

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÜRETİM SİSTEMLERİNDE VALF-NOKTA ETKİLİ KONVEKS OLMAYAN
DİNAMİK EKONOMİK YÜK DAĞITIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mikail PÜRLÜ

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik Mühendisliği Programı

AĞUSTOS 2017

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÜRETİM SİSTEMLERİNDE VALF-NOKTA ETKİLİ KONVEKS OLMAYAN
DİNAMİK EKONOMİK YÜK DAĞITIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Mikail PÜRLÜ
(504141031)**

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Belgin Emre TÜRKAY

AĞUSTOS 2017

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 504141031 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Mikail PÜRLÜ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “ÜRETİM SİSTEMLERİNDE VALF-NOKTA ETKİLİ KONVEKS OLMAYAN DİNAMİK EKONOMİK YÜK DAĞITIMI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Belgin Emre TÜRKAY**
~~İstanbul Teknik Üniversitesi~~

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Mehmet BAYRAK**
Sakarya Üniversitesi

Doç. Dr. Emel ÖNAL
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 16 Ağustos 2017
Savunma Tarihi : 18 Ağustos 2017





Aileme ve tüm sevdiklerime,



ÖNSÖZ

Tez çalışmamın planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren Prof. Dr. Belgin Emre TÜRKAY'a,

Bu zorlu tez sürecinde benden desteğini bir an için bile esirgemeyen değerli arkadaşlarımla Merve ERGÜT ve Onur AYAN'a,

Eğitim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen her zaman yanımda olan sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ağustos 2017

Mikail PÜRLÜ
(Elektrik-Elektronik Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xvii
ÖZET	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür Araştırması	2
1.2 Tezin Amacı ve Kapsamı	4
2. EKONOMİK YÜK DAĞITIMI	5
2.1 Ekonomik Yük Dağıtım (EYD) Problemlerinin Matematiksel İfadesi	5
2.1.1 Hat kayıplarının ihmal edildiği ekonomik yük dağıtımı	6
2.1.2 Hat kayıplarının dahil edildiği ekonomik yük dağıtımı	7
2.1.3 Valf-nokta etkisi	7
2.1.4 Dinamik ekonomik yük dağıtımı	8
2.2 Genetik Algoritma (GA)	8
2.2.1 GA'nın çalışma prensibi	9
2.2.2 Kodlama	10
2.2.3 Başlangıç popülasyonu oluşturma	10
2.2.4 Uygunluk değerinin belirlenmesi	11
2.2.5 Genetik operatörler	11
2.2.5.1 Tekrar üreme	11
2.2.5.2 Çaprazlama	12
2.2.5.3 Mutasyon	12
2.2.6 Genetik parametreler	12
2.2.6.1 Popülasyon büyüklüğü	12
2.2.6.2 Çaprazlama oranı	12
2.2.6.3 Mutasyon oranı	13
2.2.7 Durdurma	13
2.2.8 GA'nın DEYD problemlerine uygulanması	13
2.3 Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO)	14
2.3.1 PSO'nun çalışma prensibi	14
2.3.2 PSO parametreleri	15
2.3.3 PSO algoritmasının formülasyonu	16
2.3.4 Durdurma	17
2.3.5 PSO algoritmasının DEYD problemlerine uygulanması	17
2.4 Tabu Araştırma Algoritması (TAA)	18
2.4.1 TAA'nın çalışma prensibi	18

2.4.2 TAA parametreleri	19
2.4.2.1 Komşuluk	19
2.4.2.2 Hafıza	19
2.4.2.3 Tabu listesi	20
2.4.2.4 Tabu yıkma kriterleri.....	20
2.4.3 Durdurma	20
2.4.4 TAA'nın DEYD problemlerine uygulanması	21
3. ÖRNEK ÇALIŞMA SİSTEMLERİ	23
3.1 3 Üniteli Test Sistemi	23
3.2 5 Üniteli Test Sistemi	23
3.3 10 Üniteli Test Sistemi	24
4. ALGORİTMALARIN TEST SİSTEMLERİNE UYGULANMASI	27
4.1 Algoritmalarda Kullanılan Parametreler	27
4.2 Simülasyon Sonuçları.....	28
4.2.1 3 Üniteli test sistemi için GA, PSO ve TAA sonuçları	28
4.2.2 5 üniteli test sistemi GA sonuçları	31
4.2.3 5 üniteli test sistemi PSO algoritması sonuçları.....	36
4.2.4 5 üniteli test sistemi TAA sonuçları.....	41
4.2.5 10 üniteli test sistemi GA sonuçları	46
4.2.6 10 üniteli test sistemi PSO algoritması sonuçları.....	51
4.2.7 10 üniteli test sistemi TAA sonuçları.....	56
4.2.8 10 üniteli (kayıpsız) test sistemi GA sonuçları	61
4.2.9 10 üniteli (kayıpsız) test sistemi PSO algoritması sonuçları.....	66
4.2.10 10 üniteli (kayıpsız) test sistemi TAA sonuçları.....	71
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	77
KAYNAKLAR.....	81
ÖZGEÇMİŞ	87

KISALTMALAR

DE	: Diferansiyel Evrim
DEYD	: Dinamik Ekonomik Yük Dağıtımı
DNM	: Dahili Nokta Metodu
DOP	: Doğrusal Olmayan Programlama
DP	: Doğrusal Programlama
EP	: Evrimsel Programlama
EYD	: Ekonomik Yük Dağıtımı
GA	: Genetik Algoritma (Genetic Algorithm)
İDP	: İkinci Dereceden Programlama
KKA	: Karınca Kolonisi Algoritması
MW	: Mega Watt
NM	: Newton Metodu
PSO	: Parçacık Sürü Optimizasyonu (Particle Swarm Optimization)
QP	: Quadratik Programlama
TAA	: Tabu Araştırma Algoritması
TSA	: Tabu Search Algorithm
US	: Uzman Sistemler
YAK	: Yapay Arı Kolonisi
YSA	: Yapay Sinir Ağları



SEMBOLLER

a_i, b_i, c_i	: i. generatörün yakıt maliyet katsayıları
c_1	: Kavramsal faktörler
c_2	: Sosyal (bilişsel) faktörler
e_i, f_i	: i. generatörün valf-nokta etkisini temsil eden katsayılar
F	: Toplam maliyet fonksiyonu
F_i	: i. generatörün maliyet fonksiyonu
G_{best_i}	: En iyi konuma sahip parçacık
h	: Saat (hour)
k	: İterasyon sayısı
n	: Generatör sayısı
P_{best_i}	: Parçacığın en iyi konumu
P_d	: Talep gücü
P_i	: i. generatörün aktif çıkış gücü
$P_{i,t}$	: i. generatörün t zamanındaki aktif çıkış gücü
P_l, P_{loss}	: İletim kayıpları
P_{max_i}, P_{Gi}^{max}	: i. generatörün maksimum çıkış gücü
P_{min_i}, P_{Gi}^{min}	: i. generatörün minimum çıkış gücü
$rand$	: 0 ile 1 arasında rastgele sayı
V_i^k	: k iterasyonundaki parçacık hızı
w	: Ağırlık parametresi
w_{max}	: Maksimum ağırlık parametresi
w_{min}	: Minimum ağırlık parametresi
X_i^k	: k iterasyonundaki parçacık konumu



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : 3 üniteli test sisteminin generatör üretim limitleri ve maliyet katsayıları [53].	23
Çizelge 3.2 : 3 üniteli test sisteminin B kayıp katsayıları [53].	23
Çizelge 3.3 : 3 üniteli test sisteminin talep güçleri [53].	23
Çizelge 3.4 : 5 üniteli test sisteminin generatör üretim limitleri ve maliyet katsayıları [54].	24
Çizelge 3.5 : 5 üniteli test sisteminin B kayıp katsayıları [54].	24
Çizelge 3.6 : 5 üniteli test sisteminin 24 saatlik talep güçleri [54].	24
Çizelge 3.7 : 10 üniteli test sisteminin generatör üretim limitleri ve maliyet katsayıları [54].	25
Çizelge 3.8 : 10 üniteli test sisteminin B kayıp katsayıları [54].	25
Çizelge 3.9 : 10 üniteli test sisteminin 24 saatlik talep güçleri [54].	25
Çizelge 4.1 : GA parametreleri.	27
Çizelge 4.2 : PSO parametreleri.	27
Çizelge 4.3 : TAA parametreleri.	27
Çizelge 4.4 : 3 üniteli test sistemi GA sonuçları.	28
Çizelge 4.5 : 3 üniteli test sistemi PSO sonuçları.	29
Çizelge 4.6 : 3 üniteli test sistemi TAA sonuçları.	29
Çizelge 4.7 : 3 üniteli test sistemi maliyet eğrilerinin farklı talep güçleri ve çözüm metotlarındaki yakınsama iterasyon sayıları.	30
Çizelge 4.8 : 5 üniteli test sistemi yakıt maliyet eğrilerinin farklı talep güçlerindeki GA metodu için yakınsama iterasyon sayıları.	31
Çizelge 4.9 : 5 üniteli test sistemi GA sonuçları.	32
Çizelge 4.10 : 5 üniteli test sistemi yakıt maliyet eğrilerinin farklı talep güçlerindeki PSO metodu için yakınsama iterasyon sayıları.	36
Çizelge 4.11 : 5 üniteli test sistemi PSO sonuçları.	37
Çizelge 4.12 : 5 üniteli test sistemi yakıt maliyet eğrilerinin farklı talep güçlerindeki TAA metodu için yakınsama iterasyon sayıları.	41
Çizelge 4.13 : 5 üniteli test sistemi TAA sonuçları.	42
Çizelge 4.14 : 10 üniteli test sistemi yakıt maliyet eğrilerinin farklı talep güçlerindeki GA metodu için yakınsama iterasyon sayıları.	46
Çizelge 4.15 : 10 üniteli test sistemi GA sonuçları.	47
Çizelge 4.16 : 10 üniteli test sistemi yakıt maliyet eğrilerinin farklı talep güçlerindeki PSO metodu için yakınsama iterasyon sayıları.	51
Çizelge 4.17 : 10 üniteli test sistemi PSO sonuçları.	52
Çizelge 4.18 : 10 üniteli test sistemi yakıt maliyet eğrilerinin farklı talep güçlerindeki TAA metodu için yakınsama iterasyon sayıları.	56
Çizelge 4.19 : 10 üniteli test sistemi TAA sonuçları.	57

Çizelge 4.20 : 10 üniteli (kayıpsız) test sistemi yakıt maliyet eğrilerinin farklı talep güçlerindeki GA metodu için yakınsama iterasyon sayıları.	61
Çizelge 4.21 : 10 üniteli test sistemi GA sonuçları (kayıpsız).	62
Çizelge 4.22 : 10 üniteli (kayıpsız) test sistemi yakıt maliyet eğrilerinin farklı talep güçlerindeki PSO metodu için yakınsama iterasyon sayıları.	66
Çizelge 4.23 : 10 üniteli test sistemi PSO sonuçları (kayıpsız).	67
Çizelge 4.24 : 10 üniteli (kayıpsız) test sistemi yakıt maliyet eğrilerinin farklı talep güçlerindeki TA metodu için yakınsama iterasyon sayıları.	71
Çizelge 4.25 : 10 üniteli test sistemi TAA sonuçları (kayıpsız).	72
Çizelge 5.1 : 3 üniteli test sistemi karşılaştırma tablosu.	77
Çizelge 5.2 : 5 üniteli test sistemi karşılaştırma tablosu.	78
Çizelge 5.3 : 10 üniteli test sistemi karşılaştırma tablosu (kayıplı).	79
Çizelge 5.4 : 10 üniteli test sistemi karşılaştırma sonuçları (kayıpsız).	79



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Klasik optimizasyon metotları [4].	1
Şekil 1.2 : Sezgisel optimizasyon metotları [4].	2
Şekil 1.3 : Optimizasyon metotlarının güç sistemlerinde uygulama alanları [4].	2
Şekil 2.1 : N tane üretim ünitesinin Pyük yükünü sağlaması [23].	5
Şekil 2.2 : Valf-nokta etkili üretim biriminin giriş-çıkış karakteristiği.	8
Şekil 2.3 : GA akış diyagramı [37].	10
Şekil 2.4 : PSO akış diyagramı [46].	15
Şekil 2.5 : PSO araştırma uzayı [48].	16
Şekil 2.6 : TAA akış diyagramı [49].	19
Şekil 4.1 : 3 üniteli test sistemi GA simülasyon sonuçları.	28
Şekil 4.2 : 3 üniteli test sistemi PSO simülasyon sonuçları.	29
Şekil 4.3 : 3 üniteli test sistemi TAA simülasyon sonuçları.	30
Şekil 4.4 : 5 üniteli test sisteminde 1., 2., 3. ve 4. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları.	33
Şekil 4.5 : 5 üniteli test sisteminde 5., 6., 7. ve 8. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları.	33
Şekil 4.6 : 5 üniteli test sisteminde 9., 10., 11. ve 12. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları.	34
Şekil 4.7 : 5 üniteli test sisteminde 13., 14., 15. ve 16. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları.	34
Şekil 4.8 : 5 üniteli test sisteminde 17., 18., 19. ve 20. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları.	35
Şekil 4.9 : 5 üniteli test sisteminde 21., 22., 23. ve 24. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları.	35
Şekil 4.10 : 5 üniteli test sisteminde 1., 2., 3. ve 4. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları.	38
Şekil 4.11 : 5 üniteli test sisteminde 5., 6., 7. ve 8. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları.	38
Şekil 4.12 : 5 üniteli test sisteminde 9., 10., 11. ve 12. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları.	39
Şekil 4.13 : 5 üniteli test sisteminde 13., 14., 15. ve 16. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları.	39
Şekil 4.14 : 5 üniteli test sisteminde 17., 18., 19. ve 20. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları.	40
Şekil 4.15 : 5 üniteli test sisteminde 21., 22., 23. ve 24. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları.	40
Şekil 4.16 : 5 üniteli test sisteminde 1., 2., 3. ve 4. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları.	43
Şekil 4.17 : 5 üniteli test sisteminde 5., 6., 7. ve 8. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları.	43

Şekil 4.18 : 5 üniteli test sisteminde 9., 10., 11. ve 12. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları.	44
Şekil 4.19 : 5 üniteli test sisteminde 13., 14., 15. ve 16. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları.	44
Şekil 4.20 : 5 üniteli test sisteminde 17., 18., 19. ve 20. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları.	45
Şekil 4.21 : 5 üniteli test sisteminde 21., 22., 23. ve 24. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları.	45
Şekil 4.22 : 10 üniteli test sisteminde 1., 2., 3. ve 4. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları.	48
Şekil 4.23 : 10 üniteli test sisteminde 5., 6., 7. ve 8. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları.	48
Şekil 4.24 : 10 üniteli test sisteminde 9., 10., 11. ve 12. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları.	49
Şekil 4.25 : 10 üniteli test sisteminde 13., 14., 15. ve 16. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları.	49
Şekil 4.26 : 10 üniteli test sisteminde 17., 18., 19. ve 20. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları.	50
Şekil 4.27 : 10 üniteli test sisteminde 21., 22., 23. ve 24. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları.	50
Şekil 4.28 : 10 üniteli test sisteminde 1., 2., 3. ve 4. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları.	53
Şekil 4.29 : 10 üniteli test sisteminde 5., 6., 7. ve 8. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları.	53
Şekil 4.30 : 10 üniteli test sisteminde 9., 10., 11. ve 12. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları.	54
Şekil 4.31 : 10 üniteli test sisteminde 13., 14., 15. ve 16. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları.	54
Şekil 4.32 : 10 üniteli test sisteminde 17., 18., 19. ve 20. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları.	55
Şekil 4.33 : 10 üniteli test sisteminde 21., 22., 23. ve 24. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları.	55
Şekil 4.34 : 10 üniteli test sisteminde 1., 2., 3. ve 4. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları.	58
Şekil 4.35 : 10 üniteli test sisteminde 5., 6., 7. ve 8. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları.	58
Şekil 4.36 : 10 üniteli test sisteminde 9., 10., 11. ve 12. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları.	59
Şekil 4.37 : 10 üniteli test sisteminde 13., 14., 15. ve 16. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları.	59
Şekil 4.38 : 10 üniteli test sisteminde 17., 18., 19. ve 20. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları.	60
Şekil 4.39 : 10 üniteli test sisteminde 21., 22., 23. ve 24. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları.	60
Şekil 4.40 : 10 üniteli test sisteminde 1., 2., 3. ve 4. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları (kayıpsız).	63
Şekil 4.41 : 10 üniteli test sisteminde 5., 6., 7. ve 8. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları (kayıpsız).	63
Şekil 4.42 : 10 üniteli test sisteminde 9., 10., 11. ve 12. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları (kayıpsız).	64

Şekil 4.43 : 10 üniteli test sisteminde 13., 14., 15. ve 16. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları (kayıpsız).	64
Şekil 4.44 : 10 üniteli test sisteminde 17., 18., 19. ve 20. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları (kayıpsız).	65
Şekil 4.45 : 10 üniteli test sisteminde 21., 22., 23. ve 24. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları (kayıpsız).	65
Şekil 4.46 : 10 üniteli test sisteminde 1., 2., 3. ve 4. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları (kayıpsız).	68
Şekil 4.47 : 10 üniteli test sisteminde 5., 6., 7. ve 8. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları (kayıpsız).	68
Şekil 4.48 : 10 üniteli test sisteminde 9., 10., 11. ve 12. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları (kayıpsız).	69
Şekil 4.49 : 10 üniteli test sisteminde 13., 14., 15. ve 16. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları (kayıpsız).	69
Şekil 4.50 : 10 üniteli test sisteminde 17., 18., 19. ve 20. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları (kayıpsız).	70
Şekil 4.51 : 10 üniteli test sisteminde 21., 22., 23. ve 24. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları (kayıpsız).	70
Şekil 4.52 : 10 üniteli test sisteminde 1., 2., 3. ve 4. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları (kayıpsız).	73
Şekil 4.53 : 10 üniteli test sisteminde 5., 6., 7. ve 8. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları (kayıpsız).	73
Şekil 4.54 : 10 üniteli test sisteminde 9., 10., 11. ve 12. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları (kayıpsız).	74
Şekil 4.55 : 10 üniteli test sisteminde 13., 14., 15. ve 16. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları (kayıpsız).	74
Şekil 4.56 : 10 üniteli test sisteminde 17., 18., 19. ve 20. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları (kayıpsız).	75
Şekil 4.57 : 10 üniteli test sisteminde 21., 22., 23. ve 24. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları (kayıpsız).	75



ÜRETİM SİSTEMLERİNDE VALF-NOKTA ETKİLİ KONVEKS OLMAYAN DİNAMİK EKONOMİK YÜK DAĞITIMI

ÖZET

Teknolojinin elektrik mühendisliğine sağladığı en büyük getirilerinden biri de dünya üzerinde enerji tüketimi artışıdır. Elektrikli aletlerin sayısında ve kullanım süresinde artışlar yaşandığı gibi daha ileri teknoloji sağlayabilmesi amacıyla tükettiği güçte de artışa gidilmiştir. Bu artışlar ve yazılım sistemlerinin daha çok tercih edilir hale gelmesi fazladan enerji ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Enerji ihtiyacındaki artış elektrik enerjisi üretim sistemlerinin yeterliliğini gün geçtikçe zorlamakta ve bizim daha fazla sayıda ve daha nitelikli elektrik enerjisi üretim santralleri kurmamızı gerektirmektedir. Üretilen elektrik enerjisi miktarındaki artışla birlikte üretimde optimizasyon işlemlerinden biri olan ekonomik yük dağıtımı da daha önemli bir hale gelmiştir.

Ekonomik yük dağıtımı, üretim sisteminde kullanılan tüm generatörlerin yakıt-güç eğrilerinin toplamından oluşturulan maliyet kullanarak talep edilen enerjiyi minimum yakıt maliyetiyle karşılayabilmek için hangi generatörün ne kadar yükleneceğinin hesaplanmasıdır. Generatörler arasında ekonomik yük dağıtımı yapılmasıyla aynı miktardaki enerji, ekonomik yük dağıtımı yapılmayan tesislere göre daha düşük yakıt maliyetiyle elde edilir.

Güç sistemlerinden tüketiciler tarafından talep edilen elektrik enerjisi miktarının gün içerisinde belirli zaman periyotlarında farklılık göstermesi ekonomik yük dağıtım problemlerinin yetersiz kalmasına sebep olmuştur. Değişen talep güç değerlerine göre hangi zaman periyodunda, hangi generatörlerin ne kadar çıkış gücünde üretim yapacağının belirlenmesi amacıyla dinamik ekonomik yük dağıtım problemleri oluşturulmuştur.

Günümüzde talep edilen enerjinin büyük miktarı fosil yakıt kullanan üretim tesislerince karşılanmaktadır. Bu da üretimin gerçekleştirildiği bölgede çevre kirliliği artışına sebep olmaktadır. Ekonomik yük dağıtımına ek olarak çevreye salınan gaz emisyonunu en aza indirmek amacıyla çevresel yük dağıtımı da gerçekleştirilebilir.

Bu çalışmada ekonomik yük dağıtım problemleri, matematiksel ifadeleri ve bu amaçla kullanılan optimizasyon metotları açıklanmış ve uygulama örneklerine yer verilmiştir. Uygulamalarda sezgisel optimizasyon metotlarından olan Genetik Algoritma (GA), Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) ve Tabu Araştırma Algoritması (TAA) kullanılmıştır. Tüm bu algoritmalar MATLAB kodu yazılarak oluşturulmuş ve toolbox veya hazır kod kullanılmamıştır. Oluşturulan bu algoritmalar aracılığıyla 3 üniteli test sistemi, 5 üniteli test sistemi ve 10 üniteli test sistemi üzerinde iletim kayıplarının dahil edildiği dinamik ekonomik yük dağıtımları gerçekleştirilmiştir. 5 üniteli test sistemi ve 10 üniteli test sistemi üzerinde dinamik ekonomik yük dağıtımı sağlanırken valf-nokta etkisi dikkate alınmıştır. 3 üniteli test sistemi için verilen datalarda valf-nokta etkisi katsayıları (e_i ve f_i) bulunmadığı için

yapılan yük dağıtım işleminde valf-nokta etkisi dikkate alınamamıştır. Tüm bunlara ek olarak 10 üniteli test sistemi üzerinde iletim kayıplarının ihmal edildiği bir yük dağıtım işlemi daha gerçekleştirilmiştir.

GA, PSO ve TAA metotlarıyla yapılan dinamik ekonomik yük dağıtım işlemi sonucu elde edilen minimum yakıt maliyetleri ve iletim kayıpları geçmişte yapılan çalışmalarda bulunan sonuçlarla kıyaslanmıştır. Bu çalışmada kullanılan her üç algoritmanın da literatürdekilerden daha optimal sonuçlar vermesi algoritmaların doğru olduğunu ve güç sistemlerine uygulanabilir olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada kullanılan algoritmalar kendi arasında değerlendirildiğinde ise PSO algoritmasının en optimal sonucu verdiği görülmüştür.



NONCONVEKS DYNAMIC ECONOMIC DISPATCH OF GENERATION VIA VALVE-POINT LOADING

SUMMARY

One of the biggest gains that technology brings to electrical engineering is the increase in energy consumption around the world. As the number of electrical appliances and the use of them have increased, they have also increased their power consumption to provide more advanced technology. These increases, and the fact that the software systems become more preferred, reveal the need for extra energy.

The increase in energy demand is pushing the sufficiency of electric energy production systems day by day and we need to build more and more qualified electric energy production plants. With the increase in the amount of electric energy produced, the economic load dispatch, which is one of the optimization processes in production, becomes more important.

Economic load dispatch is the calculation of the number of generators to be loaded to meet the demanded energy minimum fuel cost using the cost generated by the sum of the fuel-power curves of all the generators used in the production system. By distributing economic loads between generators, the same amount of energy is obtained at a lower fuel cost than for plants without economic load dispatch.

The fact that the amount of electricity demanded by consumers from power systems differs during certain time periods during the day caused the economic load dispatch problems to be inadequate. According to the changing demand power values, dynamic economic load dispatch problems have been established in order to determine in which period of time, which generators will produce in output power.

Today, the greatest amount of energy demanded is met by production plants that use fossil fuels. This leads to an increase in environmental pollution in the region where production is being carried out. In addition to the economic load dispatch, environmental load dispatch can also be achieved in order to minimize the amount of gas emissions emitted to the environment.

When an economic load dispatch operation is performed, the total production cost of the system is equal to the sum of the costs of all production units. There is an output power range that each generator can produce. The minimum and maximum output power values must be considered in order to keep the generator output powers within this range in the load distribution to be made.

The sum of the generator output powers must meet the demand power when the load distribution operation in which transmission losses are neglected. When performing the load distribution operation in which transmission losses are included, the sum of the generator output powers must meet both the transmission losses and the demand power.

By including the valve-point effect on the fuel cost of the production unit, the display of the fuel cost is made more convenient. Due to the valve-point effect, the total fuel cost function includes higher nonlinear components.

When distributing economically, it is necessary to select the most appropriate values among the forces that the generators produce based on the fuel costs. Fast, reliable

and effective optimization methods are used to solve economic dispatch problems in energy systems.

In power systems, classical optimization methods are used first. However, heuristic optimization methods have been developed for problem solving in which these methods are insufficient. Classical and heuristic methods have different advantages and disadvantages. For proper optimization, the power system must be handled correctly and a suitable method must be selected.

Inspired by Darwin's theory of evolution, Genetic Algorithm (GA) was developed by John Holland in 1975. It is artificially imitated in Genetic Algorithm that the birth of the creatures, their disappearance with the repose and the natural selection. Through the genetic processors, each individual is transferred to a new population, which is a potential solution, from the population of older individuals, and a fitness value that determines the quality of that individual is assigned to all the individuals in the population. The fitness value reflects the quality of that individual.

As a basic optimization procedure, it extracts individuals with high fitness values and creates individuals with higher fitness for these individuals. Particle Swarm Optimization (PSO) is a population-based, intuitive method designed by J. Kennedy and R.C. Eberhart in 1995 for solving nonlinear problems, inspired by the behavior of bird and fish swarms. PSO is a kind of evolutionary algorithm based on simulating the social behavior of the most appropriate individual survival. Similar to other population-based evolutionary algorithms, it is initiated with a random solution population. The PSO method is more advantageous in terms of simplicity of content, ease of implementation, and computational efficiency compared to mathematical and other heuristic optimization methods.

The Tabu Search Algorithm (TSA) is an iterative research algorithm developed by F. Glover in 1986 for solving optimization problems. The basic approach in the TSA is to prohibit or punish again in the next cycle in order to prevent circular movements of the step leading to the final solution. In this way, the solutions that are ahead of the best solution are being investigated. The tabu list is created by taking the best solution in each loop. If the tabu list is full, the first solutions saved in the list are dropped from the list and the solutions reached in the last loop are included in the list.

The algorithms developed in this thesis are terminated when a solution satisfying the desired criteria is reached, when the maximum number of iterations is reached, the given time is exceeded, the iterations where good results are not obtained, or combinations of these occur.

The aim of the study is to emphasize the importance of generating energy at low cost and to explain how to make economic load distributions for optimization of energy production with Genetic Algorithm (GA), Particle Swarm Optimization (PSO) and Tabu Search Algorithm (TSA) methods using MATLAB. In this study, economic load dispatch problems, mathematical expressions and optimization methods used for this purpose are explained and examples of applications are given. Genetic Algorithm (GA), Particle Swarm Optimization (PSO) and Tabu Search Algorithm (TSA) were used as the heuristic optimization methods. All these algorithms are created by writing MATLAB code. Toolbox or ready code is not used.

With these algorithms created, dynamic economic load dispatch operations have been realized including transmission losses on 3 units test system, 5 units test system

and 10 units test system. Valve-point effect is taken into consideration when providing dynamic economic load dispatch on 5 units test system and 10 units test system. Since the valve-point effect coefficients (e_i and f_i) are not available for the 3 units test system, the valve-point effect can not be considered in the load distribution process. In addition to all these, a load distribution operation has been carried out on 10 units test systems, in which transmission losses are neglected.

The results of the dynamic economic load dispatch with GA, PSO and TSA methods are compared with the minimum fuel costs and transmission losses obtained in previous studies. All three algorithms used in this study showed that algorithms are more accurate and more applicable to power systems than the literature. When the algorithms used in this study are evaluated among themselves, it is seen that the PSO algorithm gives the most optimal result.





1. GİRİŞ

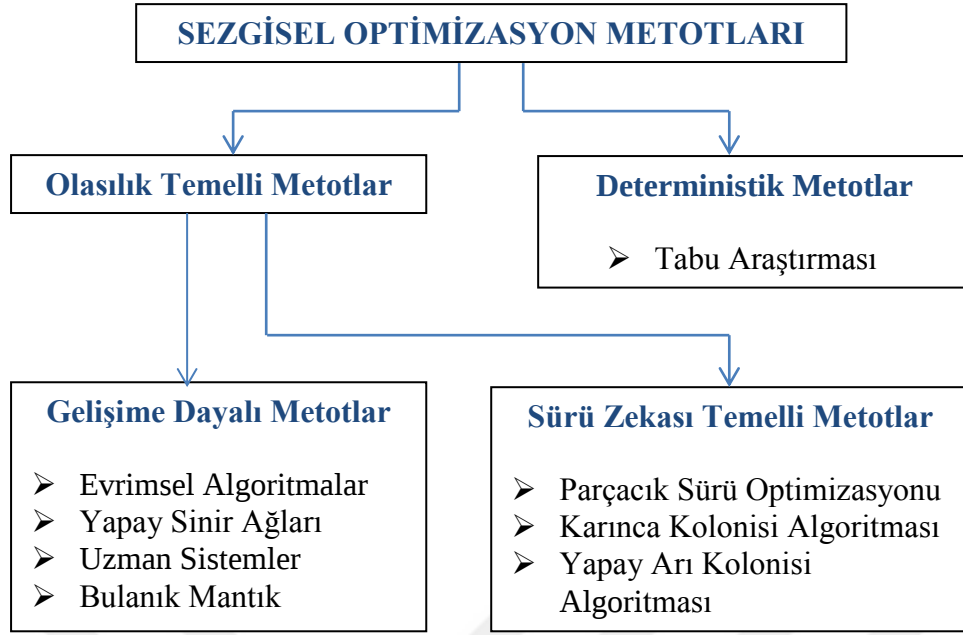
Dünyada ve ülkemizde artmakta olan nüfus ve teknolojiadaki gelişmeler elektrik enerjisine olan ihtiyaçta artışa neden olmuştur. Günümüzde enerji sektörünün özelleşmesi ve enerji sisteminin büyütülmesine duyulan gereksinim sonucu elektrik enerji sistemlerinin yapısı büyümüş ve karmaşık bir hal almıştır. Özellikle enerji sektöründe yapılan özelleştirmelerden sonra enerji sisteminin daha ekonomik işletilmesi ve ucuz elektrik üretimi çok büyük önem kazanmıştır [1].

Ayrıca enerji talebindeki artış ve enerji sağlayacak olan kaynaklardaki azalış ekonomik dağıtıma daha fazla önem kazandırmıştır [2]. Ekonomik dağıtım yaparken generatörlerin yakıt maliyetlerine bağlı olarak ürettikleri güçler arasından en uygun değerlerin seçilmesi gerekir. Enerji sistemlerinde ekonomik dağıtım problemlerinin çözümünde hızlı, güvenilir ve etkili optimizasyon metotları kullanılmaktadır [3].

Güç sistemlerinde kullanılan klasik optimizasyon metotları Şekil 1.1’de, sezgisel optimizasyon metotları Şekil 1.2’de verilmiştir. Optimizasyon metotlarının güç sistemlerinde uygulama alanları ise Şekil 1.3’te verilmiştir.



Şekil 1.1 : Klasik optimizasyon metotları [4].



Şekil 1.2 : Sezgisel optimizasyon metotları [4].

OPTİMİZASYON METOTLARININ GÜÇ SİSTEMLERİNDE UYGULAMA ALANLARI											
Optimizasyon Metotları		Optimum Yük Akışı	Güç Sistem Planlaması	Reaktif Güç Planlaması	Enerji Üretim Planlaması	Enerji İletim Planlaması	Güç Sistem Koruması	Gerilim Kontrolü	Yük Tahmini	Ekonomik Yük Dağıtım	Bazı İlgili Çalışmaların Ref. Numarası
KLASİK MET.	DP	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	7
	DNM	✓			✓		✓		✓	✓	8
	KTP		✓	✓	✓	✓		✓			9
	DOP	✓		✓	✓	✓		✓			10
	İDP	✓	✓	✓	✓	✓				✓	11
	NM	✓		✓				✓			12
SEZGİSEL METOTLAR	TA	✓		✓		✓			✓	✓	13
	EA	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	14,15
	YSA				✓		✓	✓	✓	✓	16
	US			✓			✓	✓			17,18
	BM	✓		✓			✓	✓	✓		19
	PSO	✓		✓		✓		✓	✓	✓	20,21
	KKA	✓		✓		✓		✓			22,23
	YAK	✓		✓						✓	24,25

Şekil 1.3 : Optimizasyon metotlarının güç sistemlerinde uygulama alanları [4].

1.1 Literatür Araştırması

Mevcut termik güç üniteleri arasında müşterilerin yük taleplerini ekonomik, emniyetli ve güvenilir bir şekilde tahsis etme ihtiyacı 1920'li yıllarda büyük ilgi görmüştür [5,6]. Ekonomik yük dağıtım (EYD) problemi belirlenen bir zamandaki yük talebi için çeşitli kısıtlamalar altında yakıt maliyetinin en aza indirgenmesi olarak tanımlanmıştır. EYD değişen yük talebi için çözüm sağlayamamıştır [7,8].

1972’de Bechert ve Kwatny tarafından dinamik ekonomik dağıtım alanındaki ilk makale ortaya çıkarıldı [9]. 1980’lerden beri EYD bazı kısıtlamalar altında dağıtım süresince toplam maliyetin minimize edilmesi problemi olarak formüle edilmektedir ve dinamik ekonomik yük dağıtımı (DEYD) problemi olarak bilinmektedir [10].

İlk başlarda saatler alan ekonomik dağıtım problemi çözümü için zamanla daha hızlı çözümler sağlanmıştır. 10 generatörlü bir üretim sistemine program oluşturmak 10 dakika sürmüştür [11]. Günümüzdeyse yüzlerce generatörden oluşan bir sistemde her hangi bir arıza oluşması durumunda sistemin düzeltilmesi sadece saniyeler almaktadır. Farklı alanlarda kullanılan metotlardaki gelişmeler EYD problem çözümüne de benzerlik gösterdiği için EYD problemlerinin çözümüne kolaylık sağlamıştır [11].

Güç sistemlerinde ilk olarak klasik optimizasyon metotları kullanılmıştır; fakat bu metotların yetersiz kaldığı problem çözümleri için sezgisel optimizasyon metotları geliştirilmiştir. Klasik ve sezgisel metotların farklı avantajları ve dezavantajları vardır. Uygun bir optimizasyon yapılması için güç sisteminin doğru bir şekilde ele alınması ve istenilen kriterlere uygun bir metot seçilmesi gerekmektedir. [12].

Barcelo ve Rastgoufard tarafından, ağ güvenliği ve sınırlandırılmış marj kısıtlamaları ile dinamik ekonomik yük dağıtım sorununu çözmek için bir algoritma önerildi [13]. Fukuyama ve Ueki tarafından, güvenlik kısıtlamaları ile DEYD sorununu çözmek için yapay sinir ağı tekniklerine geçiş yapıldı [14].

Li ve arkadaşları tarafından, iletim hattı kayıplarıyla DEYD problemini çözmek için genetik algoritma (GA) kullanıldı [15]. Evrimsel programlamanın (EP) global ve paralel arama özelliği sayesinde konveks olmayan optimizasyon problemleriyle baş edebilmektedir [16]. Balamurugan ve Subramanian tarafından DEYD problemini valf-nokta etkilerini dikkate alarak çözmek için diferansiyel evrim (DE) algoritması geliştirildi [17].

İletim hattı kayıplarının ve valf-nokta etkisinin göz önüne alındığı bir ekonomik dağıtım problemi çözümünde parçacık sürü optimizasyonu (PSO) kullanılmıştır [18].

Abdelaziz ve arkadaşları tarafından, iletim hattı kayıplarıyla DEYD problemini çözmek için hopfield yapay sinir ağı ve kuadratik programlamanın (HNN-QP) birleşiminden oluşan hibrit yaklaşım başlatıldı [19]. Itus ve Jeyakumar tarafından,

evrimsel programlama ve parçacık sürü optimizasyonunu ardışıl quadratic programlama (SQP) ile birleştirerek hibrit bir yöntem olarak sunuldu [20].

1.2 Tezin Amacı ve Kapsamı

Yapılan çalışmanın amacı, düşük maliyetle enerji üretmenin önemini vurgulamak, enerji üretiminin optimizasyonu için ekonomik yük dağıtımlarının Genetik Algoritma (GA), Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) ve Tabu Araştırma Algoritması (TAA) yöntemleriyle nasıl yapıldığını MATLAB kullanılarak gerçekleştirilmiş örnek simülasyonlarla anlatmak ve yapılan bu işlemin güç sistemindeki etkisini diğer yöntemlerle karşılaştırmalı bir şekilde incelemektir.

Bu çalışmada ekonomik yük dağıtım problemleri, matematiksel ifadeleri ve bu amaçla kullanılan optimizasyon metotları açıklanmış ve uygulama örneklerine yer verilmiştir. Uygulamalarda sezgisel optimizasyon metotlarından olan Genetik Algoritma (GA), Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) ve Tabu Araştırma Algoritması (TAA) kullanılmıştır. Tüm bu algoritmalar MATLAB kodu yazılarak oluşturulmuş ve toolbox veya hazır kod kullanılmamıştır. Oluşturulan bu algoritmalar aracılığıyla 3 üniteli test sistemi, 5 üniteli test sistemi ve 10 üniteli test sistemi üzerinde iletim kayıplarının dahil edildiği dinamik ekonomik yük dağıtımları gerçekleştirilmiştir. 5 üniteli test sistemi ve 10 üniteli test sistemi üzerinde dinamik ekonomik yük dağıtım sağlanırken valf-nokta etkisi dikkate alınmıştır. 3 üniteli test sistemi için verilen datalarda valf-nokta etkisi katsayıları (e_i ve f_i) bulunmadığı için yapılan yük dağıtım işleminde valf-nokta etkisi dikkate alınamamıştır. Tüm bunlara ek olarak 10 üniteli test sistemi üzerinde iletim kayıplarının ihmal edildiği bir yük dağıtım işlemi daha gerçekleştirilmiştir. Yük dağıtım problemleri 3.20 GHz Intel(TR) Core(R) i5-4460 CPU masa üstü bilgisayarda çalıştırılmıştır.

GA, PSO ve TAA metotlarıyla yapılan dinamik ekonomik yük dağıtım işlemi sonucu elde edilen minimum yakıt maliyetleri ve iletim kayıpları geçmişte yapılan çalışmalarda bulunan sonuçlarla kıyaslanmıştır. Bu çalışmada kullanılan her üç algoritmanın da literatürdekilerden daha optimal sonuçlar vermesi algoritmaların doğru olduğunu ve güç sistemlerine uygulanabilir olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada kullanılan algoritmalar kendi arasında değerlendirildiğinde ise PSO algoritmasının en optimal sonucu verdiği görülmüştür.

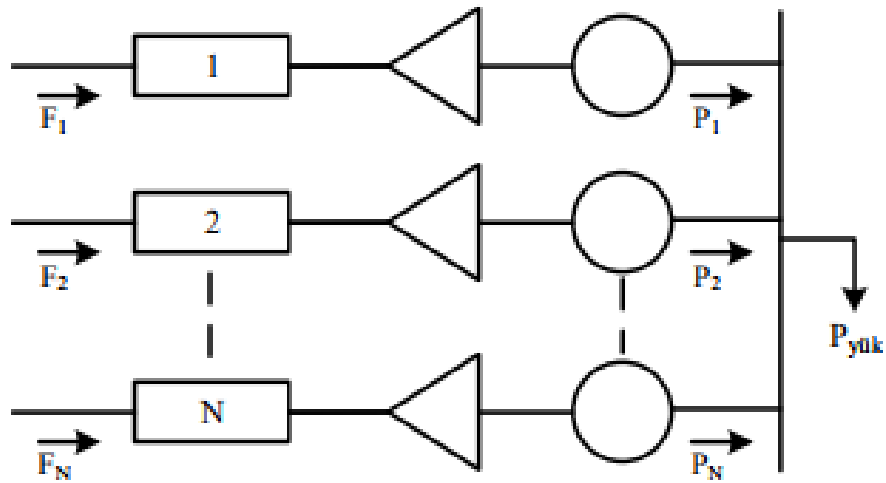
2. EKONOMİK YÜK DAĞITIMI

Güç santrallerinden, santrallerin limitleri dahilinde minimum maliyet ile talep edilen gücün karşılanması için hangi santralden ne kadar güç alınacağını belirlenmesine ekonomik yük dağıtımı denir [21]. Güç santrallerinin yük merkezlerine uzaklıkları aynı olmadığından ve farklı üretim maliyetlerine sahip olduklarından toplamdaki maliyetleri aynı değildir. Sadece üretim maliyetini değil de hat kayıplarını da göz önüne alarak toplam maliyeti minimum yapmamız gerekmektedir [22].

Ekonomik yük dağıtımı, tesislerde üretilen enerji miktarındaki artışa paralel olarak gitgide önem kazanmıştır. EYD'nin amacı talep edilen gücün her bir generatörün kendine özgü olan yakıt-maliyet fonksiyonlarına göre toplamda en düşük maliyetle enerji üretimini sağlayacak şekilde generatörlere paylaştırılmasıdır.

2.1 Ekonomik Yük Dağıtım (EYD) Problemlerinin Matematiksel İfadesi

Tek bir baraya bağlanan N tane üretim biriminin girişleri, üretim birimlerinin maliyetleri (F_i) ve santrallerin ürettiği çıkış güçleri (P_i) Şekil 2.1'de verilmiştir. Sistemin toplam üretim maliyeti, tüm üretim birimlerinin maliyetlerinin toplamına eşittir ve işletme sınırlaması olarak toplam çıkış gücünün talep gücünü karşılaması gerekmektedir [23].



Şekil 2.1 : N tane üretim ünitesinin $P_{yük}$ yükünü sağlaması [23].

Generatörlerin ürettikleri güce bağlı olarak değişen maliyetlerinin 2. dereceden fonksiyonu denklem 2.1’de gösterilmiştir [24]:

$$F(P_i) = \sum_{i=1}^n (a_i P_i^2 + b_i P_i + c_i) \quad [$/h] \quad (2.1)$$

Denklem 2.1’de i. generatörün yakıt maliyet katsayıları a_i [\$/MW².h], b_i [\$/MW.h], c_i [\$/h] ile, i. generatörün aktif çıkış gücünü P_i [MW] ve bu generatörün P_i [MW] çıkış gücü ile üretimi esnasındaki maliyetini ise $F(P_i)$ ile ifade edilmiştir. Denklem 2.1’de görüldüğü gibi c_i değeri çıkış gücü değerinden bağımsızdır ve generatörün işletme maliyetini temsil eder. Diğer katsayılar ise işletme maliyeti ile orantılıdır.

Her bir generatörün üretim yapabileceği çıkış güç aralığı mevcuttur. Yapılacak olan yük dağıtımında generatör çıkış güçlerini bu aralıkta tutmak için minimum ve maksimum çıkış gücü değerleri göz önüne alınmalıdır [25]:

$$P_{min_i} \leq P_i \leq P_{max_i} \quad [MW] \quad (2.2)$$

Denklem 2.2’de P_{min_i} i. generatörün minimum çıkış gücünü, P_i i. generatörün çıkış gücünü ve P_{max_i} i. generatörün maksimum çıkış gücünü ifade etmektedir ve birimleri MW’tır.

Yukarıda verilen denklemler EYD için genel denklemlerdir. Hat kayıplarının dahil veya ihmal edilmesi, valf-nokta etkisinin dikkate alınması ve dinamik ekonomik dağıtım durumlarına göre farklılık göstermektedir.

2.1.1 Hat kayıplarının ihmal edildiği ekonomik yük dağıtımı

EYD problemlerinde generatörler tarafından çıkan enerjinin tam verimle tüketiciye ulaştığı varsayılarak hat kayıplarının ihmal edilmesi durumunda generatörlerin toplam çıkış gücüyle talep edilen toplam tüketici gücü arasındaki bağıntı denklem 2.3’teki gibi olur [26]:

$$\sum_{i=1}^n P_i = P_d \quad [MW] \quad (2.3)$$

Denklem 2.3’te P_i ile i. generatörün çıkış gücü, P_d ile tüketici tarafından talep edilen güç ifade edilmektedir ve birimleri MW’tır.

Güç sistemlerinde kayıplardan kurtulmak mümkün olmadığından kayıpların ihmal edildiği EYD problemlerinin çözümleri gerçekten uzak olacaktır. Ancak bu tip çözümler metotlar arası karşılaştırma yapmak için kullanılabilirler.

2.1.2 Hat kayıplarının dahil edildiği ekonomik yük dağıtımı

Bir tüketici birden fazla üretim tesisinden beslenmekteyse üretim tesisinin tüketiciye olan uzaklığı ve üreteceği güce bağlı olarak iletim kayıpları oluşacaktır. Bu durumda generatörlerin üreteceği toplam güç hem talep edilen edilen gücü hem de kayıp gücü karşılamalıdır. Kayıpların dahil edildiği EYD için güç dengesi denklem 2.4'te görüldüğü gibidir [24]:

$$\sum_{i=1}^n P_i = P_d + P_{loss} \quad [MW] \quad (2.4)$$

Denklem 2.4'te P_i i. generatörün çıkış gücünü, P_d talep edilen gücü ve P_{loss} ise kayıplarını ifade etmektedir ve birimleri MW'tır.

EYD yaparken ortaya çıkacak kayıp güç hesabı güç akış analizi yapan metotlarla yapılmaktadır. Bu çalışmada kayıp güç B-katsayıları metodu ile hesaplanmıştır. B-katsayıları metodu ile kayıp güç hesabı yaparken denklem 2.5'te verilen George'un formülü ve denklem 2.6'daki Kron'un formülü kullanılmaktadır [25]:

$$P_{loss} = \sum_{i=1}^n P_i^T \cdot B_{ij} \sum_{j=1}^n P_j \quad [MW] \quad (2.5)$$

$$P_{loss} = \sum_{i=1}^n P_i^T \cdot B_{ij} \cdot \sum_{j=1}^n P_j + \sum_{i=1}^n P_i \cdot B_{i0} + B_{00} \quad [MW] \quad (2.6)$$

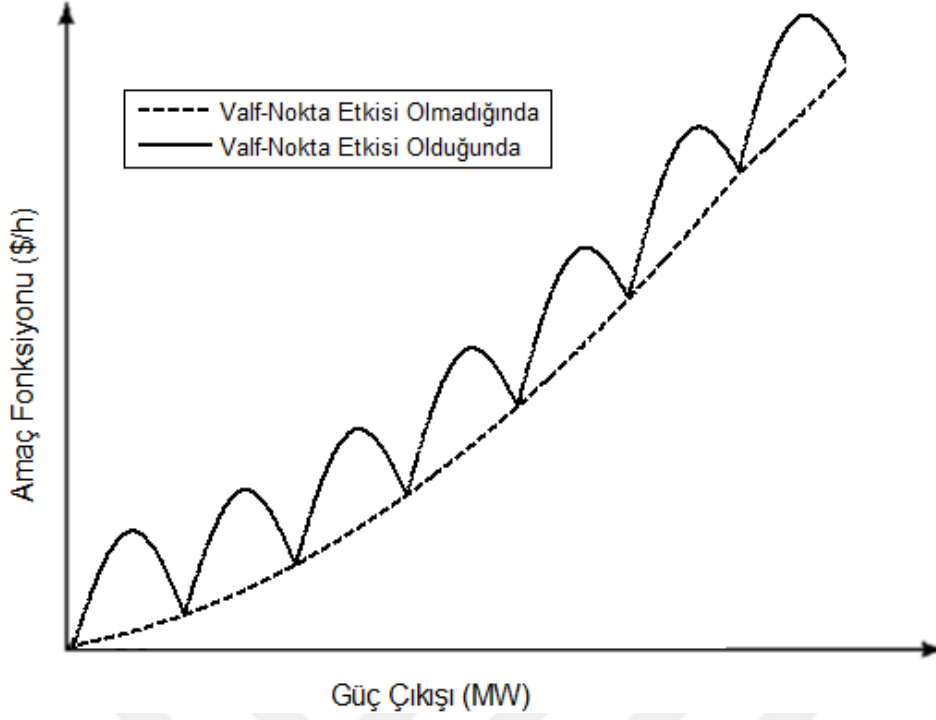
Denklem 2.5 ve 2.6'da P_i^T tüm generatörlerin çıkış gücü değerlerinden oluşan matrisin transpozisini, B_{ij} , B_{i0} ve B_{00} ise iletim hattı kayıp katsayılarını ifade etmektedir. B_{ij} generatörlerin çıkış güçlerinden oluşan matrisle aynı boyutta bir kare matris iken B_{i0} aynı boyda bir vektördür. B_{00} ise sabit bir değerdir.

2.1.3 Valf-nokta etkisi

Gerçek üretim tesislerinde çok valfli üretim birimlerinin giriş-çıkış eğrisi denklem 2.1 ile karşılaştırıldığında çok daha farklıdır. Üretim biriminin yakıt maliyetine valf-nokta etkisinin de dahil edilmesiyle, yakıt maliyetinin gösterimini daha uygun hale getirilmektedir. Şekil 2.1'de gösterildiği gibi valf-nokta etkisi sebebiyle toplam yakıt maliyet fonksiyonu doğrusal olmayan daha yüksek bileşenler içermektedir. Bu yüzden valf-nokta etkilerini dikkate alabilmek için yapılan çalışmada denklem 2.1 yerine aşağıdaki denklemde konveks olmayan fonksiyon kullanılmıştır [27].

$$F(P_i) = \sum_{i=1}^n \{a_i P_i^2 + b_i P_i + c_i + |e_i \sin(f_i(P_{Gi}^{min} - P_{Gi}))| \} \quad [$/h] \quad (2.7)$$

Denklem 2.7'de e_i ve f_i i. generatörün valf-nokta etkisini temsil eden katsayılardır.



Şekil 2.2 : Valf-nokta etkili üretim biriminin giriş-çıkış karakteristiği.

2.1.4 Dinamik ekonomik yük dağıtımı

Dinamik ekonomik yük dağıtımı (DEYD) elektrik güç sistemlerinin gerçek zamanlı bir sorunudur. Talep edilen güç miktarı sürekli değiştiği için EYD yetersiz kalmıştır ve DEYD problemlerine çözüm aranmaya başlanmıştır. DEYD'nin amacı zamanın belirli periyotları için tahmin edilen talep gücü en ekonomik şekilde karşılamaktır.

DEYD yaparken değişen talep güç değerlerine göre zaman aralıklarına bölünerek her zamandaki talep güç değeri için ekonomik yük dağıtımı yapılır [28]. Genel olarak DEYD probleminin formülasyonu denklem 2.8 ve denklem 2.9'daki gibidir [29]:

$$\min F(P_{i,t}) = \sum_{t=0}^T \sum_{i=0}^n f(P_{i,t}) \quad (2.8)$$

$$F(P_{i,t}) = \{a_i P_{i,t}^2 + b_i P_{i,t} + c_i + |e_i \sin(f_i (P_{Gi}^{\min} - P_{Gi,t}))|\} \quad (2.9)$$

Denklem 2.8 ve denklem 2.9'da birimi MW olan $P_{i,t}$ ile i . generatörün t zamanında ürettiği güç ifade edilmektedir.

2.2 Genetik Algoritma (GA)

Darwin'in evrim teorisinden esinlenen GA, John Holland tarafından 1975 yılında geliştirilmiştir. GA'da canlıların doğması, üremesi ve doğal seçimle yok olması yapay olarak taklit edilmiştir [30]. Genetik işlemciler aracılığıyla eski bireylerden

meydana gelen popölasyondan her bireyi potansiyel bir çözüm olan yeni popölasyona geçiş yapılır ve popölasyondaki tüm bireyler için o bireyin kalitesini belirleyen uygunluk değeri atanır. Uygunluk değeri o bireyin kalitesini yansıtır. Temel optimizasyon prosedürü arama çalışması olarak uygunluk değeri yüksek bireyleri ayıklayıp bu bireylerle daha yüksek uygunluğa sahip bireyler oluşturur [31].

Genetik Algoritma'nın avantajları [32-34]:

- Uygulama kolaylığı ve işlemsel kolaylık
- Amaç fonksiyonunda türev kullanılmaması
- Karmaşık optimizasyon problemleriyle başa çıkabilmesi
- Genel optimum çözüme ulaşmaktaki güçlü yeteneğı
- Mutasyonla sağlanan çözüm çeşitliliğı
- Çözüm uzayında eş zamanlı olarak arama yapabilmesi
- Çok değışkenli problemlere uygulanabilmesi
- Paralel işlemcilere uygunluğu
- Sürekli ve ayırık değışkenleri optimize edebilmesi
- Sadece tek bir sonuç değilde optimum çözüm listesi sunması
- Değışkenleri kodlayarak optimizasyonun sağlanması

Genetik algoritmanın dezavantajları [33,35]:

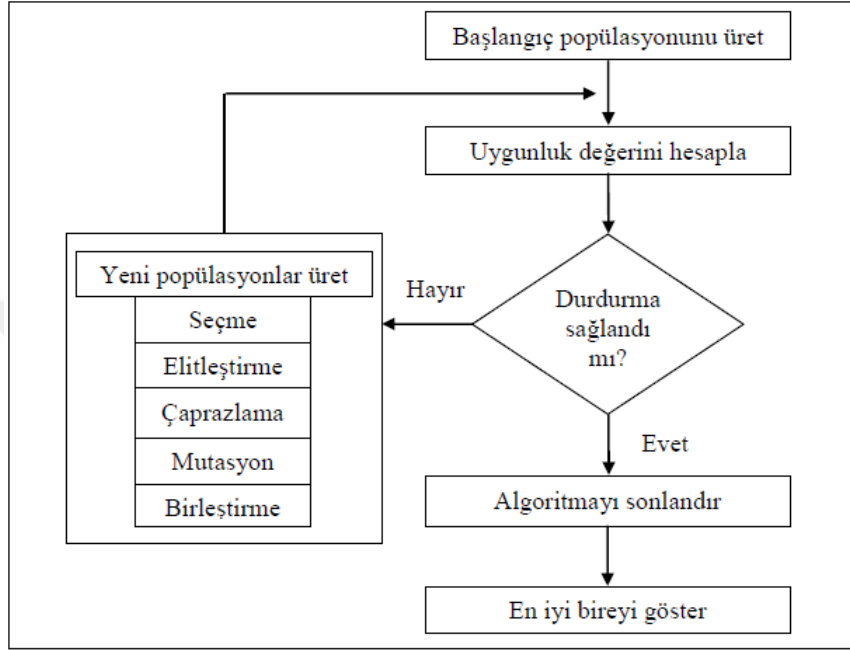
- Algoritmanın yazılım programlarına dahil edilmesi nispeten karmaşıktır
- Uzun ve zahmetli bir hesaplama süreci vardır
- Erken yakınsama sorunu vardır.

2.2.1 GA'nın çalışma prensibi

GA oluşturulurken öncelikle başlangıç popölasyonu oluşturulur ve her bireyin uygunluk değeri hesaplanır. Belirlenen durdurma kriterleri sağlanıyorsa araştırma işlemi durdurulur. Eğer sağlamıyorsa doğal seçilim işlemiyle uygunluk değeri yüksek bireyler yeni popölasyona aktarılır ve rastgele değışim meydana getirilerek çaprazlama işlemi uygulanır. Tekrardan popölasyonun uygunluk değeri hesaplanır ve durdurma kriterleri sağlanana kadar bu işlemlere devam edilir [36].

Genetik Algoritma ile optimum çözüme gitme süreci kodlama, başlangıç popülasyonu oluşturma, bireylerin uygunluk değerlerinin hesaplayarak bir sonraki nesile aktarılabacak bireylerin seçilmesi, çaprazlama işlemi ve mutasyon olarak sıralanmaktadır [12].

GA'da kullanılacak akış diyagramı Şekil 2.3'te verilmiştir [37]:



Şekil 2.3 : GA akış diyagramı [37].

2.2.2 Kodlama

Optimizasyon problemlerinin çözümüne gidilebilmesi için çözümler problem türüne göre değişen kodlamalara tabi tutulmalıdır. Genetik Algoritma için ikili kodlama, sıralı kodlama, değer kodlaması ve ağaç kodlaması kullanılabilir.

GA'da temel olarak ikili (binary) kodlama kullanılır; fakat fazla sayıda kontrol değişkeni olan problemlerde ikili kodlama yapılırsa çok uzun kromozom dizinleri hesaplama süresini artırıp, araştırma uzayını iyice genişleteceğinden sistem performansını düşürür. Bu tip problemlerde tam sayı değerler kullanılarak yapılan GA'nın probleme uygulanması daha uygundur [38]. Bu sebeple bu tezde yapılan çalışmada tam sayı değerler kullanılmıştır.

2.2.3 Başlangıç popülasyonu oluşturma

Genetik Algoritma'ların başlangıç popülasyonları genellikle rastgele üretilir. Problem türüne göre farklı yöntemlerle ulaşılmış yaklaşık çözümler de başlangıç

popülasyonu olarak kabul edilebilir. Popülasyon büyüklüğü ve kromozomlar üzerindeki gen sayısı çok fazla tutulduğunda çözüm uzayı genişler ve çözüme ulaşmak oldukça zaman alır. Popülasyon büyüklüğü veya gen sayısının az tutulması durumunda ise çeşitlilik azalacağından kısa sürede ama çokta uygun olmayan bir çözüme gidilecektir. Bu sebeple başlangıç popülasyonu oluştururken popülasyon büyüklüğü ve gen sayısı olabildiğince uygun seçilmelidir.

2.2.4 Uygunluk değerinin belirlenmesi

GA Darwin'in "Hayatta kalabilen adaylar yaşamını sürdürür, diğerleri ölür." prensibine dayanır [15]. Bu prensip önceleri maksimizasyon problemlerinin uygunluk değerini hesaplamakta kullanılırdı. Maksimizasyon problemleri için uygunluk fonksiyonu amaç fonksiyonuna eşittir. Minimizasyon problemlerinde uygunluk fonksiyonu ise denklem 2.10'da ki gibi hesaplanır:

$$F(X) = 1/(1 + f(x)) \quad (2.10)$$

Denklem 2.10'da $f(x)$ uygunluk fonksiyonunu, $F(X)$ ise amaç fonksiyonunu ifade etmektedir. İncelenmekte olan bireyin kromozomu üzerindeki bilgilerle yerine konularak bulunan toplam maliyet uygunluk fonksiyonu olan $f(x)$ 'tir ve bu değer amaç fonksiyonu olan $F(X)$ 'te yerine konulduğunda 0 ile 1 arasında bir değer elde edilir. Elde edilen değer 1'e ne kadar yakınsa bireyin uygunluk değeri ve sonraki nesle aktarılma olasılığı o kadar yüksektir [39].

2.2.5 Genetik operatörler

Genetik operatörler, GA'da kullanılan rastgele geçiş kuralları dizisidir. Genetik operatörler ile önceki nesilden yeni ve gelişmiş nesil türetilir. GA'da kullanılan genetik operatörler; tekrar üreme, çaprazlama ve mutasyon operatörleridir [40].

2.2.5.1 Tekrar üreme

Tekrar üreme operatörü sayesinde daha kaliteli çözümlerin popülasyonda baskın olmaları, kalitesiz olanlarınsa yavaş yavaş kaybolmaları sağlanır. Bu operatörün uygulanmasında kullanılan yöntemlerin en basiti ve en yaygın olarak kullanılan rulet tekerleği yöntemidir.

Rulet tekerleği yönteminde seçim yapılması rulet tekerleğinde bir topun dönderilmesine benzer. Popülasyondaki her bir bireyin uygunluk değeri tüm

bireylerin uygunluk değerleri toplamına oranlararak bireylerin seçilme yüzdeleri hesaplanır [41].

2.2.5.2 Çaprazlama

Çaprazlama operatörü ile iyi mlerden daha iyi mler oluşturulması hedeflenir. Bu amaçla uygunluk değerlerine göre belirli bir sayıda birey seçilerek eşleşme havuzu oluşturulur. Çaprazlama operatörü ile eşleşme havuzunda bulunan bireylerin birer çifti rastgele seçilip çaprazlanarak yeni bireyler meydana getirilir. Oluşturulan bireyler eskilerle yer değiştirilir veya her ikisi de popülasyonda tutulur. Her ikisinin de tutulması durumunda uygunluk değeri düşük olan bireyler atılarak popülasyon büyüklüğünün sabit tutulması sağlanır.

2.2.5.3 Mutasyon

Çaprazlama operatöründen sonra devreye giren mutasyon operatörü kromozomlar üzerindeki genlerde rastgele değişiklikler yaparak yeni genler oluşturur ve daha önce görülmemiş yeni bireyler üretirler. Tekrar reme ve çaprazlama operatrlerinin çok fazla değişiklik yapmama ihtimali göz önüne alınırsa mutasyon operatörü bulunmayan Genetik Algoritma'lar çok sağlıklı olmayacaktır.

2.2.6 Genetik parametreler

Genetik parametreler bir Genetik Algoritma'nın performansını kontrol için kullanılan araçlardır. Basit bir Genetik Algoritma'da kullanılan genetik parametreler; popülasyon büyüklüğü, çaprazlama oranı ve mutasyon oranıdır [40].

2.2.6.1 Popülasyon büyüklüğü

Popülasyon büyüklüğü GA'nın verim ve performansını etkiler. Küçük popülasyonlar tüm m uzayını kapsamayacağı için GA performansını dşrrlir. Aksine çok büyük seçilmesi durumunda daha geniş bir m uzayı oluşacak ve hem araştırılması zaman alacak hem de yakınsama oranını yavaşlatacaktır.

2.2.6.2 Çaprazlama oranı

Çaprazlama oranı, çaprazlama işleminin hızını etkileyen operatördür. Çaprazlama işlemine tabi tutulan yapıların sayısı çaprazlama oranına göre belirlenir. Çaprazlama oranının fazla tutulması faydalı yapıların daha hızlı elenmesine sebep olur. Bu

oranın düşük tutulması ise yeni bireylerin oluşmasını azaltarak yakınsama problemlerine neden olur.

2.2.6.3 Mutasyon oranı

Genetik Algoritma’da mutasyon operatörü ikincil işlemci olduğu için mutasyon oranı çaprazlama oranından daha düşüktür. Mutasyon oranının çok düşük olması işe yarayabilecek bir çok genin gözden kaçırılmasına sebep olur. Bu oranın fazla tutulması ise yeni nesillerin ailelerine olan benzerliklerinin kaybolmasına yol açarak yeniden yapılanma işlemcisinin verimliliğini düşürür [42].

2.2.7 Durdurma

İstenilen kriterleri sağlayan bir çözüme ulaşıldığında, nesil sayısına ulaşıldığında, verilen süre veya ayrılan bütçeye ulaşıldığında, iyi sonuçların alınmadığı iterasyonlar başladığında veya bunların kombinasyonlarından oluşan durumlar sağlandığında genetik işlemler sonlandırılır.

2.2.8 GA’nın DEYD problemlerine uygulanması

DEYD problemleri Genetik Algoritma ile çözülürken izlenilecek adımlar:

Adım 1: Denklem 2.11 kullanılarak rastgele başlangıç değerleri oluşturulur:

$$P_{Gi} = P_{Gi}^{\min} + \text{rand} * (P_{Gi}^{\max} - P_{Gi}^{\min}) \quad (2.11)$$

Burada P_{Gi} ($P_{Gi}=[P_1 P_2 P_3 \dots P_N]$) ile generatör çıkış gücü $P_{Gi}^{\min}$ ile generatör minimum çıkış gücü ve $P_{Gi}^{\max}$ ile de generatör maksimum çıkış gücü ifade edilmektedir. Çarpım durumunda olan rand ifadesi ise MATLAB programında 0 ile 1 arasında değerler üreten bir komuttur. Böylelikle üretilen değerler generatör minimum ve maksimum çıkış güçleri arasında olacaktır.

Adım 2: Her bir kromozom dizini denklem 2.5’te yerine konularak iletim kaybı hesabı yapılır. Üretilen güçlerin toplamının iletim kayıpları ve talep gücü karşılayıp karşılamadığı denklem 2.4 ile kontrol edilir. Sistem kısıtlamalarını sağlayan kromozomlar istenilen sayıya ulaştığında bir sonraki aşamaya geçilir.

Adım 3: Her bir kromozom dizini denklem 2.9’da yerine konularak maliyet hesabı yapılır ve denklem 2.10 aracılığıyla uygunluk değerleri hesaplanır. En iyi uygunluk değerine sahip kromozomlar elde tutularak elitleştirme yapılır.

Adım 4: Elit olmayan bireyler arasından uygunluk değerine göre seçilen bireylere çaprazlama işlemi uygulanır.

Adım 5: Oluşan yeni popülasyondan seçilen bireylerin bir kısmı rastgele mutasyona uğratarak, bir kısmı mutasyona uğratılmadan rastgele seçilerek yeni bireyler oluşturulur.

Adım 6: Popülasyonun bir kısmından mutasyon işlemine tabi tutulmayacak bireyler üretilir.

Adım 7: Oluşturulan tüm popülasyonların uygunluk değeri hesaplanır ve durdurma kriterleri sağlanana kadar bu işlemler tekrarlanır. Durdurma kriterleri sağlandığında algoritma sonlandırılır.

Adım 8: Optimum sonuçlar çıktı alınır.

Tüm bu işlemler istenilen tüm zaman periyotlarındaki talep güçleri için ayrı ayrı tekrarlanarak DEYD problemi çözümüne gidilir.

2.3 Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO)

Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO); J. Kennedy ve R.C. Eberhart 1995 yılında kuş ve balık sürülerinin davranışlarından ilham alarak, doğrusal olmayan problemlerin çözümü için tasarladığı popülasyon tabanlı sezgisel bir yöntemdir [43].

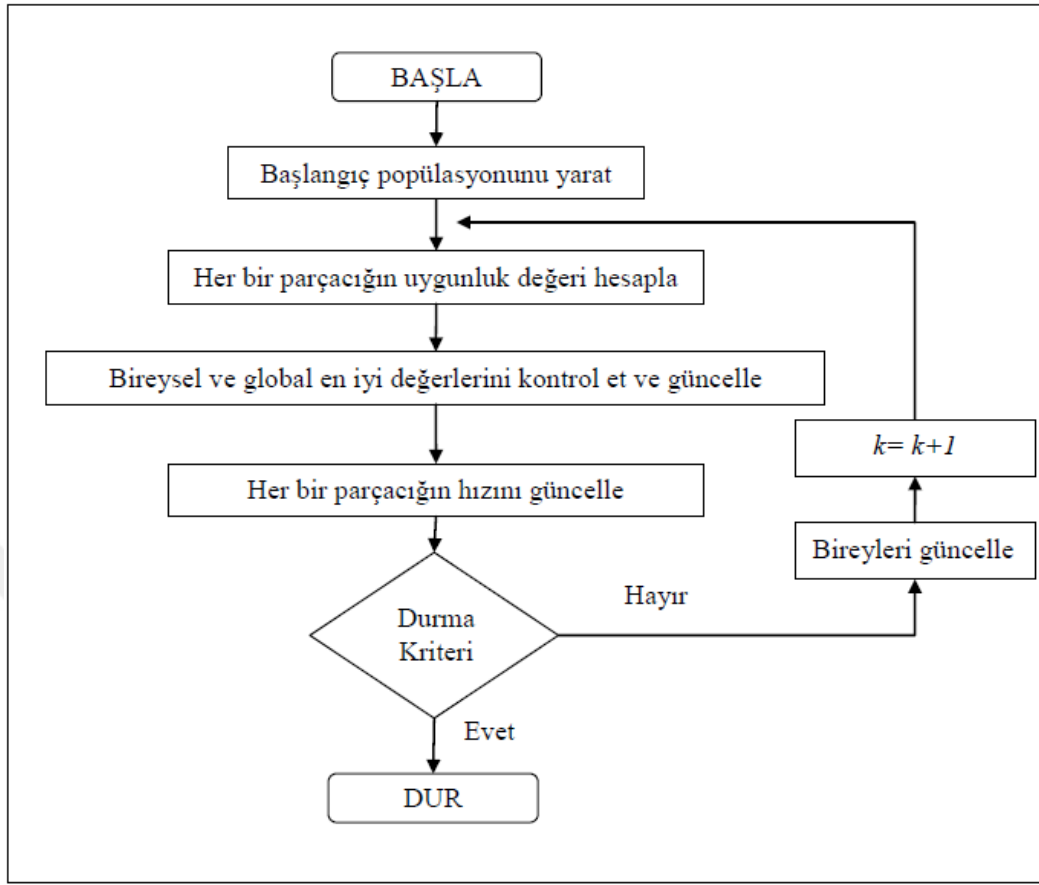
PSO en uygun bireyin hayatta kalmasından ziyade sosyal davranışlarının taklit etmesine dayanan bir evrimsel algoritma çeşididir. Diğer popülasyon tabanlı evrimsel algoritmalara benzer olarak rastgele çözüm popülasyonu ile başlatılır.

PSO yöntemi matematiksel ve diğer sezgisel optimizasyon yöntemleri ile kıyaslandığında basit içeriği, uygulanma kolaylığı ve hesaplama verimliliği açısından daha avantajlıdır [6].

2.3.1 PSO'nun çalışma prensibi

PSO'da kuşların yiyecek arama mantığıyla her birey kendi tecrübeleri ve diğer bireylerin tecrübelerinden yararlanır. Sistem (sürü) rastgele çözümler (parçacıklar) popülasyonu ile başlatılır ve nesiller güncellenerek sosyal faktörleri de kullanarak en iyileştirme araştırılır. Parçacıklar rastlantısal olarak her parçacığın hızına, kendinin ve komşularının mevcut en iyi performansına doğru yönlendirilir [44,45]. Bbbb

PSO akış diyagramı Şekil 2.4'teki gibidir [46]:



Şekil 2.4 : PSO akış diyagramı [46].

2.3.2 PSO parametreleri

PSO’da ayarlanması gereken parametreler parçacık sayısı, parçacık boyutu, V_{max} ve öğrenme faktörleri (sosyal ve kavramsal faktörler) c_1 ve c_2 parametreleridir ve aşağıda tipik değerleriyle birlikte verilmiştir [47]:

Parçacık sayısı: Genelde 20 ile 40 arasındadır. Çoğu problemin çözümünde 10 parçacık kullanmak yeterli gelmektedir; fakat daha zor veya özel problemlerin çözümünde 100- 200 parçacığa ihtiyaç duyulabilir.

Parçacık boyutu: Optimizasyonu yapılacak problem tipine göre farklılık gösterir.

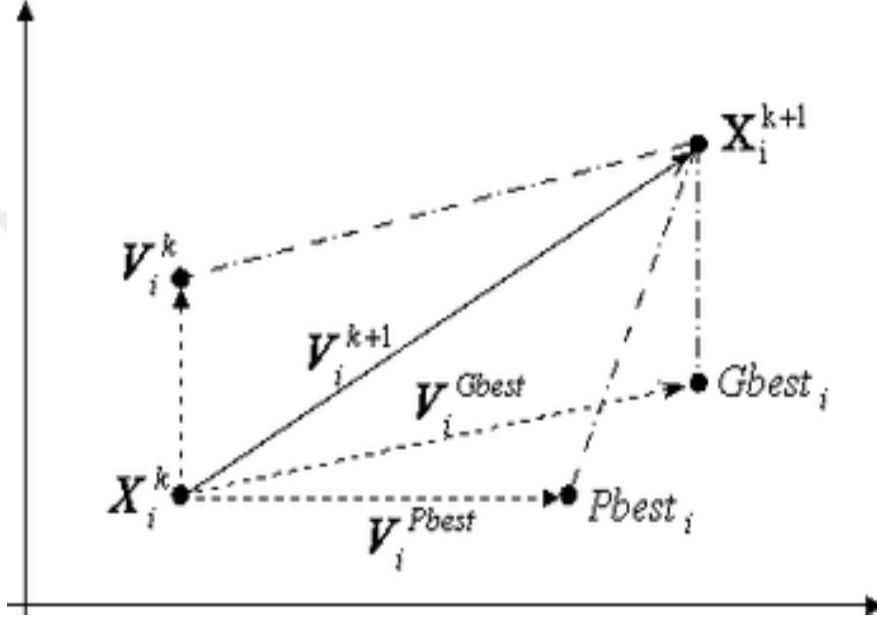
Parçacık aralığı: Optimize edilecek problem tipine göre farklı boyutlarda ve aralıklarda parçacıklar tanımlanabilir.

Vmax: Bir parçacığın bir iterasyondaki maksimum değişikliğini (hız) belirler. Genellikle parçacık aralığıyla belirlenmektedir. Örneğin X_1 parçacığı (-10,10) aralığındaki X_1 parçacığı için $V_{max}=20$ ile sınırlandırılabilir.

Öğrenme Faktörleri: Genellikle c_1 , c_2 'ye eşit ve $[0, 4]$ aralığında seçilir. c_1 ve c_2 farklı da seçilebilir; fakat genellikle birbirine eşit ve 2 olarak seçilir.

2.3.3 PSO algoritmasının formülasyonu

N-boyutlu PSO araştırma uzayı Şekil 2.5'te verilmiştir. i . Parçacığın N-boyutlu araştırma uzayında konumu ve hızı denklem 2.12 ve denklem 2.13'teki gibi ifade edilir:



Şekil 2.5 : PSO araştırma uzayı [48].

$$X_i = (x_{i1}, \dots, x_{in}) \quad (2.12)$$

$$V_i = (v_{i1}, \dots, v_{in}) \quad (2.13)$$

Bir parçacık tarafından elde edilen en iyi konum denklem 2.14'teki gibi ifade edilir:

$$Pbest_i = (x_{i1}^{best}, \dots, x_{in}^{best}) \quad (2.14)$$

Popülasyon içindeki parçacıklar içerisinde en iyi konuma sahip olanı ise denklem 2.15'teki gibi ifade edilir:

$$Gbest_i = (x_{i1}^{best}, \dots, x_{in}^{best}) \quad (2.15)$$

Her bir parçacığın $(k+1)$ adım sonra güncellenen hızı ve konumu denklem 2.16'daki gibi formüle edilir:

$$X_i^{(k+1)} = X_i^k + V_i^{(k+1)} \quad (2.16)$$

(k+1). iterasyondaki i. bireyin hızı denklem 2.17'deki gibi hesaplanır:

$$V_i^{(k+1)} = \omega V_i^k + c_1 \text{rand}_1 x (Pbest_i^k - X_i^k) + c_2 \text{rand}_2 x (Gbest_i^k - X_i^k) \quad (2.17)$$

Yukarıdaki denklemlerde k ile iterasyon sayısı, V_i^k ile k. İterasyondaki i. bireyin hızı, X_i^k ile k iterasyonundaki i. bireyin konumu, c_1 and c_2 ile sosyal ve kavramsal faktörler, ω ile ağırlık parametresi ifade edilmiştir. Denklem 2.17'deki rand1 ve rand2 ise 0 ile 1 arasında rastgele değerlerdir.

ω ağırlık parametresi denklem 2.18'deki gibi hesaplanır:

$$\omega(k) = \omega_{\max} - \left(\frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\text{Max.Iter.}} \right) x k \quad (2.18)$$

Buradaki Max.Iter ve k birbirinden farklı olarak sırasıyla maksimum iterasyon sayısını ve mevcut iterasyon sayısını göstermektedir. Maksimum hız denklem 2.19 ile hesaplanır:

$$v^{\max} = (x^{\max} - x^{\min})/N \quad (2.19)$$

2.3.4 Durdurma

Belirlenen maksimum iterasyon sayısına ulaşılması durumunda veya amaç fonksiyonu beklenen seviyeye ulaştığında PSO algoritması durdurulabilir.

2.3.5 PSO algoritmasının DEYD problemlerine uygulanması

EYD problemine PSO algoritmasını uygulanırken izlenecek adımlar aşağıdaki gibidir:

Adım 1: Parçacıklar (bireyler) denklem 2.11 kullanılarak rastgele üretilir.

Adım 2: Her bir parçacık denklem 2.5'te yerine konularak iletim kaybı hesabı yapılır. Üretilen güçlerin toplamının iletim kayıpları ve talep gücü karşılayıp karşılamadığı denklem 2.4 ile kontrol edilir ve maliyet hesabı yapılır. Sistem kısıtlamalarını sağlayan parçacıklar istenilen sayıya ulaştığında bir sonraki aşamaya geçilir.

Adım 3: Her bir parçacık için kavramsal ve sosyal faktörler belirlenir. Bu çalışmada kavramsal ve sosyal faktörler $c_1 = c_2 = 2$ olarak alınmıştır.

Adım 4: Her bir parçacık için minimum ve maksimum ağırlık parametreleri belirlenir. Bu çalışma için belirtilen değerler sabit olup $w_{\min}=0.1$ ve $w_{\max}=0.9$

olarak alınmıştır. Ağırlık parametresi her bir iterasyon adımında denklem 2.18 kullanılarak hesaplanmaktadır.

Adım 5: Parçacıkların ilk hızı ve konumları denklem 2.16 ve denklem 2.19 kullanılarak belirlenir.

Adım 6: Her bir parçacık için bireysel en iyi uygunluk değeri bulunur. Bu hesaplamalardan sonra bireysel en iyi değerlere sahip parçacıklar arasından en optimal olan değer, global en iyi olarak kaydedilir.

Adım 7: Denklem 2.17 kullanılarak parçacığın hızı her iterasyon adımı için güncellenir ve yeni araştırma konumları elde edilir.

Adım 8: İterasyon sayısı maksimum limite ulaştığında algoritma durdurulur..

Adım 9: Bulunan optimum çözüm sonuçları çıktı alınır.

2.4 Tabu Araştırma Algoritması (TAA)

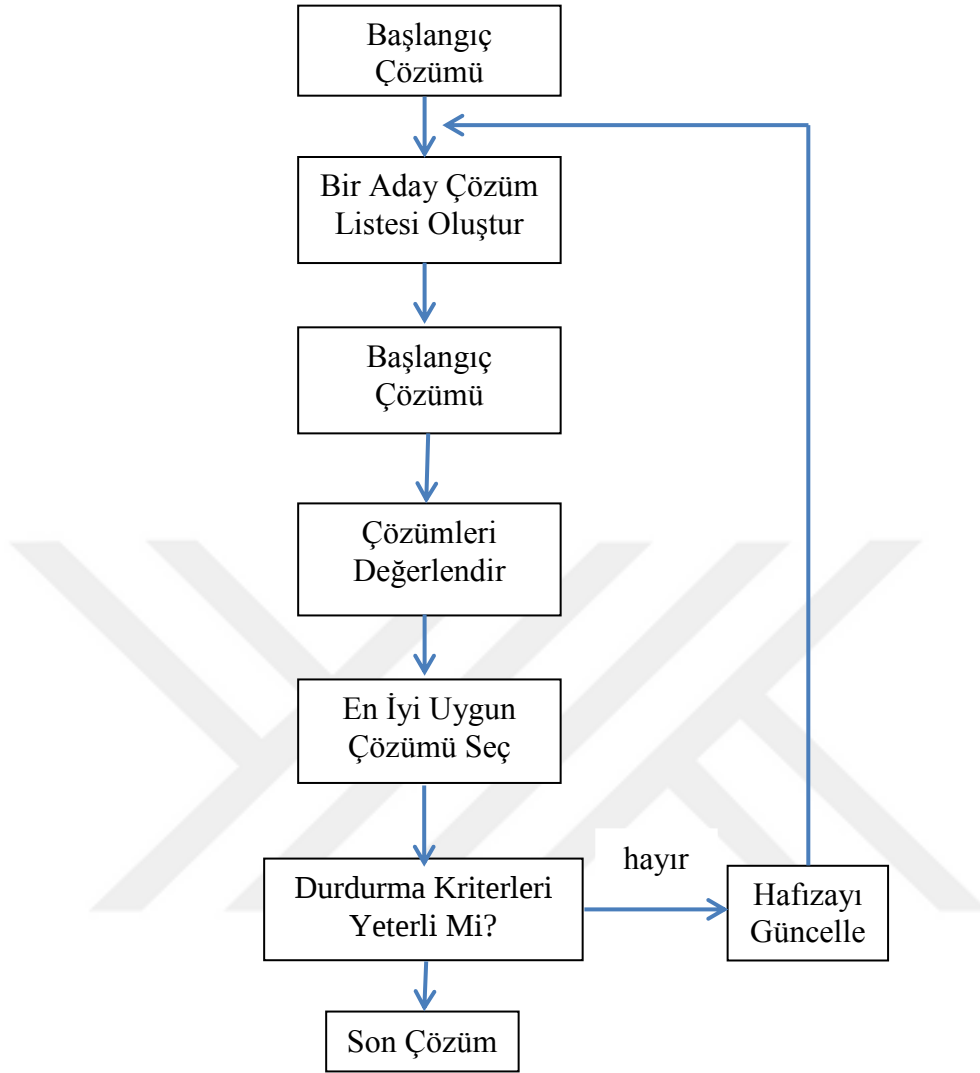
Tabu Araştırma Algoritması, optimizasyon problemlerinin çözümü için F. Glover tarafından 1986 yılında geliştirilmiş iteratif bir araştırma algoritmasıdır. TAA'da temel yaklaşım, son çözüme götüren adımın dairesel hareketler yapmasını önlemek amacıyla bir sonraki döngüde tekrarın yasaklanması veya cezalandırılmasıdır. Böylece en iyi çözümün daha ilerisinde bulunan çözümler araştırılmaktadır [49].

2.4.1 TAA'nın çalışma prensibi

Tabu Araştırma Algoritması'nda tabu listesi olarak oluşturulan ilk aday çözüm ve değişken komşu çözüm sayısı, bir tür tabulaştırma görevi yapmaktadır. Kötü sonuç veren bölgelerde daha fazla işlem yapılmaması nedeniyle istenen çözüme daha az hesaplamayla ve dolayısıyla daha hızlı ulaşılmaktadır. İyi sonuç veren parametrelerin bir sonraki iterasyonda komşu sayıları artmakta, böylece algoritmanın verimliliği de artırılmış olmaktadır [50].

TAA rastgele üretilen bir çözümle çalışmaya başlatılır ve tabu listesi oluşturulur. Yeni çözümler oluşturulurken eğer elde edilen çözüm tabu listesindeki çözümlerden daha iyi ise elde edilen çözüm tabu listesine eklenebilir. Eğer yeni çözümler listedeki çözümlerden daha kötüyse tabu listesine eklenmeyecek ve her hangi bir hafızayı meşgul etmeyecektir. En iyi çözüm bulunana kadar bu işlemler mevcut döngü ile devam edecektir [51].

TAA akış diyagramı şekil 2.6'daki gibidir [49]:



Şekil 2.6 : TAA akış diyagramı [49].

2.4.2 TAA parametreleri

2.4.2.1 Komşuluk

Komşuluk yapısı TAA'daki en önemli bileşenlerden birisidir. Çözümü iyileştirmek maksadıyla amaç fonksiyonun değeri açısından en iyi hareketlerin seçilmesi komşuluk olarak adlandırılır. Optimize edilecek n boyutlu probleme TAA yöntemi uygulanırken, komşulukların oluşturulmasında seçilen komşuluk üretme yapısına göre $(n-1)$ tane komşuluk üretilir.

2.4.2.2 Hafıza

Tabu Araştırma Algoritması'nın temel elemanlarından biri de hafızadır. Arama boyunca ortaya çıkan durumlar H hafızasında tutulur. Yapılmasına izin verilmeyen

hareketler ‘tabu’ olarak adlandırılarak esnek hafıza içinde ‘tabu listesi’ adıyla kaydedilirler. Bu hareketler belli bir süre sonra tabu listesinden çıkarılır ve yapılmasına izin verilir.

2.4.2.3 Tabu listesi

Tabu listesi, araştırmanın herhangi bir iterasyonu içinde hangi seçimlerin tabu grubu olmak zorunda olduğuyla ve tabu listesini güncellemekle ilgilenir. Tabu listesinin boyutu, sonucu önemli derecede etkileyebilir. Deneysel sonuçlar problemin boyutu büyüdükçe problem boyutuyla orantılı olarak tabu listesi uzunluğunun da büyümesi gerektiğini göstermiştir [49].

Tabu listesi, mevcut tabu listesi ve aday komşu çözümleri karşılaştırıldıktan sonra bir sıralama ve karşılaştırma işlemi yaparak kendisini yenileyebilme özelliğine sahiptir. Önceki döngülerde elde edilen çözümler bir tabu listesi oluşturularak saklanır. Bir komşu çözüm adayının tabu listesinde yer alan bir çözümle aynı olması aday çözümün daha önce denenmiş olması anlamına gelir ve bu çözüm değerlendirmeye alınmaz. Her döngüdeki en iyi çözüm listeye alınarak tabu listesi oluşturulur. Tabu listesinin dolması durumunda listeye kaydedilen ilk çözümler listeden atılır ve son döngülerde ulaşılan çözümler listeye dahil edilir [50].

Tabu listesi, ilk en iyi çözüm kümesinin oluşturularak hafızaya alınması yöntemiyle oluşturulur. Tabu listesi oluşturmanın önemli kurallarından biri de giriş değerlerinin çeşitli filtreleme işlemlerinden geçirilerek oluşturulmasıdır [51].

2.4.2.4 Tabu yıkma kriterleri

Tabunun ortadan kalkabileceği durumlar tabu yıkma kriterleri olarak ifade edilirler. En genel tabu yıkma kriteri, mevcut durumdan daha iyi bir sonuç verecek tabu hareketinin yapılmasına izin verilmesidir. Bu kriter kullanılarak TAA’nın etkinliği artırılmaktadır. Bunun yanı sıra tüm mümkün hareketlerin tabu olması durumunda bu hareketlerden tabu süresinin bitmesine en yakın olanına izin verilir [49].

2.4.3 Durdurma

En iyi çözüme son erişildiğinden beri gerçekleştirilen tekrarlamaların sayısı önceden belirlenen değeri geçtiğinde veya maksimum iterasyon sayısına ulaştığında Tabu Araştırma Algoritması durdurulur [52].

2.4.4 TAA'nın DEYD problemlerine uygulanması

Tabu Araştırma Algoritması'nın dinamik ekonomik yük dağıtım problemlerine uygulanma adımları aşağıdaki gibidir:

Adım 1: Yük dağıtım denklemleri göz önüne alınarak generatör çıkış güçleri mevcut maksimum ve minimum çıkış güçleri aralığında kalacak şekilde rastgele atanır.

Adım 2: EYD formülasyonundaki denklemleri sağlayan ilk çözüm tabu listesi olarak atanır. Daha sonra komşulara ait çözümler bulunurken de EYD eşitlikleri sağlanmalıdır. Yani bütün bulunan aday çözümler için güç eşitlik denklemi (talep güç + kayıp güç = üretilen güçler toplamı) sağlanmalı ve generatör çıkış güçleri minimum ve maksimum çıkış gücü değerleri arasında olmalıdır.

Adım 3: Mevcut tabu listesine dokunmadan belirlenen sınırlar içerisinde tekrar generatör çıkış değerleri seçilerek komşu çözümler üretilir.

Adım 4: Komşu çözümlerin en iyilerini tabu listesine ekleyerek yeni tabu listesi oluşturulur. Komşu çözümlerin tabu listesinde zaten mevcut olması durumunda veya tabu listesindeki çözümlerden daha kötü olması durumunda tabu listesine alınmaz ve komşu çözüm olarak kalmaya devam eder.

Adım 5: En iyi çözüm elde edildiğinde veya maksimum iterasyona ulaşıldığında algoritma durdurulur.

Adım 6: Optimum sonuçlar çıktı alınır.



3. ÖRNEK ÇALIŞMA SİSTEMLERİ

Yapılan çalışmada üretim sistemleri olarak; 3 üniteli test sistemi, 5 üniteli test sistemi ve 10 üniteli test sistemleri kullanılmıştır.

3.1 3 Üniteli Test Sistemi

3 üniteli test sistemi için generatör üretim limitleri ve maliyet katsayıları Çizelge 3.1’de, B kayıp katsayıları Çizelge 3.2’de verilmiştir. 3 üniteli test sistemi için seçilen 3 farklı talep güç değerleri ise Çizelge 3.3’te verilmiştir.

Çizelge 3.1 : 3 üniteli test sisteminin generatör üretim limitleri ve maliyet katsayıları [53].

Ünite	a [\$/(MW ²)h]	b [\$/(MW)h]	c [\$/h]	Pmin [MW]	Pmax [MW]
1	0,00156	7,92	561	150	600
2	0,00194	7,85	310	100	400
3	0,00482	7,97	78	50	200

Çizelge 3.2 : 3 üniteli test sisteminin B kayıp katsayıları [53].

0,00003	0,00009	0,00012
---------	---------	---------

Çizelge 3.3 : 3 üniteli test sisteminin talep güçleri [53].

PD_1 [MW]	PD_2 [MW]	PD_3 [MW]
340	850	1150

3 üniteli sistemi için iletim kayıpları hesabı yapılırken denklem 2.20 kullanılmıştır:

$$P_l = \sum_{i=1}^n B_i P_i^2 \text{ [MW]} \quad (2.20)$$

3.2 5 Üniteli Test Sistemi

5 üniteli test sistemi için generatör üretim limitleri ve maliyet katsayıları Çizelge 3.4’te, B kayıp katsayıları Çizelge 3.5’te verilmiştir. 5 üniteli test sisteminin 24 saatlik talep güç değerleri ise Çizelge 3.6’da verilmiştir.

Çizelge 3.4 : 5 üniteli test sisteminin generatör üretim limitleri ve maliyet katsayıları [54].

Ünite	a [\$/(MW ²)h]	b [\$/(MW)h]	c [\$/h]	e [\$/h]	f [rad/MW]	Pmin [MW]	Pmax [MW]
1	0,0080	2,0	25	100	0,042	10	75
2	0,0030	1,8	60	140	0,040	20	125
3	0,0012	2,1	100	160	0,038	30	175
4	0,0010	2,0	120	180	0,037	40	250
5	0,0015	1,8	40	200	0,035	50	300

Çizelge 3.5 : 5 üniteli test sisteminin B kayıp katsayıları [54].

0,000049	0,000014	0,000015	0,000015	0,000020
0,000014	0,000045	0,000016	0,000020	0,000018
0,000015	0,000016	0,000039	0,000010	0,000012
0,000015	0,000020	0,000010	0,000040	0,000014
0,000020	0,000018	0,000012	0,000014	0,000035

Çizelge 3.6 : 5 üniteli test sisteminin 24 saatlik talep güçleri [54].

Saat	Pd [MW]	Saat	Pd [MW]
1	410	13	704
2	435	14	690
3	475	15	654
4	530	16	580
5	558	17	558
6	608	18	608
7	626	19	654
8	654	20	704
9	690	21	680
10	704	22	605
11	720	23	527
12	740	24	463

3.3 10 Üniteli Test Sistemi

10 üniteli test sistemi için generatör üretim limitleri ve maliyet katsayıları Çizelge 3.7’de, B kayıp katsayıları Çizelge 3.8’de verilmiştir. 10 üniteli test sisteminin 24 saatlik talep gücü değerleri ise Çizelge 3.9’da verilmiştir.

Çizelge 3.7 : 10 üniteli test sisteminin generatör üretim limitleri ve maliyet katsayıları [54].

Ünite	a [\$/(MW ²)h]	b [\$/(MW)h]	c [\$/h]	e [\$/h]	f [rad/MW]	Pmin [MW]	Pmax [MW]
1	0,00043	21,60	958,20	450	0,041	150	470
2	0,00063	21,05	1313,60	600	0,036	135	460
3	0,00039	20,81	604,97	320	0,028	73	340
4	0,00070	23,90	471,60	260	0,052	60	300
5	0,00079	21,62	480,29	280	0,063	73	243
6	0,00056	17,87	601,75	310	0,048	57	160
7	0,00211	16,51	502,70	300	0,086	20	130
8	0,00480	23,23	639,40	340	0,082	47	120
9	0,10908	19,58	455,60	270	0,098	20	80
10	0,00951	22,54	692,40	380	0,094	55	55

Çizelge 3.8 : 10 üniteli test sisteminin B kayıp katsayıları [54].

x10 ⁻⁵									
8,70	0,43	-4,61	0,36	0,32	-0,66	0,96	-1,60	0,80	-0,10
0,43	8,30	-0,97	0,22	0,75	-0,28	5,04	1,70	0,54	7,20
-4,61	-0,97	9,00	-2,00	0,63	3,00	1,70	-4,30	3,10	-2,00
0,36	0,22	-2,00	5,30	0,47	2,62	-1,96	2,10	0,67	1,80
0,32	0,75	0,63	0,47	8,60	-0,80	0,37	0,72	-0,90	0,69
-0,66	-0,28	3,00	2,62	-0,80	11,80	-4,90	0,30	3,00	-3,00
0,96	5,04	1,70	-1,96	0,37	-4,90	8,24	-0,90	5,90	-0,60
-1,60	1,70	-4,30	2,10	0,72	0,30	-0,90	1,20	-0,96	0,56
0,80	0,54	3,10	0,67	-0,90	3,00	5,90	-0,96	0,93	-0,30
-0,10	7,20	-2,00	1,80	0,69	-3,00	-0,60	0,56	-0,30	0,99

Çizelge 3.9 : 10 üniteli test sisteminin 24 saatlik talep güçleri [54].

Saat	Pd [MW]	Saat	Pd [MW]
1	1036	13	2072
2	1110	14	1924
3	1258	15	1776
4	1406	16	1554
5	1480	17	1480
6	1628	18	1628
7	1702	19	1776
8	1776	20	2072
9	1924	21	1924
10	2072	22	1628
11	2146	23	1332
12	2220	24	1184

5 üniteli test sistemi ve 10 üniteli test sistemi için B-kayıp katsayıları kare matris olarak verildiğinden iletim kayıplarının denklem 2.5 ve denklem 2.6 ile hesaplanması uygundur. 3 üniteli test sisteminde ise B-kayıp katsayıları vektör şeklinde verildiğinden bu denklemlerde yerine konulması mümkün değildir ve bu denklemler yerine denklem 2.20 kullanılarak iletim kayıpları hesaplanmıştır. Ayrıca 3 üniteli test sistemi için valf-nokta etkisi katsayıları mevcut olmadığından, yük dağıtımı yapılırken valf-nokta etkisi dikkate alınamamıştır.



4. ALGORİTMALARIN TEST SİSTEMLERİNE UYGULANMASI

4.1 Algoritmalarda Kullanılan Parametreler

GA'da ihtiyaç duyulan popülasyon büyüklüğü, iterasyon sayısı, en iyi kromozom, çaprazlama oranı, mutasyon oranı değerleri en uygun olacak şekilde belirlenmiştir. GA için belirlenen bu parametreler ve deneme sayısı Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 : GA parametreleri.

Test Sistemi	Popülasyon Büyüklüğü	İterasyon Sayısı	En İyi Kromozom	Çaprazlama Oranı	Mutasyon Oranı	Deneme Sayısı
3 Üniteli	50	100	5	0.6	0.05	20
5 Üniteli	50	150	5	0.6	0.05	20
10 Üniteli	50	150	5	0.6	0.05	20

PSO'da ihtiyaç duyulan parçacık sayısı, iterasyon sayısı w_{min} ve w_{max} , mesafe, c_1 ve c_2 değerleri en uygun olacak şekilde belirlenmiştir. PSO için belirlenen bu parametreler ve deneme sayısı Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2 : PSO parametreleri.

Test Sistemi	Parçacık Sayısı	İterasyon Sayısı	w_{min} ve w_{max}	Mesafe	c_1 ve c_2	Deneme Sayısı
3 Üniteli	50	100	0.1 , 0.9	15	2	20
5 Üniteli	80	150	0.1 , 0.9	15	2	20
10 Üniteli	250	1000	0.1 , 0.9	15	2	20

TAA'da ihtiyaç duyulan ve test sistemlerinin büyüklüğüne göre değişen iterasyon sayıları ve tabu listesi boyutu en uygun olacak şekilde seçilmiştir. TAA için seçilen bu değerler ve deneme sayısı Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3 : TAA parametreleri.

Test Sistemi	İterasyon sayısı	Tabu Listesi Boyutu	Deneme Sayısı
3 Üniteli	150	5	20
5 Üniteli	150	10	20
10 üniteli	200	20	20

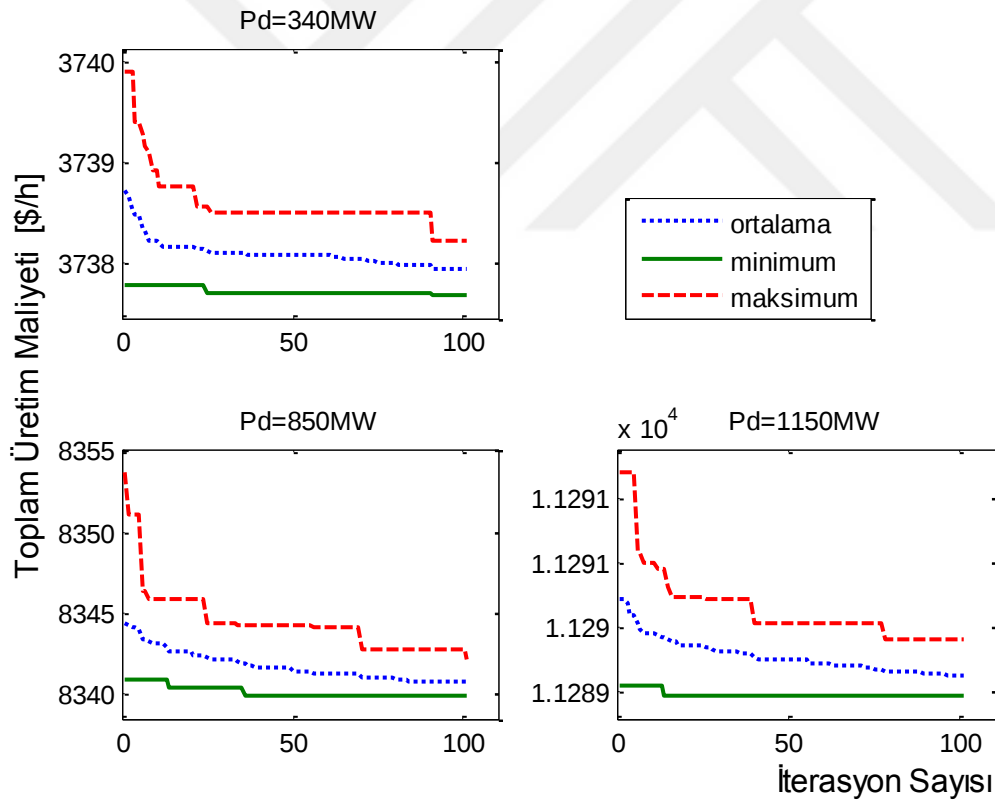
4.2 Simülasyon Sonuçları

4.2.1 3 Üniteli test sistemi için GA, PSO ve TAA sonuçları

3 üniteli test sistemi üzerinde DEYD problemi çözümü için GA metoduyla hesaplanan generatör ünitelerinin optimal çıkış güçlerinin ve generatör ünitelerinin saatlik toplam yakıt maliyetlerinin 20 deneme sonundaki minimum değerleri ve kayıp güçler Çizelge 4.4'te gösterilmiştir. 3 üniteli test sisteminde GA ile elde edilen minimum, maksimum ve 20 deneme sonucu elde edilen ortalama yakıt maliyet eğrileri Şekil 4.1'deki gibidir.

Çizelge 4.4 : 3 üniteli test sistemi GA sonuçları.

Pd [MW]	P1 [MW]	P2 [MW]	P3 [MW]	Pl [MW]	F [\$ /h]
340	167,2378	124,7973	50,0128	2,5409	3737,6849
850	435,5258	304,4312	125,4768	15,9209	8339,7890
1150	599,2447	399,8680	179,4164	29,0262	11289,4705



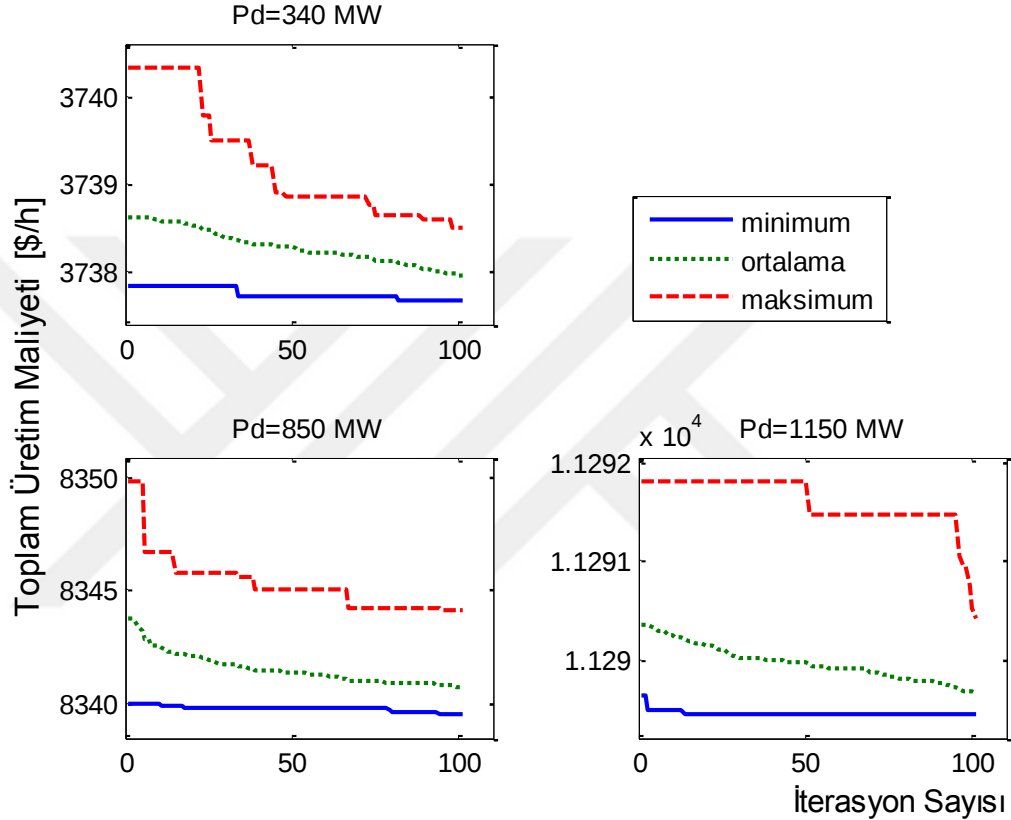
Şekil 4.1 : 3 üniteli test sistemi GA simülasyon sonuçları.

3 üniteli test sistemi üzerinde DEYD problemi çözümü için PSO metoduyla hesaplanan generatör ünitelerinin optimal çıkış güçlerinin ve generatör ünitelerinin saatlik toplam yakıt maliyetlerinin 20 deneme sonundaki minimum değerleri ve kayıp güçler Çizelge 4.5'te gösterilmiştir. 3 üniteli test sisteminde PSO ile elde

edilen minimum, maksimum ve 20 deneme sonucu elde edilen ortalama yakıt maliyet eğrileri Şekil 4.2'deki gibidir.

Çizelge 4.5 : 3 üniteli test sistemi PSO sonuçları.

Pd [MW]	P1 [MW]	P2 [MW]	P3 [MW]	Pl [MW]	F [\$ /h]
340	166,6967	125,3546	50,0000	2,5479	3737,6551
850	437,4322	298,3701	129,4650	15,7640	8339,5027
1150	598,3985	400,0000	180,1387	29,0364	11289,4361

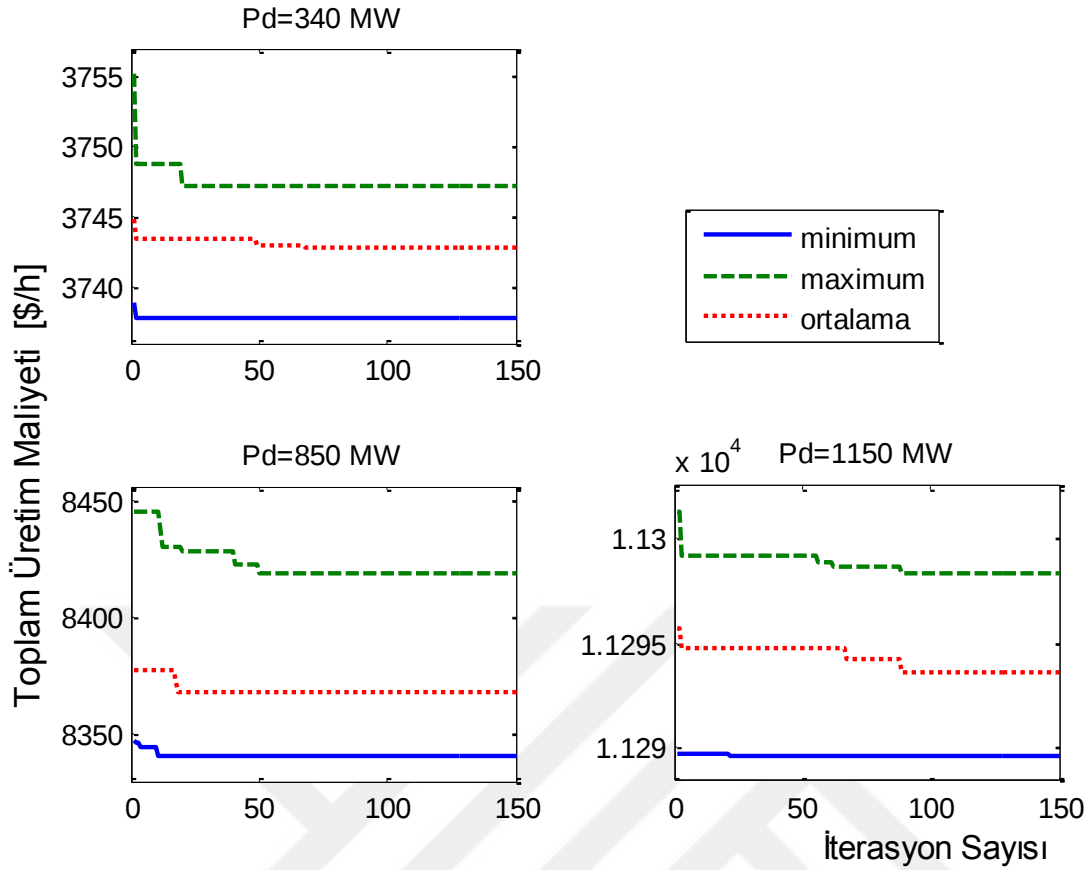


Şekil 4.2 : 3 üniteli test sistemi PSO simülasyon sonuçları.

3 üniteli test sistemi üzerinde DEYD problemi çözümü için TAA metoduyla hesaplanan generatör ünitelerinin optimal çıkış güçlerinin ve generatör ünitelerinin saatlik toplam yakıt maliyetlerinin 20 deneme sonundaki minimum değerleri ve kayıp güçler Çizelge 4.6'da gösterilmiştir. 3 üniteli test sisteminde TAA ile elde edilen minimum, maksimum ve 20 deneme sonucu elde edilen ortalama yakıt maliyet eğrileri Şekil 4.3'teki gibidir.

Çizelge 4.6 : 3 üniteli test sistemi TAA sonuçları.

Pd [MW]	P1 [MW]	P2 [MW]	P3 [MW]	Pl [MW]	F [\$ /h]
340	163,3866	126,4615	52,2245	2,56750	3737,7893
850	439,6430	295,9389	129,6950	15,6993	8340,2691
1150	599,7895	397,6323	181,0407	28,9555	11289,5624



Şekil 4.3 : 3 üniteli test sistemi TAA simülasyon sonuçları.

3 üniteli test sistemi üzerinde GA, PSO ve TAA metotlarıyla DEYD problemi çözümlemesi sonucu bulunan Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'teki yakıt maliyet eğrilerine bakıldığında maksimum yakıt maliyet eğrisinin ve minimum yakıt maliyet eğrisinin talep edilen güç değerleri ve optimizasyon metotları için kaçınıcı iterasyonda yakınsadığı Çizelge 4.7'de görüldüğü gibidir.

Çizelge 4.7 : 3 üniteli test sistemi maliyet eğrilerinin farklı talep güçleri ve çözüm metotlarındaki yakınsama iterasyon sayıları.

Pd [MW]	Metot	Minimum Eğri İçin Yakınsama İterasyonu	Maksimum Eğri İçin Yakınsama İterasyonu
340	GA	90	90
	PSO	80	95
	TAA	5	20
850	GA	35	95
	PSO	90	65
	TAA	10	50
1150	GA	15	80
	PSO	15	98
	TAA	20	90

4.2.2 5 üniteli test sistemi GA sonuçları

5 üniteli test sistemi üzerinde GA metoduyla DEYD problemi çözümlemesi sonucu bulunan maksimum yakıt maliyet eğrisinin ve minimum yakıt maliyet eğrisinin, talep edilen güç değerleri için kaçınıcı iterasyonda yakınsadığı Çizelge 4.8’de görüldüğü gibidir. 5 üniteli test sistemi üzerinde DEYD problemi çözümü için GA metoduyla hesaplanan generatör ünitelerinin optimal çıkış güçlerinin ve generatör ünitelerinin saatlik toplam yakıt maliyetlerinin 20 deneme sonundaki minimum değerleri ve kayıp güçler Çizelge 4.9’da gösterilmiştir. 5 üniteli test sistemi için GA metoduyla bulunan 24 saatlik toplam minimum yakıt maliyeti 41.346,5997 \$/gün olarak bulunmuştur.

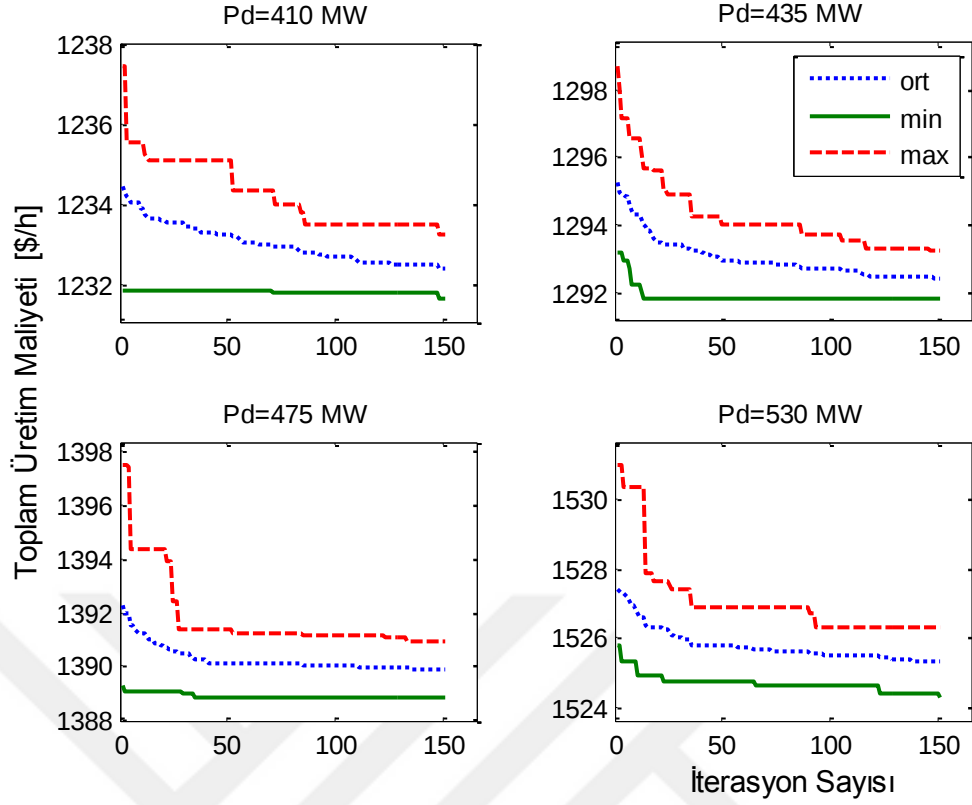
5 üniteli test sisteminde GA ile elde edilen minimum, maksimum ve 20 deneme sonucu elde edilen ortalama yakıt maliyet eğrileri Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’daki gibidir.

Çizelge 4.8 : 5 üniteli test sistemi yakıt maliyet eğrilerinin farklı talep güçlerindeki GA metodu için yakınsama iterasyon sayıları.

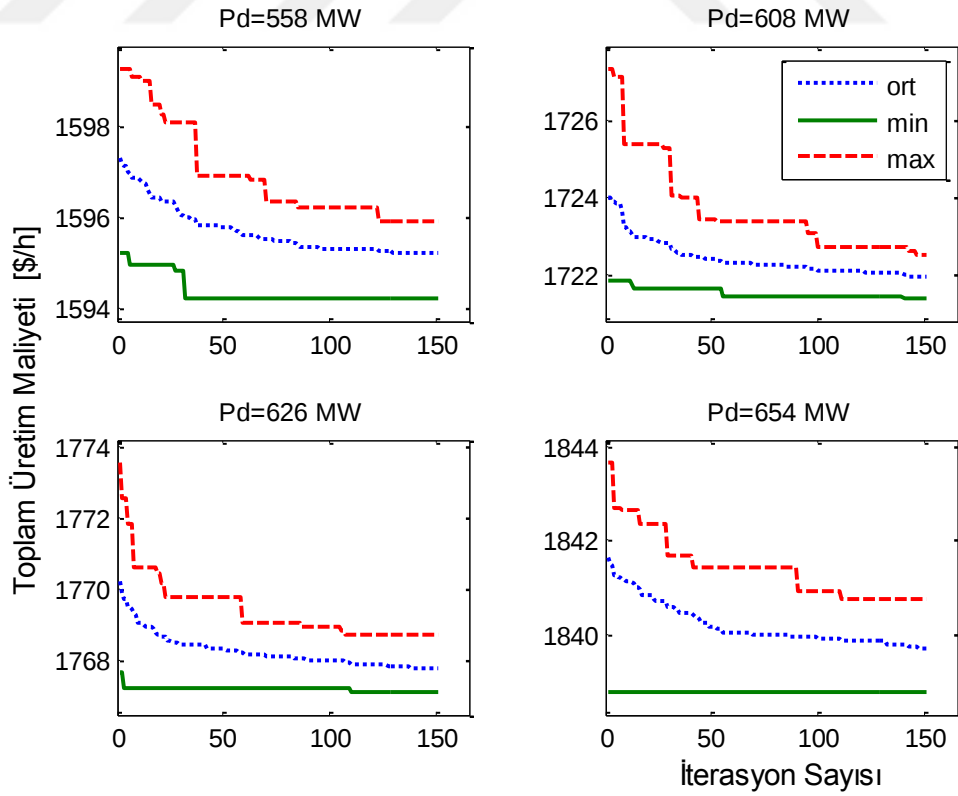
Saat	Pd [MW]	Minimum Eğri İçin Yakınsama İterasyonu	Maksimum Eğri İçin Yakınsama İterasyonu
1	410	145	145
2	435	15	65
3	475	35	130
4	530	125	95
5	558	30	125
6	608	55	140
7	626	110	105
8	654	1	105
9	690	95	140
10	704	25	110
11	720	110	125
12	740	120	130
13	704	75	125
14	690	40	140
15	654	80	30
16	580	15	80
17	558	5	75
18	608	135	120
19	654	25	130
20	704	100	140
21	680	20	145
22	605	1	130
23	527	98	120
24	463	1	125

Çizelge 4.9 : 5 üniteli test sistemi GA sonuçları.

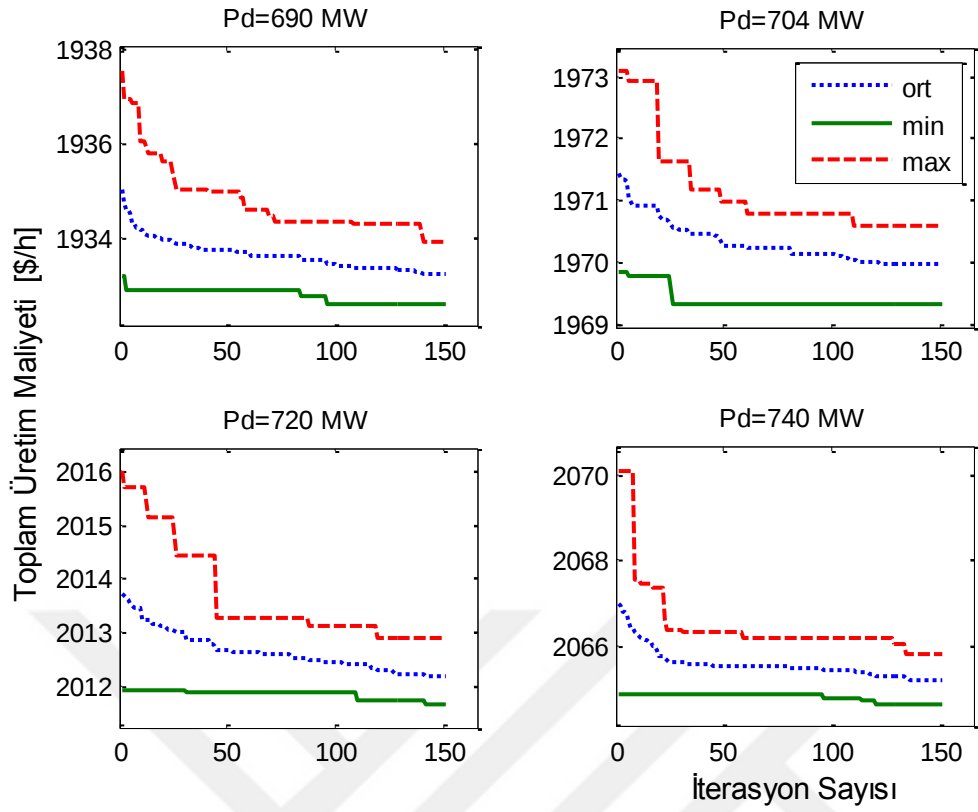
Saat	Pd [MW]	P1 [MW]	P2 [MW]	P3 [MW]	P4 [MW]	P5 [MW]	Pl [MW]	F [\$ /h]
1	410	21,0790	74,2265	53,5858	111,6667	152,5780	3,6317	1231,6534
2	435	13,6167	76,0238	71,4185	124,5053	153,1093	4,0465	1291,8112
3	475	23,5757	71,9466	79,2647	138,8513	165,6527	4,7852	1388,8428
4	530	25,5659	86,6974	96,0258	165,2549	161,9673	5,9536	1524,2692
5	558	27,0082	94,3032	97,0834	170,3523	175,4458	6,6268	1594,2280
6	608	31,0135	87,3918	115,4750	176,0628	205,3638	7,8014	1721,4159
7	626	25,8400	97,7683	125,8525	181,3883	203,0848	8,2783	1767,0840
8	654	29,8496	98,2770	138,8486	194,2599	201,2880	8,9960	1838,7691
9	690	31,1524	111,0391	152,3288	206,4393	198,5869	10,0268	1932,6181
10	704	26,1255	105,4492	146,9276	217,9684	217,5324	10,4990	1969,3152
11	720	32,3649	110,3924	148,9884	218,8741	219,9783	10,9712	2011,6461
12	740	30,5591	114,3351	147,4508	233,5587	225,2759	11,6568	2064,6190
13	704	33,2092	110,9341	155,2234	206,6592	207,9054	10,4260	1969,2701
14	690	31,5949	107,8450	132,2108	217,9601	210,0457	10,1279	1932,6586
15	654	26,3352	96,8299	136,3788	193,3860	209,5940	9,0181	1838,9385
16	580	18,8295	92,0046	117,6475	178,3055	179,9561	7,1192	1649,9611
17	558	21,5704	94,4647	109,0226	159,3095	179,7261	6,5815	1594,0302
18	608	22,4020	106,1213	112,1605	184,1998	190,5249	7,8855	1720,8992
19	654	27,2126	107,5009	129,5504	195,9372	202,3951	9,0670	1838,7905
20	704	32,1370	105,9244	158,5533	217,7144	199,6051	10,4288	1969,3748
21	680	32,1424	102,8190	148,5174	212,7362	193,1556	9,7414	1906,8489
22	605	26,1103	95,2508	116,9036	182,8399	191,2425	7,7480	1713,0124
23	527	23,4210	90,6970	104,7473	149,0652	164,5309	5,8478	1516,8781
24	463	27,5109	81,8695	72,6524	126,2858	158,7435	4,5598	1359,6655



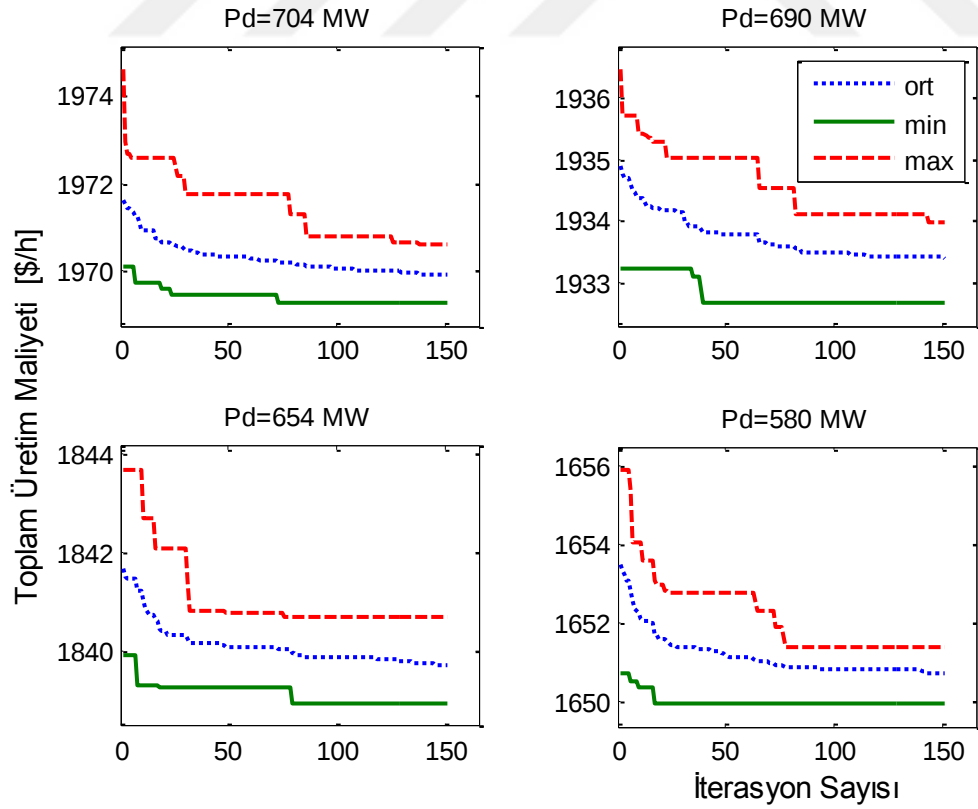
Şekil 4.4 : 5 üniteli test sisteminde 1., 2., 3. ve 4. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları.



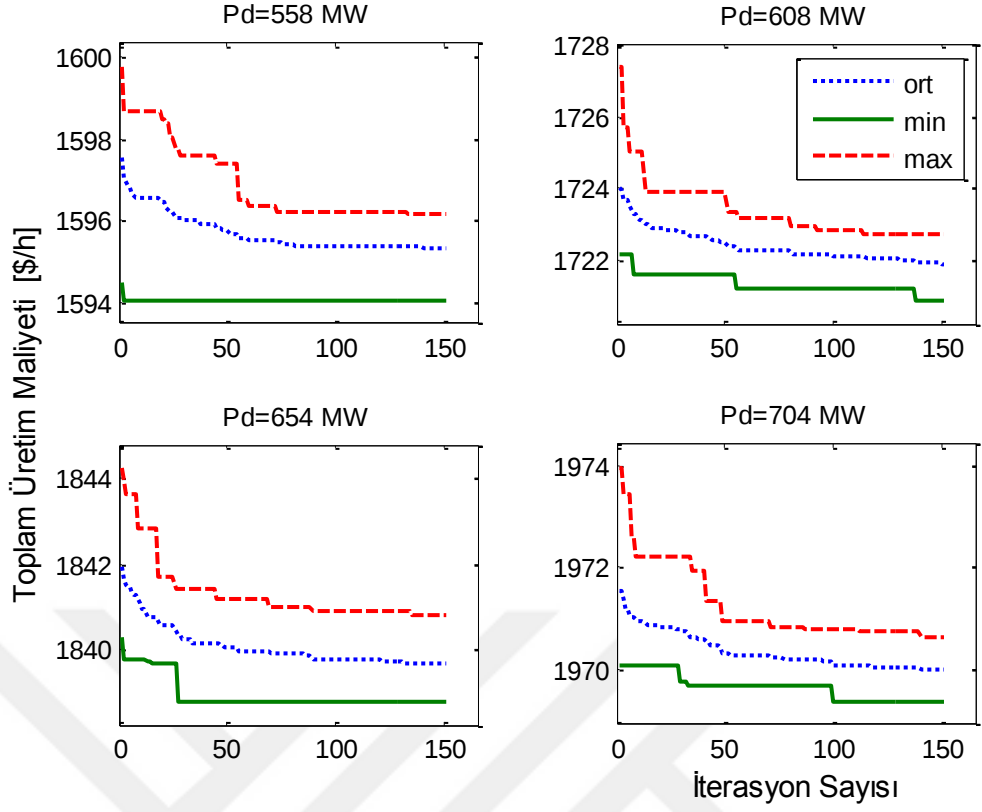
Şekil 4.5 : 5 üniteli test sisteminde 5., 6., 7. ve 8. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları.



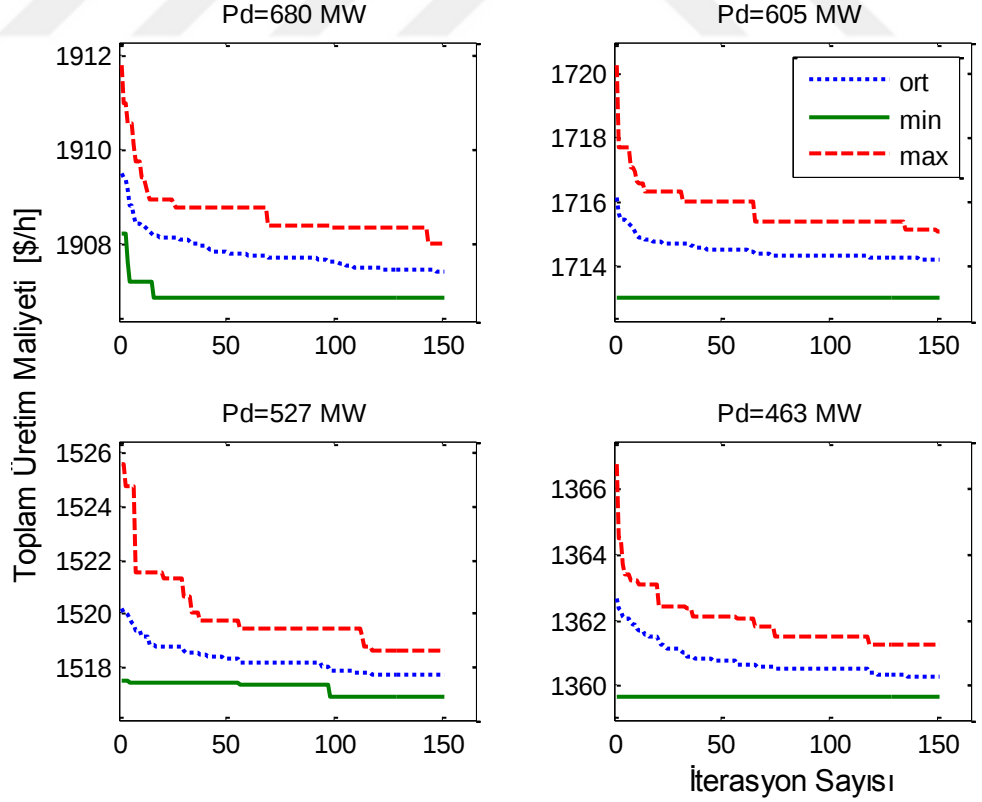
Şekil 4.6 : 5 üniteli test sisteminde 9., 10., 11. ve 12. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları.



Şekil 4.7 : 5 üniteli test sisteminde 13., 14., 15. ve 16. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları.



Şekil 4.8 : 5 üniteli test sisteminde 17.,18., 19. ve 20. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları.



Şekil 4.9 : 5 üniteli test sisteminde 21., 22., 23. ve 24. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları.

4.2.3 5 üniteli test sistemi PSO algoritması sonuçları

5 üniteli test sistemi üzerinde PSO metoduyla DEYD problemi çözümlemesi sonucu bulunan maksimum yakıt maliyet eğrisinin ve minimum yakıt maliyet eğrisinin, talep edilen güç değerleri için kaçınıcı iterasyonda yakınsadığı Çizelge 4.10'da görüldüğü gibidir. 5 üniteli test sistemi üzerinde DEYD problemi çözümü için PSO metoduyla hesaplanan generatör ünitelerinin optimal çıkış güçlerinin ve generatör ünitelerinin saatlik toplam yakıt maliyetlerinin 20 deneme sonundaki minimum değerleri ve kayıp güçler Çizelge 4.11'de gösterilmiştir. 5 üniteli test sistemi için PSO metoduyla bulunan 24 saatlik toplam minimum yakıt maliyeti 41.338,3665 \$/gün olarak bulunmuştur.

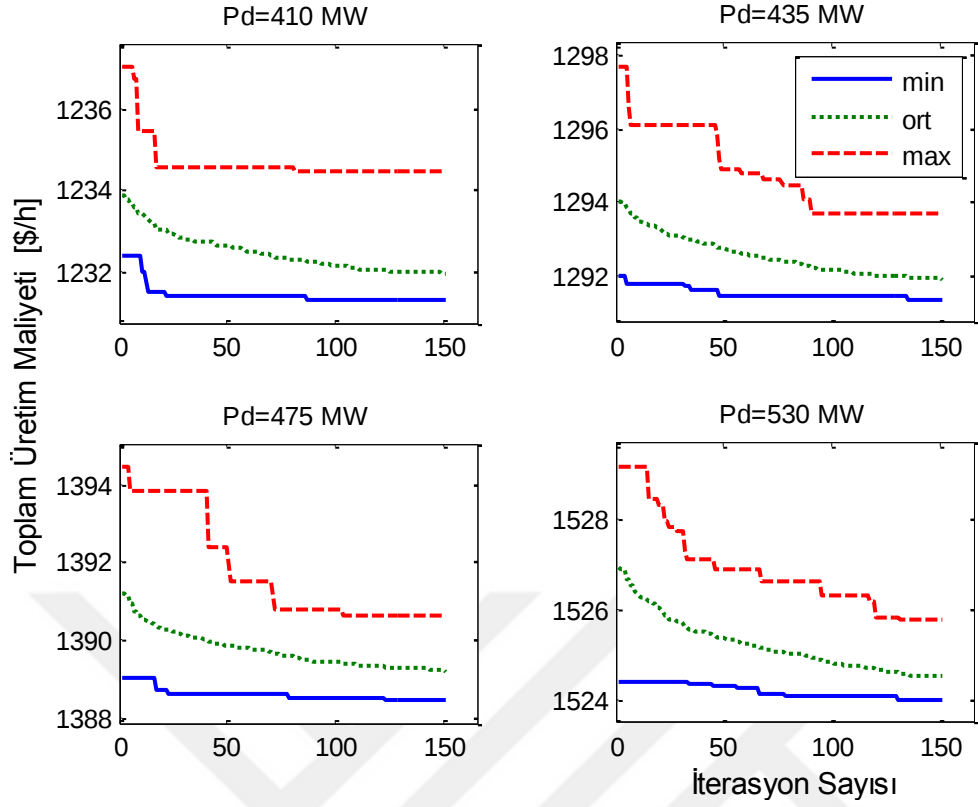
5 üniteli test sisteminde PSO ile elde edilen minimum, maksimum ve 20 deneme sonucu elde edilen ortalama yakıt maliyet eğrileri Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12, Şekil 4.13, Şekil 4.14 ve Şekil 4.15'teki gibidir.

Çizelge 4.10 : 5 üniteli test sistemi yakıt maliyet eğrilerinin farklı talep güçlerindeki PSO metodu için yakınsama iterasyon sayıları.

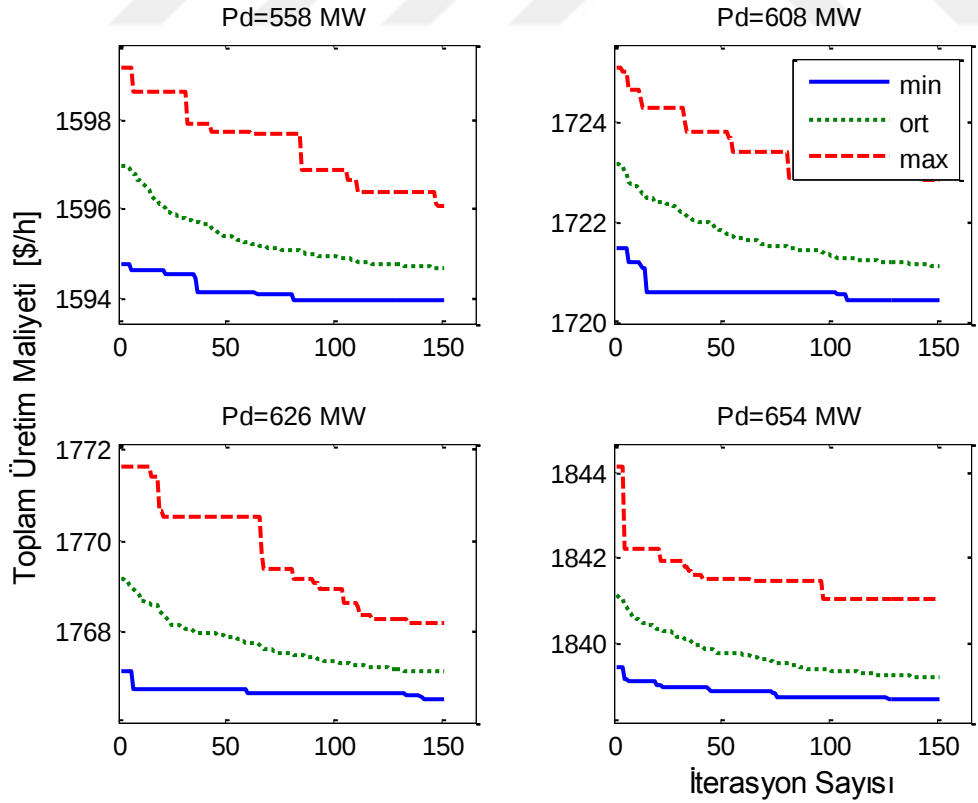
Saat	Pd [MW]	Minimum Eğri İçin Yakınsama İterasyonu	Maksimum Eğri İçin Yakınsama İterasyonu
1	410	80	85
2	435	50	90
3	475	75	100
4	530	75	125
5	558	80	145
6	608	110	80
7	626	135	135
8	654	75	95
9	690	60	140
10	704	80	110
11	720	100	145
12	740	90	65
13	704	75	110
14	690	20	120
15	654	40	145
16	580	48	125
17	558	135	135
18	608	50	130
19	654	65	130
20	704	60	140
21	680	95	90
22	605	60	50
23	527	95	100
24	463	65	148

Çizelge 4.11 : 5 üniteli test sistemi PSO sonuçları.

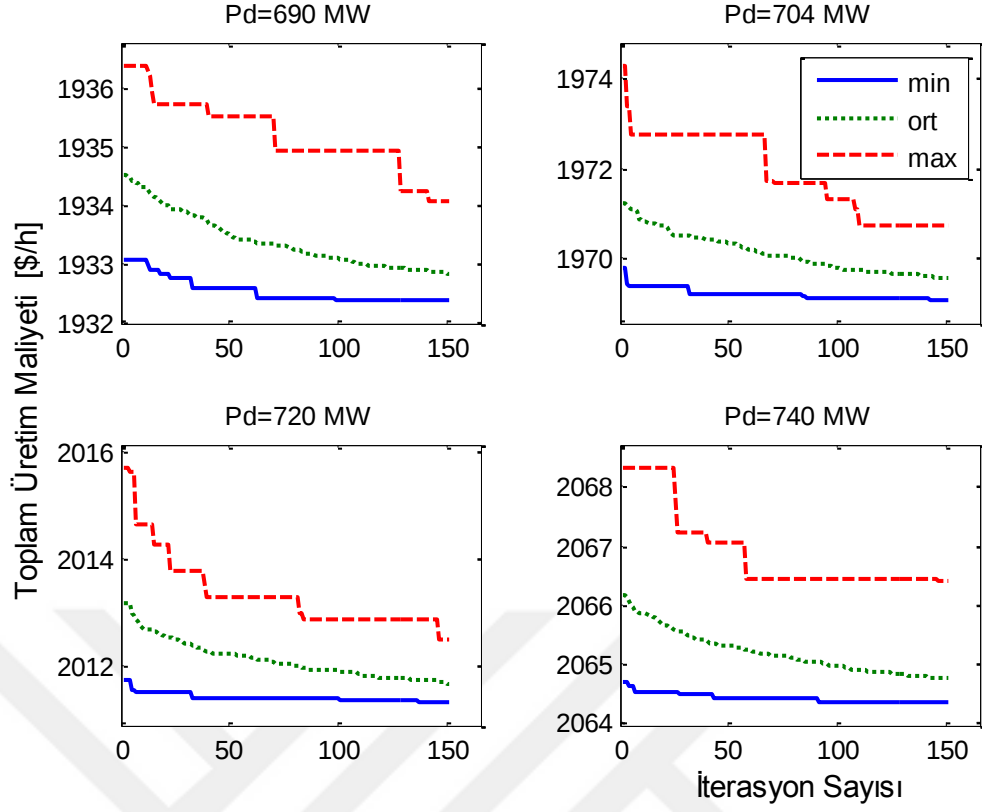
Saat	Pd [MW]	P1 [MW]	P2 [MW]	P3 [MW]	P4 [MW]	P5 [MW]	Pl [MW]	F [\$ /h]
1	410	15,3527	74,4499	64,2744	118,0727	140,9510	3,5954	1231,2891
2	435	18,1107	78,4504	71,7752	128,0196	142,1830	4,0302	1291,3312
3	475	21,3759	82,3622	83,7327	136,0776	155,7867	4,7801	1388,4586
4	530	24,6011	88,8132	91,6841	158,8930	171,4883	5,9715	1523,9916
5	558	23,7406	88,6749	111,0881	167,2953	173,2740	6,5619	1593,9399
6	608	26,7705	96,0517	125,7546	180,2409	186,4765	7,7821	1720,4401
7	626	24,1186	101,1262	129,2147	189,1331	190,1920	8,2803	1766,5225
8	654	29,2069	99,7444	137,4608	199,5928	196,5261	9,0143	1838,6584
9	690	30,8221	103,2432	143,1502	214,4178	207,9429	10,0619	1932,3849
10	704	31,8429	109,3681	146,0756	217,6309	209,0705	10,4850	1969,0680
11	720	31,2626	113,5494	150,6442	225,8346	209,1964	10,9868	2011,3198
12	740	31,2613	117,5888	156,9541	228,2628	217,0370	11,6035	2064,3475
13	704	30,2649	108,6450	150,7256	217,1047	207,2300	10,4693	1969,0524
14	690	31,1857	105,5255	139,6230	217,1942	206,0825	10,0870	1932,4433
15	654	25,8337	104,0358	138,8188	196,8552	197,0134	9,0269	1838,7387
16	580	22,8249	91,4339	112,9322	172,7001	186,7322	7,1129	1649,3945
17	558	24,4775	93,4055	105,7077	163,9302	176,5654	6,5858	1593,8618
18	608	27,0671	92,3132	120,5272	184,3558	191,0492	7,8022	1720,4834
19	654	26,3206	104,6787	132,6385	202,7657	196,1651	9,0617	1838,6636
20	704	29,7034	108,7165	149,5125	221,4054	204,6498	10,4867	1969,1198
21	680	29,3053	102,7477	140,6333	208,8084	207,7795	9,7712	1906,1980
22	605	25,3867	97,9222	121,6410	176,2873	191,0244	7,7254	1712,8768
23	527	19,8217	87,8303	99,8979	156,2898	168,5585	5,8786	1516,5523
24	463	23,1829	80,3828	79,9386	128,1657	155,3897	4,5375	1359,2302



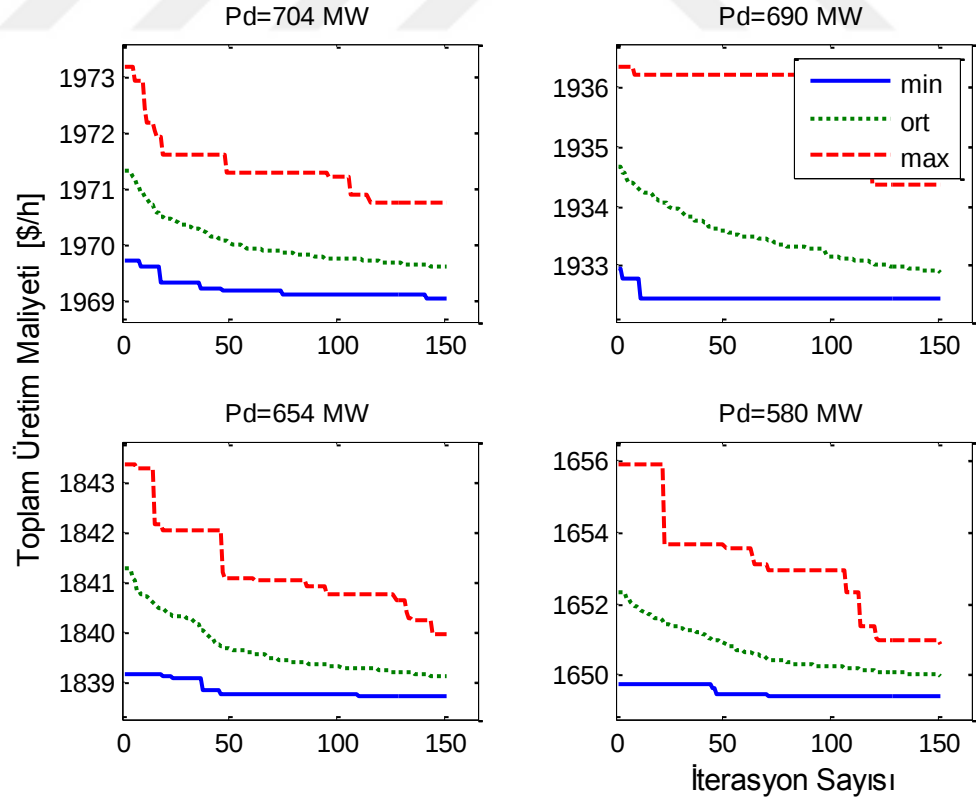
Şekil 4.10 : 5 üniteli test sisteminde 1., 2., 3. ve 4. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları.



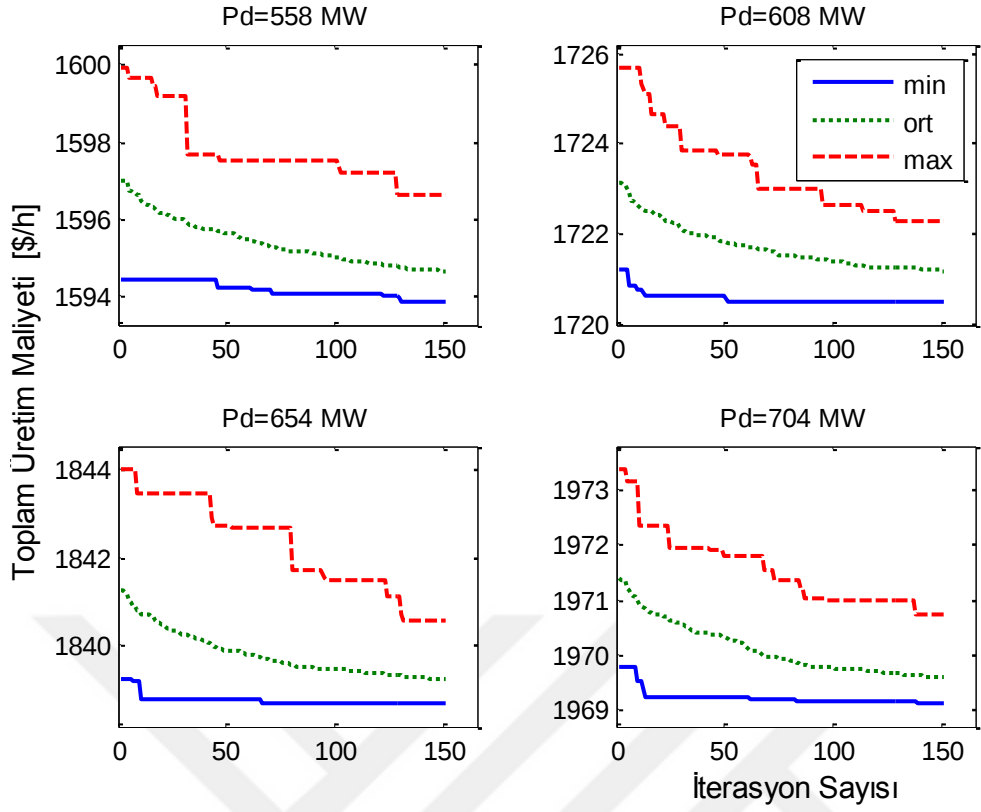
Şekil 4.11 : 5 üniteli test sisteminde 5., 6., 7. ve 8. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları.



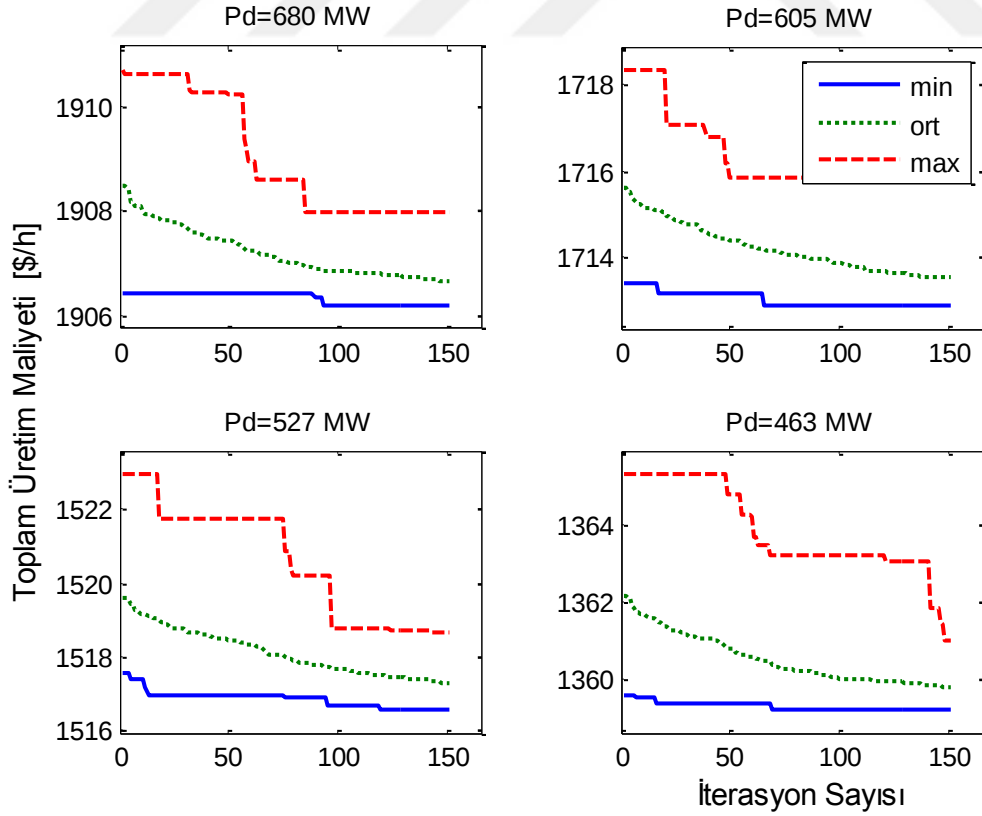
Şekil 4.12 : 5 üniteli test sisteminde 9., 10., 11. ve 12. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları.



Şekil 4.13 : 5 üniteli test sisteminde 13., 14., 15. ve 16. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları.



Şekil 4.14 : 5 üniteli test sisteminde 17., 18., 19. ve 20. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları.



Şekil 4.15 : 5 üniteli test sisteminde 21., 22., 23. ve 24. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları.

4.2.4 5 üniteli test sistemi TAA sonuçları

5 üniteli test sistemi üzerinde TAA metoduyla DEYD problemi çözümlemesi sonucu bulunan maksimum yakıt maliyet eğrisinin ve minimum yakıt maliyet eğrisinin, talep edilen güç değerleri için kaçınıcı iterasyonda yakınsadığı Çizelge 4.12’de görüldüğü gibidir. 5 üniteli test sistemi üzerinde DEYD problemi çözümü için TAA metoduyla hesaplanan generatör ünitelerinin optimal çıkış güçlerinin ve generatör ünitelerinin saatlik toplam yakıt maliyetlerinin 20 deneme sonundaki minimum değerleri ve kayıp güçler Çizelge 4.13’te gösterilmiştir. 5 üniteli test sistemi için TAA metoduyla bulunan 24 saatlik toplam minimum yakıt maliyeti 41.354,5060 \$/gün olarak bulunmuştur.

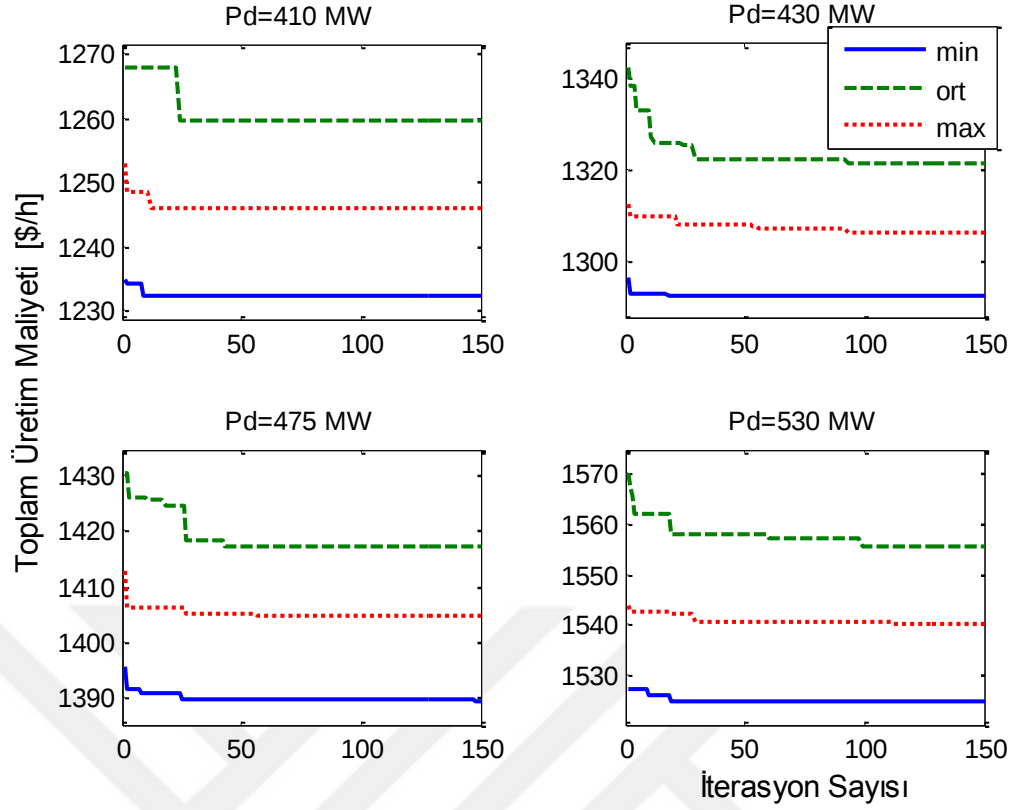
5 üniteli test sisteminde TAA ile elde edilen minimum, maksimum ve 20 deneme sonucu elde edilen ortalama yakıt maliyet eğrileri Şekil 4.16, Şekil 4.17, Şekil 4.18, Şekil 4.19, Şekil 4.20 ve Şekil 4.21’deki gibidir.

Çizelge 4.12 : 5 üniteli test sistemi yakıt maliyet eğrilerinin farklı talep güçlerindeki TAA metodu için yakınsama iterasyon sayıları.

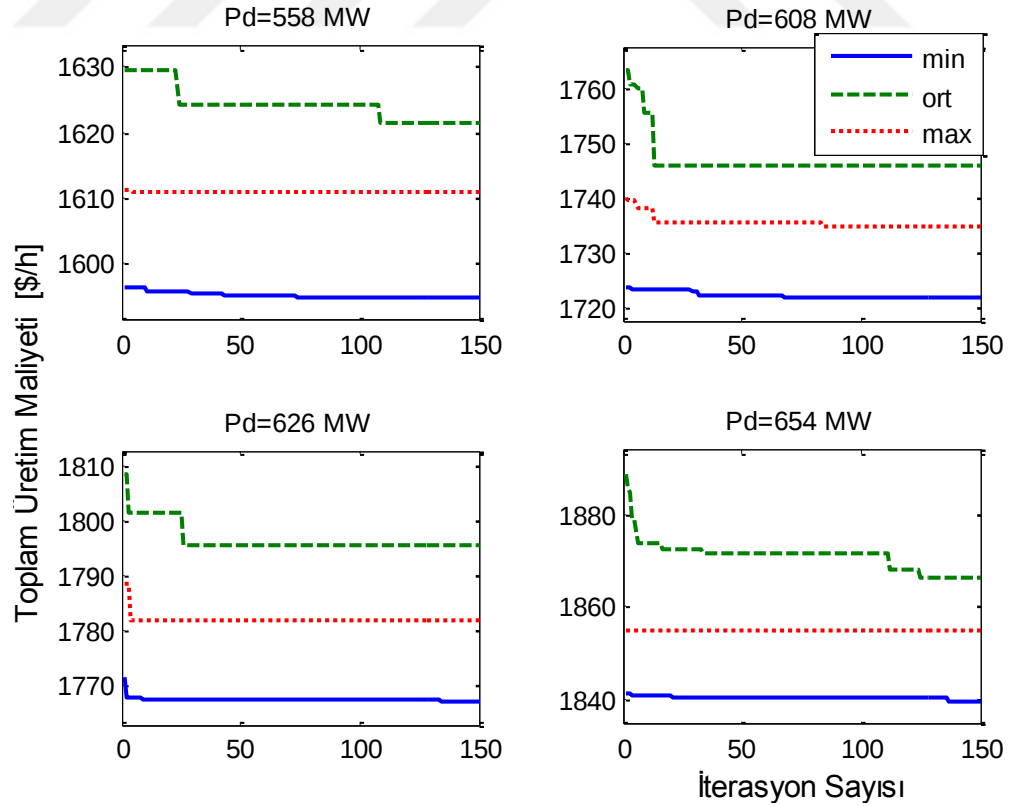
Saat	Pd [MW]	Minimum Eğri İçin Yakınsama İterasyonu	Maksimum Eğri İçin Yakınsama İterasyonu
1	410	10	20
2	435	20	90
3	475	25	50
4	530	20	100
5	558	75	105
6	608	65	15
7	626	10	25
8	654	25	130
9	690	35	15
10	704	15	30
11	720	40	60
12	740	70	5
13	704	20	10
14	690	10	25
15	654	35	125
16	580	100	100
17	558	75	5
18	608	20	125
19	654	90	70
20	704	90	20
21	680	35	5
22	605	25	95
23	527	80	130
24	463	15	140

Çizelge 4.13 : 5 üniteli test sistemi TAA sonuçları.

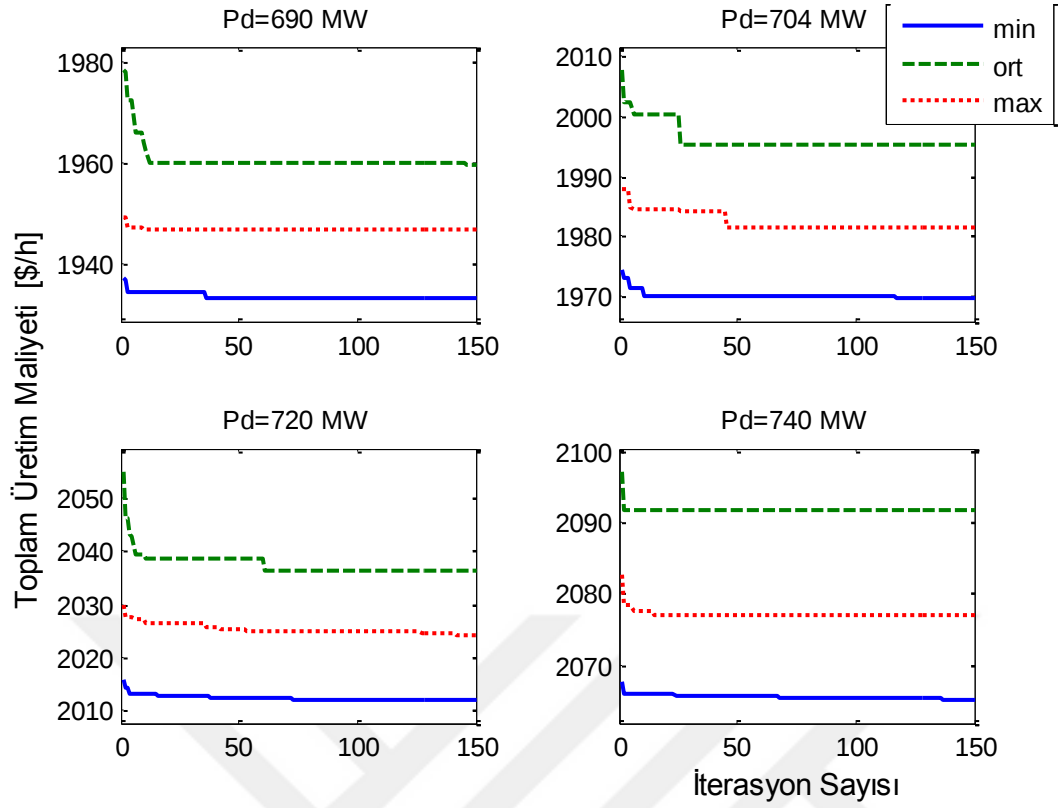
Saat	Pd [MW]	P1 [MW]	P2 [MW]	P3 [MW]	P4 [MW]	P5 [MW]	Pl [MW]	F [\$ /h]
1	410	16,4084	61,1029	57,4082	123,6914	154,5313	3,6208	1232,2077
2	435	21,2077	75,6616	60,5238	127,1583	154,3640	4,0781	1292,3244
3	475	15,5268	89,8384	86,0416	144,1908	143,7544	4,8100	1389,1276
4	530	25,8091	91,0530	91,7745	169,8041	157,1474	5,9884	1524,7036
5	558	19,4903	84,5537	107,2749	180,1110	172,7840	6,6085	1594,6563
6	608	26,1629	106,6046	98,8762	193,8165	190,1015	7,9598	1721,6404
7	626	29,1254	101,8777	123,3351	181,3769	198,1687	8,2809	1766,8594
8	654	30,2948	96,6034	119,8175	207,9507	208,0147	9,1060	1839,3913
9	690	27,1168	99,3361	165,0917	207,2960	200,7020	9,9786	1933,2876
10	704	36,2951	109,6397	137,0152	220,8420	210,2506	10,5178	1969,5665
11	720	34,4907	111,1702	148,8521	234,6785	201,4074	11,0041	2012,0109
12	740	33,0862	108,0398	162,6047	215,4573	231,9460	11,5328	2065,0350
13	704	33,2403	111,9867	149,0080	210,0409	209,7492	10,4602	1969,3348
14	690	37,1094	107,7615	147,6460	212,0858	194,9504	10,0259	1933,0097
15	654	26,4202	103,7155	135,3540	209,9440	187,1675	9,0658	1839,0301
16	580	30,0414	99,1285	112,5203	171,3754	173,5500	7,0998	1649,6729
17	558	30,6780	87,0169	96,2132	176,6526	173,7022	6,6183	1594,8712
18	608	26,9875	98,5476	118,8362	176,2418	195,0080	7,8195	1721,2752
19	654	26,0644	105,7012	141,5439	199,1503	190,1565	9,0257	1839,0542
20	704	33,1472	103,5760	146,4854	219,2996	211,5361	10,4716	1969,3597
21	680	32,1982	104,2230	144,7894	191,3769	216,6832	9,7253	1906,8498
22	605	28,6169	91,6919	105,6569	203,6249	182,7783	7,8259	1713,7362
23	527	27,8992	90,0211	82,8313	152,7409	179,0149	5,9357	1517,2589
24	463	26,7499	91,9428	80,9549	125,1775	142,2675	4,5399	1360,2427



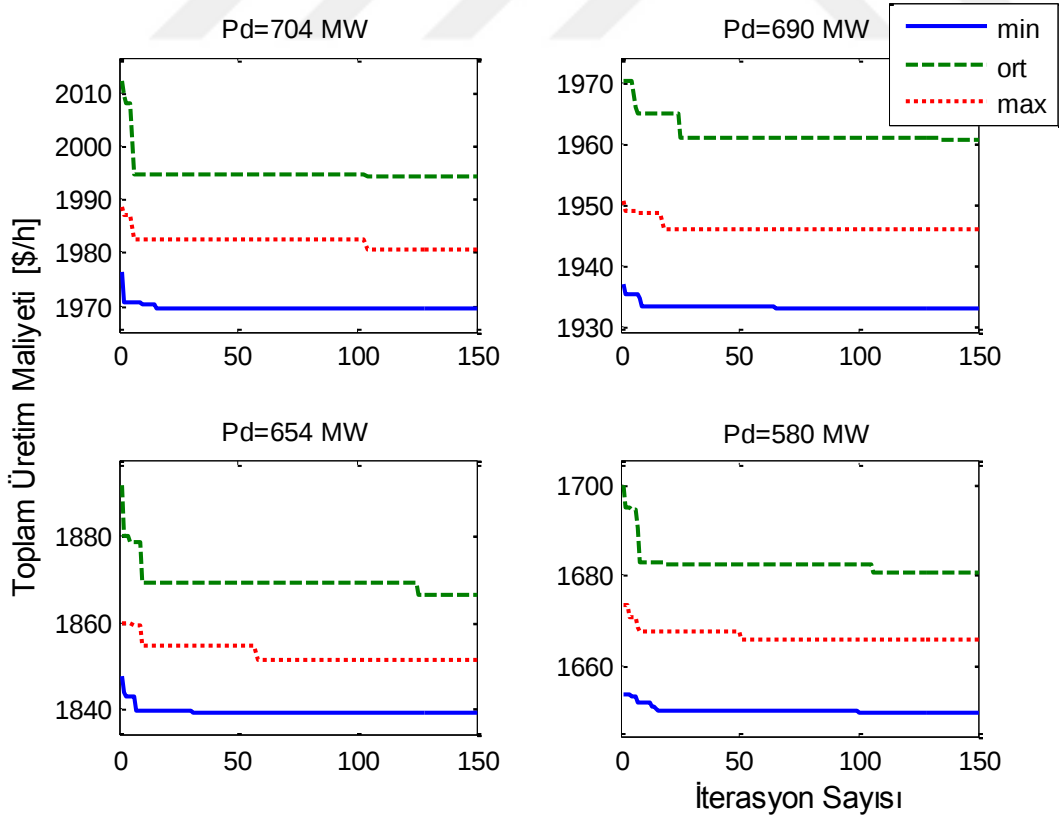
Şekil 4.16 : 5 üniteli test sisteminde 1., 2., 3. ve 4. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları.



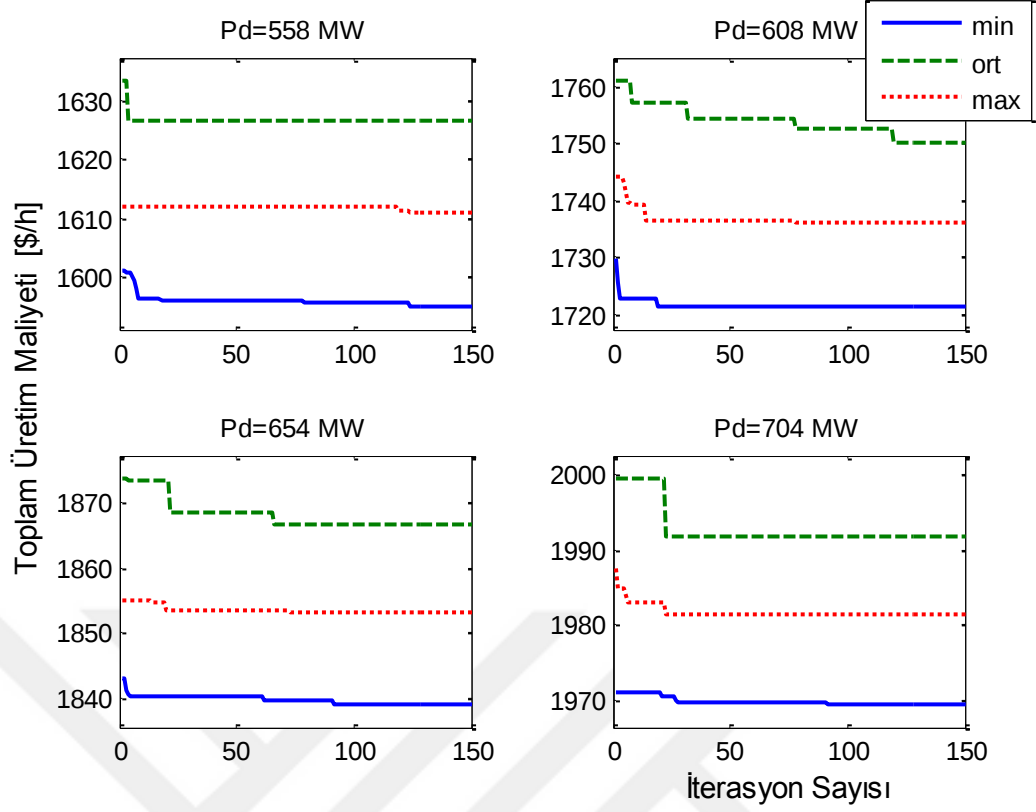
Şekil 4.17 : 5 üniteli test sisteminde 5., 6., 7. ve 8. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları.



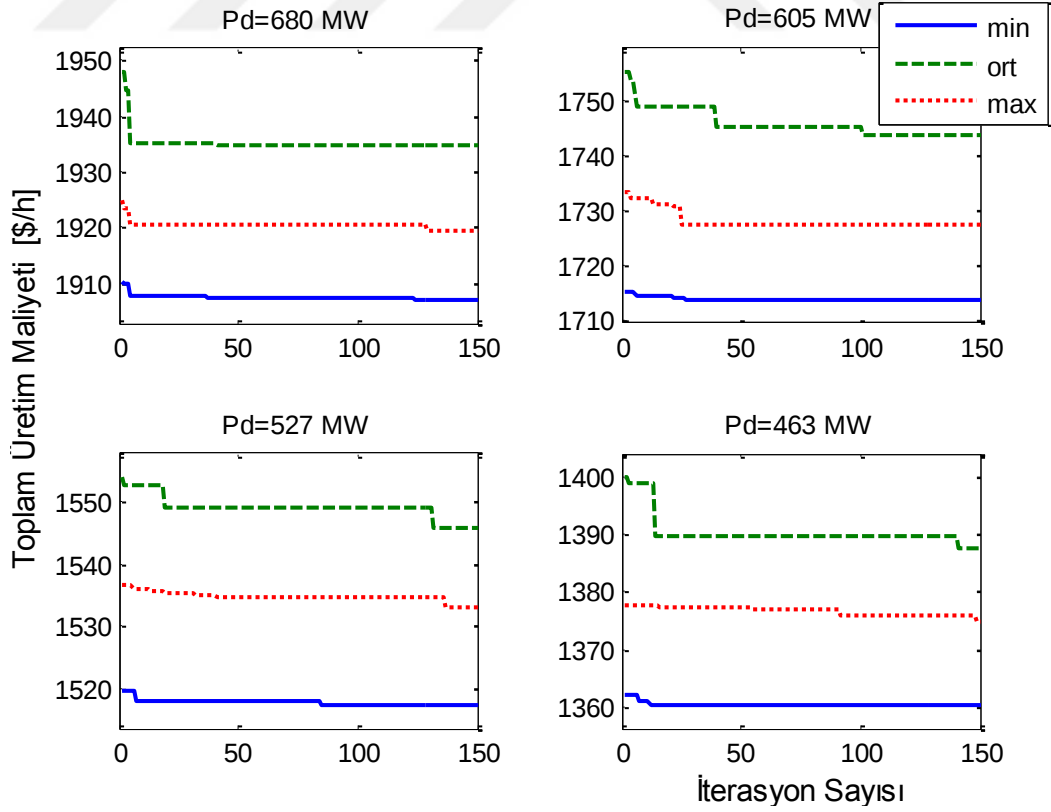
Şekil 4.18 : 5 üniteli test sisteminde 9., 10., 11. ve 12. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları.



Şekil 4.19 : 5 üniteli test sisteminde 13., 14., 15. ve 16. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları.



Şekil 4.20 : 5 üniteli test sisteminde 17., 18., 19. ve 20. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları.



Şekil 4.21 : 5 üniteli test sisteminde 21., 22., 23. ve 24. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları.

4.2.5 10 üniteli test sistemi GA sonuçları

10 üniteli test sistemi üzerinde GA metoduyla DEYD problemi çözümlemesi sonucu bulunan maksimum yakıt maliyet eğrisinin ve minimum yakıt maliyet eğrisinin, talep edilen güç değerleri için kaçınıcı iterasyonda yakınsadığı Çizelge 4.14'te görüldüğü gibidir. 10 üniteli test sistemi üzerinde DEYD problemi çözümü için GA metoduyla hesaplanan generatör ünitelerinin optimal çıkış güçlerinin ve generatör ünitelerinin saatlik toplam yakıt maliyetlerinin 20 deneme sonundaki minimum değerleri ve kayıp güçler Çizelge 4.15'te gösterilmiştir. 10 üniteli test sistemi için GA metoduyla bulunan 24 saatlik toplam minimum yakıt maliyeti 1.031.138,8945 \$/gün olarak bulunmuştur.

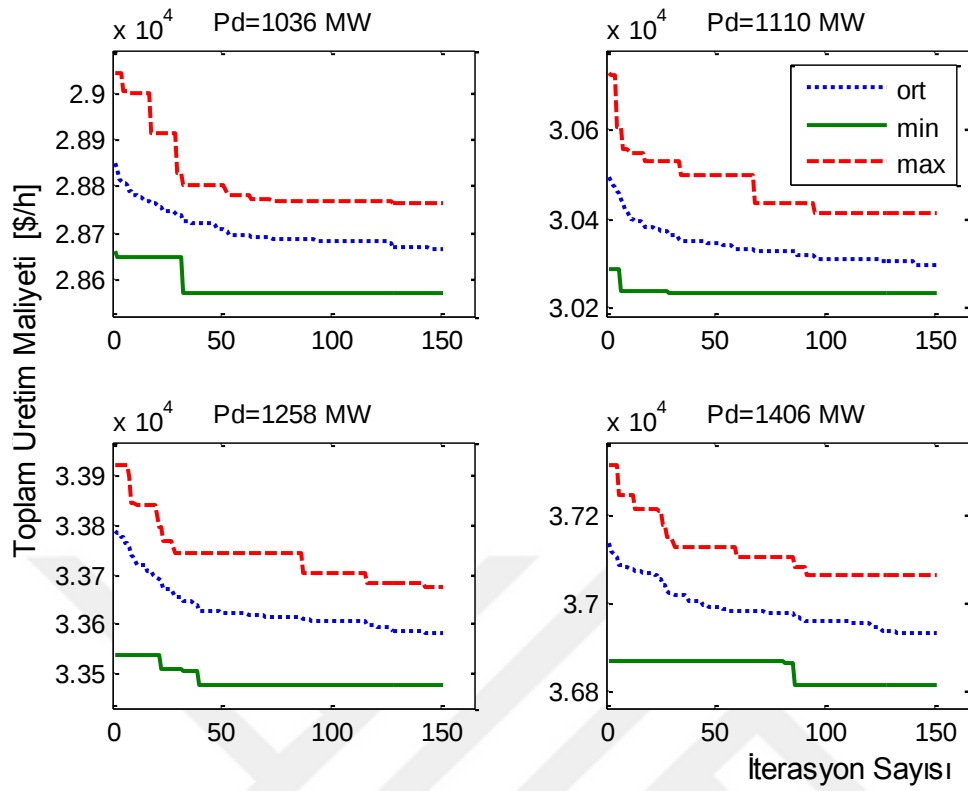
10 üniteli test sisteminde GA ile elde edilen minimum, maksimum ve 20 deneme sonucu elde edilen ortalama yakıt maliyet eğrileri Şekil 4.22, Şekil 4.23, Şekil 4.24, Şekil 25, Şekil 26 ve Şekil 4.27'deki gibidir.

Çizelge 4.14 : 10 üniteli test sistemi yakıt maliyet eğrilerinin farklı talep güçlerindeki GA metodu için yakınsama iterasyon sayıları.

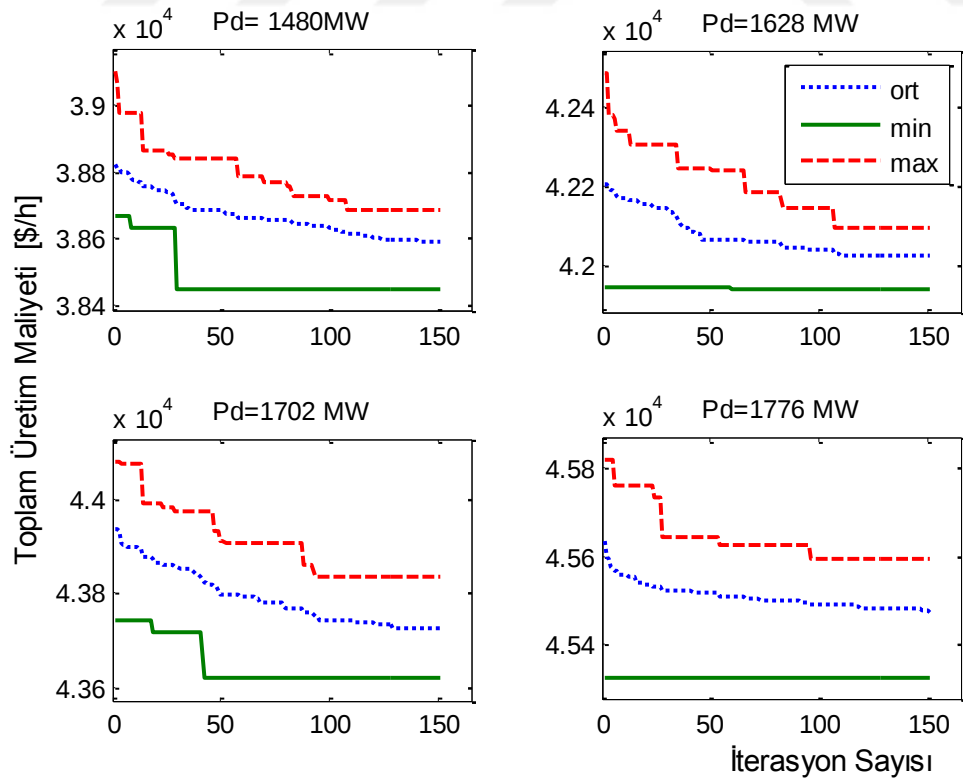
Saat	Pd [MW]	Minimum Eğri İçin Yakınsama İterasyonu	Maksimum Eğri İçin Yakınsama İterasyonu
1	1036	30	55
2	1110	10	100
3	1258	40	120
4	1406	90	90
5	1480	30	105
6	1628	60	110
7	1702	40	98
8	1776	1	98
9	1924	20	105
10	2072	115	120
11	2146	120	145
12	2220	138	138
13	2072	145	80
14	1924	70	120
15	1776	40	100
16	1554	70	95
17	1480	35	130
18	1628	70	110
19	1776	85	90
20	2072	20	115
21	1924	125	125
22	1628	35	110
23	1332	40	70
24	1184	45	145

Çizelge 4.15 : 10 üniteli test sistemi GA sonuçları.

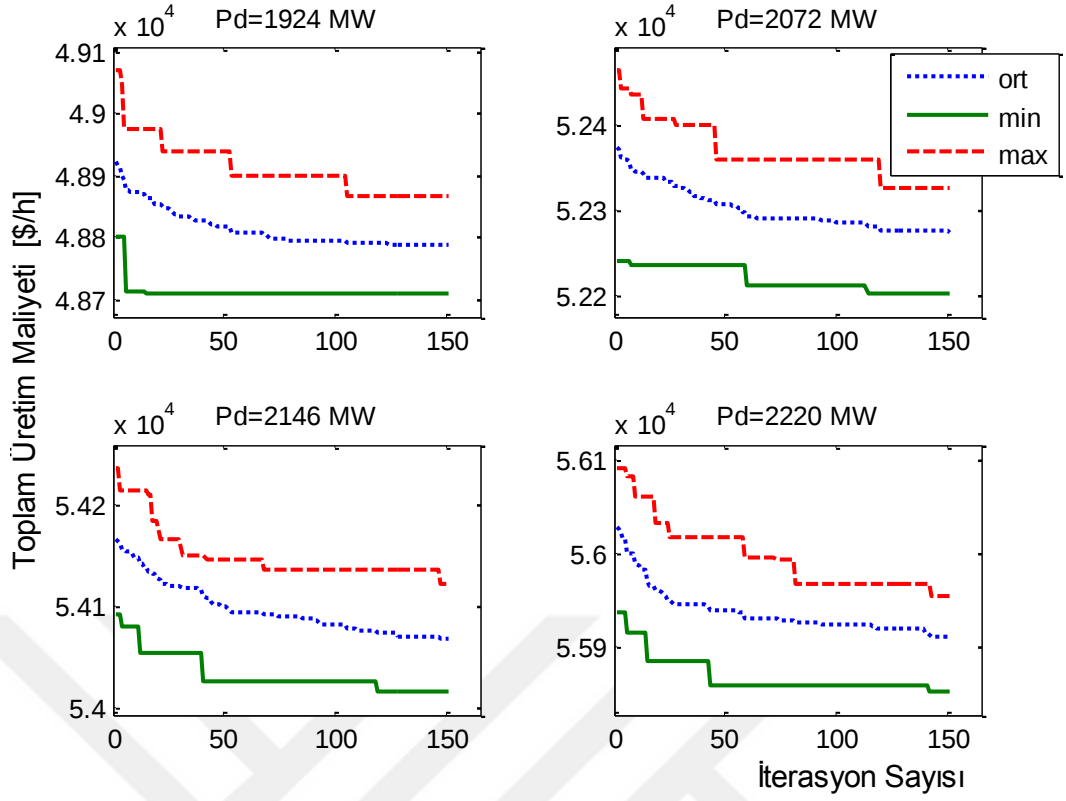
Saat	Pd [MW]	P1 [MW]	P2 [MW]	P3 [MW]	P4 [MW]	P5 [MW]	P6 [MW]	P7 [MW]	P8 [MW]	P9 [MW]	P10 [MW]	Pl [MW]	Maliyet [\$/h]
1	1036	165,3913	147,8868	109,5421	71,6677	134,6203	157,9539	124,7855	54,0899	27,7279	55,0000	12,7031	28569,9333
2	1110	176,7628	183,4036	223,6442	72,4104	86,0514	137,9263	112,7927	55,2651	21,3450	55,0000	14,1507	30231,6154
3	1258	196,4177	184,4679	257,5723	79,7342	159,4916	142,0101	127,3709	50,8059	23,1158	55,0000	18,3516	33473,8256
4	1406	267,1883	257,9658	285,0888	60,3452	88,7360	159,9977	127,5325	97,3754	29,2763	55,0000	22,3993	36810,3178
5	1480	356,2102	193,2239	328,5371	62,8197	116,3798	157,9963	121,2481	84,8858	26,4956	55,0000	22,6949	38445,5614
6	1628	398,2434	275,3937	333,8326	110,4399	146,3708	141,2074	125,4451	51,0211	22,4950	55,0000	31,0215	41936,0521
7	1702	364,7388	301,8543	323,3255	75,0282	229,7705	156,4154	123,7348	77,0831	30,1786	55,0000	34,8346	43618,9567
8	1776	420,0042	309,3504	338,7248	65,3461	229,9021	149,0454	120,4787	102,6984	21,4954	55,0000	36,4009	45322,3324
9	1924	450,8957	446,5502	339,2384	183,9984	138,9710	153,8069	128,9405	51,3814	24,6596	55,0000	49,2382	48707,3889
10	2072	445,6175	447,5756	334,3011	190,7815	228,4167	159,1897	128,7630	111,4744	23,5954	55,0000	52,5162	52200,6038
11	2146	456,1872	453,2592	339,0314	259,0338	239,6729	159,4765	126,9127	91,1048	22,1261	55,0000	56,2974	54014,8108
12	2220	464,4321	450,7498	339,1737	297,6056	241,0020	159,1010	128,7258	115,1586	26,5102	55,0000	57,9036	55852,4607
13	2072	452,6935	448,1083	338,5741	225,0920	234,1898	158,9537	129,7519	64,7794	20,0276	55,0000	54,7294	52205,2495
14	1924	442,6677	442,4499	333,1375	181,5710	156,4283	158,4044	128,9116	52,9892	21,4646	55,0000	48,9709	48674,3119
15	1776	417,5191	335,2721	339,0530	79,7520	205,7085	155,4480	124,7801	71,0888	30,9254	55,0000	38,9457	45309,4644
16	1554	283,3568	297,2980	284,0370	79,0331	196,5179	159,5189	126,2115	77,1315	24,9797	55,0000	29,4424	40202,7606
17	1480	331,2383	239,1196	310,5333	99,2166	73,4503	157,9115	123,8849	87,6868	24,7879	55,0000	23,2424	38509,0666
18	1628	416,9807	254,2174	295,4739	95,0835	156,7260	159,9007	124,4024	72,0587	28,0296	55,0000	30,3357	41912,1710
19	1776	442,7830	360,2172	334,7306	74,3785	133,9261	159,0490	124,0701	103,7175	25,9120	55,0000	38,0075	45325,7706
20	2072	460,8746	437,4680	328,2195	196,3304	232,6295	157,3701	128,4796	100,5551	28,0973	55,0000	52,9447	52226,3271
21	1924	428,9542	448,2660	325,5799	184,9899	147,1854	159,6355	128,9187	71,3054	22,6423	55,0000	48,2473	48711,7981
22	1628	379,3289	248,5566	311,6420	95,9398	193,0638	156,9855	118,2071	72,7173	25,9753	55,0000	29,6088	41922,5769
23	1332	293,0161	211,6685	292,2977	69,5400	86,1608	145,8846	125,6728	48,7085	24,2597	55,0000	20,6324	35086,7720
24	1184	226,9603	174,7467	231,5797	90,5409	80,7921	142,5349	122,9092	47,1203	27,6617	55,0000	15,6453	31868,7668



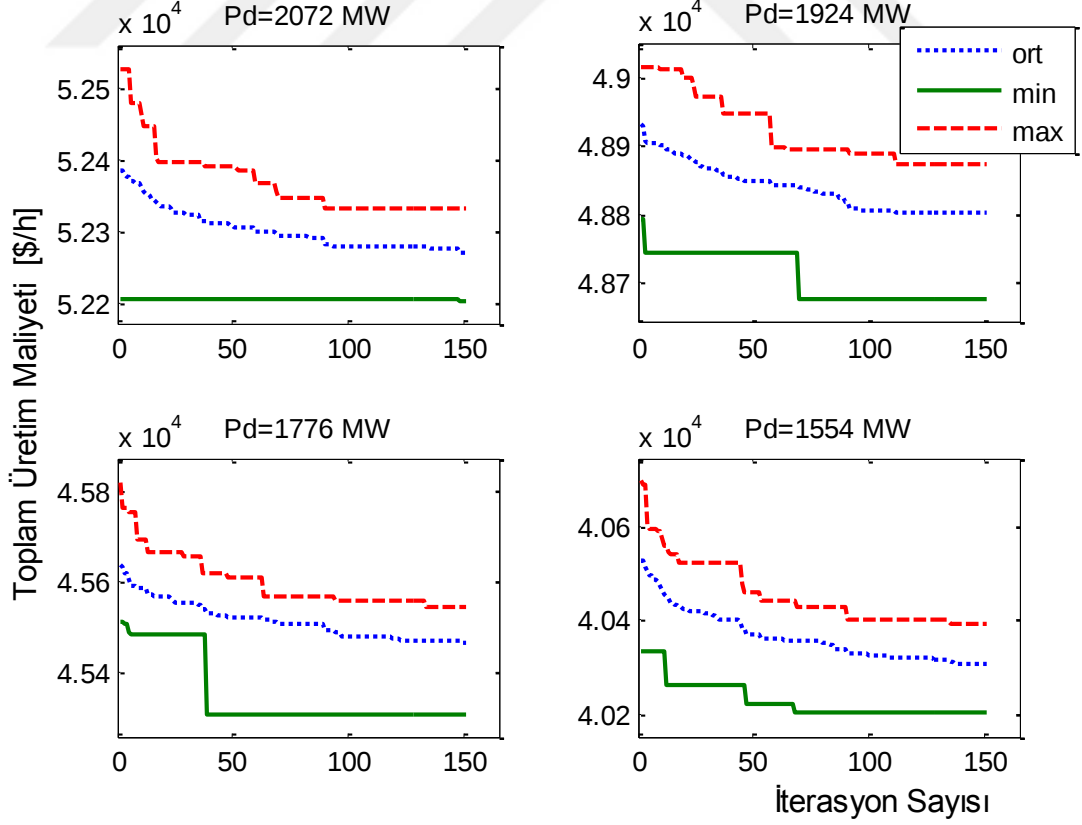
Şekil 4.22 : 10 üniteli test sisteminde 1., 2., 3. ve 4. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları.



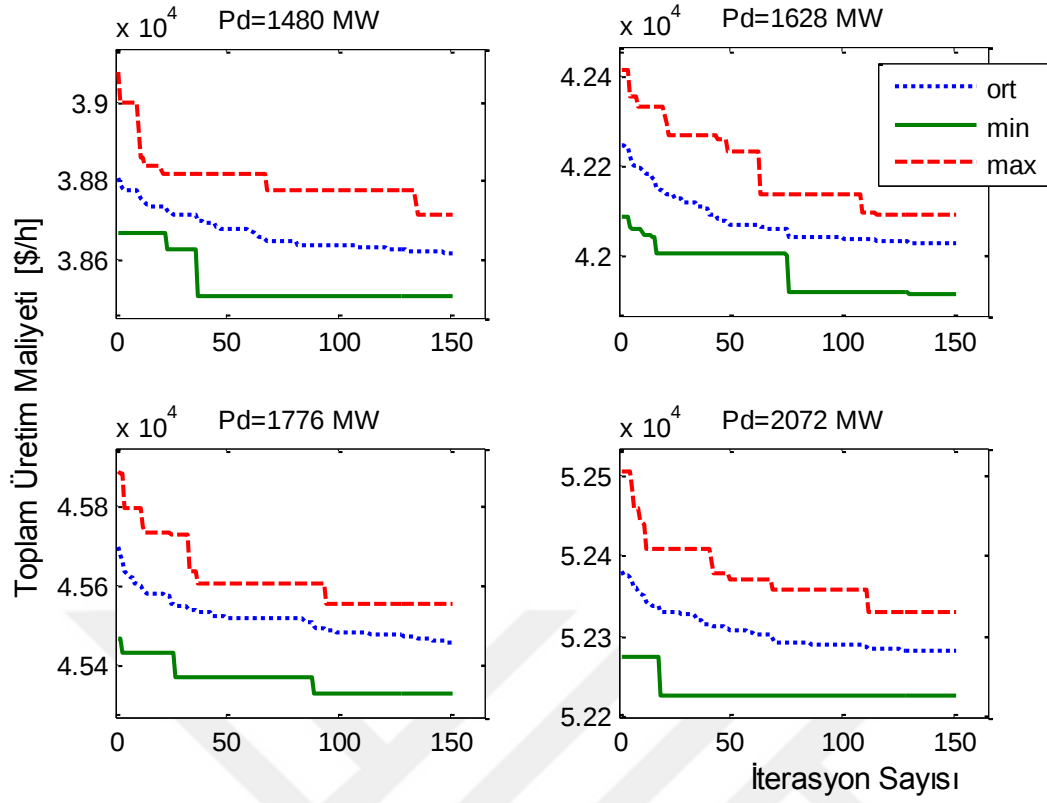
Şekil 4.23 : 10 üniteli test sisteminde 5., 6., 7. ve 8. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları.



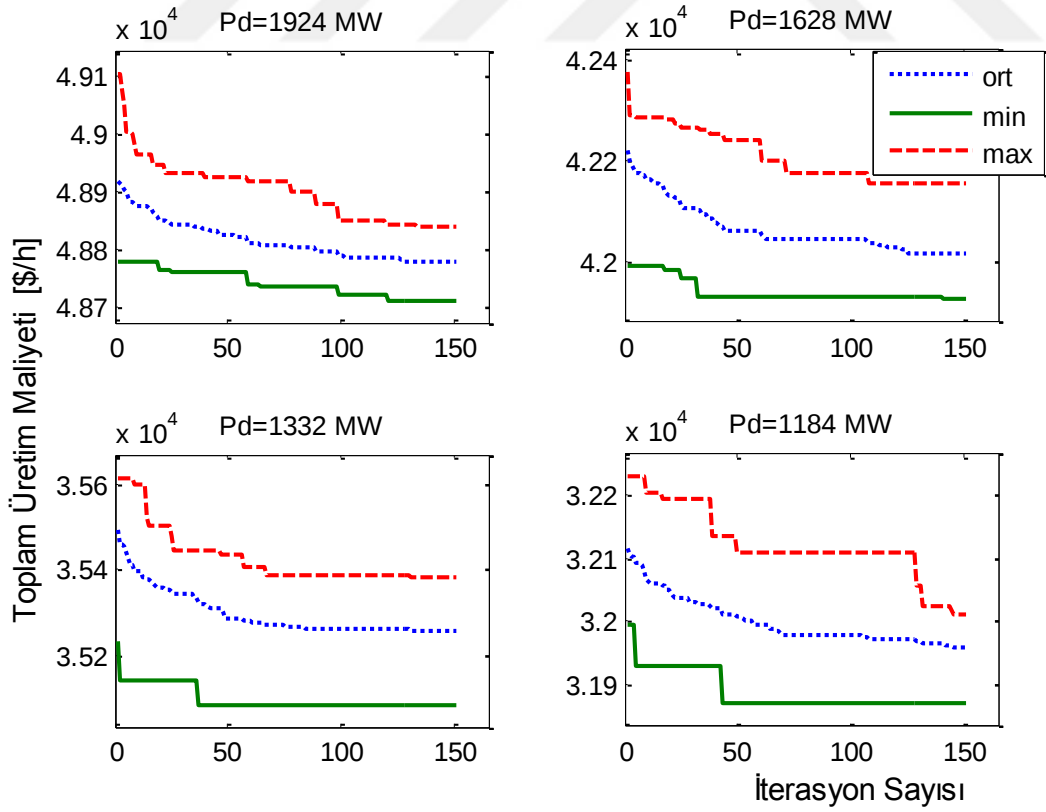
Şekil 4.24 : 10 üniteli test sisteminde 9., 10., 11. ve 12. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları.



Şekil 4.25 : 10 üniteli test sisteminde 13., 14., 15. ve 16. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları.



Şekil 4.26 : 10 üniteli test sisteminde 17., 18., 19. ve 20. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları.



Şekil 4.27 : 10 üniteli test sisteminde 21., 22., 23. ve 24. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları.

4.2.6 10 üniteli test sistemi PSO algoritması sonuçları

10 üniteli test sistemi üzerinde PSO metoduyla DEYD problemi çözümlemesi elde edilen maksimum yakıt maliyet eğrisinin ve minimum yakıt maliyet eğrisinin, talep edilen güç değerleri için kaçınıcı iterasyonda yakınsadığı Çizelge 4.16’da görüldüğü gibidir. 10 üniteli test sistemi üzerinde DEYD problemi çözümü için PSO metoduyla hesaplanan generatör ünitelerinin optimal çıkış güçlerinin ve generatör ünitelerinin saatlik toplam yakıt maliyetlerinin 20 deneme sonundaki minimum değerleri ve kayıp güçler Çizelge 4.17’de gösterilmiştir. 10 üniteli test sistemi için PSO metoduyla bulunan 24 saatlik toplam minimum yakıt maliyeti 1.028.514,4993 \$/gün olarak bulunmuştur.

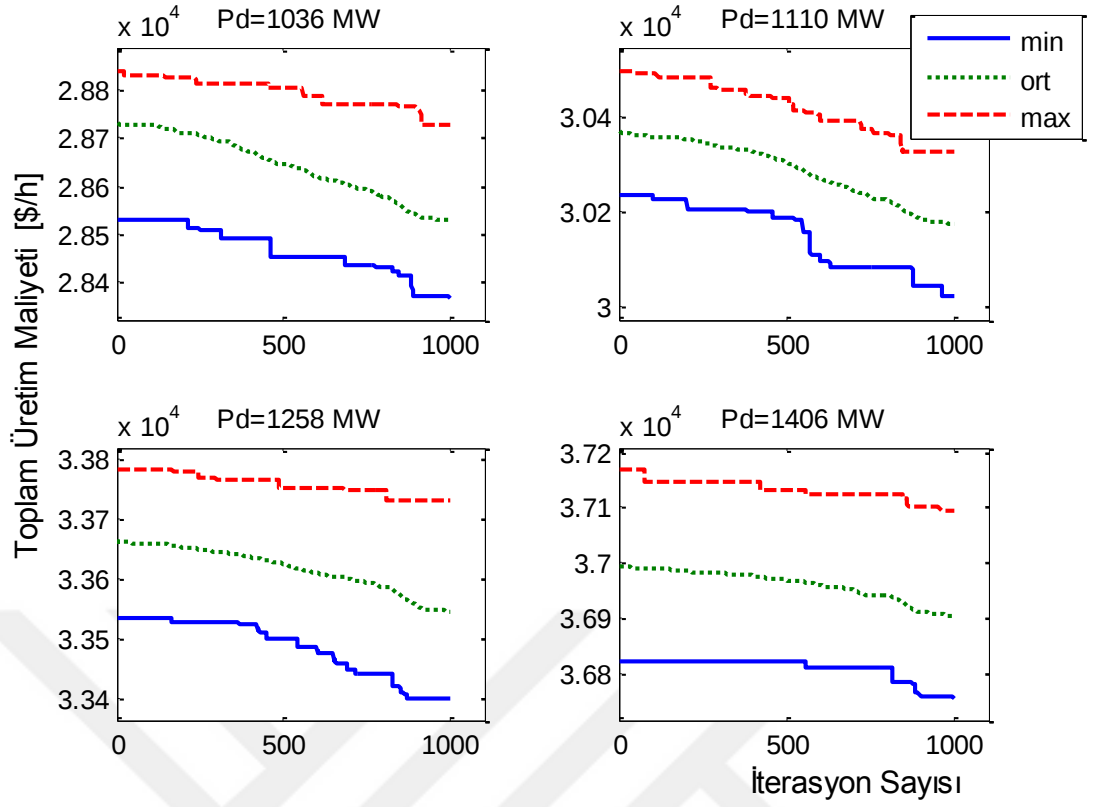
10 üniteli test sisteminde PSO ile elde edilen minimum, maksimum ve 20 deneme sonucu elde edilen ortalama yakıt maliyet eğrileri Şekil 4.28, Şekil 4.29, Şekil 4.30, Şekil 4.31, Şekil 4.32 ve Şekil 4.33’teki gibidir.

Çizelge 4.16 : 10 üniteli test sistemi yakıt maliyet eğrilerinin farklı talep güçlerindeki PSO metodu için yakınsama iterasyon sayıları.

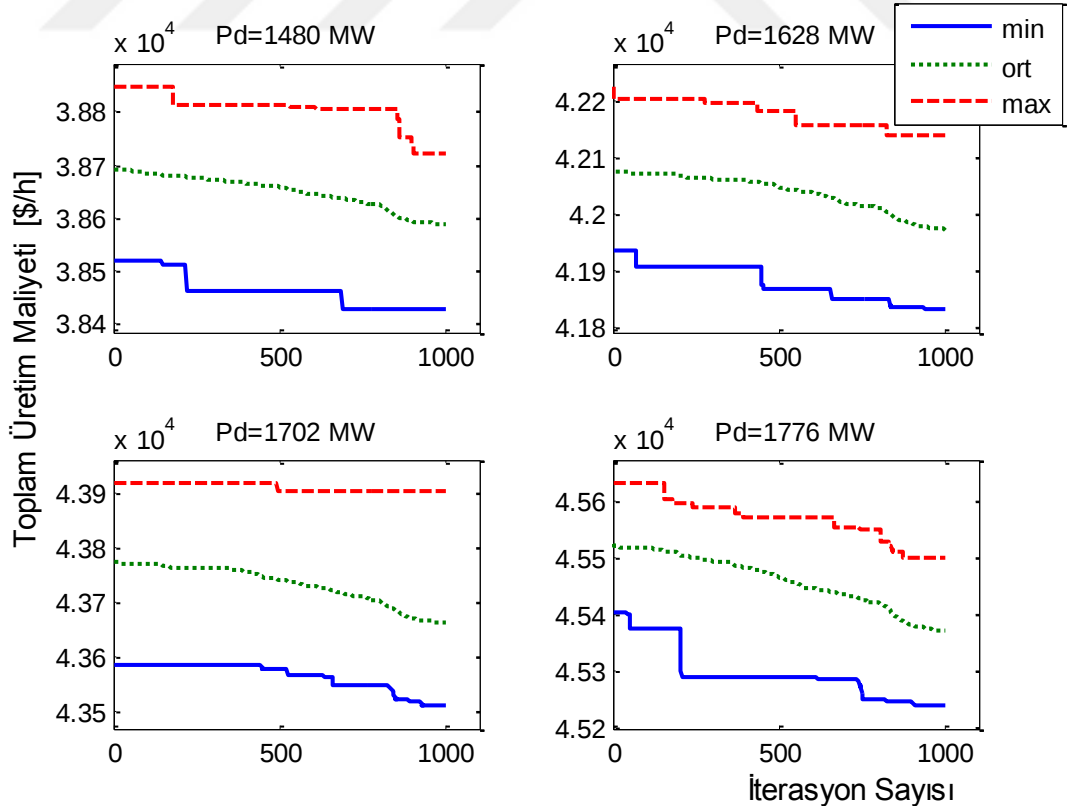
Saat	Pd [MW]	Minimum Eğri İçin Yakınsama İterasyonu	Maksimum Eğri İçin Yakınsama İterasyonu
1	1036	850	850
2	1110	950	800
3	1258	800	750
4	1406	800	750
5	1480	700	900
6	1628	800	800
7	1702	800	500
8	1776	900	850
9	1924	450	750
10	2072	550	800
11	2146	350	950
12	2220	270	800
13	2072	550	800
14	1924	750	750
15	1776	700	900
16	1554	850	850
17	1480	750	800
18	1628	870	870
19	1776	850	850
20	2072	400	800
21	1924	850	850
22	1628	920	850
23	1332	800	800
24	1184	810	990

Çizelge 4.17 : 10 üniteli test sistemi PSO sonuçları.

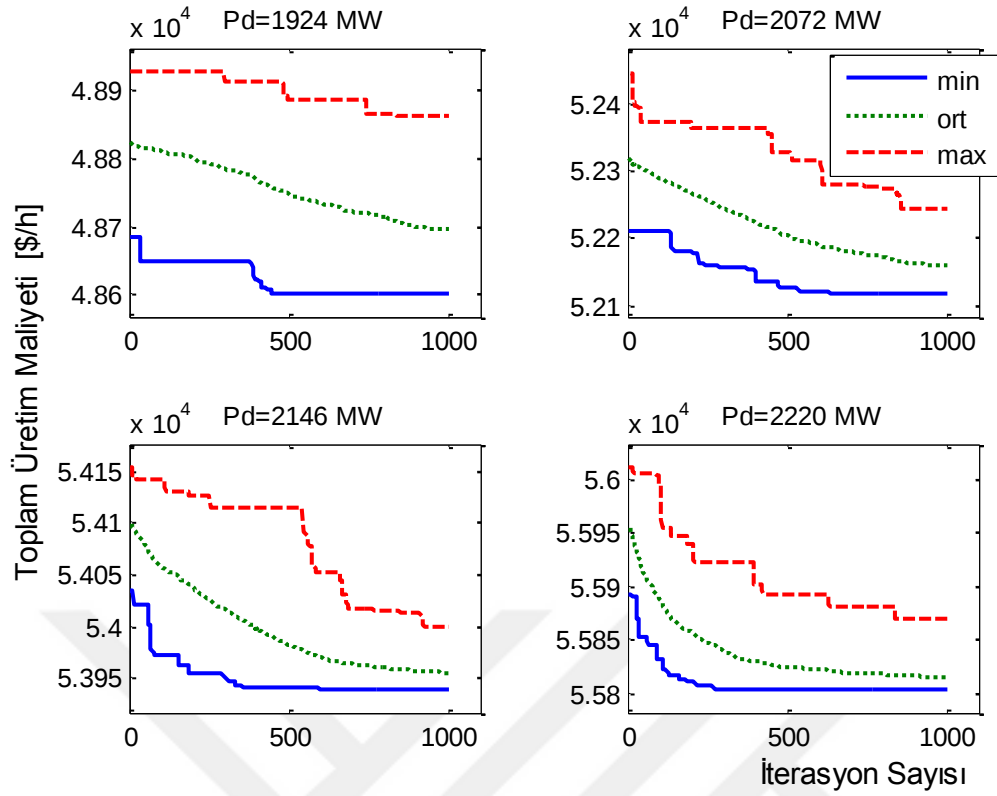
Saat	Pd [MW]	P1 [MW]	P2 [MW]	P3 [MW]	P4 [MW]	P5 [MW]	P6 [MW]	P7 [MW]	P8 [MW]	P9 [MW]	P10 [MW]	Pl [MW]	Maliyet [\$/h]
1	1036	150,0000	144,2769	205,2579	60,0000	76,5741	160,0000	130,0000	47,0000	20,0000	55,0000	12,5861	28367,7585
2	1110	205,0287	135,0000	234,4470	60,0000	78,1780	158,8241	130,0000	47,0000	20,2055	55,0000	13,6489	30017,9275
3	1258	150,0000	177,2644	340,0000	83,5914	126,8506	148,2230	130,0000	47,0000	20,0000	55,0000	20,3523	33401,6298
4	1406	214,0745	234,5624	340,0000	60,0000	131,6580	154,0915	125,1980	93,6626	20,0000	55,0000	22,5646	36755,0315
5	1480	348,1958	190,1292	301,2135	60,0000	166,3669	151,4543	130,0000	80,5892	20,0000	55,0000	23,1652	38424,6415
6	1628	354,6730	275,8457	340,0000	60,0000	143,3449	160,0000	130,0000	105,9091	31,9662	55,0000	29,0622	41829,9639
7	1702	345,5183	333,7622	340,0000	74,5725	215,3459	160,0000	130,0000	61,3450	22,7759	55,0000	36,7874	43510,0938
8	1776	460,6523	360,1664	340,0000	62,0759	166,5160	160,0000	126,0021	66,0267	20,0000	55,0000	40,9310	45237,7908
9	1924	412,3890	400,0000	340,0000	180,0000	208,9002	160,0000	130,0000	63,1500	20,0000	55,0000	45,9366	48599,2244
10	2072	470,0000	430,9517	340,0000	180,0000	243,0000	160,0000	130,0000	95,5186	20,0000	55,0000	52,9598	52115,4953
11	2146	470,0000	460,0000	340,0000	208,8237	243,0000	160,0000	130,0000	114,9358	20,0000	55,0000	56,2557	53937,8365
12	2220	470,0000	460,0000	340,0000	279,8529	243,0000	160,0000	130,0000	120,0000	20,0000	55,0000	58,3524	55802,2659
13	2072	470,0000	420,5791	340,0000	180,0000	243,0000	160,0000	130,0000	104,7212	20,0000	55,0000	51,7999	52114,7636
14	1924	423,4020	406,8729	340,0000	180,0000	208,5680	160,0000	130,0000	47,0000	20,0000	55,0000	47,3423	48596,4136
15	1776	469,7724	259,4372	340,0000	66,3076	224,3078	160,0000	130,0000	86,8982	20,0000	55,0000	36,2224	45211,5883
16	1554	301,9754	337,4174	338,8404	60,0000	136,3257	160,0000	130,0000	47,0000	20,0000	55,0000	32,5716	40074,8774
17	1480	285,2106	225,0462	331,6069	60,0000	159,9272	160,0000	130,0000	77,3052	20,0000	55,0000	24,4720	38362,0467
18	1628	357,8740	321,3773	340,0000	60,4363	147,5230	156,5040	130,0000	67,9572	24,2170	55,0000	33,0138	41798,3633
19	1776	457,9204	314,3932	340,0000	72,8823	190,9002	160,0000	130,0000	69,7174	23,3971	55,0000	38,6530	45224,1608
20	2072	470,0000	435,4686	340,0000	180,0000	243,0000	160,0000	130,0000	91,5014	20,0000	55,0000	53,4692	52115,8661
21	1924	404,0957	412,4518	339,5371	180,0000	210,1631	160,0000	130,0000	59,0806	20,0000	55,0000	46,8236	48607,0632
22	1628	337,4720	306,5581	340,0000	60,0000	147,2112	160,0000	130,0000	101,7192	20,0000	55,0000	30,3617	41791,5778
23	1332	244,9796	209,0561	322,7598	60,0000	102,0765	160,0000	130,0000	49,0948	20,0000	55,0000	21,3721	34969,6046
24	1184	227,8688	154,4272	263,3128	60,0000	81,7386	160,0000	130,0000	47,0000	20,0000	55,0000	15,8401	31648,5147



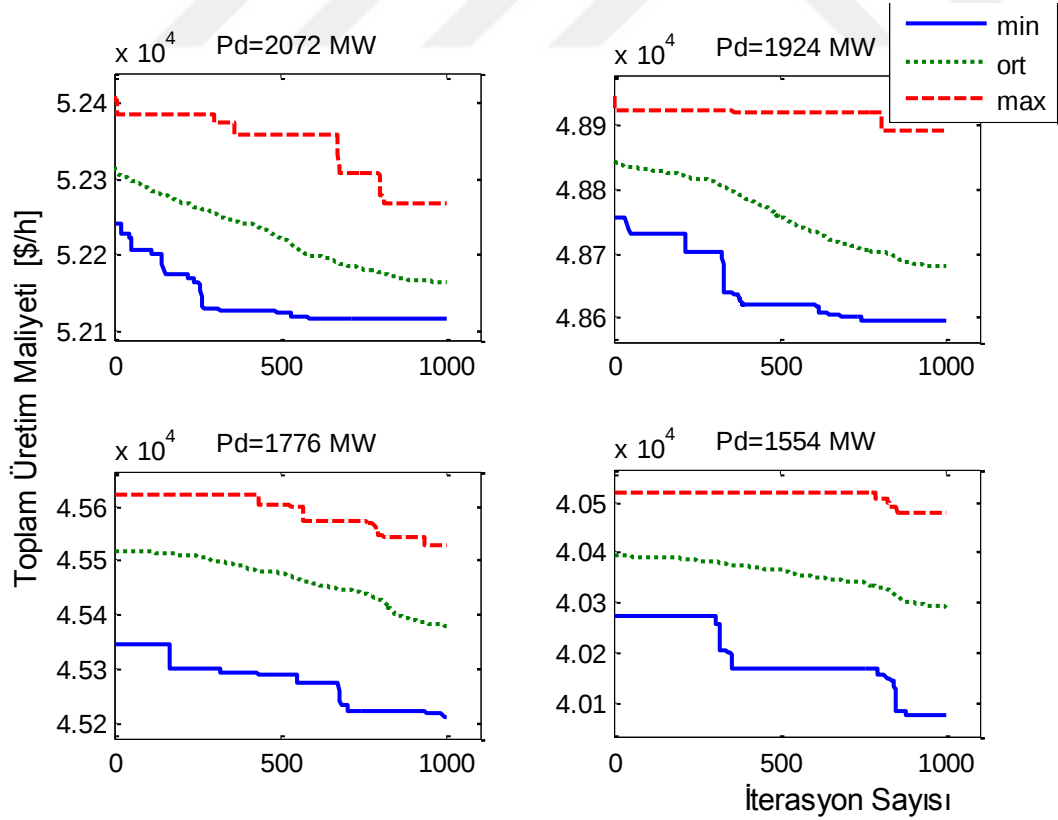
Şekil 4.28 : 10 üniteli test sisteminde 1., 2., 3. ve 4. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları.



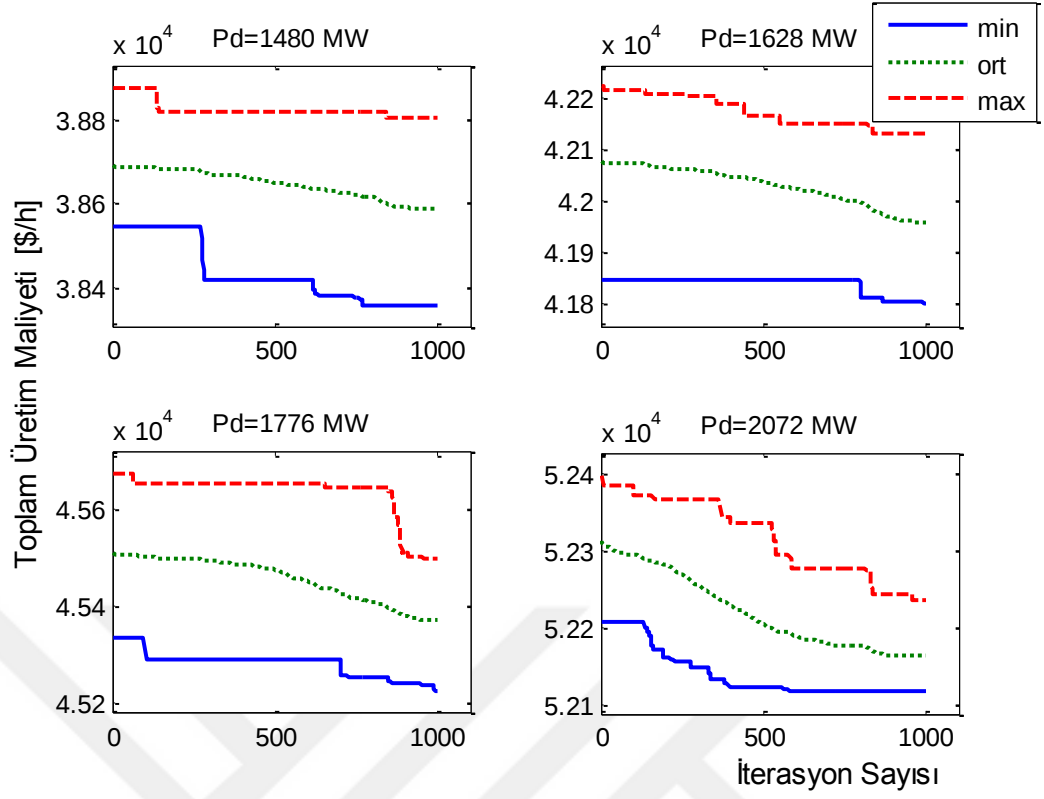
Şekil 4.29 : 10 üniteli test sisteminde 5., 6., 7. ve 8. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları.



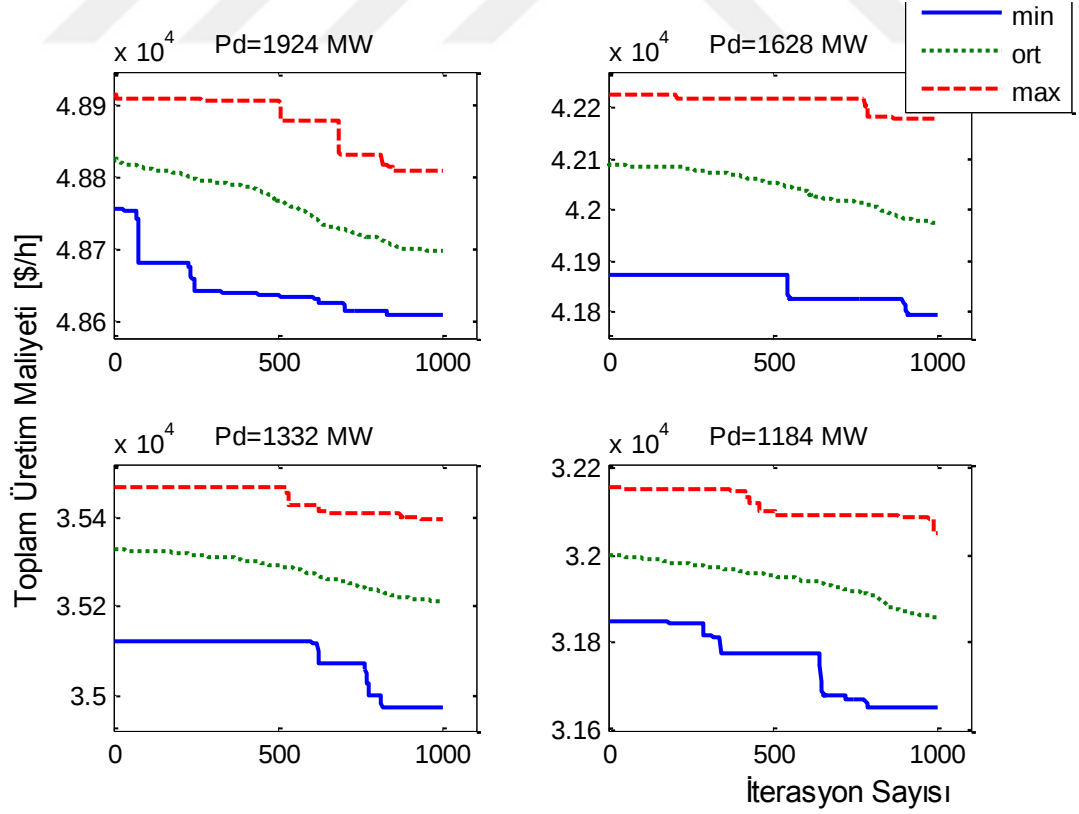
Şekil 4.30 : 10 üniteli test sisteminde 9., 10., 11. ve 12. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları.



Şekil 4.31 : 10 üniteli test sisteminde 13., 14., 15. ve 16. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları.



Şekil 4.32 : 10 üniteli test sisteminde 17., 18., 19. ve 20. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları.



Şekil 4.33 : 10 üniteli test sisteminde 21., 22., 23. ve 24. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları.

4.2.7 10 üniteli test sistemi TAA sonuçları

10 üniteli test sistemi üzerinde TAA metoduyla DEYD problemi çözümlemesi sonucu elde edilen maksimum yakıt maliyet eğrisinin ve minimum yakıt maliyet eğrisinin, talep edilen güç değerleri için kaçınıcı iterasyonda yakınsadığı Çizelge 4.18’de görüldüğü gibidir. 10 üniteli test sistemi üzerinde DEYD problemi çözümü için TAA metoduyla hesaplanan generatör ünitelerinin optimal çıkış güçlerinin ve generatör ünitelerinin saatlik toplam yakıt maliyetlerinin 20 deneme sonundaki minimum değerleri ve kayıp güçler Çizelge 4.19’da gösterilmiştir. 10 üniteli test sistemi için TAA metoduyla bulunan 24 saatlik toplam minimum yakıt maliyeti 1.031.917,2320 \$/gün olarak bulunmuştur.

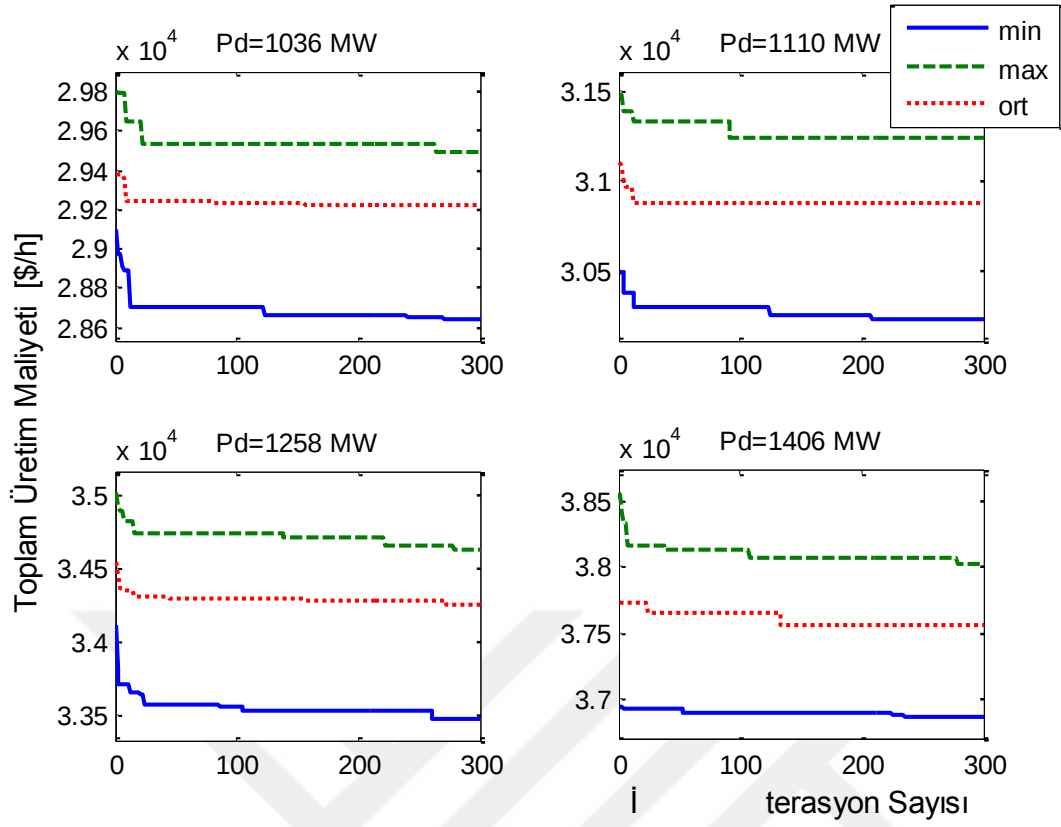
10 üniteli test sisteminde TAA ile elde edilen minimum, maksimum ve 20 deneme sonucu elde edilen ortalama yakıt maliyet eğrileri Şekil 4.34, Şekil 4.35, Şekil 4.36, Şekil 4.37, Şekil 4.38 ve Şekil 4.39’daki gibidir.

Çizelge 4.18 : 10 üniteli test sistemi yakıt maliyet eğrilerinin farklı talep güçlerindeki TAA metodu için yakınsama iterasyon sayıları.

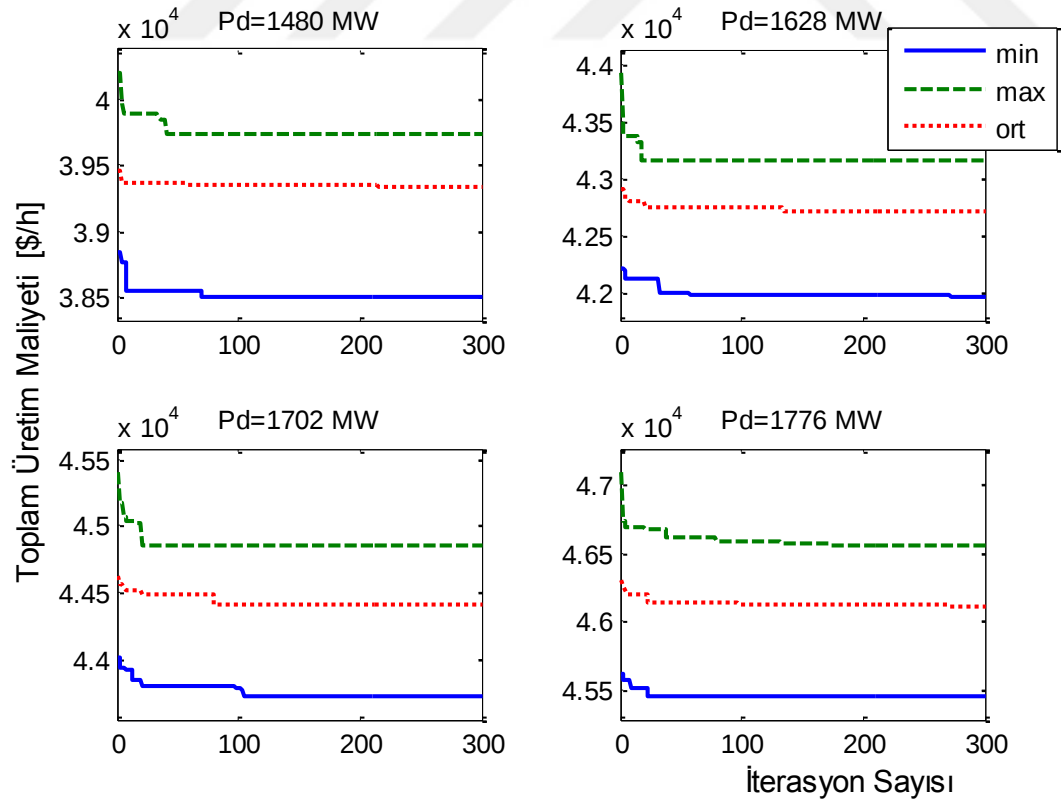
Saat	Pd [MW]	Minimum Eğri İçin Yakınsama İterasyonu	Maksimum Eğri İçin Yakınsama İterasyonu
1	1036	120	270
2	1110	200	100
3	1258	260	280
4	1406	225	275
5	1480	65	35
6	1628	50	19
7	1702	105	20
8	1776	25	150
9	1924	175	75
10	2072	180	270
11	2146	50	250
12	2220	250	110
13	2072	200	230
14	1924	205	75
15	1776	230	60
16	1554	130	100
17	1480	50	65
18	1628	150	25
19	1776	25	115
20	2072	20	95
21	1924	240	240
22	1628	150	225
23	1332	15	125
24	1184	120	115

Çizelge 4.19 : 10 üniteli test sistemi TAA sonuçları.

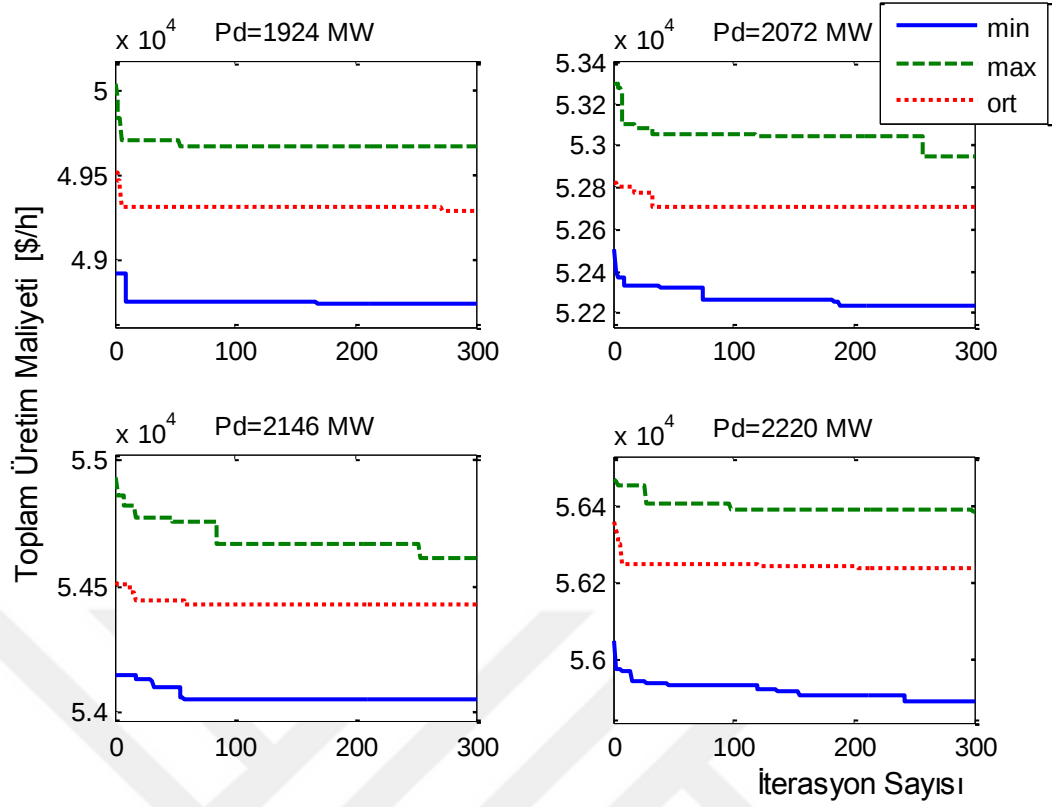
Saat	Pd [MW]	P1 [MW]	P2 [MW]	P3 [MW]	P4 [MW]	P5 [MW]	P6 [MW]	P7 [MW]	P8 [MW]	P9 [MW]	P10 [MW]	Pl [MW]	Maliyet [\$/h]
1	1036	158,7207	138,7022	148,8586	64,5022	80,0062	142,8974	127,8648	99,0132	31,2321	55,0000	10,6537	28641,6937
2	1110	220,3348	195,2734	131,8726	65,2501	87,2417	152,7663	125,5970	71,0233	20,9554	55,0000	14,8987	30235,9905
3	1258	182,7779	140,4792	272,1081	92,4589	157,4491	158,1171	125,2975	67,4603	24,0182	55,0000	16,8793	33477,7732
4	1406	233,6436	291,0554	304,0389	70,4255	132,2319	141,2753	117,9102	64,5784	20,6142	55,0000	24,9648	36860,6276
5	1480	391,8695	173,6425	334,5128	89,2680	102,2228	152,1669	119,4951	61,2445	24,0419	55,0000	23,1868	38492,3673
6	1628	365,4944	228,3097	323,4303	67,7801	209,9616	139,1265	128,9971	108,4037	29,6041	55,0000	27,7432	41951,9823
7	1702	349,5704	426,3797	307,9399	68,2398	171,1641	154,3215	123,9229	52,3581	35,2698	55,0000	42,1151	43713,8881
8	1776	362,5934	447,8751	279,4882	72,4880	240,4633	155,8978	126,6877	56,0975	26,3475	55,0000	47,2196	45446,4481
9	1924	439,7967	407,8402	326,3784	193,7010	205,3906	144,6282	129,8683	47,9481	21,4343	55,0000	47,5885	48732,1022
10	2072	447,5255	459,9227	336,3426	219,2454	226,8803	157,6429	125,9740	78,0742	20,2707	55,0000	54,5693	52236,9258
11	2146	466,8891	439,4267	335,9778	240,0643	235,7101	157,9545	123,4637	117,9817	27,6164	55,0000	54,3204	54047,8565
12	2220	464,2658	449,2143	339,6066	299,4379	242,6081	150,7139	129,6615	118,0387	28,6679	55,0000	57,6572	55895,6036
13	2072	464,9332	416,8248	337,5842	196,3649	236,5003	159,0840	122,8179	113,3779	20,0784	55,0000	50,5480	52196,1771
14	1924	410,1896	406,9196	334,4541	186,8574	159,5567	157,3992	125,4301	107,0566	24,3346	55,0000	43,3338	48712,7339
15	1776	346,9044	395,9176	322,4570	96,4208	204,1793	155,1682	129,4923	87,3024	23,9975	55,0000	40,5776	45377,6319
16	1554	329,8410	222,3521	330,1055	81,6018	216,6693	140,1995	126,7493	58,3063	21,0198	55,0000	27,5988	40189,1751
17	1480	287,5038	241,4231	325,8585	87,5351	122,1455	157,2414	104,3401	98,8658	23,0443	55,0000	22,6920	38583,7678
18	1628	373,2188	189,1436	337,9000	73,8868	223,2430	156,0370	128,9969	82,3292	37,0277	55,0000	28,4292	41894,9169
19	1776	363,4306	408,3162	330,7756	69,4312	205,5174	149,2234	124,8352	79,2748	32,0608	55,0000	42,2847	45392,3906
20	2072	458,8338	456,4010	331,9582	186,8637	237,5601	159,8345	129,2278	78,7011	33,4988	55,0000	55,5894	52221,0298
21	1924	410,2148	434,2028	316,6674	189,3086	215,3282	152,3551	128,5252	50,7243	20,5762	55,0000	48,9760	48723,4893
22	1628	389,2497	251,4703	328,5323	75,3485	207,7647	136,7356	127,2539	60,0710	28,0898	55,0000	31,1800	41926,9655
23	1332	268,8138	144,1034	294,8222	79,9105	140,0251	154,8164	121,1989	61,6770	30,4453	55,0000	18,4875	35143,7351
24	1184	195,2869	202,3799	232,8888	61,0264	100,5694	154,4161	118,6890	48,6777	32,3485	55,0000	17,1596	31821,9599



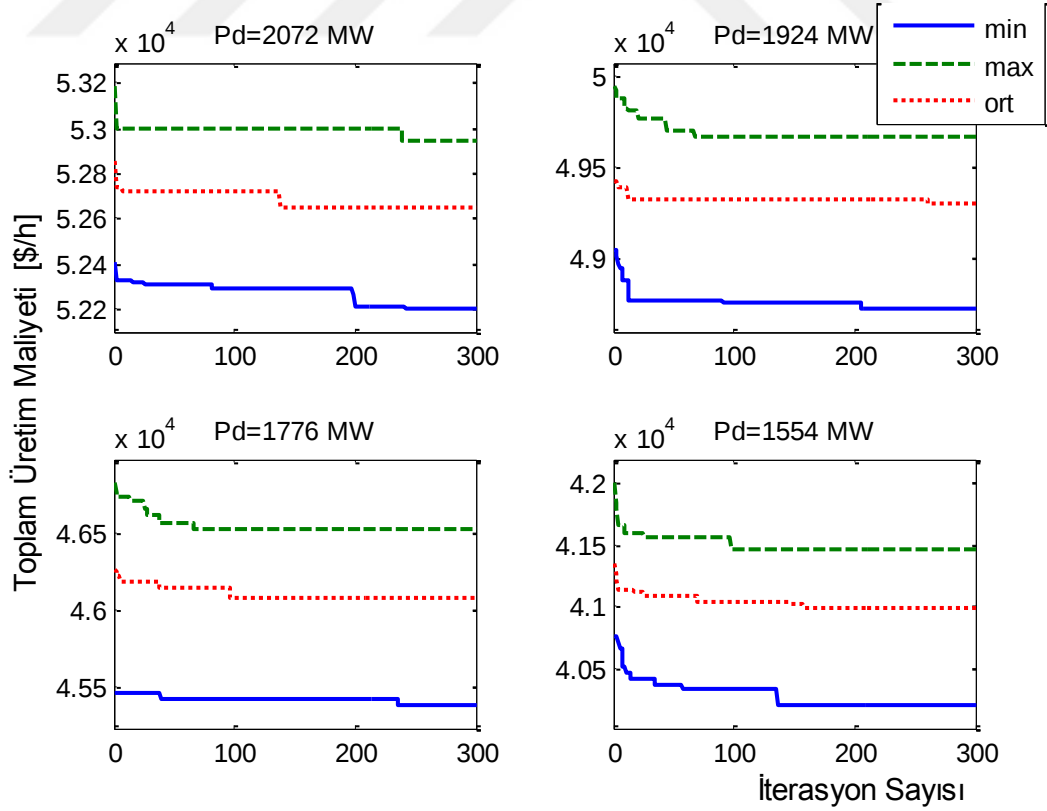
Şekil 4.34 : 10 üniteli test sisteminde 1., 2., 3. ve 4. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları.



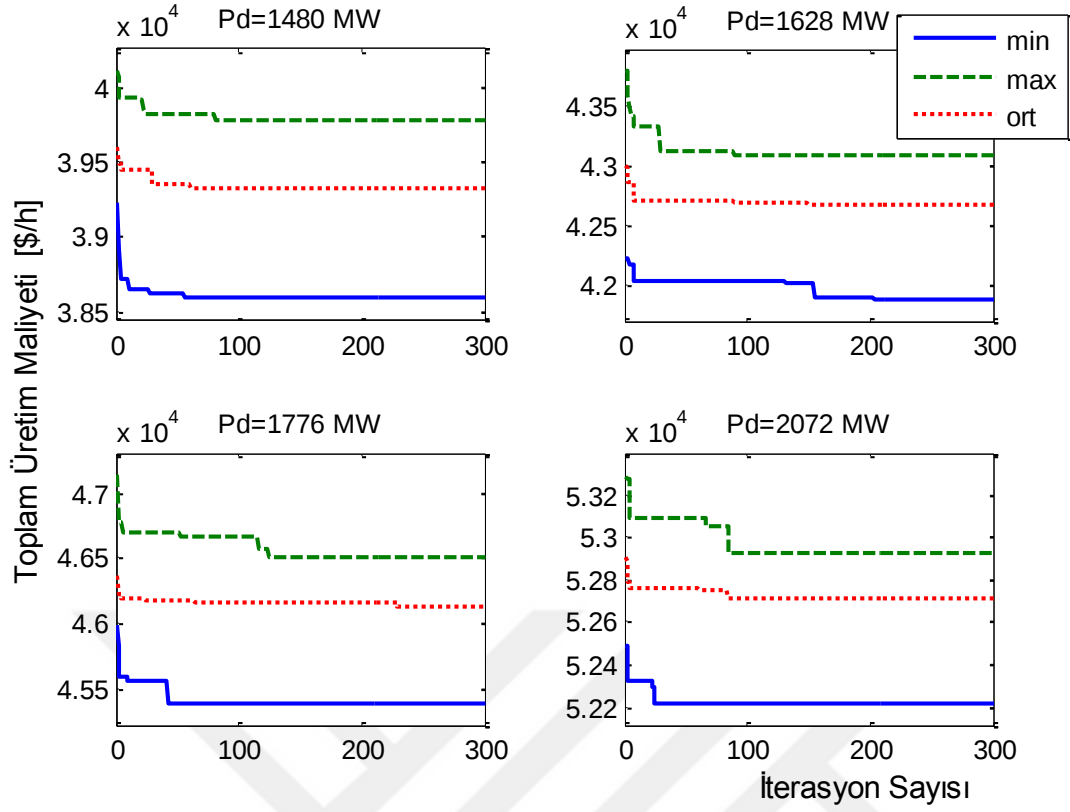
Şekil 4.35 : 10 üniteli test sisteminde 5., 6., 7. ve 8. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları.



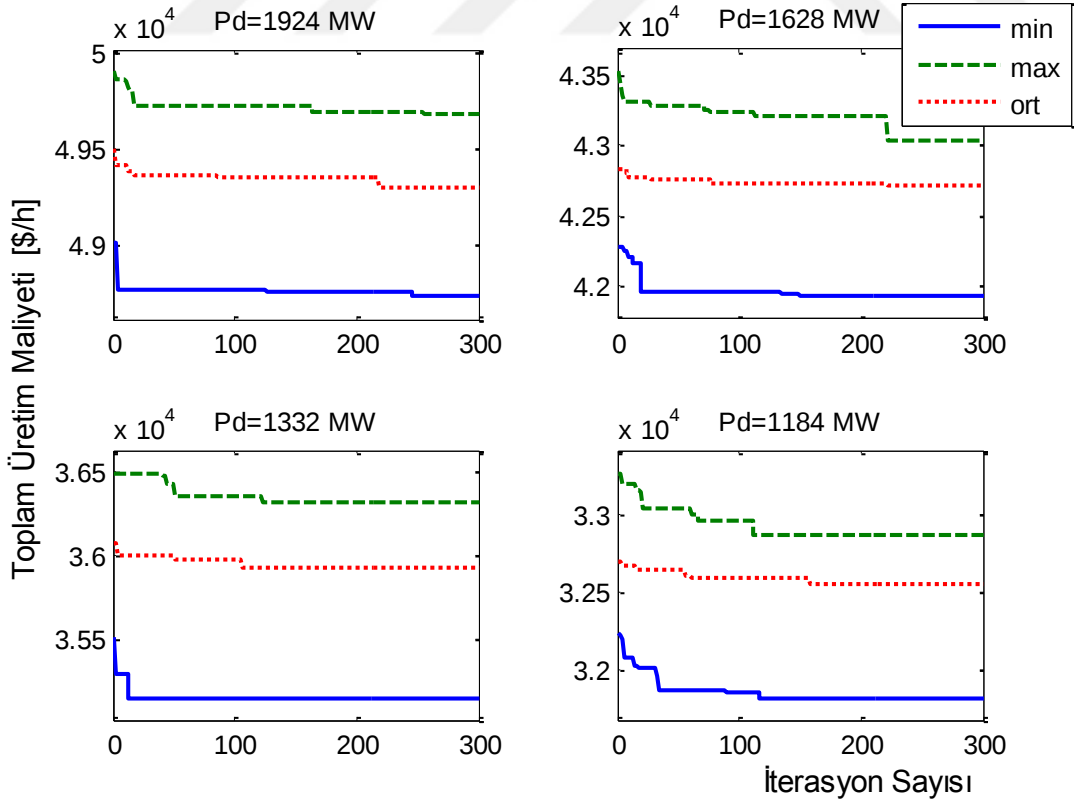
Şekil 4.36 : 10 üniteli test sisteminde 9., 10., 11. ve 12. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları.



Şekil 4.37 : 10 üniteli test sisteminde 13., 14., 15. ve 16. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları.



Şekil 4.38 : 10 üniteli test sisteminde 17., 18., 19. ve 20. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları.



Şekil 4.39 : 10 üniteli test sisteminde 21., 22., 23. ve 24. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları.

4.2.8 10 üniteli (kayıpsız) test sistemi GA sonuçları

10 üniteli (kayıpsız) test sistemi üzerinde GA metoduyla DEYD problemi çözümlemesi sonucu bulunan maksimum yakıt maliyet eğrisinin ve minimum yakıt maliyet eğrisinin, talep edilen güç değerleri için kaçınıcı iterasyonda yakınsadığı Çizelge 4.20’de görüldüğü gibidir. 10 üniteli test sistemi üzerinde kayıpların ihmal edildiği DEYD problemi çözümü için GA metoduyla hesaplanan generatör ünitelerinin optimal çıkış güçlerinin ve generatör ünitelerinin saatlik toplam yakıt maliyetlerinin 20 deneme sonundaki minimum değerleri Çizelge 4.21’de gösterilmiştir. 10 üniteli (kayıpsız) test sistemi için GA metoduyla bulunan 24 saatlik toplam minimum yakıt maliyeti 1.011.570,2874 \$/gün olarak bulunmuştur.

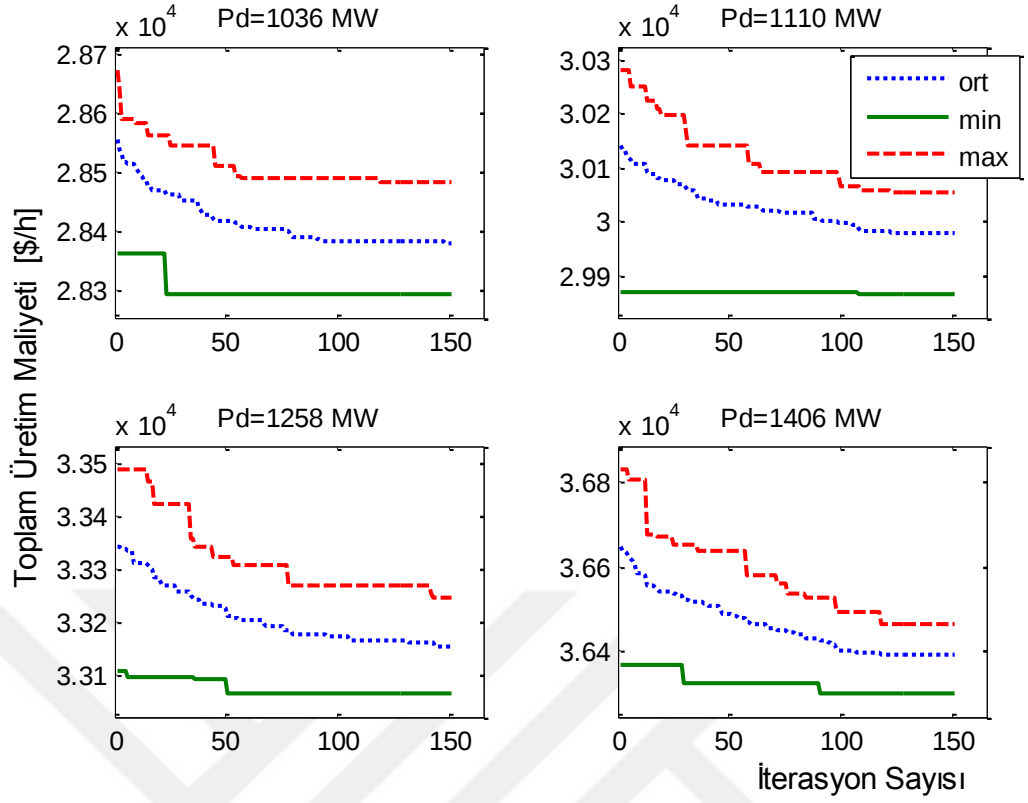
10 üniteli (kayıpsız) test sisteminde GA ile elde edilen minimum, maksimum ve 20 deneme sonucu elde edilen ortalama yakıt maliyet eğrileri Şekil 4.40, Şekil 4.41, Şekil 4.42, Şekil 4.43, Şekil 4.44 ve Şekil 4.45’teki gibidir.

Çizelge 4.20 : 10 üniteli (kayıpsız) test sistemi yakıt maliyet eğrilerinin farklı talep güçlerindeki GA metodu için yakınsama iterasyon sayıları.

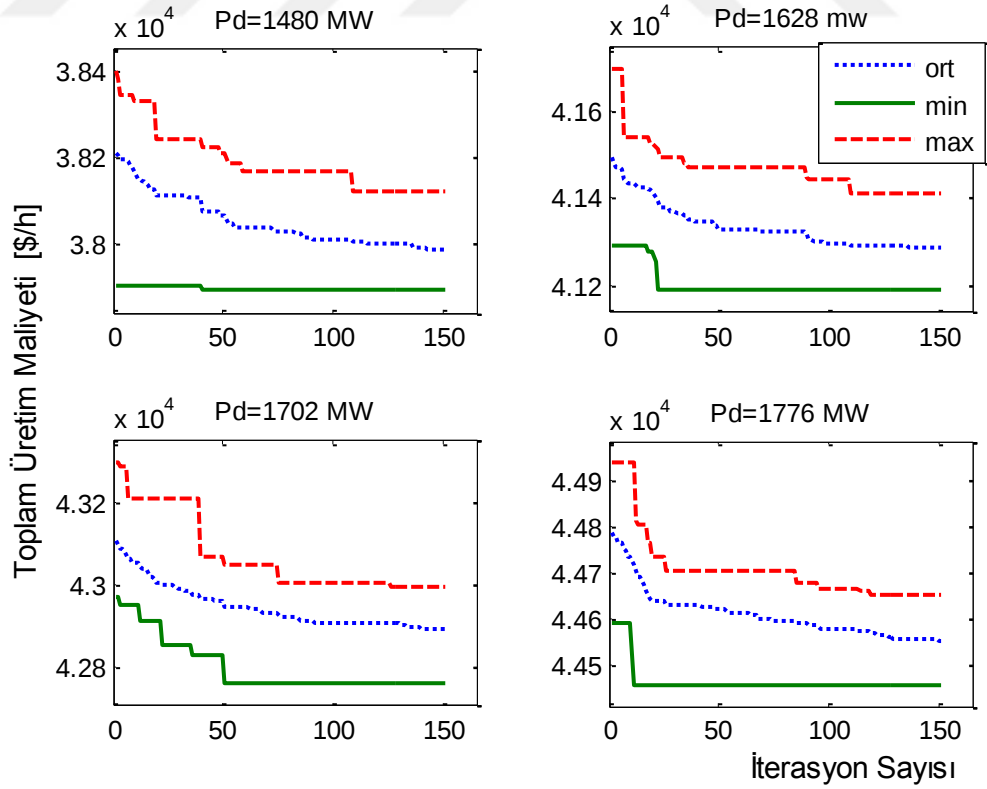
Saat	Pd [MW]	Minimum Eğri İçin Yakınsama İterasyonu	Maksimum Eğri İçin Yakınsama İterasyonu
1	1036	25	125
2	1110	110	110
3	1258	50	140
4	1406	90	125
5	1480	40	110
6	1628	21	110
7	1702	50	75
8	1776	15	120
9	1924	65	115
10	2072	20	60
11	2146	25	118
12	2220	1	130
13	2072	1	75
14	1924	105	120
15	1776	65	125
16	1554	1	142
17	1480	25	80
18	1628	120	110
19	1776	135	125
20	2072	25	125
21	1924	15	140
22	1628	30	60
23	1332	40	140
24	1184	15	75

Çizelge 4.21 : 10 üniteli test sistemi GA sonuçları (kayıpsız).

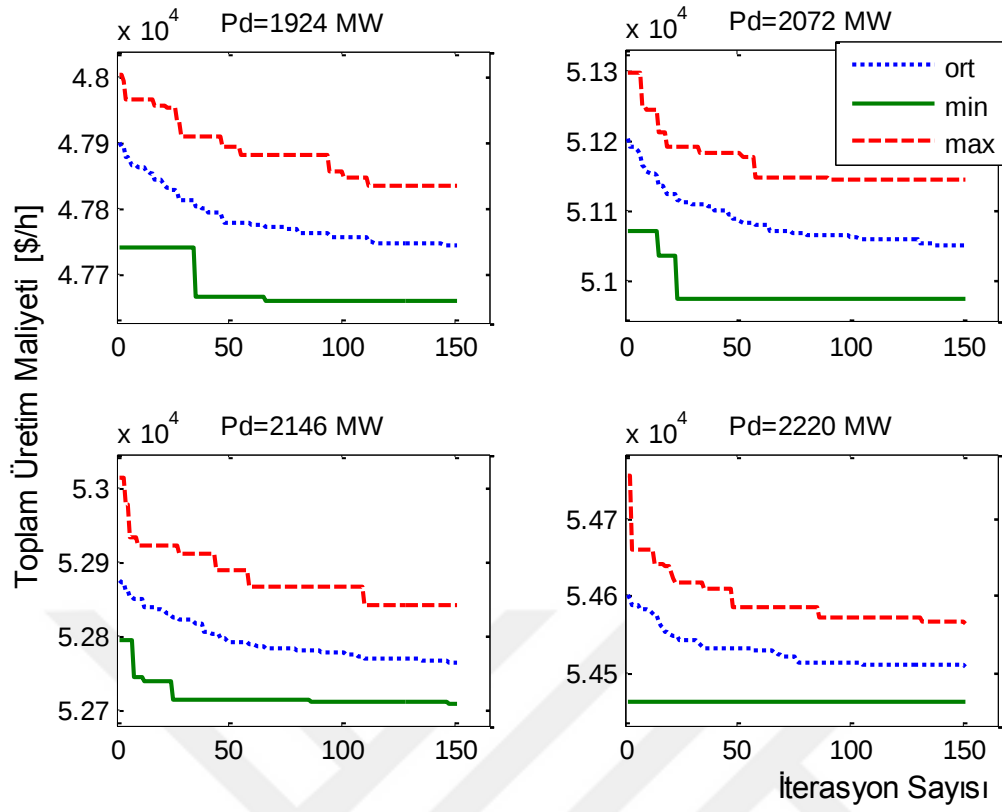
Saat	Pd [MW]	P1 [MW]	P2 [MW]	P3 [MW]	P4 [MW]	P5 [MW]	P6 [MW]	P7 [MW]	P8 [MW]	P9 [MW]	P10 [MW]	Maliyet [\$/h]
1	1036	181,3405	158,2821	158,0339	72,6500	78,5480	135,1396	125,3793	47,8724	23,6460	55,0000	28291,1344
2	1110	267,6679	154,4936	143,0442	61,5028	76,8560	155,1918	122,7660	49,4429	24,0028	55,0000	29862,9630
3	1258	162,3939	262,7571	216,1589	76,5220	123,6807	151,2350	129,6899	49,7304	31,0070	55,0000	33063,2246
4	1406	155,4899	312,5576	295,8580	75,0238	129,1317	159,8833	125,4783	59,3206	38,7086	55,0000	36297,1326
5	1480	362,2526	186,4690	329,9827	78,9443	117,3033	149,2246	128,6530	51,9726	20,4095	55,0000	37889,0035
6	1628	375,4951	321,7973	272,6328	60,8336	182,0603	151,9110	122,3956	52,7749	32,9160	55,0000	41189,3770
7	1702	281,2109	439,9957	336,1470	64,0527	160,5955	148,1926	127,4959	53,7151	35,9353	55,0000	42760,2292
8	1776	352,8616	398,6820	329,4254	71,3262	180,2655	159,5313	116,8471	88,9279	23,2137	55,0000	44457,3321
9	1924	428,7886	443,6800	331,1142	184,1274	111,2778	155,9981	126,6067	57,4250	30,3060	55,0000	47662,0477
10	2072	437,6090	437,6844	337,9030	182,8265	229,2754	155,8678	127,7581	80,4671	27,8429	55,0000	50972,7164
11	2146	465,5151	457,1140	318,3404	237,4105	225,8612	158,4256	128,1399	77,5037	22,5507	55,0000	52710,6340
12	2220	463,7586	459,7746	337,9355	293,6352	232,7944	158,2304	125,0965	72,5404	21,0269	55,0000	54462,3651
13	2072	416,9881	459,3118	325,6466	197,4402	238,6262	158,1400	127,8598	71,6900	20,9490	55,0000	50947,5755
14	1924	423,2223	401,6125	310,9765	180,5528	187,5642	158,6314	119,8748	58,5407	27,7282	55,0000	47680,1419
15	1776	420,7001	408,7407	286,8758	65,5023	179,8097	159,5800	119,0041	56,0684	24,9921	55,0000	44415,1445
16	1554	236,9242	440,6039	306,6619	62,9897	87,5963	159,8485	116,4840	59,6481	28,2200	55,0000	39482,8885
17	1480	203,6683	331,3512	246,4973	60,1207	206,3522	156,3467	125,5686	66,0713	29,3476	55,0000	37922,0876
18	1628	289,3726	426,9406	288,4534	66,9717	118,3495	158,5786	124,7984	72,3790	27,0041	55,0000	41134,4439
19	1776	376,7515	428,8745	328,5233	117,8754	112,7979	155,1322	127,9305	50,2643	22,6850	55,0000	44423,5941
20	2072	469,6950	454,7071	321,5878	192,9316	204,6942	159,7360	121,5938	67,6870	24,1852	55,0000	50972,6742
21	1924	420,9863	459,7490	309,3028	182,4915	129,2229	159,5464	125,2998	57,4735	24,8847	55,0000	47637,8440
22	1628	247,9989	451,5832	312,8358	89,0346	122,7811	153,7670	123,0719	50,1401	21,7531	55,0000	41117,3445
23	1332	214,0237	166,0754	307,2511	64,7711	154,2222	157,6851	120,7898	51,2186	40,8015	55,0000	34697,2322
24	1184	177,2738	154,4524	201,1344	80,3472	159,7018	156,0531	117,2055	59,1027	23,6326	55,0000	31521,1569



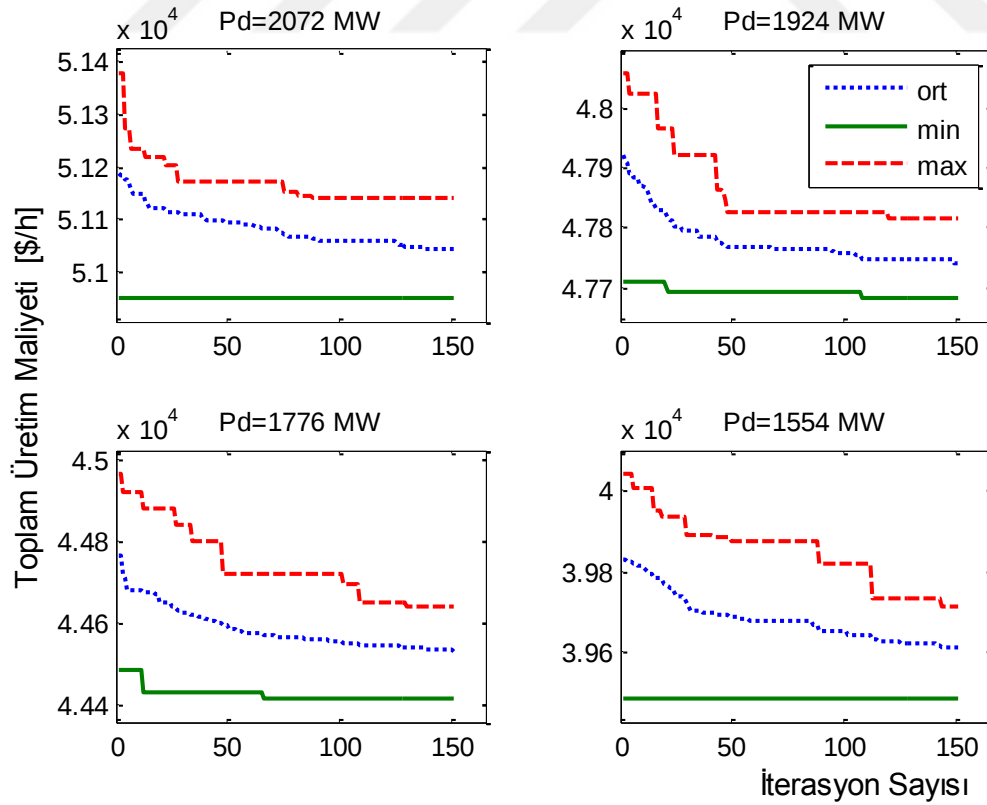
Şekil 4.40 : 10 üniteli test sisteminde 1., 2., 3. ve 4. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları (kayıpsız).



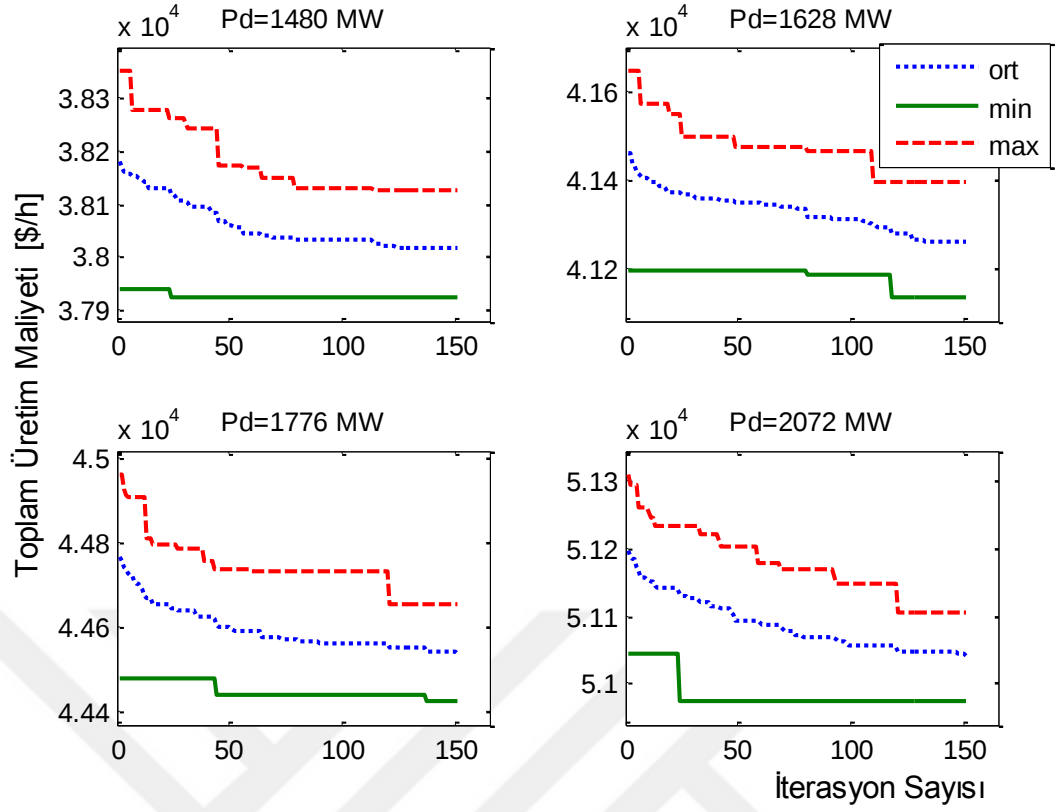
Şekil 4.41 : 10 üniteli test sisteminde 5., 6., 7. ve 8. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları (kayıpsız).



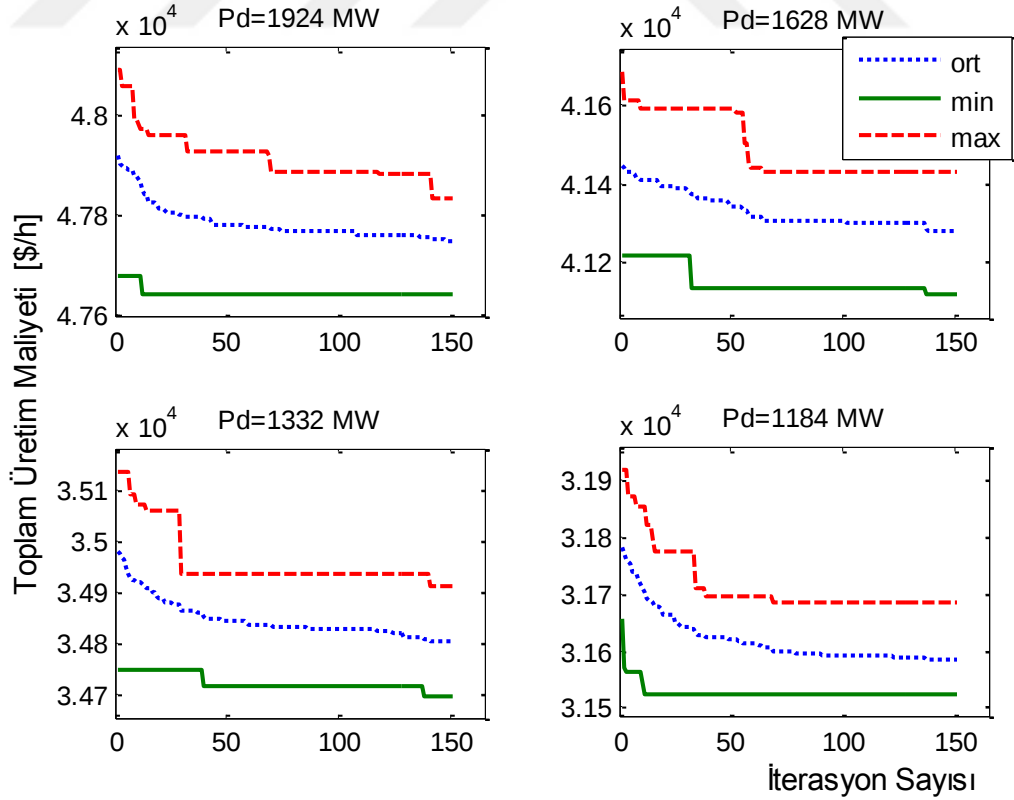
Şekil 4.42 : 10 üniteli test sisteminde 9., 10., 11. ve 12. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları (kayıpsız).



Şekil 4.43 : 10 üniteli test sisteminde 13., 14., 15. ve 16. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları (kayıpsız).



Şekil 4.44 : 10 üniteli test sisteminde 17., 18., 19. ve 20. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları (kayıpsız).



Şekil 4.45 : 10 üniteli test sisteminde 21., 22., 23. ve 24. saatlerdeki talep güçler için GA simülasyon sonuçları (kayıpsız).

4.2.9 10 üniteli (kayıpsız) test sistemi PSO algoritması sonuçları

10 üniteli (kayıpsız) test sistemi üzerinde PSO metoduyla DEYD problemi çözümlemesi sonucu bulunan maksimum yakıt maliyet eğrisinin ve minimum yakıt maliyet eğrisinin, talep edilen güç değerleri için kaçınıcı iterasyonda yakınsadığı Çizelge 4.22’de görüldüğü gibidir. 10 üniteli test sistemi üzerinde kayıpların ihmal edildiği DEYD problemi çözümü için PSO metoduyla hesaplanan generatör ünitelerinin optimal çıkış güçlerinin ve generatör ünitelerinin saatlik toplam yakıt maliyetlerinin 20 deneme sonundaki minimum değerleri Çizelge 4.23’te gösterilmiştir. 10 üniteli (kayıpsız) test sistemi için PSO metoduyla bulunan 24 saatlik toplam minimum yakıt maliyeti 1.008.365,4773 \$/gün olarak bulunmuştur.

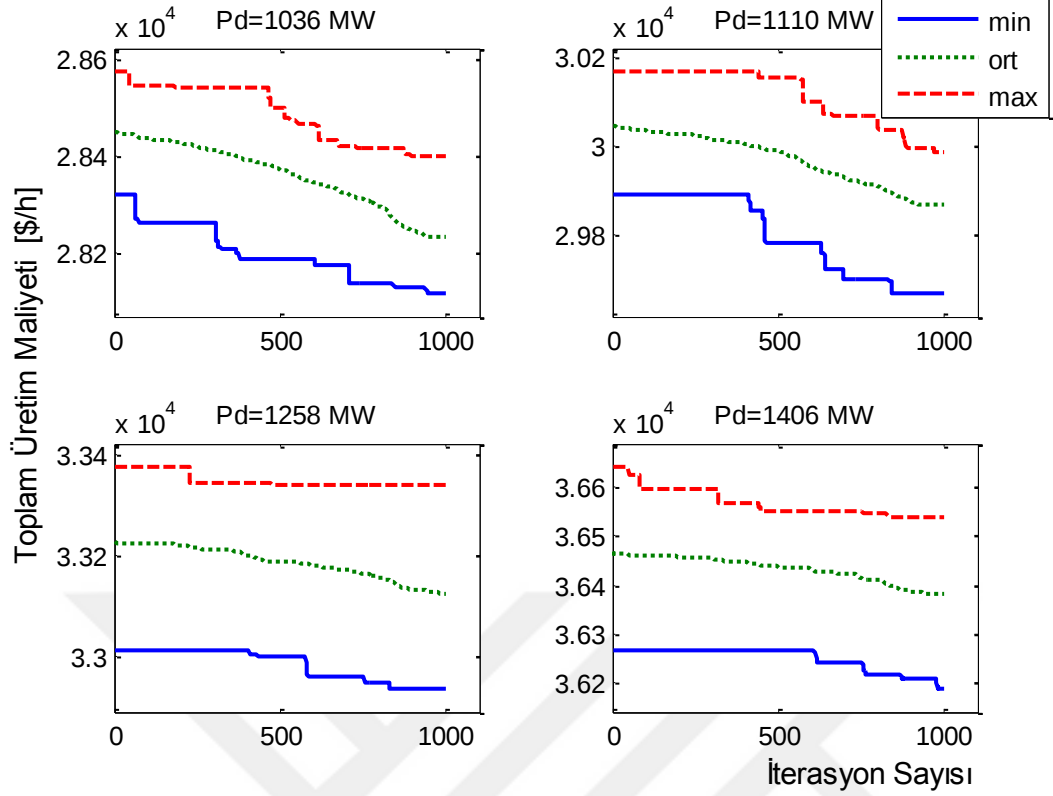
10 üniteli (kayıpsız) test sisteminde PSO ile elde edilen minimum, maksimum ve 20 deneme sonucu elde edilen ortalama yakıt maliyet eğrileri Şekil 4.46, Şekil 4.47, Şekil 4.48, Şekil 4.49, Şekil 4.50 ve Şekil 4.51’deki gibidir.

Çizelge 4.22 : 10 üniteli (kayıpsız) test sistemi yakıt maliyet eğrilerinin farklı talep güçlerindeki PSO metodu için yakınsama iterasyon sayıları.

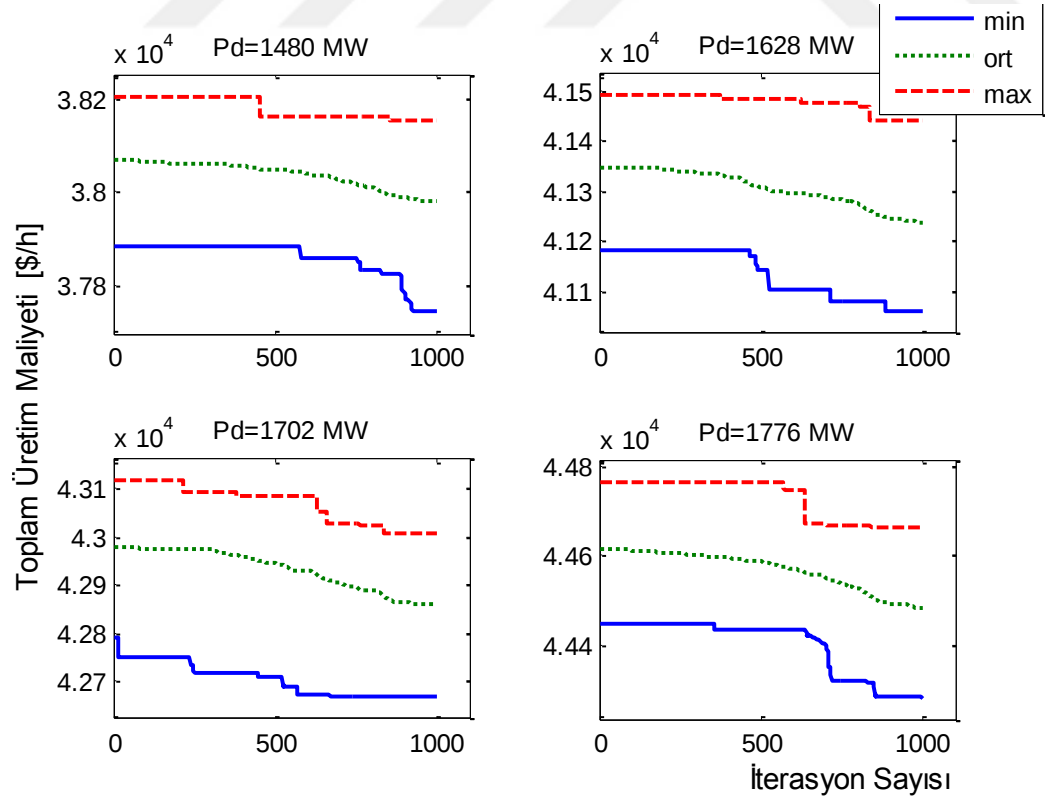
Saat	Pd [MW]	Minimum Eğri İçin Yakınsama İterasyonu	Maksimum Eğri İçin Yakınsama İterasyonu
1	1036	950	900
2	1110	800	950
3	1258	800	500
4	1406	990	800
5	1480	900	850
6	1628	870	800
7	1702	700	800
8	1776	820	790
9	1924	800	850
10	2072	800	930
11	2146	400	990
12	2220	220	400
13	2072	650	950
14	1924	850	800
15	1776	790	790
16	1554	500	800
17	1480	900	850
18	1628	950	950
19	1776	850	400
20	2072	650	650
21	1924	820	850
22	1628	950	800
23	1332	770	950
24	1184	820	800

Çizelge 4.23 : 10 üniteli test sistemi PSO sonuçları (kayıpsız).

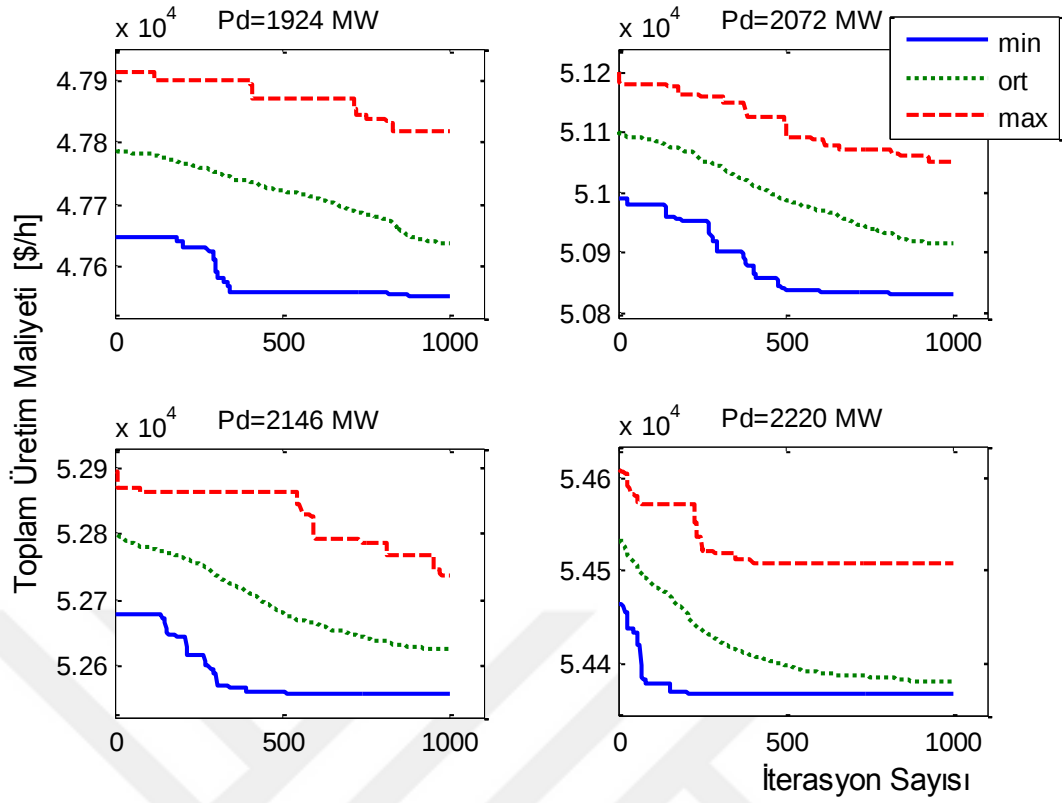
Saat	Pd [MW]	P1 [MW]	P2 [MW]	P3 [MW]	P4 [MW]	P5 [MW]	P6 [MW]	P7 [MW]	P8 [MW]	P9 [MW]	P10 [MW]	Maliyet [\$/h]
1	1036	150,0000	135,0000	199,5583	60,0000	73,0000	160,0000	130,0000	49,5655	23,4666	55,0000	28116,1054
2	1110	150,0000	157,9471	256,5592	60,0000	73,0000	160,0000	130,0000	47,0000	20,0000	55,0000	29669,2956
3	1258	174,4265	177,2698	293,1954	60,0000	123,8789	160,0000	130,0000	60,8327	22,9990	55,0000	32935,2081
4	1406	329,9278	177,3831	286,3467	60,0000	138,6645	160,0000	130,0000	47,0000	21,3284	55,0000	36185,4818
5	1480	161,9782	290,9886	340,0000	60,0000	206,7540	160,0000	130,0000	54,7924	20,0000	55,0000	37741,4544
6	1628	280,9721	324,5073	319,6067	60,0000	208,9293	159,7551	130,0000	67,4372	21,4154	55,0000	41056,9716
7	1702	406,8034	328,6954	340,0000	60,0000	137,0908	160,0000	130,0000	63,9360	20,0000	55,0000	42666,2196
8	1776	283,0369	457,7135	340,0000	60,0000	210,7419	160,0000	130,0000	58,5188	21,3909	55,0000	44282,0324
9	1924	419,7774	426,4842	326,4724	180,0000	158,7685	160,0000	130,0000	47,0000	20,0000	55,0000	47552,6724
10	2072	450,6153	445,9387	340,0000	180,0000	243,0000	160,0000	130,0000	47,0000	20,0000	55,0000	50828,4116
11	2146	470,0000	460,0000	340,0000	198,1492	243,0000	160,0000	130,0000	69,3540	20,0000	55,0000	52555,8408
12	2220	470,0000	460,0000	340,0000	261,0529	243,0000	160,0000	130,0000	80,4473	20,0000	55,0000	54365,3524
13	2072	456,9104	442,3756	337,2423	180,0000	243,0000	160,0000	130,0000	47,0000	20,0000	55,0000	50831,9806
14	1924	420,1689	438,3699	339,1015	180,0000	133,9128	160,0000	130,0000	47,0000	20,0000	55,0000	47539,8586
15	1776	459,2300	364,5459	340,0000	60,0000	130,8226	160,0000	130,0000	54,1552	22,1521	55,0000	44295,1459
16	1554	159,0334	418,5979	340,0000	60,0000	131,5683	160,0000	130,0000	68,8259	30,5038	55,0000	39408,2660
17	1480	323,3663	239,4746	340,0000	72,4231	83,5943	155,8192	130,0000	47,0000	32,8227	55,0000	37829,9938
18	1628	274,8974	441,5447	325,1707	60,0000	113,8905	160,0000	130,0000	47,0000	20,0000	55,0000	40969,8172
19	1776	356,4556	425,2008	340,0000	60,0000	174,7123	156,1253	127,7207	60,3154	20,0000	55,0000	44294,7616
20	2072	437,2809	459,3241	340,0000	180,0000	243,0000	160,0000	130,0000	47,0000	20,0000	55,0000	50825,4457
21	1924	405,1488	434,9304	340,0000	181,6499	149,7713	160,0000	130,0000	47,0000	20,0000	55,0000	47540,2644
22	1628	249,5527	369,6161	334,3145	60,0000	173,5054	159,5595	130,0000	74,7898	21,1644	55,0000	41041,5255
23	1332	271,3399	258,4799	249,8726	60,0000	80,0288	160,0000	130,0000	47,0000	20,0000	55,0000	34545,1567
24	1184	150,0000	256,7145	231,1647	60,0000	73,6407	160,0000	130,0000	47,0000	20,0000	55,0000	31288,2153



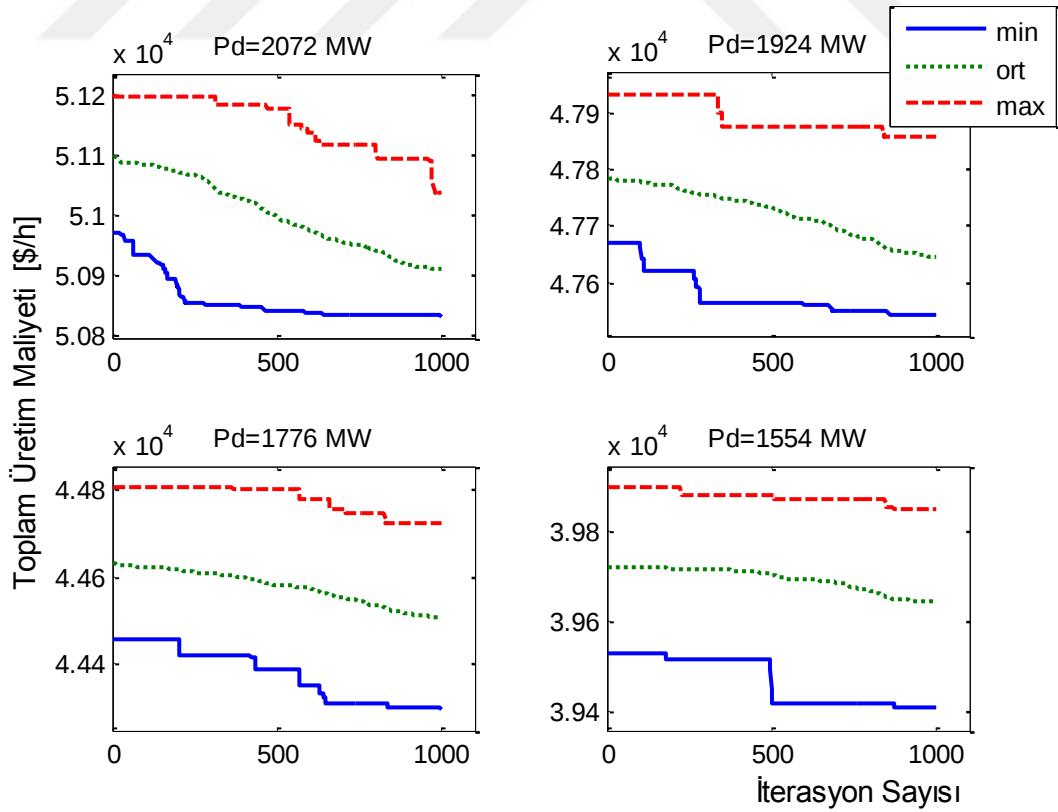
Şekil 4.46 : 10 üniteli test sisteminde 1., 2., 3. ve 4. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları (kayıpsız).



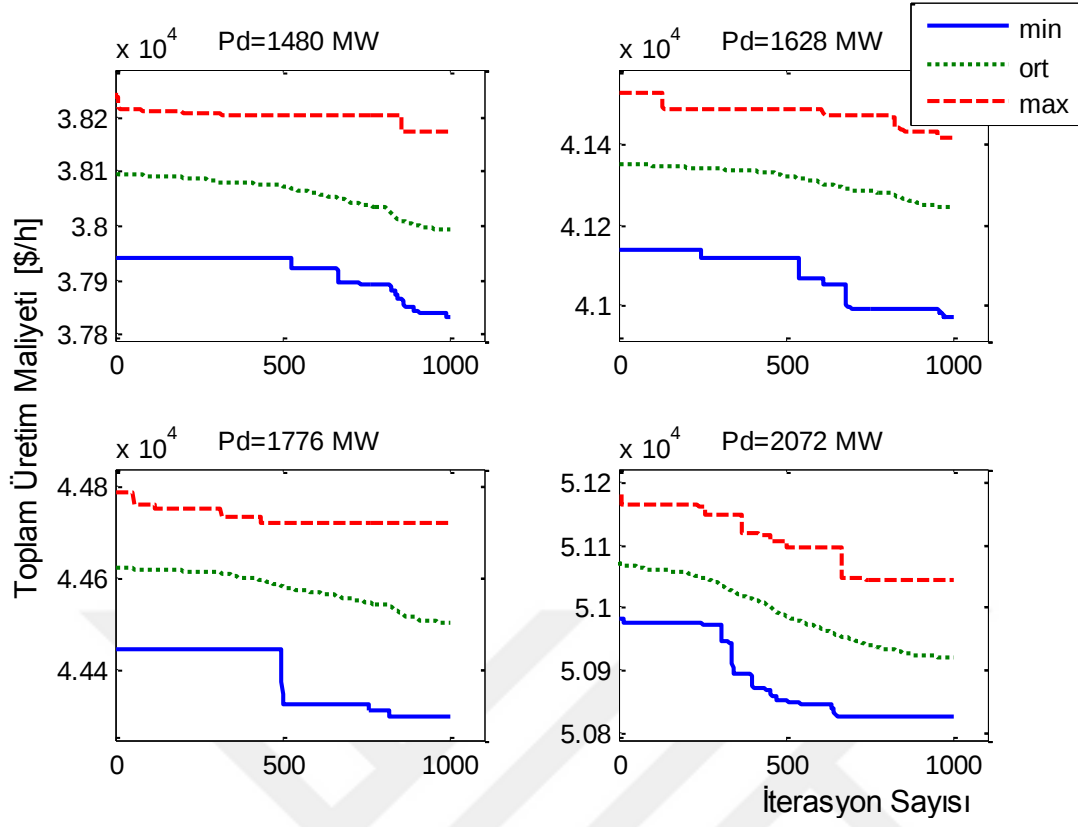
Şekil 4.47 : 10 üniteli test sisteminde 5., 6., 7. ve 8. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları (kayıpsız).



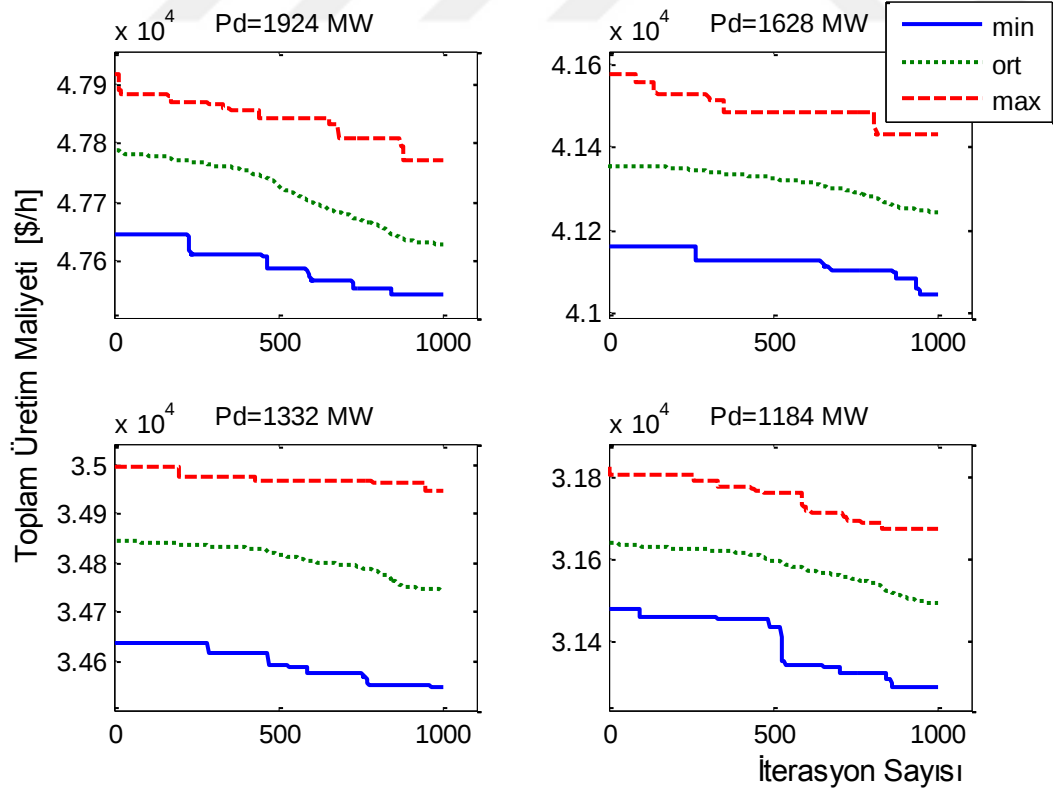
Şekil 4.48 : 10 üniteli test sisteminde 9., 10., 11. ve 12. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları (kayıpsız).



Şekil 4.49 : 10 üniteli test sisteminde 13., 14., 15. ve 16. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları (kayıpsız).



Şekil 4.50 : 10 üniteli test sisteminde 17., 18., 19. ve 20. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları (kayıpsız).



Şekil 4.51 : 10 üniteli test sisteminde 21., 22., 23. ve 24. saatlerdeki talep güçler için PSO simülasyon sonuçları (kayıpsız).

4.2.10 10 üniteli (kayıpsız) test sistemi TAA sonuçları

10 üniteli (kayıpsız) test sistemi üzerinde TAA metoduyla DEYD problemi çözümlemesi sonucu elde edilen maksimum yakıt maliyet eğrisinin ve minimum yakıt maliyet eğrisinin, talep edilen güç değerleri için kaçınıcı iterasyonda yakınsadığı Çizelge 4.24’de görüldüğü gibidir. 10 üniteli test sistemi üzerinde kayıpların ihmal edildiği DEYD problemi çözümü için TAA metoduyla hesaplanan generatör ünitelerinin optimal çıkış güçlerinin ve generatör ünitelerinin saatlik toplam yakıt maliyetlerinin 20 deneme sonundaki minimum değerleri Çizelge 4.25’te gösterilmiştir. 10 üniteli (kayıpsız) test sistemi için TAA metoduyla bulunan 24 saatlik toplam minimum yakıt maliyeti 1.012.608,5325 \$/gün olarak bulunmuştur.

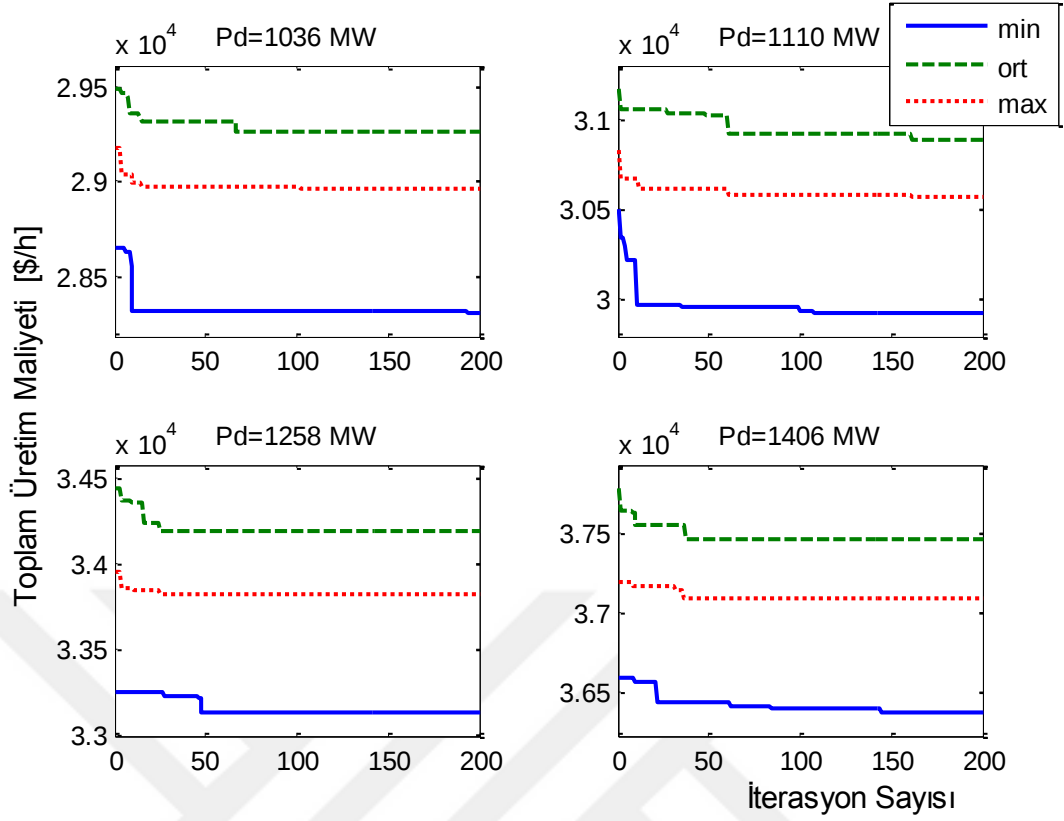
10 üniteli (kayıpsız) test sisteminde TAA ile elde edilen minimum, maksimum ve 20 deneme sonucu elde edilen ortalama yakıt maliyet eğrileri Şekil 4.52, Şekil 4.531, Şekil 4.54, Şekil 4.55, Şekil 4.56 ve Şekil 4.57’deki gibidir.

Çizelge 4.24 : 10 üniteli (kayıpsız) test sistemi yakıt maliyet eğrilerinin farklı talep güçlerindeki TA metodu için yakınsama iterasyon sayıları.

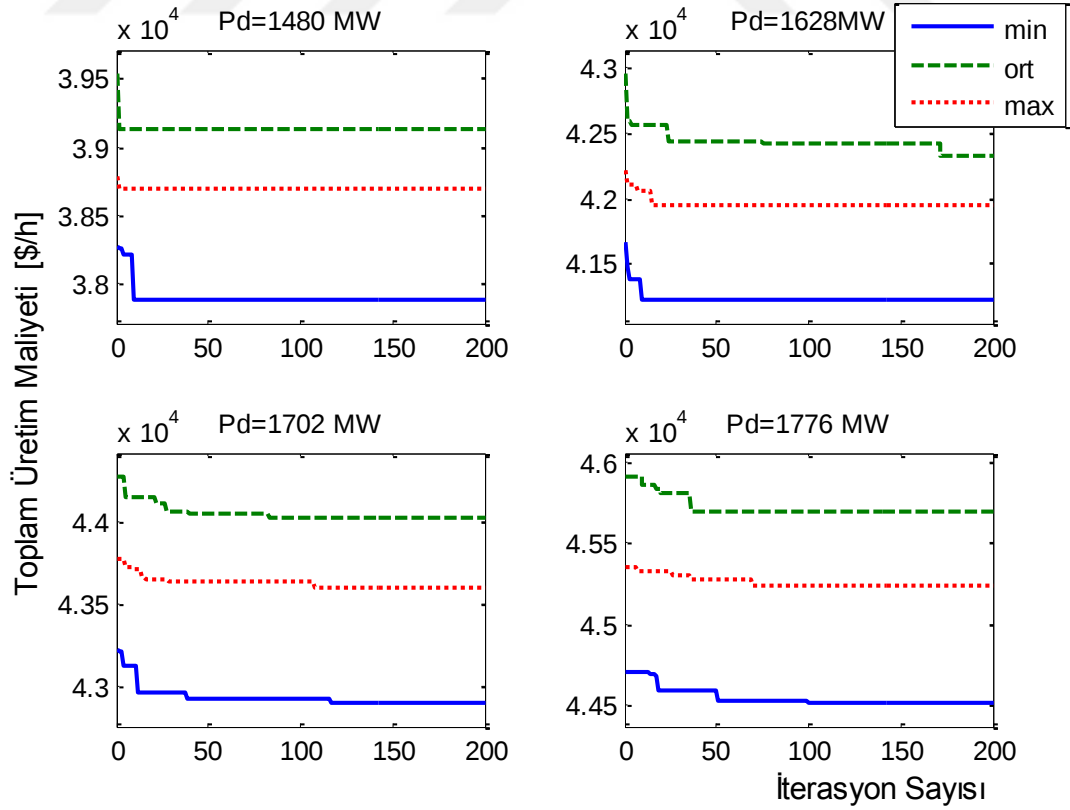
Saat	Pd [MW]	Minimum Eğri İçin Yakınsama İterasyonu	Maksimum Eğri İçin Yakınsama İterasyonu
1	1036	10	75
2	1110	105	165
3	1258	50	25
4	1406	85	45
5	1480	10	1
6	1628	10	170
7	1702	115	85
8	1776	50	45
9	1924	110	100
10	2072	100	300
11	2146	140	130
12	2220	65	110
13	2072	80	55
14	1924	100	20
15	1776	195	100
16	1554	100	95
17	1480	45	30
18	1628	150	12
19	1776	75	170
20	2072	105	105
21	1924	15	165
22	1628	65	140
23	1332	85	1
24	1184	50	30

Çizelge 4.25 : 10 üniteli test sistemi TAA sonuçları (kayıpsız).

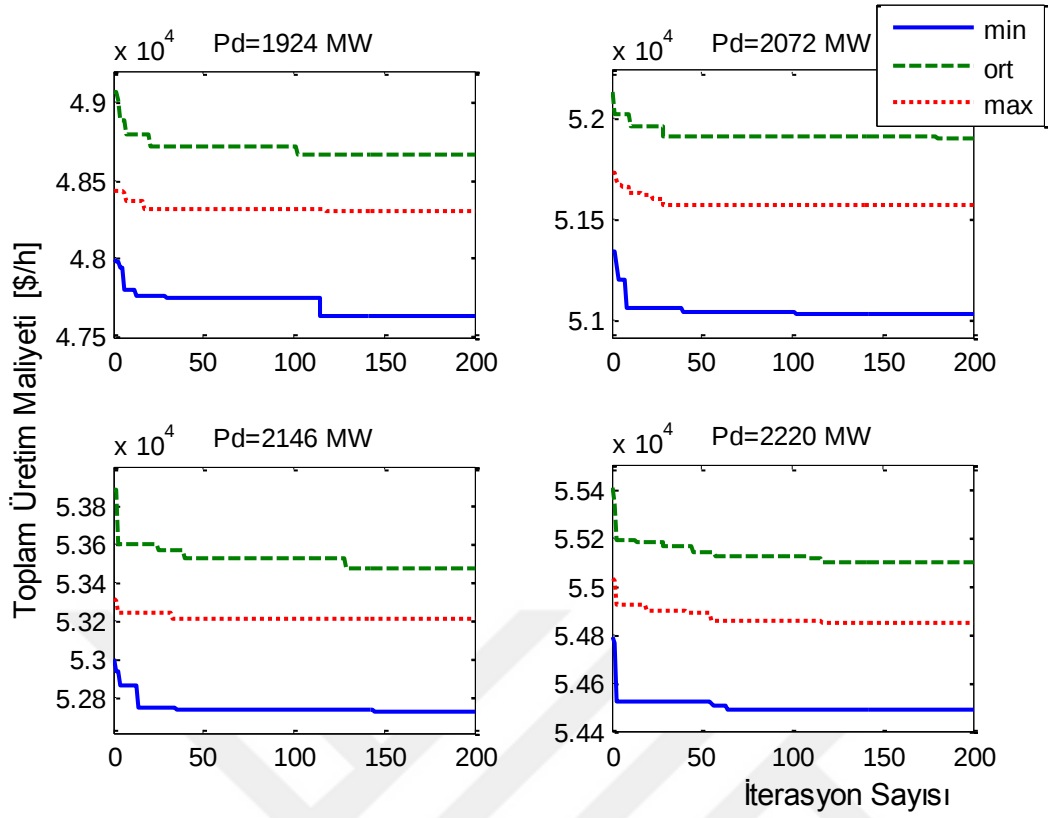
Saat	Pd [MW]	P1 [MW]	P2 [MW]	P3 [MW]	P4 [MW]	P5 [MW]	P6 [MW]	P7 [MW]	P8 [MW]	P9 [MW]	P10 [MW]	Maliyet [\$/h]
1	1036	222,581	158,8384	96,6645	65,97997	83,253	151,6229	124,522	53,5046	24,28682	55,0000	28302,75573
2	1110	217,868	193,9687	164,342	69,45536	81,5169	134,8758	123,81	47,1743	22,35076	55,0000	29910,23515
3	1258	175,582	342,3762	136,89	71,90722	113,569	156,2669	121,748	60,9406	23,87384	55,0000	33121,42804
4	1406	225,432	230,4933	242,303	64,38674	200,69	151,8943	127,596	77,7364	30,31927	55,0000	36359,68273
5	1480	279,078	421,326	207,016	62,94684	102,418	150,445	129,974	47,7007	23,78722	55,0000	37870,09704
6	1628	341,812	309,1061	318,808	60,28661	138,484	159,835	124,285	78,9532	41,42289	55,0000	41217,67169
7	1702	373,835	406,3417	287,581	69,04617	157,399	138,0002	119,943	70,7848	24,47157	55,0000	42889,15505
8	1776	379,583	433,4184	308,334	63,25098	158,031	146,5461	119,091	88,0961	25,09055	55,0000	44505,80126
9	1924	424,593	408,1634	338,579	181,7342	160,179	152,9944	126,974	50,8132	25,37526	55,0000	47633,71942
10	2072	465,421	451,0619	321,478	217,2805	187,608	158,2647	124,731	63,2353	28,08318	55,0000	51029,37553
11	2146	449,932	441,6081	333,685	248,8816	239,883	156,9205	125,868	68,1809	25,98564	55,0000	52732,92346
12	2220	461,238	443,1151	338,613	278,2234	240,711	156,2416	128,197	96,0804	22,57228	55,0000	54485,91042
13	2072	455,846	435,4405	332,825	203,9495	236,431	143,4873	129,327	50,1828	29,18379	55,0000	50996,37889
14	1924	410,456	439,0095	315,879	214,0584	128,994	146,9339	127,959	63,2958	22,14488	55,0000	47740,37576
15	1776	386,379	398,0783	277,471	84,683	205,947	153,5831	126,421	52,7866	35,31885	55,0000	44479,12289
16	1554	324,917	280,9983	284,723	63,22491	217,757	152,6118	95,5363	48,4146	30,62549	55,0000	39661,61786
17	1480	233,472	240,2886	323,294	74,18979	196,361	142,1873	127,277	57,1781	30,34427	55,0000	37924,0978
18	1628	347,112	362,7835	312,325	106,2913	79,4014	156,6296	127,842	52,5652	27,86908	55,0000	41167,58041
19	1776	442,683	343,6258	300,279	83,0235	206,178	150,7477	120,181	52,1464	22,28033	55,0000	44469,74691
20	2072	469,292	441,5221	311,878	207,3976	228,402	152,6134	126,26	50,6856	29,13354	55,0000	51015,06976
21	1924	423,691	450,7415	326,38	188,2324	133,687	159,7543	110,841	53,369	22,2845	55,0000	47687,51541
22	1628	332,715	402,0761	305,616	77,2505	109,003	154,037	112,947	54,1695	24,82747	55,0000	41167,89532
23	1332	218,633	196,5162	234,753	72,86855	172,194	159,8889	127,859	68,5926	25,27295	55,0000	34680,73469
24	1184	245,972	150,7297	230,511	74,21833	95,7304	126,6954	123,996	55,6019	25,48549	55,0000	31559,64132



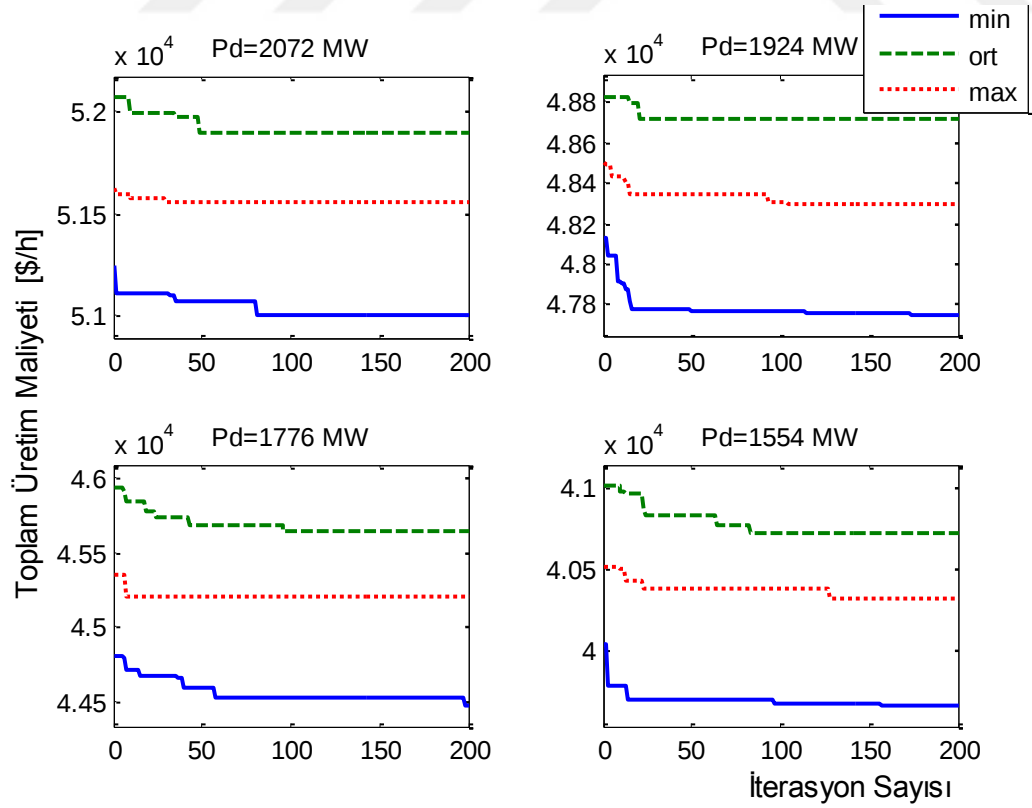
Şekil 4.52 : 10 üniteli test sisteminde 1., 2., 3. ve 4. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları (kayıpsız).



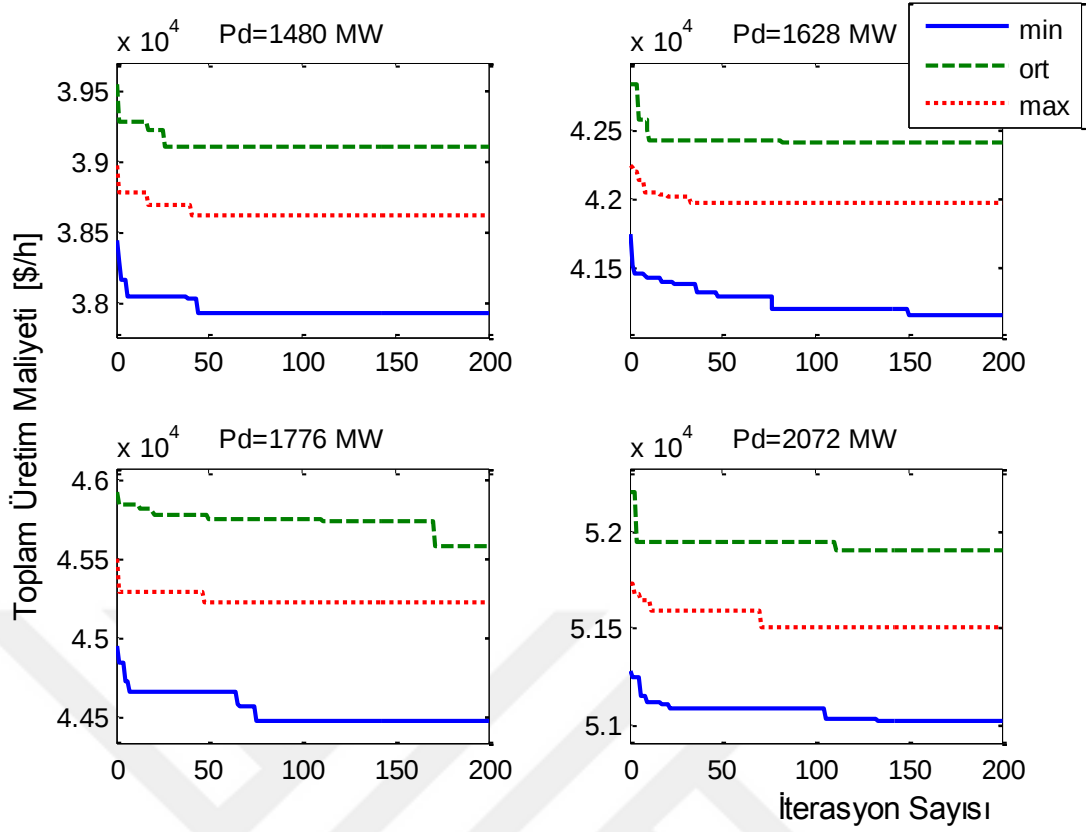
Şekil 4.53 : 10 üniteli test sisteminde 5., 6., 7. ve 8. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları (kayıpsız).



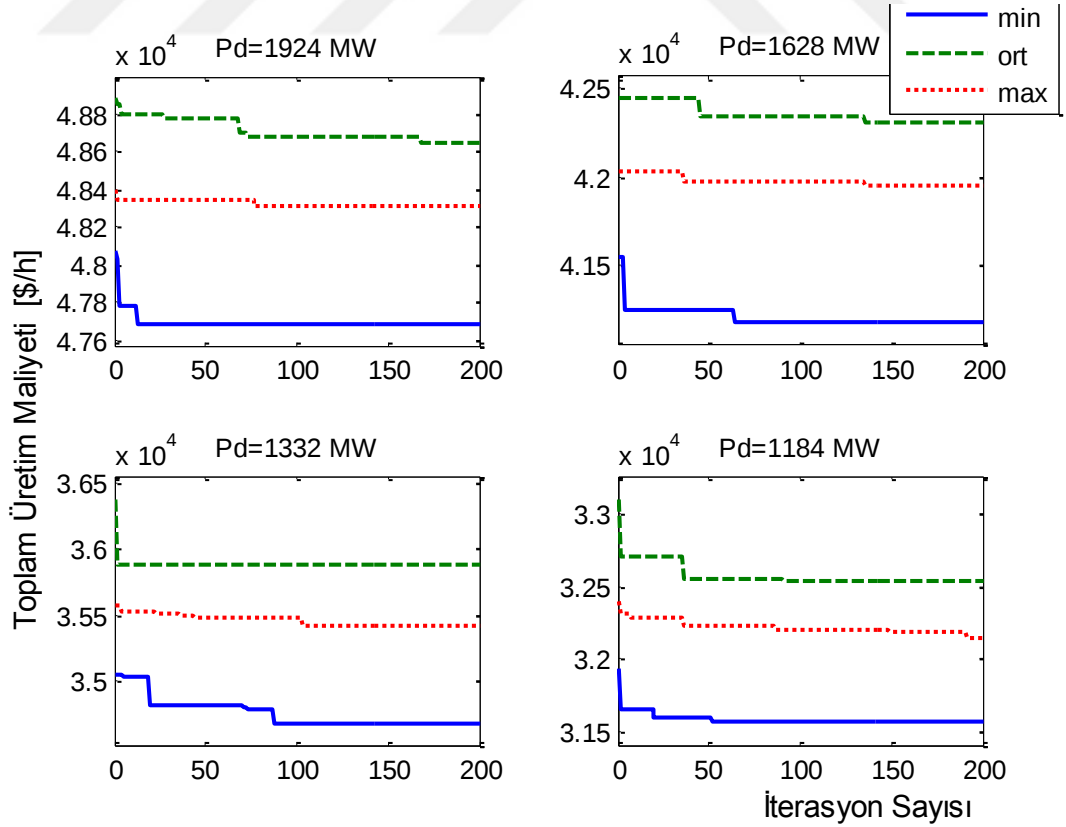
Şekil 4.54 : 10 üniteli test sisteminde 9., 10., 11. ve 12. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları (kayıpsız).



Şekil 4.55 : 10 üniteli test sisteminde 13., 14., 15. ve 16. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları (kayıpsız).



Şekil 4.56 : 10 üniteli test sisteminde 17., 18., 19. ve 20. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları (kayıpsız).



Şekil 4.57 : 10 üniteli test sisteminde 21., 22., 23. ve 24. saatlerdeki talep güçler için TAA simülasyon sonuçları (kayıpsız).



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

3 üniteli test sistemi üzerinde DEYD probleminin hem bu çalışmada geliştirilen GA, PSO ve TAA metotları ile çözülmesi sonucu elde edilen hem de literatürde aynı sistem üzerinde yük dağıtımında kullanılan optimizasyon metotları ile çözülmesiyle elde edilen generatör çıkış güçleri, iletim kayıpları ve generatörlerin toplam minimum yakıt maliyetleri Çizelge 5.1’de toplu olarak verilmiştir.

Çizelge 5.1 : 3 üniteli test sistemi karşılaştırma tablosu.

Yöntem	Pd [MW]	P1 [MW]	P2 [MW]	P3 [MW]	Pl [MW]	F [\$ /h]
GA		167,2378	124,7973	50,0128	2,5409	3737,6849
PSO (*)		166,6967	125,3546	50,0000	2,5479	3737,6551
TAA		163,3866	126,4615	52,2245	2,5675	3737,7893
CM[53]	340	152,18	140,57	50	2,762	3742,9
SHN[53]		170,35	104,18	68,211	2,754	3748,5
AHN[53]		159,64	133,02	50,092	2,762	3743,1
IHN[53]		152,52	139,85	50,381	2,762	3742,9
PHN[53]		152,23	140,54	50	2,77	3743
GA		435,5258	304,4312	125,4768	15,9209	8339,7890
PSO (*)		437,4322	298,3701	129,4650	15,7640	8339,5027
TAA		439,6430	295,9389	129,6950	15,6993	8340,2691
CM[53]	850	401,22	341,08	124,84	17,14	8351,4
SHN[53]		373,73	310,27	183,12	17,12	8370,6
AHN[53]		383,79	331,98	151,362	17,14	8355,4
IHN[53]		401,67	340,66	124,81	17,14	8351,4
PHN[53]		401,66	340,66	124,82	17,14	8351,4
GA		599,2447	399,8680	179,4164	29,0262	11289,4705
PSO (*)		598,3985	400,0000	180,1387	29,0364	11289,4361
TAA		599,7895	397,6323	181,0407	28,9555	11289,5624
CM[53]	1150	592,33	400	186,77	29,1	11295
SHN[53]		583,55	397,93	197,58	29,07	11297
AHN[53]		582,96	398,77	197,36	29,1	11297
IHN[53]		592,52	399,57	187,01	29,1	11296
PHN[53]		591,33	400	187,79	29,12	11296

Çizelge 5.1’de görüldüğü gibi bu tezde geliştirilen GA, PSO ve TAA metotlarının üçü de, hem toplam yakıt maliyetleri açısından hem de iletim kayıpları açısından literatürdeki çalışmalardan daha iyi sonuç vermiştir. Bu çalışmada kullanılan bu algoritmalar kendi arasında kıyaslandığındaysa birbirlerine çok yakın minimum yakıt maliyetleri bulmalarıyla birlikte PSO algoritması en iyi sonuçları vermiştir.

5 üniteli test sistemi üzerinde DEYD probleminin hem bu çalışmada geliştirilen GA, PSO ve TAA ile çözülmesi sonucu elde edilen hem de literatürde aynı sistem üzerinde yük dağıtımında kullanılan çözüm yöntemleri ile çözülmesiyle elde edilen generatörlerin toplam minimum yakıt maliyetleri Çizelge 5.2’de toplu olarak verilmiştir.

Çizelge 5.2 : 5 üniteli test sistemi karşılaştırma tablosu.

Yöntem	F [\$/gün]
GA	41346,5997
PSO (*)	41338,3665
TAA	41354,5062
SOA [55]	42588,42
SOA-SQP [55]	40701,42
SA [56]	47356
APSO [57]	44678

5 üniteli test sistemi için literatürde SOA-SQP [55] hibrit yöntemi ile yapılan çalışma en iyi sonucu vermiş olmakla birlikte, ondan sonra gelen en iyi sonuçlar bu çalışmada geliştirilen algoritmalar tarafından sağlanmıştır. GA, PSO ve TAA ile alınan sonuçlar kendi arasında kıyaslandığındaysa en optimal çözüm PSO algoritmasıyla yapılan çözüm olmuştur.

10 üniteli test sistemi üzerinde iletim kayıplarının dahil edildiği DEYD probleminin hem bu çalışmada geliştirilen GA, PSO ve TAA metotları ile çözülmesi sonucu elde edilen hem de literatürde aynı sistem üzerinde yük dağıtımında kullanılan optimizasyon metotları ile çözülmesiyle elde edilen generatörlerin toplam minimum yakıt maliyetleri Çizelge 5.3’te toplu olarak verilmiştir.

10 üniteli test sistemi üzerinde iletim kayıplarının ihmal edildiği DEYD probleminin hem bu çalışmada geliştirilen GA, PSO ve TAA metotları ile çözülmesi sonucu elde edilen hem de literatürde aynı sistem üzerinde yük dağıtımında kullanılan optimizasyon metotları ile çözülmesiyle elde edilen generatörlerin toplam minimum yakıt maliyetleri Çizelge 5.4’te toplu olarak verilmiştir.

Çizelge 5.3 : 10 üniteli test sistemi karşılaştırma tablosu (kayıplı).

Yöntem	F [\$/Gün]
GA	1 031 139
PSO (*)	1 028 514
TAA	1 031 917
EP-SQP[58]	1 052 668
MHEP-SQP [58]	1 050 054
DGPSO [59]	1 049 167
IPSO[18]	1 046 275
CE [60]	1 044 051
ECE [60]	1 043 989
ABC [61]	1 043 381
LDISS-1 [54]	1 039 474
LDISS-2 [54]	1 039 083

Çizelge 5.4 : 10 üniteli test sistemi karşılaştırma tablosu (kayıpsız).

Yöntem	F [\$/Gün]
GA	1 011 570
PSO (*)	1 008 368
TAA	1 012 608
EP [62]	1 048 638
PSO [18]	1 036 506
EQP-SQP [62]	1 035 748
DE [63]	1 033 958
MDE [64]	1 031 612
PSO-SQP [65]	1 031 371
Hybrid DE [63]	1 031 077
AIS-SQP [66]	1 029 900
MHEP-SQP [58]	1 028 924
DGPSO [59]	1 028 835
SOA [55]	1 023 945
IPSO [18]	1 023 807
CDE [67]	1 023 432
CE [60]	1 022 701
ECE [60]	1 022 271
ABC [61]	1 021 576
SOA-SQP [55]	1 021 460
DE [17]	1 019 786
ICPSO [68]	1 019 072
LDISS-1 [54]	1 018 376
LDISS-2 [54]	1 018 166

10 üniteli test sistemi üzerinde hem kayıpların ihmal edildiği hem de kayıpların dahil edildiği DEYD problemi çözümünde bu tezde geliştirilen GA, PSO ve TAA

metotları ile yapılan çözümler literatürdeki tüm çözümlerden daha iyi sonuçlar vermiştir. Geliştirilen algoritmalar arasında ise en iyi sonucu yine PSO algoritması vermiştir.

GA, PSO ve TAA metotlarıyla yapılan dinamik ekonomik yük dağıtım işlemi sonucu elde edilen minimum yakıt maliyetleri ve iletim kayıpları geçmişte yapılan çalışmalarda bulunan sonuçlarla kıyaslanmıştır. Bu çalışmada kullanılan her üç algoritmanın da literatürdekilerden daha optimal sonuçlar vermesi algoritmaların doğru olduğunu ve güç sistemlerine uygulanabilir olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada kullanılan algoritmalar kendi arasında değerlendirildiğinde ise PSO algoritmasının en optimal sonucu verdiği görülmüştür.



KAYNAKLAR

- [1] **Elektric, H. G. S. L. C.** (1989). *Utility Planning*. John Wiley & Sons, New York.
- [2] **Jayabarathi, T., Jayaprakash, K., Jeyakumar, D. N., & Raghunathan, T.** (2005). Evolutionary programming techniques for different kinds of economic dispatch problems. *Electric power systems research*, 73(2), 169-176.
- [3] **Roa-Sepulveda, C. A., Herrera, M., Pavez-Lazo, B., Knight, U. G., & Coonick, A. H.** (2003). Economic dispatch using fuzzy decision trees. *Electric Power Systems Research*, 66(2), 115-122.
- [4] **Doğan, A., & Alçı, M.** VERİMİ ARTIRMAK İÇİNGÜÇ SİSTEMLERİNDE KULLANILAN OPTİMİZASYON METOTLARI VE UYGULAMA ALANLARI.
- [5] **Happ, H. H.** (1977). Optimal power dispatch—A comprehensive survey. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, 96(3), 841-854.
- [6] **Chowdhury, B. H., & Rahman, S.** (1990). A review of recent advances in economic dispatch. *IEEE Transactions on Power Systems*, 5(4), 1248-1259.
- [7] **Wood, W. G.** (1982). Spinning reserve constrained static and dynamic economic dispatch. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, (2), 381-388.
- [8] **Somuah, C. B., & Khunaizi, N.** (1990). Application of linear programming redispatch technique to dynamic generation allocation. *IEEE Transactions on Power Systems*, 5(1), 20-26.
- [9] **Bechert, T. E., & Kwatny, H. G.** (1972). On the optimal dynamic dispatch of real power. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, (3), 889-898.
- [10] **Irisarri, G., Kimball, L. M., Clements, K. A., Bagchi, A., & Davis, P. W.** (1998). Economic dispatch with network and ramping constraints via interior point methods. *IEEE Transactions on Power Systems*, 13(1), 236-242.
- [11] **Cain, M. B., O'Neill, R. P., & Castillo, A.** (2012). History of optimal power flow and formulations. *Federal Energy Regulatory Commission*, 1-36.
- [12] **Özyön, S., Yaşar, C., Aslan, Y., & Temurtaş, H.** (2009, November). Solution to environmental economic power dispatch problems in hydrothermal power systems by using genetic algorithm. In *Electrical and Electronics Engineering, 2009. ELECO 2009*.

International Conference on (pp. I-387). IEEE.

- [13] **Barcelo, Wayne R., and Parvis Rastgoufard.** "Dynamic economic dispatch using the extended security constrained economic dispatch algorithm." *IEEE transactions on power systems* 12.2 (1997): 961-967.
- [14] **Fukuyama, Y., & Ueki, Y.** (1994). An application of neural network to dynamic dispatch using multi processors. *IEEE transactions on power systems*, 9(4), 1759-1765.
- [15] **Li, F., Morgan, R., & Williams, D.** (1997). Towards more cost saving under stricter ramping rate constraints of dynamic economic dispatch problems-a genetic based approach.
- [16] **Fogel, D. B.** (2000). Evolutionary computation: toward a new philosophy of machine intelligence. (2nd ed.), IEEE, Piscataway, NJ
- [17] **Balamurugan, R., & Subramanian, S.** (2008). Differential evolution-based dynamic economic dispatch of generating units with valve-point effects. *Electric Power Components and Systems*, 36(8), 828-843.
- [18] **Yuan, X., Su, A., Yuan, Y., Nie, H., & Wang, L.** (2009). An improved PSO for dynamic load dispatch of generators with valve-point effects. *Energy*, 34(1), 67-74.
- [19] **Abdelaziz, A. Y., Kamh, M. Z., Mekhamer, S. F., & Badr, M. A. L.** (2008). A hybrid HNN-QP approach for dynamic economic dispatch problem. *Electric Power Systems Research*, 78(10), 1784-1788.
- [20] **Titus, S., & Jeyakumar, A. E.** (2008). A hybrid EP-PSO-SQP algorithm for dynamic dispatch considering prohibited operating zones. *Electric power components and systems*, 36(5), 449-467.
- [21] **Pradhan, M., Roy, P. K., & Pal, T.** (2016). Grey wolf optimization applied to economic load dispatch problems. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 83, 325-334.
- [22] **Saadat, H.** (1999). Power system analysis. WCB. ed: McGraw-Hill, Boston.
- [23] **Eke, İ., Tezcan, S. S., & ÇELİK, C.** (2017). FİLLİ FONKSİYON KULLANARAK VANA ETKİLİ EKONOMİK YÜK DAĞITIMI PROBLEMİNİN ÇÖZÜLMESİ. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(2).
- [24] **ARSLAN, Ö. P., ARIKAN, Y., ÇAM, E., & EKE, İ.** (2016). AN APPLICATION OF ENVIRONMENTAL ECONOMIC DISPATCH USING GENETIC ALGORITHM. *The Online Journal of Science and Technology*, 6(1), 1.
- [25] **Kumar, N., Parmar, K. S., & Dahiya, S.** (2012). A genetic algorithm approach for the solution of economic load dispatch problem. *International Journal on Computer Science and Engineering*, 4(6), 1063.
- [26] **Gupta, R., Chandra, R., Chaudhary, V., & Saxena, N.** (2013). OPTIMAL LOAD DISPATCH USING

- [27] **PARK, J. B., & Jeong, Y. W.** (2006). An improved particle swarm optimization for economic dispatch with valve-point effect.
- [28] **Aravindhababu, P., & Nayar, K. R.** (2002). Economic dispatch based on optimal lambda using radial basis function network. *International journal of electrical power & energy systems*, 24(7), 551-556.
- [29] **Kumar, P.** *DYNAMIC ECONOMIC LOAD DISPATCH USING DIFFERENTIAL EVOLUTION ALGORITHM* (Doctoral dissertation, Thapar University Patiala).
- [30] **Murata, T., & Ishibuchi, H.** (1994, June). Performance evaluation of genetic algorithms for flowshop scheduling problems. In *Evolutionary Computation, 1994. IEEE World Congress on Computational Intelligence., Proceedings of the First IEEE Conference on* (pp. 812-817). IEEE.
- [31] **Yalcinoz, T., Altun, H., & Uzam, M.** (2001). Economic dispatch solution using a genetic algorithm based on arithmetic crossover. In *Power tech proceedings, 2001 IEEE Porto* (Vol. 2, pp. 4-pp). IEEE.
- [32] **Salami, M., & Cain, G.** (1995, September). Multiple genetic algorithm processor for the economic power dispatch problem. In *Genetic Algorithms in Engineering Systems: Innovations and Applications, 1995. GALEZIA. First International Conference on* (Conf. Publ. No. 414) (pp. 188-193). IET.
- [33] **Abdullah, W. N. W., Saibon, H., Zain, A. A. M., & Lo, K. L.** (1998, March). Genetic algorithm for optimal reactive power dispatch. In *Energy Management and Power Delivery, 1998. Proceedings of EMPD'98. 1998 International Conference on* (Vol. 1, pp. 160-164). IEEE.
- [34] **Levitin, G., Kalyuzhny, A., Shenkman, A., & Chertkov, M.** (2000). Optimal capacitor allocation in distribution systems using a genetic algorithm and a fast energy loss computation technique. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 15(2), 623-628.
- [35] **Mantawy, A. H., & Al-Ghamdi, M. S.** (2003, June). A new reactive power optimization algorithm. In *Power Tech Conference Proceedings, 2003 IEEE Bologna* (Vol. 4, pp. 6-pp). IEEE.
- [36] **Karaboğa, D.** (2011). *Yapay Zeka Optimizasyon Algoritmaları*, Nobel Yayın Dağıtım, Genişletilmiş 2.
- [37] **Cabadağ, R. İ.** (2017). *Sezgisel Yöntemler Kullanarak Optimal Güç Akışı Problemi Çözümü* (Doctoral dissertation, Enerji Enstitüsü).
- [38] **Muneender, E., & Kumar, D. V.** (2009, March). A zonal congestion management using PSO and real coded genetic algorithm. In *Power Systems Conference and Exposition, 2009. PSCE'09. IEEE/PES* (pp. 1-6). IEEE.

- [39] **Goldberg, D. E.** (1989). Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning, 1989. *Reading: Addison-Wesley.*
- [40] **Chang, C. S., & Lern, L. P.** (2000). Application of tabu search strategy in solving nondifferentiable savings function for the calculation of optimum savings due to shunt capacitor installation in a radial distribution system. In *Power Engineering Society Winter Meeting, 2000. IEEE* (Vol. 4, pp. 2323-2328). IEEE.
- [41] **Karasoy, O., & Ballı, S.** Google Maps ve Genetik Algoritmalarla GSP Çözümü İçin Öneri.
- [42] **Turkay, B., & Artac, T.** (2005). Optimal distribution network design using genetic algorithms. *Electric Power Components and Systems*, 33(5), 513-524.
- [43] **Eberhart, R., & Kennedy, J.** (1995, October). A new optimizer using particle swarm theory. In *Micro Machine and Human Science, 1995. MHS'95., Proceedings of the Sixth International Symposium on* (pp. 39-43). IEEE.
- [44] **Kennedy, J., & Eberhart, R.** (1995). Particle swarm optimization. In *Neural Networks, 1995. Proceedings., IEEE International Conference on* (Vol. 4, pp. 1942-1948). IEEE.
- [45] **Kennedy, J., Eberhart, R. C., & Shi, Y.** (2001). Swarm intelligence, 2001. *Kaufmann, San Francisco*, 1, 700-720.
- [46] **Leeton, U., Uthitsunthorn, D., Kwannetr, U., Sinsuphun, N., & Kulworawanichpong, T.** (2010, May). Power loss minimization using optimal power flow based on particle swarm optimization. In *Electrical Engineering/Electronics Computer Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), 2010 International Conference on* (pp. 440-444). IEEE.
- [47] **Tamer, S., & Karakuzu, C.** (2006). Parçacık sürüşü optimizasyon algoritması ve benzetim örnekleri. *ELECO 2006 Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Sempozyumu*, 302-306.
- [48] **Turkay, B. E., & Cabadag, R. I.** (2013, July). Optimal power flow solution using particle swarm optimization algorithm. In *EUROCON, 2013 IEEE* (pp. 1418-1424). IEEE.
- [49] **Url_1** <http://www.ibrahimcayiroglu.com/Dokumanlar/IleriAlgoritmaAnalizi/IleriAlgoritmaAnalizi-9.Hafta-TabuAramaAlgoritmasi.pdf>
- [50] **YALÇINÖZ, T., YAVUZER, T., & ALTUN, H.** TABU ARAŞTIRMASI UYGULANARAK EKONOMİK YÜK DAĞITIMI PROBLEMİNİN ÇÖZÜMÜ.
- [51] **Mori, H., & Usami, T.** (1996, February). Unit commitment using Tabu search with restricted neighborhood. In *Intelligent Systems Applications to Power Systems, 1996. Proceedings, ISAP'96., International Conference on* (pp. 422-427). IEEE.

- [52] **Soliman, S. A. H., & Mantawy, A. A. H.** (2011). *Modern optimization techniques with applications in electric power systems*. Springer Science & Business Media.
- [53] **YALÇINÖZ, T., & Altun, H.** (2000). Comparison of simulation algorithms for the Hopfield neural network: an application of economic dispatch. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 8(1), 67-80.
- [54] **Chen, Y., Wen, J., Jiang, L., & Cheng, S.** (2013). Hybrid algorithm for dynamic economic dispatch with valve-point effects. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 7(10), 1096-1104.
- [55] **Sivasubramani, S., & Swarup, K. S.** (2010). Hybrid SOA–SQP algorithm for dynamic economic dispatch with valve-point effects. *Energy*, 35(12), 5031-5036.
- [56] **Noman, N., & Iba, H.** (2008). Differential evolution for economic load dispatch problems. *Electric Power Systems Research*, 78(8), 1322-1331.
- [57] **Panigrahi, B. K., Pandi, V. R., & Das, S.** (2008). Adaptive particle swarm optimization approach for static and dynamic economic load dispatch. *Energy conversion and management*, 49(6), 1407-1415.
- [58] **Victoire, T. A. A., & Jeyakumar, A. E.** (2005). A modified hybrid EP–SQP approach for dynamic dispatch with valve-point effect. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 27(8), 594-601.
- [59] **Victoire, T. A. A., & Jeyakumar, A. E.** (2005). Deterministically guided PSO for dynamic dispatch considering valve-point effect. *Electric Power Systems Research*, 73(3), 313-322.
- [60] **Selvakumar, A. I.** (2011). Enhanced cross-entropy method for dynamic economic dispatch with valve-point effects. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 33(3), 783-790.
- [61] **Hemamalini, S., & Simon, S. P.** (2011). Dynamic economic dispatch using artificial bee colony algorithm for units with valve-point effect. *International Transactions on Electrical Energy Systems*, 21(1), 70-81.
- [62] **Attaviriyanupap, P., Kita, H., Tanaka, E., & Hasegawa, J.** (2002). A hybrid EP and SQP for dynamic economic dispatch with nonsmooth fuel cost function. *IEEE Transactions on Power Systems*, 17(2), 411-416.
- [63] **Yuan, X., Wang, L., Zhang, Y., & Yuan, Y.** (2009). A hybrid differential evolution method for dynamic economic dispatch with valve-point effects. *Expert systems with applications*, 36(2), 4042-4048.
- [64] **Yuan, X., Wang, L., Yuan, Y., Zhang, Y., Cao, B., & Yang, B.** (2008). A modified differential evolution approach for dynamic economic dispatch with valve-point effects. *Energy Conversion and Management*, 49(12), 3447-3453.

- [65] **Victoire, T. A. A., & Jeyakumar, A. E.** (2005). Reserve constrained dynamic dispatch of units with valve-point effects. *IEEE Transactions on Power Systems*, 20(3), 1273-1282.
- [66] **Basu, M.** (2009). Hybridization of artificial immune systems and sequential quadratic programming for dynamic economic dispatch. *Electric Power Components and Systems*, 37(9), 1036-1045.
- [67] **He, D., Dong, G., Wang, F., & Mao, Z.** (2011). Optimization of dynamic economic dispatch with valve-point effect using chaotic sequence based differential evolution algorithms. *Energy Conversion and Management*, 52(2), 1026-1032.
- [68] **Wang, Y., Zhou, J., Qin, H., & Lu, Y.** (2010). Improved chaotic particle swarm optimization algorithm for dynamic economic dispatch problem with valve-point effects. *Energy Conversion and Management*, 51(12), 2893-2900.

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Mikail PÜRLÜ
Doğum Tarihi ve Yeri : 10.08.1988 Sivas
E-posta : purlu@itu.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2013, Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2013-2014 Cumhuriyet Üniversitesi, Araştırma Görevlisi
- 2015- İstanbul Teknik Üniversitesi, Araştırma Görevlisi

