

# EUSKADIKO KLIMA ALDAKETAREN EGOERETAN MUTURREKO PREZIPITAZIO GERTAEREI LOTUTAKO **EURI UHOLDEA**



© Ihobe S.A., 2022ko Abendua

**EDITOREA:**

Ihobe, ingurumen kudeaketarako sozietate publikoa  
Ekonomiaren Garapen, Jasangarritasun eta Ingurumen Saila  
Eusko Jaurlaritza

Urkixo zumarkalea, 36, 6. solairua  
48011 Bilbo  
Telefono zenbakia: 900 15 08 64  
www.ihobe.eus

**EDUKIA:**

Dokumentu hau Tecalia Research and Innovation-ek egin du,  
DHI Water & Environment-en lankidetzarekin

**DISEINUA:**

Dual comunicación y diseño



Liburu honen edukiak, aurtengo edizioan, lizentziapean argitaratzen dira:  
Aintzatespena - Ez komertziala - Creative Commonsen 3.0 Unported lan  
deribaturik gabe (informazio gehiago hemen: [https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/deed.es\\_ES](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/deed.es_ES)).

# AURKIBIDEA

BETEARAZPEN LABURPENA	<b>5</b>
1. SARRERA	<b>10</b>
2. AZTERKETA PLUBIOMETRIKOA ETA DISEINU-UREN DEFINIZIOA AGERTOKI KLIMATIKO DESBERDINETAN	<b>12</b>
2.1. MUTURREKO PREZIPITAZIO GERTAKARI HISTORIKOEN AZTERKETA	<b>12</b>
2.2. MUTURREKO PREZIPITAZIOEN PROIEKZIOAK	<b>14</b>
2.3. GAUR EGUNGO ETA ETORKIZUNeko DISEINU-EURIEN DEFINIZIOA	<b>18</b>
3. EURI-UHOLDEEN AGERTOKIAK	<b>22</b>
3.1. MIKE 21 EREDUAREN EZAUGARRI OROKORRAK	<b>22</b>
3.2. SARRERAKO DATUAK	<b>24</b>
3.2.1. OINARRIZKO PARAMETROAK	
3.2.2. PARAMETRO HIDRODINAMIKOAK	
3.3. EREDUAREN EMAITZEN ADIERAZPENA	<b>27</b>
3.4. EURI-UHOLDEA ARRO MAILAN	<b>29</b>
3.5. EURI-UHOLDEA UDAL MAILAN	<b>33</b>
4. AZTERLANAREN MUGAK ETA GOMENDIOAK	<b>38</b>
5. ONDORIOAK	<b>41</b>
6. ERREFERENTZIAK	<b>44</b>



# BETEARRAZPEN LABURPENA

Tradizioz, uholde bat gertatzeko probabilitatea aztertzean ibaiek eragin dezaketena bakarrik kontuan hartu da, hala ere, uholde asko, egindako euriarengatik gertatzen dira. Halako uholdeak, tarte laburrean egindako euri-jasengatik gertatzen dira. Hiriguneetan eragin handia izan dezakete, azpiegitura eta ekipamendu gehienak hor egoten direlako normalean. Gainera, hiriguneko lurra oso iragazgaitza da, eta horregatik hain zuzen ere gertatzen dira uholdeak.

Euskal Autonomia Erkidegorako egindako klima-aldaketaren agertokiei erreparatuz gero, muturreko prezipitazioak handituko direla esan daiteke; lurraldeko iparraldean zertxobait handiagoak (Ihobe, 2019). Horrenbestez, mota horretako gertakariak eta horiek ekar ditzaketen eraginak gertatzeko probabilitatea handitu ere egingo da.

Fenomeno horrek ekarriko ondorioak eta arriskuak prebenitzeko, ezinbestekoa da muturreko gertaerak gehiago ezagutzea eta klima-aldaketak izan dezakeen eragina sakonkiago aztertzea. Horrela, neurri hori kontuan hartu da dagoeneko 2. Zikloko Uholde Arriskua Kudeatzeko Planaren berrazterketan eta eguneratzean-.

Hori dela eta, azterketa honen helburua da EAEn euriak eraginda gertatzen diren uholdeak hobeto ezagutzea. Horrela, alde batetik, gaur egun eta etorkizunean, euri-uholdeak gerta daitezkeen eremuak alde aurretik identifikatu ahalko dira. Bestetik, klima-aldaketari egokitzearen arloan lehentasunezko jarduketa-eremuak mugatzea jasotzen duten berariazko edo xehetasunezko azterketak lehenetsiko dira. Azkenik, fenomeno horren klima-aldaketarekin loturiko joerak aztertuko dira. Hori dela eta, muturreko prezipitazioak karakterizatzen ditu klima-egoera desberdinetarako (gaur egungoa eta klima-aldaketarena), eta gerta daitezkeen gehieneko prezipitazioak zehazten ditu, EAE osatzen duten 38 arroetan izan ditzakeen eraginaren eredia egiteko.

Lehendabizi egindako azterlan plubiometrikoan gaur egungo egoeraren muturreko gertakarien karakterizazioa barne hartzen da. Horrela, EAeko estazio meteorologikoetan erregistratutako gehieneko prezipitazioen errepikatze-denborak kalkulatu, atalaseak definitzen dira. Azterlan honen arabera, EAeko orduko gehieneko prezipitazioak antzekoak izan dira (1. taula).

<b>ARABA</b>	<b>PR10</b>	<b>PR25</b>	<b>PR50</b>
Gutx.	19,2	22,01	23,86
Batezbestekoa	26,5	34,83	42,45
Gehi.	34,32	60,72	98,68
<b>BIZKAIA</b>			
Gutx.	18,08	19,58	20,51
Batezbestekoa	24,59	31,12	37,05
Gehi.	33,32	49,36	80,87
<b>GIPUZKOA</b>			
Gutx.	20,02	21,77	22,87
Batezbestekoa	26,73	31,72	35,68
Gehi.	33,77	46,52	60,62

**1. TAULA.** Ordu prezipitazioen PR 10, 25 eta 50 (gutxienekoa, ertaina eta gehienekoa), hiru lurralde historikotan, 71 estazio meteorologikoetan hartutako datuak kontuan hartuz.

Muturreko gertakari horiek klima-aldaketaren egoera kontuan hartuz karakterizatzeko, RV10, RV25 eta RV50 prezipitazioen torrentzialtasun-adierazlea (hurrenenez hurren 10, 25 eta 50 urteko errepikatze-denborekin loturiko eguneroko batez besteko gehieneko prezipitazioak) aztertu da, eta lhoberen klima-egoeren ikustailean eskura daiteke<sup>1</sup>. Adierazle horren arabera, prezipitazioen torrentzialtasuna handituko da, denbora zenbat eta luzeagoa izan handitzen dena (2. taula). Emaitza horiek bat datoz tokiko beste azterlan batzuetan ikusitakoekin (esaterako, Gipuzkoako Foru Aldundia, 2018). Hala ere, horiek guztiak, azterlan honek bezala, muturreko prezipitazio-egoera klimatikoetan dagoen ziurgabetasuna nabarmentzen dute.

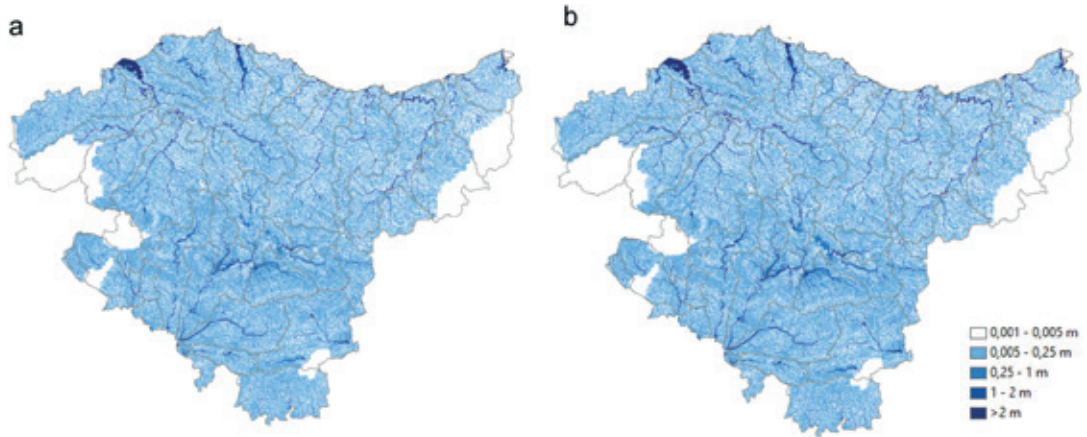
<sup>1</sup> <http://escenariosklima.ihobe.eus/>

	<b>Batezbestekoa (%)</b>	<b>2011-2040</b>	<b>2041-2070</b>	<b>2071-2100</b>
<b>RV10 EQM</b>	Batezbestekoa-sd	2,74	9,00	4,18
	Batezbestekoa	14,44	20,14	18,70
	Batezbestekoa +sd	26,19	31,27	33,19
<b>RV10 GPQM</b>	Batezbestekoa-sd	-28,10	-27,01	-32,75
	Batezbestekoa	6,00	14,09	17,83
	Batezbestekoa +sd	40,06	55,15	68,42
<b>RV25 EQM</b>	Batezbestekoa-sd	1,52	8,33	3,73
	Batezbestekoa	15,72	21,92	20,72
	Batezbestekoa +sd	29,93	35,54	37,72
<b>RV25 GPQM</b>	Batezbestekoa-sd	-32,75	-31,30	-37,79
	Batezbestekoa	7,03	16,41	21,09
	Batezbestekoa +sd	46,85	64,09	79,96
<b>RV50 EQM</b>	Batezbestekoa-sd	0,06	7,11	2,76
	Batezbestekoa	16,54	23,02	21,94
	Batezbestekoa +sd	33,02	38,92	41,08
<b>RV50 GPQM</b>	Batezbestekoa-sd	-36,16	-34,29	-41,21
	Batezbestekoa	7,81	17,94	23,17
	Batezbestekoa +sd	51,75	70,13	87,56

**2. TAULA.** Gehieneko prezipitazioen aldaketaren ehunekoa, ordubeteen, etorkizuneko hiru egoeratan, EAEN (EQM eta GPQM alborapenaren zuzenketa, 10, 25 eta 50 urteko errepikatze-denboran).

Gerta daitezkeen gehieneko prezipitazioei dagokienez, 1. taulako batez besteko errepikatze-denboretatik hurbil dauden edo horiek gainditzen dituzten benetako gertakariak identifikatu dira estazio meteorologikoetan. Identifikatutako 164 gertakarietatik bat bakarrik hautatu da, Jaizkibelgo estaziokoa hain zuzen, 25 urteko errepikatze-denbora duena (hiriko drainatze-sareak aldi horretan diseinatzen direlako). Gertakari hori, gaur egun gerta daitezkeen gehieneko prezipitaziotzat hartu da, eta EAE osorako eredu da.

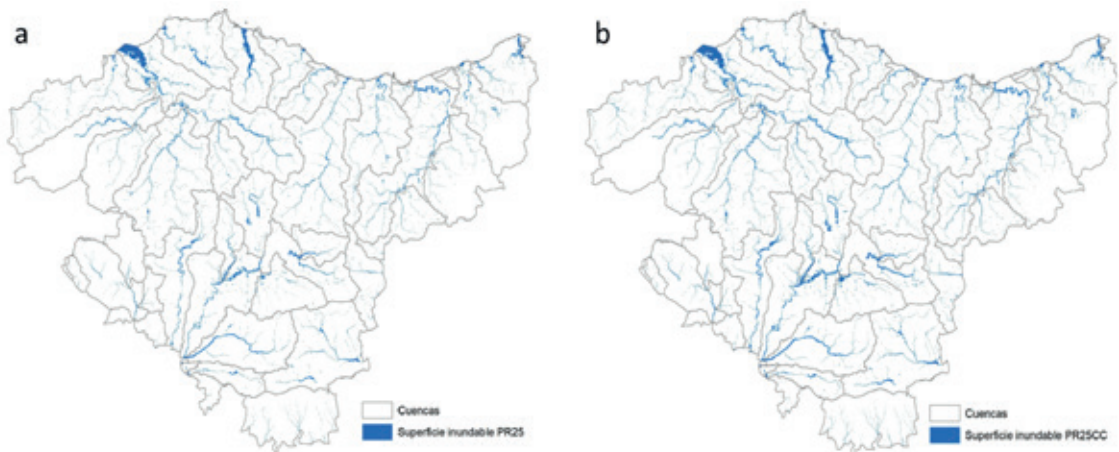
Klima-aldaketaren egoeran, gerta daitezkeen gehieneko prezipitazioen portaera definitzeko, prezipitazioen torrentzialtasun-adierazlean (RV25) ikusitako aldaketaren ehunekoa aplikatu da, izan daitekeen kasurik txarrenerako (batezbestekoa + sd). Bi egoera horien ereduaren emaitzak hemen ikus daitezke: 1. irudia.



**1. IRUDIA.** Euri-uholdearen fenomenoaren eraginaren emaitzak, 25 urteko errepikatze-denboran, gaur egungo agertokian (a) eta klima-aldaketaren agertokian.

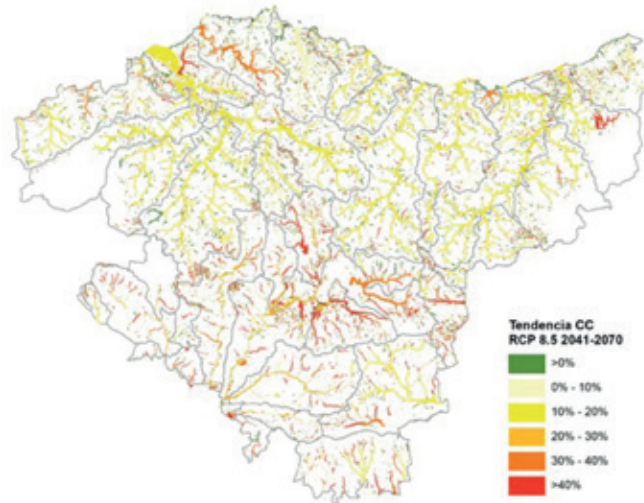
Emaitza horiek kontuan hartuz, EAEko euri-uholdeen arriskua aztertu da, bi agertokien euri-uholdeen zikloak biltzen dituzten poligonoak kenduz, zenbait irizpideren arabera (1 m baino handiagoko poligonoaren eragina eta 400 m<sup>2</sup>-ko poligonoaren tamaina). Behin irizpideak aplikatuta, grafikoki adierazi da fenomeno horren espazio-aldakortasuna, eta baita klima-aldaketaren eragina ere (2. irudia).

Uholde-arriskuaren emaitzen arabera, isurialde kantauriarreko ibaien bide eta ertz gehienetan uholde-arriskuko eremuak daude, eta bereziki, ibai hauetan: Nerbioi, Ibaizabal, Butroe, Bakio, Oka, Lea, Artibai, Deba, Urola, Oria, Urumea eta Bidasoa. Isurialde mediterraneoan, uholde-arriskua ere badago Baia, Zadorra, Ihuda, Izki, Berrón eta Ega ibaien bideetan eta ertzetan.



**2. IRUDIA.** Muri-uholdearen zikloa, 25 urteko errepikatze-denboran, gaur egungo agertokian (a) eta klima-aldaketaren agertokian.

Klima-aldaketaren joerei dagokienez, uholde-arriskuak gora egin du, eta isurialde kantauriarraren eta mediterraneoaren aldean, zertxobait desberdina da, izan ere, hurrenez hurren % 10-20 eta % 20 baino gehiago handitu baita horietan. (3. irudia).



**3. IRUDIA.** Euri-uholdearen fenomenoan hautemandako klima-aldaketaren joera, 25 urteko errepikatze-denboran.

Zehazkiago, hiriguneetan, izan daitezkeen puntu kritikoak aurkitu dira. Horietan, ura bat-batean pilatzen da; beheratuta dauden eremuetan batik bat. Puntu kritiko horien adibideak Bilbo, Gasteiz eta Donostian daude. Puntu horiek fitxa moduan aurkeztu dira, eta hor, dagokion eremuaren ezaugarri nagusiak, itxarondako klima-aldaketaren joerak eta erregistratutako antzeko gertakari historikoak jasotzen dira (4. irudia).



Hala ere, emaitza horiek zalantzazkoak dira, kontuan hartutako abiapuntuko hipotesiengatik, bai modelizazio hidrodinamikoan (ez dago drainatze eta saneamendu sistemarik, ez eta lurzoruen estaldura eta erabilera homogeneous (ere), bai klima-aldaketaren egoera aintzat hartuz diseinu-euriak definitzean (ziurgabetasuna muturreko prezipitazioen etorkizuneko agertokietan). Nolanahi ere, lortutako emaitzak etorkizuneko azterlanetan ere erabil litezke. Esaterako, euri-uholdearen fenomenoaren eredua egin liteke, mikro-eskalan, azterlan honetan identifikatutako puntu kritikoetan.

**4. IRUDIA.** Elzan daitezkeen puntu kritikoaren adibidea Bilboko udalerrian.

# 1. SARRERA

Euri-uholdea euri-jasek eragiten duten fenomeno da, eta drainatzeko ahalmena gainditzen dela gertatzen da. Hiriko etxebizitzetan eta azpiegituretan kalteak eragin ditzake, baita zeharkakoak ere, hala nola, ilarak errepideetan, oinarrizko zerbitzuak etetea (ura, argia eta gasa), edo galera ekonomikoak, merkataritzan eta industrian gertatzen diren gorabeherengatik.

Klima-aldaketak euri-uholdeetan izango dituen eraginen balioespina egitea zaila da gaur egun. Europako mailan, klima-aldaketak euri-uholdeetan duen eraginaren ebaluazioarekin lotuta zenbait erroka daude. Lehen erroka, orduko euri-erregistroen erabilgarritasun mugatuarekin lotuta dago. Euri-jasen espazio-aldakortasunarekin batera, diseinu-euri historikoen definizioa zailtzen du. Bigarren erroka, klima-ereduek orduko euri-jasen simulazioa egiteko duten zailtasunarekin dago lotuta, gaur egungo klimarekin. Horrez gain, etorkizuneko agertokiaren eredu egitea ere eragozten dute. Azken erroka, eredu hidrodinamiko zehaztuak eta bereizmen handikoak tokiko eskalan egiteko beharri dagokio. Azken batean, euri-gertakari desberdinetan zer eremutan egongo diren uholdeak jakitea da helburua.

Azterketa honen helburua da Euskal Autonomia Erkidegoan (EAE) euriak eraginda gertatzen diren uholdeak hobeto ezagutzea. Horrela, (i) alde batetik, gaur egun eta etorkizunean, euri-uholdeak gerta daitezkeen eremuak alde aurretik identifikatu ahalko dira. (ii) Bestetik, klima-aldaketari egokitzearen arloan lehentasunezko jarduketa-eremuak mugatzea jasotzen duten berriazko edo xehetasunezko azterketak lehenetsiko dira. (iii) Azkenik, fenomeno horren klima-aldaketarekin loturiko joerak aztertuko dira.

Azterlan honen aurrekari gisa, *“Uholde Arriskua Kudeatzeko Plana berraztertzea eta eguneratzea. 2. zikloa”* (URA, 2022) planaren barruan egindako Uholde Arriskuaren Aurretiko Ebaluazioa aipatu behar dugu, izan ere, euriak eragin ditzakeen uholde-arriskuko eremuak barne hartzen ditu. Horrez gain, klima-aldaketarengatik uholde-arriskuaren balorazio kualitatiboa barne hartzen du, errepikatze-denbora batzuetarako eta azpiarroen mailako agertoki klimatikoetarako.

Dokumentuak lau fase nagusi ditu:

- **Azterketa plubiometrika eta diseinu-uren definizioa agertoki klimatiko desberdinetan** (2. atala). EAEn gertatutako gertakari plubiometriko larri historikoak aztertzen ditu. Horiek, euri-uholdeak eragiteko ahalmena dute, eta hiriko drainatze-sarea gaizki ibiltzea ere eragin dezakete. Bestalde, klima-aldaketaren tokiko agertokiak aztertzen ditu, diseinuko urak definitzeko helburuarekin, ezinbestekoak baitira euri-uholdearen fenomenoaren simulazioa egiteko.
- **Euri-uholdeak dauden agertokiak garatzea** (3. atala). Euri-uholdeek izan dezaketen eragina ebaluatzen du, gaur egungo eta klima-aldaketaren agertokietan. Horrela, haren espazio-aldakortasuna eta klima-aldaketan hautemandako joerak adierazten ditu. Egindako modelizazioak EAE osoa barne hartzen du, beraz, zenbait hipotesi hartzea eta uholde-arriskuaren baldintzen adierazpen sinplifikatua egitea ekartzen du. Horrek, azterlan honen erabilgarritasuna mugatzen du. Nolanahi ere, mapa horiek garatzearen eta izan daitezkeen puntu kritikoak adieraztearen helburua ez da hirigintza-plangintzako tresna bat egitea. Helburua da EAEn euri-uholdeak gertatzeko dagoen arriskuaren ezagutzan aurrera egitea, izan ere, neurri hori, Uholde Arriskua Kudeatzeko Planaren berrazterketa eta eguneratzearen baitan barne hartzen da (PGRI, 2. zikloa).
- **Azterlanaren mugak eta gomendioak** (4. atala) Azterlanaren emaitzen mugak jasotzen ditu. Klima-ereduen ziurgabetasunarekin eta ereduaren simulazioan hartutako hipotesiekin nagusiki lotzen dira. Horrez gain, zenbait gomendio ere ematen ditu, etorkizunean egin daitezkeen lanek, aurkitutako mugak arindu ditzaten.
- **Azterlanaren ondorioak**. Txostenaren ondorio nagusiak atera eta laburtzen ditu.

## 2. AZTERKETA PLUBIOMETRIKOA ETA DISEINU-UREN DEFINIZIOA AGERTOKI KLIMATIKO DESBERDINETAN

Atal honetan, diseinu-urak definitzeko hartutako urratsak azaltzen dira. Urrats horiek, eredu hidrodinamiko ezartzeko eta euri-uholdeen agertokiak sortzeko oinarritzkoak dira. Bestalde, urrats horien bidez, gertakari historikoak aztertzen dira, muturreko prezipitazioen agertoki klimatikoak, eta diseinu-urak definitzen dira, euri-uholdearen fenomenoaren eredia egiteko.

Jarraian, xehetasunez aztertuko da haietako bakoitza.

### 2.1. MUTURREKO PREZIPITAZIO GERTAKARI HISTORIKOEN AZTERKETA

Diseinu-euriak definitzeko eta euri-uholdeen eredia egiteko hartu behar den lehen urratsa muturreko prezipitazio gertakari historikoak aztertzea da. Horrela, errepikatze-denborak kalkulatu dira, gertakari ereduak identifikatzeko atalaseak ezartzeko.

Kalkulu hori egiteko, Euskalmet-en estazio-sareetan erabilgarri dagoen informazio klimatologikoa erabili da (Euskalmet, 2020), eta haren barruan, gutxienez, 15 urteko errepikatze-denbora dutenak hautatu dira. Horrela, guztira, 71 estazio aztertu dira. Lurralde historikoaren arabera, honela daude banatuta (3. taula).

LURRALDE HISTORIKOA	ESTAZIO KOPURUA
Araba	19
Bizkaia	27
Gipuzkoa	25

**3. TAULA.** Estazio kopurua probintziako, EAEn.

Estazio horiek, prezipitazio aldagaiaren zenbait estatistiko dituzte 2002-2018 aldirako, eta eguneko orduko gehieneko prezipitazio estatistikoa erabili da, bereizmen handiagoa duelako.

Aldagai horretan oinarrituz, 10, 25 eta 50 urteko errepikatze-denboretarako hautatutako estazioen gehieneko prezipitazioak kalkulatu dira. Lehenengo biak (PR10 eta PR25), normalean hiriko drainatzea diseinatzeko denaldiak izateagatik hautatu dira, eta hirugarrena (PR50), azterlana *Copernicus SIS*-ekin bateratzen delako.

4. taulak, EAetik hautatutako 71 estazioetan aurkitutako errepikatze-aldiak jasotzen ditu, eta 5. taulak, EAE osorako eta lurralde historiko bakoitzerako gutxienezko, erdiko eta gehieneko balioak adierazten ditu. Oro har, orduko gehieneko prezipitazioak zertxobait aldatzen diren eremu batetik bestera EAEn, zenbait puntutan izan ezik, hala nola, La Garbea edo Gorbea estazioa. Hor, batezbestekoaren gainetik dauden balioak daude. EAEko orduko batez besteko gehieneko prezipitazioak 25,8 mm, 32,2 mm eta 37,8 mm dira hurrenez hurren 10, 25 eta 50 errepikatze-denboretarako. Arabako lurralde historikoa da batez besteko baliorik handienak izan dituenak, Gorbeiako estazioan gertatu diren muturreko gertakari askorengatik.

Nombre	Periodo	PR_10	PR_25	PR_50	Nombre	Periodo	PR_10	PR_25	PR_50
Cerroja	2002-2018	18,08	19,58	20,51	Aizarnazabal	2002-2018	25,57	29,38	32,3
Arboleda	2004-2018	19,78	23,75	27,34	Muxika	2002-2018	25,76	33,09	40,1
Altzola	2002-2018	20,02	21,77	22,87	San Prudentzio	2002-2018	26,01	31,4	35,53
Balmaseda	2002-2018	20,23	23,17	25,22	Altube	2002-2018	26,13	34,44	42,22
Mañaria	2003-2018	20,57	22,89	24,46	Oñati	2002-2018	26,2	36,42	46,74
Matxinbenta	2002-2018	20,7	22,15	23,02	Zizurkil	2002-2018	26,24	31,49	35,56
Oiz	2002-2018	20,81	30,59	41,43	Kapildui	2002-2018	26,28	33,68	40,08
Ozaeta	2002-2018	21,21	25,69	29,38	Igorre	2002-2018	26,55	35,86	45,04
Zaratamo	2002-2016	21,22	23,94	25,77	Amerau	2002-2018	26,76	30,53	33,14
Bidania	2002-2018	21,66	23,7	24,99	Zarautz	2002-2018	26,83	30,77	33,57
Saratxo	2002-2018	21,68	26,36	30,53	Arrasate	2002-2018	27,78	37,13	45,88
Berna	2002-2018	21,81	23,6	24,62	Berriatua	2002-2018	27,82	39,75	52,61
Iurreta	2002-2018	22,06	26,32	29,69	Belauntza	2002-2018	28,3	33,41	37,35
Estanda	2002-2018	22,42	25,03	26,78	Lasarte	2002-2018	28,45	32,84	36,1
Ibai Eder	2002-2018	22,46	24,4	25,58	Aixola	2002-2018	28,46	42,81	59,34
Aranguren	2002-2018	22,5	24,39	25,47	Mungia	2002-2018	28,58	32,24	34,65
Ordizia	2002-2018	22,62	23,47	23,83	Espejo	2004-2018	28,78	35,18	39,83
Arkaute I	2002-2016	22,85	26,99	30	Amorebieta	2002-2018	28,98	35,24	40,24
Páganos	2004-2018	22,88	28,57	33,37	Subijana	2002-2018	29,47	36,98	42,97
Abetxuko	2002-2018	22,96	33,1	43,74	Oiarzun	2002-2018	29,95	35,39	39,61
Zambrana	2002-2018	23,09	26,77	29,33	Agauntza	2002-2018	30,12	34,29	37,05
Punta Galea	2002-2018	23,25	29,68	35,55	Berastegi	2002-2018	30,19	34,53	37,52
Elorrio	2002-2018	23,34	29,81	35,81	Almike (Bermeo)	2002-2018	30,2	38,73	45,98
La Garbea	2002-2018	23,86	41,24	80,87	Oleta	2002-2018	30,35	37,11	42,53
Orozko	2002-2018	23,86	26,07	27,29	Deusto	2002-2018	30,49	41,63	60,68
Iturrieta	2002-2018	23,97	31,87	39,4	Añarbe	2002-2018	31,91	36,92	40,49
Herrera	2002-2018	23,98	27,21	29,48	Alegia	2002-2018	32,77	42,85	52,08
Abusu	2002-2018	24,26	27,51	29,82	Amundarain	2002-2018	32,92	39,52	44,35
Orduña	2002-2018	24,28	29,99	34,73	Salvatierra	2002-2018	33,04	45,67	57,7
Llodio	2002-2014	24,36	30,85	36,32	Gorbea	2002-2018	33,24	60,77	98,68
Aitzu	2002-2018	24,61	30,95	36,67	Ereñozu	2002-2018	33,25	46,4	60,62
Alegria	2002-2018	24,89	29,34	32,51	Urkiola	2002-2018	33,32	49,36	65,76
Derio	2002-2018	25,03	31,35	37,16	Gardea	2002-2018	33,45	47,97	63,15
Zaldiaran	2002-2018	25,29	31,74	36,84	Urkulu	2002-2018	33,77	48,52	58,76
Urkizu	2002-2018	25,31	34,95	44,68	Navarrete	2002-2018	34,32	48,34	62,19
Andoain	2002-2018	25,53	33,3	41,06					

**4. TAULA.** Orduko prezipitazioen PR 10, 25 eta 50, EAEn hautatutako 71 estazioetan.

<b>GUZTIRA</b>	<b>PR10</b>	<b>PR25</b>	<b>PR50</b>
Gutx.	18,08	19,59	20,51
Batezbestekoa	25,80	32,20	37,80
Gehi.	34,32	60,72	98,68
<b>ARABA</b>			
Gutx.	19,20	22,01	23,86
Batezbestekoa	26,50	34,83	42,45
Gehi.	34,32	60,72	98,68
<b>BIZKAIA</b>			
Gutx.	18,08	19,58	20,51
Batezbestekoa	24,59	31,12	37,05
Gehi.	33,32	49,36	80,87
<b>GIPUZKOA</b>			
Gutx.	20,02	21,77	22,87
Batezbestekoa	26,73	31,72	35,68
Gehi.	33,77	46,52	60,62

**5. TAULA.** PR 10, 25 eta 50 (gutxienekoa, ertaina eta gehienekoa) hiru lurralde historikoetarako.

## 2.2. MUTURREKO PREZIPITAZIOEN PROIEKZIOAK

Muturreko prezipitazioen gertakari historikoak aztertuta, klima-aldaketaren agertokiak aztertu dira, prezipitazioen torrentzialtasun-adierazlea aztertuz, RV10, RV25 eta RV50 (hurrenez hurren 10, 25 eta 50 urteko errepikatze-denborekin lotutako eguneroko gehieneko batez besteko prezipitazioa).

Horretarako, bereizmen handiko eskualdeko agertoki klimatikoak erabili dira EAErako (Ihobe, 2019), eta adierazle horren portaera jasotzen dute, 1 km x 1 km-ko espazio bereizmenarekin, bi alborapenaren zuzenketarako (EQM edo GPQM). Zehazki, hauek aztertu dira: 1981-2010 aldi historikorako adierazlearen RCP 8,5 agertokia (aurkakoena delako) eta etorkizuneko aldiak (2011-2040, 2041-2070 eta 2071-2100). Adierazi behar dugu agertoki horiek, KLIMATEK 2016 deialdiaren barruan egindako EAeko bereizmen handiko mapa klimatikoak eguneratu eta osatzen dituztela.

Eguneko errepikatze-denbora horiek, aztertutako orduko datuen errepikatze-denborekin alderatu ahal izateko, erlazioa ezarri da 1 ordu eta 24 orduko errepikatze-denboren artean, izan ere, prezipitazio-agertoki klimatikoak eguneko bereizmenarekin bakarrik erabilgarri daudelako (6. taula).

	Aldaketaren % 1 h-24 h		
	PR10	PR25	PR50
Gutx.	17	14	12
Moda	27	24	21
Batezbestekoa	30	31	32
Gehi.	61	75	91

**6. TAULA.** PR 10, 25, 50 urteko aldaketen ehunekoen laburpena, 1 orduko gehieneko prezipitazioetatik eguneko prezipitazioetara igarotzeko.

Horrela, erlazio hori aplikatu zaio (batez besteko aldaketaren % 1h-24h) muturreko prezipitazioaren portaerari (RV10, RV25 eta RV50), eta orduko gehieneko batez besteko prezipitazioa lortu da; baita konfiantza tartearekin (media-sd, media+sd) metodo estatistiko (EQM edo GPQM), errepikatze-denbora eta etorkizuneko denbora bakoitzerako (1981-2010, 2011-2040, 2041-2070, 2071-2100) (7. taula).

Batezbestekoa (mm)		1981-2010	2011-2040	2041-2070	2071-2100
<b>PR10 EQM</b>	Batezbestekoa-sd		23,62	25,06	23,95
	Batezbestekoa	22,99	26,31	27,62	27,29
	Batezbestekoa +sd		29,01	30,18	30,62
<b>PR10 GPQM</b>	Batezbestekoa-sd		16,53	16,78	15,46
	Batezbestekoa	22,99	24,37	26,23	27,09
	Batezbestekoa +sd		32,20	35,67	38,72
<b>PR25 EQM</b>	Batezbestekoa-sd		28,02	29,90	28,63
	Batezbestekoa	27,60	31,94	33,65	33,32
	Batezbestekoa +sd		35,86	37,41	38,01
<b>PR25 GPQM</b>	Batezbestekoa-sd		18,56	18,96	17,17
	Batezbestekoa	27,60	29,54	32,13	33,42
	Batezbestekoa +sd		40,53	45,29	49,67

<b>Batezbestekoa (mm)</b>		<b>1981-2010</b>	<b>2011-2040</b>	<b>2041-2070</b>	<b>2071-2100</b>
<b>PR50 EQM</b>	Batezbestekoa-sd		31,52	33,74	32,37
	Batezbestekoa	31,50	36,71	38,75	38,41
	Batezbestekoa +sd		41,90	43,76	44,44
<b>PR50 GPQM</b>	Batezbestekoa-sd		20,11	20,70	18,52
	Batezbestekoa	31,51	33,96	37,15	38,80
	Batezbestekoa +sd		47,80	53,59	59,08

**7. TAULA.** gehieneko prezipitazioak ordubeteen, tarte historikoan, eta etorkizuneko hiru agertoki EAEn (PR 10, 25 eta 50 errepikatze-denboren EQM eta GPQM ereduak).

Azkenik, etorkizuneko errepikatze-denboren (2011-2040, 2041-2070 eta 2071-2100) aldaketaren ehunekoa kalkulatu da, aldi historikoarekin alderatuz (1981-2010). Aurreko kasuan bezala, batez besteko aldaketaren ehunekoa ere definitu da, zein bere konfiantza-tarteak (8. taula).

<b>Batezbestekoa (%)</b>		<b>2011-2040</b>	<b>2041-2070</b>	<b>2071-2100</b>
<b>PR10 EQM</b>	Batezbestekoa-sd	2,74	9,00	4,18
	Batezbestekoa	14,44	20,14	18,70
	Batezbestekoa +sd	26,19	31,27	33,19
<b>PR10 GPQM</b>	Batezbestekoa-sd	-28,10	-27,01	-32,75
	Batezbestekoa	6,00	14,09	17,83
	Batezbestekoa +sd	40,06	55,15	68,42
<b>PR25 EQM</b>	Batezbestekoa-sd	1,52	8,33	3,73
	Batezbestekoa	15,72	21,92	20,72
	Batezbestekoa +sd	29,93	35,54	37,72
<b>PR25 GPQM</b>	Batezbestekoa-sd	-32,75	-31,30	-37,79
	Batezbestekoa	7,03	16,41	21,09
	Batezbestekoa +sd	46,85	64,09	79,96

	<b>Batezbestekoa (%)</b>	<b>2011-2040</b>	<b>2041-2070</b>	<b>2071-2100</b>
<b>PR50 EQM</b>	Batezbestekoa-sd	0,06	7,11	2,76
	Batezbestekoa	16,54	23,02	21,94
	Batezbestekoa +sd	33,02	38,92	41,08
<b>PR50 GPQM</b>	Batezbestekoa-sd	-36,16	-34,29	-41,21
	Batezbestekoa	7,81	17,94	23,17
	Batezbestekoa +sd	51,75	70,13	87,56

**8. TAULA.** Gehieneko prezipitazioen aldaketaren ehunekoa ordubeteen (EQM eta GPQM alborapenaren zuzenketa, 10, 25 eta 50 urteko errepikatze-denboran).

Emaitza hauek adierazten dute muturreko prezipitazioek gora egin dutela, eta etorkizuneko denbora handitzen doan heinean handitu egiten dela, zenbait kasutan izan ezik; esaterako, PR10 – EQMren kasuan. Hor, 2071-2100 urteetarako batez besteko errepikatze-denboraren aldaketaren ehunekoa 2041-2070 urteetarako baino zertxobait txikiagoa da. Hori esperotakoaren kontrakoa izan daiteke, baina ziurgabetasunari erreparatzen badiogu (haren informazioa desbideratze estandarren bidez ematen da), handiagoa da, beraz, urrutien dagoen errepikatze-denboraren gehieneko muga (batezbestekoa + sd) handiagoa ere bada.

Handitzeko joera orokor hori bat dator beste azterlan batzuekin, esaterako, Larsen eta beste batzuek egindako azterlanarekin (2009). Muturreko prezipitazioaren igoera aztertu zuten, Europan izandako klima-aldaketarengatik. Zehazki, HIRHAM4 klima-eredua erabili zuten Europarako, aldi hauetan: 1961–1990 (historikoa) eta 2071–2100 (IPCCren A2 agertokiari jarraituz), eta ondorioztatu zuten 1 eta 24 orduko muturreko gertakariak, 2 eta 100 urte arteko errepikatze-denboretarako, areagotuko direla, oro har, Europan.

Tokiko beste azterlan batzuen arabera, hala nola, Gipuzkoako Foru Aldundiak 2018an garatutakoa, muturreko prezipitazioak handitu egin dira. Azterlan horrek, klima-aldaketak Gipuzkoako uholde-arriskuan duen eragina ebaluatzen du. Horretarako, KLIMATEK 2016 deialdiaren EAeko bereizmen handiko agertokiaren azterlanean oinarritzen da (gaur egun erabilgarri dauden aurretiko agertokiak).

Horren aldean, beste lan batzuetan, hala nola CEDEXen Azterketa Hidrografikoen Zentroak egindakoan, klima-aldaketak Espainiako gehieneko prezipitazioetan duen eragina aztertzen du (CEDEX,2021). Horrela, ehunekoen aldaketak iragartzen ditu eguneroko urteko gehieneko prezipitazioetan. Aldaketa horiek oso eskasak dira, eta eragin txikia dute 10 urteko errepikatze-denboran. Hala ere, CEDEXen azterlan horrek,

gainerakoek bezala, emaitzen ziurgabetasuna nabarmentzen dute, eskualdeko eredu klimatikoek prezipitazioaren muturreko balioen portaera iragartzeko duten zailtasunarengatik.

## 2.3. GAUR EGUNGO ETA ETORKIZUNEN DISEINU-EURIEN DEFINIZIOA

Diseinu-euriek euri-jasen gertakariari egiten diete erreferentzia. Emandako iraupen baterako eta esleitutako errepika baterako definitzen dira, eta eredu hidraulikoa elikatzen duen faktore eragilearekin bat datoz.

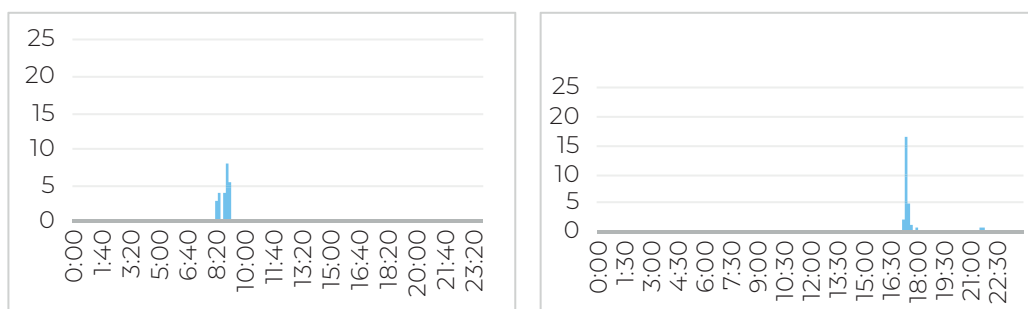
Definitzeko, estazio meteorologiko guztietatik, batez besteko 10, 25 eta 50 errepikatze-denboretatik hurbil dauden edo gainditzen duten benetako gertakariak identifikatu dituzte. Guztira, atalase hori gainditu duten 164 gertakari identifikatu dituzte. 9. taulan horietako sei jasotzen dira: bi, errepikatze-denbora bakoitzerako, zertxobait desberdinak diren ezaugarriekin (geh. ordubete; geh. 10 minutuan eta gutxi gorabeherako iraupena).

ID	PERIODO DE RETORNO	FECHA	ESTACIÓN	CÓDIGO	MÁX 1 h (mm)	MÁX 10 min (mm)	DURACIÓN APROX. (h)
1	PR 10	09/09/2016	Aitzu	C0DB	24,7	7,9	2
2	PR 10	02/08/2014	Arkaute	C001	26,1	16,5	6
3	PR 25	01/10/2015	Elorrio	C074	32,6	7,7	4
4	PR 25	19/07/2004	Jaizkibel	C071	32,5	18,7	2
5	PR 50	04/08/2004	Jaizkibel	C071	39,9	10,2	9
6	PR 50	04/08/2015	Leitzaran	G052	33,2	14,7	3

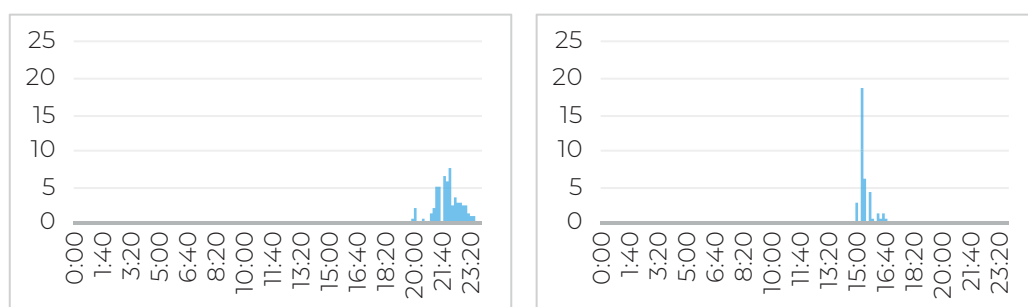
**9. TAULA.** Hautatutako muturreko prezipitazio gertakarien deskribapena.

Benetako gertakari horiek behin identifikatuta, haietako bakoitzaren portaera aztertu da, hamarreko bereizmenarekin. Bi motatako patroiak daude (5. irudia). Lehenengoan, prezipitazioak 1, 2 edo 3 alditan neurtu dira, eta gainerakoak baino askoz ere handiagoak izan dira. Bigarrenean, prezipitazioak homogeneousagoak dira, eta Gauss formarekin banatzen dira 10 datu-hartzeak.

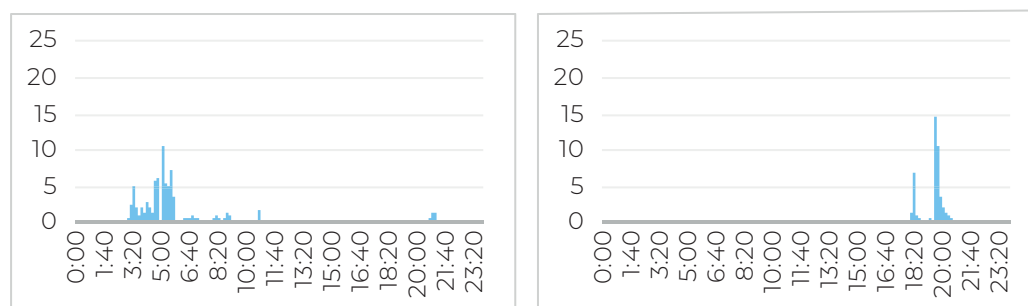
### PR 10 urte (C0DB - C001)



### PR 25 urte (C074 - C071)



### PR 50 urte (C071 - C052)



**5. IRUDIA.** 10, 25 eta 50 urteko errepikatze-denboraren atalaseak gainditzen dituzten benetako gertakarien hamar minutuko denbora banaketa.

Orain, gertakari horien portaera definitu da klima-aldaketaren agertokirako. Horrela, prezipitazioen torrentzialtasun adierazlean (gehieneko batez besteko prezipitazioa, 10, 25 eta 50 urteko errepikatze-denborarako) aurkitutako aldaketa-ehunekoa aplikatu da haietan, kasurik okerreana kontuan hartuz, hau da, konfiantza tartearen gehiengo muga (batezbestekoa + sd) (6. irudia). Alborapenaren zuzenketaren bi metodo estatistikoen artean, EQM metodoa hautatu da.

### PR 10 urte EQM



### PR 25 urte EQM



### PR 50 urte EQM



**6. IRUDIA.** Gaur egungo eta klima-aldaketaren agertokian hautatutako gertakariaren hamar minutuko banaketa.

Azkenik, benetako sei gertakari horietatik, gertakari eredu bat hautatu dute. Horrela, EAE osoan euri-uholdearen fenomenoaren simulazioa egiteko diseinu-auria kontuan hartu dute. 7. irudian, hautatutako gertakariaren prezipitazio-tasa jasotzen da, Jaizkibelgo estazioan erregistratutako gertakariari dagokiona (C074), 25 urteko errepikatze-denborarekin (sareak aldi horrekin diseinatzen dituztelako), gaur egungo agertokirako eta klima-aldaketaren agertokirako. Gertakari horren gutxi gorabeherako iraupena 4 ordu da eta 10 minututan 7,7 mm-ko gehieneko prezipitaziora heltzen da, gaur egungo agertokian, eta 10,4 mm-koa klima-aldaketaren agertokian.

Klima-aldaketarekin lotutako igoera hori gertatzen da 25 urteko errepikatze-denborarekin lotutako gehieneko batez besteko prezipitazioan, behin EQM alborapenaren zuzenketa aplikatuta, RCP 8,5 agertokian, eta 2041-2070 aldian (Ihobe, 2019). Portaera horren arabera, goranzko joera hautematen da bai konfiantza-tartearen beheko mugan, bai goiko mugan, zein tarteko balioan, % 8 eta % 36 artekoa dena aztertutako aldiaren aldean. Klima-aldaketaren agertokirako 7. irudian ikusten den diseinu-auria, konfiantza-tartearen (% 36) goiko mugaren aldaketa-ehunekoa adierazten du. Beraz, etorkizuneko aldi honetarako agertokirik okerrena du.



**7. IRUDIA.** Prezipitazioak, 25 urteko errepikatze-denboran, gaur egungo agertokian eta klima-aldaketaren agertokian .

## 3. EURI-UHOLDEEN AGERTOKIAK

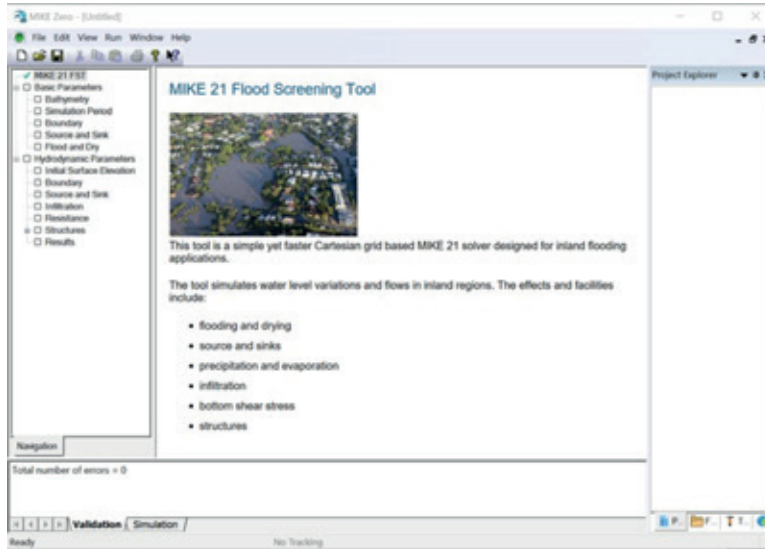
Kapitulu honetan, EAeko euri-uholdea eskalan adierazteko emandako urratsen multzoa deskribatzen da, klima-agertoki desberdinetan. Lehendabizi, ereduaren simulazioa egiteko erabilitako eredu hidrodinamikoaren ezaugarri orokorrak zehazten dira (MIKE 21 Flood Screening Tool). Orain, simulazioa egiteko beharrezkoa den informazioa, eta emaitzak adierazteko eginda tratamendua adieraziko dira. Azkenik, bi eskalatarako lortutako emaitza erakusten dira: arroa eta udalerria.

Arro mailan egindako euri-uholdearen azterketaren arabera, euro-uholdeko fenomenoaren espazio-aldakortasuna handia da. Bestalde, klima-aldaketaren agertokian, arro hidrografikoko eskalan, ikusitako joerak adierazten dira. Azterketa hori, oro har egiten da, emaitzak adierazten diren eskalak ez duelako uzten fenomeno horrek eremu urbanizatueta duen eragina zehaztasun handiz deskribatzen. Izan ere, esparru hori oso ahula da fenomeno horren aurrean.

Horrenbestez, arro eskalan fenomeno horren portaera deskribatuta, zenbait hirigunetan fenomenoaren xehetasun gehiago ematen dira. Horrela, ura bat-batean pila daitekeen eremu kritikoen adibideak ere aipatzen dira.

### 3.1. MIKE 21 EREDUAREN EZAUGARRI OROKORRAK

*MIKE 21 FLOOD Screening Tool* (MIKE 21 FST) DHik (*Danish Hydraulic Institute*) garatutako tresna da, eta MIKE 21 ereduan oinarrituta dago. Uraren eta fluxuen mailaren aldaketen simulazioa egiten du, zenbait alderdi kontuan hartuz, hala nola, topografia, prezipitazioa, lurraren zimurtasuna eta infiltrazioa (8. irudia).



**8. IRUDIA.** MIKE 21 FST tresnaren erabiltzailearen interfazea .

Modulu hidrodinamikoak bolumena eta momentua kontserbatzeko ekuazio integratua ebazten ditu (Saint Venant ekuazioak). Ondorengo ekuazioek (9. irudia), bertikalean integratuta dauden masa eta momentua kontserbatzekoak direnek, fluxu eta ur mailaren aldaketak deskribatzen dituzte.

$$\frac{\partial h}{\partial t} - \frac{\partial d}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gq \sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 \cdot h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[ \frac{\partial}{\partial x} (h \tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h \tau_{xy}) \right] - \Omega q$$

$$- fVV_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (p_a) + (\alpha + \beta)(u_{slide} - \frac{p}{h})^2 = 0$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gp \sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 \cdot h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[ \frac{\partial}{\partial y} (h \tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h \tau_{xy}) \right] + \Omega p$$

$$- fVV_y + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial y} (p_a) + (\alpha + \beta)(v_{slide} - \frac{q}{h})^2 = 0$$

**9. IRUDIA.** Saint Venant ekuazioak.

## 3.2. SARRERAKO DATUAK

MIKE 21 FST ereduak euri-uholdearen simulazioa egiteko behar dituen sarrerako datuak oinarrizko parametroen eta parametro hidrodinamikoetan banatzen dira. Jarraian, haietako bakoitza deskribatzen dira.

### 3.2.1 OINARRIZKO PARAMETROAK

#### **Batimetria**

Lurraren informazio topografikoa jasotzen du, eta altuera datuak ematen ditu, itsasoaren batez besteko mailarekin.

Azterlan honetan, MDEH (Hidrologiarako Elebazioen Eredu Digitala) erabili da, Eusko Jaurlaritzak 2012an sortutakoa eta Geoeuskadin eskuragarri dagoena<sup>2</sup>. Eredu horrek, lurra, eraikinak eta eraikuntzak adierazten ditu, zubiak izan ezik, 1 m x 1 m-ko bereizmenarekin.

Hedadura handia duenez, eta konputazio ahalmen handia duenez, tamaina eta bereizmena txikiagotu behar izan dira. Tamaina murrizteko, EAEko arro hidrografikoak kontuan hartu dira (10. irudia). Horrela, 38 eredu sortu dira, eta haietako bakoitza arro hidrografiko batekin lotuta dago.



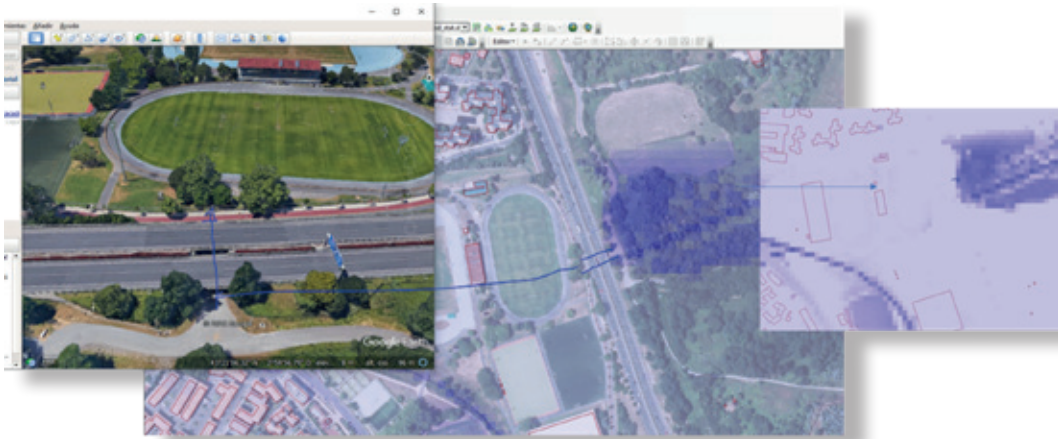
**10. IRUDIA.** EAEko arro hidrografikoak .

MDEHren bereizmenari dagokionez, ereduak eskatzen duen konputazio-ahalmena lortzeko, eta simulazio-prozesu osoa bideragarria izatea, 10 m x 10 m-ko bereizmena eman zaio.

<sup>2</sup> <http://www.geo.euskadi.eus/modelo-digital-de-elevaciones-para-hidrografia-mdeh-de-1m-de-la-comunidad-autonoma-del-pais-vasco-ano-2012/s69-geodir/es/>

Horrez gain, MDEH zuzendu da arro bakoitzean, iterazio-prozesu baten bidez. Urrats hauetaz osatuta egon da: (i) isurketaren simulazioa, jatorrizko MDEH kontuan hartuz, (ii) ura pilatzen den eremuak identifikatzea, (iii) ura pilatzen den topografia egiaztatzea, sateliteko irudiekin edo ortoargazkiekin, (iv) luraren topografiaren doiketa eta zuzenketa, beharrezkoa bada, eta (v) isurketaren simulazioa, topografia zuzenduta.

Zuzendu behar izan diren eremu nagusien artean nabarmentzen dira tunelak eta lurpeko oinezkoen pasabideak (11. irudia). Eremu horiek eremu askotan zuzendu dira, hala ere, ezin izan dira zuzendu guztiak, azterlanaren hedadura dela eta.



**11. IRUDIA.** MDEHn zuzendutako oinezkoen pasabidearen adibidea.

### Simulazio aldia

Ereduaren simulazio denbora da, eta informazio honen araberakoa da:

- Denboraren igarotzearen maila: simulazioak bete behar duen denbora-igarotze kopurua da.
- Denboraren igarotzearen tartea: denbora-igarotze bakoitzaren artean handitzen den denbora kantitatea da.
- Simulazioaren hasiera-data: simulazioaren hasiera data eta ordua da, eta hautatutako euri gertakariaren dataren araberakoa da.

Azterlan honetan finkatutako parametroak 10. taulan jasotzen dira.

	<b>GAUR EGUNGO EGOERA</b>	<b>KLIMA ALDAKETAREN AGERTOKIA</b>
Denboraren igarotzearen maila	0-27000	0-27000
Denboraren igarotzearen tartea	1	1
Simulazioaren hasiera-data	2015/01/10 19:30	2041/01/10 19:30

**10. TAULA.** Simulazio aldia definitzeko ezarritako parametroak.

### **Uholde eta lehorte maila**

Uholde eta lehorte mailak modelizazio hidrodinamikoaren barruan aztertzen diren ikerketa esparruko puntuak ezartzen ditu. Lehortzearen sakontasunak ereduaren kalkulu hidrodinamikoetik lehorte aurretik puntu batean uzten den gutxieneko ur maila ezartzen du. Bestalde, uholdearen sakontasuna, puntua kalkulatzeko hasten denean urak duen maila da.

Lan honetan, ereduaren erabiltzaile-gidak gomendatutako balioak erabili dira (DHI, 2017). Horrela, lehortzearen sakontasuna 0,001 m da, eta uholdearena 0,005 m.

### **Ingeraden kokapena**

Ereduko mugen kokapena adierazten du. Hor, ura, ikerketa esparrura sartu edo handik irteten da. Azterlan honetan, muga horiek automatikoki identifikatu ditu programak, eta ikertu den arroaren arabera aldatu dira.

## **3.2.2 PARAMETRO HIDRODINAMIKOAK**

### **Uraren gainazalaren hasierako maila**

Uraren gainazalaren hasierako mailari egiten dio erreferentzia. Simulazio ereduaren arabera aldatzen da. Horrela, 2,8 m-tik hurbil dauden balioak daude itsasora isurtzen dira arroetan, eta 550 m artekoak EAEn barnealdeko arroetan.

### **Uraren maila ingeradan**

Gainazalaren maila edo ereduaren ingeradetan dagoen fluxua zehazten du. Ereduak bost formatu ditu (balio konstantea, sail sinusoidala, denborazko saila, sail lineala, transferentzia datuak eta sailkapen kurba), parametro hori sartu ahal izateko. Lan honetan, balio konstantea erabaki da, eta ikertu den arro hidrografikoaren arabera izan da.

## Iturriak eta hustubideak

Barne hartzen dira prezipitazio-tasa (eguneko mm-tan), agertoki desberdinetan, zein ura ereduaren barruan deskargatzen duten kanpoko iturriak (ibaiak).

Prezipitazioa da eredu hidraulikoa elikatzen duen ezinbesteko faktorea, eta prezipitazio handiko gertakari bati egiten dio erreferentzia. Gertakari horrek, iraupen eta errekuentzia jakin bat izango ditu. Azterlan honetan, diseinu-ura lortzeko, Euskalmeten estazio-sareko prezipitazioen orduko erregistro historikoak (Euskalmet, 2020), eta EAEko bereizmen handiko eskualdeko agertoki klimatikoak (Ihobe, 2019) aztertu dira (ikus 2. atala xehetasun gehiagorako). Azterlan honek, orduko prezipitazioetarako errepikatze-denbora batzuk kontuan hartu baditu ere, azkenean, 25 ordukoa hartu da erreferentzia gisa, aldi horretan sareak diseinatzen baitira (7. irudia).

Iturriei dagokienez, ereduak eskatutako informazioa (ibaien emaria) Caumax<sup>3</sup> softwarearen bidez lortu da. Software hori Nekazaritza eta Arrantza, Elikadura eta Ingurumen Ministerioak egin du, eta araubide naturaleko gehieneko emariak ezartzen ditu errepikatze probabilitate desberdinetarako. Azterlan honetan, diseinu-euri modelizatua baino txikiagoko errepikatze probabilitatea (5 urte) aukeratu da, euri-uholdearen fenomenoarekin ez nahasteko.

## Infiltrazioa

Prezipitazioak direla eta lurrean infiltratutako ur bolumena da. Azterlan honetan ez da kontuan hartu parametro hori.

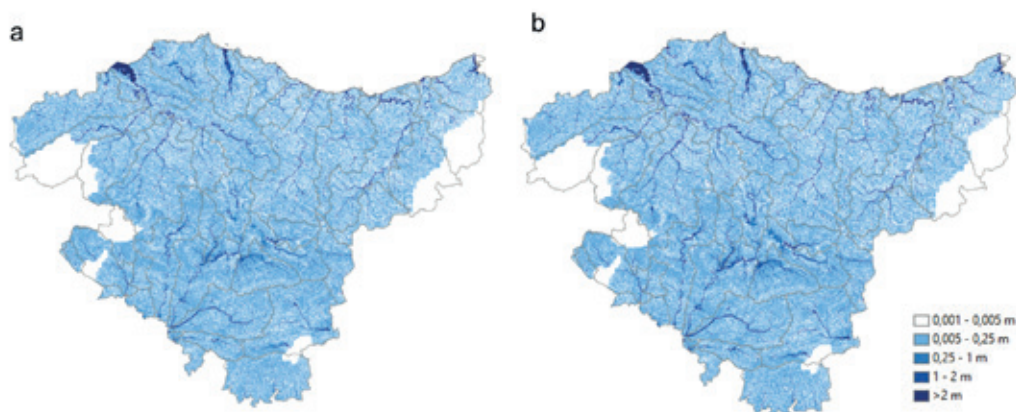
## Erresistentzia

Lurraren zimurtasunari egiten dio erreferentzia, eta Manning edo Chezy kopurua kontuan hartuz adierazten da. Azterlan honetan, Manning kopurua hautatu da sarrerako parametro gisa, eta konstantea izan da aztertu den eremu guztian, 15eko balioarekin (erabiltzailearen gidan gomendatutako balioa).

## 3.3. EREDUAREN EMAITZEN ADIERAZPENA

Oinarrizko parametroak zein hidrodinamikoak zehaztuta, euri-uholdearen fenomenoaren simulazioa egin da 38 arroetan, gaur egungo agertokian eta klima-aldaketarenean. Horrela, guztira, 76 simulazio egin dira. Simulazio horiei esker, fenomenoaren sakonera lortu da, raster formatuan, aztertutako agertoki klimatiko bakoitzean (Irudia 12).

<sup>3</sup> <https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/mapa-caudales.aspx>



**12. IRUDIA.** Euri-uholdearen fenomenoaren eraginaren emaitzak, 25 urteko errepikatze-denboran, gaur egungo agertokian (a) eta klima-aldaketaren agertokian.

Kartografia horretatik abiatuz, bi agertokien euri-uholdearen zikloak biltzen dituzten poligonoak atera dira, irizpide hauek kontuan hartuz:

- **Poligonoaren sakonera:** 1 m baino handiagoa. Atalase hori, "eragin maila larri" gisa definitu da, Ibaiek eragindako uholde-eremuetan lurzorua erabilerei jarritako mugetan jabari publiko hidraulikoari buruzko arautegia aplikatzen laguntzeko gida teknikoaren barruan, Nekazaritza eta Arrantza, Elikadura eta Ingurumen Ministerioak 2017. urtean argitaratutakoa.
- **Poligonoaren tamaina:** 400 m<sup>2</sup>. Atalase hori, 1:25.000 eskalako mapa batean behar bezala ikusten dela uste dugu (hau da, ez dira puntu isolatuak).

Irizpide horiek aplikatuz, grafikoki adierazi da euri-uholdearen fenomenoak, agertoki desberdinak kontuan hartuz (gaur egungo agertokia eta klima-aldaketarena), baita klima-aldaketarekin lotutako joerak ere, bi agertokiak biltzen dituzten poligonoen gainazalean dauden desberdinak aztertuz.

Azkenik, informazio hori aintzat hartuz, fenomenoaren ebaluazioa egin da, bere portaera eskala hauetan aztertuz:

- **Arroaren eskala:** euri-uholdearen fenomenoaren deskribapen orokorra egiten da, eta klima-aldaketaren agertokian uholde-arriskua dagoen tokietan espero diren aldaketak ebaluatzen dira.
- **Udal eskala:** kritikoak izan daitezkeen puntuan identifikatzen dira, EAEko eremu urbanizatuetan. Puntu horiek, alde aurretik deskribatutako irizpideak (1 m baino handiagoko sakonera eta tamainari dagokionez, 400 m<sup>2</sup> baino handiagoa) kontuan hartzen dituzte. Beraz, ura bat-batean pilatzen den hiriko eremuak adierazten dituzte. Eremu horietan eragin negatiboak izan ditzakete, hala nola, kalteak hiriko etxebizitzetan eta azpiegituretan, ilarak errepideetan eta oinarrizko zerbitzuak etetea (ura, argia eta gasa).

Izan daitezkeen puntuen hori identifikatzeko, laburpen fitxa bat egin da. Fitxa bakoitzak, dagokien eremuaren ezaugarri nagusiak jasotzen ditu; baita eremu horretan itxarondako klima-aldaketaren joerak ere. Guztira, 6 laburpen fitxa egin dira, modelizazioan lortutako emaitzen ahalmena erakusteko helburuarekin. Hala ere, emaitza horiek kontuz hartu behar dira, euri-uholdearen fenomenoaren simulazioa egiteko kontuan hartu diren hipotesiengatik (ikusi 4. atala xehetasun gehiagorako).

### 3.4. EURI-UHOLDEA ARRO MAILAN

13. eta 14. irudietan EAEko euri-uholdearen mapa ikusten da, gaur egungo agertokian eta klima-aldaketaren agertokian hurrenez hurren, 25 urteko errepikatze-denborako diseinu-euri labur baina oso handi baterako (Irudia 7). Gogoratu behar dugu mapa horrek 1 m baino handiagoko sakonera duten eta 400 m<sup>2</sup> baino handiagoak diren uholde-eremuak adierazten dituela.

Espero zenez, bi agertokietan uholde arriskua duten eremuak isurialde kantauriarreko ibaien bide eta ertz gehienetan kokatzen dira, eta bereziki, ibai hauetan: Nerbioi, Ibaizabal, Butroe, Bakio, Oka, Lea, Artibai, Deba, Urola, Oria, Urumea eta Bidasoa. Isurialde mediterraneoan, Baia, Zadorra, Ihuda, Izki, Berrón eta Ega ibaien bideetan eta ertzetan kokatuta daude nagusiki.

Gainera, uholde-arrisku horrek, eredian sartu dira 5 urtetan errepikatze-ko aukera duten gehieneko emarien ekarpenak jasotzen ditu, eta beraz, eremu horretako uholde-azalera handitu egiten dute.



**13. IRUDIA.** Euri-uholdearen zikloa, 25 urteko errepikatze-denboran, gaur egungo agertokian.



**14. IRUDIA.** Euri-uholdearen zikloa, 25 urteko errepikatze-denboran, klima-aldaketaren agertokian (RCP 8.5. 2041-2070).

Euri-uholdearen hedadurarik handiena duten arroak hauek dira: Aguera, Asua, Altube, Ibaizabal, Arratia, Herrerias eta Kadagua. Guztiak isurialde kantauriarrean daude, eta gainerakoak baino handiagoak dira. Horien aldean, hedadurarik txikienekoak beste hauek dira: Iñurritza, Purón, Igara, Jerea, Barbadun eta Omecillo. Bi isurialdekoak dira (kantauriarra eta mediterranea), eta txikiagoak dira (11. taula).

Klima-aldaketa kontuan hartuz, uholde arriskua duten azalera handitu egiten dira. Horien artean nabarmentzen dira Igara, Arakil, Zadorra, Barrundia, Alegría eta Jerea arroa. Horiek dira uholde-arriskurik handieneko azalera dutenak. Azalera txikiena dutenak, berriz, hauek dira: Omecillo, Golako, Bidasoa eta Barbadun arroak (11. taula). Igoera hori gertatzen da RV25 muturreko adierazlean egondako igoerarengatik (25 urteko errepikatze-denborarekin lotutako gehieneko batez besteko prezipitazioa), behin EQM alborapenaren zuzenketa aplikatuta, RCP 8.5 agertokian, eta 2041-2070 aldian (Ihobe, 2019).

Hala ere, torrentzialtasunari lotutako adierazle horren bilakaeran zalantza handiak daude (Ihobe, 2019). Horrela, zalantza horiek tokiko eta Estatuko beste azterlan batzuetan ere nabarmentzen da (CEDEX, 2017; CEDEX, 2021; Gipuzkoako Foru Aldundia, 2018).

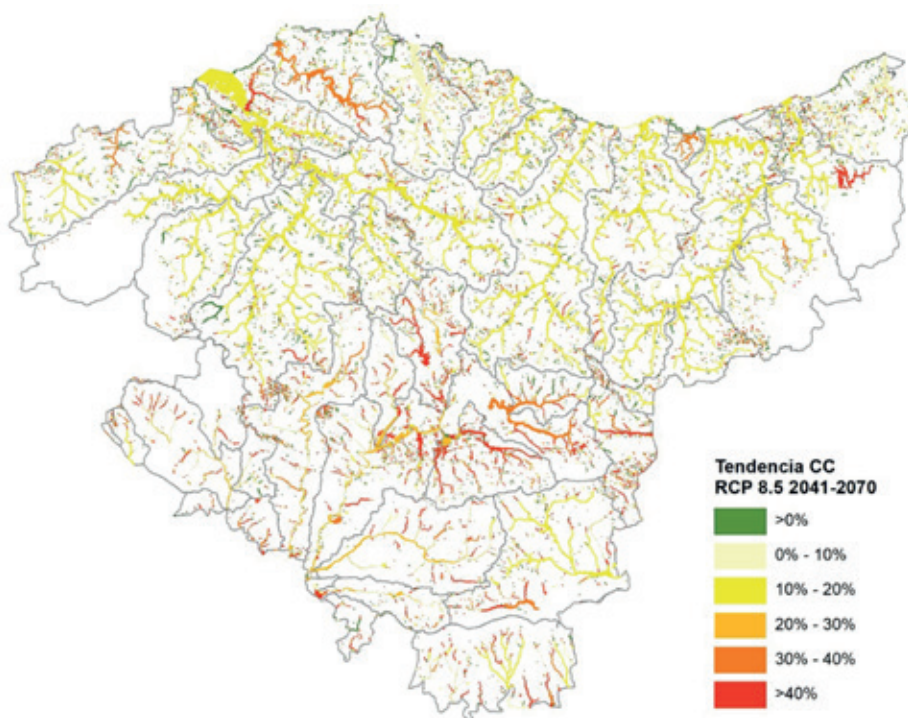
<b>ARROA</b>	<b>Euri-uholdearen azalera PR25 Egungo Agertokia (ha<sup>2</sup>)</b>	<b>Euri-uholdearen azalera PR25 Klima-aldaketaren Agertokia (ha<sup>2</sup>)</b>
Aguera	5.910,57	6.887,60
Altube	5.539,56	6.390,97
Asua	5.536,29	6.434,08
Ibaizabal	5.485,66	6.308,02
Arratia	5.387,01	6.226,67
Herrerias	5.339,19	6.188,82
Kadagua	5.337,62	6.157,65
Zadorra	2.946,31	3.924,15
Ebro	2.490,22	3.444,87
Santa Engracia	2.363,68	3.359,49
Zalla	2.133,11	2.723,62
Alegría	2.112,30	3.030,59
Estanda	2.010,21	2.341,30
Ayuda	1.991,29	2.746,29
Amezqueta	1.863,69	2.290,30
Añarri-Alzania	1.806,70	2.215,58
Arantzazu	1.479,43	1.745,11
Golako	1.360,05	1.462,96
Altzolaratz	952,06	1.128,62
Baia	841,56	1.079,03
Bidasoa	811,92	857,73
Ega	803,74	1.011,84
Andrakas	747,01	985,74
Barrundia	555,59	791,3
Añarbe	549	716,27
Omecillo	361,01	463,9
Artibai	355,54	405,31
Ea	274,17	321,35
Húmedo – Omecillo	253,26	328,97
La Muera – Omecillo	250,16	325,98
Arakil	222,94	314,38
Inglares	222,71	286,37
Iñurritza	68,74	88,88
Purón	28,81	35,65
Igara	23,37	32,81
Jerea	5,63	8,17
Barbadun	1,27	1,19
Linares	0,1	0,11

**II. TAULA.** Euri-uholdearen azalera gaur egungo eta klima-aldaketaren agertokian.

Klima-aldaketaren joera horretan bereziki, uholde-arriskuak gora egin du, eta isurialde kantauriarren eta mediterraneoaren aldean, zertxobait desberdina da, izan ere, hurrenez hurren % 10-20 eta % 20 baino gehiago handitu baita horietan. (15. irudia). Horren arrazoa da isurialde mediterraneoaren arrotan (EAEko % 30 hartzen dutenetan) hautemandako uholde-arriskuaren azalera txikiagoa delako. Beraz, klima-aldaketaren agertokian gertatzen diren aldaketek aldaketa-ehuneko handiagoak ekartzen dituzte.

Horien aldean, arro kantauriarretan (gutxi gorabehera EAEko % 63 hartzen dutenetan), ibai bideak handiagoak badira ere, ibai-sarea luzeagoa da, eta horren ondorioz, klima-aldaketaren agertokian ikusten diren aldaketa txiek ez dute ekartzen aldaketa hain handirik.

Hala ere, aldaketa horietan eragina izan lezakete kostaldeko eta euri-uholdeen arriskuek, kostaldeko eremuetan eta ibai ertzetan nagusiki. Diotenez, klima-aldaketak fenomeno horien uholde-arriskuaren azalera handituko dute (URA, 2021; URA, 2022; Ihobe, 2022). Hori dela eta, azterketa sakonagoak egin beharko dira, hiru arriskuek (kostaldeko uholdea, euri-uholdea eta ibai-uholdea) eragin konbinatua izan dezaketen eremuetan nagusiki).



**15. IRUDIA.** Euri-uholdearen fenomenoan hautemandako klima-aldaketaren joera, 25 urteko erreplikatzeko-denboran .

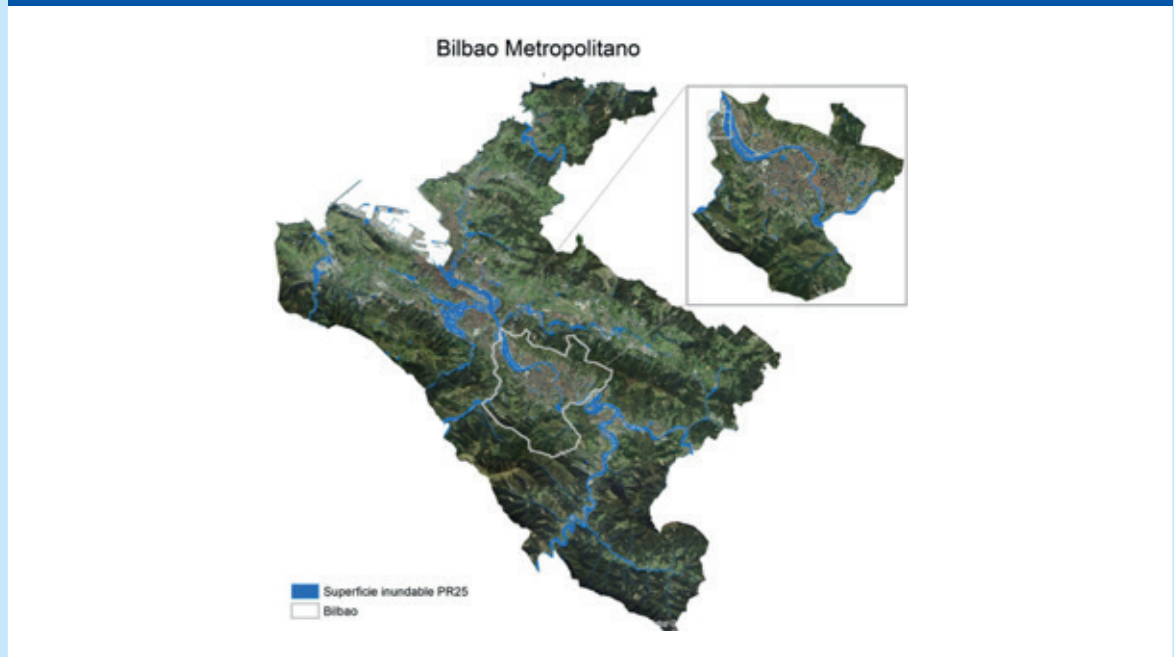
### 3.5. EURI-UHOLDEA UDAL MAILAN

Bi agertokietan egindako euriaren simulazioaren ondoren lotutako emaitzen arabera, eta azterlanean dauden mugak kontuan hartuz (4. Atala), EAEko hiriguneetan, simulazioa egindako euri-uholdearen fenomenoaren aurrean kritikoak izan daitezkeen eremuak daude, 1 m baino gehiagoko sakonera duten uholde-zikloak hautematen direlako.

Azterlan honekin ezin da haietako bakoitza ebaluatu, beraz, zenbait adibide jasotzen dira, fitxa formatuan, hiru lurralde historikoetarako. Fitxa bakoitzak dagokien eremuaren ezaugarri nagusiak jasotzen ditu; baita eremu horretan itxarondako klima-aldaketaren joerak ere. Horrez gain, puntu kritiko bakoitza antzeko gertakari historikoen bidez dokumentatzen da, bakoitza baliozkotu ahal izateko.

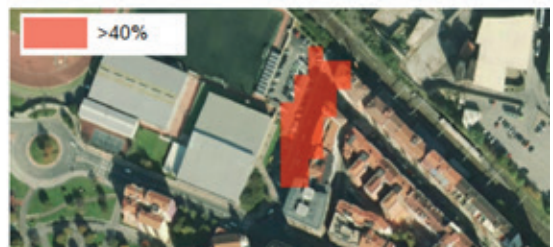


## I. PUNTU KRITIKOA KOKAPENAREN PLANOA



Euri-uholdearen mugatzea  
25 urteko PR  
Gaur egungo egoera

Klima aldaketaren joera  
RCP 8.5. 2041-2070



### Kokapenari buruzko datuak

**Eremu funtzionala:** Bilboko Eremu Metropolitarra

**Udalerrria:** Bilbo

**Auzoa:** Zorrotza

**Eragina izan dezaketen azpiegiturak:** Clara Campoamor kalea, tunelaren parean

### Aurkitutako dokumentazio historikoa

<https://www.deia.eus/bizkaia/bilbao/2021/11/29/arboles-caidos-balsas-agua-desprendimientos/1170981.html>

## II. PUNTU KRITIKOA KOKAPENAREN PLANOA



Euri-uholdearen mugatzea  
25 urteko PR  
Gaur egungo egoera

klima aldaketaren joera  
RCP 8.5. 2041-2070



### Kokapenari buruzko datuak

**Eremu funtzionala:** Arabako erdigunea

**Udalerrria:** Gasteiz

**Auzoa:** Lakua - Arriaga

**Eragina izan dezaketen azpiegiturak:** Forondako Atea

### Aurkitutako dokumentazio historikoa

<https://www.gasteizhoy.com/charco-portal-de-foronda/>

<https://www.elcorreo.com/alava/otra-tormenta-balsas-agua-vitoria-20210621184242-ga.html#imagen1>

### III. PUNTU KRITIKOA KOKAPENAREN PLANOA



Euri-uholdearen mugatzea  
25 urteko PR  
Gaur egungo egoera

klima aldaketaren joera  
RCP 8.5. 2041-2070



#### Kokapenari buruzko datuak

**Eremu funtzionala:** Arabako erdigunea

**Udalerrria:** Gasteiz

**Auzoa:** Arriaga

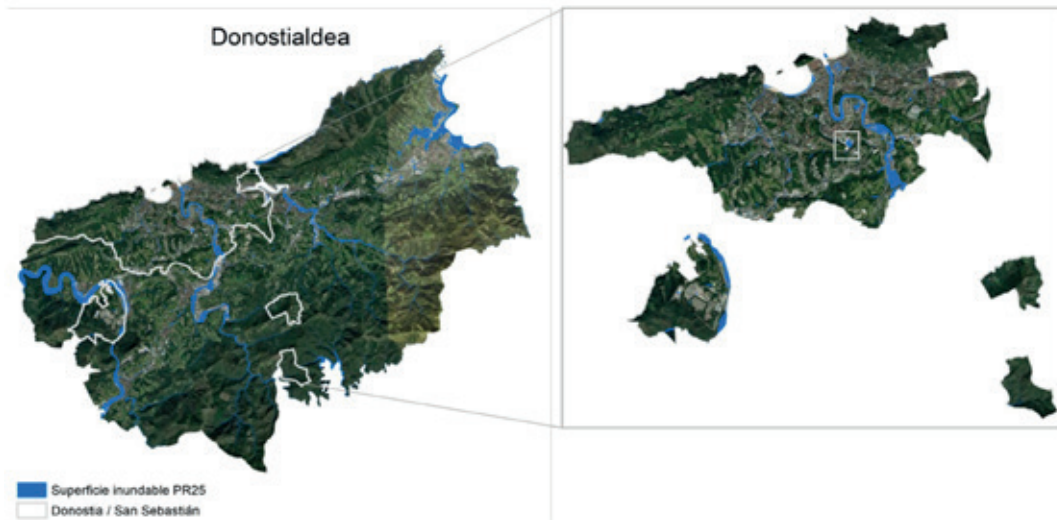
**Eragina izan dezaketen azpiegiturak:** Zubibarri kalea, Gamarrako Atea, Bergarako Atea

#### Aurkitutako dokumentazio historikoa

<https://www.gasteizhoy.com/portal-de-bergara-se-convierte-en-un-gran-lago-por-la-tormenta-de-agua/>

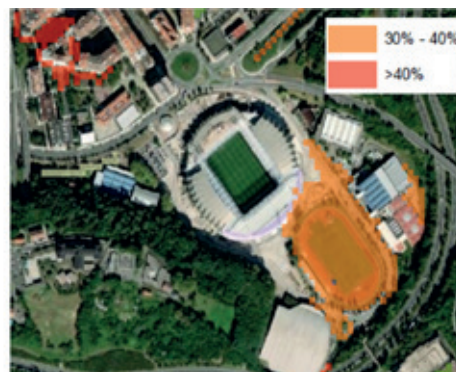
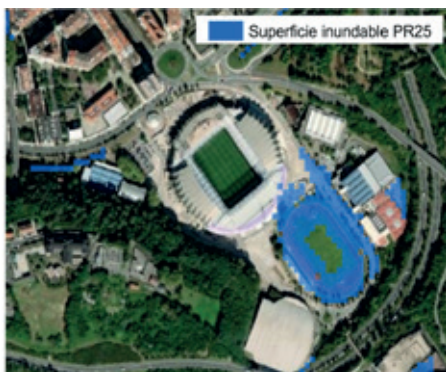
<https://www.elcorreo.com/alava/araba/vitoria-recibe-septiembre-20210902175513-nt.html>

## IV. PUNTU KRITIKOA KOKAPENAREN PLANOA



Euri-uholdearen mugatzea  
25 urteko PR  
Gaur egungo egoera

klima aldaketaren joera  
RCP 8.5. 2041-2070



### Kokapenari buruzko datuak

**Eremu funtzionala:** Donostialdea

**Udalerrria:** Donostia

**Auzoa:** Amara

**Eragina izan dezaketen azpiegiturak:** Anoeta pasealekua eta Anoetako kirol instalazioak

### Aurkitutako dokumentazio historikoa

<https://www.diariovasco.com/20091111/al-dia-local/inundaciones-donostialdea-fuertes-lluvias-20091111.html>

## 4. AZTERLANAREN MUGAK ETA GOMENDIOAK

Dokumentu hau azterlan bat gisa egin da, eta EAEn dagoen euri-uholdearen arriskuari buruzko informazioa handitzen du. Horregatik, kritikoak izan daitezkeen eremuak aztertzen ditu, prezipitazioek zuzenean uholde-arriskua ekar dezaketelako. Bestalde, klima-aldaketak fenomeno horretan izan dezakeen eragina ebaluatzen du.

Dokumentuak EAeko gaur egungo klima-agertokiak kontuan hartu ditu, eta eredu hidrodinamikoa erabili du. Eredu hori nazioartean erabili dute azken urteetan, hainbat azterlanetan, eta emaitza bikainak lortu ditu. Hala ere, azterlan honen emaitzen muga zein den jakiteko, komenigarria da adieraztea prozesuan zehar zenbait baldintzatzaile aurkitu ditugula, lana garatu dugun eskalaren ondorioz batik bat, izan ere, EAE osoa erabili dugu. Bestalde, klima-aldaketaren agertokian fenomenoak karakterizatzeko, datu-iturri bereziak erabili ditugu.

Orain, baldintzatzaile horiek zehaztuko ditugu.

### KLIMA-ALDAKETAREN AGERTOKIEN MUGAK

Eraginak aztertzeko klima-aldaketaren modelizazioa ez dago inola ere konponduta, izan ere, klimaren iragarpenak etengabe eguneratzen dira, besteak beste, arlo hauetan: ebazpena, parametrizazioak, igorpenen agertokiak, eredu orokorrak eta aplikatutako erregionalizazio teknikak.

Espanian, Meteorologiako Estatu Agentziak (AEMET) agindu egiten du klima-aldaketaren agertoki erregionalizatuak sortzea eta eguneratzea, eta horrela jasotzen da bere estatutuetan. Euskadin, berriz, halako agindurik ez badago ere, lhobek berriki eguneratu ditu (2019), eta espazio eta denboraren bereizmen handiko agertokiak dituzte, 1 km-koa eta egunerokoa hurrenez hurren. Eskualdeko eredu horiek hobeto jaso dezakete hauste orografikoaren ondorioak eta tokiko ondorioak. Horrela, eskualde eskalan, klima-aldaketaren agertoki onargarriagoak ematen ditu muturreko gertakarietarako. Hala ere, gehiago ikertu behar dira oraindik.

Oro har, prezipitazio-agertokiak ez dira temperatura-agertokiak bezain fidagarriak, mota horretako aldakortasunean tokiko faktore edo faktore mesoeskalar ugari eragiten dutelako, eta horiek, kontrolaezinak dira (AEMET, 2017). Era berean, prezipitazioarekin lotutako muturreko adierazleetan ziurgabetasun handia ere badago EAEn (Ihobe, 2019), eta haien karakterizazioa ezinbestekoa da euri-uholdearen fenomenoaren simulazioa egiteko.

Arrazoi horregatik, zuhurtziaz hartu behar ditugu azterlan honen emaitzak, balioesten duten eragin uholde-arriskua handitzea ekartzen dutelako, eta ez da baztertu behar aurretik aipatu dugun ziurgabetasuna.

## EREDU HIDRODINAMIKOAREN MUGAK

MIKE 21 FST tresna beste kalkulu-tresna batzuekin zabal kontrastatuta badago ere, sartzan ditugun sarrerako parametroek eragin handia duten haren zehaztasunean. Dena den, kalifikazio ona daukate softwarearen eraginkortasunean eta kalkulu-algoritmoen egonkortasunean.

Lan honetan, EAE osoa aztertu dugunez, zenbait muga eta hipotesi ezarri behar izan ditugu sarrerako parametroetan, hala nola:

- **Zehaztasunik eza topografikoak erabilitako topografian:** EAEko Hidrologiarako Elebazioen Eredu Digitalak lurraldea irudikatzen du, eraikuntzak barne, 1 m x 1 m-ko bereizmenarekin. Hor, zehaztasunik eza topografikoak aurkitu dira, eta puntualki zuzendu badira ere, ezin izan dira osorik zuzendu, azterlanaren esparruak barne hartzen duen hedadura handiarengatik.
- **Homogeneotasuna aztertu den esparruaren erresistentzian eta infiltrazioan:** lurraren erresistentzia eta infiltrazioa oinarritzko parametroak dira, eta lurzorua erabileraren arabera dira. Horrela, ereduaren sartzan dira. Azterlan honetan, balio bera ezarri da EAE osorako, azterlana garatu den eskalarengatik. Nolanahi ere, sinplifikatze horren ondorioz, zenbait eremuk uholde-arriskua izan dezakete, antzeko gertakari historikoen bidez dokumentatu direlako (ikus 3.5. atala xehetasun gehiagorako).  
Etorkizunean, hobekuntzak ezar litezke ereduaren erresistentziari eta infiltrazioari buruzko parametro horiek barne hartuz. Horrez gain, sentikortasun azterketak ere egin litezke, parametro horiek (zimurtasuna eta infiltrazioa) eta beste batzuk (konputazioen sarea edo topografia) ereduaren ditzaketan eraginak ebaluatzeko.
- **Drainatze-sistematik ez egotea modelizazioan:** Mike 21 ereduak ur mailaren aldaketak neurtzen ditu, lurraren topografia kontuan hartuz, eta hiriko drainatze eta saneamendu sistemak kanpoan utziz. Funtsezkoa da informazio hori barne

hartzea euriak eragin dezakeen uholde arriskua karakterizatzeko. Hala ere, EAE osoan aplikatzea ez da bideragarria; ez bakarrik modelizazio hidraulikoko edozein softwareren eraginkortasunari dagokionez, baizik eta horrek ekartzen duen konplexutasunarengatik. Hori, lan honen irismenetik eta helburuetatik kanpo dago. Etorkizuneko azterlanek sistema hauek barne har litzakete. Horretarako, azterketa mikro-eskolan egitea gomendatu genuen; esaterako, azterlan honetan identifikatutako puntu kritikoaren adibidetik abiatuz.

- **Emaitzak egiaztatze beharra:** edozein ereduren simulazioarekin batera emaitzak baliozkotu behar dira. Azterlan honen emaitzak, EAEko zenbait hirigunetan lortutako erregistro historikoekin egiaztatu ahal izan badira ere (ikusi 3.5. atala), egiaztatze hori puntuala izan da, eta ez du barne hartu EAE osorik. Etorkizunean, emaitzak sakonago egiazta litezke. Xede horretarako, funtsezkoa izango litzateke fenomeno horrekin lotutako eraginak monitorizatzea hiriguneetan.

## 5. ONDORIOAK

Lan honek, Euskal Autonomia Erkidegoan gerta daitezkeen euri-uholdeak hobeto ezagutzeko balio du. Euri-uholdeak, iraupen laburreko euri-jasek eragiten dituzte, drainatzeko ahalmena gainditzen dutelako, hiriguneetan batik bat. Hor, artifizialtasun mailak gainazaleko drainatzearen ezgaitasuna areagotzen du.

Horretarako, agertoki desberdinetako muturreko prezipitazio gertakariak karakterizatzeaz gain, haien eraginen eredia ere egiten du EAE osatzen duten 38 arro hidrologikoetan. Horrela, fenomeno horren aldakortasun espaziala ebaluatzen du; baita klima-aldaketaren agertokian, arro hidrografikoan ikusitako joerak ere.

Horrez gain, fenomenoaren xehetasun handiagoa ematen du hirigune batzuetan, eta ura bat-batean pilatzen den eremu kritikoak non dauden adierazten du. Eremu kritiko horiek fitxa moduan adierazten dira, eta hor, dagokion eremuaren ezaugarri nagusiak, itxarondako klima-aldaketaren joerak eta erregistratutako antzeko gertakari historikoak jasotzen dira.

Hauek dira laburtuta azterlan honen ondorioak.

- Muturreko prezipitazio gertakari historikoei erreparatuz gero (2.1. atala), orduko gehieneko prezipitazioaren errepikatze-denborek EAEn duten espazio-aldakortasun baxua nabarmentzen da, estazio meteorologiko jakin batzuetan izan ezik. Aldakortasun hori, aztertutako errepikatze-denboraren arabera da neurri handi batean. Errepikatze-denbora zenbat eta luzeagoa izan, estazio meteorologikoen arteko aldakortasuna handiagoa ere izango da.
- Muturreko prezipitazioen proiektzioen arabera, prezipitazioen torrentzialtasuna handituko da (2.2. atala). Handitze hori, 10, 25 eta 50 urteko errepikatze-denborekin lotutako eguneroko gehieneko batez besteko prezipitazioaren muturreko adierazlean ikusten da, klima-aldaketaren agertoki ezkorrena kontuan hartuz (RCP 8.5). Aztertutako denbora luzatzen den heinean, handitu ere egiten da.

Emaitza horiek bat datoz tokiko beste azterlan batzuen emaitzekin. Hala ere, horiek guztiek, azterlan honek bezala, muturreko prezipitazio agertoki klimatikoen ziurgabetasun handia nabarmentzen dute, eskualdeko eredu klimatikoek aldagai horren muturreko balioen portaera iragartzeko duten zailtasunarengatik.

- Gaur egungo eta etorkizuneko diseinu-auriak, euri-uholdearen fenomenoaren simulazioa egiteko hautatu dugunak, klima-aldaketak euri-uholdeak eragiteko ahalmena duten prezipitazioetan duen eraginaren hurbilketa egiten du. Prezipitazio horiek, euri-uholdeak eragin ditzakete, eta hiriko drainatze sarea ongi ez ibiltzea. Azpiegitura estrategikoen (drainatzearenak bereziki) dimentsionamendua eta portaera euri-gertakarien denbora eta espazio banaketaren arabera dira. Beraz, garrantzitsua da eragin hori ezagutzea, baliabide hidrikoak egoki kudeatzeko (2.3. atala).
- EAEko euri-uholde arriskuaren arabera, isurialde kantauriarreko ibai ertz eta bide gehienetan uholde-arriskuko eremuak daude. Klima-aldaketaren agertoki ezkorrenak, 2041-2070 epekoak, uholde-arrisku hori handituko dela iragartzen du, eta zertxobait desberdina da isurialde kantauriarren (% 10-20ko igoera) eta mediterraneoaren (% 20 baino handiagoko igoera) (3.4. atala) artean.
- Udal mailan, uholde-arriskua duten eremuak daude hiriguneetan, beheratuta dauden eremuetan batik bat. Kritikoak izan daitezkeen puntu horietan, uholde-arriskuaren zikloa handitu da klima-aldaketaren agertokian, eta handitze hori zertxobait aldatzen da eremu batetik bestera (3.5. atala).
- Modelizazio hidrodinamikoan zein klima-aldaketaren agertokietako diseinu-aurien definizioan abiapuntuak hipotesiak direla-eta azterlanaren emaitzetan dagoen ziurgabetasuna azpimarratu behar dugu. Modelizazioak ez dauka drainatze eta saneamendu sistemarik, eta estaldura bat eta lurzoru erabilera homogenea kontuan hartzen du EAE osoan. Bestalde, klima-aldaketaren agertokiko diseinu-auriei dagokienez, etorkizuneko muturreko prezipitazio-agertokietan dagoen ziurgabetasunaren mende daude.  
Etorkizunean, muga horiek arin litezke, hala nola, eremuan hobekuntzak ezarri eta agertokiak eguneratuz, eta baita xehetasun-azterlanak eginez ere, eremu murriztagoak kontuan hartuz (hiri eskalan) (4. atala).
- Nolanahi ere, azterlan honetan sortutako emaitzak, 12. taulan deskribatzen diren bezalako beste azterlan batzuk egiteko erabil daitezke.

## IZAN DITZAKETEN ERABILERAK

<b>Euri-uholdeak mikro-eskalan</b>	Lan honetan lortutako emaitzak kontuan hartuz, modelizazioa egin liteke, mikro-eskalan, aurkitutako puntu kritikoetan, drainatze eta saneamendu sistemak, eta parametro hidrodinamikoak kontuan hartuz, hala nola, lurraren iragazketa eta zimurtasuna. Horrela, biztanleengan edo azpiegitura kritikoetan izandako eragina kuantifikatu liteke, edo etorkizuneko klima-baldintzapean, drainatze-sarea zuzen ibiltzeko beharrezkoa den dimentsionamenduari buruzko informazioa eman.
<b>Uholdeen azterketa konbinatua (euri, ibai eta kostaldeko uholdeak)</b>	Azterlan honen emaitzak bestelako uholde fenomenoekin konbina litezke, hala nola, ibai eta kostaldeko uholdeekin. Horretarako, uholdeen kudeaketan ezinbestekoak diren eragile guztiek egon beharko lukete.
<b>Ahultasun indizeen eguneratzea eta EAEko udalerrien arriskua</b>	Euri-uholdeen mapak input gisa erabil litezke "Euskal udalerriek klima-aldaketaren aurrean dituzten ahultasunaren eta arriskuaren ebaluazioa" izeneko azterlanean.

**12. TAULA.** Azterlan honen emaitzek izan ditzaketen erabilerak.

## 6. ERREFERENTZIAK

AEMET, 2017. *Guía de escenarios regionalizados de cambio climático sobre España*. A partir de los resultados del IPCC-AR5.

CEDEX, 2017. *Evaluación del Impacto del Cambio Climático en los Recursos Hídricos y Sequías en España (2015-2017)*. Hemen eskuragarri: [Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y sequías en España \(2017\)](#). Documentos y Descargas - Centro de Estudios Hidrográficos (CEH) - Centros y Laboratorios - Organismo - CEDEX.

CEDEX, 2021. *Impacto del cambio climático en las precipitaciones máximas en España*. Hemen eskuragarri: [https://ceh.cedex.es/web\\_ceh\\_2018/documentos/Imp\\_CClimatico\\_Pmax/Informe\\_Impacto\\_Cambio\\_Climatico\\_Pmax\\_40-617-5-001.pdf](https://ceh.cedex.es/web_ceh_2018/documentos/Imp_CClimatico_Pmax/Informe_Impacto_Cambio_Climatico_Pmax_40-617-5-001.pdf)

DHI, 2017. MIKE 21 Flow Model & MIKE 21 Flood Screening Tool. *Hydrodynamic Module Scientific Documentation*.

Gipuzkoako Foru Aldundia, 2018. *Klima-aldaketak Gipuzkoan eragindako uholde-arriskuaren baldintzen aldaketa*. Hemen eskuragarri: <https://www.gipuzkoa.eus/es/web/obrahidraulikoak/estudios>

Defra, 2006. *The Flood Risks to People Methodology*. FD2321/TR1 Phase 2.

Euskalmet, 2020. Euskal Meteorologia Agentzia. Hemen eskuragarri: <http://www.euskalmet.euskadi.eus>

Ihobe, 2019. *Klima-aldaketaren bereizmen handiko eskualde-agertokiak Euskadira*. NEIKERek egina IHOBE – Eusko Jaurlaritzarentzat. Hemen eskuragarri: <http://escenarios.ihobe.eus>

Ihobe, 2022. *Kalteberatasuna, arriskua eta EAEko kostaldearen egokitzapena klima-aldaketaren aurrean. Kostageoki I. Kalteberatasunaren eta Arriskuaren Azterketa*. Eztik egina IHOBE – Eusko Jaurlaritzarentzat. Hemen eskuragarri: <https://www.ihobe.eus/publicaciones/kostaegoki-i-analisis-vulnerabilidad-y-riesgo>

IPCC, 2022. *Summary for Policymakers* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (eds.)]. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

Larsen, A. N., Gregersen, I. B., Christensen, O. B., Linde, J. J., y Mikkelsen, P. S., 2009. *Potential future increase in extreme one-hour precipitation events over Europe due to climate change*. *Water science and technology*, 60(9), 2205-2216.

MAPAMA, 2017. *Guía técnica de apoyo a la aplicación del reglamento del dominio público hidráulico en las limitaciones a los usos del suelo en las zonas inundables de origen fluvial*. Disponible en: [Guía técnica de apoyo a la aplicación del Reglamento del Dominio Público Hidráulico en las limitaciones a los usos del suelo en las zonas inundables de origen fluvial – CPAGE \(mpr.gob.es\)](#).

URA, 2021. *Klima-aldaketaren eraginaren azterketa EAEko uholde-arriskuan - Laburpena*. 2021eko abendua.

URA, 2022. *Uholde Arriskua Kudeatzeko Plana berraztertzea eta eguneratzea. 2. zikloa. 1. eranskina. ARPSlen karakterizazioa 2022-2027*. Hemen eskuragarri: [https://www.uragentzia.euskadi.eus/contenidos/informacion/plan\\_inundacion\\_2022\\_2027/es\\_def/adjuntos/01\\_ANEJO\\_1\\_DHCoR\\_2C\\_20220330.pdf](https://www.uragentzia.euskadi.eus/contenidos/informacion/plan_inundacion_2022_2027/es_def/adjuntos/01_ANEJO_1_DHCoR_2C_20220330.pdf)





Herri-baltzua  
Sociedad Pública del

**EUSKO JAURLARITZA**  
**GOBIERNO VASCO**

EKONOMIAREN GARAPEN,  
JASANGARRITASUN  
ETA INGURUMEN SAILA

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO  
ECONÓMICO, SOSTENIBILIDAD  
Y MEDIO AMBIENTE

[www.ihobe.eus](http://www.ihobe.eus)