

INGENIERITZA ZIBILEKO GRADUA
GRADU AMAIERAKO LANA

***PARAMETRIZAZIOAREN ERAGINA SMART
GRIDENTZAKO FUNTZIONALAK DIREN
ALGORITMO BIOINTELIGENTEETAN***

Ikaslea: Juarez Abarrategi, Gorka
Zuzendaria: Abarrategi Ranero, Oihane

Ikasturtea: 2019-2020

Data: Bilbon, 2019ko urriak 29

INGENIERITZA ZIBILEKO GRADUA
GRADU AMAIERAKO LANA

***PARAMETRIZAZIOAREN ERAGINA SMART
GRIDENTZAKO FUNTZIONALAK DIREN
ALGORITMO BIOINTELIGENTEETAN***

1. DOKUMENTUA- MEMORIA

Ikaslea: Juarez Abarrategi, Gorka
Zuzendaria: Abarrategi Ranero, Oihane

Ikasturtea: 2019-2020

Data: Bilbon, 2019ko urriak 29

Gratu Amaierako Lan honen helburu nagusia algoritmo biointeligente bat parametrizatzea eta lortutako emaitzetan oinarrituz, Zentral Elektriko Birtual baten optimizazio prozesuan lagundu ahal duten ondorioak ateratzea da. Horretarako lehenenik energia eta elektrizitatearen egoeraren sarrera eta azterketa bat egingo da eta ondoren, etorkizunean energiaren generazio eta kudeaketa arloan erreferentzia izan daitekeen metodologiaren garapen teoriko eta praktikoa bat.

Gako Hitzak: Smart Grid, Zentral Elektriko Birtualak, Algoritmo Biointeligenteak, Banatutako Energia Baliabideak

El objetivo principal de este Trabajo de Fin de Grado es analizar la parametrización de un algoritmo biointeligente y utilizar los resultados para la optimización del funcionamiento organizativo de una Central Eléctrica Virtual. Para eso, primero se procederá a explicar y analizar el panorama eléctrico y energético actual, dando paso después a la explicación y desarrollo teórico y práctico, de una propuesta metodológica que puede ser referencia en el futuro.

Palabras Clave: Smart Grid, Centrales Electricas Virtuales, Algoritmos Biointeligentes, Recursos Energeticos Distribuidos

The aim of this End-of-Degree project is to analyse the parametrization in biointelligent algorithms and use the achieved results to optimize the working process of Virtual Power Plants.

The first step will be to explain the current scenario of the energy and electricity and then, a new technique that in the future can be a reference for generation and distribution is going to be developed theoretically and practically.

Keywords: Smart Grid, Virtual Power Plant, Biointelligent algorithms, Distributed Energy Resources

Edukien indizea

1	SARRERA	1
1.1	TESTUINGURUA	2
1.2	LANAREN HELBURUAK ETA IRISMENA.....	2
1.3	LANAK DAKARTZAN ONURAK	3
2	SISTEMA ELEKTRIKOAREN EBOLUZIOA: SMART GRIDS	4
2.1	GAUR EGUNGO ELEKTRIZITATEAREN EGOERA ESPAINIAR ESTATUAN.....	5
2.2	EGUNGO EGOERATIK SMART GRIDETARA BIDEAN: TRANSIZIO ENERGETIKOA.....	13
2.3	BANAKAKO ENERGIA BALIABIDEAK (BEB)	19
2.4	ZENTRAL ELEKTRIKO BIRTUALAK (ZEB).....	26
2.5	ONDORIOAK.....	36
3	GALERAK MINIMIZATZEKO TEKNIKAK	38
3.1	KONDENTSADOREEN KOKAPENA	39
3.2	SAREAREN KONFIGURAZIOA	41
3.3	BEBen KOKAPENA.....	48
3.4	ONDORIOAK.....	49
4	OBJEKTUETARA ORIENTATUTAKO INURRI KOLONIEN OPTIMIZAZIOA	51
4.1	INURRI KOLONIETAN OINARRITUTAKO ALGORITMOAK.....	52
4.2	INURRI KOLONIEN ALGORITMOAREN EZAUGARRIAK.....	53
4.3	OBJEKTUEI ORIENTATUTAKO INURRIEN KOLONIEN OPTIMIZAZIO METODOA	55
5	PARAMETRIZAZIOAREN INGURUKO SAIAKERAK	57
5.1	1.AZPIMULTZOA	62
5.2	2.AZPIMULTZOA	69
5.3	3 .AZPIMULTZOA	78
5.4	4.AZPIMULTZOA	87
5.5	5 .AZPIMULTZOA	96
5.6	7.AZPIMULTZOA	112
5.7	ONDORIOAK.....	121
6	ONDORIOAK	124
	BIBLIOGRAFIA	126
	ERANSKINA	130

Irudien Indizea

2-1 SARE TRADIZIONALA ETA SARE INTELIGENTEA [SANTANA - 2010]	4
2-2 ESPAINIAN INSTALATUTAKO POTENTZIA ELEKTRIKOA 2018AN [REE-2019]	6
2-3 ESKAERA ELEKTRIKOAREN ESTALDURA [REE-2019]	6
2-4 ENERGIA SORRERAREN KONPARAKETA (2016-2017) [REE-2019]	12
2-5 BEB INTEGRAZIOA SMART GRIDEAN [FENIX-2006]	24
2-6 EBOLUZIO POSIBLEAK [FENIX –2006c]	28
2-7 ZEB ARKITEKTURA [FENIX –2006b]	34
4-1 INURRI KOLONIAREN PORTAERA [ABARRATEGI - 2012]	51
4-2 INURRIEN KOLONIA BIDEAK ESPORATZEN [ABARRATEGI - 2012]	51
4-3 INURRIEN KOLONIA BIDE LABURRENETIK DOA [ABARRATEGI - 2012]	51
4-4 INURRIEK AZKENEAN BIDE LABURRENA AUKERATZEN DUTE [ABARRATEGI - 2012]	52
4-5 SEARCH SPACE [ABARRATEGI - 2012]	53
5-1 SARE ELEKTRIKOA	57
5-2 1.SAIKERAREN GRAFIKOA	62
5-3 2.SAIKERAREN GRAFIKOA	63
5-4 3.SAIKERAREN GRAFIKOA	64
5-5 4.SAIKERAREN GRAFIKOA	65
5-6 5.SAIKERAREN GRAFIKOA	66
5-7 6.SAIKERAREN GRAFIKOA	67
5-8 7.SAIKERAREN GRAFIKOA	68
5-9 8.SAIKERAREN GRAFIKOA	69
5-10 9.SAIKERAREN GRAFIKOA	70
5-11 10.SAIKERAREN GRAFIKOA	71
5-12 11.SAIKERAREN GRAFIKOA	72
5-13 12.SAIKERAREN GRAFIKOA	73
5-14 13.SAIKERAREN GRAFIKOA	74
5-15 14.SAIKERAREN GRAFIKOA	75
5-16 15.SAIKERAREN GRAFIKOA	76
5-17 16.SAIKERAREN GRAFIKOA	77
5-18 17.SAIKERAREN GRAFIKOA	78
5-19 18.SAIKERAREN GRAFIKOA	79
5-20 19.SAIKERAREN GRAFIKOA	80
5-21 20.SAIKERAREN GRAFIKOA	81
5-22 21.SAIKERAREN GRAFIKOA	82
5-23 22.SAIKERAREN GRAFIKOA	83
5-24 23.SAIKERAREN GRAFIKOA	84
5-25 24.SAIKERAREN GRAFIKOA	85
5-26 25.SAIKERAREN GRAFIKOA	86
5-27 26.SAIKERAREN GRAFIKOA	87
5-28 27.SAIKERAREN GRAFIKOA	88
5-29 28.SAIKERAREN GRAFIKOA	89
5-30 29.SAIKERAREN GRAFIKOA	90
5-31 30.SAIKERAREN GRAFIKOA	91
5-32 31.SAIKERAREN GRAFIKOA	92
5-33 32.SAIKERAREN GRAFIKOA	93
5-34 33.SAIKERAREN GRAFIKOA	94
5-35 34.SAIKERAREN GRAFIKOA	95
5-36 35.SAIKERAREN GRAFIKOA	96
5-37 36.SAIKERAREN GRAFIKOA	97
5-38 37.SAIKERAREN GRAFIKOA	98
5-39 38.SAIKERAREN GRAFIKOA	99
5-40 39.SAIKERAREN GRAFIKOA	100
5-41 40.SAIKERAREN GRAFIKOA	101
5-42 41.SAIKERAREN GRAFIKOA	102

5-43	42.SAIAKERAREN GRAFIKOA.....	103
5-44	43.SAIAKERAREN GRAFIKOA.....	104
5-45	44.SAIAKERAREN GRAFIKOA.....	105
5-46	45.SAIAKERAREN GRAFIKOA.....	106
5-47	46.SAIAKERAREN GRAFIKOA.....	107
5-48	47.SAIAKERAREN GRAFIKOA.....	108
5-49	48.SAIAKERAREN GRAFIKOA.....	109
5-50	49.SAIAKERAREN GRAFIKOA.....	110
5-51	50.SAIAKERAREN GRAFIKOA.....	111
5-52	51.SAIAKERAREN GRAFIKOA.....	112
5-53	52.SAIAKERAREN GRAFIKOA.....	113
5-54	53.SAIAKERAREN GRAFIKOA.....	114
5-55	54.SAIAKERAREN GRAFIKOA.....	115
5-56	55.SAIAKERAREN GRAFIKOA.....	116
5-57	56.SAIAKERAREN GRAFIKOA.....	117
5-58	57.SAIAKERAREN GRAFIKOA.....	118
5-59	58.SAIAKERAREN GRAFIKOA.....	119
5-60	59.SAIAKERAREN GRAFIKOA.....	120

Taulen Indizea

2-1 SMART GRIDAREN EZAUGARRIAK [BLAS-2014].....	15
3-1 GALERAK MINIMIZATZEKO METODOAK	49
5-1 SAIAKEREN INDIZE TAULA.....	59
5-2 OHIKO KONFIGURAZIO VS. KONFIGURAZIO OPTIMOA.....	61
5-3 1.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	62
5-4 1.SAIAKERAREN EMAITZAK	62
5-5 2.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	63
5-6 2.SAIAKERAREN EMAITZAK	63
5-7 3.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	64
5-8 3.SAIAKERAREN EMAITZAK	64
5-9 4.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	65
5-10 4.SAIAKERAREN EMAITZAK	65
5-11 5.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	66
5-12 5.SAIAKERAREN EMAITZAK	66
5-13 6.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	67
5-14 6.SAIAKERAREN EMAITZA.....	67
5-15 7.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	68
5-16 7.SAIAKERAREN EMAITZA.....	68
5-17 8.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	69
5-18 8.SAIAKERAREN EMAITZAK	69
5-19 9.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	70
5-20 9.SAIAKERAREN EMAITZAK	70
5-21 10.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	71
5-22 10.SAIAKERAREN EMAITZAK.....	71
5-23 11.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	72
5-24 11.SAIAKERAREN EMAITZAK.....	72
5-25 12.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	73
5-26 12.SAIAKERAREN EMAITZAK.....	73
5-27 13.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	74
5-28 13.SAIAKERAREN EMAITZAK.....	74
5-29 14.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	75
5-30 14.SAIAKERAREN EMAITZAK.....	75
5-31 15.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	76
5-32 15.SAIAKERAREN EMAITZAK.....	76
5-33 16.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	77
5-34 16.SAIAKERAREN EMAITZAK.....	77
5-35 17.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	78
5-36 17.SAIAKERAREN EMAITZAK.....	78
5-37 18.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	79
5-38 18.SAIAKERAREN EMAITZAK.....	79
5-39 19.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	80
5-40 19.SAIAKERAREN EMAITZAK.....	80
5-41 20.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	81
5-42 20.SAIAKERAREN EMAITZAK.....	81
5-43 21.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	82
5-44 21.SAIAKERAREN EMAITZAK.....	82
5-45 22.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	83
5-46 22.SAIAKERAREN EMAITZAK.....	83
5-47 23.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	84
5-48 23.SAIAKERAREN EMAITZAK.....	84
5-49 24.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	85
5-50 24.SAIAKERAREN EMAITZAK.....	85
5-51 25.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	86
5-52 25.SAIAKERAREN EMAITZAK.....	86

5-53 26.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	87
5-54 26.SAIAKERAREN EMAITZAK	87
5-55 27.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	88
5-56 27.SAIAKERAREN EMAITZAK	88
5-57 28.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	89
5-58 28.SAIAKERAREN EMAITZAK	89
5-59 29.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	90
5-60 29.SAIAKERAREN EMAITZAK	90
5-61 30.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	91
5-62 30.SAIAKERAREN EMAITZAK	91
5-63 31.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	92
5-64 31.SAIAKERAREN EMAITZAK	92
5-65 32.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	93
5-66 32.SAIAKERAREN EMAITZAK	93
5-67 33.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	94
5-68 33.SAIAKERAREN EMAITZAK	94
5-69 34.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	95
5-70 34.SAIAKERAREN EMAITZAK	95
5-71 35.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	96
5-72 35.SAIAKERAREN EMAITZAK	96
5-73 36.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	97
5-74 36.SAIAKERAREN EMAITZAK	97
5-75 37.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	98
5-76 37.SAIAKERAREN EMAITZAK	98
5-77 38.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	99
5-78 38.SAIAKERAREN EMAITZAK	99
5-79 39.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	100
5-80 39.SAIAKERAREN EMAITZAK	100
5-81 40.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	101
5-82 40.SAIAKERAREN EMAITZAK	101
5-83 41.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	102
5-84 41.SAIAKERAREN EMAITZAK	102
5-85 42.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	103
5-86 42.SAIAKERAREN EMAITZAK	103
5-87 43.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	104
5-88 43.SAIAKERAREN EMAITZAK	104
5-89 44.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	105
5-90 44.SAIAKERAREN EMAITZAK	105
5-91 45.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	106
5-92 45.SAIAKERAREN EMAITZAK	106
5-93 46.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	107
5-94 46.SAIAKERAREN EMAITZAK	107
5-95 47.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	108
5-96 47.SAIAKERAREN EMAITZAK	108
5-97 48.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	109
5-98 48.SAIAKERAREN EMAITZAK	109
5-99 49.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	110
5-100 49.SAIAKERAREN EMAITZAK	110
5-101 50.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	111
5-102 50.SAIAKERAREN EMAITZAK	111
5-103 51.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	112
5-104 51.SAIAKERAREN EMAITZAK	112
5-105 52.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	113
5-106 52.SAIAKERAREN EMAITZAK	113
5-107 53.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	114
5-108 53.SAIAKERAREN EMAITZAK	114
5-109 54.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	115

5-110 54.SAIAKERAREN EMAITZAK.....	115
5-111 55.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	116
5-112 55.SAIAKERAREN EMAITZAK.....	116
5-113 56.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	117
5-114 56.SAIAKERAREN EMAITZAK.....	117
5-115 57.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	118
5-116 57.SAIAKERAREN EMAITZAK.....	118
5-117 58.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	119
5-118 58.SAIAKERAREN EMAITZAK.....	119
5-119 59.SAIAKERAREN PARAMETRIZAZIOA	120
5-120 59.SAIAKERAREN EMAITZAK.....	120

1 SARRERA

Gradu amaierako lan hau gizartean integratu ahal diren Banatutako Energia Baliabide (BEB) eta hauen eragina pairatzen duten Banaketa Sareen kudeaketaren optimizazio bat lortzera bideratuta dago. Lan honetan Zentral Elektriko Birtualen munduaren azterketa bat egingo da, hau konposatzen duten arlo ezberdinak jorratuz.

Ikerkuntza lan honen helburu nagusia, Zentra Elektriko Birtualetan (ZEB) erabil daitezkeen algoritmo biointeligenteetan parametrizazioak izan dezakeen eragina aztertzea izango da. Horretarako kudeaketa metodo ezberdinen eguneraketa bat egin ondoren, lan honetan erabiliko den metodo metaheuristikoa azaldu eta programa informatiko batzuetan oinarrituz parametro ezberdinekin lortutako emaitzetatik ondorio batzuk aterako dira.

Denbora aurrera joan ahala energia primario ezberdinen ustiaketaren garrantzia handitu egin da elektrizitatea ekoizteko orduan. Elektrizitatea ekoizteko metodo berriak agertu eta aztertu dira azken urteotan ia denak helburu berdinarekin, ahalik eta gehien sortu, ahalik eta diru gutxien inbertituz eta baliabide berriztagarriak erabiliz.

Elektrizitatearen generazio arloak izan dituen aurrerakuntzen ondorioz, Potentzia Sistema Elektrikoa (sorkuntza, garraio, transmisio eta hornikuntza) osatzen duten beste azpiegiturak gainezka edota zahartuta daude. Horregatik beharrezkoa izan da lan honen hasieran gaur egungo Potentzia Sistema Elektrikoaren egoeraren azterketa bat egitea. Aztertuko diren zentral energetiko birtualen funtsa, garraiatzen den elektrizitatearen kudeaketa efektibo bat eta sareak gainezka egitea saihestea bait da.

Lan honen bigarren kapitulan Potentzia Sistema Elektrikoaren egungo egoera eta trantsizio energetikoaren esparruan hurrengo urteetan espero diren eraldaketak landuko dira. Estatu espainiarrean aurkitzen den energiaren eszenatokia azalduko da eta azken urteotan eman diren eraldaketen ondorioz agertu diren agente berrien azalpena emango da. Trantsizio energetiko honetan agertu diren sistema berrien artean batez ere aipagarriak dira Smart Grid kontzeptua eta BEBak (Banakako Energia Baliabideak) gizartearen aurrerapen energetikoan eginkizun oso garrantzitsuak dituztelako. Horregatik, ZEBen (Zentral Energetiko Birtualen) lan metodoa eta funtsezko ezaugarriak azalduko dira.

Hirugarren kapitulan ZEBaren inplantazioa aurrera eramateko beharrezkoak diren tresnak aztertuko dira. ZEBen ezarketa ahalmentzeko, banaketa sareko galeren minimizazioan garrantzitsua da. Korrontearen intentsitatea jaitziz, sareko galerak jaisteaz gain, BEBen presentzia sareetan maximizatu ahal delako. Galerak minimizazioaren zentsuzko azterketa bat egingo da erabili ahal diren teknikak azalduz (kondentsadoreen kokapena, sarearen konfigurazioa eta BEBen kokapena) eta gaur egunerarte publikatu diren lanen aktualizazio bat eginez.

Lanaren laugarren kapitulan galerak minimizatzeko erabilitako metodoetako batean zentratzen da; Objektuetara Orientatutako Inurri Kolonien Optimizazioa (OOIKO). Metodo hau algoritmo biointeligente baten oinarritzen da eta izan ahal dituen bariante guztietatik OOIKO metodoaren parametrizazioaren azterketa esperimental bat egitea proposatzen da parametro ezberdinek emaitzen egokitasunean daukaten inpaktua aztertzeko.

Bostgarren kapituluan, parametrizazioak optimizazioan duen garrantzia erakustea izango da helburua. Parametrizazio egokia algoritmoaren arabera da eta esperimentalki lortu behar da. Atal honetan, parametrizazio egoki hori esperimentalki bilatzeko ahalegina egingo da. Horretarako algoritmoaren parametrizazio testak egingo dira. Parametro bakoitzaren eragina azalduko da eta parametroen arabera saiakerak azpimultzotan banatuko dira. Saiakera hauek egiteko hiru hornidura linea dituen sare bat aukeratu da eta Python 3.6 programazio hizkuntza erabili da, Python kode irekiko, maila altuko eta helburu orokorreko programazio hizkuntza da. Aukeratutako sarea eta Python programazio hizkuntza konbinatzeko PSS Siemensek garatutako programa bat erabili da. Software tresna hauekin sarearen bus bakoitzean akumulatzen den feromona kopuruaren eta galeren gutxipenaren datuak lortuko dira. Lortutako datu hauekin taula eta grafiko batzuk sortuko dira emaitzak interpretatu ahal izateko.

Azkenik saiakera hauek egin eta gero lortu diren ondorio esperimentalak aintzat hartuta ikerkuntza lan honetan lortu diren ondorioak laburbiltzen dira.

1.1 TESTUINGURUA

Energiaren ustiaketak gizartearen garapenean gaur egun eta etorkizunean izango duen garrantzia ikusita, azken hamarkadan energia elektrikoa ekoizteko teknologia berriak garatu dira. Teknologia berri hauek energia berriztagarriak erabiliz elektrizitatea ekoizteko modua aldatu dute. Aldaketa honek energiaren alorrean garatu ahal diren bide onuragarri asko ireki ditu baina denbora aurrera joan ahala, garraio eta transmisio lanak egiten dituzten azpiegituretan arazoak agertu dira.

Elektrizitatearen garraio eta banaketaz arduratzen den azpiegitura sare elektrikoa da. Orain dela gutxirarte zentral konbentzionalek sortzen zuten ia elektrizitate dena, helburu zehatz batekin, ahalik eta elektrizitate gehien ekoiztu ahalik eta pertsona gehiago hornitzeko, beraz, sare elektrikotik garraiatzen zen elektrizitatea zentral konbentzionalek sortutakoa zen.

Generazio metodo berriak agertu zirenean banaketa sarean arazorik gabe integratzen ziren, kantitatea txikia zelako. Ordea, denborarekin kopurua hasi eta sare elektrikoa saturatuta dagoela edo saturatzeko bidean dagoela esan daiteke. Gainera, sareko oreka mantentzeko, oraindik ere zentral konbentzionalen laguntza behar da. Arazo honi aurre egiteko ZEBak (Zentral Energetiko Birtualak) beharrezkoak dira saturazioa sortzen duen elektrizitate kantitatea kudeatzeko tresna optimo bat izan daitezkeelako. ZEBek software tresna potenteak behar dituzte lan hau aurrera atera ahal izateko. Horretarako lan honetan tresna horietako batzuk aztertu dira eta hautako baten (OOIKO) kudeaketa optimo batera iristea izango da helburua parametrizazio egokian oinarrituz

1.2 LANAREN HELBURUAK ETA IRISMENA

Gradu amaierako lan hau energiaren garraio eta banaketan oinarritzen da eta existitzen diren azpiegitura fisikoetan berrikuntza bat beharrezkoa dela jakin arren, lan hau existitzen diren garraio eta transmisio azpiegiturak erabiliz ekoiztutako energiaren kudeaketa optimo baten bilaketara bideratuta dago.

Lanaren helburu nagusia algoritmo biointeligente bat erabiliz parametrizazioaren eragina aztertzea izango da, hau da, algoritmoan parametro ezberdinen balioak erabiliz proposatzen den ZEB baten barne kudeaketa sistemaren erantzunak aztertuko dira.

Esan daiteke lanak energiaren alorrean gai asko ikutzen dituela, hasieran energiaren gaur egungo egoera eta datuak aztertzen dira ondoren trantsizio energetiko onuragarri baten ikuspegi berri bat proposatzeko eta bertan agertu ahal diren sistema berrien (ZEB, BEB, Smart Grids..) azalpen bat emateko.

Hurrengo pausua ZEBen funtzionaltasuna aztertzea eta oinarria izango den minimizazio tekniken azalpena izango da. Behin hau azalduta erabiliko den algoritmoa aurkeztu eta ulertzeko beharrezkoak diren pausuak emango dira.

Azkenik parametrizazioan oinarrituz azpimultzotan sailkatuta dauden saiakera batzuk egin eta aztertuko dira bilaketa prozesu eta konfigurazio optimoak bilatuz gero ondorioak ateratzeko.

1.3 LANAK DAKARTZAN ONURAK

Tresna baliagarriak sortzean energia berriztagarriak eta kantitate txikietan sortzen direnak sarera hobeto integratu ahal izateko. Existitzen diren metodologiak eta software tresnak hobetuz eta konputazio denborak gutxituz, helburu hauek lortzea posible bihurtzen da.

Lan honetan parametrizazioa aldatuz eta sarera adaptatuz, algoritmo biointeligenteen eraginkortasuna hobeto daitekeela frogatzen da. Konputazio denborak jaitsiz eta soluzio bilaketa prozesu eraginkorragoak sortuz. Parametrizazioa bakarrik aldatuz, hobeto daiteke funtzionamendua, software tresna osoa aldatu behar izan gabe eta konputazio denborak jaitsiz.

2 SISTEMA ELEKTRIKOAREN EBOLUZIOA: SMART GRIDS

Smart Grids kontzeptua azken urteotan orokortu da eta aldakuntza teknologiko baten sinonimo da gaur egungo sektore elektrikoan.

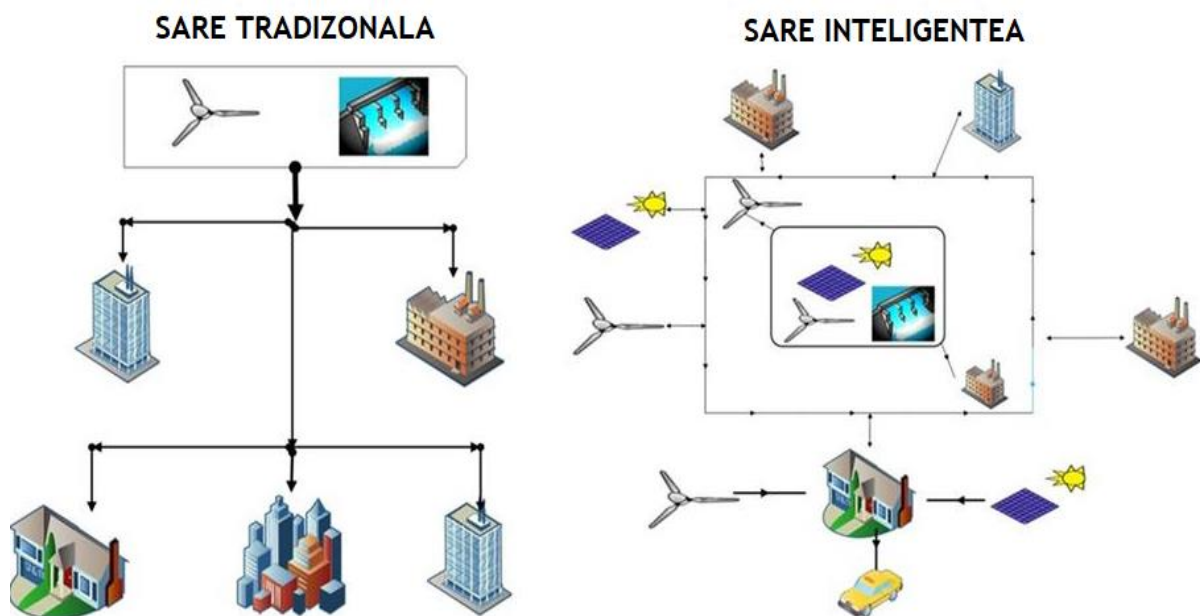
Smart Grida sektore energetikoko lehen berrikuntza inobatzailea da, berrikuntza joera berriei esker sortua eta sektoreko liberazio partzial batetik garatua.

Definizio estandar bat existitu ez arren, Plataforma Tecnologica Europea de Smart Grids (Smart Grids: European Technology Platform) Smart Grida honela definitzen du: “Modu inteligente batean lan egiten duen eta konektatuta dauden erabiltzaile guztien jokaera eta eraginak (hornitzaileak, kontsumitzaileak etab..) kudeatzeko gai den sare elektriko bat, hornikuntza elektriko seguru eta efizienteki banatzeko asmoz ikuspegi ekonomiko eta jasangarri batetik”

Elektrizitatea kontsumitzeko eredu klasikoa erregai fosilen bidez lortutako energian oinarritzen da, sorkuntza planta batzuetatik eta norabide bakarreko bidea jarraituz elektrizitatea kontsumo puntura heltzen da. Bide hau sorkuntza, banaketa, garraioa eta kontsumoak osatzen dute.

Sistema honen lan fidagarritasuna gehiegizko sorkuntza batean oinarritzen da, izan litekeen eskakizun bati aurre egiteko.

Sare elektriko inteligente honen funtsezko ezaugarria, bezeroaren eta enpresa elektrikoaren arteko informazioa eta elektrizitatearen norabide bikoitzeko fluxuan oinarritzen da.



2-1 Sare tradizionala eta Sare Inteligentea [SANTANA - 2010]

Gaur egun, sare elektrikoaren azpiegiturak sorkuntza, garraio eta baita banaketaren aurreikuspenak betetzen ditu, baina bezeroaren onuragarritasun eta konfortari begira hobetu beharra dago, bereziki funtzionaltasun aldetik. Eskaeren gehikuntzara eta energia berriztagarrien areagotzera moldatu beharra dauka, hau da, sakabanatuta eta leku ezberdinetan dauden potentzia sorgune txikietatik abiatuz elektrizitate hornikuntza egonkor bat lortu.

Gainera, sisteman huts egiteak ematen dira gaur egungo sarearen monitoreoa eskasa delako eta huts egiteak antzematen ez badira kalteak sor daitezke gainkarga baten ondorioz.

Honen ondorioz gaur egungo Sistema elektrikoari konponbidea aurkitzeko asmoz, sare elektrikoak, sare elektriko inteligente baten eraldatu nahi da, Smart Grid izenez ezagutua.

Smart Gridak aro teknologiko berri bat suposatuko dute, erresistentzia ahalmenari, errendimenduari eta industria energetikoko efizientziari premia berezia emanez, sortzen den unetik kontsumitzen den unerarte, baina aro digital berriak dakartzan arriskuak ahaztu gabe, datuen lapurreta eta pribatutasun inbasioak besteak beste.

Sare elektriko inteligenteei esker industri energetikoaren aldakuntza emango da jasagarritasun, independentzia energetiko, efizientzia eta erabilgarritasun altuko eszenatoki berri bati hasiera emanez. Hau posible bihurtzeko tresna berriak garatu behar dira. Smart Gridak behar dituen tresnak zeintzuk diren ulertu ahal izateko, gaur egungo sistema elektrikoaren egoera, beharrak eta trantsizio energetikoa egiteko beharrezkoak diren pausuak ulertu behar dira. Atal honetan guzti hori azalduko da.

2.1 GAUR EGUNGO ELEKTRIZITATEAREN EGOERA ESPAINIAR ESTATUAN

Lehenik eta behin Espainiako sistema elektrikoaren eta energien (berriztagarri eta ez berriztagarri) funtzionamendu eta egoeraren ikasketa bat egingo da .

Estatu bateko sistema elektrikoak sortzaile, banatzaile, garraio, kontsumitzaile, gobernu eta merkatarien arteko harremanetan oinarritzen da, euren artean lege, kontratu eta erlazioak egonik.

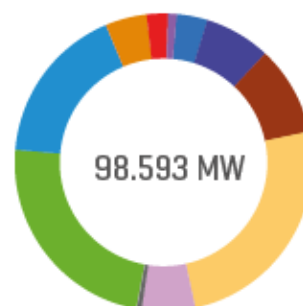
2.1.1. ELEKTRIZITATEAREN SORKUNTZA

Espainiako sistema elektrikoaren egoera ezagutzeko eta ulertzeko, elektrizitatea nondik datorren jakiteko “Mix Elektrikoa” eta “Zesta Elektrikoa” kontzeptuak ulertzea ezinbestekoa da. Kontzeptu hauen arabera, kontsumitutako energia zein zentral motatan sortzen den eta zentral bakoitzean sortutako portzentaia jakin daiteke.

Adibidez, 2018aren amaieran sistema elektrikoak 98.593MW-eko potentzia instalatu bat zuen “Mix Elektrikoa”, potentzia instalatu handienak Eolikoa %23,4 eta Ziklo konbinatukoa %24,9 izanik. “Mix Elektrikoa”, herrialde baten eskaera energetikoa asebetetzen duen energia elektrikoaren izaerari deritzo.

Potencia eléctrica instalada peninsular a 31 de diciembre del 2018 (%)

■ Nuclear	7,2%	■ Eólica	23,4%
■ Carbón	9,7%	■ Hidráulica	17,3%
■ Ciclo combinado	24,9%	■ Solar fotovoltaica	4,5%
■ Cogeneración	5,8%	■ Solar térmica	2,3%
■ Residuos no renovables	0,5%	■ Otras renovables	0,9%
■ Turbinación bombeo	3,4%	■ Residuos renovables	0,1%



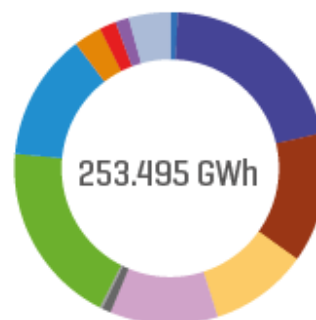
2-2 Espainian Instalaturako Potentzia Elektrikoa 2018an [REE-2019]

Portzentai hauek “Mix Elektrikoa”-renak dira, hau da, teknologia batek “Mix Elektrikoa” portzentai handi bat edukitzeak ez du esan nahi elektrizitate sorkuntza handiagoa izango duenik, potentzia instalatuaz gain, beste faktore batzuen menpe dagoelako sorkuntza.

Benetan sortu den elektrizitatea adierazten duten portzentaiak hurrengo grafikoan (“Zesta Elektrikoa”) ikusi daitezke.

Cobertura de la demanda eléctrica peninsular. Año 2018 (%)

■ Nuclear	20,6%	■ Eólica	19,0%
■ Carbón	13,5%	■ Hidráulica	13,2%
■ Ciclo combinado	10,2%	■ Solar fotovoltaica	2,9%
■ Cogeneración	11,2%	■ Solar térmica	1,7%
■ Residuos no renovables	0,9%	■ Otras renovables	1,4%
■ Turbinación bombeo ^(a)	0,8%	■ Residuos renovables	0,3%
		■ Saldo Importador de Intercambios Internacionales	4,3%



2-3 Eskaera Elektrikoaren Estaldura [REE-2019]

Grafiko hau kontuan hartuta, energia nuklearra (%20,6) erabilia sortzen da energia gehiena potentzia instalatuan (Mix Elektrikoa) %7,2 izan arren.

2.1.2 TEKNOLOGIEN BATAZBESTEKO FUNTZIONAMENDUA

Sorkuntza elektrikoko zentral ezberdinen erabilgarritasuna jakiteko metodo bat hauen “eguneroko batezbesteko funtzionamendu orduak” kalkulatzeko da. Potentzia eta energia bereiztu behar dira, kontzeptu ezberdinak direlako. Zentral batek sortzen duen energia, potentziaren eta funtzionamendu orduen menpe dago.

EKOIZTUTAKO ELEKTRIZITATEA = POTENTZIA INSTALATUA X FUNTZIONAMENDU ORDUAK

Espanian energia nuklearrak 7.098 miloi batioko potentzia instalatua du eta 52.2199GWh-ko energia ekoizten du. Beraz, ekoiztutako energia, potentzia instalatuagatik zatitzerakoan, energia nuklearrak potentzia maximora egindako lan orduak lortzen dira. Kalkuluak eginez energia nuklearrak 2018an potentzia maximora 7356 ordu egon zen lanean.

Egindako kalkulia instalatuta dauden beste energietan egiten bada, 2018an honela egin zuten lan (handienetik txikienera): nuklearra (7356 ordu), ikatza (3579 ordu) eolikoa (2088 ordu), hidraulikoa(1962 ordu), solar fotovoltaikoa (1657 ordu). Energia berriztagarrien lan ordu kopuru baxua faktore klimatikoen menpe dago eta hau aldatzeko gizakiak ezin du ezer egin, baina esanguratsua da energia nuklearrak beste energia motei ateratzen dien aldea. Teknologia hauen lan ordu kopuruen artean dagoen ezberdintasunaren zergatia ulertzeko teknologien fidagarritasuna aintzat hartu behar da.

2.1.3. ELEKTRIZITATE MOTAK: FIDAGARRIA ETA EZ FIDAGARRIA

Hasteko ekoizpen elektrikoa bi mota ezberdinetan banatzen dela jakin behar da, teknologia fidagarriak (baliabide elektrikoak segurtatzen dutenak) eta teknologia ez fidagarriak (baliabide elektrikoa segurtatu ezin dutenak).

Zentral nuklear baten batzaz-besteko lan ordu kopurua 8000 ordu izan daiteke hau egiteko ahalmen teknikoa duelako. Betalde, sorgailu eoliko baten batzaz-besteko lan ordu kopurua 2000 ordukoa da gaur egungo teknologia eta bere kokapen geografikoaren ondorioz lortu egin ahal duen maximoa delako.

Berdina gertatzen da energia solar fotovoltaikoarekin, bere lan ordu kopurua eguzkiaren menpe egongo da. Hidraulikoaren kasuan, bere ekoizpena prezipitazioen araberakoa izango da.

Hau da, teknologia hauen ekoizpena gizakiak kontrolatu ezin dituen faktore batzuen menpe dago, ezin dutelako baliabide elektrikoa ziurtatu eta ezin izango dutelako ziurtatu energia biltegitratze teknologia fidagarri bat sortu arte.

Beste alde batetik ziklo konbinatuko eta ikatz zentralak daude, geldialdi gabe lan egiteko kapazitatea dute eta benetan merkatuak zabaltzen edo baimentzen duen guztia ekoizten dute, ingurugiro eta energia berriztagarrien legeak egon arren.

2.1.4 MERKATU ELEKTRIKOAREN FUNTZIONAMENDUA

Estatuko merkatu elektrikoa oso konplexua da, ezaugarri ezberdinak dituzten hainbat merkatu txikiagoen batuketaren ondorioz sortzen da :

- 1- Eguneroko eta egunbarneko merkatuak
- 2- Sistemaren doikuntza zerbitzuak.
- 3- Epezko merkatua (CESUR)
 - a) Eguneroko merkatua eta egunbarnekoa
 - b) Sistemaren doikuntza zerbitzurako merkatua:
 - c) Epezko Merkatua

2.1.5 SEKTORE ENERGETIKOA ESPAINIAN

Hasteko Espainiako sektore energetikoaren azken urteotako laburpen global bat egingo da, horrela energiaren egoera ezagutzeko eta izan dituen aldaketak aztertzeko.(2016-2017-2018)

- Energiak orokorrean estatuan nagusitze joera bat jarraitu du 2015etik, 2018an %1,8 igoz aurreko urtearekin konparatuz. Bestalde, lehorde historiko baten ondorioz energi hidroelektriko baten jaitsiera handi bat ekarri du 2018an 2017koa kontuan hartuz(%49,1).Aipatzekoa da ikatzaren kontsumoak igoera handiena izan duela %28,1arekin, gas naturalak jarraituz %10,2.
- Energia berriztagarrien erabilerak azken 5 urteotako datu baxuenak izan ditu 2017an, bere ekoizpena murriztuz 2016tik (%40,3) 2017ra (33,7). Lehen aipatu denez izan den lehorde historikoak energia hidraulikoaren ekoizpena murriztu da eta honen ondorioz energia berriztagarrien erabilera portzentaia jaitsiz eta ondorioz erregai fosilak erabiltzen dituzten zentralen ekoizpen igoera bat izan da energia termikoaren erabilera portzentaia areagotuz.
- 2017an zehar energia finalaren %1,1eko igoera bat eman zen 2016koa kontuan hartuta. Urtarrilean antzeman zen prezio altuena, energia hidrauliko eta eolikoaren ekoizpen jaitsiera eta zentral nuklearren indisponibilitatea, gas eskaeraren igoera eta tenperatura baxuen ondorioz. Esan beharra dago 2016ko lehen hilabeteetan energia hidraulikoaren eta eolikoaren ekoizpen oso altu bat egon zela eta horrek prezioen jaitsiera esanguratsu bat ekarri zuela. Energiaren azken batezbesteko prezioa merkatu elektrikoan 60,6€/MWh izan zen 2017an, %25,1ko igoera izanez 2016ko prezioarekin alderatuz eta 2008tik egon den bigarren maximora helduz.
- Elektrizitatearen ekoizpena 2017an berriro igo egin zen, 2016ean %0,6 jaitsi eta gero eta mix elektrikoan aldaketa bat ekarri zuen. Energia hidroelektrikoaren ekoizpena 2016ko %13,25etik 2017ko %6,7ra pasatu zen. Beste alde batetik, ikatzaren erabilera igo egin zen %13,6tik %16,3ra eta gas naturala ere %19,2tik %22,9ra.
- Ekonomiaren ikuspuntutik, Barne Produktu Gordinean (BPG), aldaketa bat somatu da. Aurreko urtea kontuan hartuta %3,1 igo da eta hirugarren urtea %3ko edo gehiagoko igoera bat duena. Beraz, esan daiteke kontsumoaren igoera ekonomiaren hobekuntzari lotuta dagoela.

2.1.6 ENERGIA EZ BERRIZTAGARRIAK

Energia ez berriztagarriak kontsumitu ostean ordezkatu ezin diren haiek dira, hau da, erabili eta agortu ondoren denbora asko igaro behar da berriro erabiltzeko aukera izateko.

Erreserbak mugatuak dira eta erabilerarekin agortu egiten dira, energia ez berriztagarri nagusiak nuklearra eta erregai fosilak (petroleoa, gas naturala eta ikatza) dira.

2.1.6.1. ENERGIA NUKLEARRA

Estatuak ziklo energetiko osoa betetzeko gai diren instalazio nuklearrak ditu, zazpi erreaktore nuklear eraginkorrek: Almaraz I eta II, Ascó I eta II, Cofrentes, Trillo eta Vandellós. Hauetaz gain, erregai nuklearren fabrika bat Salamankan eta hondakin erreaktiboen metatze zentroak Cordoban.

2017ko abuztuaren 1ean Energia, Turismo eta Agenda Digitaleko delegaritzak argitaratu zuen Santa Maria de Garoñako zentralari ustiaketa baimena ukatu egiten ziola .

Potentzia instalatuaren %7,2 izanda, estatuan dauden zazpi erreaktore nuklearrek 52.22GWh ekoiztu dituzte, kontsumitu denaren %20,6 izanik Espainiako hornikuntza elektrikoaren oinarrietako bat da eta sektore elektrikoari estabilitatea ematen dio beti erabilgarri daudelako. Azken hamarkadan, energia nuklearrak kontsumitu denaren bosten bat ekoiztu du.

Espainiako parke nuklearraren karga faktore (Denbora tarte batean ekoiztu den energia elektrikoa eta denbora tarte berdinean potentzia nominalean lanean ekoiztuko litzatekenaren arteko erlazioa) % 86,66koa izan da 2017an eta eskuragarritasun faktorea %90,43koa izan da.

Espainiako zentral nuklearren kudeaketa proportzio ezberdinetan enpresa pribatu hauen menpe dago: Nuclenor, Endesa, Naturgas, Iberdrola eta HC Energia.

2.1.6.2 ERREGAI FOSILAK

Erregai fosilak egoera solidoan (ikatza) , likidoan (petroleoa) edo gaseosoan (gas natural) erabili daiteke. Duela urte asko bizi izan ziren izaki bizidunen metaketak dira eta denboraren poderioz fosilizatuak izan dira ikatza edo hidrokarburoak sortuz. Ikatza kasuan, baso eta toki zingiratsuetan eta petroleoa eta gasaren kasuan itsas ondoan, plankton masa handien metaketak. Kasu bietan materia organikoa deskonposatu egin zen partzialki oxigeno faltagatik eta temperatura , presio eta bakterio forma batzuen akzioengandik metatuta geratu ziren energia altuko loturekin.

Munduan, energia mota erabiliena erregai fosilak dira, bi erreserba motatan bereizten dira: “erreserba identifikatuak” esplotatuak izan ez arren eta “ erreserba probableak” etorkizun batean teknologia berriekin identifikatuak izan daitezkeenak. Kalkuluen arabera, petroleoa bakarrik erabilita 40 urtez hornitu daiteke planeta eta 200 urte baino gehiago ikatza bakarrik erabilita. Erregai fosilak ordezkatzeko ikasketak abian daude: Energia fisila (Nuklear eta ez berriztagarria), Energia berriztagarriak, Hidrogeno pilak edo Fusio Nuklearra.

2.1.6.3. IKATZA

Estatu mailan CO₂-aren ia %60 ikatzak produzitzen du. Ikatza zentralak 2017an 42.593GWh ekoiztu zituzten 2016ean baino %21 gehiago.

Igoera hau batez ere urtearen lehen zatian eman zen , apirilean eta maiatzean zentral hidroelektrikoen ekoizpenen beherakadarekin batera. Urtarrilean, apirilean eta ekainean ekoizpena bikoiztu egin zen eta maiatzean hirukoiztu 2016ko datuekin alderatuz. Ikatz zentralak 2017an hirugarren ekoizpen iturria izan dira 2,9 puntu igoz estatuko ekoizpen egituran.

2.1.6.4.PETROLEOA

Espainiar findegiek 66.825 Kt gordin eta lehengai destilatu zituzten 2017an, 2016an baino %1,7 gehiago. Petroleo inportazioak %9,4 igo ziren eta esportazioak %9,9 historiako maximoak lortuz (25.285 kt).

Espainiak egunero batz-beste 3000 upel ekoizten ditu gehienak Casablanca-ko petroleo-hobitik lortuak eta gutxi gora behera 100-150 upel Ayoluengoko hobian ekoizten dira.

2.1.6.5. GAS NATURALA

Gas naturalaren eskaera 350.870GWh-koa izan zen 2017an , %9,13eko igoera izanik 2016arekin ekartuz eta honen erabilerari esker 25.300kt CO2 emisio ekidin ziren. 2017an euri falta izan zela eta ziklo konbinatuetan gas eskaera igo egin zen %26,8an %17,2ko erabilerarekin eta zentral termikoek baino %25eko errendimendu hobea lortuz.

172.487 puntu berri konektatu ziren 2017an eta honi esker, gas naturala biztanleriaren %79 heltzen da honetaz gain, sektore industrialean gasaren erabilera ere igo egin da eta estatuan kontsumitzen den gasaren %62^a kontsumitu zuten 2017an.

Gas naturalaren inportazioak %6,9ko igoera izan zuten 389.291GWh ekoiztuz, igoera hau Perutik(+%96) eta Qatarretik(+34,7) datorren GNL-aren sarreren igoeraren ondorioz eman da. Beste alde batetik, esportazioak jaitsi egin ziren %27,7 batean.

2.1.7. ENERGIA BERRIZTAGARRIAK

Energiaren ekoizpenak, garraioak eta erabilerak ingurumenean inpaktu negatibo bat sortu arren, energia berriztagarriak naturak ematen dituen errekurtsu garbi eta agortezinak dira , ingurugiroan inpaktu nulo bat izanik.

Energia berriztagarriei esker enplegu berriak sortzen dira, estatuaren dependentsia energetikoa gutxitzen da , energia iturrien dibertsifikazioa areagotzen dute eta garapen teknologikoan garrantzi handikoak dira.

Azken urteotan mix elektrikoaren zati oso garrantzitsu bat bihurtu dira eta Europa mailan Alemaniarekin batera esan daiteke Espainia energia berriztagarrien materialen liderretariko bat dela. Oraindik bide luzea geratu arren, energia eolikoan eta fotovoltaiakoan aurrerapen handiak egin direla esan daiteke, EEUUko eta Txinako merkatuetara helduz.

Europar batasunak eta gobernuak zehaztutako helburuetariko bat 2020an energia finalaren %20-a energia berriztagarriek ekoiztua izan behar dela da eta gaur egun esan daiteke Espainiak oraindik ez duela %20 hori lortu, 2016aren amaieran %17,3an baitzegoen.

Gaur egun helburu hori lortu ez arren esan beharra dago Europar batasunaren arabera europar batasuneko kideen batezbestekoa %17 dela, beraz, Espainia batz bestekoaren gainetik aurkitzen da.

Ekoizpen elektrikoagatik sortutako CO2 emisioak 2017an igo egin dira, gehienbat energia berriztagarrien erabilerak beherapen bat izan duelako, 2017an 74,9 miloi tona emititu ziren 2016ean baino %17,9 gehiago.

Izan ere, aipagarria da igoera hau izan arren, emisioak orain dela 10 urte gaur egungoak baino %33 handiagoak zirela eta 2017an ekoiztutako energia elektrikoaren erdia baino gehiago teknologia garbiek ekoizti zutela (nuklearra eta berriztagarriak) Merkatu elektrikoa aztertzean atzeman daiteke eguneroko merkatuaren balioak eta energia berriztagarrien erabilerak erlazioa dutela, hau da, energia berriztagarrien erabilera baxuak eguneroko merkatuaren balioen igoera dakar. 2017an energia berriztagarri erabilienak eolikoa, hidraulikoa eta solar fotovoltaikoa izan ziren.

Produkzio eolikoa 47.498 GWh-koa izan zen, 2016an baino %0,4 handiagoa , batez ere urteko azken hiruhilekoan ekoiztutakoagatik, 2016ean ekoiztutakoa baino %44,2 gehiago ekoiztu baitzen.

Honetaz gain, eolikoa energia berriztagarri erabiliena izaten jarraitzen du, energia berriztagarri erabilien %56,9 izanik. Aurreko urteak ikusita aipagarria da mix elektrikoan hartzen ari den garrantzia azken urteotan produkzioaren %19,1 izanez bere aurretik energia nuklearra bakarrik egonda. Red Elektrikaren arabera , otsailaren 28an goizaldeko 3:45tan, energia eolikoak bakarrik energia elektrikoaren eskaeraren %60,7 bete zuen.

Produkzio hidraulikoa 2017an 18.361GWh-ra heldu zen, 2016ean baino %49,1 baxuagoa eta penintsulako egitura elektrikoari %7,4 gehitu zizkion bere aportazio baxuena izanik 2005etik. 2017an energia hidraulikoa seigarren energia iturri erabiliena izan zen jaitsiera handi bat suposatzen du honek, 2016ean hirugarrena izan baitzen penintsulako egitura elektrikoaren %14,5^a izanik.

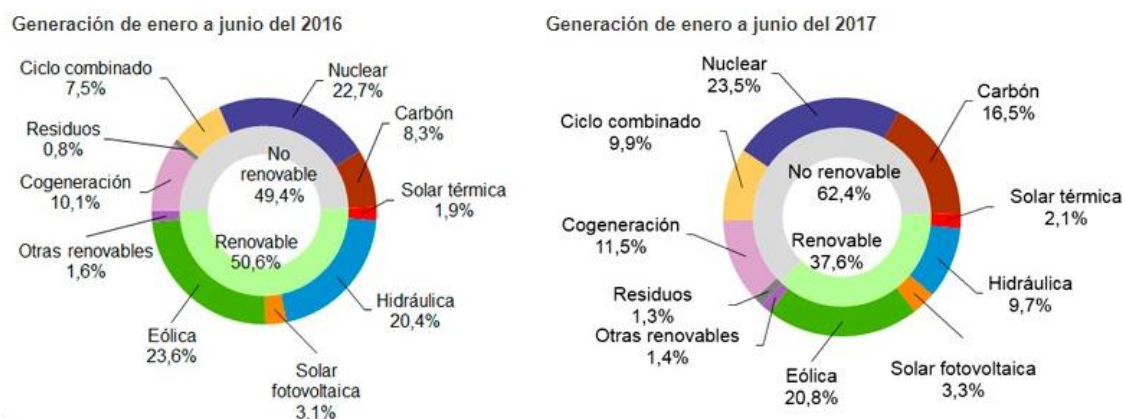
Energia hidraulikoaren ekoizpen baxuak 2017ko mix elektrikoan inpaktu zuzen bat izan du, erregai fosilak lehengaitzat dituzten instalazioen ekoizpena igoz, batez ere ziklo konbinatukoak eta ikatz plantak.

Instalazio solar fotovoltaikoek 2017an 7.988GWh ekoiztu zituzten %5,4ko igoera izanik aurreko urtearekin konparatuz eta penintsulako egitura elektrikoari %3,2 emanez.

Solar termikoaren kasuan, 5.346GWk ekoiztu ziren %5,5 igoera izanik eta %2,2 izan da penintsulako egitura elektrikoan. Eguzki teknologikoek 2017an urteko ekoizpenaren erregistro historikoak gainditu dituzte batak 2013ko 7.918GWh-ak gaindituz eta besteak 2015eko 5.085GWh-ak gaindituz.

Beste energia berriztagarrien (biogas, biomasa, itsas hidraulika eta geotermika) urteko produkzioak igo egin dira ere %5,5 igoz 2016arekin ekartuz eta penintsulako mix elektrikoan %1,5-eko pisua edukiz.

Espainia hamaseigarren postuan aurkitzen da energia berriztagarriek ekoiztutako elektrizitate totala kontuan hartuz, energia eolikoan eta solarrean sortutako energian postuak igoz, bostgarren eta laugarren postura hurrenez hurren.



2-4 Energia sorreraren konparaketa (2016-2017) [REE-2019]

2.1.8 ENERGIA BERRIZTAGARRIENTZAKO PLANA 2011-2020

Gaur egun energiaren hitz egitean 2020rako hiru helburu nagusi daudela esan daiteke europar batasun eta estatu mailan:

- “Negutegi Efektua” sortzen duten gasen emisioen %20aren murrizketa 1990ko datuak kontuan hartuz.
- Energia berriztagarriak %20 izatea.
- Efizientzia energetikoan %20ko igoera.

Espanian 2016an “Paquete de Invierno” izeneko proiektu bat argitaratu zen non helburu berriak definitu ziren 2030erako, gasen emisioak %40ra murriztea, energia berriztagarrien erabilera %27koa izatea eta efizientzia energetikoa %30erarte igotzea besteak beste.

Gobernuak aurreikusten du 2020rako energia berriztagarrien parte hartzea %22,7koa izango dela energia finalari dagokionez eta energia elektrikoaren ekoizpenaren %42,3a.

Superavit hau ikusita, energia berriztagarrien zuzendaritzatik, pentsatuta dago flexibilitate mekanismoetatik zehar transferentzia bat egitea defizita duten beste herrialde batzuetara.

Energia berriztagarrien aportazioa elektrizitatearen azken kontsumo gordinari estimatua dago 2020ean %22,7koa izatea, hau da, europar batasunak finkatutakoa baino 3 puntu gehiago. Produkzio energetikoan energia berriztagarrien parte hartzeari dagokionez, %42,3ra helduko dela aurreikusten da europar batasunak finkatutakoa ere gaindituz(%40).

Espaniako energia berriztagarrien plana (2011-2020) gaur egun lanketa prozesuan aurkitzen da beraz, aldakuntzak egon daitezke eta denboran zehar erreibisatua izaten da. Estatuaren 2020ko mapa energetikoa egiterako orduan, azken urteotako kontsumoaren eboluzioa, petroleoren balioaren aldaketa 90eko hamarkadarekin konparatuz, aurrezpen planen areagotze eta efizientzia energetikoa kontuan hartu dira.

Europar batzordeari bidalitako txostenaren ondorio printzipalak hauek dira:

- Lehen balioztapen batean oinarrituz, energia berriztagarrien aportazioa elektrizitatearen azken kontsumo gordinari %22,7koa izatea 2020ean.
- Bitarteko balioztapen batean, 2012ko energia berriztagarrien parte hartzea %15,5koa izatea eta 2016ean parte hartzea %18,8koa izatea. Balioztapen hauek ez ziren bete, baina aurreikuspen orientatiboen balioak gainditu egin ziren.
- Energia berriztagarri iturrien garapen handiagoa generazio elektrikoaren arloari dagokio, elektrizitatearen ekoizpen gordinaren %42,3ra helduz 2020ean.

2.2 EGUNGO EGOERATIK SMART GRIDETARA BIDEAN: TRANSIZIO ENERGETIKOA

Sistema elektrikoaren egungo egoera aztertu eta gero, argi ikus daiteke energia ez berriztagarriak nagusi direla oraindik. Beraz, azken urteotan nabarmen den berriztagarrien zabalpena bermatzeko, paradigma aldaketa bat behar da. Paradigma aldaketa hori sustatzen du Smart Grid kontzeptuak. Horregatik atal honetan zer diren, zertan datzan, zeintzuk dira euren helburuak, ezaugarriak eta onurak azalduko dira.

2.2.2. ZER DA SMART GRID-A ?

Definizio estandar bat existitu ez arren, Smart Grid-ak sustatzeko Europar plataformak, honela definitzen du Smart Grid:

“Modu inteligente batean lan egiten duen eta konektatuta dauden erabiltzaile guztien jokaera eta eraginak (hornitzaileak, kontsumitzaileak etab..) kudeatzeko gai den sare elektriko bat, hornikuntza elektriko seguru eta eraginkor banatzeko asmoz ikuspegi ekonomiko eta jasagarri batetik”. [Beatriz Blas -2014]

Sare elektriko inteligente honen funtsezko ezaugarria, bezeroaren eta enpresa elektrikoaren arteko informazioa eta elektrizitatearen norabide bikoitzeko fluxuan oinarritzen da.

Hau dela eta azpiegitura eta datuen komunikazio teknologia berriek garrantzi handia hartzen dute eta kontzeptu berriak sortzen dira, adibidez, kontadore inteligenteak.

2.2.3. SMART GRIDAREN HELBURUAK

Smart Griden helburua sare elektriko eraginkorrago eta fidagarriago baten garapenean datza, segurtasun eta kalitatezko hornikuntza bat lortuz aro digital berriaren baldintzak betez. [Martinez-2012]

Sare inteligenteekin lortzen den helburu nagusia puntu batean sistema elektrikoaren eta kontsumitzaile edo bezeroen interesak batzea da. Gakoa eboluzio prozesu iraunkor bat dela ulertzean datza da ez bat batean egiten den aldaketa teknologiko sinplea.

Sare honen diseinuaren helburuak hauek dira:

- Gaintentsioak antzemateko gai izatea eta elektrizitatea bide alternatiboetatik bideratzeko ahalmena izatea itzalaldiak saihesteko edo minimizatzeko. Sarea modu autonomo batean lan egitea da helburua, erabaki garrantzitsuak hartzea egoera konplexuetan eta beti kontsumitzaile eta konpainia elektrikoaren helburuak jarraituz.
- Smart Grida hondamendi naturalei, eraso fisikoei edo zibererasoei aurre egiteko gai izan behar da eta eguneroko jarduera ahalik eta arinen berreskuratzeko ahalmena izan behar du, horretarako arkitektura deszentralizatu bat eta protokolo seguruak erabiliz.
- Sarea eraginkorra izatea nahi da eskaera igoerei aurre egiteko azpiegitura berririk gehitu gabe. Adibidez, eskaera igoera bat dagoenean (aire girotua udan edo berogailua neguan) leku batetako energia soberakinarekin beste leku bateko eskaera asetzea. Gaur egun, parkeen antzera lan egiten duten zentralak erabiltzen dira normalean ikatza edo petroleoa erabiltzen dutenak, zaharkituak eta ingurugiroa gutxi zaintzen dutenak.
- Parke eolikoak eta ortu edo landetxe solarrak sarera gehitzea.
- Bezeroak zelan, noiz eta zenbat elektrizitate erabili nahi duen erabakitzeko ahalmena izatea honela bere aurrekontura moldatzeko, ingurugiroarekin konpromisua hartzeko etab...
- Hornitzen den energia elektrikoaren kalitatea hobetzea, tentsioaren igoera edo jaitsiera handiak eta etenaldiak saihestuz.
- “Berde”-agoa izatea, gaur egun funtsezkoa da ingurugiroa zaintzea eta erresponzabilitatea sozial bat sustatzea.

Smart Griden ekipo eta zerbitzu berritzaileak erabiliko dituzte, komunikazio, kontrol, monitorizazio eta auto-diagnostiko teknologia berriekin batera hurrengo helburuak betetzeko:

- Sarea sendotu eta automatizatu, sarearen funtzionamendua hobetuz, konexio kapazitatea hobetuz eta konexio kostuak txikituz.
- Energia berriztagarri iturri zonaldeen konexioa hobetu, instalazio txikiagoen funtzionamendua baimenduz eta sistema elektrikoan atxikituz.

- Aldizkako ekoizpenaren integrazioa eta biltegitratze teknologia berriak hobetu.
- Eskaeraren kudeaketa aktiboa kontsumitzaileek euren kontsumoa kontrolatzeko asmoz eta efizientzia energetikoa hobetuz.
- Ibilgailu elektrikoaren erabilera areagotu, sarean karga mugigarri hauen sarrera erraztuz, azpiegitura berri baten garapena txikituz eta ibilgailuek duten energia biltegitratze ahalmena baliatuz.

Sare elektriko inteligenteen oinarria “kontadore edo neurgailu inteligenteak” dira, energia ekoiztu edo kontsumitzen duten gailu guztiak identifikatzen dituzte eta telekomunikazioak eta informazio teknologikoak erabiliz, informazioa bidaltzen diote gailuen jabeari, elektrizitate ekoizleari eta banatzaileari.

Gailuen jabeak edota energia ekoizleak hauek itzali edo pizteko gai izango dira sarearen egoeraren eta elektrizitatearen balioaren arabera. Trafiko egoki eta sustagarri baten bidez erabiltzailearen erabilera alda daiteke eta beraz, CO2 emisio murrizketak eta inguruaren babesa lortu daiteke.

2.2.4. SMART GRIDAREN EZAUGARRI NAGUSIAK

Atal honetan gaur egun sistema elektrikoaren eta Smart Gridaren arteko ezberdintasunak aipatuko dira. Horretarako hurrengo taulan Smart Gridak izango lituzkeen ezaugarri nagusiak adieraziko dira, gaur egungo sare elektrikoarekin alderatuz.

2-1 Smart Gridaren Ezaugarriak [Blas-2014]

EZAUGARRIA	GAUR EGUNGO SARE ELEKTRIKOA	SMART GRID
Automatizazioa	Monitorizazio elementu gutxi, gehienak garraio sarean.	Sentsoreen erabilera ugari, neurketa teknologia berriak eta automatizazio eskemak sarearen maila guztietan.
Inteligentzia eta kontrola	Gaur egungo sareak ez du inteligentzia teknologiarik, eskuz kontrolatua.	Informazio eta distribuzio kudeaketa inteligente sistema baten ezarpena.
Autodoikuntza	Gailuen defentsan oinarritzen da sistemaren akatsa dagoenean.	Automatikoki antzeman eta erantzuten dio transmisio eta banaketa arazoei. Prebentzio lan batean oinarritua.
Kontsumitzailearen parte hartzea eta ekoizpen banaketa.	Kontsumitzaileek ez dute informaziorik eta ez dute sarean parte hartzen. Ez da energia lokala ekoizten beraz energiaren fluxua norabide bakarrekoa da.	Ekoizpen banatuaren gehikuntza handia, sare azkarraren bidezko koordinazioa. Erabiltzailearen parte hartzea energia lokalaren ondorioz sortutako gehiegizko energiaren bererabilpena.
Erasoen aurkako erresistentzia	Azpiegitura ahulak	Eraso eta hondamendi naturalen aurrean erantzun arina

Eskaeraren kudeaketa	Ez da existitzen gailu elektrikoaren erabileraren kudeaketa bat, egunaren edo sare elektrikoaren egoeraren arabera.	Etiketatu eta ekipo azkarren eransketa erabiltzaileen aldetik, eraginkortasun energetikoaren doikuntza erraztuz.
Kalitate elektrikoa	Hornikuntza eteteak bakarrik konpontzen dira, kalitate elektrikoaren arazoetaz ahaztuz.	Industria eta erabiltzailearentzako kalitatezko elektrizitatea. Kalitatearen identifikazio eta ebazpena teknikoak.
Ibilgailu elektrikoak	Duela gutxi hasi dira sarean karga puntuak jartzen, bakarrik ibilgailuen bateriak kargatzeko.	Zenbat eta ibilgailu elektriko gehiago egon azpiegitura berrien garapena handiagoa izan behar da eta etorkizunean ibilgailu bakoitza energia iturri mugigarri bat izatera heltzea da helburua.
Ekoizpen eta biltegiak aukera guztientzako edukiera	Ekoizpen instalazio handi gutxi. Baliabide energetiko sakabanatuak elkar lotzeko traba asko.	Generadore eta energia biltegiak gailu asko, ekoizpen instalazio handiak osatzeko. "Plug&Play" konexioak energia berriztagarrietara bideratua.
Garraio elektrikoaren optimizazio	Gaur egungo energia kantitate handiak galtzen dira garraio elektrikoaren eraginkortasun txikia dela eta.	Kontrol sistema azkarrak sistema elektrikoan lan egiten duten agenteen arteko zerbitzu harremanak hobetzeko eta sare elektrikoaren eraginkortasuna eraginkorki baliatzeko.
Merkatuen eraginkortasun	Handizkako salerosketa merkatuek lanean jarraitzen dute lan eredu hoberenak lortzeko asmoz. Ez da existitzen integrazio on bat. Transmisio arazoek saltzaileak eta bezeroak aldentzen dituzte.	Handizkako salerosketa merkatuen integrazio ona. Transmisio arazo eta mugaketa gutxi.
Ondasun osagarrien eta funtzionamendu eraginkorren optimizazioa	Datu operazio eta ondasun osagarrien kudeaketa minimoa. Denboran oinarritutako mantentze lanak.	Ondasun osagarriak kudeatzeko teknologien integrazioa. Sarearen egoeraren arabera oinarritutako mantentze lanak.

Aurreko taula laburbilduz, honako hau esan daiteke Smart Gridaren ezaugarriak buruz:

- Bezeroa kontutan eduki behar da: merkeagoa denean kontsumitzen du eta horretaz gain bezeroak energia ekoizle potentzialak bihurtzen dira.

- Efizientziak sarearen kudeaketa bideratzen du: Beharrezkoa den energia kantitatea ekoizten da eta eskaera modu zehatz eta eraginkorrean kudeatzen da.
- Sarearen konfigurazio arina: Energi hornikuntza kalitate altukoa eta fidagarria.
- Ekoizpen sakabanatuaren integrazio efikaz bat, iraunkortasuna bermatzeko.
- Aldakuntzetara moldaketa arina.
- Kudeaketa eta erabaki hartze deszentralizatu bat ahalbideratzen du.

2.2.5. ARRISKUAK ETA ERAGOZPENAK SMART GRIDAREN INTEGRAZIOAN.

Smart Grida ezartzeko arazo handienak horniketa handientzako fidagarritasuna ez bermatzea eta energiaren fluxu tradizionalen aldaketak eragin dezakeen “ikara” dira. Honetaz gain, erronka handi bat da eskaera elektrikoa, merkatuen prezioen eta eskaeren aurreikuspenean oinarrituta egongo delako. Beste alde batetik, sarearen fidagarritasuna, segurtasunak eta datuen protekzioa garrantzi handikoak izango dira, gainera, komunikazio sareak behar bezain handiak izan beharko dira. [Martinez-2012]

Beharrezko izango da merkatu elektrikoaren zabalera eta marko arauemaileraren flexibilizazioa, baita aurrezpen energetikorako kontzientziazko sozialerako politikak. Gaur egungo arauak eta erregulazioak ikusita, argi dago Smart Gridaren abiarazteari oztopo eta traba egiten dizkieten arau asko daudela, ziurrenik, konpainia elektrikoaren interes ekonomikoaren babeserako, orain arte ekoizpen, garraio eta kontsumoaren jaun eta jabe izan baitira.

- Jarraian integratzeko orduan aurkitu ahal diren oztopo nagusienak aipatuko dira:
- Heldutasun teknologikoa eta “First Mover” arriskua: Teknologi estandar eta helduen gabeziak inbertsio arriskua areagotzen dute eta egin diren proba piloto urrien emaitzak eta aurreikuspenak ez dira oso fidagarriak.
- “Business Case”: Inbertsio eta eragiketa lanen kostuak oso altuak dira eta lortu nahi diren mozkinak oraindik zenbakaitzak dira.
- Kontzientziazio falta: Erregulatzaileen aldetik, Smart Gridak energia berriztagarrietan, efizientzia energetikoan, CO2 emisioen murrizketan izango duten garrantzia ikusita eta sare elektrikoetan inbertsioa sustatzeko beharra.
- Arautegi eta Erregulazioa: Kasu batzuetan traba asko proiektuak aurrera eramateko eta beste batzuetan erraztasun gutxi inbertitzeko.
- Sarrera Finantzazio Iturrietara: Salerosketaren eredua aldatzen denean aktibitate kontrolatu baten arriskua areagotu egiten da eta finantzazio kostuak ere bai, honen ondorioz inbertsioen errentagarritasuna txikitu egiten da.

- Datuen pribatutasuna eta konfidentzialtasuna: Eskuragarri egongo den kontsumitzaile bakoitzaren datuen bolumena eta xehetasunak oso arriskutsua izan daiteke modu ez egoki batean erabiltzen bada.

2.2.6. SMART GRIDAREN ERAGIKETA LANAK ETA OSAKETA

Sare normal baten antzera Smart Grida ekoizleek, garraiatzaileek, banatzaileek eta kontsumitzaileek osatzen dute baina aldaketa txiki batekin, automatizazio maila handiko da eta kontsumitzaileekin batera neurgailu intelijenteak ezarriko dira eta hauen baturak sare elektriko intelijenteak bihotza osatuko dute.

Eskema berri honetan kontsumitzailea ekoizle mota bat izatera pasatzen da eta honen ondorioz “Prosumer” terminoa sortzen da. “Prosumer” baten ezaugarri nagusia energia berriztagarriari esker energia garbia ekoizten duela da, batez ere bere etxebizitzan instalatutako instalazioei esker.

Elektrizitate sareek ez dute aldaketarik izan azken 100 urteetan, gaur egungo sare elektrikoaren oinarritzko ideia erabiltzaileei une oro energia kantitate handiak helaraztea da, behar izana dagoen ala ez arduratu gabe. Gainera, norabide bakarreko erlazio bat da, kontsumitzaileak hartzaile pasiboak dira eta ezin dute etxeko-ekoizle bezala parte hartu.

Sare elektrikoaren beste desabantaila handi bat bere efizientzia energetiko baxua da eta erregai fosiletatik datorren energiak emititzen dituen CO₂ gasak. Efizientzia hau kasu hobereenetan %40ra heltzen da, hau da ekoiztutako 10 energia unitatetik kontsumitzaileari 4 heltzen dira, gainerako 6ak garraioan, transmisioan eta banaketan galtzen dira.

Esan daiteke 5 funtsezko teknologia behar direla Sare elektriko azkar bat sortzeko:

- Komunikazio integratuak, datu eta informazioaren norabide bikoitzeko fluxuaren kontrola ahalbideratuko dute.
- Neurketa teknologiak eta sentsoreak erantzun arinagoa emateko eta urrutiko kontrol hobetua edukitzeko, honi esker fakturazioa denbora errealean eta energia eskaera kudeatu ahal izango dira.
- Teknologia aurreratuko ekipak superkonduktibitatea, energia biltegitratzea eta energia elektronikoa ikertzeko.
- Sarean gerta daitekeen edozein jazoerari, diagnostiko eta erantzun arina emango dioten puntako osagarri edo gailuak.
- Interfaze eta euskarri informatiko hobetua kontsumitzaileari erabakiak hartzen lagunduko dizkietenak eta kontsumitzaileak euren sarearen jabe izatera laguntzen dutenak.

2.3 BANAKAKO ENERGIA BALIABIDEAK (BEB)

Gaur egungo sare elektrikoarentzat BEBen (Banakako energia baliabideak) sarrera onuragarria izango litzateke. Arazoa da ez dagoela BEBak finkatzeko plan bat eta “konektatu eta ahaztu” izenez ezagutzen den eredua arazoak sortzen hasi da. Lotura aleatorio hauek etorkizunean BEBen presentzia sare elektrikoan handitzeko kaltegarriak izan daitezke eta gaur egun ekoizten duten energia ez da eskaera asetzeko gai.

Hala ere etorkizuneko sare elektrikoak aldaketak jasan beharko ditu datozen erronka berriei aurre egiteko, eskaeraren igoeratik merkatuen irekitzera edo energia berriztagarrien integrazioa.

Erronka berri hauei aurre egiteko sare modelo berri baten beharra dago. Gaur egun garatzen ari den sare berri hau IKT (Informazio eta komunikazio teknologiak) azpiegitura paralelo batean eta automatizazio altu batean oinarritzen da (Smart Grid).

Etorkizuneko egoera honetan, BEBek energia konbentzionala ordezkatzeko dute eta eragingarria izango den energi iturri batean bihurtuko dira. Kontestu honetan zentral elektriko birtualek garrantzi handia izango dute. Tamaina txikiko eta banatuta dauden BEBak batu, kudeatu eta bistaratuko dituen sistema izango dela esan daiteke. Kontzeptu berri hau aurrera eramateko asmoz erraminta berriak garatu beharko dira. Hurrengo atalean sare elektrikoaren ezaugarria berri hauen funtzionamendua aztertuko da, gizarteari eskaini ahal dizkion onurak eta zerbitzuak azalduz.

2.3.1 BEB-EN INPAKTUA BANAKETA SAREAN

Azken urteotan elektrizitate sareak arazo ezberdinei aurre egin behar izan dio, eskaeraren igoera handia, merkatuen aldaketak, energia garbi eta errentagarriak...

BEB unitateek energi sisteman independienteki lan egiten dute edo banaketa sare tentsio baxu edo ertainera konektatuak, kontsumo puntutik gertu, energia motak garrantzirik izan gabe. Normalean DER-ak 10MW baino txikiagoko instalazioak izaten dira, batzuetan horrela izan ez arren. Energia berriztagarri eta kogenerazio unitate hauek sarera konektatzeak aldaketa handia dakar eta hauen integrazioak ikerketa eta aldaketak ekarriko ditu sare elektrikoaren operazio metodoan.

Sare elektrikoan aldaketa bat behar izan arren, frogatu da BEB kantitate handiak sarean ezartzeak arazoak eta operazio trabak ekarriko dituela. Normalean BEBak sarera konektatzen dira “konektatu eta ahaztu” eginez, honek banaketa sarean sortu dezakeen arazoa kontuan hartu gabe. Gainera, BEBa ez da kapaz ekoizpen konbentzionala eragingarritasunez ordezkatzeko, ezin ditu zerbitzu osagarriak eman. Hau batez ere, energia berriztagarrien ekoizketa kantitate gorabeheratsua eta aurreikuspen gabekoa delako da.

Askotan erregulazio arauak BEBaren integrazioa errazten dute ekoizleei sustagarri bat emanez, baina ez dira konturatzen energia injekzio honek sarearen lan prozesuan kalteak sortzen dituela. Erregulazio mota hauek kaltegarriak izan daitezke etorkizunean BEBaren integrazio handiago eta erabilpen optimo baterako.

Orain arte BEB kopuru txiki bat konektatua izan da sarera eta sare gehienak konexio hau kudeatzeko gai izan dira aparteko operazioak egin gabe eta gaur egun erabiltzen duten lan eredua erabiliz. Baina BEBaren barneratzea gutxika hasten doa eta

“konektatu eta ahaztu” metodoak ez du luzaro iraungo. Puntu honetara helduta, operazio prozesu eta erregulazio arazoek traba egiten diote BEBaren hedaturari eta ekoizpen mota honen lehiakortasunari eta ondorioz, energia ekoizpen konbentzionalak ordezkatzeko prozesuari.

BEBaren onugarritasuna, sarean izan ahal duen proiektzioa eta sortzen dituen abantailak nabariak direla ikusita, aurretik aipatutako arazoei irtenbideak topatzen hasiak dira. Gaur egun, arazo hauei aurre egiteko soluzio teknologikoak posible dira baina inbertsio handi bat eta integrazio plan bat behar da, erregulazio apropos bat ahaztu gabe.

Hurrengo sekzioan BEBaren sarrera bermatu eta honek energia konbentzionalak ordezkatzeko beharrezkoak diren prozesu eta entitateak azalduko dira

2.3.2. INTEGRAZIO ARAZOAK

Aurreko ataletan aipatu izan denez BEBak sarean arazo teknikoak sortzen ditu, sekzio honetan BEBen ondorioz sartu daitezkeen arazo esanguratsuenak deskribatuko dira.

Tentsio aldakuntza

Sare elektrikoaren tentsioa limite batzuen barruan egon behar da EN50160 europar legearen eta IEEE C84.1-ren arabera. Lege hauek tentsio sistemarentzat bi tarte definitzen dituzte.

A tarteak egoera normaletan mantendu behar den tentsio adierazten du eta B tarteak maiztasun gutxiz ematen diren tentsio desbiderapenentzako da. Desbiderapen bat emango balitz, neurriak hartu beharko lirateke tentsioak A tarte tentsio maila lortu dadin.

Orokorrean sistema operadoreek tarte hauek erabiltzen dituzte minimotzat tentsio desbiderapenek sarea honda ez dezaten eta sistemaren funtzionamendu txar bat ekiditeko.

Tentsioaren erregulazioa BEBa integratuz degrada edo hobe daiteke, beraz, BEBa erabiliz tentsioa moldatzeak tentsio laguntzaz ezagutzen da. Zoritxarrez, BEB guztiek ez dute inpaktu positibo bat izaten sarean eta normalean tentsio maila degradatzen dute.

Zerbitzu osagarrien banaketa

“Zerbitzu osagarriak sorkuntza hornitzaileak eroslearen energia elektrikoa transmititzeko beharrezkoak diren sorkuntza, transmisio eta kontroleko ekipoek emandako zerbitzuak dira. Zerbitzu hauek beharrezkoak dira Sistemaren Operadoreak bere erantzukizunak betetzeko, hots, elkarlotutako energia-sistemaren funtzionamendu segurua eta fidagarria. Lehiakortasunaren menpeko zerbitzuak eta derrigorrezko zerbitzuak barneratzen ditu” [EURELECTRIC - 2000]

Zerbitzu ohikoenak, tentsioaren kontrola, sareko energia-galeren optimizatzea, tokiko potentzia kalitatea, sarearen zaharberritzea, uharteko eragiketen gaitasuna (hornikuntza jarraitasuna), kongestioaren kudeaketa eta frekuentzia kontrola dira. [Triggianese - 2007], [Hirst - 1996].

Gainera, zerbitzu osagarri hauek bi kategoria nagusitan bana daitezke:

- Tokian burututako zerbitzu osagarriak, adibidez tentsioaren kontrola eta potentzia erreaktiboa, sareko potentzia galeren optimizazioa, tokiko energia-kalitatea, tokiko (banaketa-sarea) pilaketaren kudeaketa, irlan (saretik deskonektatuta) operatzeko gaitasuna.
- Sistema nazional edo nahiko handiak diren eskualdeetan emandako transmisio-sareak kontrolatzeko zerbitzu osagarriak edo zerbitzu osagarriak (adibidez, frekuentzia-kontrola, potentzia aktiboaren erreserba, sarea erreparatzea)

BEBek ezin dituzte zentral konbentzionalak ordezkatu, haien tamaina txikiaz gain, ezin dituzte zerbitzu osagarriak eskaini. Hau, BEBa sarera konektatzeko soilik arreta jarri delako da, sistemaren funtzionamendu eta garapen orokorrera integratu beharrean. BEBa konektatzeko uneko politika orokorra "konektatu eta ahaztu" ikuspegian oinarritzen da. Honek koherentzia bat du sare banaketa pasibo historikoaren funtzionamenduarekin, eta ondorioz inbertsio ez-eraginkorrak eta garestiak ematen dira azpiegituretan. Arazo horri aurre egiteko, BEBek energia konbentzional handiko zentralen erantzukizunak hartu behar dituzte eta malgutasuna eta kontrola (beharrezkoa da sarearen kudeaketa eta zerbitzu osagarriak) bermatu behar dute sistemaren operazio segurua onartzeko [Kafka - 2001], [Chuang - 2009].

2.3.3 EGUNGO EGOERA ETA ARAU OROKORRAK

Aipatutako arazo teknikoez gain, arau-orokor batzuk BEBaren normalizazioan kaltegarria izan dira. BEBa instalatuta dagoen herrialde bakoitzak arau desberdinak ditu, arazo hauetako batzuk komunak izan arren [Werner - 2008], [FENIX - 2006d].

- Eskariari eta banaketa-sareei lotuta dauden gastuek oraindik ez dituzte sarearen hornikuntza eta funtzionamenduaren kostuak isladatzen. Gainera, BEB-aren kokapen egokia eta BEBek eskaintzen duten malgutasuna ez dago ikusgai.
- Sareak nagusiki pasiboak dira oraindik. IKT teknologia berria aplikatzen da jabetza-kostua murrizteko eta zerbitzuen kalitate eskasa lortzeko zigorrak murrizteko. Hala ere, gaur egun sare aktiboaren kontzeptua urrun dago.
- Merkatuak ireki daitezke, baina sakabanatutako energia-baliabideen parte-hartzeak zailtasunak ditu oraindik. Likidezia eta gardentasun ezaren ondorioz, hornikuntza enpresa handiek ezarritako joerak dominanteak dira eta berritzeko pizgarri gutxi izan arren enpresa berritzaileak agregazio eta kudeaketa aktiboaren lanean jarraitzen dute.
- Laguntzeko mekanismoak zorrotz kontzentratzen dira iturri berriztagarri ohikoenetan, hala nola eolikoan eta eguzki energia, merkatuaren eta sareko ikuspegiaren erroka ezagunekin. Bien bitartean, eskaera hurbileko iturri malguak eta kontrolagarriak, hala nola, beroa eta kogenerazioaren, ekarpen orokorra handiagoa izan daitekeen arren, sarritan baztertuta daude. Gainera, sorkuntza berriztagarrien iturriak bideratzeko beharrezkoak diren prezioak ordaindu behar dituzten laguntza-mekanismoak malgutasuna eta berrikuntza sustatzen dituzte. Gehiegizko laguntza ematen zaie baliabidea ez eraginkorrei.

Eskaera eta hornikuntza mota ezberdinen parte hartzea falta da merkatuetan. Hau batez ere prezioen seinale eza eta datuen eta erantzun automatikoen mekanismorik ez dagoelako ematen da.

Hausnarketa honetatik ondoriozta daiteke BEBaren parte hartzea ahalbidetzeko, honako urrats hauek arautu behar direla [FENIX - 2006d]:

- Benetako datu gehiago merkatuan eta sarean eskuragarri egon behar dira. BEBaren metatze koordenatuak integrazio erraztuko luke. IKT sistemak ere hobetu beharko lirатеke, datu osagarri ugari modu eraginkorreetan eta eraginkorreetan kudeatzeko.
- Kostuak eta onurak benetan isladatu behar dira banatuta dauden energia-baliabideak pizteko eta ekonomikoki onuragarria den moduan konektatzeko eta funtzionatzeko. Horrek erronka garrantzitsua sortzen du, kostu-seinale simetrikoko hutsak agian ez baitituzte guztiz berreskuratu sareko jabeek egindako inbertsioak, batez ere ingurune dinamiko batean.
- Aktiboki kudeatutako sareek banatutako energia-baliabideak integratu beharko dituzte, konektatu eta ahaztu egin beharreetan. Aurrerapen batzuk egin badira ere, banaketa sistema independientearen operadorearen funtzioa zehaztea eta pizgarrien erregulazioa mugitzea, aktiboen errentagarritasunean oinarritutakoa baino, beharrezkoa da inplementazioa bultzatzeko. Funtsezko gai bat da, gaur egun, erregulatuzaileek kapital-gastu handiak onartzen dituzte zahartze aktiboak ordezkatzeko. Baliabide horien esleipen optimoa lortzeko seinaleak eta pizgarriak ematea zaila da.
- Merkatu ireki, likido eta gardenagoak beharrezkoak dira agente independienteak berritzeko eta sakabanatutako energia-baliabideak integratzeko. Merkatuan parte-hartzen dutenek prezioen ezarpena eta likidezia hobetzeko mekanismo berriak garatu ahal izango dituzte, beren kabuz, edo erregulatuzaileen laguntzarekin.
- Laguntza optimizatutako mekanismoak erabiltzen dira, BEBa ekonomikoki bideragarria dela ziurtatzeko. Hala ere, mekanismo horietako oso gutxi daude oraindik, lehian aritzeko, sare aktiboak errealitate bihurtzeko beharrezkoak diren malgutasuna eta bestelako zerbitzuak eskaintzeko. Laguntza optimizatua baliabideen esleipen eraginkorra sustatzen du eta onura orokorrak maximizatzen ditu.
- Eskatera eta biltegitratze sakabanatuak aktiboki parte har dezakete merkatuetan edo sareetan, datu errealekoak eta kostuen eta onurak isladatzen badira. Sareko kostu gehienak eta sorrera gaitasunaren balioa sistemaren puntako eskaeraren garaian kontsumitzen dira.

2.3.4 SARE AKTIBOAK

Gaur egungo sarearen azpiegitura zahartzen ari da eta instalazioen bizitza erabilgarria amaitzear dago. Era berean, sarearen kudeaketa eta funtzionamenduari arduratzen zen langile tekniko gehiena erretiratu hasi da. Honetaz gain, enpresa elektriko gehienek ez dute inbertsiorik lortu jarraipen plan bat eskaintzeko.

Hortaz, sistema osoan modernizazio garrantzitsu bat egin beharko da hurrengo hamarkadetan Sare Elektrikoa eguneratzeko. Automatizazio, monitorizazio eta kontrol teknologiak, potentzia elektronikaren eta IKT irtenbideen aplikazioek sare elektrikoaren garapenean lagunduko dute. Atal honetan sare aktiboen deskribapenak, herrialde desberdinetako sare horiek garatzeko eta inplementatzeko urrats estrategikoak aurkeztuko dira.

2.3.4 SMART GRIDAREN EZAUGARRIAK

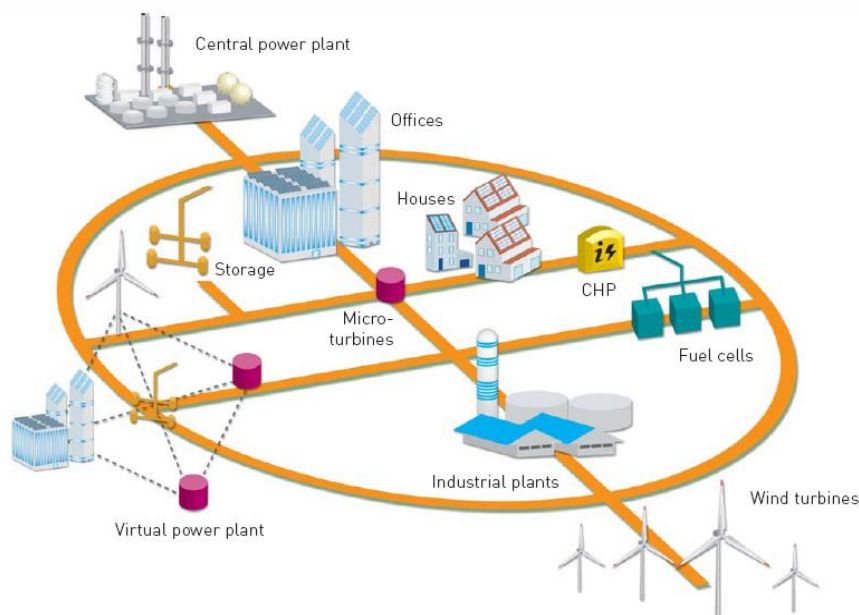
Aurretik aipatu dugun moduan, Smart Gridek zenbait funtzio burutu beharko dituzte eta, beraz, honako ezaugarriak aurkeztu beharko dituzte:

- Auto-sendaketa: Sarea bere arazoak eta akatsak konpontzeko gai izan beharko da. Kontrol eta monitorizazio arazoei aurrea hartzeko eta denbora errealean irtenbideak eman beharko dituzte. Horrela, hornikuntzaren kalitatean eta zerbitzuan etenak agertzen direnean kalteak saihestu edo gutxienez murriztuko dira.

Horretarako, Banaketa Kudeaketa Sistemak eta Mozketa Kudeaketa Sistemak (DMS / OMS) erabil daitezke. Sistema horiek baldintza kaltegarri eta ezegonkorrei denbora errealean erantzunak emateko gai dira eta denbora errealeko telemetria, funtzionaltasuna eta segurtasun integratua bermatzen dituzte eta, horrela, sarea "sendatzea" ahalbidetzen dute.

- Interaktiboa: bezeroak karga kudeatzeko gaitasuna dutenez bazkide bihurtzen dira eta aktore aktiboak dira beren energia-kontsumoan. Beraz, bezeroarekin bi norabideko komunikazioa eman behar da. Sistema seguru, fidagarri eta komunikazioen bermea ziurtatzeko, Neurgailu Egitura Aurreratua (AMI) garatu eta gauzatu behar da
- Segurua: sareak arrisku desberdinei aurre egin behar die; ingurumen kalteak, gizonen eragindako kalteak eta ziber-kalteak. Azken puntu hau garrantzitsua da automatizazio eta monitorizazio prozesuak datu-transmisioetan oinarritzen direlako, beraz, datuen komunikazio hau oso seguru izan behar da kanpoko erasoak ekiditeko [Metke - 2010].
- BEBaren euskarria: Sorkuntza banatua "plug and play" bihurtu behar da. BEB konexioa eta deskonexioa sarera automatikoa izango da eta ez dute trabarik sortuko sistema nagusian. Sarea arazorik gabe kudeatu daiteke. Hori posible egin ahal izateko, beharrezkoa da aplikazio informatikoak eta potentzia elektronikoko gailuak BEB kudeaketan erabiltzea, arazo horiek konpontzeko. 2. irudian erakusten da nola sorkuntza banatua Smart Griden integratu daitekeen [Abarrategui - 2009].

- Erabilerraztasuna eta eskariaren kudeaketa: Azken erabiltzaileak, bezeroak, kontsumitutako elektrizitatea kontrolatu ahal izango du. Sarea bezeroen lokalen domotikako sistemaren zati izango diren energia kudeatzeko sistemekin konektatuko da. Hortaz, azken erabiltzaileak zerbitzu hobea, adimentsua, ingurumenarekiko errespetua eta kostu txikia lortzen ditu. Interfazek ulertzeko eta kudeatzeko errazak izan behar dira [Vale - 2010].
- Kudeaketaren hobekuntza eta kostuen murrizketa: gaitzera eta potentzia-fluxuaren optimizazioa energia-galerak minimizatzen ditu. Banaketaren hobekuntzak eta kargak, eskualdeen arteko energia-fluxuak erabilia, sistema horren lehendik dauden ezaugarrien erabilera hobetuko da.
- Banaketa eta azpiestazioen automatizazioa: kontrol zentroen gainbegiratzea, banda zabaleko soluzioak eta monitorizazioa, baita modelizazio zentralizatu ere, beharrezkoak dira sistema inteligente txertatuak lortzeko. Datuen transmisioaren azpiegitura beharrezkoa da eta datu horiek informazio eta ezagutza bihurtu behar dira, software modernoaren bitartez, sarearen eskalako ereduak lortzeko. Lehendik dagoen azpiegitura erabili behar da eta balizko bateragarritasun arazoak kontuan hartu.
- Simulazioa eta Optimizazioa: Simuladoreak erabiltzea errendimendua hobetzeko eta larrialdietarako prestatzen lagundu dezake. Modelatzea ere garrantzitsua izango da sistema deszentralizatzeko, Sorkuntza Banatua aurkeztu eta prebentziorako erabiliko da [Salmani - 2009].



2-5 BEB integrazioa Smart Gridean [FENIX-2006]

2.3.5 SMART GRIDAREN TRESNAK

Smart Griden aipatutako ezaugarriak aurkeztu behar baditu, hainbat teknologia eta irtenbide integratu beharko ditu. Gaur egun teknologia horietako batzuk nahiko garatu dira eta sare elektrikora konektatuta egon behar dute bere egonkortasunari eragin gabe, eta beste batzuk oraindik garatu eta hobetu behar dira. Etorkizuneko

Smart Grid integratuko duten teknologia eta irtenbideetako batzuk, honako hauek dira [Hamidi - 2010]:

- Enpresa elektrikoek eta azken bezeroek komunikazioko lotura bidirekzionalak eduki behar dituzte. Neurketa automatikoen azpiegitura eta kontagailu automatiko irakurleek balio erantsiko zerbitzuak ahalmenduko dituzte eta bezeroak karga kudeaketan aktiboki parte hartu ahal izango du.
- Telekomunikazio loturak, hala nola, zuntz optikoa, mikrouhin loturak, satellite bidezko loturak eta sare elektrikoak, hala nola, Power Line Carrier (PLC) bezalako sare elektrikoak erabiltzen dituzten komunikazio-sistemak, lagungarriak izango dira horretarako. Horrez gain, erabilgarria izango da: sarearen ikuspegi orokorra, sistemak denbora errealean kudeatzea, utilitateen, bezeroen eta sistema korporatiboen arteko balio katea.

Gainera, igorpenen kudeaketaren ikuspegitik banaketa-sistemetan, Wide Area Monitoring (WAM) eta Wide Area Protection (WAP) sistemen funtzionamenduaren segurtasuna eta fidagarritasuna hobetu dezakete. Beren ezaugarri nagusiak hauek dira:

- WAP sistemek Phasor Measurement Units (PMU) bidez aukeratutako tentsioak, faseko angeluak, maiztasuna, potentzia errektiboa eta potentzia aktiboa neurtzen dituzte, hautatutako nodoetan instalatuta eta satellite bidez sinkronizatuta. PMU-ek beren informazioa bidaltzen dute ordenagailu zentral batera, erregulazioa, FACTS kontrola, potentzia aktibo eta errektiboaren birbidalketa, sare topologiaren aldaketa edo karga-isurketak.
- WAM da denbora errealeko segurtasun kalkuluetan oinarritutako operadoreak erabakiak hartzeko informazioa erabiltzen duena. Segurtasun kalkulu eta gaitasun horren berrikuntza beharrezkoa da, esate baterako: Estatuko Segurtasun Iraunkorrerako Ebaluazioa (SSA) eta Segurtasun Dinamikoaren Ebaluazioa (DSA).

Jarraian, Smart Grid kontzeptua hobetzen duten teknologia berritzaileak deskribatzen dira [Abarrategui-2009]:

Potentzia elektroniko gailua aurreratuak erabil daitezke eraginkortasuna eta hornidura kalitatea areagotzeko, motorren eta sorgailuen abiadura funtzionamendua aldatu ahal izateko. Gailu horiek HVDC lineak hedatzen lagundu dezakete, linea elektriko garraio gaitasuna handitzeko.

Banaketa sare aktiboaren kontzeptuari esker, sistema berriak, hala nola, mikrosareen kasuan, hobeto kudeatzeko aukera ematen du. Microgridak, beheko tentsioko sareak DG baliabideekin eta tokiko energia biltegitratzeko gailuak dituzte. Banaketa-sarera konektaturik funtzionatzen dute baina isolatuta ere funtzionatuko dute. Beraz, microgrid bat agregatutako karga edo sorgailu bakarra bezala ikus daiteke.

Zentral birtualak sorgailu banatuen konbinazioak dira, energia biltegitratzeko unitateak eta karga unitateak konbinatzen dituzte. Energiaren kudeaketa intelijentea, lineako monitorizazio eta kontrol sistemekin hornitzen bada, sistemako elementuen errendimendu egonkorra eta fidagarria bermatuko da eta konbinazio honek zentral tradizionalak bezala funtzionatuko du. Horrela, zentral tradizionalen jokaera fidagarria eta kontrolagarria erakusten du, sarearen potentzia eta funtzionamendu egonkorra bermatzen du, etekin ekonomikoak bultzatzen ditu eta

ingurumenaren onurak eskaintzen ditu.

2.3.6 SARE AKTIBOENTZAKO PLANTEAMENDU EZBERDINAK

Smart Grida errealitate bihurtzeko, herrialde ezberdinek estrategiak garatu dituzte eta plataformak sortu dituzte Smart Grida planifikatu eta diseinatzeko asmoz. Bi kasuetan, ikerketa ahaleginak sustatzea eta finantzatzea da programen zati garrantzitsuena.

Horrela, Europako Batzordeak Europako Smart Grid Plataforma Teknologikoa sortu du. Plataforma honen helburu nagusiak industriako eraginkortasuna hobetzea, energia-baliabide garbiagoak erabiltzea eta energiak munduko merkatuan lehiakorra izango den postu bat edukitzea da. EB-ren estrategia merkatuetara, kontzeptu teknikoei eta araudiari zuzenduta dago, sare malgu, eskuragarria, fidagarria eta ekonomikoa lortzeko. Europako Smart Grideko Plataforma Teknologikoak estrategia hori lortzeko urratsak definitu ditu [ETP - 2006]:

- Konponbide tekniko bat emateko gai izango den erremienta sortu.
- Ekipamendu berriak eta tradizionalak elkarrekin bizitzeko aukera izan dezaten interfazeren gaitasunak ezarri.
- Europako arau eta merkataritza esparruen harmonizazioa.
- Partekatutako arau teknikoak garatu sarbide irekia ziurtatzeko
- Informazio, informatika eta telekomunikazio sistemak garatu eraginkortasuna hobetzeko eta bezeroei balio erantsia eskaintzeko.

Beste alde batetik, Estatu Batuetako Smart Grid Group-ek antzeko hobekuntza programa proposatu du. Proposatutako programak hiru atal nagusi ditu:

- Hedatu eta azaldu Smart Grid kontzeptua, sare honen ikuspegiak eta ezaugarriak zehaztuz. Era berean, tokiko eta eskualdeko dimentsioko arazoak erakutsi beharko liriteke enpresa pribatuekin lankidetzan, Smart Grid kontzeptuak eskaintzen dituen gaitasunak eta aukerak erakusteko.
- Etorkizuneko sareak estandar nazionalak garatu behar ditu erregulazio agentzien bidez. Arau horiek sarearen hornidura segurtasuna, fidagarritasuna eta kalitatea bermatu behar dituzte.
- Teknologia inteligenteak sustatzeko funtsak ezarri beharko liriteke. Teknologia horien garapena hainbat milioi dolarreko kostua izango duenez, enpresa pribatuetatik eta erakunde publikoetatik datoz funts horiek.

2.4 ZENTRAL ELEKTRIKO BIRTUALAK (ZEB)

Sare aktiboaren eragile garrantzitsu bat Zentral Elektriko Birtuala (ZEB) izango da. ZEB BEB ezberdinen zorro malgu moduan definitzea posible da. ZEBek BEB askoren ahalmena batu ez ezik, funtzio berriak ere sortzen ditu, BEB bakoitzaren parametroen konposatu batetik. [FENIX - 2006c]

BEB bidezko integrazioaren ikuspegia, ZEB bidez, garraio-sarera konektaturiko energia konbentzionaleko zentral baten funtzionamenduaren antzekoa da (ikus

2.2.aren irudia). Sorkuntza zentral konbentzionalak ikusgai daude eta Garraio Sistema Operadoreari (GSO) zerbitzu osagarriak eskaintzen dizkiote. Beraz, sorkuntza zentral konbentzionalak merkatuaren jardueretan eta garraio sistemen kudeaketan parte hartzen dute.

Ikuspegi berri honen arabera, banaketa-sarearen kudeaketa ikuspegi pasibotik, aktibora aldatzen da. Banaketa-sareak garraio-sarearen eskualde-bertsio bihurtzen dira eta ZEBk BEBen kokapenaren ikusgarritasuna ematen du, banaketa-sistemaren operadorea (BSO) sareko BEB unitateekin zuzenean komunikatzea ahalbidetzen baitu. GSOrako, ZEBek energia konbentzionaleko zentral gisa funtzionatzen du [Abarrategui - 2009].

Horretarako, arkitektura teknikoa eta merkataritza eta arau esparrua kontzeptualizatu, diseinatu eta hauen baliozkotasuna frogatu behar da. Sistema horren arabera, agregazioan oinarritutako ZEB batek energia elektrikoaren sistema jasangarriagoa da eta segurtasuna eta kostua eta funtzionamenduaren eraginkortasuna bermatzen dituen irtenbide bat planteatzen du.

BEBa integrazioan oinarritutako ZEBen garapena merkatu elektrikoaren bilakaerarekin ere bat dator. BEBen ikusgarritasun handiagoa eta lehendik instalatutako gaitasuna erabiliz, sistemak kudeatzeko, rol berriak eta teknologiak sortzeko, BEBen parte-hartze eraginkorra ahalbidetzeko, merkaturaren garapen aukerak daude.

Garraio sarera konektatutako zentralek zenbait ezaugarri dituzte, esate baterako, sorkuntza-egutegia, sorkuntza-muga, funtzionamendu-kostuak eta abar. Profil horren arabera, planta bakoitzak beste merkatu-eragileekin elkarreragin dezake zuzenean zerbitzuak eskaintzeko eta kontratuak egiteko. Garraio sistemaren operadorearekin edo merkaturaren oinarritutako eragiketen bidez denbora errealean komunikatuz, garraio sarera konektatutako unitate sortzaile batek sistemaren kudeaketan lagun dezake.

Bestalde, bakarrik funtzionatzen dutenean, BEB askok ez dute nahikoa gaitasun, malgutasun edo kontrolik sistemaren kudeaketa eta merkaturaren oinarritutako jardueraren eraginkorrak edo teknikoki bideragarriak izateko. Hala eta guztiz ere, BEB talde bateko Zentral Elektriko Birtuala sortzearekin batera, arazo hauei aurre egin ahal zaie [FENIX - 2006c].

ZEB da normalean transmisio konektatutako sorgailuarekin lotutako parametroak (irteera programatua, arrapala tasak, tentsio erregulatzeko gaitasuna). Gainera, ZEBek eskaera kudeaketa unitateak ere izan ditzake. Modu horretan, eskaera prezioen elastikotasuna eta karga berreskuratzeko ereduak bezalako parametroak erabil daitezke ZEBaren karakterizaziorako. ZEB, bi parametro mota daude sortzailearen parametroak eta kargatutako parametroak.

Honako hauek sorgailuarekin erlazionaturako parametro gisa har daitezke:

- Ordutegia edo sorkuntza profila
- Sorkuntza muga
- Gutxieneko sorkuntza egonkorra
- Benetako eta gehiegizko edukiera
- Stand-by gaitasuna
- Potentzia aktiboa eta erreaktiboa
- Arrapala tasa
- Maiztasunari erantzuna
- Tentsioa erregulatzeko gaitasuna
- Falta maila

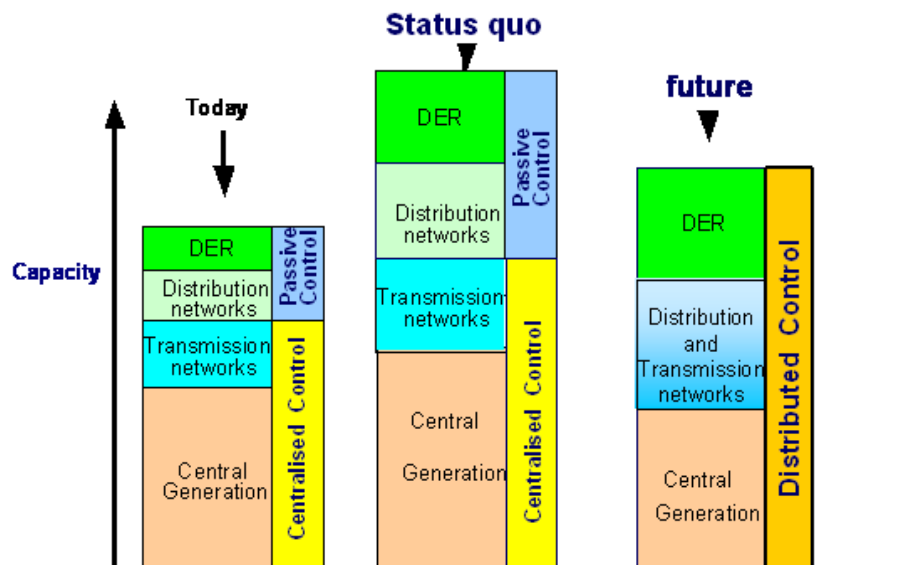
- Faltari eusteko gaitasuna
- Erregaiaren ezaugarriak
- Eraginkortasuna
- Funtzionamendu kostuen ezaugarriak

Kargarekin erlazioatutako parametroak hauek dira:

- Ordutegia eta kargaren profila.
- Kargaren flexibilitatea, elektrizitatearen prezioarekiko.
- Berriro planifikatu daitekeen gutxieneko eta gehieneko karga.
- Karga berreskuratzeko plana.

Gaur egun, European zehar hainbat sistema elektriko daude agente agregatzaileen ezaugarri batzuk aurkezten garatzen. Horrela, BEB maila baxuak elektrizitate merkatu batzuetan integratu dira eta ZEB rola sortzen hasi dira.

BEBen penetrazioa handitzen doan heinean, beharrezkoa izango da ZEB jardura teknika barneratzen duen sare integratzaileago bat lortzeko trantsizioa. Hots, BEB erabat integratzen duen sistema zentzu guztietan, sistemaren kudeaketa eta elektrizitatearen merkatuan parte-hartzea garatu beharko dira.



2-6 Eboluzio posibleak [FENIX -2006c]

5. irudian BEB integrazioa, banaketa eta garraioa sareen ahalmenen irudikapen eskematikoa eta gaur egungo sistemaren sorrera zentrala eta etorkizuneko garapena bi eszenatoki alternatiboren barruan agertzen dira, biak BEBak barneratuz. "Status quo" eszenatokia sistemaren garapena sistemaren funtzionamendua paradigma tradizionalaren azpian kokatzen du, gaur egun bezala kontrol zentralizatua eta banaketa pasiboak bereizten dituena. "Etorkizuna" eszenatoki alternatiboan sistemaren ahalmenak BEB eta eskariaren kudeaketa guztiz integratuta daude sistemaren operazio deszentralizatuko paradigma operatiboan, ZEB jardura komertzial eta teknika barne [FENIX -2006c].

"Status quo" izenburupean, BEB integrazio teknika izan gabe, BEBaren barneratze handiak ez du zentral konbentzionalak sortutako energia desplazatuko. Hori dela eta, ohiko sorkuntza beharrezkoa da sistemaren zerbitzu osagarriak eskaintzeko

(adibidez, karga jarraipena, maiztasuna eta tentsio erregulazioa, erreserbak ...) eta hauek sistemaren segurtasuna eta osotasuna mantentzeko beharrezkoak dira. Gainera, litekeena da BEBen proportzio garrantzitsua banaketa sareetara konektatzea, sare horien funtzionamendu pasiboa tradizionala eta kontrol zentralizatua mantenduz. Horrela, transmisio eta banaketa sareen ahalmenen gehikuntza beharko da, sistemaren kostu orokorrak handituz eta sistemaren eraginkortasuna murriztuz [FENIX - 2008].

Bestalde, BEB eta eskariaren kudeaketa sareko operazioan erabat integratuz, ZEB ikuspegia erabiliz, BEB eta eskariaren kudeaketa sistemaren laguntza zerbitzuak ematearen ardura hartuko du sorkuntza zentralaren eginkizuna bereganatuz. Kasu honetan, BEBek ohiko sorkuntzaren bidez sortutako energia desplazatu ahal izango du, zentralaren sorrera 2. irudian erakusten den moduan. Helburu hori lortzeko, praktika operatiboa pasibotik aldatu behar da. Era berean, beharrezkoa da kontrol zentralaren filosofia tradizioaletik banatutako kontrol paradigma berri batera aldatzea, eskariaren alboko kudeaketaren ekarpen garrantzitsua barne, sistemaren kontrol gaitasuna hobetzeko [FENIX - 2008].

BEBen integrazio osorako, ZEB komertzial eta teknikoaren bidezko trantsizio honek, sistemaren konplexutasuna eta sistemaren balioa areagotzea eragingo du. Adibidez, sare aktiboetarako trantsizioa egin ahala, esparru komertzialak, teknikoak eta arautzaileak martxan jartzen dira sistemaren funtzionamenduan BEBren parte hartzea ahalbidetzeko. Energiaren merkatuak eta merkatuko parte-hartzaileekin interakzioa konplexuagoa bihurtuko da. Horrela, hari lotutako araudiak, kontratu-antolamenduak eta fakturazio-baldintzak sistema osoan egokitu beharko dira BEB integratzeko eta transakzioen bolumenen gehikuntza nabarmenari aurre egiteko.

Hala ere, banatutako baliabide txikien kopuru handiei aurre egiteko beharrezkoa den konplexutasun gehikuntza honek BEBen benetako balioa ere areagotuko du.

Bestalde, kontuan hartuta ZEBa eredu ezberdinak dituzten hainbat teknologiaz osatuta egongo dela, ZEBaren ezaugarriak nabarmen alda daitezke. Gainera, ZEB bateko BEB unitateak banaketa sareko puntu desberdinetara konektatuta egongo direnez, sarearen ezaugarriek (sarearen topologia, inpedantziak, galerak eta mugak) ere izango dute eragina ZEB-aren definizio orokorrean.

Merkatuan parte-hartzea, eta sistemaren kudeaketa hau da, jarduera "komertzial" eta "teknikoa" bezala deskribatu daitezke, ZEB komertziala (ZEBK) eta ZEB teknikoa (ZEBT) [FENIX - 2008].

Agregatzaile komertziala energiaren merkatuetan dabil eta BEBei buruzko informazioa agregazio teknikora igortzeaz arduratzen da. BSO (ZEBT) sistema kudeaketa lanetan dihardu. Halaber, sare lokaleko mugak kudeatzea errazten du eta BEBen agregazio teknika egiten du garraio mailen arteko konexioetan. [FENIX - 2006c].

2.4.1 AGREGATZAILE KOMERTZIALA (CVPP)

Agregatzaile komertziala merkatu lehiakorreko aktorea izan daiteke, adibidez energia hornitzailea. BEB portfolio baten osaera ez dago kokapenagatik mugatuta, hau da, agregatzaile batek sare desberdinetan kokatutako BEB unitateak kudeatu ditzake. BEB unitate bakoitzak agregatzaile batekin negoziatuko du eta honen bidez energia eta sistemaren kudeaketa merkatuetan parte hartuko du. Agregatzaileak BEB portfolio jakin bat kudeatu eta gehituko du merkatu horietan parte hartzea

optimizatzeko. Banaketa sareko zonaldeak agregatzaile batek baino gehiagok okupatu dezake. BEB bakoitza libre da baldintza onuragarrienak eskaintzen dituen agregatzailea aukeratzeko. Testuinguru komertzial batean, ZEBak honako abantaila hauek eskaintzen ditu:

- BEBaren ikusgarritasuna energia merkatuetan
- BEB energia merkatuetan parte hartzea
- Merkatuetan BEBen parte hartzearen balioa handitzea

BEBren zorroa energiaren merkatuetan parte hartzeko erabil daiteke, garraio sarera konektatutako sorkuntza-plantaren modu berean. BEBrentzat, ikuspegi honek merkatuan eragiketa bakarrarekin lotutako desoreka arriskua murrizten du eta baliabideen aniztasuna eta agregazioaren bidez lortutako gaitasuna areagotzen ditu. BEBek merkatuko partaidetzan eskala handiko ekonomiak esperimendu ditzakete eta merkatuan parte-hartzeaz baliatu daiteke diru-sarreraren aukerak ahalik eta gehien aprobetxatzeko [Braun - 2009]. Handizkako merkatuetara mugariki gabeko sarbidea ahalbidetzen duten sistemetan, agregatzaileak sistemaren edozein kokapen geografikoan dauden BEBak banan ditzake faltan uen energia produkzioa ordezkatzeko. Hala ere, energia baliabideen kokapena kritikoa den merkatuetan, DER zorroa kokapen bereko BEBak erabiltzera mugatuko da (adibidez, banaketa sarearen gunea edo transmisio sarearen nodoa). Kasu horietan, agregatzaile batek BEB ordezkatu dezake hainbat kokapenetatik, baina baliabideen agregazioa kokalekuaren arabera gertatu behar da eta, ondorioz, BEB zorro multzoa kokapen geografikoak definitzen du.

BEB zorroaren errendimendua optimizatzearen ondorioz, handizkako merkatuetan jardura amaitzen den arabera agregatzaileak banatuko du kontratuaren egitarauari eta dagozkien eskaintzari eta kontuei (kostu marjinala) posizio hori, Banaketa Sistemako Operadoreari (BSO) egokitzeko.

Agregatzailea BEB unitate kopuru ezberdinekin osa daiteke eta banaketa sarearen zonalde batek ZEBK zorro ugari izan dezake. Eginkizun horretan merkatuaren hainbat eragilek hart dezakete parte, besteak beste, Energia Hornitzaileek, hirugarrenen independenteek edo merkatu berriko kideek. BEB unitateek aske dira nahi duten ZEBK-a aukeratzeko handizkako merkatuan parte hartzeko [Abarratetgui - 2009a].

2.4.2 FUNTZIO TEKNIKOAK (TVPP)

Sistema kudeatzeko zerbitzuak eskaintzen dituzten kokapen baldintzak direla eta, agregazioaren funtzionalitate teknikoak Banaketa Sistemaren Operadoreek (BSO) monopolizatzen dituzte, beharrezko tokiko sistemaren informazioa eskura dezakeen alderdi bakarra baitira. Zehazki, maila tekniko batean BEB agregazioa ahalbidetuko duten funtzionaltasun multzo bat dago, eta lana egiteko tresnarik onenak dituen alderdi interesduna BSOa da. Hori dela eta, banaketa-sareko eskualde bateko BEB guztiak sar daitezke eta, horrela, sareko irudi zehatza aurkeztu daiteke garraio-sistemarekin konexio puntuan, baita BEB bakoitzaren ekarpena kalkulatu ere, kokapena eta sarearen mugak kontuan hartu [FENIX - 2008].

BEB ustiapen-kostuaren parametroak (sare lokalean funtzionatzen duen agregatzaile komertzialaren bidez jasota) eta sareko ezagutza tokiko sistema kudeatzeko eta banaketa eta garraio sistemen arteko konexio puntuan sarearen ezaugarriak kalkulatzeko erabiliko dira.

Helburu hauek lortu behar dira:

- BEB sistemaren operadorearen ikusgarritasuna (baliteke BSO bat baino gehiagok parte hartzea, BEB unitateen kokapenaren arabera).
- BEB ekarpena sistema kudeatzeko jardueretan.
- BEB ahalmenaren erabilera ezin hobea, sistema orekatzea kostu txikienean eskainiz.

ZEB teknikoak BEB eta karga kontrolagarriak agregatzen ditu eta sareak eremu elektriko-geografiko bakarrean dituen sistema baten erantzun ezaugarriak, simulatzen ditu. Agregazio-hierarkia bat sor daiteke BEBen funtzionamendua sare lokaleko tentsio desberdinetako eskualdeetan sistematikoki karakterizatzeko, baina banaketa eta garraio sarearen arteko interfazeetarako ZEBTak sare lokal osoa ordezkatzen duen profil bakarra aurkezten du. Karakterizazio tekniko hau garraio sistemaren operadorearentzat, sorkuntza zentralak eta garraio sarearen arteko konexioaren karakterizazioaren baliokidea da [FENIX - 2008].

Banaketa operadoreak BEB bakoitzari buruzko informazioa behar du bere tokiko sarearen eskualdean, tokiko sarearen kudeaketa aktiboa eta sarearen agregazio teknikoak errazteko. Informazio hori merkataritza agregatzaileak BEBen izenean eman behar du. Hau da, garraio sarera konektatutako zentralak GSOri ematen dioten posizioen jakinarazpenaren parekoa da

Tokiko banaketa-sarean, BEB eragiketen posizioak, parametroak eta eskaintzak eta BSO bidez jasotako eskaintzak erabil daitezke BEBen ikusgarritasuna hobetzeko denbora errealean edo sareko kudeaketa denbora errealean laguntzeko, laguntza osagarriak planifikatzeko eta epe luzerako sareko plangintzari laguntzeko.

ZEBTek Garraio mailan BEB jarduera errazteko, BSO agregatzaile teknikoari dagozkion funtzionaltasunak erabiliz, sareko BEB bakoitzaren funtzionamendu posizioak, parametroak eta kostu datuak biltzen ditu sareko informazio zehatzarekin (topologia, mugaketa informazioa eta abar); tokiko sisteman BEB bakoitzak duen ekarpena kalkulatu du. BSOk sare lokala definitzen du garraio sistemarekin duen konexio puntuan, garraioarekin konektatutako zentralaren parametro berak erabiliz. Agregazio teknikoaren profil hori eta kostu marjinalaren kalkulua (tokiko sare osoaren ahalmenak islatzen dira) GSOk beste eskaintza eta eskaintza batzuekin batera transmisio konektatutako zentralekin batera ebalua ditzake, denbora errealean sistema orekatzeko.

Jarduera hau gauzatzeak sareko tokiko ezagutza eta sarea kontrolatzeko gaitasunak behar ditu. Normalean Banaketa Sistemaren Operadorea (BSO) kokatuko da eginkizun hori betetzeko. Agregazio teknikoaren gaitasun honekin, BSO rola eboluziona daiteke banaketa sarearen kudeaketa aktiboa egiteko, garraio sistemaren operadore baten antzeko lana eginez. BSO tokiko monopolioa izaten jarraituko du eta kudeaketa aktiboko erantzukizun osagarriak arautu beharreko jarduerak izan beharko lirateke.

BEB energia merkatuaren prozeduren integrazioaren gai teknikoak ezin dira erabilera anitzeko aplikazio bakarria bezala diseinatu, edozein egoerari eta xedeari aurre egiteko. Baina bai integrazioaren alderdi zehatz bat jorratzen duten aplikazio bideratuen bilduma gisa.

TVPP-rako helburu posible asko daude sareko automatizazio mailaren, banaketa sistemaren ahalmena eta funtzionamendu irizpideen arabera. Diseinu handienak eskura dezake baliabide eskuragarri guztiak balioztatze-prozesuan kudeatzea. Ildo horretatik, sarea automatikoki berriro konfiguratu daiteke bere diseinuan unitate jakin baten sorkuntza-potentziari aurre egiteko, beste alternatiba batzuk bilatu aurretik.

Beraz, BEB profil agregatua transmisio sistemari eskaintzeko, aktore komertzial eta teknikoa behar da. Badira argumentuak BSO rol hori hartu eta merkatuan zuzenean parte hartzeko, edo Merkataritza agregatzaileek transmisioaren merkatuaren interfaze bihurtzeko (balioztatutako proposamen komertzialekin) edo beste soluzio bat eragile berriek parte hartzea da.

2.4.3 ZEB ARKITEKTURA

Zentral birtual baten arkitekturak egitura konplexua eskatzen du. ZEBetan BEB unitateak, agregazio komertziala, Banaketa Sistemaren operadorea (BSO agregazio teknikoaren funtzionaltasunak), eta Garraio Sistemaren Eragilea (GSO) parte hartzen dute.

Hauetaz gain, merkataritza agregatzailea dago. Hala ere, BSOren Banaketa sistema kudeatzeko funtzionaltasunak hedatu behar dira eta tresna berriak garatu behar dira ekoizpen agregatuaren bideragarritasun teknikoa bermatzeko [FENIX - 2006a].

Egoera horretan, eragileen arteko harremanak zehaztu behar dira. Halaber, Smart Grid komunikazio eta kontrol azpiegitura beharrezkoa da. Eman beharreko zerbitzuen arabera, sarearen arkitektura eta komunikazioa alda daitezke. Eman beharreko zerbitzuak bi kategoriatan banatu daitezke:

- Potentzia trukea egun aurreko merkatuan.
- Zerbitzu osagarriak.

Kasu guztietan, jarduera nagusia energiaren handizkako merkatuan parte hartzea da. Zerbitzu osagarriak alda daitezke, besteak beste, hirugarren erreserba, tentsioaren erregulazioa potentzia errektiboaren kontrolaren bidez, etab. Hala ere, handizkako energiaren merkatuan parte hartzeko prozesu nagusiak alderdi interesdunen arteko harreman gehienak baldintzatzen ditu [FENIX -2008].

BEB bakoitzak komunikazioa bidirekzionala ahalbidetzen duten gailuak izan behar ditu. Alde batetik, potentzia aktiboa eta errektiboa kontrolatu eta ikusgai dago eta, bestetik, neurketak beharrezkoak direnean jasotzen dira. Horretarako neurgailu automatiko aurreratuak erabil daitezke. Horrez gain, BEB bakoitzak bere sorkuntzaren egutegia diseinatu behar du eta bere salmenta eskaintzak agregatzaileari pasatu. Prozesu hau ez da denbora errealean egin behar, beraz, web zerbitzari baten bidez egin daiteke.

Gainera, agregatzaileak ordezkatzeko dituen BEBekin komunikatzeko gai izan behar du. Horrela, BEB bakoitzaren produkzio egutegia jasotzen du. Lan hori garatu ahal izateko, agregatzaileak energiaren kudeaketa deszentralizatutako sistema bat (DEMS) hornitu behar du, bere zorroko BEBak kudeatzeko. Horrela, agregatzaileak merkatuko operadoreari egiten dio eskaintza. Saltzeko eta erosteko eskaintzak berdinu ondoren, merkatuko operadoreak merkatuaren emaitza agregatzaileari bidaltzen dio.

Merkatuaren garbiketa egin ondoren, agregatzaileak berriro erabiltzen du bere DEMS eskaintza desagregatu eta BEB unitate bakoitzari bere azken produkzio egutegiari buruzko informazioa komunikatzeko. Hori dela eta, agregatzaileak merkatuaren operadorearekin komunikatzen dira ohiko bideen bidez. Azkenik, agregatzaileak BSOekin ere komunikatu behar da. [FENIX - 2006a].

Merkatuaren konponbide irtenbidea GSOri eta dagokion BSOari jakinarazten zaio. Bestalde, aldez aurretik, agregatzaileak desagregatutako eskaintzak BSOran bidaltzen dizkio. BSOk eskaintza guztien balioztapen teknikoa egiten du eta balioztatze-emaizta agregatzaileari bidaltzen dio.

Balidazio teknikoa lortzeko, BSOk DMS software tresna multzo bat behar du emandako sorkuntza plana bideragarria den zehazteko. Horretarako, sareko parametroak, karga aurreikuspena, sorkuntzaren egitarauak eta aldatzeko plana kontuan hartzen dira. Karga-fluxuen ohiko kalkuluak tentsio nodalak eta adar-fluxuak kalkulatzeko ahalbidetzen du. Emaizta horiek kontuan hartuta, BSOk agregatzaileari bere unitateei buruzko balioztatze-emaiztak bidaltzen dizkio. BSOk prozedura ezberdinei erantzuteko software tresnak erabili beharko ditu. BEB zerbitzu osagarriak eman behar baditu, BSOak tresnak beharko ditu agregatzaileak bere portfolioko BEB unitateek mantendu behar dituzten potentzia aktibo eta erreaktiboak hornitzeko.

Horrez gain, merkatuaren planifikazioa kontuan hartuta, BSOk BEBen agregazio teknikoa egiten du eta eratorritako injekzio zenbatekoa GSOaren muga-nodoetan kalkulatu behar du. Agregazio hori GSOari bidaltzen da.

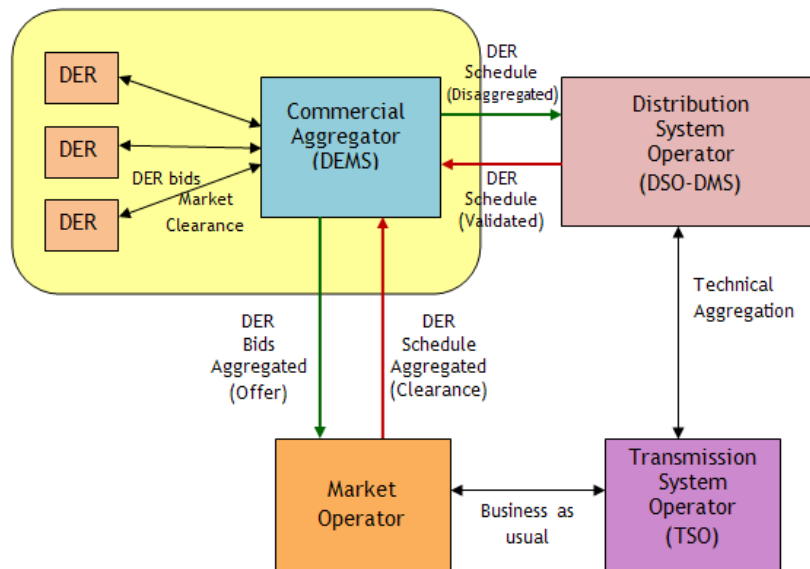
GSO-k balioztapen eskaintzak baztertu edo onartuko ditu bere merezimenduen zerrendaren arabera, n-1 irizpideak frogatuz, zerbitzuaren kalitatea ematen dela eta gainkargarik ez dagoen heinean. GSO balioztapen teknikoa merkatuko operadoreari jakinarazten zaio eta merkatu operatzaileak agregatzailearen eskura jartzen ditu bere unitate sortzaileei buruzko datuak [FENIX -2008].

Ohiko unitateen fakturazio-prozesua erregistratutako azken ordutegiak eta erregistratutako neurrien bidez ematen den zerbitzu eraginkorra konparatzean oinarritzen da. Agregatzaileari dagokionez, kontuan hartu behar da konprometitutako egutegiaren gaineko desbideratzeak arreta handiz egin behar direla zerbitzuaren izaera agregatua dela eta. Banakako unitateak banan-banan fakturatzen badira, horietako batzuek ordutegiko desbideratzeengatik zigorrak jaso ditzakete akats horiek beste BEBek konpentsatzen dituztenean.

Arkitektura honen bidez BEB kontrolatu eta koordinatu daiteke. Osagarriak diren zerbitzuak ematean, denbora errealean erreakzionatu behar dute agregatzaileek emandako zerbitzuak finkatzeko. Horrela posible da BSOn eskaerei erantzutea: eremu jakin batzuetako tentsioari eustea beren potentzia erreaktiboaren irteera aldatuz, potentzia-galerak gutxituz beren ekoizpen-ordutegia aldatuz, hirugarren mailako erreserba eta maiztasuneko kontrol zerbitzuak eman, etab.

BEBaren ikusgarritasuna eta kontrolagarritasuna izatean lortutako malgutasunak sarean izan dezakeen eragin negatiboa minimizatzen du, sareko oreka mantentzeko, zerbitzuaren kalitatea hobetzeko eta abar ere erabil daiteke. Harmonikoak eta flicker gisako arazoak egon litezke agregazioak konpondu ezin duen banatutako sorgailuen izaeratik. Hala ere, IKT azpiegiturak eta agregatzaileak zentralizatutako kontrol bakarra izatean, BSOk egindako funtzionalitate tekniko berrien laguntzarekin, BEB konbentzionalen arrakastaz lekuz aldatzea ahalbidetzen du energia hornidura

bermatzeko moduan, baita sistemaren egonkortasuna lortzeko beharrezkoak diren beste zerbitzu osagarriak ere [FENIX - 2008].



2-7 ZEB Arkitektura [FENIX - 2006b]

BEB portfolioaren malgutasuna handia bada erroreak konpentsatzeko aukera dago. Portfolio hori zenbat eta handiagoa izan, orduan eta malguagoa eta kudeatzeko zailagoa izango da.

Bestalde, kontuan hartu behar da zerbitzu horiek guztiak ordaindu behar direla. Negozio kasu interesgarri eta errentagarria egon behar du agregatzaileak merkatuan sartzeko, BEBrentzat ohikoa den negozioa baino zerbitzu eta erronka gehiago eskaintzeko eta BSOk tresna-kutxa berri bat ezar dezan eta agregatzailearen lana eta zerbitzu osagarriak entrega ditzan. [FENIX - 2006b]

Gainera, araudiak egokitu behar dira, interesdunen arteko harremanak, eskubideak eta erantzukizunak arautzeko dituen. BSO-rako tresna multzo bat ere garatu behar da. Azkenik, zerbitzu horien automatizazioa ahalbidetzen duten software tresna multzo batekin hobetu behar da BSOaren DMS sistema.

Tentsio kontrola

Banaketa sareetan tentsio kontrola arazo lokal bat da. Subestazio transformatzaile nagusien tentsio erreguladoreak eta sorgailuen potentzia errektiboa koordinatzen dituen BSOk kontrolatutako sistema zentralistak tentsio erregulazio dinamikoa izatea ahalbidetzen du, karga eta sorgailuen aldaketan araberak. Tentsioaren erregulazio berri honen bidez, banaketa kontrol sistemak karga baxuko aldietan gaintentsioak ekiditeko eta tentsioak saihesteko gai izango da karga altuko aldietan [FENIX - 2006b].

Sarearen potentzia galerak

BEBren kokapenik onena aukeratzea ez da beti posible, baina BEBen koordinazio egokia komunikazio sistemarekin BEBrentzat aukera bat izan daiteke banaketa sareetan Joule efektuaren ondorioz gertatzen diren galera elektrikoak gutxitzeko. Adibidez, potentzia fluxu optimoa erabiltzea funtzio objektiboaren irizpideak moldatuz potentzia aktibo eta erreaktiboaren zirkulazioa ahalik eta gehien murrizteko.

BEB agregazio erabiltzeak abantailak izan ditzake sarean potentzia erreaktiboko fluxuak ekiditeko. Alde batetik, tentsio jaitsiera gutxitzea da abantaila, eta, aldi berean, sorgailuak tentsio altuari eustea ahalbidetzen du. Bestalde, potentzia aktiboaren galeren balioa mugatzen du. [FENIX - 2006b].

Pilaketen kudeaketa

Transmisio-sisteman pilaketa-gaiak kudeatzeko esparru handia dago BEB agregatua erabiliz.

GSOrentzako elkarreragin berriak BEBen irteera agregatua erabiltzeko sareko mugak konpontzeko erabil litezke. Agregazioak BEB gaitasunen eta ahalmenen profila (kostu parametroak barne) aurkezten ditu eta horri esker, transmisio sistemaren sareko operadoreak, sareko pilaketa konpontzeko aukera ematen du eta DER anitzekin behar diren interakzio kopurua ere mugatzea, TVPP bidez lantzen baita.

Agregazioari esker, GSOk BEB gaitasuna BSO bidez sartzeko aukera ematen du, transmisio mailan ikusezina izango litzatekeen kongestioen kudeaketarako. Profila konektatutako transmisioaren sorreraren modu berean aurkezten denez, zerbitzu hornitzaile tradizionalekin batera ebaluatu daiteke eta eskuragarri dagoen zerbitzu ahalmena aintzat hartu daiteke, horrela sistemaren eraginkortasun orokorra hobetuz [FENIX - 2008].

2.4.4 BEB PRODUKZIO EGITARAUAREN BALIOZTAPEN TEKNIKOA

Aurreko azpiatalean deskribatutako osagarriak ez ezik, beharrezkoa da BSOk BEB bakoitzak proposatutako desagregatutako plangintza balioztatzea. Balidazio-prozesu hori potentzia-fluxuen azterketa automatizatuen bidez egin daiteke. Prozesu sinple honek unitate guztiek plangintzatutakoa bete dezaketen jakiten laguntzen du, eta bestela, zeintzuk kendu behar diren. Hau prezioaren arabera izan daiteke, hau da, ekoizpen garestiena kentzen da. [FENIX - 2008].

Hala ere, ahalik eta sorrera gehien onartzen saiatzeko aukera ere badago. Aukera hau aintzat hartuta, bi helburu bete daitezke:

- BEB barneratzea.
- Sareko galerak gutxitzea.

Horrela, karga profil jakin bat eta sorkuntza plangintza kontuan hartuta, sareko galerak gutxitzen badira, lineetako korrante emaria murriztu egiten da eta tentsio profila hobetzen da. Ondorioz, alde aurretik baztertuta egon daitezkeen BEB unitate batzuk integratu daitezke beren energia saltzeko eta hornitzeko. Horretarako, linea elektrikoaren birkonfigurazio kontzeptua erabil daiteke.

2.5 ONDORIOAK

Egungo potentzia sistema elektrikoaren eskakizunak poliki-poliki etorkizuneko potentzia-sistemek izan behar dituzten beharrak definitzen ari dira. Besteak beste, iraunkortasuna, BEBei laguntza, teknika tradizionalak eta modernoak ezartzeko elkarbizitza, merkatu irekiak eta energia biltegitratzea. Gainera, egungo instalazioak eta Power Network azpiegitura bere bizitza eraginkorraren bukaera heltzen ari da, eta horren zati handi bat aldatu beharko da.

Ekipamenduak automatizatu, maneiatu eta monitorizatzen dituzten teknologien garapena oso garrantzitsua izan da azken hamarkadetan. Horrela, litekeena da abiadura handiko komunikazioak, informazioaren teknologiak eta prozesuen gaitasuna erabiltzea, erabakiak hartzeko sistema azkar eta fidagarria sortzeko, sistemaren sarean gerta litezkeen istiluen iragartzea, prebenitu eta arintzeko gai izango dena.

Erronka berri hauen konponbidea elektrizitatearen, informazioaren eta telekomunikazioen teknologiak sarean sartzean aurki daiteke, automatizazio maila handiagoa lortzeko eta sistema eta teknologia desberdinak sare global batean integratzeko: Smart Grida.

Sare adimendun hau sare auto-sendagarria, interaktiboa, segurua, fidagarria eta malgua izan behar da. Ezaugarri hauetako Sarea lortzeko, beharrezkoa da teknologiak integratzea, ekipoak eguneratzea eta irtenbide tekniko berriak aurkitzea. Horrela, Smart Gridek honako hauek aurkeztuko ditu, besteak beste: Neurgailu Automatikoak, WAP eta WAM, Zentral Birtualak, Mikro-sareak, FACS, HVDC lineak, komunikazio-lotura sofistikuak eta datuak kudeatzeko, software sistema espezializatuak etab.

Gainera, Smart Griden ezaugarri nagusietako bat banatutako energia-baliabideak bermatzea eta laguntzea da. Gaur egun, BEB, "egokitu eta ahaztu" ikuspegiaren arabera konektatzen direnez, arazo operatiboak sortzen dira. Duela gutxi arte, horrek ez zuen operazio arazorik: BEB banaketa sarean sartuta zeuden eta tamaina txikia zela eta, uste zen banaketa sareak injekzioa "xurgatuko" zuela arazo handienik gabe.

BEBen kopurua hazten den neurrian, argi geratu da BEBen kantitate handiak dituzten sareen funtzionamendua zailagoa eta garestiagoa dela eta horrek BEBen hazkundera ere eragina duela. Hala ere, BEBak beharrezko irtenbidea izaten jarraitzen du gizartearen etorkizun energetikorako. Smart Gridek beharrezko tresnak, soluzioak eta banaketa sarea garatzeko eta BEBek integratzeko marko egokia eskaintzen ditu.

Gainera, BEB sistemarentzat ikusgai izan gabe jarraitzen du. Horrela, sorrera zentralizatuak sortutako energia desplazatzeko gai da baina ez bere gaitasuna desplazatzeko gai. Sistemaren kudeaketa aktiborik edo ordezkariarik gabe, BEBek ez dute sistemaren laguntza eta segurtasun jardueretarako behar den funtzionaltasunik. Beraz, sorkuntza zentralizatu ezin da ordezkatu zerbitzu hauek eman behar dituelako sarearen funtzionamendua bermatzeko.

Orduan, nola da posible BEB hori kudeatzea, sareko funtzionamenduan oztopo izan ez dadin?

BEB talde bat modu koordinatuan kudeatzen bada Banaketa Sistemaren Operadorearekin (BSO) sinkronizatuta, litekeena da agregazio hori ohiko zentral

baten modu berean funtzionatzea eta BSOren nahien arabera jokatzea, hau da, sarearen operazioan laguntzen edo, gutxienez, ez da operazioa zailtzen.

BEB agregazio horri zentral birtuala (ZEB) deritza, eta talde hori osatzen duten BEBek potentzia handia ematen badute, eskala handiko zentral birtuala (LSVPP). Bateratzean, BEB talde horiek sistemaren eta merkatuaren ikusgarritasuna, kontrolagarritasuna baliatuz garraio sarera konektatutako sorgailu baten antzeko eragina izango lukete. Gainera, sistemaren funtzionamendua hobeto daiteke, eskuragarri dagoen ahalmen guztia erabilita.

Eszenatoki horretan beharrezkoa da softwarea tresna multzo bat garatzea BSOk egin behar dituen zeregin teknikoak errazteko. Zeregin garrantzitsuenetako bat BEB unitateen produkzio plangintza balioztatzea da. Ekoizpen honek sarearen operazio baldintzak bete behar ditu eta, beraz, ordutegi guztiak ez dira sareko operazio seguru batekin bateragarriak.

Beraz ezinbestekoa da BSOk sareko potentzia galerak gutxitzeko eta BEB sustatzeko software tresna egokia garatzea. Hurrengo atalean, helburu hauek lortzeko erabil daitezkeen software tresnen inguruko azterketa egingo da.

3 GALERAK MINIMIZATZEKO TEKNIKAK

Zentral Birtualak martxan jartzeko, tresna eta metodologia aurreratu eta inteligenteak behar dira. BEBen presentzia maximizatzeko korrontearen intentsitatea lineetan minimizatu behar da. Horren efektu kolateralak da Joule efektuagatik galerak ere minimizatzen direla. Bibliografian galerak minimizatzeko hainbat metodo argitaratu dira.

Banaketa sistemak goi tentsioko transmisio sistemaren eta tentsio baxuko kontsumitzaileen arteko lotura eskaintzen du eta, beraz, sistema banatuan Joule efektuagatik (RI^2) sortzen diren galerak handiak dira tentsioa baxua eta korrontea handia direlako.

Banaketa-konpainiek sustagarri ekonomikoak erabiltzen dituzte beren sareetako galerak murrizteko. Beraz, galera errealak estandarrak baino handiagoak badira, Banaketa Sistema Operadoreak (BSO) ekonomikoki zigortzen dira edo kontrakoa gertatzen bada, irabazia lortzen dute. Galerak gutxitzeko arazoa ondo aztertutako gaia da eta aurreko ikuspegi guztiak bata bestearengandik aldatzen dira galerak gutxitzeko tresna hautaketagatik, eta hori dela eta arazoaren formulazioan edo arazoaren konponbide metodoak erabilia.

Transmisio eta banaketa sareen galerek energia elektrikoko sistemaren kontsumorik handiena suposatzen dute. Elektrizitatearen eskaera igoera eta ingurunearen mugak eta energia merkatuaren lehiakortasuna dela eta, transmisio eta banaketa sistemak gehiegizko karga baldintzetan funtzionatzen ari dira eta banaketa sistemaren galerak gero eta kezkarriagoak dira.

Potentzia onargarria eta efizientea eskaintzeko beharrak eta honetaz gain onura ekonomiko bat lortzeko posibilitateak, energi galeren murrizpen teknika berrien garapena sustatuko du.

Sareko galerak gutxitzearen ondorioetako bat, linea elektrikoetan zehar doan korrontearen intentsitatea gutxitzen dela da. Intentsitatea txikitzean BEBen presentzia eta kopurua banaketa sareetan igo daiteke linea elektrikoa gainkarga gabe.

[Abarrategui-2012] proposatu zuten, galeren minimizazioa erabil daiteke BEBen presentzia banaketa sareetan handitu eta kudeatzeko. Beraz, galeren minimizazioa proposatzen duten metodoak ZEBentzako tresna erabilgarriak dira.

Banaketa-sistemaren galera gutxitzeko eraginkortasuna hobetzea alternatiba bakarra da. Azken hiru hamarkadaz geroztik banaketa sistemetan ikerketa lerro galerak gutxitzeko eta tentsio erregulazioan oinarritu da, literaturan eskuragarri daude galera gutxitzeko metodo guztiak, baina oinarritzko hiru metodoak, besteak beste, kondentsadoreen kokapen, sare topologikoaren birkonfigurazioa eta BEBen kokapena dira.

Orain arte galerak gutxitzeko, sareak berriro konfiguratzeko edo potentzia erreaktiboaren bidez kondentsadoreen kokapena optimizatzerantz bideratu da. Hala ere, banaketa sare pasiboetatik aktibora eta BEB txertatzearen ondorioz izandako bilakaerak aukera berriak eskaintzen ditu.

Kapitulu honetan azken urteotan galerak gutxitzeko proposatu diren metodo garrantzitsuenak aztertuko ditugu.

3.1 KONDENTSADOREEN KOKAPENA

Atal honetan kondentsadoreen kokapen optimoari esker banaketa sarean eman daitezkeen galera murrizketei buruz dagoen ikerketa aurkeztuko da.

Elektrizitate-sistemetan kondentsadoreen aplikazioa honetarako erabil daiteke:

- Potentzia-fluxuaren kontrola.
- Egonkortasuna hobetzea.
- Tentsio profilararen kudeaketa.
- Potentzia faktoreen zuzenketa.
- Potentzia eta energia galera murriztea.

Kondentsadorea energia errektiboaren iturria da, linearen kargaren zati errektibo induktiboa murriztuz, errektoreen galerak murrizt ditzake, kondentsadoreak gehituz. Hainbat autoreek lan adierazgarria egin dute kondentsadoreen kokapen-teknikan tentsio-kontrolerako eta, ondoren, galerak gutxitzeko.

Teknika honen erronka nagusiak hauek dira:

- Kondentsadore unitate egoki baten aukeraketa
- Kondentsadoreen kokapena.
- Kondentsadoreen tamaina, beharrezkoa den emaitza lortzeko:
 - Galeren murrizketa
 - Tentsioaren erregulazioa
 - Potentzia fluxuaren kontrola

Karga aldatetari erantzunez potentzia errektiboa (VAr) aldatzearen abantailak ezagutzen dira 1940ko hamarkadatik. 50. hamarkadaren aurretik kondentsadoreak azpiestazioetan kokatzen ziren, baina 50. hamarkadatik aurrera kondentsadoreak banaketa primarioetako kargetatik gertuago instalatzeko joera handitu egin zen, muntai eta ekonomia irizpideei erantzunez.

Kondentsadoreen kokapen optimoari buruzko bibliografia ugaria da eta historian zehar hainbat autoreek euren iritzia eta usteak islatu dituzte hainbat bildumatan, honi buruz lan aipagarri bat egiteko informazio asko aurki daiteke, baina sarrera honen ostean kondentsadoreen kokapen optimoari buruzko hiru lan azalduko dira, ustez garrantzitsuenak edo lan honen helburura gehien hurbiltzen direnak hain zuzen.

Aipatuko diren egileak [Haghifam and Modares -2007], [Jong-Young Park-2009] eta [Eajal-2010] dira.

Lehenengo bien optimizazio teknika, algoritmo genetikoetan oinarritzen da. Informatika eta eragiketen ikerketetan, algoritmo genetikoa hautaketa naturalaren prozesuan inspiratutako metaheuristika da. Algoritmo genetikoak maiz erabiltzen dira optimizazio eta bilaketa arazoetarako kalitate handiko soluzioak sortzeko, bio-inspiratutako operadoreetan oinarrituz, hala nola mutazioa, gurutzadura eta hautaketa. John Hollandek algoritmo genetikoak sartu zituen 1960an Darwinen bilakaeraren teoriaren kontzeptuan oinarrituta; gero, bere ikasleak David E. Goldberg-ek GA-n luzatu zuen 1989an.

Azken egileak [Eajal-2010] partikula multzoen optimizazioa erabiltzen du, zientzia konputazionalan, Particle Swarm Optimizazio (PSO) konputazio-metodoak, arazoa optimizatzen du modu iteratiboan soluzio posibleak hobetzen saiatuz, soluzio

posibleen partikula deritzogu. Partikulak bilaketa espaziotik mugitzen dira arau matematiko batzuk jarraituz. Arau hauek partikulen posizioa eta abiadura erabiltzen dute soluzioa onena aurkitzeko. Partikulek posizio hobeak aurkitzen dituzten heinean, soluzio egokienetara eramango da.

3.1.1 HAGHIFAM AND MODARES - 2007

Banaketa-sistemen sare primarioetan eta bigarren mailako sareetan kondentsadoreak instalatzea energia-karga eta puntako karga gutxitzeko metodo eraginkorrenetakoa da. Gainera, elikagai puntuen tentsio-profila hobetzen da eta tentsio egonkorren egonkortasuna hobetzen da. Erronka nagusia kondentsadore finko eta aldakorren kokapen eta tamaina egokien zehaztea da. Sareko konfigurazioari dagokionez, karga elikadura puntuen artean banatzea, kargaren aldaera denboran zehar eta karga aurreikusteko ziurgabetasuna. Arazo konplexua konpontzeko, banaketa erradialeko sistemetan kondentsadore finko eta aldakorrek aldi berean esleitzeko metodo eraginkorra aurkezten da. Kostu funtzioan energiaren eta gailuaren karga-galera murriztea eta kondentsadorearen kostua k hartzen dira kontuan. Denboraren aldaera eta kargaren ziurgabetasuna arazo formulazioan ere parte hartzen dute. Bi errenkada kromosoma duen algoritmo genetikoa erabiltzen da optimizaziorako. Emaizta numerikoek proposatutako prozeduraren eraginkortasuna erakusten dute.

3.1.2 JONG YOUNG PARK - 2009

Lan honek banaketa-sistema batean kondentsadoreen instalazioa planifikatzeko metodoa proposatzen du, instalazio-kostuak murrizteko eta energia elektrikoaren galerak gutxitzeko. Pieza mugikorrek dituzten gailuetan eragindako eragiketa kopuruak gailu hauen bizi-iraupenean duen eragina kontutan hartzen du. Artikulu honetan, espero den gailuaren bizi-iraupenaren formulazioa jasotzen da eta gailuen funtzionamendu egoera egokia algoritmo genetikoa erabiliz zehazten da. Kondentsadorearen instalaziorako zenbaki eta kokapen optimoak funtzionamendu egoera optimoaren arabera zehazten dira. 69 buseko banaketa sistema baten simulazioan, proposatutako teknikak metodo konbentzionalak baino hobeto funtzionatzen duela erakusten da.

3.1.3 EAJAL - 2010

Banaketa sistemetan kondentsadoreen instalazioak kokapen eta neurketa ezin hobe behar du. Baina hauek harmoniko gehiago ari dira banaketa sisteman sartzen. Kondentsadoreak gehitzeak distortsio maila altuak ekar ditzake. Kondentsadorearen kokapen eta neurketa arazoa ez-lineala optimizazio arazo bat da, eta kondentsadoreen kokapenak eta balioak, balio diskretuak dira. Helburua potentzia galera errealean kostua eta kondentsadoreen kostua murriztea da, funtzionamendu eta potentzia kalitatearen mugak asetzen dituzten bitartean. Lan honek arazoa konpontzeko partikula multzoen optimizazioa (PSO) erabiltzea proposatzen du. PSOren bertsio diskretua, banaketa erradialaren potentzia fluxuaren algoritmoarekin (RDPF) konbinatzen da, PSO algoritmo hibridoa (HPSO) osatzeko. Lehen optimizatzaile global gisa erabiltzen da irtenbide optimo globala aurkitzeko, eta bigarrenak, berriz, funtzio objektiboa kalkulatzeko eta busen tentsioaren mugak egiaztatzeko balio du. Harmonikoen presentzia barneratzeko, garatutako HPSO potentziako fluxu harmonikoko algoritmoarekin (HPF) integratu zen. Proposatutako planteamendua (HPSO-HPF) oinarritutako IEEE 13 buseko banaketa erradialeko sisteman (13-Bus-RDS) probatu zen. Aurkikuntzek kondentsadore egokien kokapenean eta tamainan sartzeko beharra erakusten dute harmonikoekin lotutako arazo posibleak ekiditeko.

3.2 SAREAREN KONFIGURAZIOA

Atal honetan, galera murrizketarekin erlazionatutako argitalpenak biltzen dira, sareko konfigurazio orokorra tentsio baxuko banaketa sareetan aplikagarria izango delarik. Modelo ezin hobea da energia elektrikoa aurrezteko. Banaketa sistemak elkarri konektatutako zirkuitu erradialen multzoek osatzen dute, konfigurazioa aldatzeko eragiketen bidez alda daiteke kargak elikadura puntuen artean transferitzeko. Bi etengailu mota erabiltzen dira banaketa sistema primarioetan:

- Normalean itxita dauden etengailuak
- Normalean irekita dauden etengailuak (tie switches) ala lotura etengailuak.

Bi motak babesa eta konfigurazioa kudeatzeko diseinatuta daude. Sarearen konfigurazioa banaketa sistemen topologia aldatzeko prozesua da etengailu horien egoera irekia / itxia aldatuz. Sarearen birkonfigurazioa honetarako erabiltzen da:

- Zerbitzua zaharberritzea, berrezartzea, falta elektrikoak daudenean.
- Karga oreka:
 - o Sareetan gainkarga arindu eta tentsio profila hobetu.
- Mantentze lanak egitea.
- Galerak gutxitzea.

Etengailu aldaketa sareko konfigurazioan oinarritzko kontrol ekintza da. Aldaketarako eragiketa etengailua irekitako adar batean ixtea eta etengailua ixteko adar batean irekitzea da, sareko konfigurazio erradiala mantenduz. Hala ere, sistemaren aldaketarako soluzio asko dagoenez, arazo konplexua da elikaduraren konfigurazioa. Aldagaien balioen izaera diskretuak, optimizazio diskretu arazo baten bihurtzen du. Etengailuen baloreen izaera diskretuak eta erradialtasun-murrizketak optimizazio teknika klasikoak erabiltzea eragozten dute banaketa sarearen birkonfigurazioaren arazoa konpontzeko. Hori dela eta, literaturako algoritmo gehienak bilaketa heuristikoko tekniketan oinarritzen dira ikuspegi analitikoak edo ezagutzan oinarritutakoak erabiliz.

Birkonfigurazio prozesua kudeatzeko metodoaren arabera algoritmoak bi motatan sailka daitezke:

- Adar trukaketa mota: Sistemak konfigurazio erradial bideragarri batean funtzionatzen du eta algoritmoak hautagai etengailuak binaka ireki eta ixten ditu.
- Begizko ebaketa mota: Sistema guztiz saretuta dago eta algoritmoak etengailuak irekitzen ditu konfigurazio erradial bideragarria lortzeko.

Sarearen konfigurazioa lan honen oinarritzko teknika dela kontuan hartuz, teknika honi buruzko bibliografian aurki daitezkeen autore gehienek lanak azalduko dira hurrengo orrialdeetan.

3.2.1 MERLIN - 1975

Konfigurazio bidez banaketa sistemaren galerak murriztea Merlin eta Back-ek proposatu zuten 1975ean. Planteamendu nagusia sare batekin hasten da. Hasieran sareko etengailu guztiak itxiz eta gero etengailuak banaketa irekitzen dira sare erradial berri bat lortu arte. Erabilitako optimizazioa bilaketa zehatza egiteko teknika da eta oinarritzko printzipioa adar eta loturen metodoa (Branch and board). Emaiz modura azken sarearen konfigurazioa etengailuen hasierako egoerarekiko independentea dela eta soluzioa optimoa edo optimotik gertukoa direla esan daiteke.

Aspektu negatibo modura ez dira kontuan hartzen lineako ekipoek sortutako galerak, sareko tentsio angeluak mespretxagarriak dira eta metodoak hurbilketa dakar eta ez zehaztasuna.

3.2.2 SHIRMOHAMAMMADI - 1988

Egileek banaketa-sareak berriz konfiguratzeko metodo heuristikoa deskribatzen dute, lineako galerak funtzionamendu baldintza normaletan murrizteko. Proposatutako planteamendua irtenbide optimoaren edo ia optimoaren arteko konbergentzia da eta azken soluzioaren independentzia sareko etengailuen hasierako egoeratik. Galera gutxitzeko banaketa-sareen irtenbide eraginkorra lortzeko Pacific Gas and Electric Company-n garatutako konpentsazioan oinarritutako potentzia-fluxua teknika funtsezkoa da, aurkeztutako metodologiaren alderdi garrantzitsuak eta aplikazioaren emaitzak, banaketa sare errealistetan erabiltzeko. Proba-emaitz ugariak adierazi dute proposatutako teknika konputazio sendoa eta eraginkorra dela eta, beraz, egokia dela bai sarearen plangintzarako bai eragiketetarako.

3.2.3 CIVANLAR - 1989

Elikaduraren konfigurazioak banaketa-elikadura puntuen egitura topologikoak aldatzen direla definitzen du, sekuentziatzaileen eta irekitzeko etengailuen egoera irekiak / itxiak aldatuz. Eskema bat aurkezten da non hornitzailearen birkonfigurazioa erabiltzen den planifikazio edota denbora errealeko kontrol tresna gisa, galera murrizteko hornitzaile nagusia berregituratuz. Eskemaren oinarri matematikoa ematen da.

3.2.4 SARFI - 1996

Artikulu honetan proposatzen den algoritmoak lineako galerak gutxitzeko banaketa sistema berriro konfiguratzeko erraztasuna ematen du. Banaketa sarea karga busen taldez osatutako azpisistemetan zatitzea oinarritzat hartuta, nodoen taldeen arteko lerro-sekzioaren galerak gutxitu daitezzen, proposatutako metodoak aurrez deskribatutako birkonfigurazio teknikek ezarritako neurri murrizketak gainditzen ditu. Banaketa sarea bus taldeetan banatuz, birkonfigurazio arazoaren izaera konbinatzailea gainditzen da, aldi berean galerak gutxitzen diren bitartean. Proposatutako metodoaren ordenagailu simulazioek, algoritmoak eskaintzen dituen abantaila ugariak erakusten dituzte

3.2.5 JI YUAN FAN - 1996

Begizte bakarreko optimizazio (Single-loop) ikuspegiaren aplikazio arrakastatsuen berri eman da banaketa sarearen konfigurazio arazoa konpontzeko. Ikuspegi hau metodo heuristikoa intuitibo gisa proposatu zen. Artikulu honetan deskribapen analitikoa eta ikuspegi sistematikoa aztertzen saiatzen dira analisi kualitatiboaren bidez. Arazo ez-linealen optimizazio arazo gisa formulatzen du arazoa, linealizatuz gero, LP osoko (programazio lineala) arazo batengatik ordezkatuta egon liteke. Ulertze honek LP arazoak konpontzeko normalean erabiltzen den simplex metodoaren kontzeptua aplikatzea garrantzitsua. Horrek, era berean, begizta bakarreko optimizazioaren hurbilketa zuzena dakar. Gertaera honek adierazten du begizta bakarreko optimizazio ikuspegi simplex metodoaren printzipio tekniko berak duela. Artikulu honek eskema sinple eta eraginkorra aurkezten du etengailu-trukeak modu errazean zehazteko lineako gutxieneko galerak izateko, eta eskema heuristikoa proposatzen du etengabeko operazio txikien plan egokia garatzeko hasierako konfiguraziotik trantsizioa burutzeko.

3.2.6 TALESKI - 1997

Banaketa sareetako energia galerak murrizteko metodo berria aurkeztu da. Sare erradialen analisisira bideratutako elementuak ordenatzeko teknika ezagunetan eta algoritmoetan oinarritzen da, potentzia-fluxuen batuketa metodoa, karga-aldaketen irudikapen estatistikoa eta berriki garatutako energia-batuketa metodoa, energia-galerak kalkulatzeko. Metodo hauek, prozesu iteratiboa zuzentzeko garatutako arau heuristikoekin konbinatuta, energia galera gutxitzeko metodo eraginkorra, sendoa eta azkarra bihurtzen dute. Potentzia gutxitzeko metodoen alternatiba aurkezten du operazio eta plangintza helburuetarako.

3.2.7 KASHEM - 1998

Sare banaketa sistemen birkonfigurazioa konfigurazio kudeaketako eragiketa da. Hau aldatzeko eragiketak gutxieneko galeraren baldintza zehazten du. Sare neuronal artifizialan (ANN) oinarritutako sarearen birkonfigurazio metodoa garatu da sareko birfigurazio arazoa konpontzeko, banaketa sareetako potentzia galera errealak konpontzeko. ANNrako prestakuntza-multzoak P-Q etengabeko karga-ereduak aldatuz eta lineaz kanpoko sareko birfiguraziorako simulazioak eginez sortzen dira. Garatutako ANN ereduak geruza askotako pertzepzio sarean oinarritzen da eta prestakuntza hedapen algoritmoaren bidez egiten da. Prestatutako ANN modeloek sareko elikagai puntuen artean etengailu dinamikoen egoera egokiena zehazten dute. Honela, sareko konfigurazioaren bidez energia-galera errealak murrizten dira. Proposatutako ANN metodoa 16 bus proba sisteman aplikatzen da. Azterketen emaitzek adierazten dute garatutako ANN ereduak galera minimoen konfigurazio aldaketarako erabaki optimoen iragarpen zehatza eta azkarra eman dezaketela.

3.2.8 MCDERMOTT - 1999

Birkonfigurazioko algoritmo honen arabera, etengailu guztiak irekitzen dira eta pauso bakoitzean funtzio objektiboaren gutxieneko igoera lortzen duen etengailua ixten da. Funtzio objektiboa galeren gehikuntza zati hornitutako kargaren gehikuntza defini daitezke. Galera sinplifikatuen formula erabiltzen da soluzioen etengailuak bilatzeko, baina etenaldi bakoitzeko karga fluxu osoa galera eta mugatze informazio zehatza mantentzen da. Itzulketa atzera egiteak algoritmoaren bilaketa lausoak arintzen ditu. Algoritmo honek beste metodo batzuek baino denbora gehiago hartzen du ordenagailuan, baina mugak kontrolatzen ditu eta ekintza zehatzago kontrolatzen du. Sareko karga fluxua galerei muga txikiagoa emateko erabiltzen da. Artikuluan beste egile batzuek erabiltzen dituzten hainbat probetako sistemen emaitzak biltzen dira.

3.2.9 KASHEM MA - 2000

Sareen konfigurazioa galerak minimizatzeko banaketa-sistema bateko karga multzo jakin bateko potentzia-galerak gutxitzen dituzten aldaketarako aukerak zehaztean datza. Artikulu honetan metodo berri bat proposatzen da galerak gutxitzeko, banaketa sareak berriro konfiguratzeko algoritmo bat formulatuz. Teknika eraginkorra erabiltzen da etengailu konbinazioak zehazteko, etengailuen egoera hautatzeko eta etengailuen konbinazio egokiena aurkitzeko gutxieneko galera lortzeko. Proposatutako algoritmoaren lehenengo etapan, konmutazio konbinazio kopuru mugatu bat sortzen da eta konmutazio konbinazio onena zehazten da. Bigarren fasean, bilaketa zabala egiten da lehen fasean lortutako galerekin konparatuta gutxieneko galera sor dezakeen beste edozein konmutazio konbinazio

aurkitzeko. Proposatutako metodoa 33 buseko sistema berean probatu da eta proben emaitzek konputazio gutxirekin konfigurazio egokirako (edo ia optimoa) aukera egokiak zehazteko gai dela adierazten dute. Emaitzak lehenago jakinarazi diren metodo alderatu dira eta azterketa konparatiboa aurkezten da. Proposatutako metodoaren bidez, sistemako edozein karga-baldintzetan, konmutazio konfigurazio optimoa automatikoki identifika daiteke zentzuzko denbora konputazional baten barruan eta, beraz, metodoa modu eraginkorren erabil daiteke etengabe birkonfiguratzeko galerak murrizteko. Metodoa potentzia-sistemak planifikatzeko eta diseinatzeko erabil daiteke lotune-etengailuak kokatzeko banaketa-sareak ezarri aurretik eta adarretan etengailu gutxieneko kopurua eskainiz, instalazio eta aldatze kostuak murrizteko.

3.2.10 MARTINEZ RAMOS - 2001

Banaketa sistemetan sarearen birkonfigurazio arazoa konpontzeko teknika berria proposatzen da artikulu honetan. Helburua potentzia aktiboko galerak gutxitzea da, optimizazio prozesuan inolako karga fluxurik egin behar izan gabe, baina konfigurazio erradiala eta beste murrizketa errealistak ziurtatzea. Eredu linealizatua onartzen da eta sareko konektibitatearekin lotutako kontzeptu berriak sartzen dira.

3.2.11 JEON YOUNG JAE - 2002

Lan honek galerak gutxitzeko algoritmo eraginkorra aurkezten du eskala handiko banaketa sistemetan eten automatikoko eragiketa bat erabiliz. Simulatutako suberaketa (simulated annealing) bereziki egokia da konbinatoria handiko arazoetarako, bertako minimoak saihestu ditzakelako kostuen hobekuntzak onartuz. Hala ere, maiz hozteko egitarau esanguratsua eta estrategia berezi bat behar ditu. Soluzio egokiena aurkitzeko banaketa sistemen propietateaz baliatzen da. Artikulu honetan, kostu funtzioa handitzen da banaketa sistemen funtzionamendu egoerarekin, perturbazio mekanismoa hobetzen da sistemaren topologiarekin, eta hozkuntza denboraren planifikazio polinomiala erabiltzen da. Hau bilaketan zehar egindako kalkulu estatistikoen arabera da. Proposatutako metodologiaren baliozkotasuna eta eraginkortasuna Korea Electric Power Corporation (KEPCO)-en banaketa sisteman frogatuta dago.

3.2.12 AUGUGLIARIO - 2003

Artikulu honek gutxieneko galerak eragiteko banaketa erradialen sareen birkonfigurazio egokiaren arazoa jorratzen du. Lotura etengailuen egoera irekiaren kontrol-estrategia proposatua banatzen da, tentsio ertaineko (MV) edo tentsio baxuko (LV) nodo bakoitza aldagai lokal batzuekin kontrolatuta baitaude entitate gisa neurtuta. Halaber, sistemak ez du eragozten kontrol zentralizatuaren etorkizuneko ezarpena; izan ere, banaketa sistemen automatizazio osorako lehen pausoa izan daiteke. Proposatutako estrategia, maila hierarkikoetan antolatuta dago, eta horietako handiena etorkizunean kontrol zentrala izan daiteke. Sarearen konfigurazioaren arazo orokorra sartu ondoren, gaiaren inguruan dagoen egoeraren berrikuspenaren berri ematen da. Proposatutako tokiko kontrol estrategia azaltzen da. Honen zatien deskribapen zehatza azaltzen da, sistemaren hobekuntzarako neurri guztiei arreta handiaz jarritz. Hainbat simulazioen emaitzen berri ematen da, proposatutako tokiko kontrola, sistemaren funtzionamendu baldintzetan probatu ahal izateko.

3.2.13 CHING-TZONG SU - 2005

Ikerketa honek sareen konfigurazio metodo eraginkorra proposatzen du, potentzia galerak murrizteko eta tentsioaren profila hobetzeko, banaketa sistemarako eboluzio diferentzial hibrido (MIHDE) metodoaren bidez. Ikerketa honen bidez, karga transferentzia onuragarriak aitortu nahi dira, potentzia galerekin osatutako funtzio objektiboa gutxitu dadin eta agindutako tentsio mugak betetzeko. Proposatutako metodoarekin karga ereduaren arabera potentzia galerak murrizten dituen sistemaren topologia egokia zehazten da. Matematikoki, ikerketa honen arazoa MIHDEren aplikazioarekin ondo egokitzen den optimizazio konbinatzaileen arteko nahasketa da, denbora konputazional handiak behar dituelako.

3.2.14 SCHMIDT - 2005

Lan honek banaketa sare primarioetan etengailuen egoera (irekita edo itxita) aurkitzeko arazoa jorratzen du, galera osoak minimoa izan daitezzen. Erradialtasuna eta sistemaren murrizketak kontuan hartzen dira. Optimizazio arazo hau ez-lineala den optimizazio arazo bat da. Bertan, aldagai osoek etengailuen egoera adierazten dute eta aldagai jarraiek adarretan igarotzen den korronea adierazten dute. Newton metodo estandarra, adar korroneak kalkulatzeko erabiltzen da. Hori, era berean, lehenengo bilaketa simple gisa erabiltzen da. Lehen bilaketa onenak konponbidearen optimitatea bermatzen du ezin badu ere, aurkitutako soluzio azpimultzoen kalitateak eta prozesatze abiadura handiak erakargarri bihurtzen dute metodo hau.

3.2.15 GOLSHAN - 2006

Sorrera banatuaren, potentzia erreaktiboaren eta sare-konfigurazioaren elkarrekintzaren eraginak kontuan hartuta, BEB plangintzaren arazo zabalagoa aztertzen da. Aldibereko BEB iturri erreaktiboak eta sarearen konfigurazioaren plangintza definitzen dira. Arazo hau konpontzeko banaketa-sistema bateko busetan banatutako BEBak eta energia erreaktiboko iturriak zenbatzen dira, karga maila desberdinetan dituzten irteerak kontuan hartuta, tentsio erregulatzaileen posizioak eta etengailuen egoera, BEB jakin baten menpe dagoen energia-kostua, energia-galerak eta behar den potentzia erreaktiboa murrizteko. Zehaztutako plangintzaren arazoa konbinaziozkoa denez, konbinazio algoritmoa tabu bilaketan oinarritzen da, metodo metaheuristiko eraginkorra, konbinazio-optimizaziorako arazo bat konpontzeko da. Algoritmoan epe laburreko, tarteko eta luzeko memoria ugari sartu dira. Metodoa 33 bus eta 69 buseko banaketa erradialen sistemetan probatu da algoritmoaren funtzionamendua frogatzeko eta iturri horien irteera konstanteak edo kontrolagarriak diren jakiteko. Parametro batzuen eragina ikertuko da, esate baterako, BEBen tamainaren gaineko mugak (RPS) eta kontrol aldagai desberdinen influentzia sistema plangintzaren emaitzetan.

3.2.16 SITI - 2007

Banaketa-sarea banaketa-sistema automatizatu baten konfigurazio-funtzionamendu onenean funtziona dezan proposatu eta ikertu da. Kontuan izanik, hala ere, errendimendu optimoak gutxieneko galerak dakarrela, transformadore eta kableen gaitzagarri ez izatea, tentsioaren profil zuzena eta tentsioaren fasean eta korroneetan desorekak ez izatea, sareko konfigurazioa ez da nahikoa. Banaketa transformadoreen elikadura primario espezifikoa, egitura erradiala, fase dinamikoa eta karga orekatzeko hornitzaileen artean fasea berregiteko teknikekin osatu behar da. Lan honek beste teknika bat eskaintzen du banaketa-sare bateko tentsio baxuko eta erdi-tentsioko mailetan. Sare neuronalak sarearen birkonfigurazio arazoa

konpontzen duen bitartean, paper honek oreka mantentzeko eta galerak gutxitzeko arazoa lortzeko metodo heuristikoa aurkezten du. Algoritmo heuristikoa sare neuronalenarekin konbinatzeak emaitza sendoagoa dela erakusten du. Hemen planteatutakoa, konbinatutako arazoa denez, sare neuronalaren metodo heuristikorekin batera erabiltzen da. Horrek konfigurazio etengailu desberdinak itxi / ireki eta konektatutako kontsumitzaileak fase desberdinen artean aldatzeko, faseak orekatuta edukitzea ahalbidetzen du. Benetako datuak erabiliz, proposatutako metodoaren aplikazioaren adibidea aurkezten da.

3.2.17 CHUNG-FU CHANG - 2008

Lan honek, inurri kolonia bilaketa algoritmoaren (ACSA) banaketa sistemaren eragiketak aztertzea du helburu. Ikerketa honen helburua algoritmo berriak aurkeztea da banaketa sarearen birkonfigurazio optimoaren arazoa, kondentsadoreen kokapen optimoaren arazoa eta bien arteko konbinazio arazoa konpontzeko. ACSA nahiko optimizatutako adimen-metodo berria eta indartsua da, optimizazio-arazoak konpontzeko. Biztanleria oinarritutako ikuspegia da, feedback positiboaren esplorazioaren bilaketa erabiltzen duena. ACSA inurriek elikagai iturriak ibilbide paregabeak eratuz kokatzeko izaten duten jokaera naturaletik inspiratu da. Hori dela eta, eragile kooperatiboaren bilduma baten bidez, hornitzailearen birkonfigurazio eta kondentsadoreen kokapen arazoetarako irtenbide ia optimoa lor daiteke. Gainera, ACSA egoera-trantsizioa, tokiko feromona eguneratzeko eta feromona eguneratzeko arau globala aplikatzen ditu konputazioa errazteko. Biztanleria eragilearen aldibereko eragiketaren bidez, prozesuen geldialdia modu eraginkorrean saihestu daiteke. Optimizatutako gaitasun nabarmena dauka. Proposatutako planteamendua literaturako bi adibide sistema erabiliz frogatu da. Emaitza konputazionalek erakusten dute sarearen konfigurazioa eta kondentsadoreen kokapena aldi berean kontuan hartzea eraginkorragoa dela.

3.2.18 QUEIROZ AND LYRA - 2009

Potentzia banatzeko sareetan karga uneoro aldatu egiten da. Badirudi, beraz, galerak murrizteko ikuspegi egokia dela sareko birkonfigurazio arazoa konpontzea, sarearen konfigurazioa karga aldakuntza esanguratsu bakoitzera egokitzeko. Hala ere, konfigurazioan maiz egiten diren aldaketek etenak sor ditzakete edo iragankorrak izan daitezke hauek saihesten dira. Arazo honen formulazio berriek karga-aldakuntzak modu esplizituan hartzen ditu kontuan eta maiz konfigurazioak geldiaraztea proposatzen du, sareko topologiak aldaketarik gabe geratzeko direla aurreikusiz. Formulazio honen optimizazio arazoa handiagoa da sarean berriro konfiguratzeko erabiltzen dena baino; gainera, optimizaziorako ikuspegi berri bat behar du, energia-fluxuei aurre egiteko gai dena, behin-behineko potentzia-fluxuak baino. Lan honetan planteamendu bat proposatzen da: eskakizun berri hauek betetzen dituen algoritmo genetiko hibrido moldatzaile baten diseinua. Banaketa sistemen eboluzioa eta konputazio ebolutiboaren oinarritzko kontzeptuak aztertzen dira algoritmo berri hau garatzeko. Benetako kasuen aplikatu da eta honek metodoaren onurak frogatu ditu.

3.2.19 WU - 2010

Lan honek Ant Colony Algorithm-en (ACA) oinarritutako birfigurazio metodologia proposatzen du, banaketa sorgailu banatuen sare erradialen gutxieneko potentzia galera eta karga oreka lortzea helburu duena. 33 bus dituen banaketa sisteman Tai-Power 11,4 kV-ko banaketa sistema aukeratu zen konfigurazioa optimizatutako eta banaketa sistemen funtzionamendu optimoa konpontzeko proposatutako

metodologiaren eraginkortasuna erakusteko. Simulazioaren emaitzek erakutsi dute sistemaren galera txikiagoak eta karga oreka hobea lortuko direla sorkuntza banatuarekin (BEB) banatutako sistema batekin, BEBik ez duenarekin alderatuta. Gainera, simulazioaren emaitzek proposamenaren metodoaren erreferentziara egokitzen dira.

3.2.20 RAO - 2011

Banaketa elektrikoaren sarearen konfigurazioa, konbinazio optimizazio prozesu konplexua da, sistema eragilearen mugak asetzen dituen bitartean potentzia-galerak gutxitzen dituen egitura erradial bat aurkitzera zuzenduta. Artikulu honetan, harmoniaren bilaketa-algoritmoa (HSA) proposatzen da, sareko konfigurazio-arazoa konpontzeko, sarean etengailu-konbinazio egokiena lortzeko, gutxieneko galerak sortzeko. HSA berriki garatutako algoritmoa da, armonia egoera ezin hobea bilatzeko prozesu musikalarekin kontzeptualizatua. Ausazko bilaketa estokastikoa erabiltzen du gradiente bilaketa baten ordez, deribatuen informazio beharra kentzen duena. Simulazioak 33 eta 119 bus sistemetan egiten dira proposatutako algoritmoa balioztatzeko. Emaitzak literaturan eskuragarri dauden eta beste ikuspegi batzuekin alderatzen dira. Proposatutako metodoa beste metodoekin alderatuta, konponbidearen kalitateari dagokionez, oso ondo funtzionatzen duela ikusi da.

3.2.21 TAHER NIKNAM-2012

Lan honek algoritmo ebolutibo hibrido berri bat proposatzen du, Banaketa Sareen Konfigurazioaren arazoa (DFR) konpontzeko. Algoritmoa partikula multzoen lauso (fuzzy) optimizazio berria da (NFAPSO) eta Nelder - Mead simplex bilaketa metodoa (NM) konbinatzen ditu. Proposatutako algoritmoan, partikula multzoen optimizazio berri batek bi zati biltzen ditu. Lehenengo zatia Fuzzy Adaptive Binary Particle Swarm Optimization (FABPSO) da, giltz etengailuen egoera zehazten duena (irekia edo itxia) eta bigarren zatia Fuzzy Adaptive Discrete Particle Swarm Optimization (FADPSO) da, etengailuaren zenbakizko sekuentzia zehazten duena. Beste alde batetik, PSO binarioaren (BPSO) eta PSO (DPSO) algoritmo diskretuen emaitzak direla eta, beren parametroen baloreen arabekoak dira, hala nola inertiaren pisua eta ikasteko faktoreak, sistema lauso (fuzzy) bat erabiltzen da parametroak egokitzeko. Gainera, Nelder - Mead simplex bilaketa metodoa NFAPSO algoritmoarekin konbinatu da bere errendimendua hobetzeko. Azkenik, proposatutako algoritmoa bi banaketa probetako elikagaietan probatu da. Simulazioaren emaitzek erakusten dute proposatutako metodoa oso indartsua dela eta optimizazio globala lortzea bermatzen duela.

3.2.22 AKBAR BAYAT - 2013

Artikulu honek tentsio uniformeko banaketan oinarritutako algoritmo eraikitzailea (UVDA) izeneko metodo heuristikoa berri bat aurkezten du, bereziki eskala handiko banaketa sareak hobeto konfiguratzeko. Algoritmoak azpisare-sare bat zabaltzean du busaren gehieneko tentsioaren trazaduraren bidez eta honen arabera adarren (branch) trukaketa eragiketa bat egiten du. Aurkeztutako metodoa erakusteko, UVDA zorrotz azaldu da xehetasunez aztertutako 33 bus proba sistema erabiliz. Gainera, literaturatan eskuragarri dauden beste ikuspegi berriekin konparazioak egiten dira. Saiakuntzen emaitzek frogatzen dute proposatutako algoritmoak arrakastaz estaltzen duela sistema handientzako konfigurazio global optimo bat denbora gutxian

3.3 BEBen KOKAPENA

Atal honetan galerak murriztearekin erlazionatutako argitalpenak daude, BEBen kokapenaren bidez. Azken urteotan BEBen baneratzeta banaketa sistemetan azkar handitzen ari da munduko leku askotan. Lehendik dagoen erabilgarritasunean BEB integratzeak hainbat abantaila ekar ditzake, hala nola:

- Ingurumen-inpaktu murriztuak.
- Energiaren eraginkortasun orokorra.
- Transmisio eta banaketa sistemetan dauden pilaketan arintzea.
- Tentsioaren euskarria.
- Baliabide berriztagarrien ustiapena, esaterako, haize, eguzki, hidro, biomasa, geotermia eta ozeanoetako energia.
- Lineetako galeren murrizketa.

Banatutako sorgailuak oso onuragarriak dira galerak gutxitzeko beste metodoekin alderatuta.

Sarean BEBen presentzia etengabe hazteko arrazoi nagusiak hauek dira:

- Ingurumenari buruzko kezkek
- Transmisio eta banaketa lerro berriak eraikitze mugak
- Aurrerapen teknologikoak sorgailu txikietan
- Elektronika potentzia eta energia gordetzeko gailuetan teknologiaren garapena.
- Energia-iturri berriztagarrietan oinarritutako teknologia "berdeak" sustatzeko desio publikoa.

Gainera, BEBen banaketa okerrak edo tamainak sisteman eragin dezakeela ikus daiteke. BEBren gorakadari esker, sarearen arketipoak sareko funtzionamendurako oinarria izan den sistema zentralizatu tradizionaletatik aldentzen ari da. Motaren arabera, BEBek eragin positiboak eta negatiboak izan ditzake banaketa sareetan.

Hortaz, BEB plangintza arazok arreta handia jaso dute berriki, energia sortzeko teknologiaren etekina ahalik eta gehien lortzeko. Hurrengo orrialdeetan BEBaren bi autoreen lanak azalduko dira beharbada ez dira garrantzitsuenak baina biointeligentzian oinarritutako metodo metaheuristikoak erabiltzen dituzte optimizazioarekiko.

3.3.1 MITHULANANTHAN - 2004

Artikulu honek algoritmo genetikoan oinarritutako BEBen sortzaileen kokapen-teknika aurkezten du banaketa-sisteman, sistemako potentzia galera osoak minimizatzeko. Tamaina eta kokapen optimoak algoritmo genetikoko tresna-kutxatik irteera gisa lortzen dira. Emaitzak banaketa-sistemako karga-fluxua banatzeko potentzia-fluxu analitiko ezagunak erabiliz egiaztatzen dira. Dokumentuak, halaber, sistemaren galerak minimizatzeko tamaina egokia eta kokapen egokia hautatzearen garrantzia nabarmentzen du.

3.3.2 AKOREDE - 2011

BEB unitateak kokapen okerretan jartzeak potentzia galtzea areagotzeaz gain, sistemaren funtzionamendua arriskuan jarriko luke. Eszenatoki horiek saihesteko eta optimizazio arazo honi aurre egiteko, ikerketa honek Banaketa Sistemaren

Operadoreak (BSO) gidatzeko metodo eraginkorra proposatzen du beren iturrien sistemetan BEBen tamaina eta kokapen egokiak zehazteko. Planteamenduak, sistemaren mugak kontuan hartuta, sistema kargatzeko marjina maximizatzen du, baita BSOn etekina planifikazio aldian zehar. Funtzio objektibo horiek helburu anitzeko funtzio bakarrean bihurtu eta gero, algoritmo genetikoa (GA) erabiliz konpondu egiten dira. GAn, kontroladore lausoak (fuzzy) gurutzadura eta mutazio tasak dinamikoki egokitzeko erabiltzen dira, GAren funtzionamenduan biztanleen aniztasun egokia (PD) mantentzeko. Horrek algoritmo genetiko sinplearen (SGA) konbergentzia goiztiarreko arazoa gaintzen du. Proposatutako metodoarekin IEEE 6 bus eta 30 bus sistemetan lortutako emaitzak sareko bilaketa algoritmo klasikoaren simulazio emaitzekin ebaluatzen dira. Horren sendotasuna eta zehaztasuna berresten dira. Azterketa honek BEBren bideragarritasun ekonomiko ere erakusten du azpiestazio eta hornitzaileen instalazio berritzeari dagokionez, karga gehigarria zerbitzatzearen kostu gehigarria kontuan hartuta.

3.4 ONDORIOAK

Hurrengo taulan aurretik azaldutako egile guztien lanen laburpena ikusten da:

3-1 Galerak minimizatzeko metodoak

METODO OROKORRAK	AUTOREAK	OPTIMIZAZIO PRINTZIPIOA
Kondentsadoreen kokapena	Haghifam and Modares	Algoritmo genetikoa
Kondentsadoreen kokapena	Jong Young Park	Algoritmo genetikoa
Kondentsadoreen kokapena	Eajal	Particle swarm optimization
Sarearen Konfigurazioa	Merlin and Back	Topaketa exhaustiboko teknikak
Sarearen Konfigurazioa	Shirmohammadi and Hong	Heuristika Ikuspegia
Sarearen Konfigurazioa	Civanlar	Karga-fluxua hurbilpenean oinarrituta
Sarearen Konfigurazioa	Sarfi	Programazio dinamikoa
Sarearen Konfigurazioa	Ji Yuan Fan	Heuristika
Sarearen Konfigurazioa	Taleski	Heuristika
Sarearen Konfigurazioa	Kashem	Sare neuro artifizialaren planteamendua (ANN)
Sarearen Konfigurazioa	Mcdermott	Ez-linealea den heuristika metodoa
Sarearen Konfigurazioa	Kashem Ma	Programazio dinamikoa
Sarearen Konfigurazioa	Ramos	Programazio Lineala
Sarearen Konfigurazioa	Jeon Young Jae	Suberazio simulazioa (metaheuristika)
Sarearen Konfigurazioa	Augugliario	Algoritmo eta sare neuronaletan oinarrituta

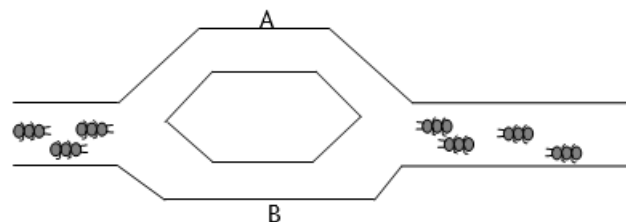
Sarearen Konfigurazioa	Ching-Tzon Su	Mixed-Integer Differential Evolution (MIHDE) Hybrid Evolution
Sarearen Konfigurazioa	Hernan Prieto	Misto-Integratua ez-lineal den metodoa
Sarearen Konfigurazioa	Golshan and Arerifar	Tabu bilaketa (metaheuristika)
Sarearen Konfigurazioa	Siti	Metodo Heuristikoa
Sarearen Konfigurazioa	Chung-Fu Chang	Inurrien bilaketa algoritmoa (metaheuristika)
Sarearen Konfigurazioa	Queiroz and Lyra	Hibrido adaptablearen algoritmo genetikoa (metaheuristika)
Sarearen Konfigurazioa	Yuan-Kang Wu	Inurrien bilaketa algoritmoa (metaheuristika)
Sarearen Konfigurazioa	Rao	Harmony bilaketa algoritmoa
Sarearen Konfigurazioa	Taher Niknam	New fuzzy adaptive particle Swarm optimization (metaheuristika)
Sarearen Konfigurazioa	Akbar Bayat	Metodo Heuristikoa
BEBen Kokapena	Mithulananthan	Algoritmo genetikoa (metaheuristika)
BEBen Kokapena	Akorede	Algoritmo genetikoa (metaheuristika)

Taula ikusten denez sarri erabiltzen dira biointeligenzian oinarritutako metodo metaheuristikoak banaketa sarretako galerak minimizatzeko. Metodo hauek emaitza onak dituztela erakusten da. Hori dela eta, metodo metaheuristiko bat aukeratuko dugu ikerketarekin jarraitzeko: Objektuetara Orientatutako Inurri Kolonien Optimizazioa [Abarrategui-2012].

4 OBJEKTUETARA ORIENTATUTAKO INURRI KOLONIEN OPTIMIZAZIOA

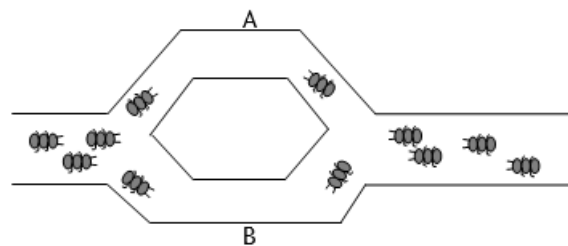
Inurri koloniak elikagaiak topatzeko bide laburrena aurkitzeko gai dira. Gainera, aldaketetara egokitzeko gai dira, adibidez, inurriek erabiltzen ari ziren bidea oztopo baten bidez blokeatzen bada, beste bat aurkitzeko gai dira. Etnologoek arabera, inurriak animalia ia itsuak dira, eta kolonia gidatzen duen adimen kolektiboa, feromona bideetan oinarritutako komunikazio sistema bat da. [Dorigo - 1997] adierazten du, inurriek habiatik hurbilen dagoen lekua esploratzen dutela janari bila. Miaketa hau ausaz egiten da. Janaria aurkitzen denean, janari iturria aurkitu duen inurriak koloniaren habiara eramaten du zati bat. Inurriek atzera egitean feromona kimikoen arrastoak bidean uzten ditu. Beraz, esan daiteke zeharka komunikatzen direla feromona ibilbideak deiturikoak erabiliz. X irudian X irudian koloniak janaria aurkitzeko duen portaera erakusten du [Dorigo - 1999].

4-1 irudian, intersekzio puntu batera iristen diren inurriak erakusten dira, zein bide jarraitu behar duten, A edo B. Adibidez, A bidea B baino luzeagoa da eta inurri koloniak B aukeratu du.



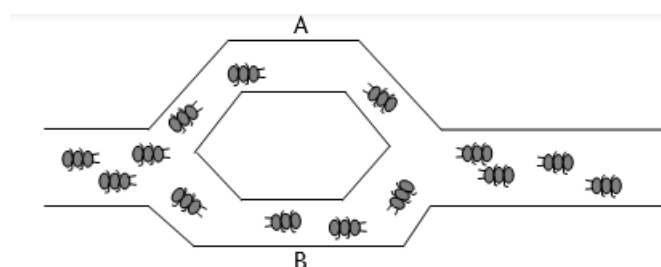
4-1 Inurri koloniaren portaera [ABARRATEGI - 2012]

4-2 irudian ikusten den bezala, suposatzen da inurrien erdiak A bidea hartuko duela eta beste erdiak B bidea.



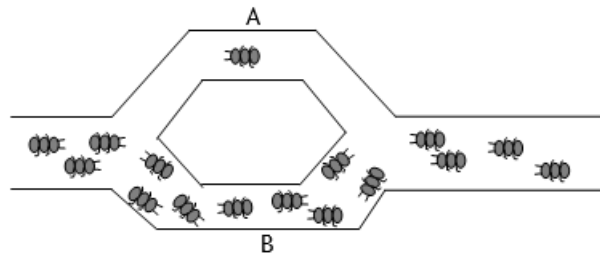
4-2 Inurrien kolonia bideak esploratzen [ABARRATEGI - 2012]

Inurriak abiadura konstantean mugitzen dira, hau da, denbora-tarte berean inurri gehiagok egiten duten bidea bide laburrenean zehar B. Horrela feromona gehiago pilatzen dira B ibilbidean, 4-3 irudian ikus daitekeen moduan.



4-3 Inurrien kolonia bide laburrenetik doa [ABARRATEGI - 2012]

Denbora jakin baten ondoren, ia inurriek B bideari ekiten diote, denbora gutxiagotan elikagai-iturrira iritsiz, 4-4 irudian erakusten den moduan.



4-4 Inurriek azkenean bide laburren aurkiketa egiten dute [ABARRATEGI - 2012]

Beraz, inurri koloniek prozesu autokatalitiko bat jarraitzen dute, gertuko jakien iturria aurkitzeko arazoa optimizatzen. Jokabide honek hurrengo puntu hauetan deskribatutako metodoak eta algoritmoak inspiratu zituen.

Inurri kolonien optimizazio prozesuan oinarritutako algoritmoak potentzia sistemen optimizazio arazoak konpontzeko erabiliak izan dira.

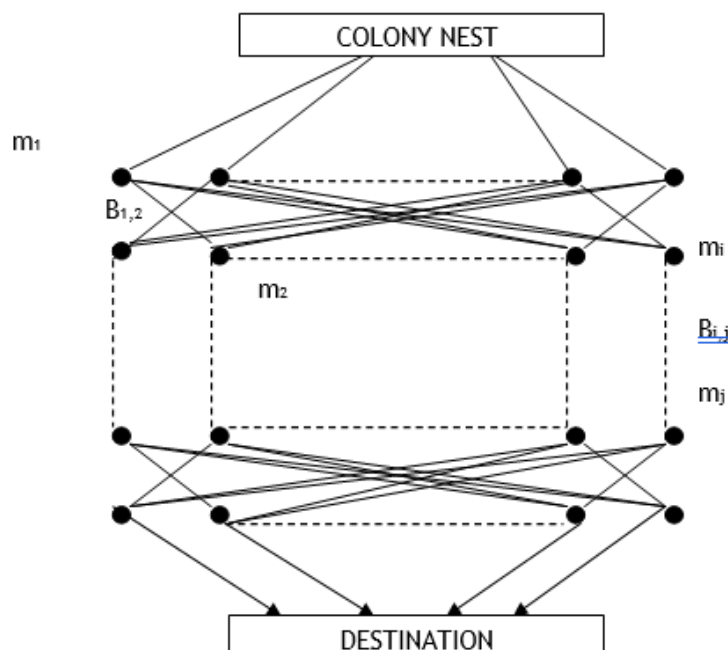
4.1 INURRI KOLONIETAN OINARRITUTAKO ALGORITMOAK

Algoritmo hauek lankidetzan eta informazio trukaketan oinarritzen diren inurri artifizialen multzo batek osatzen dituzte. Inurri artifizial bakoitzak bere bide artifiziala aurkitzen du eta feromona gainean jarrita aldatzen du, optimizazio arazo bat konpontzeko. Optimizazio arazo bakoitza honako terminoetan defini daiteke [Dorigo - 1999]:

- Soluzio osagaien multzo fin bat: $M = \{m_1, m_2, \dots, m_n\}$.
- Elementuen arteko konexio posibleen multzo finitua: $B = \{b_{i,j}, (m_i, m_j) \in M\}$.
- M eta B elementuen mugen multzo fin bat: $X = X(M, B)$.
- Arazoaren multzo fin bat (k), sekuentzia posible guztiei dagokiena.
- Mugak errespetatuz egingarriak diren estatu guztien multzoak K, X .
- Konponbidea izateko hautagaien multzoa $S \in K$.
- $C_{i,j}$, $b_{i,j}$ -rekin bateratua dagoen kostu konexioa da.
- $C_S(B)$ S soluzioari lotutako kostua da.
- Konexio bakoitza $\tau_{i,j}$ feromona balio baten bidez kuantifikatua dago.

Arazoaren ezaugarriak zehaztu ondoren, algoritmo generikoak urrats hauek jarraitzen ditu:

- Eraikuntza-grafikoa sortu Bilaketa Espazioa ala Search Space deiturikoa, eta bertan B guztiak eta M ordezkaturik daude, X irudian ikusten den bezala.
- Bide bakoitzari lotutako feromona mailak abiarazi.
- Definitu kolonia osatzen duten inurri artifizialen kopurua.
- Iterazioaren amaierako irizpideak ezarri, aurrez zehaztutako zenbait zikloren ostean edo konputazio denbora jakin baten ondoren.
- Iterazioa amaituko da inurriek bere bide artifiziala osatzen dutenean.



4-5 Search Space [ABARRATEGI - 2012]

Inurri koloniaren algoritmoaren ziklo bakoitzerako inurria artifizial ugari sortzen dira. Inurri bakoitzak pausoz pauso eraikitzen du bere bidea. Urrats bakoitzean inurriak hurrengo erpinera joan behar du, "estatu trantsizio araua" aplikatuz aukeratu dena. Estatu trantsizio arau hau (algoritmo desberdinentzako desberdinak izan daitezke) inurriak bide errentagarrietik gidatzeko erabiltzen da. Hurrengo erpinera pasa ondoren, tokiko feromona eguneratzeko araua aplikatzen da, orokorrean "eguneratze lokal araua" edo tokiko araua bezala ezagutzen dena. Inurriek konponbidea osatu dutenean, feromonaren ibilbideak berriro eguneratzen dira "eguneratzeko arau orokorra" deiturikoarekin. Bi arau hauek lurruntze faktorea aplikatzen dute, hori dela eta feromona metaketa eta feromona indartzea nodoetan ez dira mugagabeak, beraz, gehien erabiltzen diren ertzak berriro aukeratzeko aukera izateko. Zikloa inurri guztiak amaierako helmugara, bazka eremura edo elikagaien iturrira iritsi direnean amaitzen da, eta horrela, aukeratutako bidea osatuko da. Zikloak zenbaki jakin bat lortu arte errepikatzen dira (arazoaren tamainaren eta exekuzio denboraren baldintzen arabera) edo ziklo kopuru zehatz baten ondoren irtenbide bera sortzen denean.

4.2 INURRI KOLONIEN ALGORITMOAREN EZAUGARRIAK

Algoritmo hauek sistema baten osagaiak ahalik eta gehien errazten saiatzen dira, sistema horren funtsezko informazioa behatzeko. Orokorrean arau oso sinpleen arabera lan egiten duten eragile talde bat aurkezten dute. Hala ere, talde hau lankidetzan aritzen denean, sistema garrantzitsu eta askoz zailagoa sortzen da. Inurriek paraleloan eta modu dinamikoan lan egiteak, koloniari zuzenketak egin eta informazio anbiguoak eta desitxuratuak ekiditea ahalbidetzen du adimen kolektiboaren ondorioz. Adimen hau sistemari elementu askoren (inurri artifizialak) elkarrekintzaren bidez ematen zaio. Inurri kolonien algoritmo baten ezaugarri nagusiak honako hauek dira [Dorigo - 1997]:

- Errefortzua: Feedback positiboaz ere ezagutzen da. Inurri koloniek erabiltzen duten zeharkako komunikazio modua, feromona, informazioa partekatze

erabiltzen da. Koloniarako informazio baliagarri globala da. Batzuetan lortutako informazioak akatsak izan ahal ditu, beste batzuetan, berriz, irtenbide hobeak ekarriko ditu. Horrela, feromona indartzea egokitasun handiagoa erakusten duten moduetan aplikatuko da, inurrien arteko komunikaziorako. Bideetan erpina aukeratzeko ziurgabetasuna murriztu egingo da. Inurrien kolektiboak portaera autokatalitikoak erakutsiko du: inurriek nolabaiteko bidea jarraitzen duten heinean, bide hori erakargarriagoa bihurtzen da, erantzun positiboaren ondorioz.

- Stigmergy: Eragileen edo ekintzen arteko zeharkako koordinazio mekanismoa da. Substantzia usaingarrien barreiatzailearen eremu bat sortzean eta kokapenetan oinarritzen da. Horrelako estigmek ingurunea beste inurriengatik aldatzen dute eta haien portaeran eragina dute.

Koordinazio estigmergikoak (SC) ingurune aktibo batek bitartekatutako eragileen arteko elkarrekintza eta informazio trukaketa asinkronikoen forma deskribatzen du. Printzipioa zera da: ekintza batek ingurunean utzitako arrastoak hurrengo ekintza baten errendimendua suspertzen duela, eragile berean edo beste batean. Horrela, ondorengo ekintzek elkarren artean indartu eta eraikitze joera dute, jarduera koherentea, itxuraz sistematikoa, berehala sor dadin. Auto-organizazio modu bat da. Egitura konplexuak eta itxura adimentsuak ekoizten ditu, eragileen arteko planifikazio, kontrol edo komunikazio zuzenaren beharrik gabe. Eragileak sinpleak eta erreaktiboak izateaz gain, ez dakite beste eragileei edo agentei buruz ezta hauek jarduera konplexuak sortzen ari diren ala ez. Ingurunea mekanismo garrantzitsua da eragile horien jarduerak gidatzeko eta eragileen gizarte osoaren etengabeko jarduerari buruzko informazioa pilatzeko.

- Geldialdia: Horrelako algoritmoen arazoetako bat, arrakasta lortzen duten indartze estrategiari zor zaie. Feromona indartzeak inurriak arrakastaz aukeratzeko bidea feromonaz aberatsa izango dela suposatzen du eta beste inurriak erakartzen dituela esan nahi du. Bestela, inurri artifizial hauek, esploratu gabeko bide berri bat jarraituko dute egokitasun hobe bat duena eta bide berriak ireki ahal izango dituzte. Horrela, bide jakin bateko feromona kopurua hazi egingo da eta laster inurriek bidea jarraituko dute, eta ez dituzte beste aukera batzuk esploratzen. Jokabide horrek geldiaraztea eragin dezake, bide posibleak nahikoa ez direnean eta bide jakin batek aurrea azkarregi hartzen badu. Geldialdia inurri kolonien algoritmoen arazo nagusietako bat da. Hori ekiditeko, feedback negatiboak edo feromona lurruntzeko faktoreak aplikatzen dira. Horrela, iterazioaren eta ziklo bakoitzaren ondoren feromona orokorra ratio jakin batera lurruntzen da. Honek geldialdiak ekarriko lukeen feromona metaketa azkarra eragozten du.
- Greedy Search: Bide bakoitza informazio kopuru batekin lotua dago, feromona pista maila eta informazio heuristikorekin. Bidearen urrats bakoitza erabaki probabilistikoa eta eraikitzaile bati dagokio. Soluzioen egokitasuna ziklo bakoitzarekin hobetzen doan heinean, bideari lotutako informazioa hobeagoa eta fidagarriagoa bihurtzen da. Funtzio objektiboak bilaketa gidatzen du ezagutza laguntzailerik gabe, eta horrela, bilaketaren konplexutasuna murrizten du.

4.3 OBJEKTUEI ORIENTATUTAKO INURRIEN KOLONIEN OPTIMIZAZIO METODOA

[Abarrategi-2012] metodo hau proposatu zuen lineen galerak minimizatu eta BEBen presentzia sarean maximizatzeko, sareko birkonfigurazioa erabiliz, sare elektriko erradialean. Metodoa Objektuei Orientatutako Inurrien Kolonien Optimizazioa (OIKO) deitzen da, Lehendabizi, hornidura puntuak lotzen dituzten etengailuz osatutako taldeak osatzen ditu. Etengailu talde hauek Bilaketa Espazioa osatzen dute. Talde bakoitzeko etengailu bat hautatu behar da, irekitzeko eta sarearen konfigurazio erradiala lortzeko. Etengailu egokiak aukeratu ezker galera elektrikoak sarean minimiza daitezke eta beraz, BEBen presentzia maximizatu.

Ireki behar den etengailu konbinazio optimoa topatzeko Inurri Kolonien Optimizazioa erabiltzen da.

Galeren kalkula (4.1) ekuazioan zehazten da

$$P_{losses} = Re\{V_i \cdot I_{ij}^* + V_j \cdot I_{ji}^*\} \quad (4.1)$$

Non I_{ij} eta I_{ji} korrontearen intentsitateak (4.2) eta (4.3) ekuazioen bidez deskribatzen diren

$$I_{ij} = y_{ij} \cdot (V_i - V_j) + y_{i0} \cdot V_i \quad (4.2)$$

$$I_{ji} = y_{ij} \cdot (V_j - V_i) + y_{i0} \cdot V_j \quad (4.3)$$

Non y_{ij} eta y_{i0} lineen admitantziak diren eta V_j eta V_i busen tentsioak diren.

Operazioa ziurra izan dadin, murrizketa baldintza batzuk bete behar dira, (4.4) ekuazioan ikus daitekeen bezala. Tentsioa ezin ditu muga jakin batzuk gainditu. Muga hauek EN50160 eta IEEE C84.1 estandarretan zehaztuta daude. Espainiar estatuan muga %7a balio nominalaren inguruko da muga eta Iberdrola konpainiak %5eko mugak ditu bere banaketa sareetan.

$$V_{min} \leq |V_i| \leq V_{max} \quad (4.4)$$

Korrontearen intentsitateak ezin du lineako eroalearen limite termikoa gainditu, (4.5) ekuazioan ikus daitekeen bezala (4.5).

$$|I_i| \leq I_{i,max} \quad (4.5)$$

Hortaz gain sareak ezin du uharterik izan, hau da, elikadura hornitzaile nagusietatik banatuta funtzionatzen duen zonalderik.

Funtzio objektiboa (4.6) galeren minimizazio funtzioa da, murrizketak penalizazio faktoreekin islatzen direlarik:

$$\min F = \min(P_{losses} + \lambda_v C_v + \lambda_i C_i + \lambda_{LM} C_{LM}) \quad (4.6)$$

Non:

- P_{losses} sistemaren galera elektrikoak
- λ_V tentsio mailaren murrizketa hausteen penalizazio konstantea
- C_V tentsioen murrizketa hausteen zenbakiaren karratua
- λ_i korrontearen intentsitate mailaren murrizketa hausteen penalizazio konstantea
- C_i korrontearen intentsitateen murrizketa hausteen zenbakiaren karratua
- λ_{LM} uharte sorkuntzaren penalizazio konstantea
- C_{LM} sortutako uharteen zenbakiaren karratua

Lehendabizi, Bilaketa Espazio osatzen duten etengailu guztiei τ_0 feromona maila ematen zaie. Ondoren, 'm' inurri ausaz sakabanatzen dira Bilaketa Espaziotik eta bilaketa hasten da. Inurri bakoitzak Estatu Trantsizio Arauari jarraituz aukeratzen du soluzioaren parte izango den hurrengo etengailua. Estatu Trantsizio Araua (4.7) ekuazioan ikus daiteke.

$$P_i = \begin{cases} \frac{[\tau(t)]^\alpha [\eta(k,t)]^\beta}{\sum_{j \in loop} [\tau(t)]^\alpha [\eta(k,t)]^\beta} & \text{if } j \in loop \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4.7)$$

Non:

K	k inurria
t	k inurriak hartzen duen urratsa
τ	objektu jakin batean (etengailuan) bildutako feromona
η	objektuarekin (etengailua) lotutako egokitasuna
α	feromonaren neurri faktorea
β	egokitasunaren neurri faktorea

Bilaketa bukatu ostean soluzio onena lortu duen inurriaren soluzio, momentu-arte iterazio guztietan zehar lortu den soluzio onenarekin konparatzen da. Hobe bada soluzio global hobe eguneratzen da eta feromona mailak eguneratzen dira etengailu guztietan. Horrela, erabili ez diren etengailuetan feromona 'lurruntzen' da eta erabili direnetan indartzen da, Eguneratzeko Arau Orokorra jarraituz. Eguneratzeko Arau Orokorra (4.8) eta (4.9) ekuazioen bidez definitzen da.

$$\tau_i = (1 - \delta)\tau_i + \delta\Delta\tau_i \quad (4.8)$$

$$\Delta\tau_i = \frac{Q}{\eta_{best}} \quad (4.9)$$

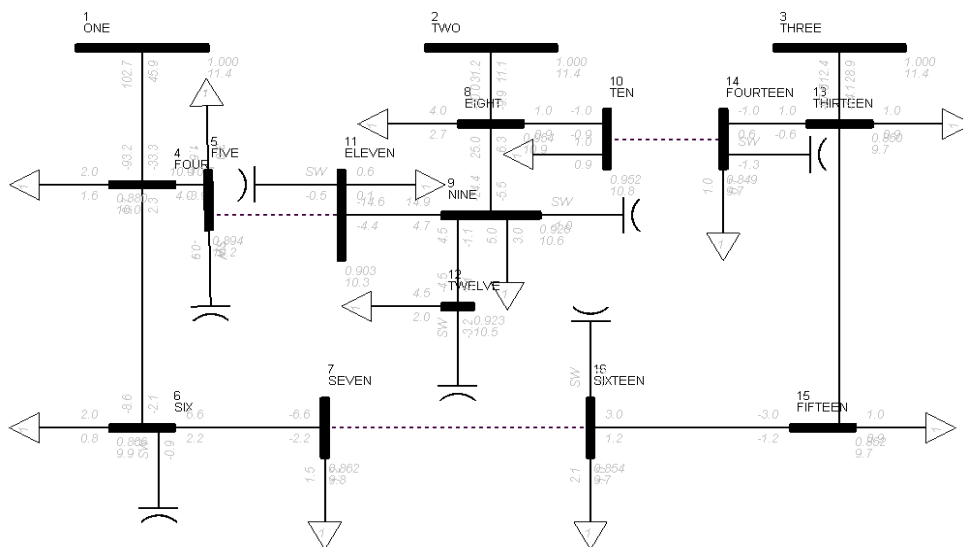
Non:

τ_i	objektuan bildutako feromona
δ	feromonaren lurruntze koefizientea
Q	egokitasunaren arabera aukeratutako parametro esperimentalak
η	soluzioaren egokitasuna

5 PARAMETRIZAZIOAREN INGURUKO SAIAKERAK

Atal honetan, parametrizazioak optimizazioan duen garrantzia erakustea izango da helburua. Parametrizazioak, hau da, helburu funtzioa baldintzatzen duten parametroen balioen aldaketak, ondorio zuzenak ditu soluzio egokien eraikuntzan eta beraz algoritmoa eta metodologiaren funtzionamendu egokian. Hala nola, algoritmo oso on batek emaitza txarrak eman ditzake txarto parametrizatuta badago. Ordea, parametrizazio egokiarekin, algoritmoaren eraginkortasuna hobeto daiteke. Parametrizazio egokia algoritmoaren araberakoa da eta esperimentera lortu behar da. Atal honetan, parametrizazio egoki hori esperimentera bilatzeko ahalegina egin da.

Ibilbide optimo hori lortzeko [Abarrategi-2012] lanean proposatu zen algoritmoa erabiliko da. Lan honetan Sarearen Birkonfigurazioa erabiltzen da galerak minimizatu eta BEBen kopurua sarean maximizatu ahal izateko. Horretarako, Objektuetara Orientatutako Inurri Kolonien Optimizazio metodoa (Item Oriented Ant Colony Optimization IOACO) proposatzen du eta sare elektriko ezberdinetan frogatzen du. Lan honetan, Objektuetara Orientatutako Inurri Kolonien Optimizazio algoritmoan parametrizazioak duen garrantzia frogatu da esperimentera. Algoritmoa garatzeko Python 3.6 programazio hizkuntza erabili da. Python kode irekiko, maila altuko eta helburu orokorreko programazio hizkuntza da.



5-1 Sare elektrikoak

Bestalde, algoritmoaren parametrizazio testak, dagoeneko lan ezberdinetan erabili izan den sare elektriko batean egin dira. Sare hau hiru hornidura linea nagusi ditu, 5-1 irudian ikus daitekeen bezala, sarritan erabilia izan da literaturan [Civanlar-1988][Carpaneto-2004][Su-2005][Wu-2010][Abarrategi-2012].

Sarearen tentsio maila 11,4kV-takoa da, daukan karga osoaren potentzia aktiboaren (P) kontsumoa 28,7MW-tako da eta potentzia errektiboarena (Q) 17,3MVar. Sarean dauden kapazitore bankuek ematen duten potentzia errektibo gaitasuna 11,4MVar-takoa da. Hasierako sarearen konfigurazio, operazio baldintza normaletan daukana da. Konfigurazio honekin, sare honek dituen galerak 0,514MW-takoak dira. I eranskinean sareko ereduaren informazio zehaztuagoa ematen da. Sarearen modelo PSS/E33 programan egin da eta programa bera erabili da algoritmoak eskatzen dituen

kalkulu elektrikoak egiteko motore bezala. PSS/E (Power System Simulation for Engineering), Siemensek garatutako software erraminta da, sare elektrikoak modelatu eta hauetan simulazioak eta kalkulu konplexuak egiteko oso erabilgarria da.

Idea nagusia saiakera batzuk egitea izango da aurretik azaldu diren parametroak aldatuz. Parametro ugari daude eta ikerketa honetan adierazgarrienak erabiliko dira. Aztertuko diren parametroak hurrengoak dira:

- Inurri zenbakia: zenbat inurrik hartuko duten parte soluzio bakoitzaren eraikuntzan
- Ziklo edo iterazio zenbakia: Zenbat aldiz errepikatuko den bilaketa
- λ_V , λ_i , $\lambda_{\text{islanding}}$ penalizazio konstanteak: sare elektriko parametroak izan behar duten balio tartetik ateratzen duten soluzioek izango duten penalizazioa. Tentsio mailak mantentzen ez diren kasuetan λ_V aplikatuko da. Intentsitateak altuegiak badira λ_i aplikatuko da eta sareko zatiren bat uharte moduan funtzionatu ezkeren $\lambda_{\text{islanding}}$ aplikatuko da.
- α feromonaren neurri faktorea: feromona, hau da, inurriek daukaten esperientzia ponderatzeko erabiltzen den konstante da. Alfaren balio handiak feromonaren garrantzia soluzio bilaketan ahalmentzen dute.
- β heuristikaren neurri faktorea: heuristika edo soluzioaren egokitasuna (fitness), soluzio jakin horren eraginkortasuna neurtzen du. Betaren balio handiek berez onak diren soluzioak (esplorazioa) indartzen ditu bilaketa prozesuan
- δ feromonaren ebaporazio tasa: Bilaketa bukatzen denean etengailu guztien feromona maila Global Transition Rule bidez aktualizatzen da. Honetan garrantzitsua da delta, feromonaren ebaporazio eta akumulazio tasa finkatzeko. Feromona desagertzen doa etengailuetatik denbora pasa ahala. Arin edo astiro desagertzen den finkatzeko, deltaren balio ezberdinak erabiltzen dira
- τ_0 hasierako feromona maila etengailuetan: Bilaketa prozesua hasi aurretik etengailu guztiek daukaten feromona maila.
- Q feromonaren akumulazio abiadura finkatzen duen konstantea

Osora 59 saiakera egin dira, eta saiakera bakoitzeko lor eta aurkeztuko diren datuak hurrengoak dira:

- Lortutako konfigurazio optimoa: kasu honetan konfigurazio hori sistema erradialki operatzeko ireki diren 3 etengailuen zenbakiez osatuta egongo da.
- Lortutako konfigurazioari dagozkion galerak MW-tan adierazita.
- Sareko etengailu bakoitzean emandako feromona akumulazioa iterazioko.
- Iterazio bakoitzeko soluzioak eta soluzio globala.

Feromonaren akumulazio eta iterazio bakoitzaren soluzioa tauletan aurkeztuko dira eta dagokion informazio numerikoa eranskinean emango da.

Saiakera asko egin dira eta lana antolatzeke, patroiz edo lan-plangintza bat ezarri da atal honen hasieran.

Lan plangintza hau sinplea da, saiakerak azpimultzotan sailkatuko dira, azpimultzoko bakoitzeko saiakerak parametro amankomunak izanik. Behin saiakeren emaitzak lortuz, ondorioak azpimultzoka aterako dira eta azkenik azpimultzoen ondorioak konparatuko dira, ondorio orokorrak lortuz. Beheko taulan garrantzitsua da aipatzea azpimultzoen ondorioak atera ahala beharrezkoa ikusi dela saiakera berriak egitea ondorio zehatzagoak lortzeko.

Ibilbide optimoen eta galera optimoen erreferentziak [Abarrategi-2012] eta [Su-2005] lanetan lortutako emaitzak izango dira, gai hau jorratu duten egile denetatik emaitza fidagarri eta onenak lortu dituztenak direlako.

Lehen pausua saiakera denak taula batean islatzea izango da, azpimultzotan banatuta. Behin saiakerak azpimultzotan sailkatuta daudela, azpimultzoko bakoitzeko emaitzak azaldu eta aztertuko dira. Azkenik ondorio orokorrak lortuko dira.

5-1 Saiakeren Indize Taula

AZPIMULTZOA	SAIAKERA	IBILBIDEA
1	1	[26,19,17]
	2	[26,19,17]
	3	[19,17,26]
	4	[26,19,17]
	5	[19,17,26]
	6	[26,19,17]
	7	[26,19,17]
2	8	[19,17,26]
	9	[26,19,21]
	10	[26,19,17]
	11	[19,17,26]
	12	[26,19,17]
	13	[26,19,17]
	14	[26,19,17]
	15	[19,17,26]
	16	[26,19,17]
3	17	[26,19,21]
	18	[19,24,14]
	19	[19,17,26]
	20	[26,19,17]
	21	[26,19,17]
	22	[26,19,17]
	23	[26,19,17]
	24	[26,19,17]
	25	[19,17,26]
	26	[29,21,26]

4	27	[26,19,21]
	28	[26,19,17]
	29	[19,21,16]
	30	[16,19,27]
	31	[26,19,17]
	32	[19,24,26]
	33	[26,19,21]
	34	[26,19,17]
5	35	[26,19,17]
	36	[19,19,17]
	37	[26,19,17]
	38	[19,17,26]
	39	[26,19,17]
	40	[26,19,21]
6	41	[26,19,17]
	42	[19,21,26]
	43	[14,19,17]
	44	[26,19,17]
	45	[11,16,22]
	46	[26,19,21]
	47	[26,19,17]
	48	[26,19,21]
	49	[19,17,26]
	50	[26,15,17]
7	51	[19,17,26]
	52	[26,19,21]
	53	[26,19,17]
	54	[26,19,17]
	55	[26,19,17]
	56	[26,19,17]
	57	[19,17,14]
	58	[19,21,26]
	59	[26,19,17]

Aurretik aipatu denez [Su-2005] eta [Abarrategi-2012] hartuko da erreferentziatzen hurrengo taulan berak lortutako parametroak ikusi daitezke, batetik sareak daukan ohiko konfigurazioa eta honi dagozkion galerak eta bestetik sare honetan lor daitezkeen konfigurazio optimoa eta honi dagozkion galerak. Lan honetan saiakera bakoitzeko lortutako konfigurazio eta dagozkion galerak ohiko konfiguraziokoekin konparatuko ditugu, lortzen den hobekuntza portzentuala ebaluatzeko:

5-2 Ohiko konfigurazio vs. konfigurazio optimoa

	Ohiko Konfigurazioa	Konfigurazio Optimoa
	[Su-2005]	[Abarrategi-2012]
Konfigurazio topologikoa	[15,21,26]	[19,17,26]
Galerak (MW)	0,51402	0,4683

Erreferentziatzen hartuko diren emaitzak egile hauek lortu zituzten emaitz optimoenak dira, saiakera hauen helburua emaitza hauek oinarritzen hartuz parametroak aldatzea izango da eta aldaketa hauen ondorioz eman daitezkeen konfigurazio eta galeren aldaketak zehaztea. Behin parametro aldaketen ondorioz lortutako emaitzak lortuz, konparaketa baten ondorioz konfigurazio topologikoan eta galeretan eragin gehien duen parametroa lortzea izango da helburua.

5.1 1.AZPIMULTZOA

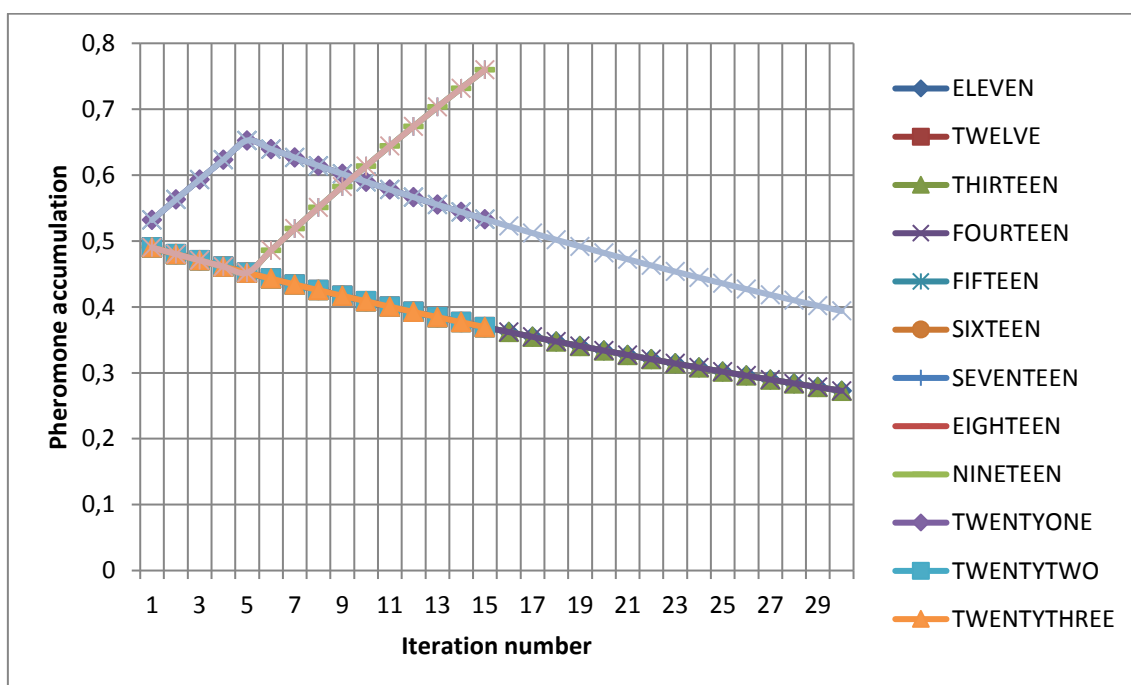
Saiakera hauetan λ -ren parametroak aldatu dira emaitza ezberdinak lortzeko, beste parametro denentzako balio estandarrak erabiliz.

Hurrengo orrialdeetan saiakeren emaitzak ikusiko dira, alde batetik konfigurazio topologikoa eta galeren gutxipen portzentuala eta beste batetik feromonen akumulazioa erakusten duen grafika saiakera bakoitzeko.

1.Saiakera:

5-3 1.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
1	3	30	0,05	0,05	0,05	1	5	0,02	0,5	1	[26,19,17]



5-2 1.Saiakeraren Grafikoa

5-4 1.Saiakeraren Emaitzak

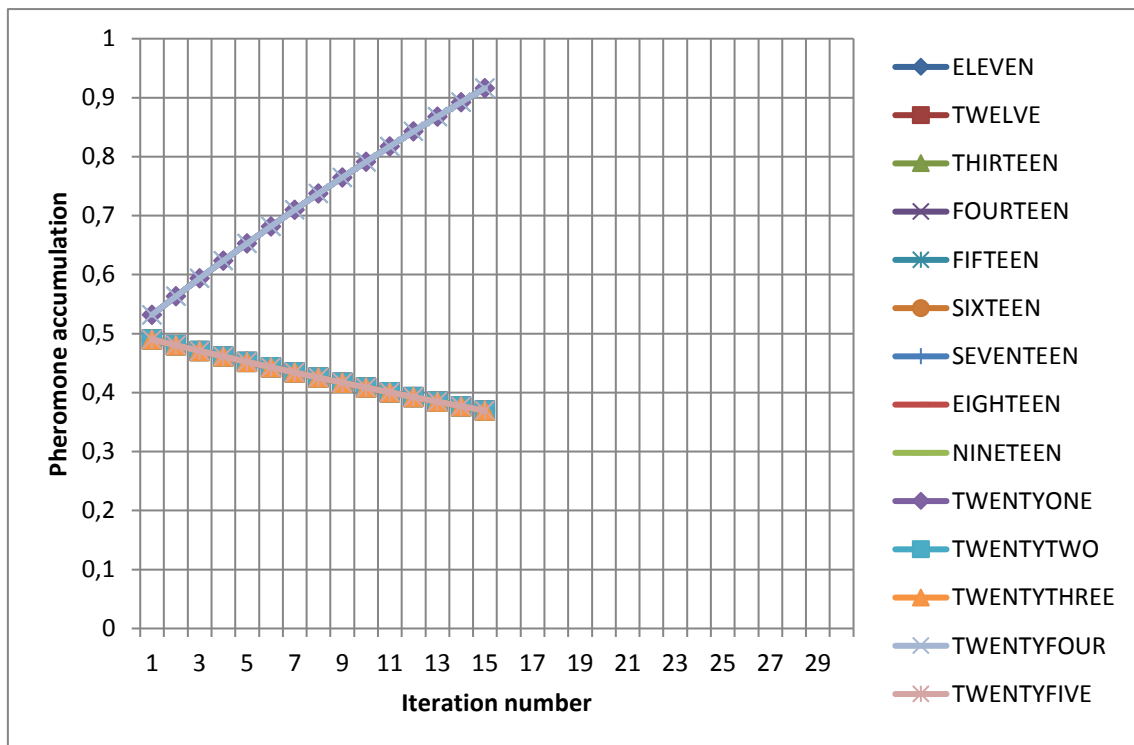
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	1.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4682
Galeren gutxipena(%)	-	8,9%

Saiakera honetan ikusi daiteke konfigurazio topologikoa optimoa dela eta galerak kasu honetan gutxitu egiten dira. Adierazgarria da ere 12. busean feromonen akumulazioa handiagoa dela. Bilaketa prozesua nahiko egokia da eta esplorazioa eta esplotazioa nahiko orekatuta daude.

2.Saiakera:

5-5 2.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
2	3	30	0,5	0,5	0,5	1	5	0,02	0,5	1	[26,19,17]



5-3 2.Saiakeraren Grafikoa

5-6 2.Saiakeraren emaitzak

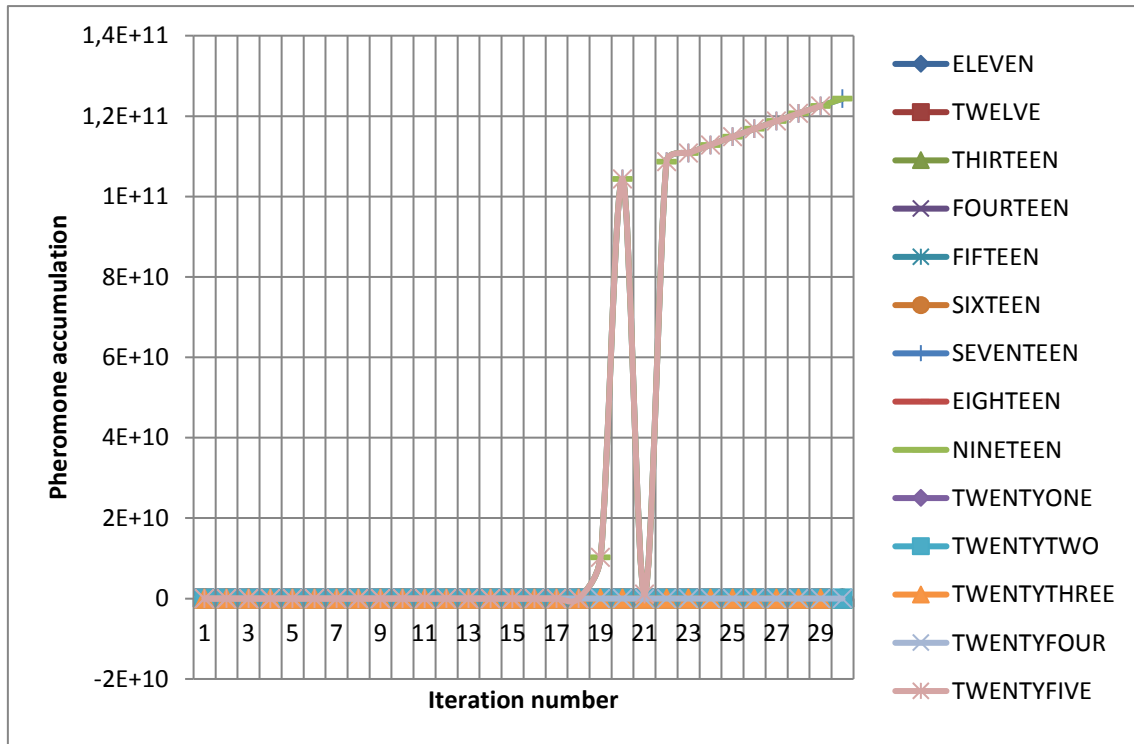
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	2.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

Saiakera honetan konfigurazio topologikoa optimoa den arren, feromonaren akumulazioa oso homogeneoa da eta horrek esan nahi du bilaketa prozesua ez dela oso egokia.

3.Saiakera:

5-7 3.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{islanding}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
3	3	30	1	1	1	1	5	0,02	0,5	1	[19,17,26]



5-4 3.Saiakeraren Grafikoa

5-8 3.Saiakeraren Emaitzak

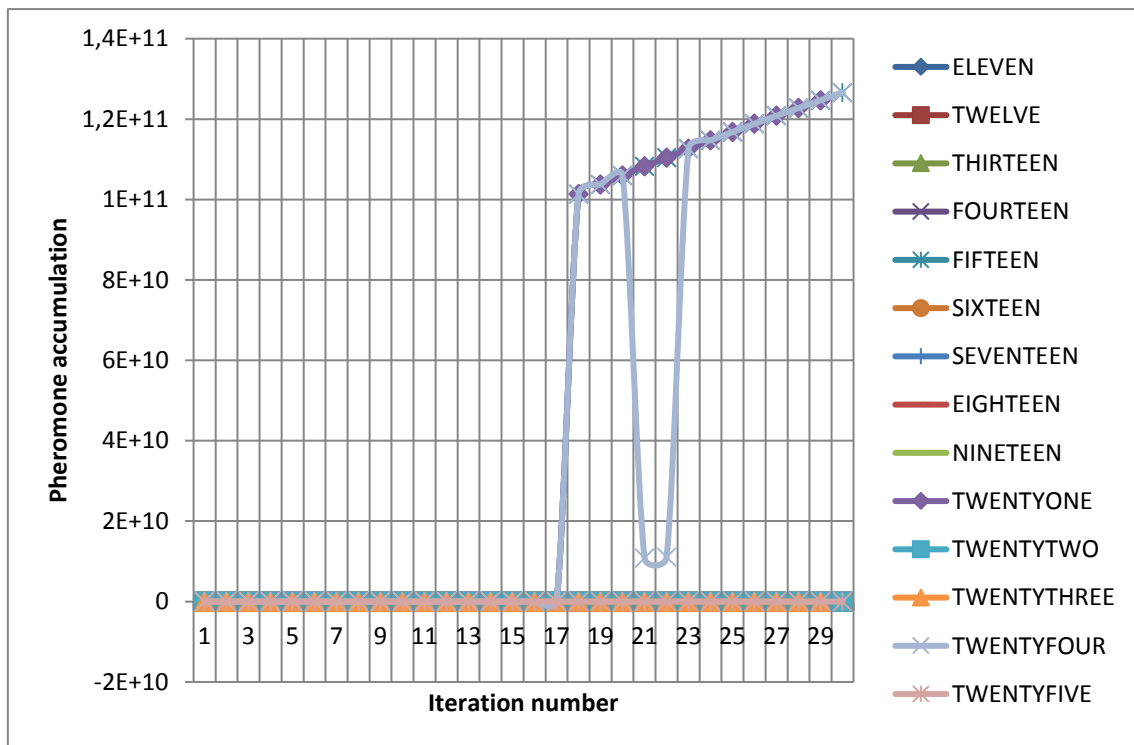
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	3.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

Saiakera honetan konfigurazio topologikoa berdina da eta galerak gutxitzea lortzen da, baina grafikoan ikusten da feromonen akumulazioa 13. eta 25. busetan adierazgarria dela. Bilaketa prozesua ez da egokia.

4.Saiakera:

5-9 4.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
4	3	30	5	5	5	1	5	0,02	0,5	1	[26,19,17]



5-5 4.Saiakeraren Grafikoa

5-10 4.Saiakeraren Emaitzak

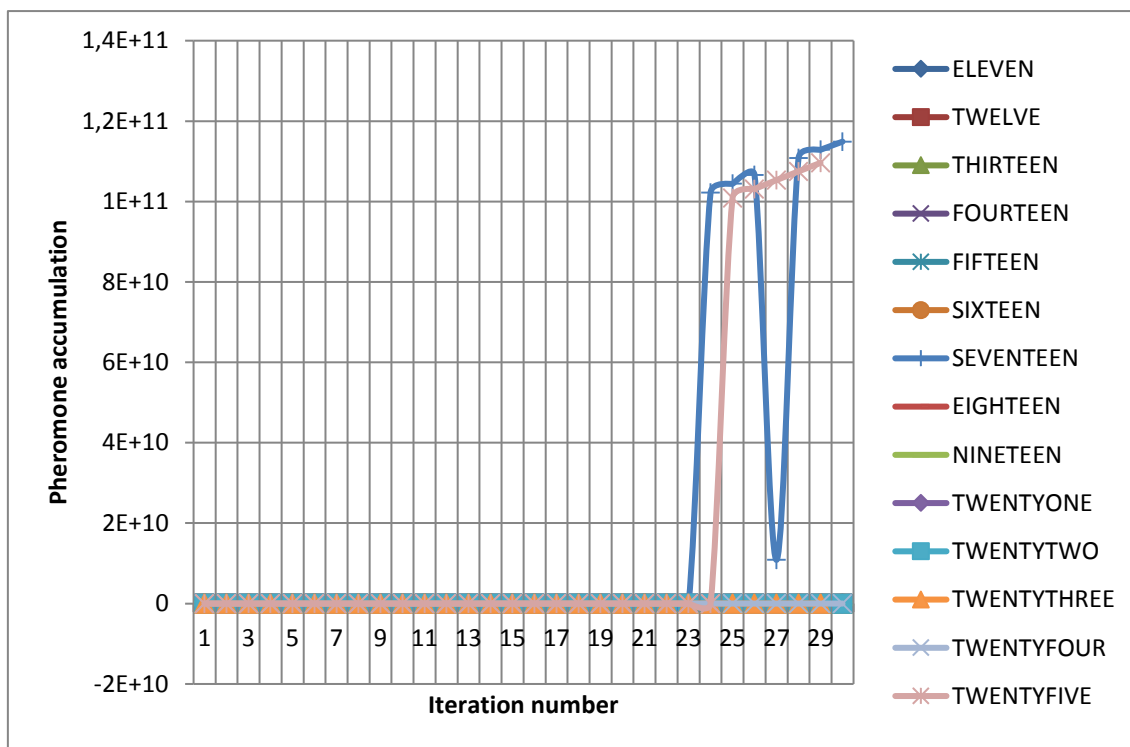
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	4.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

Saiakera honetan konfigurazio topologikoa optimoa da. Feromonak 14 , 13 eta ehuneko txikiago batean 15.feromonan akumulatzen dira. Bilaketa prozesua ez da egokia.

5.Saiakera:

5-11 5.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
5	3	30	10	10	10	1	5	0,02	0,5	1	[19,17,26]



5-6 5.Saiakeraren Grafikoa

5-12 5.Saiakeraren Emaitzak

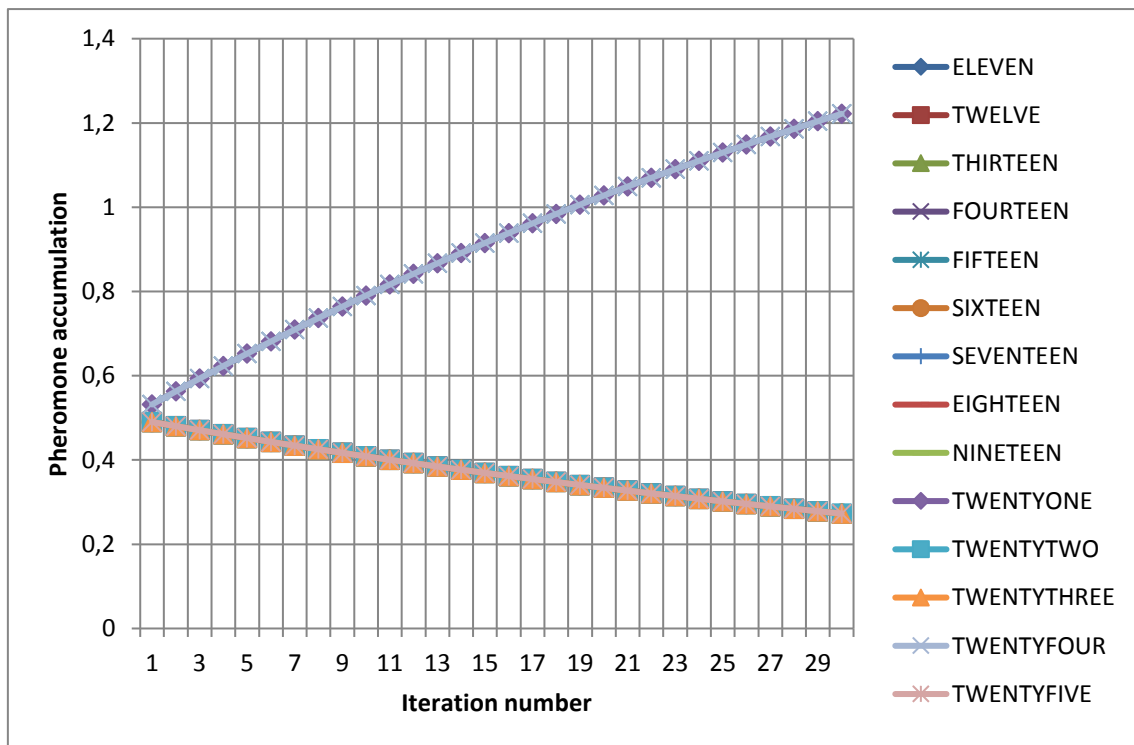
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	5.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

Saiakera honetan konfigurazio topologikoa optimoa da eta galerak txikitu egiten dira. Ikusi daiteke feromonak 25 eta 17.busetan akumulatzen direla. Feromona akumulazioa oso erratikoa da azken iterazioetan, eta hau penalizazio faktore handiegien ondorio zuzena da. Nahiz eta emaitza optimoa lortu izan, oso soluzio bilaketa prozesu kaskarra ikus daiteke.

6.Saiakera:

5-13 6.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
6	3	30	7	1	4	1	5	0,02	0,5	1	[26,19,17]



5-7 6.Saiakeraren Grafikoa

5-14 6.Saiakeraren Eraitza

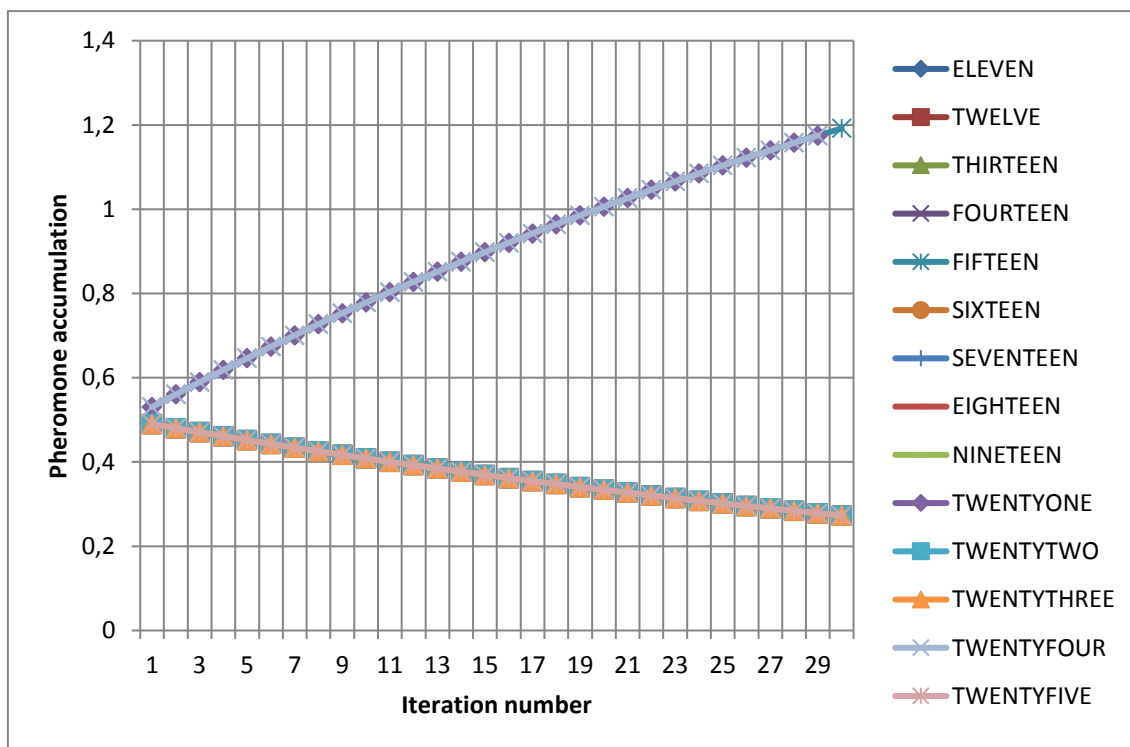
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	6.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

Konfigurazio topologikoa optimoa da. Grafikoan ikusten denez feromonak bi taldetan banatzen dira busetan zehar. Feromona akumulazioak prozesua gidatzen du, hori dela eta grafikoa oso homogeneoa da eta bilaketa prozesua ez da ona.

7.Saiakera:

5-15 7.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
7	3	30	50	50	50	1	5	0,02	0,5	1	[26,19,17]



5-8 7.Saiakeraren Grafikoa

5-16 7.Saiakeraren Emaitza

	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	7.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

Konfigurazio topologikoa optimoa da eta galeren gutxipena lortzen da. Grafikoan ikusten den moduan feromonak busen artean bi talde handitan banatzen dira. Feromona akumulazioak prozesua gidatzen du, hori dela eta grafikoak oso homogeneoa da eta bilaketa prozesua ez da ona. Ona ez den arren, 4. eta 5. saiakeretakoa baino hobea da. Ikus daitezenez penalizazioen balioa igotzen den heinean bilaketa prozesua txarragotzen da. Kasu guztietan soluzio optimoa lortzera heltzen bada ere, honek arazoak sor dezake algoritmoa sare handiagoetara aplikatzean.

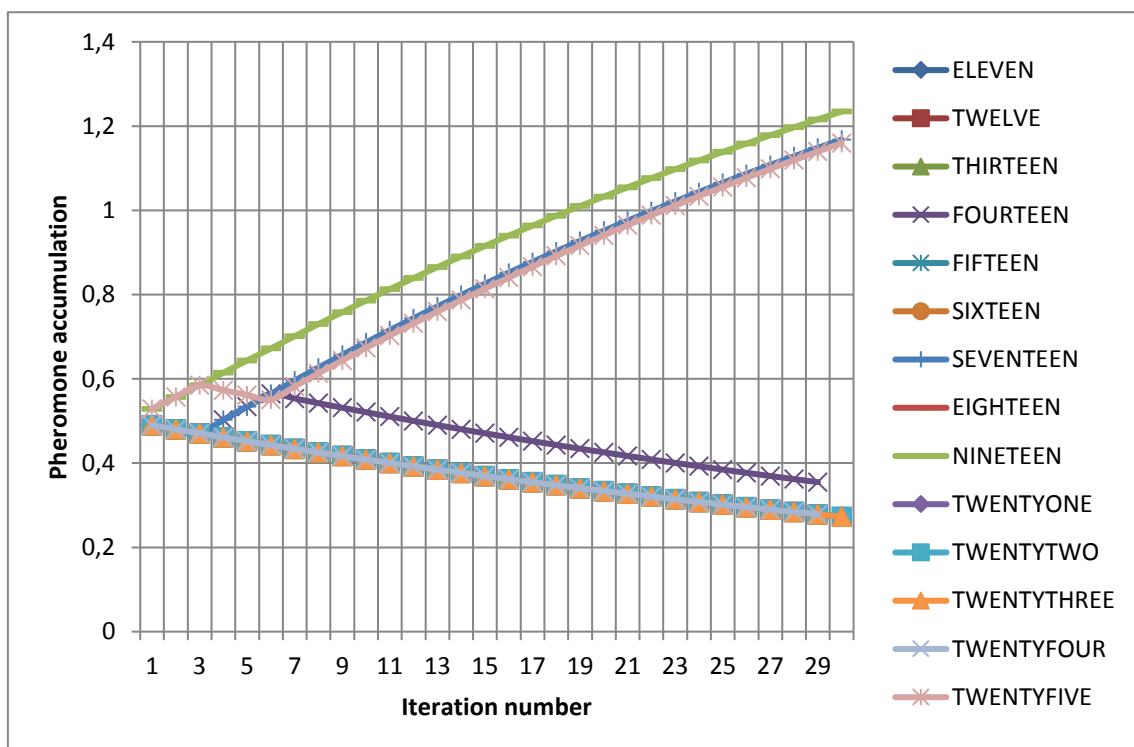
5.2 2.AZPIMULTZOA

Azpinmultzo honetan λ -ren parametroak gradualki aldatuko dira beste hiru azpinmultzotan eta λ hauek oinarritzat hartuz, α eta β parametroen aldaketak aztertuko dira.

8.Saiakera:

5-17 8.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
8	3	30	0,05	0,05	0,05	1	1	0,02	0,5	1	[19,17,26]



5-9 8.Saiakeraren Grafikoa

5-18 8.Saiakeraren Emaitzak

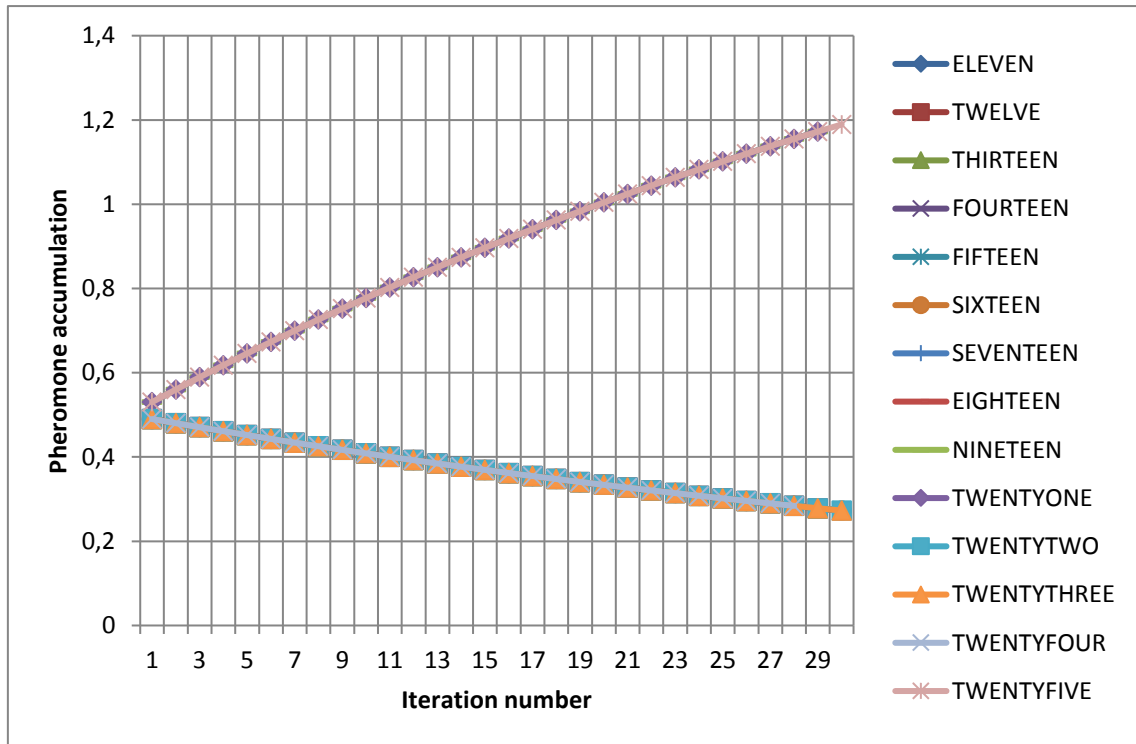
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	8.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

Konfigurazio topologikoa optimoa da. Grafikoan ikusi daiteke feromonen akumulazioa bus denetan sakabanatuta dagoela, akumulazio handiena 13.ean emanik. Penalizazio balioak jaitsi direnean berriro berreskuratuta da bilaketa prozesuaren eraginkortasuna.

9.Saiakera:

5-19 9.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
9	3	30	0,05	0,05	0,05	5	5	0,02	0,5	1	[26,19,21]



5-10 9.Saiakeraren Grafikoa

5-20 9.Saiakeraren Emaitzak

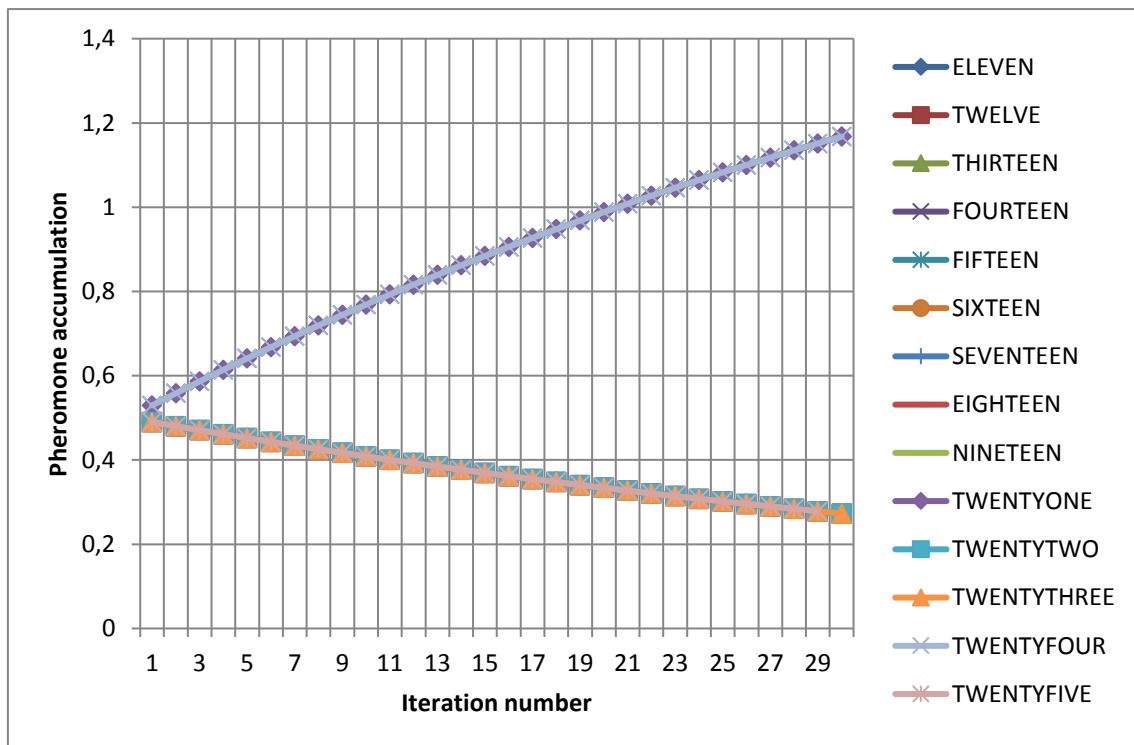
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	9.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4959
Galeren gutxipena(%)	-	%3,52

Saiakera honetan ikusi daiteke konfigurazio topologikoa ez dela optimoa eta horrek galeren gutxipen portzentuarean (%)ren handitze bat dakar. Feromonen akumulazioen kasuan beste saiakera batzuetan ikusi dena gertatzen da busen artean bi talde handitan banatzen dira, bilaketa prozesua ez dela egokia eta horregatik soluzio optimoa ez dela topatzen ondoriozta dezakegu.

10.Saiakera:

5-21 10.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
10	3	30	0,05	0,05	0,05	3	5	0,02	0,5	1	[26,19,17]



5-11 10.Saiakeraren Grafikoa

5-22 10.Saiakeraren Emaitzak

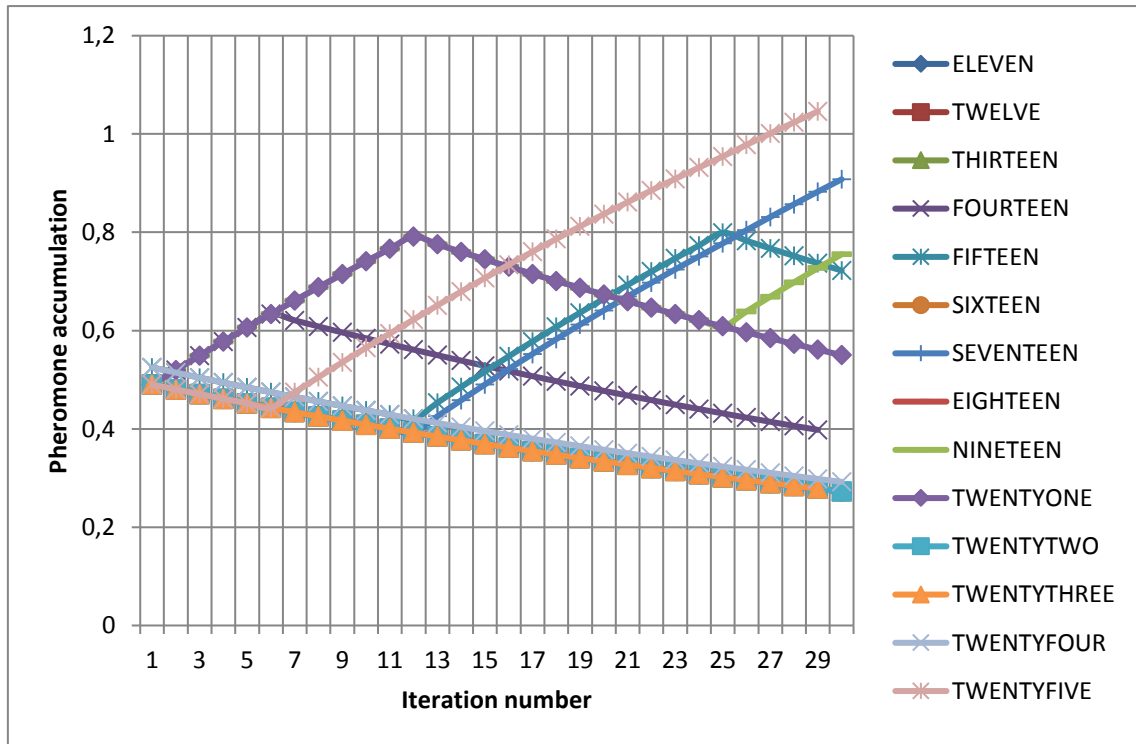
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	10.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

Saiakera honetan konfigurazio topologikoa optimoa den arren, bilaketa kaskarra da. Honetaz gain ikusi daiteke feromonak busen artean bi multzo handitan banatzen direla.

11.Saiakera:

5-23 11.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
11	3	30	10	10	10	1	1	0,02	0,5	1	[19,17,26]



5-12 11.Saiakeraren Grafikoa

5-24 11.Saiakeraren Emaitzak

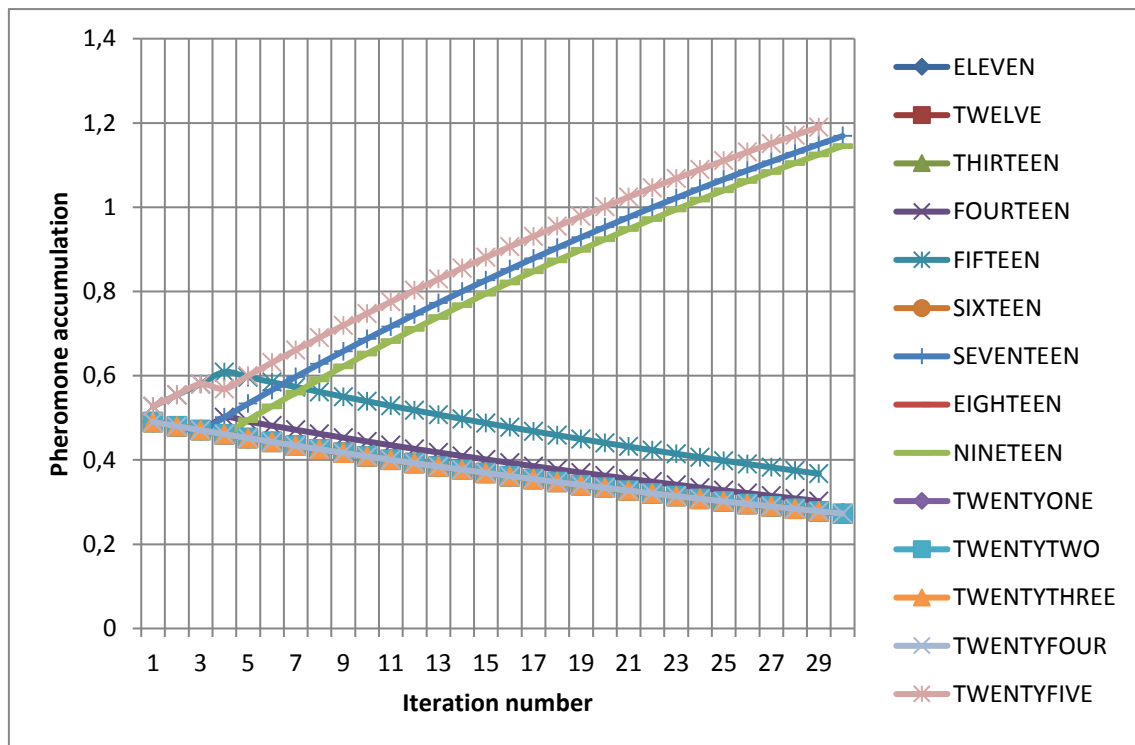
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	11.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

Ikusi daiteke konfigurazio topologikoa ona dela eta galerak txikitu egiten direla baina adierazgarria feromonen akumulazioan ematen den banaketa, feromonak bus guztietan zehar banatuta bait daude. Horrek bilaketa prozesua oso ona dela adierazten du, esplorazioa eta egokitasuna indartuta izan direlako.

12.Saiakera:

5-25 12.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{islanding}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
12	3	30	10	10	10	5	5	0,02	0,5	1	[26,19,17]



5-13 12.Saiakeraren Grafikoa

5-26 12.Saiakeraren Emaitzak

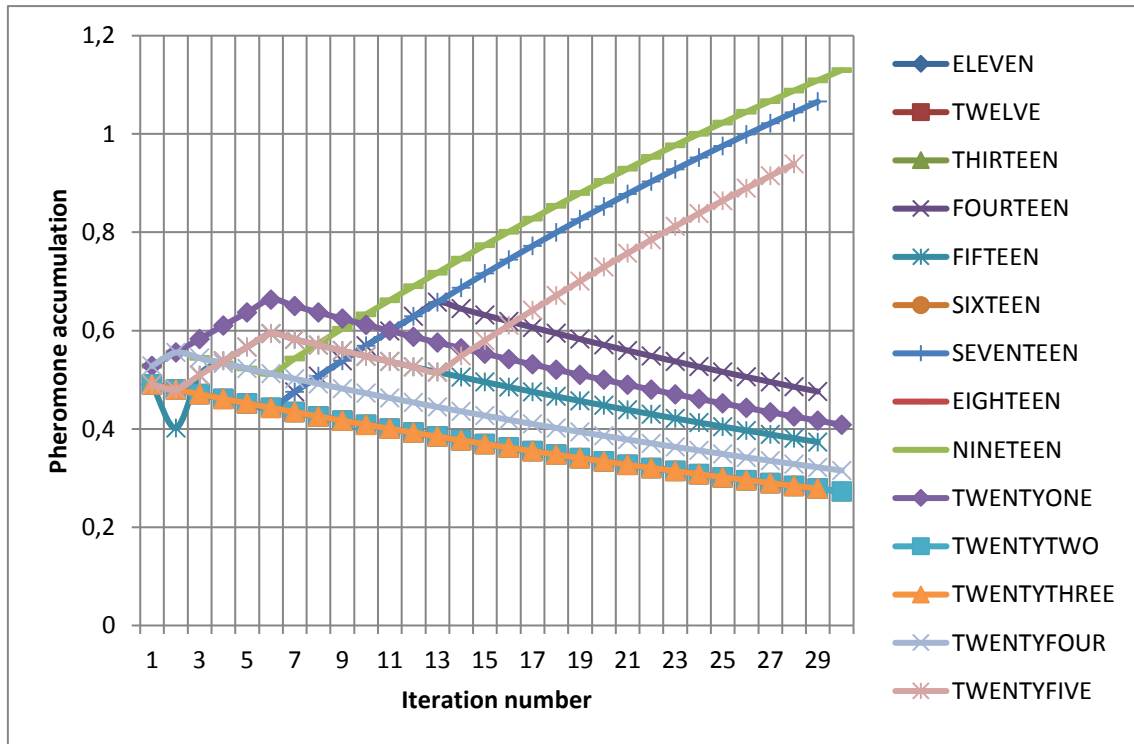
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	12.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

Konfigurazio topologikoa optimoa. Grafikan feromonen akumulazioa nahiko banatuta dago 25, 17 eta 19.en busak gehien dutenak izanik. Ikus daiteke α eta β -ren balioak aldatuz, λ -ren iguera konpentsatzen dela eta bilaketa eraginkor bat dagoela.

13.Saiakera:

5-27 13.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{islanding}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
13	3	30	10	10	10	3	5	0,02	0,5	1	[26,19,17]



5-14 13.Saiakeraren Grafikoa

5-28 13.Saiakeraren Emaitzak

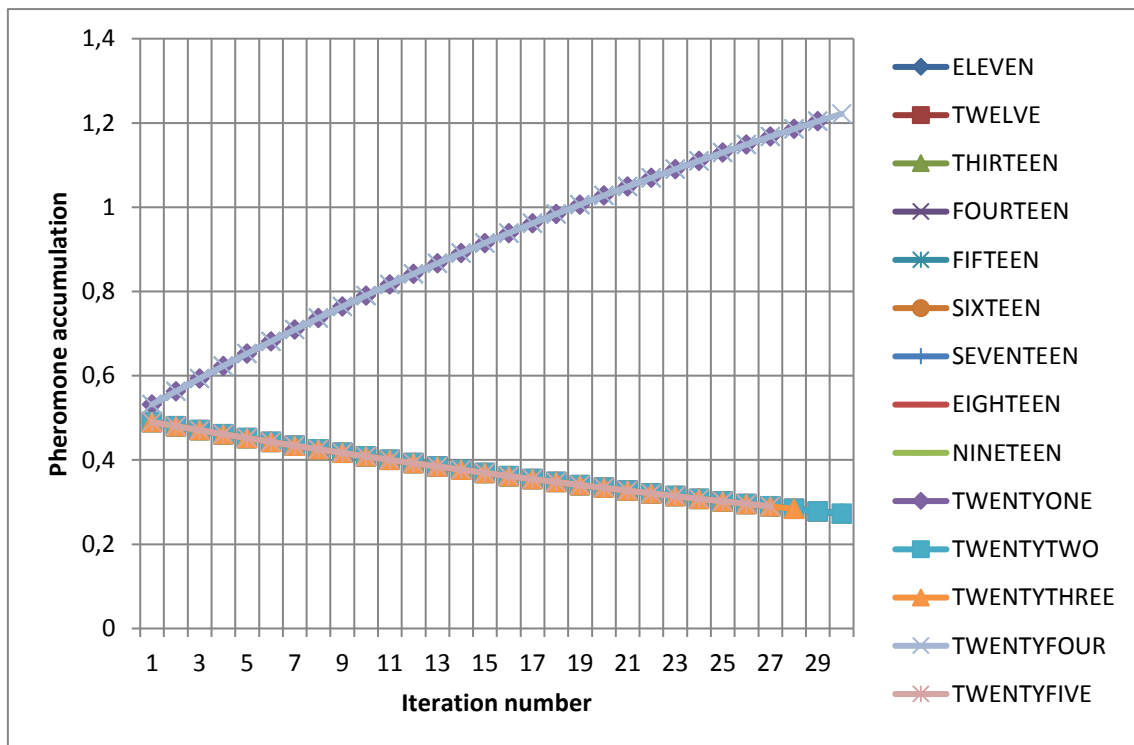
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	13.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4790
Galeren gutxipena(%)	-	%6,8

Konfigurazio topologikoa optimoa da. Feromonen akumulazioa nahiko banatuta dago bus denen artean, baina ikusi daiteke iterazioak aurrera joan ahala 17 eta 19.busetan feromonen akumulazioa igo egiten dela. Esan bezala hori bilaketa prozesu on bat eman delako gertatzen da. Ikus daiteke nola $B > \alpha$, bilaketa prozesu eraginkor batera eramaten duen.

14.Saiakera:

5-29 14.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{islanding}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
14	3	30	4	7	1	1	1	0,02	0,5	1	[26,19,17]



5-15 14.Saiakeraren Grafikoa

5-30 14.Saiakeraren Emaitzak

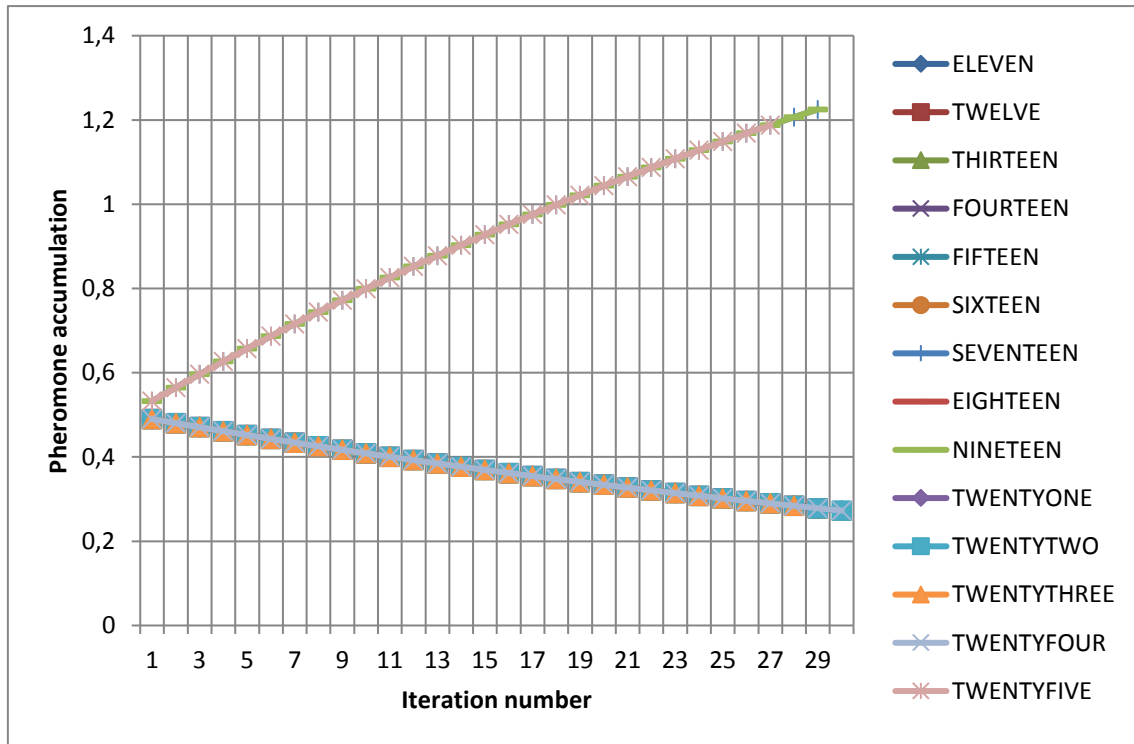
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	14.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

Saiakera honetan konfigurazio topologiko optimoa da. Ordea, feromonaren akumulazioa oso homogeneoa da eta bilaketa prozesua ez da bereziki ona. Berritua ere, β eta α arteko erlazio berdina da eta ikus daiteke bilaketan eraginkortasuna galdu dela.

15.Saiakera:

5-31 15.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{islanding}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
15	3	30	4	7	1	5	5	0,02	0,5	1	[19,17,26]



5-16 15.Saiakeraren Grafikoa

5-32 15.Saiakeraren Emaitzak

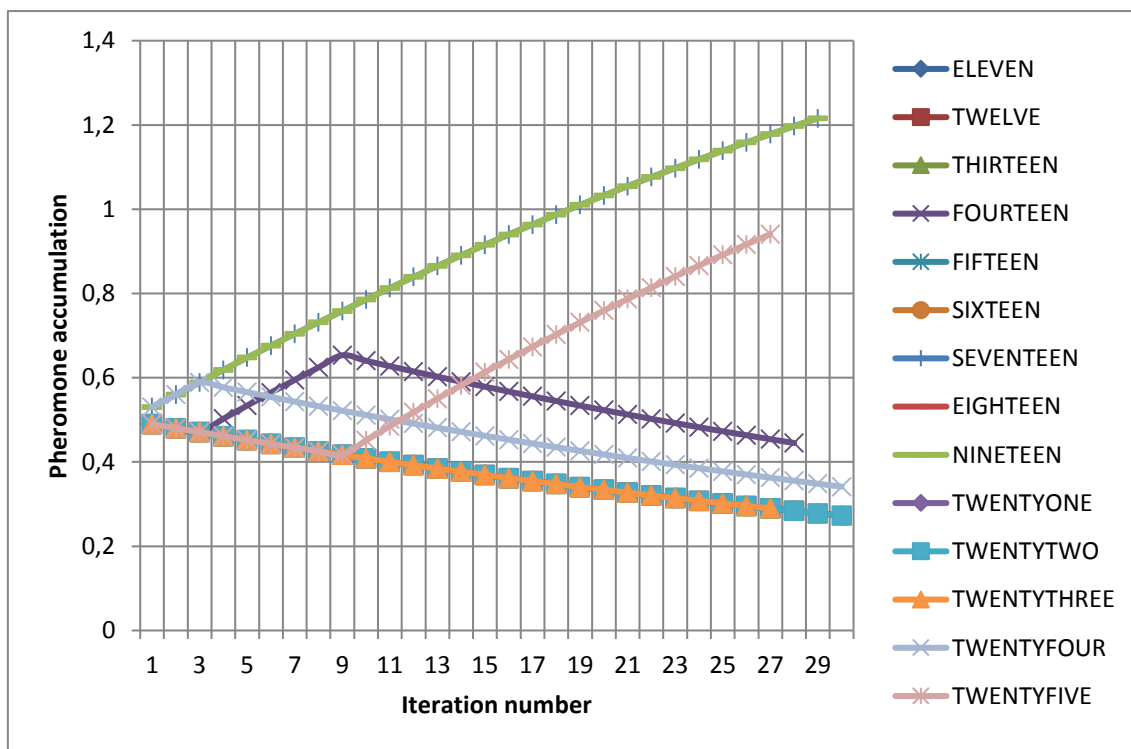
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	15.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

Konfigurazioa topologikoa optimoa izaten jarraitzen du. Grafikoan ikusi daiteke feromonen balioa bi talde berdinetan banatzen dela busen artean. Beraz, berriro ere, nahiz eta α eta β -ren balioak aldatu, berain arteko erlazio aldatzen ez den heinean, bilaketa prozedura ez da hobetzen.

16.Saiakera:

5-33 16.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{islanding}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
16	3	30	4	7	1	3	5	0,02	0,5	1	[26,19,17]



5-17 16.Saiakeraren Grafikoa

5-34 16.Saiakeraren Emaitzak

	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	16.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

Saiakuntza honetan galerak txikitu egiten dira eta konfigurazio topologikoa optimoa da. Grafikoan ikusi daiteke feromonak bus denetan sakabanatzen direla akumulazio gehien lortzen duena 13.a izanik. Bilaketa prozesu eraginkorra dela ikus daiteke, berriro ere $B > \alpha$ dela ikus dezakegu. Ikus daitekeenez β eta α -ren arteko erlazioa, λ -ren balio aldaketak baino eragin handiagoa dutela. $B > \alpha$ denean egokitasunaren pisua, hots, esplorazioa, eragin handiagoa dauka esplotazioa (feromona pilaketa) baino. Hori garrantzi handia dauka soluzio egokiaren eraikuntzan.

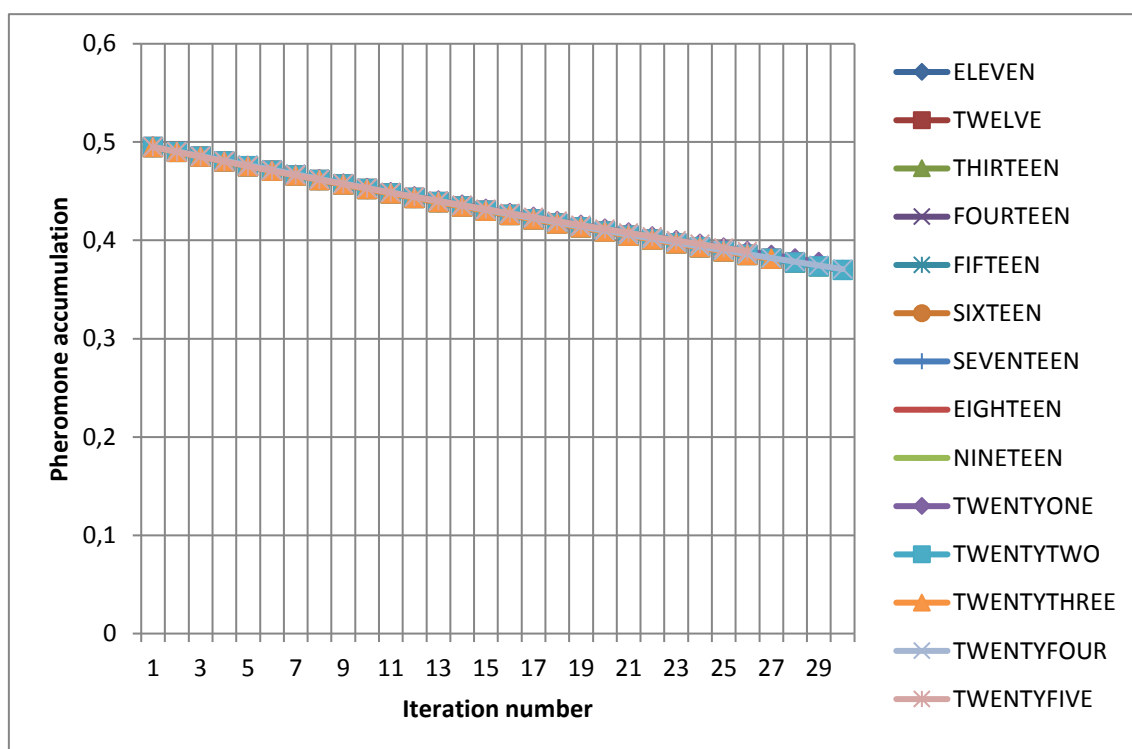
5.3 3 .AZPIMULTZOA

Azpimultzo honetan 2.azpimultzoan erabili den oinarria erabiliko λ -ren kasuan. Beste hiru azpimultzo sortuko dira baina α eta β -ren balioak balio finko unitario bat izango dute eta aldatzen diren parametroak Q eta δ izanik.

17.Saiakera:

5-35 17.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
17	3	30	0,05	0,05	0,05	1	1	0,1	0,5	0,01	[26,19,21]



5-18 17.Saiakeraren Grafikoa

5-36 17.Saiakeraren Emaitzak.

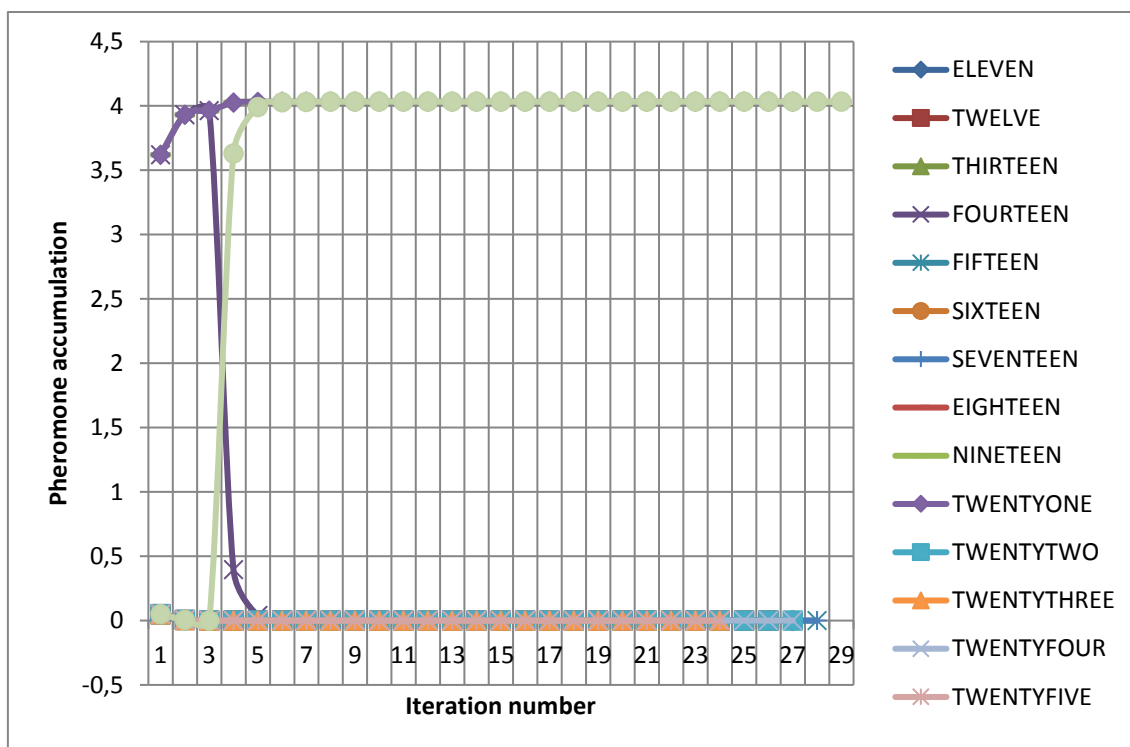
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	17.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4959
Galeren gutxipena(%)	-	%3,52

Konfigurazio topologikoa ez da optimoa eta gutxipenak egon arren galerak nahiko altuak dira. Feromonen akumulazioa bus denetan berdina da eta grafikoan ikusi daiteke iterazioak aurrera joan ahala feromonen akumulazioa jaitsi egiten dela. Bilaketa prozesua eta akumulazio oso txarrak direla ikus daitezke irudian.

18.Saiakera:

5-37 18.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{istanding}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
18	3	30	0,05	0,05	0,05	1	1	0,9	0,5	2	[26,19,21]



5-19 18.Saiakeraren Grafikoa

5-38 18.Saiakeraren Emaitzak

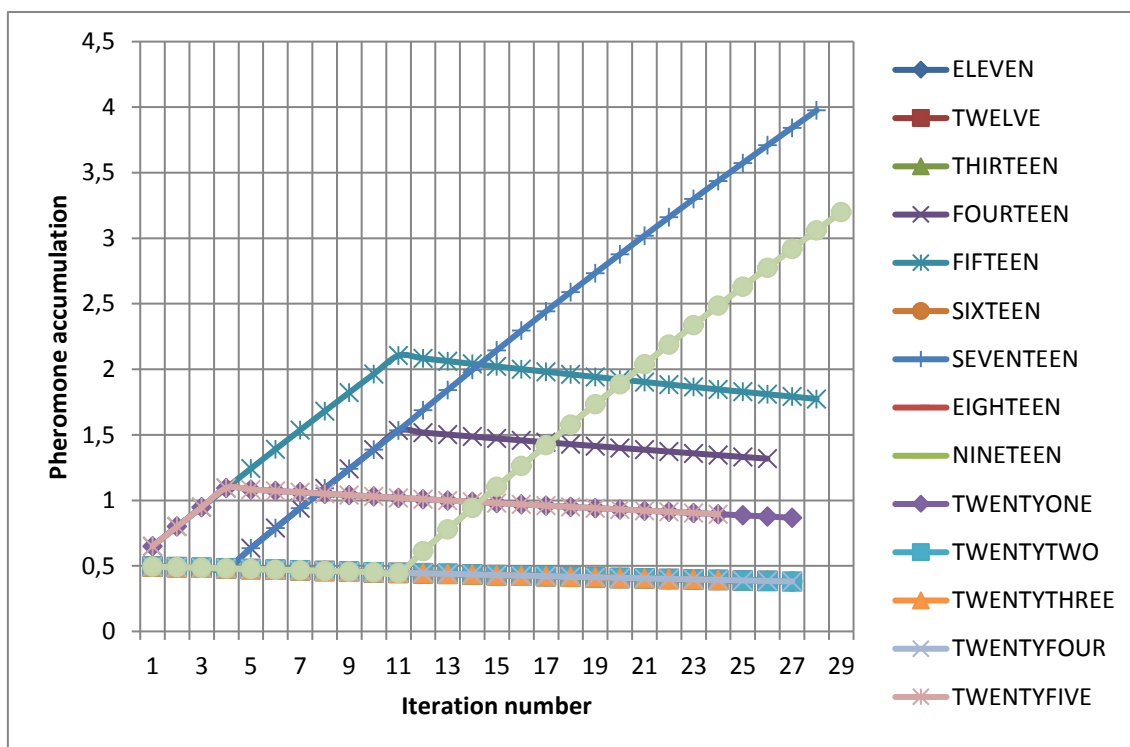
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	18.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4959
Galeren gutxipena(%)	-	%3,52

Konfigurazioa topologikoa ez da optimoa eta ondorioz lortzen diren galeren gutxipenak txikiak dira. Grafikoan ikusi daiteke bus batzuetan feromona maila oso altua dela hasiera batetik eta iterazioak aurrera joan ahala aldaketa handi bat ikusi daiteke 14. eta 16. busen akumulazioetan. Penalizazioak nahiko txikiak izan arren, bilaketaren eraginkortasuna txarra dela esan daiteke β eta α -ren balioen berdintasunaren ondorioz. Gainera 14 eta 16.busetan ematen den bat-bateko feromona aldaketa δ eta Q balio altuen ondorioa izan daiteke.

19.Saiakera:

5-39 19.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
19	3	30	0,05	0,05	0,05	1	1	0,01	0,5	8	[19,17,26]



5-20 19.Saiakeraren Grafikoa

5-40 19.Saiakeraren Emaitzak

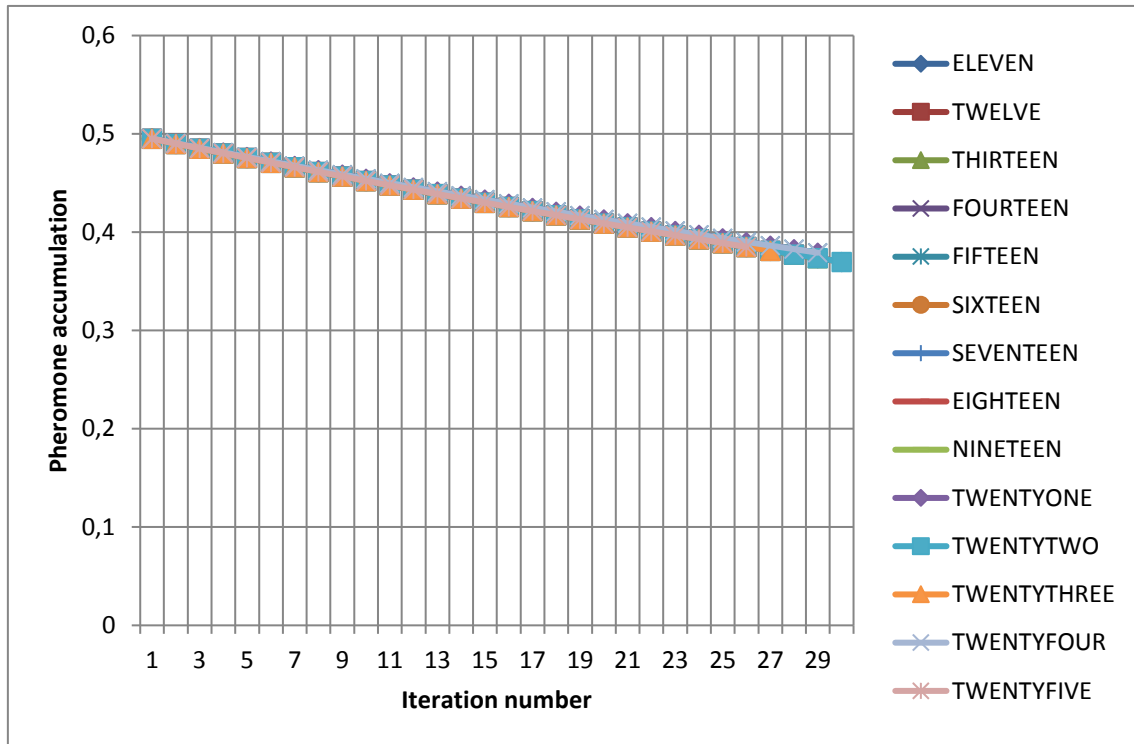
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	19.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4959
Galeren gutxipena(%)	-	%3,52

Galerak gutxipena nahiko txikia izan arren kasu honetan konfigurazio topologiko optimoa lortzen da. Grafikoan ikusi daiteke esplorazio eta esplotazio bideak nahiko orekatuak izan direla, hau da, busetan ematen den feromona akumulazioa orekatu dagoela. δ - ren balio oso baxu bat edukitzeak feromonen desagerpena atzeratzen du akumulazioa areagotuz eta Q-ren balio altuak feromonen abiadura handitzen du beraz busetan feromona kantitate handia akumulatzen denbora txiki batean eta ondorioz esan daiteke bilaketa prozesu optimo bat jarraitu dela.

20.Saiakera:

5-41 20.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{istanding}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
20	3	30	10	10	10	1	1	0,01	0,5	0,01	[26,19,17]



5-21 20.Saiakeraren Grafikoa

5-42 20.Saiakeraren Emaitzak

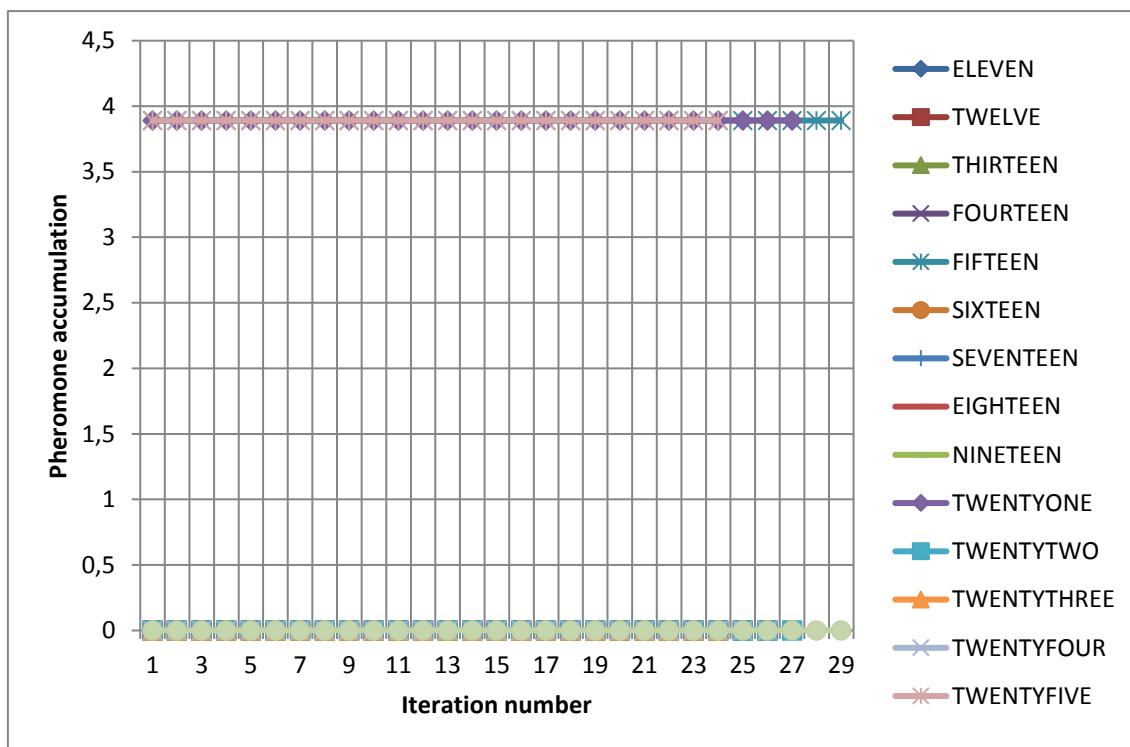
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	20.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4682
Galeren gutxipena(%)	-	% 8,9

Konfigurazio topologikoa optimoa da eta galerak txikitu egiten dira. Grafikoan ikusi daiteke feromonen akumulazioa txikitu egiten dela iterazioak aurrera joan ahala baietan bus denetan akumulazioa berdina da. Emaitza ona izan arren, bilaketa eta soluzio konstrukzio prozesua txarrak direla ikus daiteke.

21.Saiakera:

5-43 21.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{istanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
21	3	30	10	10	10	1	1	1	0,5	2	[26,19,17]



5-22 21.Saiakeraren Grafikoa

5-44 21.Saiakeraren Emaitzak

	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	21.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

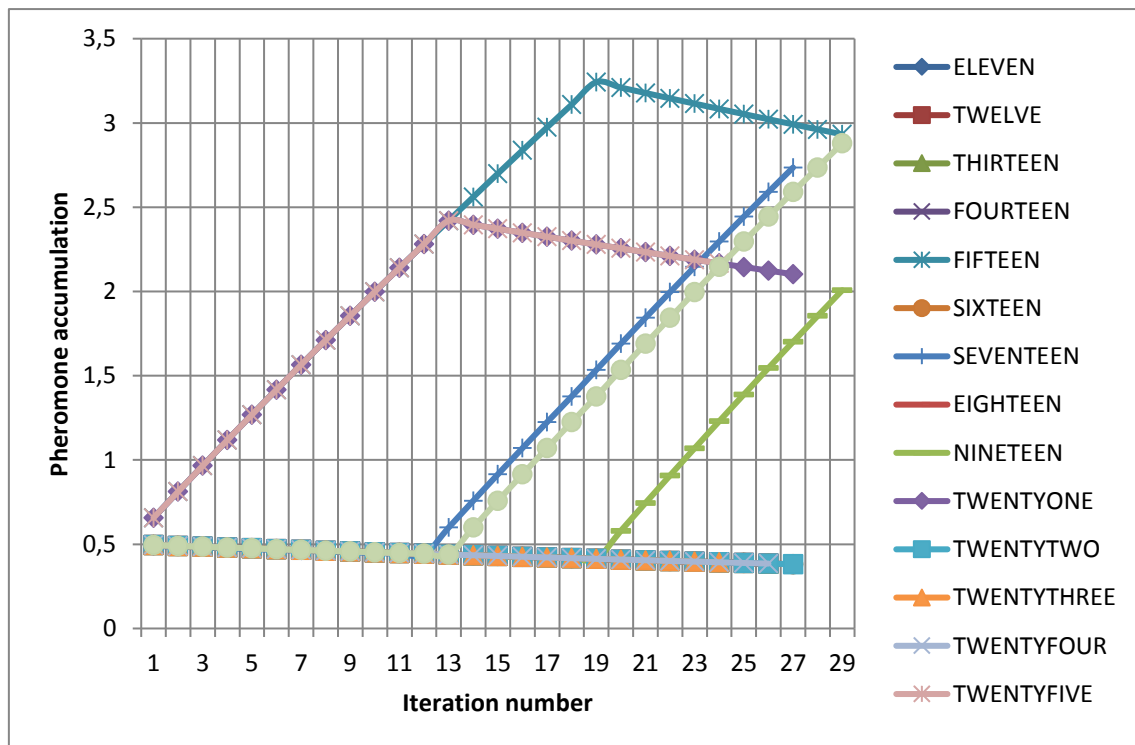
Kasu honetan konfigurazio topologikoa optimoa da eta galeren gutxipen aipagarri bat ematen da, baina grafikoari erreparaturaz bilaketaren prozesua eta estrukturazioa txarra da. Grafikoan ikusi daiteke buzetan feromonen balioa konstantea dela lehenengo iteraziotik amaierararte hau δ -ren balioa unitarioa delako da.

δ -ak feromonen lurrunketa kontrolatzen du eta balio portzental bat da beraz saiakera honetan balio maximoa eman zaio parametro honi eta emaitza feromonen balioen aldaketa eza izan da.

22.Saiakera:

5-45 22.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
22	3	30	10	10	10	1	1	0,01	0,5	8	[26,19,17]



5-23 22.Saiakeraren Grafikoa

5-46 22.Saiakeraren Emaitzak

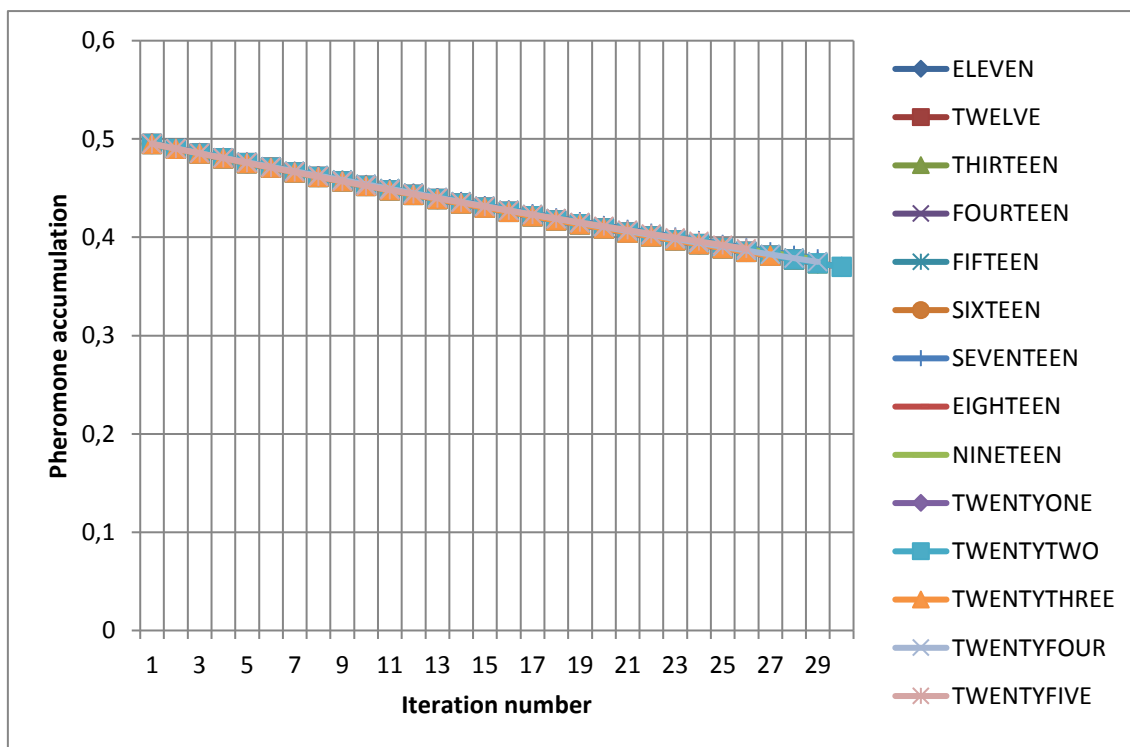
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	22.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

Konfigurazio topologiko optimoa eta galeren gutxipen on bat lortzen da saiakera honetan. Grafikoan ikusi daiteke esplorazio eta esplotazio bideak nahiko orekatuak izan direla, hau da, busetan ematen den feromona akumulazioa orekatua dagoela. δ -ren balio oso baxu bat edukitzeak feromonen desagerpena atzeratzen du akumulazioa areagotuz eta Q-ren balio altuak feromonen abiadura handitzen du beraz busetan feromona kantitate handia akumulatzen denbora txiki batean eta ondorioz esan daiteke bilaketa prozesu optimo bat jarraitu dela. Gainera δ eta Q parametroak berdinak dituen saiakerarekin alderatuz, penalizazio altuago batzuk izateak eragina izan du galeren gutxipen handiago bat lortu delako.

23.Saiakera:

5-47 23.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{istanding}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
23	3	30	4	7	1	1	1	0,01	0,5	0,01	[26,19,17]



5-24 23.Saiakeraren Grafikoa

5-48 23.Saiakeraren Emaitzak

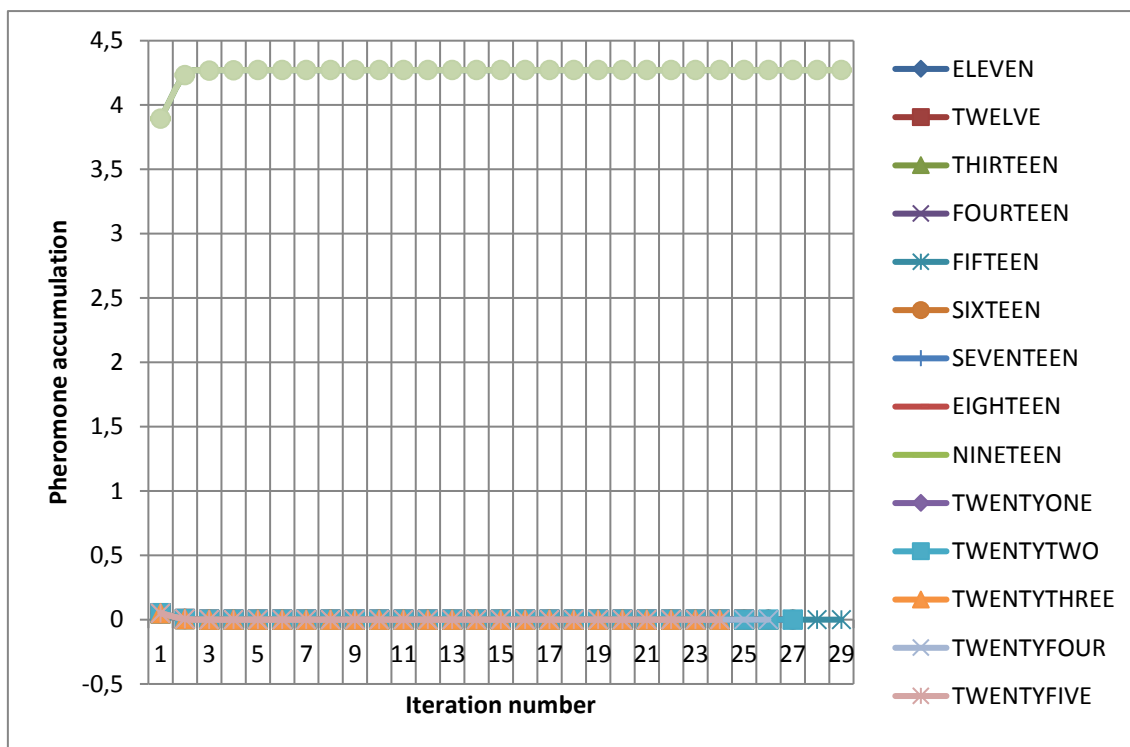
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	23.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4682
Galeren gutxipena(%)	-	% 8,9

Konfigurazio topologikoa optimoa da eta galerak berdinak dira. Grafikoan ikusten da feromonen akumulazioa berdina dela bus guztietan baina iterazioak aurrera joan ahala feromonen akumulazioa txikitu egiten da. Beraz, bilaketa prozesua txarra da kasu honetan.

24.Saiakera:

5-49 24.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{islanding}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
24	3	30	4	7	1	1	1	0,9	0,5	2	[26,19,17]



5-25 24.Saiakeraren Grafikoa

5-50 24.Saiakeraren Emaitzak

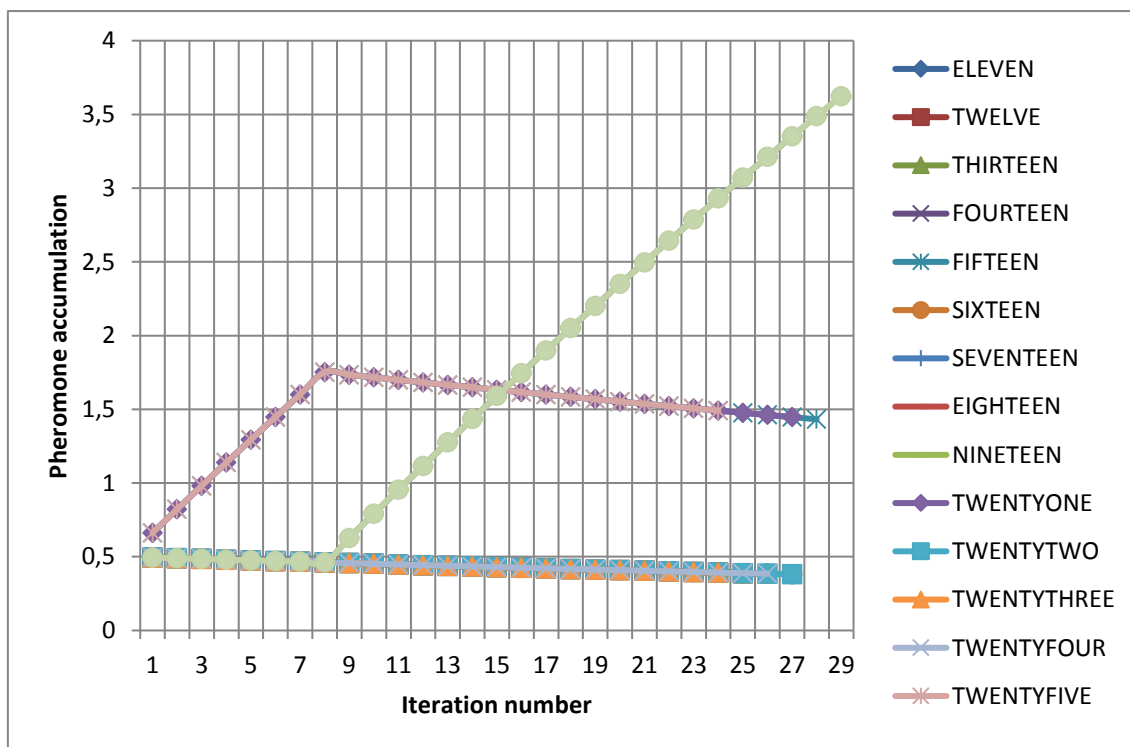
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	24.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4682
Galeren gutxipena(%)	-	% 8,9

Galeren gutxipen on bat eta konfigurazio topologiko optimo bat lortu da saiakera honetan. Grafikoari erreparatuz bilaketa prozesua nahiko txarra dela ikusten da feromonen akumulazioan aldaketa lehen iterazioetan bakarrik ikusten delako hau, δ -ren balio altu bat erabili delako eman da.

25.Saiakera:

5-51 25.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{islanding}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
25	3	30	4	7	1	1	1	0,01	0,5	8	[19,17,26]



5-26 25.Saiakeraren Grafikoa

5-52 25.Saiakeraren Emaitzak

	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4682
Galeren gutxipena(%)	-	% 8,9

Saiakera honetan konfigurazio topologiko optimoa bat eta galeren gutxipen balio on bat lortu da. Grafikoan ikusi daiteke esplorazio eta esplotazio bideak ezberdinak izan direla, baina penalizazioen balio ezberdinak izateak feromona akumulazioen aldaketak bus batzuetara mugatu dituen arren, bilaketa prozesua ona da. δ -ren balio oso baxu bat edukitzeak feromonen desagerpena atzeratzen du akumulazioa areagotuz eta Q-ren balio altuak feromonen abiadura handitzen du beraz busetan feromona kantitate handia akumulatzen denbora txiki batean eta ondorioz esan daiteke bilaketa prozesu optimo bat jarraitu dela.

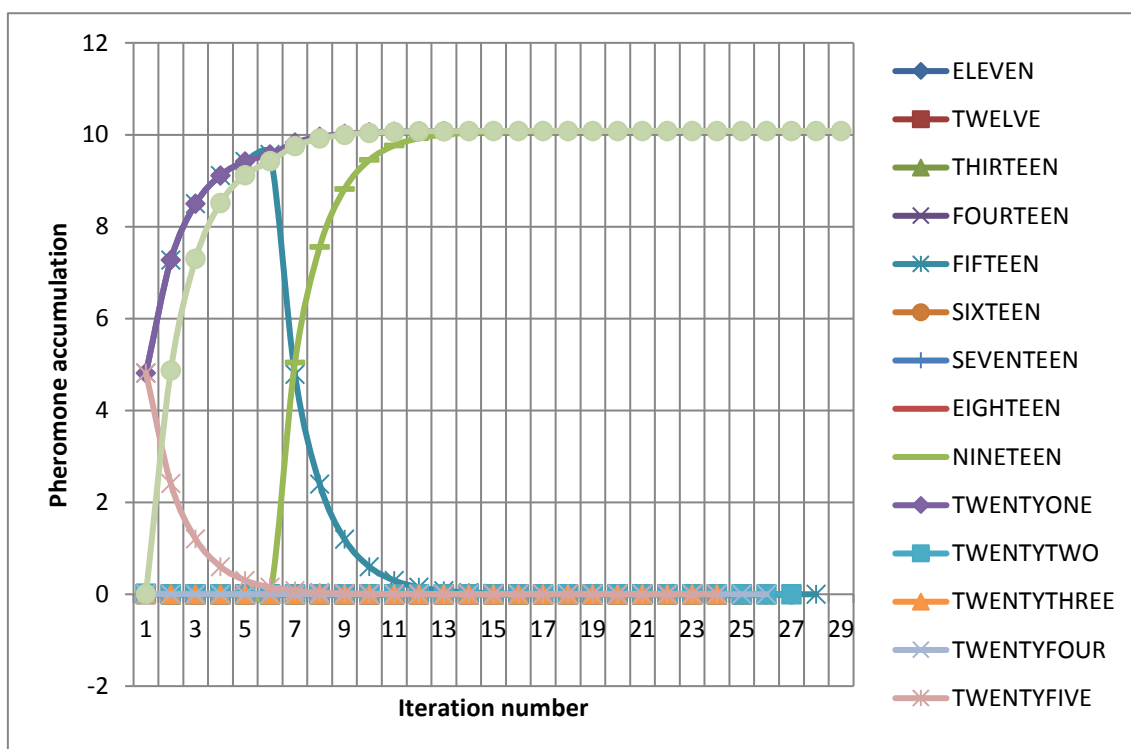
5.4 4.AZPIMULTZOA

Azpimultzo honetan λ , α eta β -ren balioak aurreko azpimultzoan erabilitako berdinak izango dira. Q eta δ -ren balioak konstanteak izango dira 5 eta 0,5 balioak izanik eta τ_0 balioa gradualki aldatzen joango da.

26.Saiakera:

5-53 26.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
26	3	30	0,05	0,05	0,05	1	1	0,5	0,01	5	[29,21,26]



5-27 26.Saiakeraren Grafikoa

5-54 26.Saiakeraren Emaitzak

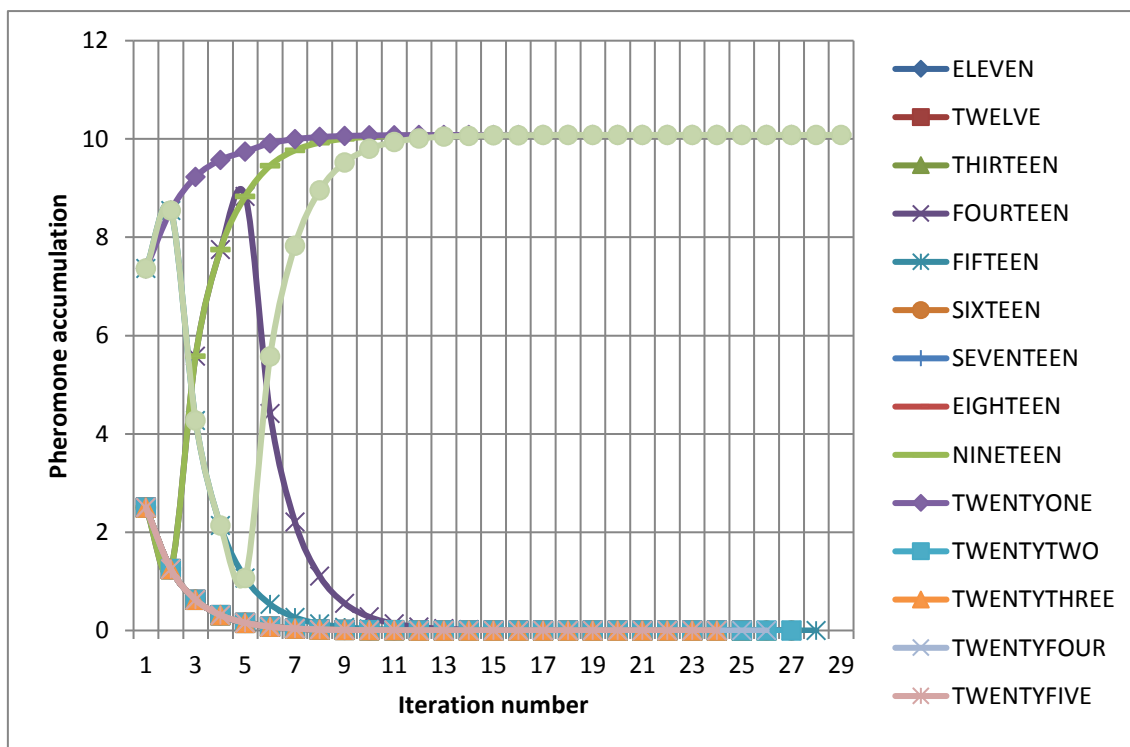
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	26.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4959
Galeren gutxipena(%)	-	%3,52

Konfigurazio topologikoa ez da optimoa eta galeren gutxipena oso txikia da. Grafikoan ikusi daiteke lehenengo iterazioetan bus batzuetan feromona akumulazio aldaketa handiak ematen direla eta gero akumulazioak konstante mantentzen direla. τ_0 -ren balio baxuaren eragina ikusi daiteke grafikoaren hasierako balio baxuetan. Bilaketa prozesu nahiko kaskarra da .

27.Saiakera:

5-55 27.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
27	3	30	0,05	0,05	0,05	1	1	0,5	5	5	[26,19,21]



5-28 27.Saiakeraren Grafikoa

5-56 27.Saiakeraren Emaitzak

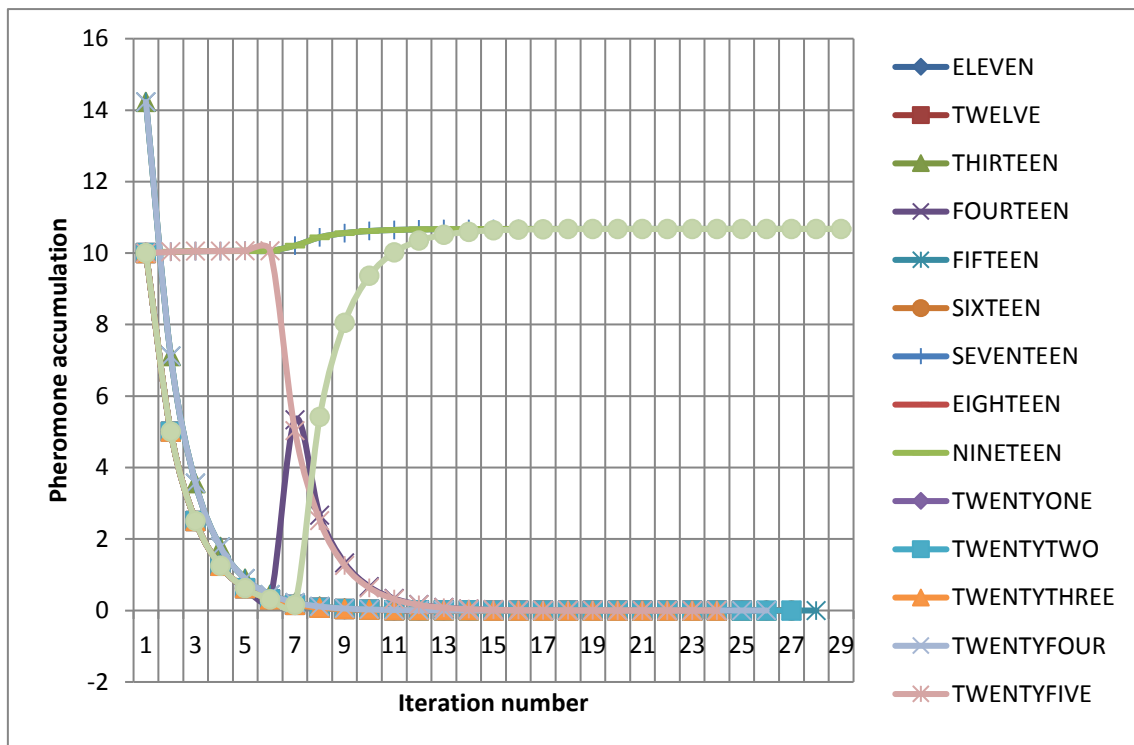
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	27.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4959
Galeren gutxipena(%)	-	%3,52

Konfigurazio topologikoa ona da eta galeren gutxipenaren balio nahiko txarra da. Grafikoan ikusi daiteke hasieran feromonen balioa bus batzuetan nahiko altua dela τ_0 -ren balioaren eraginez. Berriro ere hasierako iterazioetan ematen dira feromonen akumulazioen aldaketak gero balioak konstante mantenduz. Aipagarria da ere 14.busean ematen den akumulazioa aldaketa hain iterazio gutxitan. Bilaketa prozesua nahiko kaskarra da feromona bus gutxitan akumulatzen delako eta iterazio gutxi batzuen ondorioz feromona kantitatea konstante mantentzen delako.

28.Saiakera:

5-57 28.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
28	3	30	0,05	0,05	0,05	1	1	0,5	20	5	[26,19,17]



5-29 28.Saiakeraren Grafikoa

5-58 28.Saiakeraren Emaitzak

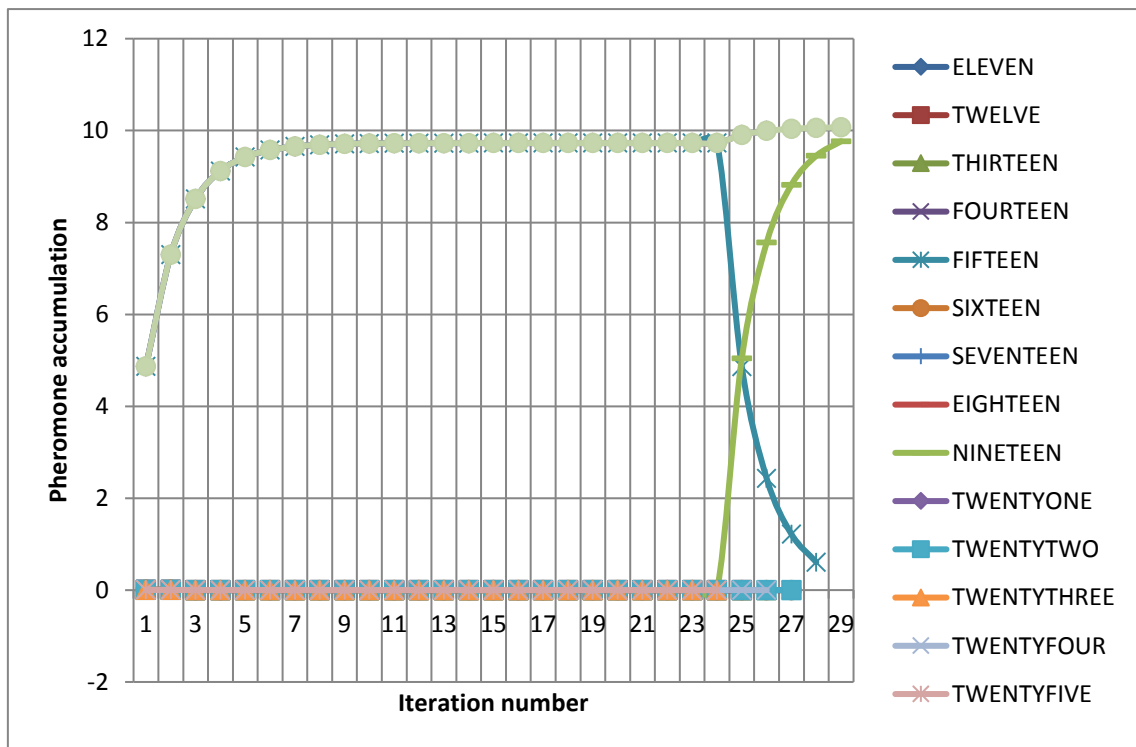
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	28.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4682
Galeren gutxipena(%)	-	% 8,9

Konfigurazio topologiko optimoa lortu da eta galeren gutxipenaren balioa ona da. Grafikoari erreparatuz τ_0 balio oso altuaren eragina ikusi daiteke hasieran bus batzuetan feromona akumulazio oso altua baita. Iterazioak aurrera joan ahala bus gehienetan feromona akumulazioa desagertu egiten da 26,17 eta 19.busetan izan ezik.

29.Saiakera:

5-59 29.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{islanding}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
29	3	30	10	10	10	1	1	0,5	0,01	5	[19,21,26]



5-30 29.Saiakeraren Grafikoa

5-60 29.Saiakeraren Emaitzak

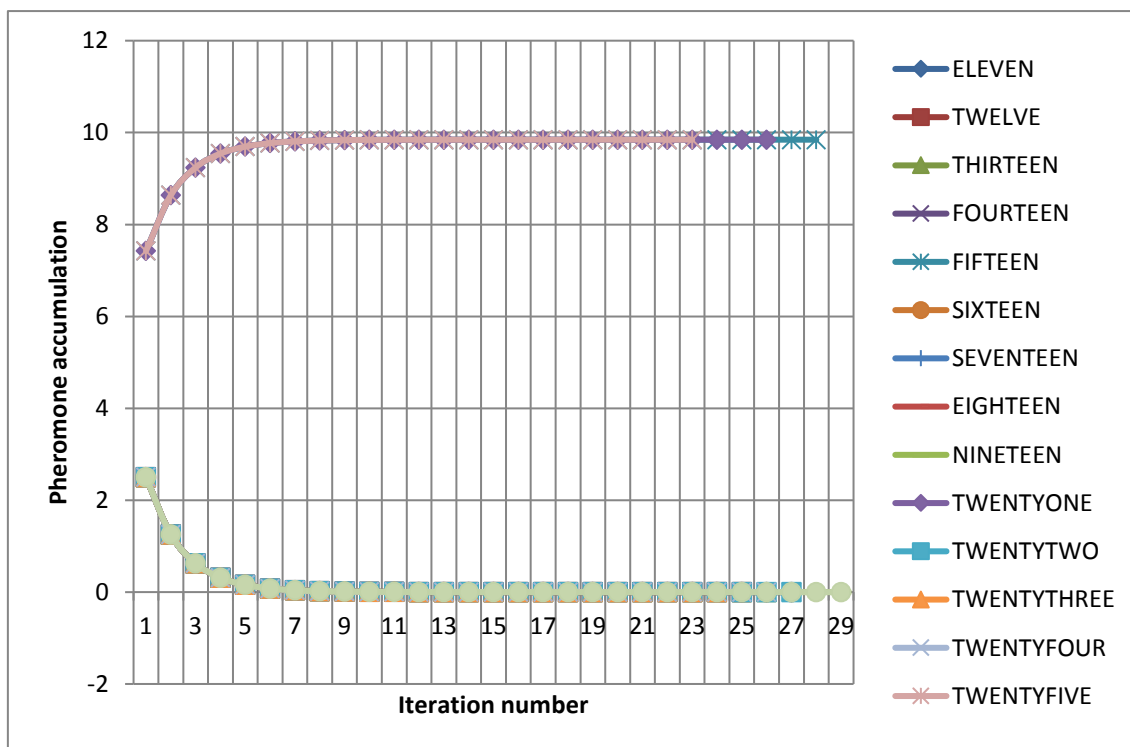
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	29.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4959
Galeren gutxipena(%)	-	%3,52

Konfigurazio topologikoa ez da optimoa eta galeren gutxipenaren balioa baxua da. Feromonen akumulazioak busetan homogeneoki banatzen dira amaierako iterazioetan aldaketak aurkituz. Hau penalizazioaren balioaren aldaketagatik ematen da. Bilaketa prozesua ez da ona, esplorazio eta esplotazio aukerak nuluak direlako.

30.Saiakera:

5-61 30.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
30	3	30	10	10	10	1	1	0,5	5	5	[16,19,27]



5-31 30.Saiakeraren Grafikoa

5-62 30.Saiakeraren Emaitzak

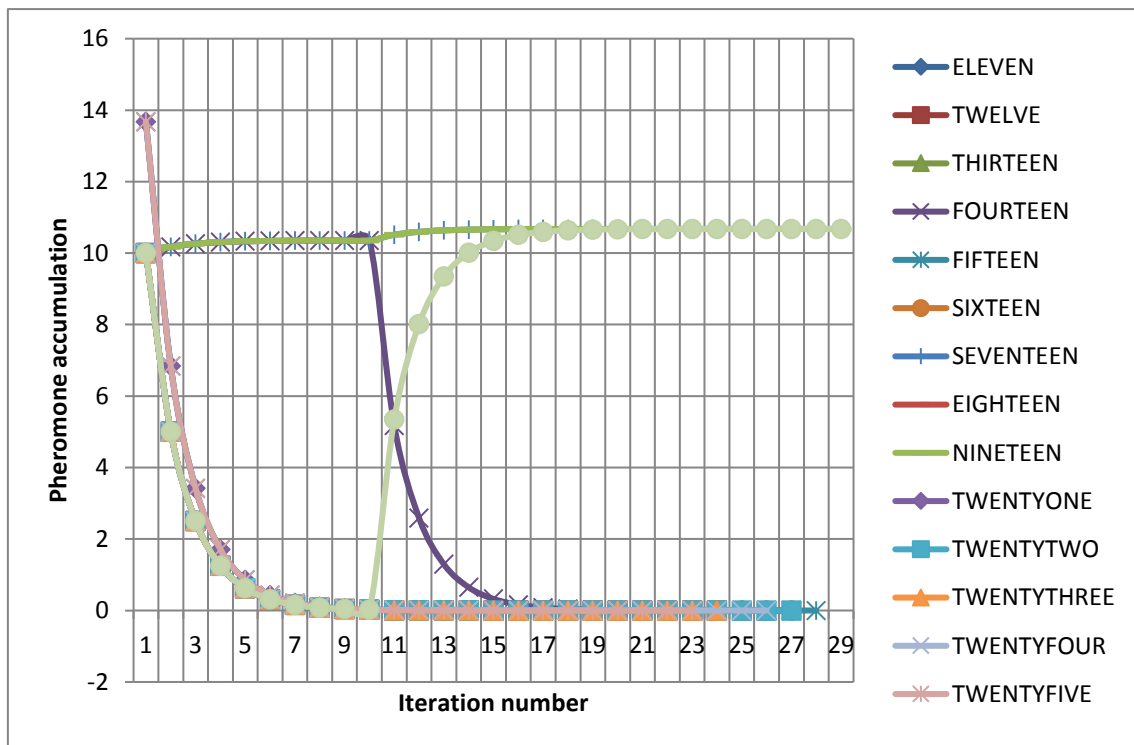
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	30.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,5078
Galeren gutxipena(%)	-	%1,21

Konfigurazio topologikoa ez da optimoa eta galeren gutxipenaren balioak oso txarrak dira. τ_0 -ren balioaren eragina ikusi daiteke iterazioen hasieran baina iterazioak aurrera joan ez da aldaketarik somatzen feromonen akumulazioetan. Bilaketa prozesua txarra da feromonen akumulazioen balioak konstanteak eta bus berdinetan mantentzen direlako ia iterazio guztietan hau α eta β -ren balioak berdinak direlako eta penalizazio balio altuagoen eraginagatik izan daiteke.

31.Saiakera:

5-63 31.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{islanding}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
31	3	30	10	10	10	1	1	0,5	20	5	[26,19,17]



5-32 31.Saiakeraren Grafikoa

5-64 31.Saiakeraren Emaitzak

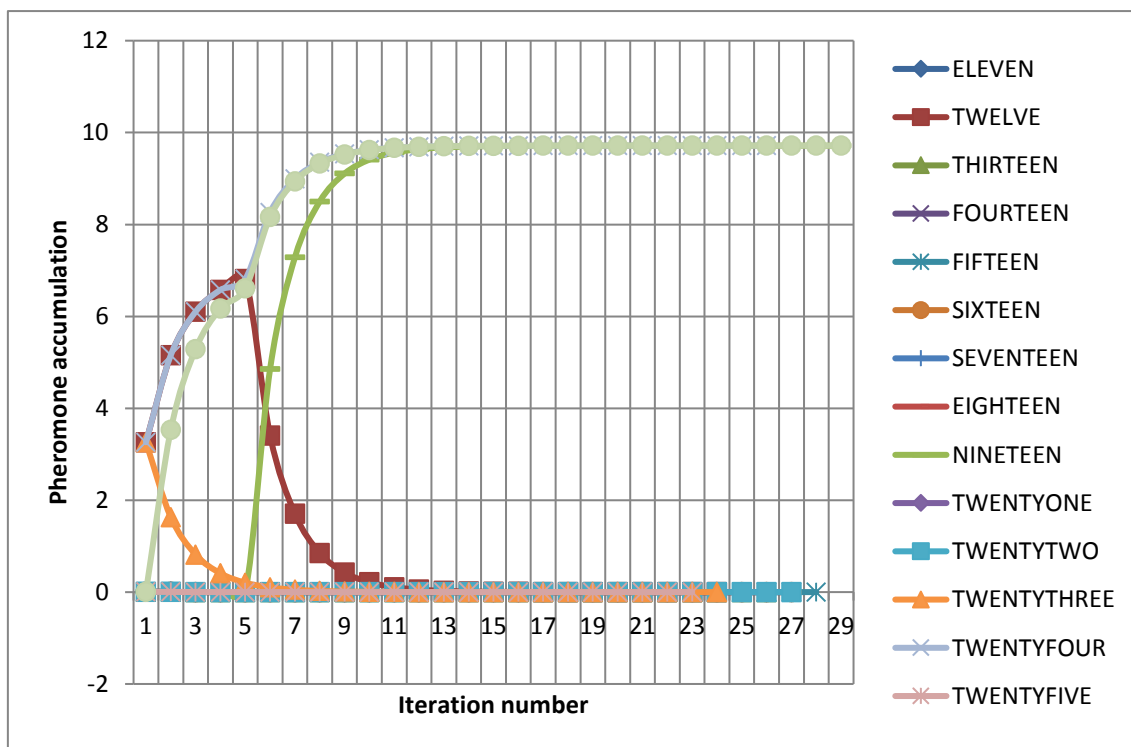
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	31.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4682
Galeren gutxipena(%)	-	% 8,9

Konfigurazio topologiko optimoa eta galeren gutxipenaren balio nahiko ona. τ_0 -ren balio altuaren eragina ikusi daiteke ikusi daiteke grafikoaren hasieran, honetaz gain iterazioak aurrera joan ahala bus ia guztietan feromona akumulazioaren aldaketa ematen da batzuk konstante mantendu arren. Bilaketa prozesua perfektua izan ez arren kasu honetan ontzat eman daiteke.

32.Saiakera:

5-65 32.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{islanding}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
32	3	30	4	7	1	1	1	0,5	0,01	5	[19,24,26]



5-33 32.Saiakeraren Grafikoa

5-66 32.Saiakeraren Emaitzak

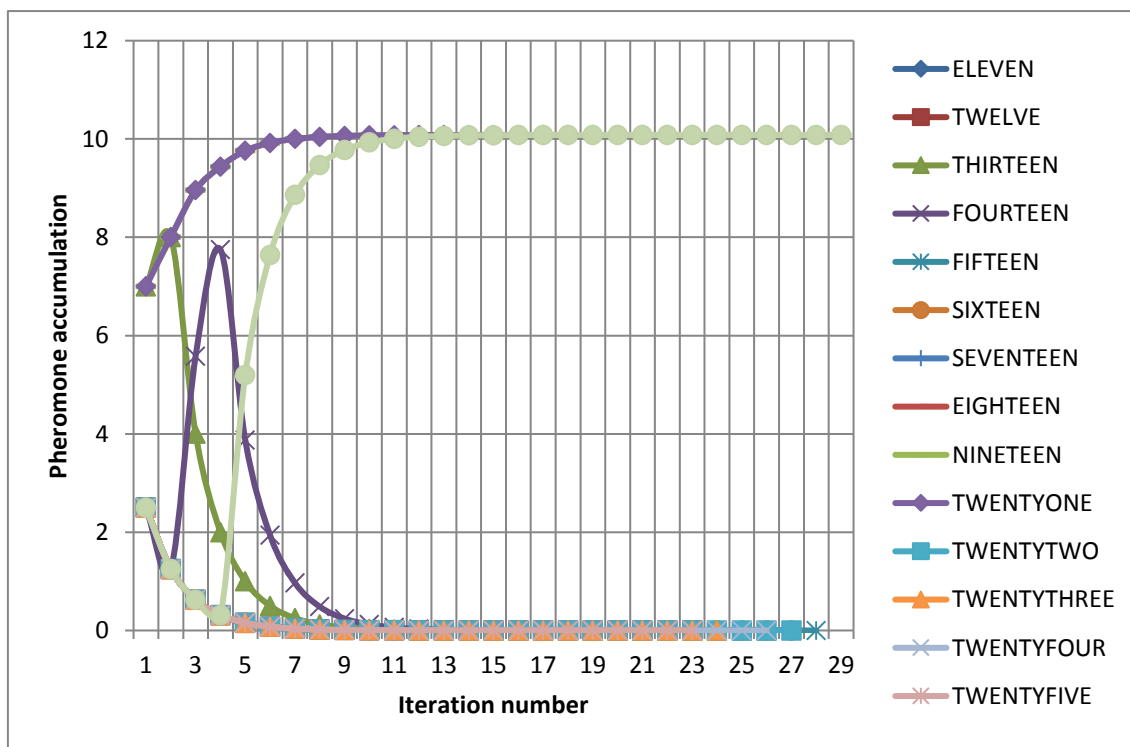
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	32.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,5146
Galeren gutxipena(%)	-	% -0,1128

Saiakera honetan konfigurazio topologikoa ez da optimoa eta gainera galerak handitu egiten dira erreferentziatzen hartu den balioarekin konparatuz. Hasierako iterazioetan feromona aldaketa handi bat ikusi daiteke bus ezberdinetan eta iterazioak aurrera joan ahala balioak konstante mantentzen dira. Hasierako aldaketa handi hau penalizazioen balioa Q-ren balioarekin alderatuz baxuak izan daitezkeelako izan daiteke. Dena den bilaketa prozesua nahiko eskasa da eta gainera konfigurazio topologikoan eta galeren gutxipenean lortutako emaitzak oso txarrak dira.

33.Saiakera:

5-67 33.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
33	3	30	4	7	1	1	1	0,5	5	5	[26,19,21]



5-34 33.Saiakeraren Grafikoa

5-68 33.Saiakeraren Eraitzak

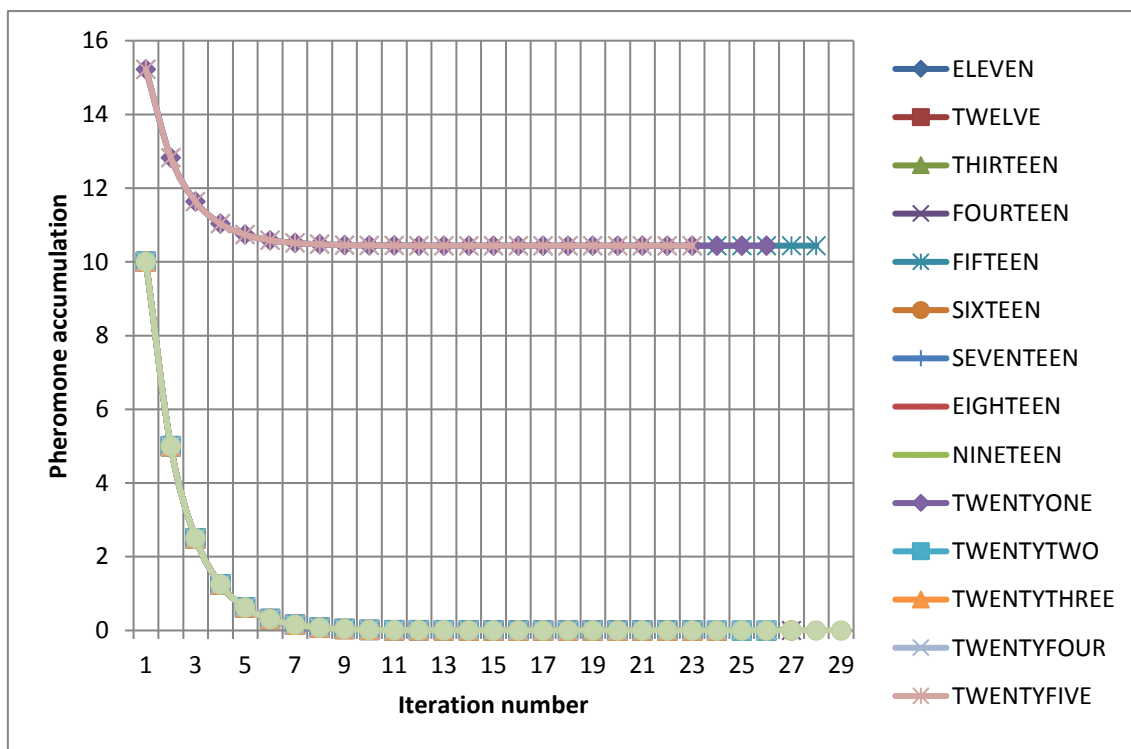
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	33.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4959
Galeren gutxipena(%)	-	%3,52

Konfigurazio topologikoa ez da optimoa eta galeren gutxipenaren balioak txikiak dira. Grafikoari erreparatzen badigu ikusi daiteke aurreneko iterazioetan bus batzuen feromona akumulazio balioetan aldaketa dagoela baina aurrera joan ahala balioak konstante mantentzen dira. Bilaketa prozesua ez da ona feromona bus gutxitan akumulatzen delako esplorazio bideari uko eginez hau penalizazioen balioak α eta β -rekin alderatuz handiak izan daitezkeelako da.

34.Saiakera:

5-69 34.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{islanding}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
34	3	30	4	7	1	1	1	0,5	20	5	[26,19,17]



5-35 34.Saiakeraren Grafikoa

5-70 34.Saiakeraren Emaidzak

	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	34.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4790
Galeren gutxipena(%)	-	%6,81

Konfigurazio topologikoa optimoa da eta galeren balioak ez dira txarrak. Grafikoan ikusi daiteke feromonen akumulazioen balioak bi baliotan banatzen direla busetan eta iterazioak aurrera joan ahala ibilbide berdina egiten dute. Hasieran akumulazio altu bat izateak τ_0 balio altuaren eragina da. Emaidza ona izan arren, bilaketa eta soluzio konstrukzio prozesua txarrak direla ikus daiteke.

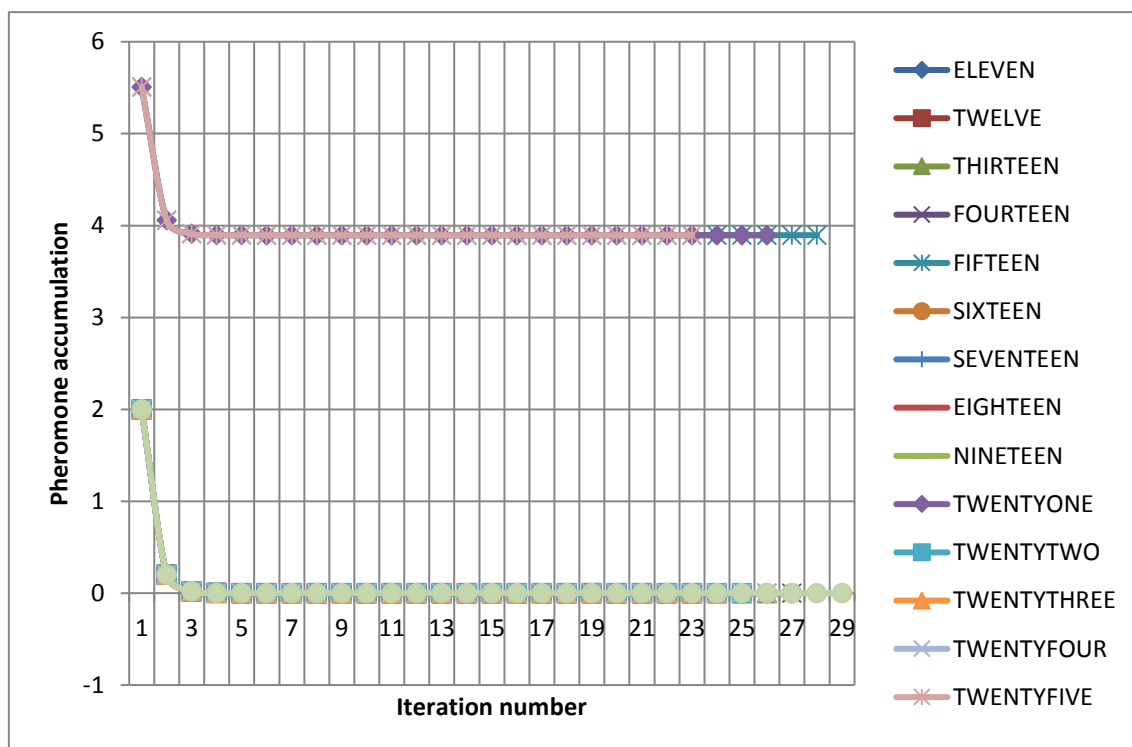
5.5 5 .AZPIMULTZOA

Azpimultzo hau 30 ziklo dituen azkena da eta parametroen balioak aleatorioak izan dira ez da aurreko azpimultzoetan jarraitu den patroia erabili.

35.Saiakera:

5-71 35.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
35	3	30	50	50	50	5	5	0,9	20	8	[26,19,17]



5-36 35.Saiakeraren Grafikoa

5-72 35.Saiakeraren Emaizak

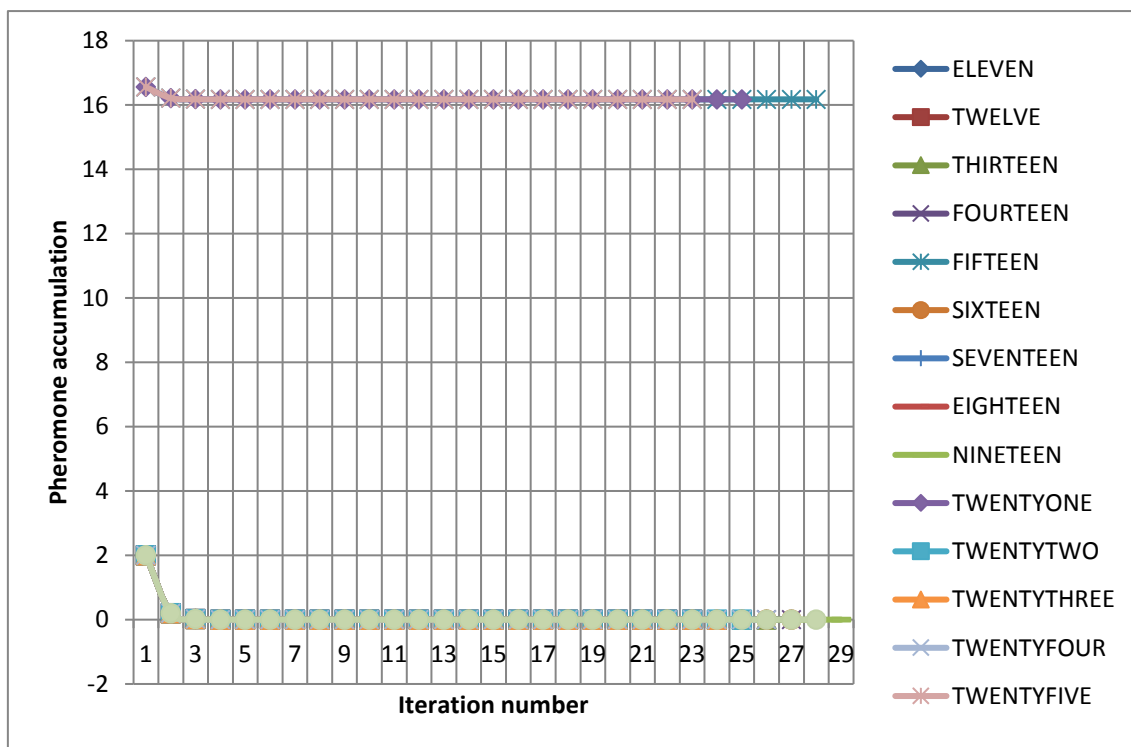
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	35.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,5134
Galeren gutxipena(%)	-	%0,12

Kasu honetan, konfigurazio topologikoa optimoa da baina lortutako galeren gutxipenaren balioa oso txarra. δ eta Q balio ain altuak edukitzeak feromonen akumulazio eta lurrunketa azkarra ahalbideratzen du , grafikoan ikusten den balio konstanteak lortuz eta bilaketa prozesua txarra egine

36.Saiakera:

5-73 36.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{islanding}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
36	3	30	50	50	50	5	5	0,9	8	20	[26,19,17]



5-37 36.Saiakeraren Grafikoa

5-74 36.Saiakeraren Emaitzak

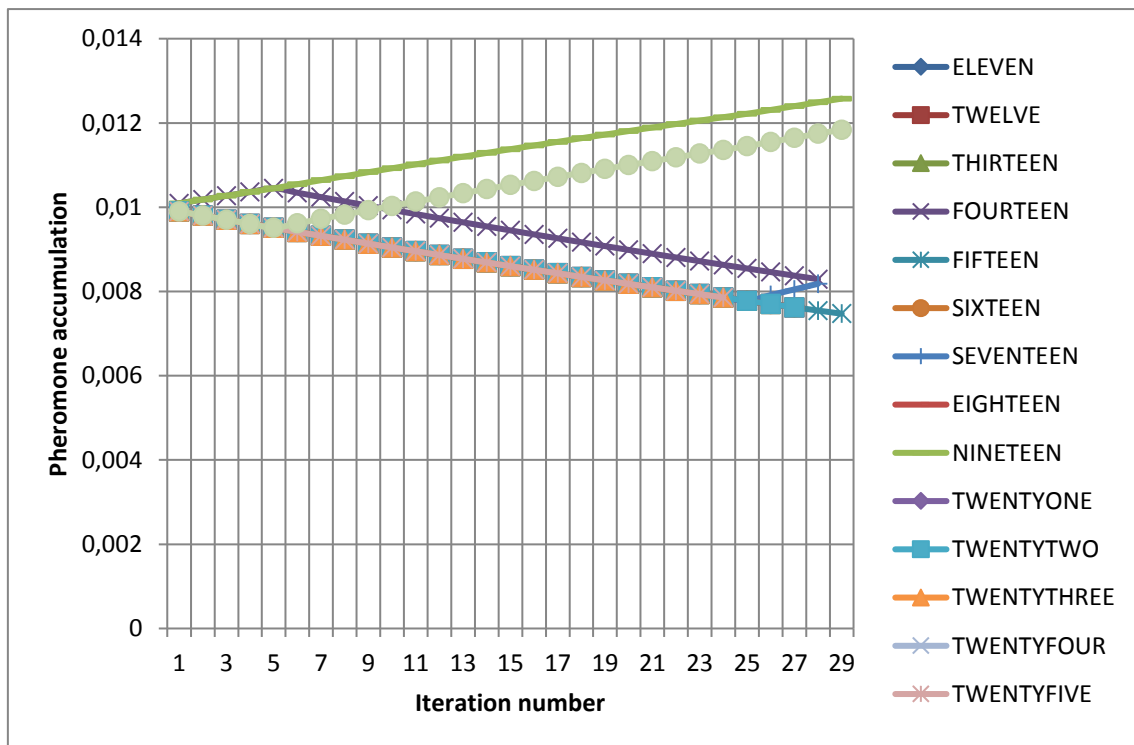
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	36.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4945
Galeren gutxipena(%)	-	%3,79

Konfigurazio topologikoa optimoa baina. δ eta Q balio ain altuak edukitzeak feromonen akumulazio eta lurrunketa azkarra ahalbideratzen du, aurreko saiakeraren prozesu berdina ematen da baina Q-ren balioa altuagoa denez iterazio gutxiago behar ditu balio konstanteetara heltzeko. Aipagarria da galeren gutxipenaren balioa hobetu egiten dela aurreko grafikoarekin konparatuz.

37.Saiakera:

5-75 37.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
37	3	30	5	5	5	3	5	0,01	0,01	0,01	[26,19,17]



5-38 37.Saiakeraren Grafikoa

5-76 37.Saiakeraren Emaitzak

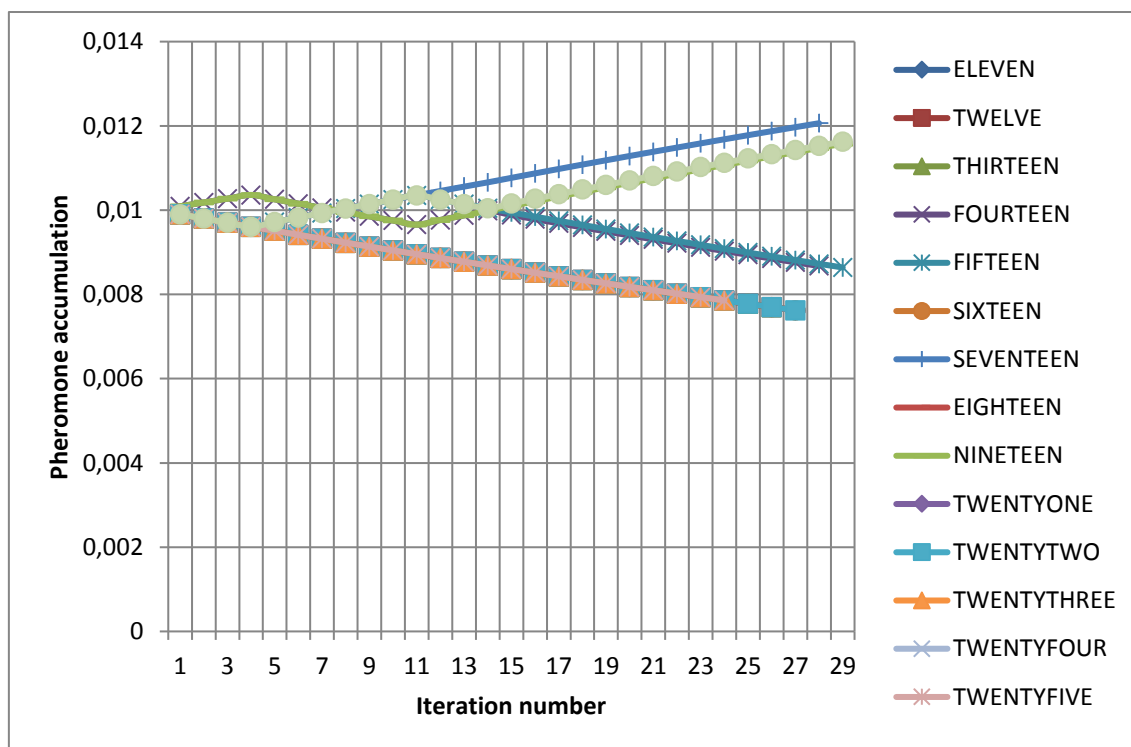
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	37.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

Kasu honetan konfigurazio topologikoa optimoa da eta galeren gutxipena nahiko ona da. Grafikoan ikusi daiteke hasieratik amaierararte feromonen akumulazioaren aldaketa konstante txiki bat dagoela hau Q parametroaren balio baxuarengatik izan daiteke. Beste alde batetik bilaketa prozesua nahiko eraginkorra da $\beta > \alpha$ delako eta ondorioz esplorazioa ahalbidetzen da.

38.Saiakera:

5-77 38.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{islanding}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
38	3	30	0,01	0,01	0,01	1	1	0,01	0,01	0,01	[19,17,26]



5-39 38.Saiakeraren Grafikoa

5-78 38.Saiakeraren Emaizak

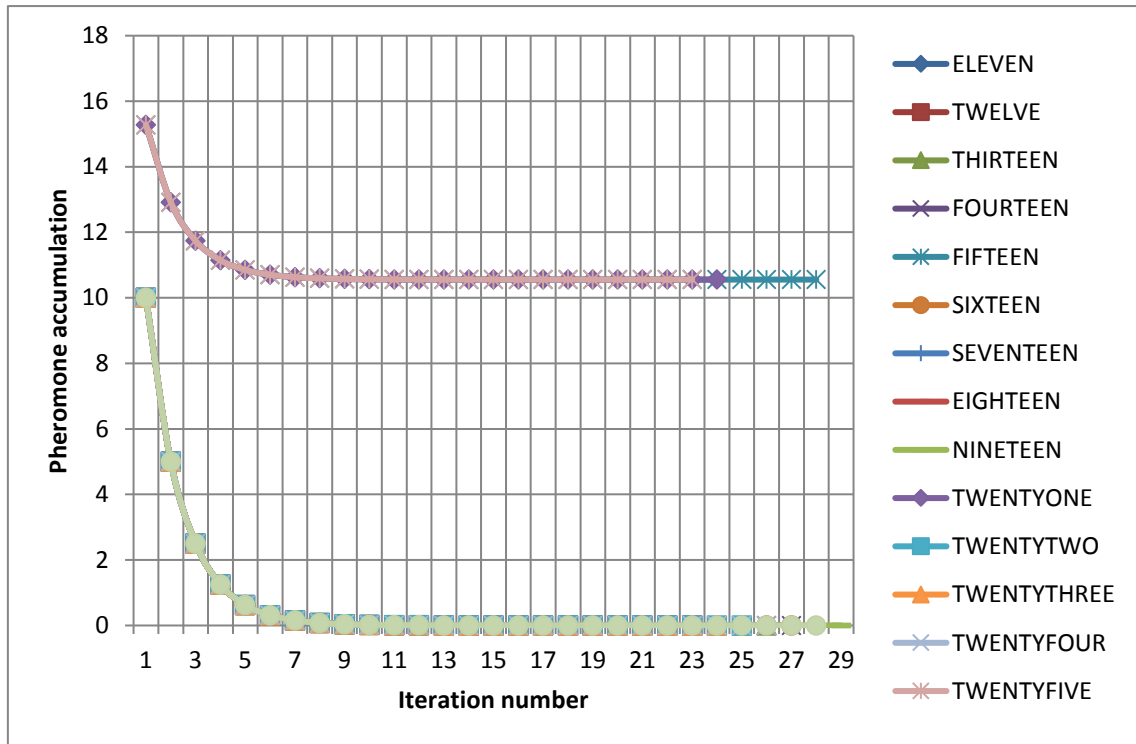
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	38.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

Konfigurazio topologiko optimoa eta galeren gutxipen on bat lortzen da. 37.Saiakeraren antzeko prozesu bat jarraitzen du baina kasu honetan $\beta = \alpha$ honen ondorioz bilaketa prozesuaren eraginkortasuna jaitsi beharko litzateke dena den saiakera honetan penalizazioaren balioak oso baxuak direnez esan daiteke bilaketa prozesu optimo bat dela.

39.Saiakera:

5-79 39.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_V	λ_I	$\lambda_{islanding}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
39	3	30	50	50	50	5	5	0,5	20	5	[26,19,17]



5-40 39.Saiakeraren Grafikoa

5-80 39.Saiakeraren Emaitzak

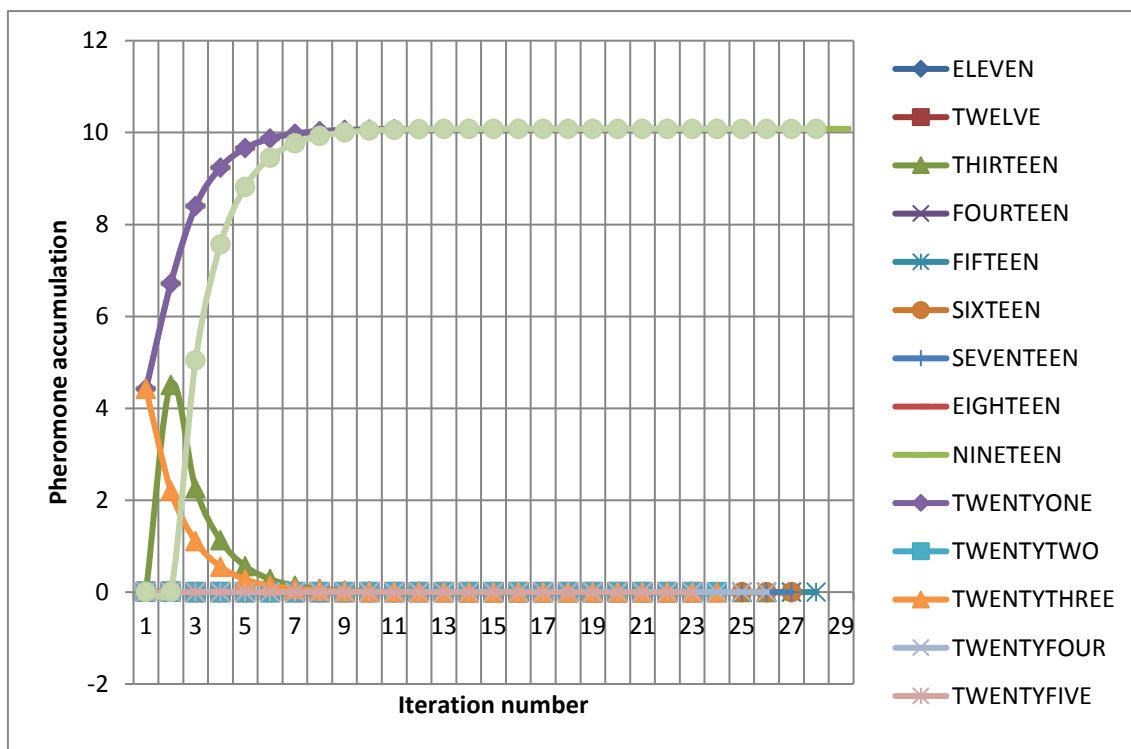
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	39.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4736
Galeren gutxipena(%)	-	%7,86

Konfigurazio topologikoa eta galeren gutxipena optimoak dira. Grafikoaren hasieran ikusi daiteke τ_0 -ren eragina feromona akumulazio altuak aurki daitezkeelako baina iterazioak aurrera joan ahala feromonen akumulazioa konstante mantentzen da hau penalizazio balio altuengatik eta β eta α -ren balio altu eta berdinegatik izan daiteke, bilaketa prozesua nahiko txarra da.

40.Saiakera:

5-81 40.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{islanding}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
40	3	30	50	50	50	5	5	0,5	0,01	5	[26,19,21]



5-41 40.Saiakeraren Grafikoa

5-82 40.Saiakeraren Emaitzak

	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	40.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4959
Galeren gutxipena(%)	-	%3,52

Ez da konfigurazio topologikoa optimoa ematen eta galeren gutxipena nahiko eskasa da. Hasierako iterazioetan feromona akumulazioen aldaketa txiki bat ikusi daiteke baina aurrera joan ahala busetan aurki daitekeen feromona akumulazioa konstante mantentzen da. Bilaketa prozesua ez da egokia penalizazio altuen eta Q balio altuen ondorioz.

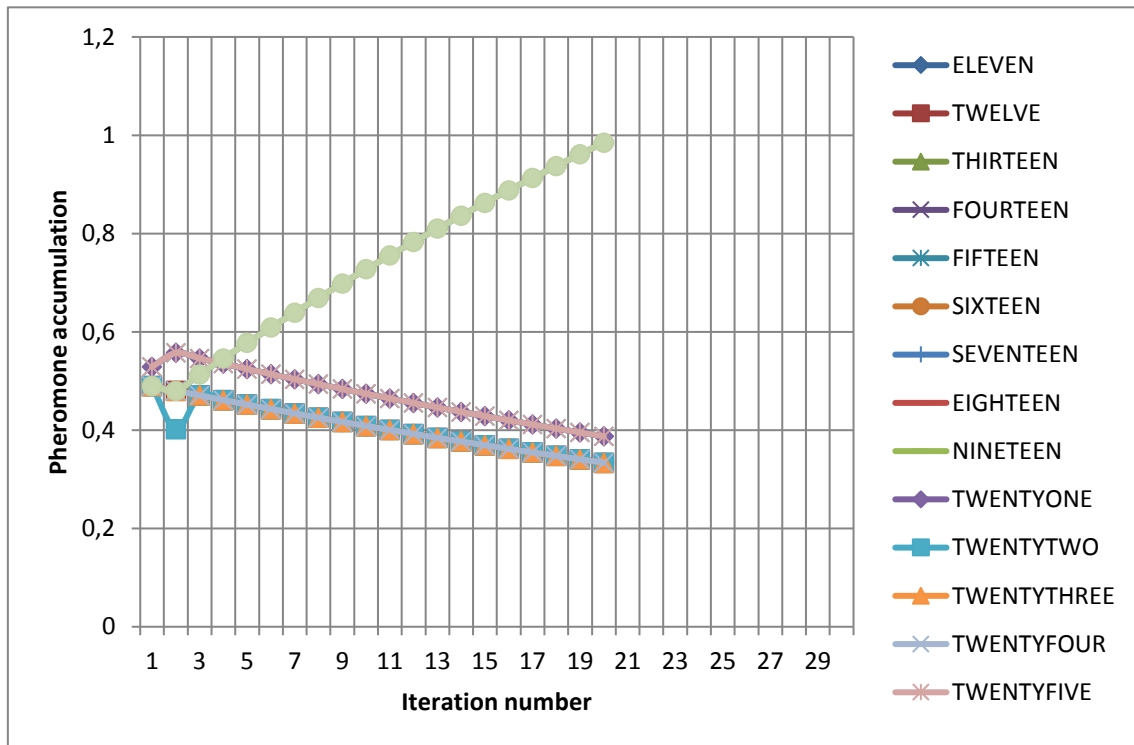
6 .AZPIMULTZOA

Azpimultzo honetan lehen eta bigarren azpimultzoko zenbait parametro errepikatzen dira desberdintasun batekin, ziklo kopurua kasu honetan 20 da eta ez 30.

41.Saiakera:

5-83 41.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
41	3	20	0,05	0,05	0,05	1	5	0,02	0,5	1	[26,19,17]



5-42 41.Saiakeraren Grafikoa

5-84 41.Saiakeraren Emaitzak

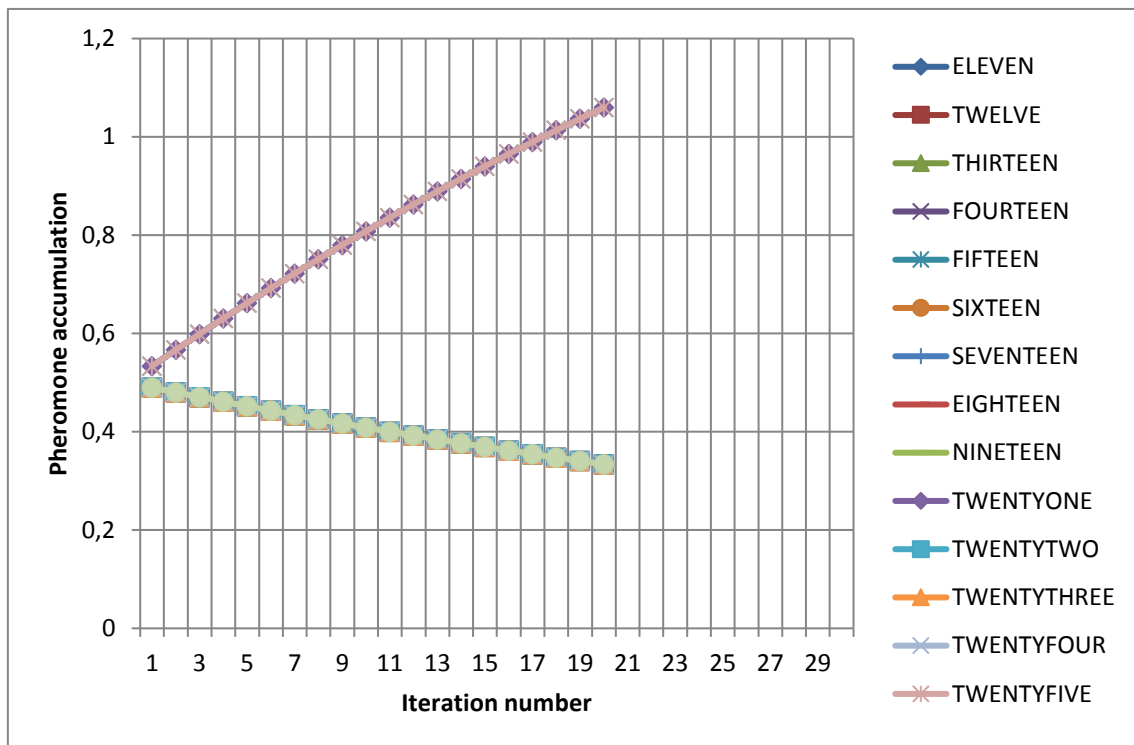
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	41.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

Konfigurazio topologiko optimo eta galera minimoak. Iterazioak aurrera joan ahala feromonen akumulazioa areagotu egiten da 26.busean. Ez dago bilaketa bereziki aberatsa eta feromona akumulazioak finkatzen du bilaketa

42.Saiakera:

5-85 42.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{islanding}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
42	3	20	10	10	10	1	5	0,02	0,5	1	[26, 19, 17]



5-43 42.Saiakeraren Grafikoa

5-86 42.Saiakeraren Emaitzak

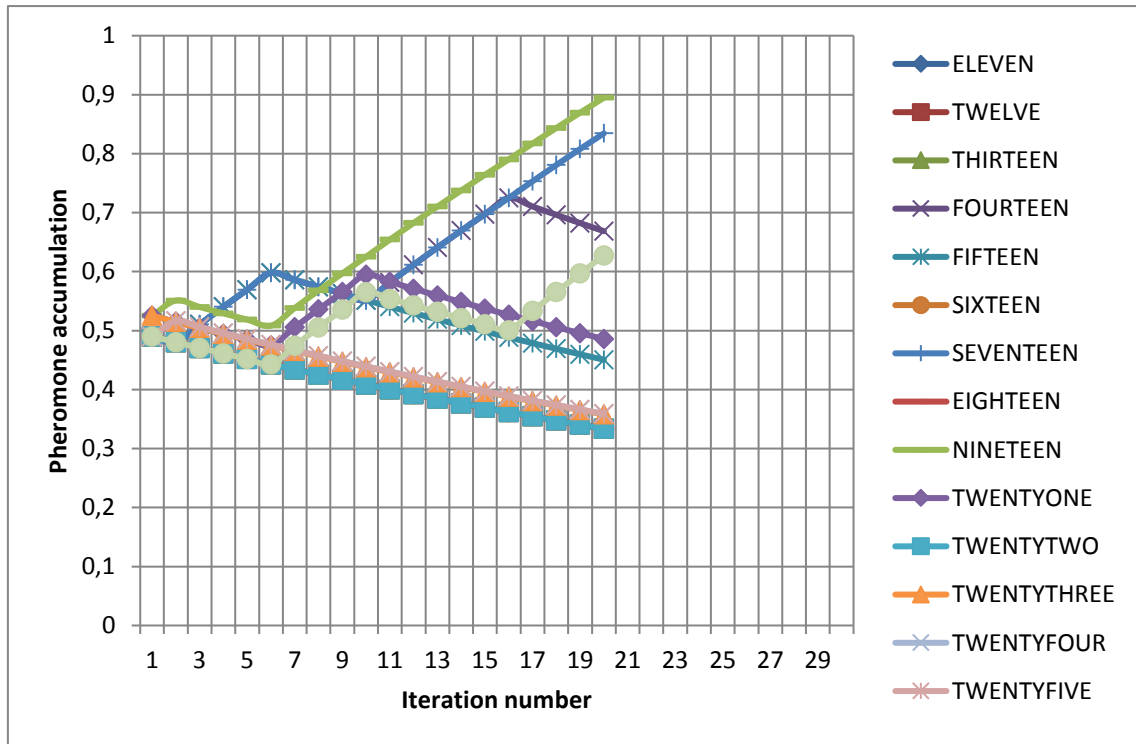
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	42.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0.4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

Konfigurazio topologiko optimoa eta galerak txikitu egiten dira. Grafikoan ikusten den bezala feromonak busen bi talde handitan banatzen dira, talde batean feromona txikituz eta bestean akumulazio areagotuz. Bilaketa prozesua oso eskasa da, eta hori penalizazio faktoreen balioak handitu direlako gertatzen da.

43.Saiakera:

5-87 43.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{islanding}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
43	3	20	7	1	4	1	5	0,02	0,5	1	[19, 17, 26]



5-44 43.Saiakeraren Grafikoa

5-88 43.Saiakeraren Emaitzak

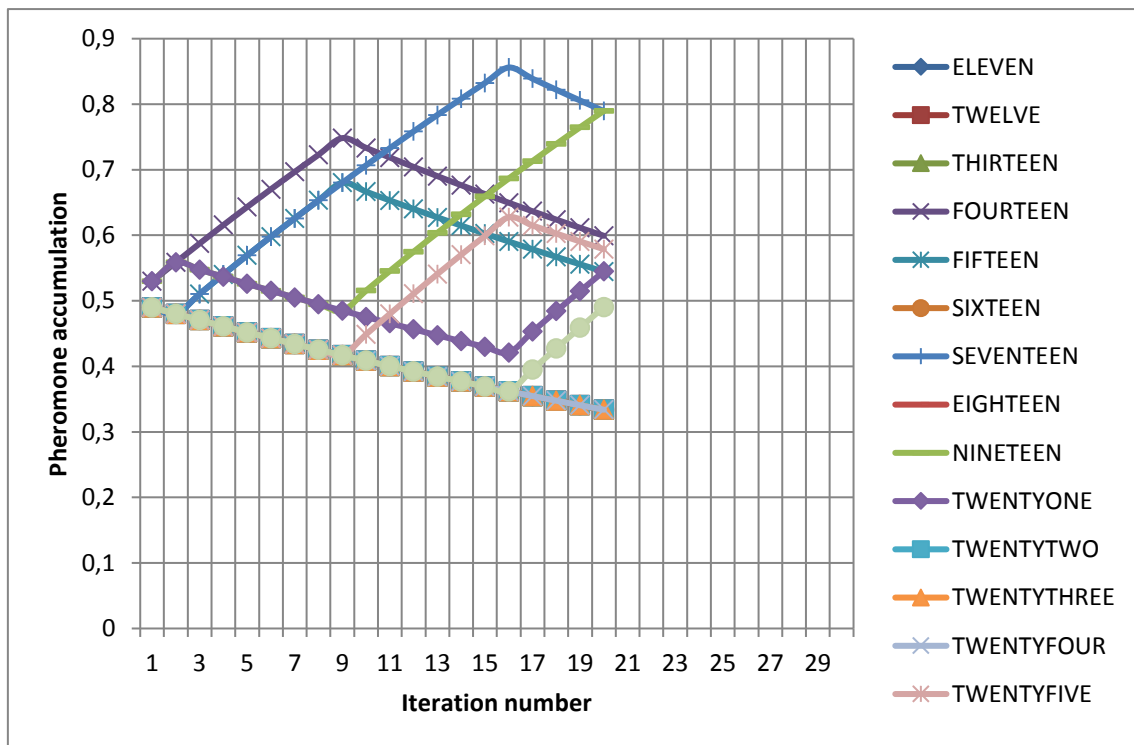
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	43.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

Konfigurazio optimoa da eta eta galerak ez dute aldaketarik jasaten. Grafikoan ikusi daiteke ia bus gehienetan feromona akumulatzen dela baina iterazioak aurrera joan ahala 19.busean akumulazioa igo egiten da. Penalizazioen balioak aldatzean bilaketa prozesua asko hobetzen dela ikus daiteke.

44.Saiakera:

5-89 44.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
44	3	20	0,05	0,05	0,05	1	1	0,02	0,5	1	[19,21, 26]



5-45 44.Saiakeraren Grafikoa

5-90 44.Saiakeraren Emaitzak

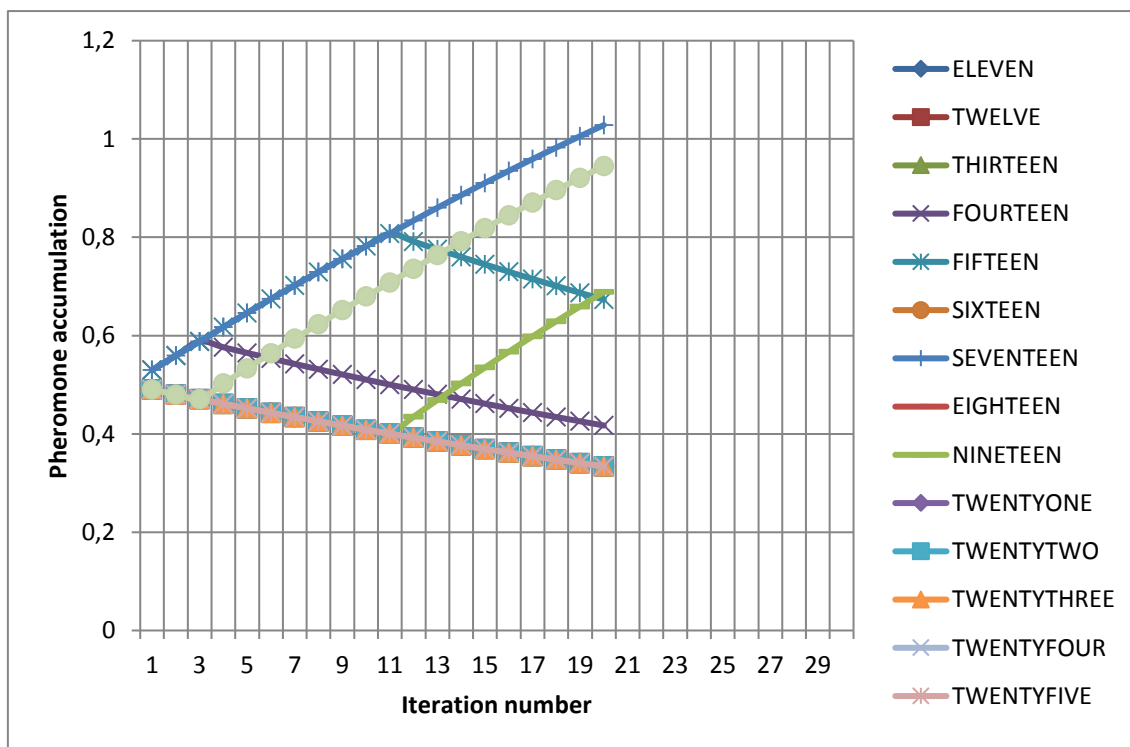
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	44.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4959
Galeren gutxipena(%)	-	%3,52

Kasu honetan konfigurazio topologikoa ez da optimoa eta galerak areagotu egiten dira. Gainera, grafikoan ikusi daiteke feromona akumulazio oso sakabanatuta dagoela, bilaketa prozesua aberatsegia da, kasu honetan esplotazioaren garrantzia gutxiegi da 20 iterazioetan soluzio optimoa topatu ahal izateko.

45.Saiakera:

5-91 45.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
45	3	20	0,05	0,05	0,05	3	5	0,02	0,5	1	[19, 17, '26]



5-46 45.Saiakeraren Grafikoa

5-92 45.Saiakeraren Emaitzak

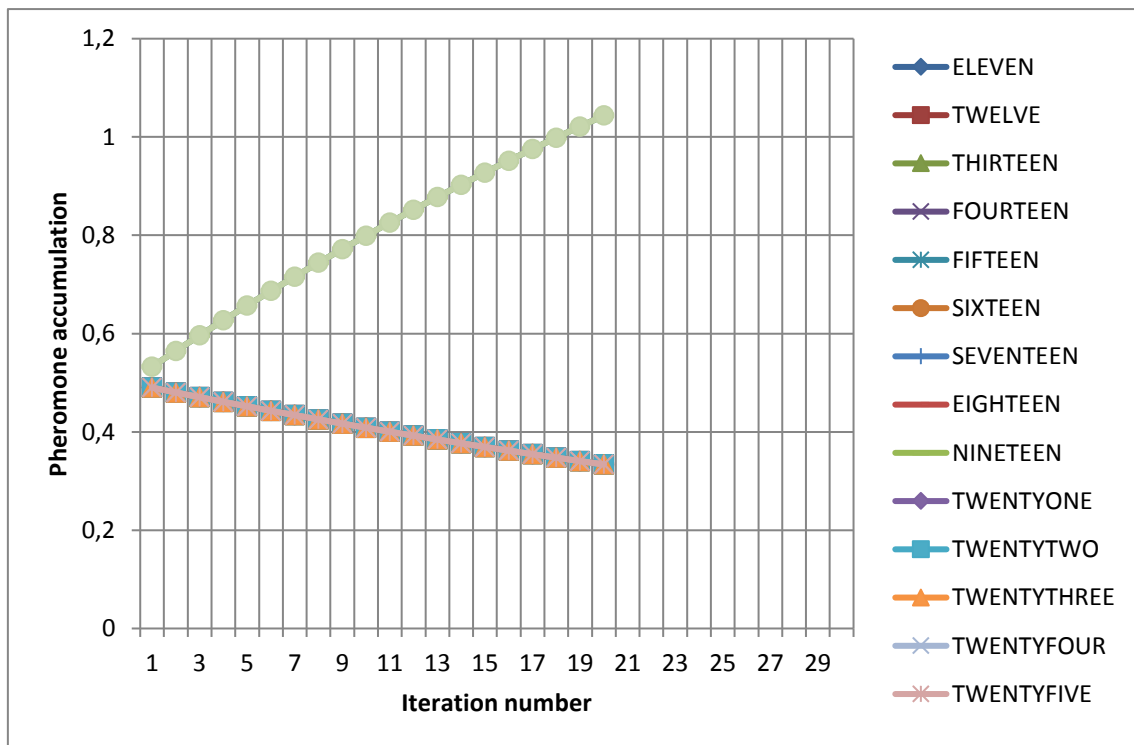
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	45.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0.4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

Konfigurazio topologiko optimoa da eta bilaketa prozesua egokia da. Feromonak nahiko sakabanatuta daude busetan baietan iterazioak aurrera joan ahala ikusi daiteke 15. Busean kontzentrazioa handitu egiten dela. Froga daiteke iterazio gutxiagorekin eta beraz konputazio denbora txikiagoekin soluzio optimoa topatzea posiblea dela. Kasu honetan azpimarratzeko da ere $\beta > \alpha$ dela eta horrek ere emaitzan eragin ona daukela.

46.Saiakera:

5-93 46.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
46	3	20	0,05	0,05	0,05	5	5	0,02	0,5	1	[19, 17, 26]



5-47 46.Saiakeraren Grafikoa

5-94 46.Saiakeraren Emaitzak

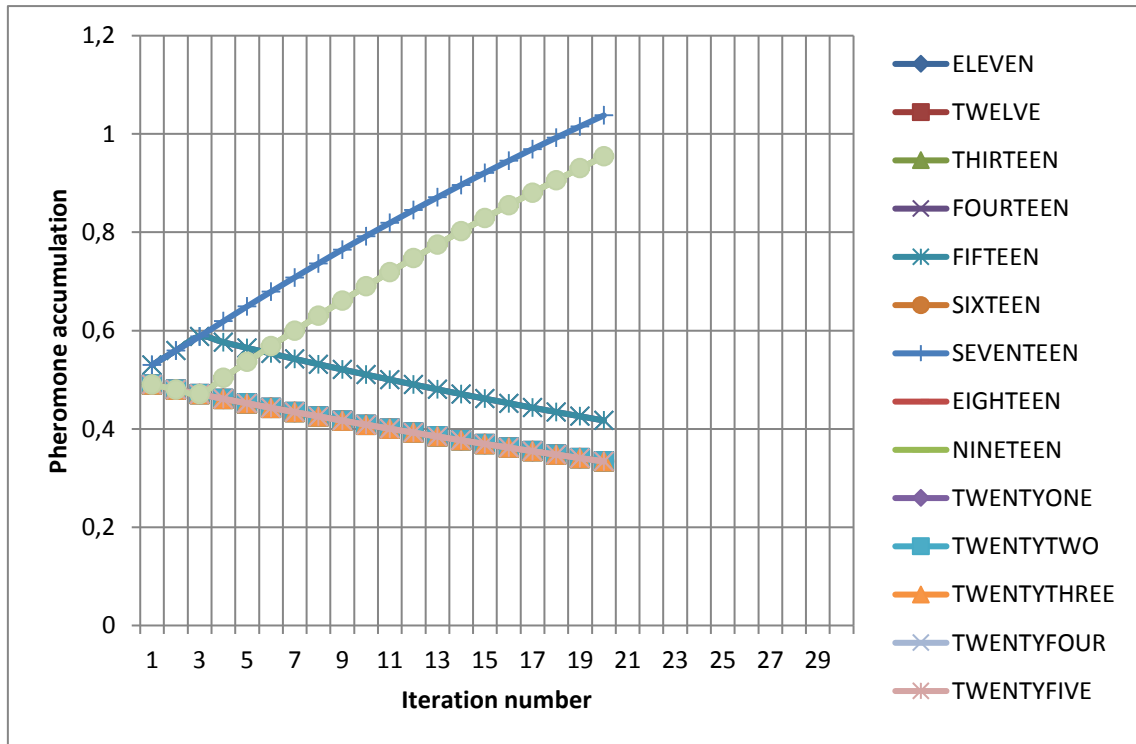
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	46.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0.4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

Konfigurazio topologikoa optimoa da eta galerak berdinak dira. Grafikoan ikusi daiteke hasieratik feromona gehien akumulatzen duen busa 26.na dela. Ordea bilaketa prozesua ez da batere egokia. Kasu honetan β eta α eragina bilaketan azpimarratzekoa da, kasu honetan bien balorea berdina baita eta $\beta > \alpha$ erlazioa betetzen ez delako.

47.Saiakera:

5-95 47.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{islanding}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
47	3	20	10	10	10	3	5	0,02	0,5	1	[26,19,,17]



5-48 47.Saiakeraren Grafikoa

5-96 47.Saiakeraren Emaitzak

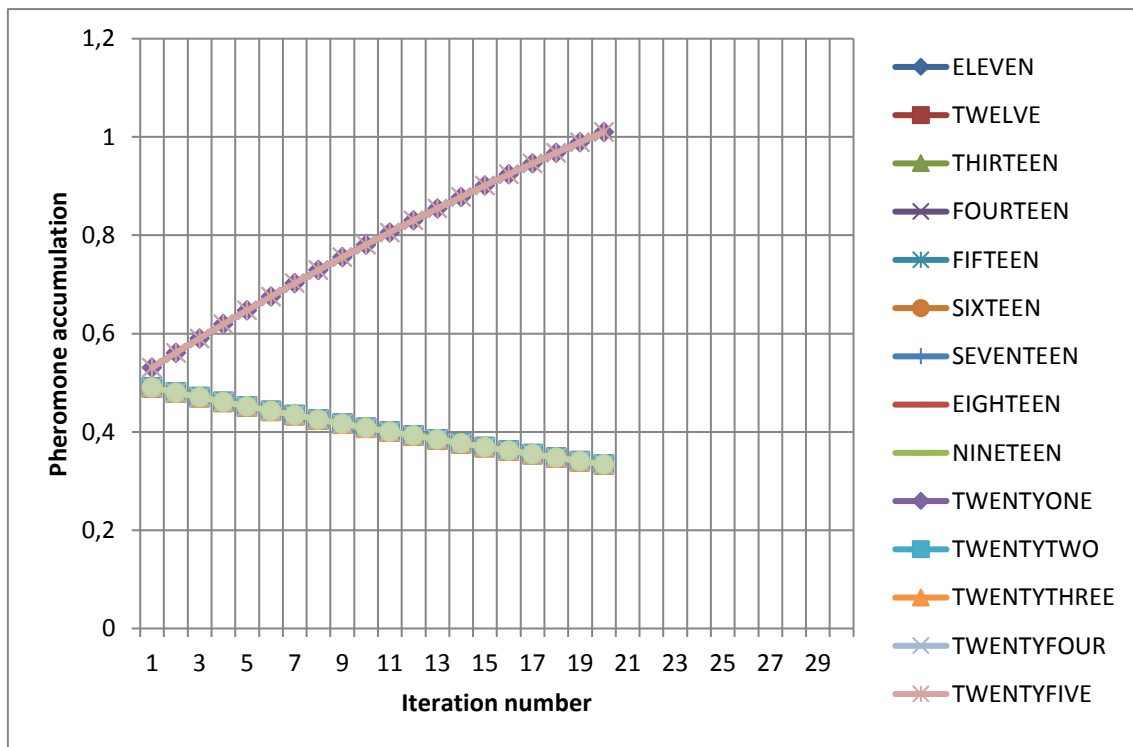
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	47.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0.4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

Konfigurazio topologikoa optimoa da eta ez dago galeren aldaketarik. Grafikoari erreparatzen badiogu 15. Eta 26. busetan feromona akumulazio handia ikusi daiteke. Oreak handia dago bilaketa prozesuan esplotazioa eta esplorazioa artean.

48.Saiakera:

5-97 48.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{islanding}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
48	3	20	10	10	10	1	1	0,02	0,5	1	[26,19,17]



5-49 48.Saiakeraren Grafikoa

5-98 48.Saiakeraren Emaitzak

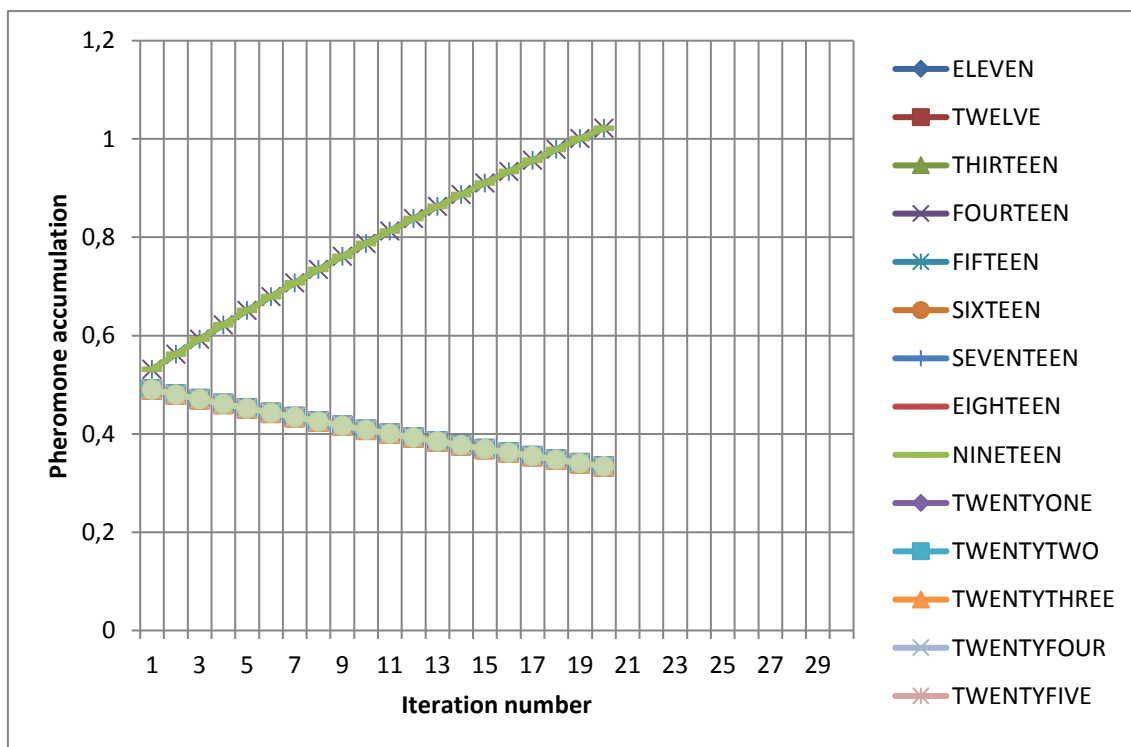
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	48.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0.4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

Konfigurazio topologikoa optimoa izan arren galerak areagotu egiten dira. Grafikoan ikusi daiteke feromonak busen artean bi talde handitan banatzen direla talde batek bera akumulazioa areagotuz. Bilaketa prozesua ez da bereziki aberatsa.

49.Saiakera:

5-99 49.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{islanding}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
49	3	20	7	4	1	1	1	0,02	0,5	1	[14,19,17]



5-50 49.Saiakeraren Grafikoa

5-100 49.Saiakeraren Emaitzak

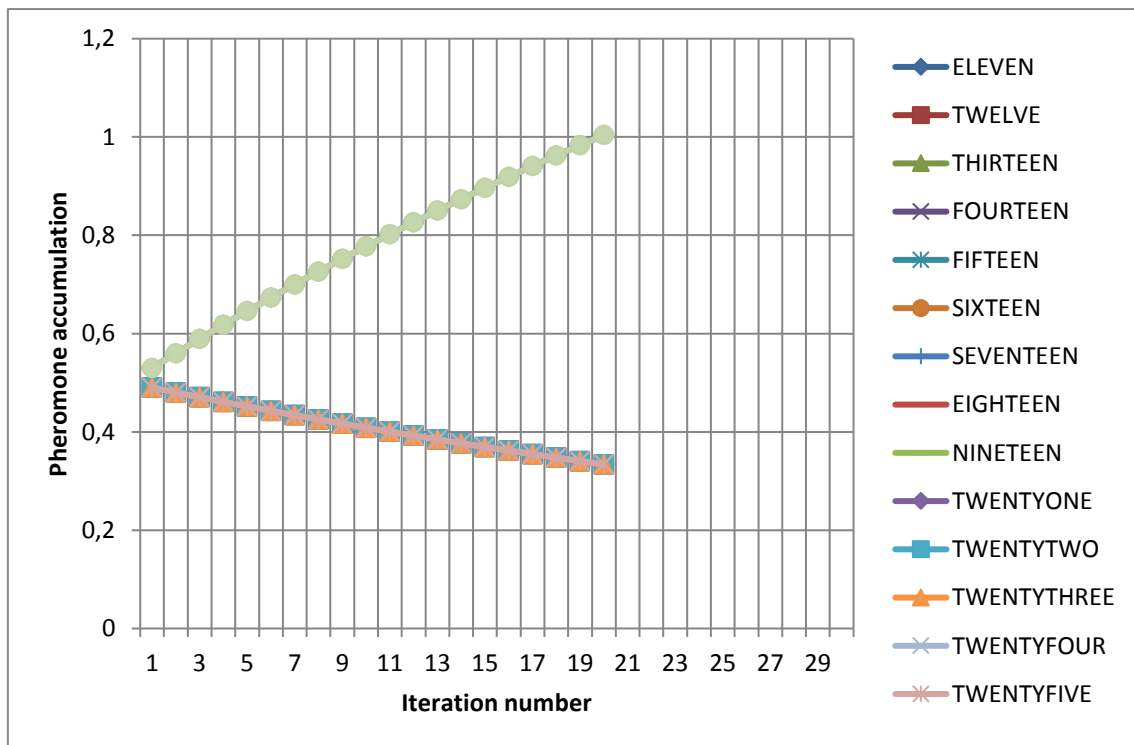
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	49.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0.4829
Galeren gutxipena(%)	-	%6

Konfigurazio topologikoa ez da optimoa eta galerak handitu egiten dira. Grafikoan ikusten denez, 19, 14 eta 19. busek dute feromona akumulazio handiena. Bilaketa prozesua ez da ona, feromona akumulazioa oso homogenoa da eta emaitzak ere txarrak dira. Berrito ere, α eta β -ren balioen arteko erlazioa garrantzitsua da, behin eta berrito ikus daitekeelako $\beta > \alpha$ betetzen ez denean emaitzak txarragoak direla.

50.Saiakera:

5-101 50.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{islanding}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
50	3	20	7	4	1	5	5	0,02	0,5	1	[26, 19, 21]



5-51 50.Saiakeraren Grafikoa

5-102 50.Saiakeraren Emaitzak

	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	50.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4959
Galeren gutxipena(%)	-	%3,52

Saiakera honetan konfigurazio topologikoa ez da optimoa eta ondorioz galerak nahiko handiak dira. Grafikoan ikus daiteke feromonen akumulazioa 26,21 eta 19.busetan ematen dela.

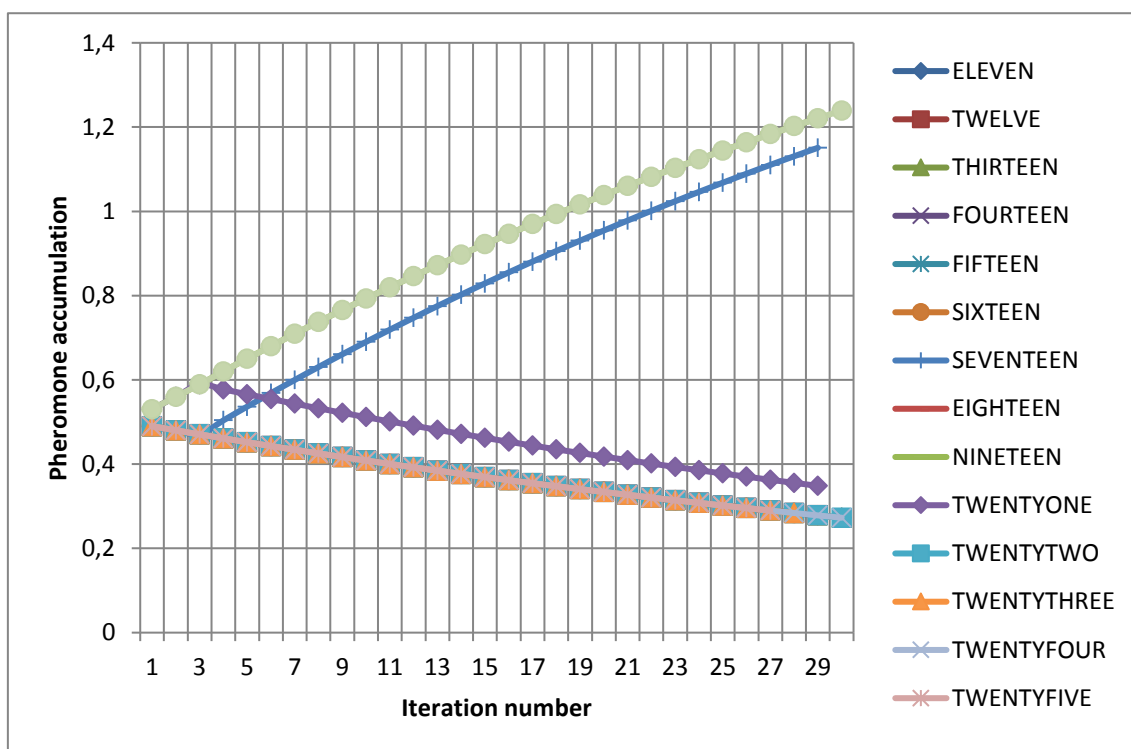
5.6 7.AZPIMULTZOA

Azken azpimultzo honetan aurreko azpimultzoan bezalaxe lehenengo eta bigarren azpimultzoko parametro batzuk erabili dira baina kasu honetan zikloak ez dira aldatzen, aldatzen den parametroa inurri kopurua da.

51.Saiakera:

5-103 51.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
51	4	30	0,05	0,05	0,05	1	5	0,02	0,5	1	[19,17,26]



5-52 51.Saiakeraren Grafikoa

5-104 51.Saiakeraren Emaitzak

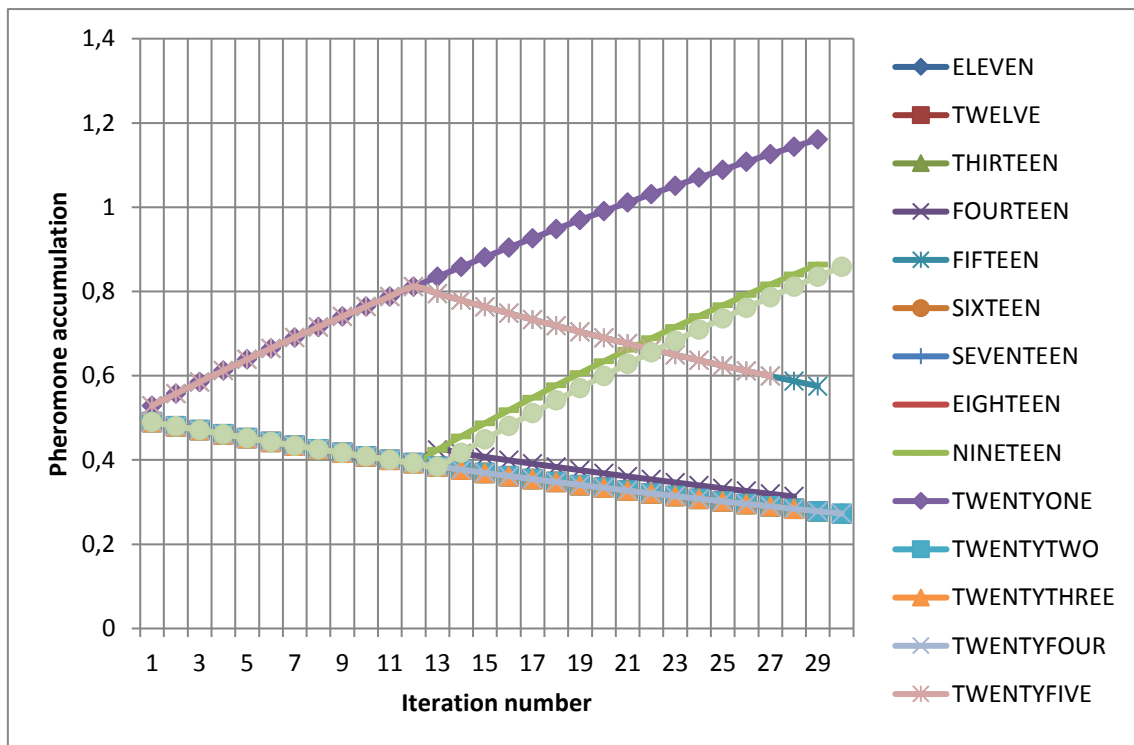
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	51.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

Konfigurazio topologikoa optimoa da eta galerek ez dute aldaketarik jasaten. Grafikoan ikusi daiteke feromonen akumulazio handiagoa dela 26 eta 17.busetan. Hasieran esplorazio apur bat dagoen arren, laster gelditzen da bilaketa eta feromona akumulazioak gidatzen du prozesua.

52.Saiakera:

5-105 52.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{islanding}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
52	5	30	10	10	10	1	5	0,02	0,5	1	[26,19,21]



5-53 52.Saiakeraren Grafikoa

5-106 52.Saiakeraren Emaitzak

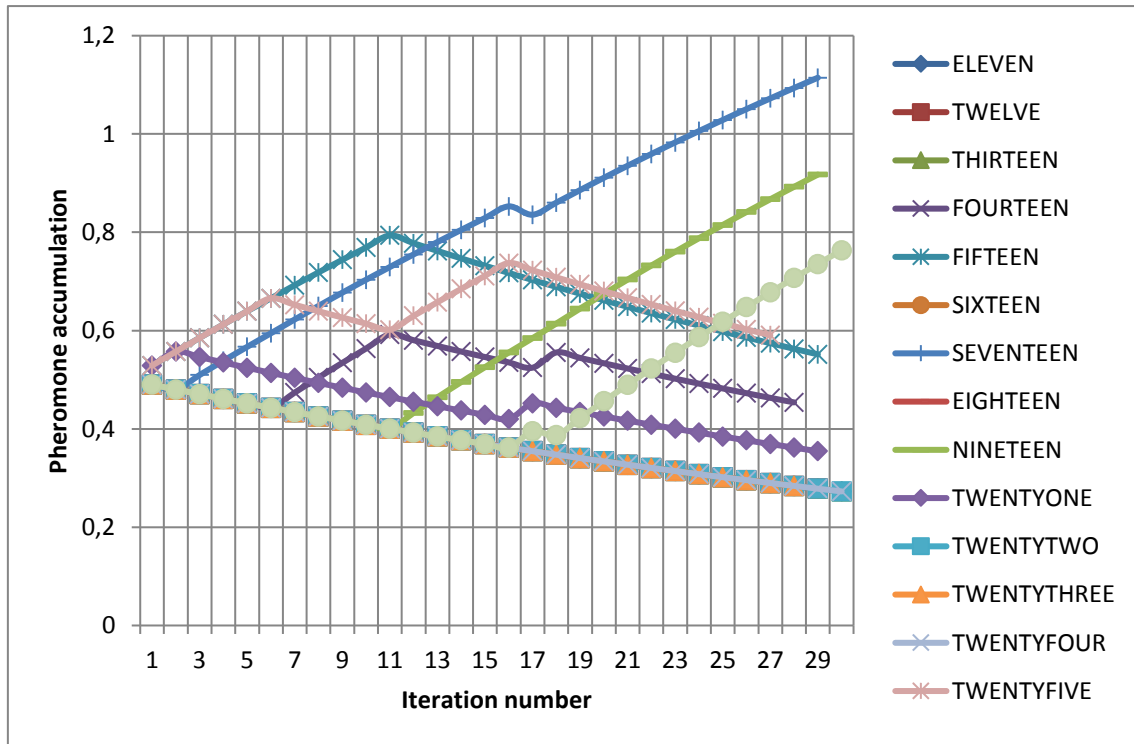
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	52.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0,4959
Galeren gutxipena(%)	-	%3,52

Saiakera honetan konfigurazio topologikoa ez da optimoa eta galerak handiagoak dira. Grafikoan 21.busean feromonen akumulazio handi bat ikusi daiteke. Inurri kopurua eta penalizazio balioa handitzeak ez du ondorio egokia nahiz eta bilaketa prozesu aberatsa ikusten den hasieratik.

53.Saiakera:

5-107 53.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
53	2	30	7	1	4	1	5	0,02	0,5	1	[26,19,17]



5-54 53.Saiakeraren Grafikoa

5-108 53.Saiakeraren Emaitzak

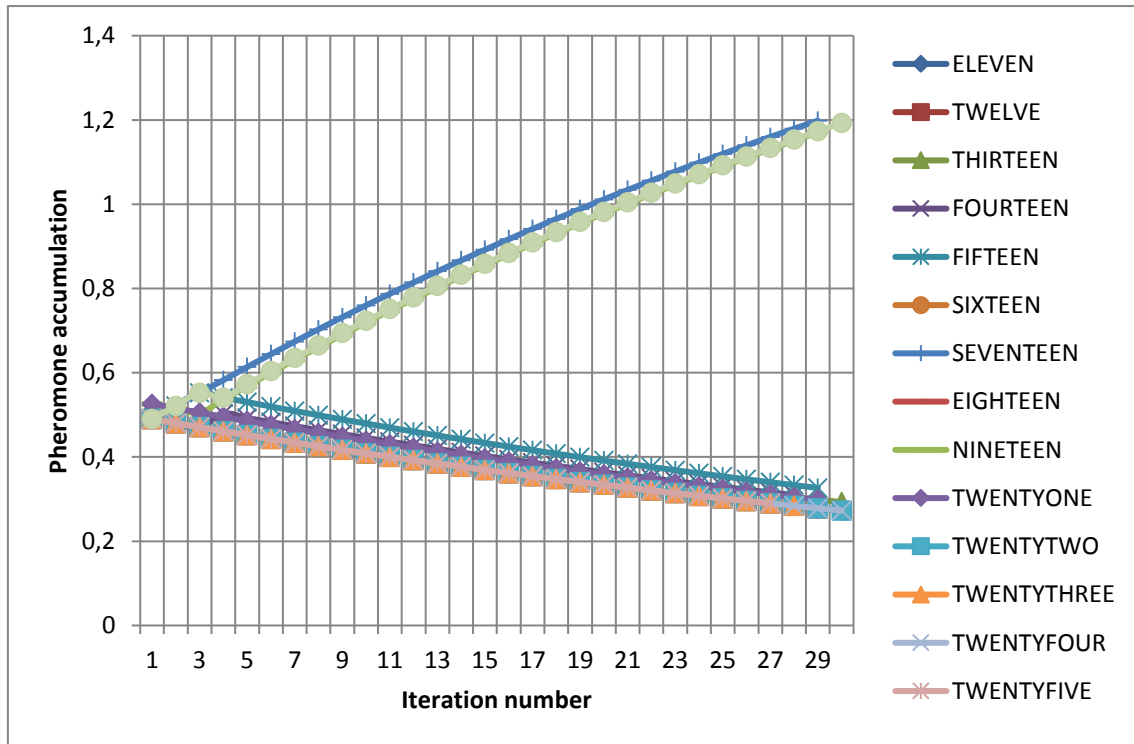
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	53.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0.4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

Konfigurazio topologikoa optimoa da eta ez dago galeren aldaketarik. Grafikoan ikusi daiteke iterazio kopurua aurrera joan ahala feromonen akumulazioa igo egiten dela 26,19 eta 17.busetan. Bilaketa prozesua nahiko aberatsa egon da eta esplorazioa zabala izan da.

54.Saiakera:

5-109 54.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
54	4	30	0,05	0,05	0,05	1	5	0,02	0,5	1	[26,19,17]



5-55 54.Saiakeraren Grafikoa

5-110 54.Saiakeraren Emaitzak

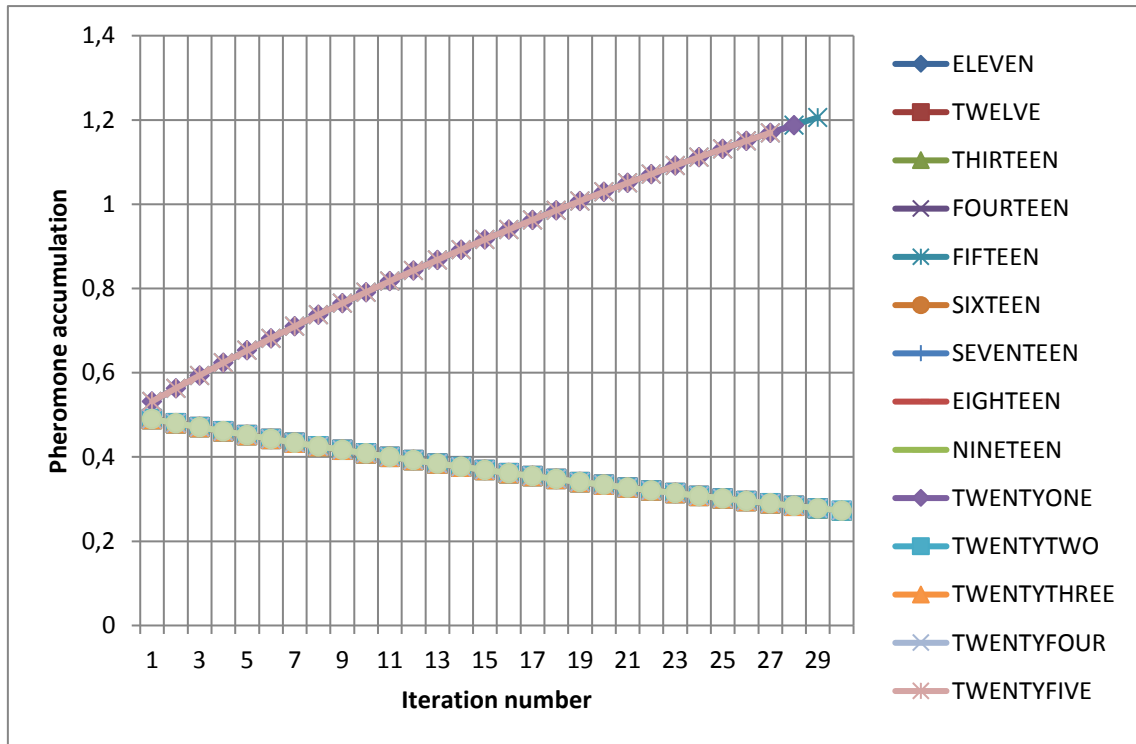
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	54.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0.4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

Konfigurazio topologikoa optimoa da eta galerek ez dute aldaketarik somatzen. Grafikoari dagokionez argi ikusten da feromonen akumulazio handia dagoela 26 eta 17.busetan.

55.Saiakera:

5-111 55.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
55	5	30	0,05	0,05	0,05	1	5	0,02	0,5	1	[26,19,17]



5-56 55.Saiakeraren Grafikoa

5-112 55.Saiakeraren Emaitzak

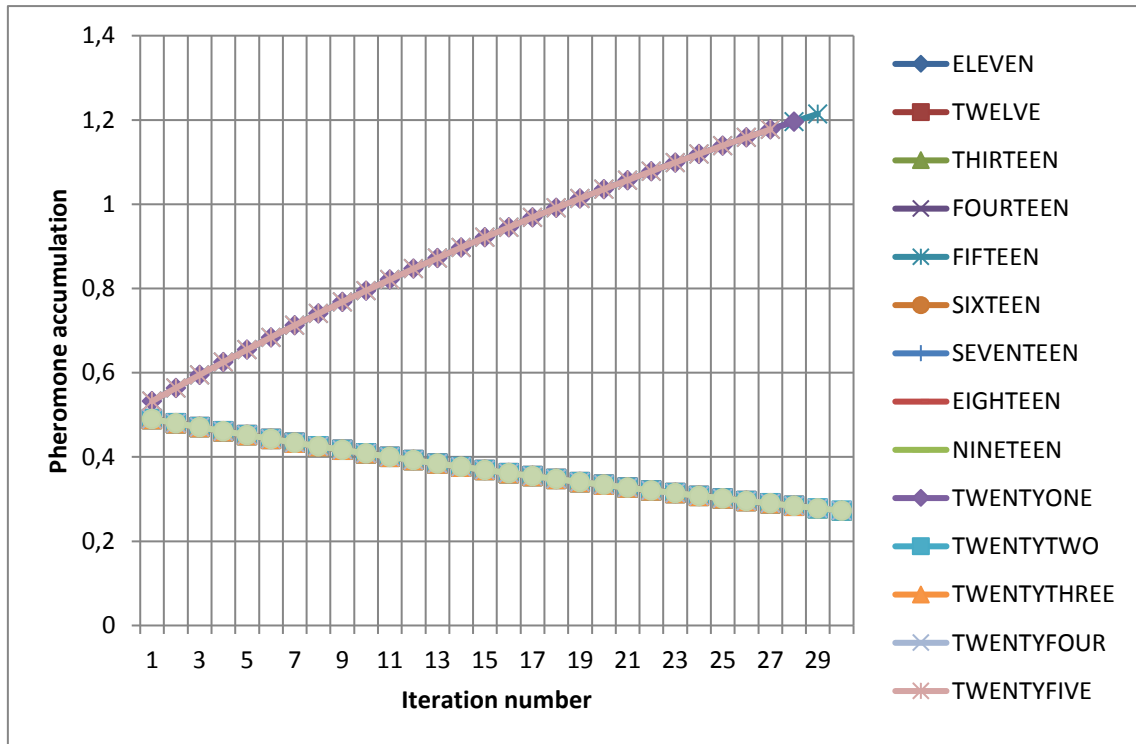
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	55.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0.4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

Konfigurazio topologikoa optimoa izan arren galerak handiagotu egiten dira. Grafikoan ikusten den bezala iterazioak aurrera joan ahala 26 eta 17.busetan feromona gehiago akumulatzen da. Akumulazioa homogeneoa da eta bilaketa prozesua ez da bereziki ona.

56.Saiakera:

5-113 56.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{islanding}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
56	2	30	0,05	0,05	0,05	1	5	0,02	0,5	1	[26,19,17]



5-57 56.Saiakeraren Grafikoa

5-114 56.Saiakeraren Emaitzak

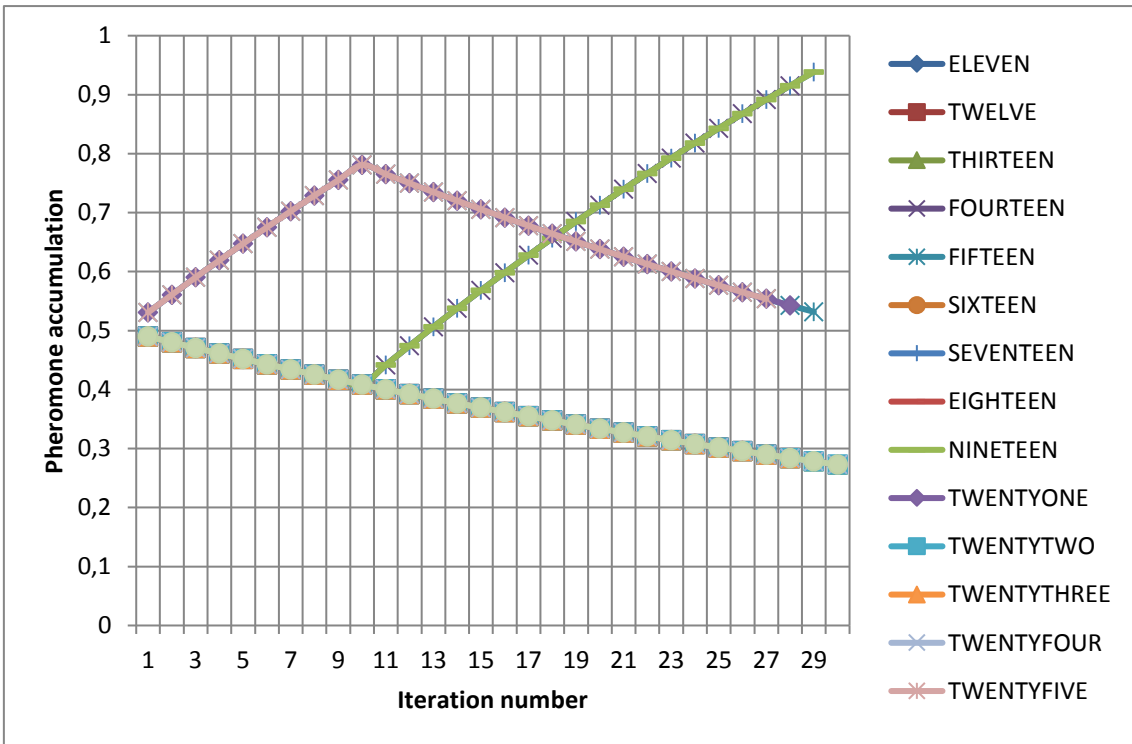
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	56.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0.4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

Konfigurazio topologikoa optimoa da eta galerak pixka bat handitzen dira. Grafikoan garbi ikusten da iterazioak aurrera joan ahala feromonak 16 eta 17.busetan akumulatzen direla.

57.Saiakera:

5-115 57.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
57	4	30	10	10	10	1	5	0,02	0,5	1	[19,17,14]



5-58 57.Saiakeraren Grafikoa

5-116 57.Saiakeraren Emaitzak

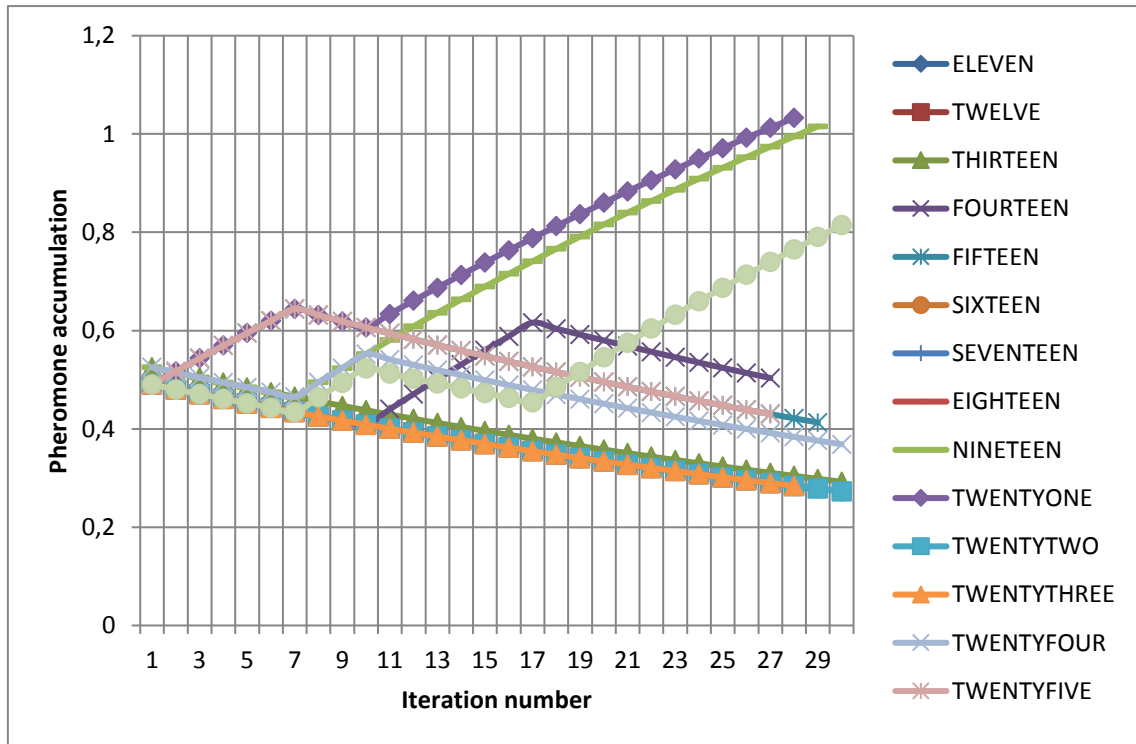
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	57.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0.4829
Galeren gutxipena(%)	-	%3,13

Saiakera honetan konfigurazio topologikoa ez da optimoa eta galerak apur bat handiagoak dira. Grafikoari dagokionez 9.iteraziotik aurrera feromonen akumulazio igo egiten dela ikusten 19,14eta 17.busetan.

58.Saiakera:

5-117 58.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{islanding}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
58	5	30	10	10	10	1	5	0,02	0,5	1	[19,21,26]



5-59 58.Saiakeraren Grafikoa

5-118 58.Saiakeraren Emaitzak

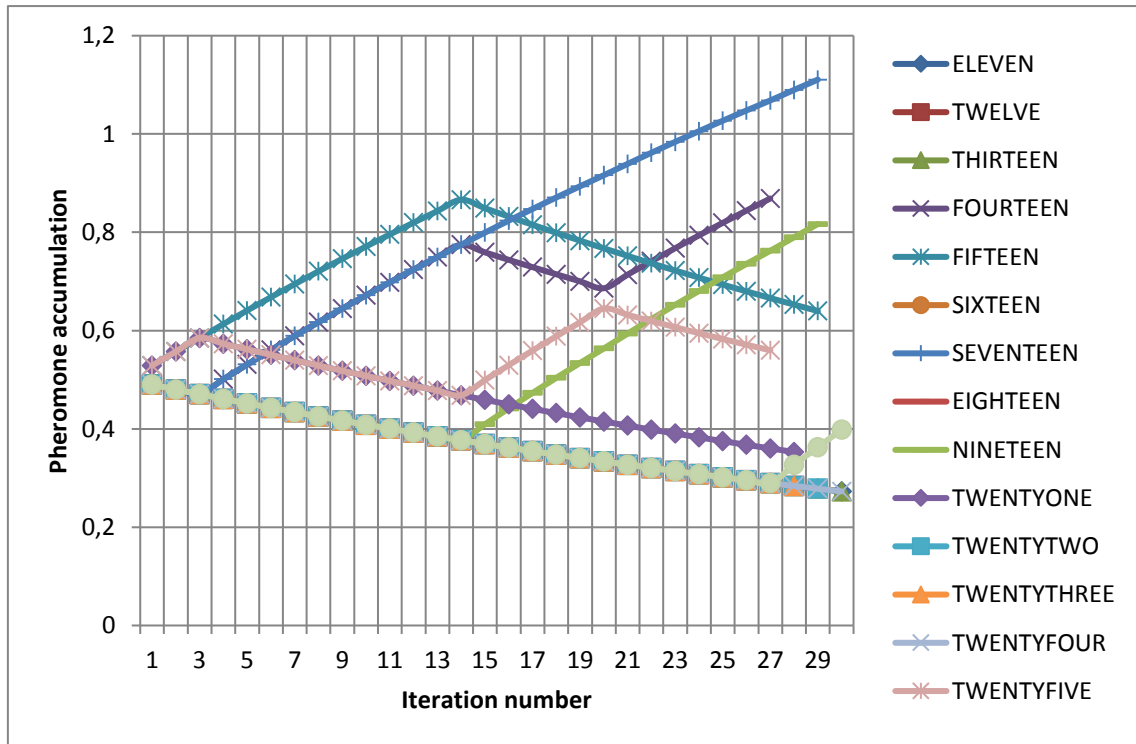
	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	58.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0.4959
Galeren gutxipena(%)	-	%3,52

Konfigurazio topologikoa ez da optimoa eta galerak handitu egiten dira. Grafikoan ikusi daiteke iterazioak aurrera joan ahala 21,19 eta 26.busetan feromonen akumulazioa igo egiten dela.

59.Saiakera:

5-119 59.Saiakeraren Parametrizazioa

Saiakera	Inurri kopurua	Zikloak	λ_v	λ_i	$\lambda_{\text{islanding}}$	α	β	δ	τ_0	Q	Konf. topologikoa
59	2	30	7	4	1	1	5	0,02	0,5	1	[26,19,17]



5-60 59.Saiakeraren Grafikoa

5-120 59.Saiakeraren Emaitzak

	Ohiko konfigurazioa [Su-2005]	59.Saiakera
Galerak (MW)	0,51402	0.4682
Galeren gutxipena(%)	-	%8,9

Konfigurazio topologikoa optimoa da eta ez dago aldaketarik galeretan. Grafikoan ikusi daiteke 26 , 17 eta 19. Busetan feromona akumulazioa handiena dagoela, kasu honetan 14.busean ere feromona akumulazio handia ikusi daiteke. Bilaketa prozesua nahiko aberatsa da.

5.7 ONDORIOAK

1. AZPIMULTZOA:

- Konfigurazio topologikoan ez da aldaketarik ematen beraz, inurri kopurua eta zikloak finko mantenduz λ parametroaren balioa handitzean soluzio bilaketa txarragoak da. Grafikoetan (2,6 eta 7.saiakerak) ikus daitekeenez, bilaketa prozesuan geldialdi (stagnation) nabarmen bat dago. Ez dira etengailu gehiago bilatzen eta feromona berdinetan pilatzen da. Beraz, egokitasunaren eragina bilaketa prozesuan oso mugatua da eta prozesua esperientziaren arabera gelditzen da.
- λ parametroen balioak handiegiak direnean feromona akumulazio etengailuetako batzuetan oso gorabeheratsua da, bilaketa prozesua txarra denaren seinale. Parametroak ezberdinak direnean gorabehera hauek desagertzen dira baina bilaketa prozesua oso homogenea izaten jarraitzen du.

2.AZPIMULTZOA :

- Konfigurazio topologikoari dagokionez lehenengo azpimultzoan ikusi da λ -ren aldaketak eragin txikiagoa duela. Kasu honetan ikusi daiteke 9.saiakeran konfigurazio topologikoaren aldaketa bat dagoela beraz emaitzak interpretatuz ikusi dezakegu α eta β balio bera badute, balio hau txikia denean ez dagoela aldaketa nabarmenik baina balio hauek altuak badira aldaketa bat ikusi daiteke.
- β eta α -ren arteko erlazioan, λ -ren balio aldaketak baino eragin handiagoa dutela. $\beta > \alpha$ denean egokitasunaren pisua, hots, esplorazioa, eragin handiagoa dauka esplotazioa (feromona pilaketa) baino. Hori garrantzi handia dauka soluzio egokiaren eraikuntzan.

3.AZPIMULTZOA :

- Orokorrean konfigurazio topologiko emaitza optimoak lortu dira baina bilaketa prozesua nahiko kaskarra izan da saiakera gehienetan.
- 19, 22 eta 25.Saiakeretan konfigurazio topologikoaz gain, bilaketa prozesua ere optimoa izan da. Hiru saiakeretan aipagarria da amankomunean δ -ren balio oso baxu bat dutela eta ondorioz feromonen desagertzea atzeratzen da akumulazioa areagotuz eta Q -ren balio altua edukitzeak feromonen abiadura handitzen du beraz busetan feromona kantitate handia akumulatzen da denbora txiki batean.
- Azpimultzoko beste saiakera batzuetan konfigurazio topologikoa optimoa izan arren ez da bilaketa prozesu on bat eman, hau batez ere, β eta α -ren balioen berdintasunaren ondorioz eta δ -ren balio altuegiagaitik eman da.

4.AZPIMULTZOA:

- Azpimultzo honetan egin diren saiakeren erdian baino gehiago konfigurazio topologiko optimoa ez da lortu eta gainera galeren gutxipenen balio oso baxuak lortu dira. Aipagarria da 32.saiakeran erreferentziatzat hartu dugun galeraren balio handiagoa lortu dela.
- Bilaketa prozesuei dagokienez, ez dira emaitza onak lortu. Grafikoetan τ_0 -ren balioaren aldaketak antzeman daitezke baina bilaketa prozesuan ez du eragin handirik izan. Ia saiakera denek patroï bera jarraitzen dute, hasierako iterazioetan feromonen akumulazioen aldaketak ikus daitezke baina iterazioak aurrera joan ahala akumulazioen balioa konstantea da.
- Azpimultzo honetako saiakeretan bilaketa prozesuaren onuragarritasunari dagokionez arazo handiena parametro ezberdinen balioen arteko desberdintasun handiegia izan da.

5.AZPIMULTZOA:

- Balio aleatorioak erabili arren konfigurazio topologiko optimoak lortu dira ia saiakera denetan. Galeren gutxipenak eta bilaketa prozesuen emaitzak nahiko orekatuak izan dira.
- Bilaketa prozesu on bat lortu den kasuetan aipagarria izan da bilaketa prozesua nahiko eraginkorra izan dela $\beta > \alpha$ izan delako eta ondorioz esplorazioa ahalbidetu delako eta $\beta = \alpha$ izan denean bilaketa prozesuaren eraginkortasuna jaitsi beharko litzateke baina penalizazioaren balioak oso baxuak izan direnez esan daiteke bilaketa prozesu optimo bat lortu dela.

6.AZPIMULTZOA:

- Konfigurazio topologikoari dagokionez azpimultzo honetatik atera daitekeen ondorio handiena parametroak mantenduz zikloak txikitzeak konfigurazio optimoan aldaketa handirik ez dakarrela da, 10 saiakeretatik 7 optimoak baitira.
- $B > \alpha$ erlazioa betetzen denean bilaketa prozesua hobea dela ikus daiteke.
- Galerak 30 ziklorekin egindako saiakerekin egindakoen antzekoak dira beraz galeretan ez du eragin berezia ziklo kopurua gutxitzea. Beraz, parametrizazio egokiarekin, 20 zikloekin lor daiteke soluzio optimoa. Horrek konputazio denbora adierazgarria aurreztu dezake eta oso ondorio positiboa da.

7.AZPIMULTZOA:

- Saiakera hauen emaitzak ikusita esan daiteke emaitzak nahiko onak direla konfigurazioa topologikoaren arloan. 57 eta 58 saiakeretan aurki daitezke optimoak ez diren emaitzak beraz esan daiteke inurri kopurua gehitzeak ez duela soluzio hobeak lortzen laguntzen.
- Inurri kopurua handiagotzeak ez du emaitza hobetzen eta konputazio denborak handituko lituzke eta hau ez da onuragarria. Kopurua gutxitzeak ere ez du ondorio aipagarririk.

Orokorrean hurrengo ondorioak azpimarra daitezke:

- λ txikiagoak soluzio bilaketa hobeak lortu ditu. Balio altuagoak erabiltzean feromona arinegi akumulatu eta bilaketa prozesua gelditzen da(stagnation).
- $B > \alpha$ erlazio mantentzen den saiakeretan bilaketa prozesua anitzagoa eta aberatsagoa da.
- α eta β -ren balioak berdinak direnean bilaketa prozesuan arazoak egon daitezke ala ere penalizazioak baxuak badira bilaketa prozesua ona izan daiteke.
- Ziklo zenbakia gutxitu daiteke emaitza onak mantenduz. Hau oso garrantzitsua da, horrela konputazio denbora jaitea posible delako.
- δ -ren balio baxu bat eta Q -ren balio altu baten konbinaketak bilaketa prozesu eraginkorragoak ahalbidetzen ditu.
- Parametro ezberdinen balioen arteko desberdintasun handiegiaren ondorioz bilaketa prozesu kaskarrak lortzen dira eta galeren gutxipen baxuak.
- Inurri kopurua handiagotzeak ez du emaitza hobetzen eta konputazio denborak handitzen ditu. Kopurua gutxitzeak ez du ondorio aipagarririk.

6 ONDORIOAK

Etorkizun energetikoaren azterketa bat egiten bada argi dago hurrengo urteetan eman behar diren urratsak kultura energetiko garbi batera bideratu behar direla generazioari dagokionez. Ekoizpen ez kutsakor hau energia berriztagarrietan oinarritzen da eta denbora aurrera joan ahala gizartea gero eta kontzientziatuago dago. Hasierako kapituluetan eman den informazioan ikus daitekeenez sorkuntza konbentzionala oraindik funtsezkoa da hornikuntza on bat bermatzeko baina energia berriztagarriak gero eta erabiliagoak izaten ari dira.

Gainera, sare konbentzionaletik sare inteligenteetarako trantsizioa jada martxan dagoela adierazgarria da. Trantsizio energetiko honetan potentzia sistema elektrikoan parte hartzen duten azpiegiturek aldaketa handiak jasango dituzte ere.

Trantsizio hau ulergaitza izango litzateke BEBak agertu ez balira. BEB kopurua gero eta handiagoa da oso onuragarriak diren aukerak ahalbidetzen baitituzte, BEB txikiak elektrizitatearen ekoizpen indibiduala errazten dute eta tamaina handiagoko BEBak gero eta efizienteagoak dira energia berriztagarriak direla ahaztu gabe.

Energiaren sorreran arloan ematen ari diren aurrerakuntzak oso onuragarriak izan daitezke baina sarean dauden integrazio arazoak ez badira kontuan hartzen generazio bide barriek ez dute zentzurik edukiko.

Arazo hauei aurre egiteko funtsezkoak izango dira lan honetan aztertu diren ZEBak. Zentral energetiko birtualei esker BEBak sorkuntza konbentzionala ordezkatzera heldu daitezke. Argi dago hau aurrera pausu handi bat izango litzatekeela baina ez da epe laburrean eman daitekeen trantsizio bat, bidean mota askotako oztupoak aurki daitezkeelako.

Zentral konbentzionalek botere ekonomiko handia dute eta kutsakorrek ez diren energien bat bateko erabilpena helmuga bat izan arren, gaur egun interes pertsonalek (batez ere ekonomikoek) interes ekologikoei baino pisu handiagoa dute. Beste alde batetik, argi dago ZEBak ideia ezin hobea direla gizartearen garapen energetikoa aurrera eramateko baina, horretarako asko garatu behar da bai kontzeptua bai erabiliko diren tresnak, euren erabilgarritasun maila maximoa lor dezaten.

Teknologia berri hauen agerpena errazteko software tresna eta metodologia sofistikatu eta inteligenteak behar dira, hauen artean adibidez lan honetan erabili den metodo metaheuristiko eta biointeligentzian oinarritutakoa.

Lan hauen prozesaketan arazo asko agertu daitezke bai konplexutasunaren aldetik eta bai lan karga aldetik. Metodo hauetako askotan, parametro eta aldagai asko daude, beraz parametrizazio on bat ondorioetan eduki dezakeen inpaktua oso garrantzitsua da.

Lan honetan existitzen zen metodo heuristiko baten (OOIKO) parametrizazio egoki bat egiteko saiakerak egin dira horretarako tentsio maila 11,4kV-takoa duen, karga osoaren potentzia aktiboaren (P) kontsumoa 28,7MW-tako den eta potentzia errektiboarena (Q) 17,3MVAR sarea erabili da. Sarearen modeloa PSS/E33 programan egin da eta programa bera erabili da algoritmoak eskatzen dituen kalkulu elektrikoak egiteko motore bezala. PSS/E (Power System Simulation for Engineering), Siemensen garatutako software erraminta da, sare elektrikoak modelatu eta hauetan simulazioak eta kalkulu konplexuak egiteko.

Erabili den metodo metaheuristikoa OOIKO izenez ezagutzen da eta parametrizazioaren eragina esperimentalki frogatzeko 59 saiakera parametroen balioen arabera sailkatu eta gero aztertu egin dira.

Saiakerak egin eta gero, ZEB baten barne funtzionamendua algoritmo biointeligente baten oinarrituz zenbait parametro adierazgarri lortu dira:

Penalizazio faktore (λ) txikiagoak soluzio bilaketa hobeak lortu ditu. Balio altuagoak erabiltzean feromona arinegi akumulatu eta bilaketa prozesua gelditzen da (stagnation).

Feromonari eta egokitasunari ematen zaien pisua, α eta β hurrenez hurren, garrantzi handia dauka algoritmoaren emaitzan eta bilaketa prozesuan. Horrela, α eta β -ren balioak berdinak direnean bilaketa prozesuan arazoak sortzen dira. Inpaktu negatibo hau, penalizazioei balore baxuak emanez oreka daiteke, kasu hauetan bilaketa prozesua ona izan daitekeelarik. Ordea, emaitzarik onenak $B > \alpha$ erlazio ematen denean lortzen dira, hau da, egokitasunari, esperientziari baino balio garrantzi handiagoa ematean. $B > \alpha$ erlazio mantentzen den saiakeretan bilaketa prozesua anitzagoa eta aberatsagoa da.

Prozesu eraginkorrak ahalbidetzen duten beste konbinazio bat, δ -ren balio baxu bat eta Q -ren balio altuak ematean datza. Ordea, parametro ezberdinen balioen arteko desberdintasun handiegiak direnean bilaketa prozesu kaskarrak lortzen dira eta galeren gutxipen baxuak.

Inurri kopurua handiagotzeak ez du emaitza hobetzen eta konputazio denborak handitzen ditu. Kopurua gutxitzeak ez du ondorio aipagarriarik eta konputazio denbora altuetan edukiko lukeen eragina negatiboa izango litzateke.

Ondoriorik aipagarriena, emaitza onak mantenduz ziklo zenbakia gutxitu daitekeela da. Hau oso garrantzitsua da, ziklo zenbakiak eragin zuzena daukalako konputazio denboran, gero eta ziklo gehiago behar baditugu emaitza lortzeko, gero eta denbora gehiago beharko dugu. Lan honetan ikus daitekeenez, emaitza onak mantentzeko, ziklo zenbakia heren batean gutxituz eta horrela konputazio denbora jaitea posiblea da.

Etorkizunari begira, hurrengo pasoa lan honetan lortu diren emaitzen ondorioak, sare handiago batera aplikatzea da. Sare handiago batean emaitza hauek mantentzea lortu ezker, onura oso handia litzateke, konputazio denboran lortzen den hobekuntza dela eta.

Erabili den metodoari buruz esan beharra dago oso emaitza positiboak eman dituela ikerkuntza lan honetan eta beste batzuetan, horrek ez du esan nahi metodo onena edo bakarra denik. Oraindik ideia bat bezala bakarrik kontsidera daitezke ZEBak eta hau kudeatzeko erabiltzen diren algoritmoak aplikagarria izan daitezkeela ikusi den arren.

Argi dagoena elektrizitatearen generazioak sortzen duen informazio kantitatea handia dela eta hau kudeatu beharra dagoela gizarteak aurrera pausu bat eman dezan energiaren eta elektrizitatearen alorrean. Lan honen helburua kudeaketa arazo honen irtenbide posible baten zentsuzko azterketa bat egitea izan da eta emaitza definitiboak izan ez arren onuragarriak izan direla baieztatu daiteke.

BIBLIOGRAFIA

- [ABARRATEGUI - 2009]
 Abarrategui O., Martí J., Gonzalez A., Constructing the Active European Power Grid, Proceedings of WCPEE09, Cairo, October 2009
- [ABARRATEGI - 2012]
 PhD Doctoral Thesis. *New Method For Network Topology Reconfiguration Based On Ant Colony Optimization Algorithms For Active Distribution Networks With Distributed Energy Resources*. 2012, Bilbao.
- [AKABR BAYAT- 2013]
 Bayat Akbar. *Uniform voltage distribution based constructive algorithm for optimal reconfiguration of electric distribution networks*. Electric Power Systems Research 2013
- [AKOREDE-2011]
 Akorede MF, Hizam H, Aris I, Ab Kadir MZA. *Effective method for optimal allocation of distributed generation units in meshed electric power systems*. IET Generation, Transmission and Distribution 2011
- [ASOCIACIÓN DE GEÓLOGOS Y GEOFÍSICOS ESPAÑOLES DEL PETRÓLEO - 2017]
Exploración y producción en España. 20-08-2019, de Asociación de Geólogos y Geofísicos Españoles del Petróleo. <http://www.aggep.org/la-exploracion-y-produccion-en-espana>
- [AUGUGLIARIO - 2003]
 Augugliario A, Dusonchet L, Ippolito MG, Sanseverino ER. *Minimum losses reconfiguration of MV distribution networks through local control of tieswitches*. IEEE Transactions on Power Delivery 2003
- [BETTERGY - 2018]
Objetivo 2030: La transición energética en España. 26-08-2019, de Bettergy <https://www.bettergy.es/objetivo-2030-la-transicion-energetica-en-espana/>
- [BLAS-2014]
 Blas B. *Implantación y evolución de las Smart Grids en España*. Julio 2014
- [BRAUN - 2009]
 Braun M., *Virtual power plant functionalities: Demonstrations in a large laboratory for distributed energy resources*, 20th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution (CIRED 2009), 2009
- [CARPANETO - 2004]
 Carpaneto E. and Chicco G., *Ant-Colony Search-Based Minimum Losses Reconfiguration of Distribution Systems*, Proceedings of the IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON 2004), Dubrovnik, Croatia, Vol. 3, pp. 971-974, May 2004
- [CHING-TOZNG SU-2003]
 Su Ching-Tzong, Lee Chu-Sheng. *Network reconfiguration of distribution systems using improved mixed-integer hybrid differential evolution*. IEEE Transactions on Power Delivery 2003
- [CIVANLAR - 1988]
 Civanlar S., Grainger J. J., Yin H. and Lee S. S. H., *Distribution Feeder Reconfiguration for Loss Reduction*, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol 3, No. 3, pp. 1217-1223, July 1988
- [CORPORACION DE RESERVAS ESTRATEGICAS DE PRODUCTOS PETROLIFEROS - 2017]
Informe Estadístico Anual. 17-08-2019 Corporacion de reservas estrategicas de productos petrolíferos. <https://www.cores.es/sites/default/files/archivos/publicaciones/informe-estadistico-anual-2017.pdf>
- [CHUANG - 2009]

- Chuang A. S. and Schwaegerl C., *Ancillary services for renewable integration*, 2009 CIGRE/IEEE PES Joint Symposium Integration of Wide-Scale Renewable Resources Into the Power Delivery System, p. 13 pp., 2009
- [DORIGO - 1999]
Dorigo M. and Di Caro G., *Ant colony optimization: a new meta-heuristic*, Proceedings of the 1999 Congress on Evolutionary Computation (CEC'99), Vol. 2, pp. 1470-1477, July 1999
- [ENERGYHUB - 2018]
Balance energético 2017 y previsiones para 2018. 12-08-2019, de EnergyHub <http://www.energyhub.es/texto-diario/mostrar/1023295/balance-energetico-2017-previsiones-2018>
- [ENERGIAS RENOVABLES - 2018]
El máximo 2018 de consumo de electricidad en España queda un 10% por debajo del máximo 2007. 29-07-2019, de Energias Renovables <https://www.energias-renovables.com/panorama/el-maximo-2018-de-consumo-de-electricidad-20181>
- [ENERGIA Y SOCIEDAD - 2018]
Regulación española de las energías renovables. 23-08-2019, de Energia y sociedad. <http://www.energiaysociedad.es/manenergia/3-5-regulacion-espanola-de-las-energias-renovables/>
- [EUGENI VIVES - 2017]
Balance energetico del año 2017. 20-08-2019, de Sociedad nuclear española https://www.sne.es/images/stories/recursos/sala_prensa/notas/2018/BalanceEnergetico_SNE2017.pdf
- [EUROPA PRESS - 2018]
La demanda de gas natural aumentó un 9,1% en 2017 y evitó la emisión de 25.300 kilotoneladas de CO2. 15-05-2019, de EUROPA PRESS <https://www.europapress.es/economia/energia-00341/noticia-demanda-gas-natural-aumento-91-2017-evito-emision-25300-kilotoneladas-co2-20180305132225.html>
- [HAGHIFAM - 2007]
Haghifam MR and Modares Tarbiat, *Genetic algorithm-based approach for fixed and switchable capacitors placement in distribution systems with uncertainty and time varying loads*. IET Generation, Transmission and Distribution 2007;1(2):244-52.
- [JONG YUNG PARK]
ParkJong-Young, Sohn Jin-Man, Park Jong-Keun. *Optimal capacitor allocation in a distribution system considering operation costs*. IEEE Transactions on Power Systems 2009;24(1):462-8.
- [EAJAL]
Eajal AA, El-Hawary ME. *Optimal capacitor placement and sizing in unbalanced distribution systems with harmonics consideration using particle swarm optimization*. IEEE Transactions on Power Delivery 2010;25(3):1734-41.
- [ETP - 2006]
European Smart Grids Technology Platform, *Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future*, 2006
- [FENIX - 2006a]
Monnot E., Malarange G., *D1.1 The future ancillary services provided by DG FENIX Project FP6 EC*, 2006
- [FENIX - 2006b]
Braun M., *D1.2.1 Capabilities of DER to Provide Future Ancillary Services*, FENIX Project FP6 EC, 2006

[FENIX - 2006c]

Pudjianto D., Ramsay C., Strbac G., *D1.4.0 The FENIX vision: The Virtual Power Plant and system integration of distributed energy resources*, FENIX Project FP6 EC, 2006
D3.2.2 FENIX Regulatory Framework, FENIX Project FP6 EC, 2006

[FENIX - 2008]

Oyarzabal J., Martí J., *D.4.2.2 Southern Scenario Specification*, FENIX Project FP6 EC, 2008

[GOLSHAN - 2006]

Golshan MEH, Arefifar SA. *Distributed generation, reactive sources and network-configuration planning for power and energy-loss reduction*. IEE Proceedings Generation, Transmission and Distribution 2006;153(2): 127-36

[HAMIDI - 2010]

Hamidi V., Smith K. S. and Wilson R. C., *Smart Grid Technology Review within the Transmission and Distribution Sector*, 2010 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT), p. 8 pp., 2010

[JEON - 2002]

Jeon Y.-J., Kim J.-C., Kim J.-O, Shin J.-R, Lee K.-Y, *An efficient simulated annealing algorithm for large scale distribution systems*, IEEE Transactions on Power Delivery 2002, Vol. 17, No 4, pp. 1070-1078

[KAFKA - 2001]

Kafka R. J., *Ancillary services and reliability*, 2001 IEEE Power Engineering Society Winter Meeting. Conference Proceedings, Vol 1, pp. 378-382, 2001
 April 2000

[MANIEZZO - 2001]

Maniezzo V. and Carbonaro A., "Ant Colony Optimization: an Overview", in C. Ribeiro editor, *Essays and Surveys in Metaheuristics*, Kluwer Academic Publishers, in press, 2001

[MERODIO-2018]

Merodio M., *¿Objetivo 20% energías renovables 2020 factible?* 13-08-2019, de Magnus: <https://www.magnuscmd.com/es/objetivo-20-energias-renovables-2020-factible/>

[MARTINEZ - 2012]

Martinez S. *Smart grids: Presente y futuro del sistema eléctrico*. Mayo 2012

[MCDERMOTT-1999]

McDermott TE, Drezga I, Broadwater RP. *A heuristic nonlinear constructive method for distribution system reconfiguration*. IEEE Transactions on Power Systems 1999

[MERLIN - 1975]

Merlin A., Back H., *Search for a Minimal-Loss Operating Spanning Tree Configuration in an Urban Power Distribution System*, Proceedings Fifth Power Systems Computer Conference (PSCC), Cambridge, 1975, pp.1-18

[METKE - 2010]

Metke A. R. and Ekl R.L., *Smart Grid security technology*, 2010 Innovative Smart Grid Technologies (ISGT), p. 7 pp., 2010

[MITHULANANTHAN-2004]

Mithulanathan N, Oo Than, Van Phu Le. *Distributed generator placement in power distribution system using genetic algorithm to reduce losses*. Thammasat International Journal of Science and Technology 2004

[QUEIROZ AND LYRA-2009]

Queiroz LMO, Lyra C. *Adaptive hybrid genetic algorithm for technical loss reduction in distribution networks under variable demands*. IEEE Transactions on Power Systems 2009

- [RAMOS -2001]
Ramos ER, Martinez-Ramos JL, Exposito AG, Salado AJU. *Optimal reconfiguration of distribution networks for power loss reduction*. In: IEEE porto power tech proceedings 2001
- [RAO-2011]
Rao RS, Narasimham SVL, Raju MR, Rao AS. *Optimal network reconfiguration of large-scale distribution system using harmony search algorithm*. IEEE Transactions on Power Systems 2011
- [REE - 2019]
Informe del sistema electrico. 15-08-2019 de REE
https://www.ree.es/sites/default/files/11_PUBLICACIONES/Documentos/InformesSistemaElectrico/2019/Avance_ISE_2018.pdf
- [SANTANA -2010]
Santacana, E., Rackliffe, G., Tang, L., Feng, X. (2010). Getting Smart. *IEEE Power and Energy Magazine*, 8(2): 41-48.
- [SALMANI - 2009]
Salmani M. A., Tafreshi S. M. M. and Salmani H., *Operation optimization for a virtual power plant*, 2009 IEEE-PES/IAS Conference on Sustainable Alternative Energy (SAE), p. 6 pp., 2009
- [SÁRFI - 1996]
Sárfi R. J., Salama M. M. A. and Chikhani A. Y, *Distribution System Reconfiguration for Loss Reduction: An Algorithm Based on Network Partitioning Theory*, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 11, No. 1, pp. 504- 510, February 1996
- [SCHMIDT - 2005]
Schmidt H. P., Ida N., Kagan N. and Guaraldo J. C., *Fast Reconfiguration of Distribution Systems Considering Loss Minimization*, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 20., No. 3, pp. 1311-1319, August 2005
- [SHIRMOHAMMADI - 1989]
Shirmohammadi D. and Hong H. W., *Reconfiguration of Electric Distribution Networks for Resistive Line Losses Reduction*, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 4, No. 2, pp. 1492-1498, April 1989
- [SU - 2005]
Su C.-T., Chang C.-F. and Chiou J.-P., *Distribution network reconfiguration for loss reduction by ant colony search algorithm*, Electric Power Systems Research, Vol. 75, No. 2-3, pp. 190-199, August 2005
- [TALESKI - 1997]
Taleski R. and Rajcic D., *Distribution Network Reconfiguration for Energy Loss Reduction*, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 12, No. 1, pp. 398-406, February 1997
- [UE-2018]
Paquete de medidas sobre clima y energía hasta 2020. 26-08-2019, de UE
https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_es#tab-0-0
- [WERNER - 2008]
Werner T. G. and Remberg R., *Technical, economical and regulatory aspects of virtual power plants*, 2008 Third IEEE International Conference on Electric Unity Deregulation, pp. 2427-2433, April 2008
- [WU - 2010]
Wu Y.-K., Lee C.-Y., Liu L.-C. and Tsai S.-H., *Study of Reconfiguration for the Distribution System With Distributed Generators*, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 25, No. 3, pp. 1678-1685, July 2010

Table A.1. Sareko Busen modeloa

Base kV	Area	Zone	Owner	Code	G-Shunt (MW)	B-Shunt (MVAR)	Voltage (pu)	Angle (deg)
11.4	1	1	1	3	0.00	0.00	10.000	15.00
11.4	1	1	1	3	0.00	0.00	10.000	15.00
11.4	1	1	1	3	0.00	0.00	10.000	15.00
11.4	1	1	1	1	0.00	0.00	0.8797	10.55
11.4	1	1	1	1	0.00	0.00	0.8944	11.19
11.4	1	1	1	1	0.00	0.00	0.8663	9.53
11.4	1	1	1	1	0.00	0.00	0.8623	9.39
11.4	1	1	1	1	0.00	0.00	0.9537	13.67
11.4	1	1	1	1	0.00	0.00	0.9258	12.22
11.4	1	1	1	1	0.00	0.00	0.9515	13.67
11.4	1	1	1	1	0.00	0.00	0.9026	11.45
11.4	1	1	1	1	0.00	0.00	0.9232	11.82
11.4	1	1	1	1	0.00	0.00	0.8496	8.79
11.4	1	1	1	1	0.00	0.00	0.8493	8.66
11.4	1	1	1	1	0.00	0.00	0.8518	8.95
11.4	1	1	1	1	0.00	0.00	0.8538	9.00

Table A. 2. Sareko adarren modelo elektrikoa

From Bus Number	From Bus Name	To Bus Number	To Bus Name	Id	Line R (pu)	Line X (pu)	Charging (pu)	In- Service	Metered	Rate A (MVA)
1	ONE 11.400	4	FOUR 11.400	11	0.075000	0.100000	0.000000	0	1	0.0
2	TWO 11.400	8	EIGHT 11.400	16	0.110000	0.110000	0.000000	1	1	0.0
3	THREE 11.400	13	THIRTEEN 11.400	22	0.110000	0.110000	0.000000	1	0	0.0
4	FOUR 11.400	5	FIVE 11.400	12	0.080000	0.110000	0.000000	1	1	0.0
4	FOUR 11.400	6	SIX 11.400	13	0.090000	0.180000	0.000000	1	1	0.0
5	FIVE 11.400	11	ELEVEN 11.400	15	0.040000	0.040000	0.000000	1	1	0.0
6	SIX 11.400	7	SEVEN 11.400	14	0.040000	0.040000	0.000000	1	1	0.0
7	SEVEN 11.400	16	SIXTEEN 11.400	26	0.120000	0.120000	0.000000	1	0	0.0
8	EIGHT 11.400	9	NINE 11.400	18	0.080000	0.110000	0.000000	1	1	0.0
8	EIGHT 11.400	10	TEN 11.400	17	0.110000	0.110000	0.000000	1	1	0.0
9	NINE 11.400	11	ELEVEN 11.400	19	0.110000	0.110000	0.000000	1	0	0.0
9	NINE 11.400	12	TWELVE 11.400	20	0.080000	0.110000	0.000000	1	1	0.0
10	TEN 11.400	14	FOURTEEN 11.400	21	0.040000	0.040000	0.000000	0	1	0.0

13	THIRTEEN	11.400	14	FOURTEEN	11.400	24	0.090000	0.120000	0.000000	1	1	0.0
13	THIRTEEN	11.400	15	FIFTEEN	11.400	23	0.080000	0.110000	0.000000	1	1	0.0
15	FIFTEEN	11.400	16	SIXTEEN	11.400	25	0.040000	0.040000	0.000000	1	1	0.0

Table A. 3.Kargak

Bus Number	Bus Name	Id	Area	Zone	Owner	In-Service	Pload (MW)	Qload (MVAR)	IPload (MW)	IQload (MVAR)	YPload (MW)	YQload (MVAR)
4	FOUR	11.400	1	1	1	1	20.000	16.000	0.0	0.0	0.0	0.0
5	FIVE	11.400	1	1	1	1	30.000	15.000	0.0	0.0	0.0	0.0
6	SIX	11.400	1	1	1	1	20.000	0.8000	0.0	0.0	0.0	0.0
7	SEVEN	11.400	1	1	1	1	15.000	12.000	0.0	0.0	0.0	0.0
8	EIGHT	11.400	1	1	1	1	40.000	27.000	0.0	0.0	0.0	0.0
9	NINE	11.400	1	1	1	1	50.000	30.000	0.0	0.0	0.0	0.0
10	TEN	11.400	1	1	1	1	10.000	0.9000	0.0	0.0	0.0	0.0
11	ELEVEN	11.400	1	1	1	1	0.6000	0.1000	0.0	0.0	0.0	0.0
12	TWELVE	11.400	1	1	1	1	45.000	20.000	0.0	0.0	0.0	0.0
13	THIRTEEN	11.400	1	1	1	1	10.000	0.9000	0.0	0.0	0.0	0.0
14	FOURTEEN	11.400	1	1	1	1	10.000	0.7000	0.0	0.0	0.0	0.0
15	FIFTEEN	11.400	1	1	1	1	10.000	0.9000	0.0	0.0	0.0	0.0
16	SIXTEEN	11.400	1	1	1	1	21.000	10.000	0.0	0.0	0.0	0.0

Table A. 4. Deribazioak

Bus Number	Bus Name	Control Mode	VSC Name	Bus Number	Bus Name	Contributed Vars (%)	Vhi (pu)	Vlo (pu)	Binit (MVAR)	Blk 1 Steps	Blk 1 Bstep (MVAR)	
5	FIVE	11.400	Fixed (0)	None	0		100.00	10.700	0.9500	1.10	1	1.10
6	SIX	11.400	Fixed (0)	None	0		100.00	10.700	0.9500	1.20	1	1.20
9	NINE	11.400	Fixed (0)	None	0		100.00	10.700	0.9500	1.20	1	1.20
11	ELEVEN	11.400	Fixed (0)	None	0		100.00	10.700	0.9500	0.60	1	0.60
12	TWELVE	11.400	Fixed (0)	None	0		100.00	10.700	0.9500	3.70	1	3.70
14	FOURTEEN	11.400	Fixed (0)	None	0		100.00	10.700	0.9500	1.80	1	1.80
16	SIXTEEN	11.400	Fixed (0)	None	0		100.00	10.700	0.9500	1.80	1	1.80

Table A. 5. Makinak

Bus Number	Bus Name	Id	In- Service	Pgen (MW)	Pmax (MW)	Pmin (MW)	Qgen (MVAR)	Qmax (MVAR)
1	ONE 11.400	1	1	3.6272	9999	-9999	2.3804	9999
2	TWO 11.400	1	1	13.2949	9999	-9999	3.3959	9999
3	THREE 11.400	1	1	3.3162	9999	-9999	0.8558	9999
4	FOUR 11.400	1	1	3.5	3.5	3.5	0	0
7	SEVEN 11.400	1	1	10	10	10	0	0
9	NINE 11.400	1	1	1	1	1	0	0
14	FOURTEEN 11.400	1	1	1	1	1	0	0
16	SIXTEEN 11.400	1	1	2.5	2.5	2.5	0	0

Table A. 6. Sorkuntza Plantak

Bus Number	Bus Name	PGen	QGen	QMax	QMin	VSched (pu)
1	ONE 11.400	3.6	2.4	9999	-9999	1
2	TWO 11.400	13.3	3.4	9999	-9999	1
3	THREE 11.400	3.3	0.9	9999	-9999	1
4	FOUR 11.400	2.5	0	0	0	1
7	SEVEN 11.400	3	0	0	0	1
9	NINE 11.400	0.5	0	0	0	1
14	FOURTEEN 11.400	0.8	0	0	0	1
16	SIXTEEN 11.400	1	0	0	0	1