

Gradu Amaierako Lana
Geologia Gradua

Urdaibai eskualdeko azterketa hidro-geomorfologikoa



Egilea:
Leire Egia Albizuri
Zuzendaria:
Iñaki Antigüedad
Zuzendarikidea:
Arantza Aranburu

eman ta zabal zazu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea



ZTF-FCT
Zientzia eta Teknologia Fakultatea
Facultad de Ciencia y Tecnología





AURKIBIDEA

1. SARRERA	4.orría
1.1 Testuinguru geografikoa	4.orría
1.2 Testuinguru geologikoa	5.orría
1.3 Testuinguru hidrogeologikoa	7.orría
1.4 Testuinguru hidrologikoa	8.orría
1.5 Testuinguru geomorfologikoa	8.orría
1.6 Lanaren helburuak	9.orría
2. GARAPENA	10.orría
2.1 Azterketa hidrologikoa	10.orría
2.1.1 Drainatze sarearen azterketa: metodoak	10.orría
2.1.2 Drainatze sarearen azterketa Urdaibain aplikatuta	13.orría
2.1.3 Ondorioak	21.orría
2.1.4 Artika ibai arroaren mapa egiteko metodologia	22.orría
2.2 Azterketa hidrogeologikoa	24.orría
2.2.1 Eroankortasunaren azterketa	24.orría
2.2.2 Ondorioak	26.orría
2.3 Azterketa geomorfologikoa	26.orría
2.3.1 Mapa geomorfologikoaren azalpena	26.orría
2.3.2 Terraza alubialen kokapena	32.orría
2.3.3 Ondorioak	34.orría
3. ONDORIO OROKORRAK	34.orría
4. BIBLIOGRAFIA	38.orría
5. ERANSKINAK	40.orría

eman ta zabal zazu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea



ZTF-FCT
Zientzia eta Teknologia Fakultatea
Facultad de Ciencia y Tecnología



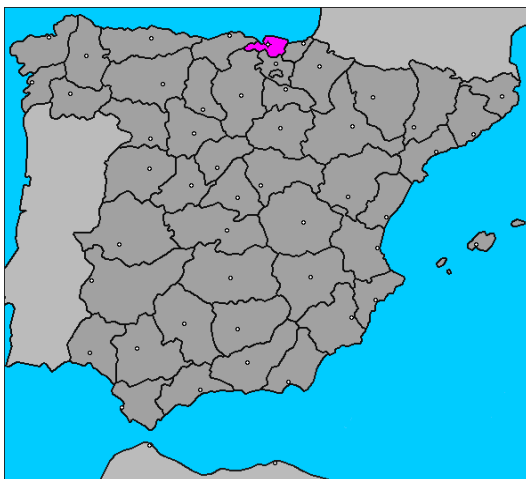


1. SARRERA

1.1 Testuinguru geografikoa

Urdaibai Biosfera Erreserba Iberiar penintsularen iparraldean eta Bizkaiko Busturialdea eskualdean kokatzen da (1.irudia). Eskualde menditsua da, altuera txikiko mendiz baina aldapa handikoez osatua. Haranetan erliebe leunak nagusitzen dira eta kostaldea itsaslabarrak, hondartza hareatsuak eta Oka estuarioko padurak daude (Mendia *et al.* 2011). Eskualdeko klima ozeanikoa eta hezea da. Prezipitazioei dagokienez, gehiena euri modura ematen da eta bi eremu bereizten dira: Oiz eta Sollube mendietan eta beraien inguruan prezipitazioak 2400mm/urtekoak izaten dira eta gainontzeko lekuetan 1600 mm/urte ingurukoak. Tenperaturari dagokionez, batez bestekoa 13 – 14°C artekoa izaten da baina Oiz mendian tenperaturak baxuagoak izaten dira, urteko batez bestekoa 10°Ckoa izanik (www.urdaibai.org).

Flora eta fauna aldetik oso eskualde aberatsa da. Kareharriak azaleratzen diren eremuetan Artadi Kantauriarra agertzen da, haranetan hariztiak, erreka ondoetan haltzadi eta baso mistoak eta estuarioan paduretako landaretza. Hala ere, gizakiaren eraginez lursail zabalak agertzen dira pinu eta eukaliptoekin estalita edo landa moduan (unaijurgi.ikasblog.net). Faunari dagokionez 319 ornodun kontinentalen espezie daude: 245 hegaztiak, 41 ugaztunak, 14 narrastiak, 9 anfibio eta 10 arrain. Ornogabeak ere ugariak dira Urdaibain, baina oraindik zenbatu gabe daude (urdaibai.org).



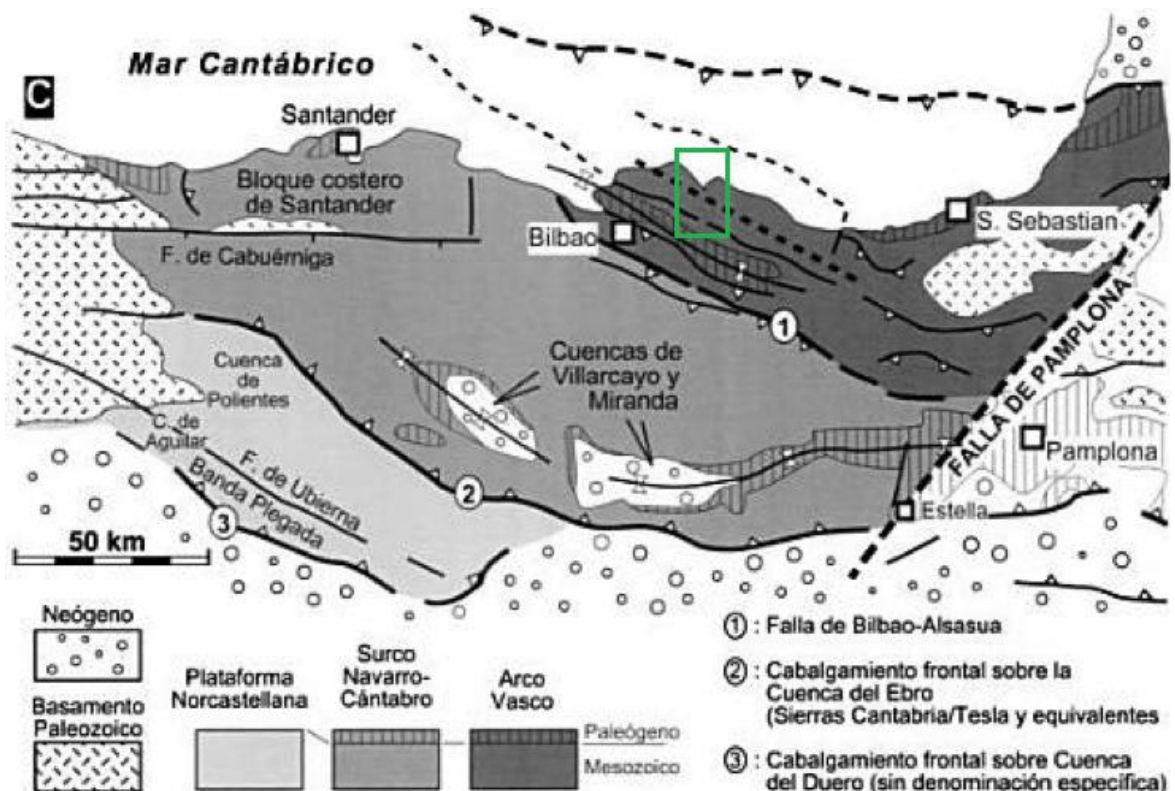
1.irudia: Urdaibai Biosfera erreserbaren kokapen geografikoa eta bertako erreka garrantzitsuenak erakusten duen irudia (Monge, 2008 / www.luenticus.org / www.bteuskadi.net).



Oka ibaiak eskualdea zeharkatzen du eta 20 km-ko luzera du. Oiz, Arburu eta Bizkargi mendietan jaiotzen diren erreken urak biltzen ditu (www.hezkuntza.ejgv.euskadi.net). Biosfera erreserbaren eremu geografikoa Kantauriar Itsasora heltzen diren Oka, Artika eta Laga ibai arroek zehazten dute, guztira, 230km² hartzen dituelarik (1.irudia). Horiez gain Golako, Berrekondo (Kanpantxu), Oma, Mape eta Ugarte ibai arroak ere aipatzekoak dira. Ibai eta erreka hauei esker, baso ilara luzeak daude inguru hauetan. Urdaibairen muga 900 m baino gutxiagoko mendi ilaratik zehar doa; mendebaldetik Estepona eta Butroi ibaiak, ekialdetik Lea eta Ea errekek eta hegoaldeetik Ibaizabal ibai – arroa banatzen duen banalerroa dago (urdaibai.org).

1.2 Testuinguru geologikoa

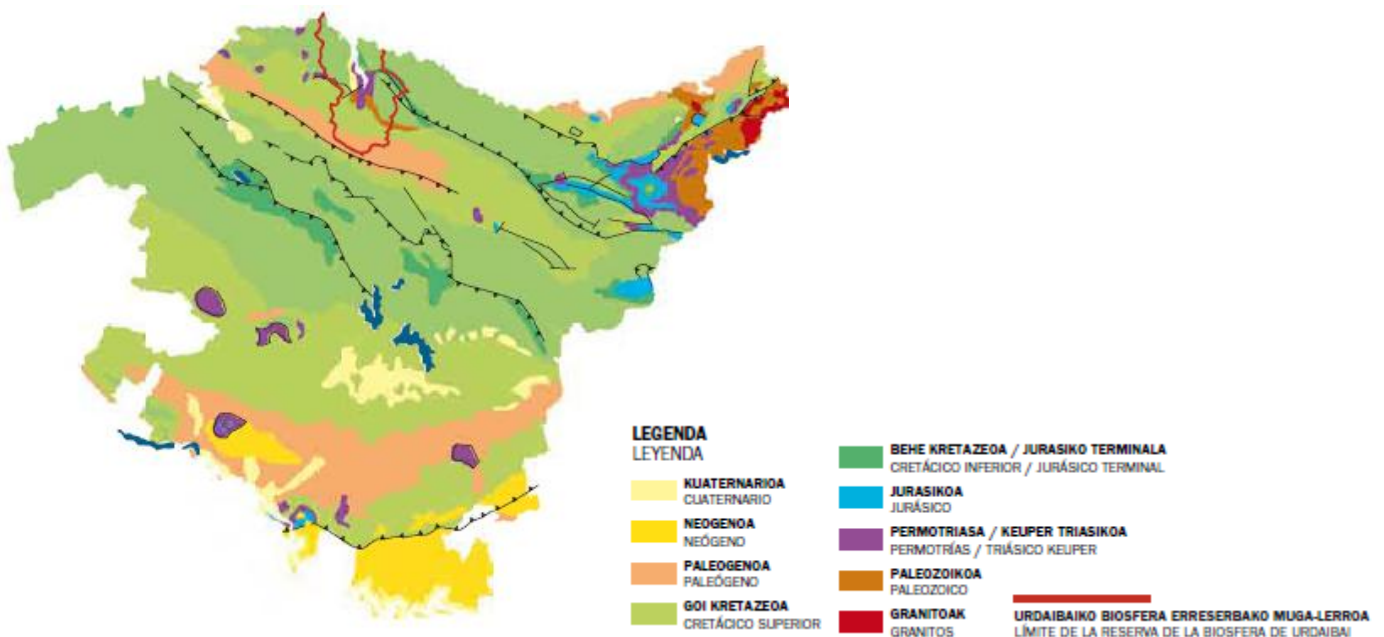
Urdaibai Eusko kantauriar arroan kokatzen da (2.Irudia). Eusko kantauriar Iberiar Penintsulan iparralderen kokatzen den arroa da. Hegoalderantz Tertiarioko Duero eta Ebro arroen gainean zamalkatzen da eta iparralderantz Bizkaiko Golkoan zehar luzatzen da *offshore* -raino. Bere ekialdeko muga Mazizo Paleozoiko Asturiarra kokatzen da eta mendebaldean Euskal Mazizo Paleozoikoa eta Pirinioak. Arroa hiru zatitan banatzen da: Euskal Arkua, Peri – Asturiar Domeinua eta Nafar Kantauriar Domeinua (2.Irudia). Urdaibai Euskal Arkuan kokatzen da (Geología de España, 2004).



2.irudia: Eusko Kantauriar arroko hiru eremuak erakusten dituen mapa geologikoa: Euskal Arkua, Peri Asturiar Domeinua eta Nafar Kantauriar Domeinua bereizten dira (Geología de España, 2004). Urdaibaiko Biosfera Erreserba Euskal Arkuan kokatzen da.



Eskualdeko substratua material igneo - metamorfiko Herziniarrek eta gatz- metaketa Triasikoek osatzen dute. Urdaibaiko eremu handiena, iparralderen kokatzen dena, Bizkaia Iparraldeko Antiklinorioaren barnean kokatzen da eta hegoaldeko eremua Bizkaiko Sinklinorioaren barnean dago (3.irudia). Bi eremu horiek Gernikako failaz banatuta daude. Bizkaia Iparraldeko Antiklinorioaren segida stratigrafikoa honakoa da: Goi Triasikoko lutitak eta ebaporitak, Jurasikoko itsas zabaleko karbonatoak, Aptiar - Albiarreko errudista - kareharriak eta Behe eta Goi Kretazikoko turbidita siliziklastikoak. Bizkaiko Sinklinorioa hamar kilometro inguruko zabalerako Goi Kretazeo - Eozenoko materialen banda batez osatuta dago. Sinklinalaren Urdaibaiko eremuak iparraldeko alpea osatzen du (Mendia *et al.* 2011).



3.irudia: Urdaibai Biosfera Erreserbaren kokapen geologikoa erakusten duen mapa. (Mendia *et al.* 2011)

Eusko kantauriar arroa Permo - Triasikoan sortu zen Pangea super kontinentearen banaketa, Tethys ozeanoaren sorrera eta Ziklo Alpetarraren hasiera gertatu zirenean. Garai honetako materialak dira Urdaibaiko materialik zaharrenak, konkretuki, kostaldeko sakonera txikiko urmael handietan (*şabkha*) lurrunketaz sortutako buztin, igeltsu eta dolomiak (Keuper faziesak). Behe Jurasikoan bukaeran basamentuaren luzapen eta haustura kontinentalak magmatismoa eragin zuen arroka azpi bolkanikoak, ofitak, sortuz. Hauek Keuper fazieseko materialez inguratuta agertzen dira.

Horren ondoren, Kretazikoan, Iberiar Penintsularen erloju orratzen aurkako errotazioaren ondorioz eta Bizkaiko Golkoa zabaltzarekin batera, baldintza estentsional transtentsionalak sortu ziren, sedimentu kantitate handiak metatzeko aproposak (karbonatoak eta material siliziklastikoak). Gertaera magmatikoak ere arruntak izan ziren eta arroka bolkanikoak sortu ziren (pillow labak). Adin honetako arrokek dira ugarienak Urdaibaiko Biosfera Erreserban. Kretaziko bukaeran luzapen prozesua eta Iberiar penintsularen errotazioa bukatuta, Iberiar eta Europa

plaken arteko talka hasi zen. Prozesu honek aurretik metatutako materialen azalera, tolestea eta apurketa eragin zuen. Orduetik aurrera gaur egungo paisaia baldintzatzen duen erliebea modelatu da azalera materialen higaduragatik.

Gernikako Antiklinala Triasikoko material plastikoek eragindako egitura kontrolagatik eman zen eta egitura horrek baldintzatu du estuarioa inguratzen duten erliebeen orientazioa. Gainera, nukleoan keuper faziesak izateak Oka ibaiaren higadura erraztu du (Murelaga *et al.* 2012).

1.3 Testuinguru hidrogeologikoa

Unitate Hidrogeologiko bat zonalde mugatu bat da, akuifero bat edo gehiago dituen, euren artean isolatuta edo harremanetan egon daitezkeena. Urdaibai Biosfera Erreserbako hidrogeologiari dagokionez, Gernikako Unitate Hidrogeologikoa osorik agertzen da, Santa Eufemia – Ereñozar Unitate Hidrogeologikoa zabal hedatzen da eta Oizeko Unitate Hidrogeologikoa erreserbaren hego-mendebaldean agertzen da. Hala ere, Oiz unitateko urek Ibaizabal ibaiaren isurialdera jotzen dute eta ez da kontuan hartu (Eranskinak, I.irudia).

- **Gernikako Unitate Hidrogeologikoa:**

Muxikan hasten da, estuarioaren kanpo inguruetaraino zabaltzen da eta Oka ibai arroaren beheko zonak hartzen dituzten materialei lotuta dago. Unitatearen birkarga ertzetatik, material bolkaniko (Kretazeokoak) eta azpibolkanikoetatik (Triasikokoak) gauzatzen da unitatearen erdialdeko sektorean eta Oka ibaitik eta bere ibaiadarretatik Kuaternarioko betegarrietan, unitatearen hegoaldeko sektorean. Gernikako ibarretik estuario alderako zonan lodiera handiko geruza buztintsua dago akuiferoari izaera konfinatua ematen diona eta ur maila altuko momentuetan putzuak jariakorak izatea eragiten du.

Akuiferoan, uraren mugimendua iparralderanzkoa da. Bertako formazioak granulometria lodiko eta 120m²/egun transmisibitateko materialez osatuta daude, hareak eta legarrak nagusi izanik. Hortaz, unitatearen deskarga iparralderantz egiten da. Horrela, ur gazi eta gezak nahasten dira estuarioan.

Urtean 5-7hm³ ekoizten ditu eta erreserbako ur-emariaren erregulatuak natural baten modura jokatzen du: gainazaleko hidrografia saretik eta unitatearen ertzetatik ura hartzen du eta estuariora bideratzen du. Birkarga guneeetan urak gaziak dira, fazies bikarbonatatu kalko sodikoak dira eta sulfatatu kaltziko bihurtzen dira unitatearen erdialdean. Honek adierazten du elementu metalikoak agertzen direla akuiferoko uretan (Morales *et al.* 2012)

- **Santa Eufemia-Ereñozar Unitate Hidrogeologikoa:**

Gernika, Lekeitio eta Markina herrien artean zabaltzen den kareharrizko azalera (kareharri Urgondarrei) lotuta dago. Euskal Herriko Unitate nagusienetakoa da, 78km² hartzen dituelarik eta bere baliabideak 80,6hm³/urteko dira (Morales *et al.* 2012). Karbonatozko azalera banatuta daude eta ez dute lotura hidrogeologikorik euren artean. Sei azpi

unitate bereizten dira: Azbibil, Atxarreko San Pedro-Againdi, Ogoño, Ereñozarko San Miguel, Ereño-Iluntzar-Lekeitio eta Bedartzandi-Santa Eufemia. Horietatik, lehenengo bostak dira erreserbaren lurretan osorik edo zati baten garatzen direnak (Morales *et al.* 2012).

1.4 Testuinguru hidrologikoa

Arro hidrografiko bat eremu geografiko bat da non bertara erortzen diren urak toki berdinerara bideratzen diren. Arro hidrografikoak lerro banatzaile batez banatuta egoten dira elkarrekiko eta Unitate Hidrologikoetan banatuta egoten dira (Eranskinak, 2.irudia).

Oka ibai arroa Lea – Artibai (ekialdean) eta Butroi arroez (mendebaldean) mugatuta dago. Arroaren azalera 230 km²koa da eta 20 km-ko luzera du (www.hezkuntza.ejgv.euskadi.net). Luzera horren erdia baino gehiago padura eta hondartzei dagokie.

Ibaiadar garrantzitsuena Golako da, Oiz mendian sortzen dena eta Gernikan Oka ibaiarekin batzen dena. Hala ere, Berrekondo, Ugarte eta Mape ere ibaiadar aipagarriak dira. Horietaz gain, nahiz eta zuzenean itsasoratzen diren, Laga eta Artika errekek Oka ibai arroaren barruan kokatzen dira txikiegiak baitira arro hidrografiko bakarria izateko (1.irudia).

Uren kalitateari dagokionez arazo nagusienak Gernikako industrialdean agertzen dira: Oka ibaira egindako isurketak, Gernikako HUA- aren (Hondakin Uren Araztegia) funtzionamendu txarra eta mundakako estuariora egindako isurketak dira arazo horiek. Argi dagoena da Oka ibaiaren ibilguaren azken partean arroak pairatzen kutsadura askoz handiagoa dela ibaiaren sorburutik gertu pairatzen duena baino. Azken eremu horretan inpaktu antropogenikoa handia da eta errekek uren eutrofizazioa gertatzen da (uragentzia, 2001). Izan ere, ibaiaren goi ibilguan baldintza fisiko – kimikoak onak dira. Behe ibilguan aldiz, materia organiko eta fosforoek eragindako kutsadura agertzen da. Hortaz, laburbilduz, Oka ibaiak bere goiko ibilguan egoera ekologiko ona erakusten duen bitartean, Gernika parean egoera ekologiko txarra erakusten du (anbiotek, 2009).

Eurite sasoiaren Golako errekek partikula gehiago eramaten ditu esekiduran Oka ibaiak baino. Honek adierazten du Golako errekaen arroak higadura handiagoa jasaten duela. Artika errekek agorte garaietan oso ur gutxi eramaten du eta eurite sasoiaren bere emaria asko handitzen da. Hau da, emaria irregularra da urtean zehar eta kutsadura egoteak usain txarra eragiten du agorte sasoiaren. Laga errekan saneamendu txarra dago eta konpondu beharra dago. Mape errekan ez da arazorik egon uraren kalitateari dagokionez (uragentzia, 2001).

1.5 Testuinguru geomorfologikoa

Geomorfologiari dagokionez itsasadar osoan ibai ertzen moldaketa eta konfigurazioan litologia eta egitura aldetiko kontrola nabarmentzen da. Bokaleetik goi - ibarreraino hareazko sedimentuetan nabarmentzen diren erliebeak daude: Izaro uhartea, Txatxarramendi, Sandindere eta San Antonioko hondartzan dauden Triasikoko ofitak. Higadurarekiko konpetenteenak diren materialez osatutako isurialdeen tartetean estuario - harana estua da.



Itsasadarraren ertzak oso aldapatsuak dira, ekialdean 250 metroko altuera duelarik eta mendebaldean 100 metroko altuera hartzen duelarik kilometro bat inguruko zabalera (urdaibai.org).

Ez da eremuko geomorfologiari buruz azalpen asko adierazi atal honetan lanaren garapenean sakonduko baita gehiago. Hala ere, karst-a da eremuan agertzen den morfologia geomorfologikorik garrantzitsuen. Karsta disoluzio prozesuez sortutako morfologia da eta azaleko morfologiak zein barnekoak hartzen ditu kontutan. Ezaugarri geomorfologiko eta hidrogeologiko bereizgarriak dituen zonaldea da.

Ezaugarriok arroka disolbagarriak eta urak ongi garatutako hutsune – sare adarkatua (barrunbeak, galeriak, leizeak, kobak...) batera agertzearen ondorio dira. Eremu karstikoek oso geomorfologia berezia dute, kanpotik (exokarsta) eta barrutik (endokarsta). Disoluzio-egiturak gailentzen dira: dolinak, poljeak, leizeak, lapiazak, kobak... denak uraren eraginez sortuak. Endokarstean pilaturik daude iraganeko higaduraren eraginez urak garraiatu zituen sedimentu asko, bai detritikoak (hare eta legarrak) eta bai kimikoak (espeleotemak).

1.6 Helburuak

Lan honen helburua Geologia Graduan ikusitako hainbat arlo erabiliz Urdaibai eremuko ezagutza hidro – geomorfologikoan urratsak ematea da. Hori gauzatzeko Urdaibai Biosfera Erreserbako azterketa hidro – geomorfologikoa egitea adostu da. Hortaz, egindako lana lan multidisziplinaria da. Zehatz esanda graduan ikasitako Hidrologia, Hidrogeologia, Geomorfologia eta Kartografia arloak uztartu dira eta hainbat metodologia desberdin erabili dira: azterketa hidrologikoa egiteko ibai sarearen morfologia azterketa, ibai sarearen konplexutasun azterketa, ibai sarearen magnitude mapa, ibai sarearen haranen luzeren banaketa, erreken luzerako soslaiak eta ArcGis programa erabiliz Artika ibai arroaren mapak egin dira; azterketa hidrogeologikoan gutxiago sakondu da, landa lana egin da, erreketako eroankortasuna neurtu da eta datuak erabiliz masa balantzea egin da; azterketa geomorfologikoa egiteko mapa geomorfologikoa irudikatu da geo.euskadi orriko LIDAR eta EVEko 1:25000 eskalako mapak erabiliz eta terrazen kasuan landa lana egin da beraien kokapen zehazteko.

Gradu amaierako lanaren dimentsioak kontutan hartu dira helburuak determinatzeko orduan. Lan eremua eskualde zabala da, 230 km² ko azalera betetzen du. Lana azalera guzti horretan zentratu izan balitz azterketa orokorregia izango zela eta alderantziz, eremu txiki batean zentratuta ez liratekeela eskualdeko ezaugarriak bereizgarriak izango pentsatu zen.

Arazoi horiengatik bitarteko jokabidea aukeratu da. Azterketa hidrogeologikoa Oka ibai arroan zentratuta egin da gehienbat, baina Artika ibaiaren arroa ere aztertu da neurri batean. Ibai hau Bermeo herritik igarotzen da eta Urdaibaiko ipar mendebaldean kokatzen da (Eranskinak, 3.irudia). Bermeo lurralde menditsu batean dago eta lurra osatzen duten material gogorren eraginez itsasalde guztian labar handiak daude (www.bermeokoudala.net).

Esan daiteke eskualde guztirako egin dela azterketa hidrogeologikoa. Azterketa geomorfologikoari dagokionez aldiz, eskualdeko iparraldeko eremuan zentratu da gehienbat, nahiz eta terrazen azterketa egiterakoan eremu horretatik kanpo geratzen diren zonak ere sartu diren (3.irudia, eranskinak).



2. GARAPENA

2.1 Azterketa hidrologikoa

2.1.1 Drainatze sarearen azterketa: metodoak.

Urdaibai eskualdea landaredia ugariko eskualdea izanik, eremuko geologia estrukturala eta materialak aztertzeko arazoak egon daitezke. Horregatik landa lanaren gehigarri modura beste metodologia bat erabiltzea adostu da, ibai sarearen morfologian eta hierarkizazioan oinarritutakoa. Metodologia horren barruan honako lau metodo desberdin erabili dira:

- 1- **Ibai – sarearen morfologiaren azterketa:** metodo honek drainatze sarearen forma aztertzen du eta horren arabera ondorio jakin batzuk lortzen dira. Howard-ek (Howard,1967) esan zuen bezala, morfologia bakoitza ingurune edo material batzuei lotuta agertzen da. Hauek dira azal daitezkeen morfologia nagusiak eta agertzen direneko inguruneak (4.irudia):

Morfologia dendritikoa (*dendritic*) bada, ibai – sareak ondo garatutako zuhaitz baten adarren antza izaten du. Geruza horizontalak, okerdura txikikoak edo uniformeki erresistenteak diren arroak agertzen dira eta ez da egoten kontrol estrukturalik.

Morfologia paraleloa (*parallel*) bada, ibai – sarea paraleloki luzatzen da hein handiengan. Geruzek malda nahiko handia izaten dute.

Morfologia endredatua (*trellis*) bada, ibai – sarea ibai nagusira perpendikularki batzen diren ibaiadarrez osatzen da. Morfologia mota hau gogortasun desberdineko arroken txandakapena ematen den lekuetan eta haustura paraleloak agertzen diren lekuetan agertzen da.

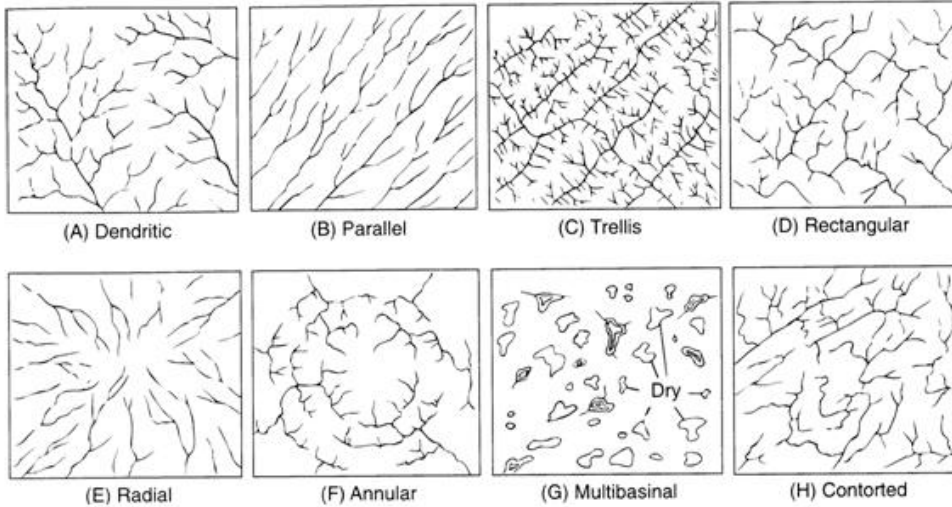
Morfologia errektangeluarra (*rectangular*) bada, Ibai nagusiaren eta bere ibaiadarren ibilbideek gutxi gora behera 90 graduko kurbak osatzen dituzte. Toki hauetan material gogorak agertzen dira faila sistema perpendikular batez kontrolatuak.

Morfologia erradiala (*radial*) bada, ibai – sareko korronteak kanpoalderantz bideratzen dira kota altuagoko zona zentral batetik norabide guztietan. Ingurune hauek domo edo kono bolkaniko baten eraginpean egoten dira.

Morfologia anularra (*annular*)bada, ibai – sareko korronteek zirkulu formak marrazten dituzte leku zentral baten inguruan. Leku zentral hau kota altuagoan edo baxuagoan kokatu daiteke. Honek eremua domo edo kono bolkaniko higatu baten eraginpean dagoela adierazten du.

Morfologia multibasinala (*multibasinal*) azaleko metakinetan sortzen da, azal arrokatsu leunduetan edo desberdinki higatutakoetan, lur masen mugimenduak ematen diren lekuetan, bulkanismoa eman den tokietan, kareharria dagoen lekuetan eta lur glaziarretan.

Azkenik, morfologia kontortsionatua (*contorted*) bada, arroka metamorfikoekin erlazionatutako zona izango da. Ibai – sarearen norabide aldaketa batzuk dikeen presentziarekin edo jatorri magmatikoa duten zainekin lotuta egon daitezke, higadurarekiko zona erresistenteagoak adierazten baitituzte.



4. Irudia: Ibai - sareen morfologia desberdinak erakusten dituen irudi eskematikoa. Honen arabera zortzi morfologia bereizten dira: dendritikoa (*dendritic*), paraleloa (*parallel*), endredatua (*trellis*), errektangeluarra (*rectangular*), erradiala (*radial*), anularra (*annular*), multibasinala (*multibasinal*) eta kontortsionatua (*contorted*) (Howard, 1967).

- 2- **Ibai - sarearen konplexutasunaren azterketa:** metodo honen bidez ibai - sarearen konplexutasuna kuantifikatzen da. Adarkatzea naturako hainbat egituretan ikusten da eta hainbat modutara agertu daiteke. Sistema adarkatu bateko partikula edo banakoak era desberdinetakoak izan daitezke, adibidez: molekulak, geneak, birusak, zelulak, animaliak, abizenak, landareak, neutroiak, izpi kosmikoak, galaxiak, arrokak, ibaiak ... Hori dela eta honelako azterketak zientzietako hainbat arlotan erabiltzen dira. Adibidez, biologian, zuhaitzen azterketa egiteko edo arnas eta zirkulazio sistemak aztertzeke (Gorostiza, 2009).

Konplexutasuna aztertzeke Horton - Strahler metodoa erabili da eta arestian esan bezala adarkatze baten konplexutasuna kuantifikatzen du.

Hidrologian lehenengo aldiz erabili zen Robert E. Horton (Horton, 1945) eta Arthur Newell Strahlerren (Strahler, 1957) bidez. 1945.urtean Horton-ek ibai - sarearen sailkapen metodoa sortu zuen Gravelius-en sisteman oinarrituz. Strahler-ek 1957.urtean Horton-en hipotesia hobetu zuen. Azken hau da gaur egun gehien erabiltzen den metodoa, Horton - Strahler metodo izenaz ezagutzen dena. Hala ere, ibai - sarea oso konplexua bada ezinezkoa izaten da Strahler-en parametro guztiak kalkulatzeko.

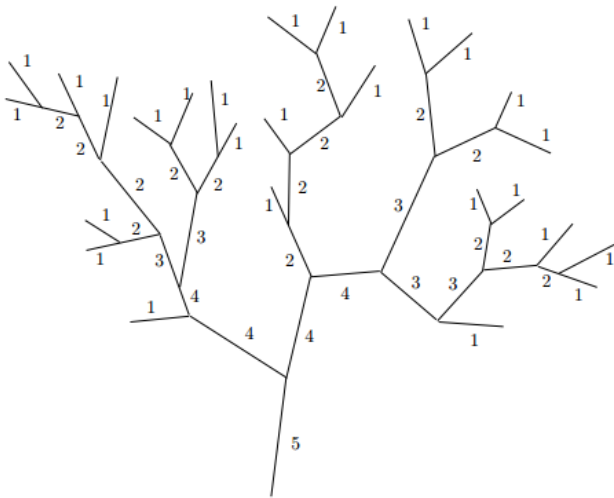
Metodo hau erabiliz lehenengo egiten dena ibai sarearen ordena eta ordena bakoitzeko ubide edo ibilgu kopurua determinatzea da. Kontsideratzen da arroak ur irteera bakarra duela, barneko lotuneak (errekak batzen diren puntuak) dituela eta kanpoko lotuneak (ibaiak sortzen diren lekuak).

Horrela barneko ibilguak (barneko lotuneak lotzen dituzten kanalak) eta kanpoko ibilguak (kanpoko lotuneak eta barneko lotuneak batzen dituzten kanalak) bereizten dira (Giménez eta Bertomeu, 2001).

Strahlerrek irizpide hauek jarraitu zituen (Strahler, 1957) (5.irudia):



- Kanpo lotune baten sortutako ubideak lehenengo ordenakoak dira.
- Ordena berdineko bi ubide barne lotune baten batzen badira hurrengo ordena handiagoko kanal bat izatera pasatzen dira.
- Ordena desberdineko bi ubide batzen badira, bietatik ordena handiena duen ubidea joango da aurrera.
- Arroaren ordena, ordena handieneko ubidearen berdina da.



5.irudia: Strahler –ek 1957.urtean Horton- en 1945eko metodoa hobetuz definitu zuen ibai sarearen kuantifikazioa erakusten duen irudia (Docampo et al, 1989). Kasu honetan arroa 5.ordenakoa da.

Ibai – sarearen ordena determinatu ostean adarkatze ratioa kalkulatzen da. Suposatzen da kalkulatu diren ordenak eta ordena bakoitzeko ubide kopuruak Horton-en (Horton, 1945) ibilgu kopuruaren legea bete behar dutela. Legeak honela dio: “drainatze arro bateko ordena desberdineko ubide kopuruak serie geometriko alderantzatu batera hurbiltzeko joera erakusten du, zeinetan lehenengo terminoa 1 den eta erradioa adarkatze ratioa den”.

“The numbers of streams of different orders in a given drainage basin tend closely to approximate an inverse geometric series in which the first term is unity and the ratio is the bifurcation ratio”

Adarkatze ratioa (R) ordena jakin bateko adar kopuruaren eta hurrengo ordenako ubide kopuruaren artean dagoen erlazioa da, $R = N_u/N_{u+1}$, hau da, u ordenako ibilgu kopurua eta hurrengo ordenako ubideen kopuruaren arteko zatiketa. Adarkatze ratioa aldatu egiten da ordena batetik bestera, ibai – sarearen morfologiaren geometria ere aldatu egiten delako apur bat. Hala ere balio antzekoa izango du ordena guztietan, aldaketa nabaririk gabe.

Horton –en (Horton, 1945) ibilgu kopuruaren legearen arabera, $N_u = R^{k-u}$ betetzen da eta k ibai – sarearen ordena da. Ekuazio hori logaritmoarekin biderkatuz, $\log N_u = (k - u) \log R$ ekuazioa lortzen da.

Autore batzuek α parametroa erabiltzen dute (Docampo et al. 1989). Hori horrela izanik $N_u = \alpha R^u$ ekuazioa logaritmoarekin biderkatuta lortzen den ekuazioa hau da: $\log N_u = \log \alpha - u \log R$. $y = a + mx$ moduko ekuazio bat da lortzen dena. $\log N_u$ (ordena bakoitzeko



ibilgu kopuruaren logaritmoa) vs. U (ordena) grafikoa marraztuz, adarkatze ratioaren (R) balioa lortzen da, log R-ren balioa maldaren balioa delako. Aurrerago azalduko da grafiko hau.

Adarkatze ratioa drainatze – sare baten antolaketa eta forma adierazteko dimentsio gabeko zenbaki aproposa dela esan daiteke. Zenbaki hori oso egonkorra izaten da eta ez du aldaketa handirik izaten eskualdetik eskualdera edo ingurunetik ingurunera, ez bada kontrol geologiko handia dagoela eremu horretan (Strahler, 1957).

- 3- **Ibai – sarearen magnitude mapa:** orain arte azaldutako metodoak ez dira benetan ibai sarearen konplexutasunaren isla, ez baitituzte kontuan hartzen ordena txikiagoko adarren loturak ordena handiagoko kate batean.

Horregatik, Schreve (Schreve , 1966) eta Scheidegger (Scheidegger, 1965) –ek definitutako magnitude terminoa erabili da. Magnitude bereko puntuak batzean datza metodo hau. Autoreen arabera erreken elkarguneak eta urbegiak arrazoi estrukturalengatik ematen dira. Hori eginez egitura estrukturalen kokapena zein den lortzen da.

Arroaren sortze lekutik ubideen lotuneak eta urbegiak batu behar dira lerro jarrai batekin bi kurben artean ibai segmentuak bakarrik gelditu behar direlarik.

- 4- **Ibai – sarearen haranen luzeren banaketa:** eskualdea aztertzeke erabili den laugarren metodoa haranen luzeren banaketa da. Metodo hau ordena jakin bateko ibilguen luzera neurtzean datza eta normalean bigarren edo hirugarren ordenakoak erabiltzen dira.

Aukeratutako ordena jakin bateko ubideen luzera neurtzen da eta lortutako balioa ubidearen erdian markatzen da. Puntu guztiak lortu ostean balio berdina dutenak batu egiten dira lerroen bidez. Suposatzen da lortutako azalaren lerro nagusiak egitura estrukturalen paralelo direla. Normalean luzera handikoak direnak sinklinalekin lotutakoak izaten dira eta luzera txikia dutenak antiklinalekin lotutakoak, konpresio zonekin.

- 5- **Erreken soslaien azterketa:** erabili den azken metodoa Urdaibaiko erreka garrantzitsuen soslaien azterketa da. Hau egiteko, geo.euskadi orria erabili da sestra eta bertan koten eta luzeren informazioa lortu da. Ostean kota vs. distantzia grafikoa irudikatu da.

Erreken soslaiak behatuz informazio tektonikoa lortzen da. Izan ere, soslaiak erakusten dituzten bat – bateko aldaketak tektonikarekin lotuta egoten dira. Horregatik, metodo honen bidez tektonikak erreketan ze eragin duen aztertu daiteke.

2.1.2 Drainatze sarearen azterketa Urdaibain aplikatuta

Hortaz, erabili den lehen metodoa **eskualdeko ibai – sarearen morfologiaren azterketa** izan da. Honen bidez egindako eskualdeko interpretazio estrukturala eta mapa geologikoetan azaltzen dena erlazionatu ahal izatea espero da.



Azterketa hau egiteko erabili den mapa, www.geo.euskadi orritik jaitziko datuekin egin da. Alde batetik, Euskal Autonomi Erkidegoko ibai sarearen kapa jaitzi da eta bestetik Urdaibai Biosfera Erreserbako mugen kapa. Bi kapa horiek batzeko Quantum Gis 1.8.0-Lisboa – map quantum programa erabili da. Mapa sortu da eta 1:250.000 eskala erabili da berarekin lan egiteko (Eranskinak, 4.irudia). Mapa hori 1:200.000 eskalako mapa geologikoarekin alderatu da (Mapa Geológico de España, 1989) (Eranskinak, 5.irudia).

Ibai sarearen morfologiari erreparatuz bost eremu nagusi bereizten dira (Eranskinak, 5.irudia):

- **1:** Urdaibai hegoaldean (Eranskinak, 5.irudia: a) kokatzen den eremua da, eta drainatze sareak morfologia dendritikoa erakusten du nagusiki. Zona guztian erreken dentsitatea handia da. Howard –en (Howard, 1967) hitzei jarraituz, esan daiteke geruza horizontalak, okerdura txikiak edo uniformeki erresistenteak diren arroak egongo direla hor eta ez dela egongo kontrol estrukturalik.

Mapa geologikoan begiratu (Eranskinak, 5.irudia: b) ikusten da kasu honetan material homogeenak agertzen direla, gogortasun aldaketa nabaririk ez dutenak. Tupa, tupa – kareharri eta hareharrien txandakapena agertzen da. Okerdurari dagokionez, geruza hauek hegoalderantz hondoratzen dira eta 40 – 50° tarteko okerdura erakusten dute. Hortaz, okerdura nahiko handia erakusten dute baina ez da ikusten kontrol tektoniko handirik.

- **2:** Zona zentralaren mendebaldeko aldean (Eranskinak, 5.irudia: a) erreken dentsitatea nabarmenki txikiagoa da ekialdeko aldean baino. Eremuan ibai – sareak morfologia errektangeluarra agertzen du hein handienera. Faila sistemez kontrolatutako material gogorretan agertzen da morfologia hau.

Mapa geologikoan ikusiz (Eranskinak, 5.irudia: b), Gernikako failarekin erlazionatutako failak SSW – NNE (Eranskinak 10.irudia) eta Aulesti – Azkoitia failarekin erlazionatutako faila txikiagoak, NW – SE norabidekoak agertzen dira (Eranskinak, 5.irudia:b). Horrez gain arroka bolkanikoak, labak, agertzen dira eta egitura konplexua osatzen dute. N 130 E norabideko sinklinal alderantz baten eta N 40 E norabideko beste toles alderantz baten arteko konbergentziaren ondorioz sortutako egitura osatzen dute material horiek (EVE, 38 – III, 1985).

- **3:** Zona zentralaren ekialdeko aldean (Eranskinak, 5.irudia: a) ibai dentsitatea altuagoa da arroaren mendebaldeko aldean baino. Zati honetan ere ibai – sarearen morfologia errektangeluarra da. Morfologia honek faila sistemen presentzia adierazten du.

Berriro agertzen dira **2** eremuan agertzen ziren egitura tektonikoak, Gernikako failarekin erlazionatutako failak SSW – NNE eta Aulesti – Azkoitia failarekin erlazionatutako faila txikiagoak, NW – SE norabidekoak. Baina ez da arroka bolkanikorik agertzen. Hemen tupak, harearriak, kareharriak eta igeltsuak agertzen dira. Hau da, zona zentralaren mendebaldean baino material bigunagoak azaleratzen dira eta esan daiteke bi eremu horien (**2** – **3**) erreka dentsitate desberdintasuna materialen gogortasunaren ondorio dela.



- **4:** Iparraldeko zonaren mendebaldeko aldean (Eranskinak, 5.irudia: a) ibai dentsitatea handiagoa da iparraldeko zonaren ekialdeko aldean baino. Hemen agertzen diren errekek morfologia errektangeluarra agertzen dute. Hortaz, *Howard* -en arabera (Howard, 1967) morfologia errektangeluarra agertzen denean material gogorak agertzen dira faila sistema batez kontrolatuak.

Eremuan bi deformazio fase nagusi bereizten dira. Lehenengoak N 120 E norabideko toles eta hausturak sortu zituen eta bigarrenak N 20 – 30 E norabideko egiturak (Eranskinak, 6.irudia). Bertan agertzen diren materialak, lutitak, tupak eta kareharri tupatsuak dira. Ez dira material gogorak, hortaz, ez da guztiz betetzen Howard-ek esan zuena.

- **5:** Iparraldeko zonaren ekialdeko aldean (Eranskinak, 5.irudia: a) ez da lur azalean errekarik agertzen. Mapa geologikoan behatuz (Eranskinak, 5.irudia: b) zona horretan kareharri masiboak dira nagusi, kareharri Urgondarrak. Material horietan sistema karstikoa garatu da eta horregatik ez da ikusten azaleko korronterik, uren fluxua lurpetik ematen baita. Baina eremu guztia ez dute kareharriek hartzen. ekialdeko eremuan tupa hareatsuak azaleratzen dira. Bertan erreka bakar bat agertzen da ekialderen kokatzen den aldean, Laga erreka izenez ezagutzen dena.

Ibai – sarearen morfologia aztertuz egindako ondorioztapenak eta mapa geologikoetan agertzen den informazioa bat datorrela ikusi da.

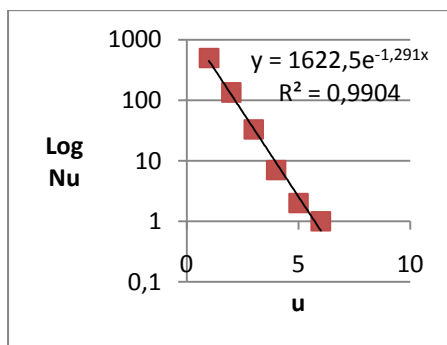
Bigarren pausua **ibai – sarearen konplexutasunaren azterketa** eta kuantifikazioa egitea da. Arestian azaldu bezala, hau egiteko Horton – Strahler deituriko metodoa erabili da eta ibai – sareko ubideen hierarkizazioa egin behar da horretarako.

Hierarkizazioa egiteko Marauri eta Edesok (Marauri eta Edeso, 1997) erabilitako Oka ibai arroaren mapa erabili da. Mapa hori oinarri modura erabilita ordena desberdineko ubideak kolore desberdinez adierazi dira eta hierarkizazioa estuarioa hasten den tokiraino egin da estuarioaren eraginak ibai sarean anomaliak eragin ditzakeelako. Lehenengo ordenakoak kolore arrosaz, bigarren ordenakoak laranja, hirugarren ordenakoak berdez, laugarren ordenakoak urdinez, bosgarren ordenakoak marroiz eta seigarren ordenakoa lilaz adierazi dira (Eranskinak, 7.irudia). Balio horien arabera Oka ibaia seigarren ordenakoa da.

Oka ibairako orden bakoitzerako agertzen den adar kopurua kuantifikatu da eta hauek dira emaitzak ibai arrorako:

- 1.ordenakoak: 495
- 2.ordenakoak: 134
- 3.ordenakoak: 33
- 4.ordenakoak: 7
- 5.ordenakoak: 2
- 6.ordenakoak: 1

Balio horiek ibilgu kopuruaren *Horton* –en (1945) legea bete behar dutela suposatzen da. Log Nu (ordena bakoitzeko ibilgu kopuruaren logaritmoa) vs. U (ordena) grafikoa eginez lerro zuzen bat agertu behar da, non, $\log N_u = \log \alpha + u \log R$ betetzen den. $y = a + mx$ moduko ekuazio bat da (1.grafikoa). Grafikotik adarkatze ratioaren (R) balioa lortzen da, Log R malda delako. Hortaz, maldari logaritmoaren alderantzizkoa eginez lortuko da adarkatze ratioaren balioa. Ordena bakoitzerako adarkatze ratioa kalkulatu da. Hori egin ondoren inguruko beste erreka batzuekin konparatu ahal izango da.



1.grafikoa: ordena bakoitzeko ibilgu kopurua (Nu) vs. Ordena (u) grafikoa Oka ibai – sarearentzat. Sortzen den lerroaren malda aterata adarkatze ratioa lortzen da. Horton – en (1945) legea betetzen da.

u	Nu	Log Nu	R
1	495	2,69461	-
2	134	2,12710	3,69
3	33	1,51851	3,87
4	7	0,84510	4,14
5	2	0,30103	3,97
6	1	0	3,46

Adarkatze ratioaren balioak hiru eta bost arteko balioak hartzen ditu.

Artika ibairako ere metodo berdina erabili da, horrela, eskualdeko ibai desberdinen emaitzak alderatu ahal izateko.

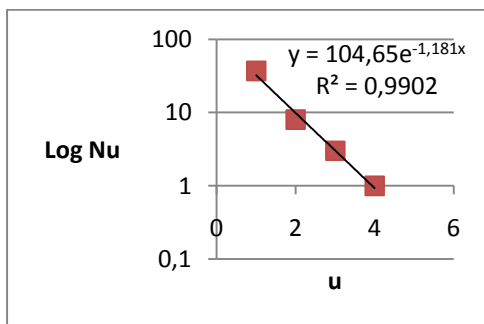
Hori egiteko, Oka ibai – sarearekin egin den moduan, Artika ibai – sarearen ordena desberdineko adar edo kanalak kolore desberdinez margotu dira (Eranskinak, 8.irudia). Lehenengo ordenakoak arrosaz adierazi dira, bigarren ordenakoak laranja, hirugarren ordenakoak berdez eta laugarren ordenakoa urdinez. Erabilitako mapak Arcgis programa (ESRI ArcMap 10.2.1, ArcInfo license) bidez egin dira. Hiru mapa osatu dira programa horren bidez: lurrazalaren eredu digitalaren mapa, fluxu norabide mapa eta malda mapa. Kasu honetan lurrazalaren eredu digitala erabili da eta bere gainean proiektatu dira ordena desberdineko adarrak.



Ordena bakoitzeko agertzen den adar kopurua:

- 1.ordenakoak: 37
- 2.ordenakoak: 8
- 3.ordenakoak: 3
- 4.ordenakoak: 1

Datu horiek erabiliz log Nu vs. U grafikoa irudikatuz Horton -en legea betetzen dela ziurtatu da (2.grafikoa) eta kasu honetan ere ordena bakoitzeko adarkatze ratioa kalkulatu da:



2.grafikoa: ordena bakoitzeko ibilgu kopurua (Nu) vs. Ordena (u) grafikoa Artika ibai – sarearentzat. Sorzen den lerroaren malda aterata adarkatze ratioa lortzen da. Horton – en (1945) legea betetzen da.

u	Nu	Log Nu	R
1	37	1,56820	-
2	8	0,90309	4,62
3	3	0,47712	3,51
4	1	0	3,33

Adarkatze ratioa hiru eta bost balioen artekoa da. Bi ibai arroetako adarkatze ratioak konparatuz ez da alde nabarmenik ikusten. Bataz bestekoa eginda adarkatze ratioaren balioa 3,826 da Oka ibai – sarerako eta 3,82 da Artika ibai – sarerako. Ia balio berdinak ematen dituzte.

Baina orain arte erabilitako metodoak ez dituzte kontutan hartzen ordena txikiagoko ibilguen loturak ordena handiagoko kate batean. Horregatik, *Shreve* (*Shreve, 1966*) eta *Scheidegger* –ek (*Scheidegger, 1965*) definitutako magnitude terminoa erabiltzen da. Magnitude bereko puntuak batzean datza metodo hau. Izan ere, autoreen arabera erreken elkarguneak arrazoi estrukturalengatik ematen dira. Hau eginda, egitura estrukturalen kokapena zein den lortzen da.

Ibai – sarearen magnitude mapa egiteko ibai sarearen konplexutasunaren azterketa egiteko erabili den mapa berdina erabili da, hau da, Marauri eta Edesok (*Marauri eta Edeso, 1997*) erabilitakoa. Arroburutik ubideen lotuneak eta urbegiak batu dira, estuarioa hasten den

tokiraino, lerro jarrai batekin bi kurbaren artean ibai segmentuak bakarrik gelditu direlarik (Eranskinak, 9.irudia).

Lortutako magnitude mapak ez du egitura argirik erakusten baina norabide batzuetan lerroak ugariagoak eta bata bestearengatik hurbilago kokatzen dira. Eremu horiek egitura estrukturalekin bat etorriko direla pentsatu da.

Mapan lerroak batzen diren edo ugariagoak diren tokiak behatuz eremuko egitura estruktural nagusiak NNW – SSE eta NW - SE norabideetan luzatzen direla ondorioztatu da. NNW – SSE norabidean luzatzen dena bat dator Gernikako antiklinalarekin, N 160 E norabidea duenarekin eta NW – SE egitura Aulesti – Azkoitia failarekin lotuta egon daiteke (Eranskinak, 10.irudia).

Gernikako antiklinala gaur egun N 160 E norabidean luzatzen den egitura da baina bere hasierako orientazioa N 120 E izango zela uste da, bi hausturen eraginez desplazatua izan baitzen. Bi haustura horiek Gernika – Ibarrangelu eta Arrillas – Axpe failak dira. Aulestia – Azkoitia faila NW – SE norabideko egitura da eta jarraitasun handia erakusten du. Euskal Herriko ekialdeko aldetik Bizkaiko mendebaldeko kostaraino luzatzen da, Azkoitia, Aulesti eta Gernika inguruetatik igaroz (EVE, 38 – IV, 1985).

Eskualdeko geologia aztertzeke erabili daitekeen laugarren metodoa **ibai – sareko haranen luzeren banaketa** da. Metodo hau ordena jakin bateko ibilguen luzera neurtzean datza. Normalean bigarren edo hirugarren ordenakoak hartzen dira. Aukeratutako ordena bateko ubideen luzera neurtzen da eta lortutako balioa ubidearen erdialdean markatzen da. Puntu guztiak izanik balio berdina dutenak batu egiten dira lerroen bidez.

Suposatzen da lortutako azalaren lerro nagusiek egitura estrukturalen paralelo direla. Luzera handikoak direnak sinklinalekin lotutakoak izaten dira eta luzera txikia dutenak antiklinalekin lotutakoak, konpresio zonekin.

Kasu honetan hirugarren ordenako adarrak erabiltzea pentsatu da Oka ibaiaren kasurako, 33 ibilgu baitaude ordena horretakoak (Eranskinak, 11.irudia). Bertan hainbat egitura ikus daitezke. Egitura batzuk NNW - SSE norabidean luzatzen dira, NNE – SSW norabidea duen egitura bat ere ikusten da, NE – SW norabideko egitura eta NW – SE norabideko egitura ere agertzen da.

NNW – SSE norabidean luzatzen den egitura Gernikako Antiklinalarekin lotuta egon daiteke, N 160 E norabidea duelarik. NW – SE norabideko egitura Aulesti – Azkoitia failarekin lotu da. NNE – SSW Ibarrangeluko failarekin lotu da eta NE – SW ez da eskualdean norabide horretako egitura garrantzitsurik bereizi, bigarren deformazio fasearekin erlazionatutako egitura txikiak bakarrik agertzen dira mapa geologikoan.

Gernikako faila eta Aulesti – Azkoitia faila magnitude mapan agertzen ziren egiturak dira. Lehen esan bezala Gernikako faila N 160 E norabidean luzatzen den egitura da baina bere hasierako orientazioa N 120 E izango zela uste da, bi hausturen eraginez desplazatua izan



baitzen. Bi haustura horiek Gernika – Ibarrangelu eta Arrillas – Axpe failak dira. Aulestia – Azkoitia faila NW – SE norabideko egitura da eta jarraitasun handia erakusten du.

Beste egiturak ez dira magnitude mapan islatzen. NNE – SSW egitura Gernika – Ibarrangelu failarekin lotu da, zeina, Gernika herrian azaleratzen den eta Ibarrangelu herriraino doan. Faila honen azkeneko aktibitateak desgarraren senestrosa eragin du Gernikako Antiklinala desplazatu eta biratuz. Agertzen den azken egitura, NE – SW norabidean luzatzen dena da. N 45 E norabideko egiturak bigarren deformazio fase batek eragin zituen (EVE, 38 – IV, 1985).

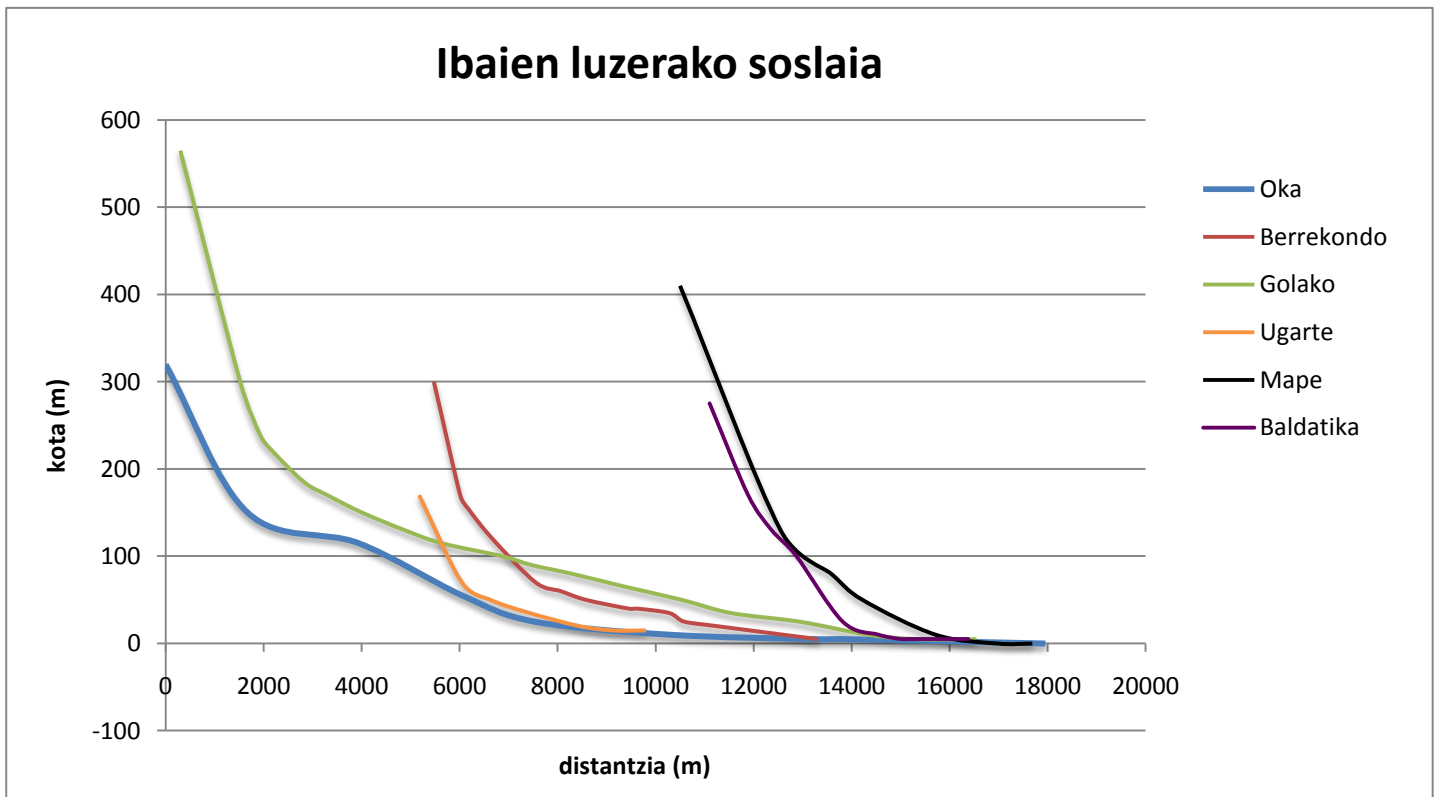
Azken metodoa **erreken soslaien azterketa** da. Urdaibaiko ibai garrantzitsuenen luzerako soslai irudikatu da eta bertako aldaketak interpretatu dira. Erreka guztiek **soslai** antzekoa erakusten dute (3.grafikoa). Hasieran, beraien goi ibilguetan malda oso handia dute eta gero ibilbide erdi inguruan malda hori bat – batean moteldu egiten da, kasu batzuetan ia horizontal izatera heltzen delarik.

Oka ibaiari dagokionez, 320 metroko kotan jaiotzen da eta bi kilometroko luzeran 130 metroko kota lortzen du. Kota horretatik 100 metroko kotara oso motel jaisten da eta 100 metroko kota igaro ostean berriro hasten da aldapa handiagoz jaisten ibiaren behe ibilgura heldu arte. Ibai ibilguaren azken zatian malda asko jaisten da berriz. Mapa geologikoan begiratuz (EVE, 62- I, 1985) 130 metroko kotan litologia aldaketa gertatzen da.

Ibaia jaiotzen denetik 130 metroko kotara heltzen den arte harearri karetsu, kalkarenita, tupa, lutita eta kareharrien txandakapena azaleratzen da. Ostean, kota horretan agertzen den leun gunean, lutita, tupa, harearri eta kareharrien txandakapena, kareharri eta tupa – kareharriak agertzen dira eta ibaiaren inguruan metakin alubialak agertzen dira. 130 metroko kotako leun gunea eta gero malda handitu egiten da. Malda handitze horren arrazoia konglomeratu eta harearri silizedunak agertzea da (Eranskinak, 16.irudia) material horiek bigunagoak direlako eta higadura errazago ematen delako. Malda handitzea ematen den lekuan erreka inguruko metaketa alubialak desagertu egiten dira eta ibaia ahokatu egiten baita. 50 kota inguruan malda berriro gutxitzen da. Kota horretatik aurrera harearri karetsu, lutita eta tupen txandakapena ematen da.

130 metroko kotako leun gune horren zergatia ezin da izan material aldaketagatik, gogortasun antzekoa erakusten baitute. 100 metroko kotan eskualdean agertzen den azalera leunduarekin erlazionatuta egon daiteke. Mapa geomorfologikoaren atalean, aurrerago, azalduko da hau.

Golako erreka 565 metroko kotan jaiotzen da eta 200 metroko kotara arte malda handia erakusten du. 200 metroko kotan malda aldaketa handia agertzen da eta hortik aurrera progresiboki gutxitzen da, bat – bateko aldaketarik gabe. 200 metroko kotan ematen den aldaketa ez dago litologia aldaketarekin lotuta, eremu guztian harearri karetsu, lutita eta tupen txandakapena ematen baita (geo.euskadi.net). Hortaz, tektonikaren eraginez sortutako soslai aldaketa da. Ezin da esan ze egiturak sortu duen, mapa geologikoan ez baita egiturarik ikusten zona horretan. Erreka honen ibilguan material igneoak agertzen dira azken partean eta hor meandro handiak osatzen ditu, material hauek oso gogorrak baitira (Eranskinak, 17.irudia).


3.grafikoa: Urdaibai Biosfera Erreserbako ibai nagusien soslaiak erakusten dituen Kota (m) vs. Distantzia (m) grafikoa.


Berrekondo erreka Golako errekaen profil antzekoa erakusten du. 300 metroko kotan hasten da eta 150 metroko kotaraino aldapa handia du. Kota horretatik aurrera malda txikituz doa eta 50 metroko kotan berriro txikitzen da aldaketa bortitz baten bidez. Kota horretatik aurrera aldapa progresiboki txikitzen da. Material geologikoei dagokionez, ia ez dute aldaketarik jasaten errekaen ibilgu guztian: hasieran hareharri karetsu, kalkarenita, lutita eta tupen txandakapena (Flysch detritiko karetsua) agertzen da, gero, tupa, tupa – kareharri, kareharri mikritiko, hareharri karetsu eta kalkareniten txandakapena agertzen da (Flysch karetsua) eta errekaen azken tartean metakin alubialak agertzen dira (EVE, 62 – II, 1985). Hortaz, malda aldaketak ez dira material geologikoen eraginez sortuak. 50 metroan agertzen den leungunea kota horretan agertzen diren leundutako azalerekin lotu daiteke (aurrerago azalduko da, mapa geomorfologikoa azaltzean).

Baldatika erreka ez da eskualdeko erreka garrantzitsu bat baina ahal beste informazio lortu nahi denez honen profila ere egin da (Eranskinak, 18.irudia) . 275 metroko kotan jaiotzen da eta malda handia du bere ibilgu osoan behe ibilgura heldu arte. 120 metroko kotan malda jaitsi egiten da gero berriz handitzeko. Zona txiki horretan material igneoak agertzen dira, laba koladak (EVE, 62 – I, 1985). Material hauek detritikoak baino gogorragoak izanik, erreka ez ditu hauek hainbeste higatzen eta malda jaisten da.

Ugarte erreka 170 metroan jaiotzen da. Luzera txikiko erreka da eta aldapatsua. 50 metroko kotaraino aldapa oso handia erakusten du eta hortik aurrera malda txikiagoa agertzen du. Errekak malda handiena duen lekuan, goi ibilguan, ahokatuta agertzen da eta gero, malda



txikiagoa erakusten duen lekuan metakin alubialak agertzen dira (EVE, 62 – I, 1985). Aldaketa hori bat dator malda aldaketa ematen den lekuarekin.

Mape erreka 410 metroko kotan jaiotzen da. Aldapa handia erakusten du 100 metroko kotara heldu arte. 100 metrotan koska bat agertzen da, aldapa gutxiagokoa eta hortik aurrera malda handitu egiten da berriro. Eremu horretako geologia ikusiz, ez da litologian aldaketarik agertzen, hareharri eta lutitak agertzen dira (EVE, 38 – III, 1985). Horregatik, berriro, 100 metroko kotako azalera leunduarekin erlazionatu daiteke.

2.1.3 Ondorioak

Azterketa hidrologikoaren bidez lortutako datuen bidez eskualdeko geologia hobeto ulertzeko pausuak eman dira. Drainatze sarearen morfologia aldatu egiten da bertan agertzen diren material geologiko eta egitura estrukturalen arabera. Bost eremu desberdin banatu dira Urdaibain erreken morfologiaren arabera: eskualdearen **hegoaldean** material homogeenok agertzen dira, tupa, tupa – kareharri eta hareharrien txandakapena, Oka ibaiaren sorburutik muxikaraino; eskualdearen zona **zentralaren mendebaldeko aldean** ibaiaren dentsitatea txikitzen da eta bertan arroka bolkanikoak azaleratzen dira, laba koladak. Horrez gain Gernikako failarekin erlazionatutako egiturak eta Aulesti – Azkoitia failarekin erlazionatutako faila txikiak agertzen dira; eskualdearen **zona zentralaren ekialdeko aldean** erreken dentsitatea mendebaldean baino handiagoa da. Alde horretan ere Gernikako failarekin erlazionatutako egiturak eta Aulesti – Azkoitia failarekin erlazionatutako faila txikiagoak agertzen dira baina materialei dagokienez tupak, kareharriak, harearriak eta igeltsuak agertzen dira; Urdaibai **iparraldeko zonaren mendebaldeko aldean** bi deformazio fase ikusten dira eta bertako materialak lutitak, tupak eta kareharri tupatsuak dira; Urdaibai **iparraldeko ekialdeko zonan** kareharri Urgondarrak dira nagusi baina tupa hareatsuak ere agertzen dira.

Ibai sarearen konplexutasuna kontutan hartuz, Oka eta Artika errekek ordena desberdineko errekek dira, 6 eta 4 ordenakoak hurrenez hurren. Baina adarkatze ratioaren batz besteko balio ia berdinak ematen dituzte, 3,826ko balioa Okan eta 3,82 balioa Artika errekan. Honek adierazten du eskualdeko erreka desberdinek konplexutasun berdintsua erakusten dutela. Inguruko eskualdeetako ibai arroekin alderatuz, balio antzekoak dituztela ikusten da Docampo et al. 1989-en arabera. Autore hauen arabera Butroe ibai arroaren adarkatze ratioak 3,66 balioa du Ea ibai arroaren adarkatze ratioa 3 baliokoa da eta Lea ibai arroaren adarkatze ratioak 2,96 balioa du. Hortaz esan daiteke, mendebalderantz ibaiaren konplexutasuna antzekoa dela baina ekialderantz konplexutasuna jaitsi egiten dela.

Magnitude mapa eta ibaiaren luzeren maparen bidez ateratako informazioa nahiko difusoa dela esan daiteke Urdaibai eskualdean. Hala ere, zenbait egitura antzeman daitezke: Gernikako antiklinala eta Aulesti – Azkoitia failak eta Ibarrangeluko faila.

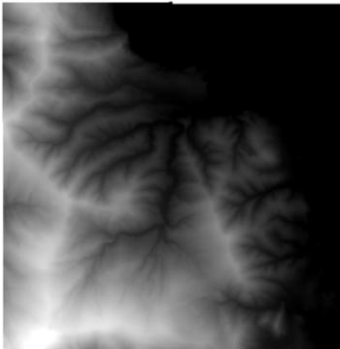
Erreken soslaien bidez ere litologia aldaketak eta tektonikaren eragina antzeman daitezke. Horrela, egitura tektonikoak ibai eta erreketan zer eragin duten aztertu daiteke. Soslaiak aztertuz 100 metroko eta 50 metroko leundutako guneak aurkitu dira erreketan. Horrez gain, material geologiko gogorrek, laba koladek kasu honetan, higadurarekiko erresistentzia handia dutenez, malda txikiagoko guneak ematen dituzte. Eremuan ez dago gogortasun aldaketa handirik litologiaren artean, material bolkanikoekin izan ezean.



2.1.4 Artika ibai arroaren mapa egiteko Metodologia

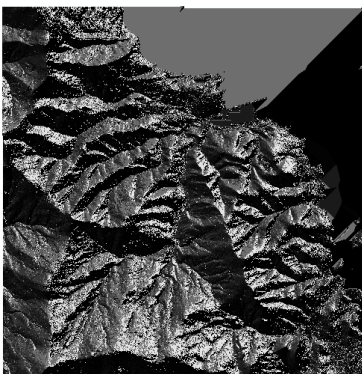
Artika ibai arroaren mapa egiteko lehen esandako programa (ESRI ArcMap 10.2.1, ArcInfo license) erabili da. Lurrazalaren eredu digitala, fluxu norabide eta maldaren mapak egiteko ere sortu dira programa honen erabileran pausuak emateko asmotan. Arcgis programa GIS (*geographic information system*) sistemaren barnean sartzen den programa bat da eta mapa mota desberdinak egiteko erabiltzen da.

Ezer egin aurretik arroa mugatu behar da. Horretarako geo.euskadi.net web orritik Artika ibaiaren zonako LIDAR datuak jaitsi dira, konkretuki, MDT_038_3_3, MDT_038_3_4, MDT_038_3_5, MDT_038_3_6, MDT_038_4_4, MDT_038_4_5 eta MDT_038_4_6. Ostean, LIDAR datuak koadrantea agertzen direnez, guztiak parekatzeko mosaiko bat egin behar da. Horretarako *mosaic* gailua erabili da (6.irudia).



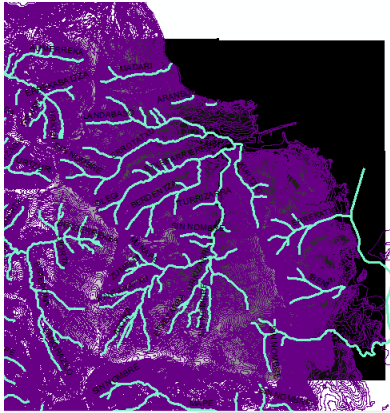
6.irudia: *mosaic* erreminta erabiliz lortzen den mosaikoa, koadrante guztiak parekatuta agertzen direlarik.

Ostean, fluxu norabidea aurreko mosaikoaren gainean sortu da (7.irudia). Hori lortzeko *flow direction* erreminta erabili da. *Flow direction* erremintak urak puntu jakin baten erortzean arroan izango duen norabidea adierazten du eta horrela arroaren morfologia hobeto bereizten da.



7.irudia: *flow direction* erreminta erabiliz lortutako fluxu mapa. Mapa honen bidez arroa nondik mugatzen den erraz ikus daiteke.

Horrez gain, Euskal Autonomi Erkidegoko (EAE) ibaien kokapen mapak eta sestra kurben mapak jaitsi dira [geo.euskadi](http://geo.euskadi.net) web orritik. Ibaien maparekin arroko ibaiaren ibilbidea lortu da eta sestra kurben bidez arroa hobeto mugatu ahal izan da. Horrela, sestra kurba, ibai eta fluxu norabide mapak erabiliz arroa mugatu da (8.irudia).



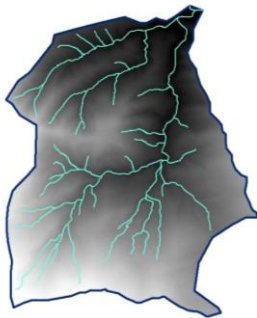
8.irudia: fluxu norabide maparen gainean, EAEko ibai sarea eta sestra kurben mapak gainjarri dira arroa oraindik eta hobeto mugatu ahal izateko.

Arroa mugatu ahal izateko geruza (*shapefile*) berri bat sortu da. *Shapefile* berri hori Europako UTM koordinatu sistemarekin kokatu da, ETRS 1989 UTM 30 zonan. Kapa hau sortuta dagoela arroa eskuz editatu da (hau da, eskuz marraztu da) sestra kurben eta fluxu norabidearen laguntzaz.

Hori egin ostean arroa moztu da. Hori egin ahal izateko Extract by mask erreminta erabili da fluxu mapa eta lurrazalaren eredu digitalaren mapak mozteko eta arroaren lurrazalaren eredu digitala sortu da. Ibaia mozteko aldiz ibaiaren kapa ere moztu da Clip erreminta erabiliz.

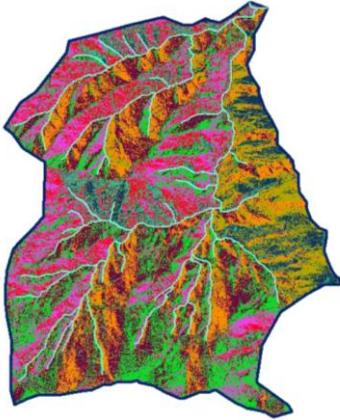
Hortaz, arroa mugatuta daukagu eta prest dago mapak egiteko:

- Lurrazalaren eredu digitala (9.irudia): arroa mugatzen duen kapa, arroaren LIDAR datuak eta arroko ibaiaren kapa selekzionatu dira.



9.irudia: lurrazalaren eredu digitalaren mapa. Hau egiteko arroa mugatzen duen mapa, arroaren LIDAR datuak eta arroko ibaiaren kapa aukeratu behar dira.

- Fluxu norabide mapa (10.irudia): nahiz eta arroko fluxu norabidea kalkulatu izan, ezin izan da erabili kota baloreetan akatsak zituelako. Horregatik arroa bete da *fill* erreminta erabiliz. Honek mapan agertzen diren hutsuneak betetzen ditu. Ostean kapa horren (*fill*) gainean sortu da fluxu norabide mapa, berriz *flow direction* gailua erabiliz. Hori eginez fluxu norabide mapa egokia lortu da.



10.irudia: fluxu norabide mapa. Lehenik arroa bete da fill erreminta erabiliz. Honek mapan agertzen diren hutsuneak betetzen ditu eta flow direction erremintak akatsak ematea eragozten du. Azkenik kapa horren gainean sortu da fluxu norabide mapa, flow direction gailua erabiliz.

- Malda mapa (11.irudia): arroko LIDAR datuak erabiliz eta slope gailuaren bidez sortu da kapa berri bat. Kolore desberdinetan malden balore desberdinak erakusten ditu.



11.irudia: malda mapa. Arroko LIDAR datuak erabiliz sortu da, slope erreminta erabiliz. Kolore desberdinetan malda balore desberdinak adierazten ditu.

Mapak bukatzeko, hauei, legenda, eskala grafiko zein numerikoa eta Iparraldea jarri zaie. Lurrazalaren eredu digitala (Eranskinak, 12.irudia), malda mapa (Eranskinak, 13.irudia) eta fluxu norabide mapa (Eranskinak, 14.irudia).

2.2 Azterketa hidrogeologikoa

2.2.1 Eroankortasunaren azterketa

Azterketa hidrogeologikoa egiteko erreketa eroankortasun elektrikoa neurtu da puntu jakin batzuetan (Eranskinak, 15.irudia), material geologikoen eragina zein den ikusi ahal izateko. 2014ko maiatzaren 30ean hartu ziren eroankortasunaren datuak, arratsalde, bostak eta zortzirak artean. Datu horiek bitzeko konduktibimetroa erabili zen, HACH HQ14d conductivity, 25°Ctan kalibratutakoa. Egun horretako eta une horretako datuak www.bizkaia.net web orritik temperatura eta emari datuak hartu dira. Aireko t enperatura 18,33°Ckoa eta emaria 0,700 m³/skoa zen.

Tenperaturen datuei dagokienez (Eranskinak, 15.irudia) temperatura denetan antzeko mantentzen da, 12 – 15°C artean. Eroankortasun elektrikoa aldatu egiten da material



desberdinen arabera eta uren mineralizazioa nolakoa den adierazten du. Eroankortasun elektrikoa handia bada, mineralizazioa ere handia da.

Oka ibaian $277\mu\text{s}/\text{cm}$ balioarekin hasten da eta apurka hasi egiten da Ugarte errekarerekin batzen denean $293\mu\text{s}/\text{cm}$ balioa duelarik. Oka ibaia lutita, tupa, kareharri eta hareharrien txandakapenetatik igarotzen da eta logikoa da eroankortasuna hasiz joatea, material horiek mineralak ematen baitizkiote.

Ugarte erreka $338\mu\text{s}/\text{cm}$ balioarekin hasten da eta apurka txikituz doa $315\mu\text{s}/\text{cm}$ ra heldu arte. Honek adieraziko luke errekarera eroankortasun baxuko urak batzen zaizkiola ibilbidean zehar. Izan ere, material geologikoek ez dute aldaketarik erakusten, tupa eta tupa – kareharriak azaleratzen dira hor.

Oka eta Ugarte errekek batzen direnean Oka ibaiak $303\mu\text{s}/\text{cm}$ ko balioa hartzen du. Datu honek argi usten du Oka ibaia dela ur kantitate gehien eramaten duena nahiz eta bien emarien artean desberdintasun handirik ez dagoen. Masa balantzea eginda Oka ibaiak emariaren %54,5 osatzen du eta Ugarte errekek %45, 5. Muxika estazioko egun horretako emariaren datuak erabiliz Oka ibaiak $0,700\text{m}^3/\text{s}$ -ko emaria du, Ugarte errekek $0,600\text{m}^3/\text{s}$ ko emaria eta ibai biak bateratu ostean Oka ibaiaren emaria $1,3\text{m}^3/\text{s}$ koa zen.

Berrekondo erreka $300\mu\text{s}/\text{cm}$ balioarekin hasten da, Oka ibaiaren antzera eta progresiboki bere eroankortasuna handitu egiten da B4 puntuan $393\mu\text{s}/\text{cm}$ ra heldu arte. Puntu horretaraino tupa, lutita, kareharri eta hareharrien txandakapena agertzen da eta hortik aurrera metaketa alubialak agertzen dira. Alubialak azaleratzen diren eremuan eroankortasuna jaitzi egiten da $386\mu\text{s}/\text{cm}$ ra. Alubialak agertzen diren eremuan eroankortasun jaitziera azaltzeko, ibaiadar baten uren gehitzea gertatzen dela pentsa daiteke.

Oka eta Berrekondo batzen diren lekuan Oka ibaiak $328\mu\text{s}/\text{cm}$ ko balioa du eta Berrekondo errekek $386\mu\text{s}/\text{cm}$ ko balioa. Biak batu ostean $378\mu\text{s}/\text{cm}$ ko balioa hartzen du Oka errekek. Kasu honetan Berrekondo errekek indar handiagoa du. Hortaz, Berrekondo erreken emaria Oka ibaiarena baino handiagoa da. Kasu honetan ere masa balantzea egin da. Oka ibaiak emariaren %13,8 osatzen du eta Berrekondo errekek %86,2. Lehen Oka ibairako kalkulaturako emariaren datua kontutan izanik, Oka ibaiaren emaria $1,3\text{m}^3/\text{s}$ koa da, Berrekondo errekararena $8,12\text{m}^3/\text{s}$ koa eta biak batu ostean $9,42\text{m}^3/\text{s}$ ko emaria zuen Oka ibaiak 2014ko maiatzaren 30ean.

Golako errekarari dagokionez, tupa, kareharri, lutita eta hareharrietan hasten da eta eremu horretan Oka eta Berrekondo erreken eroankortasun balio antzekoa erakusten du, $310\mu\text{s}/\text{cm}$ koa. Ondoren material bolkanikoek eroankortasun elektrikoa jaisten dute G2 puntuan, $284\mu\text{s}/\text{cm}$ ra. Ostean, metaketa alubialak agertzen diren lekuan berriz igotzen da eta azkenean erreka berriro sartzen da material bolkanikoetan eroankortasuna $296\mu\text{s}/\text{cm}$ ra jaitziz G4 puntuan.

Mape errekan puntu bakarrean neurtu da material berdinetatik zehar luzatzen baita, hareharri eta lutitetatik. Ez du balio handia erakusten, $174\mu\text{s}/\text{cm}$ ko balioa du. Mineralizazio txikia duela adierazten du honek. Hau hareharrien eraginez izan daiteke. Hauek ondo kontsolidatu gabe agertzen badira ez diote urari mineralizatorik ematen, silizez osatuta daudelako nagusiki.

Neurtutako azken puntua **Olalde** urbegikoa da eta eskualdean lortu den baliorik handiena neurtu da, $435\mu\text{s}/\text{cm}$ ko balioa. Ur hauek karst sistematik ateratzen diren urak dira eta lurpeko ur sistemaren erakusgarri dira. Oso mineralizazio altua dute, karst sisteman urak mineralizazioa irabazten baitute.



2.2.2 Ondorioak

Eroankortasun datuek erakusten dute, Karst sistemako urek oso mineralizazio altua dutela. Mape erreka-ko urek aldiz oso eroankortasun baxua dute, $174 \mu\text{s}/\text{cm}$ koa bertan agertzen diren harearrien eraginez. Oka, Berrekondo eta Golako ibaiek eroankortasun balio antzekoak erakusten dituzte beraien ibilguaren hasieran, $300 \mu\text{s}/\text{cm}$ ingurukoak, material berdinetan daudelako (lutita, tupa, kareharri eta hareharrien txandakapena). Golako errekan ikusten da material igneok jaitz egiten dutela eroankortasuna.

Eroankortasun datuekin, litologiaren informazioaz gain emariaz ere ematen du informazioa. Masa balantzea eginik, ibai bakoitzak ehuneko zenbat gehitzen duen kalkulatu daiteke eta emariaren datuak izanez gero, bakoitzak duen emaria kalkulatu da. Kasu honetan egun horretan muxikako aforo estazioan neurtutako emariaren datua lortu da eta emariak kalkulatu dira. Ugarte erreka-ko emaria $0,600\text{m}^3/\text{s}$ koa zen eta Berrekondo erreka-ko $8,12\text{m}^3/\text{s}$ koa 2014ko maiatzaren 30ean.

2.3 Azterketa geomorfologikoa

2.3.1 Mapa geomorfologikoaren azalpena

Mapa geomorfologiko batek lurrazaleko erliebea irudikatu behar du eta bertan agertzen diren oinarriko unitateak genetikoki banatu behar dira taldetan. Ez dira gaur egunean gertatzen diren prozesuen ondorioz sortutako egiturak bakarrik kontuan hartzen. Prozesu jakin baten eraginez sortutako egitura guztiak hartzen dira kontutan, nahiz eta prozesu horiek aspalditik eman ez. Eremuko formak irudikatu behar ditu, bai higakorrek direnak eta bai pilaketazkoak direnak. Forma horiek bi elementuren konbinazioa eginez adierazten dira. Benetako formak direnak, genesiaren arabera aldatzen den sinbologia erabiliz marrazten dira, mota bakoitza kolore biziz. Forma sortu berriak edo gainazalekoak direnak tonalitate suabe kolorez margotzen dira.

Litologia bi erara adierazten da mapa geomorfologikoetan. Geomorfologiaren barruan sartuta edo oinarri, fondo bezala. Kapa jarrai bat osatzen du maparen azalera guztia betetzen duena eta horren gainean beste informazio guztia txertatzen da.

Mapa geomorfologiko hau egiten hasi baino lehen informazioa bilatu eta prestatu da. Eremuaren modelo digitala eta oinarri topografikoa hartu dira geo.euskadi orritik, EVE-ko 1:25.000 eskalako mapa geologikoak eta ejertzitoaren 1:50.000 eskalako airetiko argazkiak bildu dira.

Hori egin ondoren lortutako informazioaren analisia egin da. Mapa geologikoa irakurri eta aztertu egin da, hau da, analisi bibliografikoa egin da. Gero mapa geologikoaren sintesia egin da maparen oinarri litologikoa prestatzeko. Horrez gain eremuko azterketa egin da airetiko argazkiak erabiliz. Honen bidez eremuko egitura nagusiak bereizi eta mugatu ahal izan dira. Landaredia dela eta airetiko argazkietan ondo ikusten ez diren egitura geomorfologikoak aztertzeko geo.euskadi orritik ateratako LIDAR datuen mapa erabili da. Dena aztertu eta gero litologia eta LIDAR datuak mapa berean gainjarri dira. Oinarri hori erabiliz orri begetal baten gainean irudikatu da mapa geomorfologikoa.



Hortaz, lan honetan Urdaibai eskualdearen iparraldeko zonako mapa geomorfologiko bat egin da. Bertan hartutako eremua Bermeo, Elantxobe, Kortezubi eta Foru udalerriek mugatzen dute (Eranskinak, 19.irudia). Eremu hori aukeratu da bertan hainbat egitura geomorfologiko agertzen direlako. Airepean geratutako itsas terrazak, ibai terrazak, modelatu karstikoa, sarbegi eta urbegiak eta Triasikoko igeltsu eta ofitak batik bat.

Esan bezala eta laburtuz, mapa geomorfologiko batek erliebearen formak adierazten ditu bere geniaren, dimentsioaren, motaren eta dinamikaren arabera. Mapako eremu geomorfologiko desberdinak unitatetan banatzen dira unitate geomorfologikoak osatuz. Mapa geomorfologiko honetan ere zenbait unitate geomorfologiko bereizi eta deskribatu dira.

Urdaibaiko mapa geomorfologikoaren gaitetiko deskribapen orokorra egitean esan daiteke hiru eremu nagusi bereizten direla bertan (Eranskinak, 20.irudia). Ekialdeko eremua, eremu zentrala eta mendebaldeko eremua.

Ekialdeko eremuan kareharri Urgondarrak dira nagusi, Gautegiz Arteaga eta Laida artean zabaltzen dira, Ogoño eta Asnarreko haitzak osatzen dituzte eta Oma eta Basondo haranetan ere agertzen dira. Material horietan modelatu karstikoa garatuta agertzen da. Alde Batetik exokarsta agertzen da: dolinak eta lenarrak agertzen dira kareharrien azalean. Beste alde batetik endokarsta oso garatuta agertzen da, 170 kobazulo bueltan ezagutzen direlarik inguru horretan (urdaibai.org). Horrez gain material hauek agertzen diren eremu zabalenetan (Gautegiz Arteaga – Laida artean zabaltzen den eremuan eta Ereño inguruan gehienbat) cockpit modelatua erakusten dute. Material horiez aparte detritikoen txandakapena eta tupak agertzen dira eta horietan Laga erreka eta itsas rasa aireperatua ikusten dira. Material detritiko eta Kareharrien arteko kontaktuan urbegi eta sarbegiak agertzen dira. Garrantzitsuena Gautegiz Arteagan kokatzen den Olaldeko urbegia izenekoa da. Kostaldean Lagako hondartza, bertako Triasikoko arroka azpibolkanikoak eta itsas labarrak agertzen dira.

Eremu zentrolean estuarioa nagusitzen da. Laidako barra hareatsua, Sandinere eta Txatxarramendi erliebe isolatuak, Mundakako Laidatxu hondartza, Mundakako itsas terraza aireperatua, padurak eta Triasikoko ofita, buztin eta igeltsuak agertzen dira.

Mendebaldeko eremuan material detritikoen txandakapena, lutitak eta harearri karetsuak dira nagusi. Hori dela eta lur gaineko uren fluxua ikusten da. Hainbat erreka txiki agertzen dira ibilbide labur eta malkartsua dutenak. Erreka garrantzitsuenak Mape eta Artika errekek dira. Mape erreka Busturiko San Kristobal herritik igarota Oka ibaiarekin bat egiten du eta Artika zuzenean itsasoratzen da Bermeo herritik. Material horietan, kostaldean, Bermeon, bi kota desberdinetan agertzen dira itsas terrazak eta erreka eskegi bat ere agertzen da, Aranburuko erreka deiturikoa. Material horietaz gain kareharri Urgondarrak erliebe isolatuak osatzen dituztenak eta laba koladak ere agertzen dira. Kareharri Urgondar eta lutiten arteko kontaktuan arrolako sarbegia agertzen da maparen hegoaldean.

Deskribapen orokorra egin ostean detaile handiagoz egindako deskribapena egingo da, elementu geomorfologikoak unitate geomorfologikoetan sailkatuz:

1. Unitate geomorfologikoa: modelatu karstikoa

Mapan agertzen den zonan azaltzen den **karst**-a kareharri Urgondarretan ematen da. Kareharri Urgondarren barnean koral eta errudistadun kareharri masiboak eta multzo metrikoetan agertzen direnak bereizten dira.



Koral eta errudistadun kareharri masiboak egiturarik erakusten ez duten materialak dira, hau da, masiboak. Behe Aptiar Erdi Albiar arteko materialak dira eta 500 – 900 metro arteko potentzia dute (EVE, 38 – IV, 1985). Maparen mendebaldeko azaleramendu nagusia Mallukun agertzen da. Ekialdeko azaleramendu nagusiak Ogoño, Atxarre eta Ereño eremuetan ematen dira. Ereñoeko eremuan kareharri hauek matrize gorria erakusten dute eta hainbat urtetan ustiatuak izan dira. Multzo metrikoetan agertzen diren faziesetatik bereizten dituzten ezaugarri nagusiak hauek dira: mikrita proportzio altuagoa dute, ez da kalkarenitarik agertzen eta fosilek ez dituzte hainbeste haustura erakusten.

Koral eta errudistadun kareharri metrikoek uniformetasun handia mantentzen dute bio – litofaziesei dagokienez. Ekialdeko aldean Atxarreko mazizoaren inguruan eta Ogoñon agertzen dira eta mendebaldeko aldean Atxapunta eta Apartolan erliebe isolatuak osatzen dituzte. Kareharri puruak dira nagusi, material terrigeno gutxi agertzen dira eta askotan itxura masiboa izaten dute azaleramenduetan. Koral eta errudistak dira fosil ugarienak baina ostreidoak, orbitolinak, ekinodermatu zatiak, brakiopodoak, gasteropodoak, bibalboak, alga gorriak eta berdeak ere agertzen dira (EVE, 38 – IV, 1985).

Egitura geomorfologikoetan zentratuta, erliebeak **cockpit modelatua** erakusten du. Modelatu mota hau kota berdintsuko tontor konikoek osatzen dute. Izan ere, kota jakin batetik hausturen laguntzaz eta disoluzioz sortutako modelatuak dira. Euri ura hausturetatik sartzen da eta apurka beheraguneak sortzen dira hasieran lava zen erliebean. Denborarekin gero eta haran sakonagoak eratuz joaten dira pinakulu itxurako modelatu hau lortu arte.

Urdaibain tontor gehienak 300 eta 360 metro artean kokatzen dira. San Pedro Atxarre (310m), Belarrigana (300m), Atxurkulu (300m), Kobeaga (340m), Atxarrea (360m) eta Malluku (350m) dira. Hala ere badaude kota desberdinak. Bata 445mko kota da, Ereñozarko San Miguel mendiak ematen duena eta bestea 200m inguruko kota Atxapunta (190m) eta Apartola (175m) erliebe isolatuek osatzen dutena.

Hortaz, hiru kota desberdin agertzen dira kareharrietan: 200 metrokoa, 300 metrokoa eta 400 metrokoa.

Modelatu mota hau 5 eta 10 kilometro artean luzatzen da kostatik kontinente barnerantz. 10 kilometrotik aurrera mendiak malkartsuago eta altuera handiagokoak dira. Altueran ere mugatzen dira, 150 eta 445 arteko kotak hartzen baitituzte. Konkretuki esanda hiru leundutako azal agertzen dira: 200, 300 eta 400 metroko kotakoak. Leundutako gainazal hauek abrasio plataformak direla uste da. Itsasotik oso gertu kokatzen direnez, ur maila itsas mailaren menpe dago nagusiki eta ikusi da endokarstean neurtutako paleo ur mailekin bat datozela. Honek erakusten du gainazal leunduaren jatorria itsas mailarekin erlazionatuta egon zela eta hortik ondorioztatzen da abrasio plataformak izan zirela (Aranburu et al. Bidalia).

Itsas mailak nolakoak izan diren aztertu izan da baina ikusi da azken 2.9 milioi urtetan itsasoa ez dela gaur egun baino metro gutxi batzuk baino gorago egon. Horregatik abrasio plataformak airepean geratzea tektonikari atxikitzen zaio hein handienera, plataforma ertza aktiboa izan baita. Batzuen ustez ur mailaren aldaketak Prozesu isostatikoen ondorioz sortu ziren, hauek normalak izaten baitira ertz pasiboetan (Aranburu et al. bidalia). Dena den argi dago kota altueneko maila dela zaharrena eta kota txikieneko maila dela gazteena.

Modelatu karstiko horretan exokarsta eta endokarsta bereizten dira. **Exokarstari** dagokionez lapiaza eta dolina ugari agertzen dira.

Endokarstari dagokionez 233 koba daude katalogatuta Urdaibain (urdaibai.org) eta material inpermeableen kontaktuan urbegi eta sarbegiak agertzen dira. Mapa honetan Olaldeko urbegia Gautegiz Arteagan eta Arrolako salbegia Forun agertzen dira. Olaldeko urbegia kareharri masibo eta harearri eta lutiten arteko kontaktuan ematen da eta Arrolako sartegia kareharri masibo eta tupa hareatsuen arteko kontaktuan.

2. Unitate geomorfologikoa: Itsas prozesuen eraginpeko egiturak

Kostaldean kokatutako eremu bat izanik itsasoak eragin handia du inguru honetan. **Trinkotu gabeko metakinei** dagokienez, itsasoak Laga hondartza eta Mundakako hondartzako hareen banaketa baldintzatzen du eta baita Laida barra hareatsuen forma.

Itsas labar ugari agertzen dira. Bermeo Mundaka arteko itsas labarrak eta Laida eta Laga artekoak ez dute altuera handia hartzen, 10 metroko kota dute. Hori aldatu egiten da Ogoñoko haitzaren mendebaldeko aldean. Alde horretan labarrak 280 metroko altuera hartzen du. Iparraldeko aldean 50 metroko kota eta ekialdeko aldean berriro 10 metroko kotara jaisten da.

Labar horien gainean, zenbait tokitan, antzinako **itsas terraza aireperatuak** agertzen dira. Egitura hauek hiru eremutan bereizten dira: Bermeon, Mundakan eta Laida - Laga hondartzen artean. Itsas rasa aireperatu hauek konplexu Urgondarrean ematen dira. Kareharrietan azaleratzen dira Bai Mundakan eta bai Bermeon. Laida - Laga artean aldiz tupetan azaltzen dira. Kareharriek 1. Unitate geomorfologikoan azalduteko ezaugarri berdinak erakusten dituzte. Tupak, oso tektonizatuta agertzen dira eta zona batzuetan limolita modura agertzen dira eta baita harearri karetsu modura (EVE, 38 - IV, 1985).

Bermeon hiru kota desberdin bereiz daitezke. Lehenengoa 10 metroko kotan kokatzen da eta itsas labarraren kota altuena osatzen du. Kota honetako itsas terraza Mundakan, Santa Katalina ermita kokatzen den itsas terrazarekin erlazionatu daiteke, hau ere 10 metroko kotan kokatzen baita. Bigarrena 25 metroko kotan agertzen da. Eremuan ez da kota honetako beste itsas terrazarik aurkitu. Hirugarrena 50 inguruko kotan agertzen da eta kota berean agertzen da Laida - Laga artean agertzen den terraza.

Hortaz, hiru maila agertzen dira hemen: 10 metroko kotakoa, 25 metroko kotakoa eta 50 metroko kotakoa. Maila hauek pinakulu itxurako modelatuak osatzen dituen kotekin lotu daitezke, hauek ere abrasio plataformak izan baitziren. Sei maila desberdin bereiz daitezke: ± 400 metrokoa, ± 300 metrokoa, ± 200 metrokoa, ± 50 metrokoa, ± 25 metrokoa eta ± 10 metrokoa.

50 kotatik beherako itsas rasak ez dute astirik izan bertan cockpit modelatua gara dadin beste hiru nibelen moduan. 50 kotako rasa duela milioi bat urte aireperatu zela uste da eta denbora tarte horretan ez du modelatu aldaketarik jasan (Aranburu et al. bidalia).



Estuarioari dagokionez itsasoak eragin handia du bertan. Laida hondartzak estuario bokalean barra hareatsua osatzen du, bere morfologia urtero aldatzen delarik itsasoaren eraginez. Barra hareatsu horretan 1950.urtera arte bertan zeuden dunen berreskurapena egin da eta gaur egun berriro ikus daitezke. Duna horietan hainbat landare mota eta animali bizi dira. Horiei esker egin da dunen berreskurapena.

Gaur egun dunetan bizi diren landareak hauek dira: aeteoriza, harenondokoa, basa zerba, itsas kakilea, itsas esker – aihena, itsas hinojua, dunetako askia, itsas armika, dunetako esne – belarra, itsas herniaria, honkenia, erbi – buztana, itsasoko igitai – bedarra, dunetako medikagoa, itsas itxiokorra, itsas lilipa, itsasoko piper bedarra, itsas salsola, dunetako mingarratza eta zauri – belarra.

Animaliei dagokienez, apo lasterkaria, eskinko hiruhatza eta musker berdea agertzen dira dunetan (Cepeda et al. 2007).

Estuarioan marisma hareatsua eta lohitsu bereizten dira. Marisma hareatsuan bi erliebe isolatu agertzen dira, Txatxarramendi eta Sandinere izenekoak. Biak osatzen dituzten materialak Konplexu Urgondarraren barruan kokatzen dira. Sandinere irlan kareharri mailak dituzten tupa hareatsuak azaleratzen dira eta Txatxarramendin kareharri ezpuruak eta geruza metrikoetan agertzen diren kareharri estratifikatuak errudista eta koral fosilekin (EVE, 38 – III, 1985). Padura lohitsu Gernikako diapiroko materialen gainean hedatzen da, Triasikoko igeltsuen gainean.

Padurek 600hako azalera (bizkaia21.net) hartzen dute eta marea goran urpean gelditzen den azalera oso handia denez Oka ibaiaren kanal eta meandroak estalita gelditzen dira hein handienera. Hori dela eta estuarioaren itxura asko aldatzen da mareekin.

3. Unitate geomorfologikoa: prozesu alubialen eraginpeko egiturak

Errekak dira unitate honetako elementu garrantzitsuenak. Azaleko errekak eta lurpetik doazen errekak bereizten dira eremu honetan. Izan ere, Kareharriak kokatzen diren eremuan ur fluxua lurpetik zabaltzen da.

Azaleko errekak material geologiko desberdinetatik igarotzen dira. Erreka txikiak dira, aldapa handikoak eta ibilbide laburra dutenak. Garrantzitsuenak Mape erreka eta Artika erreka dira eta horiek baino txikiagoak, Axpe erreka, Porturas erreka, Errekatxu erreka, Laga erreka eta Aranburuko erreka dira.

Mape erreka material detritikoetatik igarotzen da, harearri eta lutitetatik. Material hauek lutita eta harearriek txandakapen zentimetriko dezimetrikoa osatzen dute. Lutitak eta harearriak proportzio berdintsuetan azaltzen dira (EVE, 38 – III, 1985).

Artika erreka, Mape erreka modura, harearri eta lutitetatik igarotzen da. Baina argilita eta limolitetatik eta tupa eta tupakareharrietarik ere pasatzen da. Argilita eta limolitetan lutitak dira material nagusia. Batez ere Bermeo hegoaldean azaleratzen dira eta harearizko geruza finak



agertzen dira batzuetan (EVE, 38 – III). Tupa eta tupakareharriak kolore iluna dute, grisa edo ia beltza. Bioturbazioak agertzen dituzte eta fosilak ere agertzen dira, gasteropodo eta bibalboenak. Txandakapenaren barruan batzuetan kareharri nodulotsuak agertzen dira belemnite fosilekin (EVE, 38 - I, 1985).

Axpe erreka, Porturas erreka eta Errekatsu erreka harearri eta lutitetatik eta argilita eta limolitetatik igarotzen dira.

Laga erreka Tupa hareatsuetatik igarotzen da. Material hauek oso deskarbonatuta agertzen dira (EVE, 38 – IV, 1985).

Aranburuko erreka tupa eta tupakareharrietatik igarotzen da (EVE, 38 – I, 1985). Erreka eskegia da eta itsas labarretik jauziz sartzen da itsasora, 40 metroko kotatik. Honek erakusten du itsas terrazaren goratzea azkarra izan zela eta errekek ez zuela astirik izan itsas mailaraino higitzeko. Hau da, erreka higitze ahalmena itsas terrazaren igotze ratioa baino txikiagoa zen.

Lurpeko ur fluxuak sare konplexua osatzen du eta ia ezinezkoa da uraren ibibidea zein den zehazki esatea. Mapan Olaldeko urbegia agertzen da. Hortik mapan agertzen ez den Oma erreka urak irteten dira. Foruko Arrola sarbegia ere agertzen da lurpeko uren erakusgarri. Bertara Arrola erreka urak sartzen dira eta lurpetik segitzen dute beraien ibilbidea.

Endokarstean agertzen diren kobazulo asko gaur eguneko ur mailaren gainetik kokatzen dira. kobazulo edo leize horietan metakin alubialak aurkitu dira askotan bertatik lurpeko urak igarotzen zirela adieraziz. Horietako adibide bat Goikoetxe koban agertzen diren metakin alubialak dira.

Goikoetxe kobaren zuloa Busturiko Goikoetxe Baseriko abereen kortan kokatzen da eta Urdaibaiko kobarik garrantzitsuenetakoa da (ADES, 2010). Koba hau 50 metroko kotarekin bat dator eta bertako metakin alubialetan bi unitate aloestratigrafiko agertzen dira. Datazioa egin da espeleotemak erabiliz. Lehenengo unitate aloestratigrafikoa 350 – 273 mila urte baino zaharragoa dela ikusi da eta bigarren unitate aloestratigrafikoa 141 – 112 mila urte artekoa (Aranburu et al. bidalia). Metakin horiez gain badago mapa honetan agertzen den 50 kotako beste **terraza alubial** bat, Kortezubin kokatzen dena.

Hortaz, honek adierazten du 50 metroko kotako abrasio plataforma duela 350 mila urte baino lehenago aireperatu zela eta gaur eguneko errekek, kota baxuagoetan agertzen direnak, 112 mila urte baino gazteagoak direla. Datu hauek erakusten digute 10 eta 25 metroko kotan agertzen diren terraza aireperatuak 350 mila urte baino gazteagoak direla, Erdi Pleistozenoa baino bazteagoak eta beste kotak, 50, 200, 300 eta 400 metrotakoak Erdi Pleistozenoa baino zaharragoak.

4. Unitate geomorfologikoa: diapirismoarekin eta bolkanismoarekin lotutako materialak

Urdaibaiko estuarioan Gernikako **diapiroko** materialak agertzen dira. Material hauek Trias Keuperreko buztin, igeltsuak eta ofitak dira. Material hauek Gernikako Antiklinalaren gunean azaleratzen dira, estuarioa kokatzen den lekuan eta Behe Kretazeoan hasi zen altzatzen (www.ingurumena.ejgv.euskadi.net). Laga eta Ibarrangelun ere azaleramendu txiki batzuk

agertzen dira. Ofitak oso meteorizatuta agertzen dira eta arroka freskoa azaleratzen den tokietan kolore berde iluna erakusten du. Arroka hauek diaklasa dezimetrokoak azaltzen dituzte alterazio produktuez beteak agertzen direnak askotan. Buztin eta igeltsuak azaleramendu txikietan agertzen dira eta kolore gorri eta berdeak erakusten dituzte. Buztinen artean igeltsuak ere azaltzen dira.

Bolkanismoarekin lotutako materialak Goi Kretazeokoak dira eta maparen hego mendebaldean agertzen dira. Koladak, arroka mikrogranularrak eta dikeak dira. Hala ere material ugariak koladak dira. Bi kolada mota desberdinak dira: kuxin labak eta kolada masiboak.

5. Unitate geomorfologikoa: azaleko metakinak, alubialak eta kolubialak

Kolubialak bi zonetan agertzen dira nagusiki: Malluku haitzaren ondoan, Karabizubieta mendiaren magalean eta Laga errearen ondoan, Atxurkulu mendiaren magalean.

Alubialak hainbat tokietan agertzen dira, erreken ibilbideetan, kasu gehienetan ibaien behe ibilguan.

6. Unitate geomorfologikoa: gizakiak eragindako aldaketak

Urdaibai Biosfera Erreserban eragin handia du gizakien aktibitateak. **Nekazariak** estuarioko lurra bete izan dituzte bertan beraien soroak landatzeko. Horrek estuarioaren forma naturala aldatu izan du. **Natur baldibideak** ere ustiatzen dira erreserban, Foruko harrobien kareharriak ustiatzen dira. Zenbait **herri** garrantzitsu agertzen dira mapa honetan, Bermeo, Mundaka eta Sukarrieta.

2.3.2 Terraza alubialen kokapena

Eskualdeko geomorfologia hobeto ezagutzeko asmoz, antzinako terraza alubialak non kokatzen diren aztertu da. Terraza alubialak antzinako errekek utzitako sedimentu alubialak dira, legarrez osatuta daudenak eta erliebe leuna ematen dute, ia horizontala dena.

Terrazak bilatzeko, landara joan aurretik mapa topografikoak eta geologikoak behatu dira. Mapa geologikoan Barrutia eremuan agertzen dira terrazak, oso eremu estuetan, 110 eta 50 arteko kotetan. Horrela, kota tarte horietan zentratu da mapa topografikoan lauak diren eremuak aukeratzeko.

Hainbat eremu aukeratu dira. Lehenengo mapa geologikoan agertzen den eremutik gertu agertzen diren leku lauak eta kota berdintsuak dituztenak markatu dira. Ostean, eskualde guztiko topografia aztertu da eta terraza izateko potentziala duten hainbat azalera markatu dira. Sestra kurben mapa eta geo.euskadi orriko bisoreak eskaintzen duen LIDAR maparen laguntzaz egin da toki horien aukeraketa. Hauek dira aukeratu diren guneak (Eranskinak, 21.irudia): Arratzuko Barrutia Auzoa eta Santa Marina ermitaren inguruak, Kortezubiko Terlegiz, Idokiliz eta Enderika Auzoak, Foruko Atxondo eta Gaitoka Auzoak, Busturiko Madariaga

Dorrearen inguruak, Ajangizeko Eperlanda Auzoa eta Muxikako San Roman eta Untzagoiti Auzoak.

Landako lana mapa geologikoan agertzen diren terrazekin hasi da, bertan agertzen dena aztertzeke asmoz. Arratzuko Barrutia Auzoa eta Enderika Auzoan agertzen dira terrazak mapa geologikoan. Barrutia Auzoan zentratuz, bertan, potentzia handiko terraza bat ikusi agertzen da, mapa geologikoak adierazten duen bezala. Toki honetan bi terraza bereizten dira: bata, blokedun terraza eta bestea terraza hareatsua (Eranskinak, 22.irudia).

Blokedun terraza kota handiengan agertzen da, 100 metroko kotan. Kareharri deskaltzifikatuz eta hareharri mikatsuz osatutako legar dezimetrikos osatuta dago (Eranskinak, 23.irudia). Legarrek ez dute hautespenik erakusten. Terraza hareatsua 50 metroko kotan agertzen da. Material hau tamaina txikiagoko legarrez osatuta agertzen da, harearizko legar zentimetrikos osatuta eta legarren hautespena erakusten du. Goranzko loditze sekuentzia erakusten du baina saila da material hau ondo ikustea landarediak estaltzen baitu zatirik handiena. Arratzun, Santa Marina ermita kokatzen den eremuko, Goikuri tontorrean ere 100 metroko kotan agertzen da eta eremu leuna da. Bertan, agertzen den terrazaren legarrak harearizkoak dira, oso sakabanatuta daude eta dezimetrikoak dira (Eranskinak, 24.irudia).

Kortezubi Auzora joz (Eranskinak, 25.irudia), Terlegiz Auzoan 50 metroko kotan agertzen dira basaltozko legar borobilak oso sakabanatuta ikus daitezkeenak (Eranskinak, 26.irudia), eremuko landarediak estaltzen baititu zona gehienak. Idokiliz Auzoan ez da terrazarik azaleratzen, Ofitak, buzfinak eta igeltsuak agertzen dira hor. Enderika auzoan 100 metroko kotan agertzen da terraza. Terraza honetan legarrak sakabanatuago agertzen dira Barrutikoan baino (Eranskinak, 27.irudia).

Foruko Atxondo auzoan 50 metroko kotan leun gune bat agertzen da (Eranskinak, 28.irudia). Eremuan ez da azaleramendurik aurkitu dena landaretzaz estalita dagoelako baina terraza batekoak izan litezkeen harearizko legarrak daude metatuta bertan dagoen obra baten (Eranskinak, 29.irudia). Legar horiek zona horretakoak direla interpretatu da. Gaitoka auzoan (Eranskinak, 28.irudia) aldiz ez da terrazarik azaleratzen eta inguruko etxeetako hormetan eta harrizko hesi zaharretan ere ez da legar borobilik agertzen (Eranskinak, 30.irudia). Eremu horretan ofitak agertzen dira.

Busturiko Madariaga Dorrearen inguruan, 50 metroko kotan agertzen da terraza bat (Eranskinak, 31.irudia). Bertako legarrak harearizkoak dira nagusiki, tamaina dezimetrikoa dute eta gutxi borobilduta agertzen dira (Eranskinak, 32.irudia).

Ajangizeko Eperlanda Auzoan ez da terrazarik azaleratzen (Eranskinak, 34.irudia). Tupa, tupa – kareharri, kareharri mikritiko, hareharri karetsu eta kalkarenitak agertzen dira. Azaleramenduak aurkitzea oso zaila da inguru horretan, landaredi asko agertzen delako-horregatik zona batzuetan antzinako baserriak hartu behar dira kontuan (Eranskinak, 33.orrria). Baserri hauen harriak ez dira borobilak eta honek adierazten du ez dagoela terrazarik inguruan.

Muxikako San Roman Auzoan eta Untzagoiti Auzoan (Eranskinak, 34.irudia) ez da terrazarik azaleratzen.

2.3.3 Ondorioak

Mapa geomorfologikoari dagokionez, honelako mapa batek mota askotako informazioa ematen du. Alde batetik eskualdean agertzen den litologia adierazten du eta bestetik prozesu jakin batzuen eraginez sortutako egiturak. Hori horrela izanik egitura jakinak litologiarekin erlazionatu daitezke. Adibidez, mapa honetan kareharriak agertzen diren lekuan karst-a garatu da eta material detritikoak agertzen diren lekuetan errekek agertzen dira.

Hainbat elementu agertzen dira mapa honetan: karst-a, cockpit modelatua, itsas labarrak, itsas terraza aireperatuak, estuarioa, errekek, terraza alubialak, diapirismo eta bolkanismoarekin erlazionatutako materialak eta giza jarduerarekin erlazionatutako egiturak.

Diapirismoa Triasikoan sortutako materialez osatuta dago eta bere aktibitatea Behe Kretazeoan hasi zen. Bolkanismoa aldiz, Goi Kretazeoan gertatu zen. Beste elementuei dagokienez, ezin izan da mapako egituren adin zehatza determinatu, baina Goikoetxe kobako metakin alubialei esker kota desberdinetan agertzen diren itsas terraza aireperatu eta terraza alubialak adin hori baino zaharragoak edo gazteagoak diren esan daiteke.

Datu hauek erakusten digute 10 eta 25 metroko kotan agertzen diren terraza aireperatuak 350 mila urte baino gazteagoak direla, Erdi Pleistozenoa baino gazteagoak eta beste kotak, 50, 200, 300 eta 400 metrotakoak Erdi Pleistozenoa baino zaharragoak. Gaur eguneko errekek kota baxuagoetan agertzen direnak 112 mila urte baino gazteagoak dira, Goi Pleistozenoa baino gazteagoak.

Terrazei dagokienez eta mapa geomorfologikoarekin lotuz, bi kotatan agertzen dira, 50 metroko kotan eta 100 metroko kotan. 50 metroko kotan agertzen diren terrazak, Barrutiakoa, Terlegizekoa eta Madariaga Dorrekoa Goikoetxeko koban kota berdinean agertzen diren metakin alubialekin erlazionatzen dira. Hori horrela izanik, 350 mila urte baino gehiago dituzte terraza horiek. 100 metroko kotan agertzen diren terrazak, Barrutia eta Enderikakoak, 50 metroko kotan agertzen direnak baino zaharragoak dira.

Jakinda azken 2.9 milioi urtetan itsasoa ez dela gaur egun baino mero batzuk gorago egon abrasio plataformak airepean geratzea tektonikaren eraginez izan behar zen eta zuzenean itsas labarretik itsasoratzen diren erreka eskegiek (Aranburuko errekek) adierazten dute pulstu tektonikoa erreken higadura tasa baino handiagoa zela.

3. ONDORIO OROKORRAK

Lan honetan hainbat arlo desberdin uztartu dira. Batetik, hidrologia eta hidrogeologia azterketa egin da eta bestetik azterketa geomorfologikoa. Azterketa hauek eginda, metodologia desberdinak erabiltzen ikasi da eta Urdaibai Biosfera Erreserbako ezagutza hidro – geomorfologikoan sakondu dira.

Hidrologia aldetik, hainbat metodo erabili dira eta horiei esker ziurtatu da azterketa hidrologikoak eremuko geologiaren egitura eta litologiak zeintzuk diren jakin daitekeela, beti



ere, mendiko lanarekin osatuta. Metodo bakarra erabiliz gero ez da informazio nahiko lortzen, baina batzuk konbinatzen badira, emaitza onak lortu daitezkeela ikusi da.

Hidrogeologiari dagokionez, eroankortasunaren datuen azterketa erabili da. Datu hauen bidez litologiak uretan duen eragina nolakoa den jakin daiteke eta gainera emarien datuak ere lor daitezke masa balantzea eginez.

Geomorfologia azterketa egiteko mapa geologikoa egin da eta oinarri hori erabiliz aztertu dira eremuko egitura geomorfologikoak.

Egitura estrukturaleri dagokienez, ibai sarearen morfologiak hainbat informazio ematen du. Eskualdean garrantzi handiena duten egiturak Gernikako faila (N 160 E) eta Aulesti – Azkoitia faila (NW – SE) direla ikusi da. Hidrologia azterketan erabilietako metodo guztietan agertzen dira egitura hauek, Urdaibai Biosfera Erreserban eragin handia duten seinale.

Material geologikoek eragina dute bai uren mineralizazioan eta bai ibai sarearen morfologian. Kareharrietan (Urdaibaiko eskualdeko ipar ekialdeko zonan) ez da lur gaineko fluxurik agertzen, lurpeko fluxua nagusitzen baita eta material bolkanikoak azaleratzen diren gunetan (Urdaibai eskualdeko zona zentrolean) ibaien dentsitatea asko jaisten da beraien gogortasuna dela medio.

Urdaibaiko erreken konplexutasuna antzekoa da, Oka eta Artika ibaien adarkatze ratioek adierazten duten legez. Bi erreka hauen adarkatze ratioaren bataz bestekoa 3,82 da nahiz eta bi ibaiak ordena desberdinekoak diren. Oka ibaia seigarren ordenakoa da eta Artika ibaia laugarren ordenakoa.

Geomorfologian zentratuz, eskualdean ikusi daitezkeen egitura garrantzitsuenak leundutako gainazalak dira. 10, 25, 50, 100, 200, 300 eta 400 metroko kotetan agertzen dira. 10 eta 25 metroko kotak airepean gelditutako Bermeoko itsas terrazetan agertzen dira soilik eta 400 metrokoa Ereñoko San Migel mendi gailurrean bakarrik agertzen da. 200 eta 300 metrokoak cockpit morfologia osatzen duten gailurretan agertzen dira. 50 metroko kotari dagokienez, ibaien soslaietan antzeman daiteke, gaur egun aktibo ez dauden terraza alubialetan eta airepean gelditutako Bermeo eta Laida – Laga arteko itsas terrazetan. 100 metroko kota antzinako terraza alubialetan, ibaien soslaietan eta cockpit modelatuaren gailurretan. Gainaza hauek antzinako itsas terrazei dagozkie, tektonikaren eraginez airepean gelditu zirenak eta ostean morfologia aldaketa jasan zutenak. 100 metrotik gora agertzen diren gainazalek cockpit morfologia erakusten dute eta hortik beherakoak oraindik ez dute izan astirik morfologia hori garatzeko. 10 eta 25 metroko kotan agertzen diren terraza aireperatuak 350 mila urte baino gazteagoak dira eta beste kotak, 50, 200, 300 eta 400 metrotakoak zaharragoak. Gaur eguneko errekek kota baxuagoetan agertzen direnak 112 mila urte baino gazteagoak dira.

Eremuko beste egitura geomorfologiko garrantzitsu bat Urdaibai ipar ekialdean garatu den karst-a da. Bertan dolinak eta lenarrak agertzen dira azalean eta kobak lurpean.



Hortaz, egindako lanak ez du Urdaibain aurkikuntza garrantzitsurik ekarri, baina hori ez da lan honen helburua. Hidro – geomorfologian metodologia desberdinak erabili nahi izan dira erabilera horietan trebatzeko eta gai horietako ezagutzak zabaltzeko.

Azkenean, erabilitako metodologiaren bidez lortutako ondorioak espero zirenak izan dira. Hala ere, etorkizunerako ikerketarako bideak zabalik geratzen dira, kota desberdinetan agertzen diren leundutako azalerek azterketa sakonago bat eskatzen baitute.

eman ta zabal zazu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea



ZTF-FCT
Zientzia eta Teknologia Fakultatea
Facultad de Ciencia y Tecnología





4. BIBLIOGRAFIA

4.1 testuak

-ADES, 2010, Leizeen eta koben katalogoa – URDAIBAI – catálogo de cuevas y simas, Eusko Jaurlaritza.

-Anbiotek, 2009, "Uraren Kalitatea Bizkaian" Laburpera, Bizkaiko Foru Aldundia.

-Antigüedad, I., 1982. *Análisis de la red de drenaje en la interpretación estructural. Aplicaciones en la cuenca del Nervión-Ibaizabal. Lurralde: Investigación y Espacio* 5: 35 – 45. Donostia – San Sebastián.

-Aranburu, A.; Arriolabengoa, M.; Iriarte, E.; Giralt, S.; Yusta, I.; Martínez – Pillado, V.; del Val, M.; Moreno, J.; Jimenénez – Sánchez, M., Bidalia, *The littoral Cone – type Karst in the eastern Bay of Biscay (North Spain)*.

- Cepeda, X.; Maguregi, J.; Unamuno, J. M.; Domínguez A., 2007, *Laidako dunei buruzko gida txikia* Eusko Jaurlaritza

-Docampo, L.; de ikuna, B.G.; Rico, E.; Rallo, A., 1989, Morfometría de las cuencas de la red hidrográfica de Bizkaia (País Vasco, España) *limnetica* 5 pp: 51-67.

-Giménez, J.C.; Bertomeu, M., 2001, *Cálculo de hidrogramas de crecida en cuencas semiáridas. Aplicación del hidrograma geomorfológico instantáneo unitario*, S.E.C forestales.org

-Gorostiza, L. G., 2009, *Ramificación, Miscelánea Matemática* 48 pp 29 – 45.

-Horton, R. E., 1945, *Erosional development of stream and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology*, Geological Society of America Bulletin, vol. 56 pp 275 – 370.

-Howard, A.D., 1967, *Drainage analysis in geologic interpretation: a summation*. The american association of petroleum geologists bulletin v.51.no.11 pág. 2246 – 2259. Standford, California.

-Marauri, P.M.; Edeso, J.M., 1997, *Aplicacion del sig idrisi en los estudios geomorfológicos y medioambientales : el mapa sintético de riesgos potenciales de la cuenca del río Oka - Gernika*. Reserva de la Biosfera de Urdaibai, reunidri2.

-Mendia, M.; Monge-Ganzuzas, M.; Díaz, G.; González, J.; Albizu, X., 2011. *Geologia interesguneen gidaliburua -URDAIBAI- Guía de lugares de interés geológico*. Eusko jaurlaritzaren argitalpen zerbitzu nagusia. Gasteiz.

-Monge, M., 2008. *Evolución temporal de la dinamica sedimentaria en e l estuario inferior del Oka (Reserva de la Biosfera de Urdaibai): una herramienta geológica para la gestión integrada de zonas costeras*. Memoria de tesis doctoral, Universidad del País Vasco. Leioa.

-Morales, T.; Uriarte, J.A.; Antigüedad, I., 2012 *Urdaibairen Eboluzio Geologikoa. Urdaibaiko gida zientifikoa*, Zientzia eta teknologia fakultatea Euskal Herriko Unibertsitatea (EHU): 79-109.

- Murelaga, X.; Agirrezabala, L.M.; Apraiz, A.; Aranburu, A.; Baceta, J.I.; Mendia, M.; Pascual, A., 2012 *Urdaibairen Eboluzio Geologikoa. Urdaibaiko gida zientifikoa*, Zientzia eta teknologia fakultatea Euskal Herriko Unibertsitatea (EHU): 59-77.

-Scheidegger, A.E., 1965 *Stochastic branching process and the law of stream orders* Wat. Resour. Res, Washington, vol. 2 n.O 2, pp. 199-203.

-Schreve, R.C., 1966 *Statistical law of stream numbers* J. Geol. Chicago, vol. 74, n.o 1, pp. 17-37.

-Strahler, A. N., 1957, *Quantitative analysis of watershed geomorphology*, transactions American Geophysical union, vol. 38 No. 6 pp 913 – 920

-Uragentzia, 2001, Red de Vigilancia de la Calidad de las Aguas y del Estado Ambiental de los Ríos de la CAPV *Unidad hidrológica: Oka*

-Uragentzia, 2013, *La Planificación Hidrológica en la Comunidad Autónoma del País Vasco. Documento divulgativo para interesados/as*, Eusko Jaurlaritzia.

- Vera, J.A., 2004 Geología de España SGE-IGME, Madrid, pp. 238-240

4.2 webguneak

-www.bermeokoudala.net

-www.bizkaia21.net/atalak/TerritorioSostenible/Aulas/datos.asp

-www.bizkaia.net/Ingurugiroa_Lurraldea/Hidrologia_Ac/Datos_meteo.asp

-www.btteuskadi.net

-www.geo.euskadi.net

- www.hezkuntza.ejgv.euskadi.net

- www.ingurumena.ejgv.euskadi.net

-www.luventicus.org

-www.unaijurgi.ikasblog.net

-www.urdaibai.org

4.3 mapak

-Euskal Herriko Mapa Geologikoa 1:25000, 1985, 38-I Bermeo EVE.

-Euskal Herriko Mapa Geologikoa 1:25000, 1985, 38-IV Elantxobe EVE.

- Euskal Herriko Mapa Geologikoa 1:25000, 1985, 38-III Mungia EVE.

- Euskal Herriko Mapa Geologikoa 1:25000, 1985, 62-II Gernika - Lumo EVE.

- Euskal Herriko Mapa Geologikoa 1:25000, 1985, 62-I Lezama EVE.

-Euskal Herriko Mapa Hidrogeologikoa 1:100.000, 1996, EVE.

-Fotos aéreas, servicio geográfico del ejército 1: 50.000, 1956, 28805, 28802, 28804, 28803.

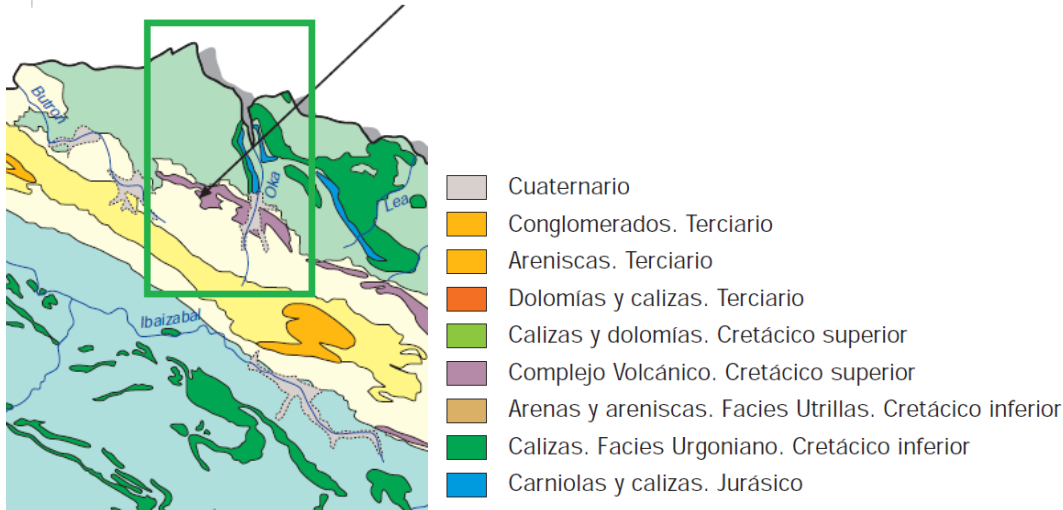
- Fotos aéreas, servicio geográfico del ejército 1: 50.000, 1957, 50086, 50087

-Mapa Geológico de España 1:200.000, 1989, *Bermeo – Bilbao 5/12 6 – 1 /6 – 2* Instituto Tecnológico GeoMinero de España.

-Mapa Geomorfológico de España y del Margen Continental 1:1.000.000, 2005, Instituto Geológico y Minero de España.



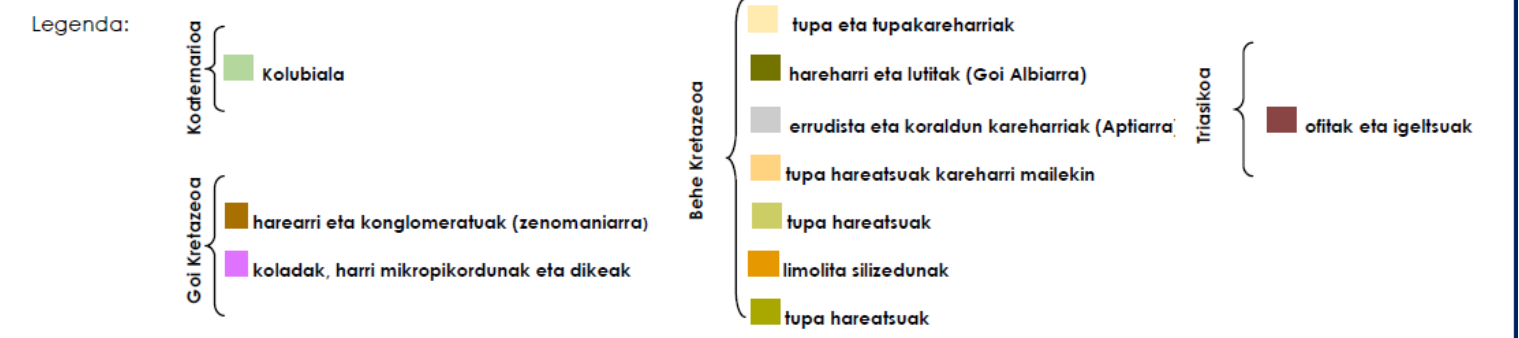
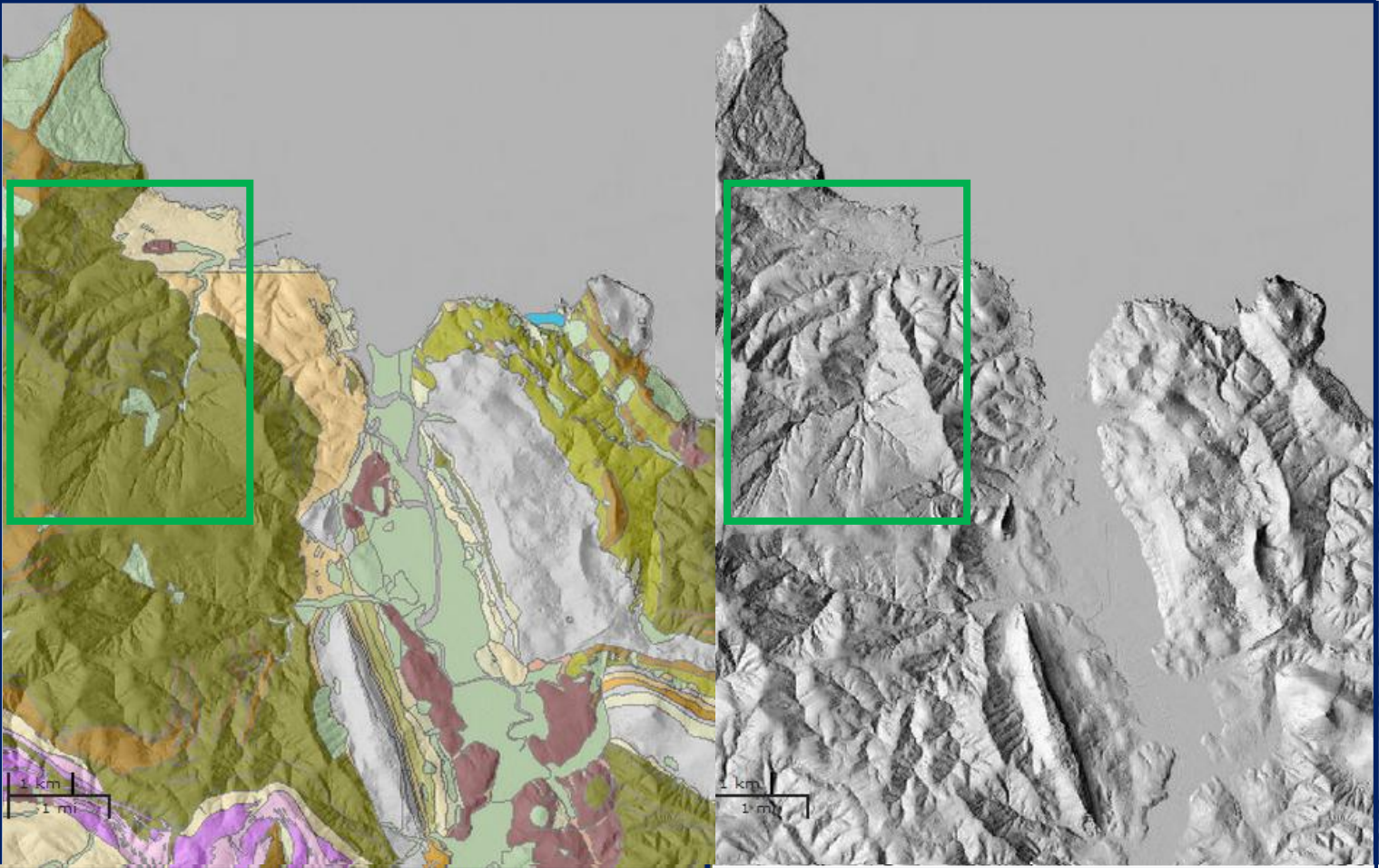
5. ERANSKINAK



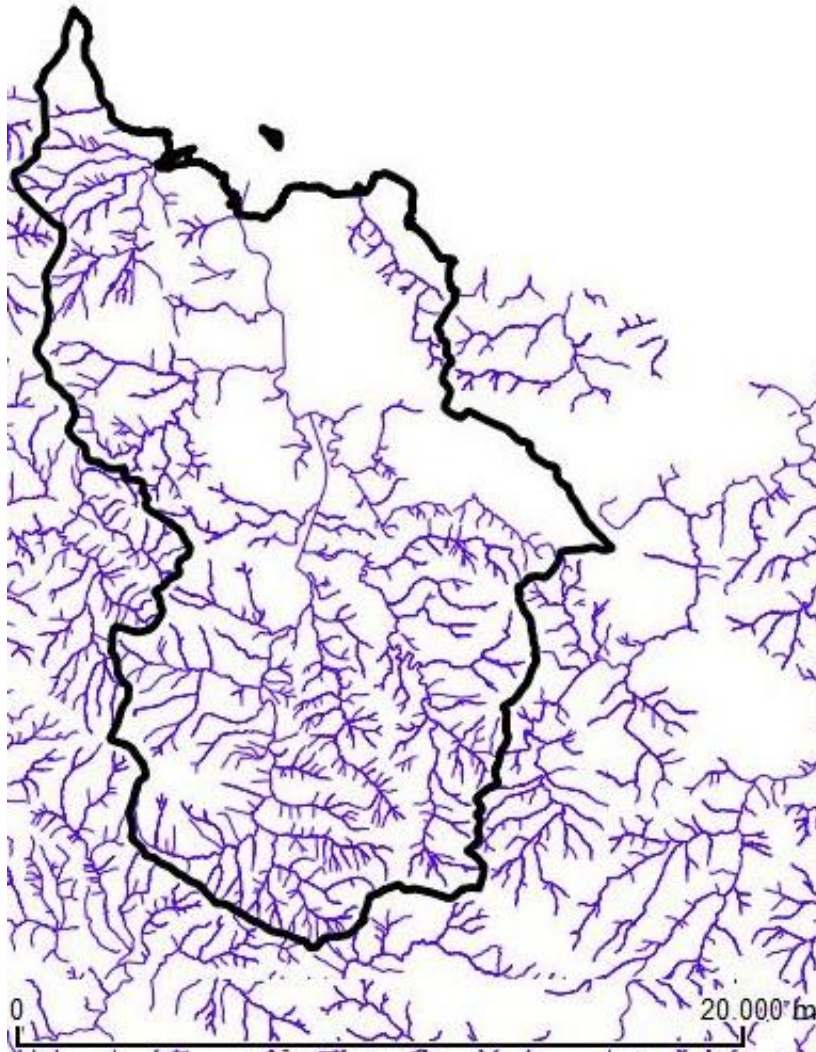
1.irudia: Urdaibain agertzen diren Unitate Hidrogeologikoak adierazten dituen Bizkaiko mapa hidrogeologikoa (EVE, 1996). Oiz Unitate Hidrogeologikoa ren zati bat hegoaldean azaltzen da, Gernika Unitate hidrogeologikoa osorik agertzen da eta Santa Eufemia – Ereñozar Unitate Hidrogeologikoa zabal hedatzen da.



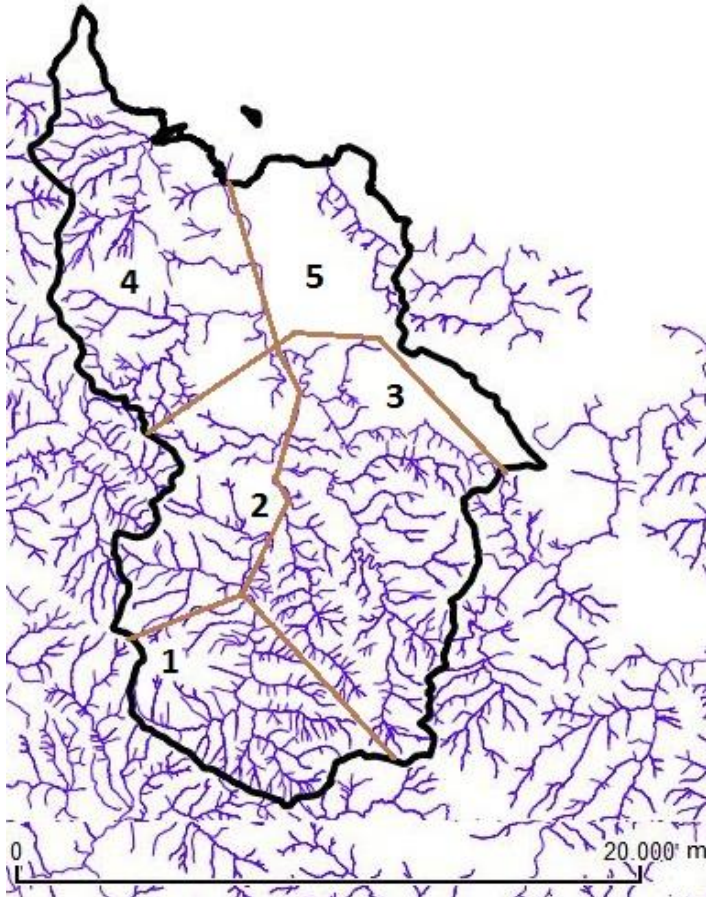
2.irudia: Arro hidrografikoa banatzen duen lerro banatzailea (puntu gorri) eta Oka Unitate Hidrologikoaren kokapena erakusten duen mapa (uragentzia, 2013).



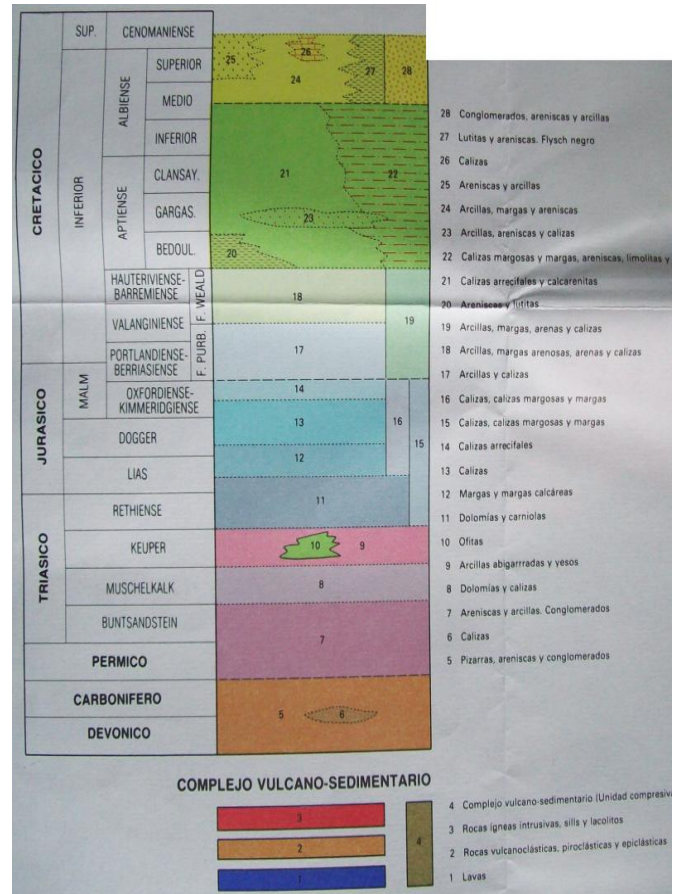
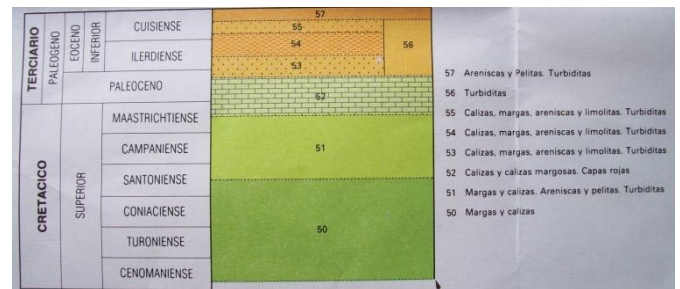
3.irudia: Azterketa geomorfologikoa gauzatzeko hautatutako zona eta Artika ibai arroa (lauki berdeaz markatuta) erakusten duten litologien eta LIDAR mapak (geo.euskadi.net).

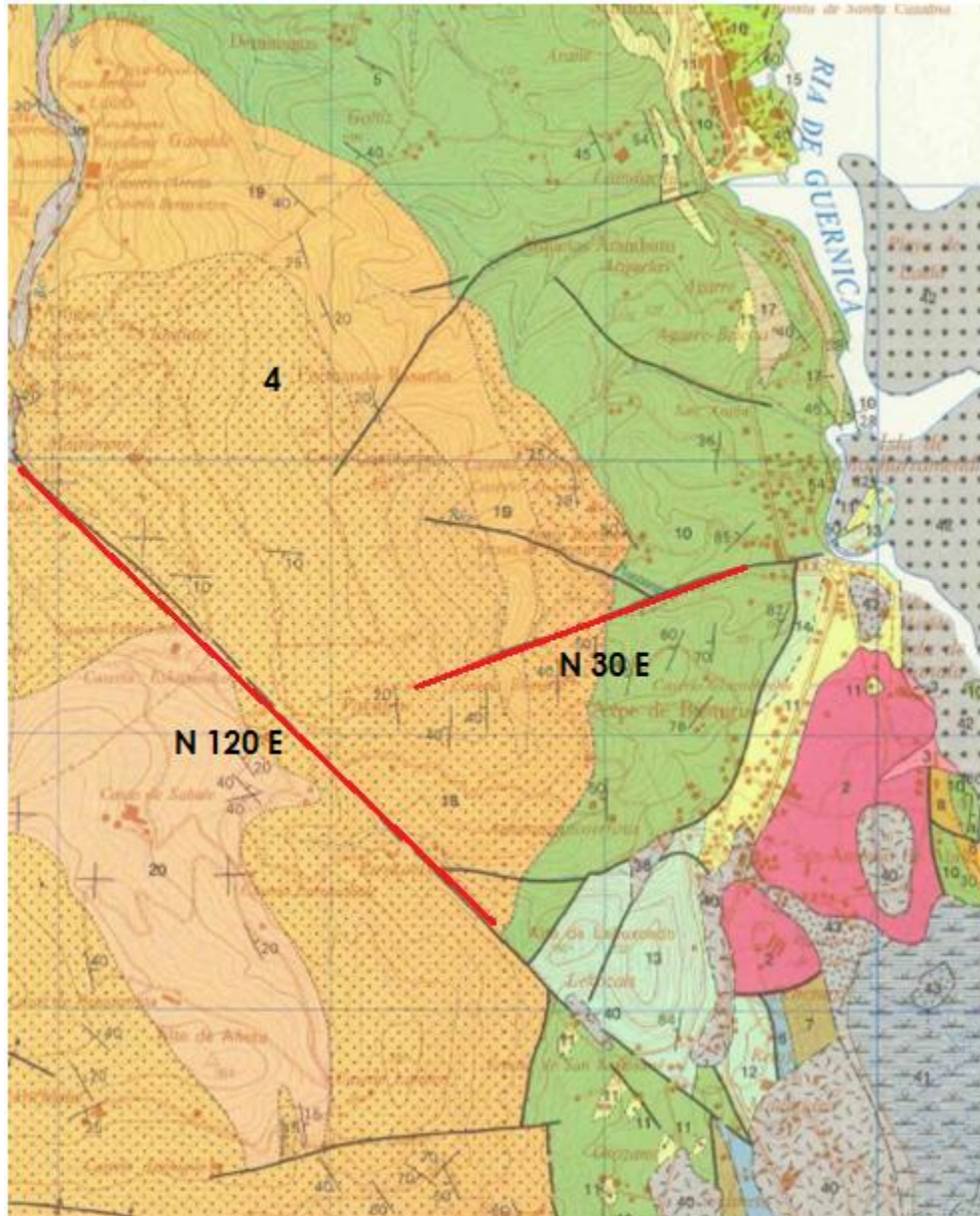


4.irudia: Geo.euskadi orritik jaitsitako kapak erabiliz eta Quantum Gis programaren laguntzaz sortutako Urdaibaiko ibai sarearen mapa.

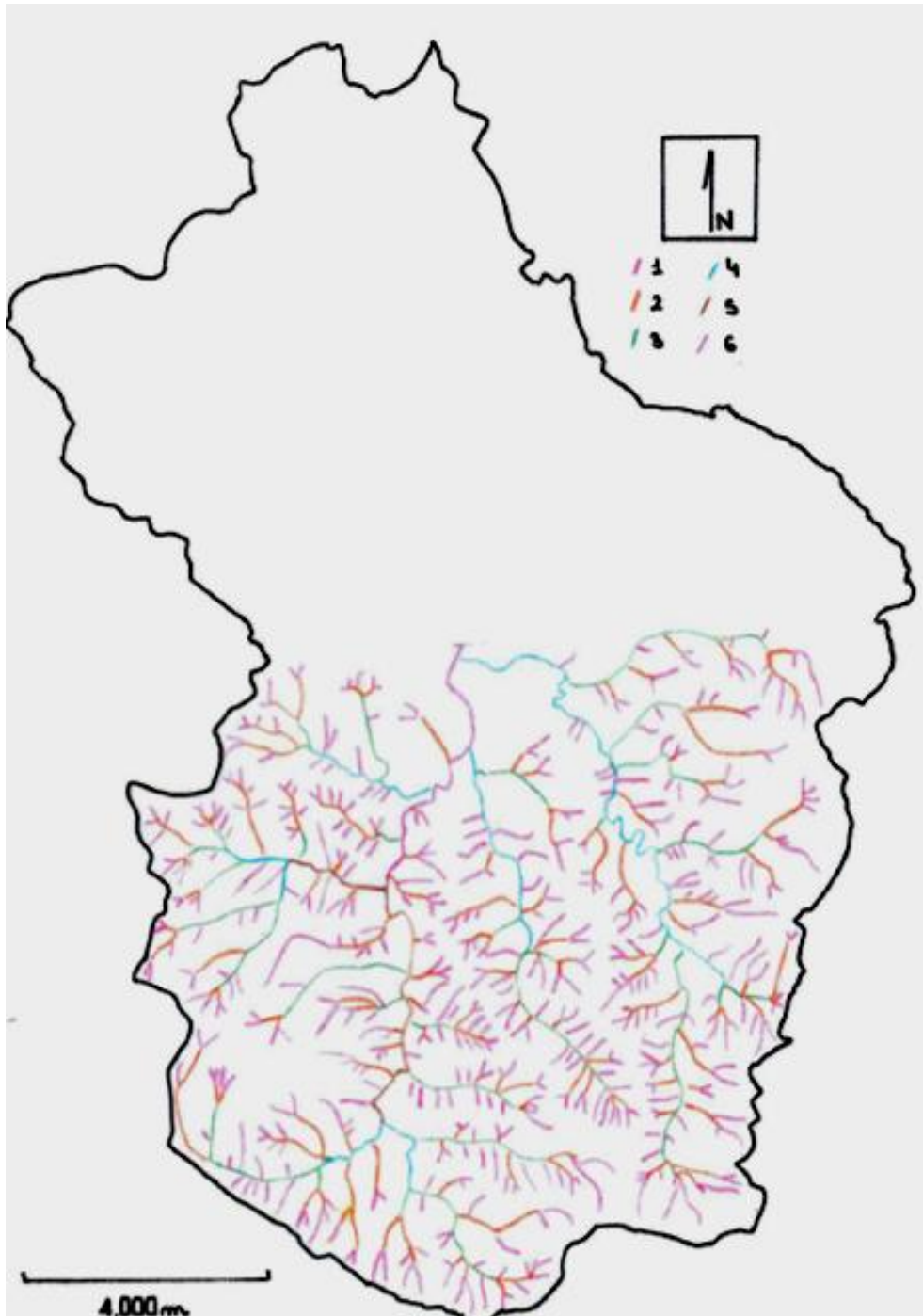


5. Irudia: a) Goiko irudia: ibai - sarearen morfologia oinarrituta bost eremu desberdinatu dira ibai arroaren barnean. b) Beheko irudia: Urdaibai eremuko mapa geologikoa (Mapa Geológico de España, 1989)

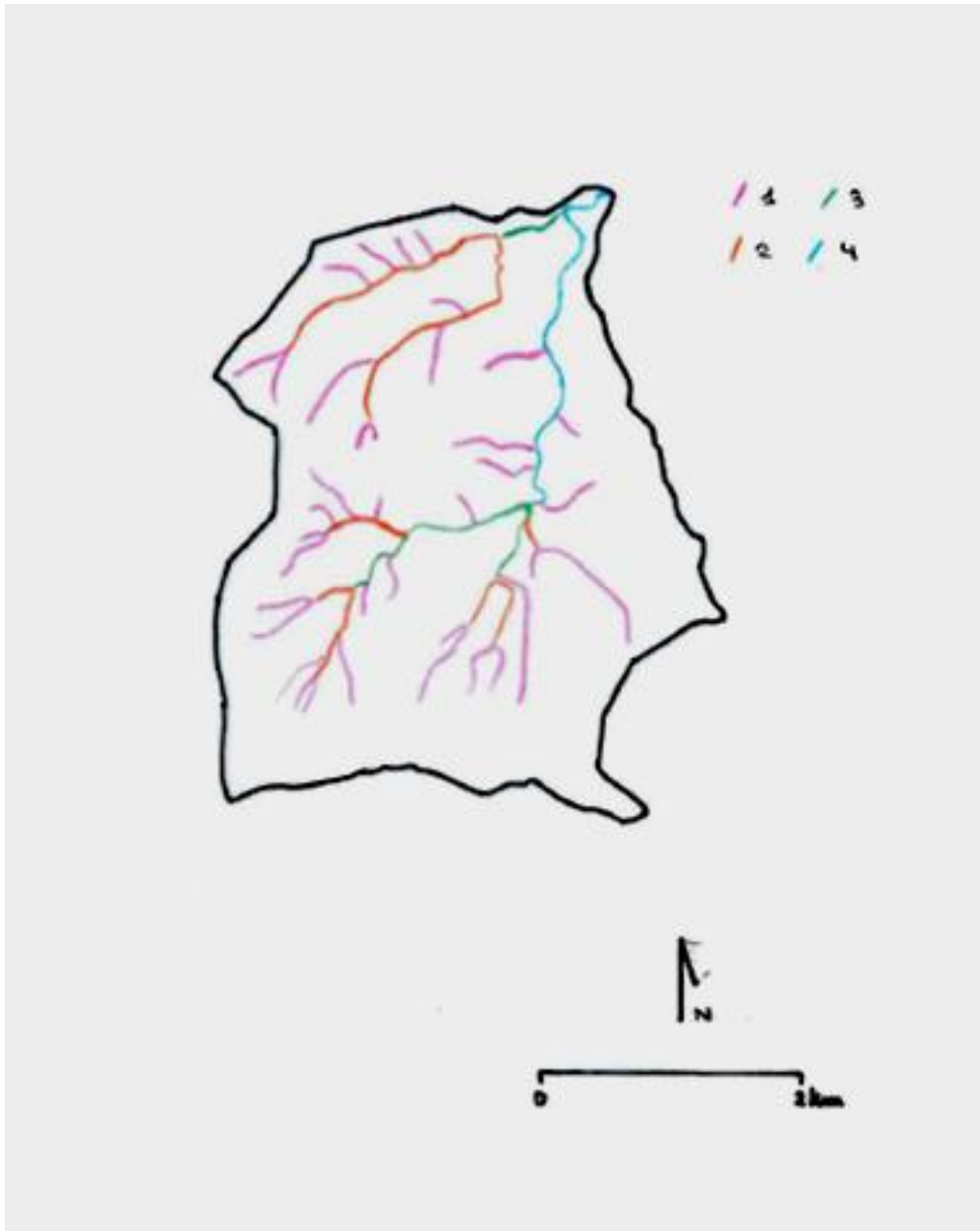




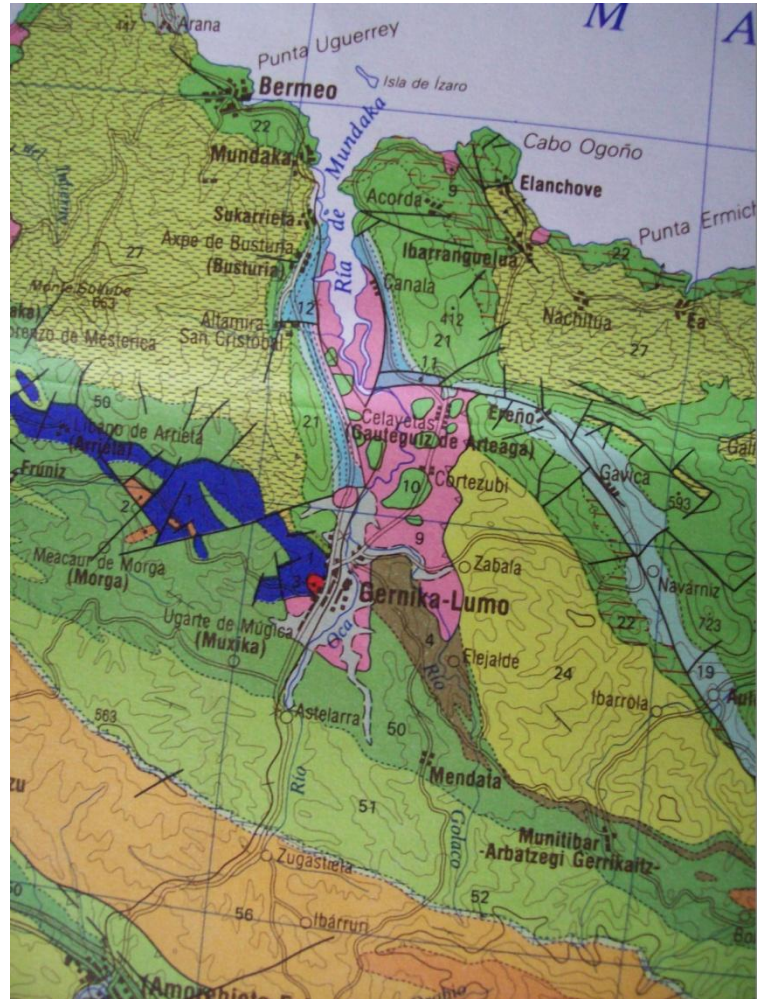
6.irudia: 4 zonako detaile handiagoko mapa geologikoa. Bertan N120E eta N020 – 030E norabideko failak ikusten dira (EVE, 38 – III, 1985).



7.irudia: Oka ibai - sarean egin den hierarkizazio metodoaren aplikazioa. Lehenengo ordenako kanalak arrosaz, bigarren ordenako kanalak laranja, hirugarren ordenakoak berdez, laugarren ordenakoak urdinez, bosgarren ordenakoak marroiz eta seigarren ordenakoa lilaz adierazita agertzen dira.



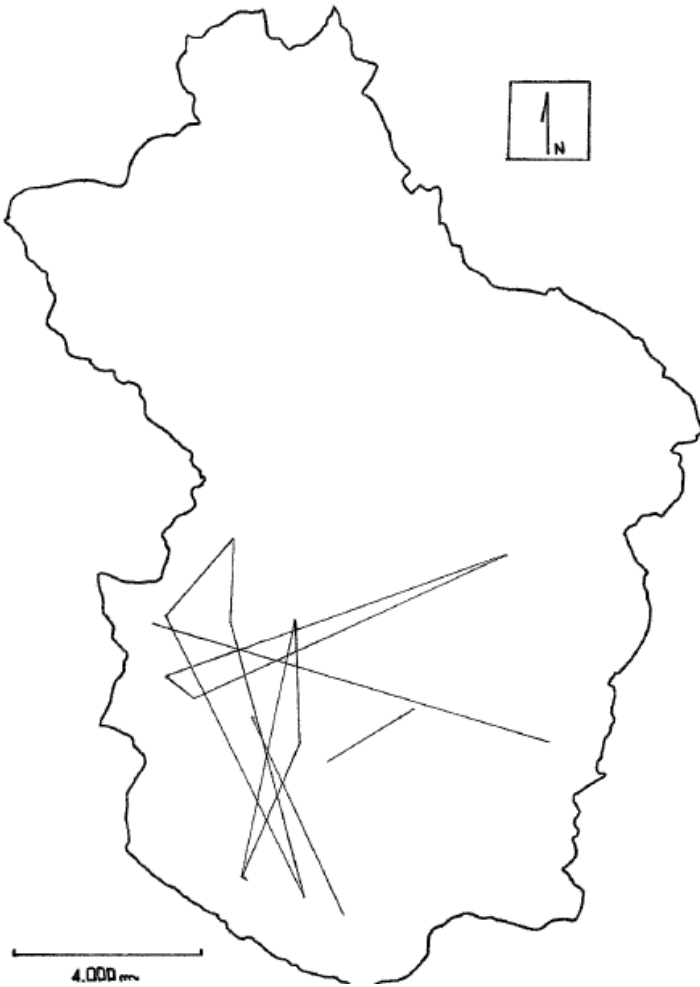
8.irudia: Artika ibai - sarean egin den hierarkizazio metodoaren honen aplikazioa. Lehenengo ordenako kanalak arrosaz, bigarren ordenako kanalak laranja, hirugarren ordenakoak berdez eta laugarren ordenakoa urdinez adierazita agertzen dira.



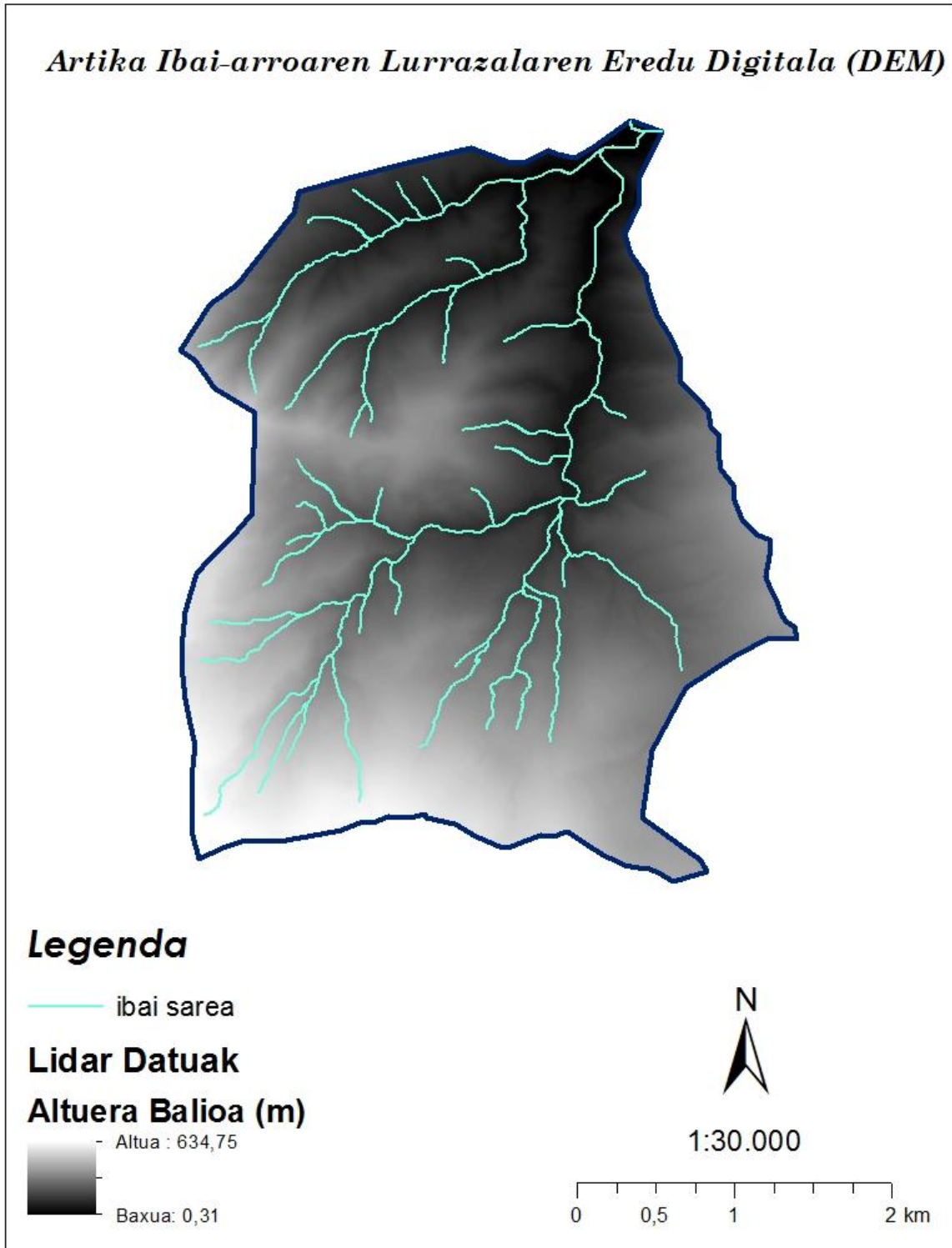
9.irudia: Oka ibairako egindako magnitude mapa eta mapa geologikoa (Mapa Geológico de España, 1989). Magnitude mapan NNW - SSE eta NW - SE norabidean luzatzen diren egiturak ikusten dira, Gernikako antiklinalarekin eta Aulestia - Azkoitia failarekin erlazionatuta egon daitezkeenak.



10.irudia: Gernikako Antiklinala (NNW – SSE) eta Aulestia – Azkoitia faila (NW – SE) egiturak erakusten dituen mapa estrukturala (Euskal Herriko Mapa Geologikoa, 38 – IV, 1985).



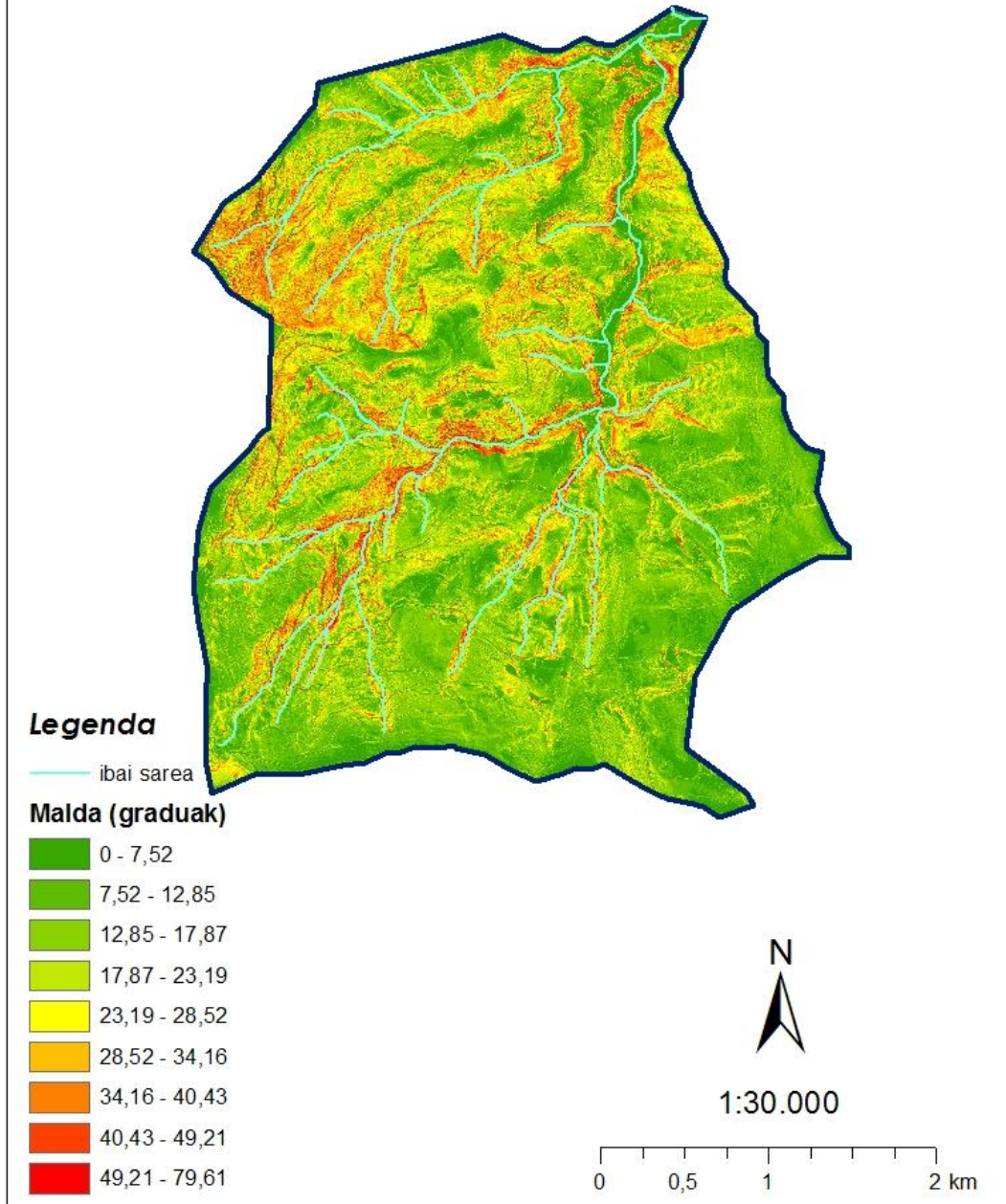
11.irudia: Oka ibairako egindako ibai - sarearen haranen luzeren banaketa eta mapa geologikoa (Mapa Geológico de España, 1989). Luzeren mapan NNW - SSE, NW - SE, NNE - SSW eta NE - SW norabidean luzatzen diren egiturek ikusten dira. Hauek bat datoz Gernikako antiklinalarekin, Aulesti - Azkoiti failarekin, Ibarrangeluko failarekin, eta bigarren deformazio fasearekin erlazionatutako egiturekin hurrenez hurren.



12.irudia: Arcgis programa erabiliz egin den Artika ibai arroaren lurrazalaren eredua digitala.



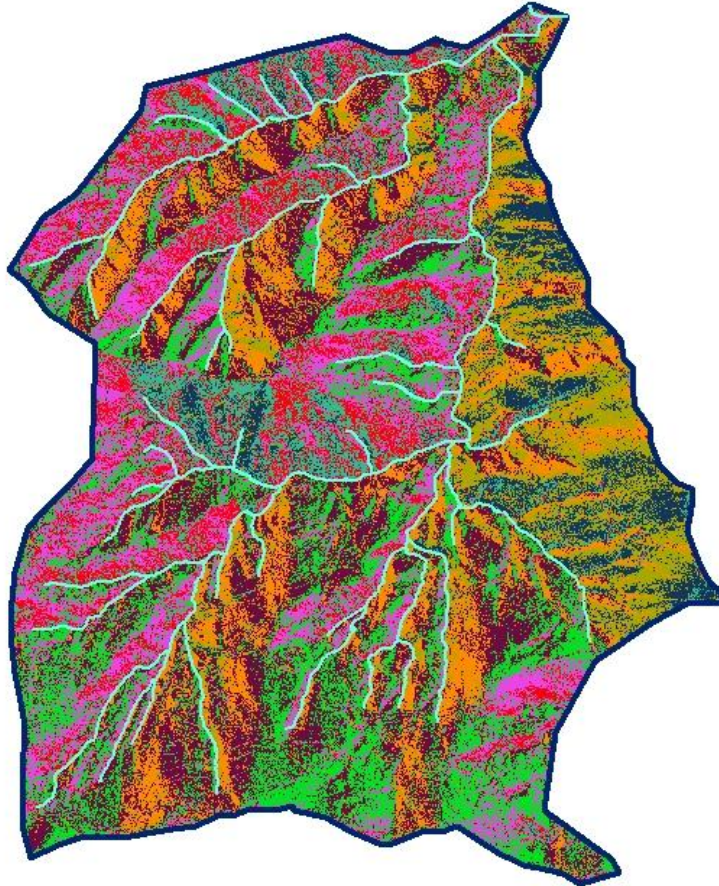
Artika Ibai-arroaren Malda Mapa



13.irudia: Arcgis programa erabiliz egin den Artika ibai arroaren malda mapa.



Artika Ibai-arroaren Fluxu Norabide Mapa

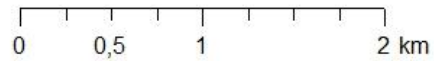


Legenda

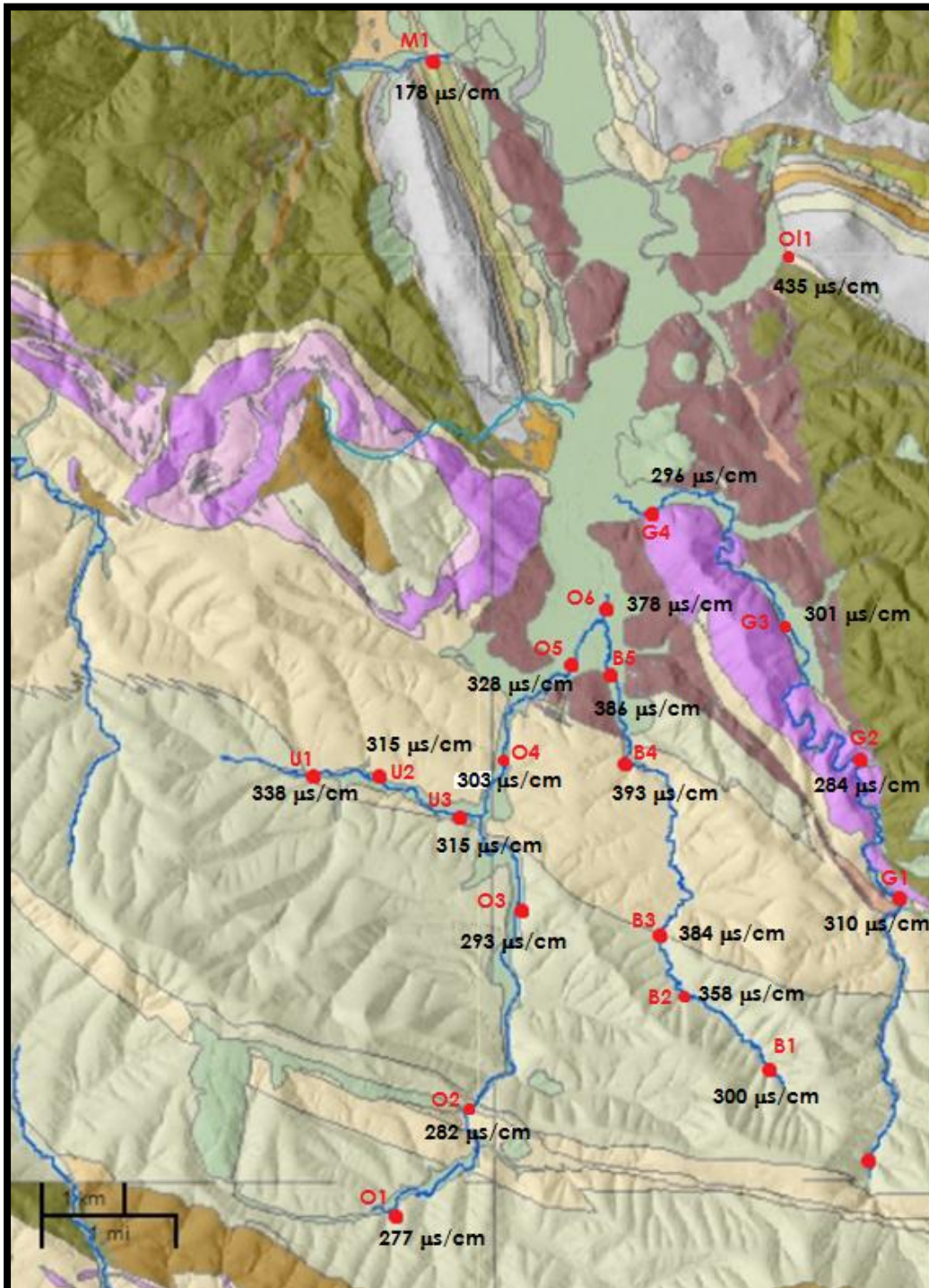
-  ibai sarea
-  Ekialde
-  Hego-Ekialde
-  Hegoalde
-  Hego-Mendebalde
-  Mendebalde
-  Ipar-Mendebalde
-  Iparralde
-  Ipar-Ekialde



1:30.000

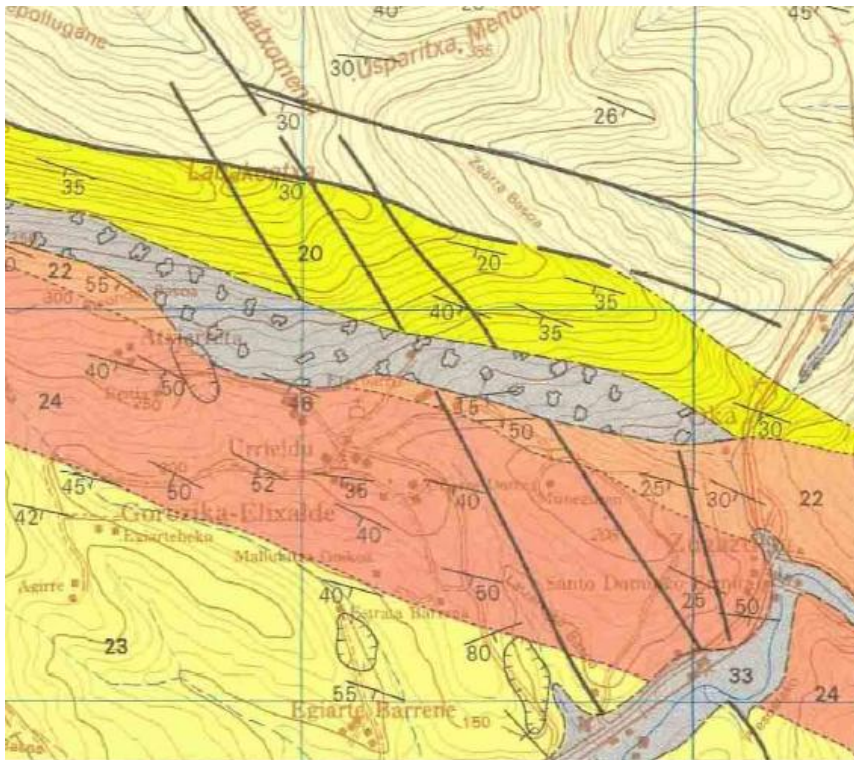


14.irudia: Arcgis programa erabiliz egin den Artika ibai arroaren fluxu norabide mapa.



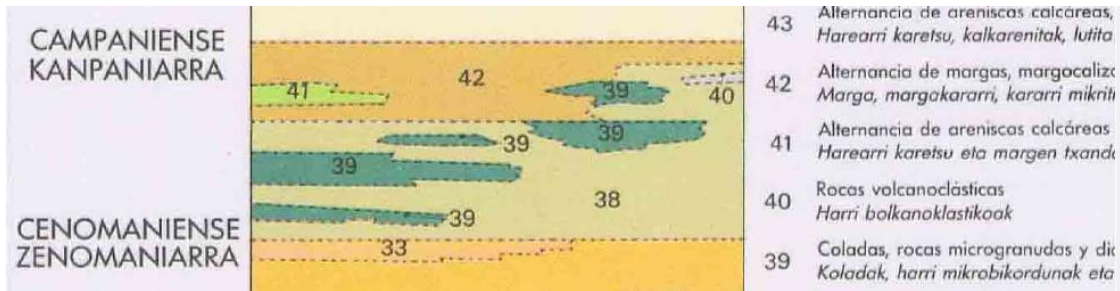
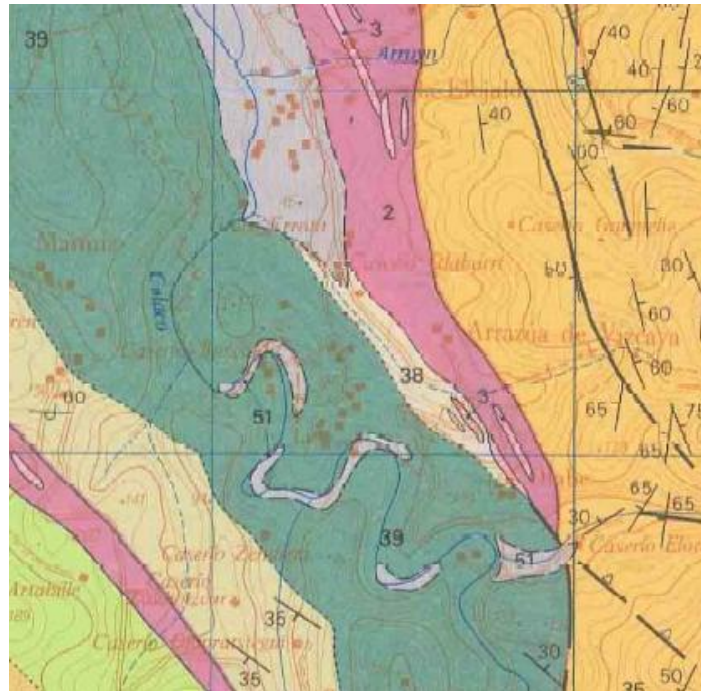
O1: 277 $\mu\text{S/cm}$, 13,9°C	U1: 338 $\mu\text{S/cm}$, 15°C	G4: 296 $\mu\text{S/cm}$, 15,6°C
O2: 282 $\mu\text{S/cm}$, 14,3°C	U2: 315 $\mu\text{S/cm}$, 15,5°C	B1: 300 $\mu\text{S/cm}$, 12,8°C
O3: 293 $\mu\text{S/cm}$, 14,6°C	U3: 315 $\mu\text{S/cm}$, 15,1°C	B2: 358 $\mu\text{S/cm}$, 13,5°C
O4: 303 $\mu\text{S/cm}$, 14,8°C	G1: 310 $\mu\text{S/cm}$, 14,7°C	B3: 384 $\mu\text{S/cm}$, 13,6°C
O5: 328 $\mu\text{S/cm}$, 14,1°C	G2: 284 $\mu\text{S/cm}$, 14,8°C	B4: 393 $\mu\text{S/cm}$, 13,9°C
O6: 378 $\mu\text{S/cm}$, 14,5°C	G3: 301 $\mu\text{S/cm}$, 15°C	B5: 378 $\mu\text{S/cm}$, 14°C

15.irudia: landan hartutako eroankortasun elektrikoaren datuak eta temperatura mapa baten adierazita.



TERCIARIO TERTZIARIOA	EOCENO EOZENOA	INFERIOR BEHEKOA	ALTO GOIKOA	25	Harearriak eta lutitak
			MEDIO ERDIKOA	23	
PALEOCENO PALEOZOENOA			BAJO BEHEKOA	24	24 Alternancia de lutitas, margas, areniscas y calizas Lutita, marga, harearri eta kararren txandaketa
			22	23 Alternancia de areniscas calcáreas, calcarenitas, margas, lutitas y calizas Harearri karetsu, kalkarenita, marga, lutita eta kararren txandaketa	
			20	22 Calizas y margocalizas alternantes Karariak eta margakarariak txandaka	
			19	21 Areniscas y lutitas Harearriak eta lutitak	
			18	20 Conglomerados y areniscas silíceas Konglomeratuak eta harearri silizetsuak	
MAASTRICHTIENSE MAASTRICHTIARRA			17		

16.irudia: Oka ibaiak leun gunea erakusten duen guneko litologia. Lutita, tupa, harearri eta kareharriak, kareharri eta tupa – kareharriak eta konalomeratu eta silizedun harearriak agertzen dira (EVE, 62 – I. 1985).



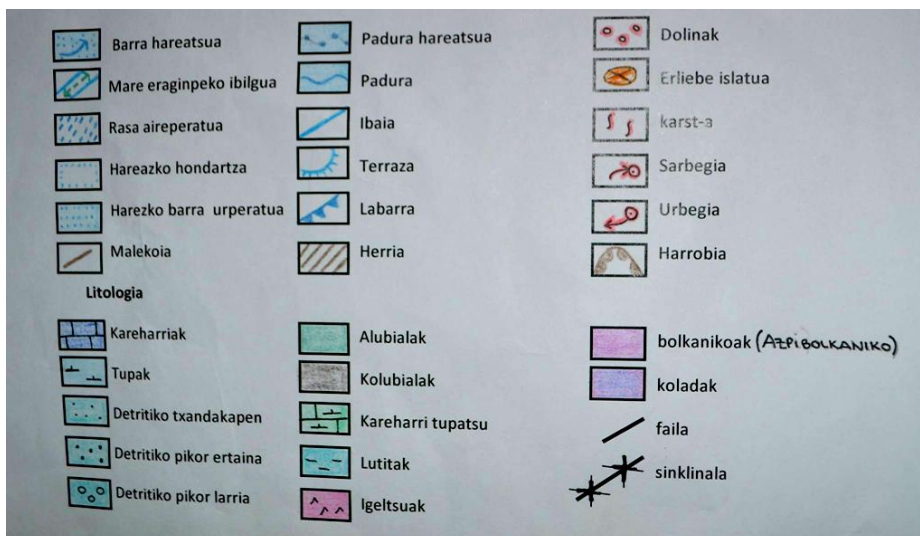
17.irudia: Golako errekaen ibilguan kolada bolkanikoak agertzen dira eta bertan errekek meandro handiak eratzen ditu materialen gogortasunagatik (EVE, 62 – II, 1985).



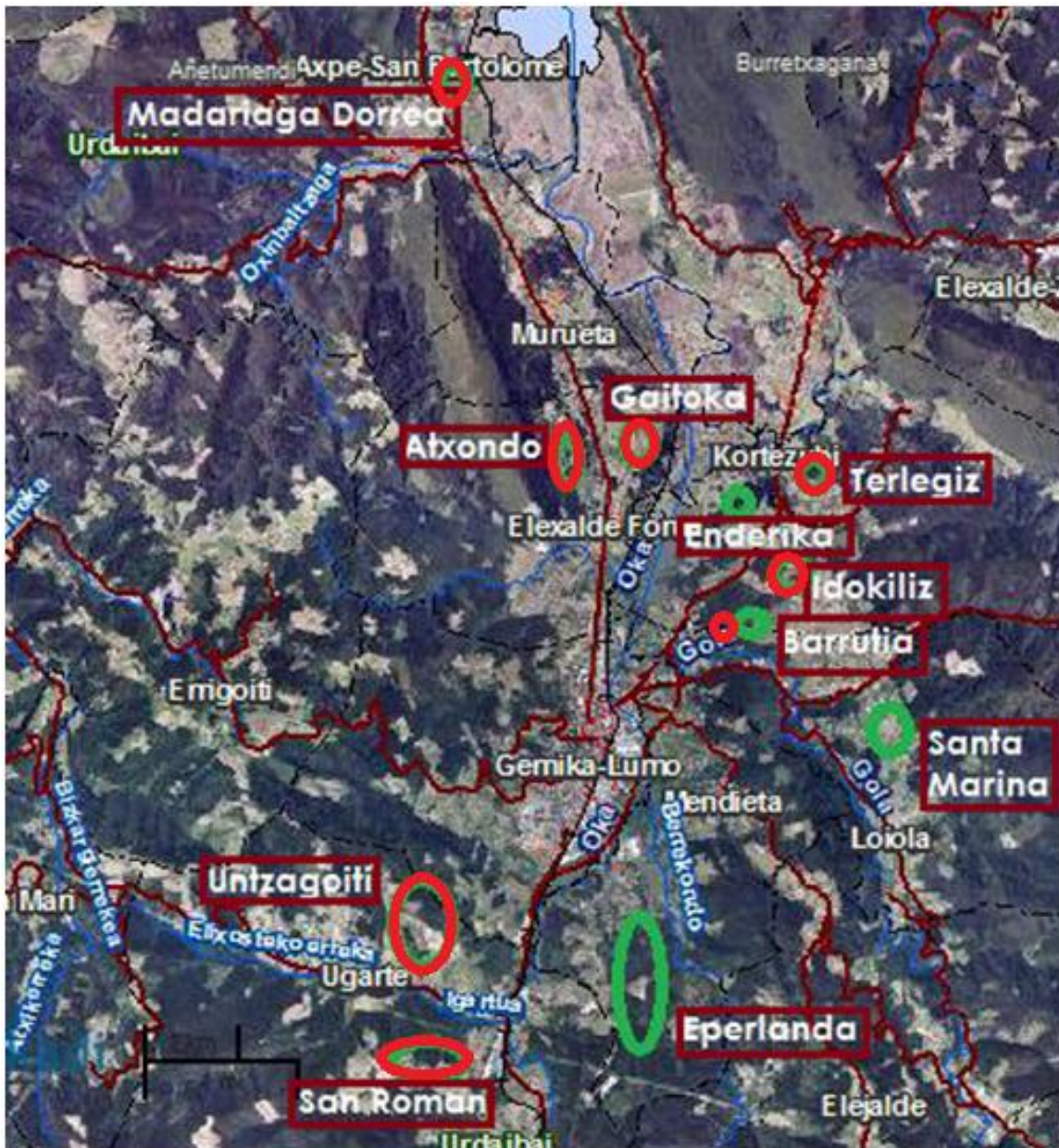
18.irudia: Baldatika erreka agertzen den mapa (geo.euskadi.net). Foru herrian egiten du bat Oka ibaiarekin.



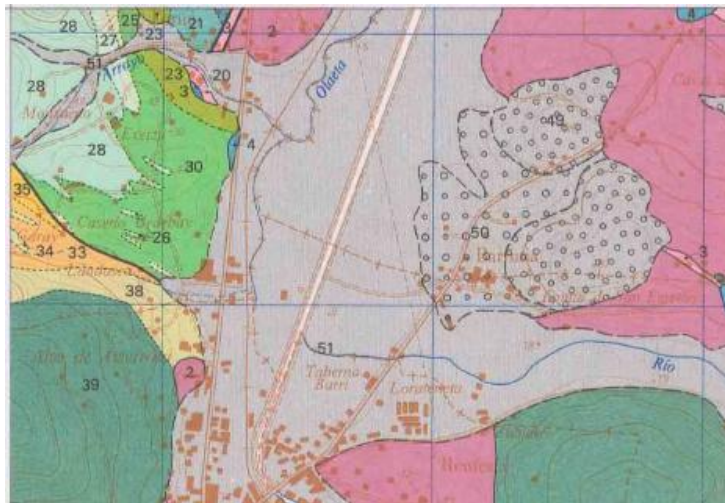
19.irudia: mapa geomorfologikoa egiteko aukeratu den eremua erakusten duen mapa geografikoa. Bermeo, Elantxobe, Kortezubi eta Foruk mugatzen dute eremua. (geo.euskadi.net).



20.irudia: Urdaibai iparraldeko mapa geomorfologikoa.



21.irudia: Terrazak agertzeko leku potentzialak zirkuluez markatuta agertzen dira. Zirkulu gorriak 50 metroko kotan agertzen diren eremuak dira eta zirkulu berdeak 100 metroko kotan kokatzen diren lekuak.



22.irudia: Barrutiko terraza hareatsua eta blokezko terraza (EVE, 62 – II, 1985).



23.irudia: Barrutia Auzoan agertzen den blokezko terraza.



24.irudia: Goikuri tontorrean agertzen den terrazaren argazkiak. Legarrak oso sakabanatuta agertze dira eta tamaina handikoak dira.



25.irudia: Kortezubin dauden terrazak borobil berdez markatuta. Terlegiz, Idokiliz eta Enderika auzoak.



26.irudia: Terlegiz auzoan agertzen diren basalto legar bakanak.



27.irudia: Enderika Auzoan 100 metroko kotan azaleratzen den terraza. Legarrak sakabanatuta agertzen dira eta askotan landarediaz estalita agertzen dira.



28.irudia: Foruko terrazak agertzeko potentziala dituen eremuak, Atxondo eta Gaitoka auzoetan.



29.irudia: Foruko Atxondo Auzoan agertzen diren terrazako legarrak.



30.irudia: Foruko Gaitoka Auzoko hesi baten argazkia. Hesiak ez du legar borobilik erakusten.



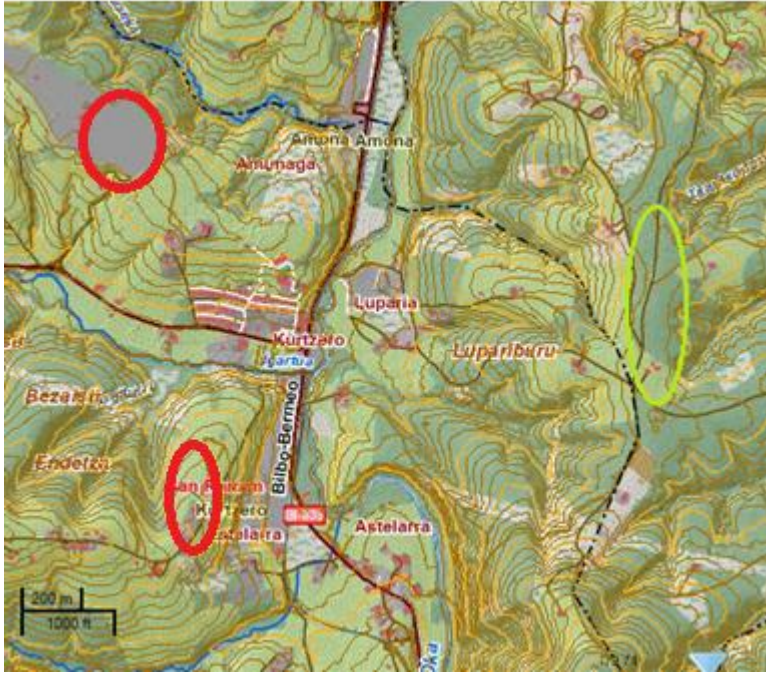
31.irudia: Busturiko Madariaga torrearen inguruan agertzen den terrazaren kokapena erakusten duen mapa.



32.irudia: Busturiko Madariaga Torrearen inguruan agertzen den terraza. Legarrak, harearrizkoak, dezimetrikoak dira eta gutxi borobilduta agertzen dira.



33.irudia: Eperlanda auzoko baserri zahar baten horma. Berta ez da legar borobiliz ikusten.



34.irudia: terrazen kokapena, Muxika eta Eperlanda.