

GIPUZKOAKO LURRALDE HISTORIKOAREN ESPOSIZIOA MASA ZEIN FLUXU LERRADUREKIKO KLIMA ALDAKETAREN ONDORIOZ



2022KO URTARRILA

EXECUTIVE OVERVIEW (ABSTRACT)

Climate change is nowadays a close reality, being the most likely cause of the accumulation of greenhouse gases in the atmosphere. Consequently, the data between 1880 and 2012 of the temperature of the land and ocean surface, combined and averaged globally, show a linear increase of 0,85°C over this period.

Among the different impacts that might be generated by climate change are landslides, and this is where the present study is placed. It includes the results of the work carried out for the analysis and characterization of the risks associated with landslides or slope instabilities, which the Historical Territory of Gipuzkoa (HTG) will face under the scenarios of climate change.

For the analysis and study of the impact of climate change, this work is based on the conclusions provided by IHOBE within the KLIMATEK project. Analysing the climate scenarios RCP 4.5 and RCP 8.5 in different time intervals; modeling the 1970 to 2015 historical period and forecasts for the 2011-2040, 2040-2070, and 2070-2100 time periods.

What concerns the specific development of the project's tasks, the first one was to compile information, both on the landslide inventories of the different administrations and on the existing methods of the risk analysis.

From this initial phase, the main conclusion is that the methodology of the study to be carried out can't be based only on a statistical analysis of the catalogued landslides, due to an insufficient number of data and the low representativeness of them (a large number are located on the margins of the main infrastructures, and in most of these cases is the anthropic factor that has generated these landslides). It is decided to apply a mixed methodology, between an analytical hierarchical analysis (to determine the weight of the conditional factors of the instabilities) and statistical methods (to define the percentages of each class, within each factor)

By the application of this methodology, a first map of the susceptibility of the Historical Territory of Gipuzkoa it is obtained.

Once the susceptibility has been defined, the danger is determined, adding the effect of the triggering factors, in this case, the rainfall projections made by IHOBE.

Once the hazard map had been produced, the next and last objective of the project was to generate a risk map, based on the previous creation of the vulnerability map. Even though a large quantity of information has been collected in digital format on exposed elements, such as types of land use (residential, facilities or industrial), location of infrastructures and situation of building in general (including from farmhouses to stables...), the determination of the vulnerability and the exposure goes beyond the proximity to a significant hazard zone, such proximity does not strictly mean that the risk is high, although it is a first point in the evaluation to be done.

The elaboration of a vulnerability and exposure map in a HTG is such a complex and largescale task that it deserves a project *per se*, with the collaboration of a multitask team. To give an outline of the work to be carried out, it would be necessary to define for each element (from residential buildings to infrastructures) a series of aspects such as the number of lives lost in case of landslide impact, structural damage, economic losses in both buildings and infrastructures; as well as those generated by lack of activity, assessment of possible pollution due to landslides in industrial areas, etc.

In order for the project to achieve the maximum objectives set, and taking into account that it is not possible with the available data to obtain a risk map for the entire HTG, a hazard assessment has been carried out on the exposed elements. Attempting to give a qualitative approximation of risk, depending on the proximity of these elements to areas of moderate to very high hazard. This analysis has been carried out for scenario 8.5 in the 2011-2040 projection and has been named qualitative analysis of the risk of exposed elements. This valuation has been compiled in the form of sheets for each functional area of the HTG, describing municipalities, rural areas, and main communication infrastructures.

Finally, the composition includes a series of conclusions on the evolution of the HTG landslide danger for scenarios 4.5 and 8.5, in the three climate projections (2010-2040, 2040-2070, and 2070-2100). These conclusions could be summarised as follows: while the main areas affected by moderate to very hazard are the same for both 4.5 and 8.5 scenarios, the evolution in the three-time projections is significantly different. In scenario 4.5 the hazard in the different projections increases gradually, however, in scenario 8.5 there is a sharp increase

in the 2010-2040 projection, which is maintained in a very similar way in the following time projections (2040-2070 and 2070-2100).

A section has also been included at the end of the document, which includes comments and recommendations on possible future improvements to the results of both susceptibility and hazard, as well as defining lines of work and methodologies for the development of a vulnerability map of the HTG.

LABURPEN EXEKUTIBOA

Klima-aldaketa, gaur egun, gertuko errealitatea da, eta ziurrenik atmosferan berotegi-efektuko gasak pilatzea da horren arrazoia. Horren ondorioz, lurrazalaren eta ozeanoaren temperaturari buruzko 1880-2012 arteko datuek, konbinatuta eta batez bestekoak globalki, joera lineal batetik abiatuta kalkulaturik, 0,85°C-ko berotzea erakusten dute.

Klima-aldaketak eragin ditzakeen inpaktuen artean, lerradurak daude, eta hor kokatzen da, hain zuzen ere, azterlan hau. Azterlan honetan, mendi-hegalen lerradurei edo ezegonkortasunei lotutako arriskuak aztertzeke eta ezaugarritzeko egindako lanaren emaitzak jaso dira. Gipuzkoako Lurralde Historikoak (GLH) arrisku horiei aurre egin beharko die klima-aldaketaren eraginez.

Klima-aldaketaren eragina ikertu eta aztertzeke, lan hau IHOBE sozietateak KLIMATEK proiektuaren barruan landutako ondorioetatik abiatzen da. RCP 4.5 eta RCP 8.5 agertoki klimatikoak denbora-tarte desberdinetan aztertu dira; 1970etik 2015era bitarteko aldi historikoa modelizatuz eta 2011tik 2040ra, 2040tik 2070era eta 2070etik 2100era bitarteko aldiatarako aurreikuspenak eginez.

Proiektuaren zereginen garapen espezifikoi dagokionez, lehenengoa informazioa biltzea izan da, bai administrazioen lerratzeen inbentarioei buruzkoa, bai arriskuak aztertzeke dauden metodoei buruzkoa.

Hasierako fase horretatik, ondorio nagusia da egin beharreko azterketaren metodologia ezin dela soilik katalogatutako lerraduren azterketa estatistiko batean oinarritu, datu gutxiegi daudelako eta horien adierazgarritasuna txikia delako (lerradura horietan kopuru handi bat azpiegitura nagusien bazterretan gertatu dira, eta kasu gehienetan, faktore antropikoak eragin ditu lerradurak). Horrela bada, metodologia mistoa erabiltzea erabaki da, analisi hierarkiko analitiko baten (ezegonkortasunen faktore baldintzatzaileen pisua zehazteke) eta metodo estatistikoen artean (mota bakoitzaren ehunekoak zehazteke, faktore bakoitzaren barruan).

Metodologia hori aplikatuta, lehenik eta behin, Gipuzkoako Lurralde Historikoko sentikortasun-mapa bat lortzen da.

Sentikortasuna definitu ondoren, arriskugarritasuna zehazten da, faktore abiarazleen eragina gehituta, kasu honetan IHOBek egindako prezipitazioei buruzko proiektzioak.

Arriskugarritasun-mapa egin eta gero, proiektuaren hurrengo eta azken helburua arriskuen mapa bat sortzea zen, alde zurretik sortutako kalteberatasun-mapa oinarri hartuta. Esposizioa duten elementuei buruzko informazio ugari formatu digitalean biltzea lortu den arren, hala nola, lurzuaren erabilera-motei (bizitegiak, ekipamenduak eta industria), azpiegituren kokapenari eta eraikinen egoerari buruzkoak oro har (baserrietatik ukuiluetara eraikin guztiak barne hartuta), kalteberatasuna eta esposizioa zehaztea arriskugarritasun adierazgarriko eremu batetik hurbil egotetik haratago doa, hurbiltasun horrek ez baitu esan nahi, halaber, arriskua handia denik, nahiz eta egin beharreko ebaluazioaren lehen puntua den.

GLHren eskalan zaurgarritasuna eta esposizioa adierazten dituen mapa bat egitea, halako lana da, konplexutasunari eta garrantziari dagokionez, non *per se* proiektu bat egitea merezi duen, diziplina anitzeko talde bat lankidetzan parte hartuta. Egin beharreko lanaren zirriborro bat ematearren, elementu bakoitzerako (bizitegi-eraikinetatik azpiegiturretara) hainbat alderdi zehaztu beharko lirake, hala nola irristatze-inpaktuaren kasuan galdutako bizidunen kopurua, lerradurek eragindako kalteak egituretan, eraikinetan eta azpiegiturretan nahiz jarduerarik ezak eragindako galera ekonomikoak, industria-eremuetan luiziek eragindako kutsaduraren ebaluazioa eta abar.

Proiektuak ahalik eta helburu gehien lor ditzan, eta kontuan hartuta ezin dela GLH osorako arrisku-mapa bat lortu eskuratutako datuekin, lerradura jasan ditzaketen elementuen arriskugarritasun-balorazioa egin da, eta arriskuaren hurbilketa kualitatiboa egiten saiatu da, elementu horiek arriskugarritasun ertainetik oso handirako eremuetako gertutasunaren arabera. Azterketa hori 8.5 agertokirako egin da 2011-2040 proiektzioan, eta esposizioa duten elementuen arriskuaren analisi kualitatiboa deitu zaio. Balorazio hori fitxa moduan jaso da Gipuzkoako Lurralde Historikoko eremu funtzional bakoitzerako, eta bertan jasotako elementu guztiak deskribatu dira, udalerrietatik hasi eta landa-eremuetara eta komunikazio-azpiegitura nagusietara.

Azkenik, dokumentuan GLHn lerraduren aurreko arriskugarritasunak 4.5 eta 8.5 agertokietan, denborazko hiru klima-proiektzioetan (2010-2040, 2040-2070 eta 2070-2100), izan duen bilakaeraren ondorioak biltzen dira. Ondorio horiek honela laburbil daitezke: arriskugarritasun ertaina edo oso handia duten eremu nagusiak berdina dira 4.5 eta 8.5 agertokietarako, baina aldi berean, denborazko hiru proiektzioen bilakaera oso desberdina da. 4.5 agertokian, arriskugarritasunak gora egiten du pixkanaka denborazko hiru proiektzioetan; 8.5 agertokian, aldiz, 2010-2040 proiektzioan arriskugarritasuna asko handitzen da, eta oso antzera mantentzen da denborazko hurrengo proiektzioetan (2040-2070 eta 2070-2100).

Horrekin batera, iruzkinak eta gomendioak jasotzen dituen atal bat sartu da dokumentuaren amaieran, etorkizunean emaitzak hobetu ahal izateari buruz, bai sentikortasunari dagokionez, bai arriskugarritasunari dagokionez. Horrez gain, lan-ildoak eta metodologiak zehaztu dira, Gipuzkoako Lurralde Historikoaren kalteberatasun-mapa bat garatzeko.

AURKIBIDEA

1.	SARRERA.....	12
2.	AURREKARIAK	15
3.	LANAREN HELBURUAK	17
4.	AURRETIAZKO AZTERKETAK, PLANTEAMENDU METODOLOGIKOAREN JUSTIFIKAZIOA ETA ONDORIOAK	19
5.	LAN-PLANTEAMENDUA.....	22
5.1	DESKRIBAPEN OROKORRA ETA JUSTIFIKAZIOA.....	22
5.2	ANALISI-FASEAK ETA MAPA DERIBATUAK.....	24
5.2.1	SENTIKORTASUN-MAPA	24
5.2.2	ARRISKUGARRITASUN-MAPA.....	27
5.2.2.1	Faktore abiarazleen mapa.....	31
5.2.3	KALTEBERATASUN-MAPA.....	32
5.2.4	ARRISKU-MAPA	37
5.3	INBENTARIO-FITXAK EREMU FUNTZIONALAREN ARABERA	41
6.	SENTIKORTASUN- ETA ARRISKUGARRITASUN-MAPAK. TRESNA SORTZEA ETA DESKRIBATZEA. ...	43
7.	SENTIKORTASUN-MAPAK. FAKTORE BALDINTZATZAILEEN DEFINIZIOA.....	44
7.1	AZTERTUTAKO EZEGONKORTASUNEN TIPOLOGIA.....	47
7.1.1	MASA-IRRISTATZEAK	49
7.1.2	LUR ETA LOKATZ FLUXUAK.....	50
7.2	SENTIKORTASUN-MAPAK SORTZEKO METODOA	53
7.3	HIERARKIA-PROZESU ANALITIKOA. FAKTOREEN HAZTAPENA.....	54
7.3.1	AHP PROZESUAREN EMAITZAK.....	56
7.4	PROBABILITATEA KLASEEN ARABERA. FAKTORE BALDINTZATZAILEEN MAPA DERIBATUAK ETA GAIKAKOAK.....	59

7.4.1	PROBABILITATEA KLASEEN ARABERA.....	59
7.4.2	MAPA DERIBATUAK.....	61
7.4.2.1	Malden mapa	61
7.4.2.2	RTP (Relative Topographic Position).....	63
7.4.2.3	Drainatze-sarearekiko distantziaren mapa.....	67
7.4.2.4	Kurbadura estandarraren mapa.....	68
7.4.3	GAIKAKO MAPAK	72
7.4.3.1	GSIren mapa.....	72
7.4.3.2	Lurzoruaren erabileren mapa.....	77
8.	ARRISKUGARRITASUN-MAPAK. FAKTORE ERAGILEEN DEFINIZIOA.....	79
8.1	MASA-LERRADURETARAKO ARRISKUGARRITASUNA ZEHAZTEA	80
8.1.1	SORTUTAKO MAPAK. HEZETASUNAREN INDIZE TOPOGRAFIKOA (TWI) ETA KLIMA-AGERTOKIAK.....	83
8.1.2	MASA-LERRADUREI BURUZKO ARRIKUSGARRITASUN MAPETATIK LORTUTAKO EMAITZEN AURRETIAZKO AZTERKETA	85
8.2	FLUXU MOTAKO EZEGONKORTASUNETARAKO ARRISKUGARRITASUNA ZEHAZTEA	86
8.2.1	SORTUTAKO MAPAK. FLUXUAK METATZEKO EREMUAK ETA KLIMA-AGERTOKIAK.....	88
8.2.2	FLUXU-LERRADUREI BURUZKO ARRIKUSGARRITASUN MAPETATIK LORTUTAKO EMAITZEN AURRETIAZKO AZTERKETA.....	89
9.	EMAITZAK.....	90
9.1	SENTIKORTASUN-MAPAK. EMAITZAK.	90
9.1.1	FLUXU-MOTAKO EZEGONKORTASUNEKIKO SENTIKORTASUN-MAPAK.....	91
9.1.2	MASA-IRRISTADUREKIKO SENTIKORTASUN MAPAK.....	93
9.2	ARRISKUGARRITASUN-MAPAK.....	95
9.2.1	ARRISKUGARRITASUN-MAPAK FLUXU-MOTAKO EZEGONKORTASUNEN AURREAN	96
9.2.2	ARRISKUGARRITASUN-MAPAK MASA-LERRADUREN AURREAN.....	104
9.3	4.5 eta 8.5 AGERTOKIETAKO JOEREN ALDERAKETA BI LERRADURA MOTETARAKO.....	111

9.3.1	DENBORA-PROIEKZIOEN BILAKAERA 4.5. AGERTOKIRAKO.....	111
9.3.2	DENBORA-PROIEKZIOEN BILAKAERA 8.5. AGERTOKIRAKO.....	113
10.	EGINDAKO LURRALDE-AZTERKETATIK ERATORRITAKO GOMENDIOAK.....	114
11.	ONDORIOAK ETA ETORKIZUNeko LAN-ILDOEN PROPOSAMENAK	117
12.	BIBLIOGRAFIA.....	118

ERANSKINAK

1. ERANSKINA: EREMU FUNTZIONALEN FITXAK
2. ERANSKINA: IRRISTATZEEN DATUAK HARTZEKO FITXA-MOTAK

1. SARRERA

Dokumentu honetan laguntza teknikoaren emaitzak jasotzen dira, Gipuzkoako Lurralde Historikoak klima-aldaketaren ondorioz aurre egin behar dien mendi-hegaletako lerradurei edo ezegonkortasunei lotutako arriskuen azterketa eta karakterizazioa egiteko.

GIS moduko tresnak erabilia (*Geographic Information System*), dokumentuan lurraldearen mendi-hegalen ezegonkortasunekin lotutako faktoreak jorratzen dituen eredu geologikoen eta etorkizuneko klima-egoerentarako egindako ereduak elkarri eragitearen emaitzak aurkezten dira.

Etorkizuneko agertokientarako eredu klimatiko horiek IHOBE sozietateak KLIMATEK proiektuaren barruan emandakoak dira. Emaitzak RCP 4.5 (aurrerantzean 4.5 agertokia) eta RCP 8.5 (aurrerantzean 8.5 agertokia) klima-agertokientarako lortu dira, denbora-tarte desberdinetan; 1970etik 2015era bitarteko aldi historikoa modelizatuz eta 2011tik 2040ra, 2040tik 2070era eta 2070etik 2100era bitarteko tarteentarako aurreikuspenak modelizatuz.

Dokumentuan nabarmendu beharreko alderdi garrantzitsu bat aurretiazko ikerketa- eta analisi-lana da. Proiektu honetan, aurreko lanetan egindako esperientziak, doktorego-tesiei buruzko informazioa, artikuluzko zientifikoak, aurretiazko lanak eta aditu-taldeen gomendioak bildu dira. Dokumentazio hori aztertu eta azterketa mota honi ekiteko metodologia egokienak zehaztu ondoren, eskura dagoen dokumentazioa aztertzeari ekin zitzaion. Hori guztia oinarri hartuta, metodologiarik egokiena eta lor zitezkeen helburuak zehaztu ziren, abiapuntuko dokumentazioari buruzko alderdiak kontuan hartuta.

Egindako azterketatik zenbait ondorio atera ziren; abiapuntuko dokumentazioak ez zuen ahalbidetzen analisi estatistikoko batean oinarritutako lan-metodologia bat ezartzea, eta faktore eragileen modelizazioa, beraz, faktore horiek mendi-hegalen portaera geomekanikoan sortzen duten ondorioen interpretazioan eta modelizazioan oinarrituta egin beharko zen.

Horregatik guztiagatik, irizpide aditu bati jarraituta lan egiteko beharra ikusi zen, faktoreen batuketara haztatu baten inplementazioan zentratuz eta faktore-motak estatistikoki aztertuta antzeko beste esperientzia batzuen dokumentazioan oinarrituta.

Horrez gain, lan-eskalarik egokiena zein zen kritikoki aztertu zen, lortutako emaitzei baliozkotasuna eta euskarri zientifikoa ematearren. Abiapuntuko informazioaren ezaugarriak

eta faktore eragileen mapak egin zireneko datuen analisi-eskala kontuan hartuta, laneko eskala 1/25.000 edo txikiagoa izan beharko zela erabaki zen.

Era berean, egiaztatu zen Arrisku Mapa bat sortzeko, Gipuzkoako Lurralde Historikoan (aurrerantzean, GLH) dauden elementu guztien esposizioaren eta kalteberatasunaren ebaluazioa egin behar zela alde zurretik. Hori esanda, esposizioa duten elementuei buruzko informazio ugari formatu digitalean biltzea lortu den arren, hala nola, lurzoru motei (bizitegiak, ekipamenduak eta industria), azpiegiturei eta eraikinei buruzkoak oro har (baserrietatik ukuiluetara...), kalteberatasuna eta esposizioa zehaztea arriskugarritasun adierazgarriko eremu batetik hurbil egotetik haratago doa, hurbiltasun horrek ez baitu esan nahi, derrigor, arriskua handia denik, nahiz eta egin beharreko ebaluazioaren lehen puntua den.

GLHren eskalan zaurgarritasuna eta esposizioa adierazten dituen mapa bat egitea, halako lana da, konplexutasunari eta garrantziari dagokionez, non *per se* proiektu bat egitea merezi duen, diziplina anitzeko talde bat lankidetzan parte hartuta. Egin beharreko lanaren zirriborro bat ematearren, elementu bakoitzerako (bizitegi-eraikinetatik azpiegiturretara) hainbat alderdi zehaztu beharko lirateke, hala nola irristatze-inpaktuaren kasuan galdutako bizidunen kopurua, lerradurek eragindako kalteak egituretan, eraikinetan eta azpiegituretan nahiz jarduerarik ezak eragindako galera ekonomikoak, industria-eremuetan irristadurek eragindako kutsaduraren ebaluazioa eta abar.

Proiektuak ahalik eta helburu gehien lor ditzan, eta kontuan hartuta ezin dela lortu GLH osorako arrisku-mapa bat lortu eskuratutako datuekin, lerradura jasan ditzaketen elementuen arriskugarritasun-balorazioa egin da, eta arriskuaren hurbilketa kualitatiboa egiten saiatu da, elementu horiek arriskugarritasun ertainetik oso handirako eremuetako hurbiltasunaren arabera. Azterketa hori 8.5 agertokirako egin da 2011-2040 proiektzioan, eta esposizioa duten elementuen arriskuaren analisi kualitatiboa deitu zaio. Balorazio hori fitxa moduan jaso da Gipuzkoako Lurralde Historikoko eremu funtzional bakoitzerako, eta udalerrietatik hasi eta landa-eremuetara eta komunikazio-azpiegitura nagusietara deskribatu da. Dokumentu honen 5.3 atalean fitxen edukiaren deskribapen zehatza egiten da, eta hainbat gomendio ematen dira fitxak behar bezala interpretatzeko eta erabiltzeko.

Era berean, analisirako GIS tresna bat gehitu da, eta hori lehen urratsa da lurraldeak dituen arriskuen analisisian; izan ere, alderdi geologikoetan tresna hori doitu egin behar da, analisi-

algoritmoan sartu beharreko informazio egokia ematen duen lerraduren inbentarioa erabilia, eta faktore eragileen mapako sarrera-datuetan doikuntza bat eginez, datu klimatikoek lan- eskala 1 Km x 1 Km-ko kuadrikulena baita eta faktore baldintzatzaile nagusien kuadríkula, aldiz, 5 m x 5 m-koa.

Azkenik, dokumentuak gomendio orokor batzuk ematen ditu klima-aldaketaren ondorioz eratutako arrisku geologikoak behar bezala landu eta kudeatu ahal izateko. Lan-ildo batzuk ere aipatzen dira, eta, proiektu hau lantzearen ondorioz, lan honetan sortutako GIS tresnan ezartzeko garatu beharko liratekeela uste da, proiektuaren egileen arabera.

Lan-ildoek informazio egokia sortu nahi dute, azken emaitza gisa datu-base bat garatu ahal izateko, GIS tresnan integratuta, eskala handiagoetan lan egitea ahalbidetuko duen informazioa sortzeko, eta, horrela, Arriskuen Mapa bat garatu ahal izateko.

2. AURREKARIAK

Aurrekari gisa, egindako lanaren Baldintza Teknikoen Agirian jasotako deskribapena sartu dugu.

“Klima aldaketari buruzko Gobernuarteko Adituen Taldearen (IPCC, ingelesezko siglak) bosgarren ebaluazio txostenaren arabera (2014an argitaratu zen), Lurraren klima aldatu egin da, eta ziurrenik atmosferan berotegi efektuko gasak pilatzea da horren arrazoia. Horren ondorioz, lurrazaleko azalera ozeanikoko tenperaturaren datuek, konbinatuta eta batez bestekoak globalki, joera lineal batetik abiatuta kalkulatuta, 0,85°C-ko berotzea erakusten dute 1880-2012 aldian. Era berean, IPCC Taldearen txostenak aurreikusten du berotegi efektuko gasen emisio jarraituek berotze handiagoa eta aldaketa berriak eragingo dituztela klima sistemaren osagai guztietan.

Egindako aurreikuspenetan oinarrituta, klima-aldaketaren ondorioak 3 taldetan bil daitezke: termikotasunaren gaieko eraginak (batez besteko tenperaturak eta muturreko tenperaturak handitzea), kostaldeko ondorioak (itsas mailaren igoera) eta prezipitazioen gaineko ondorioak (prezipitazio-erregimenaren aldaketa). Ondorio horiek, era berean, hainbat mailatako inpaktuak eragingo dituzte ingurune naturalaren, sozialaren eta ekonomikoaren hainbat alderdietan.

Maiatzaren 29ko 18/2018 Foru Dekretuaren bidez onartutako Klima Aldaketaren aurka Borrokatzeko 2050erako Gipuzkoako Estrategiaren helburu estrategikoetako bat klima arriskuei aurrea hartzea da. Helburu hori hainbat jarduketa ildotan eta ekintza zehatzetan hedatzen da, klima aldaketaren izaera eta intentsitatea egoera desberdinen arabera ebaluatzeko eta lurraldea epe labur, ertain eta luzera egokitzeko estrategiak formulatzeko. Estrategian aztertzea planteatzen diren inpaktuen artean, biztanleria eta azpiegiturak arriskuan jar ditzaketen mendi hegalean lerraduei edo ezegonkortasunei lotutako arriskuak biltzen dira.

Lurraldearen morfología dela eta, Gipuzkoa lerradurekiko sentikorra da. Era berean, kontuan hartuta prezipitazioa dela mazeletan ezegonkortasun egoerak eragiteko faktore eragile ohikoena eta, aurreikuspenen arabera, klima aldaketaren ondorioz prezipitazio erregimena aldatuko dela aurreikusten denez, egokia da azterlan bat egitea lurraldearen erresilientzia hobetzeko estrategiak definitzeko.”

Azken batean, eta aurreko paragrafoetan inplizituki egindako hausnarketan oinarrituta, argi geratzen da klima-aldaketaren ondorioetan oinarrituta mendi-hegalaren ezegonkortasunen ondoriozko arrisku geologikoen egoera eta bilakaera azter dezakeen tresna batez hornitzearen premia. Tresna horrek informazio nahikoa sortu behar du, lurraldea kudeatzeko gidalerroetan orientazioa eman ahal izateko; zehazki, lurralde-antolamenduan eta irizpide teknikoetan, mendi-hegalen ezegonkortasunengatiko arriskua kudeatzeko alderdiei heldu ahal izateko.

3. LANAREN HELBURUAK

Hauek dira lan honen abiapuntuko helburuak:

1. Lurraldea mugatu eta kartografiatzea mendi-hegalak lerratzeko arriskuaren arabera.
2. Klima aldaketaren ondorioz mendi-hegalak lerratzeko arriskua edo probabilitatea aztertzea eta kartografiatzea.
3. Lerradurekiko esposizio eta kalteberatasun handiena duten hiri eremuak eta azpiegiturak identifikatzea.

Lehen helburuari aurre egiteko, lurraldea modelizatu zen, portaera geomekanikoari edo neurri handiko masa-mugimendu moten lerratzeen (horietan, mendigune harritsuaren kalitatea da baldintzatzaile edo faktoreetako bat) eta fluxu motako lerratzeen aurrean gobernatzen duten faktoreei dagokienez. Gainerako ezegonkortasunak (blokeen erorketa eta egitura-geologiaren kontrola duten lerradurak, etab.) ezin izan ziren modelizatu, behar zuten analisi-eskala (1/1000 edo 1/2000 ingurukoa) eta abiapuntuko datuen ezaugarriak zirela eta.

Lerradurak gertatzeko probabilitatearen kudeaketari edo modelizazioari dagokionez, azpimarratu behar da ur-presioen aldaketek eragiten dituzten ezegonkortasunak baino ez direla modelizatu. Aldaketa horiek hainbat modutan modelizatu dira, ezegonkortasun-motaren arabera. Probintzian ezegonkortasunak eragiten dituzten beste faktore batzuk ere badaude: jarduera antropikotik eratorritako faktoreak (indusketak, betelanak, eustormak, etab.). Faktore horiek dira ezegonkortasun gehien erantzuleak, eta, gainera, ondorio sozioekonomiko handiena dutenak. Horrelako egoerak aztertzeko, lan-eskala bat behar da (1/1000 eskala), eta eskala hori proiektuaren eremutik kanpo geratzen da. Horrenbestez, horrelako ezegonkortasunak ez dira kontuan hartu egindako azterketan.

Azkenik, hiri-eremuei eta horien esposizioari edo kalteberatasunari lotutako azterketa kudeatzeko, izaera desberdineko hiriko eremuen arteko azterketa espaziala egin zen, eta aztertu beharreko eremuen ingurunearen arriskugarritasunari aurre egiteko sailkapena egin zen. Hori guztia eremu funtzional bakoitzerako egindako fitxetan jaso da (ikus 5.3 atala). Ebaluazio horri esposizioan dauden elementuen arriskuaren analisi kualitatiboa deitu zaio. Gogoratu behar da ez dela arriskua *sensu stricto* edo zentzu hertsian aztertuko, horretarako, gutxienez, zaurgarritasun-mapak eta elementuen esposizioa definituko duen lan-eskala handiagoa behar direlako, irristatutako masen ibilbideak integratuz.

Abiaturuko baldintzatzaile horiek oinarri hartuta, **analisi orokorrak egiteko aukera emango zuen lan-tresna bat garatzea erabaki zen**. Hau da, eskuragarri dagoen informazioarekin modeliza daitezkeen mendi-hegalen edo mazelen mugimenduak aztertzen dira, analisiaren eskala doituz, eta, aldi berean, mendi-hegalen ezegonkortasunekiko lurraldearen sentikortasunak duen bilakaerari buruzko izaera oso generikoa duten emaitza egokiak emanez.

Lan-tresna hori, hortaz, oinarri bat da eta horren gainean, etorkizunean, lurraren portaera-ereduak, alderdi klimatikoak eta elementu kalteberei buruzko alderdiak doitzeko informazio egokia ezarri ahal izango da.

4. AURRETIAZKO AZTERKETAK, PLANTEAMENDU METODOLOGIKOAREN JUSTIFIKAZIOA ETA ONDORIOAK

Egindako lanaren lehen fasean, hasieran ezarritako helburuak lortu ahal izateko eskura dagoen informazioa aztertu da.

Lerradurekiko sentikortasun eta arriskugarritasun eredian sartu beharreko informazioa aztertzeke, probintzian historikoki gertatu diren eta hainbat dokumentutan jaso diren irristatzeei buruzko datuak ikertzen hasi ginen. Aztertutako informazioa hainbat iturritatik lortu da, batez ere Gipuzkoako Foru Aldundia eta Bidegi bezalako erakunde ofizialetatik. Eskuratutako datuek ez daukate estatistika-analisi batean erabili ahal izateko informazio egokia edo nahikoa. Iturriak desberdinak direnez, bai eta lerradurei buruzko datuekin lotutako lanen helburua ere, lerradura bakoitzari lotutako informazioa desberdina da, eta, ondorioz, ezin da lortu informazio egokia eta nahikoa estatistikoki lantzeko. Ildo horretatik, esango dugu aipatutako irristatze ugari azpiegituren ustiapeneko gorabeherekin lotuta daudela; kasu horietan, ezegonkortasunaren eskala eta izaerari buruzko alderdiek zaila egiten dute datu baliagarriak edo egokiak ateratzea. Beste alderdi erabakigarri bat da kasu askotan ezegonkortasunak sortzeko faktore eragileak lotura estua duela giza jarduerarekin, indusketak sortzearekin, eustormak ezartzearekin, drainatze-lanak aldatzearekin eta abarrekin. Alderdi horiek ez dira kontuan hartuko egin nahi den analisisian (analisiaren eskala 1/1000 edo handiagoa izan behar baita).

Bestalde, luraren “geologiari edo geomorfologiari” buruzko informazioari dagozkion datuak aztertu ziren, hau da, aztertu beharreko lerradurak baldintzatzen dituzten faktoreekin lotutako mapak egiteko dagoen informazioa. Horrela, esango dugu materialen litologiari buruzko datuak EEEren bildumako mapetan jasota daudela, 1/25000 eskalan, eta horrek analisi-eskalaren ebazpen-ahalmena baldintzatzen du. Bestalde, ez dago lurzoruen lodierari buruzko informazio egokirik eta hori funtsezko faktorea da. Lurzoruen lodierako GIS (SHP) geruzaren bat lortu da, baina horiek, nagusiki, izaera alubialeko edo mendi-oineko lurzoruei egiten diete erreferentzia, eta eremu horiek ez dute ia irristatzeko arriskurik. Gainerako faktoreak, batez ere faktore geomorfologikotik eratorritakoak, GeoEuskadiren plataforman sartutako luraren eredu digitaletatik lortu dira. Informazio horrek kantitate eta kalitate egokia du 1/25.000 baino gutxiagoko eskalan lan egin ahal izateko, eta gehieneko eskala egokia

1/10.000 ingurukoa da. Informazio horretan oinarrituta eta algoritmo egokiak aplikatuz, lana egiteko beharrezkoak diren mapa batzuk sortu ahal izan dira.

Nabarmendu beharreko beste alderdi bat da eredu klimatikoetatik eratorritako mapen bereizmenak lan-eskala oso txikia duela, 1 Km x 1 Km-ko laneko lauki edo kuadrakulekin. Horrek izugarri baldintzatzen du egin daitezkeen analisien ahalmena edo eskala erabakitzailea. Gogoan izan behar da, halaber, orografia, batez ere kota erlatiboen desberdintasunak eta sistema menditsuen orientazioa prezipitazio fronte motarekiko, lotutako haizeekiko eta abarri dagokienez, faktore erabakigarriak direla lurraldean prezipitazioak sortzeko, euriaren pilaketa eta intentsitatearen ikuspegitik.

Arriskuaren kontzeptuaren alderdiei heltzeko beharrezko informazioari dagokionez, esango dugu lan-eremuan dauden elementu arkitektonikoei buruzko informazio digitala daukagula: eraikinak eta azpiegiturak. Hala ere, ez dago elementu horien kalteberatasunaren araberako kategorizazioari buruzko informaziorik; elementuak lurraldea kudeatzeko irizpide estrategikoetan, giza bizitzetan izandako eraginen ebaluazioan, galera ekonomikoetan eta abarretan oinarrituta antolatutako sailkapenik. Horrenbestez, ez da bideragarria kalteberatasun-alderdi hori barne hartzen duen azterketa bat egitea. Esposizioari dagokionez (beste alderdi garrantzitsu bat Arriskua aztertzerakoan), eskuragarri dauden datuekin sor daitezkeen ereduak ez du nahikoa informazio ematen inpaktuaren ibilbidea bezalako alderdiei heltzeko.

Horrekin guztiarekin ondorioztatu zen egin beharreko lan-eredua "Irizpide Aditu" batean oinarritu behar dela, alderdi estatistikoak ahalik eta gehien murriztuz. Eredu hori guztiz baldintzatuko du oinarritzko informazio geologikoak, metatutako lurzoruen lodierei dagokienez, eta klimaren arloari buruzko informazioak ere baldintzatuko du. Analisi-eskala, hortaz, ez da 1/25000 baino handiagoa izango.

Era berean, ondorioztatu zen garatu beharreko lanak garatu edo aurrera egin beharko lukeela Arriskugarritasun-mapa bat sortu arte, eta mapa horren gainean eskualde-mailako azterketak egin ahalko lirakekeela, kasu batzuetan azpiegitura-elementuak txertatuz eta alderdi desberdinen arteko espazio-elkarreragina ikusiz.

Irizpide Adituan oinarritutako azterketa-ereduak ezegonkortasunak sortzen dituzten prozesu naturalak modelizatu nahi ditu, gertatzeko probabilitatearen ikuspegitik. Horretarako, azterketa-ereduak edo -tresnak honako alderdi hauek jorratu behar ditu:

- Naturako prozesu fisiko-mekanikoen erreproduzioan oinarritzen denez, prozesuan parte hartzen duten faktore desberdinen arteko determinazioa, modelazioa eta elkarrekintza landu behar dira. Faktore geologiko, geomorfologiko eta klimatikoak.
- Tresnak faktoreak eta hauei lotutako klaseak kudeatzeko algoritmo bat izan behar du, eta modelizatu beharreko prozesu bakoitzerako modu egokian haztatu beharko dira.
- Aztertu beharreko ezegonkortasun-motek izan beharko dute, nolabait, klima-aldaketaren aurrean ezegonkortasunak jasateko lurraldearen sentikortasunaren adierazle eraginkorrak. Alde horretatik, bi ezegonkortasun-tipologia ikertzea aztertu dela esango dugu.

Masa-lerradurak; tipologia hau zuzenean lotuta dago prezipitazio metatuen kontzeptuarekin, batez ere 5-10 eguneko denbora-aldietan pilatutakoarekin. Eurite handien ondorioak lotuago daude lokatz-fluxuen edo debri flow izeneko higakin koladen ezegonkortasunekin, eta hori da aztertu beharreko beste tipologia. Eskura dagoen informazioa eta lan-eskala direla eta, egitura-portaera duten lerradurak, blokeak erortzea eta giza ekintzaren ondoriozkoak ez dira aztertuko.

5. LAN-PLANTEAMENDUA

Azterketa egin eta ondorioak atera ondoren, jarraian, erabilitako metodologiaren deskribapena jaso da.

5.1 DESKRIBAPEN OROKORRA ETA JUSTIFIKAZIOA

Erabilitako metodologia Irizpide Adituaren Analisi baten garapenean oinarritzen da; izan ere, ez dago azterketa datu estatistikoetan oinarrituta garatzeko behar besteko informaziorik, eta, aitzitik, nahikoa datu daude irizpide adituaren analisi-tresna bat elikatzeke.

Egin beharreko analisiak mazelaren ezegonkortasunekin, masa-mugimendu motaren ezegonkortasunekin (gutxi eboluzionatutako errotazionalak eta translazionalak) eta lur eta lokatz fluxuen motako prozesuekin lotzen diren prozesu fisiko-mekanikoen modelizazioan oinarritzen dira.

Alde batetik, prozesuen zati bat lurtean sortutako tentsio-egoerak askatzean oinarritzen da. Egoera horiek lurtean alderdi geometrikoen eraginez eratutako esfortzuak sortzearen emaitza dira. Tentsio-egoera horiek askatzeak zerikusia du lurtearen erresistentzia-ahalmenarekin eta haren aldaketekin; aldaketa horiek lotuta daude ura egotearekin, materialaren poroetan presioa egiten. Kasu horietan, lurtearen ahetasun-maila da ezegonkortasuna eragiten duen faktorea. Portaera-eredu hori masa-lerradurekin zuzenean lotuta dago.

Bestalde, higadura-prozesuak aztertzen dira, lurrazaleko materialen gainean korronteez edo gainazaleko isurketek duten estres hidraulikoarekin lotutako prozesuak. Kasu horietarako, funtsezkoa da lurrazaleko uren kontzentrazioa modelizatzea, lurtearen gainean iragaten den ura. Analisisirako eredu hori lohi-fluxuko edo debris flow motako higakinen fluxuko ezegonkortasunekin lotuta dago.

Aurretik definitutako bi prozesuak modelizatzeko aukera ematen duen tresna analisi-algoritmo bat da. Algoritmo horrek aukera ematen du kasu bakoitzean prozesuan esku hartzen duten faktoreak sartzeko; horrela, izaera desberdineko faktoreak sartu ahal dira, prozesuan duten eraginaren arabera haztatzen direnak. Faktore bakoitzaren barruan klase edo mota

batzuk definitzen dira, eta antzeko lanetan aurretik izandako esperientzietatik lortutako estatistika-irizpideen arabera haztatzen dira.

Analisi-algoritmoa Informazio Geografikoko Sistema motako tresna baten barruan sartzen da, mapak gainjarriz eta mapa-algebra eginez emaitzak lortzeko aukera ematen duena.

Planteatutako sistemak abantaila hauek ditu:

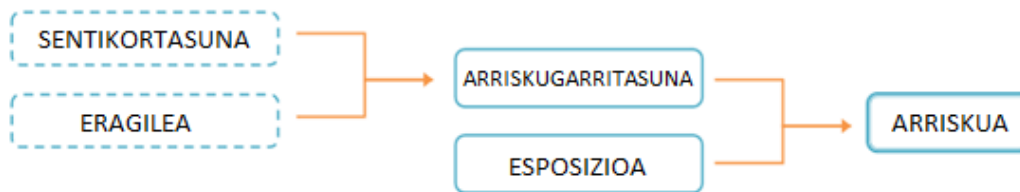
- Egin beharreko analisi motaren premian oinarrituta egokitu daiteke. Horrela, analisirako beste ezegonkortasun mota bat inplementatu behar denean, modu errazean egin ahal izango da.
- Probintziako irristatzeen datu-base bat sortu eta elikatzean oinarrituta eguneratu daiteke. Alderdi hori funtsezkoa da eredia egokitzeko faktoreen garrantziari eta lotutako klaseen sailkapen estatistikoari dagokienez.
- Irizpide edo analisi-faktore berrien arabera ere alda daiteke, faktore abiarazleetan aldaketak edo doikuntzak planteatzeko aukera emanez, adibidez.

5.2 ANALISI-FASEAK ETA MAPA DERIBATUAK

Aurretik deskribatutako metodologiaren arabera egindako azterketatik zenbait emaitza lortzen dira, eta horiek mapa moduan adierazten dira; izan ere, mapak metodo eraginkorra, intuitiboa eta erabilgarria baitira lortutako datuak aurkezteko.

Planteatutako metodologiari jarraiki, analisia modu paraleloan egiten da, baina berezita, masa-lerraduretarako eta debris edo lokatz-fluxu motako ezegonkortasunetarako.

Arrisku-mapa bat lortzeko, azterketa bat egin behar da mailaka edo faseka. **Lehenik eta behin, Sentikortasun Mapa** bat sortzen da (faktore baldintzatzaileen azterketa), **bigarren fasean** faktore baldintzatzaileei faktore abiarazleak gehitzen zaizkie, eta horrela **Arriskugarritasun Mapa edo Gertatzeko Probabilitate Mapa** bat lortzen da; azkenik, **Arrisku Mapa** sortzeko sentikortasun mapa arriskugarritasun maparen gainean jarri behar da.



1 irudia: Sentikortasunaren, arriskugarritasunaren eta arriskuaren mapak egiteko prozesuaren eskema.

Ondoren, mapa motak, horiek egiteko beharrezko datuak eta horietatik ateratzen den informazioa lortzeko prozesua definitzen da.

5.2.1 SENTIKORTASUN-MAPA

Sentikortasuna honela definitzen da: zona bat prozesu jakin baten eraginpean geratzeko duen aukera edo posibilitatea, eta ezegonkortasunak baldintzatzen dituzten faktoreen mende dago. Faktore horiek materialen berezko izaerakoak (litologia, adibidez) edo kanpokoak

(erliebearekin lotutakoak, esaterako) izan daitezke. Faktore horiek baldintzatzaile edo pasibo gisa definitzen dira.

Azken batean, mapa hauetan azaltzen diren zonetan lurzoruan ezegonkortasunak sortzeko baldintzak aldekoak ote diren eta zenbateraino adierazten da. Horrela bada, sentikortasuna prozesuan inplikaturik dauden hainbat faktoreren arteko erlazioaren emaitza izango da. Faktore bakoitzak pisu desberdina izango du ebaluazioan (haztapena), eta haztapen hori desberdina izango da analisiak aztertzen duen ezegonkortasun-motaren arabera.

Lehen ere esan bezala, analisi-ereduak **aztertu beharreko bi irristadura motetan gertatzen diren prozesu fisikoak islatu nahi ditu**, hau da, **masa-irristadurak eta fluxu edo debris flow irristadurak**.

Masa-lerradurak lurrean gertatzen den tentsio-egoera baten askapen edo eboluzio baten ondorioz gertatzen dira. Laburbilduz, ezaugarri mekanikoak edo erresistenteak dituen lurzoru-masa batek (GSI faktorea, kalitate geologikoaren indizea) tentsio-egoera bat jasaten du, mendi-hegal baten barruan egotearen (RTP faktorea) eta mazela-maldaren (malda faktorea) ondorioz. Lurzoruaren erresistentziaren eta eskari tentsionalen arteko erlazioaren arabera, eremuak irristadurak sortzeko joera handiagoa izango du edo ez.

Fluxu motako lerraduren kasuan, prozesu naturalak **material mota jakin baten gainean esfortzu hidraulikoak sortzeari** egiten dio erreferentzia. Horrela, kasu hauetan garrantzia hartzen dute isurkiek lur-azaletik jariatzeko modua (lurraren kurbadura-faktorea) eta ibilgu-eremuetatik hurbil egoteak (ibilguarekiko distantzia-faktorea). Esku hartzen duen beste faktore bat inguruan baso-masak edo laboreak egotea da (lurzoruaren erabilera-faktorea).

Taula moduan adierazi dira ezegonkortasun-mota bakoitza (masa zein fluxu motako irristadurak) eragiten duten faktoreak eta egindako analisisian dagozkien GIS geruzak (faktoreak).

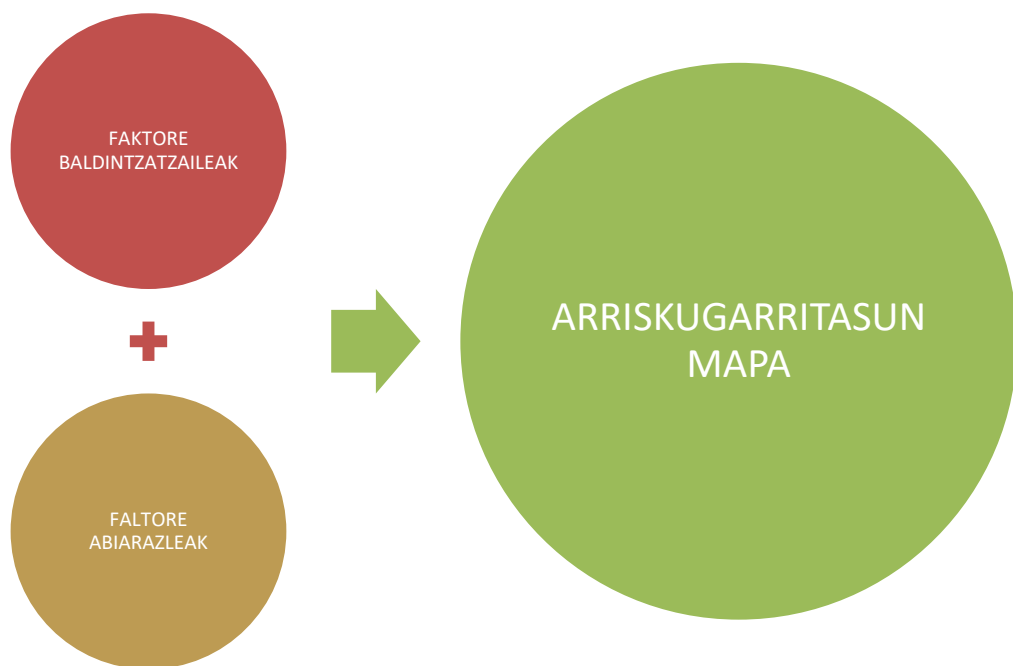
	Faktoreak	Eraginak eta ondorioak
Baldintzatzaileak	Erliebea	Esfortzuen banaketa
		Tentsio-egoera
		Ur-presioak
		Ur-metaketa
	Litologia (konposizioa, testura)	Dentsitatea, erresistentzia Portaera hidrogeologikoa
	Egitura geologikoa	Haustura-prozesuen ondorioz eraturako luraren ahultasun- eremuak. Ahulguneak
	Materialen propietate geomekanikoak	Materialen "erresistentziari" egiten dio erreferentzia. Litologia, meteorizazioa eta haustura uztartzen ditu
Deforestazioa	Higadura, landare-estalkiaren ondorioak higaduraren aurrean	
Meteorizazioa	Aldaketa fisikoak eta kimikoak, kanpoko eta barruko higadura, ahulguneak sortzea	

1. taula: Lerradurak sortzeko faktore baldintzatzaileen laburpena.

5.2.2 ARRISKUGARRITASUN-MAPA

Arriskugarritasuna eremu batean gertakari bat gertatzeko probabilitatea da, denbora-tarte jakin baterako. Arriskugarritasun-mapa luraren sentikortasuna edo kalteberatasuna eragiten duten faktoreen eta ezegonkortasunak eragiten dituzten faktore abiarazleen arteko konbinazioa da:

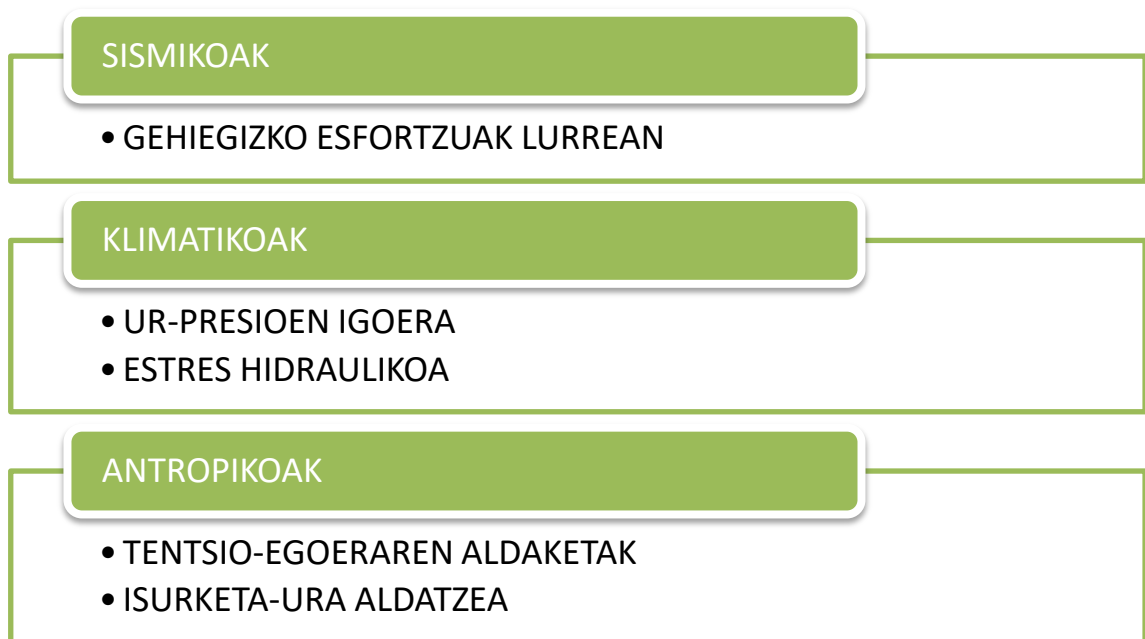
- **Faktore baldintzatzailleak** (pasiboak eta barrukoak). **Sentikortasun mapetan** modelizatua.
- **Faktore abiarazleak** (aktiboak eta kanpokoak).



2. irudia: Arriskugarritasun-mapak sortzeko eskema kontzeptuala.

Beraz, arriskugarritasun-mapa egiteko, fase honetan faktore eragileak modelizatu behar dira. Faktore eragile edo abiarazleak kanpoko faktoretzat hartzen dira, ezegonkortasunak **AKTIBATZEKO** edo eragiteko arduradunak dira, eta **lerraduren tamainarekin eta abiadurarekin zuzenean lotuta daude.**

Hauek dira lerradurak eragin ohi dituzten **faktore eragileak**:



3. irudia: Irristadurak sortzea eragin dezaketen faktoreak.

Ondoren deskribatuko ditugu:

- Sismoak edo lurrikarak: lurrazaleko materialetan azelerazio gehigarri baten eraginez esfortzu handiagoak eragiten dituzten prozesuak dira.
- Faktore klimatikoak: batez ere euri moduko prezipitazioak dira.
Bi motatakoak izan daitezke:

- ✓ Materialetan ur-presioak areagotzen dituztenak, hausturarekiko erresistentzia murriztuz. Prozesu hauek etengabeko prezipitazio-aldiei lotuta daude, eta ur asko metatu ohi da.
 - ✓ Estres hidraulikoa areagotzen dutenak eta higadura-prozesuak eragiten dituztenak. Prozesu hauek prezipitazio handiak, ekaitzak edo intentsitate handiko euri-aldi laburrei lotuta daude.
- Faktore antropikoak: giza jardueraren prozesuak dira, luraren azalera aldatzen dutenak. Honako faktore hauek dira:
 - ✓ Materialen tentsio-egoeran aldaketak: tamaina ertaineko edo handiko lur-mugimenduei lotutakoak; indusketak eta betelanak sortzea.
 - ✓ Azaleko ur-jariatzean aldaketak sortzen dituzten jarduketak, ur-fluxuak pilatuz eta higadura areagotuz; baso-pistak edo bestelako obrak.

Taula honetan labur-labur erakusten dira faktore abiarazleak, bai eta egindako azterketa honetan nola landu diren:

FAKTORE ABIARAZLEA	LURRAREN GAINEKO ONDORIOAK	OHARRAK
SISMOAK-LURRIKARAK	Gehiegizko esfortzuak lurrian	Faktore sismikoa arriskugarritasun-mapak egiteko faktore abiarazle gisa baztertu egin da, GLH ez baita eremu aktiboa.
FAKTORE KLIMATIKOAK	Lurrian ur-presioa handitzea (prezipitazio ugari metatzen diren aldiak) Estres hidraulikoa gehitu eta higadura-prozesuak eragiten dituzte (intentsitate handiko prezipitazio-aldi laburrak)	Arriskugarritasun-mapetan modelizatzen da, azterketaren xede diren bi irristatze motetarako: <ul style="list-style-type: none"> • Metatutako prezipitazioak • Prezipitazio handiak.
FAKTORE ANTROPIKOAK	<ul style="list-style-type: none"> • Aldaketak tentsio-egoeran. Lur-mugimenduekin lotuta daude. • Azaleko jariatze-uraren aldaketak. 	Azterlan honetan ez dira aintzat hartuko, 1/2000 eskalan edo maila handiagoan egin behar baitira, azterketa deterministikoekin batera.

2. taula: Faktore abiarazleen azalpena, deskribapena eta horiei buruzko oharra.

5.2.2.1 Faktore abiarazleen mapa

Masa eta debris edo higakin motako irristatzeak eragiten dituzten faktore abiarazleen mapa egin da, eta prezipitazioak faktore hidrogeologiko edo hidrologikoekin batera aztertu dira.

Jarraian, bi irristatze motetan faktore eragile edo abiarazleak modelizatzeko egindako analisiaren prozesuak adieraziko dira.

Masa-lerradurak eragiten dituzten faktoreak:

Masen lerratzeen aurrean dagoen arriskugarritasun-kartografia egiteko (errotazionalak edo translazionalak), **lurzoruaren saturazioa** hartu da **prozesuaren faktore eragiletzat**, prozesu horiek sarritan sortzen baitira (gizakiaren esku-hartzerik gabe gertatzen badira) materialen poro-presioa areagotzearen ondorioz.

Urak lurlean duen eraginak tentsio-egoerak aldatzen dituzten **presioak eragiten ditu**, presio interstizialen eta lurraren pisua handitzearen ondorioz, gainera, barneko eta kanpoko higadura-prozesuak gertatzen dira, eta horrek guztiak **materialen propietateak eta erresistentzia aldarazten** ditu.

Lur eta lokatzezko fluxuak eragiten dituzten faktoreak:

Bestalde, fluxu motako ezegonkortasunen aurrean dagoen arriskugarritasun-kartografia egiteko, azaleko jariatzea edo isurkiak hartu da faktore abiarazletzat. Horretarako, alde batetik, euri-jasa handietan botatzen duen ura hartzen da kontuan, eta, bestetik, eremu jakin batetik igarotzen den azaleko jariatze-kantitatea, eremua kokatuta dagoen arroaren arabera.

5.2.3 KALTEBERATASUN-MAPA

Aurreko ataletan aipatu den bezala, kalteberatasuna ez da kokapenaren edo erabileren araberakoa soilik, baizik eta zenbait faktoreren araberakoa, hala nola jakineko eraikinaren zimendu-mota, eraikin horien okupazio-tasa, bizitegi-, ekipamendu- edo industria-lurzoruen kasuan. Azpiegituretaren kasuan, bide-zati bakoitzak jasaten duen trafiko-kantitatea zehaztea beharrezkoa izango litzateke, kalteberatasunaren balorazioa egin ahal izateko. Hori esanda, ondoriozta daiteke Gipuzkoako Lurralde Historikoaren eskalan kalteberatasun-mapa bat egiteak berekin dakarrela ezagutza-eremu desberdinei buruzko datu ugari aztertzea eta baloratzea, eta, horregatik, garrantzi handiko helburua dela, eta, horretarako, proiektu propioa egin beharko litzatekeela, eta administrazioko hainbat sailek eta erakundek estu lan egin beharko luketela (EEEtik URAraino, SOS deiak, BIDEGI eta Aldundia bera barne).

Mapa horren gabezia konpontzeko, esposizioa duten elementuen azterketa egin da, arriskugarritasun handiko eremuetatik gertu dauden kontuan hartuta.

Hala ere, proiektu hau kontsultarako tresna izateaz gain, oraingoa osatuko duten etorkizuneko lanetarako oinarriak ezar ditzan, kalteberatasunaren kontzeptua garatuko da jarraian.

Kalteberatasuna esposizioan dauden elementuek eraginak jasateko duten joera da. Kalteberatasunaren mapan, balizko ezegonkortasun-prozesu bat jasan dezaketen esposizioa duten elementuak jasotzen dira, bai eta elementu edo elementu multzo baten galera edo suntsiketa maila ere, magnitude jakin bateko fenomeno natural bat gertatzearen ondorioz (Varnes, 1984).

Horretarako, lehenik eta behin, elementu horiek identifikatzen dira, eta kalteberak direla esan daiteke, ezaugarri sozial, ingurumeneko, ekonomiko edo estrukturalen eta bizitza-galeren ikuspegitik.

Laburbilduz eta adibide gisa, garraiobideen kalteberatasuna baloratzeko, beharrezkoa da trafiko handienekoak zeintzuk diren definitzeaz gain, gune batzuk inkomunikatuta geratzea eragozten duten funtsezko komunikazioak zeintzuk diren identifikatzea. Horrekin batera, garraiobide horien elementu kalteberenak identifikatu beharko lirateke, hala nola zubibideak,

mendi-hegalen azpiko lur-erazketak egoera arriskutsuan daudenean, eta ezegonkortasun-mota bakoitzak eragindako inpaktua jasotzearen ondorioak egituratan.

Jendea bizi den zonetan dauden elementuetatik, erabilera publiko zein pribatukoak, haien esposizio-maila definitu beharko litzateke kokapenaren arabera eta lerradura batek eragindako inpaktu bat jasotzerakoan duten gaitasunaren arabera (gogoan hartu behar da balorazioa zentzu ekonomikoaren eta/edo bizitza-galeren arabera egin daitekeela).

Jarraian, kalteberatasun-balioak proposatzen dituzten taulak jasotzen dira, lehenengoak giza bizitzetan eragiten dituzten ondorioetarako eta hurrengoak eraikinetako ondorioetarako:

Tabla 13.17 Valores de vulnerabilidad recomendados en Hong Kong (Finlay y otros, 1997).

VULNERABILIDAD DE UNA PERSONA EN UN AREA ABIERTA			
Caso	Rango de Valores Históricos	Valor Recomendado	Comentarios
1. Es golpeado por un caído de roca.	0.1 – 0.7	0.5 (1)	Puede ser herido, pero rara vez causa la muerte.
2. Es sepultado por un flujo de detritos.	0.8 – 1.0	1.0	Muerte por asfixia.
3. No es sepultado.	0.1 – 0.5	0.1	Alta probabilidad de supervivencia.
Nota: (1) La proximidad de la persona debe considerarse en más detalle.			
VULNERABILIDAD DE LA PERSONA EN UN VEHICULO			
Caso	Rango de Valores Históricos	Valor rRecomendado	Comentarios
1. Si el vehículo es sepultado o destruido.	0.9 – 1.0	1.0	La muerte es casi segura.
2. Si el vehículo es dañado solamente.	0.0 – 0.3	0.3	Alta probabilidad de supervivencia.
VULNERABILIDAD DE LA PERSONA EN UN EDIFICIO			
Caso	Rango de Valores Históricos	Valor Recomendado	Comentarios
1. Si el edificio colapsa.	0.9 – 1.0	1.0	La muerte es casi segura.
2. Si el edificio es inundado con residuos del deslizamiento y la persona es sepultada.	0.8 – 1.0	1.0	La muerte es muy probable.
3. Si el edificio es inundado con residuos del deslizamiento y la persona no es sepultada.	0.0 – 0.5	0.2	Alta probabilidad de supervivencia.
4. Si los residuos golpean al edificio solamente.	0.0 – 0.1	0.05	Virtualmente no hay peligro. (1)
Nota: (1) Debe tenerse en cuenta la proximidad de la persona a la parte del edificio afectada por el deslizamiento.			

4. irudia: Deslizamientos izeneko liburuaren laburpena. I.liburukia. Analisi Geoteknikoa. Jaime Suárez. Hong Kongeko Gobernuak giza bizitzaren galeren gaineko eraginari buruz erabiltzen dituen kalteberatasun-balorazioak jasotzen dira.

Profundidad de la Cimentación (incluyendo pilotes), metros	Profundidad del Deslizamiento, metros	Vulnerabilidad
≤ 2	< 2	1.0
> 2	< 2	0
Menos que la profundidad del deslizamiento	2 -10	1.0
10 – 13	2 -10	0.5 – 1.0
> 13	2 -10	0 – 0.5*
Cualquiera	>10	1.0**

5. irudia: Deslizamientos izeneko liburuaren laburpena. I.liburukia. Análisi Geoteknikoa. Jaime Suárez.
Egituren kalteberatasun-balioak, zimenduen sakontasunaren arabera.

Puntu honetan adierazi behar da gerta daitezkeen lerratzeen ibilbideak lurraren eredu deterministiko eta/edo tensodeformazionaletatik abiatuta baino ezin direla aztertu. Eredu horiek 1/1000 inguruko lan-eskalan soilik kalkula daitezke, eta, horretarako, funtsezkoa da portaeraren eredu geomekanikoa eta parametro geoteknikoak definitzea. Horretarako, ezinbestekoa da kartografia geologiko-geotekniko bat eta ikerketa-kanpaina bat egitea (landan lan zein laborategiko lanekin).

Kalteberatasuna, beraz, bere baitan hainbat alderdi hartzen dituen kontzeptua da. Honela defini daiteke: *“adierazitako elementu baten edo arriskuan dagoen elementu multzo baten galera edo suntsiketa maila, magnitude jakineko fenomeno natural bat gertatzearen ondorioz (Varnes, 1984). Gertakari jakin bat jazotzearen ondorioz eremu zehatz batean biztanleriari, giza bizitzeari, ondasunei, jarduera ekonomikoari, zerbitzu publikoari, ingurumen-baldintzeari eta abarri eragindako kalteen maila.”*

Kalteberatasunaren balorazioa elementu jakin baten kaltearen edo galeraren maila potentzial gisa defini daiteke, Otik 1era bitarteko eskala batean adierazita, non:

$$V = V_s \times V_t \times V_l$$

V_s = Probabilidad del impacto espacial del deslizamiento sobre el elemento.

V_t = Probabilidad en el tiempo (donde se encuentre el elemento durante el impacto).

V_l = Probabilidad de pérdida de vida o proporción del valor del elemento.

Kalteberatasuna, nagusiki, elementuak arriskuarekiko duen esposizioaren mende dago. Kontuan hartu beharreko funtsezko balioak hurrengo grafikoan ikus daitezke.

Descripción de Vulnerabilidad	Rango de Pérdida	Índice
Elementos ambientales intactos	0	0
Pérdidas ambientales locales	1 - 25%	0.25
Pérdidas ambientales serias, pero reparables	26 - 50%	0.5
Daños ambientales muy grandes, difíciles de reparar	51 - 75%	0.75
Destrucción total del medio ambiente físico	76 - 100%	1

6. irudia: Deslizamientos izeneko liburuaren laburpena. I.liburukia. Análisi Geoteknikoa. Jaime Suárez. Ingurumen-kalteberatasuneko balioak (Imiriland, 2007).

Hortik ondorioztatzen da kalteberatasun-mapa bat diziplina anitzeko aditu-talde batek egin beharko duela. Azterketa horrek lotura estua izan beharko du lurraldea kudeatzeko irizpideekin.

Lan hau egiteko unean ez dago Gipuzkoako lurraldearen kalteberatasun-maparik.

5.2.4 ARRISKU-MAPA

Arrisku-mapa bat egiteko, beharrezkoa da aldez aurretik kalteberatasun-mapa bat sortzea. Aurreko atalean aipatu den bezala, mapa hori ez dago, beraz, ez da bideragarria arrisku-mapa bat zentzu hertsian sortzea. Hala eta guztiz ere, esposizioa duten elementuen balorazioa egin da, arriskugarritasun-eremuetatik hurbil dauden kontuan hartuta. Hori esposizioan dauden elementuen arriskuaren analisi kualitatibo gisa izendatu da, eta eremu funtzionalen fitxetan jaso da. Hala ere, atal honetan arriskuaren kontzeptuaren definizioa jasotzen da.

Arriskua da fenomeno jakin bat gertatzearekin zerikusia duten giza heriotzen, pertsona zaurituen, jabetzari egindako kalteen eta ekonomia- eta ingurumen-galeren espero daitekeen kopurua (Varnes 1984). Praktikan, mehatxuak eragindako ondorioen tamainak zehazten du arriskua. Honela definitzen da arriskua:

$$Riesgo = Detonante \times Susceptibilidad \times Potencial \times \frac{Exposición}{Resistencia} \quad (Duque, 2000)$$

Arriskuei buruzko azterlan oso batek kalteak jasan ditzaketen pertsonen kopurua definitu behar du, baita ondasun eta ingurumenena ere. Arriskuaren kalkulua, lehenik eta behin, tratamendu matematiko bat da, mehatxuan, arriskuan dauden elementuetan eta horien kalteberatasunean oinarritua; kalkulu horretarako, probabilitate-aljebra jotzen da (gertaeren zuhaitzak izan daitezke), edo, bestela, fidagarritasun- edo simulazio-metodoetara.

R arriskuaren ebaluazioak mehatxuaren, kalteberatasunaren eta kostuaren nozioa barne hartzen ditu. Honela definitzen da “matematikoki”: (Mendoza eta Domínguez, 2005).

$$R = \sum_i A_i \times \left[\sum_j V_{ji} \times C_j \right]$$

Donde:

A_i = es la amenaza i

V_{ji} = es la vulnerabilidad de los elementos j para la amenaza i

C_j = es el “costo” o valor del elemento j

Arriskuaren analisiak honako hauek ikertzea eskatzen du:

- Zer gerta daiteke? (Mehatxuaren azterketa).
- Zein da gertatzeko probabilitatea? (Mehatxuaren probabilitatea).
- Zein izango lirarteke galerak edo kalteak? (Ondorioen azterketa).

- Benetan axola al du? (Arriskuaren ebaluazioa).
- Zer egin daiteke arriskuarekin? (Arriskuaren erabilera).

Karakterizazioak zehaztu behar du arrisku-egoera lokalizatuak edo orokortuak dauden. Arrisku lokalizatuaren kasuan, aztertutako eremu jakin bateko arrisku-puntuak eta arrisku-eremuak identifikatu behar dira. Horrez gain, aldi baterako arriskua edo arrisku iraunkorra edo epe luzekoa den zehaztu behar da.

Arriskua hainbat ikuspuntutatik azter daiteke, eta horiek guztiek aztertzen den ingurune fisikoaren ezagutza oso zehatza eskatzen dute; analisi-escala 1/5.000 eta 1/500 artekoa edo handiagoa da.

Honako arrisku mota hauek azter daitezke:

- **Arrisku soziala edo giza arriskua:** hemen sartzen dira lerradura baten ondorioz hildakoak eta desagertuak, zaurituak eta desgaituak edo lesio pertsonalak dituztenak. Aztertu behar diren alderdiak ondoko taula hauetan jaso dira:

Población Afectada	A Número de Personas	B Factor de Presencia	Población Amenazada = Ax B
Residentes			
Personas que viven permanentemente		1	
Personas que vienen los fines de semana (cabañas)		0.3	
Personas que permanecen en hoteles (Número de camas)		0.5	
Pacientes en hospitales (Número de camas)		1	
Pacientes en Ancianatos (Número de camas)		1	
Visitantes de día			
Número de empleados de oficinas o fábricas, alumnos y niños en colegios		0.35	
Número promedio de clientes de almacenes y Centros comerciales		0.008	
Otros visitantes ocasionales		0.008	
Personas en Automóviles y autobuses			
Más de 5000 vehículos promedio por día		0.01	
500 a 5000 vehículos por día		0.005	
Menos de 500 vehículos por día		0.001	

7. irudia: Deslizamientos izeneko liburuaren laburpena. I.liburukia. Analisi Geoteknikoa. Jaime Suárez.

Arriskuaren analisia pertsoneri dagokienez (Bergren eta beste batzuk, 1992).

Tabla 13.21 Análisis de riesgo con relación a propiedades (Bergren y otros, 1992).

Propiedades Afectadas	Número de Unidades	Factor de Cálculo	Valor de las Propiedades Amenazadas en Dólares
Casas		Valor unitario	
Casas de área menor a 90 m ²			
Casas de área de 90 a 130 m ²			
Casas de área de 130 a 200 m ²			
Casas de área de más de 200 m ²			
Edificios		Valor por m ²	
Metros cuadrados de edificios de vivienda			
Metros cuadrados de escuelas, oficinas y almacenes			
Metros cuadrados de bodegas y edificios industriales			
Estructuras especiales		Valor unitario	
Puentes			
Estaciones eléctricas			
Instalaciones de agua, gas, tuberías diversas, etc.			
Áreas diversas		Valor hectárea	
Jardines			
Calles, parqueaderos y áreas duras			
Bosques			
Áreas agrícolas			

7. irudia: *Deslizamientos izeneko liburuaren laburpena. I.liburukia. Analisi Geoteknikoa. Jaime Suárez. Arriskuaren analisia ondasunei dagokienez (Bergren eta beste batzuk, 1992).*

- **Errepideetako arrisku soziala:** arrisku sozialeko kasu berezi bat da errepideetako eta autobideetako arriskua, irristaduren ondorioz. Arrisku mota hau hainbat egilek aztertu dute probabilitatea erabiliz, bai mugimenduan dauden ibilgailuentzat, bai oinezkoentzat (Hungar eta beste batzuk, 1999).

Bereziki, aipatzekoa da AEBetako Oregon estatuan harriak edo harkaitzak erortzeko mehatxuak sailkatzeko sistema (Pierson eta beste batzuk, 1990). Sistema honek prozedura erraz bat erabiltzen du errepideetako harri-erorketen arriskua kalkulatzeko, AVR arrisku-indize bat erabiliz, honako adierazpen honen arabera zehazten dena:

$$AVR = \frac{L_H \cdot V_H \cdot ADT}{PSL}$$

Donde:

AVR = Índice de riesgo (Vehículos en riesgo)

L_H = Longitud de la zona amenazada por los caídos de roca en Km.

V_H = Porcentaje de un vehículo que en cualquier momento se puede esperar que esté en la zona amenazada (Generalmente, se toma igual al 100%).

ADT = Promedio de tránsito diario.

PSL = Velocidad señalizada en Km/hora.

- **Arrisku ekonomikoa:** Re arrisku ekonomikoa irristatze jakin baten eraginaren ondorengo galera ekonomikoen balioa da. Tokiko eta eskualdeko arrisku ekonomikoaren ebaluazioa lerradurek eragindako mehatxua ebaluatzeko moduaren antzera egin daiteke.

Tokiko arrisku ekonomikoa kalkulatzeko, arriskua honako adierazpen honen arabera ebalua daiteke:

$$R_e = p(L_j) \cdot V_{ni} \cdot Q_n$$

$$p(l_i) = S_{ai} \cdot S_0^{-1} \cdot n_i \cdot T^{-1}$$

Donde:

V_{ni} = La vulnerabilidad de la facilidad a la acción del deslizamiento i .

Q_n = Costo total de la facilidad.

S_{ai} = Área promedio de destrucción por el deslizamiento i .

S_0 = Área total considerada

n_i = Número de deslizamiento i

T = Número de años durante los cuales se formaron los deslizamientos

$P(l_j)$ = Es la probabilidad de que se originen los deslizamientos i

5.3 INBENTARIO-FITXAK EREMU FUNTZIONALAREN ARABERA

Lehen deskribatutako mapak sortu ondoren, eta proiektuaren zati gisa, Gipuzkoako Lurralde Historikoko eremu funtzional eta udalerrri bakoitzaren fitxak sartu dira. Fitxa horietan, **arriskua modu kualitatiboan** zehazteko **azterketa** bat egiten da, **arriskugarritasun esanguratsua duten eremuetatik esposizioan dauden elementuen hurbiltasunaren arabera**.

Fitxa horien helburua da administrazioek eta partikularrek proiektuaren emaitzen erabilera erraztea.

Fitxetan, arriskugarritasunaren ebaluazioa eta arriskuaren azterketa kualitatiboa jasotzen dira 8.5 klima-agertokian, esposizioa duten elementuetatik gertu dauden eremuetan, 2011-2040 proiektzioan, proiektu honen emaitzetan interesa duten administrazioentzat etorkizun hurbilena eta, beraz, kudeatzen errazena delako.

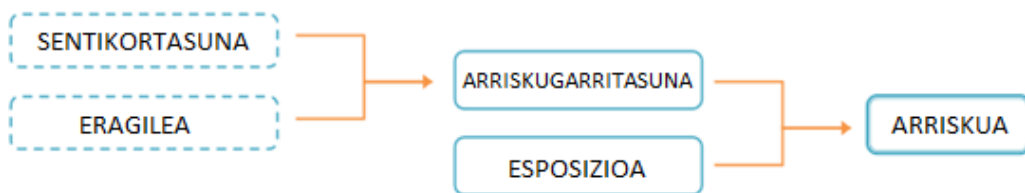
Horren haritik, **lortutako emaitzak behar bezala erabiltzeari begira**, zehaztu egin behar dira **proiektu honen ondorioz prestatutako sentikortasun- eta arriskugarritasun-mapak sortzean aplikatutako irteerako ebazpenaren, hau da, eskalaren eta erabilitako lan-metodoaren mugak**:

- Arrisku-analisiak egin dira faktore baldintzatzaileetatik abiatuta, 5x 5 m-ko bereizmen-mapetan; faktore abiarazleak (KLIMATEKen emaitzak), aldiz, 1x1 km-ko bereizmenean daude.
- Fitxetan, arriskugarritasun ertainetik oso handirako eremuetatik hurbilen dauden hiriguneak eta azpiegiturak zehazten dira. Ez da arriskuaren baloraziorik egiten *sensu stricto* edo zentzu hertsian; izan ere, horrek berekin dakar, aurreko ataletan aipatu den bezala, esposizioa duten elementuen mapa bat egitea (mota eta erabilera guztietako eraikinak, publikoak zein pribatuak, baita garraibideenak eta horien elementuak ere), bai eta kalteberatasun-mapa bat ere, Gipuzkoako Lurralde Historiko osoa barne hartzen duena (5.2.3 eta 5.2.4 atalak).

- Gogoan izan erabilitako lan-eskala eta metodoekin, ezin direla zehaztu mugitutako material-bolumenak, bolumen horiek zein abiaduratan mugi daitezkeen, ezta mugitzen direnean jarrai dezaketen ibilbidea ere.
- 8.1.2 eta 8.2.2 ataletan adierazten denez, arriskugarritasun-mapetako emaitzek ezohiko emaitzak erakusten dituzte (oso altuak), ibai emaritsuenetako lautada alubioietako eremuetan (Oria, Deba, Urola eta Urumea). Balio horiek baztertu egin behar dira arriskugarritasun- eta arrisku-analisietatik, kokapenaren arabera.

6. SENTIKORTASUN- ETA ARRISKUGARRITASUN-MAPAK. TRESNA SORTZEA ETA DESKRIBATZEA.

Lotutako arriskua definitzeko beharrezko faseak deskribatu ondoren, mapa bakoitza sortzeko prozesuaren deskribapen xehatua egiten da. Horretarako, jarraian, berriz ikusiko dugu, modu hierarkizatuan irudikatutako grafikoaren bitartez, arriskua definitzeko beharrezkoa den analisi-prozesua.



8. irudia: Sentikortasunaren, arriskugarritasunaren eta arriskuaren mapak egiteko prozesuaren eskema.

Jarraitu den lan-metodologia analisiaren fase bakoitzari dagozkion mapak sortzea izan da.

Gogoan hartu behar da, gainera, lerradura mota bakoitzerako analisi bat egiten dela paraleloki, masa motako ezegonkortasunen eta fluxu motakoen artean bereizita. Prozesuaren emaitzak, hortaz, bi mapa izango dira fase bakoitzerako.

7. SENTIKORTASUN-MAPAK. FAKTORE BALDINTZATZAILEEN DEFINIZIOA.

Eremu batean lerradurak gertatzeko aukera jasotzen dute **sentikortasun-mapek**, beste era batera esanda, lurtean **ezegonkortasunak** gertatzeko **faktore baldintzatzailleak** biltzen diren ala ez erakusten dute. Faktore baldintzatzailleak lurteko berezkoak direnak dira, beren ezaugarrien arabekoak, eta ez kanpoko faktoreen arabekoak.

Jarraian ikus daitekeen koadroan, masako zein lurteko eta lokatzeeko fluxuen irristatzeak baldintzaten dituzten faktoreak definitzen dira, bai eta horiek sentikortasun-analisian nola uztartu diren ere.

	Faktoreak	Eraginak eta ondorioak	Sentikortasunaren analisisian sartutako haztapen-faktorea
Baldintzatzaileak	Erlieba	Esfortzuen banaketa	Malda (M) (D/F)
		Tentsio-egoera	RTP. Posizio topografiko erlatiboa (M) (D/F)
		Ur-presioa	Drainatze-sarearekiko distantzia (M) (D/F)
		Ur-metaketa	Kurbadura estandarra (D/F)
	Litologia (konposizioa, testura).	Dentsitatea, erresistentzia. Portaera hidrogeologikoa	Askotariko litologiak. GSI (M) faktorean sartua (D/F)
	Egitura geologikoa	Haustura-prozesuen ondorioz eraturako lurraren ahultasun-eremuak. Ahulguneak	Eskualdeko failen zonak, 1/25000 eskalan. GSI faktorean sartuta
	Materialen propietate geomekanikoak	Materialen "erresistentziari" egiten dio erreferentzia. Litologia, meteorizazioa eta haustura uztartzen ditu	GSI. Erresistentziaren indize geologikoa (M) (D/F)
	Deforestazioa	Higadura, landare-estalkiaren ondorioak higaduraren aurrean	Lurzoruaren erabilerak (M) (D/F)
Meteorizazioa	Aldaketa fisikoak eta kimikoak, kanpoko eta barruko higadura, ahulguneak sortzea	GSI faktorean sartuta. Erresistentziaren indize geologikoa (M) (D/F)	

3. taula: Faktore abiarazleen azalpena, deskribapena eta horiei buruzko oharra. (M). Masa-lerradurekiko sentikortasun-mapan sartuta. (D/F). Debris/fluxu motako desegonkortasuneko sentikortasun-analisisan sartuta.

Faktore baldintzatzaileak sentikortasun-analisan sartzen dira mapa moduan. Faktore baldintzatzaileen mapak sortzeko erabilitako datuen jatorria askotarikoa da. Datu horien jatorria laburbilduta jasotze aldera, ondoko taula hau prestatu da:

MAPA MOTA	FAKTORE BALDINTZATZAILEA	DATUAREN JATORRIA
MAPA DERIBATUAK	MALDA RTP DRAINATZE-SAREAREKIKO DISTANTZIA KURBADURA ESTANDARRA	MDT. Lurzoruaren Eredu Digitala. GEOEUSKADI
GAIKAKO MAPAK	GSI ERREALA	KARTOGRAFIA GEOLOGIKOA (LITOLOGIA ETA TEKTONIKA). GEOEUSKADI
	LURZORUAREN ERABILERAK	LURZORUAREN ERABILERARI BURUZKO MAPA TEMATIKOA. GEOEUSKADI

4. taula: Mapa moten, faktore baldintzatzaileen eta datuaren jatorriaren laburpena.

Bildutako abiapuntuko datuetan garrantzi berezia du MDTak (lurzoruaren eredu digitala), zeinak erliebeari buruzko kalitate handiko informazioa ematen baitu, eta hortik eratorritako informazio ugari atera daiteke, hala nola malden mapa, RTP (posizio topografiko erlatiboa), kurbadura estandarra, eta abar.

Era berean, gaikako mapetan irudikatutako beste datu mota batzuk erabili dira, hala nola katografia geologikoak eta lurzoruaren erabilerei buruzko mapak.

Ondorio gisa, adierazi behar da bai MDT eredutik datozen datuen bai gaikako kartografiatik datozenak honako ezaugarri hauek dituztela:

- Datu ugari dira.

- Kalitate handikoak dira.
- Ondo banatuta daude eta, ondorioz, adierazgarritasun handikoak dira.

Ezaugarri horiek abiapuntuko datu sendo bihurtzen dituzte aztertutako ezegonkortasun-prozesuen faktore baldintzatzaileak definitzeko.

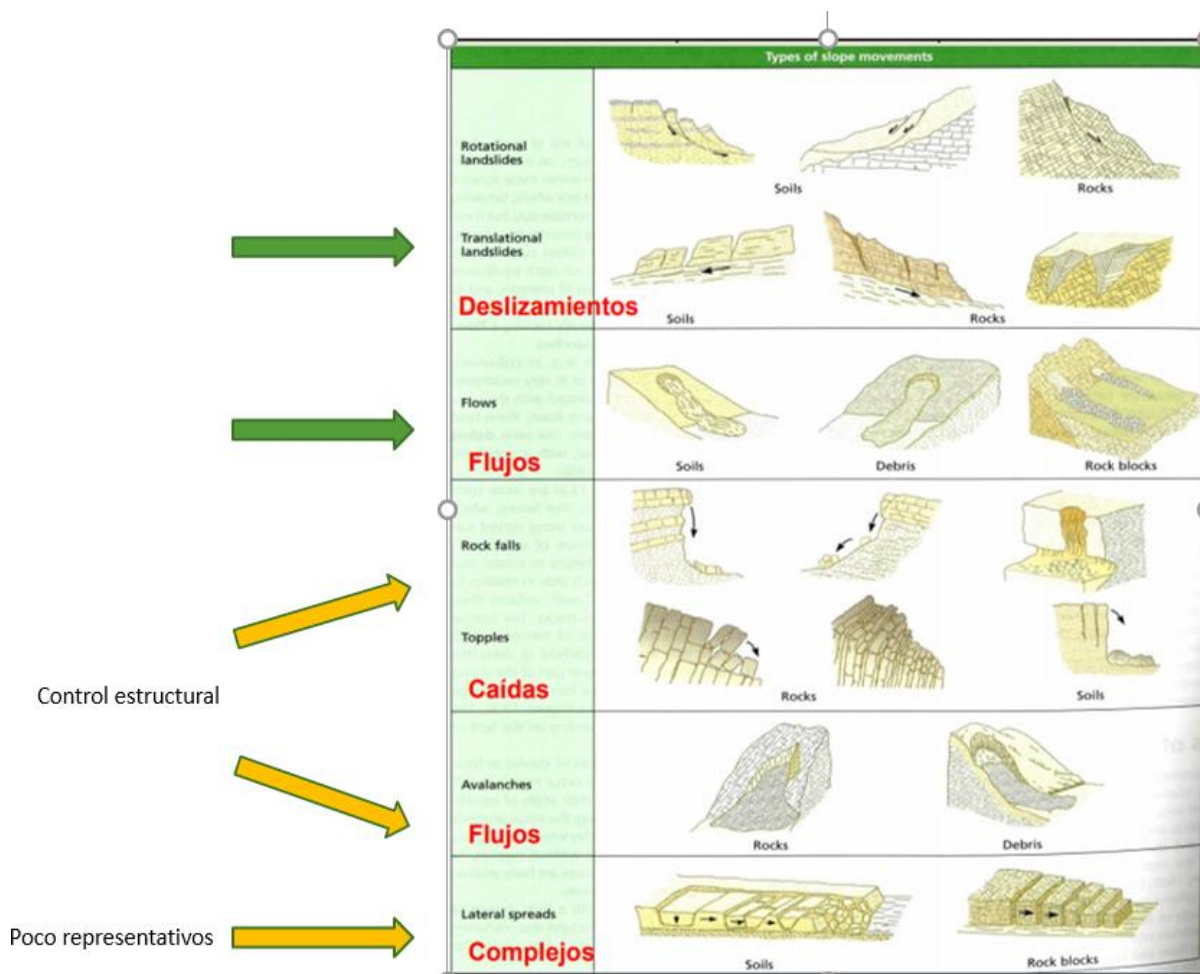
7.1 AZTERTUTAKO EZEGONKORTASUNEN TIPOLOGIA

Lerradurak ezponda edo mendi-hegal batetik beherako harkaitz- edo lur-masen mugimenduak dira. Denudazio-prozesuak eta higadura-prozesuak barne hartzen dira. Prozesuaren izaera zehatza ez da definizioan sartzen; prozesu horiek grabitazio-indarren, indar hidraulikoen eta sismoen eta abarren eraginaren ondorio dira.

Hegal naturaletako irristatzeak sakonak izan daitezke eta milioika metro kubiko material mugiaraz dezakete. Haustura-mekanismoak konplexuak izan ohi dira, eta eskala geologikoko faktoreek edo prozesuek baldintzatzen dituzte (failak, prozesu tektonikoak, prozesu geomorfologikoak, lurpeko ur-fluxuak, etab.).

Mendi-mazeletako ezegonkortasunak lekuan bertan jarduten duten barneko eta kanpoko indarren arteko desoreken ondorio dira; horrela, indar ezegonkortzaileak egonkortzaileak edo erresistenteak baino gehiago dira.

Lerradurak, oro har, eragiten dien material motaren arabera (substratu harritsua, higakinak, zoruak) eta haustura-mekanismoaren arabera sailkatzen dira. Jarraian, mugimendu moten sailkapen bat adierazten da:



5. taula: Irristatze-motak.

Lurzoruetako masa-lerradurak eta lurreko eta lokatzetako fluxuak (irudian gezi berdez adierazita) sortu beharreko sentikortasun-mapetan azertu behar diren ezegonkortasun-motak direla erabaki da, prozesuaren faktore nagusiak ondo ezagutzen direlako eta mapetan adieraz daitezkeelako egin beharreko analisiaren eskalan. Gainera, lerradura mota horiek dira GLHan maizen gertatzen direnak.

Horiz adierazi direnak, hala nola harri edo harkaitz erorketak eta higakinak, ez dira ikertu azterlan honetan, prozesuaren egitura-kontrol handia, eskualdeko daturik eza eta prozesuaren eskala direla eta.

Beste arrazoi batzuegatik ez dira kontuan hartu irristatze konplexu deiturikoak; izan ere, Gipuzkoako Lurralde Historikoan oso adierazgarritasun txikia dute edo ez dago horrelakorik.

Jarraian, aztertu beharreko lerradura-tipologiak, horien ezaugarri nagusiak eta prozesuaren faktore baldintzatzaileak adieraziko dira:

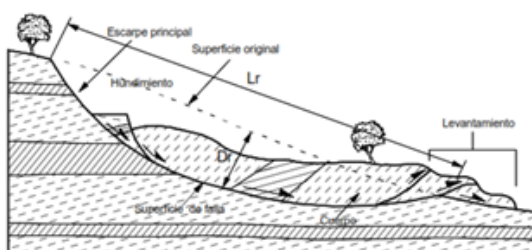
7.1.1 MASA-IRRISTATZEAK

Lurzoruko **masen mugimenduak** dira, eta **haustura-gainazal garbi** baten edo batzuen gainean irristatzen dira, gainazalen **ebaketaren aurkako erresistentzia gainditzean**.

Masa-lerradura baten sorrera- eta funtzionamendu-mekanismoa modeliza daiteke analisi fisiko-matematiko batetik abiatuta, non indar egonkortzaileek eta ezegonkortzaileek parte hartzen duten. Sentikortasun-analisan sartzen diren faktore baldintzatzaileek eredu fisikoa erreproduzitzen saiatzen dira, lerradura batean eragiten duten indarrak simulatzeko.

Masa-lerradurak lurlean gertatzen den tentsio-egoera baten erresoluzio edo eboluzio baten ondorioz gertatzen dira. Laburbilduz, ezaugarri mekanikoak edo erresistenteak (GSI faktorea, Kalitate Geologikoaren Indizea) dituen lurzoru-masa tentsio-egoeran dago, mendi-hegal baten barruan egotearen (RTP faktorea) eta mazelaren maldaren (Malda faktorea) ondorioz. Lurzoruaren erresistentziaren eta inguruko eskari tentsionalen arteko erlazioaren arabera, eremuak irristadurak sortzeko joera handiagoa izango du edo ez.

Masa-lerradurak (tensodeformazionala)



Faktore baldintzatzaileak:

- Malda
- GSI. Materialen kalitatea
- Posizio topografiko erlatiboa
- Ibarbideekiko hurbiltasuna
- Lurzoruaren erabilerak



9. Irudia: Masa-lerradura baten geometria orokorra eta faktore baldintzatzaileen zerrrenda, lerradurak sortzean duten pisuaren arabera ordenatuta.

Masa-lerraduren portaeran garrantzi handienetik txikienera, faktore baldintzatzaile hauek hautatu dira:

- Lurraren malda. Masaren pisuaren deskonposizioak (indar egonkortzailean eta ezegonkortzailean) indar ezegonkortzaileak handitzea eragiten du malda handitzean.
- Materialen kalitatea. GSlaren bidez adierazita, aurrerago definituko dena.
- Posizio topografiko erlatiboa. Masa-lerradura handiak grabitazio-mugimenduek eraginda gertatzen dira askotan. Mendi-gailur edo tontorren eta ibar-hondoaren arteko kota-alde handia duten haranetan gertatu ohi da, horrek gaitzera eragiten baitie eremu horiei.
- Ibarbideekiko hurbiltasuna edo drainatze-sarearekiko distantzia. Ibarbideetatik gertu dauden zonetan, lurzoru-metaketak izaten dira, bai kolubialak, bai elubialak, eta, gainera, maila freatikoa handitzearen eraginpean egoteko probabilitate handiagoa duten zonak dira; horrek presioa eragiten du materialaren poroetan, eta, ondorioz, indar ezegonkortzaileak areagotzen dira.
- Lurzoruaren erabilerak. Luzoruan landare-estalkia egoteak edo ez, eta estaldura motak, infiltrazio edo azaleko jariatzeko handiagoa eragin dezake.

7.1.2 LUR ETA LOKATZ FLUXUAK

Ur ugari duten lurzoru-masen mugimenduak dira fluxuak. Horietan, **materiala sakabanatuta dago eta fluido gisa jokatzen du**, etengabeko deformazioa jasaten du, haustura-gainazal zehatzik eratu gabe.

Barneko deformazio erlatiboak oso handiak dira eta likido likatsu baten antzera isurtzen dira. Orri-egiturazko fluxu laminarra edo fluxu zurrunbilotsua izan daiteke. Dentsitatea eta biskositatea handitzean bloke handiak eraman ditzake.

Ura da mugimendu horiek **eragiten dituen eragile nagusia, erresistentzia galtzea eragiten baitu**. Beraz, **estres hidraulikoko egoeretan** gertatu ohi dira.

Ale xehen % 50 baino gutxiago duten fluxuei detrituen fluxua esaten zaie, eta ale xehen edo finen % 50 baino gehiago dutenei, berriz, lurzoru- edo lur-fluxuak. Azken horren mota berezi bat lohien edo lokatzen fluxua izeneko da, non material guztia ale xehea edo fina den. Abiadura handia hartzen dute eta suntsitzeko ahalmen handia dute.

Mugimendu horietako askoren jatorria errotazio-irristatzeak edo irristatze translazionalak dira, eta oinean material soltea pilatzean fluxuak sortzen dira. Gainera, ohikoa da ibarbideetara eta kanaletara iristea, eta horietan zehar mugitzea.

Fluxuen portaeraren analisisa fluidoek mekanikatik abiatuta aztertzen da, eta horietan garrantzi berezia du lurraren maldak, fluxua osatzen duen material motak eta barruan duen ur kantitateak, eta horrek fluxuaren biskositatea zehazten du.

Azken batean, **fluxu motako lerraduretan**, prozesu naturalak **material mota jakin baten gainean esfortzu hidraulikoak sortzeari** egiten dio erreferentzia. Horrela bada, kasu hauetan garrantzia hartzen dute azaleko jariatze-urak (lurraren kurbadura-faktorea) eta ibilgu-eremuetatik hurbil egoteak (ibilguarekiko distantzia-faktorea). Esku hartzen duen beste faktore bat inguruan basoak edo laboreak egotea da (lurzoruaren erabilera-faktorea).

Jarraian agertzen den irudian lur-fluxuen sorrera eta gertatu ohi den desplazamendua ikus daitezke. Ibarbideen ondoko mendi-hegaletan sortu ohi dira, eta horietatik zirkulatzen amaitzen dute.

Fluxuak (estrés hidraulikoa)



Faktore baldintzatzaileak:

- Malda
- Kurbadura estandarra
- GSI erreala
- Drainatze sarearekiko hubiltasuna eta lurzorua erabilera
- Posizio topografiko erlatiboa



10. Irudia: Fluxu baten geometria orokorra eta faktore baldintzatzaileen zerrenda, lerradurak sortzean duten pisuaren arabera ordenatuta.

Fluxuen sentikortasunari dagokionez, faktore baldintzatzaile hauek hautatu dira garrantzi handienetik txikienera:

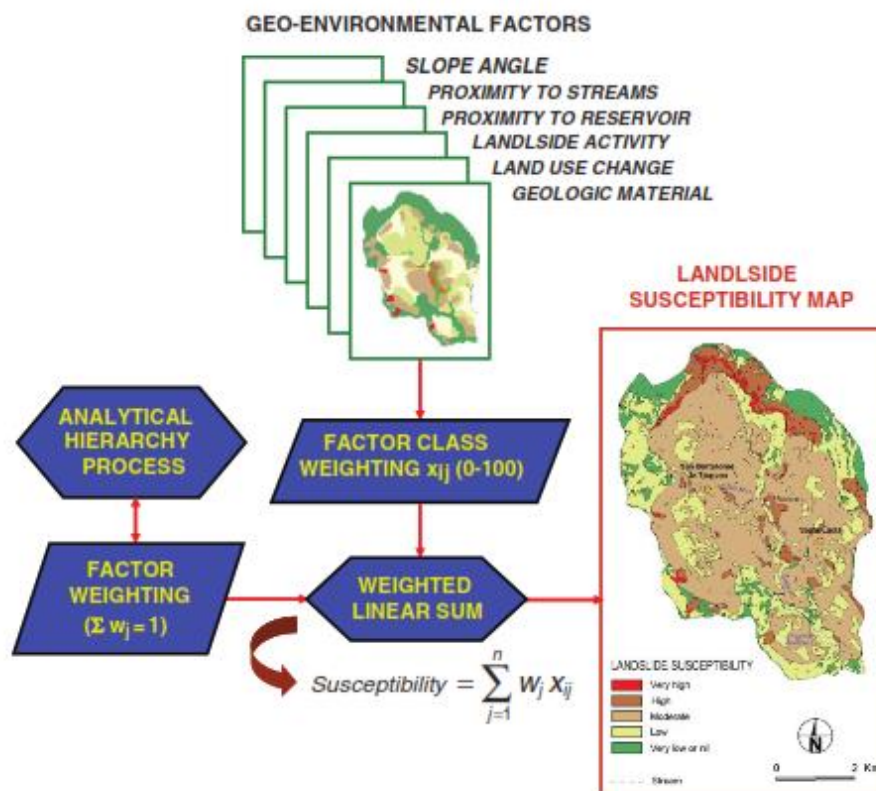
- Lurraren malda. Faktore baldintzatzailea da ezegonkortasuna eragiten duelako eta, gainera, beharrezkoa delako fluxuaren mugimenduarekin jarraitzeko eta energia ez galtzeko.
- Kurbadura estandarra. Lurraren eremu jakin batek iristen zaizkion fluxuak kontzentratzeko duen gaitasuna da. Aipatu den bezala, ura faktore abiarazlea da; kurbadura estandarrek, ostera, fluxuen kontzentrazio-ahalmena modelizatu nahi du, bai eta horrek materialetan sortzen duen erresistentzia-galera.
- Materialen kalitatea. GSI (Global strenght Index) indizearen bidez adierazita, aurrerago definituko dena.
- Ibarrekiko hurbiltasuna. Ibarbideetatik gertu dauden zonetan, lurzoru-metaketak izaten dira, bai kolubialak, bai elubialak, eta, gainera, maila freatikoa handitzearen eraginpean egoteko probabilitate handiagoa duten zonak dira; horrek presioa eragiten du materialaren poroetan, eta, ondorioz, indar ezegonkortaileak areagotzen dira.
- Lurzoruaren erabilerak. Luzoruan landare-estalkia egoteak edo ez, eta estaldura motak, infiltrazio edo azaleko jariatze handiagoa eragin dezake.
- Posizio topografiko erlatiboa. Lerradura mota honetan faktore hau kontuan hartzen da kokapena geomorfologikoki zehazteko; fluxuek eragindako ezegonkortasunen eraginpean egoteko probabilitate handiagoa dago ibarbide eta haranetan, fluxuak kontzentratzen ez diren mendi-tontor edo mendi-hegaletan baino.

7.2 SENTIKORTASUN-MAPAK SORTZEKO METODOA

Orain arte, luraren sentikortasuna zehazten duten faktoreak deskribatu dira; une honetan, egokia da zehaztea nola integratuko diren funtzio batean, eremu jakin baten sentikortasuna lortzeko.

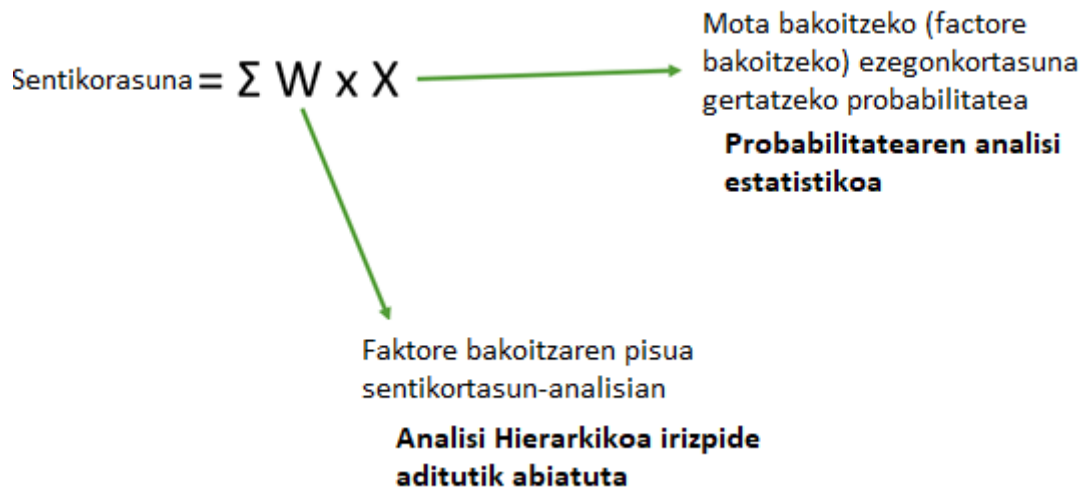
Ekuazioan, irristadurak gidatzen dituzten faktoreen esperientzian eta ezagutzan oinarritutako osagai bat eta estatistikan oinarritutako osagai bat biltzen dituen analisi bat egiten da, faktore bakoitzaren barruan mota edo klase bakoitza gertatzeko probabilitatearen bidez.

Hurrengo irudian modu eskematikoan irudikatzen da sentikortasuna definitzeko prozesua. Faktore baldintzatzaile bakoitzak pisu desberdina du ekuazioan, eta, aldi berean, faktore bakoitza hainbat klase edo motatan banatzen da, irristadurak gertatzeko probabilitate desberdinarekin; egitura horrek faktoreen batura haztatua sortzen du.



11. irudia: Sentikortasun-mapak sortzeko prozesuaren diagrama, metodo hierarkiko analitikoa aplikatuta. Inventories, Susceptibility, Hazards and Risk, izeneko kapitulutik ateratako irudia, Javier Hervás eta Peter Bobrowsky-k idatzia, Landslide. Disaster Risk Reduction delako liburukoa.

Ondoren modu eskematikoan ikus daiteke analisi-tresnaren egitura:



12. irudia: Sentikortasun-analisiaren eskema.

7.3 HIERARKIA-PROZESU ANALITIKOA. FAKTOREEN HAZTAPENA

Arestian aipatu dugun bezala, faktore baldintzatzaile bakoitzak pisu desberdina izango du ekuazioan, eta hori Hierarkia-Prozesu Analitikoa izeneko teknika baten bidez kalkulatzen da, ingelesezko **AHP** (Analytic Hierarchy Process) siglez ezaguna.

Teknika hau erabiltzea hainbat faktoreentzako pisuak definitzerakoan duen eraginkortasunean oinarritzen da, askotan zaila baita faktore bakoitzari dagozkion ehunekoak erabakitzea estatistika-tresnarik gabe.

Thomas Sattyk 1980an garatutako AHP ezaugarri anitzeko teknika bat da, arazo konplexu bat hierarkietan banatzen duena, non maila bakoitza elementu espezifikoetan banatzen den. AHPk erabakien prozesuan esku hartzen duten faktoreak aztertzen ditu, eta ez da ezinbestekoa faktoreak eskala komun batean egotea.

Kasu honetan, faktoreen garrantzia edo haztapenaren mailak, faktore horien artean konparazioak bikoteka eginez kalkulatzen da. Konparazioa egiteko, eskala bat hartzen da oinarritzat, eta eskala hori honako hau da:

Importancia	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Dos elementos contribuyen idénticamente al objetivo.
3	Dominancia débil	La experiencia manifiesta que existe una débil dominancia de un elemento sobre otro.
5	Fuerte dominancia	La experiencia manifiesta una fuerte dominancia de un elemento sobre otro.
7	Demostrada dominancia	La dominancia de un elemento sobre otro es completamente demostrada.
9	Absoluta dominancia	Las evidencias demuestran que un elemento es absolutamente dominado por otro.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios	Son valores intermedios de decisión.

6. taula: Balorazioa bikoteka.

Konparaketak egiterakoan bi elementu alderatzen dira elkarren artean, bikoteka, eta bikoteak matrize moduan jartzen dira. i eta j elementuen arteko konparazio parekatua A matrizearen a_{ij} posizioan jartzen da, konparazio horren balio elkarkariak A matrizearen a_{ji} posizioan jartzen dira, iritziaren sendotasuna edo funtsa babestearren.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdot & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdot & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdot & a_{nn} \end{bmatrix}$$

AHPk aukera ematen du egindako balorazioetan funtsik ezak identifikatzeko; izan ere, azterketan **Funtsaren Indizea (IC)** eta **Funtsaren erlazioa (RC)** gehitzen dira, egindako balorazioen kalitatea neurtzeko.

$$IC = \frac{\lambda_{MAX} - n}{n - 1}$$

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$RC < 0,1$ onargarriztat hartzen da. Handiagoa izango balitz, berriro egin beharko lirateke balorazioak.

Egindako balorazioan gauzatutako akatsaren eta akats aleatorioaren arteko erlazioaren neurria da RCa. Balio horrek 0,1 edo % 10 baino txikiagoa izan behar du.

IA-k indize aleatorio bat adierazten du, eta 500 matrize aleatorio elkarkari positiboko IC-en batezbestekotik abiatuta sortzen da.

7.3.1 AHP PROZESUAREN EMAITZAK

Aurreko ataletan azaldu den bezala, modu paraleloan baina bereizian aztertu da masa-lerraduretarako eta fluxu-motako ezegonkortasunetarako sentikortasuna; beraz, azterketa hierarkikoa ezegonkortasun-mota bakoitzerako planteatzen da.

Jarraian, lerradura mota bakoitzerako egindako analisi hierarkikoaren emaitzak ikus daitezke.

Masa-irristatzeak. Faktore baldintzatzaileen haztapena.

Masa-irristatze edo lerraduretan hauek dira sentikortasuna zehazteko hautatutako faktore baldintzatzaileak (pisu edo garrantzi handienetik txikienera ordenatuta):

- Malda.
- GSI erreal. Materialen kalitatea.
- Posizio topografiko erlatiboa.
- Ibarekiko gertutasuna.
- Lurzoruaren erabilerak.

Ondoren, AHP analisia egin den kalkulu-taularen laburpena ikus daiteke.

- Posizio topografiko erlatiboa.

Ondoren, AHP analisia egin den kalkulu-taularen laburpena ikus daiteke.

		AXP													
		0,85		CI=NMAX-N/N-1		0,15									
		2,42		RI=1,98(N-2)/N		1,584									
		0,26		CR=CI/RI		0,09		≤ 0,1							
		0,58													
TIPO DE INESTABILIDAD		1,78													
FLUJOS		0,85													
		6,74													
		GSI	pendiente	relieve relati	cercania a v	Curvat stad	usos del sue	GSI	pendiente	relieve relati	cercania a vaguada	Curvatura std	usos del suelo		
LITOLOGÍA	GSI	1,00	0,25	3,00	3,00	0,50	1,00	0,12	0,10	0,14	0,23	0,12	0,08	0,13	
IMDT	Pendiente	4,00	1,00	7,00	2,00	2,00	6,00	0,46	0,39	0,32	0,15	0,48	0,48	0,38	
	RTP	0,33	0,14	1,00	0,33	0,17	0,50	0,04	0,06	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04	
	Cercania a vaguada	0,33	0,50	3,00	1,00	0,17	1,00	0,04	0,20	0,14	0,08	0,04	0,08	0,09	
	Curvatura std	2,00	0,50	6,00	6,00	1,00	3,00	0,23	0,20	0,27	0,45	0,24	0,24	0,27	
USOS	Usos del suelo	1,00	0,17	2,00	1,00	0,33	1,00	0,12	0,07	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	
		8,67	2,56	22,00	13,33	4,17	12,50								1,00

Emaitzetatik honako haztapen-balio hauek ateratzen dira faktore baldintzatzaileetarako:

Faktore baldintzatzailea	Pisua
Malda	0,38
Kurbadura estandarra	0,27
GSI erreala	0,13
Drainatze sarearekiko distantzia	0,09
Lurzoruaren erabilerak	0,08
Erliebe topografiko erlatiboa	0,04

AHPren emaitzak bat datoz espero zenarekin, eta koherenteak direla egiaztatzen da, kontsistentzia edo funtsaren erlazioaren balioa **0,1 baino txikiagoa** baita.

7.4 PROBABILITATEA KLASEEN ARABERA. FAKTORE BALDINTZATZAILEEN MAPA DERIBATUAK ETA GAIKAKOAK.

7.4.1 PROBABILITATEA KLASEEN ARABERA

Faktore baldintzatzaille bakoitzaren pisuak definitu ondoren, **faktore bakoitzaren mota edo klase bakoitzean (datu-tartea) irristadurak gertatzeko probabilitateak zehaztu behar dira.**

Hasiera batean, lerraduren inbentario baten analisi estatistikotik abiatuta zehaztu nahi ziren probabilitate horiek. Inbentario hori sortzeko, gai horri buruzko datuak dituzten administrazioetan (Gipuzkoako Foru Aldundia eta BIDEGI) dagoen informazioa bildu behar zen.

Bilketa-jarduera honi esker, 300 lerradura inguru inbentariatzea lortu da, eta horien artean hainbat motatakoak daude (masa-irristatzeak, fluxuak, bloke-erorketak, falkak, etab.), garrantzi desberdinekoak. Irriatze gehienak komunikazio-bide nagusietatik hurbil daude, eta, kasu askotan, horien sorrera komunikazio-bide nagusia gauzatzearekin lotzen da. Datuak kontzentratuta daude, eta, beraz, gutxi banatuta lurraldean.

Lehen aipatu bezala, hasiera batean funtsean estatistikoa izango zen arrisku-eredua egin nahi zen, baina inbentarioaren kalitateari, adierazgarritasunari eta kantitateari dagokienez dauden baldintzak direla eta, eredu bat sortzea erabaki da, non inbentarioa aplikatutako metodologiaren bidez lortutako emaitzen kontraste gisa erabiliko den.

Hasierako helburuak benetako datuekin bat datorren azterketa baterantz bideratu ondoren, klase bakoitzaren probabilitateak definitzea erabaki da Gipuzkoako Lurralde Historikoan egindako doktore-tesi batzuetatik abiatuta. Tesi horietan, Debarrenako Eskualdean eta Oria ibaiaren arroan irristatzeen aurreko arriskugarritasuna aztertzen zen. Bi tesi horiek abiapuntu eta emaitzen kontraste gisa erabili dira.

Horrekin batera, lerradurei buruz kontsultatutako bibliografiak emandako datuak ere jaso dira (dokumentu honen izen bereko atalean jasotzen da bibliografia hori). Bertan, faktore baldintzatzailleak definitu eta aztertzen dira, eta horietako bakoitzerako lerradurak zein egoeratan sortzen diren deskribatzen da (malda egokienak, eragiten dien lurzoru motak...).

Ondoren ikus daitekeen taulan Gipuzkoako Lurralde Historikorako lortutako informazio espezifikoaren laburpena ageri da, bai aldez aurreko azterlanena, bai administrazioan dauden inbentarioena:

INFORMAZIOAREN JATORRIA	PROIEKTUA ETA EGILEA	AZTERKETA-EREMUA
DOKTORETZA-TESIA	Methodological approach for landslide analysis in a regional scale. Txomin Bornaetxea Estela	Oria ibaiaren arroa
DOKTORETZA-TESIA	Sentikortasun-mapak egitea eta baliozkotzea, analisi espazialeko tekniken bidez. Juan Remondo Tejerina	Debabarrena
BIDEGI	BIDEGIren datu-basea.	GLH
Obra eta Zerbitzu Saila. Gipuzkoako Foru Aldundia	Sailaren datu-basea	GLH
Ingurumena eta Obra hidraulikoak Saila. Gipuzkoako Foru Aldundia	GIPUZKOAKO ARRISKU NATURALEN AZTERKETA. INGEMISA	GLH
GRANADAKO UNIBERTSITATEA. ESPAINIA DOKTORETZA-TESIA	Loja arroko mendi-hegalen mugimenduen aurreko arriskugarritasunaren azterketa (Ekuador). John Egverto Soto Luzuriaga	Lojaren arroa (Ekuador)

7. taula: Proiektua aztertzeko datu nagusiak.

7.4.2 MAPA DERIBATUAK

Aurreko ataletan aipatu den bezala, faktore baldintzatzaileetako batzuk MDTek (Lurraren Eredu Digitala) emandako datuetatik datozen, eta datu horiekin mapa eratorriak sortu dira. Mapa horietan lurraren ezaugarri intrintsekoak irudikatu dira, sentikortasunarekin lotura handia dutenak, hala nola mendi-hegalaren malda, drainatze-sarearekiko distantzia, erliebe topografiko erlatiboa, etab.

Horrez gain, mapa tematikoak edo gaikako mapak ere erabili dira, kasu honetan lurzorua erabilerekin eta litologiekin dagozkienak (kasu honetan, GSI indizetik abiatuta landu dira).

Ondoren, lortutako emaitzak ikus daitezke eta emaitza horiek sortzeko prozesuaren datu esanguratsuenak garatzen dira.

7.4.2.1 Malden mapa

Malda maximoko lerroaren inklinazio-gradienteak da malda, lurrarekiko tangentea puntu batean horizontalarekiko. Normalean gradutan edo ehunekotan adierazi ohi da.

MDTtik abiatuta (Lurrazaleko Eredu Digitala), malden mapa bat egin da, eta mapa hori balio-tarteetan birsailkatu da. Kasu honetan, masa-lerraduretarako eta fluxuetarako klaseetan pisu berberak erabili dira; izan ere, aipatu bezala, fluxu asko masa-lerradura gisa hasten dira.

MALDA KLASEAK (º)		EREMU EZEGONKORRAREN EHUNeko ZENBATETSIA (%)
1	0-5	4,5
2	5-10	9,5
3	10-20	30
4	20-35	50
5	35-60	5,5
6	>60	0,5

Malden mapa 6 klasetan birsailkatu da ereduari landu ahal izateko; klase bakoitzari pisu bat eman zaio, balio-tarte bakoitzean eremu ezegonkorren ehunekoan adierazita.

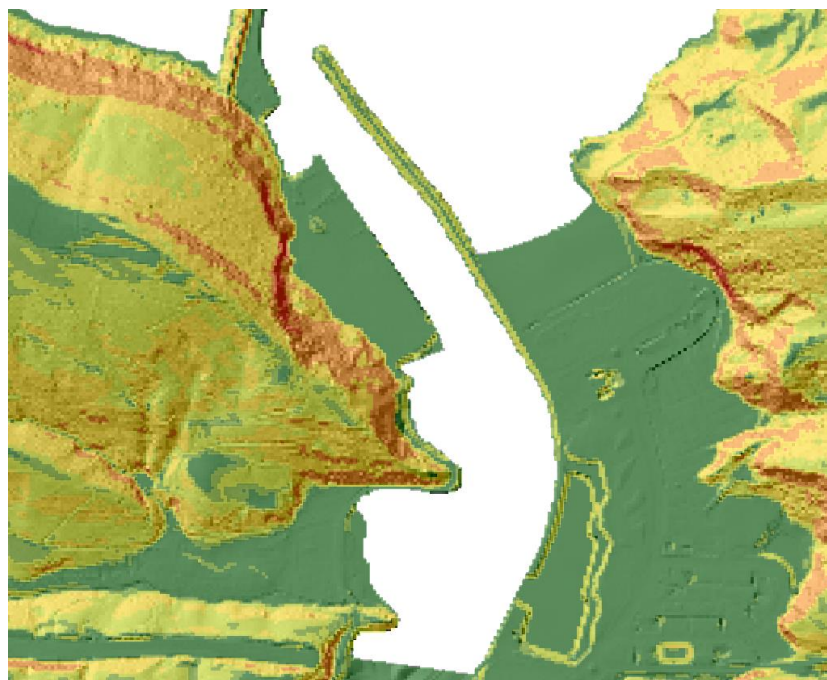
Pisu edo garrantzia hori aurrez egindako azterlanetatik eta aztertutako ezegonkortasun-prozesu moten ezagutza fisikotik abiatuta kalkulatu da.

Bibliografian jasota dagoenez, masa-lerradurak 10º eta 35º arteko malda-tartean gertatu ohi dira, hau da, irristatze bat gertatzeko, malda handiagoa izan behar da materialaren barne-marruskaduraren angelua baino, 14º eta 35º artekoa, oro har.

40º-tik gora ez da ia masa-lerradurarik gertatzen, malda horietatik aurrera ez delako lurzoru-metaketarik sortzen, edo sortzen direnak garrantzi txikikoak direlako.



12. irudia: Getaria eta Donostia arteko malden maparen xehetasuna. Oria ibaiaren azken zatia eta Zarauzko hareatza ikusten dira, berde kolorekoak (10º-tik beherako maldak).



13. irudia: Irudian xehetasun handiagoz ikusten dira Orioko itsaslabarrak, gorriz agertzen direnak (>60°).

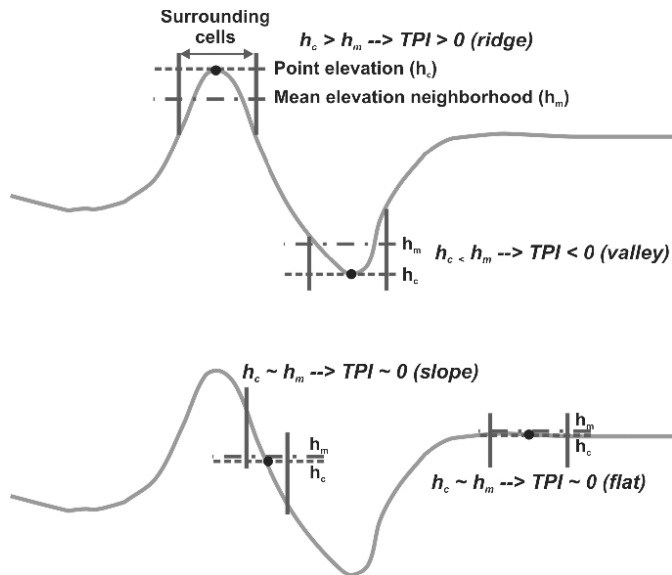
7.4.2.2 RTP (Relative Topographic Position)

Posizio Topografiko Erlatiboak eremu jakin baten (pixela) eta haren inguruan kokatzen direnen (ondokoak) arteko erlazioa adierazten du; horri esker, tokian tokiko formak karakterizatu daitezke, espazioaren testuinguruaren arabera. Faktore horren garrantzia puntu jakin batek bere ingurukoekiko duen posizioa definitzeko gaitasunean oinarritzen da, adibidez, tontor eta gailurrena, arroilak, haran zabalak, mendi-hegal erdiak... Posizio horrek puntu jakin batean gailurgaririk dagoen zehazten laguntzen du.

Gogoratu behar da Gipuzkoan gertatu diren irristatze handiak grabitazionalak izan direla. Lerradura mota horiek tontorraren eta haran-hondoaren artean kota-alde handiak dituzten mendi-hegaletan gertatu ohi dira, eta gailurga baten eragina izan dezakete beheko puntuetan dauden materialek.

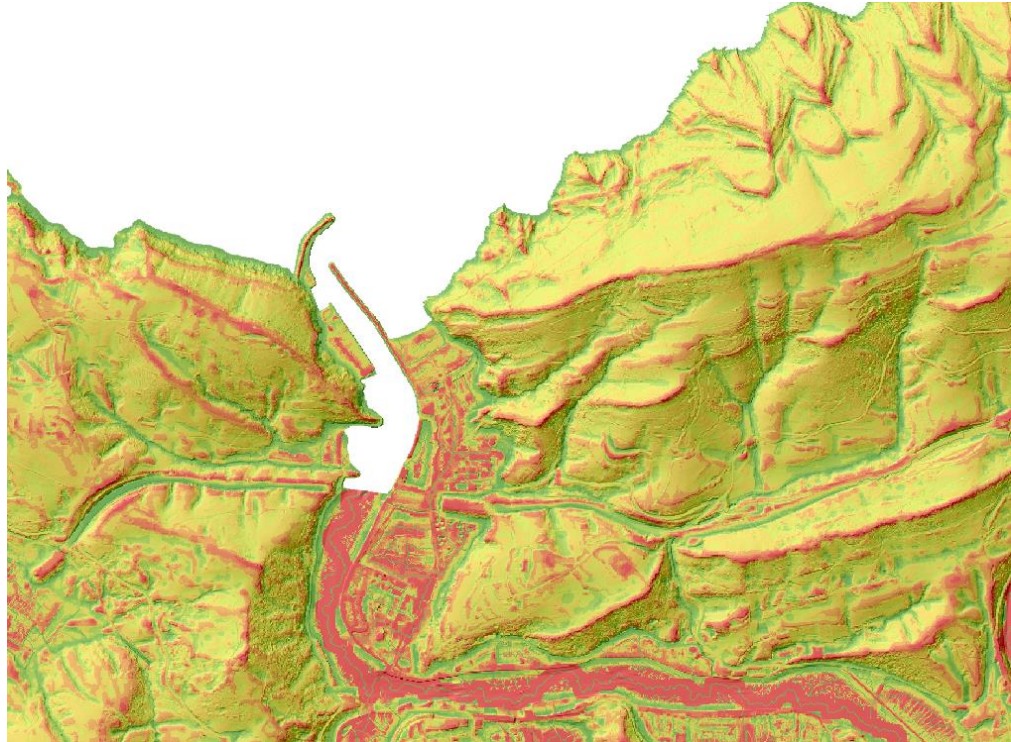
RTPren emaitzek -1 eta +1 arteko balioak ematen dituzte; balio negatiboak, -1 ingurukoak, haranen hondoetakoak izango lirateke; gailurretan, aldiz, +1 ingurukoak.

Beheko irudian, krokis gisa, pixel baten eta bere ingurukoaren arteko konparazioa eta ondoriozko balioak irudikatzen dira.



x irudia: Adibide honetan, hainbat geoformen bitartez, RTPren emaitza irudikatzen da.

Beheko irudia RTPren maparen laburpen bat da. Emaitzek erakusten dutenez, eremu bateko gelaxken edo pixelen balioak eta bere ingurukoarenak antzekoak direnean, zerotik hurbil dauden datuak ematen dituzte emaitza gisa; esaterako, tontor eta gailur zabalak eta lautadak. Mendi-hegal edo mazela erdiak horiz eta laranjaz markatuta daude, eta haran-hondoak berdez, -1etik oso hurbileko datuak.



14. irudia: Irudian, gailurrak eta haran zabalak RTP balio berarekin nola markatzen diren ikus daiteke. Mendi-hegal erdiek eta haran meharrek kolore-tarte desberdina dute, laranja horixak mendi-hegal erdiak adierazteko eta berdeak ibar-hondoetarako.

Lerradura mota bakoitzerako pisu desberdinak eman zaizkio klase bakoitzari, eredu geomekanikoa horrela erreproduzitzen saiatuz:

FLUXUAK

Probabilitate-ehuneko handienak ibarbideetan biltzen dira, 1. eta 2. mailako errekei dagozkienak. Lurzoruen metaketekin eta higakin garrantzitsuekin bat egiten duten eremuak dira, eta normalean ez da ur asko biltzen euri-aldi arruntetan, baina bai intentsitate handiko euriteetan.

RTP KLASEAK		EREMU EZEGONKORRAREN EHUNEKO ZENBATETSIA (%)
1	-1,00etik -0,75era	15
2	-0,75etik -0,50era	15
3	- 0,50etik -0,25era	15
4	- 0,25etik 0ra	25
5	0tik 0,25era	18
6	0,25etik 0,50era	7
7	0,50etik 0,75era	2,5
8	0,75etik 1,00era	2,5

MASAK

Masa-irristatzeak gertatzeko probabilitate-balioak handiagoak dira, fluxuetan bezala, mendi-hegaletako eremuetan eta ibarretatik gertu, baina kasu horretan mazela erdian inguruan biltzen dira bereziki.

RTP KLASEAK		EREMU EZEGONKORRAREN EHUNEKO ZENBATETSIA (%)
1	-1,00etik -0,75era	0
2	-0,75etik -0,50era	5
3	- 0,50etik -0,25era	15
4	- 0,25etik 0ra	35
5	0tik 0,25era	25
6	0,25etik 0,50era	15
7	0,50etik 0,75era	5
8	0,75etik 1,00era	0

7.4.2.3 Drainatze-sarearekiko distantziaren mapa

Drainatze-sarearekiko distantziaren mapa bat egin da, *buffering* izeneko prozesu batetik abiatuta, entitate bat mugatzen da eta haren ingururan hainbat distantziatako zonaketak egiten dira. Horrela, drainatze-sarearen eraginpean dauden eremuak zehazten dira, mendi-hegaletan ezegonkortasunak eragin ditzaketenak.

Honako distantzia-tarte eta pisu hauek ezarri dira klase bakoitzean, aztertutako lerradura moten arabera:

FLUXUAK

KLASEAK	DRAINATZE-SAREAREKIKO DISTANTZIA (m)	EHUNEKOA (%)
1	0-50	70
2	50-100	7,5
3	100-200	7,5
4	200-500	7,5
5	>500	7,5

Taulan ikus daitekeenez, probabilitate-baliorik handiena lehenengo (1) klase edo motari esleitu zaio, ibilguetatik hurbilen dauden eremuei, alegia. Balorazio horren zentzu fisikoa honako azalpen honetan oinarritzen da: fluxuak sortzea oso lotuta dago azaleko jariatze-prozesu handiekin eta prozesu horiek ibarretatik gertu dauden eremuetan gertatzeko aukera handiagoa da, bertan biltzen baitira ur-fluxuak.

MASAK

KLASEAK	DRAINATZE-SAREAREKIKO DISTANTZIA (m)	EHUNEKOA (%)
1	0-50	30
2	50-100	25
3	100-200	25
4	200-500	15
5	>500	5

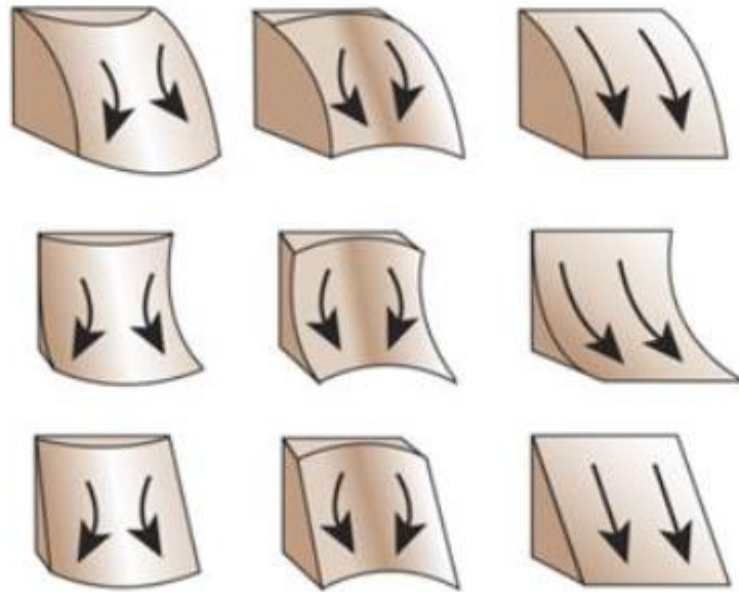
Masa-lerraduren kasuan, jazoera hauek gertatzeko probabilitatea klase ezberdinetan banatuago dago; probabilitate handienak ibilgutik 200 metroko distantziara iristen den eremuan ematen dira, fluxuen antzeko zerbait gertatzen da, baina masa-irristatzeen kasuan, euri-pilaketek abiarazten dute prozesua, eta maila freatikoa igoarazten dutenez eragina distantzia handiagora iristen da.

7.4.2.4 Kurbadura estandarraren mapa

Kurbadura-mapa bat egin da, lurraren forma ahurra, laua edo ganbila adierazita. Kurbadura lortzeko, gainazalaren bigarren deribatua kalkulatu behar da. Balio positiboek kurbadura ganbila deskribatzen dute, negatiboek ahurra. Zeretik hurbil dauden balioak eremu lauei dagozkie.

Kurbadura-mapa higadurarekin eta isurketekin lotutako prozesuak definitzeko erabiltzen da. Eremu ahurrek lerradurak jasateko ahalmen handiagoa dute, batez ere fluxu motakoak.

Hiru kurbadura-mota daude: profila, laua eta aurreko biak konbinatzen dituen kurbadura estandarra.



15. irudia: Kurbadura mistoaren motak. John Egvertto Soto Luzuriagaren doktorego-tesitik ateratako irudia.

Kurbadura estandarrak gelaxka bateko gainazaleko fluxuen kontzentrazioa adierazten du. Gainazal ahurretan kontzentratzen dira, eta gantiletan, berriz, sakabanatu egiten dira.

Kurbadura ahurra duten gelaxkek, fluxuak kontzentratu ohi dituztenek, poroen presioa handitzeko probabilitate handiagoa izango lukete, eta horrek ezegonkortasun-prozesuak eragiten ditu.

MASAK

Taulan kurbadura-maparen emaitzak zein tartetean banatu diren ikus daiteke. Kurbadura ahur handiena duten eremuei masa-lerradurak gertatzeko probabilitate handienak esleitu zaizkie (ura gelaxkaren erdian kontzentratuko litzateke), eta hori Otik balio negatiboetaranzko datuei dagokie.

KLASEAK	KURBADURA ESTANDARRA	EHUNEKOA (%)
1	< -50	30
2	- 50etik -30era	20
3	- 30etik -20ra	20
4	- 20tik -10era	10
5	- 10etik -5era	10
6	- 5etik 0ra	5
7	0tik 5era	5
8	5etik 10era	0
9	10etik 20ra	0
10	20tik 30era	0
11	30etik 50era	0
12	50etik gora	0

FLUXUAK

Fluxuetan gehiago banatu da ezegonkortasun-probabilitatea, aktibazio-mekanismo nagusia gainazaleko higadura baita; beraz, beharrezkoa da nolabaiteko ur-pilaketa egotea, baina ez uraren geldialdia, hau da, nolabaiteko kontzentrazio-maila egon behar da, baina baita zirkulazioarena ere.

KURBADURA ESTANDARRA	KLASEAK	EHUNEKOA (%)
1	< -50	17,5
2	- 50etik -30era	17
3	- 30etik -20ra	17
4	- 20tik -10era	17
5	- 10etik -5era	17
6	- 5etik 0ra	10
7	0tik 5era	4,5
8	5etik 10era	0
9	10etik 20ra	0
10	20tik 30era	0
11	30etik 50era	0
12	50etik gora	0

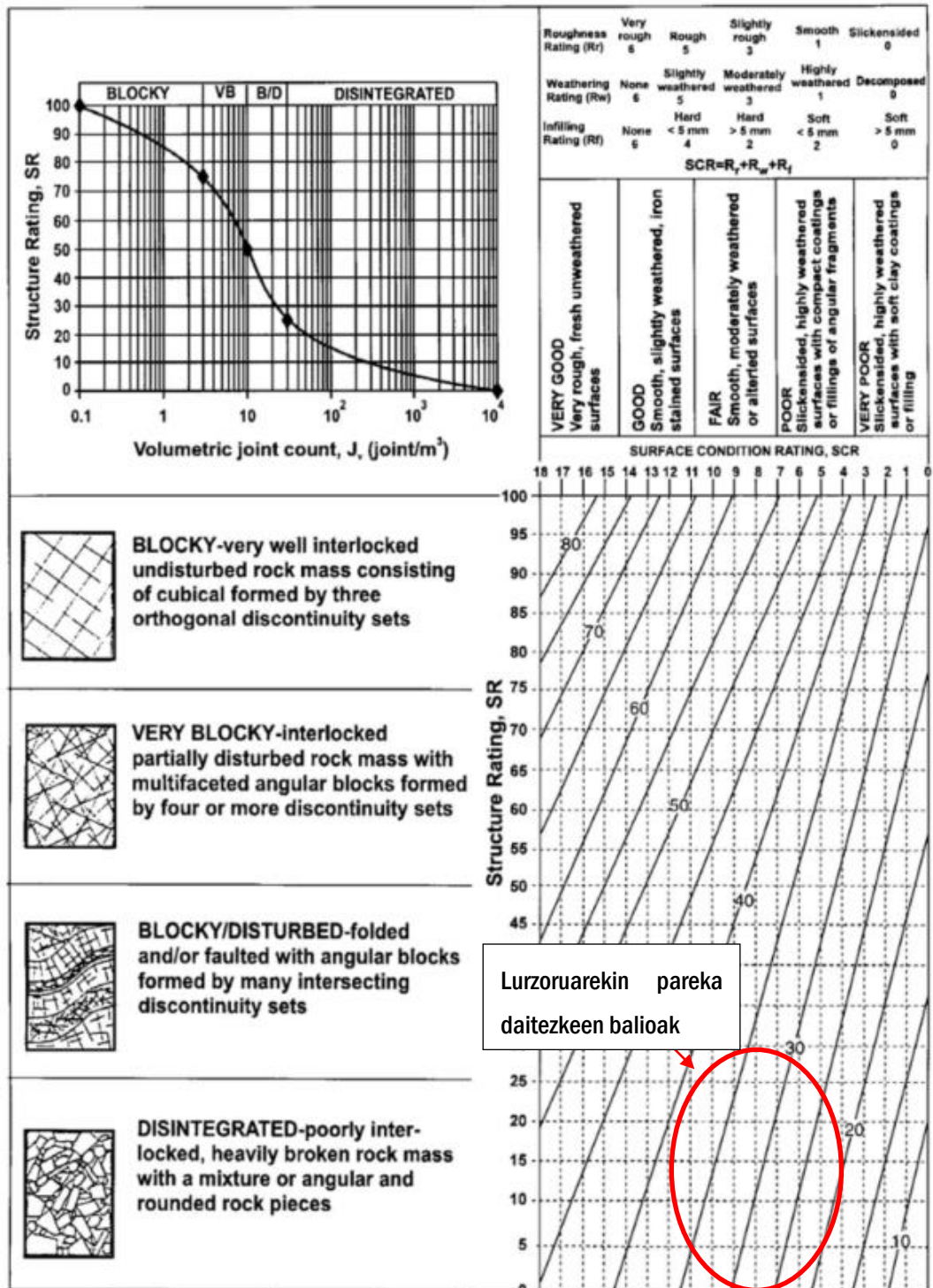
7.4.3 GAIKAKO MAPAK

7.4.3.1 GSIren mapa

Lurzoruen lodiera datu garrantzitsua da irristadurak sortzeko probabilitatea zehazterakoan. Alderdi honi buruzko daturik ez dagoenez, proiektu honetan GSI kontzeptua aplikatzea erabaki da, litologia bakoitzari modu berezi batean eragiten dioten gainazaleko meteorizazio-prozesuak barneratzeko.

GSI luraren kalitatea adierazten duen indizea da, eta bertan biltzen dira harkaitz-mendiguneen ezaugarriak, hala nola haustura, blokeen tamaina, meteorizazioa eta junturen betegarriak.

Hurrengo irudian, GSI zehazteko erabilitako grafikoa agertzen da; bertan, mendigune harritsuaren haustura eta junturen egoera sartzen dira (hala nola alterazioa, oxidoen presentzia eta betegarriak). Emaizak mendigune harritsuaren egoerari buruzko datu kuantitatibo bat ematen du. Baliorik txikiak lurzoru baten pareko portaera duen substratu harritsuari dagozkio (lurzoru baten berezko parametro geomekanikoak). Balio altuak substratu harritsu osasuntsuarekin identifikatzen dira, eta lurrazaleko lurzoruen garapen-lodiera txikiagoarekin.



16. irudia: GSI zehazteko sarrera anitzeko taula. (Hoek eta Marinos)

EEren kartografia geologikoak emandako datuetatik eta kalitate-indize horren kontzeptutik abiatuta, gutxi gorabeherako GSI mapa bat egin da, litotipo bakoitzaren berezko ezaugarriak eta faila-eremuekiko hurbiltasuna kontuan hartuta.

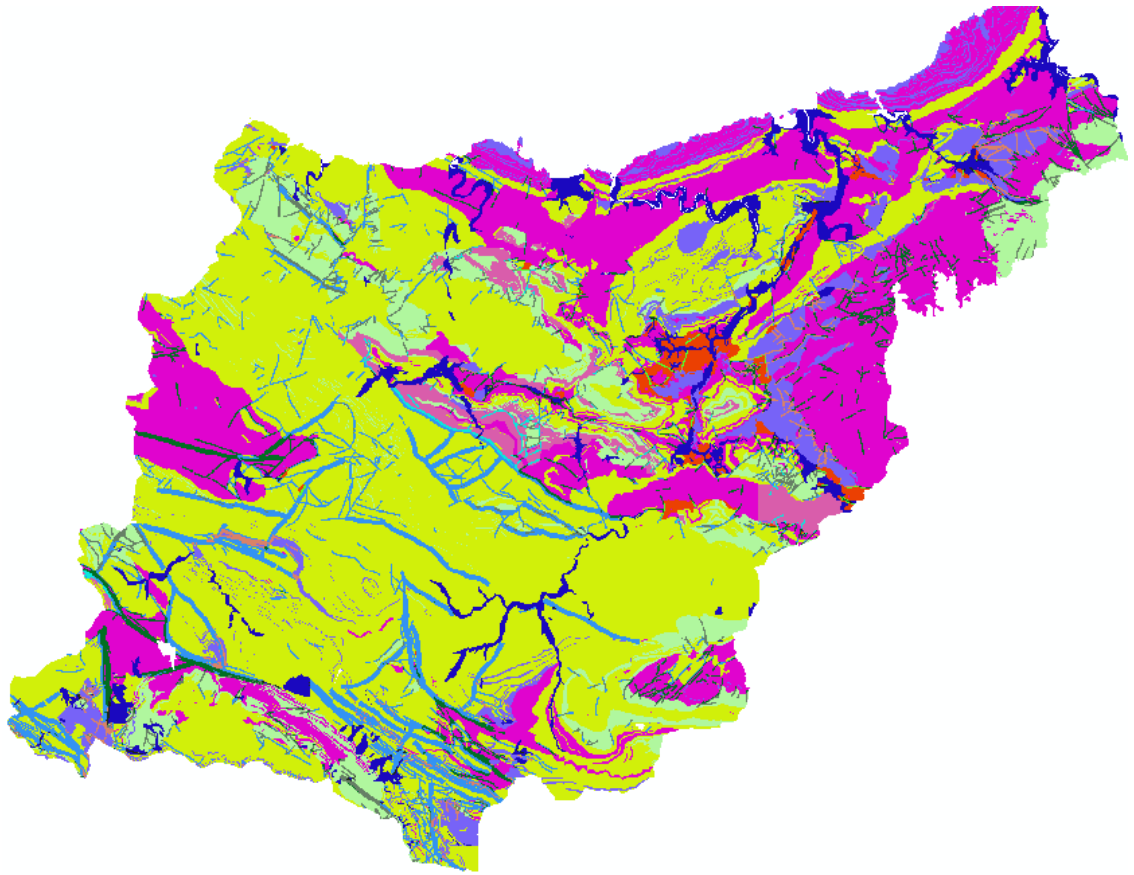
Lehenik eta behin, oinarrizkotzat hartutako GSI definitu da, eta indize hori litotipo bakoitzaren berezko ezaugarrietatik abiatuta zehaztu da luraren bost metro azalekoenetan (zona hori izan ohi da hautsiena eta meteorizatuena).

Oinarrizko GSI definitu ondoren, ezaugarri tektoniko nagusien (failak) *buffering* bat egin da; *buffering* horien barruan hasierako GSI % 15 murriztu da, tektonizazioak (haustura areagotzea eta, ondorioz, meteorizazioa, betelan bigunak agertzea) mendigune harritsuan eragiten duen eragina birsortzen saiatuz.

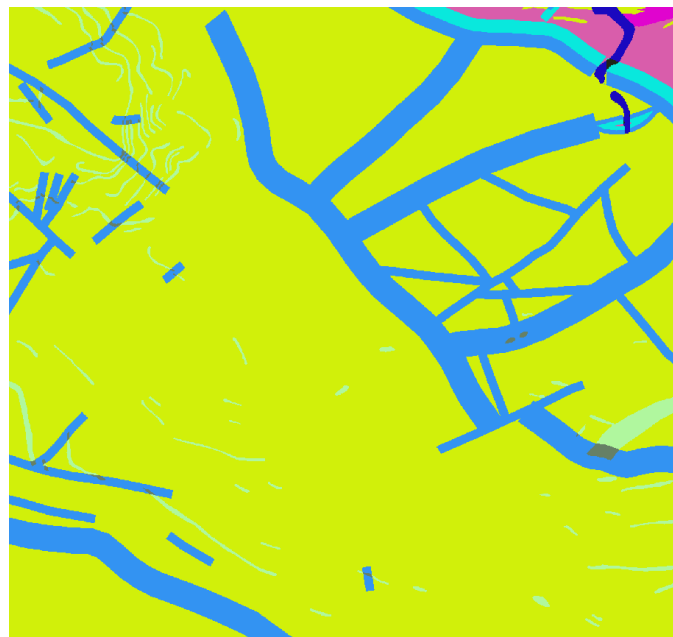
Jarraian, litotipo bakoitzaren ezaugarrien arabera esleitutako oinarrizko GSI balioak deskribatzen dira:

- Abiapuntuko GSI balioak kareharrizko arroka eta tuparri-kareharrietarako zein arroka igneoetarako altuak izan dira, material horien haustura txikiaren ondorioz (masiboak, oro har).
- Hareharrien geruzek bi metrotik gorako lodierak izan ohi dituzte, juntura-familia nagusiek bezala; beraz, haustura txikia izan ohi da. GSIren balioak, oro har, ertainak edo goi-mailakoak izango dira.
- Flyshean ohikoak diren limolita, tuparri, hareharri eta kareharri hareatsuen txandakatzeetan, gainazalean haustura handiak izaten dute ezaugarri, eta, horregatik, meteorizazio-prozesu gogorragoak jasaten dituzte. Ura hausturetatik sartzen da eta bertan dauden mineralen transformazio-prozesuak bizkortzen ditu.

GSI	EREMU EZEGONKORRAREN EHUNEKO ZENBATETSIA (%)
0-10	50
10-20	20
20-30	15
30-40	10
40-50	5
50-60	0
>60	0



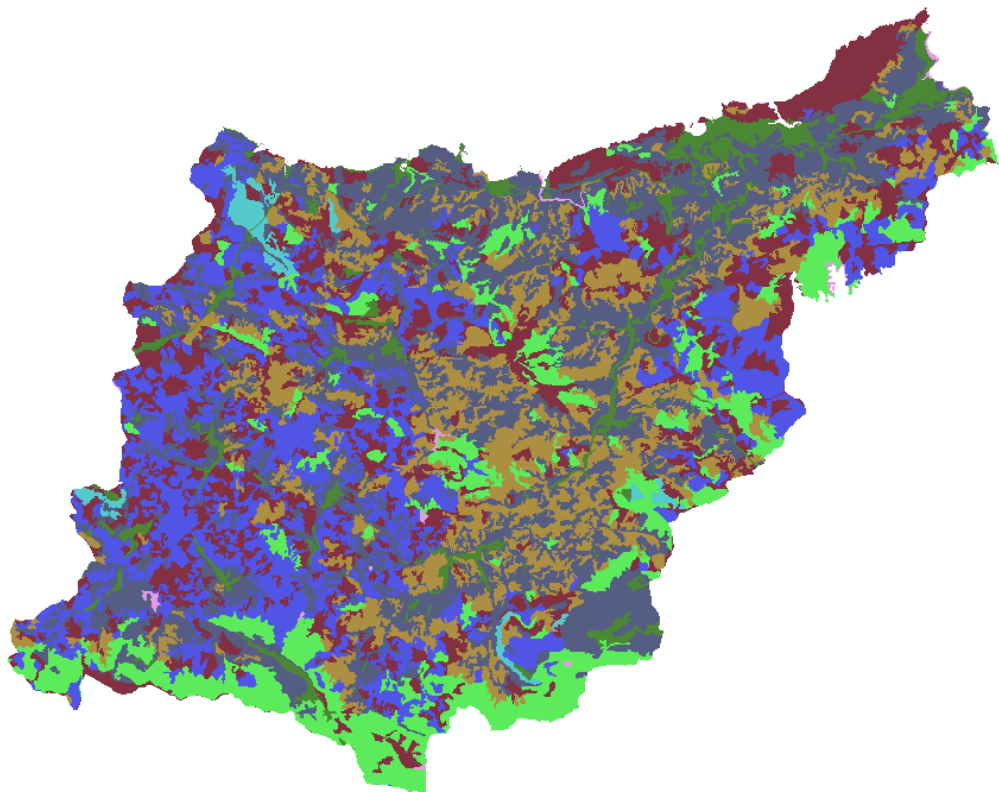
17. irudia: GSI errealaren mapa, non kolore bakoitza GSI balio bati dagokion.



18. irudia: GSIren maparen xehetasuna. Bertan failen inguruko buffer-ak ikus daitezke.

7.4.3.2 Lurzoruaren erabileren mapa

Landaretza motak eta haren dentsitateak eragina dute mendi-hegalen portaeran, bai erantzun mekanikoan, bai hidrológicoan. Mendi-hegalean sustrai ugari baldin badaude, ezaugarri erresistenteak hobeak dira eta infiltrazio-ahalmenean eragiten du, higadura gutxituz gainera.



19. irudia: Gipuzkoako Lurralde Historikoko birsailkatutako lurzorua erabileren mapa.

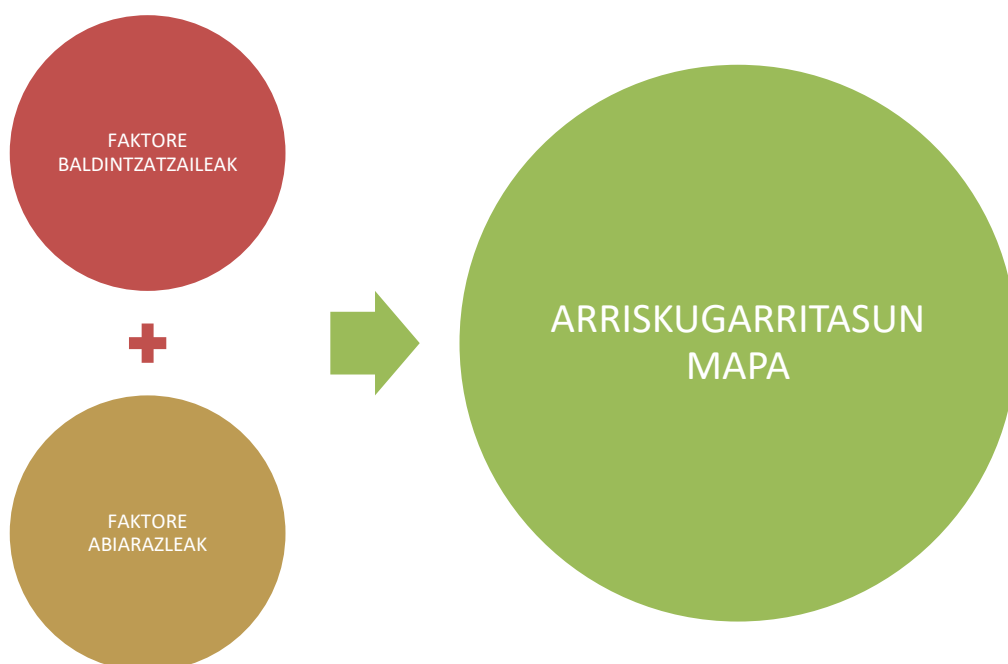
Belardiak, larreak eta sastrakak dituzten zonak dira irristatzeko probabilitate handiena dutenak, gainazaleko isurkiak eta infiltrazioa baso-eremuetan baino handiagoa da.

LURZORUEN ERABILERA	DESKRIBAPENA	EREMU EZEGONKORRAREN EHUNeko ZENBATETSIA (%)
1	Hostozabalen baso oso trinkoa	4
2	Hostozabalen baso trinkoa	7
3	Hostozabalen baso erdi irekia	11
4	Konifera-baso oso trinkoa	4
5	Sastrakadiak	35
6	Belardiak, larreak eta laboreak	38
7	Landaretzarik gabeko eremuak	1

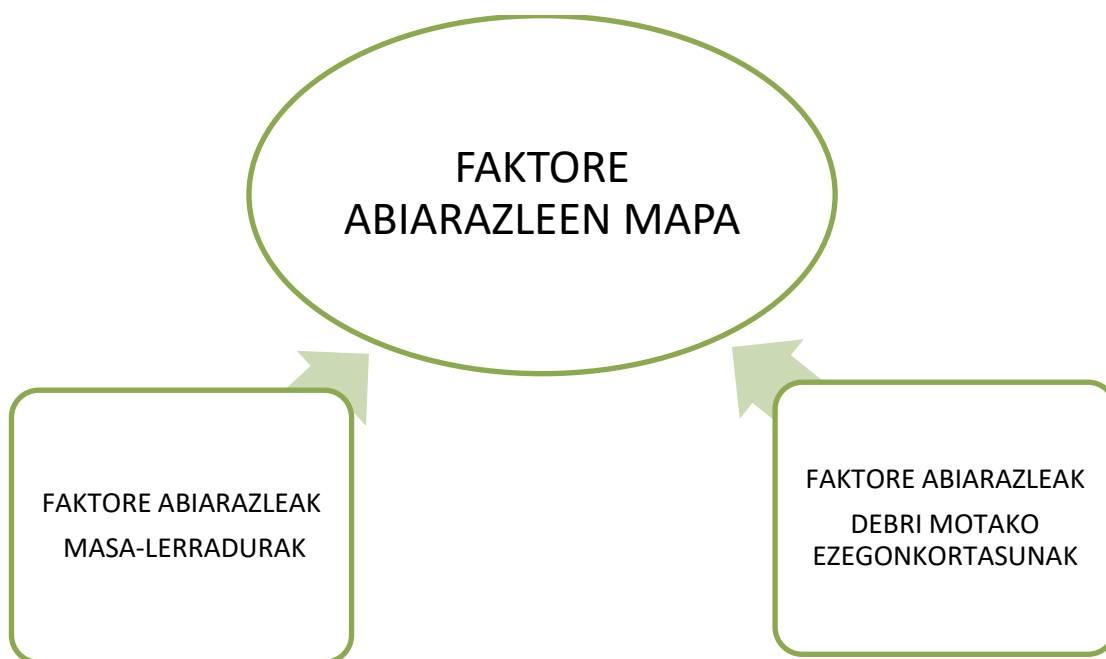
8. ARRISKUGARRITASUN-MAPAK. FAKTORE ERAGILEEN DEFINIZIOA

5.2.2 atalean deskribatutako hasierako definiziora itzuliz, honela definitzen da irristatzeen aurreko arriskugarritasuna: leku jakin batean ezegonkortasun bat denbora-tarte jakin batean gertatzeko probabilitatea.

Probabilitatea zehazteko, sentikortasun-balioak ezegonkortasun-prozesuak aktibatzen dituzten faktoreekin integratzen dira.



Gogoan izan behar da masa-lerraduretarako eta fluxuetarako sentikortasunaren azterketa bat egin dela, eta ildo horretan jarraitzen dela, gertaera mota bakoitza gidatzen duten prozesu naturalen arabera modelizatzen saiatuz. Horregatik, faktore abiarazle nagusiaz gain, hots prezipitazioa, lurzoruaren ezaugarri morfologikoen arabera, prezipitazioak lurri nola eragiten dion aztertzen da.

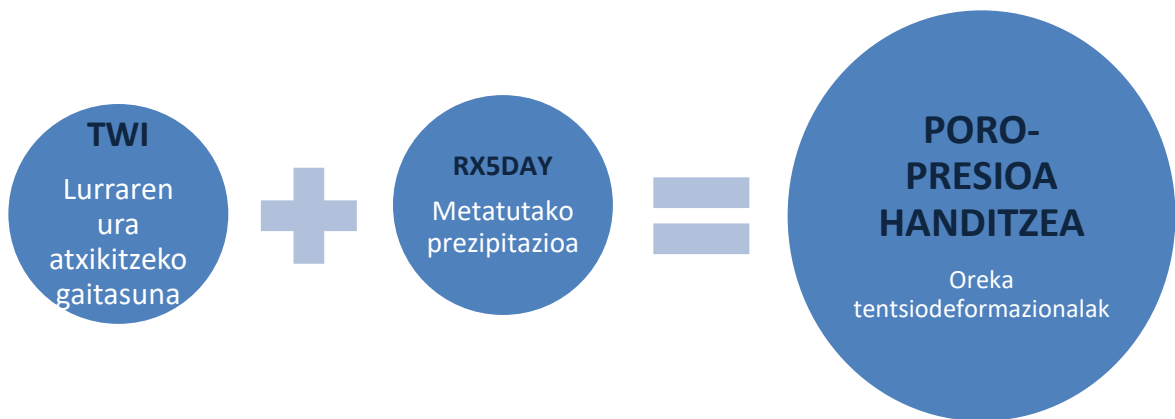


8.1 MASA-LERRADURETARAKO ARRISKUGARRITASUNA ZEHAZTEA

Masa-irristatzeen (errotazionalak edo translazionalak) aurreko arriskugarritasun-kartografia egiteko, **lurzoruaren saturazioa edo asetze-maila hartu da prozesuaren faktore eragileztat**, prozesu horiek sarritan sortzen baitira (gizakiaren esku-hartzerik gabe gertatzen badira) materialen poro-presioa areagotzearen ondorioz.

Urak lurrean duen efektuak tentsio-egoerak aldatzen dituzten **presioak eragiten ditu**, presio interstizialen eta lurraren pisua handitzearen ondorioz, gainera, barneko eta kanpoko higadura-prozesuak gertatzen dira, eta horrek **materialen propietateak eta erresistentzia aldatzen ditu**.

Lurraren asetasun-ahalmena kalkulatzeko, kontuan hartu dira **hezetasunaren indize topografikoa (TWI)** eta **5 egunetan metatutako prezipitazio maximoa (RX5DAY)** aldi historikorako eta aztertutako denbora-mugetarako. Pilatutako prezipitazioari buruzko datuak **KLIMATEK** proiektuak **4.5 eta 8.5 agertokietarako** emandakoak dira.



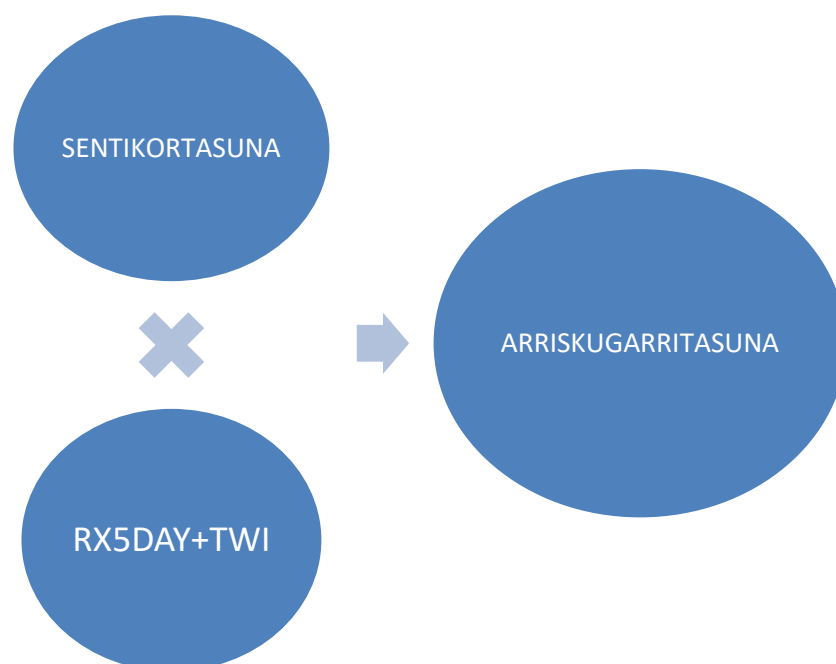
Faktore hori erabiltzearen arrazoia da **lurraren ur-presioen igoera eta lurra erresistentzia galtzen duela ur-asetasunaren eraginez simulatu behar dela**. Ondorio hori gerta dadin, lurra urez asetu egin behar da, eta, horretarako, ura metatu behar da bertan. Eremu jakin batera irits daitekeen ur-kantitateak (arro-eremua dela-eta) eta materialak drainatzeko duen ahalmenak zehaztuko dute ur-metaketa. Alderdi hori hezetasunaren indize topografikoa den TWI parametroak jorratzen du. Parametro horrek bere algoritmoan gainazaleko jariatze-urak edo isurketak hartzen duen eremuaren kuantifikazioa eta drainatzeko ahalmena jasotzen ditu (lurraren maldarekin lotuta dagoena).

Lurraren saturazio-ahalmena zehaztu ondoren, lur-eremura iristen den ur-kantitatea modelizatu behar da; horretarako, TWI kontzeptu horrekin batera, eta harekin errepikatuz, **RX5DAY**rekin lan egiten da, 5 egunetan pilatutako ur-prezipitazioen kopuruei erreferentzia egiten diena. Aldi luzeetan prezipitatzen duen ur kantitatea simulatzeko modu bat dela ulertzen da. Aldi horietan lurra urez asetzera iristen da, hau da, uraren zati bat ez da lurrazaleko jariatzearen bidez husten, eta lurra iragazi eta asetu edo saturatu egiten da.

Gipuzkoako mendi-hegaleko lerraduren azterketan dugun esperientziak erakusten digu **egokiagoa litzatekeela ur-pilaketaren denboraldi luzeagoekin lan egitea, 7 eta 14 egun arteko pilaketa-aldiekin**. Denbora-tarte hori beharrezkoa izaten da lurra saturatzeko, ebapotranspirazioan, iragazketan eta, beraz, lurra lortutako saturazioan doikuntzak

egiteko denbora emanaz. Hala ere, RX5DAYrekin lan egin da, KLIMATEKek ematen duen irristatzeen simulazio-eredura gehien hurbiltzen den datua delako.

Aurreko ataletan aipatu den bezala, faktore abiarazleek faktore baldintzatzaileetan duten eraginaren arabera zehazten da arriskugarritasuna. Egoera hori errepikatzeko, faktore abiarazlea eta sentikortasuna biderkatzea erabaki da, eta, beraz, faktore baldintzatzaile bakoitzean eragina sortzen ari da.



8.1.1 SORTUTAKO MAPAK. HEZETASUNAREN INDIZE TOPOGRAFIKOA (TWI) ETA KLIMA-AGERTOKIAK

Jarraian, hezetasunaren indize topografikoaren kontzeptua garatuko da, eta emaitzak mapa moduan adieraziko dira. Halaber, aplikatutako faktore abiarazlearen irteera grafikoak ere jasotzen dira (TWI+ AGERTOKI KLIMATIKOA).

HEZETASUNAREN INDIZE TOPOGRAFIKOA

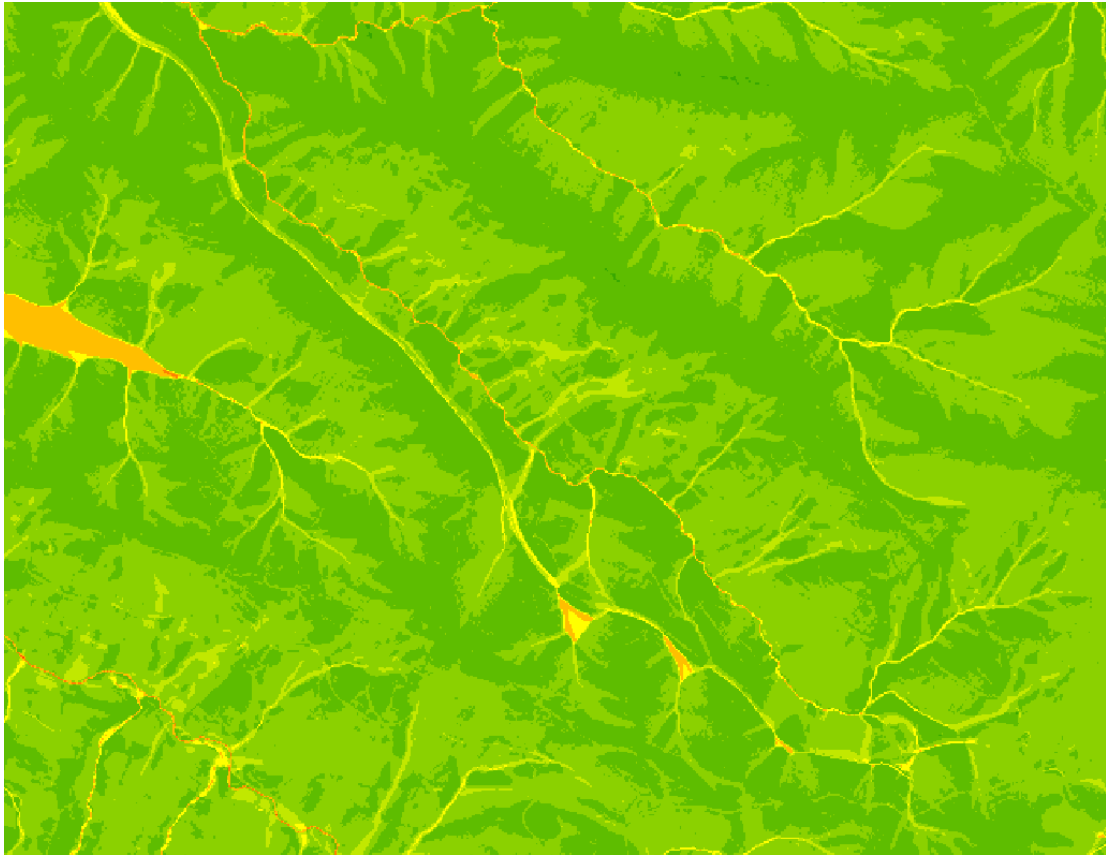
Hezetasunaren indize topografikoa (TWI: Topographic Wetness Index) zelula batek ura pilatzeko duen joera definitzen duen aldagaia da. Lurraren gelaxka (pixel) bakoitzetik igarotzen den fluxuaren bolumen erlatiboa eta mugimendu-kantitatea adierazten ditu.

$$TWI = \ln (Ca / \tan \beta)$$

Ca: gelaxkan fluxua pilatzeko eremua.

β : gelaxkako malda-angelua adierazten du.

Zenbat eta drainatze-eremu handiagoa eta malda txikiagoa izan, orduan eta handiagoa da kontzentrazioa eta asetasun hidrikoa. TWI balio altuak dituzten eremuak kontzentrazio- eta asetasun-eremuak dira.



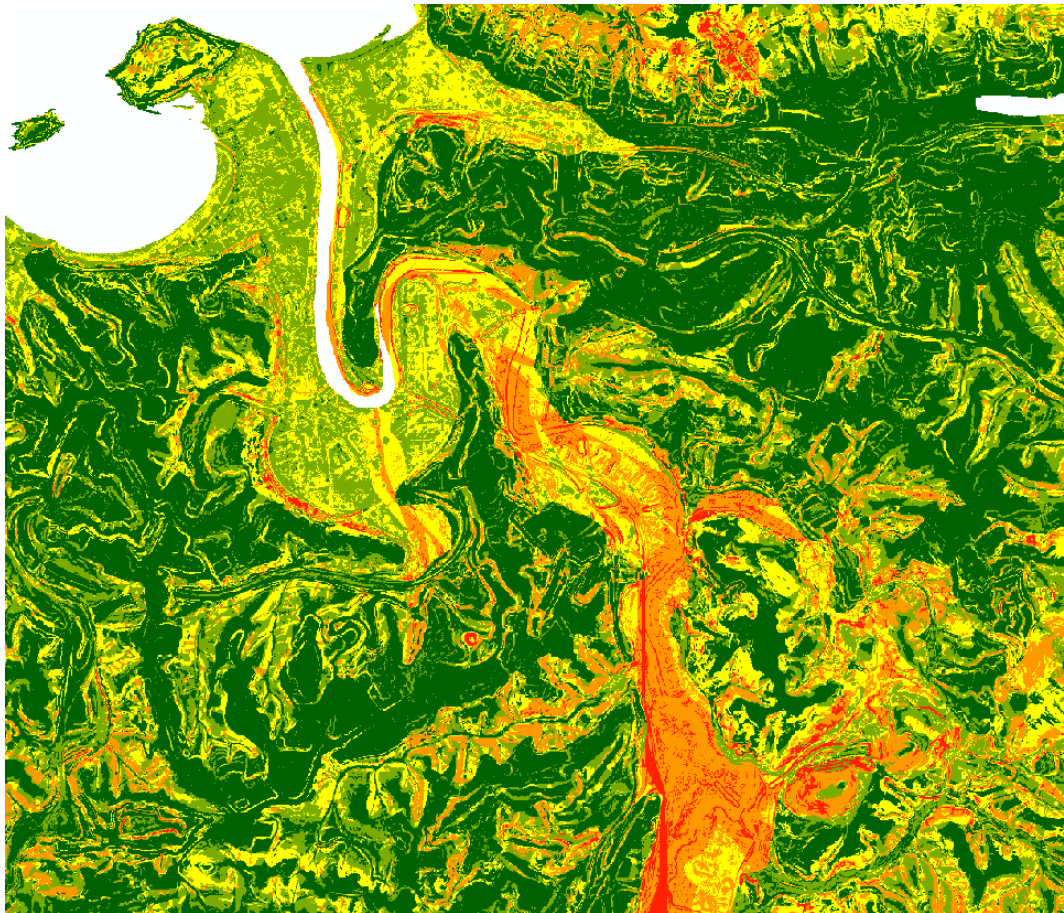
20. irudia: TWIren irteera-maparen laburpena. Ertz berde iluneko eremuak ikusten dira, eta hori bat dator TWI balio oso baxuekin. Hori eta laranja arteko eremuak kanal eta haranetan daude kokatuta, TWI balio altuagoekin.

TWI, hasiera batean ez da faktore abiarazlea, baina halakotzat hartu da egindako azterketan, prezipitazioak tokian duen eragina modu bereizian modelizatu ahal izateko.

Egindako TWI mapak -0,52tik 25,16ra bitarteko irteera-tartea erakusten du, eta 9 tarte berdinetan birstailkatzen da.

8.1.2 MASA-LERRADUREI BURUZKO ARRIKUGARRITASUN MAPETATIK LORTUTAKO EMAITZEN AURRETIAZKO AZTERKETA

Lortutako mapak, oro har, nahiko adierazgarriak dira masa-irristatzeak gertatzeko probabilitate handiena dagoen eremuak adierazteari dagokionez (arriskugarritasuna). Hala ere, akatsak antzeman dira lautada alubial zabaletako eremuetan, hala nola Urumea, Oria eta Urola ibaien ibilbidearen amaieran. Eremu horietan, TWI faktorea oso altua da, eta horrek probabilitatea handiegia sortzen du; izan ere, eremu horiek bat egiten dute oso malda txikiko eremuekin, eta, ondorioz, lerradurak sortzeko gaitasun gutxi edo batere ez dute.



21. irudia: Masa-irristatzeari buruzko arriskugarritasun-maparen irudia. Urumea ibaiko alubioi-lautadako zonaldeetan kolore gorriko eta laranjako zonaldeak ikus daitezke (arrisku oso altuko eta altuko zonak).

8.2 FLUXU MOTAKO EZEGONKORTASUNETARAKO ARRISKUGARRITASUNA ZEHAZTEA

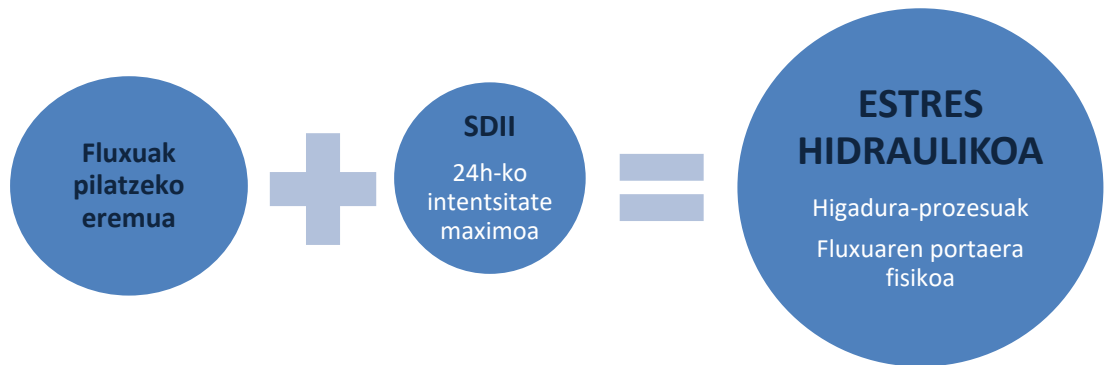
Fluxu motako ezegonkortasunetarako arriskugarritasuna definitzeko, azaleko jariatzea edo isurketa hartu da faktore eragileztat. Horrela bada, alde batetik, euri-aldi handietan botatzen duen ura hartzen da kontuan, eta, bestetik, eremu jakin batetik igarotzen den azaleko jariatze-kantitatea, eremua kokatuta dagoen arroaren arabera.

Mendi-hegaletik igarotzen den ur-kantitatea zehazteko, prezipitazio handiak izango direla iragartzen duen faktore bat hartu da kontuan, ekaitz gisa edo prezipitazio handien aldi labur gisa. Faktore hori modelizatu egin da, **egun hezeko serieko 24 orduko gehieneko intentsitatea (SDII)** hartuz 4.5 eta 8.5 agertokietarako. Erabilitako eguneroko prezipitazio-datuak IHOBEn eskutik jasotakoak dira, alborapena zuzentzeko metodologiaren bidez (EQM) lortu direnak.

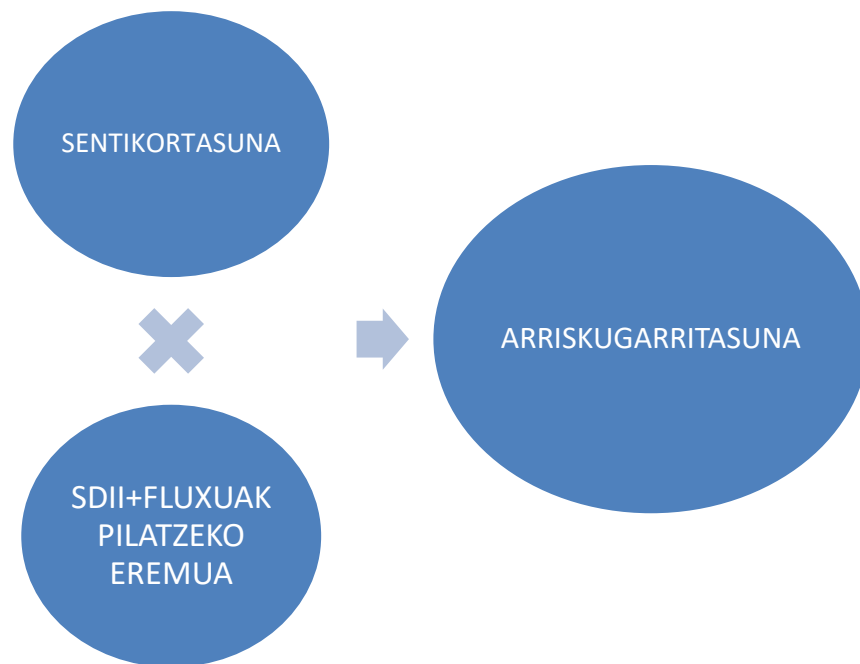
SDII egun hezeetako intentsitate-balioa da, eta horrek esan nahi du lurra nolabaiteko asetasun-maila duela, eta hori funtsezkoa da ezegonkortasun-mota horiek abiarazteko.

Komenigarria izan daiteke analisisia 12 ordutako intentsitate-balioekin egin ahal izatea. Horrelako prozesuei buruz daukagun esperientziak adierazten du 12 orduko denboraldietan intentsitate handiak izateak garrantzi handia duela prozesu horiek abiarazteko. Alabaina, 24 orduko intentsitate maximoarekin lan egin da, KLIMATEKek ematen duen irristatzeen simulazio-eredura gehien hurbiltzen den datua delako.

Puntu jakin batetik igarotzen den fluxu-kantitate erlatiboa zehazteko, fluxu-metaketa-aren mapa bat sortu da. Mapa horrek zona jakin batetik igarotzen den fluxu-kantitatea adierazten du, zona hori dagoen arroaren arabera.



Masa-lerraduretarako arriskugarritasuna zehazteko kasuan bezala, faktore abiarazlea eta sentikortasuna biderkatzea erabaki da:



8.2.1 SORTUTAKO MAPAK. FLUXUAK METATZEKO EREMUAK ETA KLIMA-AGERTOKIAK

Eremu batean pilatutako fluxuaren mapan eremu jakin batetik igarotzen den fluxu-kantitatea adierazten da, eremu hori kokatzen den arroaren arabera.

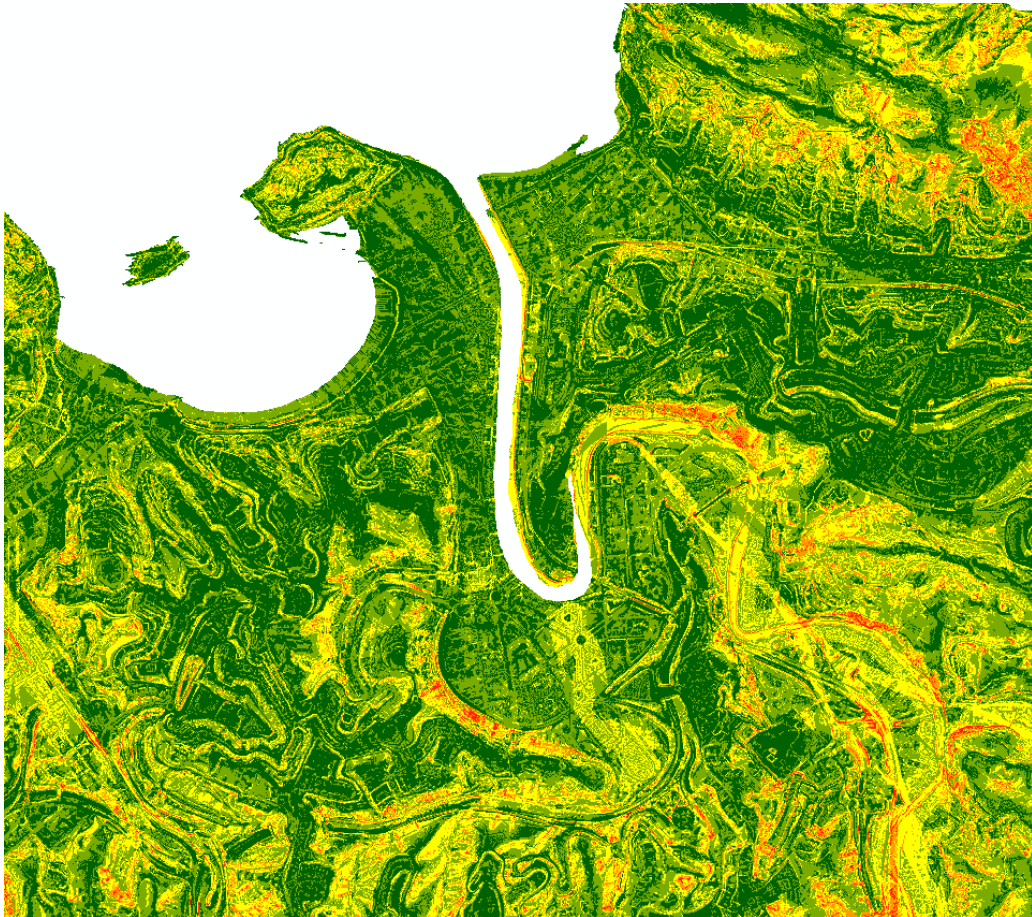
Mendi-tontorrek eta ertzak dira metaketa-eremu txikiena dutenak; ibarbideak, berriz, fluxuak metatzeko eremu handiena dutenak.

Mapa egitean lortutako balioak 25 eta 645.689 m² artekoak dira, eta mapa hori honako maila hauetan birsailkatzen da:

KLASEA	BALIO-TARTEA
1	25-50
2	50-100
3	100-500
4	500-1.000
5	1.000-10.000
6	10.000-100.000
7	100.000-1.000.000
8	1.000.000-100.000.000
9	100.000.000-645.689.728

8.2.2 FLUXU-LERRADUREI BURUZKO ARRIKUGARRITASUN MAPETATIK LORTUTAKO EMAITZEN AURRETIAZKO AZTERKETA

Masa-lerraduren arriskugarritasun-mapetan gertatzen den bezala, fluxuak metatzeko eremuaren faktoreak arriskuari buruzko ezohiko emaitzak eragiten ditu alubioi-lautada zabaletako eremuetan. Urumea eta Oria bezalako emari handiko ibaien ibilbideko tarte horietan, fluxuak metatzen diren eremuetan balio oso altuak lortzen dira, logikoaenez. Arriskugarritasun-mapan 5 gradutik beherako maldak eta arriskugarritasun ertaina dituzten eremuak agertzen dira, baina hori ezinezkoa da.



22. irudia: Masa-lerradurak gertatzeko arriskugarritasun-maparen irudia. Urumea ibaiko alubioi-lautadako zonaldeetan, kolore gorriko eta laranja zonaldeak ikus daitezke (arrisku oso altuko eta altuko zonak).






9. EMAITZAK

Egindako analisisien emaitzak atal honetan garatuko dira metodologian aplikatutako faseei jarraiki, hau da, lehenik eta behin, aztertutako bi ezegonkortasun-motetarako sentikortasun-analisisien emaitzak azaltzen dira, bi ezegonkortasun-motetarako arriskugarritasunarekin amaitzeko, aztertutako bi agertokietan eta modelizatu diren lau denbora-tarteetan.

9.1 SENTIKORTASUN-MAPAK. EMAITZAK.

Egindako analisiaren emaitzekin sentikortasun-mapa bat sortu da, beheko irudian ikus daitekeena.

Algoritmoa aplikatzean lortutako balioak 9 klase edo motatan multzokatu dira, sentikortasun txikienetik handienara. Era berean, bederatzi mota horiek multzokatu egin dira, sentikortasun-balioari emaitza kualitatiboa eman ahal izateko. Horrez gain, maila bakoitzari kolore-kode bat esleitu zaio:

KOLORE-KODEA	SENTIKORTASUNAREN IZEN KUALITATIBOA
	Oso txikia
	Txikia
	Moderatua edo ertaina
	Handia
	Oso handia

9.1.1 FLUXU-MOTAKO EZEGONKORTASUNEKIKO SENTIKORTASUN-MAPAK

Fluxu motako ezegonkortasunetarako sentikortasun-maparen emaitzetan ikus daitekeenez, Gipuzkoako Lurralde Historikoan, batez ere, sentikortasuna txikia edo ertaina nagusitzen dira. Hori beheko irudian ikus daiteke.



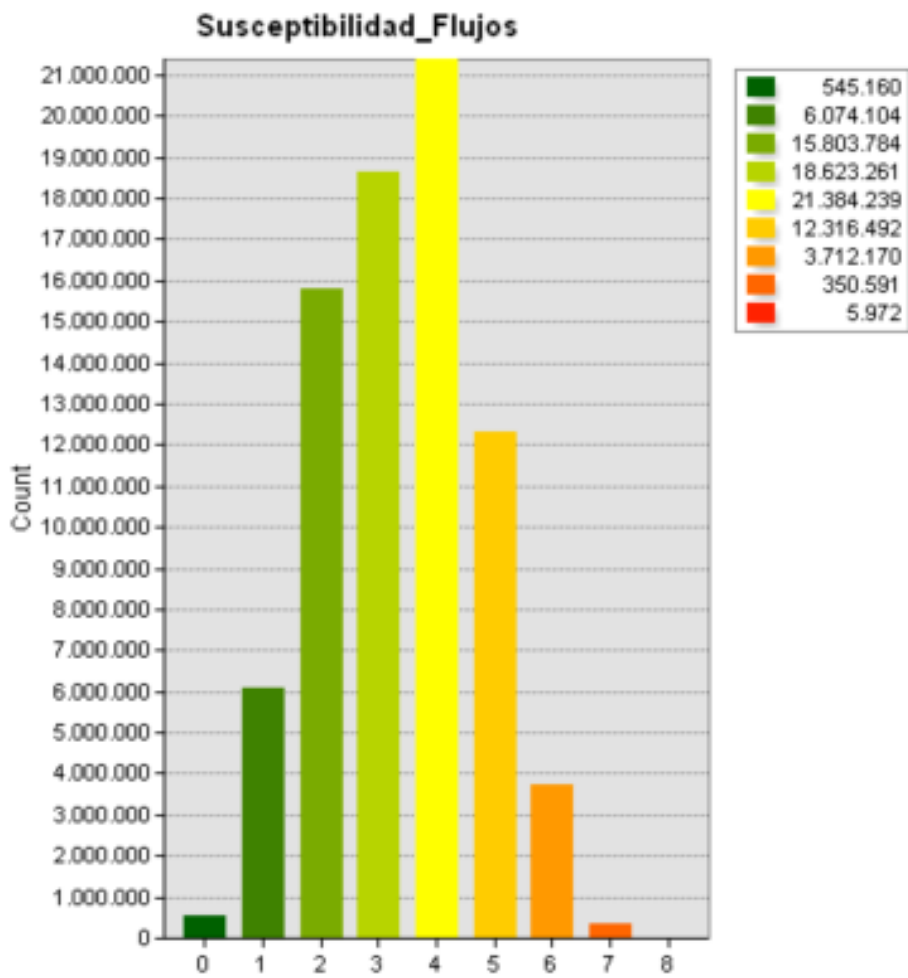
23. Irudia: GLHko sentikortasun-mapa fluxu motako ezegonkortasunen aurrean, 1/250.000 eskalan.

Sentikortasun ertainetik oso handira bitarteko eremuak mendialdeetan biltzen dira, bertan baitaude ezegonkortasun-mota hori baldintzatzen duten faktoreak.

Eremu hauek dira Aizkorri eta Aratz mendilerroak Nafarroa eta Araba artean, eta Elgea mendilerroa Gipuzkoa eta Araba artean, denak GLHaren hegoaldean kokatuta. Erdialdean Ernio mendigunea dago. Ipar-ekialdera Bortzirietako mendigunea dago, eta, azkenik, kostalderantz Jaizkibel mendia eta Igeldo eta Mendizorrotz dauden mendikatea.

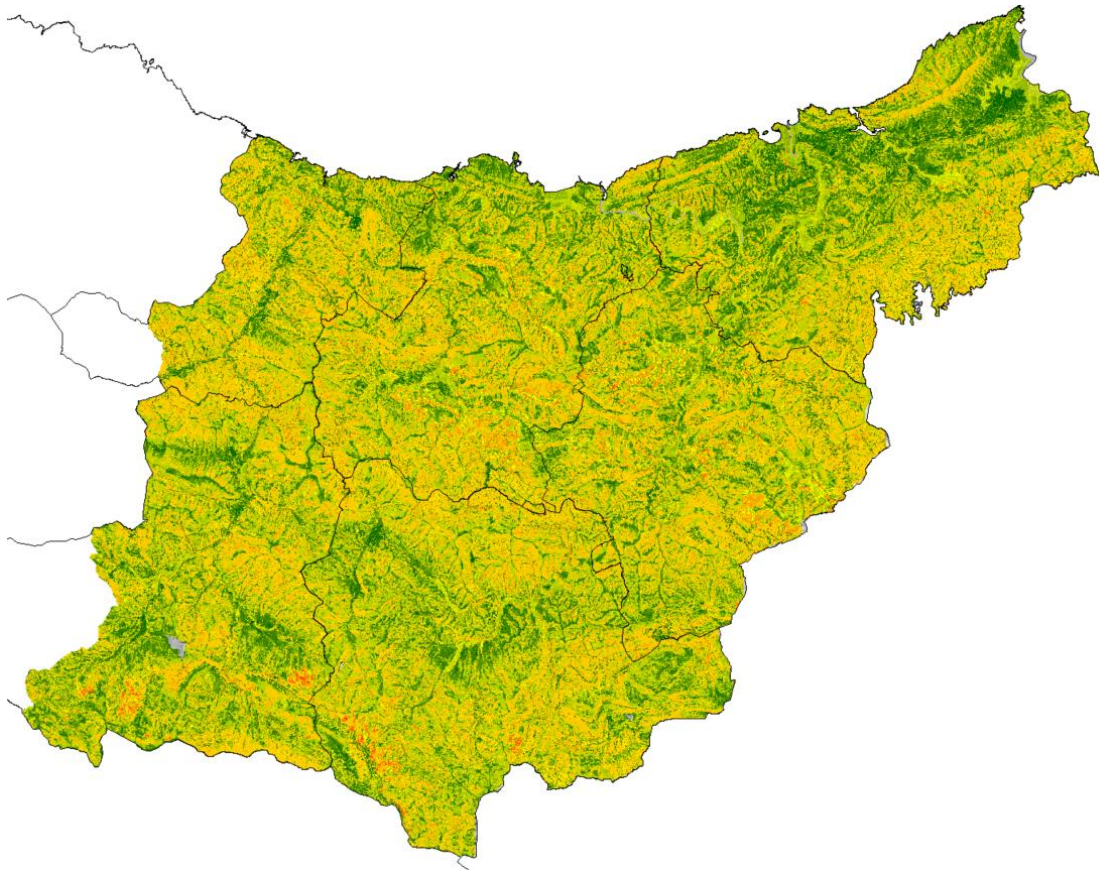
Pixel bakoitzaren sentikortasun-balioekin egindako histogramak erakusten duenez, datu gehienak sentikortasun txikitik ertainera bitarteko eremuetan kokatuta daude; beraz, banaketa-kurbaren forma asimetrikoa da, eta balio gutxiago daude balio ertainetik oso handira bitarteko sentikortasuna duten eremuetan, jarraian bildu den grafikoan ikus daitekeen bezala:

SENTIKORTASUNA FLUXUEN AURREAN



9.1.2 MASA-IRRISTADUREKIKO SENTIKORTASUN MAPAK

Masa-lerradurekiko sentikortasun-mapan ikus daitekeenez, GLH, oro har, sentikortasun txikitik ertainera arteko tartetan dago. Fluxuekiko sentikortasunaren kasuaren antzera, sentikortasun edo kalteberatasun handiena duten eremuak erlieberik handiena duten lurraldeko eremuetan kokatuta daude. Iparraldetik hegoaldera, Bortzirietako mendigunea, Erdiko aldean Ernio eta Izarraitz mendiguneak, eta hegoaldean Elgea eta Aizkorriko mendilerroak, eta Aralarren jarraipena. Hain zuzen ere, azken horietan biltzen dira sentikortasun handiena duten eremuak.

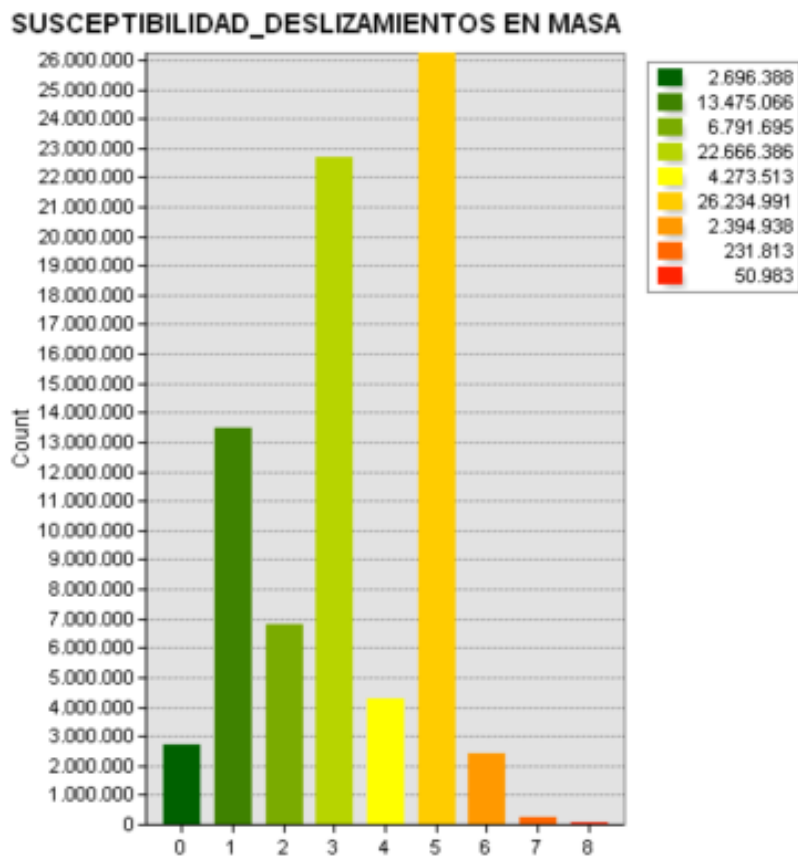


24. irudia: GLHko sentikortasun-mapa masa-lerraduren aurrean, 1/250.000 eskalan.

GLHaren hegoaldean, oso sentikortasun handia duten hainbat eremu bereizten dira: Eskoriatzako udalerrian ekialderantz, Axkorri mendiaren hegala, Oñatiko udalerrian,

Gorgomendi tontorrak eta Buetraitzek osatutako gailurraren iparraldeko mendi-mazela. Hegoekialdean, Aizkorri mendilerroaren iparraldeko hegala sentikortasun oso handiko eremuetan daude. Donostia eta Irun artean geratzen den zerranda nabarmentzen da horrelako lerradurak izateko arrisku txikia dagoelako.

SENTIKORTASUNA MASA-LERRADUREN AURREAN








Histograman ikusten den banaketak erakusten duenez, balio gehienak txikitik handira bitarteko sentikortasun-tartean daude; sentikortasun handiko balio ugari biltzen dira eta oso handiko balio gutxi.

9.2 ARRISKUGARRITASUN-MAPAK

Bi lerradura motatarako arriskugarritasunaren azterketaren ondorioz, bi agertoki klimatikotan eta lau denboralditan, 16 mapa sortu dira. Mapa horiek ezegonkortasun motaren arabera banatzen dira, eta bi azpitalde dituzte agertokietarako. Koadro gisa eta laburtuta taula hau aurkezten da:

EZEGONKORTASUN MOTA	KLIMATEK AGERTOKIA	DENBORAZKO PROIEKZIOA
FLUXUAK	1971-2015 aldi historikoa	
	4.5	2011-2040
		2040-2070
		2070-2100
	1971-2015 aldi historikoa	
	8.5	2011-2040
		2040-2070
		2070-2100
MASA-IRRISTADURAK	1971-2015 aldi historikoa	
	4.5	2011-2040
		2040-2070
		2070-2100
	1971-2015 aldi historikoa	
	8.5	2011-2040
		2040-2070
		2070-2100

Arriskua kualitatiboki zehazteko sentikortasunari esleitutako kolore-kodea gorde da:

KOLORE-KODEA	SENTIKORTASUNAREN IZEN KUALITATIBOA
	Oso txikia
	Txikia
	Moderatua edo ertaina
	Handia
	Oso handia

Jarraian, 4.5 eta 8.5 agertokiatarako Gipuzkoako lurraldean egindako arriskugarritasun-azterketaren emaitzak azaltzen dira.

9.2.1 ARRISKUGARRITASUN-MAPAK FLUXU-MOTAKO EZEGONKORTASUNEN AURREAN

1971-2015 ALDI HISTORIKOA

Beheko irudian, 1/250.000 eskalan, ikusten da lurraldea, oro har, arriskugarritasun-maila oso txikitik txikira arteko eremuan dagoela. Hala ere, argi eta garbi bereizten dira arriskugarritasun ertainetik oso handira bitarteko bi eremu.

Mendebaldetik ekialdera, lehenengo eremuak bat egiten du Izarraitz mendigunearekin eta haren iparraldeko mendilerroekin; ondoren, hegoaldean, Irukurutzeta izeneko zonarekin, Soraluze, Bergara eta Azkoitia artean.

Erraz nabarmentzen den beste eremu handia, Nafarroako muga dagoena, Bortzirietako mendigunea da, Berastegi eta Elduain mendietan hegoalderantz jarraitzen duena.

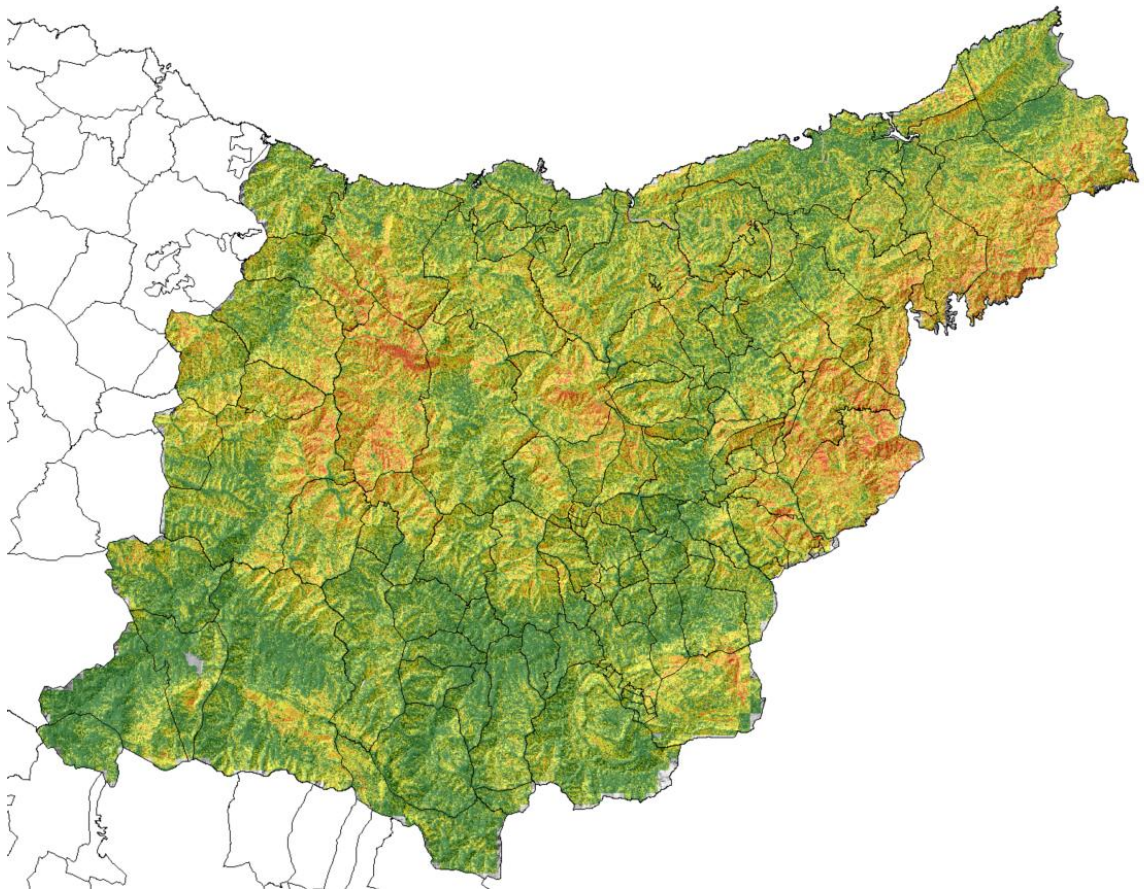
Hegoalderantz garrantzi txikiagoko beste eremu batzuk bereizten dira, Arantzazutik iparraldera dauden gailurretan eta Enirio-Aralar mendilerroaren inguruan, azkenik, Gipuzkoako erdialdean dagoen Ernio mendigunean.



25. irudia: GLHaren fluxu motako ezegonkortasunen aurreko arriskugarritasun-mapa, 1/250.000 eskalan, 1971-2015 aldi historikoa.

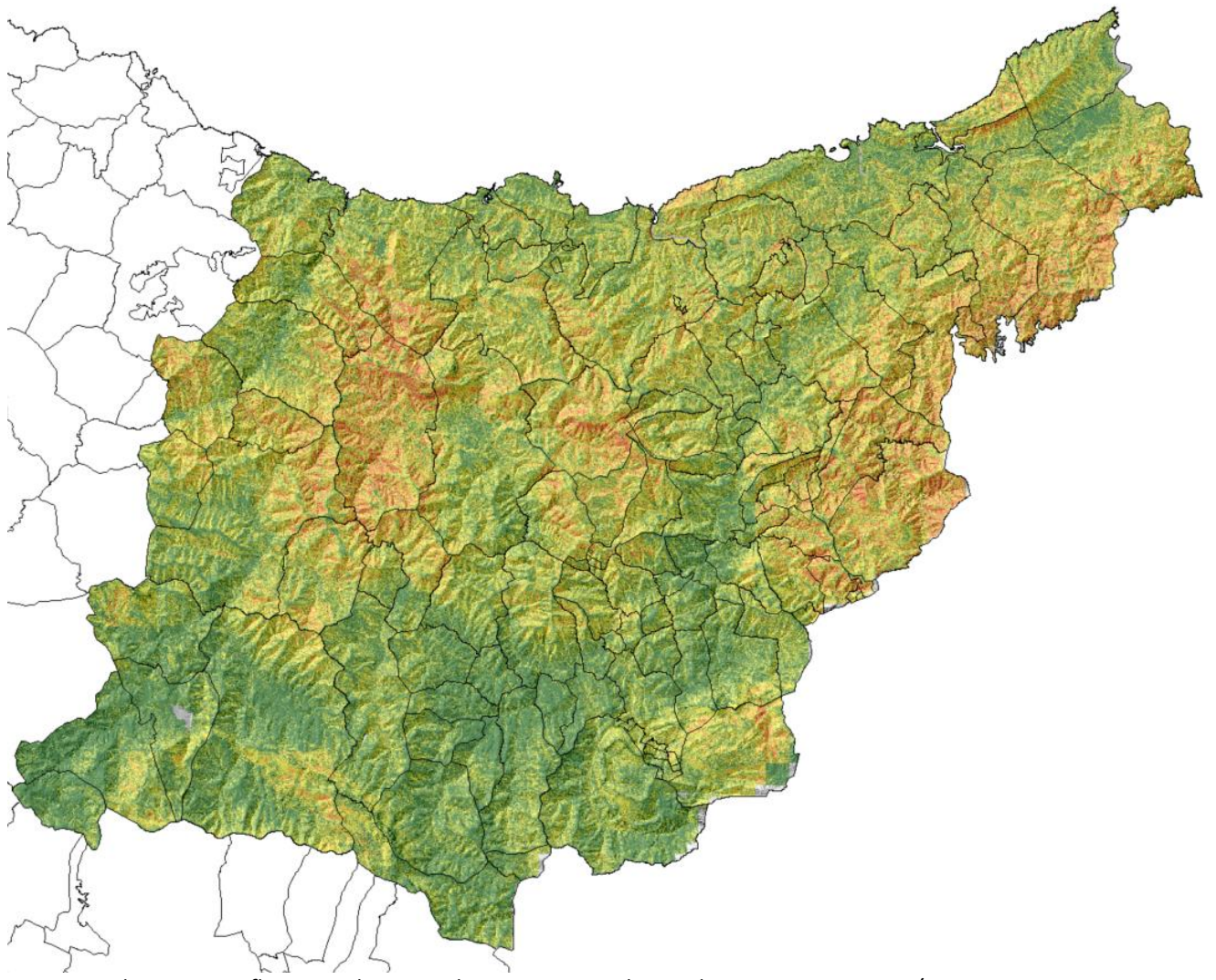
2010-2040 ALDIRAKO PROIEKZIO KLIMATIKOA

2011-2040 aldirako klima-proieksioko arriskugarritasun-emaizetan, deigarri gertatzen den lehen gauza da lurraldearen arriskugarritasun orokorrak gora egiten duela, eta arrisku ertaineko eremu gehiago agertzen direla garai historikoan probabilitate handieneko eremuen inguruan. Gainera, eremu horietan, garai historikoan fluxuak jasateko probabilitate handiagoarekin agertzen zirenetan, arriskugarritasuna handitu egin da, kolore gorriko gelaxka gehiago ikusten dira, oso arriskugarritasun handikoak.



26. irudia: GLHaren fluxu motako ezegonkortasunen aurreko arriskugarritasun-mapa, 1/250.000 eskalan, 4.5 agertokirako eta 2010-2040 proiektiorako.

Ez da alde esanguratsurik ikusten 4.5 eta 8.5 agertokietan lortutako emaitzen artean. Ezaugarri desberdinen bat aipatzearen, esan daiteke arriskugarritasun handiko eta oso handiko eremuak lotuago daudela 4.5 agertokian, eta 8.5 agertokian, berriz, itxuraz ez dagoela jarraitutasun espazial handirik eta “mosaiko” itxura duela.

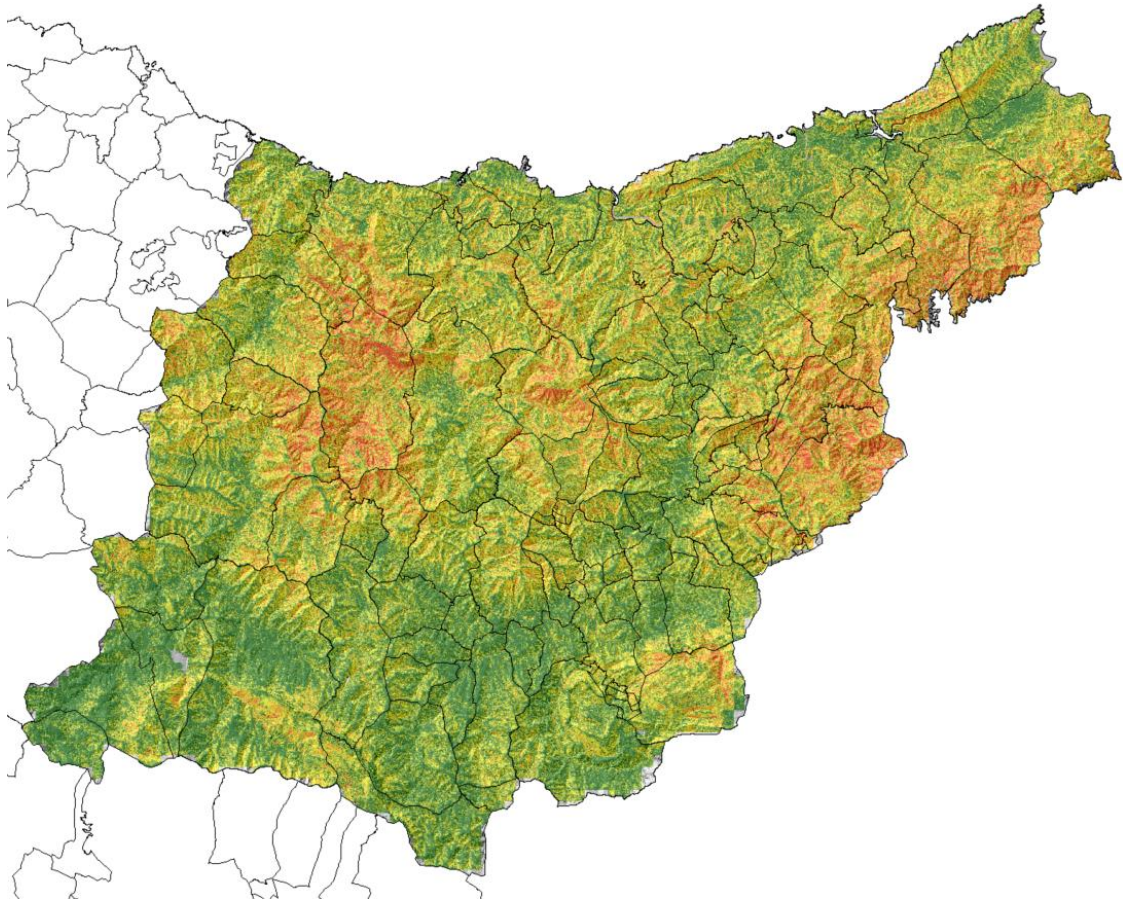


27. irudia: GLHaren fluxu motako ezegonkortasunen aurreko arriskugarritasun-mapa, 1/250.000 eskalan, 8.5 agertokirako eta 2010-2040 proiektzioarako.

2040-2070 ALDIRAKO PROIEKZIO KLIMATIKOA

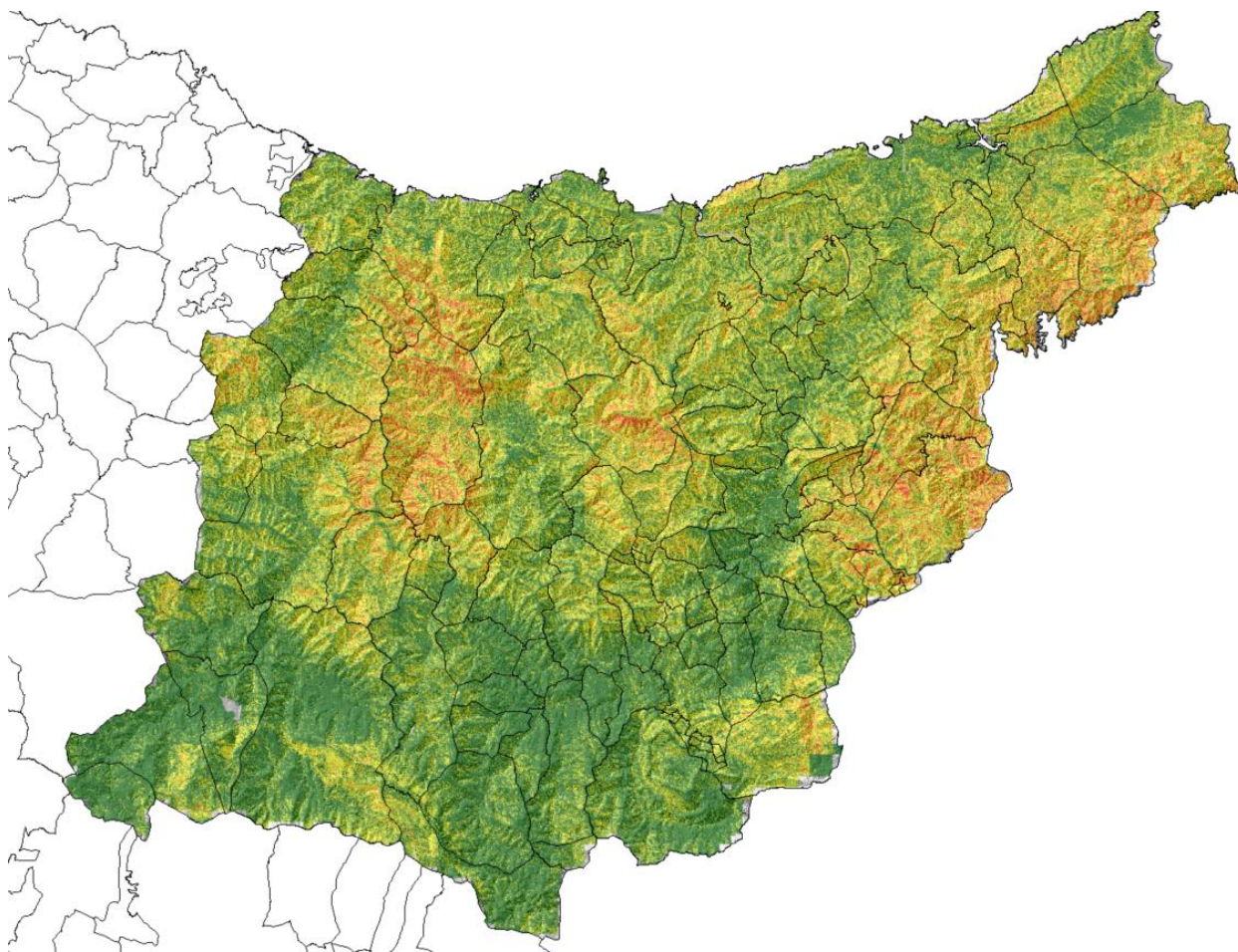
4.5 agertokian arriskugarritasunak gora egiten du oro har lurralde osoan, eta arriskugarritasun ertaina duten eremuak nagusi dira lurraldearen iparraldeko bi herenetan.

Aldi historikotik probabilitate handieneko eremutzat identifikatu diren tokietan, arriskugarritasun handia eta oso handia adierazten duten pixelen kopuruak gora egiten jarraitzen du.



28. irudia: GLHaren fluxu motako ezegonkortasunen aurreko arriskugarritasun-mapa, 1/250.000 eskalan, 4.5 agertokirako eta 2040-2070 proiektiorako.

8.5 agertokian lurralde osoan arriskugarritasuna murrizteko joera orokorra ikus daiteke, eta arriskugarritasun ertainetik oso handirako eremuak Izarraitz mendigunean, Ernio mendigunean eta Bortzirietako mendigunean kontzentratuta geratzen da, hegoalderantz jarraituz Elduain eta Berastegi mendialdeekin.



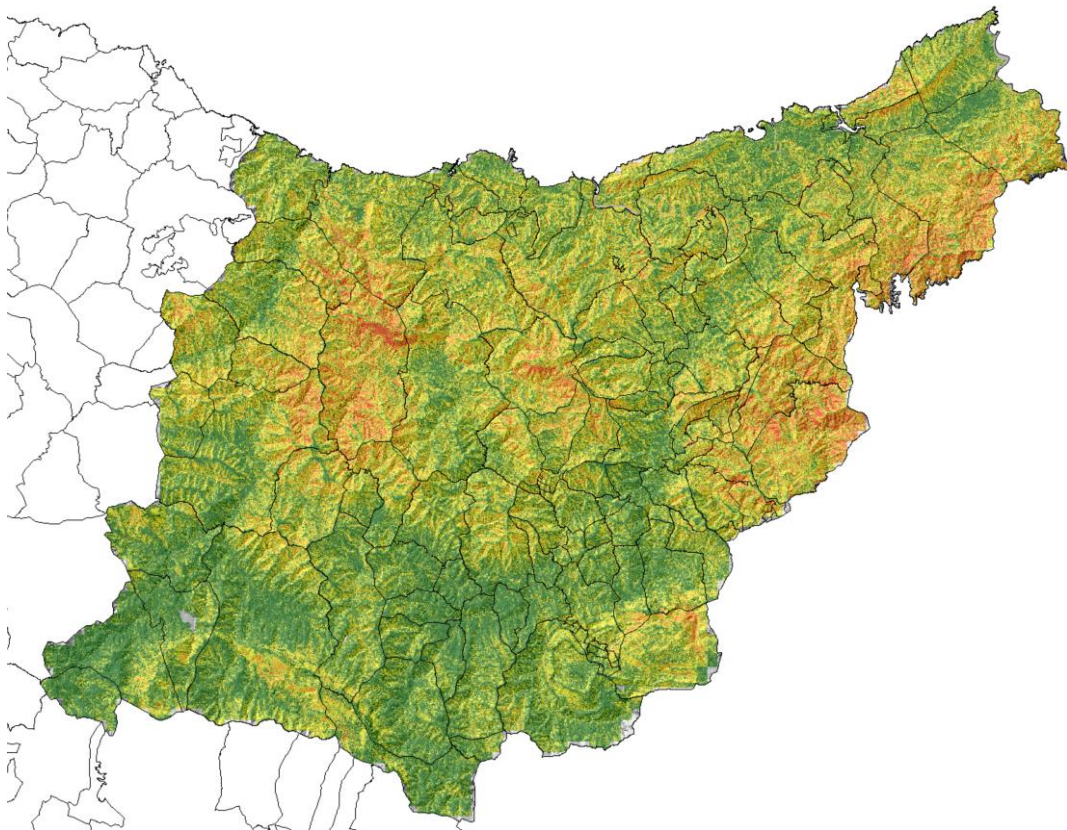
29. irudia: GLHaren fluxu motako ezegonkortasunen aurreko arriskugarritasun-mapa, 1/250.000 eskalan, 8.5 agertokirako eta 2040-2070 proiektzioarako.

2070-2100 ALDIRAKO PROIEKZIO KLIMATIKOA

Azken proiektiorako, hau da, 2070-2100 aldirako arriskugarritasun-maparen emaitzek, 4.5 agertokian, aurreko aldietan markatzen zen bilakaerari dagokionez atzerakada erakusten dutela dirudi. Arriskugarritasun ertainetik oso handira bitarteko gelaxkak dituzten eremuek behera egiten dute.

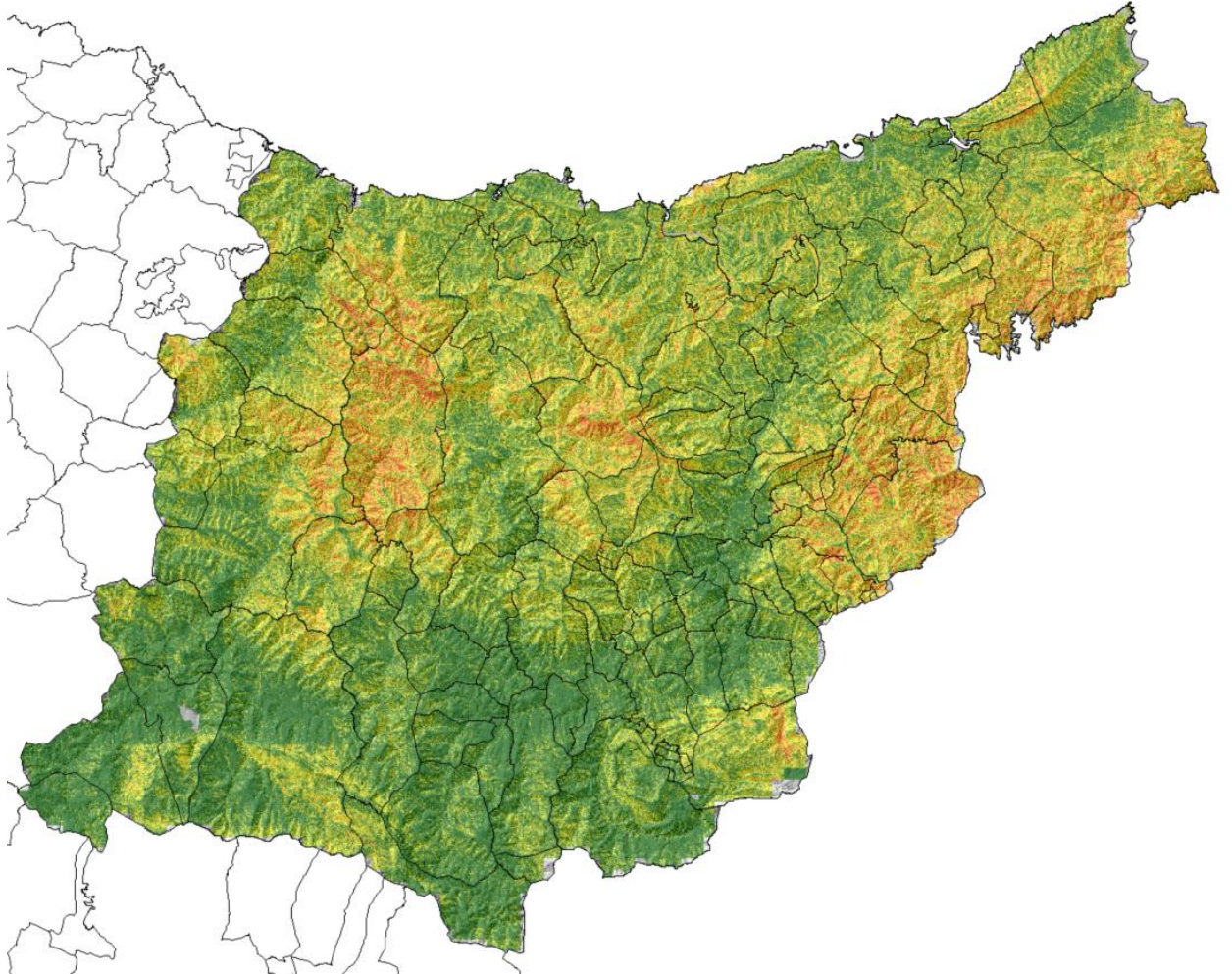
Prezipitazioaren intentsitateak bakarrik eragin dezake atzerakada hori (gainerako faktoreak konstanteak baitira ekuazioan), eta, ondorioz, aldi horretan SDII jaitsi egiten dela ikus daiteke aurreko aldiarekin alderatuta. Mapa, oro har, 2010-2040 epealdikoaren oso antzekoa da.

Arriskugarritasuna nabarmen jaisten da garai historikotik deskribatutako hiru eremu nagusietan: Izarraitz mendigunea mendebaldean, Ernio mendigunea erdialdean eta Bortzirietako mendigunea ekialdean, Berastegi eta Elduain udalerrietako mendiekin batera.



30. irudia: GLHaren fluxu motako ezegonkortasunen aurreko arriskugarritasun-mapa, 1/250.000 eskalan, 4.5 agertokirako eta 2070-2100 proiektiorako.

8.5 agertokian ez da bilakaera esanguratsurik ikusten aurreko aldiarekin alderatuta; arriskugarritasun ertaina edo oso handia duten eremuak ia berdinak dira azalerari eta kokapenari dagokienez.



31. irudia: GLHaren fluxu motako ezegonkortasunen aurreko arriskugarritasun-mapa, 1/250.000 eskalan, 8.5 agertokirako eta 2070-2100 proiektiorako.

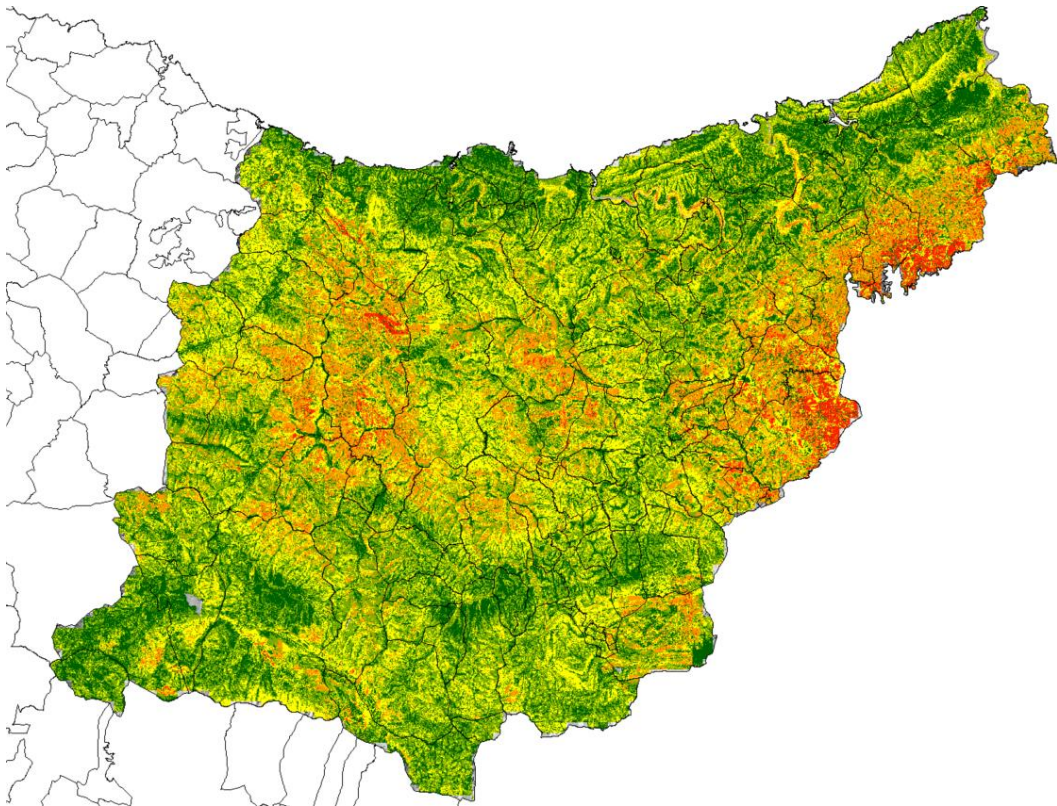
9.2.2 ARRISKUGARRITASUN-MAPAK MASA-LERRADUREN AURREAN

1971-2015 ALDI HISTORIKOA

Masa-lerradurak gertatzeko arriskugarritasun-mapan, aldi historikoan, ikusten da lurralde gehiena arrisku-maila txikitik ertainera bitarteko tartetean dagoela.

Fluxu motako ezegonkortasunetarako arriskugarritasun ertainetik oso handira dauden eremuen eta masa-lerradurak jasateko arriskugarritasun-mapan jasotako arteko kointzidentzia ikus daiteke. Honako hauek dira:

- Izarraitz mendigunea, Irukurutzeta ingurunea (Bergara, Soralue eta Azkoitiko udalerrien muga).
- Gipuzkoako Lurralde Historikoaren erdialdean, Ernioko mendigunea.
- Bortzirietako mendigunea iparraldean, hegoalderantz jarraituz Berastegi eta Elduaingo mendialdeekin.

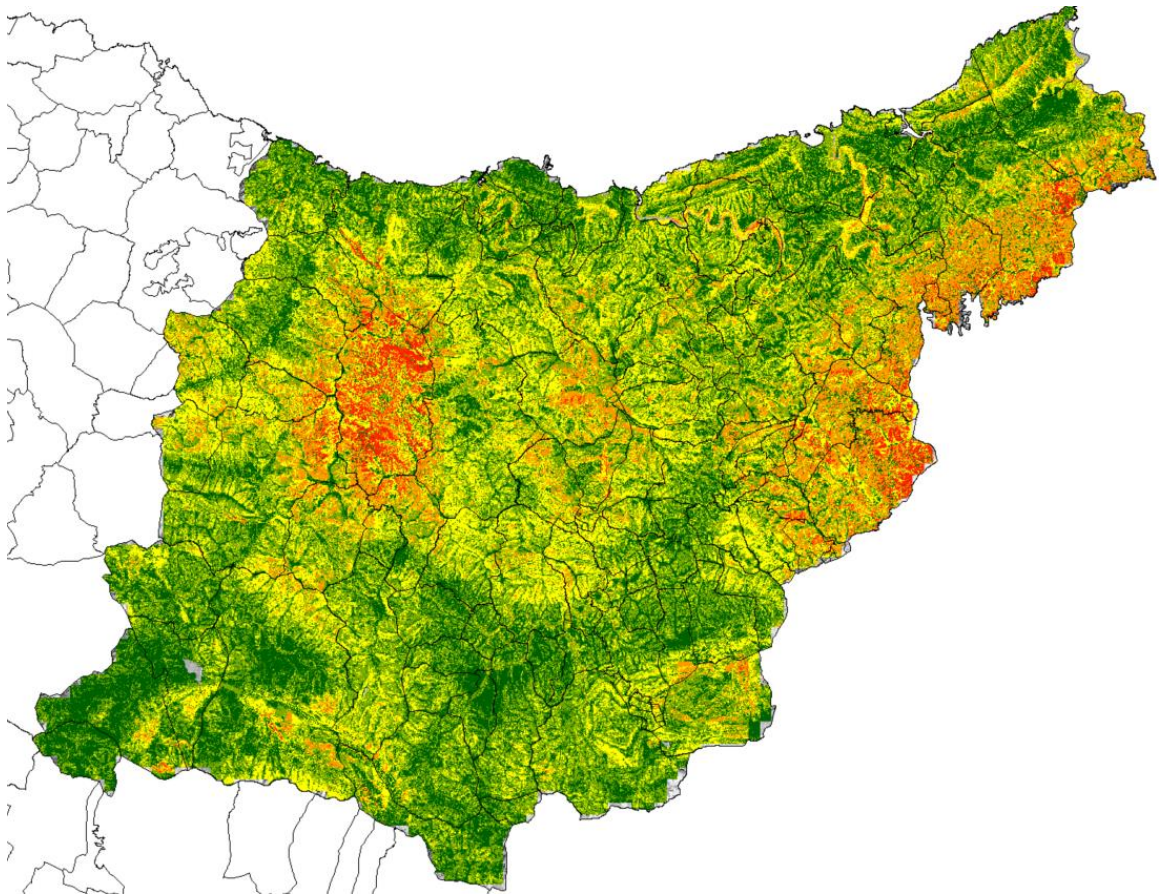


32. irudia: GLHaren masa-irristatzeen aurreko arriskugarritasun-mapa, 1/250.000 eskalan, 1971-2015 aldi historikoa.

Bestalde, eremu batzuk ikusten dira, bereziki kostaldeko zerrenda, bai eta Debagoieneko eskualdearen hegoaldea eta Goierriko erdialdea ere, eta, oro har, arriskugarritasun oso txikitik txikira bitartekoak dira aldi horretarako.

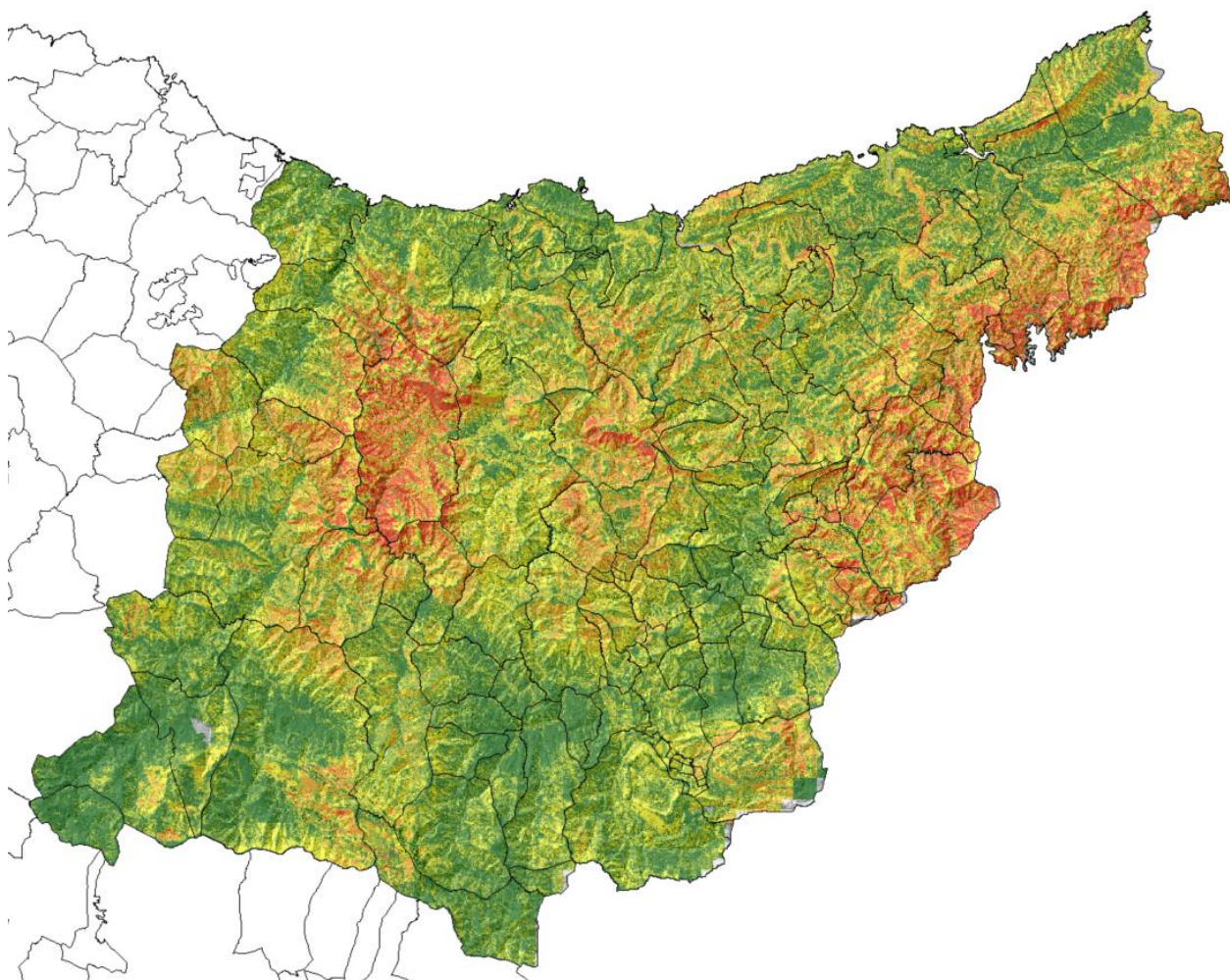
2010-2040 ALDIRAKO PROIEKZIO KLIMATIKOA

4.5 agertokian, arriskugarritasun oso txikitik txikira bitarteko balioak dituzten eremuak gehiago dira aldi honetan; hala ere, aurreko atalean adierazitako 3 eremuetan (Izarraitz mendigunea, Ernio mendigunea eta probintziaren ekialdeko muturra, Bortzirietako mendigunearekin eta Berastegi eta Elduaingo mendialdeekin), masa-lerradurak gertatzeko probabilitatea handitu egin da. Arrisku ertaineko eremuak arrisku handi eta oso handia izatera igaro dira.



33. irudia: GLHaren masa-irritatzeen aurreko arriskugarritasun-mapa, 1/250.000 eskalan, 4.5 agertokirako, 2010-2040 aldiari dagokion klima-proiektzioan.

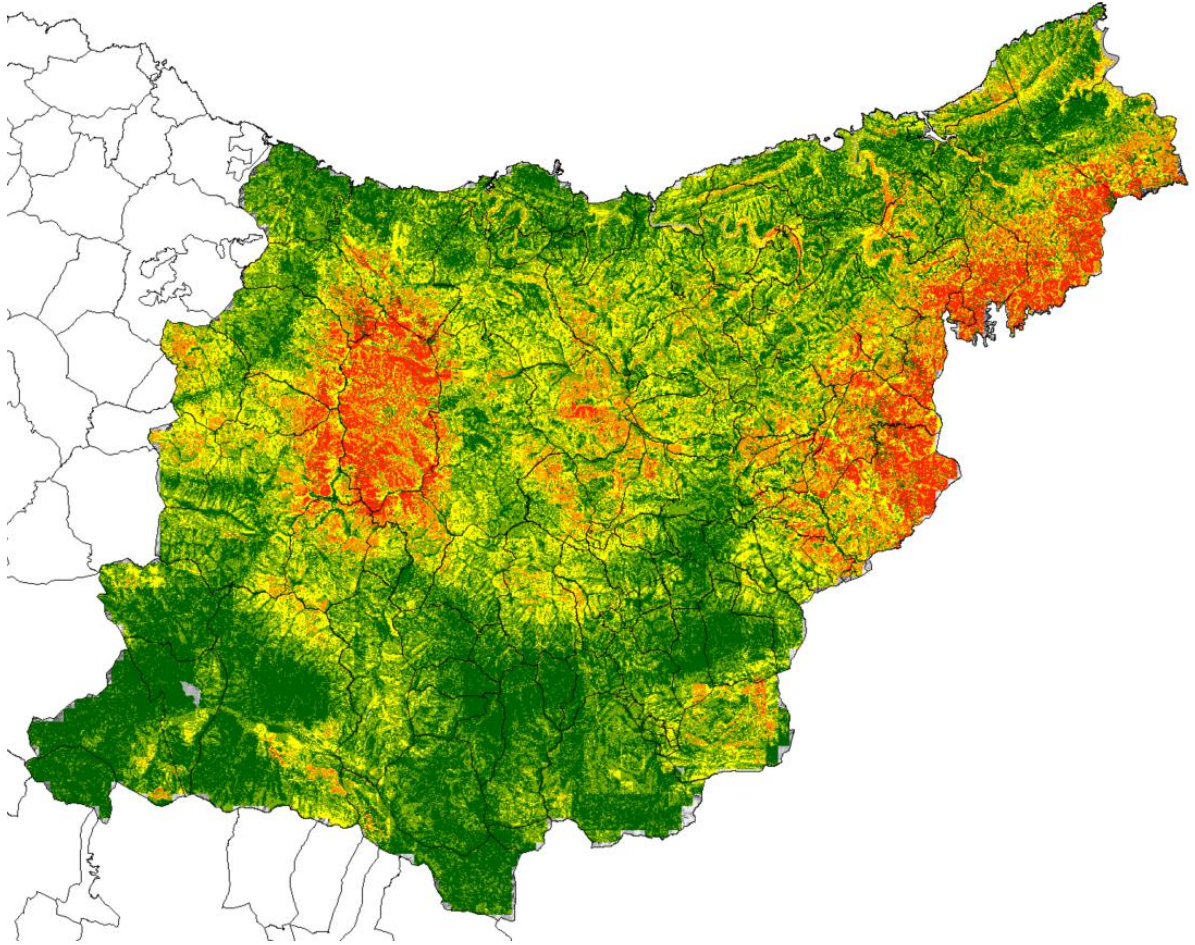
8.5 agertokirako, arriskugarritasun oso handia duten eremuek gora egiten dute aldi historikoarekin alderatuta. Eremu horiek lehen aipatutako eremuetan daude (probintziaren erdialdean).



34. irudia: GLHaren masa-irristatzeen aurreko arriskugarritasun-mapa, 1/250.000 eskalan, 8.5 agertokirako, 2010-2040 aldiari dagokion klima-proiekzioan.

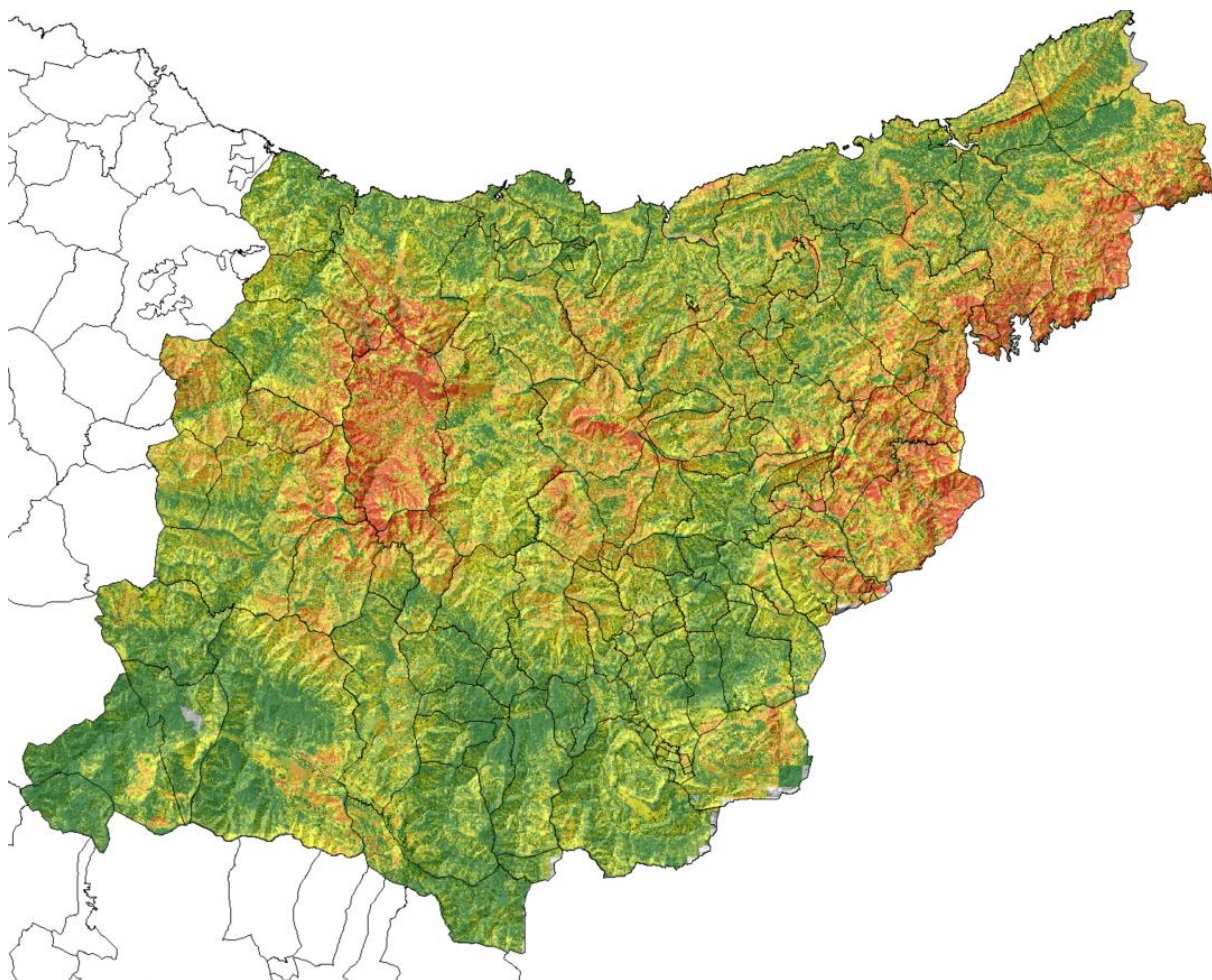
2040-2070 ALDIRAKO PROIEKZIO KLIMATIKOA

Aurreko denboraldien artean markatutako joerak aurrera jarraitzen du, arriskugarritasun txikitik oso txikirako eremuek gora egiten jarraitzen dute, eta, aipatutako hiru eremuetan, aldiz, arriskugarritasuna handitik oso handira duten gelaxkak areagotu egiten dira.



35. irudia: GLHaren masa-irristatzeen aurreko arriskugarritasun-mapa, 1/250.000 eskalan, 4.5 agertokirako, 2040-2070 aldiari dagokion klima-proiekzioan.

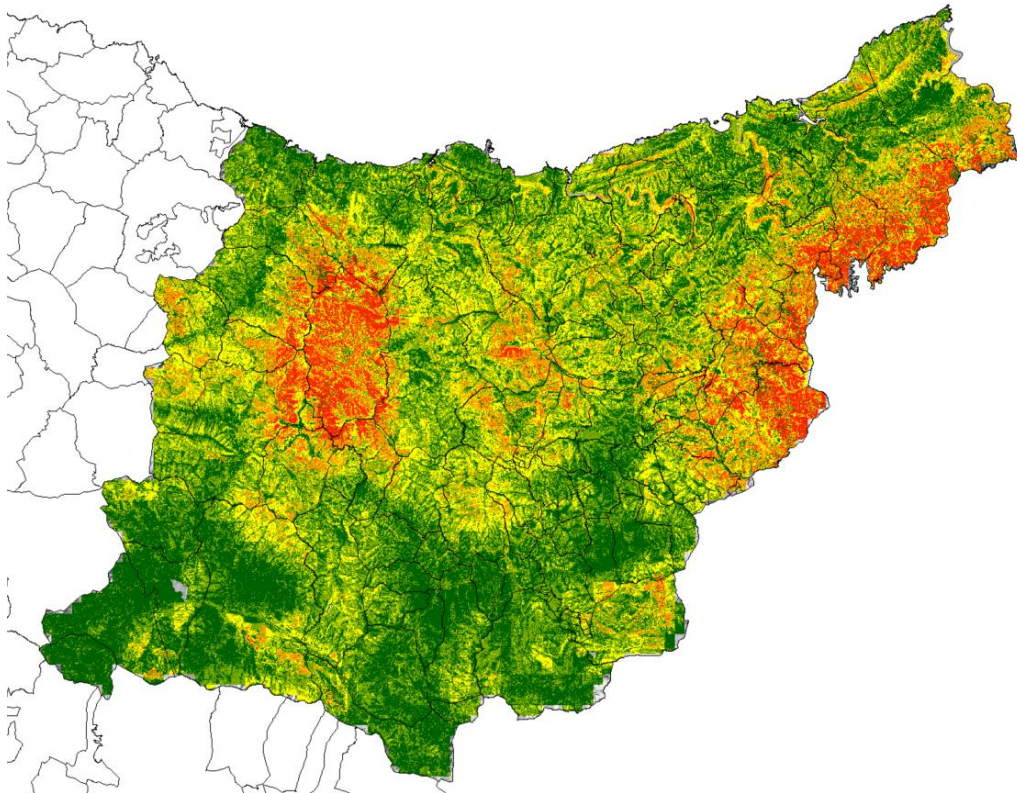
8.5 agertokian arriskugarritasun oso handiko eremuak pixka bat zabaltzen dira (lurraldearen erdialdeko mendialdeetan gertatzen da berriz ere).



36. irudia: GLHaren masa-irristatzeen aurreko arriskugarritasun-mapa, 1/250.000 eskalan, 8.5 agertokirako, 2040-2070 aldiari dagokion klima-proiekzioan.

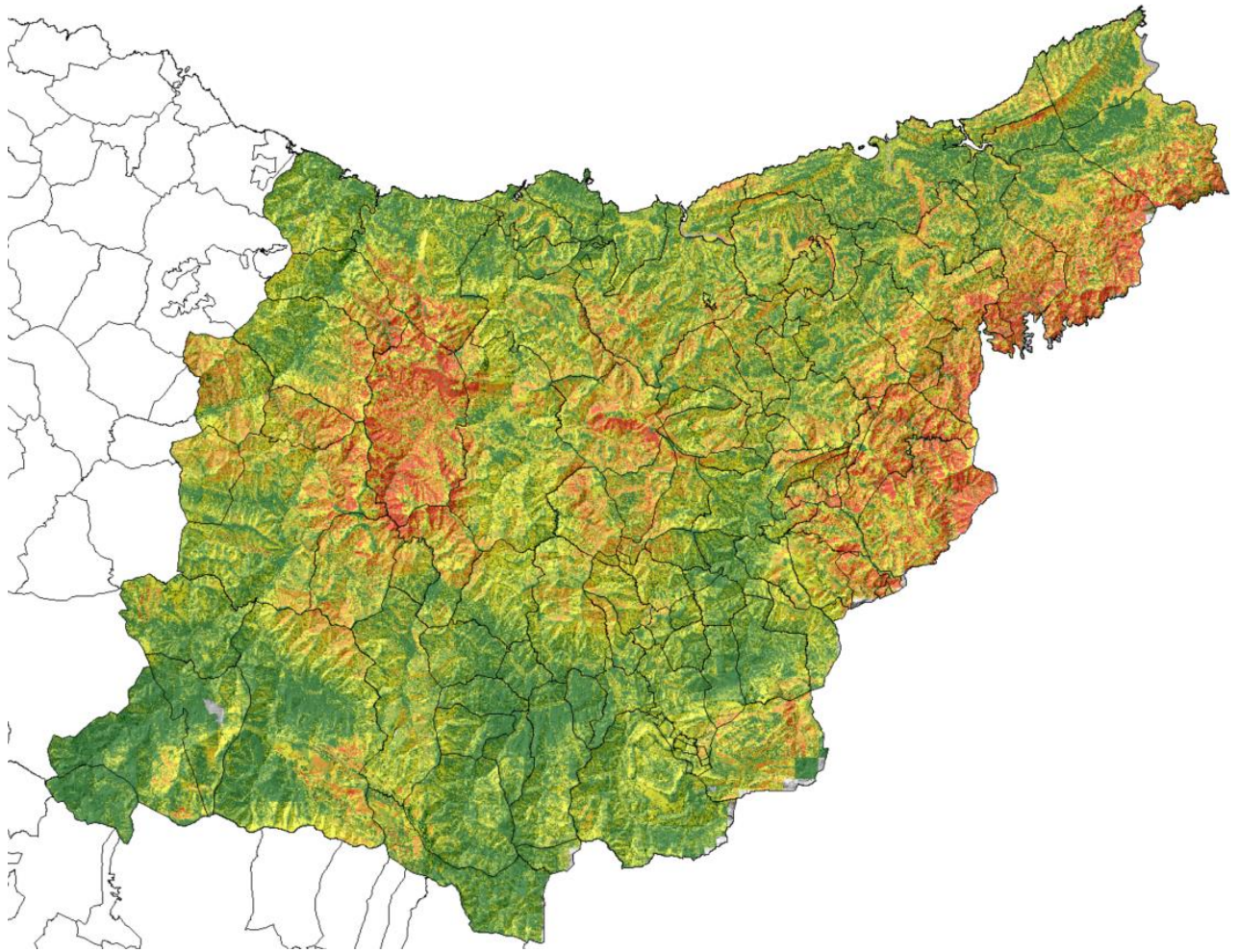
2070-2100 ALDIRAKO PROIEKZIO KLIMATIKOA

Denbora-tarte horretako arriskugarritasunaren emaitza, gaingiroki azalduta, aurrekoaren oso antzekoa da. Hori bai, ikusten da lurralde osoan igoera arina izan dela arrisku ertaineko eremuetan.



37. irudia: GLHaren masa-irristatzeen aurreko arriskugarritasun-mapa, 1/250.000 eskalan, 4.5 agertokirako, 2070-2100 aldiari dagokion klima-proiektzioan.

8.5 agertokia aztertuta, ikusten da aldi horretako bilakaerak ez duela aldaketa nabarmenik aurrekoarekin alderatuta.



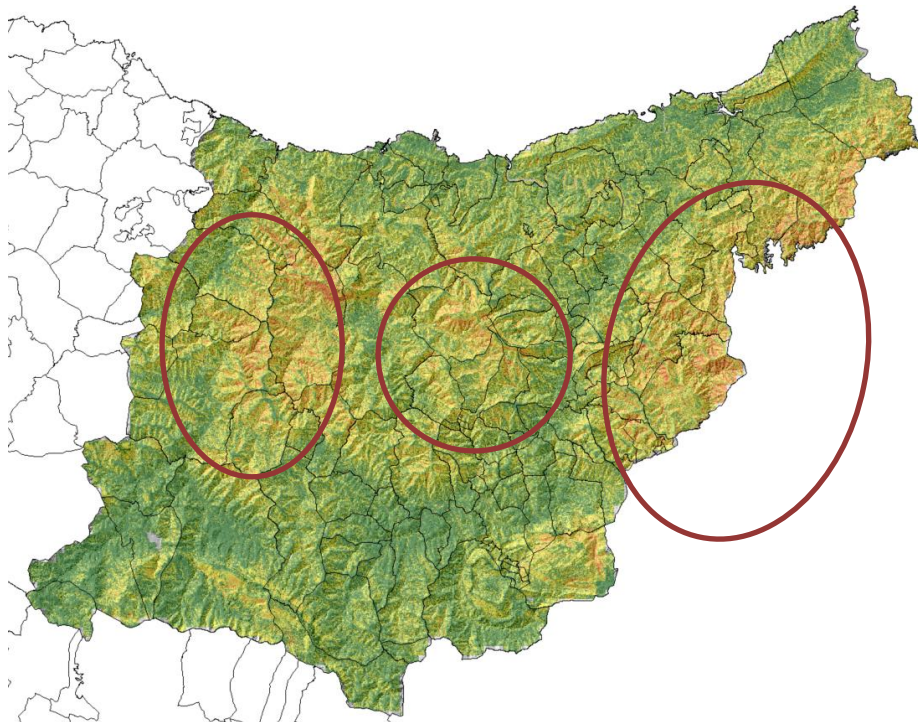
38. irudia: GLHaren masa-irristatzeen aurreko arriskugarritasun-mapa, 1/250.000 eskalan, 8.5 agertokirako, 2070-2100 aldiari dagokion klima-proiekzioan.

9.3 4.5 ETA 8.5 AGERTOKIETAKO JOEREN ALDERAKETA BI LERRADURA MOTETARAKO.

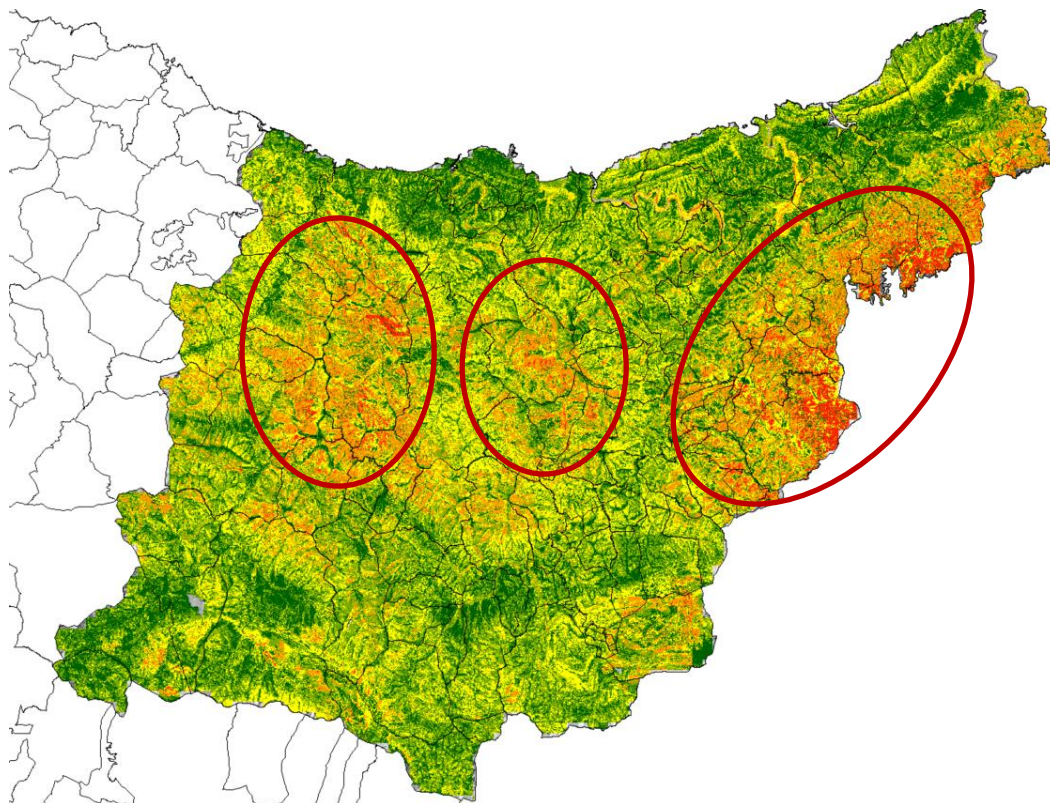
9.3.1 DENBORA-PROIEKZIOEN BILAKAERA 4.5. AGERTOKIRAKO

4.5 agertokiko aldi bakoitzean ezegonkortasun-mota bakoitzerako egindako azterketatik hainbat ondorio atera daitezke Gipuzkoako Lurralde Historikoari dagokionez:

- Lurraldean, oro har, bi lerradura moten aurrean sentikortasun ertaina badago ere, KLIMATEKek egindako ereduak lurraldearen erdialdeko zerrendara bideratzen dute lerradurak gertatzeko probabilitatea, arriskugarritasuna, Debagoiena eskualdearen iparraldetik mendebaldera, Nafarroako mugara, ekialdean. Hala erakusten du aldi historikotik denbora-proiektzioetara izandako bilakaerak. Zerrenda horretan kokatzen dira Gipuzkoako Lurralde Historikoaren erdialdean dauden sistema menditsuak, bereziki, Izarraitz mendigunea, Ernio mendigunea, Bortzirietako mendigunea eta Berastegi eta Elduain udalerrietan dauden mendiak.



39. irudia: Arriskugarritasun-mapa fluxu motako lerratzeen aurrean aldi historikoan.



40. irudia: Arriskugarritasun-mapa masa-lerratzeen aurrean aldi historikoan.

- Arriskugarritasunak bilakaera guztiz desberdina du ezegonkortasun-mota bakoitzerako. Ondorio orokor gisa, **lurraldeko eremu zabaletan fluxu-motako ezegonkortasunak izateko probabilitatea handitu egiten da**, eta **masa-lerraduretarako arriskua murriztu egiten da oro har**, erdialdeko zerrendako mendialdeetan izan ezik, horietan handitu egiten baita.

Jarraian, ondorio hauek azalduko ditugu:

- Fluxu-motako ezegonkortasunak. Aldi historikoan, arriskugarritasun ertaina edo handia duen eremua lurraldearen erdialdeko mendialdeetan biltzen da; 2010-2040 eta 2040-2070eko proiektzio historikoetan, eremu horiek handituz doaz, hiru eremu nagusietatik irradiatuta. 2070-2100 aldiko proiektzioan atzerakada ikusten da, 2010-2040ko emaitzaren oso antzeko mapa sortuz.

- Masa-lerradurak. Lurraldearen erdialdeko zonalde menditsuetan arriskugarritasunak gora egiten duela ikusten da, eta gainerakoetan, berriz, nabarmen jaisten da ezegonkortasun-mota horien arriskua.

9.3.2 DENBORA-PROIEKZIOEN BILAKAERA 8.5. AGERTOKIRAKO

Fluxu motako lerradurei dagokienez, **2011-2040 proiektiorako arriskugarritasun ertaina duten eremuak ugaritu** egin direla ikusten da; **aldi horretatik aurrera**, oro har, lurralde osoan arriskugarritasuna **murriztu egin da**, eta nabarmenagoa da hegoaldean. Arrisku handieneko eremuak probintziako erdialdeko mendialdeetan kokatuta daude.

Masa-lerratzeen bilakaera, aldi historikotik **2011-2040 proiektiora, deigarria da batez ere Izarraitz mendigunean eta Bortzirietan**, arriskugarritasuna handitu egiten delako. **Probintziaren gainerakoan, arriskugarritasun orokorra murriztu egiten da**, batez ere hegoaldean.

Egoera horren bilakaeran antzeko joera ikus daiteke bi lerradura motetan, arriskua erdiko mendiguneetan kontzentratuz, eta probintziaren gainerakoan murriztuz. Bilakaera hori faktore eragileek, prezipitazioek, markatzen dute. Agertoki honetan prezipitazioak eremu menditsuetan biltzen dira, bai intentsitateari dagokionez, bai pilatutako urari dagokienez.

10. EGINDAKO LURRALDE-AZTERKETATIK ERATORRITAKO GOMENDIOAK

Egindako azterketatik oinarrizko ondorio batzuk ondorioztatzen dira. Alde batetik, ezegonkortasunak areagotu egingo dira mendiguneak dauden lekuetan, batez ere prezipitazioak pilatzearen ondorioz, kopuruan zein intentsitatean.

4.5 agertokian lurraldean hazkunde handiena izango duten ezegonkortasunak lokatz- eta higakin-fluxuei (debris flow) lotutakoak dira, masa-mugimendu motako ezegonkortasunen aldean. 8.5 agertokirako, masa eta fluxu motako irristatzeak jasateko probabilitate handiena lurraldearen erdialdean biltzen da.

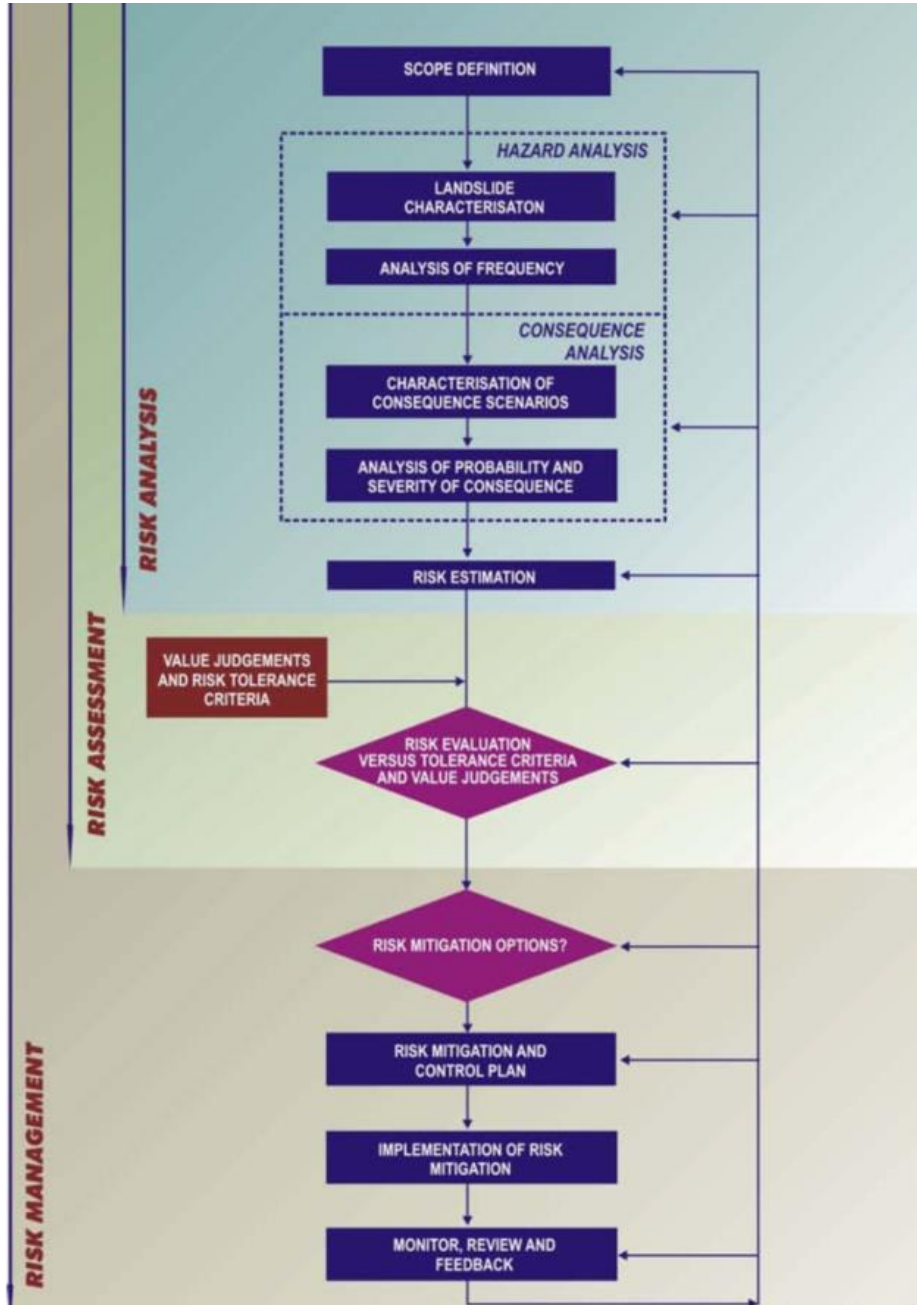
Lerratzeak dakarren “arriskua” kudeatzeko edo arintzeko, honako alderdi hauek hartu behar dira kontuan:

- Arriskua onartzea: prozesuaren dimentsioek edo ezaugarriek beste aukera bat onartezina egiten duten egoerak inplikatzeko dituzte.
- Arriskua saihestea: prozesuak eragindako kalteak jasan ditzaketen elementuak ezabatuz.
- Prozesuaren maiztasuna murriztea: faktore erabakigarrien gainean jardunez, ezegonkortzeko teknikak erabilita, edo faktore abiarazleen gainean jardunez (drainatze espezifikoak, etab.).
- Ondorioak murriztea: alderdi hau, bereziki, abiarazitako prozesuaren eragina arintzean oinarritzen da. Besteak beste, inpaktuen aurkako defentsa-elementuak eraikiz edo ezarritik, alerta goiztiarren teknikak, kudeaketa-planak, ikuskapen-planak eta larrialdi-protokoloak erabilita.

Egoera honekin gomendio hauek egin daitezke:

- Lurraldearen antolamenduaren azterketa, ibarbideei eta/edo malda handiak edo malda ertainak dituzten ibilguetako eremuei lotutako lokatz-fluxuen ezegonkortasunak jasateko duen sentikortasun handiari dagokionez.
- Kalteberatasunaren azterketa egin ondoren, lurraldea 1/5000 eskalan edo eskala handiagoan aztertzea gomendatzen da, gertatutako irristatzeen aurrean ezegonkortasunak dituzten ondorioak aztertzeko, ibilbideak aztertzeko, azpiegituren portaera aztertzeko, etab.

- Kalteberatasun handiko elementuen lurraldea garatzeko edozein proiektu edo planteamendu, edo ezegonkortasunak behin eta berriz jasaten dituzten eremuen azterketa, Arrisku Geologikoaren xehetasun-azterketa baten bidez egin behar da, planteamendu metodologiko honi jarraituz.



8. taula: Arriskuaren tratamenduaren planteamendu metodologikoa (arriskuaren analisia, ebaluazioa eta tratamendua).

- Gipuzkoako lurraldea oso gizatiartuta dago ubide nagusietako haranetan eta maila desberdinetako ibaiadarren arroetan. Hainbat komunikazio-azpiegitura, errepide, autobia, autobide eta trenbide-linea sentikortasun handiko eremuetatik igarotzen dira. Horregatik, interes handiko eremuetan berariazko analisiak egitea gomendatzen da, deterministikoak, 1/1000 eskalan, sor daitezkeen ezegonkortasun-prozesuak zehaztasun handiagoz definitu ahal izateko. Gauza bera gertatzen da interes orokorreko azpiegiturak edo ekipamenduak dituzten hiriguneetan.
- Azkenik, diseinu geoteknikoak eta drainatze-sistemak diseinatzerakoan, komeni da analisiak bere baitan hartzen duen eremurako errepikatze-denbora egokiak kontuan hartzea, diseinuaren gomendio orokorretan sakonduz. Euste-egituretarako, behin betiko ezpondak dituzten indusketetarako eta abarretarako, gomendatzen da analisi geoteknikoetan kontuan hartzea eremu bakoitzerako berariazko saturazio eta drainatzearen inguruko alderdiak.

11. ONDORIOAK ETA ETORKIZUNEN LAN-ILDOEN PROPOSAMENAK

Dokumentuaren hainbat puntutan, lanak garatzeko orduan izan diren zailtasunak eta erronkak aipatu dira, planteamendu metodologikoa barne. Laburbilduz, esango dugu Lerraduren Inbentariarik ez egoteak modu erabakigarrian baldintzatu duela planteamendu metodologikoa. Bestalde, erabilitako analisi-algoritmoak konpondu beharreko hainbat muga ditu. Horrekin batera, arriskuaren azterketari buruzko alderdiak baztertu egin dira, ezegonkortasun-prozesuak jasan ditzaketen elementuen kalteberatasunari buruzko datuak lortzeko ezintasunagatik. Horregatik guztiagatik, jarraian, gure ustez egindako lana hobetzeko eta arrisku-analisan aurrera egin ahal izateko garatu beharko liratekeen zenbait kontzeptu edo lan-ildo sartzen dira. Honako hauek dira:

- Probintziako lerratzeen inbentarioa egin behar da. Informazio horrek estatistika-azterketa bat egiteko datu egokiak emango ditu, analisi-faktoreen pisuak behar bezala haztatzeko eta, aldi berean, faktore bakoitzaren barruan klaseen balioak haztatzeko informazio egokia emango duena. 2. eranskinean taulak jasotzen dira, eta hor, adibide gisa, inbentarioan jasotako ezegonkortasun bakoitzerako bildu litekeen informazioa ikus daiteke.
- Diziplina anitzeko aditu-talde bat eratuz, lurraldearen kalteberatasun-mapa bat garatu beharko litzateke, kontzeptu hori osatzen duten aldagaiak barne hartuta.
- Eredu Klimatikoaren ikuspegitik, komeni da portaera- edo iragarpen-ereduak garatzea, gaur egun dagoena baino bereizmen-eskala handiagoarekin (1Kmx1km-ko laukia). Alderdi horrek xehetasunak lantzeko gaitasun handiagoa emango luke egin beharreko analisietan.
- Bestalde, interesgarria da lurzoruen lodieraren xehetasuneko kartografia bat garatzea, litotipo mota horrek sortzen baititu maizen errepikatu ohi diren lerradurak. Lan hori satelite-informazioa aztertuz egin liteke.
- Algoritmo polinomiko batez osatutako analisi-motorraren ordez, Sare Neuronaletan oinarritutako motor bat jarri beharko litzateke. Horrela, eta Irristaduren Inbentarioko informazioa behar bezala administratuta, emaitzak nabarmen hobetuko lirateke.

12.BIBLIOGRAFIA

- Klimatek 2016 Proiektua. Klima-aldaketaren bereizmen handiko agertokiak egitea Euskadirako. IHOBE. Eusko jaurlaritzza.
- Mapping: Inventories, Susceptibility, Hazard and Risk. Javier Hervás – Peter Bobrowsky. 2009.
- Deslizamientos. Análisis y Remediación. Enero 2009.
- Ingeniería geológica. Gonzalez de Vallejo. 2002.
- Debris Flow. Mechanics, Prediction and Countermeasurements. Tamotsu Takahashi. 2014.
- Elaboración y validación de mapas de susceptibilidad de deslizamientos mediante técnicas de análisis espacial. Tesis doctoral- Juan Remondo Tejerina. 2001.
- Análisis de la peligrosidad frente a deslizamientos de ladera, en la cuenca de Loja (Ecuador). Tesis doctoral John Egverto Soto Luzuariaga. Universidad de Granada-España. 2018
- Methodological Approach Landslide Analysis in a Regional Scale. Txomin Bornaetxea Estela. Data collection, susceptibility models and precipitation thresholds. Application in Gipuzkoa province (Basque Country). UPV 2018.
- Proceso analítico jerárquico para seleccionar métodos de manejo forestal en Durango. Fernando Pérez-Rodríguez, Benedicto Vargas-Larreta, Oscar Alberto Aguirre-Calderón, José Javier Corral-Rivas y Alberto Rojo-Alboreca. 2012.
- Irizpide anitzeko erabakiak hartzea. Prozesu hierarkiko analitiko kasu erreal bati aplikatzea. Itxaso Gimón Polo. UPV. 2018.

- Application of analytical hierarchy process (AHP) for Landslide Susceptibility Mapping: A study from southern Western Ghats, Kerala, India. Achu A.L and Rajesh Reghunath.
- Pan-european Landslide susceptibility mapping; ELSUS versión 2. Martina Wilde, Andreas Günther, Paola Reichenbach, Jean-Philippe Malet and Javier Hervás. 2018.
- Guidelines for Mapping Areas at Risk of Landslides in Europe. Javier Hervás. 2007.
- Guideline for landslide Susceptibility, Hazard and Risk Zoning for Land Use Planning. Extract from Australian Geomechanics. 2007.
- Landslide inventories in Europe and policy recommendations for their interoperability and harmonisation. A JRC contribution to the EU-FP7 SafeLand Project. Miet Van Den Eeckhaut and Javier Hervás. 2012.
- Update of Risk Data Hub software and data architecture Software solutions for Disaster Risk Management. Antofie, T., Luoni, S., Eklund, L, G., Montserrat, M, F. European Commission. 2020.
- The IMIRILAND methodology: a proposal for a multidisciplinary risk assessment procedure with respect to large landslide. Marta Castelli, Luca Paro, Claudio Scavia. 2004.

Miñáon, 2022/02/04



Sin: Hasier Cueva Artola

Geologoa UPV-EHU

Ingeniaritza Geologikoko Masterra UCM

Elkargokide zk.: 3309



Sin: Melania Alfonso Molina

Geologoa UGR

Ingeniaritza Geologikoko Masterra UGR

Elkargokide zk.: 7127

ERANSKINAK

1. ERANSKINA: EREMU FUNTZIONALEN FITXAK

2. ERANSKINA: IRRISTATZEEN DATUAK HARTZEKO FITXA-MOTAK

Items	Check	Response: Yes, No, NA, NK	Comments/ Description (If used by the Regulator, then all except No answers require comment)
Site	Report Reference and date		
	Client's name		
	Site address		
	Date of site visit.		
	Site visit by (name)		
	Weather conditions on date of visit		
Development	Will the proposed development have a degree of use or occupation by humans?		
	Does the development involve significant modification to the landscape, including cut and fill?		
	What is the landslide susceptibility classification for this slope/site? (Assuming the regulator has completed such zoning studies in accordance with AGS 2007a)		
	What is the landslide hazard or risk classification for this? (as above)		
Geology	What is the regional geology according to published maps?		
	Is the site located on surface fill or colluvium?		
	Has the geology been confirmed by inspection or investigation? If not – why not. If Yes – provide basis for confirmation.		
Geomorphology	Are there any indications of possible instability on the site or adjacent to it?		
	Does the site have distinct breaks in slope or benches?		
	Are there terracettes or other signs of creep on the site?		
	Are there signs of tunnel erosion, such as sinkholes or collapse of soils on the site?		
	Are there any tension cracks in the ground surface of the site?		
Adjacent Sites	Do adjacent sites show signs of slope instability as described above?		
	Do adjacent sites have non-retained cuts or fills close to boundaries?		
	Are there steep slopes, different geology or landforms on adjacent sites that may pose a threat to this site?		
	Will the proposed development threaten the stability of adjacent developments via cuts, fill or drainage?		
Slope	What is the overall (natural) slope of the site?		
	Are there changes (breaks) in the slope?		
	Are these man made or natural?		
	What is the maximum slope of the site?		
Drainage	Is the slope in an area of development different to elsewhere (large sites)?		
	Does the site have deeply dissected drainage courses?		
	Is the site likely to receive significant surface water runoff from other sites upslope?		
	Does the site have dams, lakes, ponds, swamps, bogs, seeps or soaks?		
	Does the site receive drainage from road culverts or spoon drains?		
	Will any aspect of the development significantly modify the existing site drainage?		

Items	Check	Response: Yes, No, NA, NK	Comments/ Description (If used by the Regulator, then all except No answers require comment)
Erosion	Are there any severe forms of erosion including tunnels or gullies on the site?		
	Do any existing cuts and fills show signs of erosion including loss of vegetative cover?		
	Do access tracks show erosion, scouring or signs of uncontrolled runoff?		
	Will the development have the potential to change the current conditions?		
Site Cuts and Fills	Are there existing cuts and/or fill areas on the site?		<i>(If Yes, attach site sketch showing location, extent, height and batter angles)</i>
	Are there any existing unsupported cuts or fills that exceed 1.0m in vertical height from toe to crest?		
	Are batter angles steeper than 1V:2H (or 26 degrees or 50%) for any existing cut or fill in soil materials?		
	Are batter angles steeper than 1V:1H (or 45 degrees or 100%) for any existing cut in rock?		
	Do existing cuts and fills have adequate surface or subsurface drainage? Provide details.		
	Were vegetation and topsoil removed prior to filling? If No, provide details.		
	Have suitable fill materials been used and have they been properly compacted (with evidence thereof)?		
	Do any existing cuts and fills show seepage? If Yes, show details on site plan.		
Retaining Walls	Are there any existing retaining walls on the site?		<i>(If Yes, attach site sketch showing location, extent, height, type, condition and slope of batter above)</i>
	Are timber or dry rock retaining walls used for any purpose other than minor landscaping of vertical height less than 1.0m?		
	Do existing retaining walls supporting major cuts and fills appear to be unengineered?		
	Do existing retaining walls show signs of distress or movement? If Yes, provide details.		
	Do existing retaining walls have adequate drainage above and below the wall? If No, provide details.		
Groundwater	Are there discharge areas such as springs, seeps, bogs, swamps or constantly wet areas on the site or adjacent to the site?		<i>(If Yes, provide site sketch showing location and extent)</i>
	Are there bores intersecting a shallow watertable on the site?		
	Any other evidence of high groundwater levels?		
Rock	Is rock exposed on the site?		
	Do any exposed cuts have rock strata that are dipping out of the slope?		
	Do any exposed rock faces show open joints or loose boulders? If yes, provide site sketch plan and details.		
Soil Profile	Do exposed faces or existing excavations show soil profiles exceeding 1.5m vertical height?		
	Do exposed faces or existing excavations show a mixture of soil and rock, which may be landslide debris or colluvium?		
	Does the soil profile show inconsistent colouring or interbedded layers of differing materials?		

Items	Check	Response: Yes, No, NA, NK	Comments/ Description (If used by the Regulator, then all except No answers require comment)
	Does the exposed profile show imported materials or fill?		
	Is there significant evidence of yabby holes or other burrowings?		
Vegetation	Has the natural vegetation been substantially cleared from the site?		
	Does the proposed development involve significant clearing of the site?		
	Are any of the plants species on site indicators of waterlogging (eg. spiny rush, swamp gums)?		
	Is revegetation work required?		
	Do existing trees and shrubs show signs of slope instability, such as tilting or bent trunks?		
	Does any existing vegetation show signs of isolated dieback or distress?		
	Will the removal of any vegetation cause increased erosion and degradation to the adjacent area?		
Effluent and Stormwater Disposal	What type of effluent disposal system is currently used? If on site disposal, show discharge area on site plan.		
	Provide details of current discharge point for stormwater. Show location on site plan.		
	Does the geology or stability of the site suggest that septic system absorption trenches are unsuitable?		
	Are there any signs of increased waterlogging or impact from effluent of adjacent sites?		
	Is a new point/area for stormwater discharge proposed? If so, give details and show location (and extent if dispersed on site) on site plan.		
	Is a new on site effluent disposal system proposed? If Yes, give details and show proposed disposal area on site plan.		
Slope Classification	Have landslide hazards been identified and shown on relevant plan or section?		
	Has the risk to property been assessed and is the result in accordance with the acceptance criterion?		
	Has the risk to life been assessed and is the result in accordance with the acceptance criterion?		
	What is recommended to maintain or reduce the landslide risk at this site? Are detailed requirements given?		
OTHER COMMENTS			