

MEATZARITZA ETA ENERGIEN TEKNOLOGIAREN INGENIARITZA GRADUA

GRADU AMAIERAKO LANA

EUSKAL AUTONOMIA ERKIDEGOKO ENERGIA EOLIKOAREN APROBETXAMENDUAREN ANALISIA

Ikaslea: Basarrate Atxurra, Jon

Zuzendaria: Larruscain Escobal, Dunixe Marene

Kurtoa: 2018-2019

Data: 2019ko Ekainaren 17an

Aurkibidea

1.-Laburpena	1
2.- Aurrekariak.....	3
2.1.-Testuinguru historikoa	3
2.2.-Europar Batasuneko egoera energetikoa	5
2.3.-EAE-ko egoera energetikoa.....	6
2.4.-EAE-ko energia eolikoa	12
3.-Xedea eta hedadura	14
4.-Legedia	15
5.-Hautabideen azterketa	17
5.1.-Parke eolikoa Bizkaian	17
5.1.1.-Kokapena	17
5.1.2.-Bideragarritasuna.....	19
5.2.- Parke eolikoa Gipuzkoan.....	20
5.2.1.-Kokapena	20
5.2.2.-Bideragarritasuna.....	22
5.3.-Parke eolikoa Araban	23
5.3.1.-Kokapena	23
5.3.2.-Bideragarritasuna.....	25
5.4.- Hautabidea.....	26
5.5.-EAE-ko kontsumoa elektrikoa	27
5.6.-Etorkizuneko energia eolikoa EAE-n	29
6.-Parke eolikoa Bizkaian	32
6.1.-Osagaiak	32
6.1.1.- Sorgailu eolikoak	32
6.1.2.-Transformazio zentroa	36
6.1.3.-Lurrazpiko linea elektrikoa.....	39
6.1.4.- Jarako Azpiestazioa elektrikoa	42
6.2.- Obra burutzeko plangintza	43
6.3.- Bideragarritasun energetikoa	44
7.-Aurrekontua	47
7.1.-Energiaren ustiaketa kostuak.....	49
7.2.-Bideragarritasun ekonomikoa.....	50
8.-Ondorioak	52

9.-Bibliografia 54

1.-Laburpena

Castellano:

Mediante la elaboración de este estudio, se ha tratado de investigar la explotación del recurso eólico del que se dispone en la Comunidad Autónoma Vasca. Para ello, se han empleado los datos energéticos del año 2016 (últimos datos publicados), publicados por el Ente Vasco de Energía. Tras finalizar el estudio de dichos datos, se ha llegado a la conclusión de que actualmente, la energía eólica y la biomasa, son los recursos energéticos más eficientes de los que se disponen en la CAV. Por todo ello, se ha investigado si sería posible impulsar la energía eólica en Euskadi.

Para la realización de esta investigación, se han determinado tres puntos geográficos diferentes (uno en cada provincia de la CAV). Posteriormente, se han analizado los datos obtenidos para poder seleccionar el punto o la zona más interesante de las tres. En este caso, las mejores condiciones climatológicas para el aprovechamiento del recurso eólico, se han dado en la cordillera de Ordunte. Para poder analizar en profundidad tanto la viabilidad energética y económica de dicho emplazamiento, se propone y se analiza la aplicación de una instalación eólica de 50MW.

Euskera:

Lan honen bitartez, EAE-ko energia eolikoaren aprobetxamenduaren inguruko ikerketa burutu da. Horretarako, Energiaren Euskal Erakundeak 2016. Urtean argitaraturiko datu energetikoa sakonki aztertu dira (argitaraturiko azkenengo datuak dira). Datu enereetikoak aztertuz gero, EAE-ko errekurtsu energetiko nagusiak energia eolikia eta biomasa direla ikusi da. Honela izanda, energia eolikoaren aprobetxamendua bultzatzea posiblea den ikertu da.

Energiaren aprobetxamendua bultzatzea posiblea den edo ez ikusteko, Euskadiko probintzia bakoitzeko parke eoliko baten eraikuntza burutzeko kokagune bat zehaztu da eta energetikoki interesgarriena hautatu da. Kasu honetan, baldintza klimatologiko aproposenak aurkezten duen kokagunea, Ordunteko mendilerroa dela ikusi da. Bertan 50 MW-ko potentzia instalatua aurkezten duen parke eoliko baten eraikuntza proposatu da. Ondoren, proposaturiko parkearen bideragarritasun energetikoa zein ekonomikoa aztertu da.

English:

Through the elaboration of this study, an attempt to investigate the exploitation of the wind resource that is available in the Basque Autonomous Community has been made. For this objective, the energy data of 2016 have been used (the latest published data), published by the Basque Energy Agency. After completing the study of these data, it has been concluded that currently, wind energy and biomass, are the most efficient energy resources available in the BAC. For all these reasons, it has been investigated if it would be possible to boost wind energy in the BAC.

For the realization of this investigation, three different geographical points have been determined (one in each province of the BAC). Subsequently, the data obtained was analysed in order to be able to select the most interesting point or zone. In this case, the best climatological conditions for the use of the wind resource, have been detected in the Ordunte mountain range. In order to analyse in depth the energy and economic viability of this emplacement, the application of a 50MW wind facility is proposed and analysed.

2.- Aurrekariak

Hasi baino lehen, gaur egungo egoera energetikoa hobeto ulertzea interesgarria da. Horregatik, historian zeharreko energiaren erabilera, EB-ko egoera energetikoa, EAE-ko egoera energetikoa eta azkenik, EAE-ko energia eolikoaren inguruko azterketa burutu da.

2.1.-Testuinguru historikoa

Lehen industria iraultzatik aurrera, gizakiak energia kontsumitzeko izan dituen moduak edo formak ugariak izan dira. XVIII. Mendean, erregai fosilen erabilera soilik medikuntza eta helburu militarretarako zuzentzen zen. Garai hartan, energia baliabiderik garrantzitsuen egurra zen. Hau da, industria iraultzaren aurretik, energia sorkuntzaren gehiengoa egurrean zuen oinarria. Esaterako; etxebizitzetan, tailerretan edo manufakturatuen sektorean berokuntzarako edo argi elementu gisa erabiltzen zen. Hala ere, ur errotak eta bestelako energia iturri naturalak existitzen ziren [1].

Mundu mailan, industria iraultza XIX. Mendean erdialdetik aurrera era nabarmenean hasi zen. Horrek, energia kontsumoan sekulako eragina izan zuen. Aipaturiko energiaren kontsumo gorakada asetzeko ikatza agertu zen. Lurrun makinaren, lehen industria iraultzaren asmakuntzarik esanguratsuen, energia iturria ikatza izan baitzen [1].

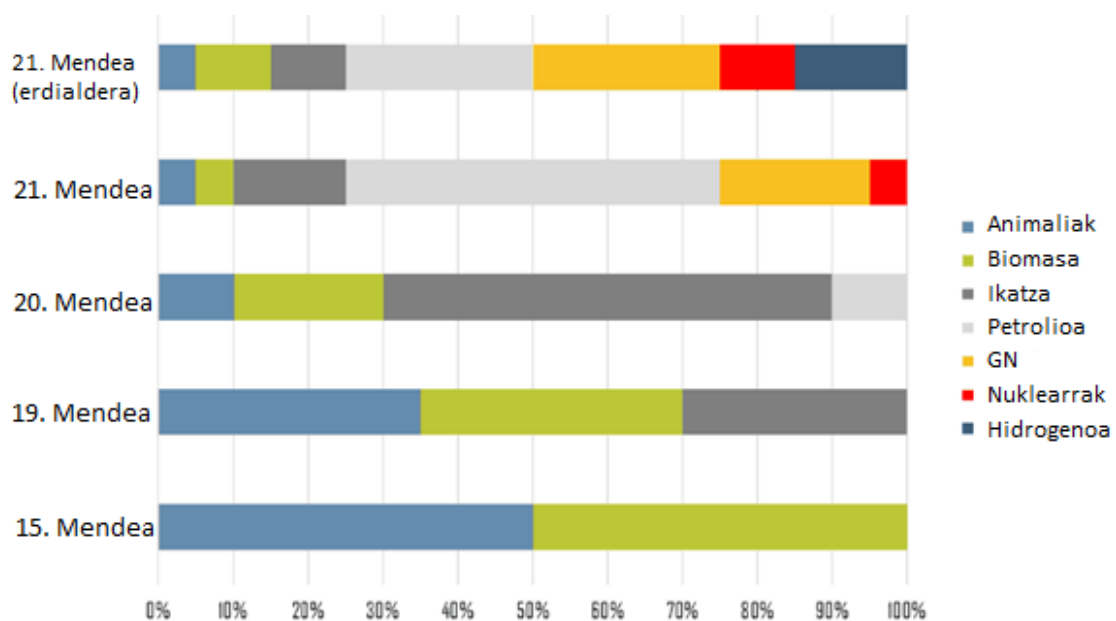
Ikatzen nagusitasuna XX. Mendean erdialdean amaitu zen. Izan ere, lehen energia baliabidea petrolio bilakatu zelako. Hala ere, ikatzen erabilera energetikoak berrituz joan dira. Gaur egun, nahiz eta ingurumenarekiko kaltegarria izan (haren errekuntzan CO₂ igorpenak sortzen direlako), elektrizitatea sortzeko baliabide merke eta erabilia da [2].

Bigarren industria iraultzarekin batera, berriz ere kontsumo energetikoaren gorakada nabaria etorri zen. Kontsumo gorakada horren sustatzaile energetikoak, petrolio eta gas naturala izan ziren (ikus 1. Irudia). Izan ere, asmakuntza berriak hornitzeko baliabidea zirelako. Adibidez, barne errekuntzako motorra. Hasieran Automobilak eta ondoren hegazkinak bultzatu dituen asmakuntza [2].

1970. Urteetako krisiak (petrolioaren krisi famatua), energia berriztagarriak bulkatu zituen. Bereziki, mendebaldeko estatuen artean (Europa, Amerika, Australia besteak beste) izan zuen eragina. Petrolioaren prezio igoerak ekonomian izandako inpaktuaz aparte, mugimendu ekologistek energia berriztagarrien alde ekin zuten. Esaterako, istripu nuklearrak eta erregaien igorpenen kutsakorren aurka. Honela, gizartearen pentsamenduan eragin zen eta energia berriztagarriak bultzatu ziren [1].

Energia elektrikoaren sorrera ezinbestekoa izan zen. Energia biltegitzeko eta garraiatzeko era findua eta estandarizatua aurkezten baitu. Honela, haren kontsumoa era nabarmenean errazten da [1].

Hurrengo irudian, historian zehar erabili diren errekurtsu energetikoen garrantzia aurkezten da. Egindako energien bilakaerarekin konparatuz, aipaturiko bilakaera energetikoa eta 1. Irudian aurkezten dena bat datoz. Azkenik, XXI. Mendearen erdialdera erabiliko diren energien estimazioa ikus daiteke. Honen arabera; nuklearraren eta biomasaren gorakada, hidrogenoaren agerpena (%15 inguruko presentziarekin) eta erregai fosilen gutxitzea gertatuko da [2].



1.Irudia. Energiaren erabilera historian zehar [1].

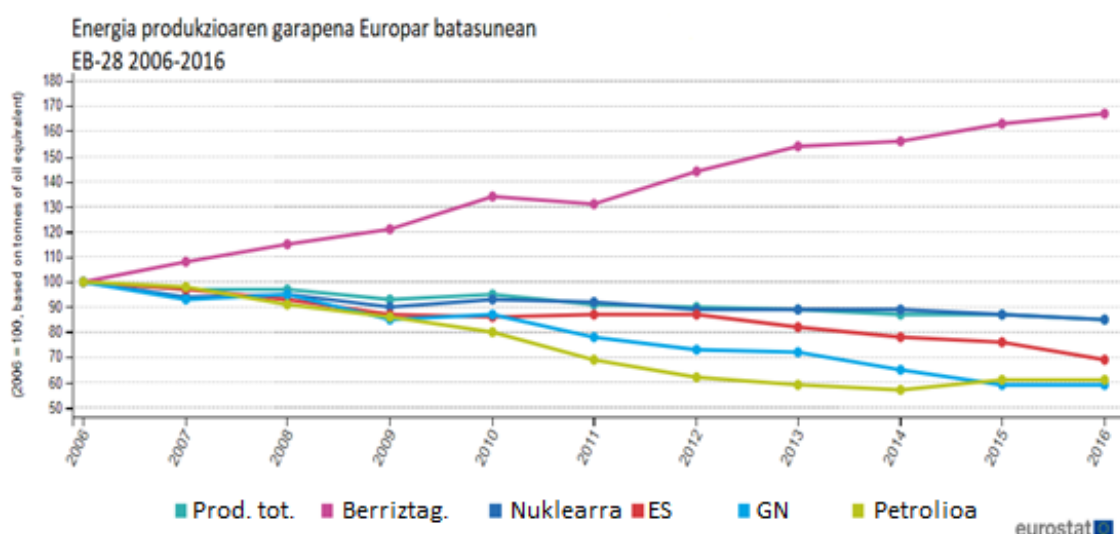
2.2.-Europar Batasuneko egoera energetikoa

Europako egoera energetikoa aztertzeko, "EU energy trends and macroeconomic performans" ikerketa, oinarri aproposa da. Izan ere, ikerketa horretan Europar Batasuneko eskaintza eta eskari energetikoaren tendentzia aztertzen baita [3].

Ikerketaren arabera, mundu osoko sektore energetikoan aldaketa nabariak ematen ari dira. Europaren kasuan, aipaturiko aldaketak ingurumenarekiko onuragarriak dira. Esaterako, ikatzaren kontsumo jaitsiera historikoak erregistratzen ari dira (CO2 eta bestelako gas kutsakorrek igortzen dira haren errekuntzan). Ikatzen ordez, gas naturalaren presentzia handitzen da (ikatz baino gutxiago kutsatzen duen errekurtsoa). Baita ere, energia elektrikoaren, bioerregaien eta energia berriztagarrien gorakadei buruzko datuak biltzen dira [3].

Europa mailan, sektore energetikoan egiten ari diren inbertsio ekonomiko garrantzitsuenak, energia berriztagarrien inguruan ematen dira. Bereziki, eguzki energia eta energia eolikoan. Izan ere, berriztagarrien artean gaur egun potentzial handiena dutenak baitira (teknologia eta azpiegitura garatua eta eraginkorrena). Bestalde, inbertsio ekonomikoaren atal nagusi bat, bereziki gastu publikoa, eraginkortasun energetikoaren garapenean eta ikerkuntzan egiten da [3].

EB-en, berriztagarrien bidezko produkzio energetikoa nagusitu egin da azken 10 urteetan (ikus 2. Irudia). Hala ere, 2016. Urteko datuen arabera, menpekotasun energetikoa %53,4koa da. Hau da, EB-n kontsumitzen den energiaren erdia baino gehiago kanpotik dator [4].

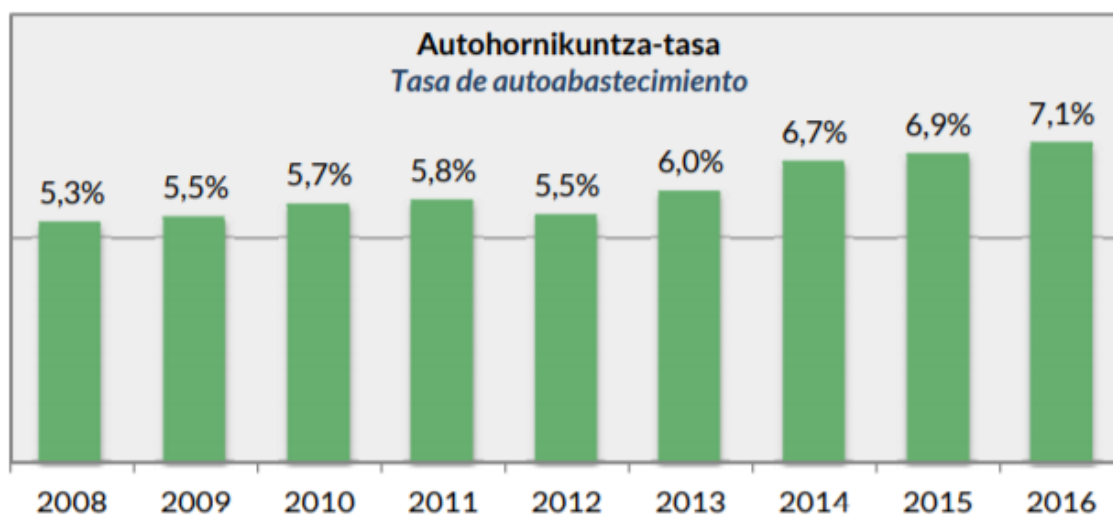


2. Irudia. EB-ko produkzio energetikoaren garapena 2006-2016 bitartean [2].

2.3.-EAE-ko egoera energetikoa

Behin Europar Batasuneko tendentzia energetikoa ikusita, EAE-ko 2016. Urteko kontsumo energetikoko datuak sakonki aztertuko dira:

Hasteko, auto-hornikuntza tasari buruzko analisia egin da. EAE-ko egoera energetikoaren seinale adierazgarria baita. Kasu honetan, EAE-ko auto-hornikuntza tasa %7,1koa da (Ikusi 3. Irudia). Beraz, Euskadin kontsumitzen den energiaren %92,9a kanpotik dator. EAE-n, energia sortzeko baliabideak eskasak dira. Izan ere, erregai fosilak ustiatzeko aukerarik ez baitago. Bestalde, energia eolikoa eta biomasa ustiatzeko potentzial handia dago. Hala ere, energia hauen aprobetxamendua baxua da eta ondorioz, auto-hornikuntza tasa kezkarria dela ikus daiteke [5].



3.Irudia. EAE-ko auto-hornikuntza energetikoaren tasa [3].

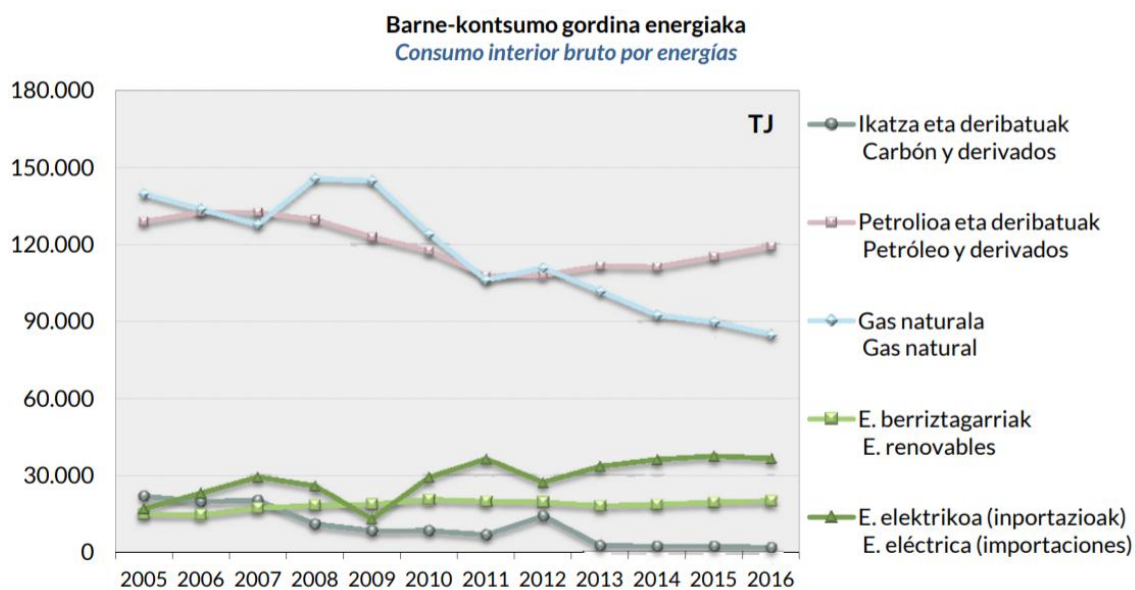
Euskal Autonomia Erkidegoan dagoen auto-hornikuntza tasa energetikoa eta Europar Batasuneko bestelako estatu ezberdinetan dagoenarekin konparatzen baldin bada, baxuenetarikoa da. Esaterako, Luxenburgoren (%95,9ko menpekotasun energetikoa) atzetik EAE-ren presentzia ikus daiteke, %92,9ko menpekotasun energetikoarekin [5].

Europar Batasuna osatzen duten hogeita zortzi estatuek, %54ko menpekotasun energetikoa aurkeztzen dute. EAE-ko menpekotasun energetikoarekin konparatuz, ezberdintasun adierazgarriak ikus daitezke [5].

Ondoren, energiaren barne kontsumo gordina (lurreko konkretu baten eskaria asetzeko sorturiko edo inportaturiko energia totala da) aztertzea interesgarria da, tendentzia energetikoa hobeto ulertzeko [5].

Gaur egun EAE-n gehien kontsumitzen diren errekurtsu energetikoak, petrolioa eta haren deribatuak eta gas naturala dira (ikusi 4. Irudia). Ondoren, inportaturiko energia elektrikoa ikus daiteke eta azkenik energia berriztagarriek sortutako energia. Ikatza presentzia minimo historikoetan dagoela esan daiteke. Izan ere, ikatzaren bidez hornituriko energia ehunekoak, soilik %0,5koa baita [5].

Urteetan zehar, energia baliabide ezberdin hauen erabilera, ez da lineala izan. Esaterako, petrolioaren eta haren deribatuen kontsumoa tendentzia gorakorra aurkezten du, bereziki 2011. Urteetik aurrera. Aldiz, gas naturala eta ikatzaren kasuan, tendentzia beherakorra ikus daiteke 2005-tik 2016ra. Energia berriztagarrien bidezko kontsumoa, aztertzen ari diren urteetan zehar ez da era nabarmenean aldatu. Izan ere, Euskadin denbora tarte honetan instalatu diren energia berriztagarrien instalazioak eskasak baitira (soilik 59MW eguzki energia termikoan) [5].



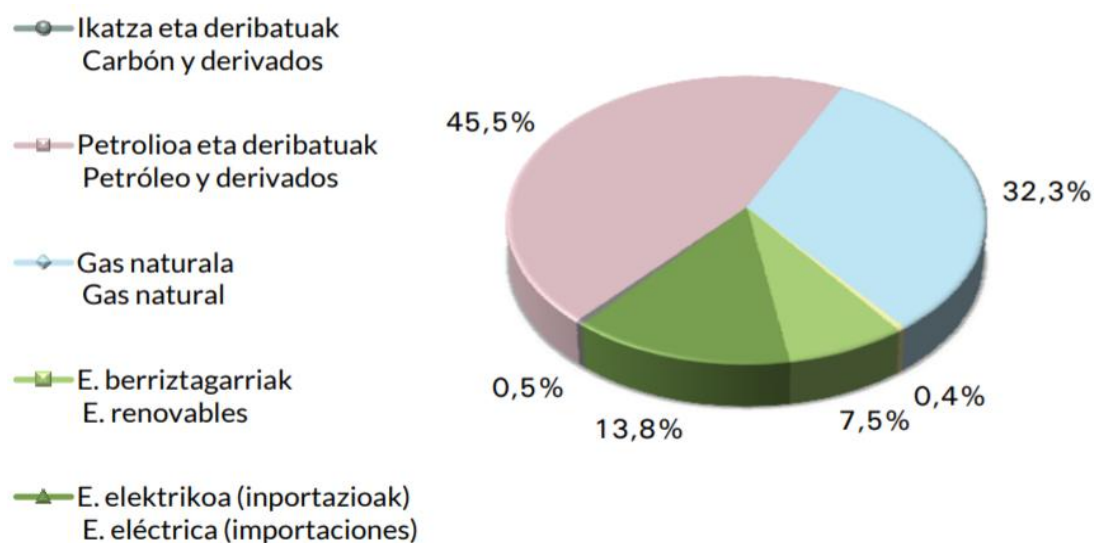
4. Irudia. 2016. Urtean EAE-n kontsumituriko energien grafika [3].

Aipaturiko energia baliabideak aurkezten duten kontsumo totalaren ehunekoak hurrengoak dira (ikusi 5. Irudia) [5]:

- %45,5 petrolioa eta deribatuak.
- %32,3 gas naturala.
- %13,8 inportaturiko energia elektrikoa.
- %7,5 energia berriztagarriak.
- %0,5 ikatza eta deribatuak.

Ehuneko hauei erreparaturaz, erregai fosilen nagusitasuna garbia da. Are gehiago, inportaturiko energia elektrikoaren sorkuntza, erregai fosiletan oinarria izan dezakeela kontutan hartu gabe, gas naturala eta petrolioaren bidez hornituriko kontsumoaren partea %77,8koa da [5].

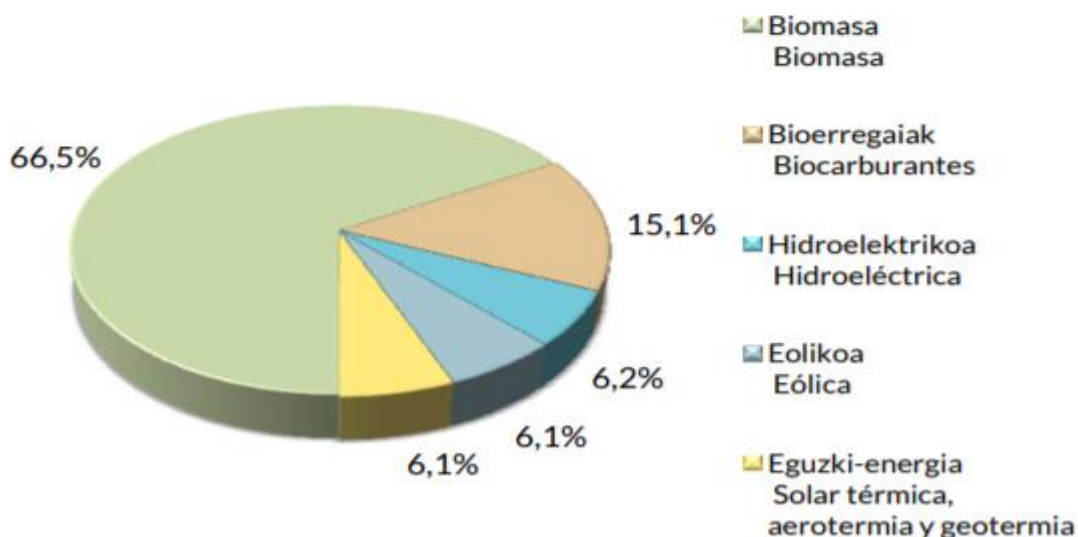
Auto-hornikuntza tasari berriz erreparaturaz (%7,1) eta energia berriztagarrien datuak aztertuz (%7,5), Euskadin energia propioa sortzeko gaitasuna, soilik energia berriztagarrietan (eguzki energia, eolikoa, biomasa eta energia hidroelektrikoa) oinarritu egiten dela esan daiteke [5].



5. Irudia. 2016. Urtean EAE-n Kontsumituriko energiaren gazta grafikoa [3].

Energia berriztagarrien artean, biomasa da gehien erabiltzen dena. Esaterako, energia berriztagarrien %66,5 biomasaren bidez betetzen da eta %15,1a bioerregaien bidez (euren sorkuntza biomasan aldatuntzan dute oinarria). Ondoren energia hidroelektrikoa dago, berriztagarrien %6,2a irudikatuz eta eolikoa, %6,1a betez. Azkenik, eguzki energia, aerotermia eta geotermia osatzen duten multzoaren bitartez, falta den %6,1a betetzen da (ikus 6. Irudia) [5].

Energia berriztagarrien inguruan aipaturiko datuak, kontsumo totalari egiten diote erreferentzia (energia termikoa, elektrikoa, erregaiak eta abar). Izan ere, energia termikoa eta erregaiak sortzeko, biomasa da berriztagarrien artean gehien erabiltzen dena (edo kasu askotan erabil daitekeen bakarra). Ondorioz, haren kontsumoa bestelako energia berriztagarriekin konparatu, askoz handiagoa da [5].

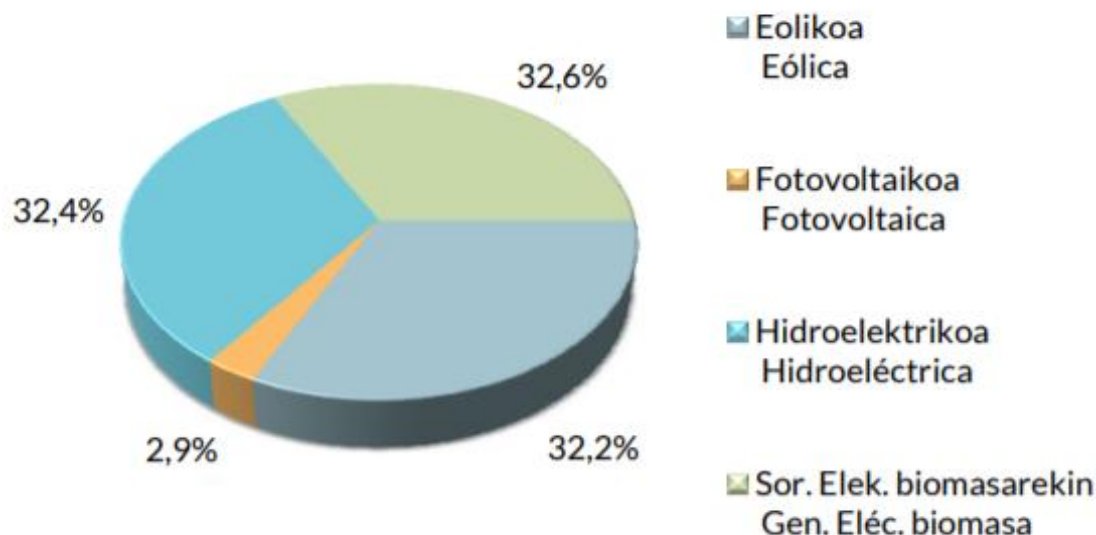


6. Irudia. 2016. Urtean EAE-n kontsumituriko energia berriztagarrien ehunekoak [3].

Aldiz, sorkuntza elektrikoa aztertzerakoan, energia eolikoaren, hidroelektrikoaren eta biomasa bidezko sorkuntza elektrikoaren parekotasuna ikus daiteke. Aipaturiko hiru energia berriztagarri ezberdinen sorkuntza ekarpenak, %32 ingurukoak dira (berriztagarrien bidezko sorkuntza elektriko totalaren %97,1 emanez). Azkenik, energia fotovoltaikoaren aldetik %2,9ko ekarpena ikus daiteke (ikusi 7. Irudia) [5].

Energia berriztagarrien bidezko sorkuntza energetiko totaleko datuak ikusita, biomasa duen potentziala izugarria dela esan daiteke. Bereziki energia termikoa eta bioerregaien sorkuntzarako. Aldiz, energia elektrikoa sortzerako orduan, energia eolikoa eta energia hidroelektrikoaren gaitasuna parekoa da. Beti ere, gaur egungo instalazioen gaitasuna kontutan izanik [5].

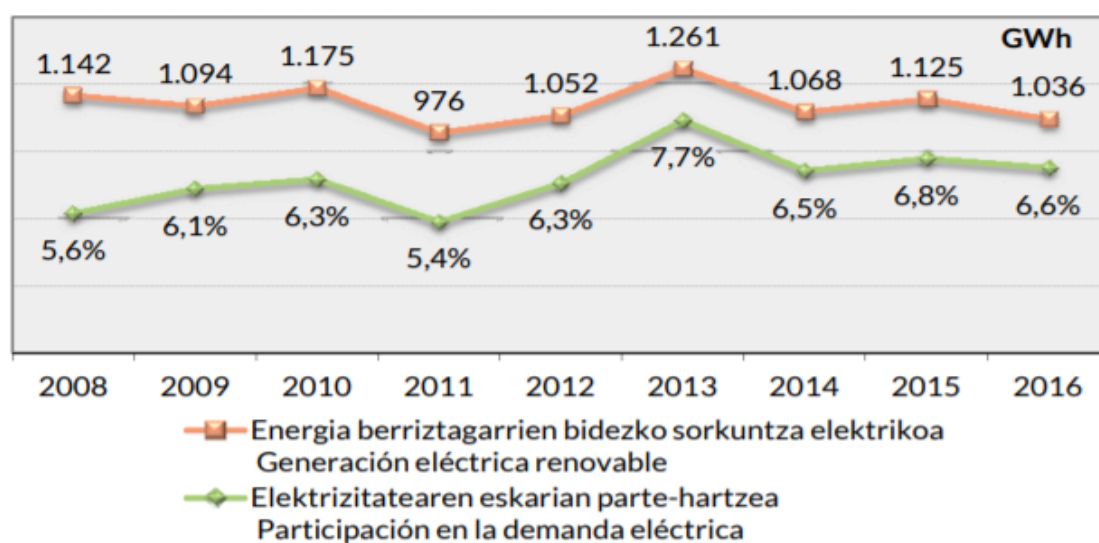
Beraz, berriztagarrien bidezko energia elektrikoaren sorkuntza handiagotzeko nahia baldin badago, energia eolikoa, biomasa eta hidroelektrikoa bultzatu beharko litzateke. EAE-n energia garbia eta eraginkorra sortzeko aukerarik onenak baitira [5].



7. Irudia. 2016. Urtean energia berriztagarrien bidez sorturiko energia elektrikoa [3].

Euskadin, 2016. Urteko datuen arabera, elektrizitate eskariaren %6,6a berriztagarrien bitartez bete egiten da. Bestelakoa, kanpotik inportatutiko gas naturalaren bidez edo kanpoko energia elektrikoaren bidez asetzen da. Elektrizitate sorkuntza kantitate aldetik, gorabeheratsua ibili da azken hamarkadan zehar. Egia da, kontsumo totalaren gorakada ematen denean, berriztagarrien parte hartzea baita ere gora egiten duela (ikusi 8. Irudia). Hala ere, berriztagarrien parte hartzerik handiena 2013. Urtean eman zen, elektrizitate eskariaren %7,7 betez. Beraz, elektrizitate kontsumo totalan, berriztagarriek suposatzen duten ekarpenak aipagarriak ez direla esan daiteke [5].

Energia berriztagarrien bidezko ekoizpen elektrikoa
Producción eléctrica renovable



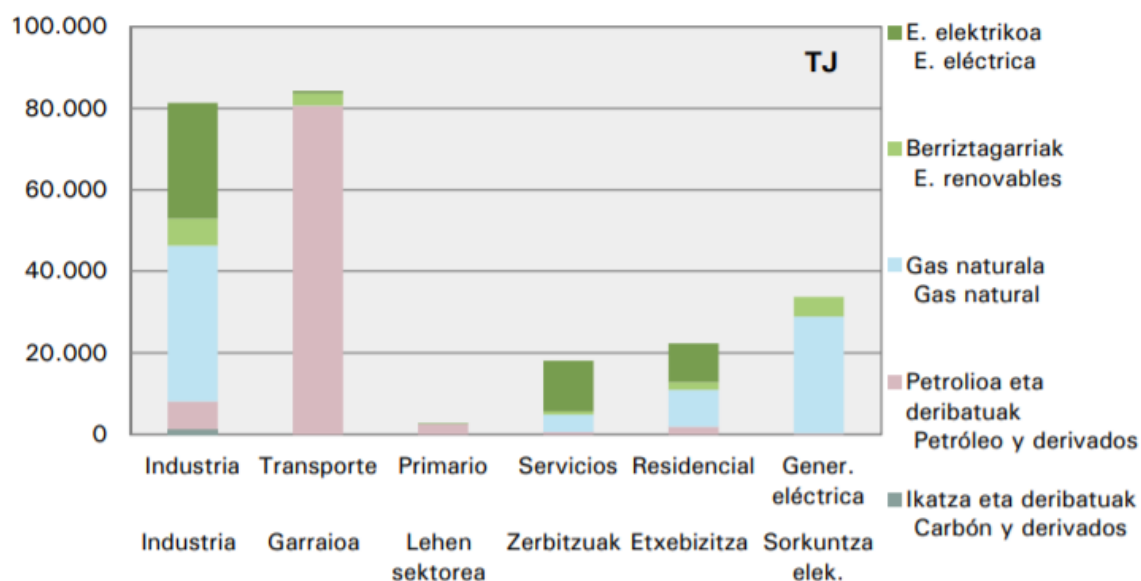
8. Irudia. Energia berriztagarrien bidezko ekoizpen elektrikoa [3].

EAE-n energia propioa sortzeko dagoen baliabide energetiko bakarra, teknologia berriztagarriak direla ikusi da. Ondorioz, berriztagarrien kontsumoa sektoreka aztertzea interesgarria izan daiteke [5].

Alde batetik, sorkuntza elektrikoa aztertzerakoan, erabiltzen diren errekurtoak gas naturala eta energia berriztagarriak dira. Egia da, sorturiko elektrizitatea ez dela nahikoa kontsumo totala asetzeko eta kanpotik erosi behar dela. Beraz, alderdi honetan, energia berriztagarriak bultzatzea ezinbestekoa bilakatzen da. Izan ere, berriztagarriak bultzatuz gas naturalarekiko menpekotasuna eta elektrizitate inportazioak ekiditea posible baita [5].

Industrian, zerbitzuak eta etxebizitza sektoreetan, gas naturala eta inportaturiko energia elektrikoa, sekulako garrantzia hartzen dute (ikusi 9. Irudia). Bestalde, garraioan eta lehen sektorean, petrolioaren eta haren deribatuen nagusitasuna ikus daiteke [5].

Berriztagarrien ekarpena, txikia da sektore guztietan. Hala ere, alde positibo bat ikusten da. Izan ere, berriztagarriek sektore guztietan egiten dute euren ekarpena. Ondorioz, berokuntzarako (gas naturala ordezkatu dezaketen biomasa bidezko berokuntza sistemak aplikatu daitezke), bioerregai erabilgarriak sortzeko (gasolina, diesela eta petroliotik eratorritako bestelako produktuak ordezkatzeko baliogarriak dira) eta elektrizitatea sortzeko (energia eolikoa, hidroelektrikoa eta biomasa bidez) gaitasuna eta potentziala dagoela irudikatzen da [5].



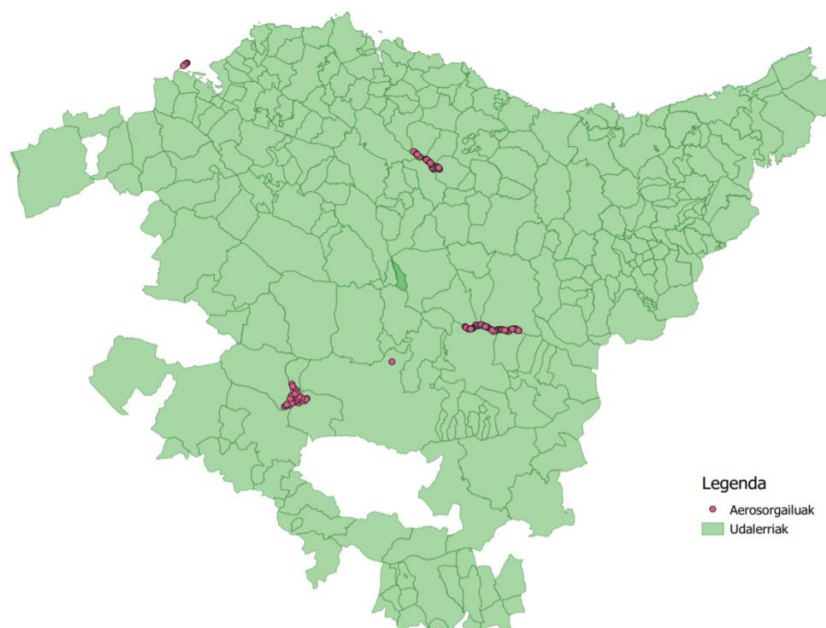
9. Irudia. 2016. Urteko kontsumo energetikoa sektore ezberdinetan [3].

2.4.-EAE-ko energia eolikoa

Euskadin, energia eolikoa bultzatzeko plana 2020. Urterarte martxan egon harren, Badaiaiko parkea eraiki zenetik (2005. Urtean), instalaturik dagoen potentzia eolikoa totala 153 MW-tan mantendu da. Euskal gobernuko energia berriztagarrien planaren arabera, 2010. Urtean 624 MW-ko potentzia instalatua egon beharko zen. Aldiz, esan bezala, gaur egun instalaturik dagoen potentzia totala 153 MW-koa da. Honela, 300.000 biztanleren elektrizitate eskaria hornitzeko aukera dago. Energia berriztagarrien plana osotasunean burutu izate balitz (planaren %25 baino gutxiago burutu da), 1,2 milioi pertsonen elektrizitate eskaria energia eolikoaren bidez asetzea posiblea izango litzateke. EAE-n instalaturik dagoen potentzia, bost parke eoliko ezberdinetan banatu egiten da [6, 7]:

- Badaiaiko parke eolikoa (49,98 MW).
- Oizko parke eolikoa (34 MW).
- Urkilako parke eolikoa (32,3 MW).
- Elgeako parke eolikoa (27 MW).
- Abrako miniparke eolikoa (10MW).

Aipaturiko parke eolikoak Bizkaian eta Araban banandu egiten dira (ikusi 10. Irudia): Bizkaian 2 parke eoliko topa daitezke (Abra eta Oizko parkeak). Aldiz, Arabak 3 parke aurkezten ditu. Esaterako, Badaiaiko parkea, Elgea eta Urkilakoa (azkeneko biak bakar bat balira bezala kontutan hartzen dira askotan) [6].



10. Irudia. EAE-n zehar dauden aerosorgailuen erreprodukzioa [4].

EAE-n 50 MW-ko parke eoliko baten eraikuntza suposa dezakeen ingurumen inpaktua, inbertsio ekonomikoa, produkzio elektrikoa eta abar ikusteko, Badaiaiko parke eolikoaren eredu gisa aztertuko da [8]:

Lehenik eta behin, Badaiaiko parke eolikoaren eraikuntza prozesu geldoa izan zela jakin behar da. Izan ere, 60 metroko altuera duten eta 40 metroko aspak dituzten 30 turbina eolikoak espazio naturaletan instalatu aurretik, ingurumen ikerketa zehatzak burutu baitira. Esaterako: ingurunean dauden landare komunitateen azterketa, fauna eta ornitofaunaren azterketa (parkearen lehendabiziko distribuzioan eragina izan zuena), babestu beharreko elementu guztien azterketa arkeologikoa burutu zen eta azkenik, Badaia mendilerroko karstaren karakterizazioa egin zuten Arabako Espeleologo Taldeak (180 barrunbe aurkitu zituzten).

Enpresa ezberdinak euren plana aurkeztu zuten, baina irabazlea “ Iberdrola Renovables ” izan zen (besteak beste, ingurumenarekiko inpaktu txikiena aurkezten zutelako) eta “Eólicas Euskadi”-ren laguntzarekin, plana aurrera eraman zuten. Badaiaiko parke eolikoaren eraikuntzan burututako inbertsio ekonomikoa totala, 48 milioi eurokoa izan zen.

Badaian, 1670 kW-ko gaitasuna duten 30 aerosorgailu instalatu ziren. Beraz, parke eolikoaren gaitasuna 50 MW ingurukoa da. “ Eólicas de Euskadi ”-ren arabera, urtean sortutako energia totala 125GWh-koa da. Honela, 130.000 pertsona elektrizitateaz hornitzea lortzen da eta energia horren sorkuntzan, urtean saihesten diren CO₂ igorpenak 126.000 tonakoak dira.

Nahiz eta inbertsio ekonomikoa handia izan, 25 urteko bizi iraupena duten instalazioak edo materialak dira. Gainera, parke eoliko baten errentagarritasun ekonomikoa haren urteko ordu erabilgarriekin zuzenki erlazionatuta dago. Hau da, 25 urteko bizi iraupena duen parke eoliko batek, urtero 2200 ordutik gora martxan baldin badago bideragarria izaten da. Badaiaiko parke eolikoaren kasuan, 2200 orduak luze pasa egiten dira, urtero 3000 ordutik gora martxan egoten baita.

3.-Xedea eta hedadura

Euskal autonomia erkidegoan, menpekotasun energetikoa ingurumen zein arazo ekonomikoa bilakatu da. Izan ere, inportatu egiten diren erregai fosilak eta energia elektrikoaren bitartez, eskariaren %92,9a asetzen da. Beraz, Euskadiko auto-hornikuntza tasa %7,1koa da. Hau da, energia propioa sortzeko gaur egungo gaitasuna, eskariaren %7,1 asetzeko balio du. Energia propioa sortzeko gaitasuna, soilik energia berriztagarrian oinarritzen da. Izan ere, aipaturiko energia sorkuntza propioaren %7,1a, biomasa, energia hidroelektrikoa eta energia eolikoaren bitartez ematen da [5].

EAE-n aprobetxagarria den energia eolikoaren bidez, etorkizunean sor daitekeen energiaren estimazio bat egin da. Horretarako, Indarrean dagoen plan sektorialaren arabera Euskadiko energia eolikoak kontsumo elektrikoa asetzeko zenbateko gaitasuna duen aztertu da. Gaur egungo energia eolikoaren aprobetxamendua eskasa dela frogatu ondoren, 50 MW inguruko hiru parke eolikoak kokapena proposatu da. Honela, probintzia bakoitzean (Bizkaia, Gipuzkoa eta Araba) parke eoliko baten eraikuntza ekonomikoki eta energetikoki bideragarria izan daitekeela frogatuko da. Ondoren, 50 MW-ko gaitasuna duten parke eolikoak horniketa gaitasuna kuantifikatuko da. Hau da, kokapenaren arabera sortu daitekeen elektrizitatea kalkulatu da, eta elektrizitate horrekin zenbat biztanle hornitu daitezkeen ere bai. Azkenik, Bizkaian kokaturiko parke eolikoaren analisi sakona burutuko da. Honen helburua, parke eoliko baten bideragarritasun teorikoa eta funtzionamendua sakonki aztertzea da.

4.-Legedia

Aurretik esan bezala, Europar Batasuneko egoera energetikoa ez da batere ona. Izan ere, menpekotasun energetikoa %54koa da. Aldiz, gaur egungo egoera aldatzeko tendentzia politikoa dagoela esan daiteke. Etorkizuneko estimazioen arabera, kontsumo energetikoa eta energia sorkuntzari dagokionez, ikatza eta petrolioaren behera doazen heinean, gas naturala eta energia berriztagarrien kontsumoa gora doala ikus daiteke [9].

2030. Urterako Europar Batasunetik proposaturiko aldaketarako tendentzia politikoak hurrengoak dira [9]:

- 1990. Urtean erregistraturiko gas kutsakorren igorpenak %40an gutxitzea.
- Gutxienez kontsumoaren %27a energia berriztagarrien bitartez hornitzea.
- Gutxienez eraginkortasun energetikoa %27an hobetzea.

Europar Batasuneko proposamenak betetzeko elementurik garrantzitsuenak, proposamenekin bat datorren legeria da. Esaterako “ la **Directiva 2009/28/CE**, del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009”, berriztagarrien erabilpena bultzatzen duen legeria [10].

Euskal gobernuko energia berriztagarrien plana porrot egin du. Planaren arabera, 2010. Urtean, Euskadin 623MW-ko potentzia instalatua egon beharko zen. Aldiz, 2005. Urtean Badaiaiko parkea eraiki zenetik, 153MW-ko potentzia instalatua mantendu egin da. Planaren porrota hurrengo bi arrazoiengatik eman da. Alde batetik, 2006. Urtean, Ordunteko mendi lerroan burutzear zegoen parke eoliko baten eraikuntza geldiarazi zen. Izan ere, behar diren ingurumen ikerketak ez zirelako burutu. Horrek, iraunkortasunaren aldeko mugimendu soziala piztu zuen, beste 6 parke eolikoaren proiektuak geldiarazi zutenak. Horrekin batera, Espainiako gobernuak energia eolikoaren inguruan momenturarte bultzaturiko prima ekonomikoak (sorturiko energiaren %40a) 2011. Urtean ukatu zituen [7].

Beraz, nahiz eta estatu mailan Europar Batasunaren legearekin bat datorren “Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020” martxan egon, parke eolikoaren proiektuak ez dira aurrera eramaten. Estatu mailan sektore eolikoaren inguruan indarreko lege nagusiak hurrengoak dira:

- “El Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020”.
- “Orden IET/221/2013, Real Decreto 9/2013, Ley 24/2013, Real Decreto 947/2016, orden ETU/315/2017 eta Real Decreto 650/2017” Orokorrean, energia elektrikoaren sorkuntza erregulatzeko balio duten dekretu eta legeak.
- “Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía Sostenible”.

- Iberdrola norma, mt_2_21_48. Normalean, Parke eoliko baten inguruan egin beharreko tentsio altuko instalazio elektrikorako segi beharreko araudia.

5.-Hautabideen azterketa

EAE-n dagoen menpekotasun energetikoari aurre egiteko, hiru parke eolikoaren instalazioa proposatzen da. Horretarako, probintzia bakoitzean parke bat kokatzea pentsatu da. Honela, Euskadi osoan zehar energia eolikoaren aprobetxamendua posiblea dela frogatu daiteke. Gainera, parke eolikoak probintzia ezberdinetan kokatu ahal baldin badira, kontsumo puntuak eta sorkuntza guneen arteko lotura eraginkorra izan daitekeela ikusiko da (elektrizitatearen garraio luzeetan ematen diren galera energetikoak ekidin egiten direlako).

Beraz, probintzia bakoitzean parke eoliko bana kokatuko da. Gainera, parke bakoitzaren bideragarritasun energetikoa era teorikoan frogatuko da. Ondoren, potentzial handiena duen parkean, azterketa sakona burutuko da.

Horretarako, "Plan Territorial Sectorial de la Energía Eólica en la Comunidad Autónoma del País Vasco" eta Enair enpresaren atlas eolikoak, funtsezko elementuak izango dira. Alde batetik, aipaturiko energia eolikoaren plan horretan, legalki onarturik dauden kokalekuak agertzen dira. Egia da, bertan proiektu bat aurrera eramatea erabakitzeotan, bestelako ingurumen ikerketak burutu beharko litezkeela (fauna, flora eta geologian izan ditzakeen inpaktua eta abar.) Bestetik, atlas eolikoaren bitartez, energia elektrikoaren sorkuntza kuantifikatu eta bestelako elementuak azter daitezke [12] eta [13].

5.1.-Parke eolikoak Bizkaian

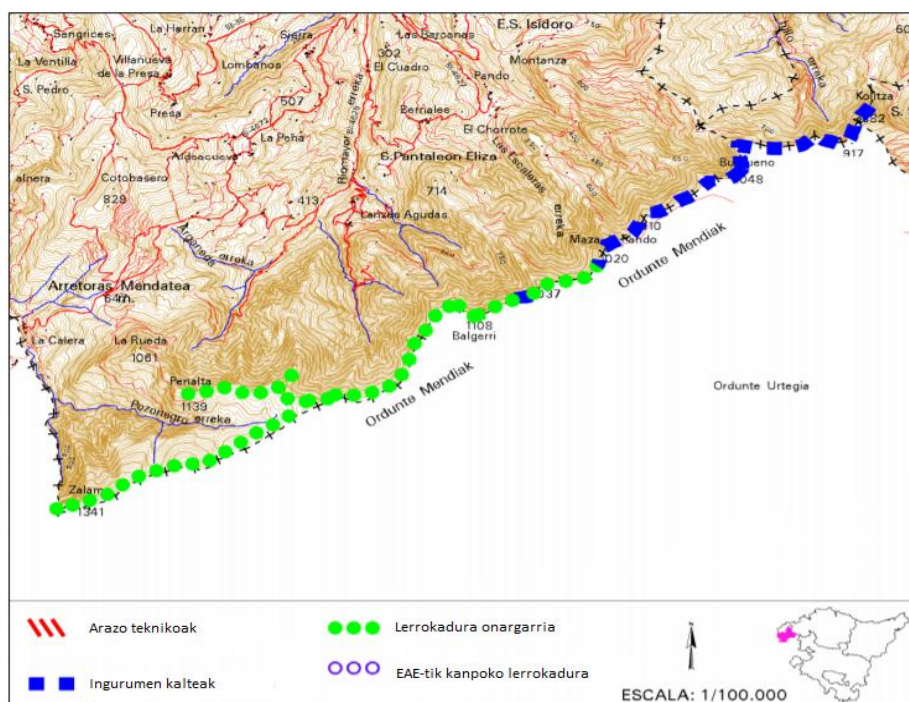
5.1.1.-Kokapena

Behin aipaturiko funtsezko bi elementuak aztertu eta gero (atlas eolikoak eta erkidegoko plan eolikoak), Bizkaiko parke eolikoaren kokapena Ordunteko mendietan kokatzea proposatzen da (ikusi 11. Irudia). Esaterako, Zalama eta Balgerri mendi tontorren gandarrean zehar (ikusi 12. Irudia). Bertan, 80 metroko dorreak dituzten sorgailu eolikoak kokatzen direla kontutan hartuz, urteko batz besteko haizearen abiadura 7,3 m/s ingurukoa dela ikusi da [12] eta [13].



11. Irudia. Zalama eta Balgerri lotzen dituen mendilerroa [5].

Parke eolikoaren distribuzioa, 1108 eta 1337m-ko altitudea duten puntuen artean egitea aproposa izango litzateke, ahalik eta haize energia gehien aprobetxatu ahal izateko. Bertan instalatu daitekeen potentzia maximoa 60MW-koa da. Aldiz, gobernuko planaren arabera, onargarria izango liratekeen eremua, soilik 12. Irudian ikus daitekeena da. Esaterako, 40MW-ko potentzia instalatzeko gaitasuna aurkezten duen eremua (2002. Urteko teknologiaren baldintzapean duden datuak dira) [13].

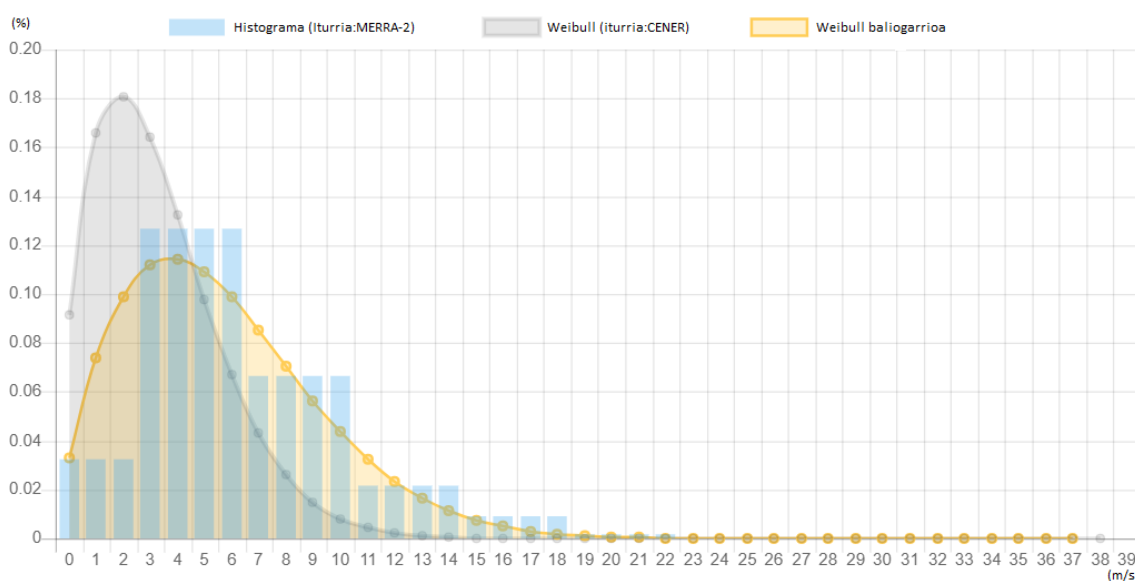


12. Irudia. Ordunteko mendietan EAE-ko gobernuak proposaturiko kokagunea [6].

5.1.2.-Bideragarritasuna

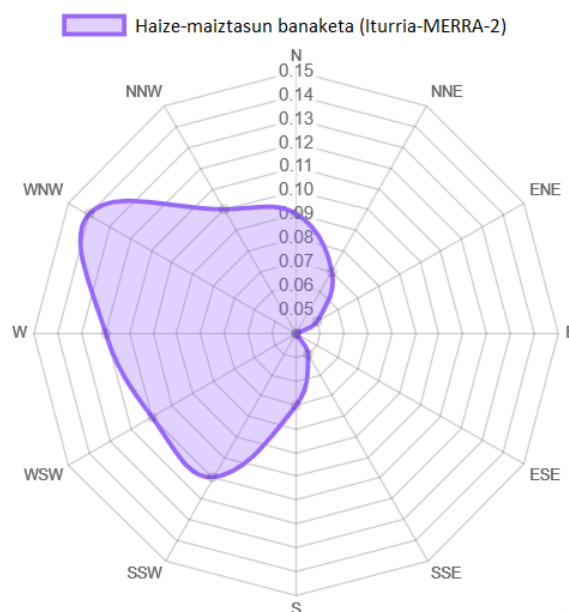
Kokagune honetan eskuratu diren hurrengo datuak aztertu eta bestelako probintzietan lortutako datuekin alderatuko dira, bideragarritasun energetiko hobereana estimatzeko asmoz [13]:

Lehenik eta behin, Weibull banaketa eskuratu da. Izan ere, parke eolikoak lan egingo duen urteko ordu erabilgarriak kalkulatzeko ezinbesteko tresna delako. Gainera proiektugileek, Weibull banaketa ematen duen informazioa sorgailu eolikoaren diseinua garatzeko eta sorkuntza kostuak optimizatzeko behar dute. Kasu honetan, zonaldeko haizearen batz besteko abiaduraren histograma eta haizearen abiadura bakoitzerako Weibull banaketaren grafikoak lortu da (ikusi 13. Irudia). Histogramaren atalean ikusten den moduan, 25m/s-ko haize bolada bortitzak ez dira ugariak izaten (orokorrean, sorgailu eolikoaren funtzionamendurako kaltegarriak direnak). Gainera, Weibull kurbak balore interesgarriak aurkezten ditu. Bereziki, 3 eta 15 m/s-ko haizeak ehuneko handienetan ematen direnak baitira.



13. Irudia. Zalama inguruko histograma eta haizearen Weibull banaketa [7].

Hurrengo Irudian, parkearen distribuzio eta orientazioa zehazteko ezinbesteko elementua ikus daiteke. Esaterako, haize-arrosa. Haize-arrosa, gailentzen diren haizeen noranzkoak ezagutzeko baliogarria izateaz gainera, instalazioa elementu ostopatzaileengandik urrun mantentzeko beharrezkoa da. Kasu honetan, ipar mendebaldetik jasotzen den haizea gailentzen da (ikusi 14. Irudia).



14. Irudia. Zalaman jasotzen den haizearen distribuzioa (haize arrosa) [7].

5.2.- Parke eolikoa Gipuzkoan

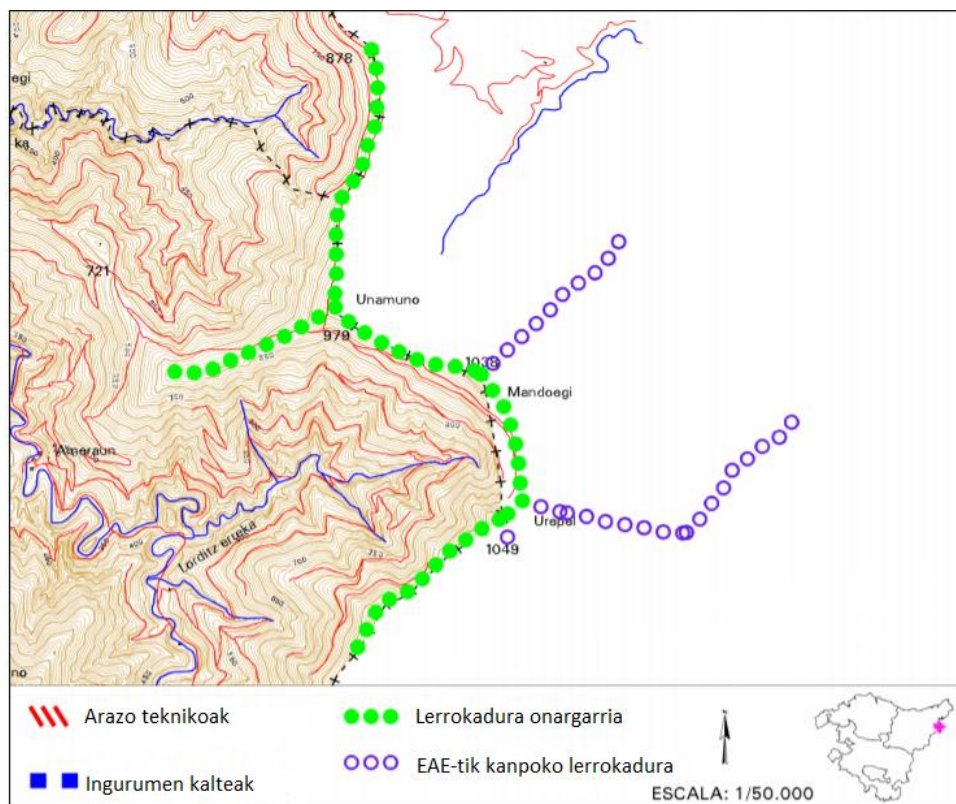
5.2.1.-Kokapena

Gipuzkoako parke eolikoaren kokapena, Mandoegiko mendilerroan zehaztea erabaki da. Esaterako, Unamuno, Mandoegi eta Urepel mendiak osatzen duten mendilerroan zehar (ikusi 15. Irudia). Zonalde honetan kokaturiko sorgailu eolikoaren altuera 80 metrokoa izanik, haizearen abiadura 6,3-6,6 m/s inguruko batatz bestekoak aurkezten ditu [12] eta [13].

Parkearen distribuzioa, mendilerroaren gandorrean zehar zehazten dela ikus daiteke. Esaterako, 878-1046m bitartean. Kasu honetan, gobernuak proposaturiko aerosorgailuen lerrotzea, guztiz onargarria da (ikusi 16. Irudia). Aldiz, Ordunteko parkearen lerrotzeari erreparatuz (ikusi 12. Irudia), ingurumen kalteak sor ditzaketen aerosorgailuen instalazioak, zenbait eremuetan mespretxatu dira. Beraz, Mandoegiko mendilerroan parke eoliko baten instalazioak sor ditzakeen ingurumen kalteak urriak izango direla pentsa daiteke [12] eta [13].



15. Irudia Mandoegiko mendilerroa [8].

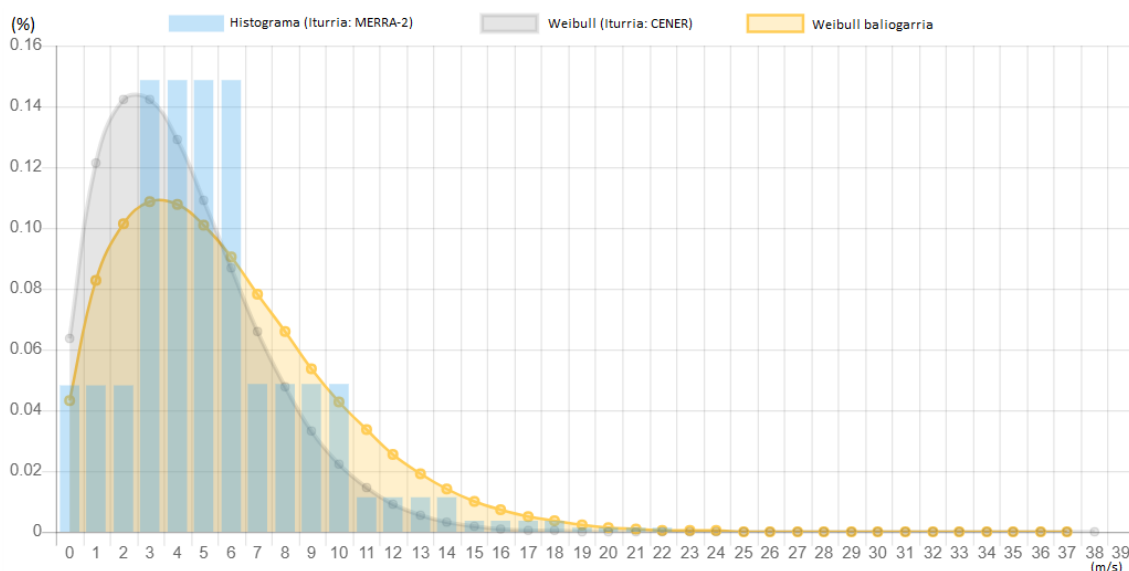


16. Irudia. Mandoegiko mendilerroan EAE-ko gobernua proposaturiko distribuzioa [6].

5.2.2.-Bideragarritasuna

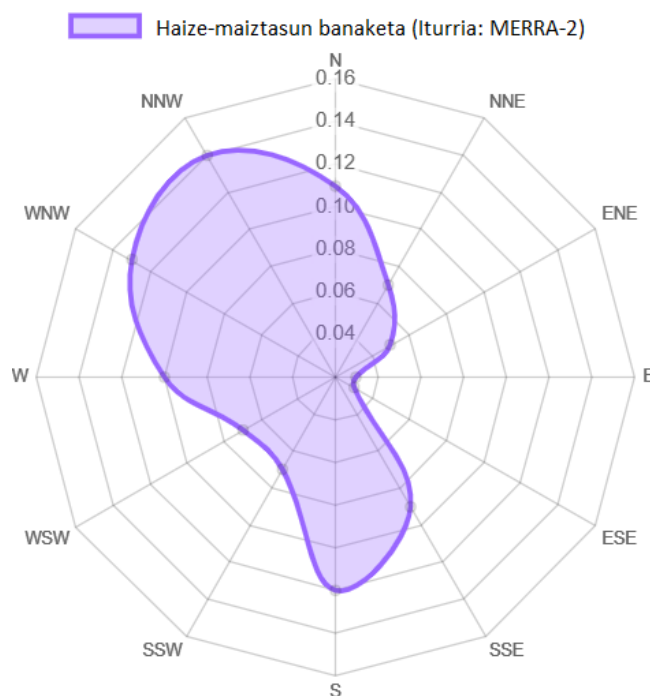
Hurrengo irudian, Mandoegiko haizearen histograma eta Weibull banaketa eskuratu da. Parke eolikoa Bizkaian egin den bezala, zonaldeko haizearen batz besteko abiaduraren histograma eta haizearen abiadura bakoitzerako Weibull kurbaren grafikoa lortu da (ikusi 17. Irudia). Histograma honen kasuan, 20 m/s-tik gorako haizeak ez dira batere ugariak (Ordunteko mendilerroan ematen den moduan). Alde horretatik, sorgailu eolikoaren funtzionamendurako kokaleku aproposa dela ikus daiteke. Bestalde, Mandoegiko histograman 3-6 m/s-ko haizeak era nabarmenean gailentzen dira. Ordunteko histogramarekin konparatuz, 7-10 m/s-ko haizeak frekuentzia txikiagotan ematen direla ikus daiteke. Ondorioz, errentagarritasun energetikoa Orduntan baino baxuagoa izan daitekeela pentsa daiteke [12] eta [13].

Mandoegi eta Ordunteko Weibull grafikoak alderatuz, nahiz eta begi bistaz itxura berdina aurkeztu, potentzial energetikoaren aldetik benetan ezberdinak direla ikus daiteke. Izan ere, Mandoegiko grafikoan 2-5 m/s bitarteko haizeak gailentzen direla ikusi da (2-5 m/s bitarteko haizeek, %10tik gertu egoteko probabilitatea aurkezten dute). Ordunteko mendilerroan, gailentzen diren haizeak 4-7 m/s bitartekoak dira. Hau da, Mandoegiko haizeak leunagoak direla esan daiteke eta ondorioz, ez dira Bizkaian eskuratutako datuak bezain erakargarriak [13].



17. Irudia. Mandoegi inguruko histograma eta haizearen Weibull banaketa [7].

Mandoegin eskuratutako haize-arrosa erreparatuz, ipar mendebaldetik jasotzen diren haize korronteak gailentzen direla ikus daiteke (ikusi 18. Irudia). Lehen esan bezala, haize-arrosa sorgailu eolikoaren orientazio eta distribuziorako ezinbesteko elementua da.



18. Irudia. Mandoegin jasotzen den haizearen distribuzioa (haize arrosa) [7].

5.3.-Parke eolikoa Araban

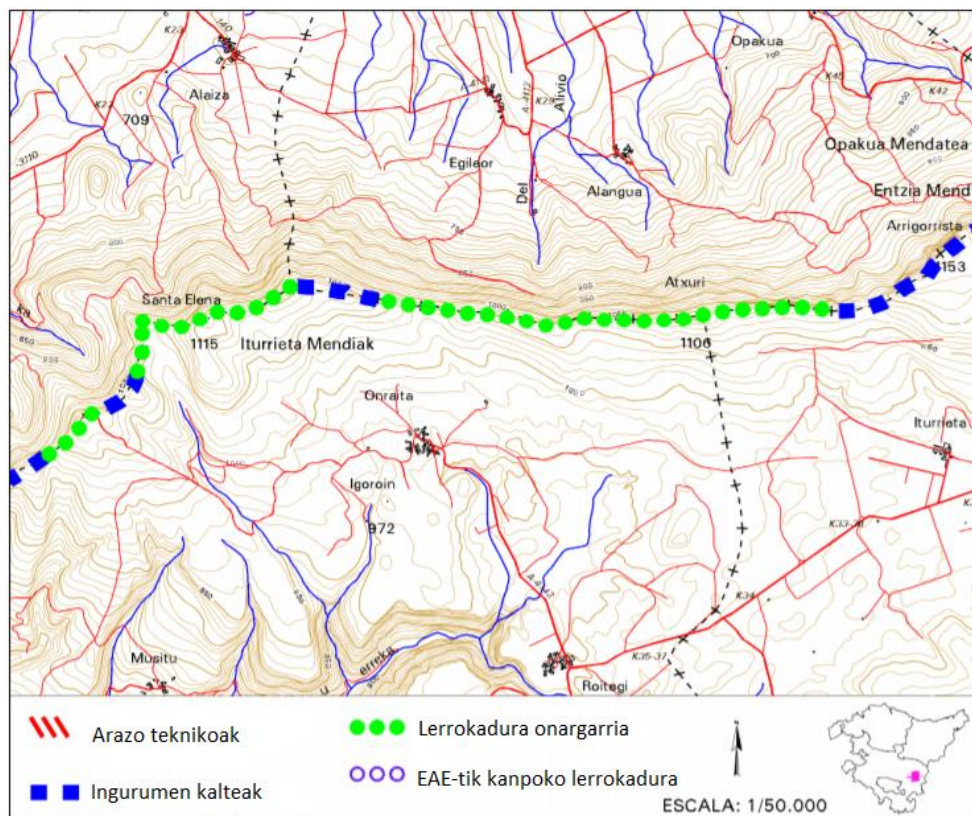
5.3.1.-Kokapena

Arabako parke eolikoaren kokapena, Iturrietako mendietan kokatzea erabaki da. Esaterako, Santa Elena, Atxuri eta Arrigorrista mendiak osatzen duten mendilerroan zehar (ikusi 19. Irudia). Berriz ere, eremu honetan kokaturiko sorgailu eolikoek 80 metrokoak direla kontutan hartu da eta altuera horretan, haizearen abiadura 6,5-6,7 m/s inguruko batz bestekoak aurkeztu dituela ikusi da [12] eta [13].

Euskal gobernutik onarturiko parke eolikoaren lerrokatzea, aipaturiko mendi tontorretan eta hauek lotzen dituen gandorrean zehar zehazten dela ikus daiteke (ikusi 20. Irudia). Esaterako, parke eolikoak hartuko lukeen altitudea 1028-1115m bitartean egongo litzateke. Kasu honetan, gobernuak proposaturiko aerosorgailuen lerrokatzea, partzialki onargarria da (ikusi 16. Irudia). Izan ere, Iturrietako mendien gandorrean zehar babestu beharreko zenbait eremu natural baitaude (47 MW-ko instalazioa fisikoki posiblea izango litzateke, baina Euskal gobernuaren arabera soilik 30,4 MW-ko instalazioa burutu daiteke). Beraz, Ordunten gertatzen den moduan, kokalekua mugatuta dago zenbait puntuetan. Aipatu den moduan, sor daitezkeen ingurumen kalteen ondorioz [12] eta [13].



19. Irudia. Iturrietako mendiak [8].

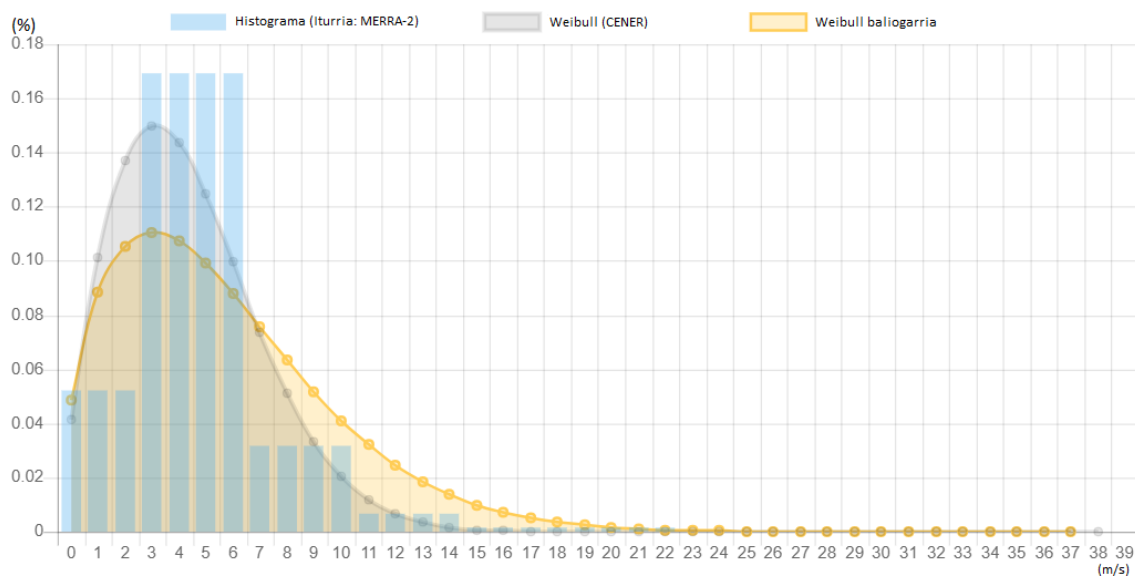


20. Irudia. Iturrietako mendilerroan EAE-ko gobernuak proposaturiko distribuzioa [6].

5.3.2.-Bideragarritasuna

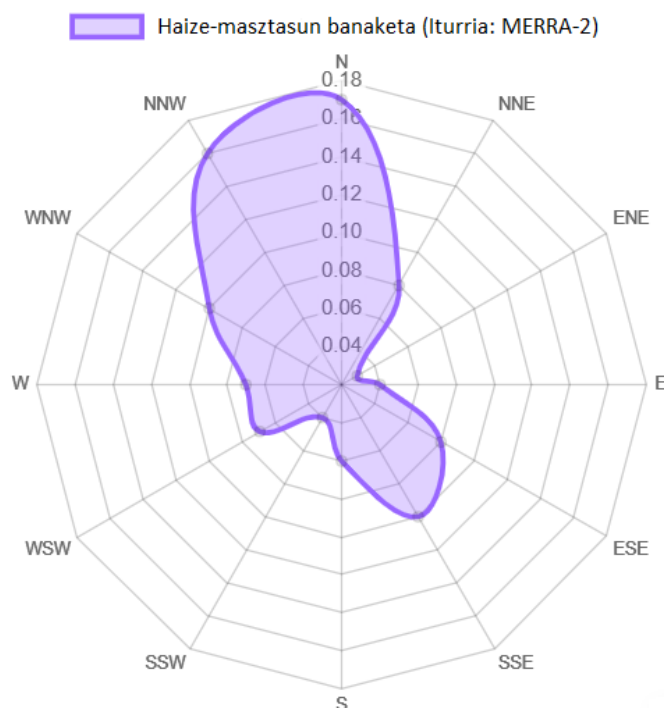
Behin Mandoegi eta Ordunteko eremuen azterketa energetiko teorikoa egin dela, Iturrietako mendiena egingo da. Iturrietako mendien haizearen histograma eta Weibull banaketa eskuratu da. Esaterako, haizearen batz besteko abiaduraren histograma eta haizearen abiadura bakoitzerako Weibull banaketaren grafikoa lortu da (ikusi 21. Irudia). Aurreko kokalekuetan gertatzen den moduan, 20 m/s-tik gorako haizeak ez dira batere ugariak. Beraz, sorgailu eolikoaren funtzionamendurako kokaleku aproposa dela esan daiteke. Bestalde, Mandoegiko histograman ikusi den moduan 3-6 m/s-ko haizeak era nabarmenean gailentzen dira eta Ordunteko histogramarekin alderatuz, 7-13 m/s-ko haizeak frekuentzia eskasagorekin ematen direla ikus daiteke. Berriz ere, Ordunteko mendilerroak aztertutako haizearen datuak, energetikoki erakargarriagoak direla ikusi da [12] eta [13].

Iturrieta eta Mandoegiko grafikoak alderatuz, sekulako antzekotasuna sumatu da. Izan ere, haizearen histograma zein Weibull banaketan lortutako datuak bata bestearen kopia bat dirudite. Ondorioz, Iturrieta zein Mandoegin proposaturiko parke eolikoan lor daitekeen sorkuntza elektrikoa antzekoa izan daitekeela pentsa daiteke. [13].



21. Irudia. Iturrieta inguruko histograma eta haizearen Weibull banaketa [7].

Iturrietako mendietan eskuratutako haize-arrosari erreparatuz, iparraldetik eta ipar-mendebaldetik jasotzen diren haize korranteak era nabarmenean gailentzen direla ikus daiteke (ikusi 22. Irudia). Beraz, kokaleku honetan energia eolika aprobeixatzeko sorgailuen orientazioa argi dagoela esan daiteke [13].



22.Irudia. Iturrietan jasotzen den haizearen distribuzioa (haize arrosa) [7].

5.4.- Hautabidea

Gaur egun Euskal gobernuak onartzen dituen kokalekuen artean, gutxi batzuk aztertu dira. Esaterako, EAE-ko probintzia bakoitzeko bakar bat (Ordunte, Mandoegi eta Iturrietako mendiak). Kokapen bakoitzaren bideragarritasun energetikoari erreparatu ondoren, oietako bat hautatu da. Parke eoliko bat kokatzeko funtsezko elementuak edo ezaugarriak hurrengoak izan dira:

- Hautaturiko kokalekuan eraikitzea, teknikoki eta legalki bideragarria izatea.
- Hautaturiko kokalekuan, sor daitekeen ingurumen inpaktua legez onargarria izatea.
- Haizearen bataz besteko abiadura urtean zehar aproposa izan behar da.
- Ordu kopuru erabilgarria urtean zehar 2200 ordutik gorakoa izan behar da. Hau da, sorgailu eolikoak urte osoan zehar energia sortzen egongo diren ordu kopuru totala.
- Instalatu daitekeen potentzia totala errespetatzea.

1. Taula. Azterturiko kokalekuen arteko alderaketa [12].

Kokalekua	Inst. daitekeen potentzia (MW)	Haizearen abiadura (m/s)	Ordu erabil. (h/urte)	Sorkuntza elek. (GWh/urte)
Ordunte	39,6	7,3	2.801	111,1
Mandoegi	25,7	6,3	2.168	55,9
Iturrieta	30,4	6,6	2.233	67,9

Euskal gobernuko datuen arabera, Ordunteko kokagunea parke eoliko baten eraikuntzarako nabarmenki errentagarriago dela ikus daiteke (ikus 1. Taula). Izan ere, bertan instalatu daitekeen potentzia beste kokalekuekin konparatuz handiagoa da, haizearen batz besteko abiadura handiagoa da eta sorgailuak urtean zehar martxan egongo diren ordu kopurua handiagoa izan daitekeelako. Ondorioz, aipaturiko faktoreak direla eta, Ordunteko mendilerroan, Bizkaian, errentagarritasun energetikoa zein ekonomikoa aurkezten direla esan daiteke. Are gehiago, 1. Taulan estimatzen diren sorkuntza elektrikoaren datuak erreparatuz, zuzenean Ordunteko mendilerroa askoz ere erakargarriagoa dela ikus daiteke. Beraz, EAE-n dagoen menpekotasun energetikoari aurre egiteko, parke eoliko baten kokapena Ordunten zehaztu da. Honela, bertan sorturiko energia elektrikoak izango lukeen eragina ikusiko da [12].

5.5.-EAE-ko kontsumoa elektrikoa

EVE (“Ente Vasco de la Energía”) erakundearen arabera, 2018. Urtean Euskadin kontsumituriko energia elektrikoa 15.000 GWh ingurukoa izan zen. Gaur egun, Euskadin instalaturik dagoen potentzia eolikoa 153 MW-koa da eta guztira 438 GWh-ko elektrizitatea sortzeko balio du (ikus 2. Taula) [12] eta [14].

2. Taula. Gaur egun, Euskal Autonomia erkidegoko produkzio eolikoa [12].

Kokalekua	Inst. daitekeen potentzia (MW)	Haizearen abiadura (m/s)	Ordu erabil. (h/urte)	Sorkuntza elek. (GWh/urte)
Oiz	34	7,4	2.884	98
Badaia	49,98	6,7	2.308	116
Elgea-Urkilla	59,3	8	3.264	194
Abra	10	6,7	-	≈30

Honela, gaur egun funtzionamenduan dauden parke eolikoaren sorkuntzaren bidez, EAE-n kontsumitzen den energia elektrikoaren %2,92-a asetzen da. Hornikuntza elektrikoa soilik Euskadiko mendien aprobetxamendua bultzatuz, 1.130,1 GWh-ra ailegatu daiteke (gaur egun funtzionamenduan dauden eta etorkizunean eraiki daitekeen parke eolikoaren arteko batura eginez). Hau da, EAE-ko kontsumo elektrikoaren %7,53a asetzeko gaitasuna adierazten du. Beti ere, parke eoliko baten eraikuntza burutzeko legalki, teknikoki eta ingurumen aldetik onarturik dauden sorgailu eolikoaren lerrokatzeak kontutan hartuz (ikusi 3. Taula) [12].

3. Taula. Parke eoliko baten eraikuntzarako kokagune onargarriak [12].

Kokalekua	Inst. daitekeen potentzia (MW)	Haizearen abiadura (m/s)	Ordu erabil. (h/urte)	Sorkuntza elek. (GWh/urte)
Ganekogorta	13,2	6,8	2.494	33
Gazume	11,2	6,8	2.494	28
Kolometa	40,9	7,5	2.925	119,9
Arkamo	42,9	6,9	2.534	108,9
Badaia	20,6	6,7	2.308	47,3
Palogan	11,9	6,5	2.223	26,4
Kapildui	16,5	6,6	2.302	38,1
Cruz de Alda	22,4	6,8	2.474	55,6
Ordunte	39,6	7,3	2.801	111,1
Mandoegi	25,7	6,3	2.168	55,9
Iturrieta	30,4	6,6	2.233	67,9

Guztira= 692,1GWh/urte

5.6.-Etorkizuneko energia eolikoa EAE-n

Aztertu diren datuak eskuratzeko “Plan Territorial Sectorial de la Energía Eólica en la Comunidad Autónoma del País Vasco” erabili da. Plana, 2002. Urtean argitaratu zen eta momentu hartatik ona datuak ez dira eguneratu. Egia da bertan topa daitezkeen datuak erabat fidagarriak direla baina, gaur egungo sorgailu eolikoaren inguruan garatu diren teknologiak erabiliz, aztertu diren instalaturiko potentzia onargarriak nabarmenki handiagoak izan daitezkeela pentsa daiteke [12].

Euskal gobernuaren planean agertzen diren instalaturiko potentziak eskasak direla frogatzeko asmoz, Ordunteko lerrokadura koka daitezkeen 4,5MW-ko sorgailu eolikoaren instalazioa nola izan beharko lukeen era laburrean behatuko da. Horretarako, Siemens Gamesa enpresaren SG 4.5-132 “onshore” aerosorgailuak erabiliko dira eredu moduan [12], [15] eta [16]:

Planaren arabera, Ordunteko mendilerroan 12,6 kilometroko lerrokadura onargarria aurkitu daiteke. Bertan, 2002. Urteko teknologia aplikatuz (0,66 MW inguruko 60 sorgailu eoliko) 39,6 MW inguru instalatzea posiblea zela ondorioztatu zen.

Gaur egun, 4,5 MW-ko sorgailuen eolikoak instalatu nahi baldin badira, sorgailuen kopurua nabarmenki gutxitu beharko litzateke (2002. Urtean planteaturikoarekin alderatuz). Izan ere, sorgailuen artean mantendu beharreko distantzia errotorearen diametroarekin zuzenki erlazionatuta baitago. Esaterako, sorgailuen artean mantendu beharreko distantzia 2-12 aldiz errotorearen diametroa izan behar da (kokalekuaren eta haizearen arabera izango da, segurtasun aldetik eta energetikoki eraginkorra izateko baldintzapean). Kasu honetan, aipatu diren teknologia berriko sorgailu eolikoak, 132 metroko diametroa aurkezten dute. Beraz, euren artean utziko den distantzia 8 bider diametroa izanda, 1.056 metrokoa izan beharko litzateke. Haize-sorgailuen artean aukeraturiko distantzia handia izan arren, energetikoki interesgarria izan daitezkeen aztertuko da.

Ondorioz, mantendu beharreko sorgailu eolikoaren arteko distantzia kontutan hartuz, 4,5 MW-ko 12 sorgailu eoliko instalatzeko aukera egongo litzateke. Honela 39,6 MW-tik 54MW ingurura pasa daiteke. Horrek, sorkuntza elektrikoan eragina izango lukeela argi dago. Hortaz, 2002. Urteko planaren arabera eta gaur egungo teknologien bitartez instalatu daitezkeen potentziaren arteko alderaketa orokorra egiteko, potentzialki interesgarriak izan daitezkeen kokaguneen azterketa burutu da (ikus 4. Taula) [12], [15] eta [16].

4. Taula. EAE-ko parke eoliko potentzialen sorkuntza gaurkotua [12], [15] eta [16].

Kokalekua	2002. Urtean pot. Inst. (MW)	2019. Urtean pot inst (MW)	Haizearen abiadura (m/s)	Ordu erabil. (h/urte)	Sork. elek. 2002 (GWh/urte)	Sork. elek. 2019 (GWh/urte)
Ganekogorta	13,2	18	6,8	2.494	33	45
Gazume	11,2	15,27	6,8	2.494	28	38,2
Kolometa	40,9	55,77	7,5	2.925	119,9	163,5
Arkamo	42,9	58,5	6,9	2.534	108,9	148,5
Badaia	20,6	28,1	6,7	2.308	47,3	64,5
Palogan	11,9	16,22	6,5	2.223	26,4	36
Kapildui	16,5	22,5	6,6	2.302	38,1	52
Cruz de Alda	22,4	30,54	6,8	2.474	55,6	75,8
Ordunte	39,6	54	7,3	2.801	111,1	151,5
Mandoegi	25,7	35,04	6,3	2.168	55,9	76,2
Iturrieta	30,4	41,45	6,6	2.233	67,9	92,6
Oiz	34	46,36	7,4	2.884	98	133,6
Badaia	49,98	68,15	6,7	2.308	116	158,2
Elgea-Urkilla	59,3	80,86	8	3.264	194	264,5
Abra	10	13,63	6,7	-	≈30	40,9

Guztira=1541GWh

Lorturiko datuak, EAE-n energia eolkoa sortzeko onargarriak diren eta gaur egun aprobetxatzen diren eta aprobetxatzen ez diren kokagune guztietara estrapolatuz gero (ikusi 4. Taula), estimaturiko urte osoko sorkuntza totala, 1130,1GWh-tik 1541,045 GWh-ra pasako litzateke. Hurbilketa honen bidez, soilik “onshore” deituriko EAE-ko parke potentzialen aprobetxamendua osotasunean burutzen baldin bada, EAE-ko kontsumo elektrikoaren %10,27a asetzeko gaitasuna egon daitekeela ondoriozta daiteke.



23.Irudia. Siemens Gamesa enpresaren SG 4.5-132 sorgailu eolkoa [9]

Gainera, energia eolikoaren inguruan, “offshore” motatako haize-sorgailuak (itsasoan instalatzen diren sorgailuak) gero eta teknologia garatuagoak aurkezten dute. Teknologia berri hauek, energia mota honen prezioan eragin zuzena izaten ari dira. Hurrengo taulan, teknologia bakoitzeko kWh bat sortzea zenbat zentimo euro kostatzen duen ikus daiteke (ikus 5. Taula). Etorkizunean, energia eolikoaren munduan “offshore” motatako teknologia gailenduko dela diote zenbait adituek [24].

5. Taula. Teknologia ezberdinen bitartez elektrizitatea sortzeko prezioen alderaketa [24].

Ikatza (z€/kWh)	Nuklearra (z€/kWh)	GN (z€/kWh)	Eguzki (z€/kWh)	Eolikia “Onshore” (z€/kWh)	Eolikia “Offshore” (z€/kWh)
5,5-13	10-17	3,7-6,7	3,2-4	2,6-5	7,2-12,6

Horrenbestez, testuinguru egoki batetik aterata, ulergaitza bilakatu daiteke EAE-n dagoen erregai fosilekiko menpekotasun energetikoa. Aldiz, energia berriztagarriak bultzatzeko, azpiegitura egokia eraikitzeke egin beharreko inbertsioa, kWh kostu hauetan barneratuz gero, berriztagarrien ustiaketa kostuak garestituko lirarteke. Hala ere, behin azpiegitura sortzeko egindako inbertsioa amortizatu delarik, irabaziak potentzialki handiagoak izango lirarteke. Nahiz eta sakonki aztertu beharreko gaia izan, era laburrean, energia berriztagarriak funtzionarazteko azpiegitura faltaren arazoa dela esan daiteke [24].

6.-Parke eolikoa Bizkaian

EAE-ko kokaleku ezberdinak aztertu ondoren, hautaturiko Ordunteko mendilerroan kokatu daitekeen parke eolikoaren analisi sakona burutuko da. Lehendabizi, 50 MW-ko potentzia instalatua izango lukeen parke eoliko baten eraikuntza proposatzen da. Izan ere, sektore honen inguruko legedia erreparatuz, 50MW-tik gorako parke eolikoak zenbait arazo legalak aurkezten dituzte. Izan ere, historikoki, gobernuaren partetik emandako diru laguntzak, 50MW-ko parkeei zuzenduta egon baitira eta ondorioz, 50MW-tik beherako instalazio eolikoak errentagarriagoak izaten dira. [32].

Ondoren, aipaturiko kokaguneko haizearen ezaugarriak aztertu eta bertako baldintzak aprobetxatzeko sorgailu eolikoak hautatuko dira. Honela, sorgailu eolikoaren potentzia kurba eta enair enpresaren atlas eolikoaren bidez lorturiko Weibull kurba konbinatuz, Ordunteko mendilerroan sor daitekeen energia elektrikoa zehazki kuantifikatuko da [12] eta [13].

6.1.-Osagaiak

Parke eoliko bat eraikitzerako orduan, oinarrizko osagaiak ezagutu eta osagai hauen funtzionamendua aztertu behar da. Kasu honetan, energia elektrikoaren sorkuntza eta elektrizitate honen banaketarako funtsezko elementuak hurrengoak dira:

- Sorgailu eolikoak.
- Transformazio zentroa.
- Lurrazpiko linea elektrikoa.
- Azpiestazioa.

6.1.1.- Sorgailu eolikoak

Sorgailu eolikoak aukeratzeko orduan, haizearen ezaugarriak sakonki aztertu eta ezagutu behar dira. Izan ere, IEC 61400-1 normaren arabera, segurtasuna eta eraginkortasuna ahal den neurrian maximizatzeko, haize motaren arabera sorgailu eolikoak erabili beharko dira. Kasu honetan, Ordunteko mendilerroan jasotzen diren haizeak baxuak eta ertainak direla kontutan hartuz, 2,5 MW-tik gorako sorgailu eolikoak ez lirateke energetikoki interesgarriak izango. Esaterako, II-III motakoak aiposenak izango lirateke. Gainera, zenbat eta potentzia handiagoko sorgailuak instalatuz gero, orduan eta euren tamaina handiagoa da eta ondorioz, instalatu daitezkeen sorgailu edo turbina kantitatea murrizte da. Beraz, Siemens Gamesa

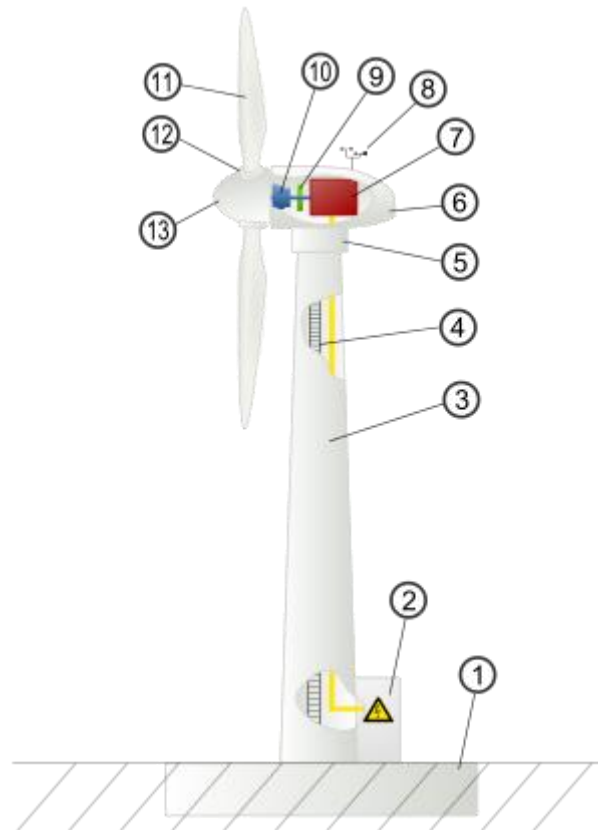
enpresaren 2,5MW-ko sorgailu eolikoekin (II motakoak), oreka ekonomikoa, energetikoa eta logistikoa aurkitu da [31].

Sorgailuen funtzionamendua hobeto ulertzeko, turbina eolikoak osatzen dituzten elementuak ikusi eta laburki azalduko dira (ikusi 24. Irudia) [17] eta [18]:

1. Lurzorua eta zementazioa: normalean, haize-sorgailua lurpean 2m-tara inguru lurperatuta egoten da. Honen helburu nagusia, haize-sorgailuaren pisua eustea da. Izan ere, tamaina 80 metrotik gorako haize sorgailuen pisua 100 tonatik gora egoten baita.
2. Sarerako konexioa: haize-sorgailuak ekoiztutako energia elektrikoa sarera konektatu ahal izateko eta herrialdeak zein industrialdeak elektrizitateaz hornitu ahal izateko.
3. Dorrea: Bi atal nagusi ezberdindu daitezke. Beheko partean, kontrol sistemen gela eta gailuak izaten dira. Goiko partean, aldiz, sorgailua topatu daiteke aurrerago azalduko den moduan eta bertara eskaileren bitartez edota igogailu baten bitartez igo daiteke.
4. Eskailerak: Sorgailu eolikoetan mantentze lanak edo berrikuntza lanak egin behar izatekotan, goiko partera igotzeko normalean eskailerak erabiltzen dira.
5. Orientazio sistemak: haizearen norabidea detektatzen du sorgailuak norantz horretan desbideratzeko eta haizea ahalik eta era optimo batean jasotzeko.
6. Gondola eta abiadura kaxa: sorgailua eta errotorea babesten duen kutxa. Kanpoaldean, aurrean aipatutako orientazio sistemak daude.
7. Sorgailua: lortutako energia zinetikoa biderkatzaileei esker, energia elektrikoan bilakatzen du, sarera bidali ahal izateko.
8. Anemometroa eta haize orratza: Bigarren horrek haizearen orientazioa jakinarazten du eta besteak, aldiz, sorgailuaren hegalean inklinazioa.
9. Balazta-sistema: haize-sorgailuaren elementu garrantzitsuenak funtzionatzen ez dutenean haize-sorgailua automatikoki geldiarazten duen sistema da.
10. Transmisio-sistema: biraketa ardatzari par mekanikoa transmititzen duten turbinaren elementu guztiak osatzen dute.
11. Palak: haizearen energia jaso, biltegitatu eta bujean, errotazio bitartez energia zinetikoan bilakatzen dute. Palen mugimendu profil aerodinamikoari esker ematen da.

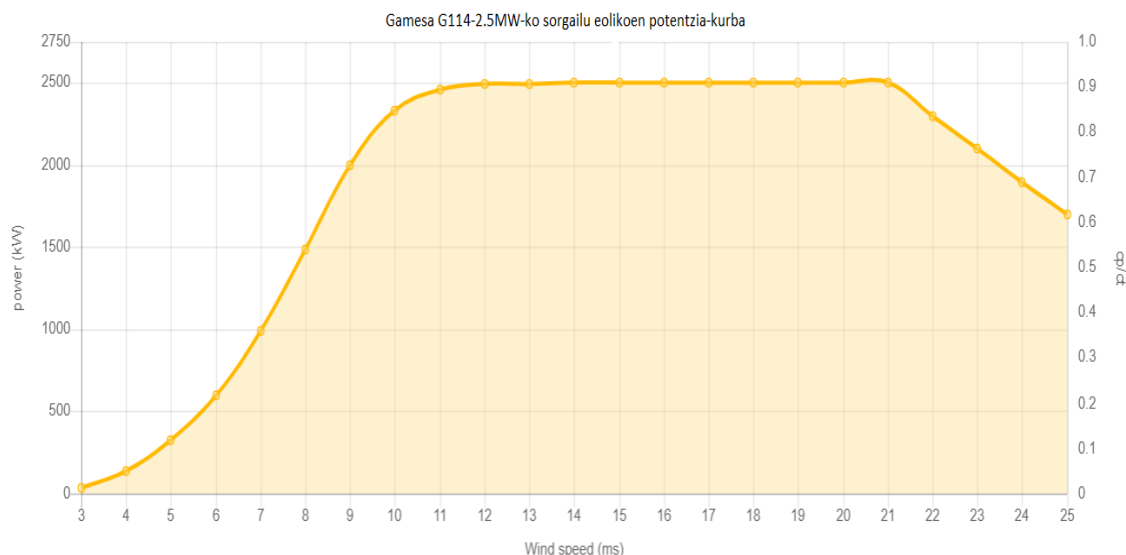
12. Palen inklinazio sistema: haizearen indarra ahal den neurrian aprobeixatzeko ezinbesteko elementua da.

13. Errotorea eta bujea: errotorea, turbina eolikoaren osatzen duten elementuen elkarketa da, hau da, bujea eta palak. Bujea, beraz, palen eta errotazio sistemaren arteko elkarketa da.



24. Irudia. Sorgailu eolikoak osatzen dituzten elementuak [17].

Kasu honetan hautaturiko turbinak Siemens Gamesa enpresaren SG114-2,5MW-koak izan dira. Sorgailu hauen ezaugarri energetiko (ikusi 25. Irudia) zein teknikoak (ikusi 6. Taula) ikertu ondoren, sorgailu mota aproposa izango liratekeela ikusi da [19].



25. Irudia. SG114-2,5MW sorgailu eolikoaren potentzia-kurba [11].

6. Taula. Turbina eolikoaren ezaugarri teknikoak [19].

Haize sorgailu modeloa	SG114-2.5MW
Haizearen abiatze abiadura	2 m/s-ko abiadurarekin palak mugitzen hasten dira
Haize abiadura nominala	10 m/s-ko abiaduran 2,5MW-ko energia sortzen da
Haizearen ebaketa abiadura	25 m/s-ko abiaduran sorgailua geldiarazten da
Dorrearen altuera	80m (64-140m)
Errotorearen diametroa	114 m
Palen luzera	56m (3 pala)
Materiala (dorrea eta pala)	Altzairua eta beirazko zuntz sendotuta (epoxy erretxinarekin)
Haize sorgailu kopurua	20 haize sorgailu

Aipaturiko sorgailuak (ikusi 26. Irudia) sortzen duten energia 690V-ko tentsioan eskuratzen da. Beraz, tentsio horren igoera beharrezkoa da azpiestaziora ailegatu baino lehen. Horretarako, sorgailuen barruan bertan, transformadore bat kokatzen da. Bertan, turbina eolikoetan sortutako energia elektrikoaren tentsioa igoera 690V-tik 30kV-ra pasa egiten da. Ondoren, lurreko lineak erabiliz, elektrizitatea parke eolikotik azpiestaziora garraiatzen da. Azpiestazioan, berriz ere tentsioaren igoera burutzen da, energia horren banaketa era eraginkorrean egin ahal izateko. [18].



25.Irudia. SG114-2,5 MW deituriko sorgailu eolikoak [12].

6.1.2.-Transformazio zentroa

Energia elektrikoarekin sortzen den arazo nagusia, kantitate handietan biltegitatu ezin daitekeela da. Beraz, kontsumitzailearen momentuko eskaria asetzeko beharrezkoa den energia, aldi berean sortu beharko da. Horretarako, sorkuntza eta kontsumoaren artean, zailtasun ugari aurkezten dituen etengabeko oreka eta elektrizitatearen distribuziorako sare eraginkorra behar da. Azken finean, parke eoliko baten helburua, bertako sorgailu bakoitzak sorturiko energia elektrikoa, energiaren distribuzio konpainiaren sarera transferitzea izango lirateke. Beraz, transformazio zentroa ezinbesteko elementua bilakatzen da, prozesua eraginkorra izateko. Honela, inguruetakoko biztanleria elektrizitateaz hornitu ahal izateko [20].

Parke eolikoaren ezaugarriak eta distribuzio sareko punturaino dagoen distantziaren arabera, instalazio elektrikoaren diseinua edota trazadura burutuko da. Hala ere, parke eoliko arrunt baten diseinua bi kasu ezberdinetan orokortu daitekeela esan daiteke. Gaur egun, hurrengo bi ereduak aurkitu daitezke: tentsio baxuko instalazio elektrikoa sorgailu eolikoan integratua (Ordunteko parkerako proposatzen dena) eta sorgailu eolikoetatik kanpo kokatzen diren tentsio baxuko instalazio elektrikoa [20].

Tentsio baxuko linea elektriko integratuei dagokionez, sorgailuaren irteera eta transformazio zentroaren (baita ere aerosorgailuen barnean kokatzen dena, ikusi 26. Irudia) arteko konexioa, ekipoen barneko zirkuituen bidez ematen da. Transformazio zentroan, turbina eolikoan 690V-n sorturiko behe tentsioko energia elektrikoa, 20kV-ko erdi tentsiora igotzen da.

Transformadore hauek, “de tipo seco” deiturikoak izaten dira eta esan bezala, sorgailu eolikoaren barnean kokatzen dira. Normalean, dorrearen goiko partean (ikusi 26. Irudia) [20].



26. Irudia. Sorgailu eolikoaren barnean kokatzen diren transformazio zentroak [13].

Bestalde, transformazio zentroak sorgailu eolikoetatik kanpo kokatzen direnean, hormigoizko eraikin aurrefabrikatuak eta modularrak izaten dira. Euren dimentsioak, sorgailuen tamainaren arabera edo zentroari lotuko zaizkion sorgailu kantitatearen (1-5 sorgailu aldean lotzen dira transformazio zentro bakoitzari) arabera oszilatuko dute. Normalean, 5 aerosorgailuen energia jasotzen duten zentroek, 4×2,5m-ko azalera eta 2,3m-ko altuera izaten dute [20].

Transformazio zentroak finkatzeko bi aukera daude. Alde batetik, sorgailuaren ainguralekuaren zapatan bertan kokatu daiteke edo bestetik, honen alboan. Kasu honetan erabiltzen diren transformadoreak, olio motazkoak izaten dira. Beraz, lubaki baten eraikuntza ezinbestekoa bilakatzen da, olioaren jasotzea edo berreskurapena burutzeko. Gainera, sorgailu bakoitzarekin konektatzen duten kableentzako kanalizazioa behar da (0,80m-ko tamaina eta 0,6m-ko sakonerarekin) [20].



27. Irudia. Sorgailu eolikoaren kanpoaldean kokatzen diren transformazio zentroak [14].

Bestelako zirkuitu gehigarri bat egongo da. Esaterako; kontrola (komunikazioak), zerbitzu auxiliarrak, erregulazio ekipak, orientazio motorrak, unitate hidraulikoa, beste argiztapen erremintak eta gondola eta dorreen maniobren horniketarako balioko du.

Esan bezala, ingurumen inpaktua ahal den neurrian saihesteko, sorgailu bakoitzaren barnean transformadore bat kokatuko da (ikus 28. Irudia), behe tentsiotik erdi tentsiora pasatzeko. Ondoren, lurrazpiko lineen bitartez, parke eolikotik azpiestazio elektrikora garraiatzen da ekoiztutako energia, Jarako azpiestaziora [20].

Beraz, kasu honetan haize-sorgailuen barnean integraturik doazen transformazio zentroak hurrengo ezaugarri eta funtzio nagusiak ditu [21]:

- Esan bezala, haren funtzio nagusia, haize-sorgailutik 690V eta 50 Hz inguruan jasotzen duten energia, 20kV eta 50Hz-ra eraldatzea da.
- Kasu honetan, hautaturiko transformazio zentroak, “aislamiento seco encapsulado y aislado con materiales auto extingüibles” motatakoak dira. Transformadorea, hiru harilketaz osatzen da eta tentsio baxuko bobinen barnean eta kableatuan kokaturiko zunda batzuen bitartez, gainkargak ekiditeko gaitasuna aurkezten du.
- Transformadorea isolamenduzkoa izanik; olioaren berreskurapenerako lubakia eraikitzea ekidin daiteke eta mantentze lanak burutzeko erraztasunak aurkezten ditu (transformadorea desmuntatzeko aukera aurkezten baitu).
- Transformadoreak, gondolaren atzeko partean, kaxa metalikoen barruan babesturik kokatu egiten dira. Izan ere, erdi tentsioko gailua izanik, bestelako aparailuekiko

kontaktu zuzena ekiden behar da. Aldiz, lurreko eroalera konektatuta egon beharko da, segurtasuna eta funtzionamendua baimentzeko.

- Kasu honetan, babeserako aukeraturiko kabinak, DVCAS motatakoak dira. Kabina hauek, isolamenduarekin blindaturik daude (SF₆ motatako isolamendua).
- Funtzionamendurako ezaugarrien artean: SF₆ gasean isolatua, konpaktua eta modularra da, korrante minimoa 0A, eta maximoa 630A. Tentsio nominala 24 kV eta VCA=40,5 kV (tentsio maximoa)



28. Irudia. sorgailuen barnean integratzen diren cgmcosmos 24 kV (IEC) T. Zentroak [15].

6.1.3.-Lurrazpiko linea elektrikoa

Erdi tentsioko lurrazpiko linearen bitartez, sorkuntza puntua (haize-sorgailuak) eta banaketa puntua (azpiestazio elektrikoa) konektatzen da. Beraz, elementu honen garrantzia sekulakoa dela esan daiteke. Horregatik, erdi tentsioko linearen trazadura, aerosorgailuen distribuzioari estuki erlazionatuta dago. Izan ere, kableen zanga, normalean sorgailuen sarbideari paraleloan eraikitzen dira. Orokorrean, kableak metro bateko sakoneran doaz zangaren barnean lurperaturik. Aipatutiko metro bateko sakonera, bi faktore baldintzatzaileen arteko oreka mantentzeko balio du. Teknikoki, lurrazaletik gertu egotea, beroaren barriadura ahalbidetzen du eta bestetik, sakonera handiagotan topatzen den gehiegizko hezetasuna ekiditen da [20].

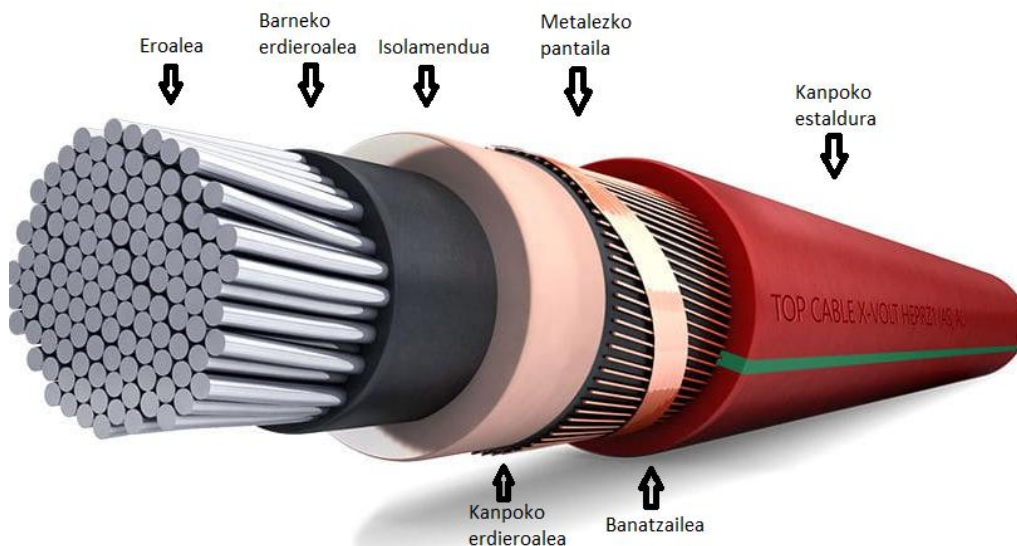
Aipatu den moduan transformazio zentroetatik Jarako azpiestaziora (gertuen dagoen azpiestazioa) burutuko den energiaren garraioa, lurrazpiko kable isolatuen bitartez egingo da.

Honela, ahalik eta ikusmen-inpaktu gutxien eragitea lortzen da. Lurrazpiko linea elektrikoa ITC-LAT-06 araudiarekin araututa dago. Gainera, zirkuitu bikoitzeko lurrazpiko linea izango da, 20-30 kV-ko tentsioan garraiatuko duena [22].

6.1.3.1.-Kable mota

Aukeratu diren kableak, HEPRZ1 18/30kV motakoak izango dira eta 800mm²-ko azalera izango dute. Mota horretako kableak hurrengo ezaugarriek bereizten dituzte [22]:

1. Eroalea: Aluminiozko harilen soka konpaktu biribila, 2 mailakoa.
2. Barneko erdieoroalea: material eroaleez estrusiatutako geruza.
3. Isolamendua: etileno propilenoaz (HEPR).
4. Kanpoko erdieoroalea: hotzean banatu daitekeen material eroaleez estrusinatutako geruza.
5. Metalezko pantaila: kobrezko harilak helizean.
6. Banatzailea: zinta.
7. Kanpoko estaldura: poliolefina termoplastikoaz (Z1).



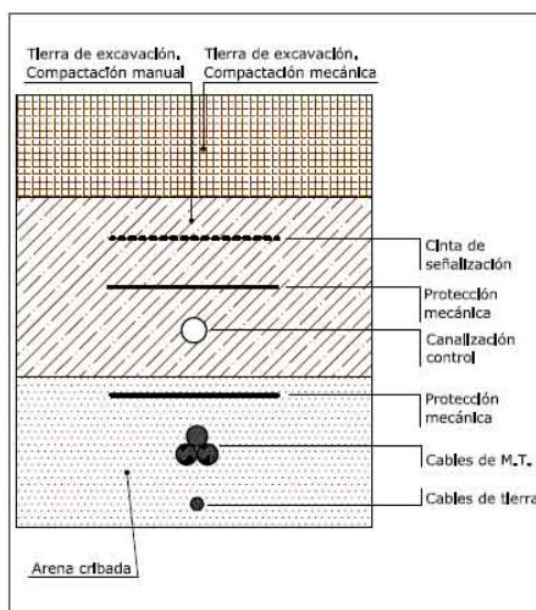
29.Irudia. Lurrazpiko HEPRZ1 18/30 kV-ko kablea [16].

6.1.3.2.-Kanalizazioa

Lurrazpiko linearen deskribapenean aipatu den moduan, HEPRZ1 18/30kV motako kableak zanga baten barnean lurperatuta kokatzen dira, 1m inguruko sakonera (ikusi 30. Irudia). Kableak babesteko asmoz (lurpean egiten diren lanetatik babesteko), kontutan hartzen diren

segurtasun neurriak ugariak dira. Izan ere, lurperatutako hurrengo segurtasun elementuak aurki daitezke:

- Seinaleztapen zinta.
- Babes mekanikoa.
- Kanalizazioaren kontrola
- 2. Babes mekanikoa



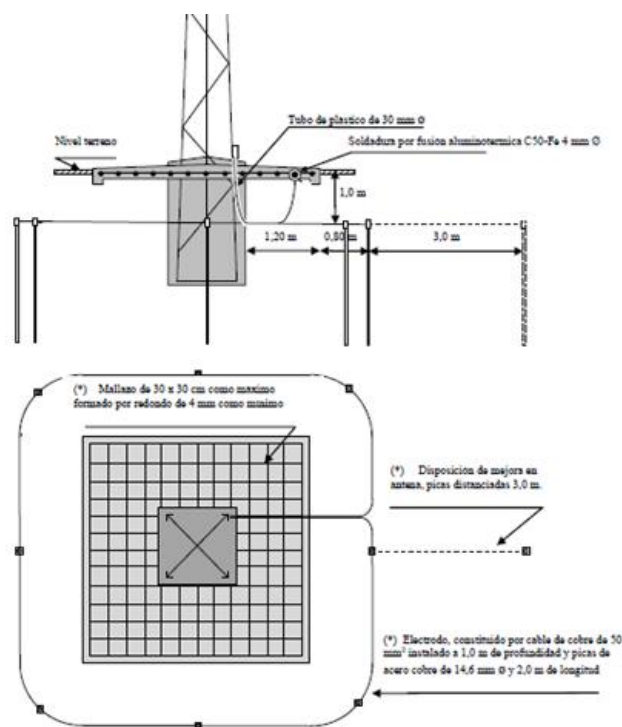
30. Irudia. Lurrazpiko kable isolatuen kanalizazioa [13].

6.1.3.3.-Lurrera jartzea

Elementu hauek fase-lur akats baten ondorioz sortzen diren pauso eta kontaktu tentsioak, balio maximo onargarrien azpitik mantentzea bermatzen dute. Gainera, esfortzu mekanikoak eta korrosioa jasateko ahalmena aurkeztu behar dute. Bestetik, langileriaren eta ekipoen segurtasuna bermatu behar dute eta baita linea elektrikoaren fidagarritasuna ziurtatu ere [33].

Lurrera jartzea dituen funtsezko osagaien artean, elektrodoak aurkitu daitezke. Izan ere, elektrodoak lurzorurekin kontaktu zuzena daukate eta orokorrean, korrosioa (kimikoa, oxidazioa, biologikoa, elektrolisia, etab.) jasateko ahalmena izan behar dute. Erabili beharreko elektrodoak hurrengoak dira (ikus 31. Irudia) [33]:

- Elektrodo horizontalak, lurperatutako kableez, biluziak eta 50 mm²-ko kobreez osatuta.
- Lur-pika bertikalak, 14 mm diametroko altzairuz eta, 2 eta 3 metroko luzeraz osatuta. Lokailuez osatuta egon daiteke.



31. Irudia. Lurrera jartzearen diseinua [17].

6.1.4.- Jarako Azpiestazioa elektrikoa

Parke eoliko baten funtzionamendu egokirako beharrezkoa den azkeneko elementua, azpiestazio elektrikoa da. Aurretik aipatu den moduan, bertan energia elektrikoa erdi-tentsiotik goi-tentsiora pasatzen da. Honela, garraiorako tentsio aproposa aplikatzen zaio (normalena, 66, 110 edo 220kV) [22].

Kasu honetan, parke eolikoaren kokapenetik gertuen aurki daitezkeen azpiestazioa, Jarakoa da. Nahiz eta azpiestazio txikia izan, Orduntetik jaso dezakeen energia kantitatea eraldatzeko egokitu daiteke. Beraz, parke eoliko eta azpiestazioa (ikus 32. Irudia), erdi-tentsioko lurrazpiko lineen bitartez konektatzen dira. Ondoren, azpiestazioan tentsioaren igoera burutu egiten da eta azkenik, elektrizitatearen banaketa aire lineen bidez egiten da [22].

Txara bidea 2, Gueñesen kokatuta dagoen azpiestazioan, hurrengoak ekipoak aurki daitezke: sistema elektrikoak, kontrol-ekipoak, komunikazio-ekipoak, potentzia-transformadoreak [23].



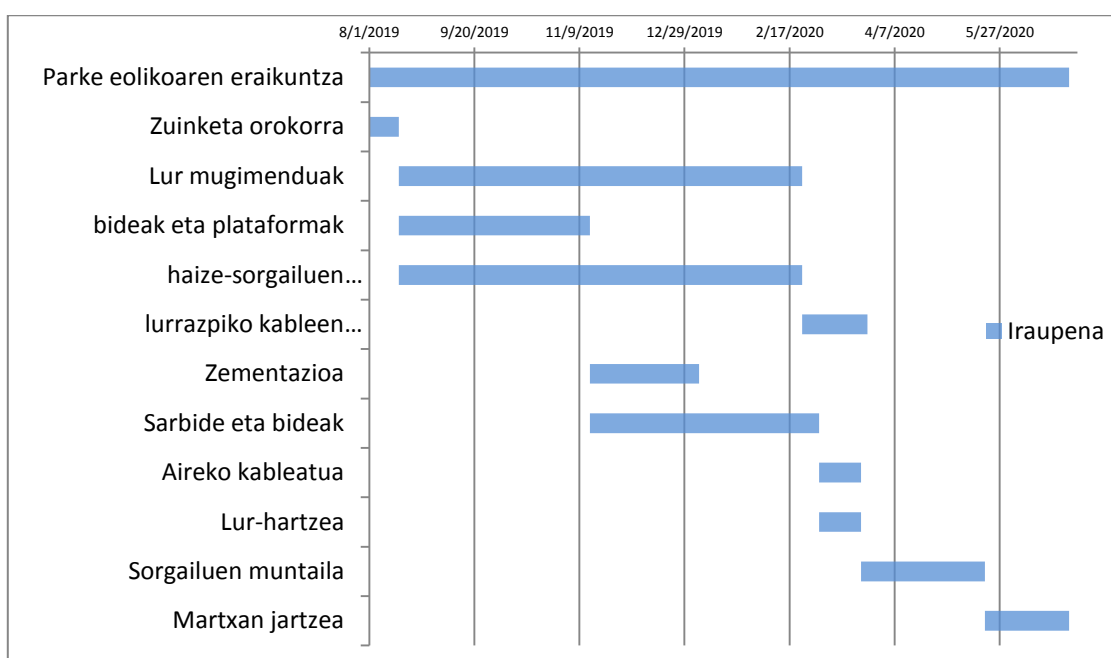
32. Irudia. Goi tentsioko elektrizitatea lortzeko azpiestazio elektrikoa [17].

6.2.- Obra burutzeko plangintza

Nahiz eta proiektuaren helburua energia eolikoari buruzko ikerketa teoriko/teknikoa burutzea izan, parke eoliko baten eraikuntzan burutu beharreko obraren plangintza laburki ikustea, interesgarria izan daitekeela uste da. Izan ere, bideragarritasun ekonomikoa kalkulatzeko, obraren iraupena garrantzizkoa baita.

Kasu honetan, Ordunteko mendilerroan burutu beharreko obraren atal nagusiak islatuko dira (Ikusi 1. Grafikoa). Obraren plangintzan ikusten den bezala, obra osoaren iraupena 333 egun ingurukoa izan daitekeela estimatu da [34].

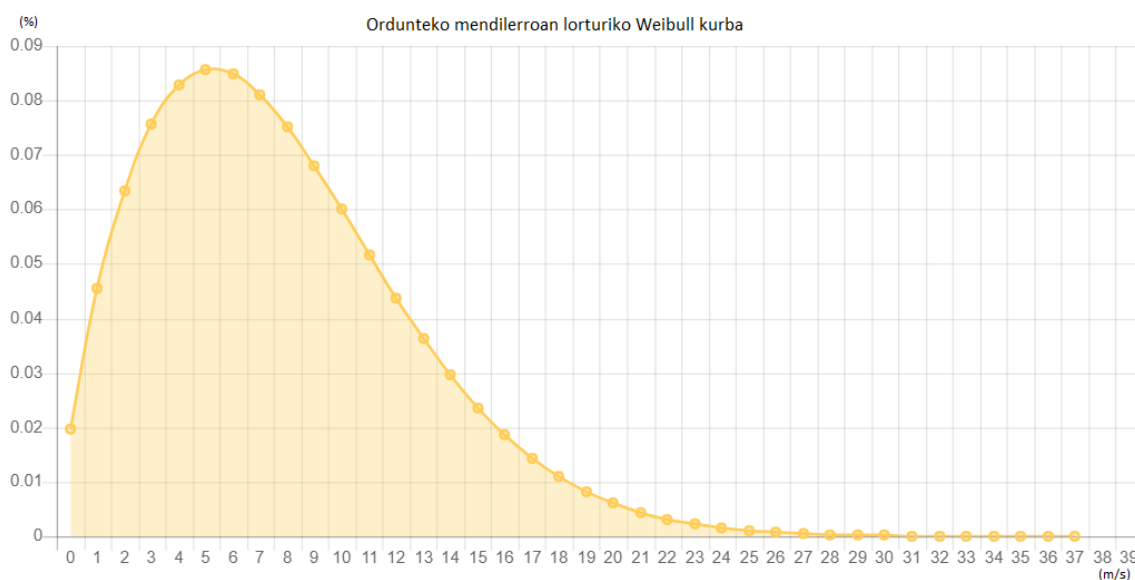
1. Grafikoa. Parke eolikoaren obra burutzeko plangintza [34].



6.3.- Bideragarritasun energetikoa

Ordunteko mendilerroan aukeratutako kokalekuaren bideragarritasun energetikoa sakonki aztertu da hurrengo atalean. Alde batetik, Enair enpresaren atlas eolikoa funtsezko elementua izan da. Adibidez, Weibull kurba (ikusi 33. Irudia) zehatza lortzeko (produkzioa kalkulatzeko ezinbestekoa) [13].

Bestetik, Siemens Gamesa enpresaren haize-sorgailuen potentzia-kurba (ikusi 25. Irudia) erabili izan da (produkzio elektrikoa kalkulatzeko ezinbesteko bigarren elementua). Azkenik, haize-sorgailu bakar batekin eskuraturiko datuak, segurtasun tarte batzuekin egokitu dira. Honela, Ordunten sor daitekeen energia elektrikoa era errealean estimatu ahal izateko [19].



33. Irudia. Ordunten aukeraturiko puntuen Weibull banaketa [7].

Hurrengo taulan aipaturiko funtsezko elementuen konbinaketa burutu da. Honela, aukeraturiko kokalekuan jasotzen den haizearen abiadura eta ehunekoa era zehatzean eskuratu da. Behin haize abiadura ezberdinenak urtean ematen diren ordu kopurua eskuratu delarik, haize abiadura bakoitzeko lortuko den elektrizitatea zehaztu daiteke (ikusi 7. Taula) [13] eta [19].

7. Taula. Ordenteko mendilerroan sor daitekeen elektrizitatearen estimazioa [13] eta [19].

Haizearen abiadura (m/s)	Weibull kurba (%)	Ordu kopurua (h)	Potentzia (kW)	Sorkuntza (kWh)
0	0,00	0		0
3	8,59	752,484	35	26336,94
4	9,25	810,3	134	108580,2
5	9,37	820,812	321	263480,652
6	9,06	793,656	601	476987,256
7	8,44	739,344	990	731950,56
8	7,60	665,76	1489	991316,64
9	6,65	582,54	2001	1165662,54
10	5,67	496,692	2332	1158285,74
11	4,71	412,596	2500	1031490
12	3,83	335,508	2500	838770
13	3,04	266,304	2500	665760
14	2,37	207,612	2500	519030
15	1,81	158,556	2500	396390
16	1,35	118,26	2500	295650
17	0,99	86,724	2500	216810
18	0,72	63,072	2500	157680
19	0,51	44,676	2500	111690
20	0,35	30,66	2500	76650
21	0,24	21,024	2500	52560
22	0,16	14,016	2300	32236,8
23	0,11	9,636	2100	20235,6
24	0,07	6,2196	1900	11817,24
25	0,05	3,942	1700	6701,4
Guztira	%84,94	7440,3936	-	9356071,57

Azkenik, kokalekua energetikoki aproposa den edo ez ebaluatzeko, sorgailu eolikoaren ordu kopuru baliokidea kalkulatu egin da. Hurrengo formula erabili da horretarako [28] eta [29]:

$$\text{Ordu kop. baliok.} = \frac{\text{Estimaturiko urteko produkzioa}}{\text{Potentzia instalatua aerosorgailuko}} = \frac{9356071,57 \text{ kWh/urte}}{2500 \text{ kW}} = 3.742,4 \text{ h/urte}$$

Kontutan izan 2200 ordu erabilgarritik gorako kokalekuak energetikoki interesgarriak direla, lortutako 3742,4 ordu kopuru baliokidea, energetikoki interesgarria edota erakargarria dela baieztatu daiteke. Egia da, atlas eolikoan aukeraturiko kokalekua, energetikoki erakargarriena izan dela. Gainera, kalkuletan burutu daitezkeen akatsak ekiditeko segurtasun tarte bat aplikatzea ondo legoke. Beraz, ordu kopuru baliokidean %20-ko galera izango dira kontuan. Honela, ordu kopuru erabilgarria (definitibo), 3000 h/urte ingurukoa izango litzateke.

Ondorioz, kokalekua aproposa izateaz gainera, ekonomikoki zein energetikoki benetan interesgarria bilakatu daitekeela esan daiteke (bideragarritasun ekonomikoa sakonki kalkulatu da baita ere).

Beraz, haize sorgailu bakar batean estimaturiko sorkuntza elektrikoari %20-ko galerak aplikatuz, haren sorkuntza 7.484.857,26 kWh/urte izango daitekeela suposatuko da. Honela, 20 sorgailu eolikoaren instalazioa proposatzen denez, sorkuntza totala 149.697.145 kWh/urte ingurukoa izango lirateke.

Eólicas de Euskadiren arabera, Badaiaiko parke eolikoan urtero sortzen den energia elektrikoa 125GWh-koa da. Ordunten aztertutako kasuarekin alderatuz, urte osoan sortutako energia totala 150GWh ingurukoa izanik, orduntekoa energetikoki interesgarriagoa izan daitekeela esan daiteke. Beraz, Badaiaiko sorkuntza elektrikoa 130.000 pertsona elektrizitateaz hornitzeko balio badu, Orduntekoa, 156.000 pertsona inguru elektrizitatez hornitzeko balioko zukeela estimatzen da.

Beste era batean esanda, 156.000 pertsonen etxeko kontsumo elektrikoa asetzeko gaitasun horrek, Enkarterrietako udalerrri guztiak hornitzeko gaitasuna aurkezten duela esan nahi du. Esaterako; Balmaseda, Karrantza, Artzentales, Gueñes, Zalla, Sopena, Galdames, Gordexola, Turtzioz eta Lanestosa hornitzeko gaitasuna eskuratu da. Are gehiago, Enkarterrietatik gertu dauden Abanto-Zierbena, Alonsotegi, Arrigorriaga eta Barakaldoko udalerriak asetzeko gaitasuna egongo litzatekeela estimatzen da.

7.-Aurrekontua

Proiektua haren osotasunean burutzea suposa dezakeen inbertsio ekonomikoa estimatzeko, EAE-ko, Europako eta AEB-ko zenbait parke ikertu eta aztertu dira. Beti ere, 50MW inguruko potentzia instalatua duten parke eolikoak erreferentzia moduan hartuta. Adibidez, 49,98MW-ko Badaiko parke eolikoa. Hauek dira kontutan hartu diren elementurik edo kontzepturik garrantzitsuenak [25], [26], [27], [28] eta[29]:

Lehenik eta behin, jakin behar da inbertsioa era nabarmenean fluktuatu dezakeela instalatu daitezkeen haize-sorgailuen arabera. Izan ere, parke eoliko baten eraikuntzan, elementurik garestiena sorgailuak izaten baitira. Esaterako inbertsioaren %65-80 artean suposa dezakete. Kasu honetan, 2,5MW-ko 20 sorgailu eoliko instalatzeko proposamena egin da. Honela izanda, gaur egungo prezioa (materiala, garraioa, instalazioa, kontrol sistemak eta abar kontutan hartuz) 29.230.000€-koa izan daitekeela kalkulatu da (BEZa zenbatu gabe).

Ikusi da, zenbat eta aerosorgailu handiagoak instalatzen badira, orduan eta inbertsioaren ehuneko handiagoa sorgailu eolikoaren ordainketan ematen dela. Izan ere, potentzia handiagoko sorgailuak garestiagoak izan arren, hauekin batera egiten den instalazio elektrikoaren kostuak ez dira proportzionalak (eskalazko ekonomia kontzeptuak aplikatzen dira).

Adibidez, 2MW-ko haize-sorgailuen prezioa, 500kW-ko sorgailuen prezioarekin alderatuz, ez dira proportzionalak. Hau da, 2MW-ko aerosorgailuen prezioa ez da 4 bider garestiagoa izango (bereziki, aipaturiko instalazio kosteak ez baitira proportzionalak). Aldiz esan daiteke produkzio elektriko 4 bider handiago izango dela (gutxi gora behera). Honela, instalaturiko potentziak zenbat eta handiagoak direnean, orduan eta ustiaketa kostu unitarioak gutxitzen dira.

Gaur egun, energia eolikoaren inguruan garatutako teknologia berriak, parke eoliko berrien bideragarritasun ekonomikoan eragin zuzena dute. Hau da, zenbat eta teknologia garatuagoa orduan eta haizearen arobetxamendu sakonagoa eta ondorioz, teknologia ekonomikoki eraginkorragoa bilakatzen da. Teknologia zaharren eta berrien arteko konparaketa burutu ahal izateko, instalaturiko kW bakoitzaren prezioa lortzea interesgarria da (€/kW).

Hurrengo taulan, Ordunteko parke eolikoaren eraikuntzarako kontutan izan beharreko proiektuaren atal ezberdinen kostuak ikus daitezke (ikusi 8.Taula). Bertan, hurrengo kontzeptuak barneratu dira [25], [26], [27] eta[28]:

- Gastu orokorrak (%13)
- Industria mozkina (%6)

8. Taula. Inbertsio totalaren atal nagusiak [26], [27] [28] eta [29].

Atalak	Kontzeptua	Prezioa	%
1. Haize-sorgailuak	Transformazio zentroa integraturik duten 80m inguruko dorreko SG114-2.5MW motatako sorgailuak. Garraioa, instalazioa, martxan jartzea eta kontrol sistema prezioaren barnean sartzen da.	20unitate × 1.850.000 € = 29.230.000 €	%80,35
2. Ekipamendu elektrikoa	Sorgailua eta distribuzio sarearen arteko konexioa egiteko lurreko ekipo elektrikoak	2.765.000 €	%7,6
3. Obra zibila	Haize-sorgailuen kokapena eta zementazioa.	1.204.750 €	
	Sarbidea eta parkearen barneko bideak: bideak, zangak, drainatze sistemak eta abar.	987.500 €	
		2.192.250 €	%6,02
4. Komunikazio lanetarako azpiegitura elek.	Erdi tentsioko sarea (20kV) eta zuntz optikoa.	987.500 €	%2,71
5. Proiektua eta dokumentazioa	Proiektua	256.750 €	
	Ikerketa geoteknikoa	270.970 €	
	Zementazioaren diseinua	59.250 €	
	Zuzendaritza fakultatiboa	284.400 €	
	Osasun eta segurtasuna	47.400 €	
	Kalitatezko kontrola	68.730 €	
	Dokumentazioa	45.030 €	
	Landarediaren kontserbazioa	80.580 €	
	Hegaztien zaintza	86.900 €	
		1.200.010 €	%3,3
	Aurrekontu totala BEZ gabe	36.374.760 €	
	Aurrekontu totala BEZ barne (%21a)	46.044.000 €	
	Prezioa/instalaturiko kW-ko	920,88 €/kW	

Sorgailu eoliko handiekin lan egiten denez, inbertsio totalaren %80 inguru sorgailuen kostua izango litzateke. Hurrengo kosturik garrantzitsuena ekipamendu elektronikoan (%7,6a) eta obra zibilean (%6a) ikus daiteke.

Beraz, aurrekontu totala, berrogeita sei milioi eta berrogeita lau mila €-koa da (BEZ barne). Erreparatu beharreko bestelako datua, instalaturiko kW-ren prezioa izango litzateke. Honekin,

sisteman inbertituriko kostuaren inguruko ideia orokor bat lor daiteke (bestelako teknologiek konparatzeko ezinbestekoa).

7.1.-Energiaren ustiaketa kostuak

Parke eoliko baten bideragarritasun ekonomikoa kalkulatu aurretik, sortzen den energiaren prezioa estimatzea ezinbestekoa da (kWh-ko). Normalean, termino garrantzitsua hau, z€/kWh-ko kalkulatu egiten den balioa da. Sorkuntza kostuak bi termino ezberdinen barruan kontsideratzen dira [26], [27], [28] eta [29]:

- Ustiaketa kostuak: ustiaketa, mantentze lanak, lursailen alokairua, kudeaketa, administrazioa, aseguruak eta zergak besteak beste.
- Finantziario kostuak: Ustiaketa martxan jartzeko beharrezkoa den mailegutik deribatutako kostuak izaten dira (bankuak determinaturiko baldintzen arabera).

Honela, Europa eta AEB-ko “onshore” parke eolikoak eredu gisa hartuz, ustiaketa kostuen kalkuluak burutu dira eta ondoren finantziario kostuak kWh-aren prezioan izan dezaketen influentzia islatuko da. Izan ere, ikerturiko proiektuen arabera, finantziario kostuek energiaren ustiaketa kostu totalen %75 inguru suposatzen baitu.

9. Taula. Ustiaketa kostuak Ordunteko parke eolikoan [28] eta [29].

Atalak	Kontzeptua	Prezio	%
1. Eraikuntza eta mantenimendua	Eraikuntza lanen eta mantentze lanen langileen ordainketak	810.000 €	%60
2. Lursailaren alokairua	Energia eolikoaren ustiaketarako lursailen alokairua	216.000 €	%16
3. Administrazioa eta kudeaketa	Ustiaketaren kudeaketa eta administrazioa	153.000 €	%11
4. Zergak eta aseguruak	Aseguruak eta zergak	180.000 €	%13
Guztira	Total coste anual de explotación	1.359.000 €	%100
Finantziario kostuak kontutan hartu gabe	Ustiaketa kostuak (c€/kWh)	0,906	z€/kWh
Finantziario kostuak kontutan hartuz	Ustiaketa kostuak (c€/kWh)	2,5-3	z€/kWh

Ustiaketa kostuak AEE erakundearen 2018. Urteko sorkuntza kostuen datuekin bat datorrela ikus daiteke (0,906 zentimo kWh-ko gutxi gora behera). Egia da, 20 urteko bizitza erabilgarria duen parke eoliko baten finantziario kostuen inpaktua txikiagoa izatekotan, proiektuaren errentagarritasun ekonomikoa askoz ere handiagoa izango litzatekeela. Hala ere, bideragarritasun ekonomikoa kalkulatzeko orduan eskuraturiko baldintzak errespetatuko dira.

7.2.-Bideragarritasun ekonomikoa

Bideragarritasun ekonomikoa aztertzerako orduan, inbertsioa totala, ustiaketa kostuak, sortutako energiaren salmenta prezioa, bankuaren maileguaren interesak eta bestelako hainbat faktore sartzen dira jokoan. Beraz, garrantzitsuenak kontutan hartu eta azalduko dira [26], [27], [28] eta [29]:

- Inbertsio ekonomiko totala: 46.044.000€-koa + %6ko (interes finantziarioa)= 48.806.640. Interes finantziarioa, inbertitzaile eta bankuaren artean adostutakoa %4-9 arden egon daitekeena. Kasu honetan %6a dela kontsideratuko da.
- Energia ustiaketa kostu totala kWh-ko: 2,75 z€/kWh.
- Galera energetikoak: energia sortzen denetik kontsumitzaileera ailegatzeko den momentu arte, sarean galdutako energia %25-%35 artean egon daitekeela estimatzen da. Kasu honetan, %35koa dela kontsideratuko da.
- Sorkuntza elektrikoa: Ordunten, proposaturiko instalazioarekin gutxienez 150GWh/urte-ko sorkuntza elektrikoa emango dela estimatu da. Gainera, parkearen bizitza erabilgarria 20 urtekoa dela kontsideratuko da.
- Sortutako energia elektrikoaren salmenta prezioa: AEE elkartearen arabera, 2019. Urtean Espainian sorturiko energia eolikoaren prezioa 10,2 z€/kWh \pm %25koa da. Kasu honetan, salmenta prezioa konstante mantentzen dela kontsideratuko da (nahiz eta urtero salmenta prezioa IPC-aren bariantzak mantentzen duten, normalean prezioa igoaraziz).

Aipaturiko kontzeptuak, parke eolikoaren bideragarritasun energetiko hurbildua kalkulatzeko funtsezkoak dira (ikusi 10. Taula). Ikusten denez, parke eolikoak martxan jartzen den momentutik, egindako inbertsioa berreskuratzen hasteko, 8-9 urte pasa behar dira. Esaterako, 8,4 urte pasa ondoren, inbertituriko diru kopurua, haren osotasunean berreskuratuko litzateke. Beraz, hortik Aurrera jasotako dirua benefizio hutsak izango litzateke [28] eta [29].

10. Taula. Ordunteko parke eolikoaren bideragarritasun ekonomikoa [28] eta [29].

Urtea	SorK. (GWh)	Energia salmenta(€)	Ustiaketa kostuak (€)	Galera ener.(%35)	Diru sarrerak	BEG
0	0	0	0	0	0	-48.806.640
1	149,69	15.269.109	4.116.671,49	5.344.188,08	5.808.249	-42.998.391
2	149,69	15.269.109	4.116.671,49	5.344.188,08	5.808.249	-37.190.142
3	149,69	15.269.109	4.116.671,49	5.344.188,08	5.808.249	-31.381.892
4	149,69	15.269.109	4.116.671,49	5.344.188,08	5.808.249	-25.573.643
5	149,69	15.269.109	4.116.671,49	5.344.188,08	5.808.249	-19.765.394
6	149,69	15.269.109	4.116.671,49	5.344.188,08	5.808.249	-13.957.145
7	149,69	15.269.109	4.116.671,49	5.344.188,08	5.808.249	-8.148.895
8	149,69	15.269.109	4.116.671,49	5.344.188,08	5.808.249	-2.340.646
9	149,69	15.269.109	4.116.671,49	5.344.188,08	5.808.249	3.467.603
10	149,69	15.269.109	4.116.671,49	5.344.188,08	5.808.249	9.275.852
11	149,69	15.269.109	4.116.671,49	5.344.188,08	5.808.249	15.084.101
12	149,69	15.269.109	4.116.671,49	5.344.188,08	5.808.249	20.892.351
13	149,69	15.269.109	4.116.671,49	5.344.188,08	5.808.249	26.700.600
14	149,69	15.269.109	4.116.671,49	5.344.188,08	5.808.249	32.508.849
15	149,69	15.269.109	4.116.671,49	5.344.188,08	5.808.249	38.317.098
16	149,69	15.269.109	4.116.671,49	5.344.188,08	5.808.249	44.125.348
17	149,69	15.269.109	4.116.671,49	5.344.188,08	5.808.249	49.933.597
18	149,69	15.269.109	4.116.671,49	5.344.188,08	5.808.249	55.741.846
19	149,69	15.269.109	4.116.671,49	5.344.188,08	5.808.249	61.550.095
20	149,69	15.269.109	4.116.671,49	5.344.188,08	5.808.249	67.358.345

Honela izanda, parke eolikoaren bitzita erabilgarriaren amilerara heltzerakoan, 67.358.345€-ko irabaziak estimatzen dira. Beste era batean esanda, proiektua martxan jartzeko inbertituriko 48.806.640€-ak (inbertiturikoaren %100a) eta azkenean jasotako dirua 67.358.345€-ko irabaziak izanik, %238 inguruko errentagarritasun ekonomikoa suposatzen du [28] eta [29].

Egia da, parke eolikoaren bitzita erabilgarria beste bost urtez luzatzeko aukera dagoela. Izan ere, erabilitako teknologiaren bitzita erabilgarria 25 urtekoa baita. Aldiz, parkearen funtzionamendua bost urtez luzatuz gero, ustiaketa kostuak gora egiteko arriskua egongo litzateke eta bestetik, teknologia berriak baliatuz, parke eoliko berri baten berreraikitzea interesgarria izango litzateke.

8.-Ondorioak

Euskal Autonomia Erkidegoan burututako ikerketa energetiko honen bitartez, Euskadiko errekurtso energetikoak eskasak direla ikusi da. Izan ere, 2016. Urteko datuen arabera, EAE-n kontsumitzen den energiaren %92,9a kanpotik inportaturiko errekurtsoen bidez asetzen da. Are gehiago, gehien inportatzen diren errekurtsoak, ingurumenarekiko kutsakorrek direnak izaten dira. Esaterako, erregai fosilak (gas naturala eta petrolioren bitartez, kontsumoaren %77,8a hornitzen da). Beraz, erregai fosilekiko dagoen menpekotasuna kezagarria dela esan daiteke. Bestalde, auto-hornikuntzarako %7,1ko gaitasuna, energia berriztagarrietan oinarritzen da. Beraz, erregai fosilekiko menpekotasuna gutxitzeko aukera aproposena, energia berriztagarrien bultzamena eragitea izango litzateke (biomasa, energia eolikia eta hidraulikoa bereziki).

EAE-ko egoera energetikoa ikusita, parke eoliko baten eraikuntzarako interesgarriak izan daitezkeen hiru eremuen potentziala aztertu da. Honela, energetikoki interesgarriena identifikatzea posiblea izan da. Esaterako, Ordunteko mendilerroan kokaturikoa. Bertan, 50MW-ko potentzia instalatuz, gutxienez 150GWh/urte-ko sorkuntza elektrikoa burutu daitekeela estimatu da.

Gaur egun Euskadin, kontsumitzen den elektrizitatearen soilik %6,6a energia berriztagarrien bidez betetzen da. Energia eolikoaren bitartez 300.000 pertsonen kontsumo elektrikoa asetzeko gaitasuna dago (bost parke eolikoaren bitartez). Soilik Ordunteko parke eolikoaren bitartez, 156.000 pertsonen eskaria hornitu daitekeela estimatzen da. Beraz, Ordunteko parke eolikia eraikiko balitz, EAE-ko eskari elektrikoa energia eolikoaren bidez asetzeko gaitasuna, energia berriztagarrien artean, %32,2tik %40,7ra pasatuko lirateke.

Ordunteko mendilerroan parke eoliko baten eraikuntza energetikoki bideragarria izateaz gainera, ekonomikoki interesgarria izan daitekeela ikusi da. Izan ere, nahiz eta hasierako inbertsioa 50 milioi ingurukoa izan, inbertsioa amortizatzen denbora, 8,4 urte ingurukoa dela eskuratu da. Gainera, parke eolikoaren bizitza erabilgarria gutxienez 20 urtekoa izanda, 20. Urtean, errentagarritasun ekonomikoa %238ra heldu daitekeela kalkulatu da (inbertituriko kantitatearen arabera kalkulaturiko datua). Hau da, inbertituriko kopurua %100 amortizatzeaz gainera, %138ko benefizio garbia lortzeko gaitasuna aurkezten da. Beste era batean esanda, parke eolikia haren bizitza erabilgarriaren azkeneko momentuan, 67.358.345€ inguruko irabaziak aurkeztu ditzakeela ikusi da.

Beraz, Euskadin dagoen menpekotasun energetikoa borrokatu ahal izateko, energia eolikoa bultzatzea interesgarria dela ikusi da. Bestalde, parke eoliko bat martxan jartzeko hasieran egin beharreko inbertsio ekonomikoa, benetan handia dela errealitate bat da. Horrek, negatiboki eragiten dio mota honetako proiektuei. Gainera, azkenengo hamarkadan, gobernuaren partetik arlo honetan ematen diren diru laguntzak era nabarmenean gutxitu dira. Horrenbestez, energia eolikoan estatu mailan apustua egiten dute enpresak gutxi dira. Izan ere, eolikoan munduan lan egiten duten enpresek, energia berriztagarrien aldeko tendentzia politikoen zain baitaude.

Ondorioz, energia eolikoa Euskal Autonomia Erkidegoan dagoen %92,9ko menpekotasun energetikoari aurre egiteko, energetikoki zein ekonomikoki bideragarria izan daitekeela ikusi da. Are gehiago, interesgarria izateaz gainera, beharrezkoa bilakatu dela esan daiteke. Izan ere, Euskadin gehien erabiltzen diren errekurtsu energetikoak ez baitira agortezinak (inportaturiko erregai fosilak). Gainera, erregai fosilen artean bereziki petrolioaren merkaturia monopolizaturik dagoenez, haren salmenta prezioa fluktuagarria da. Hortaz, petroliotik eratorritako produktuen prezioa gorakadak jasateko arriskua aurkezten dute (gasolina, diesela, LPG-ak eta abar). Honela izanda, arazo energetikoa, arazo ekonomikoa bilakatu da.

Esan bezala, EAE-ko arazo energetikoari aurre egiteko, tokiko errekurtsu energetikoak bultzatu beharko dira (biomasa, berokuntza zein bioerregaien sorkuntzarak, energia eolikoa, eguzki energia eta energia hidraulikoa, elektrizitatea sortzeko). Horretarako, gobernuaren aldetik energia berriztagarrien sektorean beharrezkoak diren diru laguntzak indarberritzea ezinbestekoa da. Horrela, energia berriztagarrien inguruan azpiegitura eraginkor bat eraiki ahal izateko eta errekurtsu energetiko hauen inguruan ikerketa lanak burutu ahal izateko.

9.-Bibliografia

- [1] Pablo G. Bejerano, blogthinkbig, energien erabilera historikoa (<https://blogthinkbig.com/consumo-de-energia-siglo-xviii>) [Kontsulta data:2019/02/19]
- [2] Jean-Paul Rodrigue, transportgeography, Evolution of Energy Sources (https://transportgeography.org/?page_id=5844) [Kontsulta data: 2019/02/19]
- [3] John M. Keynes, funseam, “Principales tendencias de futuro del sector energético a nivel europeo” (<http://www.funseam.com/es/actualidad/noticias-funseam/principales-tendencias-de-futuro-del-sector-energetico-a-nivel-europeo>) [Kontsulta data: 2019/02/19]
- [4] Eurostat, ec.europa, “Development of the production of primary energy (by fuel type), EU-28 2006-2016” (https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_production_and_imports/es) [Kontsulta data: 2019/03/10]
- [5] Iñigo Ansola Kareaga, EVE, “Euskadi Energia 2016 Energia Datuak” (<https://www.eve.eus/CMSPages/GetFile.aspx?guid=40359a5b-a7b8-4792-9579-9222a69a65f8>) [Kontsulta data: 2019/03/10]
- [6] Asociación empresarial eólica (AEE), “mapa eólico País Vasco” (<https://www.aeeolica.org/sobre-la-eolica/la-eolica-espana/mapa-eolico/pais-vasco>) [Kontsulta data: 2019/03/10]
- [7] Alberto Uriona, eldiario, “La eólica, una energía parada desde hace 10 años” (https://www.eldiario.es/norte/euskadi/eolicaenergiaparadahaceanos_0_227828058.html) [Kontsulta data: 2019/03/10]
- [8] Eólicas de Euskadi, Badaiaiko parke eolicoa, (https://egela1819.ehu.eus/pluginfile.php/1638967/mod_resource/content/0/ficha_badaia_eus.pdf) [Kontsulta data: 2019/04/15]
- [9] Comisión Europea de Energía, ec.europa, “Marco sobre clima y energía para 2030” (https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_es) [Kontsulta data: 2019/04/15]

- [10] Diario oficial de la unión Europea, lex.europa, “DIRECTIVA 2009/28/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 23 de abril de 2009” (<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:ES:PDF>) [Kontsulta data: 2019/04/15]
- [11] IDAE, “Plan de energías Renovables 2011-2020” ” (<https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/plan-de-energias-renovables-2011-2020>) [Kontsulta data: 2019/04/15]
- [12] Departamende de Medio Ambiente, Planificación territorial y vivienda, “Plan Territorial Sectorial de la Energía Eólica en la Comunidad Autónoma del País Vasco” (http://www.euskadi.eus/web01a2lurral/es/contenidos/informacion/plan_energia_eolica/es_8109/plan_energia_eolica.html) [Kontsulta data: 2019/04/20]
- [13] Enair, “Atlas eólico y solar mundial” (<https://www.enair.es/es/app>) [Kontsulta data: 2019/04/25]
- [14] EVE, euskadi, “El Ente Vasco de la Energía avanza los resultados energéticos de Euskadi de 2018” (<http://www.euskadi.eus/gobierno-vasco/-/noticia/2019/el-consumo-de-carburantes-sigue-aumentando-en-euskadi-pero-modera-su-tendencia/>) [Kontsulta data: 2019/05/15]
- [15] Siemens Gamesa Renewable Energy S.A., siemensgamesa, SG 4.5-132 (<https://www.siemensgamesa.com/es-es/products-and-services/onshore/aerogenerador-sg-4-5-132>) [Kontsulta data: 2019/05/21]
- [16] Ideasambientales, “Distancia entre aerogeneradores” (<https://ideasmedioambientales.com/distancias-entre-aerogeneradores/>) [Kontsulta data: 2019/05/21]
- [17] Energiaeolicaparatodoslospublicos, “partes del aerogenerador” (<http://energiaeolicaparatodoslospublicos.blogspot.com/2015/05/partes-del-aerogenerador.html>) [Kontsulta data: 2019/05/21]
- [18] Iberdrola S.A, iberdrola, “curiosidades sobre aerogeneradores y sus palas” (<https://www.iberdrola.com/te-interesa/iberdrola-te-cuenta/palas-aerogeneradores>) [Kontsulta data: 2019/05/21]

- [19] Lucas Bauer eta Silvio Matysik, wind-turbine-models, Gamesa G114-2.5MW (<https://en.wind-turbine-models.com/turbines/765-gamesa-g114-2.5mw>) [Kontsulta data: 2019/05/22]
- [20] Adurcal, “Procesos de un parque eólico” (<http://www.adurcal.com/enlaces/mancomunidad/viabilidad/57.htm>) [Kontsulta data: 2019/05/22]
- [21] Ormazabal, directindustry, transformazio zentrua (<http://www.directindustry.es/prod/ormazabal/product-26707-669833.html>) [Kontsulta data: 2019/05/22]
- [22] ITC-LAT 06, carreteros, “Medios técnicos mínimos requeridos para la verificación o inspección de líneas de alta tensión” (http://www.carreteros.org/normativa/s_afectados/electricas/altatens/pdfs/6.pdf) [Kontsulta data: 2019/05/25]
- [23] Global de electricidad e instalaciones S.L., globalei, “Instalaciones en alta tensión” (<http://www.globalei.es/alta-y-media-tension/>) [Kontsulta data: 2019/05/25]
- [24] Javier Samanes, theconversation, “El future de la energía eólica esta en el mar” (<http://theconversation.com/el-futuro-de-la-energia-eolica-esta-en-el-mar-116551>) [Kontsulta data: 2019/05/26]
- [25] Txaber Lezamiz Conde, Eusko Jaurlaritzaren Industria, Merkataritza eta Turismo Saila (http://www.araba.eus/botha/Boletines/2003/120/2003_120_06323.pdf) [Kontsulta data: 2019/06/01]
- [26] Dolf Gielen, Irena, “RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES: COST ANALYSIS SERIES” (https://www.irena.org/documentdownloads/publications/re_technologies_cost_analysis-wind_power.pdf) [Kontsulta data: 2019/06/01]
- [27] NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY, “2016 Cost of Wind Energy Review” (<https://www.nrel.gov/docs/fy18osti/70363.pdf>) [Kontsulta data: 2019/06/02]

- [28] J.M Molina, upcommons, "ESTUDIO DE VIABILIDAD TECNICO-ECONOMICO DE UN PARQUE EÓLICO DE 40 MW DE POTENCIA" (<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/20097/Proyecto%20JMMolina.docx;sequence=2>) [Kontsulta data: 2019/06/03]
- [29] Rocío Sicre del Rosal, aeeolica, "LUBRICACIÓN DE ALTO RENDIMIENTO Y MÁXIMA DURABILIDAD EN LA INDUSTRIA EÓLICA" (<https://www.aeeolica.org/images/recursos/pdf/2018/Anuario-AEE-2018-WEB.pdf>)[Kontsulta data: 2019/06/03]
- [30] AEE, aeeolica, "La eólica y el precio de la luz", (<https://www.aeeolica.org/sobre-la-eolica/la-eolica-y-el-precio-de-la-luz>) [Kontsulta data: 2019/06/05]
- [31] Marco A. Borja, nacionmulticultural, "Consideraciones básicas en la selección de aerogeneradores para el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec" (<http://www.nacionmulticultural.unam.mx/mezinal/docs/260.pdf>) [Kontsulta data: 2019/06/10]
- [32] Energiaysociedad, "REGULACIÓN ESPAÑOLA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES" (<http://www.energiaysociedad.es/manenergia/3-5-regulacion-espanola-de-las-energias-renovables/>) [Kontsulta data: 2019/06/10]
- [33] Iberdrola, lurrera jartzea. "DISEÑO DE PUESTAS A TIERRA EN APOYOS DE LÍNEAS AÉREAS DE ALTA TENSIÓN DE TENSIÓN NOMINAL 30, 45 y 66 kV SIN HILO DE TIERRA" http://www.f2i2.net/Documentos/LSI/nce/IBERDROLA/MT_2.22.05_1_sep13.pdf [Kontsulta data: 2019/06/10]
- [34] Edward Foweather , riunet, "DISEÑO DE UN PARQUE DE ENERGÍA EÓLICA. APLICACIÓN EN CALERA DE LEÓN, BADAJOZ" (<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/52650/01.%20Memoria.pdf?sequence=1>) [Kontsulta data: 2019/06/11]

Irudiak:

- [1] Jean-Paul Rodrigue, transportgeography, Evolution of Energy Sources (https://transportgeography.org/?page_id=5844) [Kontsulta data: 2019/02/19]
- [2] Eurostat, ec.europa, “Development of the production of primary energy (by fuel type), EU-28 2006-2016” (https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_production_and_imports/es) [Kontsulta data: 2019/03/10]
- [3] Iñigo Ansola Kareaga, EVE, “Euskadi Energia 2016 Energia Datuak” (<https://www.eve.eus/CMSPages/GetFile.aspx?guid=40359a5b-a7b8-4792-9579-9222a69a65f8>) [Kontsulta data: 2019/03/10]
- [4] QGis, EAE-ko aerosorgailuen mapa (<https://qgis.org/es/site/forusers/download.html>) [Kontsulta data: 2019/04/15]
- [5] wikiloc, zalama-balguerri (<https://es.wikiloc.com/rutas-senderismo/gallarraga-desde-el-embalse-de-lingorta-18266020/photo-11518225>) [Kontsulta data: 2019/04/20]
- [6] Departamende de Medio Ambiente, Planificación territorial y vivienda, “Plan Territorial Sectorial de la Energía Eólica en la Comunidad Autónoma del País Vasco” (http://www.euskadi.eus/web01a2lurral/es/contenidos/informacion/plan_energia_eolica/es_8109/plan_energia_eolica.html) [Kontsulta data: 2019/04/20]
- [7] Enair, “Atlas eólico y solar mundial” (<https://www.enair.es/es/app>) [Kontsulta data: 2019/04/25]
- [8] Javier Urrutia, mendikat, Mandoegi (<https://www.mendikat.net/com/mount/728#>) [Kontsulta data: 2019/04/25]
- [9] Siemens Gamesa Renewable Energy S.A., siemensgamesa, SG4.5-132 (<https://www.siemensgamesa.com/es-es/products-and-services/onshore/aerogenerador-sg-4-5-132>) [Kontsulta data: 2019/05/21]
- [10] Siemens Gamesa Renewable Energy S.A., siemensgamesa, SG2.5-132 (<https://www.siemensgamesa.com/es-es/products-and-services/onshore/aerogenerador-sg-2-6-114>) [Kontsulta data: 2019/05/22]

- [11] Lucas Bauer eta Silvio Matysik, wind-turbine-models, Gamesa G114-2.5MW (<https://en.wind-turbine-models.com/turbines/765-gamesa-g114-2.5mw>) [Kontsulta data: 2019/05/22]
- [12] Stanley Reed, nytimes, “Los gigantes que convirtieron la energía eólica en una realidad” (<https://www.nytimes.com/es/2018/04/26/energia-eolica-turbinas/>) [Kontsulta data: 2019/05/22]
- [13] Adurcal, “Procesos de un parque eólico” (<http://www.adurcal.com/enlaces/mancomunidad/viabilidad/57.htm>) [Kontsulta data: 2019/05/22]
- [14] Boerstn, Spanish.alibaba, “Quiosco transformador de media tensión” (<https://spanish.alibaba.com/product-detail/customized-33kv-outdoor-prefabricated-compact-cubicle-transformer-station-electrical-package-substation-kiosk-minisub-60699103007.html>) [Kontsulta data: 2019/05/25]
- [15] Ormazabal, directindustry, transformazio zentrua (<http://www.directindustry.es/prod/ormazabal/product-26707-669833.html>) [Kontsulta data: 2019/05/22]
- [16] TOP CABLE, directindustry, “CABLE ELÉCTRICO DE ALIMENTACIÓN” (<http://www.directindustry.es/prod/top-cable/product-12473-1595480.html>) [Kontsulta data: 2019/05/26]
- [17] Iberdrola, uco, “PROYECTO TIPO LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSIÓN A 30 kV” (http://www.uco.es/electrotecniaetsiam/reglamentos/Normativa_Iberdrola/iberdrola/mt_2_21_48.pdf) [Kontsulta data: 2019/06/10]