

**T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENDÜSTRİYEL VE EVSEL KULLANIMDA ENERJİ PLANLAMA
PROSELERİNİN ALMANYA VE TÜRKİYEDEKİ DURUMU**

Ali Osman ÖZÇAKIR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Berrin KARAÇAVUŞ**

EDİRNE, 2012

**ENDÜSTRİYEL VE EVSEL KULLANIMDA ENERJİ PLANLAMA
PROSESLERİNİN ALMANYA VE TÜRKİYEDEKİ DURUMU**

Ali Osman ÖZÇAKIR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Aralık, 2012

**TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü onayı



Doç. Dr. Mustafa ÖZCAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.



Prof. Dr. Taner TIMARCI

Anabilim Dalı Başkanı

Bu tez tarafımda okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.



Yrd. Doç. Dr. Berrin KARAÇAVUŞ

Tez Danışmanı

Bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Makine Mühendisliği Anabilim Dalında bir Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri :

Yrd. Doç. Dr. Berrin KARAÇAVUŞ

Prof. Dr. –Ing. Ahmet CAN

Yrd. Doç. Dr. Semiha KARTAL

İmza



Tarih: 12/12/2012

TEZ DOĞRULUK BEYANI

T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

DOĞRULUK BEYANI

İlgili tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını beyan ederim.

12 / 12 / 2012

Ali Osman ÖZÇAKIR



Yüksek Lisans Tezi

**ENDÜSTRİYEL VE EVSEL KULLANIMDA ENERJİ PLANLAMA PROSESLERİNİN
ALMANYA VE TÜRKİYEDEKİ DURUMU**

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye’de ve Almanya’da enerji planlama sürecinin nasıl işlediği yönünde bir karşılaştırma yapılmıştır.

Karşılaştırma yapabilmek için ilk önce Almanya’nın Offenburg kentinde bulunan Hochschule Offenburg enerji santrali incelenmiştir. Almanya’da enerji santralleri gibi enerji üretim sistemlerini planlamada kullanılan yasal ve bölgesel düzenlemeler referans alınmıştır. Bu yasal düzenlemeler, norm ve standartlar ile anketler oluşturularak santralin proje aşamasından günümüze kadar geldiği süreç, oradaki mühendisler, tasarımcılar, planlamacılar ve akademisyenler ile tartışılmıştır.

Çalışmanın ikinci kısmı olan Türkiye’de de enerji planlama sürecinin nasıl işlediğinin net bir şekilde anlaşılabilmesi açısından Trakya Bölgesi’nde bulunan Hamitabat Elektrik Üretim Santrali incelenmiştir. Almanya’da yapılan çalışmalara paralel olarak Türkiye’deki yasal mevzuatlar dikkate alınmıştır. Daha sonra enerji santraline gidilerek oradaki mühendisler ve çalışanlar ile beraber santralin kurulmadan önceki süreci, kurulma süreci, işletmeye alınma süreci ve bugünkü durumu ayrıntılı olarak tartışılmıştır.

İki ayrı ülkede birbirinden farklı enerji santralleri için enerji planlaması yaparken nelerin dikkate alındığı, belirleyici planlama parametreleri, kullanılan

metotlar, ileri planlama yaklaşımları, uluslar arası enerji kuruluşlarınca kullanılan bilgisayar destekli programlar bu çalışmada detaylı olarak ele alınmıştır.

Yıl : 2012

Sayfa Sayısı : 112

Anahtar Kelimeler : enerji, enerji planlama, enerji planlama süreci, kombine ısı ve güç sistemleri (CHPS) optimizasyon, CHPS topoloji, CHPS optimizasyon ve topoloji, CHPS boyutlandırma

Master Degree Thesis

**STATUS OF ENERGY PLANNING PROCESS INDUSTRIAL AND DOMESTIC SECTOR OF
TURKEY AND GERMANY**

Trakya University Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

ABSTRACT

In this study, a comparison was made that in the direction of how the energy planning process works in Turkey and Germany.

Firstly, Hochschule Offenburg power plant in Offenburg the town of in Germany was investigated to make a compare. Therefore, the legal and regional arrangements were examined energy production systems such as power plants in planning process in Germany. With this legislation, norms and standards were established surveys. The points where the plant is from project phase to up to the current situation were discussed on surveys with engineers, designers, planners and academics.

The second part of this study, Hamitabat Power Plant is located in the Thrace Region were examined for a clear understanding to how the energy planning process in Turkey. Turkey's legal regulations were investigated in parallel with German's norms and standards. Subsequently, the process of the plant prior to the establishment, installation process, commissioning process and the current state in detail were discussed with engineers and workers.

In this study, different from each other for power plants in two different countries to the energy planning what is taken into account, decisive planning parameters, the methods used, advanced planning approaches, computer aided software

by international energy organizations were investigated with details. Power plants with existing applications that are installed as part of the negotiations and the legal regulations were examined in this study.

Year : 2012

Number of Pages : 112

Keywords : energy, energy planning, energy planning process, combined heat and power systems (CHPS) optimization, CHPS topology, CHPS optimization and topology, CHPS sizing

ÖNSÖZ

Bu tez, enerji santrallerinin planlama sürecinin hem Türkiye’de hem de Almanya’da nasıl işlediğini, planlama parametrelerini, dikkat edilen yasal düzenlemeler, standartlar, normlar, kullanılan yazılımlar ve ileri planlama yaklaşımlarını konu almaktadır.

Yüksek lisans eğitimime başladığım ilk günden beri bilgi, beceri ve tecrübeleriyle bu zorlu yolda bana her şartta desteğini esirgemeyen danışmanım Sayın **Yrd. Doç. Dr. Berrin KARAÇAVUŞ’** a, bana yeni ufuklar açıp mühendislik alanında bakış açımı genişlettiği, tezimin araştırma ve bulgularında karar verme aşamasından engin bilgileriyle yardımcı olan, her anında cesaret ve özgüven veren Sayın **Prof. Dr. Ing. Peter TREFFINGER’** e teşekkürlerimi sunarım.

Almanya’da tez çalışmasında bulunduğum süre zarfında aynı ofiste bulunduğum arkadaşlarım **Mustafa OFLU** ve **Günay TEKKALE’** ye, Almanya’da karşıma çıkan bir takım sorunları çözmemde yardımcı olan **Florian OPITZ’** e, tezimle ilgili bir takım teknik ve sayısal, bilgi ve verilere ulaşmamda yardımcı olan **Satya Gopisetty** ve **Ulrich Kuttruff’** a, ayrıca teşekkür ederim.

Benim bu günlere gelmemi sağlayan, sadece eğitim hayatımda değil doğduğum günden bu yana toplumdaki duruşumda en büyük emeğe sahip olan, maddi manevi hiçbir desteğini esirgemeyen saygı ve sevgi değer ailemden öncelikle annem **Semiha ÖZÇAKIR’** a daha sonra babam **Cemal ÖZÇAKIR’** a, küçük yaşımdan beri kendisini örnek aldığım abim **Nahit Ömer ÖZÇAKIR’** a, eşi **Yasemin Us ÖZÇAKIR’** a ve yeğenim **Ulaş ÖZÇAKIR’** a teşekkürü bir borç bilirim.

Tezimin yazım aşamasında tecrübeleriyle bana yardımcı olan **Kimya Müh. Burcu ÖNDER’** e, yüksek lisans hayatımda tanıştığım, bilgi birikimiyle hayat tecrübesiyle bana daima yol gösteren Sayın **Yrd. Doç. Dr. Doğan Eryener’** e teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2012

Ali Osman ÖZÇAKIR

İÇİNDEKİLER

	SAYFA
ÖZET	I
ABSTRACT	III
ÖNSÖZ	V
İÇİNDEKİLER	VI
ŞEKİL LİSTESİ	IX
TABLO LİSTESİ	IX
SİMGELER DİZİNİ	X
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	3
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
BÖLÜM 3	6
KÜÇÜK ÖLÇEKLİ YENİLENEBİLİR ENERJİ SİSTEMLERİ	6
3.1. Rüzgar Enerjisi	7
3.2. Hidroelektrik Enerji	7
3.3. Güneş Enerjisi	8
3.4. Biyokütle Enerjisi	8
3.5. Jeotermal Enerji	10
3.6. Diğer Görüşler	10
BÖLÜM 4	12
PLANLAMA SÜRECİ	12
4.1. Genel Olarak Planlama Süreci	12
4.2. Enerji Santrali (Almanya'dan bir uygulama)	15
4.2.1. Hochschule Offenburg enerji santraline genel bakış	15
4.2.2. Enerji santralinin ara birim diyagramı	19

4.2.3. Uygulamada enerji planlama.....	23
4.2.3.1. Genel enerji planlama uygulaması	23
4.2.3.2. HS Offenburg enerji sistemlerinde enerji planlama süreci.....	24
4.3. Enerji Santrali (Türkiye’den bir uygulama).....	30
4.3.1. Hamitabat elektrik üretim santraline genel bakış.....	30
4.3.2. Uygulamada enerji planlama.....	39
4.3.2.1. Genel enerji planlama uygulaması	39
4.3.2.2. Hamitabat elektrik üretim santralinde enerji planlama süreci	40
BÖLÜM 5	46
ARAŞTIRMA SONUÇLARI	46
5.1. Belirleyici Planlama Parametreleri	46
5.2. Araçlarla Destekli Planlama	48
BÖLÜM 6	56
İLERİ PLANLAMA YAKLAŞIMLARI.....	56
6.1. Tek Amaçlı İleri Planlama Yaklaşımı.....	59
6.1.1. Doğrusal programlama.....	59
6.1.2. Doğrusal olmayan programlama	63
6.1.3. Karışık tamsayılı doğrusal programlama	63
6.1.4. Karışık tamsayılı doğrusal olmayan programlama.....	64
6.1.5. Bulanık mantık.....	67
6.1.6. Maksimum dikdörtgen yöntemi	68
6.1.7. Genetik algoritmalar.....	69
6.2. Çok Amaçlı İleri Planlama Yaklaşımı	70
6.2.1. Klasik yaklaşımlar.....	70
6.2.2. Pareto optimizasyon	71
6.2.3. Evrimsel algoritmalar.....	72
BÖLÜM 7	73
SONUÇLAR VE TARTIŞMA	73
EKLER	76
EK-A	
CHP’nin planlanması-akış diyagramı (Kaynak: VDI 3985).....	76

EK-B	
Elektrik ve ısı için günlük talep eğrilerinin hazırlanması	106
EK-C	
Egzoz kirliliği seviyelerini azaltmak için alınan tedbirlere bağlı içten yanmalı motorlar için önemli çalışma karakteristikleri	107
KAYNAKLAR	108
ÖZGEÇMİŞ	112

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 4.1. Hochschule Offenburg enerji santralinin şematik diyagramı	18
Şekil 4.2. HSO enerji santralinin ana bileşenleri	20
Şekil 4.3. HSO enerji santralinin arabirim diyagramı.....	22
Şekil 4.4. Hamitabat kombine elektrik üretim santralinin akış diyagramı.....	34
Şekil 6.1. İleri planlama yaklaşımları	58
Şekil 6.2. Maksimum dikdörtgen yöntemi.....	69

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1. Sezonlara göre suyun sıcaklık dereceleri.....	17
--	----

SİMGELER DİZİNİ

a_{ij}	Teknoloji matrisi
B	İhtiyaç vektörü
b_k	Net parametreler
B_k	Bulanık parametrelerin belirsizlikleri
c_j	Sabit katsayılar
C_f	Sabit maliyet, "
C_v	Değişken maliyet, "
C_c	Yıllık sermaye maliyeti, "
C_r	Yıllık enerji maliyeti, "
C	Soğuk su akışı, kW
C_k	Saatlik enerji yükü, kWh
C_d	Soğutma yükü, kW
c	Amaç fonksiyonu katsayılar vektörü
D	Temsil edilen gün
d	Performans karakteristik değerleri
E	Elektrik, kW
E_d	Elektrik yükü, kW
E_{eicc}	Satın alınan elektrik, kW
e_l	Elektrik, kW
F	Doğal gaz miktarı, m ³ /h
F_{gaz}	Doğal gaz tüketimi, m ³
H	Zaman periyotları, h/a
H_d	Isıtma yükü, kW
H_u	Alt ısı değer, MJ/kg
$H_{u,n}$	Alt ısı değer, MJ/ m ³
H_o	Üst ısı değer, MJ/kg
$H_{o,n}$	Üst ısı değer, MJ/ m ³
i	Yıllık faiz oranı, %
m	Çok amaçlı minimizasyon problemi, kısıtlandırma sayısı
n	Değişkenlerin sayısı, ekipman ömrü, amaçlar

N	Ekipman sayısı
P	Maliyet, "
R	Sermaye geri kazanım faktörü
T_k	Zaman periyodu, saat
T_c	Toplam maliyet, "
th	Termal, kW
T	Sıcaklık, °C
v	Talep miktarı, kW
y	Karar değişkenleri, nesnel vektör
X_k	İkili değişken vektörü
x	Karar değişkenleri
X_j	Kontrol değişkenleri
X	Parametre uzayı, Karar değişkenleri vektörü
Y_k	Sürekli değişken vektörü
Y	Amaç uzayı
Z	Amaç fonksiyonu
η	Performans karakteristik değerleri
δ	Çalışma modu, açık/kapalı

Kısaltmalar

AbsChi	Absorpsiyonlu soğutucu
BOI	Boyer
CCHP	Kombine ısıtma, soğutma ve enerji sistemi
CHP	Kombine ısı ve enerji
CHPS	Kombine ısı ve enerji sistemi
CoHX	Yoğuşmalı ısı değiştiricisi
CoT	Soğutma kulesi
CWS	Soğuk su deposu
DCS	Dijital kontrol sistemi
DDC	Doğrudan dijital kontrol
DES	Dağıtılmış enerji sistemleri
DIN	Deutsches Institut für Normung(Almanya Normlar Enstitüsü)
DGP	Dengeleme Güç Piyasası
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
ELFO	Ekstra hafif akaryakıt
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EVU	Enerji kaynağı işletmeleri

FHO	Fachhochschule Offenburg
GÖP	Gün Öncesi Planlama
GT	Gaz Türbini
HEAŞ	Hamitabat Elektrik Üretim ve Ticaret Anonim Şirketi
HFO	Ağır akaryakıt
HOAI	Mimarlar ve mühendisler için fahri uygulamalar
HSO	Hochschule Offenburg
HT	Yüksek tarife
HWS	Sıcak su deposu
HX	Isı değiştiricisi
ICE	İçten yanmalı motor
IIASA	Uygulamalı Sistem Analizleri Uluslararası Enstitüsü
LT	Düşük tarife
MGT	Mikro Gaz Türbini
NMHC	Metan dışı hidrokarbonlar
PLC	Programlanabilir mantık kontrolü
PMUM	Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi
P&I	Enerji akış diyagramı (Piping and Instrumentation)
SCR	Seçici katalitik indirgenme
SSRES	Küçük ölçekli yenilenebilir enerji sistemleri
VDEW	Alman elektrik şirketleri derneği

VDI	Alman mühendisler derneği
VDI-GET	Enerji teknolojileri VDI topluluğu
VOB	Yapı ve inşaat işleri için kurallar
VOL	Servis ve hizmet kuralları
TEİAş	Türkiye Elektrik İletim ve Dağıtım Anonim şirketi

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Enerji dönüşüm sistemleri, bugünün araştırma ve uygulamada ön plandaki konulardır. Enerji kelimesi ilk çağlardan bu yana insanoğlunun birinci sıradaki ihtiyacını tanımlamaktadır.

Günümüzde enerji dönüşüm sistemlerinin daha da önem kazanmasının sebebi dünyadaki çağrışımı ‘‘Global Warming’’ olan ve dilimizde de küresel ısınma diye tabir edilen sorundan kaynaklanmaktadır.

1970’li yıllarda yaşanan enerji krizinden sonra her ülke, belli periyotlarla (5 yıllık, 7 yıllık...) kendi enerji planlarını hazırlayıp hayata geçirmişlerdir. Bu planlarda daha çok ülke sınırları içindeki enerji kaynaklarından yararlanılması hedef olarak alınmıştır. Aslında bu düşünce ve devamındaki uygulamalar her ülkedeki yenilenebilir enerji potansiyelinin belirlenmesini sağlamıştır. Bu sayede günümüzde bir takım ülkeler, konutlarında veya sanayilerinde kullandıkları enerjiyi yenilenebilir enerjilerinden veya dışa bağımlı olmadan kendi kaynaklarından sağlamaktadır.

Günümüzde enerji genel olarak depolanan iş gücü ve ya iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Enerji kullanımı, yeryüzünde yaşayan insan sayısı ve ihtiyaçları, standartları standartları doğrultusunda artmaktadır. Bu artış fosil kökenli enerji kaynakalarını azalttığı gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talebi arttırmaktadır. Sadece kullanılan kaynakların azalması değil yukarıda da bahsedildiği

gibi çevresel etmenler de insanoğlunu temiz enerji kullanımına yönlendirmektedir. Güneş, rüzgar, dalga, biyokütle, jeotermal, hidrolik ve hidrojen enerjisi yenilenebilir enerji türleridir.

Bütün bunların ışığında, bu çalışmadaki amaç enerji planlama sürecinin nasıl işlediği ve bu anlamda nelere dikkat edilmesi gerektiği yönünde günümüzde mühendislerin, enerji planlamacıların geldiği noktayı ortaya koyup geleceğe yönelik neler yapılabileceğine ilişkin bir takım öneriler sunmaktır. Enerji planlaması, gerekli olan yada talep edilen enerjiyi optimum düzeyde karşılamak için en verimli enerji kaynağını ve dönüşüm cihazlarını bulmaya yönelik yapılan çalışmalar bütünüdür [1].

Enerji planlama süreçleri, çevresel açıdan sürdürülebilir bir şekilde, sosyal olarak anlamlı gelişmeyi sağlayacak potansiyele sahiptir. Doğrudan yenilenebilir enerji kaynağı seçimi toplumda sosyo-ekonomik açıdan önemli rol oynamaktadır. Enerji planlama ile bir enerji santrali yenilenebilir yada küçük ölçekli yenilenebilir enerji sistemine dönüştürülebilir [2].

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Biezma ve San Cristobal, 2006, kojenerasyon enerji santralleri kurulumunda dikkat edilen yatırım kriterleri hakkında çalışmışlardır. Farklı kojenerasyon enerji santralleri üzerinde inceleme yapıp sonuçlarını karşılaştırmışlardır.

Gardner ve Roger, 1997, kombine ısı, güç ve elektrik sistemlerinin planlanması ile ilgili konu üzerinde araştırma yapmışlardır. Bu araştırmalarını kombine ısı, güç ve enerji sistemleri planlamasında etkin bir model formülasyonu oluşturmak için yapmışlardır.

Hepbaşı, vd., 2004, genetik algoritma yaklaşımlarına dayalı konutlarda enerjinin planlanması üzerine bir çalışmada bulunmuşlardır. Genetik algoritma kavramına dayanan planlama parametrelerinin, enerji girdisine gelecekteki projeksiyonlara etkisinden bahsedilmektedir.

Hiremath ve Shikha, 2007, enerji planlamasına modelleme ve uygulamadaki yeri hakkında bir çalışmada bulunmuşlardır. Bu çalışmada enerji planlamasının temelini yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji almaktadır. Diğer bir deyişle planlamanın gelecekle olan bağıını vurgulamaktadır.

Hongbo, vd., 2001, evsel CHP sistemlerinin optimal boyutlandırılması hakkında çalışmışlardır. Ekonomik sınır şartlarını dikkate alan bir yaklaşımla beraber elektriksel ve termal kapasiteler, depolama tankı ve boyler optimal boyutlar için incelenmiştir.

Hongxing, vd., 2007, genetic algoritma kullanarak hibrid güneş-rüzgar enerji sistemi için optimizasyon boyutlandırma yöntemi hakkında çalışmışlardır. Optimum boyutlandırma ve optimum sistem konfigürasyonu minimum maliyet maksimum enerji üretimine değinilmiştir.

James, vd., 2011, CHP(kombine ısı ve güç) planlama sınırlarının kentsel enerji sistemleri verimliliği üzerinde etkisinden bahsetmişlerdir. Planlama parametrelerinin, sistem verimliliğine doğrudan olumlu ya da olumsuz etki ettiğine değinmişlerdir.

John, 2009, konusu çevre etki değerlendirmesinin sosyo-ekonomik ve su ortamları üzerine etkisinin önemini belirtmek olan çalışmayı yapmıştır. Bu çalışmada çevresel etki değerlendirmesinin canlılar ve ekonomiye doğrudan etkisi üzerine değinilmiştir.

Katsigiannis ve Ppadopoulos, 2005, küçük ölçekli kojenerasyon tesislerinin planlanması için genel bir tekno-ekonomik ve çevresel prosedür hakkında çalışmışlardır. Bunun için, Trakya, Yunanistan'da mikro türbinlerin kullanıldığı yerel sanayi işletmelerindeki uygulamalar dikkate alınmıştır.

Kaya ve Kahraman, 2011, değiştirilmiş bulanık mantık yöntemi kullanılarak enerji planlamasında çok kriterli karar verme hakkında çalışmışlardır. Bu çalışmada metodoloji, enerji planlamada bir soruna karar verme aşamasında uygulanmaktadır.

Keirstead, vd., 2010, CHP planlama parametrelerinin verimlilik, maliyet ve optimizasyonu konusunda çalışma yapmışlardır. CHP planlamada optimizasyonun verimliliği artırıp maliyetleri düşürdüğü konusunda yaklaşımlarda bulunmuşlardır.

Kong, vd., 2005, gaz türbinli kombine ısıtma, soğutma ve güç(CCHP) sistemlerinin enerji optimizasyon modeli hakkında çalışmışlardır. Enerji maliyetleri (elektrik ve gaz maliyet) oranı bu optimizasyonda üzerinde durulan en önemli parametre olup işletim değerlerinin de optimizasyona olan etkisini belirtmektedirler.

Mario, vd., 2005, Meksika’da alternatif enerji santralleri için çevresel etki değerlendirmesinin önemini vurgulayan bir çalışma yürütmüşlerdir. Özellikle hidroelektrik ve jeotermal enerji üzerine yapılan bu çalışma da santral projelerinin özellikleri çevresel normlar ile karşılaştırılmıştır.

Milorad ve Snezana, 2010, konusu endüstriyel enerji üretim sistemlerin optimizasyonunda lineer programlamanın yeri olan bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmada boyler, türbin ve ısı pompaları lineer programlama modeliyle analiz edilmiş ve incelenmiştir.

Myrsine, vd., 2011, endüstriyel kombine ısı ve güç (CHP) santrallerinin planlama konusunu çalışmışlardır. Bu çalışmada, CHP’leri güçlerine ve termal kapasitelerine göre karşılaştırmakla beraber birincil enerjinin korunumu için optimum planlama yaklaşımına farklı metodolojiler getirmişlerdir.

Smith, vd., 1995, küçük ölçekli kombine ısı ve güç (CHP) santralının planlamasının teknik ve işletim performanslarına etkisini konusunda çalışmışlardır. İhtiyaç duyduğu enerjiyi kendisi üretip kendisinin kullandığı, şebekeye bağlı olmayan sistemlerin verimli olmasının ilk şartının etkin bir planlama olduğunu vurgulamaktadırlar.

Talinli vd., 2010, Türkiye’de sürdürülebilir enerji üretimi için enerji üretim süreçlerinin karşılaştırmalı analizi üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Üç farklı enerji üretim süreci senaryolarının (kömür bazlı termik santraller, rüzgar çiftlikleri elektrik üretimi, planlanan nükleer santraller) karşılaştırmalı analizini yapmışlardır.

Whitney, 2002, bir kombine ısı ve güç (CHP) yakıt hücresi sisteminde hızla değişken ısı-güç oranı elde etmek için tasarım ve planlama seçenekleri konusunda çalışmıştır. Kombine ısı ve elektrik verimliliğine etki eden parametrelerin incelendiği bir çalışmadır.

BÖLÜM 3

KÜÇÜK ÖLÇEKLİ YENİLENEBİLİR ENERJİ SİSTEMLERİ

Yenilenebilir enerji; süreklilik arz eden doğal süreçlerdeki mevcut enerji akışından elde edilmektedir. Bu enerji kaynaklarındaki önemli nokta yenilenme oranının tüketim oranından yüksek olmasıdır. Yenilenebilir enerji, çevresel etkiler ve enerji talebindeki değişiklikler nedeniyle önemli rol oynamaktadır. CO₂ emisyonları çoğunlukla doğalgaz daha sonra da ham sıvı yakıt ve kömür kullanımından kaynaklanmaktadır. 2005 yılında en yüksek enerji talebi Kuzey Amerika'da iken 2030 yılı için en yüksek enerji talebinin Çin ve Hindistanda olacağı tahmin edilmektedir. Yenilenebilir enerjinin en çok kullanıldığı kıta Avrupa olarak görülmektedir. Yüzdesel olarak güneş enerjisi ve biyokütle enerjisinin bütün Batı Avrupa'ya oranla Almanya'da daha fazla kullanılmasının yanında, halen elektrik üretiminde Batı Avrupa'ya oranla (yüzdesel olarak) daha fazla fosil yakıt kullanılmaktadır. Almanya'da üretilen elektriğin % 43'ü, Batı Avrupa'da üretilen elektriğin ise % 41'i kömürden elde edilmektedir. Almanya'da kömür dışında üretilen elektriğin % 12,2'si atom enerjisinden, % 24'ü doğalgazdan, % 20,8'i yenilenebilir enerjiden sağlanmaktadır [3]. Türkiye'de ise durum biraz farklıdır. Türkiye'nin 2009 yılı içinde elektrik enerjisi üretimine bakıldığında doğal gazın % 48, hidroelektriğin % 19, kömürün %28, sıvı yakıtın % 3, yenilenebilir enerjinin ise % 2'lik bir paya sahip olduğu görülür [4].

Yenilenebilir enerji kullanımı çeşitli etkiler nedeniyle artmaktadır. Enerji talep eden şirketler, üretim tesisleri, yenilenemeyen enerji sistemleri kullanan kamu

kurumları, yenilenebilen enerji sistemlerini kullanmak üzere kendi sistemlerini değiştirmeye başlamışlardır. Tüm sistemi, yenilenebilir enerji sistemleri ile değiştirmek mümkün olmasa da bir kısmına yenilenebilir enerjiyi entegre ederek değiştirmek ilk etapta daha kolay gözükmemektedir. Hatta düşük düzeyde enerji üreten şirketler, kurumlar enerji planlaması yoluyla kendi sistemlerini küçük ölçekli yenilenebilir enerji sistemleriyle değiştirmektedir. Ayrıca insanların konaklama yaptıkları binalar için de küçük ölçekli yenilenebilir enerji sistemleri (örneğin; sıcak su ısıtma veya evsel kullanım için elektrik üretimi) kullanılmaktadır.

3.1. Rüzgar Enerjisi

Hava hareket ettikçe havadaki parçacıklar hız kazanmaktadır. Hava hareketlerinden dolayı pervaneler döndürülerek mekanik enerji elde edilir. Mekanik enerji elektrik enerjisine dönüştürülür.

Tipik bir rüzgar türbini yaklaşık olarak 5,2 milyon kWh elektrik enerjisi üretir. Rüzgarın zamana ve konuma göre değişiklik göstereceği göz önünde tutulursa rüzgar santrallerinin verimliliği çok çeşitli olmaktadır. Dünyada kurulu rüzgar gücü kapasitesin 3'te 1'i gibi en yüksek orana sahip ülke olan Almanya'nın 2006 itibariyle 20bin MW kurulu rüzgar gücü bulunmaktadır. Buda Almanya'daki elektriğin yaklaşık % 7,5'i anlamına gelmektedir [5]. Türkiye'de ise 2009 yılında kurulu rüzgar enerjisi gücü 802 MW' tır [6].

3.2. Hidroelektrik Enerji

Hidroelektirik enerji suyun hareketi ile elde edilen enerji çeşididir. Bu yenilenebilir enerji kaynağı bir çok ülkede çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Ana prensip rüzgar enerjisi ile hemen hemen aynıdır. Su, hidroelektrik santraldeki türbin çarklarını döndürerek mekanik enerji elde edilmesini sağlar. Mekanik enerji, jeneratörler aracılığı ile elektrik enerjisine dönüştürülür. Almanya'da kullanılan elektriğin % 3,3 civarı hidroelektrik enerjisinden sağlanırken Türkiye'de bu oran % 19'dur [5].

3.3. Güneş Enerjisi

Güneş sistemi, güneş ve etrafında dolaşan gezegenlerden oluşan bir sistemdir. Bu sistem, enerjisini değerli bir kaynak olan güneşten karşılamaktadır. Güneş enerjisi zamana bağlı bir enerji kaynağı olduğundan, enerjinin depolanması gerekir.

Güneş enerjisinden konut ve işyerleri için sıcak su üretimi, konut ısıtmasına destek, bina havasının iklimlendirilmesi ve elektrik üretimi için kullanılmaktadır. Almanya'daki elektriğin % 3,5'u güneşten sağlanırken Türkiye'de güneş enerjisi sıcak su üretimi için güney ve batı bölgelerde kişi başına 0,15 m² güneş kollektörü kullanımı şeklindedir [7].

3.4. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle enerjisi, organik maddelerden elde edilen bir enerji çeşididir. Bitkisel ve hayvansal atıklar başlıca enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bazı özel kaynaklar şöyledir;

- Ahşap (farklı tip ve türdeki ağaçlar)
- Bazı yağlı tohumlu bitkiler (ayçiçeği, kolza, soya fasulyesi vb.)
- Lifli bitkiler (keten, sorgum, kenevir vb.)
- Karbonhidratlı bitkiler (patates, mısır, pancar, buğday vb.)
- Bitkisel atıklar (dal, kök, sap, saman, fındık kabuğu vb.)
- Çeşitli deniz canlıları (mavi-yeşil algler, kelp,)
- Endüstriyel atıklar
- Hayvan atıkları

Her yıl yaklaşık olarak 150 milyar ton biyokütle üretilmektedir. Öte yandan bunu sadece yüzde 10'u ticari olarak kullanılmaktadır.

Biyokütle kökenli sentetik akaryakıtlar da kullanılmaktadır. Biyoyakıt canlı organizmalar ile onların metabolik atıklarından elde edilir. Biyoyakıtın içindeki karbon havadaki karbondioksitin bitkiler tarafından ayrıştırması sonucu oluşur. Bu nedenle bu

yakıt türü atmosferdeki net karbondioksit artışını etkilemez. Biyoyakıtlar biyodizel, biyoetanol veya biyogaz şeklinde üretilmektedir. Biyodizel, hayvansal veya bitkisel yağlardan elde edilen alkolün (metanol yada etanol) katalizli reaksiyonunun bir ürünü olmakla beraber kolza, soya, aspir vb. yağlı tohumlular kullanılmaktadır. Bunlarla beraber evlerde kullanılan atık bitkisel ve hayvansal yağlar da kullanılmaktadır.

Biyodizel rafinerilerde hidrokarbonlarla karıştırılarak dizel yakıtı doğrultusunda özellikleri iyileştirilebilir. Saf biyo dizel veya dizel-biyodizel karışımı önemli değişiklikler olmadan sadece küçük değişikliklerle dizel motorlarda kullanılabilir. Almanya'da yasal olarak % 100 biyodizel kullanımı mümkündür. Biyodizel tüketimi vergiden muaftır. Biyodizel kullanımı için vergi güvencesi vardır. Bu avantajları sayesinde biyodizel kullanmak çok avantajlıdır. Almanya'da 2005 yılında yaklaşık olarak 1,8 milyon ton biyodizel üretimi olduğu tespit edilmiştir [8]. Türkiye'de 2006 itibariyle bu rakam 1,5 milyon ton kurulu kapasitedir [7].

Alternatif bir başka yakıtta biyoetanol'dür. Hammadde olarak şeker pancarı, mısır, buğday, şeker, polisakkarit veya selüloz vardır. Tarımsal hammadde fermente edilir daha sonra benzin ile özel oranda harmanlanarak hazırlanır. Biyoetanol yakıt içindeki oksijen oranını arttırdığı için yanma verimini de doğru orantılı olarak arttırmaktadır. Almanya'da 2005 yılı verilerine göre 350 milyon litre biyoetanol üretimi mevcuttur [9]. Türkiye'de 2006 yılında biyoetanol kurulu kapasite 160 bin ton civarındadır [7].

Diğer bir alternatif yakıt olan biyogaz; bir anaerobik ortam içinde organik maddelerin karbondioksit ve metan içeren biyolojik birleşiminden oluşur. Biyogaz teknolojisi organik atıkların toprağa yeniden kazandırılması sağlamaktadır. Almanya'da yapılan araştırmalara göre 11 milyon hektar ekili alan içinde yüzde 30 oranında biyogaz için kullanılabilir hammadde olduğu ve kullanılması halinde 400 TWh enerji elde edilebileceği tespit edilmiştir [10]. Türkiyede 2010 yılı itibariyle 350 MW gücünde kurulu pilot uygulama mevcuttur [7].

3.5. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji yer kabuğu altında temiz ve yenilenebilir bir enerji türüdür. Bu enerji yeryüzeyine yakın olabildiği gibi kilometrelerce aşağıdaki katmanlardan sıcak su veya sıcak kaya formları ile bulunabilmektedir. Bu enerjiden ısı pompaları ile binalarda ısıtma soğutma elde edebildiğimiz gibi elektrik üretimi de mümkündür. Almanya’da 100 MW’den fazla enerji jeotermal enerji ile üretilmektedir [3]. Türkiye’de ise 2007 yılı verilerine göre 27 MW’lık jeotermal elektrik üretim santrali devrededir [11].

3.6. Diğer Görüşler

Kırsal kesimlerde elektrik ihtiyacı için küçük ölçekli dizel yada benzinli jeneratörler kullanılmaktadır fakat teknoloji kırsal topluluklar için teknik, ekonomik ve çevresel bir takım sorunlar oluşturmaktadır [12]. Bu yenilenebilir enerji sistemi çok yüksek fiyatlara mal olacağından nispeten daha düşük maliyetli küçük ölçekli yenilenebilir enerji sistemleri daha ilgi çekicidir. Aynı şekilde rüzgar ve güneş enerjisi için ilk kurulum, yatırım maliyetleri her geçen gün düşse de yeterince faydalı olmadığı söylenebilir. Elektrik üretiminde €/kWh oranı yüksek olmasına rağmen şebekeye verildiğinde €/kWh oranı düşmektedir. Örneğin; bugün yenilenebilir enerjiye yapılan bir yatırımın amortisman süresi 10-15 yıl olsa bile, dünyada yenilenebilir enerjideki hızlı gelişim sayesinde, her geçen yıl projenin ilk başında hesaplanan masrafların düşüşünümesini, şebekeye aktarılan elektriğin fiyatının artışı sağlayarak bu süreyi her yıl daha da geriye çekmektedir. Buda Küçük ölçekli enerji sistemlerinin kullanılmasını gerektiren nedenlerden biridir. Almanya’da evsel kullanımda elektriğin birim fiyatı 0,2541 €/kWh iken sanayide bu 0,1127 €/kWh ‘dir[13]. Türkiye’de ise elektriğin birim fiyatı evsel kullanımda 0,28384 €/kWh , sanayide ise 0,18164 €/kWh ‘dir[14]. Elektrik fiyatları bu kadar yüksek iken yenilenebilir enerji sistemlerinin evsel endüstriyel alanda kullanılmasının önemi bir kez daha net bir şekilde görülmektedir.

Fosil yakıtlara göre yenilenebilir enerjinin kullanımı daha avantajlı olmasına rağmen, fosil yakıtlar hala en yaygın kullanılan enerji türüdür. Bir çok yerel kuruluş, şirket, enstitü enerji talep etmektedir. Özellikle de büyük ölçekli şirketler tercih etmektedir. Yenilenebilir enerji de bundan payını alarak her geçen gün ülkeler yerel

imalat, sanayi ve enstitüleri geliştirmektedir. Küçük ölçekli yenilenebilir enerji sistemi bir araştırma ve geliştirme yapılmaksızın kurulması uygulanması mümkün değildir. Bu nedenle yerel şirketler veya kurumlar araştırma bölümlerini geliştirmektedir. Bu gelişme aynı zamanda yerel bazda iş gücü istihdam anlamına da gelmektedir.

Mikro hidroelektrik enerjisi sınırlı olmasına rağmen kaynağın olduğu yerde uygun bir çözüm olarak görölmektedir. Rüzgar ve güneş enerjisi gelişmekte olan dünyanın coğrafı alanlarında elektrik üretimi için geçerli kaynaklar sunabilir. Bu nedenle şebekeden bağımsız elektrik talebini karşılamak için en yaygın kullanılan seçenek olabilir [12]. Küçük ölçekli yenilenebilir enerji sistemlerinin farklı uygulamaları aşağıdaki gibi mevcuttur;

- Güneş panelleri
- Kentsel yeldeğirmenleri
- Güneş enerjili parkmetreler
- Biyokütle ile çalışan toplu ulaşım araçları
- Güneş enerjili otobüs durakları, trafik lambaları vb.

BÖLÜM 4

PLANLAMA SÜRECİ

4.1. Genel Planlama Süreci

Günümüzde, birçok ülkede sürdürülebilir iş gelişimi ve kalkınma, belirlenen hedeflere ulaşılabilmesi, ulusal programlar ve stratejilerin kesintisiz uygulanabilmesi için en önemli etkenin sürdürülebilir enerji olduğunu söyleyebiliriz. Küreselleşmenin artması ve liberal ekonomik modellerdeki değişimi enerji sorunları takip etmektedir. Bundan dolayı yüksek düzeyde ekonomik canlanmaya katkı sağlayacak enerji politikalarının uygulanması büyük önem arz etmektedir.

Isı ve elektrik toplumsal yaşamda nasıl önemli ise endüstrinin de ihtiyaç duyduğu iki enerji türüdür. Binalarda gerekli ısı, genellikle yerel olarak kurulmuş bir ısıtma merkezinden karşılanmaktadır. Elektrik ise genel olarak bir dağıtım şebekesinden temin edilmektedir. Gerekli olan ısı ve elektriği karşılamak için birçok enerji üretim sistemi vardır. Bu sistemlerden en önemlileri kojenerasyon (CHP) ve Trijenerasyon (CCHP) sistemidir. Çünkü trijenerasyon sistemi tanım gereği elektrik, soğutma ve ısı enerjisinin birlikte tek sistemden üretildiği sistem çeşididir. Isıtma, soğutma ve elektriğin bir kombinasyonu daha ekonomik bir üretim sonuçları elde etmek için kullanılır. Bu sistemde, toplam enerji girişine göre ısı enerjisinde % 85'lere varan kullanılabilir enerji verimliliği elde etmek mümkündür [15].

Çalışmada Almanya’da baz alınan HS Offenburg bir trijenerasyon enerji üretim santraline sahiptir. HS Offenburg’un bir trijenerasyon enerji üretim santrali ile sağladığı avantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Aynı tesiste hem elektrik hem de ısı üretiminin sağlanması,
- Diğer sistemlere göre enerji tasarrufu sağlanması,
- Enerjisini bulunduğu yerde üretilip kullandığı için şebekede oluşabilecek, iletim vs. kayıplarını en düşük seviyeye indirmesi,
- Zararlı gaz emisyonlarını azalmasına katkı sağlanması,
- Enerji arzında dışa bağımlılığı azaltmaktadır.

Bir planlama süreci CHP tesisinin avantajlarını elde etmek için çok önemlidir. Her şeyden önce bir CHP tesisi ekonomik, verimli ve çevresel olmalıdır. Bir CHP santrali planlama veya proje aşamasında iken birçok parametre dikkate alınmalıdır. Bunlardan bazıları şöyledir;

- Proje alanı (konum),
- Kullanılacak yakıt,
- Gerekli güç ve elektrik miktarı,
- Yıllık ısı yükü (kW),
- Yıllık soğutma yükü (kW),
- Kullanılacak yakıtın yıllık miktarı (örneğin: doğalgaz ise m³),
- Yıllık çalışma süresi,
- Yatırım maliyetleri,
- Bakım ve işletme maliyetleri,
- Ekonomik kullanım ömrü,
- Amortisman süresi,
- Gelecek için büyüme beklentisi,
- Enerji verimliliği,
- Enerji tasarrufu,
- Güvenlik,
- Çevresel etkiler; gürültü, kirlilik vb.

Yukarıda belirtilen maddeler yapılacak planlamaya göre değişiklik gösterebilir. Ancak genel olarak ele alınacak olursa üç kısımda incelenebilir; tasarım, satın alma ve proses mühendisliği. Tasarım; tesis ve makineler, elektrik mühendisliği, ölçme ve kontrol gibi sınıflandırılabilir. Proses mühendisliği de en az tasarım kadar önemlidir; hesaplama ve bunların tesiste sürdürülebilmesi olarak kendi içinde iki gruba ayrılır. Yakıtın maliyeti proje tasarım aşamasında iken işletmenin marjinal maliyeti olarak hesaplanabilir.

Optimizasyon da planlama sürecinin bir parçasıdır. Optimizasyon yaklaşımlarında bazen düşük yakıt maliyetleri için yüksek yatırım maliyetleri ortaya çıkabilir. Ancak doğru bir optimizasyon, yatırım maliyeti yüksek de olsa sistemin en verimli ve ekonomik sistem olduğunu göstermesi gerekmektedir. Doğru bir optimizasyon yapabilmek için sınırların belirlenmiş olması gereklidir [16]. Bu sınırlardan bazıları şöyledir;

- Süreç değişkenleri
- Teknik sınırlar
- İşletim limitleri
- Mevzuat sınırları
- Ekonomik sınırlar / koşullar
- Yasal çerçeve

4.2. Enerji Santrali (Almanya'dan bir uygulama)

4.2.1. Hochschule Offenburg enerji santraline genel bakış

Hochschule Offenburg (HSO) şunda sahip olduğu enerji santrali çok eski bir santral olmamakla beraber eskisinin yerine 2007 yılında yenisi yapılan bir enerji santralidir. Bu santralin HSO'ya 4 milyon €'ya mal olmuştur. Enerji merkezinde iki boyler, kombine ısı ve enerji ünitesi (mikro gaz türbini ve içten yanmalı motor), absorpsiyonlu sıcak su soğutucu, soğutma kulesi, sıcak ve soğuk su depolama tanklarından oluşmaktadır. Bunların yanında ayrıca sirkülasyon pompaları, genişleme tankı ve hidrolik şaft mevcuttur.

Enerji santralinde birincil enerji olarak doğalgaz kullanılmaktadır. Doğalgazın enerji santraline girişiyle beraber üç enerji konvektörü çalışmaya başlar; iki boyler, mikro gaz türbini ve gaz motoru. Her enerji konvektörü yoğuşmalı ısı değiştiricisi ile donatılmıştır; her boyler bir adet ısı değiştiricisine, mikro gaz türbini iki ısı değiştiricisine ve içten yanmalı motorda bir adet ısı değiştiricisine sahip olmakla beraber toplamda beş adet ısı değiştiricisi mevcuttur.

Boyerler; HSO enerji santralinde 3000 kW ısıtma kapasitesiyle beraber % 92 verimliliğe sahiptir. Her boyler ısı değiştiricisi ile donatıldığı için bu verim her boyler için % 4'lük bir artışla % 96'ya kadar ulaşmaktadır.

Mikro gaz türbini; 120 kW ısıtma kapasitesi ve 65 kW elektrik güç çıkışı ile % 82'ye varan verimliliğe sahiptir.

Otto gaz motoru dört zamanlı bir gaz motorudur. Bu motor 50 kW elektrik üretme kapasitesine sahiptir. Ayrıca toplam kapasitesi 94 kW olan ısı değiştiricileri (soğutma motoru ısı değiştiricisi, egzoz gazı ısı değiştiricisi ve harici bir yoğuşmalı ısı değiştiricisi) ile birlikte % 34 elektriksel verim ve % 55,9 ısı verimliliğe sahiptir.

Absorpsiyon sıcak su soğutucu yaklaşık olarak 201 kW ısıtma kapasitesi ve 150 kW soğutma kapasitesi ile 0.74 performans katsayısına sahiptir.

Soğutma kulesi ise 350 kW soğutma kapasitesiyle beraber 32 °C / 27 °C sıcaklık düşüşü yeteneğine sahiptir.

HSO santrali bir yıl içerisinde üç farklı çalışma modu ile çalıştırılmaktadır. Bu modlar aşağıda sıralanmıştır.

- Kış modu
- Yaz modu
- Geçiş modu

Kullanım zamanı her çalışma moduna uygun olarak değişiklik göstermektedir. En yüksek değerler kış modunda elde edilir. Çünkü kış döneminde daha çok enerjiye ihtiyaç vardır. İlk akla gelen ısınma olduğu gibi güneşin erken saatlerde batmasından dolayı aydınlatma için de gerekli enerji miktarı artmaktadır.

Mikro gaz türbini ve içten yanmalı motor yıl boyunca çalışır ancak en düşük değerlere yaz ayında ulaşırlar. Bunun sebebi yazın ısınma ihtiyacının olmaması, gündüzler uzun olduğu için aydınlatmanın daha az oluşu ve okulun uzun tatil döneminde oluşudur. Hatta boylerler yaz ayı boyunca çalıştırılmamaktadır. Absorpsiyonlu soğutucu yaz ayları boyunca MGT ve ICE den gelen termal enerjinin tahriki ile işletilmektedir.

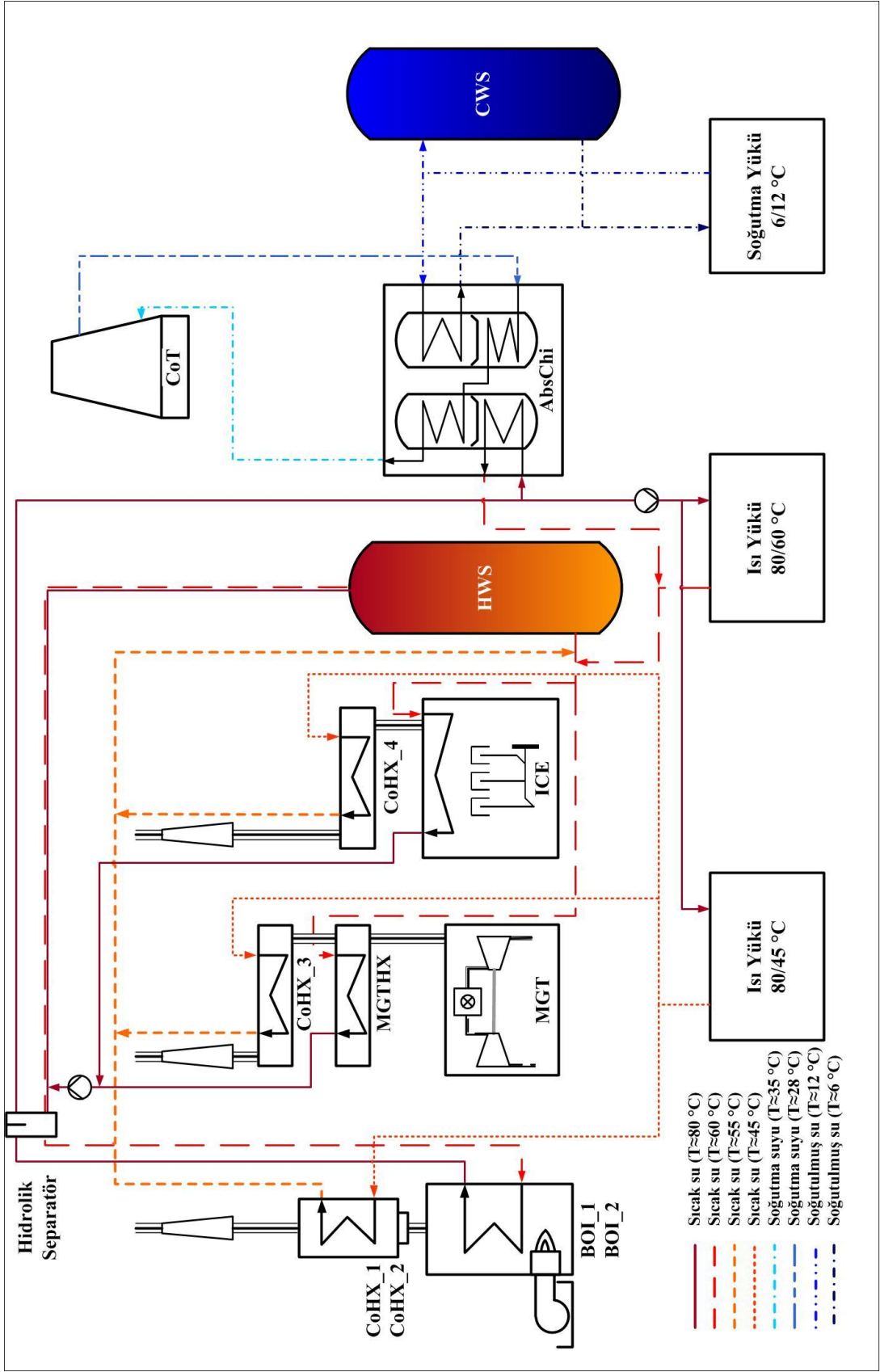
Enerji santralinde üretilen ısı ve elektrik yıl içerisindeki aylara göre değişiklik göstermektedir. Her yıl aynı değerleri elde etmek mümkün olmamaktadır. Değerler yıllık ve mevsimlik olarak değişmektedir. Ancak aşağıdaki ortalama değerlere ulaşmak mümkündür [17]. Tablo 4.1.'de sezonlara göre su sıcakları verilmiştir.

- Toplam ısınma ihtiyacı 3336 kW
- Toplam soğutma ihtiyacı 660 kW
- Güç üretimi, elektrik enerjisi 115 kW

Tablo 4.1 Sezonlara göre suyun sıcaklık dereceleri

	Isıtma sezonu	Soğutma sezonu
Arz edilen suyun sıcaklığı (°C)	75	86
Dönüş suyunun sıcaklığı (°C)	56-60	71

Hochschule Offenburg enerji santralinin şematik diyagramı Şekil 4.1.'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Hochschule Offenburg enerji santralinin şematik diyagramı

4.2.2. Enerji santralinin ara birim diyagramı

Enerji planlaması yaparken norm ve standartlar kullanıldığı için ayrıntılı olarak bu çalışmada incelenmiştir. Araştırmaların bir sonucu olarak bir arabirim diyagramı hazırlanmış ve Şekil 4.3.'de sunulmuştur. Hazırlanan bu şemaya göre enerji santrali beş ana bölümde incelenir. Bunlar; arz bölümü, enerji dönüştürücüler, birim operatörleri, depolar ve talep bölümünden oluşmaktadır. Yani bu beş birimin ayrı ayrı düşünülüp, birlikte çalışması, planlanmanın bir bütün olduğunu ifade etmektedir. HSO için bu beş birim aşağıdaki gibi daha net bir şekilde ifade edilmiştir (ayrıca bkz. Şekil 4.2.);

Arz bölümü	➔	doğalgaz ve elektrik
Enerji dönüştürücüler	➔	boyler-1, boyler-2, mikro gaz türbini, içten yanmalı motor
Birim operatörleri	➔	absorpsiyonlu soğutucu, bir mikro gaz türbini ısı değiştiricisi, 4 adet yanma ısı değiştiricisi, soğutma kulesi
Depolar	➔	sıcak su deposu, soğutma suyu deposu
Talep bölümü	➔	ısıtma, soğutma ve elektrik



Şekil 4.2. HSO enerji santralinin ana bileşenleri

Enerji santralinde her bileşen için her bölüm, literatür taraması sonucu ulaşılan norm ve standartlara göre planlanıp projelendirilmiştir.

Planlamanın arz bölümü (genel) için DIN 16001 (Enerji Yönetim Sistemleri) ve VDI-3985 (İçten Yanmalı Motorlar ile Kombine Isı ve Enerji Santrallerinin Tasarım, İnşaat ve Kabul esasları) normları dikkate alınmıştır.

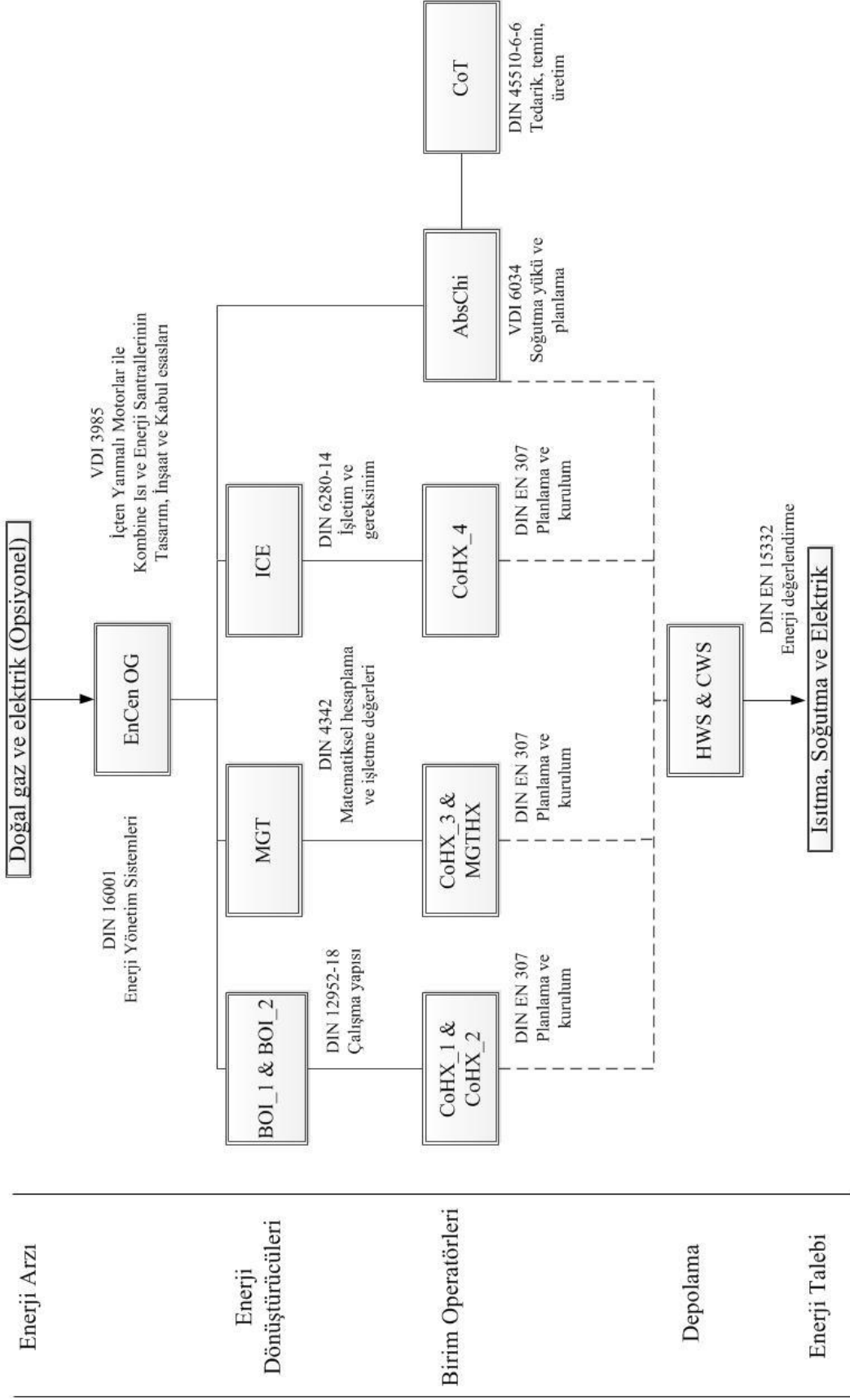
Enerji dönüştürücüler kısmında, boilerler için; DIN 12952-18 normu boiler ve yardımcı tesisatlarının çalışma yapısı ve içeriğinde kullanılmıştır. Mikro gaz türbini için; işletme değerlerine göre matematiksel hesaplamaları içeren DIN 4342 normu kullanılmıştır. İçten yanmalı motorun işletim ve gereksinime göre planlanmasında DIN 6280-14'den faydalanılmıştır.

Birim operatörlerinden ısı değıştircilerinin tamamının planlamada seçimi için DIN 307 normu, absorpsiyonlu soğutucuda VDI 6034 normu kullanılmıştır. Bu norm sıcaklık kontrollü odalarda yapılacak soğutma planlaması için kullanılmaktadır. Bu bölümdeki bir diğer birim olan soğutma kulesinde 45510-6-6 normu kullanılmıştır. Bu norm elektrik enerjisi üretimi için kurulan bir enerji santralinde doğal havalı, zorlanmış

havalı ve nemlendirilmiş havalı olarak tasarlanabilen soğutma kuleleri için teknik şartnameleri içermektedir.

Depolama bölümünde sıcak veya soğuk su depoları için tek bir norm olan DIN EN 15332 (su depolama sistemlerinde enerji değerlendirmesi) kullanılmıştır.

Son kısım olan talep bölümünde daha çok mali hesaplar olduğundan dolayı VDI 2067 (yapı bileşenlerinin ekonomik verimliliği ve ekonomisel hesaplama) normu kullanılmıştır.



Şekil 4.3. HSO enerji santralinin ara birim diyagramı

4.2.3. Uygulamada enerji planlama

4.2.3.1. Genel enerji planlama uygulaması

Araştırma için anket

HS Offenburg'daki enerji merkezi; ısıtma, soğutma ve elektrik ihtiyacını karşılamak üzere kurulmuş sistemdir. Bu kompleks yapı; mikro gaz türbini, içten yanmalı motor, absorpsiyonlu soğutucu, boyler, soğuk su depoları, sıcak su depoları, pompalar, fanlar vb. bileşenler ile öğrencilere görsel eğitim vermek amacıyla donatılmıştır.

Anketin esasları

Anket, içten yanmalı motor entegreli kombine ısı ve güç santralinin dizaynı, inşaat ve kabul gibi konularını içeren VDI 3985 esas alınarak hazırlanmıştır ve EK – A'da sunulmuştur. Ayrıca HS Offenburg'da oluşturulan çalışma grubunun deneyimleriyle DIN 16001 ve DIN 12952 normlarının formlarıyla bu anket desteklenmiştir.

Anketin stratejisi

Ana hatları

Anket iki ana bölüme ayrılmıştır; Anketin ilk bölümünü HS Offenburg'daki enerji sistemi, ikinci bölümünü ise sisteme alternatif projeler ve sisteme ilave edilebilecek projeler oluşturmaktadır.

Ana noktalar

Enerji planlamacılar, proje mühendisleri vb. görüşmelerde planlama sürecine ilişkin sorularda, aşağıdaki ana noktalar dikkate alınmıştır;

- Enerji talep tahmini
- Yakıt seçimi
- İlk kavram (planlama yaklaşımı)
- İhale prosedürü (ekonomik analiz dahil)

Görüşmeler

Görüşmeler, HS Offenburg enerji santralının planlamasında görev alan Badenova AG. Co. KG. adlı mühendislik projelendirme şirketinin sahibi Mühendis König ile üç ayrı durumda yapılmıştır.

Ana anket

Anket en önemli noktalarının özeti ile beraber;

A) HS Offenburg

B) Diğer proje deneyimleri olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır.

Bu anket Prof. Dr.-Ing. Peter Treffinger ve doktora öğrencisi Satya Gopisetty ile beraber tartışılmış, incelenmiş ve hazırlanmıştır.

4.2.3.2. HS Offenburg enerji sistemlerinde enerji planlama süreci

A) HS Offenburg

1) Enerji talebi

Soru: Elektrik talebi ile beraber ısıtma ve soğutma periyotları için yük eğrileri hakkında hiç bilgi veya doküman alındı mı?

Mevcut binalar

Binanın enerji tüketimi yıllık olarak ele alınmıştır. Sonrasında, bu izleme takip sonuçları (yük eğrileri) enerji santralının boyutlandırılması için özgül yakıt tüketimi ile karşılaştırılmıştır. Elektrik tüketimi ise yerel tedarikçi tarafından tahmin edilebilir.

Yeni binalar

Isıtma ve soğutma yükleri gibi teknik tahminler için HS Offenburg'da VDI 2067, VDI 2078 ve DIN 4701 gibi standartlar kullanılmıştır. Elektrik talebi cihazların türüne göre tahmin edilebildiği gibi tam performansta çalışmasına göre de tahmin edilebilmektedir. Daha fazla bilgi için yerel tedarikçiler ile irtibata geçilmiştir.

Bazı stratejilerin örnekleri:

- Boyler boyutunun tespiti için süreklilik eğrisine bakılmaktadır. Hatta soğuk kış günleri boyunca pik değerinin 2/3 kadarı arz ile orantılı olmalıdır.
- Bu enerji santraline çift boiler koyulmasının sebebi; güvenlik ve enerji arzının garanti altına alınmasıdır.
- Tüm ısıtma bölgeleri öngörülen bir zaman periyodu için analiz edilmiştir (oda sıcaklığı 20 °C olarak kabul edilmiştir), böylece gerçek ısıtma değeri belirlenebilmiştir.
- Soğutma yükü binanın gerekliliği ve bina yüzeyinin kalitesine göre bina inşaatının planı referans alınarak hesaplanmıştır.
- Elektrik enerji şirketi tarafından ölçülmüştür. Sonra, yaklaşık yarım yıl için elektrik pik değerleri (1/4 saatlik) için talep ölçülmüştür.
- Sezonlarda enerji tüketimi; kış, geçiş, yaz dönemleri olmak üzere enerji merkezi için VDI 2067 temel alınarak hesaplanmıştır.

Soru: Bu bilgileri toplamaya veya araştırmaya ihtiyaç duyulmuş mudur?

HS Offenburg ile ilgili bütün bilgiler tasarımcı ve ekibi tarafından araştırılmıştır.

2) Yakıt

Soru: Doğal gaz şebekeden mi karşılanmıştır?

Birincil enerji arzı için uzun vadeli fiyat faktörü ve güvenlik faktörü bir karar vermek için önemli faktörlerdir (doğalgaz boru hattı, doğalgaz tedarikçisi, sözleşmeler vb. açısından). Doğalgaz seçimi gaz hattı bağlantısının mevcut olmasından dolayı en yüksek seçenek olarak belirlenmiştir. Doğalgazın tercih edilme sebebi kömürün (politik nedenlerle) tercih edilememesi ve ısıtma sisteminin merkezi ısıtma sistemi olmasıdır.

Fiyat/Maliyet: Gaz arzı için geçmişte özel düşük fiyatlı sözleşme mevcuttu. Bu, kullanıcının pik talepleri boyunca maliyetleri aşağıya çekerek gaz ve sıvı yakıt arasında geçişlerine izin vermekteydi. Şu anda, bu durum satıcı için pahalı bir durum olduğu için

aşağıda belirtilen yerel koşullardan dolayı enerji santrali gaz boyleri yardımıyla çalışmaktadır.

Yerel koşullar: Üniversite konum olarak su koruma alanı diye tabir edilen, şehrin içinden geçen nehrin yanında bulunmaktadır (Offenburg şehir içme suyu temini). Bu, sıvı yakıt depolama tanklarının yerine boyler seçiminde nedenlerden biridir. Okulun kafeteryası boyler yerine sıvı yakıtlı eski bir ısıtma sistemine sahiptir. Bu genellikle ısı üretmek için ucuz bir yoldur ve mutfağa düşük basınçlı buhar (110 °C'den az olmak üzere) sağlayabilmektedir. Yüksek basınçlı buhar her yıl teknik inceleme gerektirir.

Mevcut yapılar için çalışma, mevcut binalar ile bunların teknik özelliklerinin kontrolü ile başlar. Eğer ki yanlış planlama yapılmış ise yeni teknik sistemlerin inşasında sorunlara neden olmaktadır; genellikle uzun vadede kötü veya etkisiz çözümler olduğu görülmektedir.

3) İlk kavram (planlama yaklaşımı)

Soru: Hochschule Offenburg'daki enerji dönüştürücülerin tipi hakkında kararlar nasıl verilmiştir?

İlk olarak ısı yükü ve termal enerji DIN 4701 kullanılarak tahmin edilmiştir. Bu proje aynı zamanda öğrenci öğretim projesinin bir parçası olduğundan dolayı bu tür mikro gaz türbini ve gaz motoru gibi enerji dönüştürücüler planlama sürecinin bir parçası olarak yer almaktadır.

Enerji dönüştürücüler için açıklama içeren teknik bilginin gerekli olduğu gibi çeşitli bileşenler hakkında net bir fikir elde etmek için de bunların üreticilerine danışmak ve detaylı bilgiler edinmek gereklidir. Örneğin; kombine güç santrali ve emilimli soğutucu arasındaki etkileşimin çok önemlidir ve her iki bileşenin tüm satıcıları tasarım ve işletimde güvenlik temel alındığı için ortak bir toplantıda bir araya getirilmiştir.

Soru: Kapasite hakkında nasıl karar verildi?

Kapasiteler, yukarıda açıklandığı gibi enerji talep prosedürü üzerinden karar verilmiştir.

Soru: Tesis topolojisi hakkında nasıl karar verildi?

Topoloji kararı öncelikle boru boyutu, pompa boyutu, elektrik maliyeti ve ısı kayıplarına bağlıdır. Takdire değer bir çözüm optimum noktayı bulmaktan geçer.

Soru: Termal enerjinin depolarının tipi ve boyutu hakkında nasıl karar verilmiştir?

Bu depolar her iki boyler için en düşük bir saatlik çalışma için planlanmıştır. Bu planlama da göze alınan bir diğer kıstas kış ve yaz sezonundaki çalışma farkıdır.

Soru: Kontrol ve düzenleme konsepti nasıl tanımlanmıştır?

Kontrol ve düzenleme stratejisi DDC'ler ve PLC'lerin normal kullanımı ile tanımlanmıştır.

Soru: Yoğuşmalı ısı değiştiricisi/hidrolik sistem entegrasyonu için ana fikir nedir ?

Bunun ana fikri minimum kayıp ile maksimum ısı verimim elde edilmesini sağlamaktır.

Soru: Değişkenler ve gelecekteki muhtemel değişiklikleri nasıl hesaba kattınız?

HS Offenburg için değişkenler ve gelecekteki değişiklikler, yönetim ekibi ile görüşülerek ek bir inşaattan dolayı termal talepteki olası artışa göre en uygun boyler boyutlandırılmıştır.

Soru: Yönergeler tasarım sürecinde kullanılmış mıdır?

Elbette enerji talebinin hesaplama işlemi için kullanılmıştır. Önemli kararlar tamamen tecrübeye dayanarak alınmıştır.

Soru: Tasarım aşaması boyunca proje bakımı dikkate alınmış mıdır?

Santralin veya enerji merkezinin işletmeye geçmesinden sonra gerekecek bakım dikkate alınmıştır. HSO enerji santralindeki bileşenlerin tedarikçileri, montajdan itibaren bakım garantisini de sağlamaktadırlar.

4) İhale prosedürü

Sözleşme ve diğer ihale prosedüründe bakım maliyeti veya maliyetleri dikkate alınır. Bakım maliyeti(işletme giderleri) tesisin devreye alınması için karar alma süreci boyunca dikkate edilmiştir. Ekonomik analizler genellikle herhangi önemli bir karar öncesinde amortisman yönteminin hatları üzerinden hesaplanmaktadır.

B) Diğer proje deneyimleri

Bir projede konuma dayalı birçok bilgi; enerji merkezinin komuta odası, teknik odalar, bunların büyüklükleri vs. mimarlar tarafından verilmektedir. Eğer yenilenebilir enerji ihtiyacı var ise ve kullanılacak birincil enerji türüne bir karar verilmesi gerekiyorsa bunun için sağlam bir tesis inşası olmalıdır.

Ekonomik ve teknik analizin dışında dikkat edilmesi gereken birkaç parametre şöyledir;

- Kampus içindeki boş alan
- Enerji merkezinin kampus içindeki konumu ve boyutu
- Enerji sistem bileşenleri için en iyi aranjman
- Minimum boru uzunluğu ile enerjinin taşınımı (ısı kayıpları)

1) Enerji talebi

Soru: Elektrik talebi ile beraber ısıtma ve soğutma periyotları için yük eğrileri hakkında hiç bilgi veya doküman alındı mı?

Mevcut binalar

İzleme/takip etme yöntemine göre odalar 20°C için ayarlanır ve sonra talep edilen bu sıcaklık ile enerji santralimizin bu ihtiyacı arz edip edemediği karşılaştırılır. Ayrıca CHP'nin boyutlandırılmasını göz önünde tutarak maksimum kullanım anında tam yükte çalışmasını sağlayacak boyutun belirlenip tam verime ulaşmak gerekmektedir(sonuçta, sitemde başlat/durdur sık olarak yapılırsa bu maliyetin daha fazla olacağı anlamına gelmektedir). Depoların boyutlandırılmasında önde olan parametre; güvenli kullanım için 2 normal kullanılabilme süresi ile tam yükte 1 saat

kullanılabilme süresi olmaktadır. Elektrik tüketimi ise yerel tedarikçilerden tahmin edilebilir.

Yeni binalar

Yeni binaların projesinde kullanılacak standartlar aradan birkaç yıl geçtiği için söz konusu enerji santrali yapıldığında kullanılan standartlardan farklı olabileceği için güncel olanlar dikkate alınıp enerji talep tahmini için inşaatçı, mimar ve tedarikçiler ile bir araya gelinmesi gerekmektedir.

2) Yakıt

Yakıtın tipine göre herhangi bir karar vermek birçok faktöre bağlıdır;

- Yasal durum: Bölgesel kurallar ve yönetmelikler, kanunlar vb.
- Birincil enerji (uzun süreli hizmet verebilecek)
- Fiyat ve maliyet (amortisman)
- Makinelerin tipi ve teknolojileri
- Uygunluk (minimum kayıp ile ulaşım)

3) İlk kavram (planlama yaklaşımı)

HS Offenburg için ilk konsept aşamasının şekli, aşağıdaki gibi adım adımdır;

- Enerji talep miktarının hesaplanması
- Teknik ve yasal durumlar
- Depolama ve kapasite miktarı hakkında karar vermek
- Topoloji kararı
- Alternatifler
- Kontrol konsepti

4) İhale prosedürü

İhale prosedürleri genel olarak farklı olmayıp HSO da aynı şekilde geçerlidir.

4.3. Enerji Santrali (Türkiye’den bir uygulama)

4.3.1. Hamitabat elektrik üretim santraline genel bakış

Hamitabat Elektrik Üretim ve Ticaret A.Ş. Kırklareli’nin Lüleburgaz ilçesinin Hamitabat köyünde kurulu olan doğalgaz kombine çevrim santralidir. Hamitabat doğalgaz kombine çevrim santralinin yapımına Trakya ve Marmara Bölgelerinde hızla artan aktif ve reaktif elektrik enerjisi talebinin karşılanması amacıyla karar verilmiştir. Türk-Sovyet Hükümetleri arasında 1984 yılında imzalanan doğalgaz antlaşması doğrultusunda ithal gazın 3 milyar m³ ‘lük miktarı bu santrale tahsis edilmiştir. Bu doğrultuda, 600 MW olarak planlanan kurulu gücün 1200 MW’a çıkarılması uygun görülmüştür [18].

İlk 600 MW’lık A+B üniteleri inşaatına 1984 tarihinde T.E.K. ile BBC-ENKA ortaklığı arasında imzalanan anlaşma ile başlamış ve ilk üretim 24.11.1985 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Diğer 600 MW’lık C+D ünitelerine de 1986 tarihinde yapımına başlanmış ve 28.06.1990 tarihinde bu son ünitenin devreye alınması ile toplam 1200 MW gücündeki santralin yapımı tamamlanmıştır.

Santralde her biri 100 MW gücünde toplam da 8 adet gaz türbini, 8 atık ısı kazanı ve 4 buhar türbini bulunmaktadır. İki gaz türbini ve bir buhar türbini birlikte kombine çevrim birimini oluşturmaktadır. Ünitelerin çalışma mantığı doğalgazın yanma odalarında yakılmasıyla elde edilen ısı enerjisinin türbin kanatlarına çarparak rotoru döndürmesi sonucu jeneratör tarafında elektrik enerjisinin elde edilmesi ve egzoz gazlarının atık ısı kazanlarından geçirilerek buhar türbinlerine verilmesiyle buhar türbini tarafında da elektrik enerjisi üretilmesidir. Sadece gaz türbinlerinin çalışmasıyla % 32 verim elde edilirken buhar türbinleri ile kombine çalıştırıldığında verim % 48 civarına çıkmaktadır.

Santral bilgileri;

Kurulu güç: 1156 MW

Kullanılan yakıt cinsi: Doğalgaz ve Motorin

Türkiye'deki toplam kurulu gücün 54.525,647 MW olduğunu düşünürsek santralin Türkiye elektrik üretimi içindeki payının % 2,21 olmasına rağmen Trakya elektrik üretimi içindeki payı % 20,38 civarındadır.

1985-2012 yılları arasında toplam üretim: 139.897.555.000 kWh

1985-2012 yılları arasında toplam yakıt tüketimi: 33.512.871.638 Sm³

Santralin yıllık yakıt ihtiyacı: 1.800.000.000 Sm³/yıl

Nominal yıllık üretim kapasitesi: 8.092.000.000 kWh

Alt ısı değeri: 8.200 kCal/ Sm³

2011 yılı brüt üretimi: 5.418.972.000 kWh

2012 yılı brüt üretimi(ilk 6 ay): 2.827.383.000 kWh

2011 yılı emre amade kapasite: %88,88

2012 yılı emre amade kapasite %82,29

2011 yılı planlanan enerji üretimi: 7.289.923.000 kWh

2011 yılı gerçekleşen brüt üretimi: 5.418.972.000 kWh

2011 yılı net kar: 57.827.523,48 TL

2011 yılı brüt kar: 72.857.396,69 TL

2011 yılı gerçekleşen üretimin "4.840.477,39 kWh"lık kısmı ikili anlaşma kapsamında dağıtım şirketlerine "424.853,13 kWh"lık kısmı ise GÖP/DGP işlemleri kapsamında PMUM'a (Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi) verilmiştir.

2012 yılı ilk 6 ayı için planlanan enerji üretimi: 3.178.582.000 kWh

2012 yılı ilk 6 ayı için gerçekleşen brüt üretimi: 2.362.168.000 kWh

2012 yılı ilk 5 ayı için gerçekleşen üretimin "2.173.007.000 kWh"lık kısmı ikili anlaşma kapsamında dağıtım şirketlerine "143.976,34 kWh"lık kısmı ise GÖP/DGP işlemleri kapsamında PMUM'a verilmiştir.

2012 Ocak ve Şubat aylarında üretilen enerjinin "12.217.000 kWh"lık kısmı motorin kullanılarak elde edilmiş ve bunun için 2.453 ton motorin harcanmıştır.

Yaklaşık 1300 dönüm arazi üzerine kurulu santralde toplamda 326 çalışan bulunmaktadır.

Tesiste birincil enerji olarak doğalgaz kullanılmasına rağmen ikincil enerji olarak da motorin kullanılmaktadır. Bunun nedeni; 2008 yılında gazın temin edildiği ülke Rusya ile olan bir takım sorunlar nedeniyle gaz akışı durmuş. Ancak ihtiyaç duyulan enerjinin bir şekilde üretilmesi gerektiği için tesise 2. yakıt sistemi(motorinle çalışan) entegre edilmiştir.

Gaz türbini: Enerji santralının ana organı olan gaz türbini bu tesiste her biri 100 MW gücünde toplamda 8 adettir. İsviçre'nin BBC firmasından temin edilen gaz türbinleri pik % 32,8 net verime sahip olup pik türbin giriş sıcaklığı 1050 °C, egzoz sıcaklığı ise 550-600 °C'dir. Isı sarfıyatı 2660 kCal/kWh olan türbindeki gazın kalorisi ortalama 8060 kCal/m³ dür. Bir adet yanma hücresine sahip türbindeki yakıcı sayısı da 1'dir.5 kademeli olan türbinde soğutma tipi yağ ve hava şeklindedir (ilk iki kademe hava soğutmalıdır).

Buhar türbini; gaz türbini atık ısısından yararlanılarak iki kademeli kazanlarda üretilen yüksek basınç buharı ile alçak basınç buharı üzerine yüklenen ısı enerjisi kinetik enerjisine dönüşerek, iki basınç kademeli türbininde mekanik enerjiye çeviren makine gurubudur. Buhar türbininde elde edilen mekanik enerji aynı mile rijit kaplinle bağlı olan jeneratör gurubunda elektrik enerjisine dönüştürülür.

BBC-Baden (şimdiki ismi Alstom) tarafından tedarik edilen buhar türbinleri(4 adet) iki kademeli ve kondenserlidir. Yüksek basınçta 23 kademe reaksiyon tipi, alçak basınçta kısmi çift taraflı 8+8 kademelidir. Türbin gücü 110 MW iken türbin devri 3000 dev/dak 'dır. Kondenser doğrudan temaslı ve jet tipi iken buhar akışı da, yüksek basınçtan geçen buhar, alçak basınç kasasında alçak basınç buharı ile birleşerek alçak basınç kademesinden geçerek iki egzoz çıkışıyla kondensere dökülür.

Kompresör; tesiste kompresör olarak aksiyal tip kompresör kullanılmaktadır. Nominal kapasitesi 370 kg dır. Kompresörde rotor hareketli kanat taşıyıcısıdır ve kompresör rotoruna 18 kademe hareketli kanat dizisi monte edilmiştir. Kompresörde stator sabit kanat taşıyıcısıdır ve kompresör statoruna 19 kademe kanat dizisi monte edilmiştir Sıkıştırma oranı 11,9/1 olan kompresör gaz türbini rotoru ile beraber 2 radyal ve 1 eksenel yatağa sahiptir.

Yanma odasının ağırlığı 25 ton olup gaz türbini difüzörü 16,5 t ve gaz türbini stator ağırlığı 10,450 t'dur. Kompresörün emdiği hava iki şekilde kullanılmaktadır. Birincisi, primer hava (yanma havası) iken ikincisi, seconder havadır (soğutma havası). Ancak hava yardımcı maksatla da kullanılmaktadır (sızdırmazlık havası ve kumanda havası). Kompresör hava emiş kanalı panjur ve drenaj sistemi, tel kafes, rollband filtre sistemi, emniyet damperleri ve 3 adet susturucu ile donatılmıştır.

Soğutma kulesi; doğal akımlı soğutma kulesinin hiperbolik gövdesi betonarmedir. 135 metre yüksekliği, 121 m taban çapı ve 67 m daralma çapı ölçüleriyle mevcut en büyük soğutma kuleleri listesine girer. Prefabrik imal edilmiş 28 m'lik X kolonları dikkate alınırsa şimdiye kadar yapılanların içinde en büyüğüdür.

Kendine has özelliği tek gövde ile 2 ayrı üniteye hizmet etmesidir. Bir kule iki ünitenin soğutma ihtiyacını karşılar. Her bir ünite için iki pik soğutucu dört sektör bulunmaktadır. Sektörler, suyun soğutulduğu dik olarak yerleştirilmiş 20 m uzunluğunda deltalardan oluşan radyatör gurubudur. Her üniteye iki adet 18 delta (1-4 sektör) iki adet 19 deltadan (2-3 sektör) oluşan 4 sektör bulunur. Her sektör 75 ton su kapasitesine sahiptir.

Santralin daha net bir şekilde anlaşılabilmesi için Şekil 4.4. de tesisin akış diyagramı verilmiştir.

Diğer ekipmanlar:

- **Ana soğutma suyu pompaları;** kondensedeki suyun soğutulması için kuledeki sektörlere suyun gönderilmesini sağlayan kısımdır. İşletme sırasında pompa çıkış basıncı 3,6 bar türbin pompa giriş basıncı 2,3 bar değerindedir. İki pompa çalışmada su debisi yaklaşık 18.800 ton/h ,tek pompa çalışmada su debisi yaklaşık 10.100 ton/h değerindedir.
- **Pik soğutucular;** iki amaçla kullanılmaktadır, Kış çalışma durumunda sektörlerin doldurulmadan önce ısıtılması, boşalttıktan sonrada sıcak tutulması. Yaz çalışma durumunda soğutma amacıyla kullanılmaktadır. Her ünite için 2 pik soğutucu, 8 delta ve 8 adet fan bulunmaktadır, fanların kanat yönleri yaz ve kış çalışma durumuna göre değiştirilir. Her pik soğutucu 15 tont su kapasitesine sahiptir.
- **Alçak basınç (AB) ve yüksek basınç (YB) Domları:** Kazan domlarının amaçları şunlardır: Besleme suyu ve kazan suyunun iyi karışmasını sağlamak, kontrollü sirkülasyon sistemi için su rezervi sağlamak, su ve buhar ayrışımını sağlamaktır. Su ve buhar ayrışımı domun üst tarafına yerleştirilen ağ (örgü) tipi separatörler ile gerçekleştirilir. Her bir buhar domu, fonksiyonun gerektirdiği ekipman ile donatılmıştır. Bunlar şöyledir: Ağ buhar kurutucuları, pompalara giden türbülans önleyicili su çıkışı, buhar giriş nozulu, buhar çıkış nozulu.
- **Yer altı depolama tankları;** ana soğutma suyu sistemindeki sektörlerin doldurulması ve boşaltılması için gerekli suyun depolandığı kısımdır. Her biri 200 ton kapasiteli 3 adet tanktan oluşmaktadır.
- **Blow down;** kazanlardan gelen bütün drenajları toplamak ve sönmlemek için 2 Adet Blow Down'u (Tank'ı) vardır. İki kazan için bir adet Blow Down (Tank'ı) mevcuttur.
- **Drenaj kondensat tankı;** Blow Down tankındaki konsantre edilmiş su Blow Down tankının altından drenaj kondensat tankına gönderilir. Bu tankta toplanan

su, 2 adet drenaj kondensat pompası vasıtasıyla kondensat yenilemeye gönderilir.

- **Drenaj kondensat pompaları;** tesiste her iki ünite için 1 adet drenaj kondensat tankı vardır. Bu tanklar drenaj sularını toplar ve bir su rezervi oluşturur. Biri çalışır durumda, diğeri yedek olmak üzere her ünite için 2 adet drenaj kondensat suyu pompası vardır. Pompa çiftinin emme tarafı drenaj tankına bağlanmıştır.

Yanma odası ve yakıcı sistem; kompresörün temin ettiği basınçlı hava ile yakıtın yakılması sonucu ısı enerjisinin üretildiği, kompresör statoruna flanş bağlantılı türbin kompresör ortasına düşey olarak yerleştirilmiş elemanlardır.

Hava ile gazın karışımını sağlayan yakıcı tek olup yanma odasının üzerine monte edilmiştir. Kompresörden gelen hava yanma odasının alt kısmından girer. Kompresörün emdiği havanın % 30'luk kısmı nozullarla karışım havası olarak yanma odası içine sevk edilir. Bir kısmı da soğutma havası olarak kullanılır.% 30'luk kısmı ile tuğla dizilerinin arka yüzeylerinde soğutma sağlanmış, ön yüzeylerinde ise hava filmi oluşturularak alev etkisi ile aşırı ısınma önlenir.% 40'luk hava ise yanma odası için gerekli oksijeni temin eder. Yanma odası gerekli ölçme ve gözetleme elemanlarıyla donatılmıştır. Yanmayı doğrudan göreceğ şekilde dizayn edilmiştir.

Sızdırmazlık sistemi; Rotor ile stator arasında hareket eden akışkanların atmosfer ile irtibatlarını sağlamak üzere gerekli hava emiş kanalı ve baca kanalı düzenlemeleri yapılmıştır. Bunun dışında kalan temaslar istenmeyen temaslar olup kontrol altında tutulmalıdır. Bu amaçla sızdırmazlık sistemleri tasarlanmıştır.

Türbin tarafı sızdırmazlık hava sistemi: Türbini terk eden sıcak gazın rotor ile stator irtibat noktasından dışarı sızarak türbin yatağının ısınma sonucu zarar görmesini önler. Kompresör tarafı sızdırmazlık hava sistemi: Kompresör emişindeki vakum nedeni ile içeriye havanın ve kompresör yatağından içeriye hava ile birlikte yağın sürüklenmesini önler.

Egzoz kanalı; Türbinde iş gören gazın atmosfere tahliyesini sağlayan kanaldır. Isı kaybını azaltmak için izole edilmiştir. Genleşmeleri karşılamak üzere türbin difüzörüne, by-pass bacası önüne ve kazan girişine genleşme körükleri monte edilmiştir. Akış

esnasında türbülansı önlemek üzere delikli saç levha ve gürültüyü azaltmak için susturucular yerleştirilmiştir.

Kontrol elemanları;

Alev gözetleyiciler: Yanma odasında yanmanın varlığını takip ederler ve 3 adettir. Biri alevi görmediği zaman alev “monitöring chann diff.” alarmı devreye girer. İkisi görmediği zaman üniteyi trip ettirir. Yanma var –yok sinyalleri birçok kontrolde ön şart olarak kullanılır.

Gaz kontrol valfi öncesi basınç ölçümü: Gaz basıncı ölçen kontrol elemanıdır. Gaz kontrol valfi öncesi gaz basıncı <13,5 bar ise ünite trip eder. Ana gaz hattı üzerindeki ölçme yapan elemanda basınç >17,5 bar olmalıdır.

Gaz kontrol blok’u içinde basınç ölçümü(vakum): Gaz kontrol bloğu içinde muhtemel gaz kaçaqlarına karşı aspiratör sistemi tesis edilmiştir. Bu blok içerisindeki vakum değeri takip edilerek sistemin çalışması kontrol edilmiş olur. Bloğun kapağı açık olduğu zaman gaz relief fault alarmı devreye girer (vakum 2 mbar).

Egzost kanal basıncı yüksek alarmı: Egzost kanalındaki basıncı ölçen elmandır. Alarm değeri 35 mbardır.

Yatak mahal sıcaklığı yüksek: Yatak mahallindeki ortam sıcaklığını ölçen elemandır. Alarm değeri 130 °C değerindedir.

Egzoz gazı sıcaklık ölçümü: GT difüzörüne çevresel olarak yerleştirilmiş 12 adet termal elemandır. Ölçülen sıcaklık değerleri çeşitli yerlerde referans olarak kullanılmıştır. Aşağıdaki gibidir:

>100 °C sinyali: Acil soğutma yağı pompasının otomatik devreye girmesi için gerekli şartlardan birisidir.

<100 °C sinyali: Acil soğutma yağı pompasının otomatik devreden çıkması için gerekli şartlardan birisidir.

>70 °C sinyali: Rotor çevirme pompalarının otomatik devreye girmesi için gerekli şartlardan birisidir.

Turbo- jeneratör muhafazası soğutma fanlarının otomatik devreye girmesi için gerekli şartlardan birisidir.

<500 °C sinyali: Kazan damperinin açması için gerekli şartlardan biridir.

Vibrasyon ölçümü: Yatak muhafazası üst parçalarına düşey olarak yerleştirilmiş elektro dinamik prensiple çalışan mutlak titreşim ölçen pick-up'larla donatılmıştır. Ölçülen değer vibrasyon hızıdır. Alarm ve trip olarak değerlendirilir. Alarm değeri 8 mm/s trip değeri ise 15 mm/s'dir.

Yatak metali sıcaklık ölçümü: Yatak içine metal sıcaklığını ölçebilecek şekilde monte edilmiş termal elemanlarla ölçülür. Yatağın her iki ucundan ve her birinde çift ölçme devresi bulunan elemanlardır. Termal elemanların ölçtüğü değerler arasındaki fark 10 °C sıcaklığı aşmamalıdır. Sıcaklık farkı yatağa dengesiz yük geldiğinin ifadesidir. Alarm değeri 115 °C trip değeri 120 °C'dir.

Yatak yağı çıkış sıcaklık ölçümü: Yataklardan yağlama yağı dönüşü (Pt-100) direnç değişim prensibine göre sıcaklık ölçen elemandır. Alarm değeri 75 °C, trip değeri 80 °C'dir.

Rotor kayma miktarı ölçümü; Bilindiği gibi kompresör ve türbin rotoru aksel yönde basma yatağı ile belirli tolerans dâhilinde sabitlenmiştir. Kayma miktarının tespiti mekanik yapıya sahip yüzey teması ile ölçme yapan sistemle yapılmaktadır. Alarm değeri +/- 0,4mm trip değeri +/- 0,8mm'dir.

Hava giriş kanalı basınç ölçümü: Hava giriş kanalı basıncını ölçen elemandır. Ölçülen değer trip devrelerinde kullanılır. Lokal indikatör değeri % 24 dür.

Gaz türbini devir ölçümü: Yardımcı dişli kutusu içinde virör dişlisini referans alan sensörler ile ölçülmektedir. Ölçülen değer alarm ve trip devrelerinde kullanılır. Aşağıdaki gibi şartlar belirlenmiştir:

GT devri >1 dev/dak sinyali: AC ve DC rotor çevirme pompalarının otomatik devreden çıkması için şartlarından biridir.

GT devri <1 dev/dak yukarıda yazılı olan pompaların devreye girme şartlarından biridir

GT devri >35 dev/dak sinyali: Kaldırma yağı pompalarının otomatik devreden çıkması için gerekli şartlardan birisidir. < 35 dev/dsk devreye otomatik girme şartıdır.

GT devri >600 dev/dak sinyali: Yanma odası devreye giriş müsaade sinyali şartlarından birisidir.

GT devri >2340 dev/dak sayaçlar devrede sinyalini oluşturan şartlardan birisidir.

GT devri > 2700 dev/dak yardımcı yağ pompasının otomatik devre harici olma şartlarından biridir.

GT devri >2820 dev/dak sinyali: İkazın otomatik devreye girme şartlarından birisidir.

4.3.2. Uygulamada enerji planlama

4.3.2.1. Genel enerji planlama uygulaması

Araştırma için anket

Hamitabat kombine elektrik üretim santrali Trakya bölgesinin ihtiyaç duyduğu enerji ihtiyacını karşılamak için kurulmuş bir enerji sitemidir. İlk etapta Hamitabat, bölgede yapılan doğalgaz aramaları sonucu bulunan doğalgaz kaynaklarının değerlendirilmesi için planlansada, bölgedeki rezervlerin az oluşundan dolayı, elektrik üretimi için ihtiyaç duyulan gazın Rusya'dan temin edilip, bölgedeki gazında o yörede hayatını sürdüren insanların ihtiyaçları için kullanılması kararlaştırılmıştır.

Anketin esasları

Anket, enerji santralinin kurulmadan önceki planlama aşamasından itibaren dizayn, inşaat ve kabul esasları gibi konuları içeren T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 17 Temmuz 2008 tarih ve 26939 sayılı resmi gazetede yayınlanan Çevre Etki Değerlendirme Yönetmeliği esaslarına göre hazırlanmıştır.

Anketin stratejisi

Ana hatları

Bu araştırmada esas olarak Hamitabat Elektrik Üretim Santrali'nin ilk proje aşamasından günümüzde geldiği noktaya kadar olan süreç üzerinde durulmuştur.

Ana noktalar

Hamitabat enerji santralinde kazan bakım, türbin bakım, elektrik bakım ve mekanik atölye birimlerinde görev yapmakta olan mühendisler ile görüşmeler neticesinde planlama sürecine ilişkin sorular aşağıdaki ana noktalar üzerinden dikkate alınmıştır;

- Enerji talep tahmini
- Yakıt seçimi
- İlk kavram(planlama yaklaşımı)
- İhale prosedürü (ekonomik analiz dahil)

Görüşmeler

Görüşmeler; ilk önce HEAŞ kazan bakım bölümü ile yapılmıştır. Santralin fiziksel yapısı, çalışma şekli, mevcut alet ve ekipmanlar hakkında detaylı bilgiler alınmıştır.

Ana anket

Kazan bakım bölümü ile santral hakkında genel bilgiler alındıktan sonra tesisin proje aşamasına geliş noktaları ve etki eden faktörleri bu bilgiler eşliğinde diğer birimlerde görev alan mühendisler ile bir araya gelinip incelenmiş, tartışılmış ve hazırlanmıştır.

4.3.2.2. Hamitabat elektrik üretim santralinde enerji planlama süreci

1) Enerji talebi

Soru: Santralin elektrik üretim kapasitesinin belirlenmesindeki etken veya etkenler nelerdir?

HEAŞ, Trakya bölgesindeki doğalgaz arama çalışmalarının bir sonucu olarak ortaya çıkmış projedir. Lüleburgaz mevkiinde bulunan doğalgazın bir şekilde değerlendirilmesi için düşünülmüştür. Fakat bulunan doğalgaz rezervinin miktarının az olması, kurulacak bir enerji santralinin bölgedeki elektrik ihtiyacını önemli ölçüde karşılamayacağı için bulunan doğalgazın şehirlere dağıtılıp evsel ihtiyaçlarda

kullanılması kararı alınmıştır. Ancak bulunan doğalgaz sonucu bölgeye enerji santrali kurma fikri bir kenara atılmamıştır.

1983 yılında Trakya Bölgesi'ndeki mevcut elektrik ihtiyacı düşünülerek kurulacak enerji santrali için iki aşamalı bir planlama yapılmıştır. İlk planlama santralin 600 MW gücünde kurulması doğrultusunda kararlaştırılmıştır. Daha sonra Rusya ile yapılan görüşmelerde 600 MW gücünde elektrik üretimi için gerek duyulan gazın fazlasıyla temin edilebileceği anlaşılmıştır. Temin edilebilecek gazın miktarına göre ilk planlamaya ek olarak ikinci bir planlama ile kapasitenin iki katına yani 1200 MW'a çıkarılabileceği onaylanmıştır.

2) Yakıt

Soru: Enerji üretimi için kullanılan doğalgaz enerjisinin seçiminde etkili olan faktör nedir?

Türkiye'de doğal enerji kaynakları yerel ihtiyacın karşılanmasında pek yeterli olmamasından dolayı fosil kaynakların temininde özellikle de petrol ürünleri temininde yurtdışından birçok ülkeyle enerji tedarik anlaşmamız mevcuttur. Bu anlaşmaların bir örneği; HEAŞ'ın elektrik üretimi için ihtiyaç duyduğu doğal gazın Rus Gasprom şirketi ile temin edilmesidir. Rusya'dan temin edilmesinin sebebi, bölgeye gazı tedarik edebilecek kapasitede en yakın ülke oluşudur.

Fiyat/Maliyet: Gazın Rusya'dan temin edilmesi diğer ülkelere göre daha ekonomiktir. Bunun nedeni gazın iletim ve ulaşım hatları bakımından diğer ülkelere göre az oluşudur. Enerji santralindeki maliyetlere göz attığımızda bunun sadece % 90 'ı doğalgaz için harcanan miktardır. Santralde 1 kW üretimin maliyeti 25 kuruş olarak belirtilmiştir.

2008 yılında Rusya ile yaşanan krizden dolayı enerji akışını kesmiş ve gereken ihtiyacı karşılamak için 2. yakıt sistemi (motorinle çalışan) yapılmıştır.

Akla gelen diğer bir soru neden kömür kullanılmadığı olabilir. Bunun nedeni bölgedeki kömürün ısı veriminin düşük oluşundan dolayı, maliyetin artmasını etkileyeceği şeklinde açıklanmaktadır. Yine kömür ile alakalı tabi ki de maliyet dışında farklı görüşler mevcuttur. Bunlardan biri; kömüre göre doğalgaz ile çalışan santralin

daha kısa sürede kurulabilmesi ve işletmeye alınabilmesidir. Doğalgaz santralinde acil bir ihtiyaç halinde 5-10 dakika gibi kısa sürede 100 MW'lık enerji temin edilebildiği halde kömür ile çalışan bir santralde bu süre saatleri almaktadır.

Yerel koşullar: HEAŞ konum olarak neredeyse Trakya'nın merkezinde diyebiliriz. Çevresinde birçok köy ve tarımsal alanı barındırmaktadır. Hem bölgede yaşayan halkın sağlığını yaşama koşullarını tehdit etmeyecek hem de tarımsal üretime zarar vermemesi açısından kullanılan yakıtın tipi ve özelliği çok önemli tutulmuştur.

Yukarıda neden doğal gazın kullanıldığını açıklayıcı bir diğer parametre çevreye diğer yakıt türlerine göre daha az zarar vermesidir. Hatta santralde bu anlamda baca gazı ölçümleri 300mg NO_x limiti ile yapılmakta ve düzenli kontrol edilmektedir. Çevreye atık sıvı veya madde vermemesi için santral 2 adet doğal taşınımlı soğutma kulesi ile donatılmıştır. Su arıtma tesisleri de bu amaca yönelik yapılmıştır.

Bütün bunlar Çevresel Etki Değerlendirme Yönetmeliğine göre yaklaşık 350-400 sayfalık rapor halinde sunulmuş ve onayları ilgili bakanlıklar, belediye ve valilikten alınmıştır.

3) İlk kavram(planlama yaklaşımı)

Soru: HEAŞ enerji santralinde bulunan enerji dönüştürücülerin tipleri ve sayıları hakkında kararlar nasıl alınmıştır?

Eskiye kıyasla bugün devlet enerji santrali projelerini kendisi üstlenmiyor. Diğer bir deyişle devlet denetleyici kurum olarak yer alıyor. Buda; şu demek oluyor enerji santrallerini özel şirketler kurup işletiyor, devlet de bunun denetleyici mekanizması görevini üstleniyor anlamına gelmektedir. Bundan dolayı projenin sınır şartları(alet, makine ve cihazların kapasite ve kalite değerleri) belirlenip ihaleye çıkıyor. İhalede bu projeyi üstlenecek firmalar tekliflerini sunuyor ve belirlenen şartları sağlayacak şekilde en ucuz teklifi veren firma projenin sahibi oluyor.

Sistem bu şekilde işlediği için HEAŞ proje aşamasında iken BBC firması şimdiki adı ile Alstom firması bu santralde kullanılacak gaz türbini jeneratörleri ve

kontrol kumanda sistemini üstlenmiştir. Aynı zamanda Alstom şuanda da yüklenici firma konumundadır. Bu projede yer alan diğer firmalar şöyledir:

- ENKA – İstanbul: Tüm inşaat hizmetleri, ana ve yardımcı trafolar (AEG-ETI), şalt sahası akım ve gerilim trafoları (EMEK)
- ÇİMTAŞ (ENKA-Taşeron): Çelik montaj işleri, 20.000 ton çelik imalatı (kazanlar, çelik konstrüksiyonlar, soğutma suyu sistemi boru donanımı, yer altı depolama tankları, kazan domları)
- ELTES (ENKA-Taşeron): Yardımcı elektrik tesislerinin montajı
- BBC-İsviçre (Taşeron): Buhar türbini ve jeneratörleri şalt sahası
- CMI-Belçika (Taşeron): Atık ısı kazanlarının imalatı, basınçlı parçalar
- EGI-Macaristan (Taşeron): Soğutma kulesi projesi ve mühendislik hizmetleri

Soru: Tesis topolojisi hakkında nasıl karar verildi?

Tesis topolojisi, konum olarak düz ve çevre arazilere göre biraz yüksek bir yere konumlandırılmıştır. Bunun sebebi olarak çevreden gelen rüzgar akımlarını daha etkin kullanabilmek olarak açıklanmaktadır.

Gaz türbin ünitesi değişik üretim alternatiflerine göre dizayn edilmiştir: Aktif üretim çalışması, senkron kompansatör çalışması, aktif üretim için ünite iki şekilde start edilir (1-Manuel start, 2-Otomatik program ile start). Bilindiği gibi ünite, start ekipmanı ile start edilir. Start ekipmanı seçimi üç değişik şekilde yapılmıştır:

1. Grubun kendi start ekipmanı ile (NORMAL START)
2. Diğer gruba ait start ekipmanı ile (İNTERCHANGE START)
3. Acil dizel ünitesi ile (BLACK START) karanlık start

Kompresör ve gaz türbini için sabit ve hareketli kanatlar ISO-IN 939 (G - Nicr 22 Co 19 Ti W) ISO-IN 738 LC (G – Nicr 16 Co 8 A1 Ti W) ve DIN-587 (Nicr 30 Co 20 TiA1) standartlarınca tesisteki koşullara uygunluğu onaylanmış kanatlardır. Türbin rotoru ile kompresör rotoru birlikte dizayn edilmiştir. Soğutma suyu kulesi standart

malzeme (ST 37- 2) ile yapılmıştır. Rotor “ST 461 TS (thoamas çeliği) dövme çelik” malzemeden kaynaklı birleştirme (4 parça) ile imal edilmiştir.

Tesiste yaz ve kış olmak üzere iki çalışma modu vardır: Bu modlar aşağıda sıralanmıştır.

- Kış şartlarında depolama tanklarındaki su seviyesi düşük tutulmaktadır.
- Yaz şartlarında depolama tankı seviyesi yüksek tutulmaktadır.

Soru: Kontrol ve düzenleme konsepti nasıl tanımlanmıştır?

Yüklenici firma tarafından DCS, PLC ve Scada gibi çeşitli kontrol tipleri ile bu kontrol ve düzenleme sistemi kurulmuştur. Basınç, sıcaklık, egzoz gazı ölçümleri gibi standart ölçümlerle beraber, devir ölçümleri, yağ ölçümleri, vibrasyon ölçümleri, gürültü düzeyi ölçümleri bu santralde kontrol edilip kayıt altına alınmaktadır.

Soru: Tasarım sürecinde projenin işletme bakımı dikkate alınmış mıdır?

Yüklenici firma olan BBC başta olmak üzere diğer taşeron firmalar projenin hayata geçmeden önce bakım, onarım durumunu düşünerek Kazan Bakım, Türbin Bakım, Elektrik Bakım ve Mekanik Atölye birimlerini tesis projesine dâhil edip, işletmeye alındığı günden itibaren devamlı olarak bakımları yapılmaktadır.

4) İhale prosedürü

Bu aşama, santralde kullanılacak alet, makine, donanım ve cihazların tipi, sayısı, kapasitesi, kalitesi, kullanım ömrü, güvenlik şartlarının ayrıntılı olarak belirlenip, ihale yöntemi ile tesisin kurulum, işletim ve bakım işlemlerinin yapıldığı süreçtir.

Bu süreçte Çevre Etki Değerlendirme Raporu'nun, eski adı Çevre ve Orman Bakanlığı olan şimdiki adı ile de Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından onaylanmış olması gerektiği gibi, EPDK tarafından da enerji santralleri başvuru yönetmeliğine uygun üretici ve serbest tüketici lisansları alınmıştır. Bunlarla beraber aşağıdaki kurum ve kuruluşlardan da gerekli izin ve yetkiler alınmıştır:

- İlgili belediyeden imar izinleri
- İlgili valilik adına il sağlık müdürlüğü tesis izni ve ithalat izin belgeleri
- İl çevre orman müdürlüğü deşarj ve emisyon izinleri

- Sağlık bakanlığı gayrı sıhhi müesseselere ait açılma ruhsatı
- evre ve Şehircilik Bakanlığı ED raporu olumlu belgesi
- Türkiye odalar ve borsalar birliği kapasite raporu
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı kesin kabul tutanağı

Ayrıca, tesis işletmeye alındığında TEİAŞ ile emre amadelik anlaŐması yapılmıştır.

İŞletmeye alındıktan sonra da evre Bakanlığı, ilgili belediyeler, ilgili valilik birimleri, çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı ile SayıŐtay tarafından ve iş güvenliği uzmanlarınca tesisin her yıl düzenli olarak denetimleri yapılmaktadır.

Tam rekabetçi piyasa yönteminin uygulandığı enerji piyasasında bugün devletin kontrol ve yönetiminde olan HEAŞ yeni kanunlar sonucu zelleŐtirme çalışmaları içindedir. Bunun avantaj ve dezavantajları vardır. Yapılan görüşmelerde zleŐtirilen santrallerin hizmet değil de daha çok kar mantığı ile çalıŐtıęı ve bunun bir dezavantaj olduğu kabul edilmektedir. Öte yandan bu piyasa türü serbest bir piyasa oluŐturup ‘‘en düşük fiyatı sağlayan retsin’’ mantığıyla işlediği için halkın ucuz elektrik kullanması yönünde avantajlı olarak grlmektedir.

BÖLÜM 5

ARAŞTIRMA SONUÇLARI

5.1. Belirleyici Planlama Parametreleri

Planlama yapılırken, planlama süreciyle alakalı planlamanın işleyişi, kapsamı ve uygunluğu açısından belirleyici planlama parametreler olmazsa olmazlar arasında yerini almaktadır. Bu parametreleri başlıklar halinde yazmak gerekirse; proses (süreç) değişkenleri, teknik limitler, işletim limitleri, mevzuat sınırları, ekonomik sınırlar/koşullar, yasal çerçeve olarak sıralanabilir. Bunlar daha detaylı incelenecek olursa aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Süreç değişkenleri

- Boyler (kazan) verimi
- Kazan buharın özellikleri
- Isı değiştiricilerin sayısı ve özellikleri
- Giriş suyunun sıcaklığı
- Yoğuşma ve soğutma sistemi özellikleri
- Boru ve kanalların boyut ve özellikleri
- Yapı özellikleri (türbin iç verimi, izolasyon)
- Egzoz gazı özellikleri, NO_x derecesi

Teknik limitler

- Malzemelerin izin verilen sıcaklıkları
- Atık ısı ve çevre sıcaklığıyla etkileşimi
- Cihaz boyutları
- Malzemelerdeki gerilim özellikleri
- Korozyon

İşletim limitleri

- Yük değişiklikleri için geçiş özellikleri
- Kısmi yük durumu
- Herhangi bir acil durumda sistemin işleyiş durumu
- Hizmet ömrü

Mevzuat sınırları (izin)

- Hava, su, toprak gibi çevresel korunum
- Atık ısının geri kazanılması veya çevreyle etkileşimi
- Atık maddelerin yok edilmesi veya çevreyle etkileşimi
- Tesis büyüklüğüne göre geri dönüşüm tesisleri

Ekonomik sınırlar/koşullar

- İnşaat periyodu
- Yakıt maliyetlerindeki gelişim
- Şebekenin gelişimi
- Ekonomik limit için izin koşulları
- Rekabetçi yakıtlara bakış
- Teknik gelişim

Belirleyici planlama parametrelerinin en önemli halkası hiç şüphesiz ki kanun ve yasal çerçevedir. İyi bir planlama yapılması gerekiyorsa yasalar göz ardı edilmemelidir. Bir proje ne şartta olursa olsun yasal düzenlemelere uygun olmadığı takdirde uygulanması veya hayata geçirilmesi de mümkün olamaz. Bu yasal düzenlemeleri hazırlayan birçok kurum kuruluş vardır. Planlama sürecinde iken yasal çerçevede uyulması gereken başlıkları şöyle sıralanabilir:

- Emisyon önleme yasası
- Enerji yönetim kanunu
- Elektrik üretim kanunu
- Su ekonomisi kanunu
- Yüksek basınçlı gaz hatları kanunu
- Arsa bina kullanım ve yönetim kanunu
- Yakıt kullanım kanunu
- Yerel enerji kaynaklarının kullanım koşulları
- Alçak gerilim bağlantıları ve dağıtım koşulları
- Termal koruma ve ısı kullanımı
- Avrupa birliğinin direktifleri
- Enerji piyasası düzenleme kurumu kanunları
- Çevre ve şehircilik bakanlığı kanunları
- Çevresel etki değerlendirme raporu
- İş ve işçi güvenliği kanunları

5.2. Araçlarla Destekli Planlama

Planlamanın çeşitli araçlarla desteklenmesi, mevcut ve gelecekte karşılaşılabilecek sorunları net bir şekilde görmesini ve hesaplamalardaki hata payını düşürülmesini sağlar. Bu araçlar tasarımcıların, modellemeler ve simülasyonlar ile en iyiyi bulmasında yardımcı olduğu gibi grafik ve şekillerle de destekleyerek net kararlar verilmesinde büyük oranda etki eder. Teknik ayrıntılara ek olarak yapılacak projenin ekonomik, çevresel ve sosyal açıdan da nasıl sonuçlar doğuracağını ortaya koyar.

Dünyada birçok özel şirket, hükümet, eğitim kurumu bu tür araçların geliştirilmesi yönünde yoğun bir çaba halinde çalışmaktadır. Dolayısıyla, günümüzde birçok bilgisayar destekli yazılım vardır ve günden güne gelişim göstermektedir. Bazı araçlar Microsoft Excel tabanlı olmasına rağmen bazı araçlar çeşitli yazılımlar tarafından özgün bir şekilde oluşturulmuştur. Kimisi Ulusal ve bölgesel bazda, geniş çaplı bir planlama olanağı sağlar iken kimisi daha özel planlamalar için daha az detaylı ama daha doğru bir planlamada yardımcı olmaktadır. Öyle ki bunların birbiri arasında

avantajları olduğu gibi dezavantajları da vardır. Günümüzde, dünya çapında projelerin bir basamağı olarak kullanılan yazılımların bazıları verilmiştir.

Cities for climate protection

Bu program yerel çevre girişimleri için ulusal konseye yardımcı olmak amacıyla tasarlanmış bir yazılım aracıdır. Dünyanın bütün kıtalarında 80'den fazla ülkede kullanılan ve geliştirilmesi için ofisleri bulunan yaygın bir araçtır [13]. İlk kurulduğu zaman olan 90'lı yıllarda ağırlıklı olarak teknik detayları içerir iken günümüzde küresel ısınmaya paralel olarak çevresel etkiler düşünülerek geliştirilmiştir. Bu anlamda, enerjinin etkin kullanımı, sera gazı üretimi ve çevresel etkisi ile beraber atık maddelerin yönetimi gibi konularda da etkin rol oynamaktadır.

Compeed XL

Compeed XL Excel tabanlı bir araçtır. Bu program özel ve kamu alanında yapılacak projelerde fayda-maliyet etkinliğini değerlendirme açısından kullanışlı bir programdır [20]. Bu programın kullanıcılar açısından en büyük kolaylıklarından biri, farklı tekno ekonomik enerji projelerini birbirleri ile karşılaştırarak bir dizi alternatif arasından önceliklendirme yapmasıdır. Özel yatırım hesaplamalarında finansal yatırımcı için faydalı bir araçtır. Compeed XL kullanıcılara geniş yelpazede etkinlik-maliyet, fayda-maliyet ve enerji kaynaklarına dayalı çevre-maliyet analizlerini sunar. Bu analizleri sunarken; ödemeler dengesi, istihdam, finansal maliyetler, ekonomik maliyetler, çevre ve bunların zaman içerisindeki etkileşimlerini sınırlı ekonomik kaynaklara göre dikkate alır.

CO2DB

CO2DB, açılım olarak karbondioksit veritabanı anlamına gelmektedir. CO2DB, Uygulamalı Sistem Analizleri Uluslararası Enstitüsü (IIASA: International Institute for Applied Systems Analysis) tarafından geliştirilen karbon azatlım teknolojisi hakkında bilgi içeren bir veritabanıdır [21]. Bu veritabanı ayrıntılı teknik, ekonomik ve çevresel özelliklerinin yanı sıra projelerin ticarileştirilmesini içeren yaklaşık 3 bin teknolojiyi içinde barındırır. CO2DB mevcut veriler üzerinde ekleme, çıkarma, düzenleme ve filtreleme ile teknolojik özellikleri karşılaştırılmasını sağlar. Bu özellik sayesinde

program çok geniş çapta farklı kitleler tarafından yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bu yaygın kullanıma, programa ücretsiz kolay ulaşım imkanı da etki etmektedir. Bu programı bazı programlardan ayıran bir başka özellikte sonuçları karşılaştırmalı halde tablo ve grafiklerle istatistiki şekilde desteklemesidir.

Der-Cam

Der-Cam açılım olarak; (The Distributed Energy Resources Customer Adoption Model) dağıtılmış enerji kaynakları için müşteri kabul modeli anlamına gelmektedir. Bu öyle bir modeldir ki hem ekonomik hem de çevresel bir modeldir. Bu model, 2000 yılından beri "Berkeley Lab" da Kaliforniya Üniversitesince üzerinde çalışılıp geliştirilmektedir [22]. Bu modelin yaratılmasındaki temel amaç CHP sistemlerinin maliyetlerini minimize etmektir. Diğer bir deyişle "ekonomi" odaklı bir programdır. Bu programın kullanıcısı ısıtma, soğutma, elektrik ihtiyacı konularını, enerji fiyatlarıyla beraber faiz oranları, işletme bakım-onarım giderleri gibi detaylı maliyet hesaplarını ve hatta atık ısı geri kazanım gibi ayrıntıları da ekleyerek elektrik ve ısı yüklerinin maliyetlerini, en yüksek performansta en ekonomik teknoloji bileşenlerini ve projenin amortisman süresini hesaplamaktadır. Kullanıcılara bu hesaplama sonuçlarını simülasyonlu enerji akış diyagramı ile sunmaktadır. Ayrıca içerisinde barındırdığı ve internet sitesinde yer alan proje örnekleri ile kullanıcıların kolay kullanımına olanak sağlamaktadır.

EnergyPLAN

Bu araç; enerji sistemleri analizi için ulusal veya bölgesel bazda enerji planlama stratejilerinin tasarımında mühendislere yardımcı olmak için yapılmıştır. EnergyPlan, Windows tabanlı bir program olmanın yanı sıra belirleyici giriş/çıkış modelidir. Burada girişler; enerji üretimi için maliyet, farklı talepler, yenilenebilir enerji kaynakları ve enerji istasyonu kapasitesi gibi parametreleri. Çıkışlar ise; enerji dengeleri, yıllık üretim, yakıt tüketimi, elektrik borsasından toplam maliyet sonuçları gibi parametreleri içerir. EnergyPlan dinamik programlama veya gelişmiş matematiksel araçların aksine analitik programlamaya dayanmaktadır. Bu program Danimarka'da doğmuş olup uygulamalarıyla beraber Avrupa'nın birçok ülkesinde yaygın halde kullanılmaktadır [23].

Energy costing tool

Energy Costing Tool; ileriye yönelik kalkınma planlamaları ile projelendirme yapan hükümetler tarafından tercih edilen bir yazılımdır. Bunun sebebi enerji yatırımlarını türlerine göre karşılaştırarak en iyi sonucu özet olarak sunmada yardımcı olmasıdır [24]. Bu araç, Birleşmiş Milletler Kalkınma Programının sürdürülebilir enerji programı temel alınarak ulusal kalkınma stratejileri için genel enerji değerlendirme konusunda yardımcı olmak için her geçen yıl geliştirilmektedir. Ulusal kalkınma göz önüne alındığı için ihtiyaç duyulan özel mali ve insan kaynakları rakamlarla maliyetlendirilmektedir. Ayrıca ülkeye özgü stratejilerin geliştirilmesine de temel arz etmektedir.

ENPEP

Enerji, çevresel etki ve ekonomik analizi bir arada içinde bulunduran ABD Enerji Bakanlığı desteği ile Argonne Ulusal Laboratuvarında geliştirilen bir optimizasyon aracı olmasının yanı sıra ENPEP'i diğer araçlardan ayrıca önemli bir özelliği Uluslararası Atom Enerjisi (IAEA) tarafından da çeşitli modüller ile desteklenmiş çok kapsamlı bir araç olmasıdır [25]. Tüm enerji sistemi(arz, talep) değerlendirme, ayrıntılı analiz, farklı enerji stratejileri ve çevresel etki değerlendirmesi gibi birçok özelliği bir arada sunmaktadır. Bunun için program kendi içerisinde çeşitli modüllere (Macro-E, Maed, Load, PC-Valoragua, Wasp, GTMax, Icarus, Impacts, Balance, Dam...) sahiptir.

GEMIS

GEMIS (The Global Emission Model for Integrated Systems) birleşik sistemler için küresel emisyon modeli olup programın temelinde yatan, yakıt zincirleri ile beraber yaşam döngüsü üzerine bir mantıktır. Merkezi Almanya'nın Freiburg kentinde bulunan Oeko-Institut tarafından geliştirilen bir araç olmanın yanı sıra, yine Almanya'da Darmstadt ve Berlin gibi büyük şehirlerinde de aynı enstitü yılda ortalama 300 projeye imza atmaktadır [26]. Gemis, yakıt zinciri veri tabanı desteğinin yanında farklı teknolojiler hakkında da bilgi sunmaktadır. Yaşam döngüsü analizi; hammadde veya birincil enerjinin çıkışından çeşitli döngüler sonucu kullanımı ve atık haline gelip o atığında geri dönüşüm sistemleri ile sisteme tekrar kazandırılması şeklinde bir döngüyü

ifade etmektedir. Bu araç en son olarak, Dünya Bankası tarafından kamuoyuna sunulan ‘‘elektrik yaşam döngüsü’’ adlı çalışmada önemi vurgulanmış ve desteklenmiştir.

Homer

Bu enerji modelleme yazılımı, temelde elektrifikasyon ve elektrik enerjisine yönelik optimizasyona sahip olmasına karşın kombine ısı ve güç sistemlerinden, hibrid enerji sistemlerine, rüzgâr, güneş, biokütle gibi yenilenebilir enerjiden yakıt hücrelerine kadar çok geniş yelpazede projeler için tasarım ve analiz amaçlı olarak kullanılmaktadır [27]. Bu, 190’den fazla ülkede binlerce kayıtlı kullanıcısı bulunan ve en yaygın programlar listesinde ilk sıralarda yer alan bir araçtır. Kullanıcı sayısının bu denli yüksek oluşunun altında, programın ücretsiz oluşu, kullanım kolaylığı ve simülasyon ile bir çok sonucu ortaya koyuyor olması yatmaktadır. Homer’ın optimizasyon ve duyarlılık analizi algoritmaları teknoloji seçeneklerinin çoğu, ekonomik ve teknik fizibiliteyi içeren teknolojik maliyet ve enerji kaynaklarının verimli kullanılmasına yönelik sonuçları içermektedir.

LEAP

LEAP (the Long range Energy Alternatives Planning System), uzun vadeli enerji alternatifleri planlama sistemidir. Adından da anlaşılacağı gibi ileriye dönük bir planlama yaklaşım aracıdır. Bu aracın kullanımında kişiler nüfus popülasyonunda, ekonomik kalkınmaya kadar olan gelecekteki olası senaryolara karşı optimizasyon yapma yeteneğine sahiptir. Öncelikle bir muhasebe sistemi olup ekonometrik ve simülasyon tabanlı modellerle beraber senaryo analizi yapmaktadır. Kendi içinde 1000’den fazla enerji teknolojileri için maliyet, performans ve emisyon faktörlerini içeren çevresel veritabanı içerir [28]. Stokholm Çevre Enstitüsü tarafından oluşturulan bu araç, İskandinav ülkeleri ile beraber Avrupa da çok yaygın olduğu gibi dünya çapında 190’a yakın ülkede, hükümetlerce ve özel kuruluşlarca tercih sebebidir. Bunun nedeni, optimizasyon sonuçlarını görsel olarak grafik veya tablolar ile kullanıcıya sunması, ayrıca Microsoft Office ürünleri ile mükemmel bir uyum içerisinde çalışabilmesidir.

MAED

MAED, Uluslar arası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) tarafından sosyoekonomik, teknolojik ve demografik gelişmelere dayalı geleceğin enerji taleplerini değerlendirmek için ortaya çıkmıştır [29]. Enerji talebi farklı sektörlerde farklı hizmetlere yönelik kullanıldığı için araç kendi içinde bunlar için çok sayıda kategoriye sahiptir. Belirli bir senaryodan yola çıkarak sosyal, ekonomik ve teknolojik faktörlerin etkilerini tahmin etmektedir. Enerji talebindeki büyüme tahmini ile nihai enerji talebi göz önüne alınabilmektedir. Excel tabanlı makrolar tarafından yazılan ücretsiz bir program olduğundan herkes tarafından kolaylıkla erişilebilmekte ve kullanılabilir.

REAP

REAP (the Resources and Energy Analysis Programme); Tüketici bazlı yerel yönetimler ve bölgeler için emisyon ve ekolojik etki analizi için Stockholm Çevre Enstitüsü tarafından geliştirmiş bir araçtır [30]. Programın, ücretsiz olmasının yanı sıra sera gazı emisyon değerleri, hane halkı tüketimi, coğrafyalar arası verilerin karşılaştırılması, verilerin güncel veriler ile eklenip silinebilmesi ve gelecek senaryo analizi ile bunun sonuçlarını kullanıcılara sunması önemli özelliklerindedir. Bunların yanında bu senaryolara nüfus, enerji tüketimi, üretim sektörü verimliliği gibi zamansal değişkenler eklenerek optimizasyonu sağlanacak projelerin güncel halde kalması sağlanabilmektedir. Bu özelliği ile yüksek bir maliyetle bu programa sahip olunabildiği için genelde hükümetlerin uzun vadeli enerji kalkınma planlarına büyük ölçüde yardımcı olmaktadır.

RetScreen

RETScreen; Kanada hükümetince uluslar arası başarılı işbirliğinin bir örneğidir. Bundan dolayı bu program ‘‘Uluslar arası Temiz Enerji Proje Analiz Yazılımı’’ adıyla anılmaktadır. Kanada’nın Varennes kentinde Doğal Kaynaklar Araştırma Merkezi ile hükümet tarafından geliştirilen bu araç dünyada 220’den fazla ülkede yüz binlerce kullanıcıya sahiptir. Dünyada RETScreen’i destekleyen endüstri, hükümet ve akademik düzeyde kullanıcılar olmasına rağmen, Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA), Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Ortaklığı (REEEP), Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve Küresel Çevre Fonu (GEF) bu programa destek veren en büyük ortaklardır [31].

Bu yazılım aracı enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji teknolojilerini kullanarak enerji üretimi, yaşam döngüsü, sera gazı emisyonu ve maliyetleri azaltmak için dünya çapındaki projelerde kullanılmaktadır. Ürün, maliyet ve hava koşulları veritabanı ile her şeyi bir arada kullanma imkanı sağlar. Bu veri tabanlarını ürün performansları ve üreticilere ait özelliklerle de desteklemektedir. Kullanıcıların çoğu tarafından da sıkça vurgulanan programın en büyük dezavantajı Excel tabanlı bir yazılım oluşudur. Bu özelliği ile çoğu kişilerce eleştirilse de rüzgar, güneş, biokütle gibi yenilenebilir enerjiyle beraber kombine ısı ve güç sistemleri tasarımı, ısı pompalı ısıtma-soğutma projeleri ve bunların birbirine entegre edilebilmesini mümkün kılan projeler için kullanışlı bir yazılımdır.

SUPER

Bu araç; Latin Amerika Enerji Örgütü tarafından çok yıllık enerji ve güç sistemleri planlama çalışmalarında ihtiyaç duyulan enerji nakli ve bağlantısı, depolama, talep özellikleri, enerji tasarrufu ve yük yönetimi, yakıt maliyetleri ve yürütülme süresi gibi parametreler için geliştirilmiş bir modeldir [32]. Super; ulusal elektrik planlama kuruluşları, enerji piyasası düzenleme ve denetim kuruluşları, danışmanlar, üretim ve iletim şirketleri tarafından sadece Latin Amerika da değil dünya üzerinde farklı kıtalarda da kullanılmaktadır. Kullanışlı olmasına karşın çok yaygın olmamasının sebebi dört ila on bin dolar arasında değişen yüksek fiyatıdır. Bunun yanında enerji talebi ve koruma, hidroloji, belirsizlik altında planlama, hidro-termal planlama, mali ve çevre analiz modülleri ile etkin bir araçtır.

MARKAL/TIMES

MARKAL, kelime olarak piyasa ve piyasanın talebini ifade eden (MARKet ALlocation) kelimelerinin birleşiminden oluşan teknolojik, çevresel ve ekonomik bir enerji planlama modelidir. Bu model, Uluslar arası Enerji Ajansı tarafından Enerji Teknolojileri Sistem Analizi Programı (ETSAP) işbirliği ile geliştirilmiştir. Bu programı diğer programlardan ayıran bir özellik hükümetlerin 5,7, 10... gibi yıllık enerji planları için 20-50 yıl arası bir planlama veri tabanı desteği ile sağlamaktadır. Bu veri tabanları arasında teknik katsayılar (kapasite ve verimlilikler), çevresel emisyon katsayıları (CO₂, SO_x, NO_x), ekonomik katsayılar (sermaye, ticarileştirme vs.) bulunmaktadır.

TIMES (The Integrated MARKAL-EFOM System); MARKAL ve Enerji Akışı Optimizasyon Modelinin (EFOM) en iyi özelliklerinden oluşur. Bu biraz daha komplike bir modeldir. Bunun nedeni GAMS (matematiksel programlama problemleri için yüksek seviyeli modelleme sistemi) tabanlı olmasının yanı sıra MINOS, CPLEX, veya OSL ile problem çözümüne ulaşılmaktadır [33]. MARKAL/TIMES bir arada aktif çalışmaya modellerine sahiptir. MARKAL-MAKRO modeli, talebin fiyata ve GSYİH'ye etkisi, tahmin ve geri bildirimleri içeren makroekonomik bir modeldir. STOKASTİK modeli; her bir olasılık için farklı stratejiler üretip birden fazla sonuç ile modelleri geleceğe yönelik daha etkin kılmaktadır. Hedef Programlama modeli; çevresel hedeflere karşı maliyet açısından çeşitli ağırlıktaki tercihlerde çözüme odaklıdır. Yaklaşık 70'den fazla ülkede kullanılmasına karşın, on beş bin dolara yakın yüksek maliyeti ile her alanda kullanıcıya hitap edememektedir.

TRNSYS

TRNSYS, sistemlerin geçici simülasyonu için eksiksiz ve genişletilebilir bir enerji simülasyon programıdır. Amerika'nın Wisconsin Üniversitesi tarafından geliştirilen ticari, lisanslı bir yazılım paketidir. NASA tarafından da kullanılan TRNSYS, son 10 yıldır bina enerji simülasyonları üzerine geliştirilmektedir. Yaklaşık 35 yıllık bir tarihe sahip olan bu yazılımı önemli kılan faktörlerden biri açık ve modüler bir yapıda oluşudur [34].

Basit evsel sıcak su sistemleri, bina ekipman ve tasarımları, alternatif enerji sistemleri(rüzgar, güneş, fotovoltaik, hidrojen sistemleri... vb.), uzun vadeli maliyet tasarrufları, HVAC sistemleri, kojenerasyon enerji santralleri ve yakıt hücreleri bu yazılımın uygulama alanları içerisinde yer almaktadır. Tüm yaygın programlama dilleri (C, C++, Pascal, Fortran... vb.) kullanarak özel bileşen modelleri eklenerek geliştirilebilmektedir. Buna ek olarak, TRNSYS simülasyon öncesi, sonrası veya simülasyon sırasında Microsoft Excel Matlab, COMIS gibi uygulamalara etkileşimli olarak bağlanabilir.

BÖLÜM 6

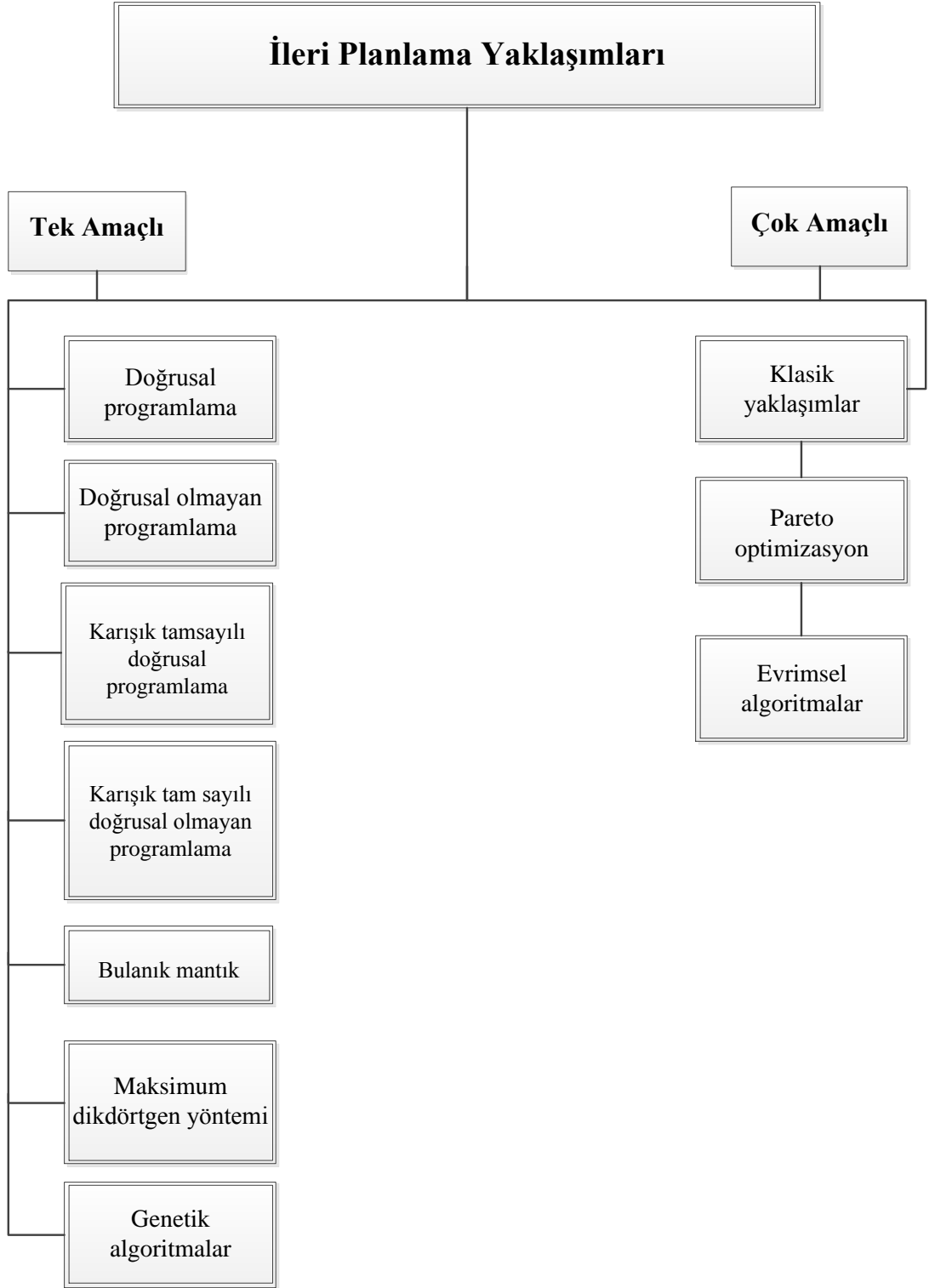
İLERİ PLANLAMA YAKLAŞIMLARI

Dünyada enerjinin planlamasında, kullanılan birçok yöntem vardır. Bu yöntemler planlamayı kolaylaştırdığı gibi aynı zamanda doğru bir şekilde planlama sonuçlarına ulaşılmasını da sağlar. Ancak bu yöntemler genellikle şu ölçütlere göre yürütülmektedir; dağıtılmış enerji sisteminin topolojisi, boyutlandırması ve optimizasyonu. Trijenerasyon sistemler elektrik, ısı ve soğutma ihtiyacını aynı anda sağlamak için planlanan önemli sistemlerdir. Hastane, otel, alışveriş merkezi, iş merkezi gibi günlük belirli kapasite aralığında çalışmak zorunda olan ve bu nedenle gün içinde mevsimsel etkilere de bağlı olarak elektrik, ısı ve soğutma gereksinimleri değişen hizmet binalarının sistem optimizasyonu ve kapasitelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu anlamda optimizasyon, mevcut kaynaklar ile bir amaca ulaşmak veya ürün elde etmek için en ucuz maliyetli çözüm olarak ifade edilmektedir. Optimizasyonda üç önemli faktör vardır; verimlilik, ekonomiklik ve çevresellik. Bu üç faktör optimizasyonda önemli olduğu gibi sistem boyutlandırmasında da ön plandaki parametrelerdir.

Genellikle, ileri planlama yaklaşımları, tek amaçlı ve çok amaçlı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Tek amaçlı optimizasyon, optimizasyon problemleri için minimum veya maksimum değerde en iyi çözümü bulmaya çalışır. Tek amaçlı optimizasyon (enerji sistemlerinin boyutlandırma ve optimize edilmesi) için birçok bilimsel yöntem

vardır; doğrusal programlama, doğrusal olmayan programlama, maksimum dikdörtgen yöntemi, karma tamsayılı doğrusal programlama, karışık tamsayılı doğrusal olmayan programlama, bulanık mantık, genetik algoritmalar vb.

Mühendislikte karşılaşılan problemlerin birçoğu birden fazla amaç fonksiyonuna sahip olabilmektedir. Çoğu zaman bunlar çelişen amaçlar olduğundan bütün amaçları optimize eden çözüm tek olmayabilmektedir. Bu anlamda çok amaçlı optimizasyon, bazı kısıtlamalar ile beraber çakışan iki veya daha fazla amaçların aynı anda optimize edilmesi işlemidir [35]. Örneğin; ürün ve süreç tasarımı, finans, uçak tasarımı, petrol ve gaz endüstrisi, otomobil tasarımı ya da her hangi bir yerde iki veya daha fazla çatışan hedefler arasında, en uygun dengeler varlığında bir karar alınması gerekmektedir. Çok amaçlı optimizasyon özellikle enerji sistemlerinin boyutlandırma ve optimize edilmesi gibi işletme stratejilerinde kullanılabilir (örneğin; pareto-optimal) [36]. İkiye ayrılan ileri planlama yaklaşımları Şekil 6.1.'de verilmiştir.



Şekil 6.1. İleri planlama yaklaşımları

6.1. Tek Amaçlı İleri Planlama Yaklaşımı

6.1.1. Doğrusal programlama

Doğrusal programlama (DP); DP teknikleri özellikle ekonomik çalışmalarda karar vermede yaygın olarak kullanılır. Bu teknik prensip olarak karlılığı maksimize veya toplam maliyeti minimize ederek sınırlı kaynakların en iyi şekilde belirlenmesi ile ilgilidir. DP optimizasyonu, büyük problemlerin hızlı hesaplanması gibi bir avantaja sahiptir [37].

Herşeyden önce gerekli tüm bilgiler DP sürecinde toplanır. Sonra sorunun bir modeli oluşturulur ve daha sonra bu modelin çözümleri bilgisayar destekli yazılım paketleri ile bulunur. Gerçek hayattaki problemlerin uygulanabilirliği test edildikten sonra bu çözümler yöneticilere sunulmaktadır [38].

DP, üç ana bileşene sahiptir ve aşağıda sıralanmıştır [39].

- Amaç fonksiyonu
- Kısıtlayıcı fonksiyonlar
- Pozitif kısıtlama

Amaç fonksiyonları; kar maksimizasyonu veya maliyet minimizasyonu şeklini alır. Amaç fonksiyonu Z ile kontrol değişkenleri X_j ($j=1, \dots, n$) ile, sabit katsayılar (kar birim sayısı, yada birim başına maliyet) c_j ($j=1, \dots, n$) ile ifade edilir,

$$Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (6.1)$$

amaç fonksiyonu şöyle gösterilebilir;

$$Z = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n \quad (6.2)$$

Kısıtlayıcı fonksiyon; işletmeler belli kısıtlayıcı koşullar altında faaliyetlerini sürdürmektedir. Örneğin; makinelerin kullanım kapasiteleri, insan gücü, finansman, zaman sınırlamaları vb. maksimizasyon problemleri standart olarak şöyledir;

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq b_i, i = 1, 2, \dots, m \quad (6.3)$$

burada a_{ij} teknoloji matrisi, b_i ihtiyaç vektörüdür. Minimizasyon problemleri standart olarak Eşitlik (6.4)'de verilmiştir.

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \geq b_i, i = 1, 2, \dots, m \quad (6.4)$$

Verilen eşitliklerde kullanılan \leq , $=$, ve \geq sembolleri maksimizasyon ve minimizasyonu ifade etmektedir [31].

Pozitif kısıtlama; bazı bileşenler veya kaynaklar optimizasyon içinde negatif olamaz. Örneğin; negatif bir maliyet ya da olumsuz bir üretim diye bir şey yoktur. Bu nedenle, x_j negatif olamaz ve şöyle ifade edilir;

$$X_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (6.5)$$

burada, m kısıtlamaların sayısını, n değişkenlerin sayısını ifade etmektedir.

Yukarıdaki tanımlara uygun olarak bir doğrusal programlama problemlerinin genel yapısı aşağıdaki gibidir:

1- Kar olarak maksimizasyon

Amaç fonksiyonu;

$$Z_{\max} = \sum_{j=1}^n c_j X_j \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (6.6)$$

Kısıtlayıcı fonksiyonlar;

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_i \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (6.7)$$

Pozitif kısıtlama

$$X_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (6.8)$$

2- Maliyet minimizasyonu

Amaç fonksiyonu

$$Z_{\max} = \sum_{j=1}^n c_j X_j \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (6.9)$$

Kısıtlayıcı fonksiyonlar

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}X_j \geq b_i \quad i = 1,2, \dots, m \quad j = 1,2, \dots, n \quad (6.10)$$

Pozitif kısıtlama

$$X_j \geq 0, \quad j = 1,2, \dots, n \quad (6.11)$$

Yukarıdaki doğrusal programlama modelinin genel matematiksel modeli daha açıkça şöyle ifade edilebilir:

Amaç fonksiyonu

$$Z_{\max} = c_1X_1 + c_2X_2 + \dots + c_nX_n \quad (6.12)$$

Kısıtlayıcı fonksiyonlar

$$a_{11}X_{11} + a_{12}X_{12} + \dots + a_{1n}X_{1n} \leq b_1$$

$$a_{21}X_{21} + a_{22}X_{22} + \dots + a_{2n}X_{2n} = b_2$$

$$\begin{array}{ccc} \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \end{array}$$

$$a_{m1}X_{m1} + a_{m2}X_{m2} + \dots + a_{mn}X_{mn} \geq b_m \quad (6.13)$$

Pozitif kısıtlama

$$X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, \dots, X_n \geq 0 \quad (6.14)$$

Bu modelde kar maksimizasyonu eşitlik kısıdı sağındaki “ \geq ” işareti yerine “ \leq ” işareti yazılırsa maliyet minimizasyonun da bir matematiksel model elde edilir. Bu model matrisi Eşitlik (6.15)’de verilmiştir.

$$A = \begin{array}{cccc} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{array} \quad (6.15)$$

ihtiyaç vektörü;

$$B = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{pmatrix} \quad (6.16)$$

katsayıların fiyat (yada maliyet) vektörü;

$$C = c_1 \quad c_2 \quad \dots \quad c_n \quad (6.17)$$

karar değişkenlerinin vektörü;

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_m \end{pmatrix} \quad (6.18)$$

olarak ifade edilir. Böylece amaç fonksiyonu Eşitlik (6.19)' belirtilmiştir.

$$Z_{\text{Min/Max}} = c_1 \quad c_2 \quad \dots \quad c_n \quad \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} \quad (6.19)$$

Kısıtlayıcı fonksiyonlar

$$\begin{array}{cccccc} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} & x_1 & \geq & b_1 \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} & x_2 & \leq & b_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} & x_m & = & b_m \end{array} \quad (6.20)$$

Pozitif kısıtlama

$$X_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (6.21)$$

Doğrusal programlama problemlerini çözmek için LINDO, QSB, Deap, TORA gibi birçok bilgisayar destekli programlar, yazılımlar geliştirilmiştir. Bu programlara ek olarak herkes tarafından kullanılan ve kolayca elde edilebilen Excel ile de bu problemleri çözüme ulaştırmak kolaylıkla sağlanmaktadır [40].

6.1.2. Doğrusal olmayan programlama

Doğrusal olmayan programlama, doğrusal olmayan kısıtlamaların herhangi biri yada bir kaçının fonksiyonu olan optimizasyon problemlerinde kullanılan bir çözüm yöntemidir [41]. Doğrusal olmayan programlama problemleri en iyi değerde çözüm yöntemlerini elde etmek için doğrusal olmayan bir fonksiyon olarak ifade edilir. Doğrusal olmayan programlama tekniği enerji sistemlerinin optimizasyonunda da sıklıkla kullanılmaktadır. Özellikle bu yöntemde, işletme stratejileri göz önüne alınarak kombine enerji santrali için optimum boyutu belirlemek için kullanılmaktadır [42].

Doğrusal olmayan programlama genel olarak eşitlik (6.22)'deki gibi ifade edilebilir [42].

$$Z = v * p - C_f - v * C_v \quad (6.22)$$

Eşitlikte; v talep miktarı veya satış hacmi, p maliyet, C_f sabit maliyet, C_v değişken maliyet anlamına gelmektedir.

Yukarıdaki denklem ile optimum problemlere göre bir fonksiyonun grafiğini elde edebiliriz. Toplam maliyet Eşitlik (6.23)'de verilmiştir [42].

$$TC = C_f + v * C_v \quad (6.23)$$

6.1.3. Karışık tamsayılı doğrusal programlama

Değişkenlerin bir kısmı veya tamamı, doğrusal programlama problemlerinin türüne bağlı olarak, meydana gelen tamsayılı programlama durumunda tamsayılı değerleri alırlar. Değişkenlerin değerleri arasında tamsayılı doğrusal programlamayı sınırlayıcı koşullar olması daha kısıtlayıcı bir durum oluşmasına neden olur [43]. Karışık doğrusal olmayan programlama, sistemin yapılandırmasına rehberlik etmektedir. Örneğin; verilen taleplere göre (ısıtma, soğutma ve elektrik), ekipman performansları, ekipman maliyetleri ve tarife yapısı için yatırım ve işletme maliyetlerini en aza indirir. Karışık tamsayılı doğrusal programlama aşağıdaki gibi formüle edilerek gösterilebilir [44].

$$\text{minimize } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d(i,j)z_{i,j} \quad (6.24)$$

buna bağılı olarak,

$$\sum_{i=1}^n z_{i,j} = 1, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (6.25)$$

$$z_{i,j} \leq y_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (6.26)$$

$$\sum_{i=1}^n y_i = k, \quad k = \text{küme sayısı} \quad (6.27)$$

$$y_i, z_{i,j} \in \{0,1\}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (6.28)$$

tanımlanabilir. Burada, y_i , 1'e eşit ikili bir değişken ise sadece nesne i ($i = 1, 2, \dots, n$) temsili bir nesne olarak seçilir. $z_{i,j}$, 1'e eşit ikili bir değişken ise sadece nesne j temsili nesne temsili bir nesne olarak kümede belirlenir.

6.1.4. Karışık tamsayılı doğrusal olmayan programlama

Karışık tamsayılı doğrusal olmayan programlama modeli, doğrusal olmayan ve tamsayılı değişkenlerin ifadesini içerdiğinden dolayı amaç fonksiyonu ve/veya kısıtlamaları tanımlar. Bir karışık tamsayılı doğrusal olmayan programlama tekniği, aynı zamanda, belirli bir enerji veya güç sisteminin yıllık maliyetini en aza indirmek için kullanılmaktadır. Ancak bu model genel olarak içten yanmalı motor tabanlı kombine güç sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır [45].

Genel şekli ile bir karışık tamsayılı doğrusal olmayan programlama aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\text{azaltmak } f(x,y) \quad (6.29)$$

$$\text{buna bağılı olarak } g(x,y) \leq 0 \quad (6.30)$$

$$x \in X \quad (6.31)$$

$$y \in Y \text{ (tamsayı)} \quad (6.32)$$

Burada, $f(x,y)$ doğrusal olmayan amaç fonksiyonudur. $g(x,y)$ doğrusal olmayan bir sınırlama fonksiyonudur. x,y karar değişkenleridir. y tamsayı değerli olması gerekir.

Amaç fonksiyonu;

$$\text{Min} = C_c + C_r \quad (6.33)$$

$$C_c = R * (N_{GT}C_{GT} + N_{RB}C_{RB} + N_{HB}C_{HB} + N_{RS}C_{RS} + N_{RE}C_{RE}) \quad (6.34)$$

$$R = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (6.35)$$

$$C_r = \sum_{k=1}^D \sum_{h=1}^H C_k(X_k, Y_k)T_k \quad (6.36)$$

Burada; C_c yıllık sermaye maliyeti, C_r yıllık enerji ücretleri, R sermaye geri kazanım faktörü, C soğuk su akışı (kW), N ekipman sayısı, n ekipman ömrü, GT gaz türbin jeneratörü, RB atık ısı geri kazanım kazanı, HB gaz yakıtlı yardımcı kazan, RE elektrikli sıkıştırılmalı soğutucu, RS buhar emişli soğutucu, i faiz oranı, T_k her bir zaman periyodu, X_k ikili değişken vektörü, Y_k sürekli değişken vektörü, C_k saatlik enerji yükü, D temsili gün, H zaman periyotları anlamına gelmektedir.

Kısıtlamalar;

Gaz türbin jeneratörü;

$$e_{GT} = \frac{E_{GT}}{E_{\max,GT}}, \quad f_{GT} = \frac{F_{GT}}{F_{\max,GT}}, \quad q_{GT} = \frac{Q_{GT}}{Q_{\max,GT}} \quad (5.37)$$

$$e_{\min,GT} = \frac{E_{\min,GT}}{E_{\max,GT}} \quad (5.38)$$

Boyer;

$$Q_{RB} = \eta_{RB}Q_{GT,RB}\delta_{RB}\delta_{RB} \in \{0,1\} \quad (5.39)$$

Gaz yakıtlı yardımcı boyler;

$$F_{HB} = \eta_{HB}Q_{HB}\delta_{HB}\delta_{HB} \in \{0,1\} \quad (6.40)$$

Buhar emişli soğutucu;

$$Q_{RS} = \eta_{RS}C_{RS}\delta_{RS}\delta_{RS} \in \{0,1\} \quad (6.41)$$

Elektrikli sıkıştırırmalı soğutucu;

$$E_{RE} = \eta_{RE} C_{RE} \delta_{RE} \delta_{RE} \in \{0,1\} \quad (6.42)$$

Burada; δ çalışma durumunun açık/kapalı ikili değişken ifadesini, η performans karakteristik değerleri, GT_RB egzoz gazının kullanılan kısmını, E elektriği (kW), F doğal gaz (m^3 h) miktarını göstermektedir.

Elektrik, egzoz gazı, buhar, soğuk su ve doğal gaz için enerji dengesi aşağıda sırası ile tanımlanmıştır [45].

Elektrik;

$$E_{elec} + \sum_{i=1}^{N_{GT}} E_{GT,i} = \sum_{i=1}^{N_{RE}} E_{RE,i} + E_d \quad (6.43)$$

Egzoz gazı;

$$\sum_{i=1}^{N_{GT}} Q_{GT,i} = Q_{disp} + \sum_{i=1}^{N_{RB}} Q_{GT_{RB},i} \quad (6.44)$$

Buhar;

$$\sum_{i=1}^{N_{RB}} Q_{RB,i} + \sum_{i=1}^{N_{HB}} Q_{HB,i} = \sum_{i=1}^{N_{RS}} Q_{RS,i} + H_d \quad (6.45)$$

Soğuk su;

$$\sum_{i=1}^{N_{RS}} C_{RS,i} + \sum_{i=1}^{N_{RE}} C_{RE,i} = C_d \quad (6.46)$$

Doğal gaz;

$$F_{gas} = \sum_{i=1}^{N_{GT}} F_{GT,i} + \sum_{i=1}^{N_{HB}} F_{HB,i} \quad (6.47)$$

Burada; d performans karakteristik değerleri, E_d , H_d ve C_d sırasıyla elektrik, ısıtma ve soğutma yüklerini (kW), E_{elec} satın alınan elektriği (kW), F_{gas} doğalgaz tüketimini (m^3), disp ısı kullanımı olarak tanımlamaktadır.

6.1.5. Bulanık mantık

Enerji planlamacılar genellikle belirsizlikler hakkında iki farklı strateji seçerler. Bunlardan ilki tahmini (stokastik) programlama, diğeri minimaks zarar stratejisidir. Fakat bulanıklıktan kaynaklanan belirsizlik ile uğraşıldığından esneklik kabul edilemez. Dolayısıyla, diğeri strateji bulanık doğrusal programlama olarak ele alınabilir. Doğrusal programlamaya bulanık kavramı eklenerek bulanık doğrusal programlama modeli oluşmuştur [46]. Bu programlama modeli başta enerji planlaması olmak üzere bir çok ekonomik alanda kullanılmaktadır. Bu tanımların ışığında aşağıdaki eşitlikler optimizasyon problemleri için kullanılabilir [46].

$$\min_f Z = cX \quad (6.48)$$

$$a_i X \gtrsim B_i \quad i = 1, \dots, m_1 \quad (6.49)$$

$$a_k X \geq b_k \quad k = 1, \dots, m_2 \quad (6.50)$$

$$X_1, X_2, \dots, X_n \geq 0 \quad (6.51)$$

Burada; c amaç fonksiyonu katsayılarının vektörü, X karar değişkenleri vektörünü göstermektedir ($1, \dots, n$). Bunlarla beraber iki kısıtlama vardır: bulanık kısıtlamaların ilki, hassas kısıtlamaların sağ tarafı $i: 1, \dots, m_1$, diğeri ise, net kısıtlama parametreleri $k = 1, \dots, m_2$. a_i ve a_k , teknolojik n -vektörlerinin katsayılarıdır. b_k net parametrelerin, B_i ise bulanık parametrelerin belirsizliklerini ifade eder [46].

$$\mu_{B_i} x = \begin{cases} 1 & x > b_i + \Delta b_i \\ f(x, b_i, \Delta b_i) & b_i \leq x \leq b_i + \Delta b_i \\ 0 & x < b_i \end{cases} \quad (6.52)$$

Burada, referans değeri b_i ile tolerans sınırı Δb_i ile tanımlanan bulanıklık parametreleri için $\mu_{B_i} x$ i Eşitlik (6.52) ile ifade edilirken, düşünülen “ \gtrsim ” kısıtlama durumu da fonksiyon olarak aşağıdaki gibi gösterilebilir:

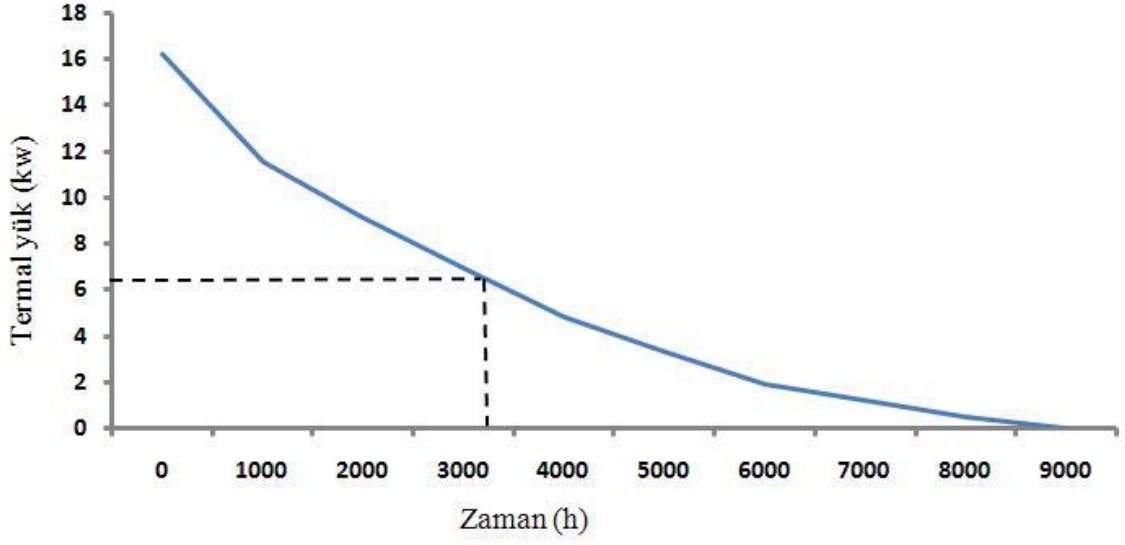
$$\mu_{B_i} X = \begin{cases} 1 & a_{ij} X_j > b_i + \Delta b_i \\ 1 - \frac{b_i + \Delta b_i - a_{ij} X_j}{\Delta b_i} & b_i + \Delta b_i \geq a_{ij} X_j \geq b_i \\ 0 & a_{ij} X_j < b_i \end{cases} \quad (6.53)$$

Burada; b_i mümkün olan en düşük değer, Δb_i bir üst tolerans sınırı anlamına gelir. $a_{ij}X_j$ hassas kısıtlamaların sol tarafı anlamına gelmekle beraber Eşitlik (6.53) haline dönüşmüştür.

Her bir çözümün verimli olabilmesi için kısıtlamaların karşılığı en iyi şekilde belirlenmesi gerekir. Bir bulanık model ile başa çıkmak için genellikle uygulanan prosedür ek amaç fonksiyonları ile gelen hassas kısıtlamaların doğruluk derecesini en üst düzeye çıkarmak için eşdeğer bir çok objektif programlama modeli bir arada düşünülmelidir [47].

6.1.6. Maksimum dikdörtgen yöntemi

Maksimum dikdörtgen yöntemi bir kombine güç santralinde ‘ortalama’ bir ısı veya elektrik talebini karşılamak yerine maksimal ısı veya elektrik talebini kapsayan bir boyutlandırma üzerine kurulmuş bir yöntemdir. Bir sistemin bir yılda 8760 saat ısı talebi sonucu bir üretim olacağı düşünülürse maksimum dikdörtgen yöntemi Şekil 5’deki gibi örnek bir şekil almaktadır. Buradaki grafikte bulunan kesikli çizgiler maksimum dikdörtgeni temsil etmektedir. Y-ekseni ile bu dikdörtgenin kesiştiği yer özgül ısı talebini karşılamak için kullanılacak CHP biriminin, ısı enerjisi için önerilen optimum değerini ifade etmektedir. CHP biriminin boyutu(elektriksel olarak) güç oranı sıcaklık değerinin termal dereceye bölünmesi ile elde edilebilir [48]. Böylece CHP boyutlandırmasında ısı talep eğrisi yerine elektrik talep eğrisini kullanabilir.



Şekil 6.2. Maksimum dikdörtgen yöntemi

Bu yöntem ile elektrik için belirlenmiş, minimum, maksimum, ortalama ve yıllık talep (kW) miktarını ve hatta ısı için de minimum, maksimum, ortalama ve yıllık talep (kW) miktarını, farklı CHP teknolojileri ile karşılaştırmak mümkündür [37]. Hem elektrik hem de ısı ihtiyacı gün boyunca ve sezonluk olarak önemli ölçüde değişebileceği için bir karşılaştırma yapmak önemlidir. Bu karşılaştırma sonrasında da maksimum dikdörtgen ile iyi bir optimizasyon kararı oluşturulabilir.

6.1.7. Genetik algoritmalar

Genetik algoritma, değerlerle değil parametre kodları ile sorunlara bir çözüm arama yöntemidir. Parametreler kodlanabildiği sürece bir çözüme ulaşılabilir [49]. Genetik algoritma gelişmiş bir çözüm arama ve optimizasyon tekniğidir. Bu yöntem doğal olarak evrimsel ilkeden taklit edilmiştir. Optimizasyon için geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında, genetik algoritmanın başlıca avantajlarından biri, özellikle çok modelli ve çok amaçlı optimizasyon problemlerinde, küresel optimal çözümler bulma konusunda etkili olmasıdır.

İlk popülasyona göre, rastgele çözümler ile çalışan genetik algoritma çok sayıda başlangıçtan oluşturulabilir. Sonra, genetik operatörler (seçim, çaprazlama, mutasyon) ile anlık çözümler kullanılarak optimum çözüm için çalışılır [50].

Geleneksel optimizasyon yöntemlerinin aksine genetik algoritmada bir başlangıç noktası yerine birden fazla başlangıç noktası ile problem veya sorun ne ise çözümlenmeye başlanılır. Bu şekilde, çok sayıda seçilmiş, kötü olanlar ile iyi olanlar elimine edilir.

Başlangıç popülasyonu, kodlanmış değişkenlerin bir sonucu olarak rastgele oluşturulur. Değişkenler; ikili kodlama, permütasyon kodlama, değer kodlama veya ağaç kodlama gibi farklı şekillerde kodlanmış olabilir. Ele alınan sorun, ele alınan problem yapısının kodlanma tipinin seçimi büyük önem taşımaktadır. Değişkenler, genlerin kombinasyonunda, popülasyonu teşkil ettiğinden dolayı ‘0’ ve ‘1’ olarak kodlanır. Uyumluluk fonksiyonu değerleri popülasyonun her satırı için hesaplanır. Uyumluluk fonksiyon değerlerini dikkate alarak, yeni bir popülasyon kullanımının bir sonucu olarak genetik algoritma operatörleri oluşturulur. Uyumluluk fonksiyon (işlev) değerleri her yeni nüfus ile hesaplanmıştır. Bundan dolayı da en iyi sonuç önemsendir. Bu işlem genetik algoritmada belirlenen işlem sayısına kadar tekrarlanır. Bu şekilde sağlama yapılarak adım adım ilerlenir ve en iyi çözüme yönelik istenilen sonuca ulaşmak için genetik algoritma sürekli olarak çalıştırılmaktadır [50].

6.2. Çok Amaçlı İleri Planlama Yaklaşımı

6.2.1. Klasik yaklaşımlar

Çok amaçlı optimizasyon teknikleri 1950’lerden günümüze kadar sürekli gelişme göstermiştir. O yıllarda, çok amaçlı optimizasyon tekniklerinin tek hedefi optimizasyon problemlerinin tekrarlamalı method ile çözümünü olmuştur. Bu yaklaşıma ‘Klasik Yaklaşım’ denmektedir ve günümüzde de yaygın olarak kullanılmaktadır [52]. Bununla birlikte, bu yaklaşımın birkaç dezavantajı vardır. Örneğin; her adım yalnızca tek bir çözüm üretir, kişisel enformasyon gerektirir ve bu yaklaşımın etkinliği pareto optimum şekline ve sürekliliğine bağlıdır.

6.2.2. Pareto optimizasyon

Pareto optimizasyon, çok amaçlı bir optimizasyon türüdür. Aynı anda birden fazla hedefe izin verebilen optimizasyon teorisine daanmaktadır. Birçok amacın, herhangi bir tek amacı iyileştirme yolunda, diğer hedefler üzerinde olumsuz etkilere neden olur, böylece bu yöntem dengeli olan bir çözüm arayışındaki matematiksel bir süreç olarak kabul edilir [36].

Pareto optimizasyon; optimal çözüm noktalarında, amaç vektörü açısından eşit derecede kullanışlı olarak kabul edilir. Pareto optimizasyon, problemin pareto kümesini bilmeden önce, bir optimizasyon probleminin bireysel hedeflerine ulaşmak olarak algılanmamalıdır. Bu, parametrik çözüm kümesinin tamamı tarafından tanımlanan, bir hedefin değeri sadece diğer bir hedef üzerinden geliştirilebilir. Pareto kümesinin bu özelliği çoğunlukla maksimum sıcaklık veya basınç, minimum akış oranı gibi çeşitli teknik kısıtlamalar ile verilen problemin sınır şartlarına uygun şekilde çözüme gidilmektedir [51].

Yukarıda bahsedilen ilişkilere dayanarak pareto optimal çözümler aşağıdaki gibi tanımlanabilir;

$a \in X$ isteğe bağlı bir karar vektörü olsun,

- 1) $X^I \subseteq X$ kümesinde a , baskın olmayan karar vektörünü, X^I kümesinde a 'nın baskın olduğu fakat vektörün olmadığını belirtir ve formülasyon olarak aşağıdaki gibidir:

$$\nexists a^I \in X^I: a^I \prec a \quad (6.54)$$

- 2) Karar vektörü, X ile ilgili baskın olmayan ancak ve ancak pareto optimal olarak ifade edilir.

Eğer X^I açıkça belirtilmemişse, X deki tüm parametrelerden söz edilebilir. Bir pareto optimal kümesi mutlak olarak X deki tüm optimal çözümleri içermez. Hedef vektörlerin kümesi $f^I, a^I \in X^I$ şeklinde, kabul edilen pareto optimal parametrelerin kümesi "ön Pareto Optimum" yada "ön Pareto" şeklinde ifade edilir.

6.2.3. Evrimsel algoritmalar

Evrimsel algoritmalar, doğrusal programlama veya gradyan yöntemleri gibi deterministik teknikler kullanılarak çözüme gidilen karmaşık bir yapıdır[45]. Evrimsel algoritmalar sorun çözümü hakkında az bir bilgi gerektirir. Bu nedenle bu yöntemin uygulanması daha kolaydır. Bu çok amaçlı evrimsel algoritmalar ile genel anlamda optimal çözümlere ulaşmak mümkündür. Gradyan tabanlı yöntemlerde, genellikle, çok amaçlı optimizasyon yöntemini uygulamak imkansızdır. Fakat bu yöntem her zaman uygulanabilir. Çok amaçlı evrimsel algoritmalar için matematiksel eşitlikler aşağıdaki gibidir;

$$\text{maksimize } y = f(x) = (f_1(x_1, \dots, x_m), \dots, f_n(x_1, \dots, x_m)) \quad (6.55)$$

$$\text{burada, } x = (x_1, \dots, x_m) \in X \quad (6.56)$$

$$y = (y_1, \dots, y_n) \in Y \quad (6.57)$$

Burada; m bir çok amaçlı minimizasyon problemini, x karar değişkenini ve n ise hedefleri ya da amaçları ifade etmektedir. Ayrıca, X parametre uzayını, y nesnel vektörü, Y amaç uzayını ifade etmektedir. Bir karar vektörü olan $a \in X$ baskın olduğu gibi, bir diğer karar vektörü olan $b \in X$ (ayrıca a'nın b'den büyük olduğu " $a \succ b$ " istenilirse ifade edilebilir) aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

$$\forall i \in \{1, \dots, n\} : f_i(a) \geq f_i(b) \quad (6.58)$$

$$\exists j \in \{1, \dots, n\} : f_j(a) > f_j(b) \quad (6.59)$$

Ayrıca, problem çözümüne gidilen yolda $b (a \preceq b)$ yada $a \prec b$ yada $f(a) = f(b)$ gibi çeşitli kapsamlar belirtilebilir.

BÖLÜM 7

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, enerji planlama sürecinin Almanya ve Türkiye'deki durumu araştırılmış, incelenmiş ve yapılan gözlemler ayrıntılı olarak aktarılmıştır.

Enerji sistemlerinin planlanmasında, mühendislik hesaplamaları ne kadar önemli görünse de yasal mevzuatlara, norm veya standartlara uymayan bir planlamanın hayata geçirilmesi mümkün değildir. İşte bundan dolayı mühendislerin, mimarların veya hangi meslek grubundan olursa olsun, planlamanın temelini yasal düzenlemelerin oluşturduğunu göz ardı etmemelidir.

Türkiye'de herhangi bir enerji santralının planlama sürecinin başlangıcını proje öncesi oluşturulan Çevresel Etki Değerlendirme Raporu oluşturmaktadır. Bu rapor T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından incelenip onay verildiği takdirde projenin hayata geçirilmesi için ilk çalışmalar başlayabilir. Bundan sonraki kısım sistemin tasarımı, boyutlandırılması ve optimizasyonu gibi konuları içerir. İşte tamda bu noktada planlama adına sorular sorulması gerekmektedir. Örneğin; "Enerji santralının kapasitesi", "Kullanılacak yakıt türünün seçimi", "Santral içindeki enerji dönüşümünde kullanılacak alet, makine veya cihazların seçiminde dikkat edilen kriterler", "Hesaplama yöntemleri", "Kullanılacak malzemelerin özelliklerinin, santral için normlara uygun olup olmadığı", "Enerji verimliliği", "Yük kapasiteleri",

‘‘Hizmet 3mrü’’...vb soruların cevapları aslında bir yapboza benzeyen enerji santralinin parçalarını birleştirmek ve s3rekliğini sağlamak için gerçekçi bir y3ntemdir.

Almanya’da enerji santralleri planlanmasının temeli, aslına bakılırsa T3rkiye ile aynıdır. Yani yasal mevzuatlar, normlar ve standartlar bu için temelini oluşturmaktadır. Bunun için Almanya’da 1917’de DIN (Deutsches Institut f3r Normung) Alman Standartlar Enstit3s3 kurulmuştur. Bu çalışmada da Almanya’da enerji santrali planlamasında kullanılan standartlardan bahsedilmiştir. 3zellikle VDI 3985(Kombine Isı ve Enerji Santrallerinin Tasarım, İnaaat ve Kabul Esasları) normu incelenmiştir. EK-A, DIN 3985 normu referans alınarak hazırlanmıştır. EK-A’ da yukarıda bahsettiğim planlama adına sorulması gereken sorular detaylı olarak oluşturulmuştur. Bu sorular tablolar ile desteklenmektedir. Ayrıca y3k eğrileri için EK-B ve ayrıca egzoz kirliliği seviyelerini azaltmak için alınan tedbirlere bağlı içten yanmalı motorlar için 3nemli çalışma karakteristiklerini içeren EK-C bu çalışmada sunulmuştur.

Hem 3lkemizde hem de Almanya’da enerji planlama s3recinin nasıl işlediğinin net bir şekilde anlaşılabilmesi için, mevcut kurulu enerji santrallerinin projesinde g3rev alan m3hendislerle bir araya gelinip tartışılmıştır. Standart ve normlara g3re enerji santrallerinin planlanma s3recinde, iki 3lkede de neler yaşandığı, tecr3belerle beraber detaylı olarak aktarılmıştır. Almanya’da Hochschule Offenburg Trijenerasyon Enerji Santrali, T3rkiye’de ise Hamitabat Elektrik 3retim Santrali’nin planlama s3reci incelenmiştir.

Planlamaya d3nyanın her yerinde farklı bir yaklaşım mevcuttur. Ancak ortak d3ř3nce daima en uygun planlama parametrelerini içeren optimum bir planlama yapmaktır. Bu anlamda d3nyada enerji konusunda çalışma yapan uluslar arası enerji ajansları, h3k3metler ve akademik kurumlarca desteklenen ve kullanılan bilgisayar destekli yazılımlardan bahsedilmiştir. G3n3m3z d3nyasında daha hızlı, etkin ve hata payı en d3ř3k planlama 3rnekleri ve bunların gelecekte karşımıza çıkarabileceği sonuçları g3rebilmemiz için, bu yazılımların planlama s3reci içerisindeki yeri değişmez bir gerçektir. Bu yazılımların temelinde optimal 3z3mler ve ileri planlama yaklaşımı yer almaktadır. İleri planlama yaklaşımları, karşılaşılan problemleri matematiksel denklemler yardımıyla 3z3mek anlamına gelmektedir. Bunun için d3nyada tek amaçlı ve çok amaçlı iki yaklaşım vardır ve bunlarda kendi içinde ayrılmaktadır. Karşılaşılan

problemin niteliğine göre kullanılabilir optimum çözüm yöntemleri mühendislerin kendi yaklaşımlarına bağlı olmakla beraber temel olarak bunların yapısı ve etkinliğinden bahsedilmiştir.

Enerji planlama süreci tamamen teknik bilgi gerektiren bir süreç değildir. Enerji planlama süreci tecrübeyle paralel ilerleyen bir süreçtir. Konuya yeni başlamış bir mühendisin, kendisini, çok yönlü bir çalışma içerisinde olduğunu bilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada yer alan bilgiler, doğru, etkin ve sürdürülebilir bir enerji planlama yapma yolunda, kilometre taşlarını oluşturmaktadır. İki ülke arasındaki enerji planlama sürecinden, enerji planlamasında yer alan belirleyici planlama parametrelerine, ileri planlama yaklaşımlarından, araçlarla destekli planlamaya kadar enerji planlama sürecinin her adımından bahsedilip bir araya getirilmiştir. Kendisine, enerji planlama nedir, dikkat edilmesi gereken hususlar nedir, etkin ve sürdürülebilir bir planlama nasıl yapılır gibi soruları soran mühendis veya mühendis adayı için faydalı bir çalışmadır.

EK – A

CHP'nin Planlanması-Akış diyagramı (Kaynak: VDI 3985)

1. ÖN ARAŞTIRMA

- Ön araştırma, CHP tarafından üretilen ısı ve elektriğin eş zamanlı bir gereklilik olduğunu göz önünde tutmak zorundadır.

Soru: Ön araştırma her dağıtılmış enerji sistemi (DES) için gerekli midir?

Dağıtılmış enerji sistemlerinde CHP tarafından ısı ve elektrik üretimi için eşzamanlı bir gereklilik var mıdır?

1.1. Mevcut ve Potansiyel Kullanıcıların Belirlenmesi

- Ticaret ve sanayi odası
- Küçük ölçekli tüketiciler (aile evleri, yerel topluluklar vs.)
- Kamu binaları (okullar, üniversiteler, ofisler vb)

Soru: DES için coğrafi konum, tüketicilerin türü ve bunlarla ilişkisini ifade eden bir araştırma var mıdır?

Kullanıcıların özellikleri mevcut mudur? Mevcut ise kullanıcılara göre tüketim özellikleri nelerdir?

1.2. Mevcut Enerji Arz Yapısının Analizi

- Doğal gaz / LPG
- Akaryakıt / Dizel yakıt
- Çöplük gazı / Kanalizasyon gazı / Biyogaz / Diğer gaz

Soru: Tesisin çalışmasına göre ne tür bir yakıt seçilmiştir? Nedeni nedir?

Yukarıdaki soruya karşılık olarak; Yakıt türünün kararında etken olan karakteristikler nelerdir (uygunluğu,miktarı, fiyatı, kalitesi vs)?

Isıtma, soğutma ve elektrik için diğer potansiyel enerji kaynakları hakkında bilgi var mıdır?

1.3. Temel Koşullar

- Enerji yönetimi yasası (tüm operatörler için arzın garanti edilip güvenliğinin belirlenmesi)
- CHP kuralları (genel şebeke için CHP'nin avantajlı çalışma koşulların en uygun düzeyde tutmak)
- Bölgesel ısıtma veya enerji kanunları
- Problemler: Yerel ısıtma sistemleri için çeşitli tesislerin birbirine entegre edilmesi hususunda yasal sorunlarla karşılaşılabilir. Örneğin birden fazla enerji kaynağının işletmeye katılımının sağlanması gibi.
- CHPS büyüklüğüne göre çeşitli makamlardan alınacak onay ve izinler (örneğin; planlama izni, emisyonların önlenmesi vs.)
- Yerel enerji arzı ile ilgili tarife, tedarik ve satın alma koşullarına göre:
 - Yakıt (tedarik)
 - Isı (arz ve tedarik)
 - Elektrik (arz ve tedarik)

Soru: Enerji yönetim yasası tüm operatörler için güvenli bir enerji kaynağını garanti etmekte midir?

Tesis içinde enerjinin doğru yönetilebilmesi için herhangi bir enerji yöneticisi belirlenmiş midir? Enerji yönetim birimi bulunmakta mıdır?

CHP kuralları uygulanmakta mıdır? Evet ise, kuralların ana odak noktası nedir?

Tesisin sertifikalandırılması için hangi formlar kullanılmaktadır? Ve neden?

Enerji kaynağına ait işletmelerin katılımı ne şekilde olmaktadır?

Tesisin kapasite ve boyutlandırılmasında hangi makamlara başvurulmuş ve hangi onaylar alınmıştır? (örneğin; planlama izinleri, emisyon izinleri, işletmeye alma izinleri vs.)

Enerji kaynağına ait işletmelerden yakıt, ısı, elektrik için arz ve tedarik koşulları nelerdir? Tarifeler nelerdir? Bu tarifelerde belirleyici etmenler nelerdir?

2. DİZAYN

2.1. Enerji Talebinin Mevcut Durumunun ve Analizinin Belirlenmesi

- Mevcut tesislerde, ısı ve elektrik tüketimi ölçülür, bu ölçüm doğrulanır ve daha sonra talep de bu tüketim esas alınarak hesaplanır. Yeni tesisler için ise enerji talebi EK-A'ya göre hesaplanır.

Soru: Mevcut tesiste ölçülen enerji arz ve talebine ihtiyaç var mıdır? Evet ise,

Hesaplama yöntemi nasıl yapılmaktadır? Temel kriterler nelerdir?

Yeni bir tesis için enerji arz ve talep yapısı nasıl tahmin edilmektedir?

Enerji talebinin hesaplanılan zaman aralığı nedir? Mevsimsel, aylık, günlük, saatlik vs.

Eğer ölçüm saatlik yapılıyor ise, bir saatlik ölçüm için zaman aralığı nedir? Buna bağlı olarak, günlük, aylık veya mevsimlik ölçümler için nasıldır?

2.1.1 Enerji tedarik

- Enerji tedarik, farklı enerji türleri için ilgili parametreler belirlenerek aylık veya yıllık, gaz ve elektrik faturalarında hesaplanabilir.

Tablo 1. Enerji tedarik (Bölüm 2.1.1. temel alınarak hazırlanmıştır)

		Miktar kWh (H _u)/a l/a t/a kWh (th)/a kWh (el)/a	Çıkan kW (H _u) l/h t/h kW (th) kW (el)	Sıcaklık °C	Basınç bar	Alt Isıl değer kWh (H _u)/ m ³ kWh (H _u)/l kWh (H _u)/kg	Methan numarası
Yakıt							
Gaz	Gaz tipi						
Sıvı	ELFO						
	HFO						
Katı	Kömür/Kok						
Isı	Ilık su						
	Sıcak su						
	Buhar						
Elektrik	HT						
	LT						
(HT: Yüksek tarife (High Tariff), LT: Düşük tarife(Low Tariff))							

Soru: Mevcut tesis için veya yeni inşa edilecek tesis için enerji tedarikinin belirlenmesindeki prosedürler nelerdir?

Aylık veya yıllık, gaz ve elektrik faturaları enerji temini için dikkate alındı mı? (Kullanılan yakıt türüne (katı, sıvı,gaz) göre VDI 3985’de hesaplama için tablo mevcuttur.)

Yakıtın miktarı, verimi, sıcaklık, basınç, alt ısıl değer ve metan sayısı nedir?

Ilık su, sıcak su ve buharın miktar, verim, sıcaklık, basınç, alt ısıl değer ve metan sayısı nedir?

Yüksek ve düşük tarifede elektriğin miktar, verim ve sıcaklığı nedir?

2.1.2. Elektrik ve ısı enerjisinin talep yapısının belirlenmesi: yük eğrileri ölçme, hazırlama ve değerlendirilmesi (Kaynak: VDI 2067 bölüm-7)

- Günlük, haftalık veya yıllık yük eğrilerinin belirlenmesi.
- Günlük yük eğrilerine göre ısı ve elektriğin dengelenmesi
- Isı ve elektrik enerjisi talebine göre tipik günlük yük eğrilerinin seçilmesi

Sıcak su arzını içeren ısı talebi (beş günlük yük eğrileri)

Sezonlara göre ayırım yapmak;

Kış (Ekim- Şubat), bulutlu veya sıcak günlere göre farklılaştırma,

Geçiş dönemi (Mart, Nisan, Mayıs, Eylül), bulutlu veya sıcak günlere göre farklılaştırma,

Yaz (Haziran, temmuz Ağustos),

Elektrik talebi (Dört günlük yük eğrileri)

Kış tarifesi dönemi (Ekim-Şubat), iş günü, Pazar ve resmi tatil günlerine göre farklılaştırma,

Yaz tarifesi dönemi (Mart-Eylül), iş günü, Pazar ve resmi tatil günlerine göre farklılaştırma,

- Yaklaşık dört aylık (125 gün) kış çalışma gününü temsilen bir günlük kış sezonu çalışma günü için tipik bir yük eğrisi olmalıdır.
- Tipik yük eğrilerini oluşturmak için, mevcut tesis ölçümleri en az üç haftalık süreler içinde alınır.

Soru: Isı ve elektrik enerjisi talebi için yük eğrileri nasıl belirlenmektedir?

Günlük, haftalık veya yıllık yük eğrileri nasıl belirlenmiştir?

Günlük yük eğrilerinden ısı ve elektrik dengeli midir?

Bir yaz, kış ve geçiş döneminde yük eğrilerinin belirlenmesi için zaman aralığı nedir?

Yük eğrilerinin tipik bir örneği için kaç günlük ölçümler dikkate alınmıştır?

Depolama ile alakalı sisteme ekleme çıkarma kararları nasıl verilmektedir?

Yeni tesislere depoların eklenmesi konusunda yük eğrilerini belirlemek için ihtiyaç duyulan veriler nasıl toplanmaktadır?

2.1.3. Yıllık ısı talebinin belirlenmesi

- Proje büyüklüğüne göre, yıllık ısı talebini hesaplamak için kullanılacak çeşitli prosedürler mevcuttur. Ticaret ve sanayide genellikle tüketim kayıtları tutulmaktadır. Böylece iyi bir veri tabanı her türlü projenin hesabı ve planlanmasında doğru verilere ulaşmayı sağlamaktadır.

Soru: Isı tüketimi ile alakalı her hangi bir kayıt mevcut mudur?

Maksimum yakıt miktarı, verim, arz ile ilgili kısıtlamalar, çalışma masrafı, talep masrafı gibi parametrelerden hangi veya hangileri kayıt altına alınmaktadır?

Bu kayıtlar ne kadar sıklıkta yapılmaktadır? (aylık, yıllık)

2.1.4. Arz ve tedarik sözleşmeleri

- Sözleşme ile ilgili veriler tespit edilmelidir. Bir CHPS kurulumu sırasında sözleşme için bir değişimin etkileri araştırılmış olmalıdır.

Soru: CHPS kurulumu sırasında sözleşmede herhangi bir değişiklik olacak mı ya da olabilme ihtimali var mıdır? Kurulum sırasında sözleşme de bir değişiklik var ise nedir?

Tablo 2. Arz ve tedarik sözleşmeleri (Bölüm 2.1.4.).

		Maksimum miktar kWh (H _u)/a l/a t/a kWh (th)/a kWh (el)/a	Çıkan kW (H _u) l/h t/h kW (th) kW (el)	Arz kısıtlamaları	Çalışma masrafı "/kWh (H _o) "/l "/t "/MWh (th) "/kWh (el)	Talep masrafı "/kW (H _o) "/kW (th) "/kW (el)	Sözleşme süresi
Yakıt							
Gaz	Gazın tipi						
Sıvı	ELFO						
	HFO						
Katı	Kömür/kök						
Isı							
Elektrik							

Tablo 2.'de birden fazla birim olmasının sebebi ısı, elektrik ve her yakıt tipi için farklı birimlerin kullanılmasıdır.

2.1.5. Gerçek enerji maliyetleri

- Enerji tedarik maliyetleri, yıllık hesaplardan veya ilgili fiyata göre miktar ve verim çarpımıyla elde edilir.

Soru: Aşağıdaki tablodaki parametrelere göre yıllık maliyet belirli midir? Belirli değil ise bunun için ek ayrıntılar nelerdir?

Tablo 3. Gerçek enerji maliyetleri (Bölüm 2.1.5.)

		Güç üretim maliyetleri "/a	Verim maliyetleri "/a	Toplam maliyet "/a
Yakıt				
Gaz	Gazın tipi			
Sıvı	ELFO			
	HFO			
Katı	Kömür/kok			
Isı				
Elektrik				

2.1.6. Mevcut tesiste enerji kullanımı

- Enerjinin tesiste nasıl kullanıldığı önemlidir; verim, miktar, zamana bağlı kullanımı (yük eğrileri), sıcaklık, çevrim içinde enerji geri dönüşümü vs.

Tablo 4. Mevcut tesislerde enerji kullanımı (Bölüm 2.1.6.)

		Miktar (çalışma) kWh (el)/a kWh (th)/a kWh (K)/a	Çıkan kW (el) kW (th) kW (K)	Sıcaklık (akış/dönüş) °C	Basınç bar	Çalışma zamanı/ Yük eğrisi
Elektrik	Makineler					
	Soğuk üretimi					
	Isı üretimi					
	Aydınlatma					
Isı	Üretim prosesleri					
	Isıtma					
	İklimlendirme					
	Şebekeden su arzı					
Buhar	Üretim prosesleri					
	Isıtma					
	Soğuk üretimi					
Soğuk	İklimlendirme					
	Üretim prosesleri					

Soru: Tahmin edilen elektrik kullanımına göre ısı üretmek için enerjisinin miktarı, çıkışı, çalışma süresi, yük eğrisi nasıldır? Prosedür nedir?

Tahmin edilen elektrik kullanımına göre soğuk üretmek için enerjisinin miktarı, çıkışı, çalışma süresi, yük eğrisi nasıldır? Prosedür nedir?

Aydınlatma için kullanılan elektriğin miktar, çalışma süresi/yük eğrisi nedir?

Isıtma için kullanılan ısı enerjisinin miktarı, sıcaklık akış/dönüş, çalışma süresi/yük eğrisi nedir?

İklimlendirme için kullanılan ısı enerjisinin miktarı, sıcaklık akış/dönüş, çalışma süresi/yük eğrisi nedir?

Isı enerjisi için kullanılan şebeke suyu arzının miktarı, sıcaklık akış/dönüş, çalışma süresi/yük eğrisi nedir?

Buhar üretimi için üretilen ısı miktarı, sıcaklık akış/dönüş, basınç, çalışma süresi/yük eğrisi nedir?

Buhar üretimi için üretilen soğuk miktarı, sıcaklık akış/dönüş, basınç, çalışma süresi/yük eğrisi nedir?

Soğuk için iklimlendirmede kullanılan enerjinin miktarı, sıcaklık akış/dönüş, çalışma süresi/yük eğrisi nedir?

2.1.7. Enerji dağıtım sistemleri

- Arz
- Boyut
- Basınç farkları
- Sıcaklık farkları

Soru: Tesis için planlanan arz miktarı için ne tür bir dağıtım sistemi planlanmaktadır?

Enerji sistemleri ve düşünülen boyutlar, üretilmek istenen enerji miktarını karşılayacak düzeyde midir?

Sıcaklık ve basınç farklılıkları nasıl belirlenmektedir?

Tablo 5. Enerji dağıtım sistemleri (Bölüm 2.1.7.)

	Hat planı	Boyut	Besleme noktası	Vidalama noktası
Elektrik				
Isı				
Buhar				
Soğuk				

2.1.8. Enerji akış diyagramı

Büyük ve kompleks tesisler için enerji akış diyagramı derlenmiş olmalıdır.

Kullanım, dönüşüm ve uygulama detaylarına göre akış diyagramının kaydedilmesi, oluşabilecek muhasebe ve yorum yanlışlarını ortadan kaldırıp net bir görüntü sağlar.

Soru: Tesisin planlama aşamasında iken enerji akış diyagramı geliştirilmiş midir?

Enerji akış diyagramı tesisin inşaat ve operasyonunu gerçekçi bir şekilde yansıtıyor mu?

2.2. Enerji Tasarrufu Belirleme

2.2.1. Enerji tasarrufu önlemleri

- Bölüm 2.1. altında listelenen enerji talebini azaltmak için enerji tasarruf tedbirleri tespit edilmelidir.

Soru: Enerji tasarrufu ve emisyonu azaltmak için alınan herhangi bir önlem var mı?

Hangi aşamadır?

Tablo 6. Enerji tasarruf önlemleri (Bölüm 2.2.1.)

		Miktar kWh (H _u)/a I/a t/a kWh (th)/a kWh (el)/a	Çıkan kW (H _u) l/h t/h kW(th) kW(el)	Sıcaklık °C	Basınç bar	Alt ısı değer kWh (H _u)/ m ³ kWh (H _u)/l kWh (H _u)/kg	Metan numarası
Yakıt							
Gaz	Gazın tipi						
Sıvı	ELFO						
	HFO						
Katı	Kömür/kok						
Isı	Ilık su						
	Sıcak su						
	Buhar						
Elektrik	HT						
	LT						

2.2.2. Enerji talep yapısı üzerinde enerji tasarrufu önlemlerinin etkisi

- Enerji tasarruf önlemlerinin tespiti, enerji talep yapısı (yük eğrileri) ve bunun zamansal etkileri bakımından olumlu yönde önemlidir.

Soru: Enerji tasarrufunun ölçülmesi için enerji talebinin zamansal yapısı üzerindeki etkisi nedir?

2.3. Enerji Talebi İçin Enerji Tasarrufu/Düzeltilme Karşılığı

2.3.1. Enerji tasarrufunun bir sonucu olarak enerji talebinin azaltılması

- Tasarruf edilen enerji miktarına göre(Bölüm 2.2.1.) enerji talebinin(Bölüm 2.1.) düşürülmesi.

Soru: Yukarıdaki prosedürlere göre bir enerji tasarrufu sağlanmış mıdır? Bu azalmanın talep üzerindeki etkisi ne kadardır?

Tablo 7.Enerji tasarrufunun bir sonucu olarak enerji talebinin azaltılması (Bölüm 2.3.1.)

		Miktar kWh (H _u)/a l/a t/a kWh (th)/a kWh (el)/a	Çıkan kW (H _u) l/h t/h kW (th) kW (el)	Sıcaklık °C	Basınç bar	Alt Isıl değer kWh (H _u)/m ³ kWh (H _u)/l kWh (H _u)/kg	Metan numarası
Yakıt							
Gaz	Gazın tipi						
Sıvı	ELFO						
	HFO						
Katı	Kömür/kök						
Isı	Ilık su						
	Sıcak su						
	Buhar						
Elektrik	HT						
	LT						

2.3.2. Düzeltilmiş enerji talep yapısı/yük eğrileri

- Bölüm 2.1.2. altında belirlenen yük eğrilerinin, enerji tasarruf miktarına göre düzeltilmesi gerekir.

Soru: Enerji talep yapısı için belirlenen yük eğrileri düzeltilmiş midir? Hayır ise, nedeni nedir?

2.4. Enerji Tüketimini Etkileyebilecek Gelişmeler (Tesiste Yenilikler/Genişleme/Bozulma) İçin İzin

2.4.1. Yenilik izinleri için enerji talep tahmini hazırlanması, gelecekteki uzantıları düzenlemek

Enerji ile alakalı tesisler:

- Sanayi ve ticaret faaliyetleri
- Kamu binaları
- Yüzme havuzları
- Hastane ve bakım evleri
- Ofis ve idari binalar
- Diğer

Tablo 8. Enerji ile alakalı tesisler (Bölüm 2.4.1.)

Enerji ile alakalı tesisler	Tahsis
Sanayi ve ticaret faaliyetleri	
Kamu binaları	
Yüzme havuzları	
Hastane ve bakım evleri	
Ofis ve idari binalar	
Diğer	

Tablo 9. Yenilikler, genişleme, bozulma vb. için enerji talep tahmini hazırlanması

	Miktar (çalışma) kWh (el)/a kWh (th)/a kWh (K)/a	Çıkan kW (el) kW (th) kW (K)	Sıcaklık (akış/dönüş) °C	Basınç bar	Çalışma zamanı/ Yük eğrisi
Elektrik					
Isı					
Buhar					
Soğuk					

Soru: Tesis planlama dizayn aşamasında iken gelecekle ilgili büyüme veya bozunma ihtimalleri üzerinde çalışılmış mıdır?

Gelecekte tesise entegre edilecek projeler var ise bu projelerin enerji talepleri kabaca nasıl tahmin edilmiştir?

2.4.2. Beklenen enerji talep yapısı/yük eğrileri

- Tesis içindeki beklenen değişiklikler doğrultusunda enerji talebinin yapısı (yük eğrileri) tespit veya tahmin edilmelidir.

Soru: Enerji talep yapısında herhangi bir değişiklik bekleniyor muydu? Değişikliklere karşı nasıl bir plan veya strateji ile talep yapısı tahmin edilmektedir?

2.5. Gelecekteki Enerji Talebini Belirleme

2.5.1. Gelecekte karşılaşılabilecek enerji talebinin belirlenmesi

- Enerji tasarrufuna göre düzeltilen enerji talebi (Bölüm 2.3.1.) ve gelecekte öngörülen enerji talebi (Bölüm 2.4.1.) tesis için kombine edilmelidir.

Soru: Tesis de enerji talebi için gelecekle ilgili bir artış tahmini var mıdır?

Eğer var ise; bunun miktarı, sıcaklığı, basıncı, yük eğrileri ve çıkan enerji konusunda tahmin ve tespit çalışmaları var mıdır?

Tablo 10. Gelecekte karşılaşılabilecek enerji talebinin belirlenmesi (Bölüm 2.5.1.)

	Miktar (çalışma) kWh (el)/a kWh (th)/a kWh (K)/a	Çıkan kW (el) kW (th) kW (K)	Sıcaklık (akış/dönüş) °C	Basınç bar	Çalışma zamanı/ Yük eğrisi
Elektrik					
Isı					
Buhar					
Soğuk					

2.5.2. Beklenen (gelecekteki) enerji talebinin yapısı

- Bölüm 2.3.2. altında belirlenen yük eğrileri, enerji talebindeki tahmin edilen (Bölüm 2.4.2.) miktara göre düzeltilmelidir.

Soru: Yukarıda belirlenen prosedürlere göre yük eğrileri doğrulanmış mıdır?

2.6. CHPS İçin Olası Uygulama Kontrolleri

2.6.1. Mevcut enerji akışının tipi ve miktarının belirlenip CHPS kullanımına bağlı olarak değiştirilmesi

Bölüm 2.5.1.'e dayanılarak aşağıdaki parametrelerde değişikliğe gidilebilir.

- Gerekli gidiş ve dönüş sıcaklıkları
- Sıcak, soğuk ve buhar basınçları
- Çıkan ısı, buhar, soğuk ve elektrik miktarı

Soru: Tasarım aşamasında iken CHPS'nin kullanımına bağlı değişikliklere karşı alınan kararlar var mıdır? Yok ise, bir değişiklik karşısında çözüm yolu nasıldır?

Tablo 11. Mevcut enerji akışının tipi ve miktarının belirlenip CHPS kullanımına bağlı olarak değiştirilmesi (Bölüm 2.6.1.)

	Miktar (çalışma) kWh (el)/a kWh (th)/a kWh (K)/a	Çıkan kW (el) kW (th) kW (K)	Sıcaklık (akış/dönüş) °C	Basınç bar
Elektrik				
Isı				
Buhar				
Soğuk				

3. BİR KONSEPT DÜZENLEMESİ

Bir konsept düzenlenirken, belirli bir uygulama ile belirlenmiş CHPS modülleri ayrı ayrı incelenmelidir. CHPS ısı kaynağını garanti etmek için, pik yük kazanı ile ek bir kazan eşit şekilde donatılmalıdır. Bazı durumlarda, bir CHPS, ısı depolama tankı ile donatılmış ve yakıtın çeşitli türleri ile farklı kullanımına olanak sağlayacak şekilde tasarlanmış olabilir. EK-B; CHPS de kullanılan içten yanmalı motorlara genel bir bakış sunmaktadır.

Soru: Tesis daha proje aşamasında iken, daha sonra işletmeye geçtiğinde başarı sağlanabilmesi açısından tesisin bir konsepti düzenlenmiş midir?

3.1. Modüllerin Tipi, Boyutu ve Sayısına Göre Bir Ön Seçim

- CHPS için yapılan seçimler de Bölüm 2.6.1. fiziksel ve teknik gereksinimler açısından yol göstericidir.
- Mevcut kullanılan yakıtı ödenen miktar ve onun kullanım koşullarına mutlak suretle dikkat edilmelidir (Bölüm 3.3. deki tabloya bakınız).

Soru: Elektrik, buhar, ısı, soğuk gibi parametrelerin tamamı için; CHPS de basınç, akış/gidiş/dönüş sıcaklıkları, üretilen güç, kullanılan yakıt miktarı gibi teknik ve fiziksel parametreler belirli midir?

Tablo 12. Modüllerin tipi, boyutu ve sayısına göre bir ön seçim (Bölüm 3.1.)

CHPS tipi				
Yapı:		Tip:		
Çıkan:				
elektrik:	kW(el)			
termal		Uygun sıcaklık:	Akış	Geri dönüş
egzoz gazı:	kW (th)		°C	°C
soğutma suyu :	kW (th)		°C	°C
motor yağı:	kW (th)		°C	°C
hava değişimi:	kW (th)		°C	°C
toplam:	kW (th)			
Yakıt gereksinimleri:	kW (H _u)			
operasyon prensibi			İstenen metan numarası:	
ateşlemeli gaz motor:				
dizel motor:				
dizel/gaz motor:				
gaz türbini:				
aşırı yükleme:				
Yakıt			Temin edilen metan numarası:	Gaz basıncı:
doğal gaz:				bar
LPG:				bar
çöp gazı:				bar
kanalizasyon gazı:				bar
diğer gaz türleri:				bar
ELFO/dizel yakıt:				
Egzoz gazı temizleme prosedürü				
yağsız motor:				
3'lü katalizör:				
SCR:				
diğer:				

3.2. CHPS Tarafından Üretilen Isı ve Elektrik İçin Yük Eğrileri

- CHPS tarafından üretilen ısı ve elektrik için ve gelecekteki enerji talebi (Bölüm 2.5.2.) için yük eğrilerinin karşılaştırılması gereklidir.

Soru: CHPS için gelecekteki elektrik ve ısı üretimi için, enerji talep tahminine göre yük eğrileri hesaplanmış mıdır? Nasıl?

Bunun prosedürü ve ihtiyaç duyulan araçlar nelerdir?

CHPS tarafından üretilen ısı ve elektrik ile gelecekteki enerji talebi arasındaki ilişkiyi ifade eden herhangi bir analiz mevcut mudur?

3.3. Çalışma Şeklinin Tespiti

- Farklı zamanlı çalışma tipleri, gereksinim duyulan enerji için bir enerji yönetim sistemiyle beraber optimum çalışmayı mümkün kılmaktadır.

Isı odaklı işletim şekli: Buradaki kontrol değişkenleri daima ısı talebindedir (üretilen elektrik kendi içinde kullanıyor olmalıdır). CHPS yeterli gereksinim ile ek enerji dönüştürücüler tarafından desteklenebilir.

Elektrik odaklı çalışma şekli: Kontrol değişkeni elektrik talebidir. Ekstra gereksinimler yerel şebeke ile desteklenebilir. Tesis bağımsız olarak çalışırken, tüketicilerin taleplerini karşılamak zorundadır. Ayrıca hazırda bir güç kaynağı da kullanılabilir.

Kombine çalışma şekli

- Maksimum elektrik enerjisi veya ısı talebi,
- Minimum elektrik enerjisi veya ısı talebi,
- Isı yükü odaklı en yüksek elektrik fonksiyonu

Optimum çalışma şeklini, yukarıdaki farklı çalışma şekillerini birbirleri ile karşılaştırarak bulabiliriz. En uygun çalışma şekli en ekonomik çalışma şekli olmalıdır.

Soru: Çalışma şeklinin en uygun çalışma şekli olduğuna nasıl karar verilmiştir?

Hangi işletme şekli seçilmiştir? Neden?

Bu çalışma şekli den temel ölçüt ekonomiklik mi olmuştur?

Seçilen çalışma şekli gelecek ile ilgili büyüme veya ek enerji üretiminde de ekonomik midir?

3.4. Elektrik ve Isı İçin Enerji Dengesi

- Enerji dengesi ve kullanım süresi Bölüm 2.5.2. de enerji talep yapısının temelinde belirlenebilmektedir. CHPS için enerji üretim yapısı, Bölüm 3.2. ve ayrıca 2.6.1. den faydalanılarak ulaşılabilmektedir.

Tablo 13. Elektrik ve ısı için enerji dengesi (Bölüm 3.4.)

VERİLER				
	Yapı	Tipi	Miktar	
ÇIKAN				
elektrik:	kW(el)			
termal:	kW(th)	ne zaman(t)=	°C	
yakıt ihtiyacı:	kW(H _ü)			
Elektrik dengesi				
Talep kWh(el)/a	CHPS üretimi kWh (el)/a	Ek (ilave) talep kWh (el)/a	Fazlalık kWh (el)/a	Kullanım periyodu h/a
Isı dengesi				
Talep kWh(th)/a	CHPS üretimi kWh(th)/a	Ek (ilave) talep kWh (th)/a	Fazlalık kWh (th)/a	Kullanım periyodu h/a

3.5. Yasal ve Çevresel Düzenlemeler İçin İzin

Bir tesisin işletmeye geçebilmesi ve işletmesini sürdürebilmesi için bir takım kanunsal, yasal yönetmelikleri, gereksinimleri yerine getirmesi gerekmektedir. Bunlardan en önemlileri şöyledir;

- Emisyonların önlenmesi ile ilgili yasalar
- Enerji yönetimi kanunu
- Elektrik üretim yasası
- Su ekonomisi kanunu
- Yüksek basınçlı gaz hatları kanunu
- Arsa, bina yönetmelikleri
- Elektrik kaynağı ile beraber alçak ve yüksek gerilim kanunları
- Termal korunum ve ısı kullanım yasaları
- Avrupa birliği direktifleri
- Güvenlik gereksinimleri
- Yerel enerji kaynaklarını kullanımına ilişkin yasalar

Soru: Tesis planlanırken yukarıdaki yasal yükümlülüklerden hangileri dikkate alınmıştır? Bunlara ek olarak dikkate alınan yasal mevzuatlar nelerdir?

3.6. CHPS Çalışma Tipine Göre Enerji Akış Şeması

- Bir enerji akış şeması, enerjinin akışını ve miktarını net ve anlaşılır bir şekilde gösterecek şekilde hazırlanmalıdır.

Soru: Proje konsept aşamasında iken enerjinin miktarının ve akış şeklinin nasıl olacağına dair bir çalışma yapılmış mıdır?

Bu enerji akış şeması çalışması Sankey diyagramı şeklinde mi yapılmıştır?

4. ALTERNATİFLER

- Tesis kurulumu için seçilen farklı alternatifler tesis işletmeye geçtiğinde teknik ve ekonomik anlamda etki edecektir.

4.1. CHPS İçin Seçilebilecek Alternatiflerin Kapasite ve Sayısındaki Değişim

- Ekonomiklik ve optimum çalışma, CHPS'nin boyutu ve kullanılan cihazların kapasiteye cevap verme yeteneğiyle orantılıdır.
- Bundan dolayı alternatif planlar inşaat öncesi ve işletme sırasında büyük rol oynamaktadır.

Soru: Projenin yapım aşamasında veya işletmeye alındığı aşamada dizayn ve teknik konular hakkında esneklik, alternatif düşünceler mevcut mudur?

Eğer var ise, bunun stratejisi, yöntemi ve kullanılan araçları nasıl tanımlarız?

4.2. Çeşitli Alternatifler İçin Enerji Dengesinin Hazırlanması

- Bu çalışma için Bölüm 3.4'den faydalanılabilir. Enerji dengesi için var olan veriler, ekonomik etkinliğin değerlendirilmesi açısından bir temel olarak kullanılabilir.

Soru: Projede dikkate alınan alternatifler için her hangi bir enerji dengesi hesaplanmış mıdır?

4.3. Ekonomik Verimliliğin Değerlendirilme Yöntemleri

- Planlama yapılırken dikkat edilmesi gereken en önemli etken; tesisin ekonomik verimliliğidir. Ekonomik verimlilik, projenin her adımında, her değerlendirmede temel alınmalı, gelir gider maliyetleri göz önünde bulundurulmalıdır (VDI 2067 Bölüm 7 bu konuda referans olarak alınabilir).
- Dikkat edilmesi gereken önemli faktörler arasında yatırım maliyetleri, işletme maliyetleri ve karlılık vardır. Ayrıca, elektrik, yakıt ve uygulamaların güncel tarifeleri, elektrik ve ısı için günlük, yıllık yük eğrileri ile enerji dengesi ekonomik verimlilik için bilinmesi gerekenler arasındadır.
- CHPS'nin ekonomik verimliliğinde kullanılacak yöntemler şöyledir;

Rant yöntemi: Bu hesaplama, para kaynaklarının sabit veya yıllık akışının varsayımına dayanmaktadır. Fiyat artışlarında özellikle bireysel enerji tipleri için fiyat farklılaştırması dikkate alınmaktadır.

Net bugünkü değer yöntemi: Bu yöntem, bir yatırımın bugünkü değerini belirlemek için kullanılmaktadır. Fiyat artışları dikkate alınmaktadır. Geri ödeme süresi ve kar hakkında bilgi verir. Ayrıca finansal risk değerlendirilmesinde faydalı bir yöntemdir.

İç karlılık oranı yöntemi: Bu yöntem, sermaye yatırımının getirisini yüzde olarak hesaplamaya yardımcı olur. Örneğin, gelecekteki fiyat artışları ve ekonomik kalkınma bu yöntemde zamana karşı duyarlılık analizi için gereklidir.

Soru: Hangi yöntem veya yöntemler ekonomik etkinlik değerlendirilmesinde kullanılmaktadır? Neden?

4.3.1. Yatırım maliyetleri

- Planlama aşamasında maliyetleri belirlemek için, Tablo 14.'deki bileşenlerin maliyetleriyle ilgili üreticilerden kesin verilere ulaşmamız gerekmektedir.

Soru: Tesisin yatırım maliyetleri nasıl belirlenmiştir?

Bunun için bir önceki proje deneyimlerinden ne ölçüde faydalanılmıştır?

Tablo 14. Yatırım maliyetleri (Bölüm 4.3.1.)

Ürün no.	Tesis	Yatırım (")
1	CHPS	
	Tipleri/ürünler:	
	Elektrik şalteri	
	Yağ besleme/düzenleme	
	Egzoz gazı sistemi	
	Acil soğutucu	
	Havalandırma sistemi	
	Entegrasyon:	
	Elektrik	
	Yakıt	
	Isı	
	Su	
	Ölçme ürünü:	
	Elektrik	
	Yakıt	
	Isı	
	Su	
2	En üst yükte boyler	
3	Su arıtma	
4	Yakıt beslemesi	
5	Su temini	
6	Transformatör	
7	Süreç otomasyonu	
8	Uzaktan kontrol teknolojisi	
9	Havalandırma sistemi:	
	CHPS	
	En üst yükte boyler	
10	Temeller:	
	Modüller	
	En üst yükte boyler	
	Havalandırma sistemi	
11	Bina	
12	Ses yalıtımı	
13	Arazi	
14	Planlama maliyetleri	
15	Onay maliyetleri	
16	Kabul maliyetleri	

4.3.2. Yakıt tüketim maliyeti

- Sıvı yakıtla çalışan tesislerin aksine, doğalgaz kullanımında enerji maliyetleri arasında bir talep (temel) fiyatı ve kullanım (çalıştırma) fiyatı bir arada bulunmaktadır.
- Talep fiyatı aşağıdaki faktörler tarafından belirlenebilir:
 - Doğalgazın bir yıl içinde günlük ve saatlik en yüksek tüketimi
 - Üretim setlerinin toplamına yüklenen yük
- Kullanım (çalıştırma) ücretleri, bir yılda kullanılan doğal gazın miktarının güncel maliyetine dayanmaktadır.
- Ayrıca diğer yakıt türleri de (dizel vb.) araştırma kapsamına girmelidir.

Soru: Yakıt tüketim maliyetleri nasıl tahmin edilmektedir? Neden?

Kabul edilen alternatif yatırım maliyetleri nedir?

4.3.3. İşletim maliyetleri

- Aşağıdaki bileşenlerin maliyetleri işletim maliyetlerini kapsamaktadır:
 - Bakım
 - Tamir
 - Denetleme
- Yukarıdaki bileşenlerin mutlak suretle tedarikçi ve kullanıcılar tarafından tesis için karşılaştırılması gerekir.
- Tesiste tam zamanlı bakım için; rutin bakım ile farklı bakım kavramları karşılaştırılmalıdır.

Soru: İşletmenin planlama aşamasında bakım maliyetleri tespit edilmiş midir?

Tespit edilmiş ise bu yukarıdaki bilgilere göre mi yapılmıştır? Farklı düşünceler nelerdir?

4.4. Alternatifler için enerji akış şeması

- Planlanan tesisi için alternatif düşünceler var ise muhakkak enerji akış şeması da hazırlanmış olmalıdır.

Soru: Her alternatif için derlenmiş bir enerji akış şeması var mıdır?

5. NİHAİ KONSEPTİN SEÇİLMESİ

- Nihai konsept Bölüm 3.3. de yer alan kriterlere göre seçilebilir.

5.1. Kapasite ve Sayısına Göre Modül Seçimi

- Kapasite ve sayısına göre modül seçerken Tablo 12.' den faydalanılabilir.

5.2. Seçilen CHPS Modülü İçin Enerji Dengesi

- Enerji dengesinin belirlenebilmesi için Bölüm 3.4. de verilen tablo kullanılabilir.

5.3. Isı Dağıtım Sisteminin Entegrasyonu

- Herhangi bir konsepte karar verirken, sistemin birbiri ile uyumlu çalışabilmesi için dağıtım sisteminin kontrol edilmesi gerekir. Mevcut tesislere veya ısıtma ağlarına yeni bir tesis entegre olduğunda bu yaklaşım önemlidir.
- Daha proje tasarım aşamasında iken detaylı bir çalışma yaparak sistemde oluşabilecek kayıpların önüne geçmek mümkün hale gelmektedir.
- Bu yaklaşımdan yola çıkarak aşağıdaki kriterler kontrol edilmelidir:
 - Akış ve dönüş sıcaklıkları
 - Sıcaklık farkları
 - Minimum/Maksimum sıcaklıklar için müsaade edilen sınır değerleri
 - Sıcaklık kontrolleri
 - Basınçlar
 - Akış kapasitesi
 - Depolama
 - Basınçlandırma
 - Isı transfer sistemindeki su kalitesi

Soru: Mevcut tesislere entegre edilecek sistemler kontrol ediliyor mu?

Kullanılan metot ve yöntemler nelerdir?

Bu kontrolde yukarıdaki kriterler göz önüne alınıyor mu?

5.4. Elektrik Dağıtım Sisteminin Entegrasyonu

- Jeneratör ve elektrik ekipmanlarının seçiminde, planlanan çalışma şekli ve gelişiminde doğan süreçler bunda etkindir. Bu seçim aşağıdaki çekilerde mümkündür:

Paralel çalıştırılması

- Aynı gerilim ve aynı frekans ile şebekeye bağlantı; asenkron ve senkron jeneratörler kullanılabilir.

Bağımsız çalıştırma

- Yerel şebekeyle herhangi bir bağlantı olmadan senkron jeneratörlerin kullanımı.

Acil durum operasyonu

- Eğer gerekirse, bir arıza durumunda acil bir bekleme olabilir; normal çalışma şekli şebekeye paralel çalıştığından senkron jeneratörler gereklidir.

Soru: Mevcut tesislere entegre edilecek sistemler kontrol ediliyor mu?

Kullanılan metot ve yöntemler nelerdir?

Bu kontrolde yukarıdaki kriterler göz önüne alınıyor mu?

6. UYGULAMA KARARI

6.1. Bir Kavram Üzerinde Karar

- Bir CHPS projesini uygulamak için öncelikle ekonomik ve daha sonrada ekolojik kriterleri göz önünde bulundurmamız gereklidir.

Soru: Bir konseptin seçilip karar verilmesinde dikkat edilen hususlar nelerdir?

7. AYRINTILI TASARIM

- Planlanılan bir projenin hayata geçmesinden önce, projeye bağlantılı diğer bitmiş uygulamalara göz atmak bilgi sahibi olmak gelecekteki hata paylarını en aza indirmek demektir. Bunun içinde Almanya'da Federal Hükümeti tarafından kurulmuş bir düzenleme olan HOAI (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure) mimar ve mühendisler için fiyat ile alakalı birçok uygulamanın

bulunabileceği çalışmaları sunmaktadır (teknik donanım için; HOAI - Bölüm 9). Ayrıca, detaylı bir dizayn ve ön tasarımı da içeren onay ve montaj işlemleri mevcuttur (HOAI - Bölüm 73).

- Bütün bunlardan yola çıkarak bir sıra izlememiz gerekirse şöyle olabilir; Ayrıntılı tasarım > Karar aşaması > Projenin ekonomikliliğini içeren ayrıntılı bir değerlendirme > En uygun plan maliyeti

Soru: Detaylı tasarım aşamasında yukarıda belirtilen kriterler dikkate alınıyor mu?

7.1. Montaj Planı

- Montaj planı ön tasarım sonuçlarına dayalı olmalıdır.

Soru: Tesis hakkında bir montaj planı var mı?

Eğer bir plan var ise bu plan nasıl hazırlanmıştır?

7.2. Onay

- Kabul edilebilir, onay alabilecek bir proje için, ön tasarım aşamasında iken çeşitli yetkinlik lisanslarına başvurmak gerekir. Bunun nedeni, proje ön tasarım aşamasında iken onayı engelleyecek, tesisin kurulumuna izin verilmeyecek bir takım yasal yükümlülükler unutulmuş olabilir.

Soru: Yeni bir tesis kurulum onayı için ne zaman başvurmalıdır? Bu onayı ne zaman alabilir?

7.3. İhale Belgelerinin Hazırlanması

- İhale evrakları hazırlanmadan önce sözleşmeye girecek şirketlerin bilgilendirilmesi ve ihaleye davet edilmesi gerekmektedir. Bunun için farklı yöntemler kullanılabilir;
 - Rekabete dayalı ihale
 - Kısıtlı davete dayalı ihale
 - Kamuya açık ihale
- Projeye alakalı performans özellikleri ihaleciler için bulunması gerekenlerden sadece bir tanesidir. Performans özellikleri aşağıdakiler için kullanılmaktadır;
 - Sözleşmenin basit olarak tanımı ve anlaşılabilirliği,

- Malzeme ve hizmetlerin hangi sınırlarda olduğu ve
- Hesap yöntemi.
- Karşılaştırılabilir teklifler elde etmek için genel olarak teknik kavramlar, bileşenler, uygulamanın boyutu performansı tanımladığı gibi; inşaat ve yapı ile ilgili prosedürleri içeren VOB (Vertragsordnung für Bauleistungen), tesiste kullanılacak alet ekipmanlar ile onların servis hizmetlerini içeren VOL (Vertragsordnung für Leistungen) mevzuatlarına uygunluğuyla beraber proje ihale şirketleri için her konuda açık ve net olmalıdır.

Soru: Projenin ihalesinde hangi ihale yöntemi kullanılmıştır?

Kullanılan ihale yönteminin sebebi, avantajları nelerdir?

7.3.1. İhale belgelerinin genel yapısı

- **Performans özellikleri:**
 - Giriş
 - Sözleşme koşulları
 - Özellikler
 - Teknik koşullar
 - Çalışma tablosu
- **Giriş bölümü genel hatları ile şöyledir:**
 - Proje sahibi/planlayıcısı
 - İhale dönemi, yargı ve bağlayıcı dönemler
 - Sözleşmenin temeli (amacı)
 - Performans ve konum hakkında kısa açıklama
 - Tarihler
 - Ekler listesi

7.3.2. Teknik şartları garanti edecek verilerin tam olarak sunumu

- Güç çıkışı (mekanik/elektrik (net/brüt))
- Eğer tek tek bileşenlerine ayrılmış halde ise sı çıkışı (sıcaklık seviyesi, soğutma seviyesi, motor yağı, egzoz gazı vb.)
- Yakıt tüketimi
- Çıktı toleransları

- Yağ tüketimi
- Çalışma tipine göre emisyon değerleri (NO_x, CO, NMHC, kurum, ses düzeyi)
- Hava giriş koşulları, gidiş (akış) dönüş sıcaklıkları gibi temel koşullar
- Gerekli yakıtın özellikleri (metan sayısı, gaz basıncı, sıcaklık, su miktarı, sülfür, klorin, florin gibi aşındırıcı bileşenler vb.)
- Teknik şartların desteklenmesi için verilerin doğruluğunun ispatı (akış ölçümleri için daldırma kollu borular vb.)

7.3.3. Genel olarak ihale içerisinde yer alması gereken başlıklar

- Aşağıdakiler CHPS (kombine ısı ve güç sistemleri) için geçerlidir:
 - CHPS'nin bireysel bileşenleri
 - Isı transfer ortamı, genleşme tankları, genleşme tankları, aksesuarları
 - Yağlama sistemi
 - Egzoz gazı
 - Ölçüm aletleri
 - Kontrol sistemi
 - Kontrol ekipmanları (donanım, yazılım)
 - Elektrik sistemi
 - Isı depolama tankı
 - Bağlantı noktaları, sökölme, dönüştürme işlemleri
 - Genel yapı
 - Bakım/bakım sözleşmesi
 - Resmi testler onaylar
 - Ölçüm verilerinin teknik olarak doğrulanması
 - Devreye alma, eğitimler
 - Deneme çalışması, kabul

8. TEKLİFLER VE İHALE PROSEDÜRÜ

- Farklı prosedürlere (VOB/VOL) göre teklif davetleri hazırlanabilir.

Soru: teklif, ihale prosedürü hazırlama işlemlerinde neler dikkate alınmıştır?

8.1. Teklif Değerlendirmesi

- Alınan teklifler incelenir ve karşılaştırılır. Bunun için ana noktalar şunlardır:
 - Teklifte verilen ayrıntıların belirsiz ve tam olması
 - Kalite karşılaştırılabilirliği (malzeme, performans verileri, herhangi bir kısıtlama ve değişiklik vb.)
 - İhale dokümanında teklifçiyi ilgilendirecek kısıtlamalar
 - Tarihler
 - Teminatlar
 - Tüketim verileri
 - Bakım masrafları

Soru: DES için teklif gerekli midir? Gerekli ise, gereklilik düzeyi nedir?

Teklifler yukarıdaki maddelere göre mi değerlendirilmektedir?

Teklif yukarıdaki prosedürlere göre mi kabul edilmiştir?

8.2. Nihai sözleşme koşullarının oluşturulması

- Nihai sözleşme aşağıdaki maddeler doğrultusunda oluşturulur:
 - Fiyatlar
 - Fiyatlandırma (sabit veya değişken fiyat)
 - Güvenlik yönleri, garanti, sözleşmenin tamamlanması için gerekenler
 - Garanti dönemleri
 - Bireysel aşamalar için son tarihler (belgelerin sağlanması, montaja başlamak, montaj, testler, devreye alma tarihleri)
 - Test çalışmalarını içeren ayrıntılar ile devreye alma
 - Muhasebe/faturalandırma
 - Sözleşmeye dair ceza ve yükümlülükler
 - Sipariş teyidi

Soru: Sözleşme yukarıdaki maddelere göre mi oluşturulmuştur?

Bunların dışında bağlı kalınan konular nelerdir?

9. ENERJİ TEDARİK SÖZLEŞMESİNİN GÜNCELLENMESİ

9.1. Arz ve Tedarik Sözleşmesi

- Her tesis devreye alınıp işletilmeye başlatıldığından itibaren zamanla mevcut sözleşmede yer alan bir takım hükümler değişip gelişme göstermektedir (enerji tedarik yapısı, enerji temini, rezervler, miktar, referanslar, zaman vb.).

Soru: Enerji tedarik sözleşmesinde gelecek ile ilgili değişimler veya gelişmeler göz önüne alınmış mıdır? Eğer öyleyse, bunlar hangi konularda yapılmıştır?

EK – B

Elektrik ve ısı için günlük talep eğrilerinin hazırlanması

Zaman (h)	Isı			Elektrik				
	Talep kWh	Talebin karşılanması		Talep kWh	Talebin karşılanması		Fazla elektrik temini kWh	CHPS jeneratör setine göre toplam elektrik enerjisi üretimi kWh
		CHPS jeneratör seti kWh	En üst yükte boyler kWh		CHPS jeneratör seti kWh	Ek elektrik gücü kWh		
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
Gün								
Bunlardan, tarife dönemlerine göre ayırım								
HT								
LT								

EK – C

Egzoz kirliliği seviyelerini azaltmak için alınan tedbirlere bağlı içten yanmalı motorlar için önemli çalışma karakteristikleri

İçten yanmalı motorun tipi	Önemli işletme özellikleri	Kirlenici egzoz gazlarının azaltılması için yöntem		
		Lambda 1-yanma + 3 yollu katalizör	Yalın yanma (+oksitleyici katalizör)	SCR yöntemi
Gaz motoru	Hemen hemen partikülsüz düşük CO2 emisyonu	Yaklaşık 1000 kW motor gücüne kadar kullanım, çok düşük emisyon, katalizör zehirleriyle birlikte yakıt gazları ile kullanım için uygulanabilir değil* (örneğin; çöplük gazı, kanalizasyon gazı vb.)	100 kW'dan yüksek üniteler ile kullanılabilir, zararlı madde emisyonları genel olarak oksidasyon katalizörleri ile elde edilebilir	Nispeten yüksek maliyetten dolayı, ekonomik verimlilik için küçük birimlerde dikkatlice kullanılmalıdır
Dizel motoru	Kurum partikül emisyonu(kurum; egzoz gazı ısısının kullanımı kısıtlar)		Hava kirliliği ile ilgili teknik düzenlemeler doğrultusunda limit değerler(gaz motorları için daha yüksek) sadece SCR yöntemi ve kurum filtresi ile elde edilebilir	Nispeten yüksek maliyetten dolayı, ekonomik verimlilik için küçük birimlerde dikkatlice kullanılmalıdır
Dizel-gaz motoru	Gerekirse çalışma sırasında gaz veya dizel geçişi mümkündür		Diğer önlemler olmadan yetkililer tarafından düşük emisyon değerleri için onay verilmesi mümkün değildir (SCR yöntemi)	Dizel-gaz motorlarının kullanımına ilişkin standart prosedürler
Gaz türbini	Toplam mevcut ısı yüksek sıcaklıkta gerçekleşir. Genelde düşük elektrik verimine sahip (<3500 kW) sistemlerdir		Katalizatör olmadan Hava kirliliği ile ilgili teknik düzenlemeler birçok durumda elde edilebilir. Su veya buhar püskürterek emisyonlar azaltılabilir	Birkaç üretici tarafından kullanılan yöntem

* Katalizör zehirler olan sülfür, halojenler, fosfor, arsenik ve ağır metaller içeren

KAYNAKLAR

- [1] Hiremath, R., ShikhaS., and RavindranathN.: "**Decentralized Energy Planning; Modeling and Application a Review.**" Renewable and Sustainable Energy Reviews 729-52 11.5, 2007.
- [2] Nissing, C. and Harro Von B.: "**An Economic Model for Energisation and Its Integration into the Urban Energy Planning Process.**" Energy Policy 2370-378 38.5, 2010.
- [3] Bauer, B. "**Atlas Der Globalisierung**" A - Z; [sehen Und Verstehen, Was Die Welt Bewegt]. Berlin: Le Monde Diplomatique, 2009.
- [4] Türkiye Elektrik İşleri A.Ş. (TEİAŞ), < <http://www.teias.gov.tr/> >, Ankara, 2012
- [5] "**Yenilenebilir Enerji Geleceği Almanya Ve Tüm Avrupa'da Kuvvetleniyor.**" YeşilGazete 13 Sept. 2011. (AFP, Hürriyet,Yeşil ekonomi, Yeşil Gazete) < <http://www.yesilgazete.org/?p=35159> > 2011.
- [6] Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı., < <http://www.enerji.gov.tr/> >, Ankara, 2012
- [7] Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü., < <http://www.eie.gov.tr/> >, Ankara, 2012
- [8] ZMO Araştırması I. "**Biyodizel kurtuluş reçetesi dışa bağımlılık aracı mı oluyor**"<http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/6fc18d787294ad5_ek.pdf?dergi=139 > ZMO. Tarım ve Mühendislik, 2005.
- [9] "Biyoetanol." <<http://www.vetenergy.com/tr/hizmetlerimiz/yenilenebilir-enerji-kaynaklari/biyoenerji/biyoetanol>> Vet Enerji co. 2012.
- [10] Albiyobir, "**Almanya'da Biyogaz.**" Alternatif Enerji ve Biyodizel Üreticileri Birliği, <<http://www.albiyobir.org.tr/biyogaz04.htm>>, Şubat, 2012.
- [11] "**Jeotermal Enerji.**" Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, <<http://www.biltek.tubitak.gov.tr/haberler/enerji/s-498-7.pdf>>. Bilim Teknik,. Mayıs, 2009.

- [12] Byrne, John, Aiming Zhou, Bo Shen, and Kristen Hughes. "*Evaluating the Potential of Small-scale Renewable Energy Options to Meet Rural Livelihoods Needs: A GIS- and Lifecycle Cost-based Assessment of Western China's Options* ." Energy Policy 35 : 4391-401, 2007.
- [13] Europe's Energy Portal., < <http://www.energy.eu/> >, Hollanda, 2012
- [14] Türkiye Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu., < <http://www.epdk.gov.tr/> >, Ankara, 2012
- [15] IEA–International Energy Agency Report, Combined Heat and Power – Evaluating the Benefits of Grater Global Investment, <http://www.iea.org/Papers/2008/chp_report.pdf>. Temmuz 2011.
- [16] Pfafferott J. Plannig and Operation of Energy Conversion Facilities lecture notes, Hochschule Offenburg, Almanya, 2011.
- [17] Iyada, G. "*Verification of Design and System Operation Modes by Elaborating a Detailed Technical Description of the Energy Plant of Hochschule Offenburg*." Offenburg, Almanya, 2009.
- [18] HEAŞ Hamitabat Elektrik Üretim ve Ticaret A.Ş., < <http://www.heas.gov.tr/> >, Lüleburgaz, Kırklareli, 2012.
- [19] "*Sustainable Solutions to Energy Problems*" Torrie Smith Associates Inc. , <<http://www.torriesmith.com>>, Kanada, 2012.
- [20] Sustainable Energy Analysis, <<http://www.energianalyse.dk>>, Alborg, Danimarka, 2011.
- [21] The International Institute for Applied Systems Analysis, <<http://www.iiasa.ac.at/>>, Laxenburg, Avusturya, 2010.
- [22] Department of Energy or Lawrence Berkeley National Laboratory, <<http://www.lbl.gov>>, California, ABD, 2012.
- [23] Advanced energy system analysis computer model, <<http://energy.plan.aau.dk/>>, Department of Development and Planning, Aalborg University, Danimarka, 2012.
- [24] Energy Costing Tool, United Nations Development Programme, <<http://www.undp.org>>, New York, ABD, 2010.
- [25] Decision and Information Sciences, ADICA Consulting for Argonne National Laboratory< <http://www.dis.anl.gov>>, Chicago,ABD, 2012.
- [26] Institute for Applied Ecology, < <http://www.oeko.de>>, Freiburg, Almanya 2012.

- [27] Homer Energy Modeling software, <<http://homerenergy.com/>>, Colorado, ABD, 2012.
- [28] Long range Energy Alternatives Planning system, Stockholm Environment Institute < <http://www.sei-international.org/>>, Stokholm, İsveç 2012.
- [29] Model for Analysis of Energy Demand, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı, <<http://www.iaea.org/>>, Viyana, Avusturya, 2012.
- [30] The Resources and Energy Analysis Programme, Stockholm Environment Institute < <http://www.sei-international.org/>>, Stokholm, İsveç, 2012.
- [31] Retscreen International, Natural Resources of Canada <<http://www.retscreen.net/>>, Varennes, Kanada, 2012.
- [32] Latin Amerika Enerji Örgütü, Güç Sistemleri Üretimi ve Planlama Modeli(SUPER) < <http://www.olade.org.ec/>>, Quito, Ekvador, 2012.
- [33] Uluslararası Enerji Ajansı, Enerji Teknoloji Sitemleri Analiz Programı, < <http://www.iea-etsap.org> >, 2012.
- [34] TRNSYS, Transient Systems Simulation Program, Geçici bir sistem simülasyon programı, < <http://sel.me.wisc.edu/trnsys/>>, Wisconsin Üniversitesi, ABD, 2012.
- [35] Roosen P., Uhlenbruck S., Lucas K., “*Pareto optimization of a combined cycle power system as a decision support tool for trading off investment vs. operating costs*”, Goethe GbR, Reimser Str. 52, 52074 Aachen, Almanya, 2002.
- [36] Sawaragi, Y.; Nakayama, H. and Tanino, T., ”*Theory of Multi objective Optimization (vol.176of Mathematics in Science and Engineering)*”. Orlando, FL: Academic Press Inc. ISBN 0.126.203.709, 1985.
- [37] Shaneb O.A., Coates G., Taylor P.C. “*Sizing of residential μ CHP systems*”, Durham, ABD, 2011.
- [38] Alptekin E., “*Yöneylem Araştırmasında Yararlanılan Karar Yöntemleri*”, Gazi Üniversitesi Yayın No:126, Ankara 1988.
- [39] Beasley J. E. “*Linear programming-formultion*”, <<http://www.ms.ic.ac.uk/jeb/or/lp.html>>, İngiltere, 2003.
- [40] Yesilyurt C., Alan M. A., “*Dogrusal Programlama Problemlerinin Excel ile Cözümü*” Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt 5, Sayı-1, Sivas, Türkiye 2004.

- [41] Yokoyama R., Ito K., Matsumoto Y., “*Optimal sizing of a gas turbine cogeneration plant in consideration of its operational strategy*”, Transactions of the ASME 116 (1) 32–38, 1994.
- [42] Gökğöz F. , “*Lecture Notes of Operations Research*“ Department of Business Administration, Ankara Üniversitesi, 2011.
- [43] Türköz N. F., “*Doğrusal Programlama Metodu ile Üretim Planlaması*” Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye, 2001.
- [44] Söderman J., Pettersson F., “*Structural and operational optimization of distributed energy systems*”, Applied Thermal Engineering, 26 (2006), pp. 1400–1408.
- [45] Ren H., Gao W., Ruan Y., “*Optimal sizing for residential CHP system*”, Applied Thermal Engineering 28 (5–6) 514–523. 2008.
- [46] Mavrotas G., Diakoulaki D., Florios K., Georgiou P., “*A mathematical programming framework for energy planning in services’ sector buildings under uncertainty in load demand: The case of a hospital in Athens*”, Zografou Campus, 15780 Atena, Yunanistan, 2008.
- [47] Lai, Y.J., Hwang, C.L., “*Fuzzy Multiple Objective Decision Making*”. Springer, Berlin, Almanya, 1994.
- [48] Haeseldonckx D., Peeters L., Helsen L., D’haeseleer W., “*The impact of thermal storage on the operational behaviour of residential CHP facilities and the overall CO2 emissions*”, Renewable and Sustainable Energy Reviews 11 (6) 1227–1243, 2007.
- [49] Mazumder P., Rudnick E.M., “*Genetic Algorithms for VLSI Design Layout & Test Automation*”, Prentice Hall Inc., 1999.
- [50] Goldberg D.E., “*Genetic Algorithms in Search Optimization and Machine Learning*”, Addison-Wesley, Reading, 1989.
- [51] Sbalzarini F., Müller S., P. Koumoutsakos P., “*Multiobjective optimization using evolutionary algorithms*“, Center for Turbulence Research, Proceeding of the Summer Program, 2000.
- [52] Arturo D.A.R, “*A multi objective planning framework for analyzing the integration of distributed energy resources*” Institute of Energy and Environment Department of Electronic and Electrical Engineering University of Strathclyde, Glasgow, İngiltere, 2009.

ÖZGEÇMİŞ

Adı soyadı : Ali Osman ÖZÇAKIR

Doğum yeri ve tarihi : Kırşehir, 07.03.1987

E-Mail : aoozcakir@gmail.com

Eğitim bilgileri : Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Ana Bilim dalı

EDİRNE (2009-2012)

Hochschule Offenburg Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Enerji Dönüşümü ve Yönetimi

Yüksek Lisans Erasmus Programı

Offenburg, ALMANYA (2011-2012)

Çukurova Üniversitesi

Ziraat Mühendisliği (Tarım Makineleri)

ADANA (2005-2009)