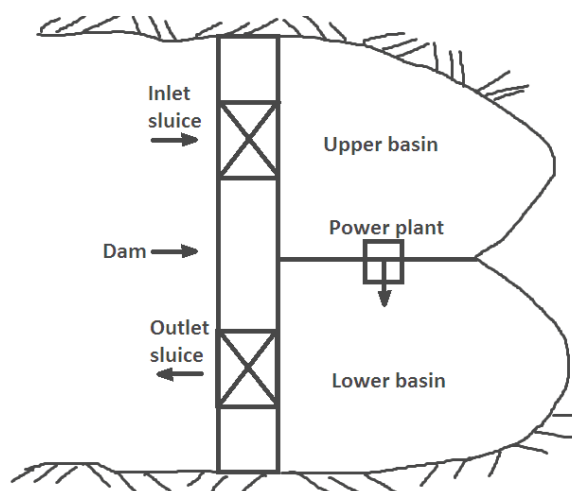
itsasontzientzako eskusak dira. Presa, ubideen sarreran jar daiteke, non ozeanoko ura, badia baten bidez, lur nagusiaren eta uharte baten artean edo, besterik gabe, bi uharteren artean sartzen den. Lubeten funtzioa arroa zigilatzea da, tiraderen bidez zigilatuta ez dagoen tokian. Eskusak uraren igoeran alubioiaren bi aldeetan alde egokia dagoenean irekitzen dira; sortzen den presio hidrostatiakoak ura turbinetan zehar isurazten du, elektrizitatea sortzeko sorgailu elektriko bat biraraziz.

Mareen presak diseinatzerakoan, honako alderdi hauen ebaluazio teknikoak egin beharko da, proiektuaren azken forma erabaki aurretik:

- Egitura mota: arro simplea edo arro bikoitza.
- Presa eta instalazioaren kokapena.
- Funtzionatzeko modua: ekintza simplea edo bikoitza, ponpaketarekin edo ponpaketarik gabe.
- Turbinen eta sorgailuen potentzia-unitatea.
- Guztizko irteera-potentzia.

Bi marea-sakan mota nagusi daude: arro simplearen sistema eta arro bikoitzaren sistema, zeinen diferentzia nagusia arroen kopuruaren arabera den.

ARRO SINPLEA ZEIN BIKOITZA



Irudia 17 [xiii]

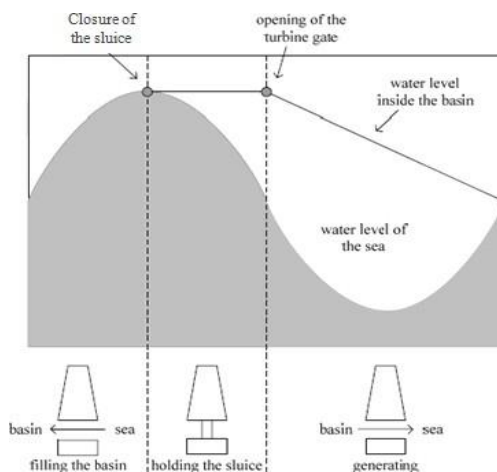
Arro simplearen kasuan arroa bakarra da eta estuario edo badia baten bidez presa bat behar du. Arro bikoitza ordea, bi presa eraikitzea eskatzen du, nagusia eta barrukoa, bi arro sortuz. Arro nagusia,

funtsean, arro bakarreko sistema batean errefluxua sortzearen berdina da. Aldea bakarra da, kasu honetan, honek ekoiztiko energiaren zati bat bigarren arrora ura ponpatzeko erabiltzen dela. Hori dela eta, bigarren ponpaketak biltegitarte-elementu gisa jokatzen du, eta ponpaketa horrek elektrizitatea sor dezakeen denbora-tartea zabaltzen du; beraz, sistema horrek elektrizitate-entrega doitu dezake, kontsumitzailearen eskariak asetzeko. Sistemaren abantaila nagusia eskaera handiko aldietan argindarra hornitzeko gaitasuna da. [4]

Arro sinplean zein bikoitzean hiru eragiketa-eredu nagusi daude, eta horietan energia honako eretan sor daiteke: errefluxua sortzen, uholdea sortzen eta bi noranzkoetan sortzen.

Errefluxu sorkuntza

Metodo hau marea-planta batentzako eragiketa-modu sinpleena da, non arroa urez betetzen den eskusaren uhateetan zehar uholde-marean zehar. Itsasgorak iraun bitartean, uhateak itxita daude, ura oinarrian mantenduz. Eskari txikiko aldietan, ur gehigarria ponpatu daiteke, maila are gehiago handitzeko. Eskusak itxita mantentzen dira, alubioiaren bidez funtsezko presio hidrostatisiko bat garatzeko. Ondorioz, ura turbinetan zehar jariatzen uzten da, hainbat orduz elektrizitatea sortuz, presio hidrostatisikoa turbinek modu eraginkorrean jardun dezaketen gutxieneko mailara erori arte. Behin puntu horretara iritsita, eskusak zabaltzen dira, turbinak deskonektatu eta arroa berriz betetzen da, ziklo berri bat hasiz.



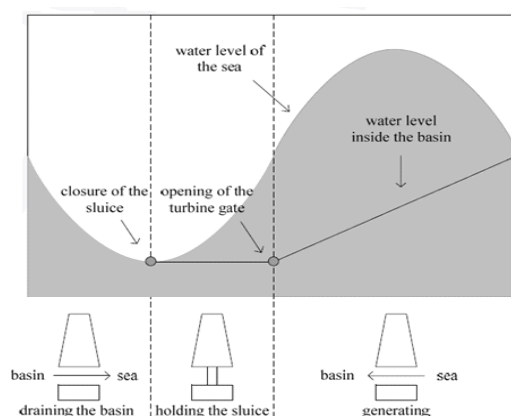
Irudia 18 [xiv]

Uholde sorkuntza

Uholdeak sortzeko metodoak arroan sartzen den marea erabiltzen du energia sortzeko. Uholde-mareak iraun bitartean, turbinak eta uhateak itxita egoten dira, alubioiaren bidez karga hidrostatisiko nabarmena garatzen den arte. Behin altuera nahikoa lortuta, turbinaren uhateak ireki egiten dira, eta ura arroan barrena sartzea ahalbidetzen da.

Oro har, uholde-sorkuntza ez da errefluxua sortzea bezain eraginkorra; izan ere, arroaren goiko erdian biltegitratutako ur-bolumena (errefluxua sortzen den lekua) beheko erdian biltegitratutakoa baino handiagoa da (lehenengo betetzen da uholdea sortzen den bitartean). Beraz, arroaren eta itsasoaren arteko ur-bolumen diferentzia errefluxua sortzearekin izango litzatekeena baino azkarrago murrizten da. Beste era batera esanda, energia gutxiago ekoizten da.

Gainera, batez beste, sistemak arroaren barruan itsasoaren maila murrizten duenez, eragin negatiboa izan dezake itsas garraioan eta ingurumenean; izan ere, biltegiaren mailak etengabeko aldaketak ditu uraren mailan, eta errefluxua sortzean, berriz, arroak jasaten ditu aldaketa handienak uraren mailan.



Irudia 19 [xiv]

Bi noranzkoetarako sorkuntza

Metodo honek errefluxuaren sorrera eta uholdearen sorrera uztartzen ditu. Bietan gertatzen da sorkuntza, itsasaldiak ziklo bakoitzean gora eta behera egin ahala. Uhateak itxita daude uholde-zikloaren amaieraraino. Elektrizitatea sortzeko gutxienerako karga hidrostatikoa lortzen denean, uhateak irekitzen dira. Marea altuarekin, uhateak itxi egiten dira, eta ura harrapatuta geratzen da, berriz ere behar besteko karga hidrostatikoa lortu arte. Gero, ura turbinen bidez isurtzea baimentzen da, errefluxu moduan energia sortzeko. Metodo honek beste biekiko abantaila bat du, energia sorkuntza gabeko denbora laburra du eta sorgailuen kostua txikiagoa da, potentzia maximoa txikiagoa izatearen ondorioz.

Energia-blokeak 6 ordu inguruko ziklo batean sortzen dira, ekoizpen txikiagoarekin eta instalazio erabilera-faktore handiagoarekin. Hala ere, errefluxu-sorrera sinpleak baino potentzia-irteera txikiagoa du, arroaren barruan dagoen tarte murriztuaren ondorioz. Gainera, turbinak bi norabideetan jarduteko diseinatuta daude, eta garestiagoak dira.

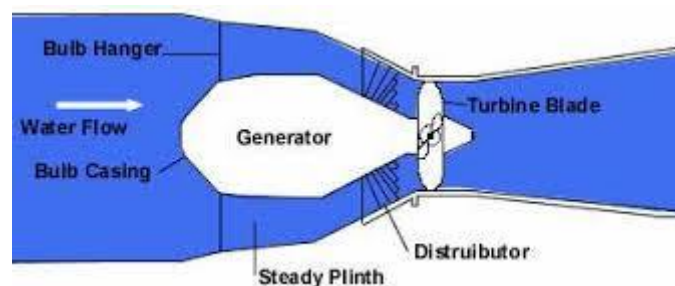
MAREA PRESEN TURBINA MOTAK

Erraboil-turbina axiala

Erraboil-turbinak turbina hidrauliko mota bat dira, eta izena ardatz horizontalean kokatutako sorgailua duen ibaian gorako karkasa estankoaren formatik dator; ur-pasabidearen barruan muntatuta dago, turbinarekiko unitate integral gisa. Instalazio honek tamaina, kostua eta obra zibila nabarmen murriztea eskaini dezake, xurgagailuak erraboilaren unitatearen portaera hidraulikoa hobetzen duelako.

Generatorera heltzeko turbina bera atera behar da generadorea ur-ibilbidearen erdian dagoelako eta honek mantentze lanak zailtzen ditu.

Turbina eta sorgailua itzulgarriak dira, hau da, energia sor dezakete uholde marean, edo itsasoko ura arrora ponpatzeko motor gisa. Erraboil-turbinak oso fidagarria dela erakutsi du, Frantziako La Rance hiriko marea ponpaketan 30 urte baino gehiagoz arazorik gabe funtzionatu baitu ia etengabe.



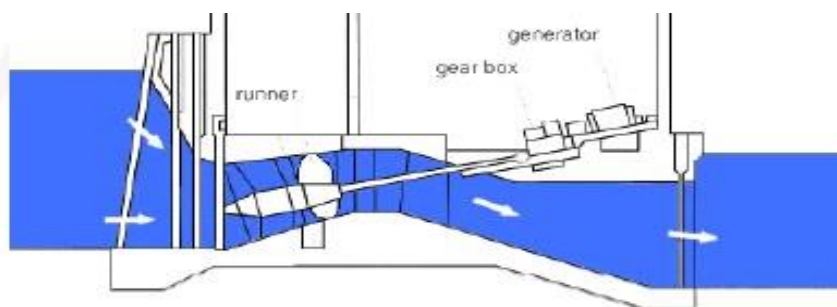
Irudia 20 [xv]

Turbina tubularra

Turbina tubularretan, sorgailua hesiaren goiko aldean muntatuta dago turbinarekin 45 graduko angeluan, eta gurutzeak ardatz luze bati lotuta daude.

Benetako abantaila hortzak doitu egin daitezkeela da. Horrek esan nahi du elektrizitate eskaria asetzeko alda daitezkeela; hortzik txikienak energia gutxiago sortuko dute, eta hortzik handienak, berriz, energia gehiago sortuko dute. Horri esker, turbinak modu eraginkorragoan funtziona dezake, behar den energia kopurua sortuz. Gainera, diseinu horrek martxa aldaketa kutxa sartzen du, eta horrek sorgailuen funtzionamendu eraginkorragoa ahalbidetzen du. Gainera, ur hornidura isolatu bezain laster bertan egin daiteke mantenua. Hala ere, ardatz luzearen bibrazio-arazo batzuk ditu, eta ezin da inbertitu uholde-marean jarduteko, ezta biltegitratzea ponpatzeko ere.

Turbina tubularrak Ameriketako Estatu Batuetako zentral hidroelektriko batzuetan erabili dira, eta Erresuma Batuko Severn mareen proiekturako proposatu dira.



Irudia 21 [xv]

MAREA PRESEN INGURUMEN INPAKTUA

Marea-fluxuak eta hondakin-fluxuak aldatu egingo dira eta presa hormaren inguruan uraren berritzea gutxitu egingo da. Kontran, turbina eta esklusen irteera-eremuetan uraren berritzea areagotu egingo da, eta arroko sedimentazioa eraldatuko da baita ere. Nahasketa bertikalaren kantitatea murriztu egingo da marea-fluxuak murrizten diren heinean, eta berreskidura gutxitu egingo da partikula esekien maila txikituz eta horrek argiaren barneratzea areagotuko du. Nahasketaren murrizketak uraren dentsitatearen estratifikazioaren handitzea ere ekarriko du.

Uraren gatzaren disoluzioa aldatu egingo da arroaren barrualdean eta arroaren gazitzea ekarriko du. Gainera, kutsatzaile fisiko zein kimikoen pilaketa egon daiteke, deskarga-tasak murriztuko direlako. Mantenu gaien ugaritasuna eta argi-eskuragarritasun handiagoa konbinatuta, eutrofizazioa eragin dezake.

Azkenik, marea presek nabigazioan eragina dute. Esklusa bereziak egin behar dira itsasontzien sarrera-irteera errazteko.

KORRONTE TURBINAK

Marea-korronteko turbinek energia zinetikoa marea-korronteetatik ateratzen dute, elektrizitatea sortzeko. Korronteek oszilazio bertikalen maiztasun bera dute, eta, beraz, aurreikusteko modukoak dira, bide eliptiko bat jarraitzeko joera duten arren.

$$E = m \cdot V = \rho \cdot v \cdot V$$

m : Uraren masa [kg]

ρ : Itsaso – uraren dentsitatea (aprox. 1022 [kg/m³])

$v = Ur$ bolumena [m³]

Errotoretik igarotzen den ur-masa baten potentzia ideala, A zeharkako sekzio batetik, honela adieraz daiteke:

$$P_T = 0.5 \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \cdot C_p$$

P_T = Errotoreak garatutako potentzia [W]

A : Turbinaren errotoreak daukan azalera [m²]

V : Korrontearen abiadura [m/s]

C_p : Turbinaren potentzia koefizientea, turbinak uretik atera dezakeen potentzia portzentaia

Marea korrontearen teknologiak airearen energia eolikoaren antzera aprobeztatzen du energia zinetikoa. Hala ere, hainbat desberdintasun daude operazio baldintzetan. Antzeko baldintzetan jardunez, ura airea baino 832 aldiz dentsuagoa da, eta ur fluxuaren abiadura, oro har, askoz txikiagoa da. Bi fluidoen arteko dentsitate diferentziaren ondorioz, ur korronteen potentzia intentsitatea aire korrontearena baino nabarmen handiagoa da. Ondorioz, ur-lasterreko turbina aire turbina baliokide bat baino askoz txikiagoa izan daiteke. Aire atmosferikoaren fluxuak ez bezala, marea korronteen predikzioa zehaztasun handiz aurreikus daiteke.

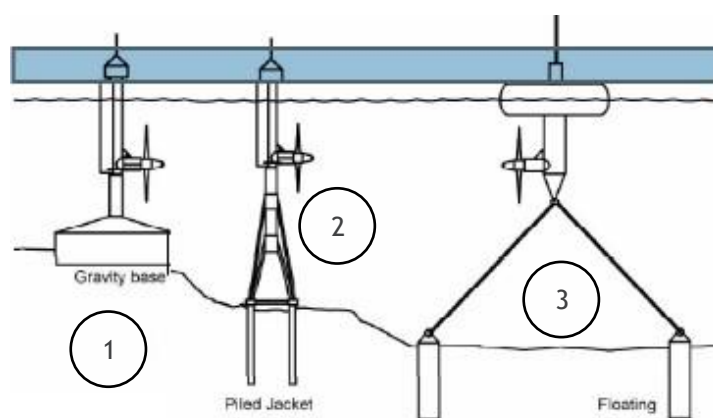
Marea-korronteko gailuen beste abantaila espezifiko bat ingurumen-inpaktu mugatua da; izan ere, horiek instalatzeko lur oso gutxi erabili behar da, eta erabat urpean dauden gailuek ez diote inguruari bisualki edo akustikoki eragingo. Azkenik, urpean dauden itsas korronteen bihurgailuek giro seguruan

lan egiten dute, muturreko baldintza atmosferikoak eragindako perturbazioak 20-30 m-ko sakoneran nabarmen leuntzen dira, eta han jarriko dira, oro har, gailuak. Hala ere, marea korronteko turbinek uretan lan egiten dutenez, turbina eolikoek baino indar eta momentu handiagoak jasaten dituzte. Gainera, marea-korronteko turbinek gai izan behar dute errefluxu-korronteetan zein uholde-korronteetan energia sortzeko, eta gai izan behar dute egiturazko kargak jasateko elektrizitaterik sortzen ez denean.

Modurik sinpleenean, marea-korronteko turbina bat kutxa batean muntatutako pala batzuek, engranaje-kaxa batek eta sorgailu batek osatzen dute. Uraren efektu hidrodinamikoak, paletan zehar dabilenean, errotorea birarazten du, horrela, errotorera konektatuta dagoen sorgailua biratuz engranaje-kaxaren bidez. Engranaje-kaxa errotorearen ardatzaren errotazio-abiadura nahi den sorgailuaren sarrera abiadurara bihurtzeko erabiltzen da. Azkenik, sortutako elektrizitatea kable bidez transmititzen da lurrera.

Turbinak euskarri-egitura batean muntatzen dira, eta egitura hori beharrezkoa da ingurumen-baldintza gogorrek jasateko. Oinarriaren aukeraketa baldintza geografikoen arabera da nagusiki, hala nola, uraren sakonera, itsas hondoreen baldintzak, korrontek eta abar, eta instalatu nahi den turbina mota. Gainera, alderdi garrantzitsua dago gailuen bideragarritasunari eta errentagarritasunari dagokionez.

Hiru euskarri-egitura nagusi daude. Lehena, grabitate-egitura hormigoizko eta altzairuzko masa handi batean datza, egituraren oinarriarekin bat egiten duena egonkortasuna bermatzeko (1). Bigarren aukera itsas hondora altzairuzko edo hormigoizko habe bat edo gehiago erabiliz finkatzen den egitura metatua da (2). Eta azkenik, hirugarren aukera oinarri flotatzailea da; bere egitura itsas hondori lotuta egon ohi da kate edo alanbreen bidez. Kasu honetan, turbina beheantz begira dagoen habe bertikal bati finkatzen zaio, eta baita egitura flotatzaile bati ere (3).



Irudia 22

KORRONTE TURBINA MOTAK

Ardatz horizontala

Turbinaren palak ur-fluxuaren norabidearekiko paraleloa den ardatz horizontal baten inguruan biratzen dira. Uraren azpian taldekatuta daude, ilaratan, parke eoliko batzuen antzera. Turbinen eragiketa-puntu optimoa kostaldeko korronteetarako da, 2 eta 2,5 m/s arteko abiadurretan. Korronte horietan, 15 m-ko diametroa duen marea-turbina batek 60 m-ko diametroa duen turbina eoliko baten adina energia sor dezake. Marea turbinak instalatzeko leku aproposak kostaldetik gertu daude, 20-30 metroko sakoneran.

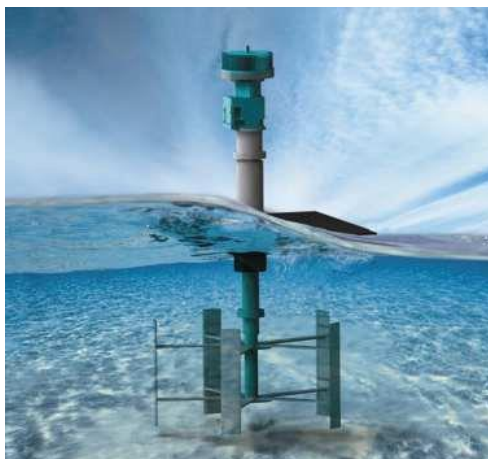


Irudia 23 [xvi]

Turbina horizontalek turbina bertikalek baino eraginkortasun apur bat handiagoa dute. Hala ere, egungo norabidearen menpe daudenez, mekanismo bat behar da hortzak birarazteko eta gehienetan oso konplexuak izaten dira.

Ardatz bertikaleko turbinak

Ardatz bertikaleko turbinak fluxu gurutzatuko turbinak dira, ardatza ur-fluxuaren norabidearekiko perpendikularrean jarrita dutenak. Fluxu gurutzatuko turbinei esker, bertikalki orientatutako erroto bat erabil daiteke, pareta zuzenean uraren azalera transmititu dezakeena transmisio-sistema konplexurik edo urpeko gondola konplexurik behar izan gabe. Ardatz bertikalaren diseinuak marea fluxua edozein norabidetatik aprobeztatzea ahalbidetzen du, energia ateratzea erraztuz, ez bakarrik bi norabidetan, hau da, sartzen den marea eta irteten dena, baizik eta fluxuaren marea-ziklo oso bat erabiliz. Gainera, hortzak erraz orienta daitezke, eta haien irismena erraz handitu daiteke. Hala ere, turbina mota hauek bibrazio asko jasaten dituzte, beraz, zaila da egonkortasuna lortzea. Ardatz bertikaleko eta ardatz horizontaleko turbinetan, errotazio-abiadura oso baxua da, 15 rpm ingurukoa.



Irudia 24 [xvii]

Flotaziokoak: Blue energy project

Lau hidrohegal finko errotore bati konektatuta daude, eta errotoreak engranaje-kaxa integratu bati eta sorgailu elektriko multzo bati eragiten die. Turbina kaxoi zehatz batean muntatuta dago, eta unitatea ozeanoaren hondora ainguratzen da. Sorgailua eta engranaje-kaxa uraren gainazalaren gainean jartzen dira, eta erraz eskura daitezke, mantentzeko eta konpontzeko.



Irudia 25 [xviii]

KORRONTE TURBINEN INGURUMEN INPAKTUA

Korronte turbinek ez dute ia ingurumen inpakturik. Izan ere, ainguratzeak ez dute ozeano hondoaren azalera handia hondatzen eta flotazio motakoak dira nabigazioa oztopatzen dituzten bakarrak.

ERABAKI HARTZEA

Kokapena

Kokapenaren erabakia hartzeko lanaren hasierako partean aztertutako marea sorkuntzaren faktoreak kontuan hartu beharko dira:

- Ilargiko erakarpen indarra.
- Eguzkiko erakarpen indarra.
- Lurraren ardatzaren inklinazioa ekliptikoarekiko, latitudean, 30°-60° artean.
- Coriolis efektua.
- Erresonantzia eta sakontasun gutxiko uretan gertatutako efektuak.
- Faktore meteorologikoak.

Hori guztia kontuan hartuz marea korrante turbinak jartzeko potentzial handiena daukaten munduko kokalekuak honako hauek dira:

	Kokapena	Altuera aldaketa
1	Minas Basin, Bay of Fundy, Nova Scotia, Kanada	11,7 m
2	Leaf Lake, Ungava Bay, Quebec	9,7 m
3	Port of Avonmouth, Bristol, Erresuma Batua	9,6 m
4	Sunrise, Turnagain Arm, Cook Inlet, Alaska	9,2 m
5	Burnham, Parrett River, Erresuma Batua	9,1 m

Taula 1

Teknologia mota erabaki taula: Marea Presak vs. Korrante Turbinak

	Energia sorkuntza MW	Jarraitutasuna	Kostua €/KWh	Bi sentsuetako operazioa	Nabigazioa	Ingurumen inpaktua
Marea presak²	240 MW 24 turbina	EZ, marea tarteetan soilik	0,12	BAI	Interferentziak	Handia
Korrante turbinak³	1500 kW Turbina bat	BAI	0,10-0,20	BAI	Interferentziarik ez	Txikia

Taula 2

² La Ranceko marea presa hartuko da erreferentziatzat.

³ Geroago azalduko den Atlantis proiektuko ardatz horizontaleko korrante turbina hartuko da erreferentziatzat.

La Rancen marea presan ikus daitekeenez 240 MW-ko potentzia duten 24 turbina osatzen dute sistema osoa. Horrek esan nahi du turbina bakoitzak 10 MW ekoizten dituela. Izatez, marea presetan dauden turbinek energia gehiago ekoizten dute balio absolutuan turbinako. Korrante turbinekin konparatzen badugu 6-7 Atlantis proiektuko turbina artean behar dira La Ranceko turbina baten energia kopuru bera ekoizteko.

Hala ere, informazio gehigarria behar da eta kWh prezioari erreparatu behar zaio. Korrante turbinek nahiko prezio errentagarriak lortu dituzte kWh-ko marea presen turbinekin alderatuz. Honi, marea presen nabigazio eta ingurumen arazoak uztartzen badizkiogu korrante turbinen interesa handiagotzen da.

Etorkizunean korrante turbinak potentzial handiena daukaten turbina mota izango dira (ikuspuntu global batetik ikusita: kostua, energia sorkuntza, ingurumen faktoreak eta itsas nabigazioa), bai marea korranteekin alderatuta eta baita gainerako itsaso energia sorkuntzarako metodoekin alderatuta ere.

Hurrengo atalean korrante turbina mota ezberdinen potentziala eta interesa aztertuko da.

Teknologia mota erabaki taula: Korrante turbina motak

	Energia sorkuntza MWh	Jarraitutasuna	Kostua €/KWh	Bi sentsuetako operazioa	Nabigazioa	Ingurumen inpaktua
Ardatz horizontala	1500 kW	BAI	0,15	BAI	Interferentziarik ez	Txikia
Ardatz bertikala	1000 kW	BAI	0,17	BAI	Interferentziarik ez	Txikia
Flotaziozko turbina⁴	1500 kW	BAI	0,15	BAI	Interferentziak	Txikia

Taula 3

Lehen azaldu den bezala, ardatz horizontaleko turbinek ardatz bertikalekoek baino efizientzia handiagoa dute. Mantentze lanei erreparatuz, flotaziozkoak dira interesgarrienak sorgailua itsas gainazalean daukatelako. Eta azkenik, nabigazioarekin interferentzia txikiena dutenak urperatutako ardatz bertikal zein horizontaleko turbinak dira. Honakoa ikusita, ardatz horizontaleko turbina mota etorkizunerako potentzial handiena duena dela ikusi da. Teknologia mota hau ez da oraindik ere eskala industrialean garatu, nahiz eta proba pilotoak egin diren. Eskala handiko lehen programa Atlantis proiektua izango da eta hurrengo orrietan azaldu egingo da.

⁴ Flotaziozko turbinaren kasuan ardatz horizontaleko motaren konparazioa egingo da.

ATLANTIS PROIEKTUA

Europako marea korrante proiektu handienaren jabe nagusia da Atlantis enpresa. Indian, Atlantisek mareen baliabide eremu gehiago identifikatu ditu, eta Gujarat Power Corporation Ltd enpresarekin lanean aritu da, Kutcheko Golkoan 200 MWeko proiektu baterako diseinu kontzeptuala eta adostasuna osatzeko.

Frantzia, Normandiarako Garapen Agentziarekin (Normandie Développement), Normandiako garapen ekonomikorako eskualdeko agentziarekin eta Normandie Participations eskualdeko inbertsio funtsarekin enpresa bateratu bat adostu du, Raz Blancharden eskala handiko energia mareomotrizeko proiektu bat garatzeko. 2021ean AR1500 motako marea-turbinen lehen seriea sortzeko asmoa du, 2022tik aurrera proiektu handiagoak abiarazi aurretik.

Hurrengo paragrafoetan AR1500 turbina motaren analisia egingo da, turbina, palak, pitch sistema, konfigurazio mekanikoa eta espezifikazio taula.

TURBINA

Turbinak kontrol sistema ugari ditu bere barruan, eta horrek erabilera jarraitua ahalbidetzen du, korrantearen norabidean zuzentzeko mekanismoari esker. Baldintza monitorizatzeko sistema integral batek akatsak aurreikustea eta planifikatutako mantentze-lanak egitea ahalbidetzen ditu, beharrezkoa denaren arabera. Turbina 25 urteko bizitza baliagarri baterako diseinatuta dago, aldi horretan hiru zerbitzuekin, 6 urteko tartetean.

PALAK

Palak turbina baten zati kritikoak dira, isurtzen den uraren energia hartu eta ardatzaren zentzora eramaten baitute. Abiadura handiko marea-korranteen fluxuek energia asko dute, eta horrek marea-turbinaren palak karga handiak jasan behar dutela esan nahi du, eta fluxuen turbulentziak karga etengabe aldatzen dela esan nahi du.

Ondorioz, hortzek ez dute soilik forma eraginkorra izan behar, oso indartsuak ere izan behar dira. AR1500 hortzak karbono-zuntzeko bi "larruz" eginda daude, laminari forma eman eta kargak garraiatzen dituztenak. Egitura eraginkor horrek estruktura meheak izatea ahalbidetzen du, eta horrek errotorearentzat errendimendu hidrodinamiko hobea, pisu arinagoa eta errentagarritasun hobea dakar.

Engranaje-kaxaren eta sorgailuaren kanpoko karkasak itsasoko urarekin zuzenean kontaktuan daude; horrela, biak modu pasiboan hozten dira.

Ura horietan zehar ibiltzen da, osagaien bizitza handiagoa ziurtatuz. Soluzio sinplea, baina eraginkorra da eta ez du hozte sistema aktiboekin beharrezkoa litzatekeen mantentze erregularrago baten beharra.

PITCH SISTEMA: PALEN INKLINAZIOA

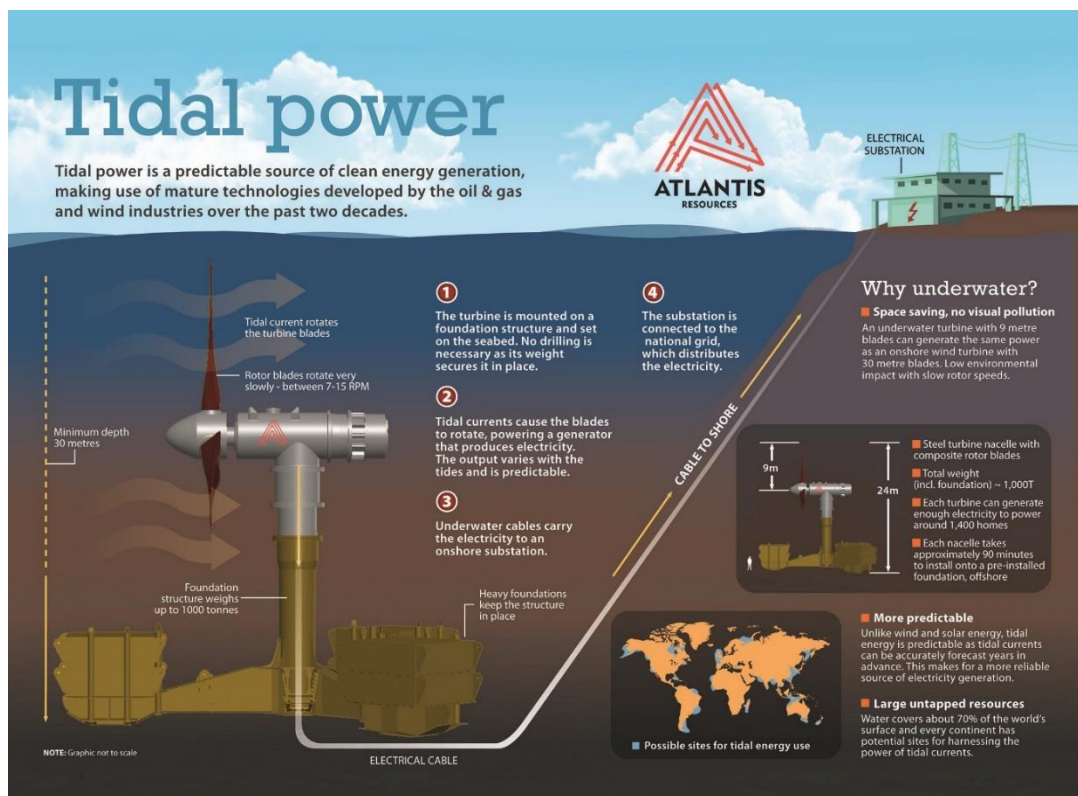
Turbinak abiaraz daitezkeen behe korrante eta korrante nominalaren artean daudenean, palak inklinazio angelu finko batean mantentzen dira. Korrante nominalaren gaineratik, palak pixkanaka okertzen dira energia askatzeko eta turbina potentzia nominalari eusteko. AR1500ko pasabide-sistema hidraulikoki bultzatzen da; eragingailu-sistema autonomoa baitauka. Sistema kolektiboa da, eta eragingailu bakar batek hiru hortzei eragiten die aldi berean. Horrek sisteman dauden osagaien kopurua murrizten du, eta erredundantzia-maila ugari txerta daitezkeela esan nahi du, erabateko fidagarritasuna sustatuz.

Abiadura-kaxa 2 etapako diseinu epizikloidal bat dauka, planeta-pasagailu malguaren teknologia erabiltzen duena ardatzeko flexioekiko eta talka-kargekiko tolerantzia dena. Horren ondorioz, transmisio guztia gondolaren eta kargapeko ardatzaren mugimenduarekiko sendoa eta sentisblea da. Engranaje-kaxak olio ponpatuzko lubrifikazio sistema bat du, engranajeko sare eta kojinetek guztiak ondo hoztea eta lubrifikatzea bermatzen duena.

Sorgailua engranaje-kaxarekin integratuta dago, engranaje-kaxaren irteera-ardatzeko kojinetek eutsitako sorgailuaren errotorearekin. Horrek esan nahi du ez dagoela sorgailu kojinetek independenterik, eta unitate birakari guztia gaitasun handiko lubrifikazio sistema berak estaltzen duela. Sorgailua abiadura-tarte zabal batean efizientzia handiz funtzionatzen duen iman iraunkor motakoa da.

KONFIGURAZIO MEKANIKOA: ARDATZA ETA ERRODAMENDUAK

Bujea errotoreari eusten dion ardatz baten gainean muntatzen da, eta pareta engranaje-kaxara transmititzen du. Ardatzak, aurrealdean diametro handiko arrabolak errodatuz funtzionatzen du, eta atzealdean engranaje-kaxaren sarrerako errodamenduak eusten ditu. Koipea duen lubrifikazio-sistema automatiko batek ziurtatzen du errodamendua garbi eta lubrifikatuta mantenduko dela zerbitzuen artean.



Irudia 26 [xvi]

ESPEZIFIKAZIO TEKNIKOAK

Operational Data

Rated Operational Maximum 3,0 m/s
Operational 5,0 m/s

Gearbox

Type Two-Stage Planetary Flexi-Pin
Rating 1500 kW at 14 rpm
Ratio 1:27
Cooling Passive (sea water)

Dimensions

Turbine Length 12 m
Weight in air 150 T

Power Conversion

Type Four Quadrant MV Converter
Rating 1500 kW

Rotor

Blade Diameter 18 m
Hub Diameter 2,4 m
Pitch-able blades Yes

Stab & Foundation

Yaw Drive System Yes
Foundation Type Gravity-Based or Pylon

Generator

Type Radial flux
Rating PMG 1500 kW
Voltage 4,16 kV
Efficiency 97%

Taula 4

GANTT DIAGRAMA

Gantt diagrama lanean jarraitutako pausoak definitzen eta azaltzen ditu, proiektuan zehar erabilitako iraupena eta baliabideak kontuan hartuz. Proiektuaren Gantt diagrama egiteko Smartsheet tresna informatikoa erabili egin da.

ZEREGINEN DESKRIBAPENA

Hurrengo lerroetan elkar segidako atazak definituko dira eta bakoitzari dagokion deskribapena, baliabide teknikoak, giza baliabideak eta iraupena esleituko zaizkio.

1. ATAZA: Proiektuaren definizioa

Deskribapena: Proiektuaren helburuak eta nondik norakoak definitzea

- **Iraupena:** 1 aste.
- **Baliabide teknikoak:** Informe teknikoak eta ordenagailua.
- **Giza baliabideak:** Junior Ingeniaria, Senior Ingeniaria.

2. ATAZA: Informazioa bilatzea

Deskribapena: Lana aurrera eramateko beharrezko informazioa bildu eta irakurri. Testuingurua eta helburuak.

- **Iraupena:** 3 aste.
- **Baliabide teknikoak:** Kontsulta liburuak, artikuluak eta ordenagailua.
- **Giza baliabideak:** Junior Ingeniaria.

3. ATAZA: Alternatiben analisia

Deskribapena: Bildutako informazioa erabiliz, alternatiba desberdinak aztertu eta soluzioa aukeratu.

- **Iraupena:** 1 aste.
- **Baliabide teknikoak:** Liburuak eta ordenagailua.
- **Giza baliabideak:** Junior Ingeniaria, Senior Ingeniaria.

4. ATAZA: *Garapen teorikoa*

Deskribapena: Aukeratutako soluzioarentzako ikasketa teorikoa egitea.

- **Iraupena:** 1 aste.
- **Baliabide teknikoak:** Liburua, ordenagailua, Excel kalkulu orria...
- **Giza baliabideak:** Junior Ingeniaria.

5. ATAZA: *Ondorioak*

Deskribapena: Lortutako erantzunetatik eta laneko prozesu osotik ondorioak eta konklusioak ateratzea.

- **Iraupena:** 1 aste.
- **Baliabide teknikoak:** Ordenagailua.
- **Giza baliabideak:** Junior Ingeniaria.

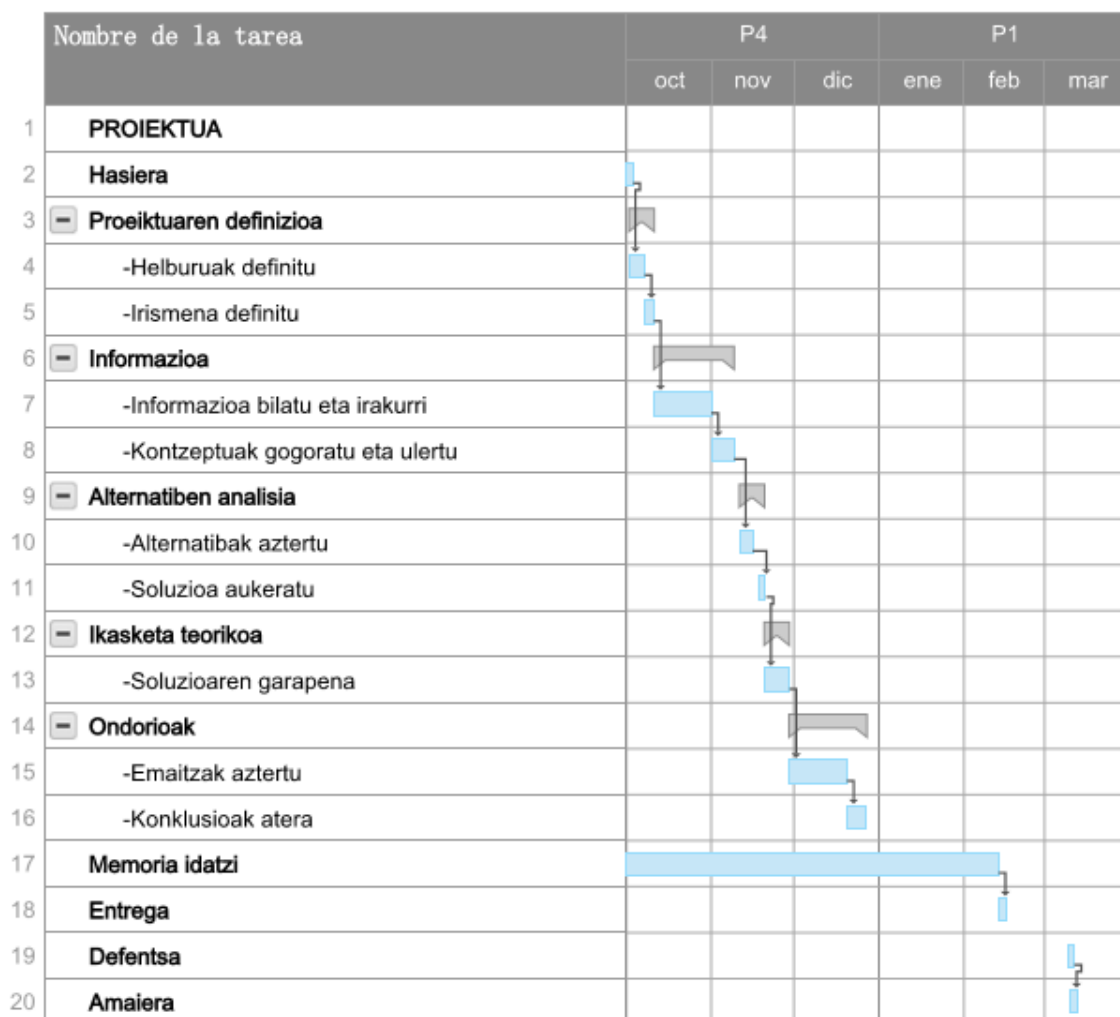
6. ATAZA: *Lanaren amaiera*

Deskribapena: Memoriaren idazketa amaitzea, zuzenketa eta lana entregatzea.

- **Iraupena:** 1 aste.
- **Baliabide teknikoak:** Liburuak eta ordenagailua.
- **Giza baliabideak:** Junior Ingeniaria, Senior Ingeniaria.

GANTT DIAGRAMA

Gantt diagramak planifikatutako denbora grafiko horizontal bidez aurkezten du, atazak eta epeak adieraziz. Modu honetan atazen arteko menpekotasuna eta proiektu osoaren iraupena ikus daitezke besteak beste.



Taula 5

AURREKONTUA

Aurrekontu honetan gradu amaierako lanaren analisia egiteko beharrezkoak diren baliabideak kostean dira:

BARNE ORDUAK	ORDUAK [h]	KOSTUA [€/h]	KOSTUA [€]
Junior Ingeniaria	150	30,00	4500,00
Senior Ingeniaria	20	50,00	1000,00
AZPITOTALA			5500,00

Taula 6 - Barne orduak

AMORTIZAZIOA	HASIERAKO BALIOA [€]	BIZITZA ERABILGARRI [urtea]	ERABILTZE DENBORA [urte]	AMORTIZAZIOA [€]
Ordenagailua	1000,00	5	1	200,00
Mikrosoft Office lizentzia	99,00	1	1	99,00
AZPITOTALA				299,00

Taula 7 - Amortizazioak

GASTUAK	KOPURUA	KOSTUA [€/unit]	KOSTUA [€]
Bulego materiala	1	75,00	75,00
Kontsulta materiala	1	50,00	50,00
AZPITOTALA			125,00

Taula 8 - Gastuak

KONTZEPTUA	GUZTIZKOA [€]
BARNE ORDUAK	5500,00
AMORTIZAZIOAK	299,00
GASTUAK	125,00
AZPITOTALA	5924,00
Kostu ez-zuzenak (%5)	296,20
TOTALA	6220,20

Taula 9 - Aurrekontua

KONKLUSIOAK

Proiektu honen bidez itsas energia sorkuntzarako marea korrante sorkuntzako turbina motak aztertu dira, honen errefortzu egokia egin ahal izateko. Egokitasun horren zehaztapena kokaleku geografikoko mareak aztertuz eta turbinen ezaugarrien analisisa eginez aurrera eraman da.

Hala ere, ikertzeke eta hobetzeke dagoen teknologia da. Horregatik, agiri honetan proposatutako azterketak, etorkizunean kokapen geografikoa edo turbina mota aldatzekotan analisi eta dimentsionamendu berria egiteko irizpideak zein datu hurbilduak eskainiko ditu.

Marea korrante energiak potentzial handia duen energia berriztagarriko iturria da eta beste itsaso energiekin alderatuz interesgarrietakoa da energia sorkuntzari, ingurumen inpaktuari eta kostu eta errentagarritasunari dagokionez.

INGURUMEN INPAKTUA

Marea korrante energia, gainerako itsas energia sorkuntza iturriekin alderatuz ingurumen inpaktu txikienetakoa duena da. Marea presekin konparatu ezker argi dago alde handia dagoela bata eta bestearen artean ingurumenari dagokionez.

KOSTUA ETA ERRENTAGARRITASUNA

Kostu eta errentagarritasunari dagokionez, korrante turbinen diseinu, fabrikazio, instalazio eta mantentzea marea presen kostuekin lehia dezake. Izan ere, teknologia berria izanik, dagoeneko antzerako kostuak ditu (La Rance eta Atlantis proiektuak alderatuta). Honako egoera hau, etorkizun handiko teknologia mota dela agerian uzten du eta, badirudi, aurrerantzean kostuak txikituko direla teknologia garatzen den heinean.

TEKNOLOGIA GARAPENA

Marea korrante energia sorkuntzarako turbinak garatzeko bidean daude. Izan ere, ikerketa fasean dauden zenbait proiektu berri hasi dira azken urteetan. Horien artean ezagunena aztertu den Atlantis proiektua da non froga pilotoak egin diren dagoeneko. Marea korranteen lehen belaunaldiko turbina motak garatuak daude eta hurrengo urteetan teknologia industria mailan frogatu eta hobetzen joango da.

BIBLIOGRAFIA

TESTUAREN ERREFERENTZIAK

- [1] Baker, A., & Baker, A., Baker, A. C. (1991). *Tidal power* (lee energy series, 5). London: Peter Peregrinus.
- [2] Hardisty, J. (2009). *The analysis of tidal stream power*. Chichester, Wiley.
- [3] Gray, T., & Gashus, O. (1972). *Tidal power: Proceedings of an international conference on the utilization of tidal power held may 24-29, 1970, at the atlantic industrial research institute, nova scotia technical college, halifax, nova scotia*. Boston, MA: Springer US.
- [4] Charlier, R., & Finkl, C. (2009). *Ocean energy : Tide and tidal power*. Berlin: Springer. doi:10.1007/978-3-540-77932-2
- [5] <https://tidesandcurrents.noaa.gov/restles3.html>
- [6] <https://tidesandcurrents.noaa.gov/harmonic.html>
- [7] <https://www.sailingissues.com/navcourse7.html>
- [8] <https://www.sailingissues.com/navcourse6.html>

IRUDIEN ERREFERENTZIAK

- [i] <https://i.ytimg.com/vi/sLIHQ-2TbvA/maxresdefault.jpg>
- [ii] <https://i.ytimg.com/vi/7ZN5CthZhvg/maxresdefault.jpg>
- [iii] https://www.makai.com/images/Offshore_OTEC_Diagram_900x489.png
- [iv] <https://www.nextenergynews.com/pictures/Next10.8c.jpg>
- [v] https://piperguru.weebly.com/uploads/1/8/6/5/1865896/7344521_orig.jpg
- [vi] https://lh3.googleusercontent.com/proxy/s2NGMZoroDIH2mEZflA59vEuBTchWvVrw0q6eTumEm9CPi_rjT0QYU1K2hhz711Itaq7ZYZ9uZzfxqXuUSj2xc-mm2QvxbmSnlhEswQHFATYYdmVCQDuG0uXkvKXAYNIYz540MRME9PwP
- [vii] https://eve.eus/imagenesdiccionario/006104_EN_artik-img1.jpg

[viii] <https://www.sailingissues.com/navcourse6.html>

[ix] <https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-dfcb44fd7db89a61ebba72740aa0d848>

[x] <https://www.sailingissues.com/navcourse6.html>

[xi]

<https://web.archive.org/web/20080513175027/http://www.oceanenergycouncil.com/index.php/Tidal-Energy/Tidal-Energy.html>

[xii] [https://1.bp.blogspot.com/-](https://1.bp.blogspot.com/-xiYPHc2OzBw/Tpmy71SlGYI/AAAAAAAAEys/WCQ1FTtMJ2U/s400/cpcgcm.png)

[xiYPHc2OzBw/Tpmy71SlGYI/AAAAAAAAEys/WCQ1FTtMJ2U/s400/cpcgcm.png](https://1.bp.blogspot.com/-xiYPHc2OzBw/Tpmy71SlGYI/AAAAAAAAEys/WCQ1FTtMJ2U/s400/cpcgcm.png)

[xiii] <https://www.yourelectricalguide.com/wp-content/uploads/2018/12/tidal-power-plant-working-principle-1.png>

[xiv] Gerard, K. (2012). *Tidal power and tidal forces* (1st ed.) [1st ed.]. Delhi: Orange Apple.

[xv] <https://image.slidesharecdn.com/tidalpowernishant8thsem-150131015842-conversion-gate02/95/tidal-power-generation-of-electricity-using-tidal-energy-11-638.jpg?cb=1422669680>

[xvi] <https://simecatlantis.com/projects/>

[xvii]

https://www.researchgate.net/profile/Joseph_Burchell2/publication/329141142/figure/fig31/AS:774770022940673@1561730976255/37-Vertical-axis-tidal-turbine-topology-81.jpg

[xviii] <http://www.tidalys.com/en/technology-gc39.html>