

SiC erdieroaleak energia eolikoan LCoEa hobetzeko

Arrizabalaga A, Mazuela M, Urkizu J, Aztiria J

Mondragon Unibertsitatea

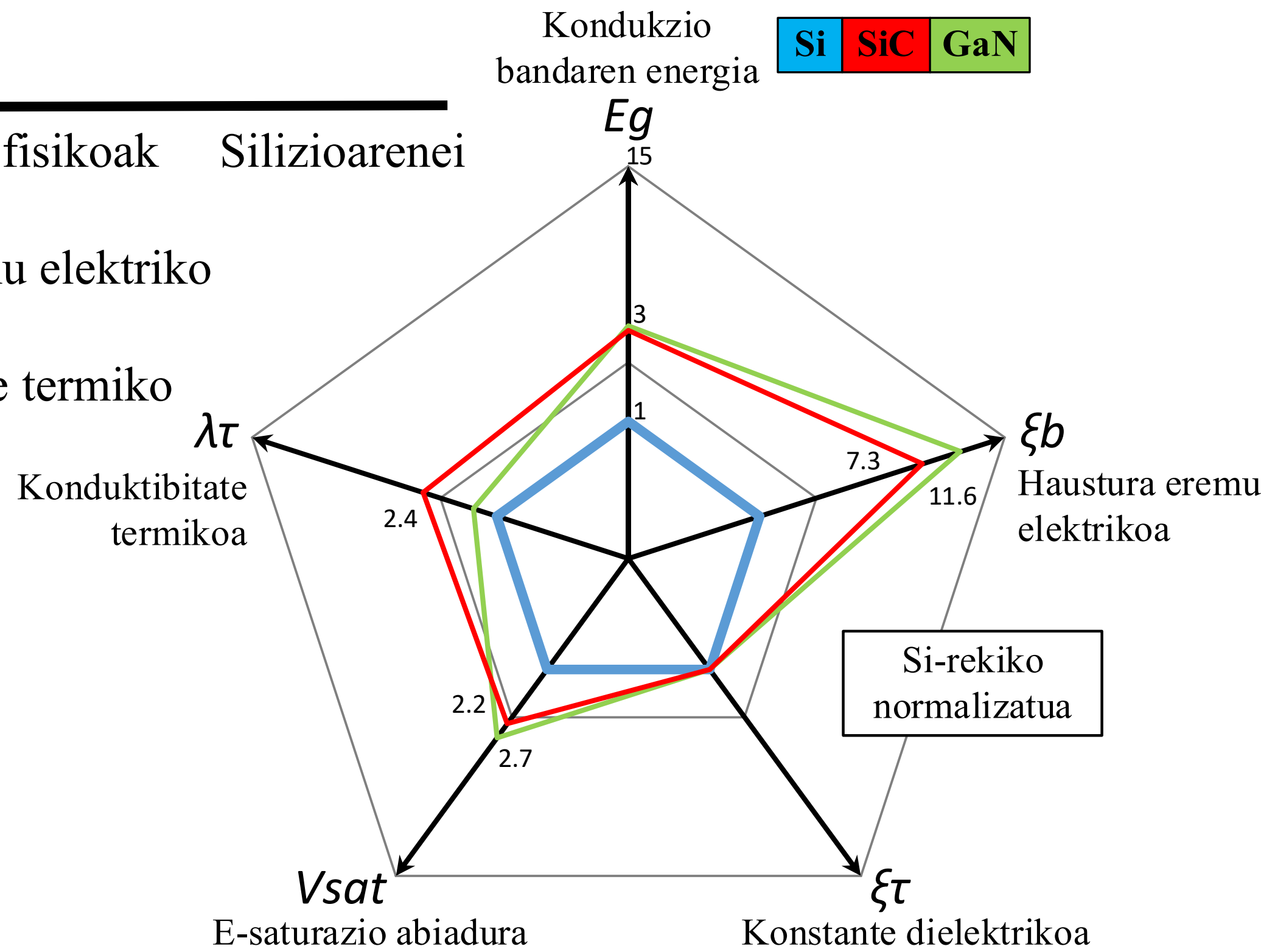
1. Sarrera, motibazioa eta helburuak:

Azken hamarkada hau lurak bizi izan duen beroena izan da. Honen ondorioz, eta erakundeen laguntzarekin, energia berriztagarriek gorakada handia izan dute, 1. irudiak adierazten duen bezala. Energia iturrien merkatu lehiakortasuna aztertzen duen metrika Energiaren Kostu Normalizatua da, LCoE ingeleseko siglak erabiliz. Kalkulu honen estimazioak datu ekonomiko zein teknikoak uztartzen ditu (1-2), eta hobetuz doa energia berriztagarrien kasuan. Ohiko energia iturriek orde, garapen biderik ezin dute egin, beraz beraien LCoEa hobetu ezinik aurkitzen dira. 2. irudian ikusi daitekeen bezala, fenomeno hau ikatzak adierazten du. Energia eolikoaren LCoEa hobetuko duen potentzia elektronika konfigurazioa aurkitu nahi da ikerketa honetan, eta horretarako gaur egungo Si erdieroaleen ezaugarri teknikoak hobetzen dituzten SiC erdieroaleak erabiltzea proposatzen da, baita topologia eta tentsio maila ezberdinak aztertzea ere.

2. Arloko egoera:

SiC-aren ezaugarri fisikoak Silizioarenei konparatuz, 3. irudia:

- 7 aldiz haustura eremu elektriko handiagoa.
- 2 aldiz konduktibitate termiko handiagoa.
- 3 aldiz kondukzio Banda handiagoa.
- 2 aldiz elektroio saturazio abiadura handiagoa.



3. irudia: SiC-aren ezaugarri fisikoak Si-arekiko.

Ezaugarri hauek bi modu ezberdinetan baliatu dira potentzia altuko erdieroaleak sortzeko:

- SiC MOSFET-ak.
- SiC hribidoak, Si IGBT-ak eta SiC diodoak konbinatuz, konmutazioa hobetzeko.

Merkatuan:

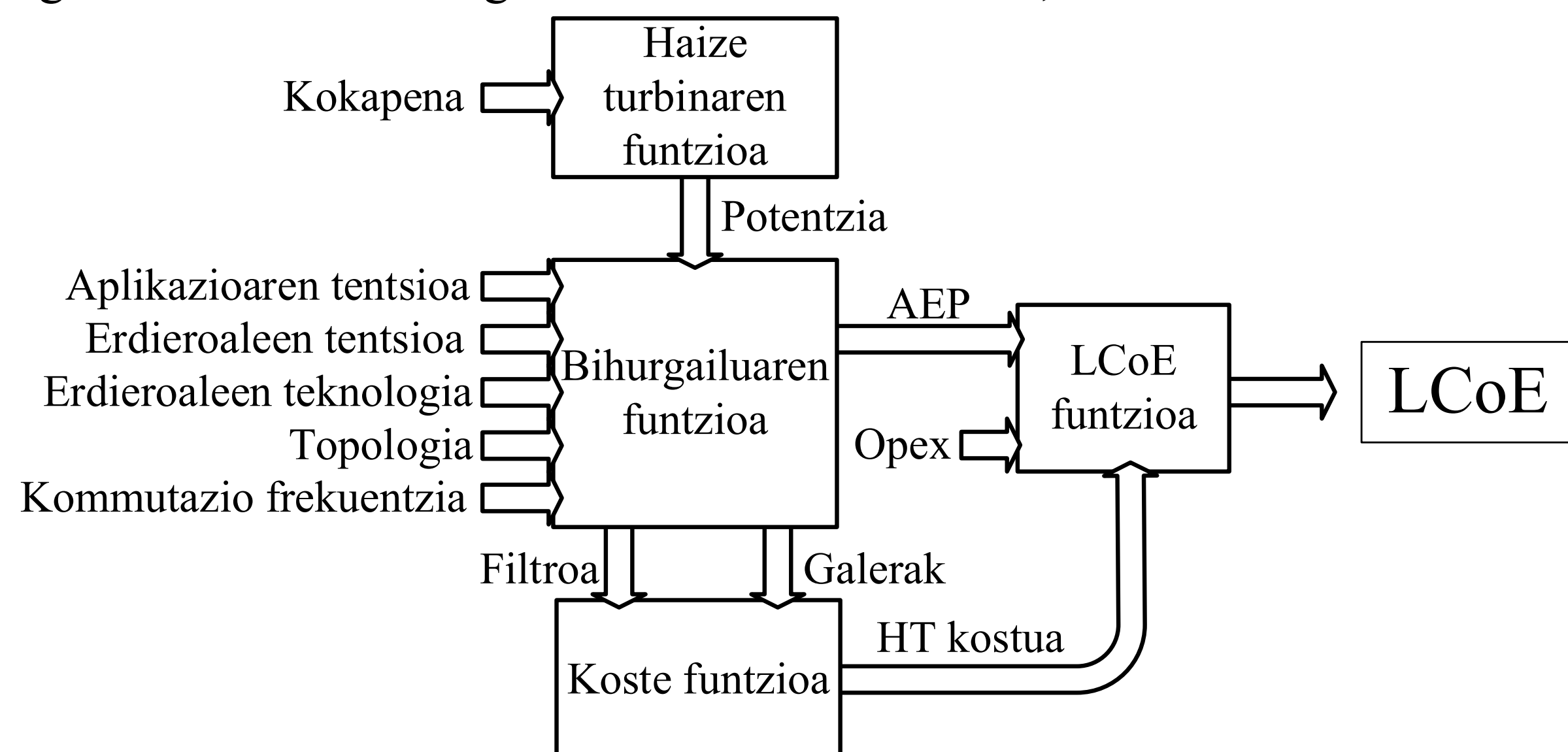
- 2020 eta 2022 urteen bitartean SiC erdieroaleen merkatua % 40 haziko da.
- 1200 V-ko SiC MOSFET-a da gehien agertzen dena.
- Korrante maila ezberdinekin.
- Fabrikatzaile ezberdinekin.
- SiC hibridoetan produktuen eskaintza murriztagoa da, eta asko oraindik garapen fasean aurkitzen dira.

1200 V-ko SiC MOSFET-en aplikazioak ugariak dira:

- Elikadura iturrien potentzia faktore zuzentzailean.
- Ibilgailu elektrikoan karga estazio eta bihurgailuetan.
- Motore elektrikoan elikadura bihurgailuetan.
- Etxe tresna ugaritan, batez ere aire egokitan.
- Energia fotovoltaiakoan.

3. Ikerketaren muina:

Aurrez adierazitako helburua lortzeko, energia eolikoaren industria aztertu da, gehien erabiltzen den tentsio maila identifikatzeko. Ondoren, LCoEa kalkulatzeko duen aplikazio berritzaile bat programatu da, 4. irudia. Azkenik energia eolikoak hobetzeko aukera gehien dituzten konfigurazioak identifikatu dira, 1. taula.

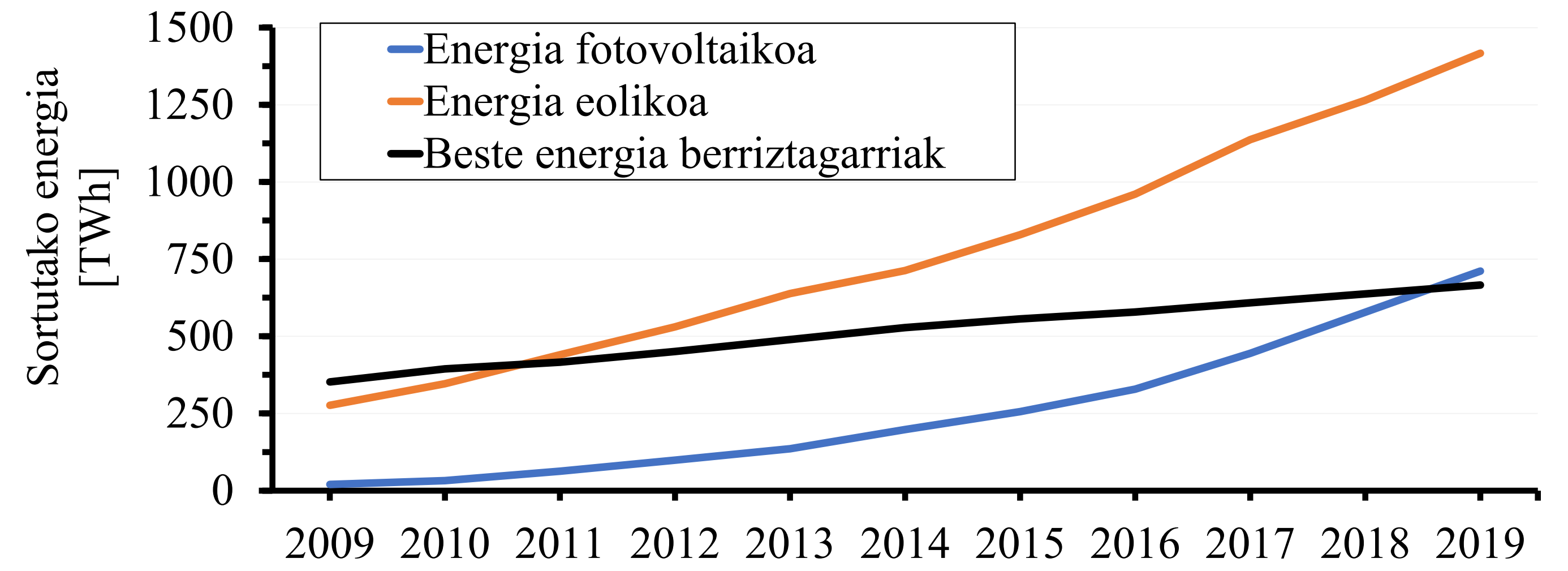


4. irudia: LCoE kalkulatzeko programatu den aplikazio berritzailearen eskema.

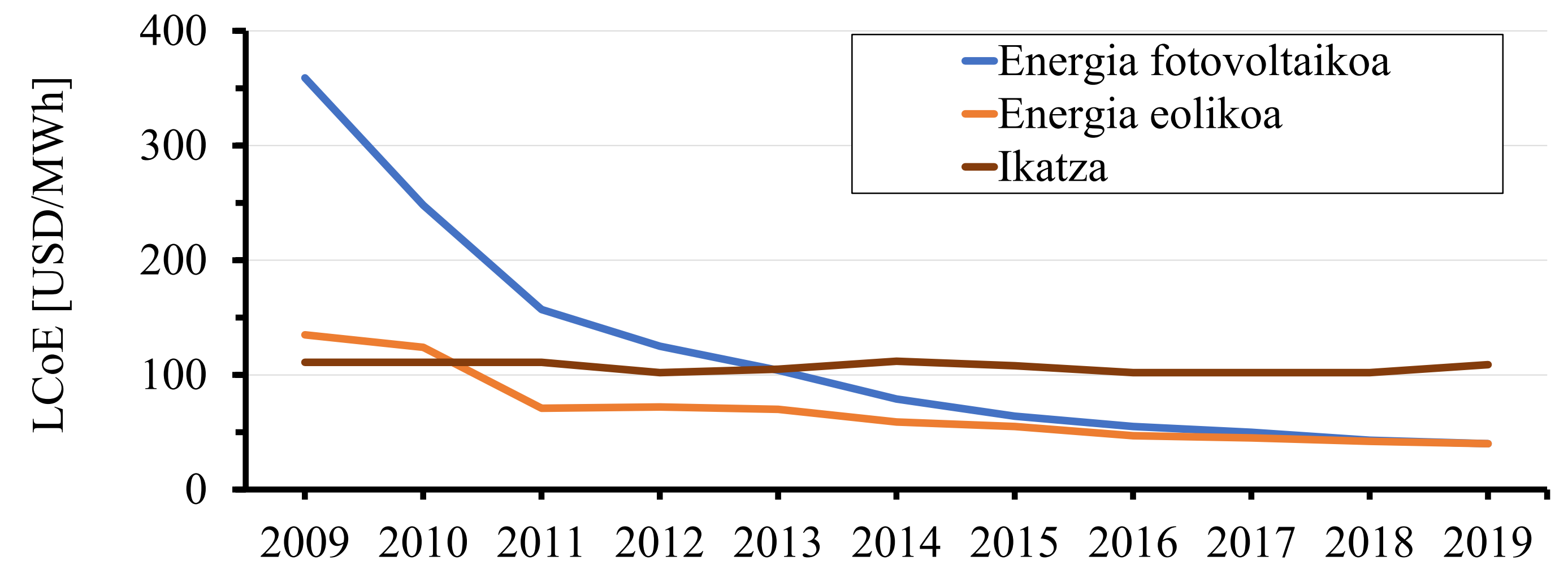
Merkatuan dauden haize turbinen tentsio maila aztertuz, ikusi da fabrikatzaile nagusiek 690 V_{ac} erabiltzen dutela:

- GE.
- Nordex.
- Senvion.
- SGRE.
- Sinovel.
- Golwind.

Tentsio maila horretarako, segurtasun tarte bat mantenduz, eta 0.9 modulazio indizea erabiliz, 1085 V_{dc} behar dira. Bi mailako inbertsorea aukeratu ezker, 1700 V ko erdieroaleak beharko lirateke. Hiru mailako topologia bat aukeratu ezker, 1200 V ko moduluekin nahikoa litzateke. 1200 V ko SiC moduluekin merkatuan 1700 V koak baina askoz zabaldago daude, beraien kostua gutxituz.



1. irudia: Energia berriztagarrien sorkuntzaren eboluzioa.



2. irudia: LCoEaren eboluzioa energia iturri ezberdinetzat.

$$LCoE = \frac{HT_{kostua} + Opex}{AEP} \quad (1)$$

$$HT_{kostua} = Mekanika_{kostua} + \dots + Bihurgailua_{kostua} \quad (2)$$

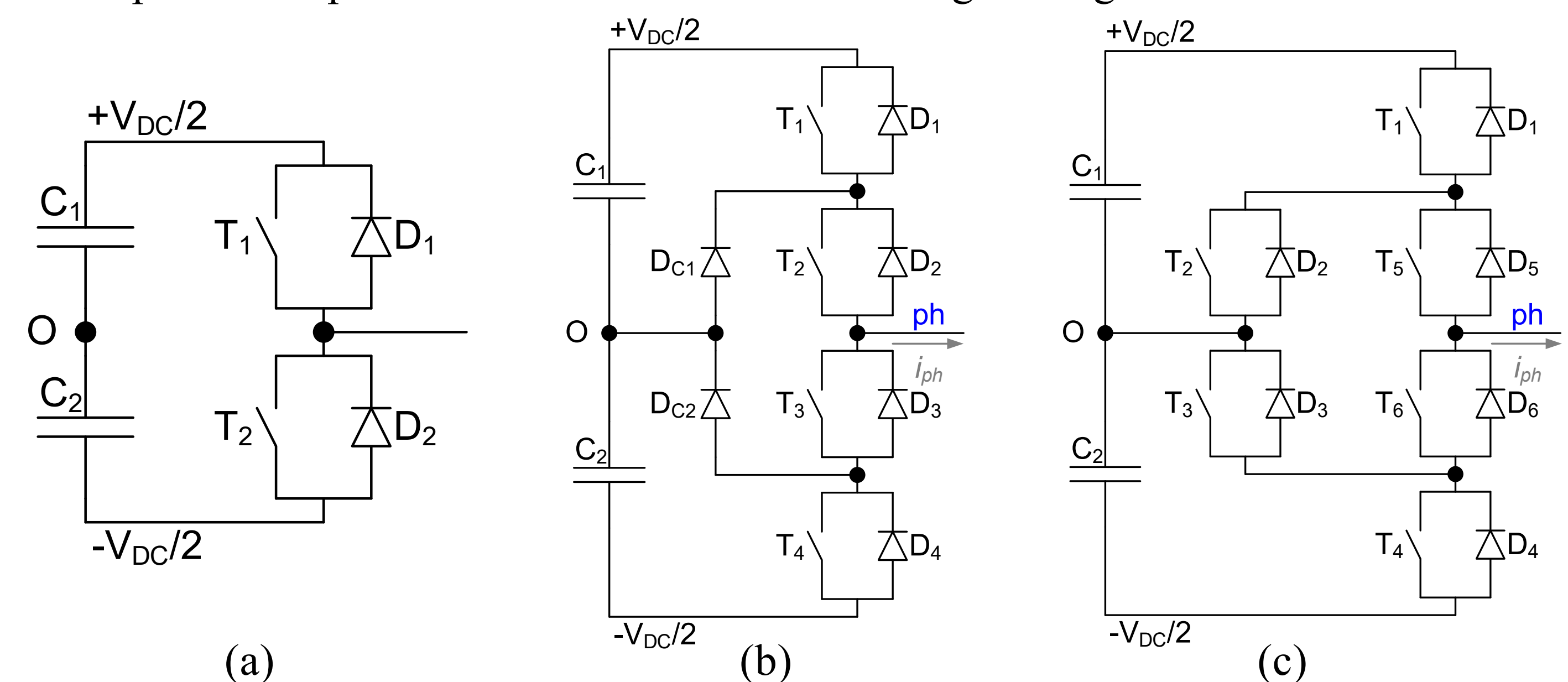
Aurrekoa atalean adierazi den bezala, bi eta hiru mailako topologiak kontsideratu dira. Gainera, 4. irudian agertzen den bezala, konmutazio frekuentzia handitzea aztertu da, baita tentsio maila ere. Etorkizunean SiC-ak izango duen koste hobekuntza aurreikusiz, gaur egungo kostearen % 50 ere kontsideratu da.

2 mailako topologia, 5. irudia (a):

- Bi modulu bakarrik faseko.
- Modulu bakoitzak V_{dc} osoa jasan behar du.

3 mailako topologiak, 5. irudia (b) eta (c):

- 6 modulu faseko.
- Modulu bakoitzak V_{dc} erdia bakarrik jasan behar du.
- 1200 V ko moduluek erabiliz, 900 V_{ac} lor daitezke, paraleloan jarri behar diren konponente kopurua hobetuz eta sistema mailako galerak gutxituz.



4. irudia: Aztertu diren topologiak, (a) bi maila, (b) 3 maila NPC eta (c) 3 maila ANPC.

4. Ondorioak eta etorkizunerako norabidea:

4. irudian ikusten den aplikazioa erabiliz, konfigurazio ezberdinak aztertu dira, ondorengo ondorioak lortuz:

- Konfigurazio egokienak konmutazio frekuentzia handituz lortzen dira, filtroetan duen eragin positiboagatik.
- Gaur egungo kostuarekin, 1700 V ko moduluek erabiltzen dituen bi mailako topologia da LCoE onena lortzen duen konfigurazioa.
- LCoE hobekuntza ez da esanguratsua, % 0,07 koa izanik.
- SiC-aren kostua % 50 gutxituko balitz, 1200 V ko moduluekin osatutako 3 mailako topologiak dira interesgarrienak.
- Konfigurazio hauetan 900 V_{ac} tentsio maila erabiltzen da, modulu kopurua optimizatuz eta sistema mailako galerak gutxituz.
- LCoE hobekuntza garrantzitsua izan daiteke, % 0,51 ekoa.

Etorkizunean prototipo bat sortzea erabaki da, bi eta hiru mailako topologiak, konmutazio frekuentziak eta tentsio mailak konparatuz. SiC teknologiak energia eolikoan aplikaturik izan ditzakeen abantailak eta arazoak identifikatzea espero da.

1. taula: LCoE onena lortu duten konfigurazioen laburpena.

SiC-en kostea [%]	Frekuentzia [KHz]	Tentsio maila [V _{ac}]	Topologia	Moduluen tentsioa [V]	Δ LCOE [%]
100	10	690	2 maila	1700	-0.07
50	10	900	3 maila NPC	1200	-0.51