

GIPUZKOAKO INGENIARITZA ESKOLA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE GIPUZKOA
EIBAR

GRAL : GIPUZKOAKO CAMPUSEKO AUTOKONTSUMORAKO
POTENZIALITATE FOTOVOLTAIKOAREN ANALISIA

DOKUMENTUA: MEMORIA

Gradua: Energia Berriztagarrien Ingenieritzako Gradua

Ikasturtea: 2019 - 2020

Egilea: Errementeria Nikolas, Aratz

Zuzendaria/k: Campos Celador, Alvaro

AURKIBIDEA:

1.	SARRERA.....	5
2.	AURREKARIAK.....	9
2.1	GEOGRAFIA-INFORMAZIOKO SISTEMAK.....	9
2.1.1	Grass GIS.....	9
2.1.2	QGIS.....	10
2.2.2.1	Oinarri mapak:.....	10
2.2.2.2	Azalera itxurako mapak:.....	11
2.2.2.3	Mapa tematikoak.....	11
2.2.2.4	Entitate bateko elementuak.....	11
2.3	ENERGIA FOTOVOLTAIKOA.....	12
2.4	POTENTZIAL FOTOVOLTAIKOAREN AZTERKETA KASUAK.....	13
2.4.1	Caceres.....	13
2.4.2	Alpedrete.....	14
2.4.2.1	Informazioaren prozesaketa.....	15
2.4.2.2	Udalerriko eguzki energia potentzialaren azterketa gSolarRoof bidez.....	16
2.4.2.3	Herriko eraikinen potentzial fotovoltaikoaren azterketa.....	16
2.5	PROIEKTUAN ZEHAR ERABILITAKO HITZ TEKNIKOAK.....	17
3.	HELBURUA.....	19
4.	METODOLOGIA.....	21
4.1	ENERGIA POTENTZIAL FISIKOA.....	22
4.1.1	Rasterrak lotu.....	23
4.1.2	Malda, zeruertz eta noranzko mapak.....	24
4.1.3	Instante baterako eguzki erradiazioa gordina.....	25
4.1.4	Zuzenketa faktorea.....	26
4.1.5	Erradiazio garbia.....	30
4.2	EGUZKI ENERGIA POTENTZIAL TEKNOLOGIKOA.....	31
4.3	EGUZKI ENERGIA POTENTZIAL EKONOMIKOA.....	33
4.3.1	Payback energetikoa(PPBE).....	33
4.3.2	Payback.....	34
4.3.3	Beharrezko inbertsio ekonomikoa.....	34
4.4	GRASS GIS-EN KALKULATURIKO BESTE ALDAGAIK.....	35

4.4.1	EROI	35
4.4.2	Azalera erabilgarria (%)	35
4.4.3	Autohornikuntza tasa	36
4.5	QGIS.....	36
4.6	AZALERAK	39
4.6.1	Teilatu lauak	39
4.6.2	Malda handiko teilatuak.....	40
5.	AZTERKETA KASUA	41
5.1	OROGRAFIA	41
5.2	KLIMA	42
5.3	AZTERGAIA.....	42
5.3.1	Donostiako campusa	43
5.3.2	Eibarko zentroa	44
5.4	KONTSUMOAK.....	45
6.	AZTERKETAREN EMAITZAK.....	47
6.1	EGUZKI ENERGIA POTENTZIAL FISIKOA	47
6.2	EGUZKI POTENTZIAL TEKNOLOGIKOA	48
6.2.1	Donostia	48
6.2.2	Eibar.....	50
6.2.3	Gipuzkoako campusa.....	52
6.3	EGUZKI ENERGIA POTENTZIAL EKONOMIKOA.....	53
6.3.1	Donostia	53
6.3.2	Eibar.....	54
6.4	EGUZKIA ENERGIA SOSTENGARRITASUNA	54
6.4.1	Donostia	54
6.4.2	Eibar.....	55
6.5	KONTSUMOA.....	56
6.5.1	Donostia	56
6.5.2	Eibar.....	57
6.5.3	Gipuzkoako campusa.....	57
7.	ONDORIOAK	59
8.	ERREFERENTZIA BIBLIOGRAFIKOAK.....	61

1.ERANSKINA: DONOSTIAKO CAMPUSA	63
2.ERANSKINA: EIBARKO CAMPUSA	69

1. SARRERA

XXI. mendearen hasieran baino ez gaudelarik, urteak dira jada petrolioaren gainbeheraren trazak zeharka ikus zitezkeela. Hala ere, lehen munduko herrialdetako agintari eta multinazionalen buru argiek ez ikusiarena egitea nahiago izan dute. Tamalez, atzera bueltarik ez duen puntu batera heldu da gizakia. Poloetako izotza urtzen nola joan den ikustea besterik ez dago egoera benetan larria dela konturatzeko. Ez hori bakarrik, denboralea gero eta bortitzagoa bilakatzen hari da, eurite sasoiak geroz eta urriagoak diren heinean eurite hauen indarra geroz eta bortitzagoa bihurtzen delarik, klima larrialdia. Zergatik ordea aldaketa hau?

Naturak eskaintzen dizkigun baliabide naturalak erritmo neurrigabeen ustiatuz berriztaezinak diren lehengaiak agortzen joan gara. Hori gutxi ez, lehengai eta iturri berriztagarrien erabilera ere arriskuan jarri dugu gure produkzio eta ustiapen kateek sortzen dituzten soberakinen erruz hein batean. Sortutako hondakin hauek kudeatzeko gaitasun falta dugula erakutsi dugu, izan ere, naturaren bizi-zikloaren parte diren funtsezko kateetan eragitera heltzera besteko kantitateak sortzera heldu gara, non aurretik esan bezala, arazo honi ez zaion oraindik zuzeneko konponbide eraginkorrik eman.

Norbaiti agian, bururatuko zaio arazoari aurretiaz konponbiderik eman ez izanaren zergatia. Gehienek ordea, egoera hau erlatiboki berria izanda gu guztiontzat, ez dute egoeraren larritasuna antzematen. Galdera hauen atzean dagoen erantzuna ulertzeko lehenbizi gizartea beraren antolaketa ulertu beharra dago. Arazoak larriak bezain askotarikoak badira ere, askoren iturburua bizi garen sistema kapitalista eta kontsumista bera delako.

Egun bizi garen gizarte kapitalista eta elitista honetan, non gure bizitza inoiz baino murriztuago dagoen, ez da harritzekoa, teknologiak eta orokorki zientziak urteetan aurrerapausoak ematen joan ahala, gure bizi mailak ere goranzko joera berdina eduki izanak. Begirada pare bat hamarkada atzerantz jo ezkerreko, edonork ezin zezakeen auto bat erosi, mugikorrik eduki, oporretan Tenerifera joan ... Kontrara, pentsa ezina litzateke egun ez daukagun beste bizi estilorik edukitzea.

Bernard Mandeville filosofo eta ekonomialariak zihoen gisan, "beharrezkoa da gizartearen gehiengo handi bat ezjakin bezain txiroa izatea". Bere ustetan, herri ahaldundu batek desio gehiago edukiko litzateke eta zailagoa litzateke bere nahiak asetzera. Fabula honek helarazi nahi duen mezua hau ez dago errealitateetik oso urrun. Gure eskuetara heltzen diren horrenbeste zerbitzuei buruz ezer gutxi dakigu, hala nola; Kontsumitzen ditugun produktuen iturria, sortzen ditugun hondakinei emandako tratamendua, produktua sortzeko erabilitako baldintzak... Produkzio katetik at kokatzen da herritarra, eta badirudi ez duela axola nondik ez nola heldu den zerbitzua gure eskuetara. Hala ere,

desinformazioak menpekotasunera bideratzen kontsumitzailea, multinazionalak bezalako enpresa handiek ezarritako baldintzen menpean egonik.[4]

Beraz, itxuraz sekula baino ondoen bizi garen aro honek ere badu bere kontra-
isla. Desio izatea eta desira hori betetzea ia-ia maila berdinean kokatu ahal dira. Nahi
den hura erosteko inguruko edozein saltoki handira hurbiltzea nahikoa baita, beti ere
ordaintzeko beste ahalmenik bada, hots, dirua. Zer suposatzen du ordea, bizi maila hau
mantentzeak? Zer garrantzia dauka energiak guzti honetan?

Gutxi batzuk dena eduki dezaten, gainontzekoek daukaten guztia eman behar dute.
Esaldi honek oso ondo borobiltzen du aurretiaz aipaturikoa. Sistema bera ez dago modu
ekitatiko eta justuan pentsatua. Horren adibide gisara, aurretik aipatu bezala, energiaren
oligopolioak ditugu; Iberdrola, Shale Gas... Egungo sistema energetikoan, non herritarrak
parte hartzaile pasiboak diren soilik (amaierako kontsumitzaileak) gutxi batzuen eskutan
dago energiaren sorkuntza, banaketa eta prezioa.

Horrez gain, egun ditugun lehengaiak edukitzeko 3. munduko herrialdeak ustiatzen
ditugu gure konfort egoera hori mantentzeko, herrialde txiro horiek are eta txiroago
bilakatuz. Ez soilik haien lehengaiak lapurtzen dizkiegulako, materialak ustiatzeko lan
baldintza guztiz prekario eta esklabizatzaileetan egotera behartuak direlako. Hala ere,
gizartearen gehiengoak ezer gutxi daki honetaz.

Sistema akasdu honen gabeziak azken hamarkadetan jasandako krisi ekonomiko
eta sistematikoekin geroz eta agerikoagoak bihurtu direlarik, arrazoi ugari daude
aldaketa bat desiratzeko. Hala ere, energiari dagokion kasuan behintzat, arrazoi nagusia
hurrengoa litzateke: Transition Town sareak, nahiz aditu askok ez dute uste iparraldeko
herrialdeen energia eskaria iturri berriztagarriko energiekin ase ahalko denik. Gauzak
horrela, Munduko Iparraldeari dagokio bere energia eskaria murriztea, ez asebate ezina
delako soilik, Hegoaldeko hainbat komunitateek haien eskaria handitu beharko luketelako
haien bizi maila hobetzeko.

Iraultza, aldaketa... asko dira errotiko aldaketa deskribatzeko erabili ohi diren
hitzak, energia eta ekologiaren kasuetan ordea, trantsizio kontzeptua erabili ohi da. Hitz
honek aldaketa iraunkorragoa eta planifikatua dela ulertarazten baituelako. Orain arte,
historian zehar hiru trantsizio energetiko kasu daude: Lehenengoa, gizakia su-egurra eta
egur-ikatza ordez, harrikatza erabiltzen hasi zenean izan zen XVIII. Mendean. Bigarrena,
harrikatza erabiltzeari utzi eta petrolioa bezalako erregai fosiletara jo zenean izan zen.
Azkenik, hirugarrena petrolioa eta haren deribatuak beharrean iturri berriztagarriko
energiak erabiltzean gertatuko da. Oraindik, helburu jasangarri eta garbiago hori lortzeko
bidean dabil gizakia, nahiz eta puntu horretara heltzeko energiaren aurrezpena,
eraginkortasuna ere kontutan hartu beharreko gaiak izango diren.[1]

Iparaldeko herrialde askotan jada hasiak dira eredu aldaketa honekin, eta azpimarratu beharra dago Alemaniako kasua; Alemaniak erregai fosilekiko duen menpekotasun handia aintzat hartuta, aipagarriak diren kasuak badaude bertan, hala nola, Feldheim, Sieben Linden. Kasu bakoitzak bere berezitasunak ditu, ez baita posible energia trantsizio eredu bakar bat jarraitzea kasu denentzako. Batek bere bidea energia sorkuntzatik bideratu duen bitartean, tokiko baliabide naturalei etekin ateraz, besteak bere energia kontsumoaren murrizketa eta etxebizitzaren energiaren eraginkortasuna hobetzetik jo du. Argi dagoena da, aldaketak herritarren bizimodu eta kontzientzian aldaketan ere eragin duela. Feldheimen esaterako, herriko instalazio elektrikoaren instalazioaren gastuak ordaintzeko herritarrek haien partetik jarri zutela finantzaketa.

Euskal Herriaren kasua ere, ez da Alemaniaren oso desberdina. Bi kasuek, iturri fosileko erregai menpekotasun handia daukate. Horrez gain, bi kasuen energia kontsumo maila oso altua da Europako batez bestekoarekin alderatuta. Euskal Herriaren kontsumitutako energiaren gehiengoa kanpotik inportatua da, %94 inguru Euskal Autonomia Erkidegoan eta %80,3 Nafarroan. Eskari energetiko handiko lurraldea izanik, eta energia sistema Iberdrola bezalako oligopolioek pribatizatuta egonik, berebiziko garrantzia dauka gerora begira lurraldeak eskaintzen dituen baliabide natural berriztagarriei etekina ateratzea, ingurumenaren eta herritarren gastu energetikoaren mesedetan, eta atzerriko herrialdeen menpekotasuna murrizteko mugarri gisa.

Aipaturiko arrazoiek bilakatzen dute proiektua interesgarri, non dokumentuan aurrerago azalduko den bezala, EHU-ko Gipuzkoako campus barruan dauden eraikinen teilatuetako potentzialitate fotovoltaikoa egingo den.

2. AURREKARIAK

Proiektuaren garapenean zehar hiru programak erabili dira behar izan diren mapa desberdinak lortzeko. Gehien bat GrassGIS eta QGIS programak erabili dira mapa desberdinak sortzeko hala nola; Erradiazio garbia, erradiazio gordina, produkzio fotovoltaikoa... Horiez gain, CloudCompare eta Centro de descargas bezalako webguneak eta programak ere erabili dira, proiektuan gerora beharrezkoak izan diren dokumentu eta datu desberdinak eskuratzeko.

Txostenaren atal honetan GIS programak zer diren eta guzti horietatik erabilitako programen nondik norakoak azalduko dira:

2.1 GEOGRAFIA-INFORMAZIOKO SISTEMAK

Geografikoki erreferentziatuta dagoen informazioa erakutsi, elkarbanatu, integratu, editatu eta aztertzea ahalbideratzen duen edozein informazio sistema da. Era honetan, erabiltzaileak datuak, mapak editatu, informazio geografikoa aztertu eta eragiketa guztien emaitzak aurkeztu ditzake.

GIS programetako datuek mundu errealeko objektuak ordezkatzeko dituzte (altuerak, errepedeak...). Objektu erreal hauek bi abstrakzioetan sailkatu daitezke: Objektu diskretuak (etxe bat) eta objektu jarraituak (altuera bat). Datu hauek horrenbestez bi eratan biltegitatu daitezke: raster edo bektorial modura. Datuak modu bektorialean darabilten GIS formatuak arrakastatsuagoak dira merkatuan. Hala ere, datuen zehaztasun handirik behar ez diren ingurumenaren azterketak egiteko, hala nola; kutsadura atmosferikoa, tenperaturen banaketa raster metodoa erabiliagoa da.

2.1.1 Grass GIS

"Geographic Resources Analysis Support System" ere deitua, GPL lizentzia duen GIS software bat da. Raster nahiz informazio bektorialarekin lan egin dezake, eta irudien tratamendu digitaleko tresnak ditu. Horrez gain, sistema operatibo ugarietan erabili daiteke, adibidez; Windows, Linux eta OS X.

GrassGIS programaren bitartez, r.sun bezalako aginduak erabilita tokian tokiko maparen erradiazioa kalkulatu daiteke. Agindu honek zehaztutako latitude, azalera eta baldintza atmosferikoko erradiazio zuzen, islatu eta lausoa neurtzen du. Neurturiko erradiazioa egun bateko ordu baterako edo egun osorako izan daiteke.

Programa honek aukera desberdin asko ditu. Gure kasuan ordea, Cloud Compare-tik lorturiko altuera rasterretatik abiatuta produkzio fotovoltaikoko mapak eskuratuko ditugu. Emandako pausuak zeintzuk diren txostenean aurrerago azalduko da.

2.1.2 QGIS

QGIS GPL lizentziapean, software libreko informazio geografikoa duen sistema bat da. Programa hau beste asko bezala OSGeo fundazioaren proiektuetariko bat da. Elkarrekin teknologia geoespazialek eta datu irekiek zuzenduta talde garapena sustatzea du helburu. QGIS-ek funtzio anitz ditu bere baitan, baina baten bat azpimarratu beharko balira hauek liriateke: Proiekzio eta formatu desberdinetan dauden mota desberdineko datuen ikusarazi eta gainjartzea. Datu hauek nahieran sortu, editatu eta kudeatu daitezke tresna desberdinak erabiliz. Tresna multzo handia duen interfaze grafiko erabiliz mapak bilatu eta eratu daitezke, nahi bada gero hauek argitaratuz.

Gure kasuan egin beharreko mapa kopuru handien eragiketak direla eta, python kontsola baliatu behar izan da egin beharreko prozesu guztiak automatizatzeko.[5]

2.2 FITXATEGI MOTAK

Hurrengo lerroetan LIDAR, RASTER eta mapa bektorialak zer diren azalduko da.

2.2.1 Lidar

LIDAR, "de light detection and ranging" izenez ere ezaguna, lurraren azaleraren lagin bat lortzeko erabiltzen den teledetekzio optiko teknika da, non eginiko neurketak oso zehatzak diren x,y eta z ardatzetan. Beste era batean esanda, LIDAR ibilbide topografiko zehatz bat jarraituz helburu zehatz batengana laser izpiak bidaltzen dituen sentsore optiko bat da. Sentsore hauek helburu zehatz horrek islaturiko laserra antzeman eta aztertu egiten dituzte. LIDAR-ren barruan dauden hartzailleek, laser pultsuak sistema utzi eta bueltatzeko laserrak behar izan duen denbora neurtzen dute sentsorearen eta helburu zehatz horren arteko distantzia zehazteko. [8]

2.2.2 Raster

Raster bat lerroz eta zutabeka antolatuta dagoen zeldaz osaturiko matrize bat da. Zelda bakoitzak informazioa ordezkatzen duen balore bat dauka gordeta bere baitan, hala nola, tenperatura, erradiazioa,... Raster bat airetik harturiko argazki digitalak dira, sateliteko irudiak edo eta mapa eskaneatuak. Haien osaera oso sinplea denez gero, erabilera ugariak daukate. GIS programa batean lau mailatan zatitu daitezke:

2.2.2.1 Oinarri mapak:

GIS batean raster bat oinarri bezala erabili daiteke bere gainean informazio gehigarria duten kapentzako. Honen abantaila nagusia, kapa gehigarriak espazialki modu egokian alienatuta daudela jakiteko erabili daiteke. Era honetan, objektu errealak, nahiz, informazio gehigarria ikus daiteke.

2.2.2.2 Azalera itxurako mapak:

Rasterrei esker, azalera batean aldatzen doaz etengabe aldatzen doazen datuak irudikatu ahal dira. Azalera bateko datuen aldaketaren jarraipena biltegitzeko modu eraginkorra da. Honelako mapak prezipitazio maila, tenperatura aldaketa,... neurtzeko erabiltzen dira.

2.2.2.3 Mapa tematikoak

Datu multi-espektralak balioak maila desberdinetan sailkatzen dira, balio kategoriko bat emanez. Mapa tematikoak iturri desberdineko desberdineko datuak elkartzen dituzten geoprozesamenduko eragiketak eginez ere lortu daitezke.

2.2.2.4 Entitate bateko elementuak

Kokaleku geografiko edo objektu batekin erlazionaturiko dokumentu edo irudi eskaneatuak izan daitezke.

2.2.3 Bektoriala

Rasterrekin ez bezala, formatu bektorialak objektu geometrikoak (puntuak, lerroak eta poligonoak) definitu ditzake haien koordenatuen kodifikazioaren bitartez. puntuak espazioan koordenatu pare batekin kodifikatu daitezke formatu bektorialean. Lerroak elkarlotuta elkarlotutako puntuen segida batekin eta poligonoak ertzak definitzen dituen lerro talde batekin kodifikatu daitezke.

Formatu hau espazioan kokatutako entitate errealak irudikatzeko oso egokia da. Homogeneotzat hartu daitekeen lurralde baten hedaduraren batez besteko balioekin lanean diharduenean, rasterrak baino egokiagoa da (estatistika munizipalak adib).

2-1 Taulan aipaturiko bi geruzen arteko abantaila eta desabantailak laburki izendatu dira:

	RASTER	BEKTORIAL
ABANTAILAK	<ul style="list-style-type: none"> • Datuen osaera oso sinplea da • Irudi digitalen biltegitratze egokia • Datuen aldaketa altuentzako formatu optimoa 	<ul style="list-style-type: none"> • Datuen osaera konpaktua da. Hauen biltegitratze eta tratamendurako memoria gutxiago behar du • Berreskalatze, erre-proiekzio eragiketarako errazagoak dira egiten • Analisi, azterketa aukera handiagoa eskaintzen du
DESABANTAILAK	<ul style="list-style-type: none"> • Zelda guztiek datuak dauzkate. Biltegitratze memoria handia behar du • Arau topologikoak zailagoak dira sortzen • Datuen irteerak ez dira bisualki horren estetikoak 	<ul style="list-style-type: none"> • Datuen osaera konplexuagoa da • Datuen aldaketa oso altua denean eraginkortasuna gutxitzen da • Eguneratuta mantentzeko lan gehiago eskatzen duen formatua

Taula 2-1: Raster eta geruza bektorialen arteko konparaketa

2.3 ENERGIA FOTOVOLTAIKOA

Proiektu honetan aztertu beharreko kasuez gain, iturri berriztagarriko energia honen bideragarritasuna ekonomiko eta teknologikoaren analisia egin da aldi berean. Energia fotovoltaikoak proiektu honetan duen garrantzia dela eta, bere gaur eguneko nondik norakoen azalpen labur egitea erabaki da.

Eguzki energia fotovoltaikoa, eguzkiak etengabe bidaltzen duen erradiazioa elektrizitatean bihurtzen oinarritzen da efektu fotovoltaikoan oinarrituriko teknologiaren bitartez. Silizio kristalinoa bezalako material erdi-eroaleak erabiltzen dira plaka fotovoltaiko bat produzitzeko. Material erdi-eroaleek portaera desberdina baitute elektrizitatearekin. Eguzkiko erradiazioa panel fotovoltaikoaren gainazalera iristean, plakaren bi aldeetan potentzial elektrikoko diferentzia bat sortzen da. Era honetan, plaken barneko elektroiek alde batetik bestera mugitzen hasten dira, korrante elektriko bat sortuz.[21]

Hiru eguzki panel mota daude: Fotovoltaikoak, termikoak eta termodinamikoak. Bai fotovoltaikoak, eta bai termikoak, bi kasuetan eguzki erradiazioa darabilte lan egiteko. Fotovoltaikoak elektrizitatea sortzen du aurretik azaldu den moduan. Termikoak ordea, plaken barnealdetik mugimenduan dabilen ura berotzen du. Bi kasuetan eguzki erradiazioaren beharra dutenez funtzionamenduan haritzeko, hegoaldera begira egon behar dira. Panel termodinamikoaren kasuan bestalde, inguruko tenperatura desberdintasunaz baliatzen da ura berotzeko. Plaka eta inguruaren arteko tenperatura diferentzia haizea, euria, eguzkia... bezalako edozein aldaketa meteorologikok eragina izan daiteke. Ondorioz, fotovoltaiko eta termikoan ez bezala, teknologia honek ez du eguzkiaren menpekotasunik.[23]

Gaur egun ezagutzen diren zelula fotovoltaikoak lehen aldiz XIX. mendean garatu ziren arren (William Grylls Adams, 1877), 80. hamarkadatik aurrera hasi zen teknologia honen prezioa merkatzen. Negozioen munduan aditua den "Fortune" aldizkariak zihoenez, 2016. urtearen amaieran eguzki energiak sektore petroliferoak baino lanpostu gehiago eskainiko zituela aurreikusi zuen.[22]

Egun Lur planetak jasaten hari duen aldaketa klimatikoak direla eta, munduko hainbat erakunde desberdinek munduko karbono aztarna murriztu nahian, energia berriztagarrienganako apustua inoiz baino sendoagoa da. Iturri berriztagarrien garapenerako eginiko inbertsioez gain, energia hauentzako marko juridikoak ere garatzen hari dira estatuak, hala nola; Autokontsumoa, teknologia hauen integrazioa sarean...

2.4 POTENTZIAL FOTOVOLTAIKOAREN AZTERKETA KASUAK

Gipuzkoako campusean egin den moduan, España eta Euskal Herriko beste hiri eta herrietan ere burutu izan da potentzial fotovoltaikoaren azterketa. Berotegi efektuko gasen (BEG) kontzentrazioa murriztu nahiak eta azken urteetako elektrizitatearen kostuaren gorakadak bultzaturik, ugariak dira autokontsumorantz ematen hari diren urratsak.

Atal honetan, proiektu honen antzekoak diren beste azterketa batzuk azalduko dira:

2.4.1 Caceres

Caceres Extremaduran kokaturiko hiria da, 36 km²-ko hedadura eta 95.917 biztanleria dituena. Baldintza klimatologiko oso mesedegarriak ditu energia fotovoltaikoa ezartzeko. Izan ere, Europar Batzordeak 5,1 kWh/m²-ko batez besteko eguzki erradiazioa duen gunearen barruan sailkatu du hiria. [24]

Bertako eraikinek tamaina ertaina dute, eta horietako gehienak etxebizitza unifamiliarak dira.

Lan honen helburua, gutxi gorabehera 15.200 eraikinen eguzki potentziala aztertzea da, non, aztergaia hiriko azalera totalari dagokion. Horretarako, AEMET-tik lorturiko 2013 eta 2016 arteko erradiazio datu historikoak, LIDAR geruzak, hiriko kartografia digitala eta aztergaiko teilatuen azalera datuak (3D) baliatu dira. Azterketan, teilatuen altuera, norabidea, noranzkoa eta inguruko eraikinek eta landarediak sorturiko itzalak hartu dira kontutan.

Lorturiko emaitzak udaleko SIG-n barneratu, eta Leaflet software libreko liburutegian oinarrituriko multiplataforma bisore bat sortu zuen udalak. Sabaien potentzial fotovoltaikoen datuez gain, hilabeteko batez besteko erradiazioaren eta eraikin batek beste baten teilatuan eragindako itzalen efektua kontutan hartzen duen geruzak ere eratu ziren.



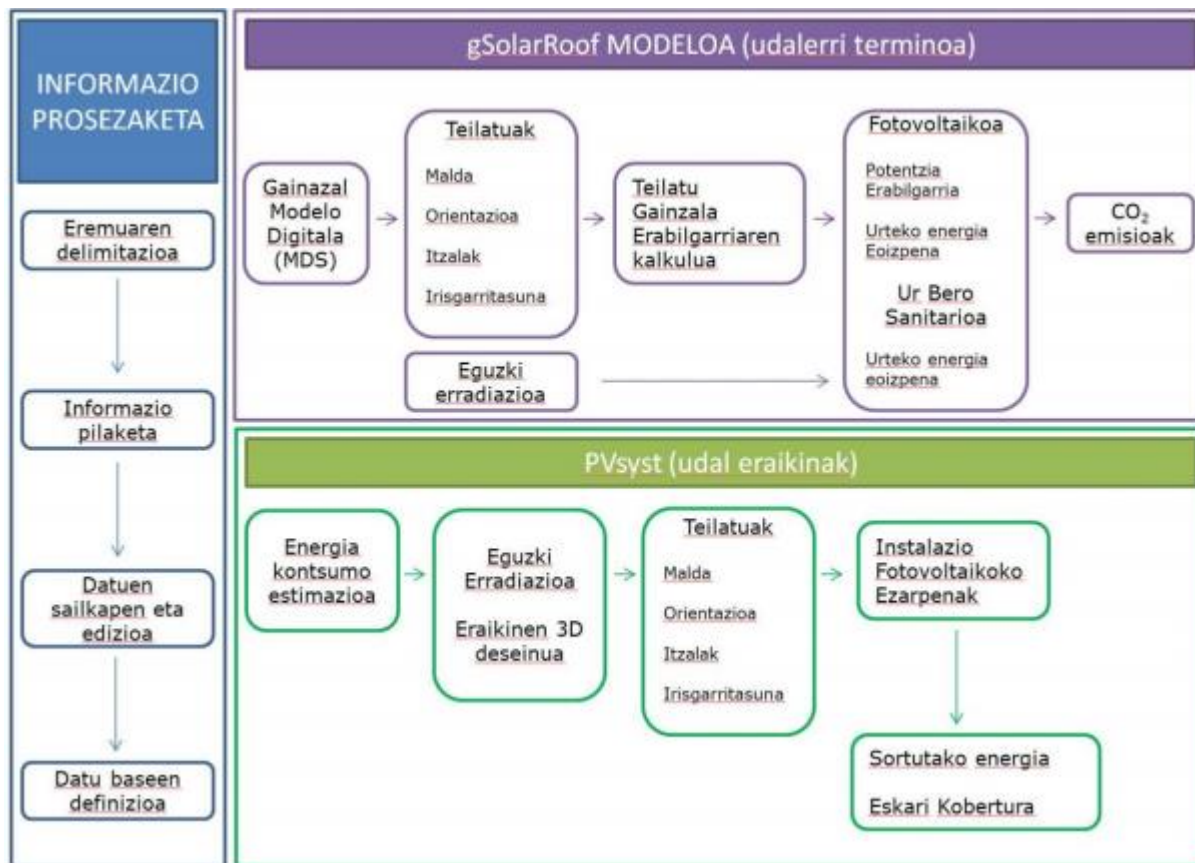
Irudia 2-1: Teilatuen Eguzki potentzial fotovoltaikoa LIDAR datuen gainean.

2.4.2 Alpedrete

Alpedrete, Madrileko erkidego barneko udalerrria da. Hedadura txikiko herria da, 12,64 km²-ko azalera izanik. Bertan, 14575 biztanle bizi dira 2019 datuen arabera.

Kasu honetan, herriko eraikinen potentzial fotovoltaikoen azterketa egin da. Horrez gain, instalazio publikoen aparteko azterketa bat egin da, hala nola; Kirol instalazioak, kultura zentroak, eskolak... 6 dira guztira publikoak diren eraikinak.

Eguzki potentzialaren azterketa hiru fasetan garatu da: Informazioaren aurre-tratamendua, udalerraren analisi geografikoa eta aztergaien gaineko azterketa sakonago bat.



Irudia 2-2: Alpedreten jarraituriko pausoak potentzial fotovoltaikoaren azterketa burutzerako orduan

2.4.2.1 Informazioaren prozesaketa

Eguzki potentzialaren hurbilketak, berrikusi beharreko datu-iturri desberdinetatik lorturiko informazio espazialaren azterketa zorrotz bat eskatzen du. Informazioaren tratamenduan eman beharreko lehen pausua LIDAR puntuak editatzea da. Egon litezkeen erroreak ezabatu eta analisirako garrantzia duten datuak behar bezala sailkatu direla egiaztatu da.

Eman beharreko hurrengo urratsa, datuen taulak eta geruzak editatzea izan da. Honetarako, datuei formatu, egitura eta erreferentzia geografiko egokia eman zaie. Datu multzo hau era egokian antolatzen duen datu base bat diseinatu da. Datu base honek, datu espazialak bere atributu eta ezaugarriekin erlazionatuko ditu, eremuaren ikuspegi bateratu bat eskainiz.

Azkenik, gSolarRoof programa exekutatu da, non, honen exekuziorako beharrezko den aurreko pausuan sorturiko datu-basea.

2.4.2.2 Udalerriko eguzki energia potentzialaren azterketa gSolarRoof bidez

Aurretik trataturiko datuak CIEMAT erakundearen gSolarRoof modelo geografiko barruan sartu dira. Programa eguzki energia potentzial eta termikoaren analisirako egokitu da. Modelo honetan, sorturiko energiaren eta eguzki panelen kokapenean eragingo duten aldagaiak ezarri dira. Horretarako, hiribarruaren osakera, teilatuek jasotako eguzki erradiazioa eta eraikinen tipologia hartu da kontutan.

Azaleraren modelo digital baten altxamendua 1 m²-koa da. Eraikinen teilatuen norabide, malda, inguruko oztopoek sorturiko itzalak eta eskuragarritasun faktorea kontutan harturik, teilatuen azalera erabilgarriak zein diren aztertu eta kasurik egokienak aukeratu dira. Horrez gain, teilatuko puntu bakoitzean eguzki erradiazioaren zenbatekoa kalkulatu da.

Bi datu hauek eskuraturik, hurrengo emaitzak lortu dira: Alde batetik, Ur Bero Sanitariorako (UBS) urte batean sor daiteken energia kopurua. Kalkulu honetarako erabiltzen den kolektorea 'Placa Plana' izan da. Bestetik, energia fotovoltaiko potentzial erabilgarria eta ekoiztu daiteken urteko energia elektrikoa 'Silizio Multikristalino' plakak erabiliz gero.

Bukatzeko, instalazioarekin sorturiko energiarekin saihestuko liratekeen CO₂ isurpenaren kalkulua burutu da.

2.4.2.3 Herriko eraikinen potentzial fotovoltaikoaren azterketa

Atal honetan, proiektuko aztergaiak diren eraikin publikoen eguzki potentzialaren azterketa sakonagoa bat burutu da. PVsyst softwarearekin aztergaietan egin litezkeen tamaina eta konfigurazio desberdineko instalazio fotovoltaikoen proba egin da. Egindako probetan, energia elektrikoaren sorkuntzako profil desberdinak hartu aintzat, modulu fotovoltaiko desberdinak eta tokiko eguzki erradiazioa kontutan izanik.

900/2015 errege dekretuak ezarritakoaren arabera, autokontsumorako instalaturiko potentzia, kontrataturiko potentzia baino baxuagoa izan behar da. Azterketa kasuek 15 eta 80 Kw balioen artean dabilta. Hori dela eta, balio horiek hartu dira potentzia erreferentziatzat.

Programa informatikoak eraikinen orduko kontsumoen estimazioa egiten du. Ondoren, eraikinen kokalekua eta eraikinen erradiazio zona ezartzen da. Horren ostean, eraikinen 3D-ko diseinua garatzen da udalaren planoak eta modulu fotovoltaikoen kokapena kontutan hartuz. Plano honen diseinua egiterako orduan, inguruko oztopoek sor ditzaketan itzalak ere kontutan hartzen dira. Eman beharreko pausoak jarraituz,

teilatuen orientazio eta malda definitzen da, faktore hauek energia galerak ezartzeko beharrezkoak izanik.

Eraikinaren modelizazioa amaitutzat emanik, teilatuko moduluen serie-paraleloa banaketa finkatu da. Modulu mota aukeraturik eta energia eskaria jakinda, gehien komeni den inbertsorearen eta konexio puntuen aukeraketa dator.

Urrats guzti hauek buruturik, modulu informatikoak instalazioak sortuko lukeen energiaren datuak errazten ditu, beharrezkoak liratekeen plaka fotovoltaikoen kopurua eta auto-hornikuntza tasarekin batera.

2.5 PROIEKTUAN ZEHAR ERABILITAKO HITZ TEKNIKOAK

Erabilitako terminologia konplexua dela eta, mesedegarriz jo da haietariko pare baten esanahia azaltzea. Gerora, txostena bere osotasunean ulertzea errazagoa gerta dadin:

- **Autokontsumoa:** Erabiltzailea lehengaien sorkuntza prozesuaren, nahiz kontsumoaren parte hartzaile aktiboa da. Beste hitz batzuekin azalduz, erabiltzailea produzitzailea eta kontsumitzailea da aldi berean. Norbanakoak bere beharrak asetzeko dituen gaitasuna da. Lehengaiaren sorkuntza tokian tokiko baliabideek mugatzen dute. Ondorioz, erabiltzailearen beharrak eta gaitasunak lurraldearen arabera daude mugatuta.
- **EROI:** Itzulera energetikoko indizea izenaz ere ezaguna, plaka bat produzitzeko inbertituriko energiaren aldean, plaka horrek bere bizi-erabilgarrian zehar sorturiko energiaren konparaketa bat da.

Aldagai honen balioa 1 baino handiagoa izatea bilatzen da. 1 baino txikiagoa bada, plakak fabrikatzeko inbertituriko energia, bere bizi-erabilgarrian sortuko duena baino handiagoa dela esan nahi du. Ondorioz, ez da inoiz berreskuratuko inbertsio hori.

- **Autohornikuntza tasa:** Elementu baten produkzioaren eta kontsumoaren arteko erlazioa da.
- **String:** Instalazio fotovoltaikoetan erabiltzen den hitz bat da. Plakak antolatutik dauden lerroari egiten dio erreferentzia.
- **PPBE:** Aldagai honen bitartez, zelula fotovoltaikoak produzitzeko inbertituriko energia berreskuratzeke beharrezko denbora kalkulatu da.

3. HELBURUA

Azterketa hau EHUKi (Metodologia, 4) proiektuaren barne dago. Hori dela eta, EHUKiren helburua elkarbanatzen du lan honek. Lerro gutxitan azalduz, helburu nagusia aztertuko diren eremuen autokontsumorako potentzialitate fotovoltaikoa aztertzea da. Horretarako, azterketa guneen eguzki energia potentzial fisiko, teknologiko eta ekonomikoak aztertuko dira.

Eguzki energia potentzial fisikoarekin, urtebetean eraikinetara heltzen den erradiazioa neurtuko da. Potentzial teknologikoarekin ordea, eguzki plakek sortu dezaketen energia kalkulatu da, potentzial fisikoa oinarri hartuta. Potentzial ekonomikoarekin azkenik, aztergaien bideragarritasun ekonomikoa kalkulatu da.

Bigarren mailako helburuak ere ezarri dira, gerora datuen interpretazioa egiterako garaian, irizpide zabalago bat ekarri dezaten: Azalera efektiboa, EROI, auto-hornikuntza tasa, PPBE, payback, inbertsioa, dira.

Tankera honetako proiektuekin erabiltzaileek haien faktura energetikoa murriztea izaten dute helburu. Hori dela eta, kasu bakoitzean sorturiko energia elektrikoarekin, kontsumoaren asetzeko gaitasunaren zenbatekoa ere kalkulatu da. Aurretiaz jakinik urte osoan zehar ez dela energia bera sortuko, eta urteko epe batzuetan saretik gehiago kontsumitu beharko dela beste une batzuetan baino.

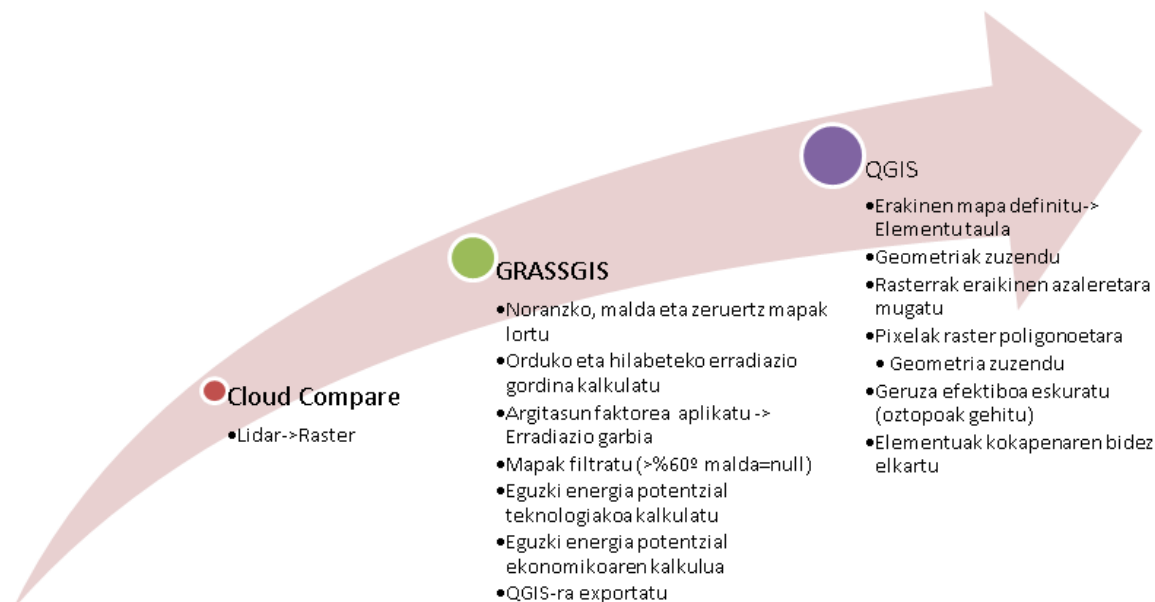
4. METODOLOGIA

Atal honetan proiektuaren helburua burutzeko emaniko pausoak zeintzuk izan diren eta hauen nondik norakoak azalduko dira. Metodologia, EHU-k aurrera eramanoiko Campus Bizia Lab inizatibaren barruan dagoen EHUKhi proiektuak ezarritako berberak dira.

Lanean zehar bestalde, eragiketak eta ingurua aztertzerako orduan kontutan hartu dira zenbait suposaketa orokor egin dira:[14]

- Hasiera batean, sabaiko azalera guztia hartuko da erabilgarritzat
- Hilabete bakoitzeko egun bat hartuko da aztergai
- Egun batek dituen ordu guztiak aztertuko dira (egunsentitik ilunabarrera)
- Zuzeneko behaketa eta lorturiko datuen bidez iragaziko da sabaiaren azalera

Lanean aurretik aipatu bezala QGIS, GRASSGIS eta Cloud Compare programak erabili dira beharrezko mapak eskuratzeko. Emaniko pauso guztiak 4-1 Irudian agertzen den eskeman era antolatuan azaldu dira:



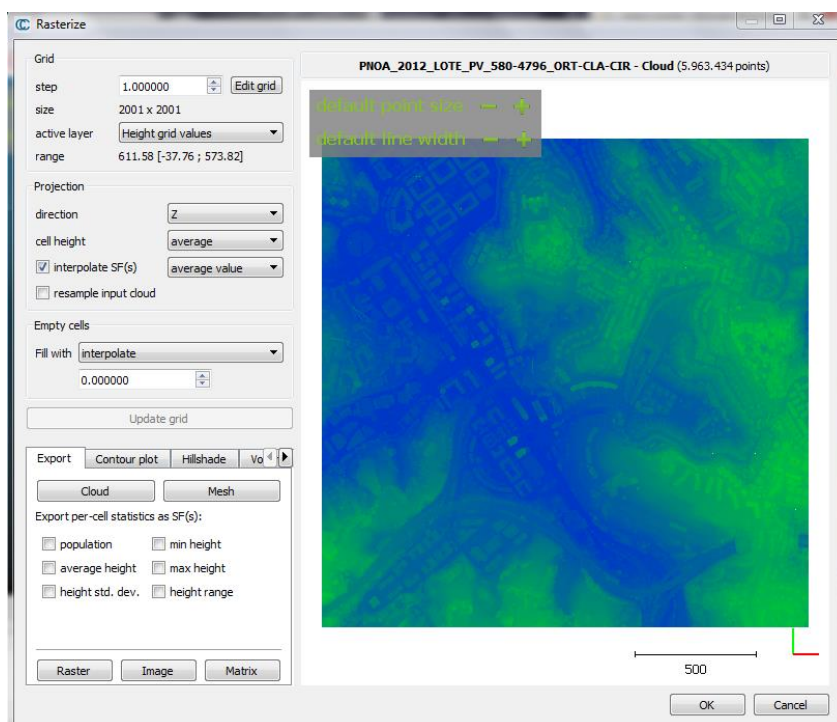
Irudia 4-1: Metodologian jarraituriko eskema

Azterketa esparrua Donostiako campusa eta Eibarreko ingeniarietza eskola izan dira. Donostiako campusa 14 eraikinez osaturik dago. Campusak barne hartzen dituen bederatzi fakultatez gain, bi ikerketa zentro, liburutegia eta EHU-ren barne dagoen kirol

zentroa ere aztertu da guzti hauen potentzial fotovoltaikoa aztertzerako orduan. Eibarreko kasuan aldiz, unibertsitatea den eraikina soilik aztertu behar izan da. Ondorioz, kasu batean egin behar izaneko pausoak konplexuagoak izan dira azterketa gunearen konplexutasuna dela eta.

Energia fotovoltaiko sorkuntzaren datuak bere baitan biltzen dituzten raster mapak lortzea da helburu nagusia, 1x1m-ko erresoluzioa edukiko du pixel bakoitzak. Raster bat bere baitan informazioa gordeta daukan argazki bat da. Bestela esanda, argazkiaren pixel bakoitzak informazioa dauka gordeta. Gure kasuan, azterketa eremuaren energia fotovoltaiko produkzioaren informazioa edukiko du.

Lehenbizi egin beharreko pausoa, 4-1 Irudian aipatu den bezala, Lidar mapak eskuratu eta ondoren, Cloud Compare programaren bitartez, RASTER formatura aldatzea da. Horretarako "centro de descargas"-tik (CNIG) altimetria LIDAR fitxategiak deskargatu dira. Behin beharrezko fitxategiak deskargatu direlarik, ".las" mapak ireki eta rasterizatu egiten dira z ardatzeko datuak gordetzeko, hau da, altuerak. Gure kasuan, aztertu nahi diren eraikinak mapa bakarrean kokaturik zeuden, bai Eibarren eta bai Donostian. Eraikinak bi mapa desberdinetan baleude banaturik, beharrezko bi mapak deskargatuko lirarteke eta gerora GrasGIS-en "mapcalc" aginduarekin elkartu.



Irudia 4-2: Altuera rasterraren aurrebista Cloud Comparen

4.1 ENERGIA POTENZIAL FISIKOA

Behin altuera mapak raster formatuan jartzea lortu ostean, hurrena eguzkiak bidaltzen duen erradiazioaren zenbatekoa kalkulatzeko da. Gure jomuga lortzeko hurrengo

pausuak jarraitu behar dira: Rasterra GRASS-en ireki, norabide, malda eta zeruertz mapak kalkulatu, orduko eta hilabeteko erradiazioa kalkulatu instant horietarako, argitasun faktorea aplikatu eta azkenik, azterketarako beharrezkoak diren aldagaiak kalkulatu: Eguzki energia potentzial teknologikoa, eguzki energia potentzial ekonomikoa, EROI...

4.1.1 Rasterrak lotu

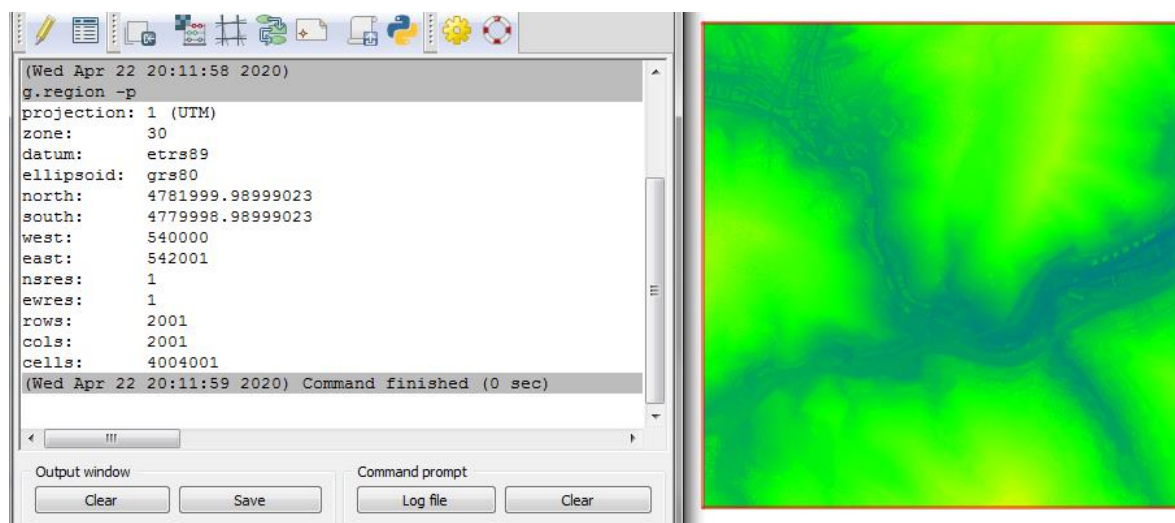
GRASS-kin lanean hastean, Eibar eta Donostiako kokapen berriak definitu ziren. Era honetan, lan egingo den proiektzioa ezartzen zaio, azterketa kasu bakoitzak bere kokapen propioa behar du. Pauso hau egitea garrantzitsua da. Izan ere, tratatuko diren mapa desberdinen proiektzioak ondo aukeratuta ez badaude, posible da puntu bateko mapa desberdinek bat ez egitea ikusarazteko unean. Gure kasuan, ETRS89 / UTM zone 30N proiektzioa dagokigu Eibar eta Donostia hiriak aztertzeko.

Behin bi kokalekuak definitu ostean, GrassGis karpeta barruan, bi hirien karpetak sortuko dira, non, bakoitzari dagokion informazioa karpeta hauetan sortzen joango da.

Urrats hori egin eta gero, rasterrak Grass-kin linkatu egin behar dira. Horretarako, "r.external" agindua baliatu behar da. Horrez gain, "g.region" agindua ere erabili behar da, eskualdearen mugak finkatu eta irteerako mapek "g.region"-ek aurretiaz definitutako erresoluzioa eduki dezaten, hasierako mapena beharrean.

Aipatu berri diren pausuez gain, posible da aztergaien barruan dauden eraikinetariko baten bat lidar fitxategi desberdinetan egotea. Kasua hori izatekotan, "r.patch" komandoarekin, Cloud Comparekin raster bihurturiko fitxategiak elkartu egiten ditu, raster geruza berri eta bakar bat sortuz.[19]

Bi raster mapa elkartzerakoan garrantzitsua da, g.region bi rasterrak elkartuta edukiko lukeen neurrietara egokitzea. G.region elkartutako mapa berriaren hedadura duela konprobatzeko "display region"-kin ikusi daiteke, 4-3 Irudian ikus daitekeen bezala.



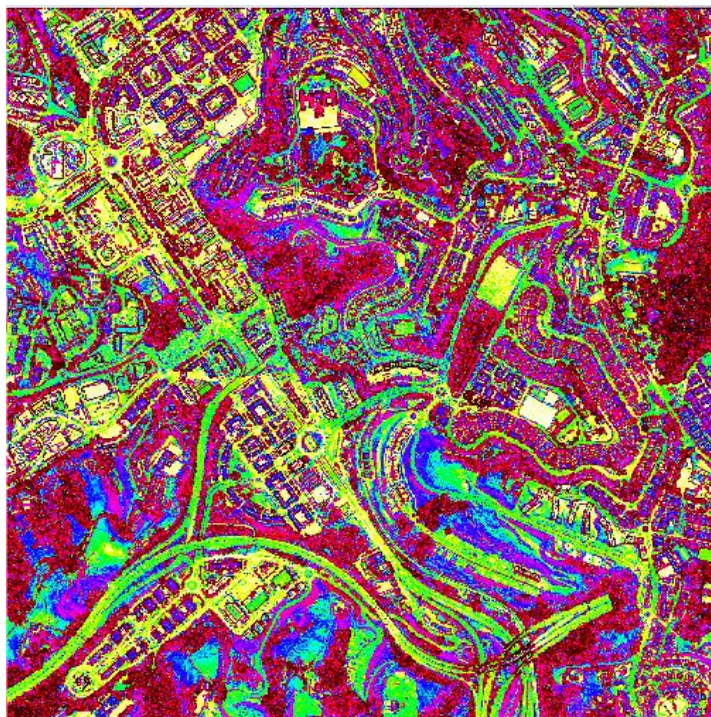
Irudia 4-3: Atuera mapa g.region aginduarekin kokatuz

4.1.2 Malda, zeruertz eta noranzko mapak

Malda, zeruertz eta noranzko mapak eskuratzeko "r.slope.aspect" eta "r.horizon" aginduak erabili dira. Lehen aginduarekin, pixel bakoitzak Eibar eta Donostiako noranzkoaren eta malda desberdinen angeluen informazioa edukiko du bere baitan(gradutan). Aspect mapak noranzkoari egiten dio erreferentzia, slope mapak bestalde, eraikin eta azalera desberdinen maldari.

"r.horizon"-en bidez bestalde, pixel bakoitzean lursaileko zeruertzaren altuera neurtzen du. Baina altuera hau puntu bakoitzean begira gauden noranzkoaren arabera denez, 360 gradu 24 mapetan zatitzea erabaki da dira, hau da, angelu tartekak 15 gradukoa dira.

Informazio hau ezinbestekoa da, gerora eraikin baten teilatuan eguzki plakarik jarri nahi izan ezker. Eguzkitik jasotzen den ahalik eta erradiazio gehien eskuratzeko da helburua, ahalik eta energia gehien produzitzeko. Izan ere, plakak norantz, nola eta non instalatzen diren berebiziko garrantzia dauka. Instalazioari ahalik eta etekin gehien atera nahi baldin bazaio.



Irudia 4-4: Donostiako slope mapa



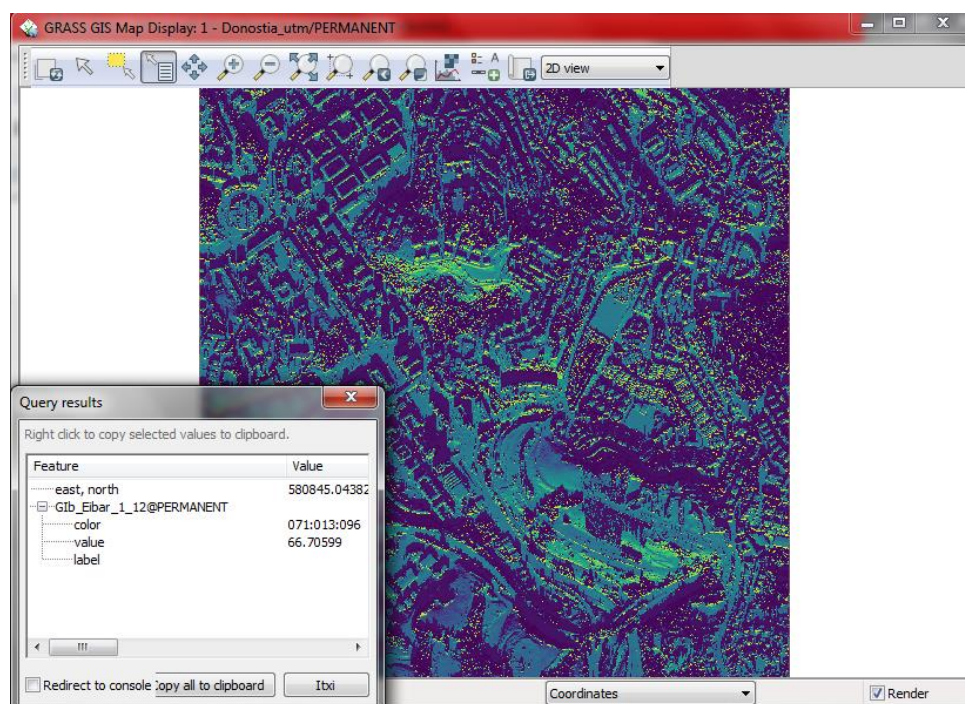
Irudia 4-5: Donostiako aspect mapa

4.1.3 Instante baterako eguzki erradiazioa gordina

Egin beharreko hurrengo atala azterketa eremuan dagoen eguzki erradiazioa lortzea litzateke. "r.sun" agindua erabiliz nahi den unerako erradiazio gordinak kalkulatu dira. Inguruko geografia eta oztopo fisikoek sorturiko itzalak eta aukeratutako uneko eguzkiaren ibilbidea soilik kontutan harturik edukiko litzatekeen erradiazioa. Agindu honek aurretiaz lorturiko altuera, malda, noranzko eta zeruertz mapak darabiltza kalkuluak egiteko.

Eragiketa hau hilabete bakoitzetik aukeratutako egun baterako egin da, eta egun horietako 24 orduetarako. Teorian, erradiazioa hilabete bateko egun guztietarako kalkulatu beharko litzateke eta lorturiko datu guzti horien batez bestekoa egin. Horrela, egun bakoitzerako balio berdina izango litzateke. Baina hilabeteko egun batean lorturiko datuak eta hilabeteko batez besteko horren arteko errorea oso txikia denez, egun bakarreko datua hartu da kontutan. Ondorioz, hilabete oso bateko erradiazioa hilabeteko egun horretako balioa hilabetearen egun kopuruagatik biderkatuz lortuko da.

4-6 Irudian ikusi daiteke Donostian nolako litzatekeen mapa eta hiriko puntu batean legokeen erradiazioa Wh/m²-ko unitateetan.



Irudia 4-6: Donostiako instante bateko erradiazio gordina

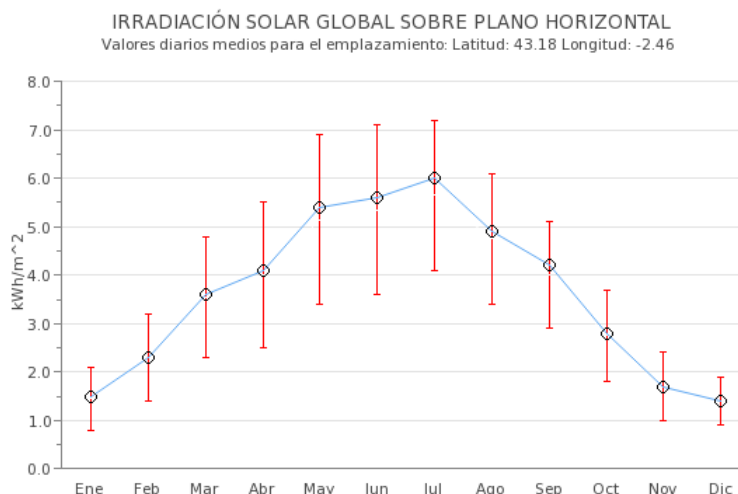
4.1.4 Zuzenketa faktorea

Zeruaren zuzenketa faktorea (ZF), hodeiez estalia dagoen puntu konkretu baten zeru zatia neurtzeko aplikatzen den koefizientea da. Neurketa hauek ezin dira, ikusmen baxuko egunetan egin, hala nola; egun lainotsu bat dagoenean. Hala ere, egun zehatz

horiek ez dira kontutan hartu. Koefiziente honen kalkulurako, horizontalarekiko erradiazio teoriko maximoaren eta errearen arteko zatiketa egin da:

$$ZF = \frac{GHib}{GHib_{max}}$$

Horizontalarekiko erradiazioa (GHib) guztiz laua den puntu batean, inolako itzalik egon gabe, legokeen erradiazioa da. Hilabete bakoitzaren erradiazio errearen datuak eskuratzeko "ADRASE"-n bilatu dira, non, nahi diren koordinatuetan klikatuz, puntu horretako GHib datuak ematen dituen. 4-7 Irudian ikusi daitezke Eibarren kasuan webgunetik hartu diren datuak.



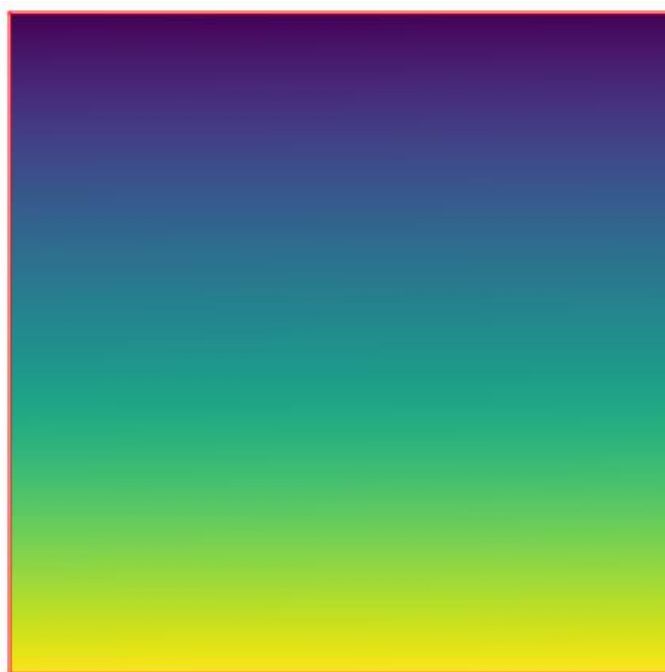
(kWh/m²)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Percentil 75	2.1	3.2	4.8	5.5	6.9	7.1	7.2	6.1	5.1	3.7	2.4	1.9
Valor medio	1.5	2.3	3.6	4.1	5.4	5.6	6.0	4.9	4.2	2.8	1.7	1.4
Percentil 25	0.8	1.4	2.3	2.5	3.4	3.6	4.1	3.4	2.9	1.8	1.0	0.9

Irudia 4-7: Eibarko erradiazio horizontalaren balio errealak

Balio teoriko maximoak lortzeko ordea, itsas mailatik Eibar eta Donostia dauden garaierako raster birtualak sortu dira. Aurretik azaldu bezala, sorturiko bi rasterrak lauak eta itzalik gabeak dira. Alde batetik, "r.mapcalc" kalkulagailua baliatuz, non, rasterretan edozein eragiketa matematiko egitea ahalbideratzen duen. Agindu honekin aurretiaz lorturiko altuera mapak lauak bihurtu harazi dira:

$$Altuera\ raster\ birtuala = Altuera\ rastera \cdot 0 + hiriaren\ altuera$$

Bestetik, lortu nahi diren emaitzak erradiazio mapak direnez, "r.sun" erabili da, aurreko pausoan sortutako altuera mapa laua oinarri hartuta. "r.stats" komandoarekin, GHib maparen batez besteko balioa eskuratu da. 4-8 Irudian ikusi daiteke eragiketa honen emaitza:



Irudia 4-8: Eibarko Abenduko GHib mapa

Hona hemen Eibarren lorturiko zuzenketa faktoreen balioak:

	Urtarrila	Otsaila	Martxoa	Apirila	Maiatza	Ekaina	Uztaila
Erradiazio horizontal teoriko maximoa (Wh/m²)	2215,56	3285,6	4912,84	6768	8138,63	8844,8	8739,68
Erradiazio horizontal erreala (Wh/m²)	1500	2300	3600	4100	5400	5600	6000
Zuzenketa faktorea	0,677	0,7	0,733	0,6	0,663	0,633	0,686

Taula 4-1: Urtarriletik Uztaila arte zuzenketa faktoreak Eibarren

	Abuztua	Iraila	Urria	Azaroa	Abendua
Erradiazio horizontal teoriko maximoa (Wh/m²)	7857,13	6351,78	4590,55	2985,53	2131,45
Erradiazio horizontal erreala (Wh/m²)	4900	4200	2800	1700	1400
Zuzenketa faktorea	0,624	0,66	0,61	0,57	0,66

Taula 4-2: Abuztutik Abendura arteko zuzenketa faktoreak Eibarren

Donostiako datuak hurrengo taulan ageri dira:

	Urtarrila	Otsaila	Martxoa	Apirila	Maiatza	Ekaina	Uztaila
Erradiazio horizontal teoriko maximoa (Wh/m²)	2200,73	3265,18	4884,9	6732,34	8097,5	8800,9	8696,25
Erradiazio horizontal erreala (Wh/m²)	1500	2300	3600	4300	5400	5800	6000
Zuzenketa faktorea	0,681	0,7	0,737	0,6	0,663	0,66	0,686

Taula 4-3: Urtarriletik Uztaila arte zuzenketa faktoreak Donostian

	Abuztua	Iraila	Urria	Azaroa	Abendua
Erradiazio horizontal teoriko maximoa (Wh/m²)	7817,24	6317,92	4564,1	2966,66	2117
Erradiazio horizontal errealak (Wh/m²)	4900	4300	2800	1700	1400
Zuzenketa faktorea	0,627	0,68	0,61	0,57	0,66

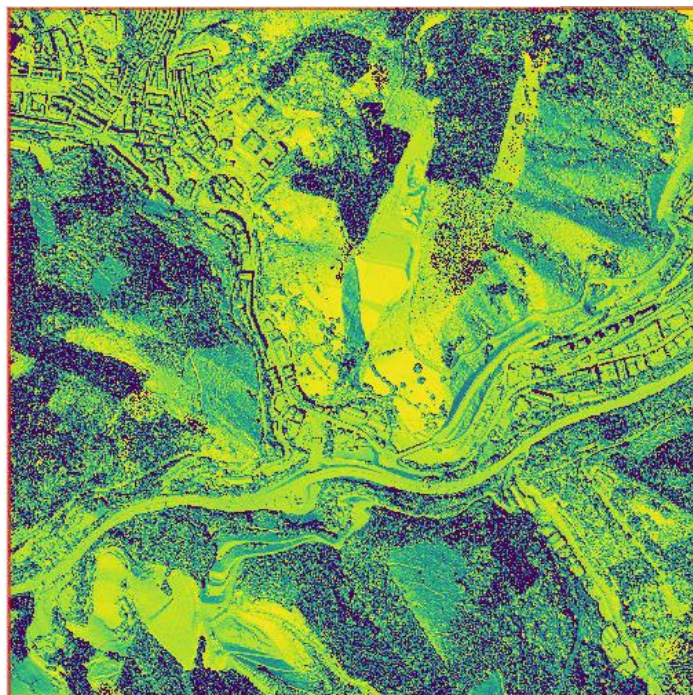
Taula 4-4: Abuztutik Abendura arteko zuzenketa faktoreak Donostia

4.1.5 Erradiazio garbia

Erradiazio garbia kalkulatzeko une bakoitzean dauden hodeiak kontutan hartu behar dira. Beste era batean esanda, erradiazio gordinari zuzenketa faktorea aplikatu behar zaio. Hona hemen formularen adierazpen matematikoa:

$$G_{Igarbia} = G_{Igordina} \cdot ZF$$

Eragiketa GRASS-en prozesatu ostean, hau da lortu den emaitza:



Irudia 4-9: Eibarko instante bateko erradiazio garbia

4.2 EGUZKI ENERGIA POTENTZIAL TEKNOLOGIKOA

Sorkuntza fotovoltaikoa (E_{pv}) laburki azalduta, metro karratuko dagoen energia da. Kalkulu honetarako, aurreko pausuan lorturiko erradiazio garbia (G_{in}), proiektaturiko azalera unitarioa, plaken errendimendua (η_{pv}), gauzatze ratioa edo "performance ratio" (PR) eta β angeluaren kosinua erlazionatu dira. Hurrengo ekuazioan argiago ikusi daiteke:

$$E_{pv} = \frac{(G_{in} \cdot A \cdot \eta_{pv} \cdot PR)}{\cos(\beta)}$$

B angelua tokiko maldaren angelua da, "slope" izenarekin izendatu dena. Bi aztergaietan, 60° baino malda handiagoa duten puntuak balio nulu bilakatu dira. Eragiketa honen zergatia, instalazio fotovoltaiko bat egiterako orduan, malda handiko puntuak ez dira interesgarriak. Hori dela eta, kasu hauek azterketatik baztertu dira, haien balioa nulu bihurtuz.

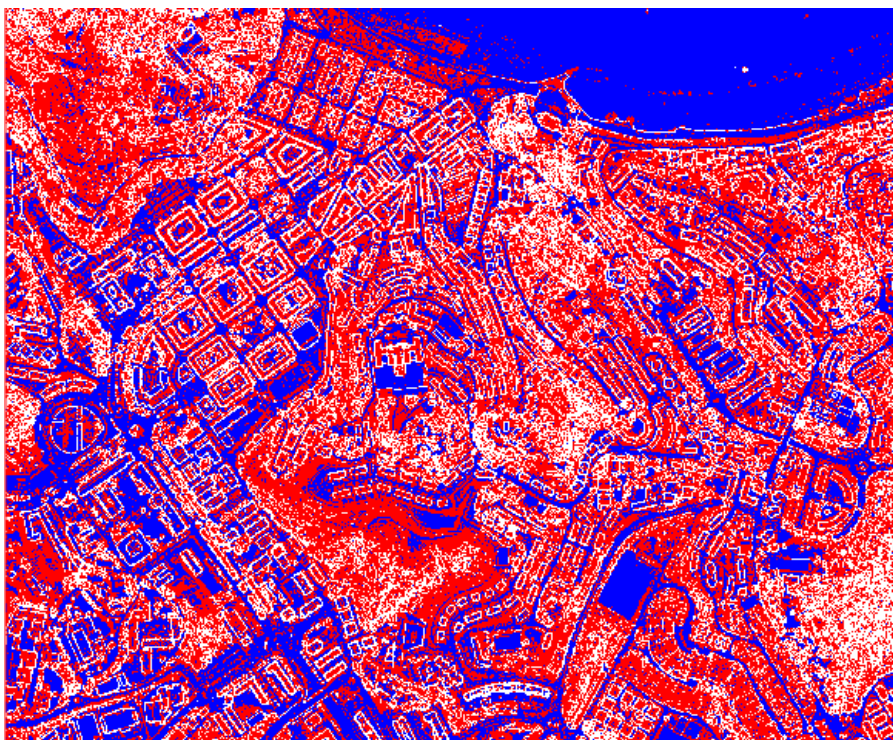
Eragiketa hau "r.mapcalc" eta "r.null" erabili dira. Lehenik, 60° baino gehiagoko malda guztiak 90° bihurtuz, gero "r.null" aginduarekin 90° -ko balio guzti horiek 0 bilakatzeko. Erabilitako adierazpena hurrengoa da:

$$\text{slope_zuzendua} = \text{if}(\text{slope_hiria} > 60, 90, \text{slope_hiria})$$

Behin interesgarriak ez diren puntuei balio nulu bat eman zaielarik, slope mapa bi baliotan banatu da. $>10^\circ$ duten puntuei 2 balioa eman zaie eta $\leq 10^\circ$ dutenei aldiz, 1. Banaketa honek ez du balio nuluengan eraginik. Hurrengo ekuazioa baliatu da banaketa hori egiteko "mapcalc"-n:

$$\text{slope_12} = \text{if}(\text{slope_zuzendua} > 10, 2, \text{if}(\text{slope_zuzendua} \leq 10, 1, \text{slope_zuzendua}))$$

Banaketa hau egitea beharrezko da datuak ahalik eta gehien hurbildu daitezen errealitatera. Izan ere, teilatua laua edo malkartsua den arabera instalazio fotovoltaikoa desberdina da.

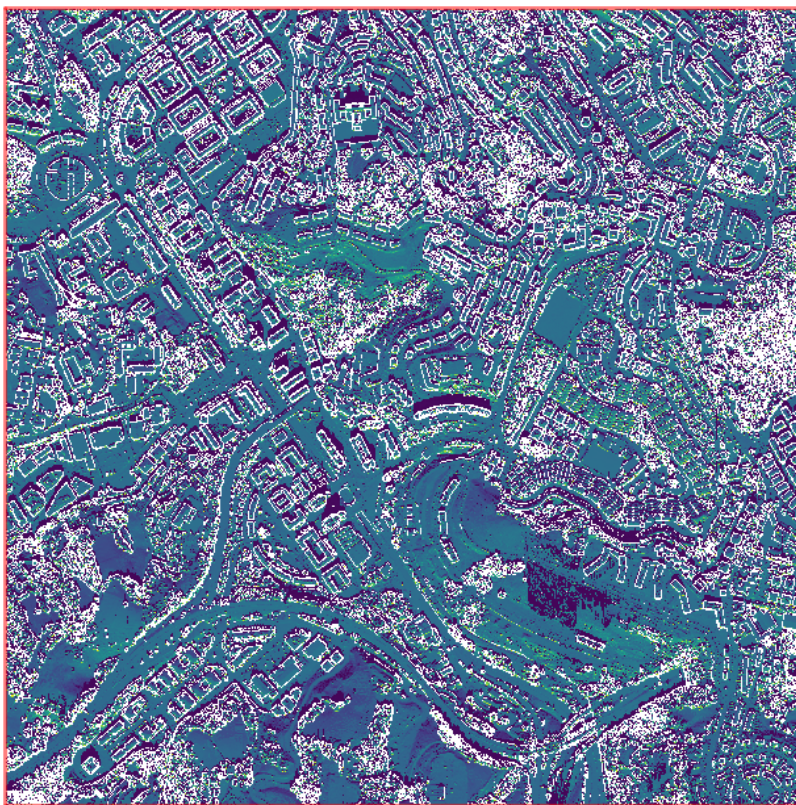


Irudia 4-10: Donostiako campusa maldak 1 eta 2 aldagaietan sailkatuturik

Aurrerago azalduko den moduan (Memoria, 4.6), 1 balioa duten puntuei $\cos(30)$ aplikatuko zaie eta azalera 0,5 balioagatik biderkatuko da. 2 balio dutenei ordea, inguruko maldak duen balioa aplikatuko zaio $\cos(\text{slope_zuzendua})$. Hau da ekuazioaren adierazpena:

$$E_{pv} = \text{if} \left(\text{slope_12} == 1, \frac{G_{in} \cdot 0.5 \cdot 0.18 \cdot 0.75}{\cos(30)}, \text{if} \left(\text{slope_12} == 2, \frac{G_{in} \cdot 1 \cdot 0.18 \cdot 0.75}{\cos(\text{slope_zuzendua})} \right) \right)$$

4-11 Irudian antzeman daiteke nolakoa den E_{pv} -ren mapa bat bistaratzuz gero.



Irudia 4-11: Donostiako instant bateko sorkuntza fotovoltaikoa

GrassGIS-kin eman beharreko azken pausoa, behin sorkuntza fotovoltaikoaren mapak lortu eta gero, mapak "r.out.gdal"-en bidez QGIS-era esportatzea dira.

4.3 EGUZKI ENERGIA POTENTZIAL EKONOMIKOA

Instalazio fotovoltaiko bat egin nahi denean, instalazioa egin nahi den tokiko azterketaz gain, ekonomikoki bideragarri ote den begiratu behar da. Horretarako, payback energetiko eta ekonomikoa kalkulatzen dira:

4.3.1 Payback energetikoa(PPBE)

Balio hau lortzeko, zelula fotovoltaikoek n urteetan sorturiko energia kalkulatzeko formulatik abiatzen gara. E_n -k inbertituriko energia PPBE urteetan berdinduko du, $n=PPBE$. Azkenik, aldagaia ekuaziotik askatzen da.

$$E_n = \sum_i E_{PV}^i \frac{1 - (1 - \alpha)^n}{\alpha} \rightarrow E_{inv} = \sum_i E_{PV}^i \frac{1 - (1 - \alpha)^{PPBE}}{\alpha} \rightarrow PPBE = \frac{\ln(1 - \alpha \frac{E_{inv}}{\sum_i E_{PV}^i})}{\ln(1 - \alpha)}$$

Ekuazio honek plakek denboraren poderioz jasaten duten degradazioa hartzen dute kontutan, hau da, panelek hasieran batean zituzten ezaugarriak galtzen doazelarik, geroz eta energia gutxiago sortzen joango dira urteak igaroz joan ahala. Propietateen galera hori α zeinuarekin adierazten da, eta metodologian adostu bezala, bere balioa %0,5 da. E_{inv} -n balioa, kasurik okerrean edukiko litzatekeen balioa erabili da, 1729 kWh/m².

E_{pv} geruzekin bezala, PPBE-ren kalkulurako azalera lauak diren kasuetan (slope < 10°), E_{inv} 0,5/cos(30) baliogatik biderkatzen da. Teilatuaren malda 10° baino handiagoa denean aldiz, E_{inv} balioari cos(θ) aplikatzen zaio.

$$\text{Slope} > 10 \rightarrow PPBE = \frac{\ln\left(1 - \alpha \frac{E_{inv}}{\cos(\theta)}\right)}{\ln(1 - \alpha)} \cdot \sum_i E_{pv}^i$$

$$\text{Slope} < 10 \rightarrow PPBE = \frac{\ln\left(1 - \alpha \frac{E_{inv} \cdot 0.5}{\cos(30)}\right)}{\ln(1 - \alpha)} \cdot \sum_i E_{pv}^i$$

4.3.2 Payback

Aldagai honi esker instalazio teoriko bat egin ostean, eginiko inbertsioa amortizatzeko beharrezko denbora kalkulatu da. Hurrengo formula erabili da kalkulua egiteko, non I eginiko inbertsioa den eta 0,139 elektrizitatearen balioa kWh bakoitzeko.

$$PB = \frac{I}{\sum E_{pv} \cdot 0,139}$$

4.3.3 Beharrezko inbertsio ekonomikoa

Inbertsioarekin, panelen kostu ekonomikoa zehazten da. Kostua m² bakoitzeko 212,3 €/m²-koa da, ondorioz, balio hori azalarengatik biderkatu beharko da. Kasu honetan ere, teilatu lau eta malda handikoak elkar bereizi behar dira. Aurretik egin den bezala, azalera erreala aplikatu behar baitzaio. Malda handiko teilatuei hurrengo ekuazioa aplikatu zaie:

$$\text{Inbertsioa} = I \cdot \frac{S_r}{\cos(\theta)}$$

Teilatu lauertzako kontrara, hurrengo adierazpen matematikoa aplikatu zaie:

$$\text{Inbertsioa} = I \cdot S_r \cdot \frac{0,5}{\cos(30)}$$

Izan ere, 10° baino gutxiago duten teilatuen zatiak lautzat hartu dira, eta horrelako kasuetan plakak 30°-ko inklinazioarekin instalatzen dira eta 0,5 koefizientea aplikatu behar zaie, non, plaka eta plakaren arteko distantzien arteko erlazioa den.

4.4 GRASS GIS-EN KALKULATURIKO BESTE ALDAGAIK

Eguzki energia potentzial fisiko, teknologiko eta ekonomikoaz gain, datuak aztertzerako orduan interesgarriak diren aldagaiak kalkulatu dira.

4.4.1 EROI

Plaka batek bere bizitza-erabilgarrian guztira sortu dezakeen energiaren ($E_{PV}^{n=Lifetime}$) eta baliabide energetiko horri etekina ateratzeko inbertitu beharreko energiaren (E_{inv}) arteko zatiketa da.

$$EROI = \frac{E_{PV}^{n=Lifetime}}{E_{inv}} = \frac{E_{PV}^{n=25}}{E_{inv}}$$

Formula garatu ezkerre, formulak hurrengo itxura edukiko luke:

$$EROI = \frac{\frac{E_{pv} \cdot (1 - (1 - \alpha)^{25})}{\alpha}}{E_{inv}} = \frac{E_{pv} \cdot (1 - (1 - \alpha)^{25})}{\alpha \cdot E_{inv}}$$

α aldagaiaren balioa 4.3.1 azpiatalean erabilitakoaren berdina da, hots, %0,5. Honekin, denbora igaro ahala panelen eraginkortasunean beherakada kontutan hartzen da.

Gainontzeko kalkulu askotan egin izan den moduan, azalera "lau" eta malkartsuak elkarrengandik bereizi beharra daude. Hori dela eta, hurrengo itxura edukiko luke bi kasuetan:

$$slope < 10^\circ \rightarrow EROI = \frac{E_{pv} \cdot (1 - (1 - \alpha)^{25}) \cdot \cos(\theta)}{\alpha \cdot E_{inv}}$$

$$slope > 10^\circ \rightarrow EROI = \frac{E_{pv} \cdot (1 - (1 - \alpha)^{25}) \cdot \cos(30)}{0,5 \cdot \alpha \cdot E_{inv}}$$

4.4.2 Azalera erabilgarria (%)

Eraikinen teilatuetan aurretiaz instalaturiko ekipamendua, instalazio fotovoltaikoek... okupatzen duten azalera, teilatuetan azalera totalari kendu zaio. Benetan erabili daitekeen esparrua zein den jakiteko. Zati erabilgarria zenbatekoa jakiteko, aurretik

azalduko oztopoen geruza bektoriala teiltuen azalerari aplikatu zaio. Erlazioa era honetan adierazi da:

$$\%Azalera\ erabilgarria = \frac{Azalera\ erabilgarria}{Eraikinaren\ azalera\ totala} \cdot 100$$

4.4.3 Autohornikuntza tasa

Tasa honekin, urtekoaren kontsumo osotik (ΣE_{pv}) iturri berriztagarriko energiaren zenbatekoa kalkulatzen da.

$$Autohornikuntza\ tasa = \frac{\Sigma E_{pv}}{urteko\ kontsumoa} \cdot 100$$

Eraikin batzuetan aurretiaz panelak instalaturik zeuzkaten, baina haien potentziari buruzko daturik lortu ez denez, ez dira azterketa honetan aintzakotzat hartu. Beraz, nahiz eta egun energia sortzen egon, oztopotzat kontsideratu dira.

4.5 QGIS

GrassGIS-kin sorkuntza fotovoltaikoaren mapak QGIS-ra esportatu ostean, fitxategi bektorialak landuko dira puntu honetatik aurrera.

Lehenbiziko urratsa, GeoEuskaditik aztergaien azaleraren inguruko informazioa deskargatzea izan da. Mapa honek Bizkaia, Gipuzkoa eta Araba probintzien barruan dauden eraikinen guztien teiltuen azaleraren informazioa dute haien baitan. Ondorioz, aztertu nahi diren eraikinak gainontzekoengandik banatzea da hurrengo pausoa. Hartarako, "elementu taula" ireki eta azterketa eremuaren barruan ez daudenak ezabatu eta ondoren, shape fitxategi hauen geometriak konpondu dira.

Landu beharreko eraikinen teiltuak soilik ditugularik, rasterrak eraikin horien azaleretara moztea dator. Izan ere, eskuratu diren raster denak altuera lidar geruzetatik abiatuta kalkulatuta dira, aurre-definitutako hedadura zutenak, non aztergaiak hedadura hauen barne zeuden. Pausu honen ondoren, eman beharreko urratsen exekuzio denbora bizkortzeko egin da, "Moztu rastera geruza-maskararen arabera" aginduarekin lortu da hau.

Behin rasterrak eraikinen azaleretara mozturik ditugularik, fitxategi hauek bektorizatzea dator. Horretarako, "rasterrak pixelak poligonoetara" komandoa baliatu da. Honen ostean, bektorizatutako geruzen geometriak konpondu beharra dago, eraikinen kasuan egin den bezala.

Zoritxarrez, teilatuen azalera totala ez du zertan azalera erabilgarria izan. Teilatuetan dauden instalazioak direla eta, hala nola; Eraikinaren aire girotuaren instalazioa, instalazio fotovoltaikoak... Kontuak kontu, erabilgaitzak diren teilatuen zatiak kendu behar dira.

Egin beharreko lehen urratsa, GeoEuskadi webgunetik EHU-ren campusen ortografia argazki bat deskargatzea izan da, non eraikinetan dauden oztopoak identifikatzea ahalbideratuko duen. Horren ostean, QGIS-n "Geruzak" atalean klikatu eta "Shapefile" geruza berria sortu da, oztopoak izenarekin.



Irudia 4-12: Ortografia eta oztopoen geruzaren argazkia

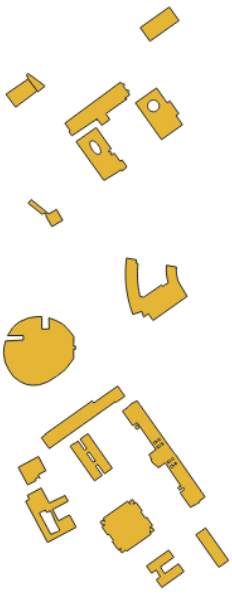
Behin oztopoen kapa sortu delarik, aurrez bektorizatutako geruzei txertatu behar zaie. Hori, "Geoprozesu tresnak"-en "diferentzia" aginduarekin egin da. 4-13 Irudian errealitatean etekina atera ahal zaion zatia ageri da. Proiektuan geruza hauei geruza efektiboak gisara izendatu dira.



Irudia 4-13: Donostiako campuseko eraikinen azalera erabilgarria

Azkenik, geruza efektibo hauen informazioa teilatuen fitxategiarekin elkartzea besterik ez da falta. "Elkartu atributuak kokapenaren arabera" aginduarekin lortu da hau. Azterketa honetan, eraikinarekin ebakitzen duten, eraikinen barnean dauden eta eraikinak barne hartzen dituen datuak hartu dira kontutan. Komando honekin, elkartuko diren datu guztien batez besteko balioa, balore maximoa eta datuen batura kalkulatzeko eskatu da.

Donostiako kasuan, lerro bakoitzak campuseko eraikin bati egiten dio erreferentzia. Eibarren aldiz, datuen lerro bakarra edukiko litzateke.



Epv1011_ma	Epv1011_su	Epv1011_me
159,917468	29481,191549	40,440592
167,627210	89478,376429	35,366947
162,580490	24610,230051	38,214643
150,024307	69880,111417	41,227204
167,780319	95001,932491	36,385267
167,081630	86262,536481	33,126934
161,465719	121292,731596	33,067811
162,419841	32442,808837	40,553511
167,401252	68590,507557	38,318719
122,329881	596,464848	49,705404
162,449156	51294,189462	41,134073
164,826667	28074,846671	36,508253
169,523350	64170,679817	39,808114
134,859304	55622,890182	41,540620
101,374193	4713,222149	22,551302
167,078678	8239,472153	55,298471
126,006431	18351,417021	53,347143
165,237666	50903,215127	40,239696

Irudia 4-14: Donostiako campuseko Urriko goizeko 10-etako Epv datuak

Lorturiko mapa hauek inprimatu nahiko balira, geruzen propietateetan klikatu beharra dago. Propietate taulan geruzan dauden elementuak era graduatuan sailkatzeko klikatu da, elementuen legenda taula bat sortuz horrekin. Ondoren, "inprimatze maketa berria" botoian klikatu beharra dago. Maketa berrian aurretiaz sailkaturiko geruza agertuko da bertan.

Hortik aurrera, hainbat elementu gehitu ahal zaizkio maketari, hala nola; legenda, eskala, iparrorratza... Eranskinetako 2-2 Irudian argi eta garbi ikusi daiteke azalpenaren adibidea.

4.6 AZALERAK

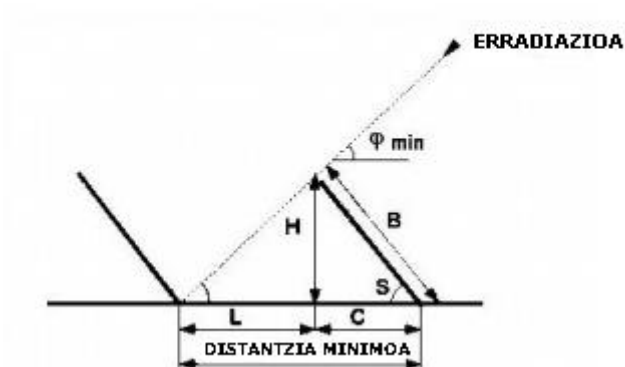
Metodologian aurretik aipatu den bezala, instalazio fotovoltaiko bat desberdin muntatzen da teilatuaren maldaren arabera. Bi kasu bereizi daitezke elkarren artean: Malda handiko teilatuak eta teilatu lauak.

4.6.1 Teilatu lauak

Teilatuaren malda 10° edo txikiago den kasuetan, plakak horizontalarekiko 30°-ko inklinazioarekin muntatzen dira. Horrez gain, instalazioaren string bakoitzaren artean distantzia bat mantendu beharra dago, aurreko plakak atzekaldekoari itzalik eman ez diezaion. String-n arteko distantzia horri metodologian 0,5 balioa eman zaio. Hori dela eta, teilatu laueta azalera hurrengoa da:

$$S_r = 0,5 \cdot \frac{S_r}{\cos(30)}$$

S_r pixel baten azalera da non, proiektu honetan aldagai horri 1 balioa eman zaion.



Irudia 4-15: String-n artean utzi beharreko distantzia [17]

4.6.2 Malda handiko teilatuenak

Teilatuaren horizontalarekiko malda 10° baino handiagoa denean (kontutan hartu behar da 60° -ko balio denak nulu bihurtu direla), plakak lurzoruaren inklinazio berdinarekin muntatzen dira. Bestalde, ez dago teiltatu lauetan ez bezala string-n artean distantziarik mantendu beharrik. Lurzoruaren malda dela eta ez dagoelako haien artean itzalik emateko arriskurik. Ondorioz, ekuazioa hurrengoa da:

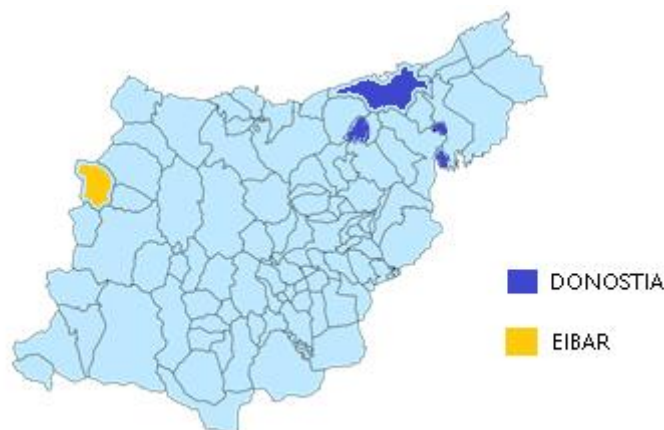
$$S_r = \frac{S_r}{\cos(\text{slope})}$$

5. AZTERKETA KASUA

Lanean zehar sarritan aipatu den eran, GRAL honetan Donostia eta Eibar hirietan dauden EHU-ko campus edo eraikinetan oinarrituz burutu da azterketa. Bi kasuak Gipuzkoa probintziaren barruan daude kokatuta, nahiz eta bi hiriak elkarrengandik erlatiboki gertu ez egon.

Donostia kostalde alboan dago kokaturik, Zarautz eta Hondarribi herriein muga egiten du besteak beste. Horrez gain, probintziako hiriburua ere bada, bertako udalerririk populatuena izateaz gain. Ikasketa campusa Tolosa hiribidean dago kokaturik, non 18 zentro desberdinek osatzen duten. Hala ere, EHU-ren domeinuak direnak 16 bakarrik dira.

Eibar aldiz, Bizkaiaren ostean dagoen lehen kokatzen da. Ermua eta Elgoibar herrien mugakidea da, eta Debabarrena eskualdearen barruan dago. Bertako campusa eraikin bakarrak osatzen du, inguruko beste zentroak eta eraikinak beste norbanakoen jabetza direlako.



Irudia 5-1: Eibar eta Donostia hirien kokapena Gipuzkoa probintzian

5.1 OROGRAFIA

Donostia Kantauri itsasoaren alboan kokaturik dagoen hiria da. Itsasoarekiko gertutasuna duela eta, bere itsas-maila 7 metrokoa besterik ez da. Horrez gain, orografia lauko hiria da, nahiz eta altuera gutxiko mendiez inguratutik egon, hala nola; Urdaburu(599m).

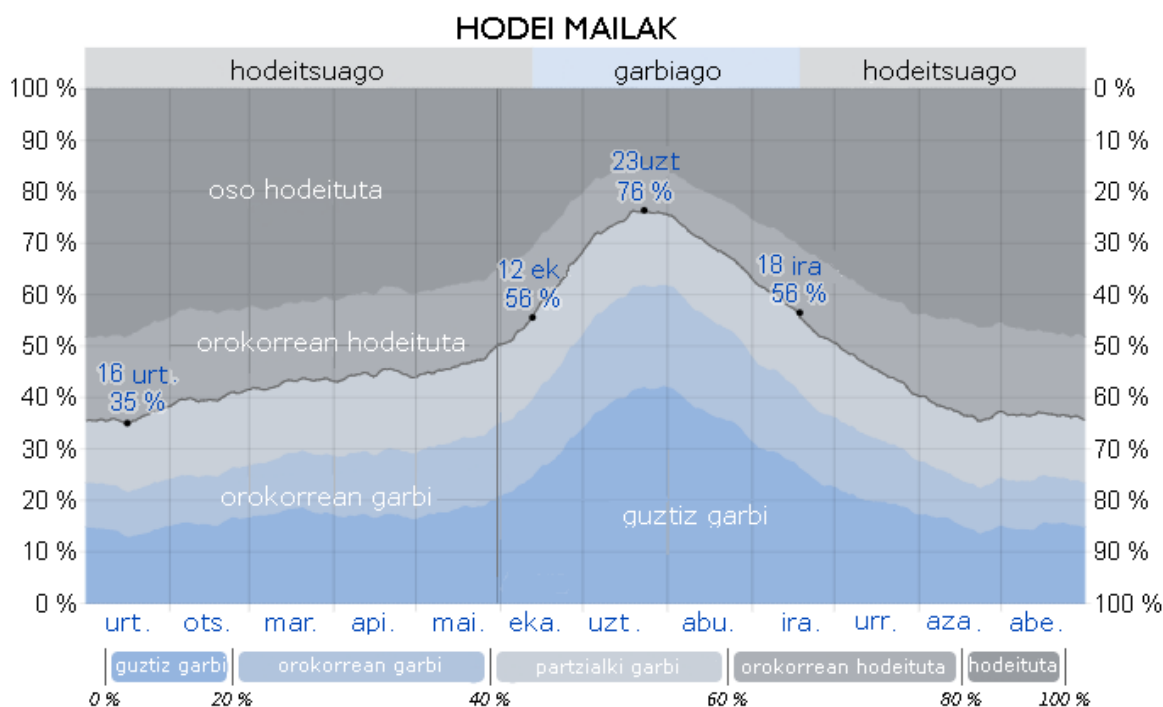
Eibar basoz eta mendiz inguratutako udalerria da. Mendiak altuera gutxikoak dira, Urko (791m) esaterako. Hala ere, hiria bera mendi hauen magalean eraiki zen bere garaian. Hori dela eta, egunean zehar itzal asko izaten ditu oztopo natural hauek eraginda.

5.2 KLIMA

Euskal Herriko klima ez da homogenea, hiru mota desberdin daitezke elkarrengandik. Gipuzkoari dagokionez, klima atlantikoa dagoela nabarmendu daiteke, urtean zehar tenperatura gora-behera gabe gehiegirik gabe eta eurite sasoi ugariarekin.

Donostian urteko batez besteko tenperatura 13,5°C-koa da, eta prezipitazioa 1309mm-koa. Eibarko datuak ez dabilta oso urrun Donostiakoengandik, elkarrengandik erlatiboki gertu daudelako.

Orokorrean eguzki ordu asko dituen lurraldea da. Hala ere, klima heze eta euritsua den artetik, zerua sarri hodeituta egoten da.

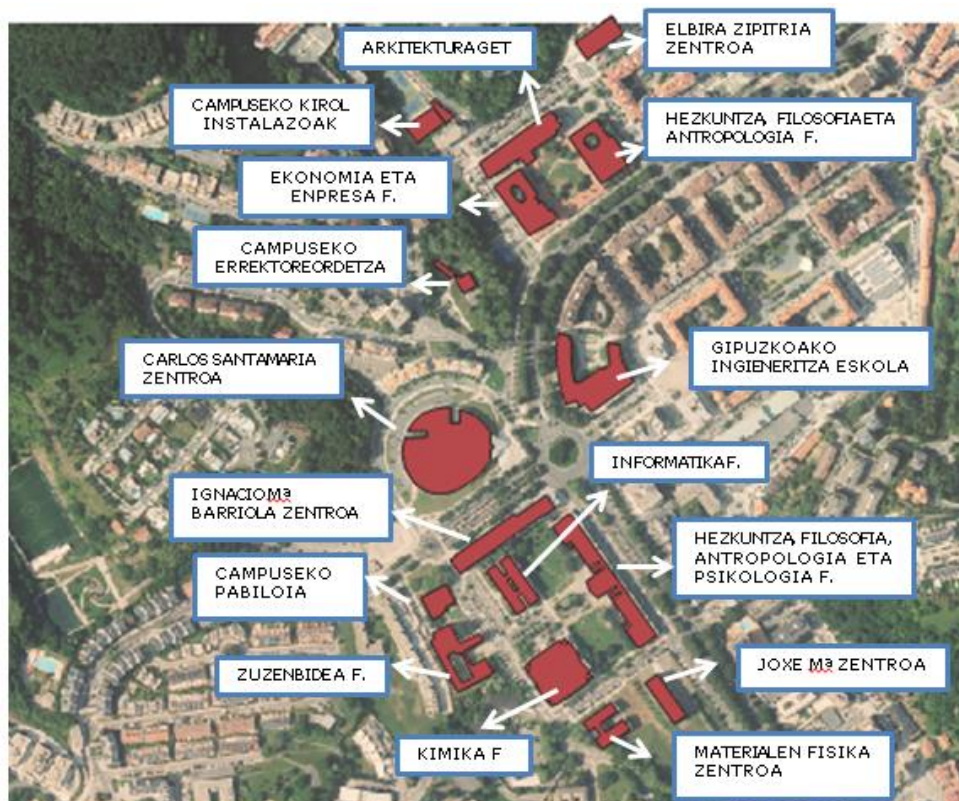


Irudia 5-2: Urtean zehar hilabeteka zerua hodeituta dagoen ehunekoa [9]

5.3 AZTERGAIA

5.3.1 Donostiako campusa

Aurretik aipatu izan den bezala, campus hau 16 eraikinek osatzen dute. Campusa bera, Tolosa hiribidean kokatuta dago. Orokorrean, eraikin bat besteengandik nahiko hurbil kokaturik dago, horrek zentro batetik besterako mugikortasuna errazten du. 5-3 Irudian argiago ikusi daiteke aurretik aipaturikoa.



Irudia 5-3: Donostiako campuseko eraikinak izendatuta [3]

Zentroaren parte diren eraikinak asko direnez, 5-1 Taulan ageri den bezala laburtu dira.

ZENTROA	LABURDURA
ARKITEKTURA GET	AR
ELBIRA ZIPITRIA ZENTROA	EZ
CAMPUSEKO KIROL INSTALAZIOAK	KI
EKONOMIA ETA ENPRESA F.	EE
CAMPUSEKO ERREKTOREORDETZA	ER
HEZKUNTZA, FILOSOFIA ETA ANTROPOLOGIA F.	HFA
GIPUZKOAKO INGIENERITZA ESKOLA	GIE
CARLOS SANTAMARIA ZENTROA	CS
IGNACIO M^a BARRIOLA ZENTROA	IB
CAMPUSEKO PABILOIOA	P
ZUZENBIDEA F.	Z
HEZKUNTZA, FILOSOFIA, ANTROPOLOGIA ETA PSIKOLOGIA F.	HFAP
JOXE M^a ZENTROA	J
MATERIALEN FISIKA ZENTROA	MF
KIMIKA F.	K
INFORMATIKA F.	IF

Taula 5-1: Donostiako campuseko eraikinak laburtuta

5.3.2 Eibarko zentroa

Eibarko zentroa eraikin desberdinez osaturik dago: Ikasle egoitza, jangela, kirol instalazioak eta unibertsitatea. Hala ere, unibertsitatea da EHU-ren domeinukoa den eraikin bakarra, gainontzekoak beste norbanakoen jabetzak dira, hala nola, unibertsitate alboan kokatuta dagoen Eusko jaurlaritzaren jabetza den ikasleen egoitza.



Irudia 5-4: Eibarko zentroa hirian kokatzen

5.4 KONTSUMOAK

Kasuan kasuko kontsumoaren azterketa egitea beharrezkoa da instalazio fotovoltaiko aurrera eraman nahi baldin bada. Horren arabera instalazio bat dimentsionatu daiteke, eta instalazio baten kasuan, kontsumoaren estalketa ere aztertu daiteke era honetan.

Kasurik optimoena aztertu nahi den eraikin bakoitzaren kontsumo datua edukitzea litzateke, baina txosten honetan lorturiko datuak campus osokoak dira. Hori dela eta, hiruko erregela aplikatuz estimatu da kasu bakoitzaren kontsumoa. Azpimarratzekoa da, Eibarreko unibertsitatean ez dagoela prozesu hau egin beharrik.

Esan bezala, hiruko erregela erabiliko da kontsumoaren banaketa egiteko. Banaketa hau, campus osoko energia elektrikoko kontsumoa zentro bakoitzaren azaleraren arabera proportzionala dela suposatuta delako burutu da. Hala ere, eraikin bakoitzaren pisu kopurua kontutan hartu beharra dago, banaketa ahalik errealisten izan dadin. Hargatik, aurretik eskuraturiko azalera datuari pisu kopurua biderkatu zaio.

$$\text{Azalera eraikin totala} = \text{Azalera teilatu} * \text{pisu kopurua}$$

$$X \text{ ZENTROKO KONTSUMOA} = \frac{\text{KONTSUMO TOTALA} \cdot X \text{ ZENTROAREN AZALERA}}{\text{CAMPUSEKO AZALERA}}$$

AZTERGAIA	KONTSUMOAK (MWh)
DONOSTIA	7400
EIBAR	100

Taula 5-2: Donostia eta Eibar campusetako kontsumo datuak

6. AZTERKETAREN EMAITZAK

Atal honetan, proiektuaren metodologian zehar azaldu diren prozedurei esker lorturiko emaitzak azaldu, aztertu eta erakutsiko dira. Guzti honen helburua, bi aztergaien instalazio fotovoltaikoak egiteko bideragarritasun ekonomiko eta energetikoa aztertu da.

6.1 EGUZKI ENERGIA POTENTZIAL FISIKOA

Magnitude honekin aztergai bakoitzak sortu ahalko duen energia kantitatea ondorioztatu daiteke. Izan ere, plaka batek zenbat eta erradiazio gehiago jaso, orduan eta energia gehiago sortu dezake.

DONOSTIAKO URTEKO POTENTZIAL FISIKOA								
	AR	EZ	KI	EE	ER	HFA	CS	IB
ERRADIAZIOA (KWh/m²)	1046,06	1194,64	1823,07	1020,67	2236,92	1024,55	1111,07	1151,03

Taula 6-1: Donostiako urteko potentzial fisikoaren datuak

DONOSTIAKO URTEKO POTENTZIAL FISIKOA								
	IF	P	Z	J	MF	K	GIE	HFAP
ERRADIAZIOA (KWh/m²)	1144,45	1213,96	991,34	1001,33	1025,07	1112,5	1005,75	2151,79

Taula 6-2: Donostiako urteko potentzial fisikoaren datuak

EIBARKO URTEKO POTENTZIAL FISIKOA	
ERRADIAZIOA (KWh/m²)	1164,3

Taula 6-3: Eibarko urteko potentzial fisikoaren datuak

Aldagai hau aurretik aipatu den bezala, aztergaia kokatua dagoen latitudearen, baldintza klimatikoaren eta inguruan dauden oztopoen eta ezaugarri geografikoen arabera da. Tauletakoa erradiazio balioa, eraikinetan metro karratuko iristen den erradiazioaren batez besteko balioa da.

6.2 EGUZKI POTENTZIAL TEKNOLOGIKOA

Atal honetan, urtean zehar bi aztergaiak sorturiko energia aztertuko da. Bestalde, urtean sorturiko energiarekin eraikinen kontsumoaren zenbatekoa asetzeko ahalmena ere aztertuko da.

6.2.1 Donostia

DONOSTIAKO EGUZKI POTENTZIAL TEKNOLOGIKOA									
EPV(MWh)	AR	EZ	KI	EE	ER	HFA	CS	IB	IF
Urtarrila	7,326	4,705	3,512	8,365	3,311	6,682	12,569	8,488	6,009
Otsaila	10,099	7,261	4,817	11,346	4,291	7,927	17,83	11,52	8,31
Martxoa	18,084	13,982	9,04	19,555	6,998	14,09	32,386	19,614	14,419
Apirila	20,136	15,89	10,378	21,28	7,374	15,696	36,51	20,72	15,67
Maiatza	28,1	21,996	15,02	29,61	10,02	21,96	51,72	27,95	21,59
Ekaina	29,64	22,91	16,173	31,12	10,41	23,16	55,05	29	22,6
Uztaila	31,44	24,32	17,123	33	11,05	24,57	58,35	30,8	23,98
Abuztua	25,6	20,08	13,612	27	9,177	20	47,03	25,57	19,72
Iraila	21,32	16,81	10,94	22,66	7,85	16,61	38,61	22,11	16,65
Urria	13,88	10,67	6,924	15,1	5,44	10,87	24,89	15,22	11,18
Azaroa	8,24	5,83	3,93	9,28	3,53	6,42	14,49	9,43	6,79
Abendua	6,84	4,349	3,28	7,82	3,106	5,304	11,7	7,93	5,59
Urtekoa	220,7	168,82	114,753	236,15	82,563	172,29	401,17	228,37	172,502

Taula 6-4: Donostiako eguzki potentzial teknologikoa

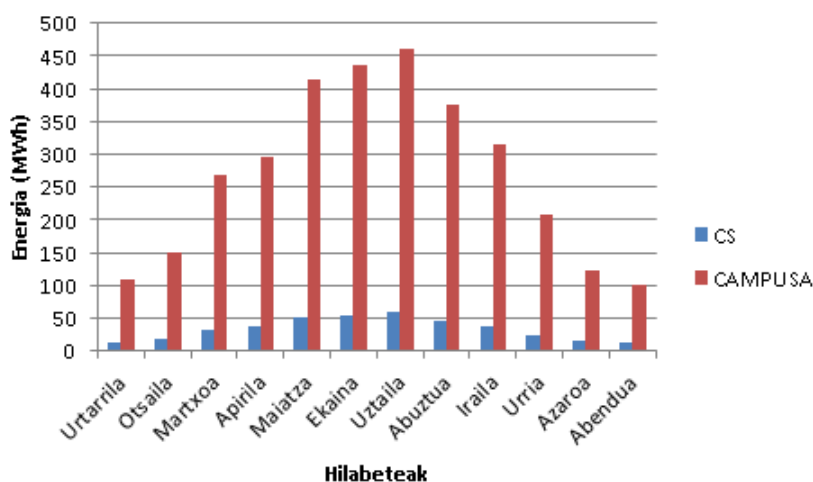
DONOSTIAKO EGUZKI POTENTZIAL TEKNOLOGIKOA							
EPV(MWh)	P	Z	J	MF	K	GIE	HFAP
Urtarrila	3,32	6,74	3,1	3,477	10,271	9,745	12,005
Otsaila	5,032	9,877	4,196	4,877	14,2	13,628	16,241
Martxoa	8,982	18,25	7,34	8,386	25,09	24,3	27,974
Apirila	9,602	20,617	8	9,137	27,515	27,73	30,41
Maiatza	13,04	29,23	11,99	12,58	38,22	39,45	41,77
Ekaina	13,53	31,03	11,51	13,207	40,27	42,02	43,73
Uztaila	14,38	32,87	12,21	14,01	42,73	44,51	46,39
Abuztua	11,93	26,58	10,04	11,49	34,85	35,82	38,11
Iraila	10,23	21,81	8,49	9,73	29,19	29,08	32,29
Urria	6,95	14,02	5,62	6,5	19,34	18,69	21,67
Azaroa	4,06	7,99	3,44	3,98	11,57	11,1	13,28
Abendua	3,05	6,25	2,9	3,24	9,57	9,097	11,22
Urtekoa	104,13	225,28	87,844	100,614	302,82	305,178	335,11

Taula 6-5: Donostiako eguzki potentzial teknologikoa

Errez antzeman daitekeen moduan, Carlos Santamaria eraikinak sortzen du elektrizitate gehien urtean zehar. Energia gehien sortzen duen hurrengoa HFAP eraikina

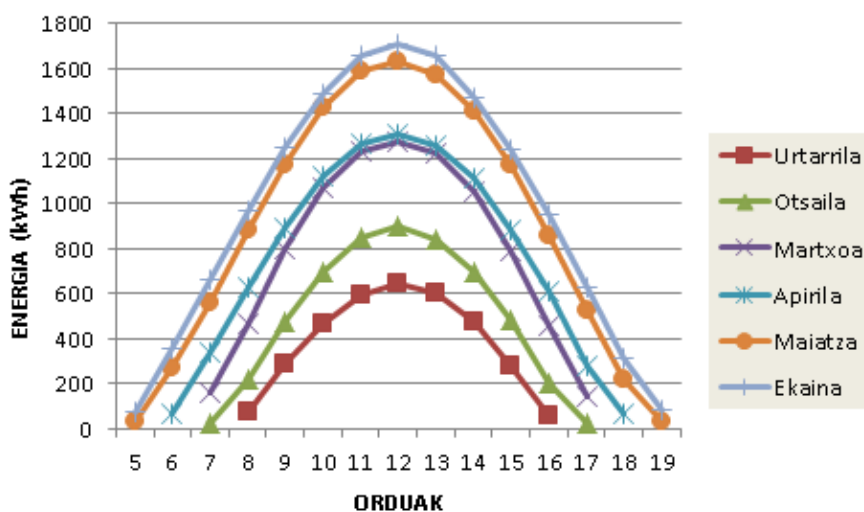
da. Datu hauekin, azalera handiena dutenek energia gehien sortzen dutenak ere direla ondorioztatu daiteke.

Horrez gain, energia sorkuntzak udan gora egiten duela antzeman daiteke 6-5 eta 6-6 tauletan. Hori dela eta, eraikinek saretik energia lortzeko izango duten eskaria txikiagoa izango da urtaro horretan. Azaldutakoa argiago ikusteko 6-1 Irudian Carlos Santamaria eta Donostiako campus osoko urteko energia elektrikoaren sorkuntza datuak hilabeteka antolatu dira:

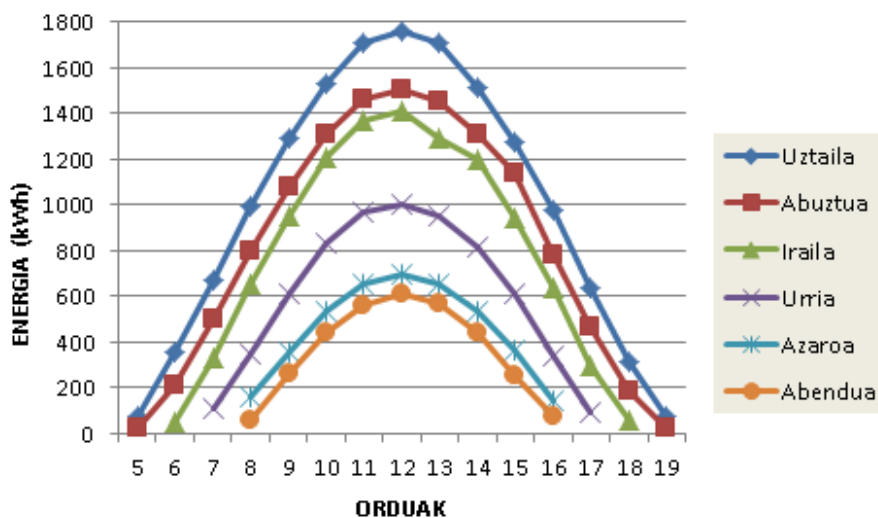


Irudia 6-1: Donostiako campus osoko eta Carlos Santamaria eraikinaren energia elektriko sorkuntza

Urtebeteko 12 hilabete bakoitzeko egun batean campus osoan energia elektrikoaren sorkuntzak orduro edukiko lukeen bilakaera ikusi daiteke. Uztailan adibidez, ia 1,8 GWh sortzera helduko litzateke.



Irudia 6-2: Lehen sei hilabete bakoitzeko egun bateko energia sorkuntza Donostiako campusean



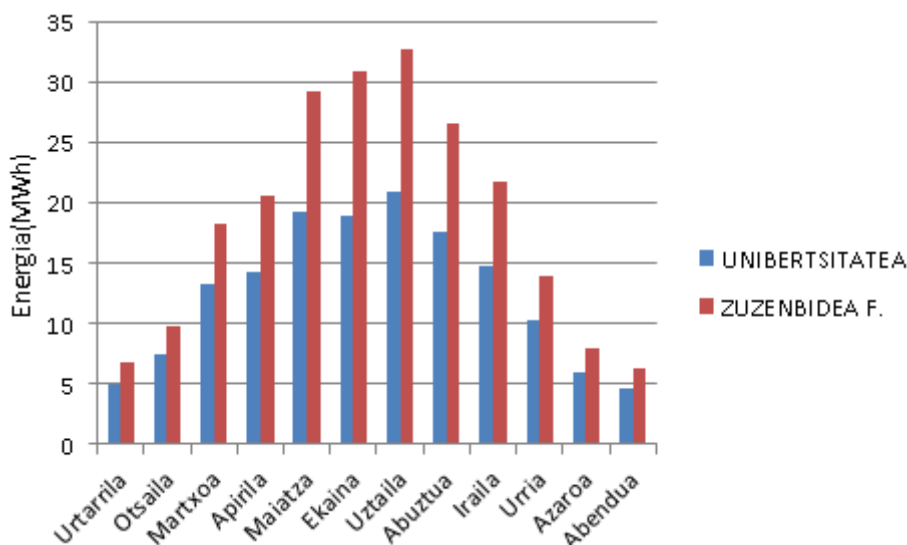
Irudia 6-3: Bigarren sei hilabete bakoitzeko egun bateko energia sorkuntza Donostiako campusean

6.2.2 Eibar

EIBARKO EGUZKI POTENZIAL TEKNOLOGIKOA	
EPV (MWh)	UNIBERTSITATEA
Urtarrila	5,05
Otsaila	7,43
Martxoa	13,27
Apirila	14,33
Maiatza	19,3
Ekaina	19
Uztaila	21,03
Abuztua	17,6
Iraila	14,8
Urria	10,3
Azaroa	6,03
Abendua	4,7
Urtekoa	148,43

Taula 6-6: Eibarko eguzki potentzial teknologikoa

Donostiako kasuan ez bezala, Eibarko esparruan ez dago emaitza beste zerrekin konparatu. Hori dela eta, Donostiako campuseko eraikin baten sorkuntzarekin alderatu da:

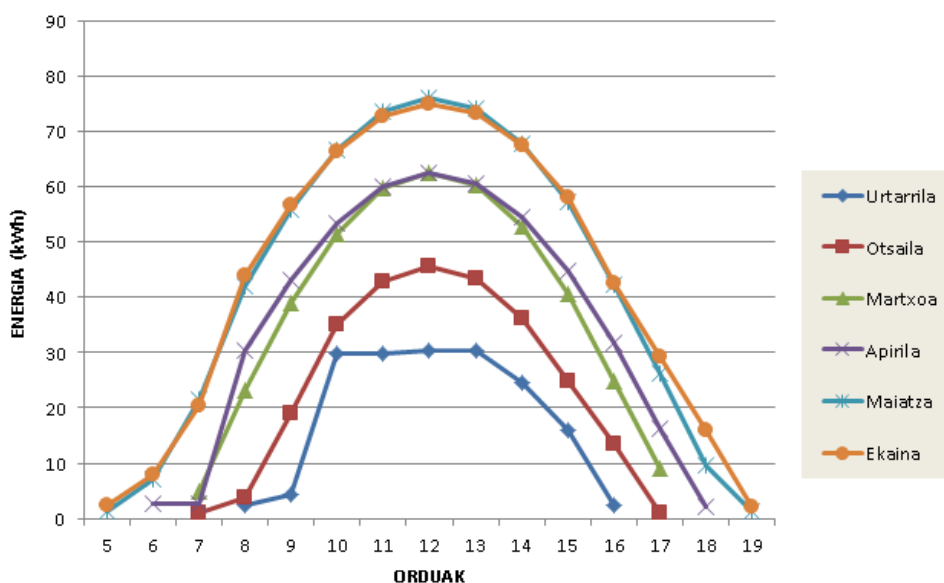


Irudia 6-4: Eibarko unibertsitatearen eta Donostiako zuzenbide fakultatearen arteko konparaketa

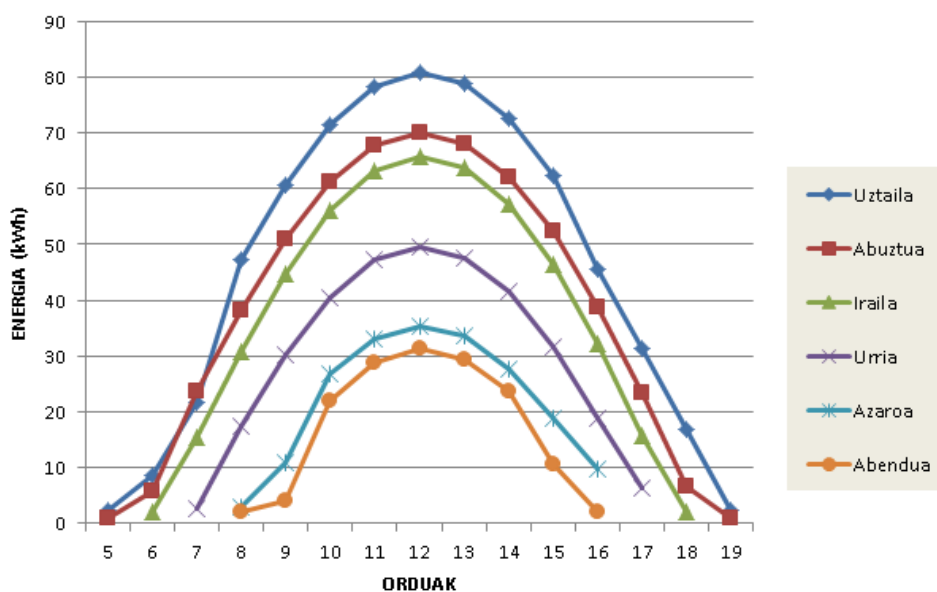
Kasu honetan, Donostiako campusean gertatzen den antzeko garapena dauka sorkuntza fotovoltaikoko energiak. 6-4 Irudiako bi grafikoen arteko desberdintasun bakarra, Eibarren Maiatzeko energia sorkuntza Ekainekoa baino handiagoa dela da. Energiaren jaitsiera hori, Ekaineko egun horretan eguraldi txarra egin zuelako.

Izan ere, hilabeteetako erradiazioa neurtzerako orduan, metodologian azaldu den moduan, hilabeteke egun bateko erradiazioa aztertu da eta gero balio hori hilabeteke egun kopuruengatik biderkatuz lortu da.

Esandakoa hobeto ulertu dadin, Epv datuak 6-5 eta 6-6 irudietako grafikoetan irudikatu dira. Uda aldeko datuek gainontzeko hilabeteen igoera eta jaitsiera tendentzia berdina daukate- Baina eguzki ordu gehiago izanda, sortzen den energia kantitatea ere handiagoa da.



Irudia 6-5: Lehen sei hilabete bakoitzeko egun bateko energia sorkuntza Eibarren



Irudia 6-6: Azken sei hilabete bakoitzeko egun bateko energia sorkuntza Eibarren

6.2.3 Gipuzkoako campusa

Gipuzkoa osoan, EHU-n denetara zenbateko energia sorkuntza ahalmena dagoen jakitea beharrezkoa dela uste izan da. Horretarako, gun e bakoitzeko eraikinen sorkuntza datuen batura egin da. Baturak, guztira urtean 3406,724 MWh inguru sortu daitezkeela ikusi daiteke, sorkuntza horren ekarpen handiena Donostiak eginda.

6.3 EGUZKI ENERGIA POTENTZIAL EKONOMIKOA

Atal honetan, eraikin bakoitzaren alor ekonomikoa aztertuko da, hau da, instalazio fotovoltaikoa egiteak merezi ote duen bi kasuetan.

6.3.1 Donostia

ERAIKINAK	Payback (urte)	Inbertsioa (€)	Aurrezpena (€)
AR	11,64	327.442,95	30.677,3
EZ	9,61	223.554,7	23.465,98
KI	15	197.083,2	15.950,67
EE	12,12	347.187,98	32.824,85
ER	10,81	115.481,32	11.476,26
HFA	12,61	269.362,07	23.948,31
CS	11,28	599.675,93	55.762,63
IB	8,95	277.182,84	31.743,43
IF	10,1	229.192,45	23.977,78
P	9,56	136.825,6	14.474,07
Z	11,42	338.282,27	31.313,92
J	11,2	122.143,22	12.210,32
MF	9,97	132.580,53	13.985,35
K	10,645	417.472,53	42.091,98
GIE	13	463.974,51	42.419,741
HFAP	9,72	448.631,24	46.580,29

Taula 6-7: Donostiako campusean lorturiko eguzki energia potentzialitate ekonomikoaren datuak

Errez antzeman daitekeenez, orokorrean interesgarria izan daiteke campuseko teilatuetan instalazio fotovoltaikoak egitea. Plaka baten bizitza-erabilgarria 25 urtekoa dela adostu da proiektu honetan. Ondorioz, campuseko kasu guztietan amortizatuko litzateke.

Hala ere, GIE eta kirol instalazioetan payback-a beste kasuena baino nahiko altuagoa da. Horregatik, bi kasu hauek 10 urteetatik nahikotxo urruntzen direnez, instalazio eremu posible gisara baztertuko lirateke.

Eskuraturiko aurrezpen datuei erreparatuz, kasu denetan sareko energia elektrikoagatik urtero ordaintzen den diru kantitatea, hein handi batean murriztea lortuko litzateke. Aurrezpenaren ehunekoa autohornikuntza tasa balioaren berdina da. Izan ere, bai saretik erosten den elektrizitatea eta bai plakekin sortzen den energia elektrikoaren prezio bera daukate.

6.3.2 Eibar

	Payback (urte)	Inbertsioa (€)	Aurrezpena (€)
Unibertsitatea	9,77	194.819,73	20.631,77

Taula 6-8: Eibarren lorturiko eguzki energia potentzialitate ekonomikoaren datuak

Eibarreko kasua aldiz, payback-a 10 urte baino baxuagoa da. Eraikina azaleraz Donostiakoen aldean nahiko txikia denez, egin beharreko inbertsioa ere nahiko txikia da.

Aurrezpenari dagokionez ordea, Donostiako kasu batzuetan gertatzen den bezala, plakekin sortuko litzatekeen energiak unibertsitatearen urteko kontsumoa guztiz asebeteko luke. Horrez gain, irabazi ekonomikoak egongo lirarteke, bertako autohornikuntza tasari erreparatuz, %149 ingurukoa baita. Beste era batean esanda, saretik energia erosteagatik eraikinak lukeen gastua baino energia gehiago sortzeko gaitasuna duenez zentroak, dirua sobran edukiko luke beste gastu mota batzuei aurre egiteko, hala nola, instalazioa burutzeko egin beharreko inbertsioa.

6.4 EGUZKIA ENERGIA SOSTENGARRITASUNA

Zati honetan, aztergaien EROI datuen analisia egingo da. Aldagai honekin eraikinen teilatuak instalazio fotovoltaikoak egiteko egokiak ote diren edo ez iritzi daiteke.

6.4.1 Donostia

Lehenik, Donostiako datuak hurrengo taulan antolatu dira:

ERAIKINAK	EROI
AR	2,57
EZ	3,1
KI	2,37
EE	2,84
ER	2,22
HFA	2,5
CS	3,18
IB	3,44
IF	3,02
P	3,26
Z	2,78
J	3,03
MF	3,15
K	3,37
GIE	2,73
HFAP	3,08

Taula 6-9: Donostia EROI datuak

Aurretik aipatu den bezala (Memoria, 4.4.1), EROI datuen balioa 1 baino handiagoa izatea interesgarria da. Balioa zenbat eta altuagoa izan, orduan eta hobe. Izan ere, plakek haien bizi-erabilgarrian zehar, hauek sortzeko inbertituriko energia baino energia gehiago sortu dutenaren adierazle da.

6-9 Taulan errez antzeman daitekeen eran, zentro denetan EROI balioa positiboa izateaz gain, 1 balioa baino askoz balore altuagoak lortu dira. Ondorioz, energia sorkuntza aldetik, campus honetan instalazio fotovoltaikoak egitea interesgarria dela esan daiteke.

6.4.2 Eibar

EROI	
Unibertsitatea	2,35

Taula 6-10: Eibar EROI datuak

Eibarreko kasuan, EROI balioa 1 baino handiago da. Hala ere, balore oso altuak ez izateak badu bere esanahia. Unibertitatean instalaziorik egitea erabakiko balitz, 25 urteetan sortuko litzatekeen energia, plakak sortzeko inbertituriko energiaren bikoitza baino zer edo zer gehiago izango litzateke.

6.5 KONTSUMOA

Lorturiko datuen azterketari amaiera emateko azterketa-gaien kontsumo mailak eta instalazioekin lortuko litzatekeen estaltze maila aztertuko dira.

6.5.1 Donostia

Eraikinak	Kontsumoak (MWh)	Autohornikuntza tasa (%)
AR	530,426	41,61
EZ	292,36	57,74
KI	67,1	171,02
EE	456,55	51,72
ER	37,73	218,82
HFA	374,34	46,02
CS	884,83	45,34
IB	533,12	42,84
IF	357,25	48,29
P	44,71	232,9
Z	663,25	33,97
J	221,36	39,68
MF	260,14	38,67
K	667,29	45,38
GIE	1213,4	25,15
HFAP	796,28	42,08

Taula 6-11: Donostiako kontsumo eta autohornikuntza datuak

Azpimarratzeko xehetasun modura, azalera handiena duten zentroak energia sortzeko ahalmen gehien dutenak izateaz gain, gehien kontsumitzen dutenak direla ere ikusi da. Bakoitzaren autohornikuntza mailari dagokionez ordea, orokorrean eraikin

txikienek oso energia gutxi kontsumitzen dutela antzeman da. Haien estaltze tasari so eginez gero, haien kontsumoa sorturiko energiaren aldean oso txikia da. Ondorioz, proportzioan esan daiteke sorkuntza ikuspuntutik oso interesgarriak direla.

6.5.2 Eibar

Eraikinak	Kontsumoa (MWh)	Autohornikuntza tasa (%)
Unibertsitatea	100	148,43

Taula 6-12: Eibarreko kontsumo eta autohornikuntza datuak

Kasu hau, Donostiako zentro txikiekin gertatzen denaren islada da. Beraz, aurretik esan bezala, interesgarria litzateke bertan instalazioa burutzea.

6.5.3 Gipuzkoako campusa

Gipuzkoako campusa bere osotasunean hartuko bagenu, denetara 7500 MWh kontsumitzen dira urtero elektrizitatearen hornikuntzan. Kontsumo horren %45,42 asetzeko gai da guztira eraikin denak kontutan hartuz. MWh-tan 3406,724 dira (Memoria,6.2.3).

7. ONDORIOAK

Lan honekin Gipuzkoako campusaren barne dauden, EHU-ren domeinu diren zentro guztien potentzialtasun fotovoltaikoaren azterketa burutu da. Esan daiteke lorturiko emaitzak oso positiboak direla, bai Eibarren eta bai Donostian. Kasu konkretu batzuk salbu.

Teilatuak aproposak dira instalazioak aurrera eramateko, haien azalera erabilgarria dela eta. Salbuespen kasu modura Carlos Santamaria eraikina da. Gainontzekoekin konparatuz gero, azalera handiena daukan zentroa da. Hala ere, oztopo asko daude bertan instalaturik eta horrek bere kapazitatea asko mugatzen du. Azpimarratu beharra dago energia gehien sortzen duela diferentzia handiz, nahiz eta plakak jartzeko azalera libre gutxien izan.

Arlo ekonomikoari dagokionez, payback balioak onargarriak direla erabaki da, nola ez kasuan-kasuan. Kirol instalazioen amortizazio epea esaterako, 15 urtekoa da. Panel fotovoltaikoen bizitza erabilgarria 25 urteko izatea adostu den proiektu honetan, 10 urtez dirua irabaziko luke EHU-k. Baina egia da, beste zentroyen amortizazio epea txikiagoa dela, 10 urteren bueltan dabilta gehienak. Ondorioz alde horretatik ez litzateke bertan instalaziorik egitea aholkatuko. Hala ere, eraikin horren autohornikuntza tasari erreparatuz, bere kontsumoa guztiz asetzeko gai da eta irabazi ekonomikoak edukiko lituzke saretik energia erosten zuen gastuaren alde. Diru kopuru hori urteko irabazien barruan sartuko balitz, amortizazio epea txikitzea posible litzateke.

Kontsumoari dagokionez bestalde, kasu gehienak kontsumo handiko eraikinak dira. Azalera txikiko eraikinetan bereziki antzeman da instalazio fotovoltaiko bat egiteak ekarriko lituzkeen onurak. Gipuzkoako ingeniarietza eskolan ez bezala, non, kontsumoaren estaltze tasa oso baxua den, %25,15-koa. Bere payback-a 13 urtekoa da. Azalera erabilgarri asko dauka (%74,97) eta azalera handiko eraikina da baita ere. Informazio horretatik eraikina instalazio bat gauzatzeko egokia ez dela ondorioztatu daiteke. Azalera handia izanik, energia asko sortzeko gai da. Hala ere, sortzeko gai den energia baino kontsumo askoz handiago du.

Horrelako kasuetan, murrizketa neurriak egitea gomendatuko litzateke. Izan ere, askotan argiteria aldatzea, edo eraginkortasun altuko instalazioak erabiltzea bezalako neurri errazek kontsumoan eragin handia izan dezakete. Horregatik, proiektu honekin kontzientziario maila hobetzea ere bilatu denez, gaur egungo kontsumo maila asetzea bakarrik bilatzeaz gain, energia gastua txikitu daitekeela esanez borobildu nahi da gogoeta.

Bukatzeko, kontutan eduki behar da azterketa hau egiterako garaian ez direla xehetasun guztiak kontutan hartu. Adibide gisara, ez da aurretiaz teiltatuetan instalaturiko plakek sortzen duten energia kontutan hartu. Energia sorkuntza handiagoa litzateke kasu batzuetan eta kontsumoaren zati handiago bat ase ahalko litzateke. Hori esanda, ezin izan da urtaro bakoitzean sorturiko energiaren eta kontsumitutakoaren arteko erlazioa aztertu. Izan ere, energia gehien produzitu daitekeen urtaroa uda izanik, elektrizitate kontsumo txikieneko hilabeteak ere badira, argindarra esaterako. Arrazoi hori dela eta, kasurik optimoena orduko kontsumo datuak edukitzea litzateke, honen garapena aztertzeke.

Esan bezala, kontsumoaren jarraipen ahalik eta eguneratuena egitea garrantzitsua da. Udan, seguruenik behar dena baino energia gehiago sortuko litzateke, energia soberakinak egonik. Soberakinen zenbatekoa jakinik, gero sarera saltzea erabaki liteke konponbide gisa.

8. ERREFERENTZIA BIBLIOGRAFIKOAK

- [1] Leire Urkidi, Rosa Lago, Izaro Basurko, Martin Mantxo, Iñaki Barcena eta Ortzi Akizu. Energia Trantsizioak: Iraunkortasuna eta demokrazia energetikoa. [ONLINE] Eskuragarri hemen: <https://issuu.com/ekologistakmartxanboletina/docs/tradebu-eus>
- [2] Oier Etxeberria Urkiza. Eguzki Energia Potentzialaren Ikerketa Aiaraldean
- [3] EHU. Gipuzkoako campusa. [ONLINE] Eskuragarri hemen: https://www.ehu.es/documents/1954527/6510140/gipuzkoa_puntos+diciembre+2016_web.pdf/6288f87c-a8ad-4370-9f4e-97fc50e29216
- [4] El rincón del zurdo. La fábula de las abejas. [ONLINE] Eskuragarri hemen: <http://blogs.hoy.es/elrincondelzurdo/2012/06/17/la-fabula-de-las-abejas/?ref=https:%2F%2Fwww.google.com%2F>
- [5] Geoinnova. Modelo vectorial y ráster. Eskuragarri hemen: <https://geoinnova.org/blog-territorio/modelo-vectorial-y-modelo-raster/>
- [6] GRASS GIS manual. R.mapcalc. [ONLINE] <https://grass.osgeo.org/grass79/manuals/r.mapcalc.html>
- [7] GRASS 7.2 -- BASICS - import and reproject raster data. [ONLINE] Eskuragarri hemen: <https://www.youtube.com/watch?v=Yv5XjSYUtBs>
- [8] ArcMap. ¿Qué son los datos LIDAR?. [ONLINE] Eskuragarri hemen: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/las-dataset/what-is-lidar-data-.htm>
- [9] Weather Spark. El clima promedio en San Sebastián. (Euskaratuta). [ONLINE] Eskuragarri hemen: <https://es.weatherspark.com/y/40923/Clima-promedio-en-San-Sebasti%C3%A1n-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- [10] GRASS GIS. Download. Eskuragarri hemen: <https://grass.osgeo.org/download/>
- [11] QGIS. Descarga QGIS para tu plataforma. [ONLINE] Eskuragarri hemen: <https://www.qgis.org/es/site/forusers/download.html>
- [12] Cloud Compare. Downloads. <https://www.qgis.org/es/site/forusers/download.html>
- [13] Centro de Descargas. [ONLINE] Eskuragarri hemen: <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/buscador.do>
- [14] EHUKhi_metodologia_Rev01.pdf
- [15] ADRASE. Acceso a datos de radiación solar en España. [ONLINE] Eskuragarri hemen: <http://www.adrase.com/>
- [16] 20200607_EHUKhi_MetodologiaUnificada Rev01.pdf. [ONLINE]

- [17] Eliseo Sebastian energía solar. Distancia entre paneles fotovoltaicos.(Euskaratuta). [ONLINE] Eskuragarri hemen: <https://eliseosebastian.com/distancia-entre-paneles-fotovoltaicos/>
- [18] Ander Echeverria Luquin(2020). Análisis del potencial fotovoltaico en el campus de Álava(GRAL)
- [19] Isaac Ullah. GRASS GIS 7.2-BASICS-Import and reproject raster data. [ONLINE] Eskuragarri hemen: <https://www.youtube.com/watch?v=Yv5XjSYUtBs>
- [20] QGIS-FIC TUTOS. CURSO QGIS: 4. Configuración para la Impresión de Planos. [ONLINE] Eskuragarri hemen: <https://www.youtube.com/watch?v=nZyFf7SCgYw>
- [21] Acciona. Energia fotovoltaica. [ONLINE] Eskuragarri hemen: <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/fotovoltaica/>
- [22] Energía solar. Historia de la energia solar. [ONLINE]. Eskuragarri hemen: <https://solar-energia.net/que-es-energia-solar/historia>
- [23] Hogarsense. Energía solar termodinámica:¿la conoces?. [ONLINE]. Eskuragarri hemen: <https://www.hogarsense.es/energia-solar/energia-solar-termodinamica>
- [24] Luis Antonio Alvarez, Faustino Cordero, Elia Quircós, Mar Pozo y José M^a Ceballos. Visor del potencial solar fotovoltaico de las cubiertas de la ciudad de cáceres. [ONLINE]. Eskuragarri hemen: https://sig.caceres.es/publicaciones/congresos/ciudades_inteligentes/congreso_ciudades/Potencial_Solar.pdf

1. ERANSKINA: DONOSTIAKO CAMPUSA

Atal honetan Donostiako campusean lorturiko datuak tauletan antolatu dira, gero hauen azterketa labur bat egiteko.

ALDAGAIK	AR	EZ	KI	EE	ER	HFA
Azalera (m2)	1911,48	1053,59	967,05	1645,27	543,95	1798,68
Azalera Erabilgarria (%)	81	99,94	95,98	99,4	100	70,53
EPV (MWh)	220,7	168,82	114,753	236,15	82,563	172,29
PPBE	13,76	11,168	18,2	14,53	12,675	15
Inbertsioa (€)	327442,95	223554,7	197083,2	347187,98	115481,32	269362,07
Payback (€)	11,64	9,61	15	12,12	10,81	12,61
Erradiazioa (kWh/m²)	1046,06	1194,64	1823,07	1020,67	2236,92	1024,55
Autohornikuntza tasa (%)	41,61	57,74	171,02	51,72	218,82	46,02
Kontsumoa (MWh)	530,426	292,36	67,1	456,55	37,73	374,34
Aurrezpena (€)	30677,3	23465,98	15950,67	32824,85	11476,26	23948,31
EROI	2,57	3,1	2,37	2,84	2,22	2,5
Slope (°)	19,34	10,63	21,175	19,85	24,69	18,95
Aspect (°)	193,23	220,85	187	172,66	168,79	177,69
Altuera (m)	24,27	7,52	15,635	19,93	19,29	17,69

Taula Eranskina 1-1: Donostiako aztergaiko datuak

GIPUZKOAKO CAMPUSEKO AUTOKONTSUMORAKO

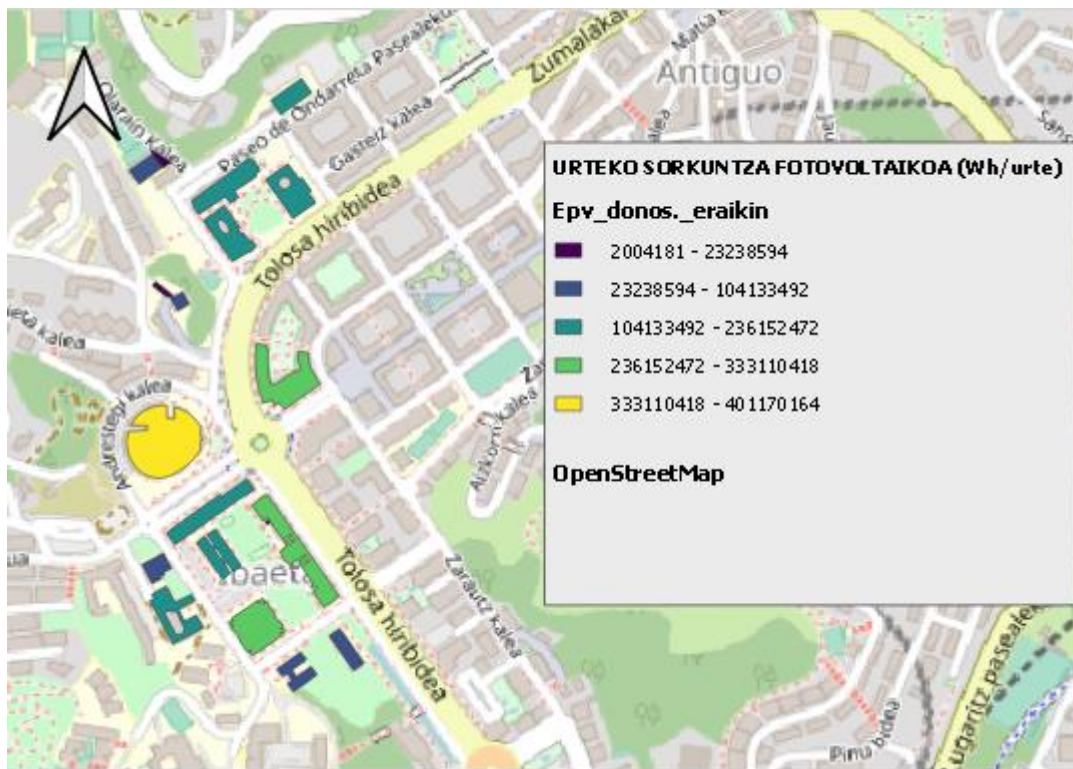
ALDAGAIK	CS	IB	IF	P	Z
Azalera (m²)	6377,3	1921,2	1287,4	644,49	1593,42
Azalera Erabilgarria(%)	44,3	67,95	83,85	100	100
EPV (MWh)	401,17	228,37	172,502	104,13	225,28
PPBE	13,32	10,4	11,83	11,16	13,46
Inbertsioa (€)	599675,93	277182,84	229192,45	136825,6	338282,27
Payback (€)	11,28	8,95	10,1	9,56	11,42
Gin (kWh/m²)	1111,07	1151,03	1144,45	1213,96	991,34
Autohornikuntza tasa (%)	45,34	42,84	48,29	232,9	33,97
Kontsumoa (MWh)	884,83	533,12	357,25	44,71	663,25
Aurrezpena (€)	55762,63	31743,43	23977,78	14474,07	31313,92
EROI	3,18	3,44	3,02	3,26	2,78
Slope (°)	14,49	11,35	13	13,95	16
Aspect (°)	183,58	178,48	165,65	147,34	177,9
Altuera (m)	14,32	21,15	20,23	11,36	19,5

Taula Eranskina 1-2: Donostiako aztergaiko datuak

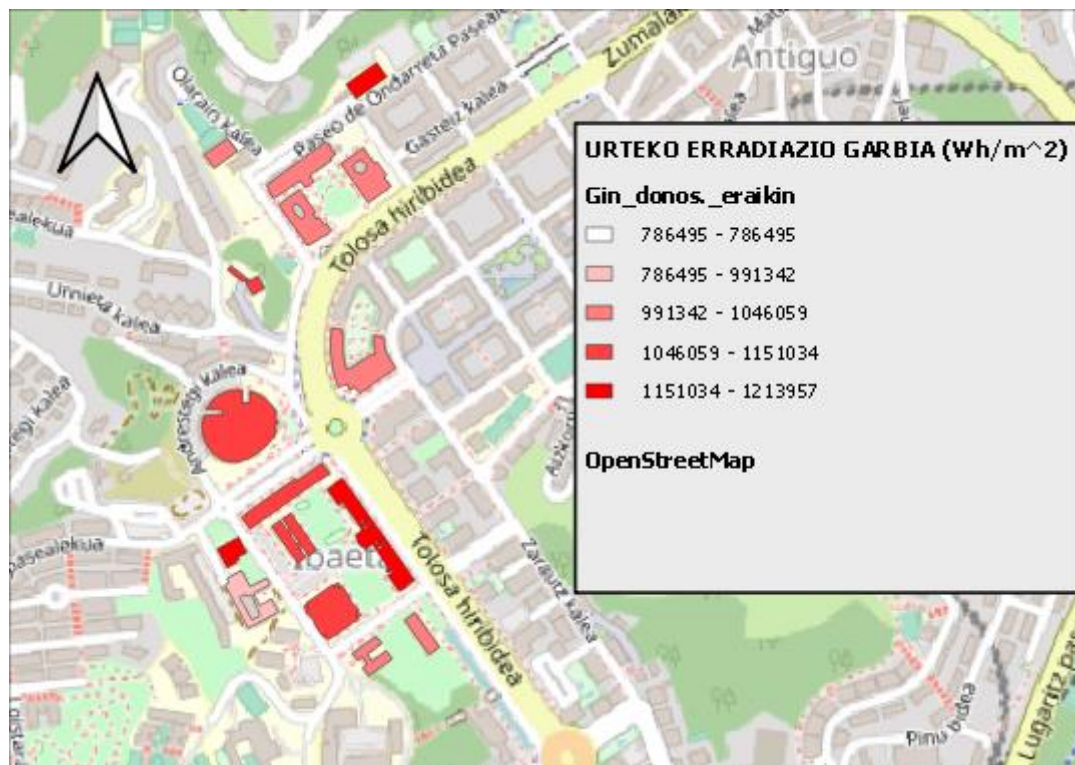
ALDAGAIK	J	MF	K	GIE	HFAP
Azalera (m²)	638,16	937,45	2404,706	2915,12	2869,53
Azalera Erabilgarria(%)	93	66,61	81,77	74,97	73,22
EPV (MWh)	87,844	100,614	302,82	305,178	335,11
PPBE	13,4	11,71	12,6	15,55	11,36
Inbertsioa (€)	122143,22	132580,53	417472,53	463974,51	448631,24
Payback (urte)	11,19	9,97	10,64	12,99	9,96
Gin (kWh/m²)	1001,33	1025,07	1112,5	1005,75	2151,79
Autohornikuntza tasa (%)	39,68	38,67	45,38	25,15	42,08
Kontsumoa (MWh)	221,36	260,14	667,29	1213,4	796,28
Aurrezpena (€)	12210,32	13985,35	42091,98	42419,742	46580,29
EROI	3,03	3,15	3,37	2,73	3,08
Slope (°)	17,35	19	11,44	15,16	17,66
Aspect (°)	146,43	177,38	177,82	176,21	165,81
Altuera (m)	23,1	19,61	19,98	24,92	17,5

Taula Eranskina 1-3: Donostiako aztergaiko datuak

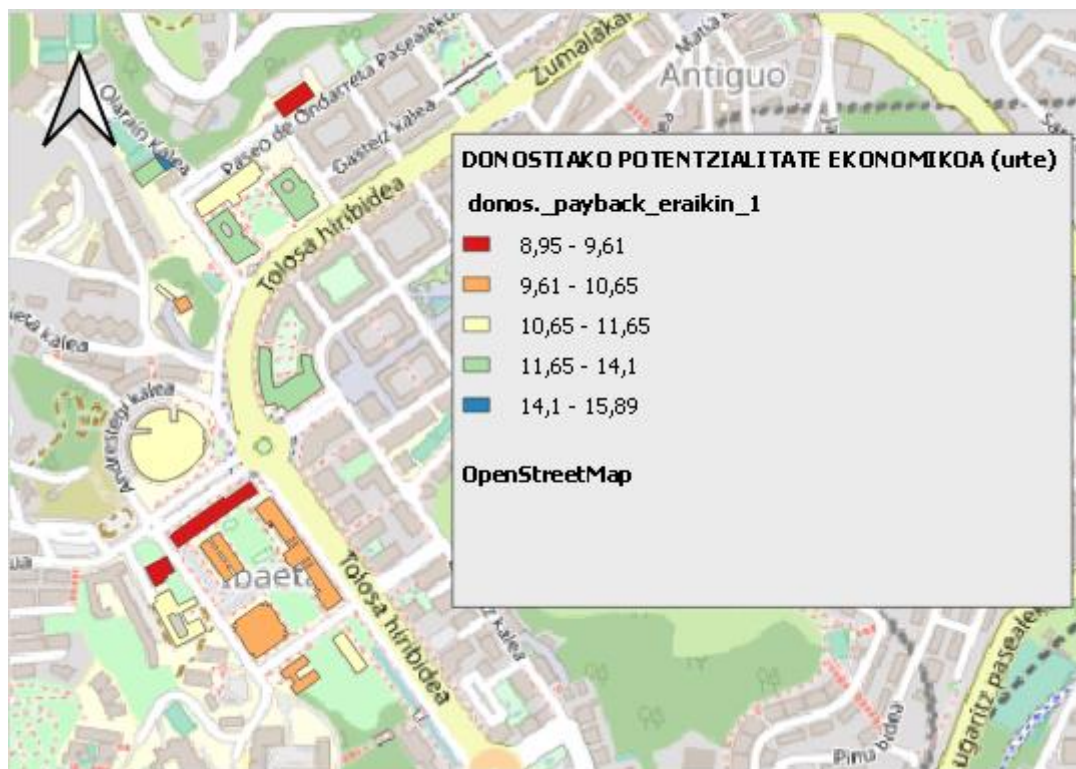
Azkenik, Donostiako campusaren barne dauden erakinen potentzialitate fisiko eta teknologikoaren irudiak txertatu dira, zentro bakoitzak urtean sortzen duen energia kantitatearen eta urtean jasotzen duen erradiazioaren arabera sailkatu dira eraikinak. Eranskinetako 1-1 eta 1-2 Irudian ikus daitezkeen moduan hurrenez hurren.



Irudia Eranskina 1-1: Donostiako campuseko eraikinak Epv kantitatearen arabera sailkatuta



Irudia Eranskina 1-2: Donostiako campuseko eraikinak Gin kantitatearen arabera sailkatuta



Irudia Eranskina 1-3: Donostiako campuseko eraikinak Payback-ren arabera sailkatuta

2.ERANSKINA: EIBARKO CAMPUSA

ALDAGAIK	Unibertsitatea
Azalera (m²)	975,01
Azalera Erabilgarria(m²)	100
EPV (MWh/urteko)	148,43
PPBE	11,37
Inbertsioa (€)	194819,73
Payback (€)	9,77
Gin (kWh/m²)	1164,3
Autohornikuntza tasa (%)	148,43
Kontsumoa (MWh/urteko)	100
Aurrezpena (€)	20631,77
EROI	2,35
Slope (°)	15,97
Aspect (°)	166,53
Altuera (m)	163,10

Taula Eranskina 2-1: Eibarko unibertsitateko datuak

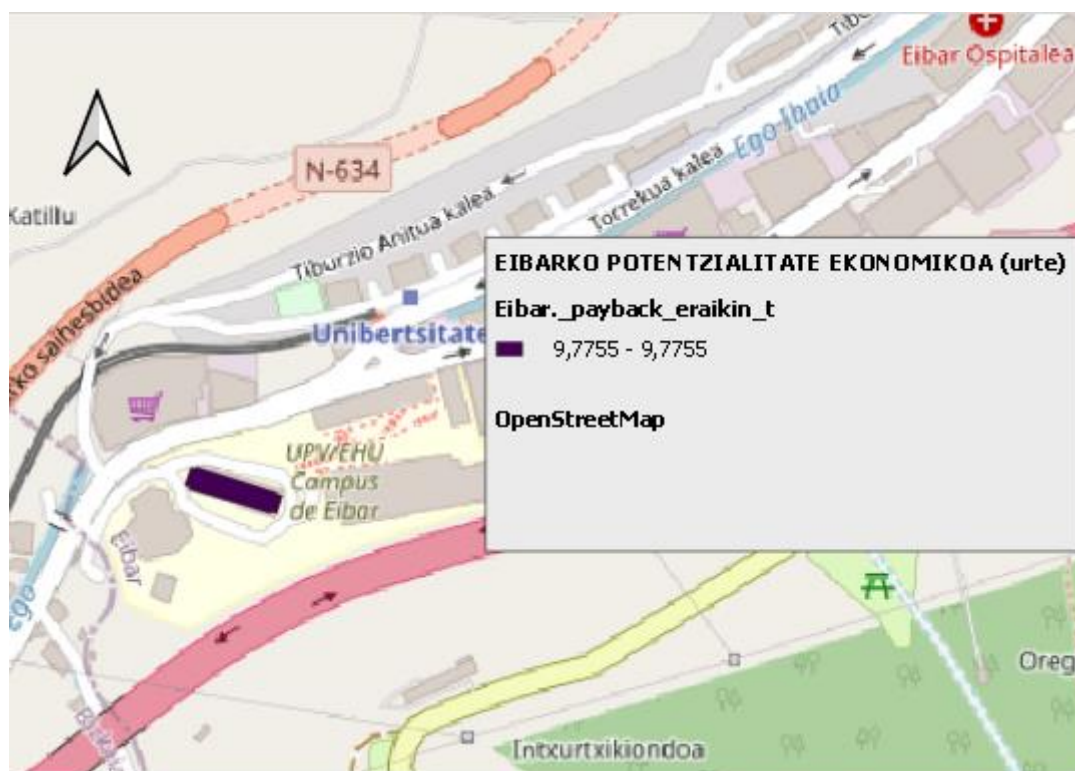
Azkenik, Donostiako kasuan egin den bezala, Eibarren potentzialitate fisiko eta teknologikoaren datuak ageri diren irudiak jarri dira. Nahiz eta kasu honetan aztertu beharreko kasua bakarra izan, legenda zentroaren potentzialitatearen zenbatekoa zein balioen artean dagoen jakiteko jarri da.



Irudia Eranskina 2-1: Eibarko unibertsitatearen Epy datuak



Irudia Eranskina 2-2: Eibarko unibertsitatearen Gin datuak



Irudia Eranskina 2-3: Eibarko potentzialitate fotovoltaiko ekonomikoa