



Mundua gero eta kezkatuago dago klima aldaketarekin (IPCC, 2007), baita energia urritasunarekin ere (IEA, 2007). Bi arazo horiek munduko energia kontsumoaren hazkunde jarraituarekin estu lotuta daude; izan ere, munduko energia horniketa primarioaren % 80 CO<sub>2</sub> isurtzen duten erregai fosiletatik datoz. Abagune honetan, energia kontsumoaren eszenatoki iraunkorrak lortzea edozein energia politikaren helburu nagusienetako bat da. Lan honek aztertzen du ea Euskal Herriko energia kontsumoa iraunkorra izan daitekeen ala ez 2030. urtean. Balizko eszenatoki iraunkor hori nagusiki bi zutabetan oinarrituko litzateke: batetik energia berriztagarrien garapen sendo batean, eta bestetik sektore guztietako energia kontsumoaren murrizketan. Hala eta guztiz ere, erakutsiko denez, energia berriztagarrientzat proposatutako garapena ez da batere eginezina, eta suposatutako kontsumo murrizketak une honetan Europako Batasunean (EB) ezarritako energia politikean oinarritzen dira.

### **Erregai fosilen agortze-protokoloaren beharra**

Gizateriak etorkizun iraunkorra edukitzea nahi badugu, energia berriztagarriek betekizun nagusia izango dute etorkizuneko energia sisteman; hala ere, benetan eskuragarria den eta iraunkorki ustiatu daitekeen eguzki-energia fluxua pentsa daitekeen baino mugatua da: planeta osoko ibai guztiek eramaten duten energia hidraulikoak (300 EJ urtean), adibidez, ez du ematen gizateriaren erregai fosilen kontsumoa ordezkatzeko (ia 400 EJ 2007an). Horregatik, behartuta gaude energia kontsumoa murriztera, naturak iraunkortasunez hornitzen digunari egokituz.

Bi osagaik osatzen dute datozen hamarkadetarako balizko kontsumo-eszenatokien analisiaren oinarria. Hasteko, iraunkortasunerantz abiatzen den edozein bilakaerak, nahitaez, erregai fosilen nagusitasunetik irten beharko du, ezen eta egun, erregai fosilek energia ekoizpen primarioaren % 80 baino gehiago osatzen baitute. Bigarrenez, gero eta agerikoago ikusten da sistema sozioekonomikoa naturak inposaturiko muga fisikoen mendean dagoela, eta hortaz iraunkortasunean oinarritutako irizpideak funtsezkoak izango dira etorkizuneko edozein motatako joerak zehazte aldera.

Zertan dautza irizpide horiek erregai fosilen kontsumoari dagokionez? 80ko hamarkadan Bartlett-ek (1986) *erabilgarritasun iraunkorra* (sustained availability) proposatu zuen berriztagarriak ez diren baliabideen kudeaketarako programa gisa, eta ordudanik printzipio hori iraunkortasunarekin lotutako hainbat lege orokor artean (Bartlett, 1998) sartu dituzte; Heinberg-ek (2007), bere aldetik, *Iraunkortasunaren bost Axiomen* barruan sartu zuen printzipio hori. Zehazki, Heinberg-en Laugarren Axiomak honela dio: “berriztagarri ez diren baliabideen erabilera iraunkorra izateko, erabilera horrek agortze tasa baino handiagoa den tasa batekin murriztuz joan beharko du, denboran zehar”.

Aurrekoari jarraituz, lan honek irizpide hori bere gain hartu du, hau da, iraunkorra den edozein eszenatokitan berriztagarriak ez diren baliabide guztien kontsumoa gutxituz joango dela. Murrizketa tasa gutxienez agortze tasa bezain handia izango da beti. Agortze tasa honako hau da: epe zehatz batean –normalean urte batean– erauzten den baliabidearen zenbatekoa, erauzi barik geratzen diren erreserben kantitatearen ehunekotan neurtuta. Beste era batez esanda: ekoizpena zati erreserbak, normalean portzentaia moduan emanda. 1. taulan, gure analisisetan erregai fosiletarako erabili dugun

agortze tasak erakusten dira 2006. urterako, *British Petroleum*-ek (2007) emandako datuetan oinarrituta.

1. taula. Ikatz, petrolio eta gas naturalaren agortze tasak mundu mailan, 2006. urtean.

<i>Baliabidea</i>	<i>Munduko ekoizpena</i>	<i>Munduko erresebak</i>	<i>Agortze tasa</i>
Ikatza	129,35 EJ	18.679 EJ	% 0,6925
Antrazita eta ikatz bituminosoa		478.771 Gt 11.514 EJ	
Azpi-bituminosoa eta lignitoa		430.293 Gt 7.164,4 EJ	
Petrolio	170,81 EJ	7.859,7 EJ	% 2,173
Gas naturala	108,31 EJ	6.859,3 EJ	% 1,579

Ondorioz, analisi honek suposatuko du erregai fosilen ekoizpenak, 2006tik aurrera, agortze-protokolo bati jarraituko liokeela, eta horren arabera 2006tik aurrera mundu mailako erregai fosilen kontsumoa murriztuz joango litzatekeela, urtez urte: ikatzaren kontsumoa urtean % 0,6925ean, petrolioarena % 2,173an, eta gas naturalaren kontsumoa % 1,579an. Era berean, erregai fosilen lekuan lekuko kontsumoak ere, iraunkortzat hartzeko, 2005etik aurrera murrizketa tasa horietan mugatu beharko lirateke mundu osoan; eta muga gaineko kontsumoak agortze-protokoloaren urraketa moduan kontsideratu beharko lirateke, protokoloaren hauste horren kontrako neurri politiko eta ekonomikoak piztuz<sup>1</sup>.

### **2005eko Euskal Herriko energia balantzea**

Lan honek Euskal Herri osoko energia balantzea burutu du berariaz, 2005. urterako, Euskal Herria osatzen duten eremu administratiboaren administrazioek emandako datuetatik hasita<sup>2</sup>. Energia balantze osoa, EUROSTAT eta IEAren metodologiarekin bat datorrena (IEA-EUROSTAT, 2004), 2. taulan jaso dugu.

<sup>1</sup> Ikus *The Oil Depletion Protocol* delakoa <<http://www.oildepletionprotocol.org/theprotocol>>.

<sup>2</sup> Euskal Autonomia Erkidegorako, Energiaren Euskal Erakundeak egindako energia balantzea (EVE, 2006) erabili dugu; Nafarroako Foru Erkidegoari dagokionez, hango gobernuak egindakoa (Nafarroa, 2006); eta Iparraldeko datuak eskuratzeko, IEAk Frantziarako emandako datuak Conseil Général des les Pyrénées-Atlantiques (2006) erakundeak emandakoekin osatu ditugu.

## 2. taula 2005eko Euskal Herriko energia balantzea.

Kontzeptu guztiak terajoule-etan neurtuta (TJ)	Ikaiza	Petrolio eta deribatutak	Gas naturala	Energia nuklearra	Bero	Tamaina handiko sorkuntza hidroelektrikoa	Tamaina txikiko sorkuntza hidroelektrikoa	Haize energia	Elektrizitate fotovoltaikoa	Energia eguzki termikoa	Biomasa	Elektrizitatea	Guztira
ekoizpena	99,62	616,65	203,46	21469,5	1680	1385,29	2603,16	9514,34	105,92	90,22	19326,12	0	<b>57094,28</b>
Inportazioak	30053,76	450962,62	231076,17	0	0	0	0	0	0	0	1461,7	20535,34	<b>734089,6</b>
Stock aldaketak	44,11	523,94	-15303,81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>-14735,76</b>
Esportazioak	-1207,24	-261345,5	-20637,51	0	0	0	0	0	0	0	-1070,89	-9506,87	<b>-293768,02</b>
Nazioarteko itsas bunkerrak	0	-3143,52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>-3143,52</b>
<b>Energia ekoizpen primario osoa</b>	<b>28990,25</b>	<b>187614,2</b>	<b>195338,3</b>	<b>21469,5</b>	<b>1680</b>	<b>1385,29</b>	<b>2603,16</b>	<b>9514,34</b>	<b>105,92</b>	<b>90,22</b>	<b>19716,93</b>	<b>11028,47</b>	<b>479536,58</b>
<b>Eraldaketa sarrerak</b>	<b>19763,98</b>	<b>409064,93</b>	<b>108512,98</b>	<b>21469,5</b>	<b>1554</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5176,05</b>	<b>0</b>	<b>565541,44</b>
Elektrizitate plantak	15832,62	5874,46	86665,25	21469,5	0	0	0	0	0	0	2511,98	0	<b>132353,81</b>
Baterako sorkuntzako plantak	25,36	2096,96	19117,73	0	1554	0	0	0	0	0	1424,39	0	<b>24218,45</b>
Sorkuntza termoelektriko berriztagarria	0	0	2730	0	0	0	0	0	0	0	1239,68	0	<b>3969,68</b>
Coke plantak	3906	210	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>4116</b>
Findegiak	0	400883,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>400883,5</b>
<b>Eraldaketa irteerak</b>	<b>3528</b>	<b>396372,37</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8728,18</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>72123,56</b>	<b>480752,11</b>
Elektrizitate plantak	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62932,48	<b>62932,48</b>
Baterako sorkuntzako plantak	0	0	0	0	7846,18	0	0	0	0	0	0	8519,08	<b>16365,25</b>
Sorkuntza termoelektriko berriztagarria	0	0	0	0	42	0	0	0	0	0	0	378	<b>420</b>
Coke plantak	3528	0	0	0	840	0	0	0	0	0	0	0	<b>4368</b>
Findegiak	0	396372,37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	294	<b>396666,37</b>
Transferentziak	-664,04	71,68	-4,59	0	0	-1385,29	-2205,24	-9514,34	-105,92	0	1,1	14154,67	<b>348,02</b>
Energia-sektorearen kontsumoa	82,71	20791,12	2290,42	0	2352	0	0	0	0	0	0	3851,96	<b>29368,21</b>
Banaketa-galerak	2,39	0	109,72	0	0	0	0	0	0	0	0	4173,67	<b>4285,79</b>
<b>Azkeneko kontsumo osoa</b>	<b>12005,13</b>	<b>154202,2</b>	<b>84420,58</b>	<b>0</b>	<b>6502,18</b>	<b>0</b>	<b>397,92</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>90,22</b>	<b>14541,98</b>	<b>89281,07</b>	<b>361441,28</b>
Erabilera ez-energetikoa	0	7729,83	314,84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>8044,66</b>
<b>Azkeneko energia kontsumoa</b>	<b>12005,13</b>	<b>146472,37</b>	<b>84105,75</b>	<b>0</b>	<b>6502,18</b>	<b>0</b>	<b>397,92</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>90,22</b>	<b>14541,98</b>	<b>89281,07</b>	<b>353396,62</b>
Industria sektorea	11878,13	5625,75	60293,21	0	5922	0	0	0	0	0	10645,47	54799,05	<b>149163,62</b>
Garraioa	0	114124,79	12,99	0	0	0	0	0	0	0	320,16	1085,06	<b>115542,99</b>
Nekazaritza	0	3625,57	60,84	0	168	0	0	0	0	1,65	0	217,07	<b>4073,13</b>
Arrantza	0	3984,48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,65	<b>3986,13</b>
Komertzio eta zerbitzu publikoak	0	3284,26	5129,25	0	454,18	0	0	0	0	26,59	114,17	16579,84	<b>25588,29</b>
Etxebizitzak	84,82	9656,47	17345,14	0	0	0	0	0	0	61,98	3501,07	15263,94	<b>45913,42</b>

## Analisiaren metodologia

Lan honen helburua izan da Euskal Herrian energia kontsumoaren bilakaera datozen hamarkadetan nolakoa izan daitekeen aztertzea, honako irizpide hauetan oinarrituta:

- Erregai fosilen kontsumoa iraunkorra izango da.
- Energia berriztagarrien garapena ahalik eta zabalena izango da, eta betiere errealista.
- Energia kontsumoaren bilakaera Euskal Herrian bat etorriko da Europako Batasunak ezarritako politika eta helburuekin.

Erabilitako energia modeloa ENPEP-BALANCE<sup>3</sup> softwarearen moduluaz garatutako energia sarean oinarritzen da (Argonne, 2001), 2. taulan agertzen den energia balantzea kontuan hartuta. Diseinatutako energia sarea 255 nodok osatzen dute. Nodo horiek ekonomian energiarekin lotutako prozesuak irudikatzen dituzte: nodo bakoitza efizientzia edota energia galera zehatz batekin lotuta dago, inportazio eta ekoizpenetik hasita, konbertsio, garraio eta banaketaren bidez, esportazio eta azkeneko kontsumora heldu arte. Energia sarean nodoak elkarrekin konektatuta daude; konexio horiek energia eroaleen garraio eta fluxua irudikatzen dituzte: elektrizitate, erregai fosil eta abar. Sarean zehar, *Multiple Input/Output* nodoek eta *Decision/Allocation* nodoek energia baliabideen banaketa eta jarioa kontrolatzen dute. Nodo horiek konfiguratuta daude sortzen dituzten energia jarioak 2. taulan erakusten den energia balantzearekin koherenteak izateko. Energia fluxu berriztagarrien ustiaketa islatzen duten beste nodo batzuek ere osatzen dute energia sarea; azken nodo horiek aurrerago zehaztuko ditugun Euskal Herriko muga, potentzialtasun eta baldintzak kontuan hartzen dituzte. ENPEP-BALANCE programak eskaerak gidatutako modelo bat erabiltzen du: urtez urteko energia jarioaren bilakaera, sarearen goiko aldean dauden eskaera nodoek kontrolatzen dute. Gure kasuan, azkeneko kontsumo eskaera-nodoen ezaugarrien bilakaera Europako Batasuneko politikek eta helburuek ezartzen dute, hain zuzen ere 3. taulan biltzen direnek.

Etorkizuneko eszenarioak eratzerakoan, energia modeloak energia baliabide bakoitzaren etorkizuneko kuota edo ekarpena zehaztu behar du, energia sarearen nodo bakoitzean. Horretarako, energia modeloak *oreka orokortuko eredu*a (generalized equilibrium modeling) erabiltzen du *Decision/Allocation* motako nodoetan. Normalean, energia baliabideen salneurria da aukeren arteko erabakiak hartzeko erabiltzen den irizpide nagusia, (1) ekuazioan erakusten den formulari jarraituz (Argonne, 2001):

$$S_i = \frac{\left(\frac{1}{P_i \times Pm_i}\right)^y}{\sum_i^n \left(\frac{1}{P_i \times Pm_i}\right)^y} \quad (1)$$

$S_i$  da  $i$  sarrera-loturaren kuota, nodo zehatz batean;  $P_i$  da baliabidearen salneurria  $i$  sarrera-loturan;  $y$  da salneurriaren sentsibilitatea nodo horretan;  $n$  da nodo horretan dauden sarrera-loturen zenbakia; eta  $Pm_i$  da prima-biderkatzailea nodo horretan  $i$  sarrera-loturarako.

Merkatu kuotak ezin dietenez bat-batean salneurri aldaketei erantzun, BALANCE moduluak atzerapen-funtzio bat ezartzen du efektu hori modelatzeko. Formula (2) ekuazioan erakusten da:

<sup>3</sup> *Energy and Power Evaluation Program*, ENPEP, Argonne National Laboratory delakoak garatu du, eta energia-ekonomia-ingurumen analisi integraturako eta BEGen arintzearen ebaluaziorako banatzen dute <<http://www.adica.com/enpep.html>>.

$$S_{i,T} = S_{i,T-1} + (S_{i,T*} - S_{i,T-1}) \times \lambda \quad (2)$$

Horretan,  $S_{i,T}$  da  $i$  sarrera-loturaren merkatu-kuota  $T$  urtean, atzerapena kontuan hartuz gero;  $S_{i,T-1}$  da aurreko urteko merkatu-kuota  $i$  sarrera-loturari;  $S_{i,T*}$  da merkatu-kuotaren bitarteko balioa,  $i$  sarrera-loturari atzerapenik kontuan hartzen ez denean (1) ekuazioarekin; eta  $\lambda$  da atzerapen parametroa.

Hala ere, gure analisisian energia baliabideen salneurriek ez dute islatzen benetako merkatu-prezioak, eta bakarrik haien iraunkortasunarekin lotuta daude. Gure modeloak kontsideratzen du energia baliabide baten salneurria baliabide horren iraunkortasunaren neurria dela. Baliabide horren jatorria iraunkorra baldin bada –berriztagarrien kasua, adibidez–, haren prezioa hutsa izango da. Energia baliabide baten jatorria iraunkorra ez bada, haren prezioa, berriz, oso altua izango da. Modu honetan, modeloak prezio nulua ematen die energia berriztagarriei (jatorri berriztagarriko elektrizitatea, biomasa, eguzki energia termikoa) eta, iraunkortasunaren laugarren axioma kontuan hartuz (Heinberg, 2007), erregai fosilei, horien kontsumoek agortze-tasak agindutako murrizketak kontuan hartzen badituzte. Aldi berean, oso altua den hautazko balio bat esleitzen zaio energia baliabide baten prezioari, baldin eta agortze-tasa ez errespetatuz kontsumitutako erregai fosila baldin bada, edo baldin eta iraunkortasuna ez errespetatuz kontsumitutako baliabide berriztagarria baldin bada –azken kasu hori inportatu beharreko biomasarena izan daiteke, adibidez, lekuko potentzialtasuna gainditu denean–.

Jarraitutako estrategiak merkatu-prezio errealeen kontsiderazioak bigarren mailan uzten ditu, eta honako hausnarketa hauetan oinarritzen da: lehenengo eta behin onartu behar dugu agortze tasak agintzen duen mailaren gainera kontsumitutako erregai fosilen salneurria, derrigorrez, gero eta altuagoa izango dela, erregai fosilen agorpenak bultzatutako energia baliabide urriko etorkizuneko eszenatoki global batean; horrela, baliabide baten jatorri eutsiezinarekin bakarrik lotutako salneurriek, hein handi batean, gero eta urriagoak diren baliabideen prezio joera islatuko dute. Gainera, bakarrik energia baliabideen iraunkortasunarekin lotutako esleipen erabakiek era oso egokian islatuko lukete klima aldaketa eta iraunkortasunarekin oso kezkatuta dagoen ingurune sozioekonomikoa, zeinak administrazio eta ekonomia eragileak bultzatuko bailituzke iraunkortasunean oinarritutako irizpideak kontuan hartuz, energia berriztagarriak bultzatuz, eta kontsumo eredu iraunkorrerakoak sustatuz. Bestalde, gure modelon energia kontsumoa eskaerak aginduta dago, modelotik kanpo ezarritako parametroei jarraituz –gure kasuan Europako Batasunak aurreikusten dituen azkeneko kontsumoen bilakaerari–, eta zentzu horretan prezio absolutuek ez daukate batere garrantzirik kontsumo maila absolutuak zehazterakoan, baizik eta bakarrik erlatiboki, sarearen nodoetan sarrera-loturaren energia baliabideen kuotak zehazteko orduan. Bukatzeko, ezin dugu ahaztu kasu gehienetan energia eroaleek ezin dutela elkar ordezkatu –adibidez, elektrizitateak ezin du zuzen-zuzenean petrolioaren deribatuen kontsumoa garraio sektorean ordezkatu–, eta energia eroaleen ordezkatzeko prozesu globalek –adibidez balizko *hidrogenoaren ekonomiara* eramango gaituena– izugarritzko inbertsioak eta energia azpiegitura askoren goitik beherako berrikuntza eskatuko lituzke; berrikuntza horiek ez ditugu espero epe motzean, eta haien analisia eszenatokien bidez beste mota bateko ikuspegi bat eskatuko lukete, lan honetan jaso ez duguna.

Puntu honetan, CO<sub>2</sub> isurketei erreferentzia bat egitea ezinbestekoa da. Iraunkortasunaren bosgarren axioma esaten duenez, “iraunkortasunak honako hau eskatzen du: gizateriaren jarduerak ingurumenera sartutako substantziak minimizatu, eta biosferako funtzioei eragin gabe uztea” (Heinberg, 2007); eta horrek eragin zuzena du energia kontsumoarekin lotutako CO<sub>2</sub> isurketetan. Nahiz eta ENPEP-BALANCE moduluak ingurumen-kalkuluak egiteko eta isurketen gaineko zerkak kudeatzeko gaitasuna izan, lan honetan askoz sinpleagoa den beste estrategia bat landu da. Egun Euskal Herrian CO<sub>2</sub> isurketa maila iraunkorra zein izan daitekeen zehaztea lan honen helburuetatik haratago dagoenez, gure ikerketan beste bide bat aukeratu dugu aztertutako eszenatokien

iraunkortasuna CO<sub>2</sub> isurketen ikuspegitik epaitzeko. Horrela, gure modeloak ez ditu isurketak kontuan hartzen energia baliabideen arteko kuotak energia sareen nodoetan zehazterakoan. Horren ordez, lan honek hain garrantzitsua den ikuspegi hori bigarren fase baterako utzi du, eszenatoki bakoitzeko bilakaera dagoeneko zehaztuta geratzen denerako. Orduan, eszenatoki bakoitzeko CO<sub>2</sub> isurketen zenbateko metatua kalkulatu da, isurketen ikuspegitik eszenatokien arteko epaiketa eta balioestea ahalbidetuz. Horrela, irakurleak kontuan har dezan hemendik aurrera *iraunkor* terminoa erabiltzen denean ez direla CO<sub>2</sub> isurketen inguruko kontsiderazioak kontuan hartu; kontsiderazio horiek, berriz, hurrengo fase batean egingo dira, eszenatoki guztien isurketa mailak elkarrekin erkatzen direnean.

### **Europako Batasuneko energia politikak eta helburuak**

Lan honetan erabilitako modeloa energia-eskaerak gidatzen duenez, energia eskaeraren bilakaera funtsezkoa da bere funtzionamenduan. Etorkizunean gerta daitezkeen joera ezberdinak egoki islatzeko, bi oinarritzko eszenatoki hartu dira kontuan; biak Europako Batzordeak (2006) eraturako *Action Plan for Energy Efficiency* txostenean agertzen dira, eta haien datu garrantzitsuenak 3. taulan biltzen dira. Eszenatoki bietan % 2,3ko barne-produktu gordinaren urteko hazkundea suposatzen da. Lehenengo eszenatokian, *Business As Usual* (BAU) delakoan, azkeneko energia kontsumoa 2005etik aurrera % 0,5 hazten da, urtero. Eszenatoki honetan, EBean 2005erako ezarrita zeuden legedi eta politiken ondorioak bakarrik hartzen dira kontuan. Bigarren eszenatokia ausartagoa da; *New Policy Scenario* delakoak (NPS) martxan dauden politiken indartzea eta *Action Plan* delakoak bultzatu beharko lituzkeenak suposatzen ditu etorkizunerako; zeinek, azkeneko energia kontsumoan % 1eko jaitsiera ekarriko luketen urtez urte, 2020ra arte. Aldi berean, *Action Plan*ak informazio gehigarria dakar etxebizitza, komertzio, garraio eta manufaktura-industria sektoreetan lor daitezkeen energia aurrezteen potentzialtasunaren inguruan. Potentzialtasun horiek ere 3. taulan jasota daude, eta NPS eszenatokiak guztiz beteko direla suposatzen du. NPS eszenatokiak suposatzen dituen politika eta helburuak betetzeak 2020. urtean EBko energia kontsumoaren % 20 aurreztea ekarriko luke.

Bestalde, gogoratu behar da 2007an Europako Batzordeak *Energy Policy for Europe* (EPE) proposatu zuela, Europako Kontseiluak (2007) geroago berretsi zuena. Horretan, Europako Batasunak BEGen isurketak 2020ra begira % 20 murriztea onartu zuen, 1990ko isurketa mailarekin erkatuta; gainera, onartu zuen murrizketa % 30ekoa izan litekeela, herrialde garatuen artean horretarako akordioa lortuz gero. EPEk energia berriztagarrien ekarpena nahaste primarioan 2020an % 20 izateko helburua ere ezarri zuen. Bioerregaiak dagokienez, EPEk garraio sektorean kontsumitzen den erregaiaren % 10 gutxienez bioerregaiak izateko helburu loteslea ezartzen die estatu-kide guztiei, 2020rako. Aldi berean, Batzordeak (2007) onartzen du energia berriztagarriek ahaltsuna izango dutela 2020. urtean Batasunean kontsumitzen den elektrizitatearen heren bat hornitzeko.

3. taula. BAU eta NPS eszenatokiek suposatzen dituzten energia-kontsumoaren joerak (Europako Batzordea, 2006).

<i>Kontzeptua</i>	<i>Urteko hazkundera</i>
Barne-produktu gordinaren hazkunde tasa (h. t.)	% 2,3
Energia kontsumoaren h. t. (Business As Usual)	% 0,5
Politika berriek eragindako energia kontsumoaren h. t. (NPS)	-% 1
Kontsumoaren h. t. etxebizitza sektorean (NPS)	-% 2,07
Kontsumoaren h. t. komertzio sektorean (eraikuntzak) (NPS)	-% 2,34
Kontsumoaren h. t. garraio sektorean (NPS)	-% 1,98
Kontsumoaren h. t. manufaktura-industria sektorean (NPS)	-% 1,89
Kontsumoaren h. t. beste sektoreetan (NPS)	-% 0,33

4. taula. Energia berriztagarrien garapen bideragarria Euskal Herrian.

<i>Energia fluxu berriztagarria</i>	<i>Garapena</i>	<i>Hazkundera</i>
Hidroelektrizitatea	500 MW-etik (2005ean) 666 MW-era (2010ean) 1.092,7 GWh-etik (2005ean) 1.651,1 GWh-era (2010ean)	% 51,2 2010era arte urtean sortutako elektrizitatean, hazkunderik ez hortik aurrera.
Haize energia	1.048 MW-etik (2005ean) 2.024 MW-era (2010ean) 2.629,3 GWh-etik (2005ean) 4.747,5 GWh-era (2010ean)	% 80,6 2010era arte, hazkunderik ez hortik aurrera.
Energia fotovoltaikoa	2005ean: 15,1 MW, 29,03 GWh 2010ean: 71 MW, 132 GWh	2010era arte: % 35 urteko 2011-20: % 30 urteko 2021-: % 20 urteko
Eguzki-termikoa	25,1 GWh-etik (2005ean) 184 GWh-eraino (2010ean), edo 70 m <sup>2</sup> mila biztanleko 300 m <sup>2</sup> -raino mila biztanleko, edo 802,7 GWh (2023ean)	2010era arte: % 49 urteko 2011-23: % 12 urteko Hazkunderik gabe hortik aurrera
Eguzki-termoelektrikoa	Ez dago ahaltsunik, Euskal Herrian zuzeneko irradiazio maila oso baxua delako.	-
Biomasa	16,33 PJ/urte basogintzako 690,844 ha ustiatuz, eta 49 PJ/urte 994,961 ha-ko nekazal landak ustiatuz (kontzeptu biak 2030ean).	% 5,35 urteko 2030era arte. Potentzialtasuna % 100ean ustiatuta 2030ean.

## **Energia berriztagarrien garapena Euskal Herrian**

Atal honetan, energia berriztagarrien garapen bideragarria Euskal Herrian datozen hamarkadetan zein izan daitekeen zehazten saiatzen da. Horretarako, kontuan hartu dira lekuko administrazioek ezarritako planak eta helburuak, normalean Europako Batasunak markatutako bidearekin lerrokatuak, jomugako urteez haratago luzatuta, eta betiere bertoko ezaugarri ekonomiko, sozial eta ekonomikoak kontuan hartuta, kontsiderazio teknologiko garrantzitsurekin batera. Energia berriztagarrien ustiapenaren bilakaera Euskal Herrian 4. taulan dago jasota.

### **Emaitzak eta eztabaida**

ENPEP-BALANCE softwarearen bidez eratutako energia-sarearen hainbat exekuzio burutu dira, Euskal Herrian energia berriztagarrien eskuragarritasuna baldintzatzen duten eta energia kontsumoaren bilakaera zehazten duten elementuak kontuan hartuta. Hurrengo irudietan, aztertutako eszenatokietatik bi nagusien emaitzak erakusten dira, hain zuzen ere *Business as Usual* (BAU) eszenatokia eta *New Policy Scenario* (NPS) delakoa.

4. eta 5. irudiek BAU eta NPSren azkeneko kontsumoaren bilakaerak erakusten dituzte. BAUren kasuan, azkeneko sektore guztiek kontsumoaren % 0,5eko urteko hazkunde jarraitua dute. NPS eszenatokian, non eta suposatzen dugun politika berriak ezarriko direla, azkeneko kontsumoaren hazkundera negatibo bihurtzen da, urteko murrizketa tasa % 1ean mantenduz.

Bi irudi hauetan esportazio sektorearen garrantzia nabarmentzen da, horrek kontsumo osoaren % 42,7 baitakar. Nagusitasun horren atzean, azpimarratzeko arrazoi batzuk daude. Alde batetik, Espainiako petrolio findegirik handienetariko bat –Petronor– Bilbotik oso gertu dago, gas natural likidotuaren beste terminal baten ondoan. Biak ala biak, Espainia osoko petrolio- eta gas-sareen hornitzaile nagusiak dira; bestetik, penintsulara mota askotako lehengai eta baliabide anitz Euskal Herriko portuetatik sartzen dira; bukatzeko, EAEn elektrizitate sorkuntzarako ahaltasun eta Nafarroako sorkuntza elektriko berriztagarri handiak direla-eta, Euskal Herrian era batez edo bestez sortutako elektrizitatearen zati handi bat esportatu egiten da. Aztertutako eszenatokietan suposatu da esportaziorako tarte hori mantenduko dela, urteetan zehar, kontsumo osoko ehunekoetan neurtuta.

Azkeneko kontsumoaren bilakaera energia primarioaren joeran ere islatzen da. NPS izeneko eszenotokiaren kasuan, azkeneko kontsumoaren % 29,6ko murriztapenak kontsumo primarioan sakonagoa den % 35,6ko murriztapena dakar, 7. irudian ikus daitekeenez. Aurrerago ikusiko dugunez, horren atzean dagoen arrazoia honako hau da: eszenatokietan elektrizitatea sortzeko energia-kate motzagoak dituzten energia berriztagarriek erregai fosilak ordezkatzeko dituzte, sistema osoko efizientzia globala handituz. Joera hau are eta handiagoa da BAU eszenatokian (ikus 6. irudia), non eta 2005-2030 tarte osoan zehar, azkeneko kontsumoa % 14 haziko litzatekeen bitartean, kontsumo primarioa % 8,3 gutxituko bailitzateke.

Gure analisi ereduak eutsiezintzat hartzen du ez bakarrik agortze-tasa ez errespetatuz kontsumitzen ditugun erregai fosilena, baizik eta inportatutako biomasarena ere, baldin eta kontsumo hori lekuko ekoizpen iraunkorarekin estaltzea ezinezkoa baldin bada. Irizpide horrek ahalbidetzen du aztertutako eszenotoki bakoitzeko energia primarioaren iraunkortasuna balioestea, 8. eta 9. irudietan erakusten denez.

Bi irudi horietan bi eszenotokien kontsumo primarioak hiru motatan bananduta erakusten dira, jatorriaren arabera: erregai fosilen kontsumoa eta berriztagarria ez den elektrizitatea (jatorri nuklearrekoa eta inportatutakoa), iraunkorki kontsumitzen ez den energia baliabideak (agortze tasa ez errespetatuz kontsumitutako erregai fosilak eta inportatutako biomasa), eta Euskal Herrian bertan sortutako energia berriztagarriak. Emaitzak esanguratsuak dira. BAU eszenatokian, nahiz eta berriztagarrien ekarpena gero eta handiagoa den –2005ean kontsumo primario osoaren % 4,4



izatetik 2030ean % 16,8 eta 143,7 PJ/urte izatera pasako litzateke-, jatorri eutsiezineko energiaren kontsumoa ere etengabe hazten da, 2027an gailurra jo arte, kontsumo primario osoaren % 27,7 izanik. Emaitza horrek garbi uzten du BAU eszenatokiaren sostengarritasun eza, NPSan gertatzen ez dena. Beste horretan, jatorri eutsiezineko energiaren kontsumoak gailurra 2009an eta % 3,5ean bakarrik jotzen du, hortik haurrera astiro gutxituz, 2030ean % 0,1en azpitik mantendu arte. Azkeneko kontsumoaren murriztapenari esker, 2030ean berriztagarrien ekarpenak kontsumo primarioaren % 19,7 eta 100,4 PJ/urte dakar.

BAU eta NPS eszenatokien arteko eraketak argi eta garbi erakusten du azkeneko kontsumoaren murriztapen jarraituaren garrantzia iraunkortasuna lortzeko.

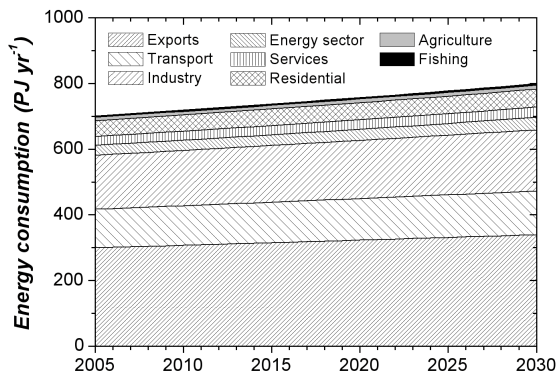


Fig. 4. Final energy consumption by sectors in the BAU scenario.

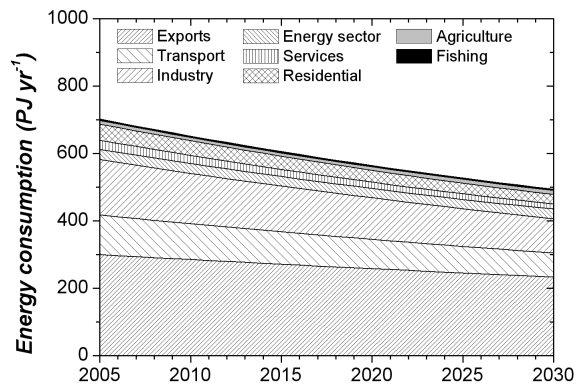


Fig. 5. Final energy consumption by sectors in the NPS scenario.

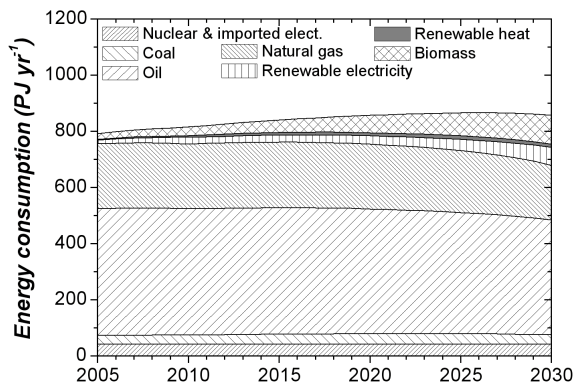


Fig. 6. Primary energy mix in the BAU scenario.

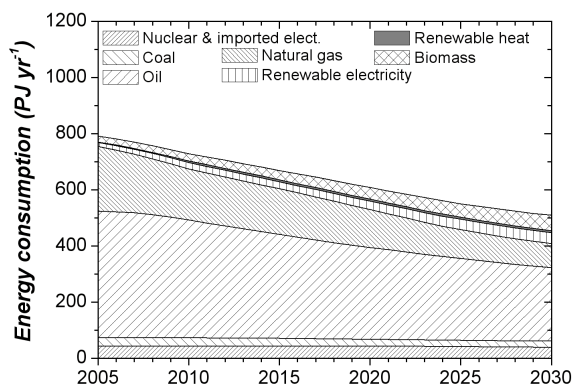


Fig. 7. Primary energy mix in the NPS scenario.

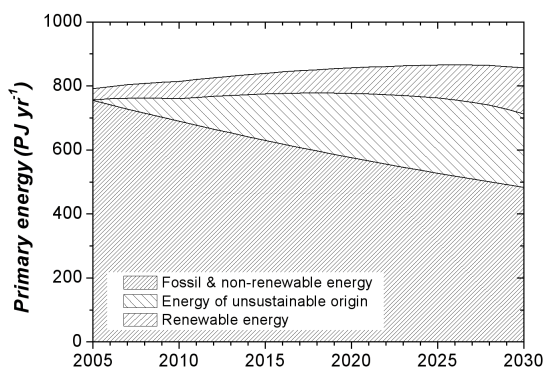


Fig. 8. Sustainability of the primary energy mix in the BAU scenario.

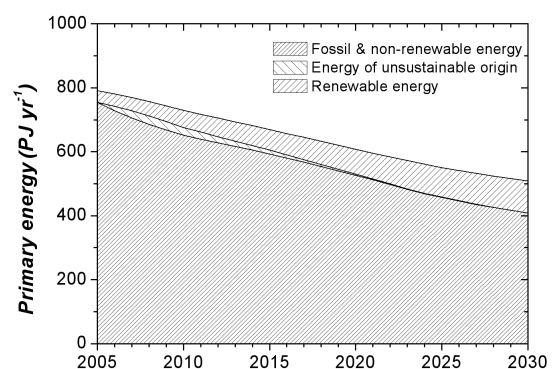


Fig. 9. Sustainability of the primary energy mix in the NPS scenario.

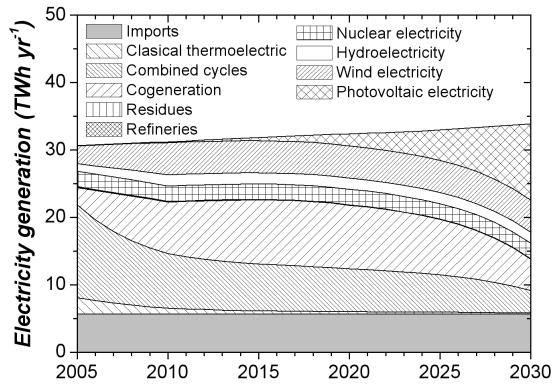


Fig. 14. Generation mix in the electric sector in the BAU scenario.

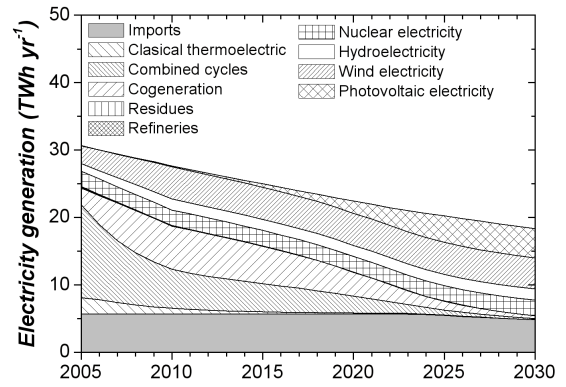


Fig. 15. Generation mix in the electric sector in the NPS scenario.

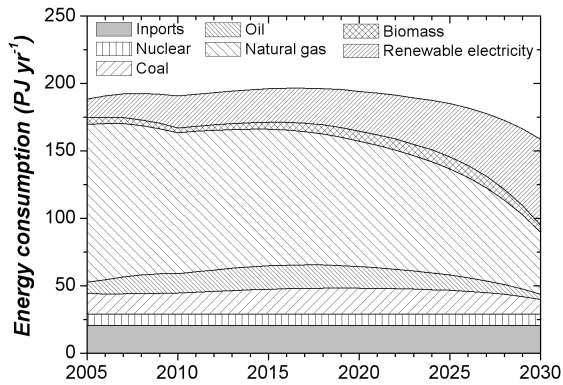


Fig. 16. Fuel mix in the electric sector in the BAU scenario.

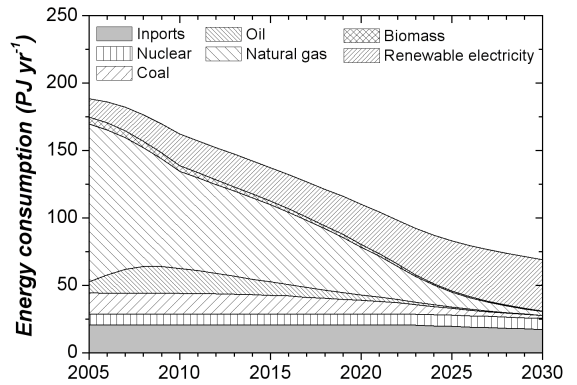


Fig. 17. Fuel mix in the electric sector in the NPS scenario.

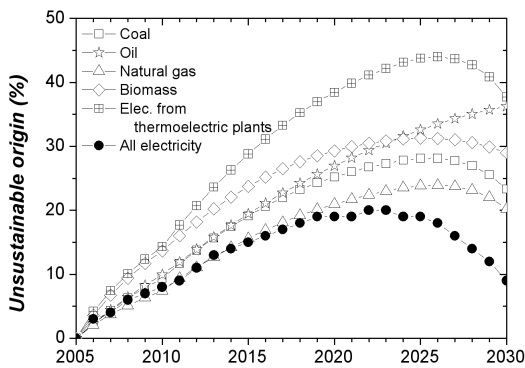


Fig. 18. Sustainability according to fuel or energy carrier in the electric sector in the BAU scenario.

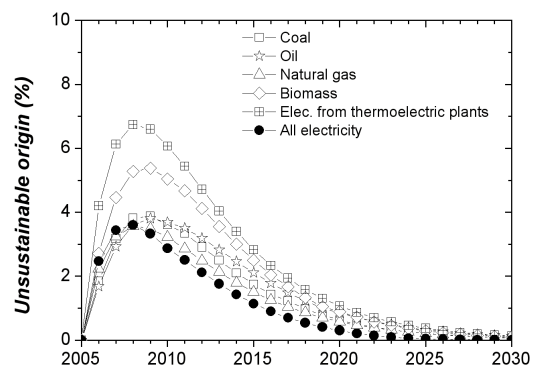


Fig. 19. Sustainability according to fuel or energy carrier in the electric sector in the NPS scenario.

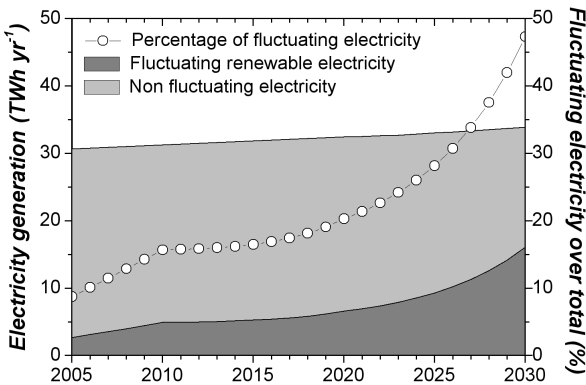


Fig. 20. Contribution of fluctuating RES in the BAU scenario.

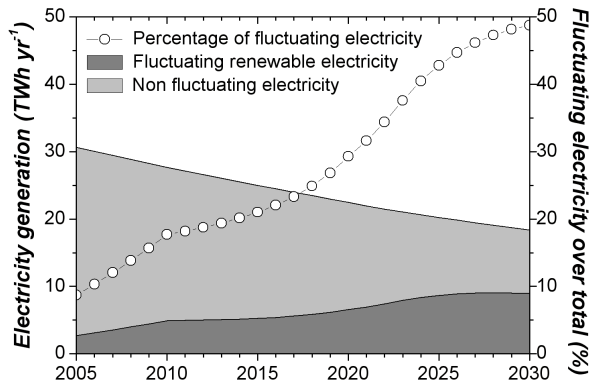


Fig. 21. Contribution of fluctuating RES in the NPS scenario.

Elektrizitate sektorea funtsezkoa da edozein herrialdetako energia azpiegituren barruan. BAU kasuan, berriztagarrien garapenak –haize energia 2010 arte, eta fotovoltaikoarena aurrerantzean– erregai fosilen ordezkapen garrantzitsua dakar, elektrizitatea sortzeko. Energia berriztagarrien energia-kateak erregai fosilenak baino motzagoak eta efizienteagoak direnez, sorkuntza-sektoreko energia-sarrerak 2017tik aurrera gutxitzen dira, etengabe. Hala ere, bere osotasunean hartuta, sorkuntza termoelektrikoa eutsiezina litzateke: 2022an sortutako elektrizitatearen % 40, hain zuzen ere.

NPSren kasuan, berriz, egoera oso ezberdina da. Horretan, azkeneko kontsumoaren murriztapenak bultzatuta –% 40eko murriztapena 2005-2030 epean– eta berriztagarrien laguntza handiarekin –berriro ere haize energia eta PV– elektrizitate-sektorearen sarrerak % 63 gutxituko lirateke epe horretan, sorkuntza termoelektrikoa ia desagertuz 2030erako. NPS kasuan sorkuntza elektrikoa iraunkorra litzateke 2030ean, argi eta garbi.

Hala ere, iraunkortasunak badauzka bere ordainak. 20. eta 21. irudietan ikus daitekeenez, aztertutako eszenatokiak sorkuntza elektrikoan pisu oso nabarmena izango lukete kudeagarriak ez diren sorkuntza berriztagarriek, hain zuzen ere energia eolikoa eta fotovoltaikoa. BAU kasuan sorkuntza osoaren % 34 litzateke 2028an, eta ia % 50 2030ean. NPS kasuan, % 34ko mugara 2022an helduko litzateke, eta ia % 50ra 2030ean ere. Ekarpene horiek benetan anbizio handikoak dira, eta betetzea erronka handienetako bat izango da berriztagarrietan sendo oinarritzen den energia-sistema bat lortzeko. Ezbairik gabe, horrek sare elektriko osoaren berregituratze bat ekarriko du: sorkuntza banatuak paper garrantzitsu bat beteko du etorkizunean, sorkuntza-unitateak egungo zentralak baino askoz txikiagoak eta ugariagoak izanik; aerosorgailuen eta sistema fotovoltaikoen aldakortasunari aurre egiteko, nazioarteko eta sare barruko interkonektibitatea eta hedatzea askoz handiagoa izan beharko dira; eta noski, gutxieneko sorkuntza termoelektrikoa ere mantendu beharko da berriztagarrien atzean, geratuko diren erregai fosilak kontsumitzen, berriztagarrien aldakortasuna orekatzeko.

22. irudiak BAU, NPS eta beste eszenatoki batzuen jatorri eutsiezineko energia kontsumoaren bilakaerak erakusten ditu. Ikus daitekeenez, 2030. urtean kontsumo eutsiezina bakarrik NPS kasuan mantentzen da oso txiki, jatorri eutsiezineko energia kontsumo metatua 2030ean 244 PJ izanik. BAUren kasuan, kontsumo metatu hori 4,012 PJ litzateke, ia 17 aldiz handiagoa. Hala ere, azkeneko kontsumoaren murrizketa garrantzitsu bat ez da bete behar bakarra iraunkortasuna lortzeko. NPS kasuaren iraunkortasuna energia fluxu berriztagarrien garapen eta ustiapen sendo batean ere oinarritzen da: berriztagarriek 2030ean ekoizpen primarioaren ia % 20 estaliko lukete, eta sortutako elektrizitatearen % 58 emango lukete –2005ean % 14,6 zen ekarpene hori Euskal Herrian–. Konparaziorako, 22. eta 23. irudietan beste eszenatoki interesgarri batzuk ere erakutsi dira, non eta azkeneko kontsumoaren hazkunde tasa ezberdinak eta hain handia ez den berriztagarrien garapen bat suposatzen diren. Zehatz-mehatz, honako eszenatoki hauek aztertu dira: NPS kasua, berriztagarrien garapena 2005eko mailan izoztuta (*NPS w/o REN* izenekoa, jatorri eutsiezineko energia kontsumo metatua 2030ean 1,867 PJ izanik); azkeneko kontsumoaren hazkunderik gabeko eszenatokia, berriztagarrien garapen izoztuarekin (*0% w/o REN* izenekoa, kontsumo metatua 4,120 PJ izanik) eta BAU kasua, berriztagarrien garapen izoztuarekin (*BAU w/o REN* izenekoa, kontsumo metatua 5,857 PJ izanik). Ikusten denez, kontsumoaren murriztapen jarraitua eta berriztagarrien garapen sendoa, biak batera, guztiz beharrezkoak dira Euskal Herrian iraunkortasuna lortzeko.

Nahiz eta lan honetan, eszenatokiak eratzean, CO<sub>2</sub> isurketak ez ditugun kontuan hartu, lortutako emaitzek ondorio batzuk ateratzea ahalbidetzen dute. 24. irudiak, eszenatoki bakoitzeko, erregai fosilen kontsumoak urtero mobilizatzen duen karbonoa<sup>4</sup> erakusten du. Emaitza horien arabera, NPS

---

<sup>4</sup> Gure kalkuluetan IPCCk proposatutako CO<sub>2</sub> isurketa koefizienteak hartu ditugu kontuan: 98 t CO<sub>2</sub>/TJ ikatz, 73 t CO<sub>2</sub>/TJ petrolio eta 56 t CO<sub>2</sub>/TJ gas natural (IPCC, 1996, 2-8 orr.).

eszenatokian 2030eko ikatzaren mobilizazio maila 2005ekoaren % 35 da; eta zenbateko metatua, 2005etik 2030era arte, berriztagarrien garapen izoztutako BAU eszenatokiaren zenbateko metatuaren % 60 litzateke. CO<sub>2</sub> isurketen ikuspegitik ere, berriztagarrien garapen sendoak, kontsumoen murriztapen jarraituekin batera, bilakaera oso positiboak lortzea ahalbidetzen du.

Hala ere, azpimarratu behar da iraunkortasuna lortzeko baldintza horiek –berriztagarrien garapena eta kontsumo murriztapena– ez direla batere eskurazekin. NPS kasuan suposatutako berriztagarrien garapena ez da heltzen 4. taulan jasotzen den potentzialtasun mailara –adibidez energia fotonvoltaikoaren kasuan–, eta gainera beste egile batzuek onartzen duten ahaltasunaren azpitik mantentzen da. Kontsumoaren kontrakzioari dagokionez, gogoratu behar dugu suposatutako urteko % 1eko murriztapen hori Europako Batzordeak (2006) *Action Plan for Energy Efficiency* delakoan eraturako politiketatik eratorria dela.

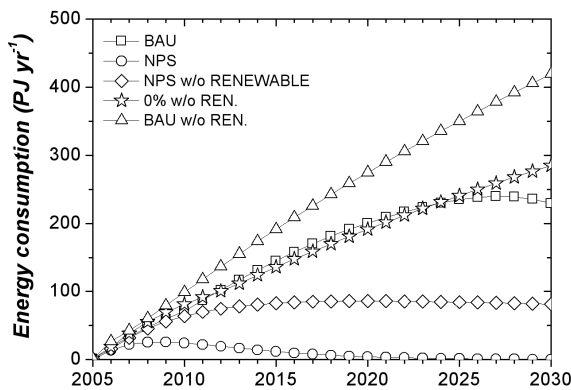


Fig. 22. Consumption of energy of unsustainable origin in selected scenarios.

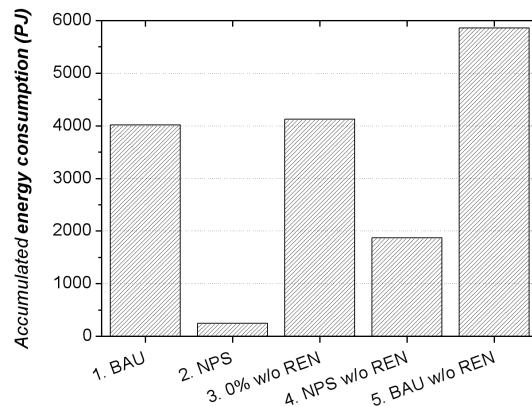


Fig. 23. Consumed energy of unsustainable origin accumulated by 2030.

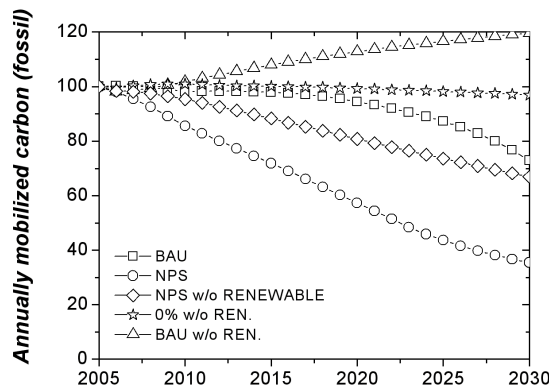


Fig. 24. Mobilized carbon from fossil fuels in selected scenarios, annually, as a percentage of 2005 level.

## Ondorioak

Lan honetan, Euskal Herrian iraunkortasunean oinarritzen den eszenatoki bat lortzea posible dela erakutsi dugu. Iraunkortasuna lortzeko bi irizpide nagusiak Heinberg-en hirugarren eta laugarren axiomak dira: alde batetik, baliabide berriztagarrien kontsumoak baliabide horiek berritzeko naturaren ahalmena errespetatzea; eta bestetik, berriztagarri ez diren baliabideen erabileraren murrizketa, agortze tasa baino handiagoa den tasa batekin. Lan honetan proposatu den *New Policy Scenario* delako eszenatokia osagarri eta guztiz beharrezko diren bi zutabe horietan oinarritzen da.

Lehenengo eta behin, iraunkortasunak energia fluxu berriztagarrien garapen sendoa eskatzen du. 2030ean, Euskal Herrian, horrek berriztagarrien ekarpena energia nahaste primarioan % 20 izatea eskatuko luke, eta elektrizitate berriztagarria, berriz, guztiaren % 58 izatea. Azken puntu horren bideragarritasun teknologikoa baieztatzeko lan gehiago beharko den arren, eszenatoki hori teknikoki bideragarria eta eskuragarria omen da. Berriztagarrien garapena nagusiki haize parkeetan eta sistema fotovoltaikoetan sortutako elektrizitate berriztagarrian oinarrituko litzateke alde batetik, eta bestetik biomasa zelulusikoaren ustiapen intentsiboan, bioerregaien bidez garraio sektorean kontsumitzen den erregaiak ordezkatzeko.

Nahiz eta bideragarria izan, eszenatoki iraunkor horrek zailtasun eta konplexutasun garrantzitsuei ere aurre egin beharko die. Hain handia eta zabala izango den biomasaren ustiaketak, zalantzarik gabe, basoko eta nekazaritza lur-eremuen kudeaketa oso arduratsua –eta segurki oso zaila– eskatuko du lur-eremu horien ustiapen iraunkorra sustatzeko (Reijnders, 2006). Beste alde batetik, oso aldakorrek diren sorkuntza eoliko eta fotovoltaikoaren ekarpenak sare elektrikoaren barruan era egokian kudeatzea oztopo serioa izango da etorkizuneko sare elektrikoarentzat; horrek behartuko du egungo sare elektrikoaren topologia eta kudeaketa-sistema askoz konplexuagoak izango dituen beste sare baterantz garatzera. Euskal Herrian sare elektriko autonomo bat ez egoteak eta bertoko administrazioek arlo honetan eskumenik ez edukitzeak are gehiago zailduko du etorkizuneko eszenatoki iraunkor horiek lortzea.

Energia berriztagarrien garapen sendoarekin batera, iraunkortasunak energia kontsumoaren murriztapen garrantzitsu bat eskatzen du. NPS eszenatokian murriztapen hori erregai fosilen agorpenak agintzen du. Aztertutako epean –2005etik 2030eraino– azkeneko kontsumoak % 29,6 murriztu beharko luke, eta ekoizpen primarioan are sakonagoa, % 35,6. Hala eta guztiz ere, joera hori ez da batere arbitrarioa: azken batean, Europako Batasunak (2006) bultzatutako *Action Plan for Energy Efficiency: Realising the Potential* izeneko dokumentuan agertzen da, non eta urtez urteko % 1eko kontsumo jaitsierak suposatzen dituzten 2020. urtera arte, “2020ean gutxienez energia primarioaren % 20 aurrezteko ekonomiko eta teknologikoki bideragarria baita” (5. orr.).

Energia kontsumoaren murriztapena ezinbesteko gaia da energiaren inguruko eztabaidan; eta nahiko deserosoa *hazkunde jarraituan* oinarritzen den sistema ekonomiko batentzat. Baina ez dezagun ahaztu beste elementu funtsezko bat: energia kontsumoaren bilakaeraren eszenatokiek ez dute energia politiken ezartzearen eta planifikazioaren ondorio zuzenak izan behar –nahiz eta horrek, ez bairik gabe, askoz gehiago erraztuko lukeen arazo sozialen kudeaketa, bai eta nekeak justiziaz banatzea gizarte barruan ere–. Zoritxarrez, beheraldi ekonomiko oso sakonek, baita gizarte eta zibilizazioen kolapsoek ere, historian zehar behin baino gehiagotan energia eta ekonomia kontrakzio sakonak sortu dituzte zibilizazioek naturak inposatzen dituen mugei aurre egiteko behar izan dietenean, muga horiek klima aldaketarekin edo natur baliabideen agorpenarekin lotutakoak izanik.

## **BIBLIOGRAFIA**

Argonne, 2001. Argonne National Laboratory, ENPEP for Windows. User's Guide for the BALANCE Model

<[http://www.adicasupport.com/option.com\\_docman/task,cats\\_view/gid,28/Itemid,48.html](http://www.adicasupport.com/option.com_docman/task,cats_view/gid,28/Itemid,48.html)>.

Bartlett, A.A., 1986. Sustained Availability: A management program for non-renewable resources, *American Journal of Physics*, Vol. 54, May 1986, 398-402

Bartlett, A.A., 1998. Reflections on Sustainability, Population Growth, and the Environment—Revisited. *Renewable Resources Journal*, Vol. 15, No. 4, Winter 1997-1998, 6-23.

British Petroleum, 2007. BP Statistical Review of World Energy June 2007,

<[http://www.bp.com/liveassets/bp\\_internet/globalbp/globalbp\\_uk\\_english/reports\\_and\\_publications/statistical\\_energy\\_review\\_2007/STAGING/local\\_assets/downloads/pdf/statistical\\_review\\_of\\_world\\_energy\\_full\\_report\\_2007.pdf](http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2007/STAGING/local_assets/downloads/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_report_2007.pdf)>.

Conseil du Développement du Pays Basque, 2006. Le Double Défi Climat & Energie: quels enjeux pour Pays Basque 2020? Synthèse bibliographique, June 2006, <<http://www.lurraldea.net/bibliodocs/PB2020/BiblioNRJ.pdf>>.

Europako Batzordea, 2006. Communication from the Commission. Action Plan for Energy Efficiency: Realising the Potential, COM(2006)545 final, 2006.

Europako Batzordea, 2007. Communication from the Commission to the European Council and the European Parliament. An Energy Policy for Europe, COM(2007)1 final, 2007.

Europako Kontseilua, 2007. Council of the European Union, Presidency Conclusions. Brussels European Council 8/9 March 2007.

EVE, 2006. Ente Vasco de la Energía, ENERGIA 2005: Datos energéticos del País Vasco. 2006.

Heinberg, R., 2007. Peak Everything: Waking Up to the Century of Declines, New Society Publishers, 2007.

IEA, 2007. International Energy Agency, World Energy Outlook 2007 – China and India Insights, 2007.

IEA eta EUROSTAT, 2004. International Energy Agency & EUROSTAT, Energy Statistics Manual, 2004.

IPCC, 1996. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 1, 1996.

IPCC, 2007. Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 2007: Synthesis Report, 2007.

Nafarroa, 2006. Government of the Autonomous Community of Navarre, Department of Industry and Technology, Trade and labour, Balances energéticos de Navarra 2004-2005, 2006.

Reijnders, L., 2006. Conditions for the sustainability of biomass based fuel use, Energy Policy, Volume 34, Number 7, 2006, 863-876.